



# Jahresbericht Annual Report

2009



Forschung und Entwicklung am IPHT wird unterstützt von:  
Research and Development at the IPHT is supported by:



Ausgewählte Veranstaltungen wurden 2009 unterstützt von:  
Selected events in 2009 were supported by:



Institut für Photonische Technologien e.V., Jena  
Institute of Photonic Technology Jena

**JAHRESBERICHT**  
**ANNUAL REPORT**  
**2009**

IN GEDENKEN AN  
PROF. DR. BRUNO ELSCHNER  
1924 – 2009

<b>Vorwort   Editorial</b> .....	6
<b>CHRONIK   CHRONIC</b> .....	<b>12</b>
Januar   January .....	14
Mit neuen Projekten ins Neue Jahr   Starting the New Year with New Projects .....	14
Februar – April   February – April .....	15
Blick in die Geschichte des Weltalls   Looking Into the History of Space .....	15
...and the winner is: IPHT vergibt Institutspreise   ...And the Winner is – IPHT's Institutional Awards .....	15
Der Nachwuchs am IPHT   Young Researchers at IPHT .....	16
Mai   May .....	17
Minilabore auf Reisen   Miniature Laboratories on the Road .....	17
Prof. Dr. Jürgen Popp zum SAS-Fellow ernannt   Prof. Dr. Jürgen Popp Appointed SAS Fellow .....	17
10 Jahre Nanobiotechnologie-Symposium   10 Years of Symposium on Nanobiotechnology .....	18
Juni   June .....	19
LASER World of PHOTONICS   LASER World of PHOTONICS .....	19
August – November   August – November .....	20
Blicke unter die Haut   Looking Underneath the Skin .....	20
Elektronenhirne mit kühlem Kopf   Electronic Brains with a Cool Head .....	20
Sternstunden   Great Moments .....	21
Dezember   December .....	22
Der neue Faserziehturm des IPHT   The New Fiber Drawing Tower at IPHT .....	22
Im Land der Ideen   In the Land of Ideas .....	23
Umstrukturierung am IPHT abgeschlossen   Restructuring at IPHT Completed .....	23
<b>Biophotonik   Biophotonics</b> .....	<b>24</b>
<b>Faseroptik &amp; Fasertechnologie   Fiber Optics &amp; Fiber Technology</b> .....	<b>40</b>
<b>Dünnschicht-Photovoltaik   Thin-film Photovoltaics</b> .....	<b>54</b>
<b>Mikro-/Nanotechnologie   Micro/Nanotechnology</b> .....	<b>64</b>
<b>Photonische Systeme   Photonic Systems</b> .....	<b>76</b>

<b>INNOVATIONSPROJEKT   INNOVATION PROJECT</b>	<b>88</b>
Erzeugung von inkorporierten plasmonischen Schichten in mikrostrukturierten optischen Fasern (MOFs) Creation of Incorporated Plasmonic Layers in Microstructured Optical Fibers (MOFs).....	90
<b>ÖFFENTLICHKEITSARBEIT   PUBLIC RELATIONS</b>	<b>92</b>
Das IPHT in der Öffentlichkeit   IPHT in the Public Eye.....	94
<b>ORGANISATION   ORGANIZATION</b>	<b>96</b>
Organigramm   Organization Chart.....	98
Wissenschaftlicher Beirat   Scientific Advisory Council.....	99
Mitglieder des IPHT e.V.   Members of the Convention.....	100
Finanzen des Instituts 2009   Budget of the Institute 2009.....	101
Personal des Institutes   Staff of the institute.....	102
<b>ANHANG   APPENDIX</b>	<b>103</b>
Originalartikel   Full Paper.....	104
Referierte Konferenzbeiträge   Peer Reviewed Conference Proceedings.....	113
Weitere Publikationen   Further Publications.....	117
Buchkapitel   Book Chapters.....	118
Monographien   Monographs.....	119
Patente   Patents.....	119
Eingeladene Vorträge   Invited Talks.....	120
Vorträge   Talks.....	126
Poster   Posters.....	136
Lehrveranstaltungen   Teachings.....	144
Qualifizierungsarbeiten   Diploma -, Bachelor - and Master Theses.....	147
Doktorarbeiten   PhD Theses.....	149
Mitgliedschaften   Memberships.....	150
Konferenzorganisation   Conference Organization.....	152
Gastwissenschaftler   Guest Scientist.....	152
Gutachtertätigkeiten   Referee activities.....	153
Partner   Partners.....	155
Index   Index.....	162
<b>IMPRESSUM   IMPRINT</b>	<b>166</b>



**PROF. DR. JÜRGEN POPP**  
Wissenschaftlicher Direktor  
Scientific Director

**FRANK SONDERMANN**  
Kaufmännischer Direktor  
Administrator Director

Es sind Ideen, die uns tagtäglich dazu antreiben, bestehende Grenzen zu hinterfragen, Neues zu schaffen und Herausforderungen zu meistern. Das Institut für Photonische Technologien sieht darin seine Aufgabe, seinen Auftrag. Der Weg von der Idee über einen konkreten Plan bis hin zur alltagstauglichen Anwendung ist kein leichter. Es ist keine Seltenheit, dass die Umsetzung einer Vision in einer Sackgasse endet. Wer visionär sein möchte, braucht eben mehr als nur eine geniale Idee. Es erfordert eine genaue Vorstellung, wie das Ziel zu erreichen ist. Nur wer über eine verlässliche Straßenkarte verfügt, kann sicher navigieren. Am IPHT haben wir in den vergangenen Jahren unser Kartenmaterial grundlegend überarbeitet und unseren Weg, unsere Ausrichtung darin neu definiert. Zugleich wurde 2009 nicht nur die Profilbildung vorangebracht, sondern auch die Organisationsstruktur des IPHT vereinfacht. Informationen können jetzt leichter in alle Richtungen kommuniziert und Entscheidungen einfacher und transparenter gefällt und umgesetzt werden.

Ideas motivate us daily to question existing boundaries, to create new things, and to master challenges. This is where the Institute of Photonic Technology sees its mission, its duty. The road from an idea to an application suitable for daily use is not an easy one. It is not uncommon that the implementation of a vision leads to a dead end. Those who want to be a visionary need more than just a brilliant idea. A clear picture is needed of how the goal can be achieved; after all, only those with a reliable map can navigate safely. Over the past few years at IPHT we have fundamentally revised our maps and redefined our road as well as the direction into which we are heading. Not only did we work to advance the building and shaping of our profile in 2009, but we also simultaneously simplified our organizational structure. Now, information can be communicated more easily in all directions, and decisions can be made and implemented in a simpler and more transparent way.

Am Ende dieses Prozesses steht ein reformiertes IPHT. Ein Institut mit neuer Struktur, welches zielgerichtet und voller Tatendrang in die Zukunft schaut.

Was die Profilbildung des IPHT angeht, so unterscheiden wir drei technologische und drei anwendungsorientierte Forschungsrichtungen. Im Bereich der applikativen Forschungsschwerpunkte sind dies die ›Biophotonik‹ (hierbei geht es um ›Licht für die Gesundheit‹); die ›Faseroptik‹ und die ›Dünnschicht-Photovoltaik‹. Mit diesen Forschungsschwerpunkten adressieren wir Märkte und Megatrends wie *Lebenswissenschaften und Gesundheit, Energie und Umwelt, Information und Produktion, sowie Sicherheit*. Die technologischen Forschungsschwerpunkte ›Mikro- und Nanotechnologie‹, ›Fasertechnologie‹ sowie ›Photonische Systeme‹ sind Basis für die Entwicklung innovativer Schlüsseltechnologien und Rückgrat der applikativen Schwerpunkte.

Die Stärke des reformierten IPHT ergibt sich aus der Verknüpfung der technologischen und der anwendungsorientierten Schwerpunkte. Nur so ist es uns möglich, unserem Credo *From Ideas to Instruments* zu entsprechen.

Innerhalb dieses Geflechtes arbeiten Wissenschaftler unterteilt in acht, teils neuen Forschungsabteilungen:

- › **Spektroskopie/Bildgebung** | Prof. Dr. J. Popp
- › **Faseroptik** | Prof. Dr. H. Bartelt
- › **Quantendetektion** | Prof. Dr. H.-G. Meyer
- › **Photovoltaische Systeme** | PD Dr. F. Falk
- › **Nanobiophotonik** | PD Dr. W. Fritzsche
- › **Nanoskopie** | PD Dr. V. Deckert
- › **Halbleiter-Nanostrukturen** | PD Dr. S. Christiansen
- › **Mikroskopie** | Prof. Dr. R. Heintzmann

At the end of this process a reformed IPHT is to emerge – an institute with a new structure that looks purposefully and with a zest for activity into the future.

As far as the shaping of our profile is concerned, we have three technological and three application-oriented areas of research as our focus. The latter includes ›Biophotonics‹ (involving ›light for health‹), ›Fiber Optics‹, and ›Thin-Film Photovoltaics‹. With these research fields we address markets and mega trends such as *life sciences and health, energy and environment, information and production, and safety*. The technological research areas ›Micro and Nanotechnology‹, ›Fiber technology‹, and ›Photonic Systems‹ are the basis for the development of innovative key technologies and the backbone of the application-oriented areas of research.

IPHT's strength in the wake of reformation is derived from the interconnection between both its technological and application-oriented focuses. Only through this interconnectedness can we live up to our credo *From Ideas to Instruments*.

Within this network, scientists work in eight different research departments, some of which are new:

- › **Spectroscopy/Imaging** | Prof. Dr. J. Popp
- › **Fiber Optics** | Prof. Dr. H. Bartelt
- › **Quantum Detection** | Prof. Dr. H.-G. Meyer
- › **Photovoltaic Systems** | PD Dr. F. Falk
- › **Nano Biophotonics** | PD Dr. W. Fritzsche
- › **Nanoscopy** | PD Dr. V. Deckert
- › **Semiconductor Nanostructures** | PD Dr. S. Christiansen
- › **Microscopy** | Prof. Dr. R. Heintzmann

Die reformierten Forschungsschwerpunkte spiegeln sich im vorliegenden Jahresbericht wider. Zunächst gibt ein chronologischer Teil in kurzen Nachrichten einen Gesamtüberblick über die wichtigsten Ereignisse des vergangenen Jahres. Im anschließenden wissenschaftlichen Teil werden Glanzlichter der Forschung und herausragende Projekte und deren Ergebnisse, unterteilt nach den neuen Forschungsschwerpunkten, vorgestellt. Die Präsentation des Innovationsprojektes 2009 sowie ein kurzer Überblick über (medienwirksame) Auftritte des IPHT in der Öffentlichkeit beschließen den Textteil des Berichtes. Im Anhang sind in gewohnter Weise Zahlen und Fakten sowie eine umfassende Bibliographie unserer Mitarbeiter in übersichtlicher Form zusammengefasst.

Dass 2009 unter anderem in Bezug auf die vorzeigbaren Forschungsergebnisse ein überaus erfolgreiches Jahr war, ist im wissenschaftlichen Teil nachzulesen. Welche gesellschaftspolitische Relevanz unsere Arbeit hat, zeigte in jüngster Vergangenheit der öffentliche Diskurs zu Sicherheitsstandards an internationalen Flughäfen. Die am IPHT entwickelte passive Terahertz-Kamera ist die Alternative zu den kontrovers diskutierten ›Nacktschannern‹. Keine andere aktuell verfügbare Sicherheitskamera kann sowohl gesundheitliche als auch ethische Bedenken entkräften und hat zudem entscheidende Vorteile in der Anwendung. Beachtung fand unsere Terahertz-Kamera nicht nur in zahlreichen überregionalen Medien. Mit der Verleihung des ›Thüringer Forschungspreises 2009‹ sowie der Auszeichnung als ›Ausgewählter Ort im Land der Ideen 2010‹ wurde die Arbeit gleich mehrfach geehrt. Eine Zusammenfassung des aktuellen Entwicklungsstandes wird im vorliegenden Jahresbericht auf den Seiten 76–79 gegeben.

The new research areas are reflected in this annual report. The first part provides an overview of the past year's most important events with brief summaries of those events in chronological order. The subsequent scientific part presents research highlights and outstanding projects and their results, divided into the new main focuses of research. A presentation of the innovation project 2009 and a short overview of IPHT's public appearances (which generated a lot of media attention) complete the text part of this report. As usual, in the appendix you will find clearly arranged numbers and facts as well as a comprehensive bibliography of our employees.

In particular with regard to presentable research results, 2009 has been a very successful year – which can be read about in the scientific part of this report. The sociopolitical relevance of our work just recently became obvious during the public discussion about the security standards at international airports. The passive terahertz camera developed at IPHT is a viable alternative to the controversially discussed ›nude scanners‹. No other security camera currently available can debilitate both health and ethical concerns while having decisive advantages during application. Our terahertz camera received attention not only in several national media appearances, but, by receiving the ›Thuringia research prize 2009‹ as well as the award for being a ›selected location in the land of ideas 2010‹, our work was also honored several times. A summary of the current development status can be found in this annual report on pages 76–79.



Die Raman-Spektroskopie ist eine effiziente Methode zur schnellen und hochspezifischen Detektion molekularer Informationen einer Probe. Am IPHT wird dieses Analytikverfahren vor allem für biologische und medizinische Anwendungen eingesetzt und weiterentwickelt. Im Forschungsschwerpunkt »Biophotonik« arbeiten wir unter anderem daran, die Methode durch die Nutzung der oberflächenverstärkten Raman-Streuung (SERS) zu optimieren. Dabei nutzt man Edelmetallnanostrukturen zur Verstärkung der schwachen Raman-Signale, was mit einer eindrucksvollen Verbesserung der Sensitivität einhergeht. Die Herstellung der dafür erforderlichen SERS-Substrate ist bislang technologisch aufwändig und mit hohen Kosten verbunden. Unseren Forschern ist es gelungen, ein Verfahren zu entwickeln, das es ermöglicht, einfach zu charakterisierende Substrate kostengünstig zu reproduzieren. Damit ist eine entscheidende Hürde genommen, die Raman-Spektroskopie als standardanalytisches Nachweisverfahren zu etablieren (Vgl. hierzu: S. 24–27).

Mit der Inbetriebnahme eines neuen, 14 Meter hohen Faserziehturms gewährleistet das IPHT, dass auch zukünftig direkt im Institut hochspezialisierte Glasfasern hergestellt werden können. Die Anlage kommt dabei den Forschungsschwerpunkten »Fasertechnologie« und »Faseroptik« zu Gute. Die Entwicklung von Verfahren zur Faserherstellung ist seit dem Bestehen des Institutes ein zentraler Forschungsbereich. Mit der neuen Anlage ist es möglich, mit Hilfe eines Lasers noch während des Ziehvorganges feine Gitterstrukturen in die Fasern zu schreiben. Diese Faser-Bragg-Gitter werden im Forschungsschwerpunkt »Faseroptik« eingesetzt, um Anwendungen für Medizin, Industrie und Verkehr zu entwickeln. Ein Überblick über aktuelle Projekte der Fasertechnologie und -optik ist im zugehörigen Kapitel ab Seite 40 zusammengefasst.

Raman spectroscopy is an efficient method for the quick and high specific detection of molecular information of samples, even in low concentrations. At IPHT this method of analysis is used in and being further developed for medical applications in particular. In the »Biophotonics« research area we work, among other things, on optimizing this method through the use of surface-enhanced Raman scattering (SERS). Precious metal nanostructures are used here to amplify the weak Raman signals, which results in a strong increase of sensitivity. Production of the SERS substrates required for this procedure has proven to be technologically challenging and is associated with high costs. Our research scientists were able to develop a process which permits the inexpensive reproduction of substrates that are easy to characterize. This means that a major hurdle has been taken in establishing Raman spectroscopy as a standard analytical verification procedure (see pages 24–27).

With the commissioning of a new fiber drawing tower, measuring 14 meters in height, IPHT can guarantee the future production of highly specialized glass fibers directly at the Institute. The tower will benefit both research areas »Fiber Technology« and »Fiber optics«. Since the founding of the Institute, the development of methods for the manufacture of fibers has been a core area of research. The new tower makes it possible to laser-write fine grating structures into fibers during the drawing process. These fiber Bragg gratings are used by the »Fiber Optics« research group to develop new applications in medicine, industry, and transportation. An overview of the current fiber technology and fiber optics projects can be found on pages 40 ff.

Erneuerbare Energien gewinnen zunehmend an ökologischer und ökonomischer Bedeutung. Gegenwärtig ist eine effiziente Nutzung der Solarenergie durch den relativ geringen Wirkungsgrad herkömmlicher Solarmodule sowie durch einen hohen Energieaufwand bei der Herstellung beschränkt. Vereint im Forschungsschwerpunkt ›Dünnschicht-Photovoltaik‹ arbeiten zwei Abteilungen an unterschiedlichen Ansätzen, um Solarzellen der 2. und 3. Generation zu realisieren. Ziel ist es, trotz deutlich geringerem Verbrauches von wertvollem Reinst-Silicium, den Wirkungsgrad deutlich zu erhöhen und zugleich Herstellungskosten zu minimieren (Vgl. hierzu: S. 54 ff).

Die Mikro- und Nanotechnologien bilden das technologische Innovationszentrum des IPHT. Mit modernsten Lithographietechniken und Methoden der Selbstorganisation werden komplexe funktionelle Mikro- und Nanostrukturen für Detektoren, plasmonische Strukturen und photonische Systeme entwickelt und hergestellt. Ein Beispiel für Synergien durch die Verknüpfung von Nanotechnologie mit applikativen Forschungsschwerpunkten, konkret mit den Ansätzen der Dünnschicht-Photovoltaik, illustriert der Beitrag ›Geordnetes Wachstum und optische Eigenschaften von Silicium-Nanodrähten‹ auf den Seiten 64–67.

Renewable energies continue to gain in ecological and economic importance. Currently, the efficient use of solar energy is limited by the relatively low effectiveness of conventional solar modules as well as the high energy input during their production. United in the research area ›Thin-Film Photovoltaics‹, two departments are currently working on different approaches to implementing the third generation of solar cells. The goal is to significantly improve efficiency while minimizing production costs and significantly lowering the consumption of valuable ultra-pure silicon (see pages 54 ff).

Micro and nanotechnologies make up the technological innovation center at IPHT. Complex functional micro and nanostructures for detectors, plasmonic structures, and photonic systems are developed and produced with the help of the most modern lithography techniques and methods of self-organization. One example of the synergies that arise from combining nanotechnology and application-oriented research focuses (in particular with the methods of thin-film photovoltaics) is illustrated in the article ›Controlled Growth and Optical Properties of Silicon Nanowires‹ on pages 64–67.

Der Weg zum Erreichen ehrgeiziger Ziele mag nicht einfach sein. Neben einer Strategie und einem wegweisenden Plan benötigt man vor allem eines: Menschen, die von den Zielen überzeugt sind. Kollegen, die gemeinsam an deren Umsetzung teilhaben und ihre Kraft investieren. Der Vorstand dankt allen Mitarbeitern des IPHT für ihre Leistungsbereitschaft. Gemeinsam sind wir die Zukunft unseres Institutes.

The road to achieving ambitious goals may not be an easy one. In addition to a strategy and a groundbreaking plan one thing is needed above all else: people who are convinced of the goals, coworkers who take part in the implementation of the goals and who invest their energy. The board of directors would like to thank all employees at IPHT for their motivation and willingness to invest that energy. Together, we are the future of our Institute.



**PROF. DR. JÜRGEN POPP**  
Wissenschaftlicher Direktor  
Scientific Director

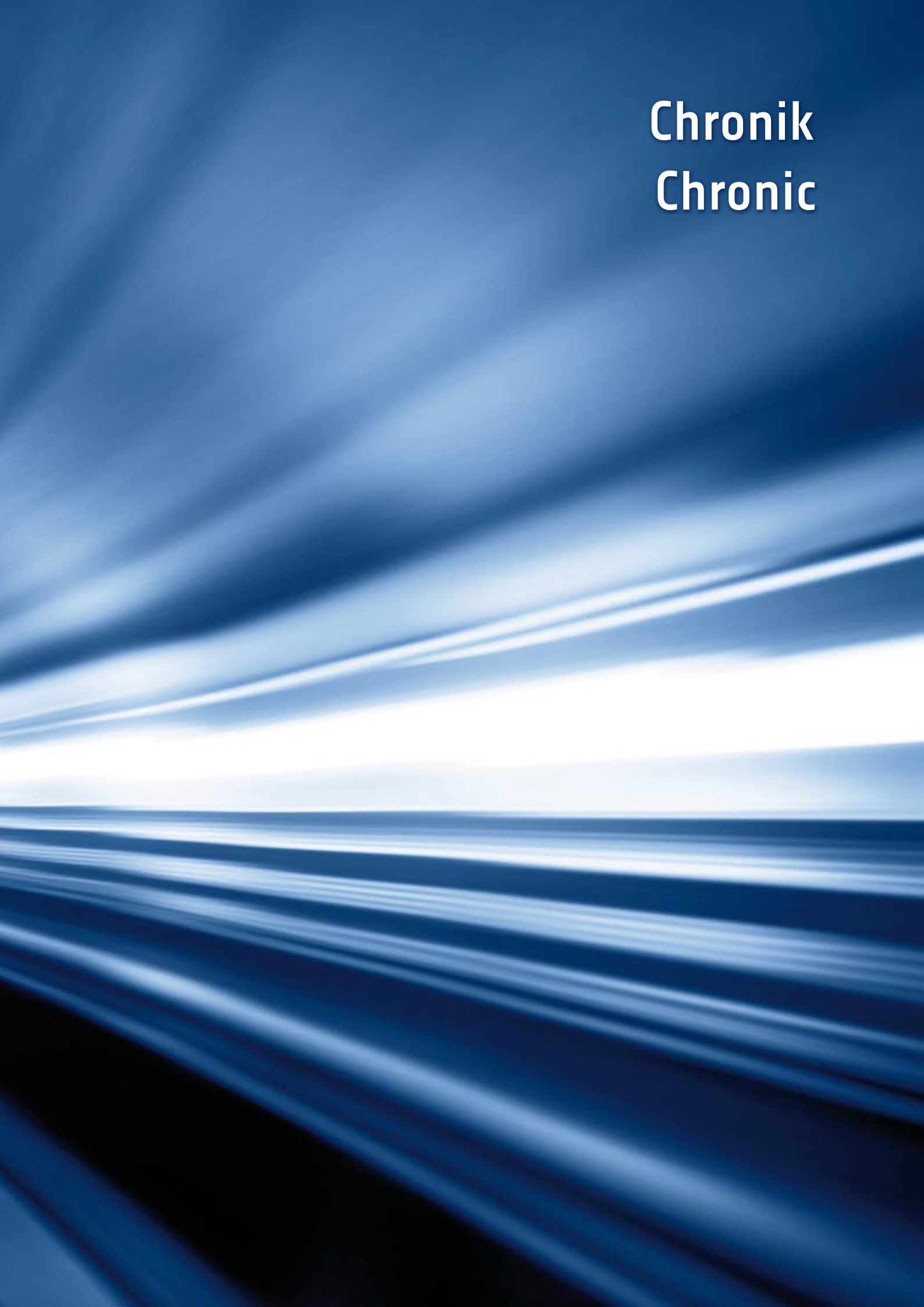


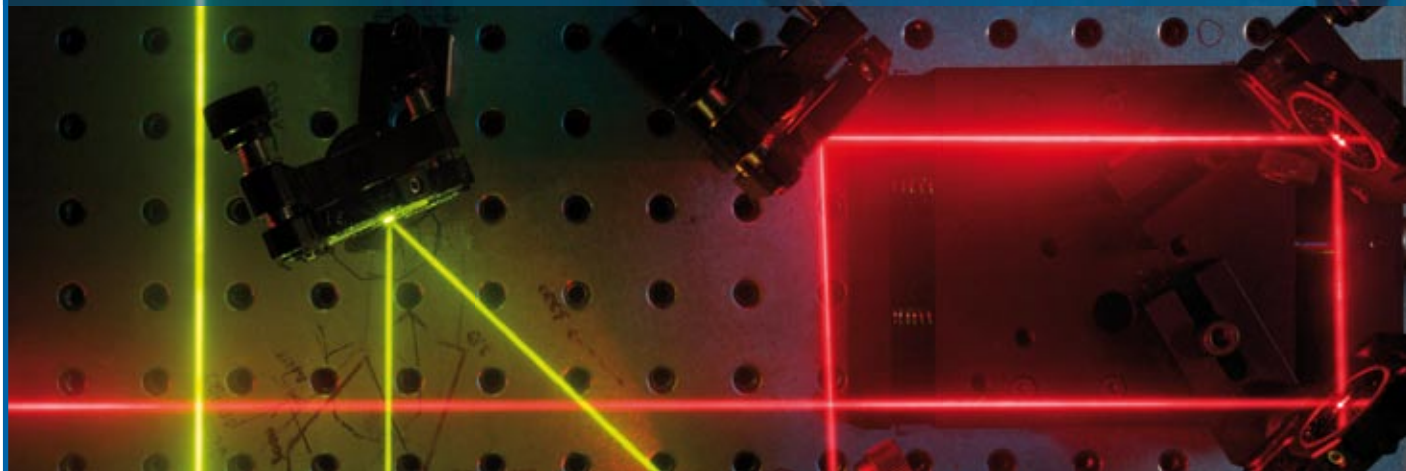
**FRANK SONDERMANN**  
Kaufmännischer Direktor  
Administrator Director

Jena | März 2009  
Jena | March 2009



# Chronik Chronic





### Mit neuen Projekten ins Neue Jahr

Das Institut für Photonische Technologien startete gleich mit einer Reihe neuer Projekte in das Jahr 2009. Zwei davon werden von der Europäischen Union gefördert. Beim Projekt ›ACCORD‹ erhalten die Partner einen kostenlosen Technologietransfer. In Zukunft soll eine schnelle detailreiche Darstellung biologischer Zellstrukturen ermöglicht werden, was eine Voraussetzung für die Unterscheidung von gesunden und kranken Geweben ist.

Die Entwicklung neuer und kostengünstiger Nanomaterialien für Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad ist Gegenstand des Projektes ›ROD\_SOL‹. Dieses wird am IPHT unter der Leitung von Frau PD Dr. Silke Christiansen koordiniert. Bei dem mit 2,9 Millionen € geförderten Vorhaben ist das Institut maßgebend an allen Arbeitspaketen der Materialherstellung, Materialintegration in Solarzellenkonzepte und Materialcharakterisierung beteiligt.

Ziel der Initiative ›MikroPlex‹ ist die Erforschung innovativer Technologien zur Charakterisierung und Identifizierung mikrobieller Gemeinschaften. Die Identifizierung von Mikroben in komplexen Proben, wie bspw. in Boden- oder Lebensmittelproben soll zukünftig zeitsparend und unabhängig von einem Labor möglich sein. Der Freistaat Thüringen fördert das ProExzellenz Vorhaben mit 1 Million €. Mit dem gleichen Betrag fördert das Land die Initiative ›Häm und Häm-Abbauprodukte‹ zur Untersuchung von Entstehung und Funktionen des Blutfarbstoffes.

Im Forschungsprojekt ›AquaDiv@Jena‹ gehen Jenaer Wissenschaftler der Frage nach, ob oberirdische Biodiversität und unterschiedliche Landnutzung einen Einfluss auf die Stoffaustausche haben. Der Freistaat Thüringen stellt 2,5 Millionen € im Rahmen der ProExzellenz-Initiative dafür bereit. ●

### Starting the New Year with New Projects

The Institute of Photonic Technology started 2009 with several new projects, two of which are supported by the European Union. Participating partners in the ›ACCORD‹ project do not receive a fixed amount in funding money, as is customarily the case, but rather a technology transfer that is free of charge. One of the goals for the future is the fast and detailed imaging of biological cell structures, which is a prerequisite for the differentiation between healthy and diseased tissue.

Coordinated at IPHT by Dr. Silke Christiansen, the goal of the ›ROD\_SOL‹ project is the development of novel and inexpensive nanomaterials for high-efficiency solar cells. The research is funded with 2.9 million euros and the Institute is intricately involved in all parts of the project—from material production to the integration of materials in solar cell designs to material characterization.

The aim of ›MikroPlex‹ is the exploration of technologies for characterization and identification of microbial communities. The participating parties aim to advance the analysis of microbes in complex samples, e.g. in soil or food so that it becomes independent from the laboratory. The Free State of Thuringia supports the ProExzellenz research venture with one million euros. Within the initiative ›heme and heme degradation products,‹ and with the same amount of money, Thuringia also funds research into the creation and function of the blood pigment.

As part of the ›AquaDiv@Jena‹ project, researchers from Jena are studying the effects above-ground biodiversity and different land use have on matter and water transport. The Free State of Thuringia has made 2.5 million € available within the ProExzellenz initiative for this research. ●



### **Blick in die Geschichte des Weltalls**

Informationen über die Anfänge des Universums können seit Anfang des Jahres noch einfacher gesammelt werden. Auf über 5000 Metern Höhe in der chilenischen Atacama-Wüste installierten Wissenschaftler des IPHT am APEX-Teleskop der europäischen Südsternwarte (ESO) neue supraleitende Detektoren. Mit den sogenannten ›Spinnennetz-Sensoren‹ können Wellen von 100 bis 1000  $\mu\text{m}$  detektiert und so Rückschlüsse auf die Geschichte des Weltalls gezogen werden. Die neue Sensorgeneration ermöglicht eine noch schnellere Bilddetektion von entstehenden Sternen oder sehr detailreiche Aufnahmen von schwach strahlenden astronomischen Objekten. Die Herstellung basiert auf Mikrostrukturtechniken, die am IPHT entwickelt werden und so eine anwenderorientierte Systementwicklung vom Sensorelement bis hin zum kompletten Mess- und Bildaufzeichnungssystem erlauben. ●

### **...and the winner is: IPHT vergibt Institutspreise**

Zum neunten Mal vergab das IPHT zusammen mit der Sparkasse Preise für herausragende innovative Leistungen seiner Mitarbeiter. Der mit 2500 Euro dotierte IPHT-Preis ging dieses Jahr an Prof. Dr. Evgeni Il'ichev aus der Abteilung ›Quantendetektion‹. Damit wurden seine Erfolge auf dem Gebiet der Entwicklung quantenlimitierter Detektoren geehrt. In seiner mehr als fünfzehnjährigen engagierten Tätigkeit am IPHT gelang es ihm, Phänomene des Mikrokosmos der Quanten auf makroskopische Objekte zu übertragen. Der Diplompreis ging an Ronald Siebert aus der Nachwuchsgruppe ›Ultrakurzzeitspektroskopie‹. Er entwickelte einen experimentellen Aufbau, mit dem ultraschnelle molekulare Abläufe in lichtgetriebenen

### **Looking Into the History of Space**

Since the beginning of this year, information about the early days of the universe can be gathered even more easily. At a height of more than 5000 meters, researchers from IPHT installed new superconducting detectors at the APEX telescope of the European Southern Observatory (ESO) in the Chilean Atacama desert. With these so-called ›spiderweb sensors‹ it is possible to detect wavelengths from 100 to 1000  $\mu\text{m}$  and draw conclusions about the universe's history. The new sensor generation permits an even faster image detection of emerging stars or very detailed images of only weakly radiating astronomical objects. Production is based on micro-structuring techniques developed at IPHT that enable the development of application-oriented systems from the individual sensor element all the way to a complete measurement and image recording system. ●

### **...And the Winner is – IPHT's Institutional Awards**

For the ninth year in a row, IPHT, together with Sparkasse bank, granted awards to its employees for outstanding innovative achievements. This year's IPHT prize, remunerated with 2500 euros, was awarded to Prof. Dr. Evgeni Il'ichev of the ›Quantum Detection‹ department, honoring his work in the development of quantum-limited detectors. During his more than 15 years of dedicated work at IPHT he was able to transfer phenomena of the quantum microcosm to macroscopic objects. The thesis prize was awarded to Ronald Siebert of the young researchers group ›Ultrafast Spectroscopy‹. He developed an experimental setup for the time-resolved capturing of ultrafast molecular activities in light-driven biological systems. Such activities



Thüringens Ministerpräsidentin Christine Lieberknecht lässt sich am Stand des IPHT von Julia Münzner (rechts) und Patrick Wohlfahrt (links) einen DNA-Nachweis erklären. Julia Münzner (right) and Patrick Wohlfahrt (left) explaining the purpose of DNA detection to Thuringia's prime minister, Christine Lieberknecht.

biologischen Systemen zeitlich erfasst werden können, die entscheidenden Einfluss bei der Photosynthese von Pflanzen und bei Vorgängen in Solarzellen haben. ●

#### Der Nachwuchs am IPHT

Nicht nur die Ausbildung von Studenten spielt am IPHT eine große Rolle, auch die Förderung von Schülern oder Schulabgängern ist am Institut großgeschrieben. Mit besonders großem Enthusiasmus und viel naturwissenschaftlichem Verständnis taten sich in diesem Jahr Julia Münzner (17) und Patrick Wohlfahrt (18) hervor. Im Rahmen ihrer Seminarfacharbeit beschäftigten sich die beiden Jungforscher mit der Verbesserung eines modernen Verfahrens zum Nachweis von Biomolekülen in der Medizin. Dazu verwendeten sie metallische Nanopartikel und untersuchten Fluoreszenzeffekte an diesen Partikeln. Die Beiden fertigten eine hervorragende Arbeit auf hohem Niveau an, die nach dem Sieg bei ›Jugend forscht‹ auf Landesebene mit dem 2. Preis in der Kategorie Physik des 44. Bundeswettbewerbes unter der Schirmherrschaft von Bundespräsident Horst Köhler geehrt wurde. Ihre Einsatzbereitschaft stellten sie darüber hinaus auf dem Thüringer Innovationstag 2009 unter Beweis. Mit ihrem Engagement konnten sie Thüringens Ministerpräsidentin Christine Lieberknecht am Stand des IPHT für ihre Forschungsarbeiten begeistern.

Bereits zum zweiten Mal beteiligte sich das Institut für Photonische Technologien am Girls Day. Die zahlreichen Mädchen im Alter von 12 bis 16 Jahren nutzten den Tag, um sich über ingenieur- bzw. naturwissenschaftliche Berufe zu informieren und diese hautnah zu erleben. Wissenschaftlerinnen des IPHT präsentierten spannende Experimente, wobei vieles selber ausprobiert werden konnte. ●

play a decisive role in the photosynthesis of plants and the working principle of solar cells. ●

#### Young Researchers at IPHT

Not only does the education of university students play an important role at IPHT but the advancement of school-aged children and high school graduates is crucial as well. Particularly great enthusiasm and a profound scientific comprehension were demonstrated this year by Julia Münzner (17) and Patrick Wohlfahrt (18). As part of their thesis these two young researchers worked on improving a modern technique for the detection of biomolecules. For this, they used metal nanoparticles and studied their fluorescence effects. The two handed in an excellent thesis, written at a high level, which won them first prize at the regional level of the ›Jugend forscht‹ (young researchers) competition, followed by a second place victory in the physics category at the 44<sup>th</sup> national competition under the auspices of German President Horst Köhler. They also showed their dedication during Thuringia Innovation Day 2009. With their commitment they were able to win over Thuringian State Governor Christine Lieberknecht for their research project at the IPHT booth.

For the second time in a row, the Institute of Photonic Technology participated in Girls Day. A number of adolescent girls and young women from the ages of 12 to 16 took advantage of the day to gather information about engineering-oriented jobs and careers in the sciences and to gain hands-on experience in these fields. Female researchers at IPHT performed exciting experiments, many of which the participants were able to try out for themselves. ●





### Minilabore auf Reisen

Das IPHT präsentierte seine Infrastruktur zur Konzeption und Herstellung anwendungsspezifischer Lab-on-a-Chip-Systeme auf der diesjährigenACHEMA sowie auf dem Mikrosystemtechnik-Kongress. Entwicklungen im medizinischen und biologischen Bereich sind ohne die kleinen ›Alleskönner‹ nahezu undenkbar. Mit ihnen sind chemische und biologische Analysen auf kleinstem Raum schnell und effizient durchführbar. Die Gruppe um Dr. Thomas Henkel aus der Forschungsabteilung ›Nanobiophotonik‹ stellte Prototypen von Lab-on-a-Chip-Systemen vor, die beispielsweise bei der Durchfluss-PCR oder der Mikrokultivierung von Zellen zum Einsatz kommen. Darüber hinaus wurde in Frankfurt am Main und Berlin eine Kommunikationsplattform diskutiert, welche den Austausch neuer Anforderungen der Anwender bei der Entwicklung vereinfachen soll. ●

### Prof. Dr. Jürgen Popp zum SAS-Fellow ernannt

Der Wissenschaftliche Direktor des IPHT Prof. Dr. Jürgen Popp wurde für seine Leistungen auf dem Gebiet der Spektroskopie zum Fellow der internationalen Gesellschaft für Angewandte Spektroskopie (Society for Applied Spectroscopy, SAS) ernannt. Die Fachgesellschaft hat sich zum Ziel gesetzt, Wissen und Informationen rund um die Spektroskopie und verwandte Disziplinen zu verbreiten. Der Physikochemiker Popp hat auch den Lehrstuhl für Physikalische Chemie der Universität Jena inne. Nach seiner Promotion im Jahre 1995 und einem Forschungsaufenthalt an der Yale Universität in den USA habilitierte er 2000 in Würzburg. 2001 erhielt er im Alter von nur 35 Jahren den Ruf nach Jena. Zu seinen Arbeitsschwerpunkten zählt die innovative orts aufgelöste Laserspektroskopie zur Lösung biologischer und medizinischer Fragestellungen. ●

### Miniature Laboratories on the Road

IPHT presented its infrastructure for the design and manufacture of application-specific lab-on-a-chip systems at this year'sACHEMA as well as the Microsystem Technology Congress. Developments in the medical and biological fields are nearly unthinkable without these small ›all-around talents‹. With their help, chemical and biological analyses can be performed fast and efficiently on a very small footprint. Dr. Thomas Henkel's group from the department of nanobiophotonics introduced prototypes of lab-on-a-chip systems that can be used, for example, for flow-through PCR or the micro-cultivation of cells. In addition, a communication platform was discussed in Frankfurt am Main and Berlin, which is supposed to facilitate the exchange of user requirements during the development. ●

### Prof. Dr. Jürgen Popp Appointed SAS Fellow

IPHT's scientific director, Prof. Dr. Jürgen Popp, was appointed a fellow by the international Society for Applied Spectroscopy (SAS) for his achievements in the area of spectroscopy. The society aims to proliferate knowledge and information about spectroscopy and related fields. A physical chemist, Popp currently holds the position of chair for physical chemistry at the University of Jena. After obtaining his doctoral degree in 1995 and performing post-doctoral research at Yale University in the USA, he was promoted to professor in 2000 in Würzburg. In 2001, at the young age of 35, he was offered a professorship in Jena. The focus of his work is on innovative and spatially resolved laser spectroscopy to solve problems in biology and medicine. ●

### Gold, Silber und Licht in Wissenschaft und Kunst: 10 Jahre Nanobiotechnologie-Symposium am IPHT Jena

Bereits zum zehnten Mal konnte PD Dr. Wolfgang Fritzsche zahlreiche nationale und internationale Gäste zum Nanobiotechnologie-Symposium am IPHT begrüßen. Die Veranstaltung ist ein fester Bestandteil im Terminkalender der weltweit auf dem Gebiet der Bionanotechnologie und molekularen Plasmonik arbeitenden Wissenschaftler. Die Schwerpunkte lagen auch dieses Jahr auf den optischen Eigenschaften von Nanopartikeln sowie auf deren Verbindung mit Biomolekülen, wie zum Beispiel der Erbsubstanz Desoxyribonukleinsäure (engl. abgekürzt DNA). Die Forschung der Abteilung ›Nanobiophotonik‹ beschäftigt sich mit den Grundlagen neuartiger Biosensoren und der spezifischen Erkennung verschiedener Biomoleküle. Mit Kollegen aus Deutschland, USA, Frankreich und Israel diskutierte Fritzsche zum Beispiel aktuelle Forschungsergebnisse und deren Anwendung auf die eindeutige Identifizierung der Erreger der ›Schweinegrippe‹.

Begleitet wurde die Jubiläumsveranstaltung durch eine Vernissage der Künstlerin Katrin Sergejew. Die studierte Modedesignerin näherte sich dem Thema Wissenschaft im Rahmen des Projektes ›Wissenschaft in Kunst‹ des Kultur- und Kunstvereins Habilitē. Unter dem Titel ›Gold und Silber – ein Spiel mit dem Licht‹ wurden Pressevertretern und interessierten Bürgern von der Wissenschaft inspirierte Bilder präsentiert. Das Zusammenspiel von Gold und Silber mit Licht ließ den Betrachter in Abhängigkeit vom Blickwinkel immer wieder neue Formen und Flächen erkennen. ●

### Gold, Silver and Light in Science and Art: 10 Years of Symposium on Nanobiotechnology at IPHT Jena

For the tenth year in a row, Dr. Wolfgang Fritzsche welcomed many national and international guests to the symposium on nanobiotechnology at IPHT. This event is an important one for scientists working in the fields of nanobiotechnology and molecular plasmonics. The focus again this year was on the optical properties of nanoparticles as well as their combination with biomolecules, such as deoxyribonucleic acid (DNA). The department of ›Nanobiophotonics‹ researches the fundamentals of novel biosensors and the specific identification of different biomolecules. Together with colleagues from Germany, the USA, France, and Israel Fritzsche discussed, for example, current findings in research and their application for an unambiguous identification of ›swine flu‹ pathogens.

This anniversary event was accompanied by a vernissage by Katrin Sergejew. The artist, who studied fashion design, engaged the subject of science as part of the project ›Science in Art‹ sponsored by the culture and arts association Habilitē. Under the motto ›Gold and Silver – Playing with Light,‹ paintings inspired by science were displayed for members of the press and other interested parties. Depending on the vantage point, the interaction of gold and silver with light allows the observer to keep discovering new shapes and surfaces. ●

Vernissage am IPHT, Katrin Sergejew und PD Dr. Wolfgang Fritzsche vor dem Bild ›Dynamic‹. Vernissage on IPHT: Katrin Sergejew and PD Dr. Wolfgang Fritzsche in front of the painting ›Dynamic‹.





### LASER World of PHOTONICS

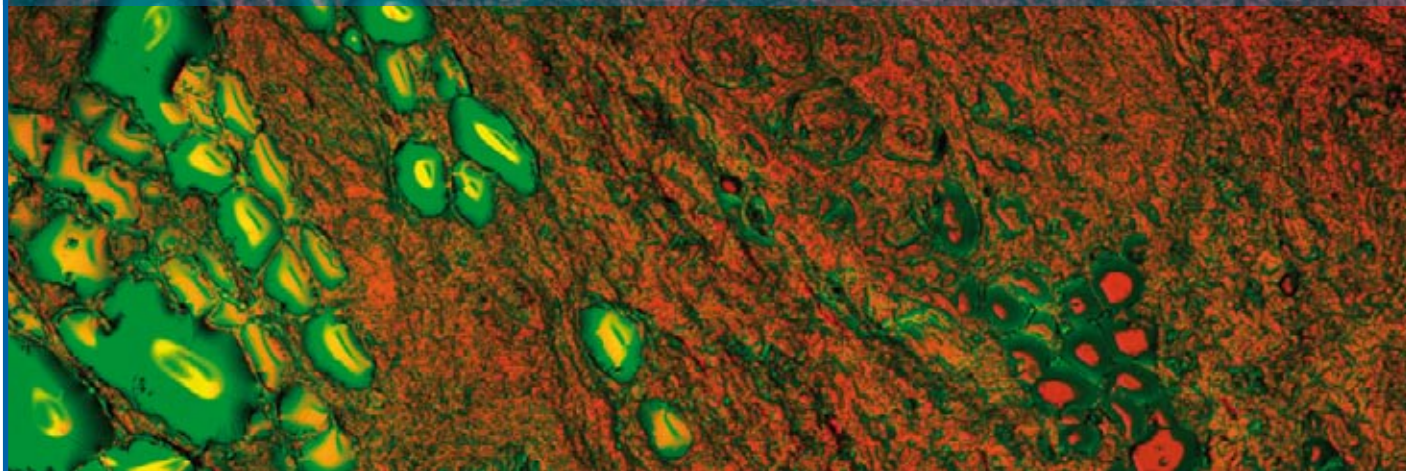
Das IPHT präsentierte in München zusammen mit dem Forschungsschwerpunkt Biophotonik auf 140 qm die vielfältige Verwendung von Licht für innovative optische Lösungen für Gesundheit, Umwelt, Sicherheit, Produktion und Energie. So wurden kompakte Geräte zur Charakterisierung optischer Komponenten für Hochleistungslaser vorgestellt. Das Messkonzept erlaubt eine Bestimmung der Schicht- als auch der Volumenabsorption in einer Probe mit nur einer Messung. Die kostengünstige Untersuchung großer Probenzahlen ist so möglich. Metallische Nanostrukturen für den Nachweis von Mikroorganismen und Biomolekülen waren ein weiteres Highlight. Die Entwicklung serienreifer nanostrukturierter Substrate erlaubt die sehr spezifische und sensitive Detektion verschiedenster Analyten. Abgerundet wurde die Präsentation durch einen Überblick über die Arbeiten der Abteilung ›Faseroptik‹. Die Herstellung optischer Spezialfasern ist eine Kernkompetenz des Instituts.

Neue optische Systeme für Medizin und Lebenswissenschaften waren der Fokus des Forschungsschwerpunktes Biophotonik, dessen Sprecher Prof. Jürgen Popp ist. Erstmals widmete die Weltleitmesse für Optische Technologien der aufstrebenden Fachdisziplin eine Sonderfläche in den Messehallen. Es wurden Entwicklungen, die derzeit in enger Zusammenarbeit von Wirtschaft und Wissenschaft mit Hilfe der Projektförderung des BMBF entstehen, präsentiert. Darüber hinaus diskutierten Mediziner, Naturwissenschaftler und Industrievertreter über Wege, um neueste optische Technologien schnell in Lösungen zu überführen, die optimal auf die Bedürfnisse von Patienten und Ärzten zugeschnitten sind. ●

### LASER World of PHOTONICS

Together with the biophotonics research program IPHT presented in Munich, in 140 m<sup>2</sup> of space, the manifold uses of light for innovative optical solutions in health, environment, security, production, and energy. For example, compact devices for the characterization of optical components for high power lasers were presented. The measuring principle permits both layer and volume absorption of a sample to be obtained with a single measurement. This makes it possible to examine a large number of samples in an inexpensive way. Another highlight was the metal nanostructures used in the detection of microorganisms and biomolecules. The development of nanostructured substrates that are ready for serial production enables the very specific and sensitive detection of different analytes. The presentation was completed with an overview of the research work performed by the ›Fiber Optics‹ department. The manufacture of special optical fibers is one of the Institute's core competencies.

Novel optical systems for medicine and life sciences were the focus of the biophotonics research program, with Prof. Jürgen Popp as their spokesperson. For the first time, the world's leading fair for optical technologies dedicated a special area within its halls to the up-and-coming field of research. Developments that have emerged as a result of this collaboration between economy and science with the help of project funding by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) were presented. In addition, health professionals, natural scientists, and industrial representatives discussed possibilities to quickly transfer the latest optical technologies into solutions that are optimally suited to meet the requirements of patients and doctors alike. ●



### Blicke unter die Haut

Mit dem Start des Projektes CHEMOPRÄVENT (Partner aus Jena, Berlin und München) verstärkt das Institut seine Aktivitäten im Bereich der spektralen Bildgebung. Mit Hilfe neuester optischer Methoden soll die Ursache der Nebenwirkungen von Chemotherapeutika untersucht werden. Diese hoch wirksamen Waffen im Kampf gegen den Krebs zeigen sehr oft schwerwiegende Nebenwirkungen an der Haut der Patienten. Das mit 4,2 Millionen Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt will erstmals zwei laserbasierte bildgebende Verfahren nutzen, um verschiedenartige zelluläre Strukturen der Haut darzustellen und gleichzeitig deren chemische Analyse ermöglichen. Das Projekt ist Teil des Forschungsschwerpunktes Biophotonik im Bereich der Optischen Technologien. Das BMBF unterstützt damit Unternehmen bei der Erforschung optischer Lösungen für Medizin und Lebenswissenschaften. ●

### Elektronenhirne mit kühlem Kopf

Prof. Hans-Georg Meyer begrüßte im Herbst 25 internationale Teilnehmer zum Workshop zu supraleitenden Prozessoren. Als Koordinator des EU-Projektes S-Pulse fördert er die Vermittlung von Wissen über die Herstellung und Anwendung von supraleitenden digitalen Schaltkreisen. Superschnelle Computer sind für Spezialanwendungen wie Berechnung von Molekülen in der Chemie oder für schnelle Signalverarbeitung in der Telekommunikation unerlässlich. Supraleitende Digitalschaltungen basieren auf physikalischen Effekten, die die enorme Wärmeentwicklung bei hohen Taktfrequenzen umgehen. In Europa ist das IPHT die führende Einrichtung zur Herstellung dieser

### Looking Underneath the Skin

With the start of the CHEMOPRÄVENT project (featuring partners from Jena, Berlin, and Munich) the Institute has strengthened its spectral imaging activities. The root cause of the side effects of chemotherapeutic agents will be analyzed with the help of the latest optical methods. These highly effective weapons in the fight against cancer often show severe side effects on the patient's skin. The project, funded with 4.2 million euros by the state government, aims to utilize, for the first time, two imaging methods to display different cellular structures of the skin and, at the same time, permit their chemical analysis. This project is part of the biophotonics research program in the field of optical technologies. The BMBF supports companies researching optical solutions for medicine and the life sciences. ●

### Electronic Brains with a Cool Head

In the fall, 25 international participants were welcomed by Prof. Hans-Georg Meyer to the workshop on superconducting processors. As coordinator of the EU project S-Pulse, he facilitates the proliferation of know-how in the manufacture and application of superconducting digital circuits. Superfast computers are indispensable for special applications such as the calculation of molecules in chemistry or the fast signal processing in telecommunications. Superconducting digital circuits are based on physical effects that bypass the tremendous heat build-up that occurs at high frequencies. In Europe, IPHT is the leading entity for the manufacture of such circuits. The manufacturing

Schaltungen. Der hier entwickelte Herstellungsprozess wurde vorgestellt und mit etablierten Prozessen aus aller Welt (USA, Japan, Finnland) verglichen. Die Arbeiten sind zugleich technologische Basis für quantenlimitierte photonische Detektoren und die extrem rauscharme Verstärkung photonischer Signale. ●

### Sternstunden

Mit über 2.000 Besuchern zur Langen Nacht der Wissenschaften zählte das IPHT zu einem der Publikumsmagneten auf dem Beutenberg. Mit Neugier und großem Interesse wurde den Wissenschaftlern das eine oder andere Loch in den Bauch gefragt und das nicht nur zu den jeweiligen Forschungsgebieten. Auch Presse, Funk und Fernsehen waren Gäste und berichteten in Sonderbeiträgen, so auch der Offene Kanal Jena, der den ganzen Abend vom Beutenberg aus über die Geschehnisse in der Stadt sendete. Mit 12 Exponaten und 6 Laborrundgängen präsentierte sich das Institut der Öffentlichkeit. Letztere waren besonders gefragt, und es bildeten sich regelmäßig lange Warteschlangen an den Treffpunkten. Die Besucher hatten die Möglichkeit, sich bei mehr als 70 Wissenschaftlern über die Forschungsschwerpunkte des Instituts zu informieren. So wurde ein Einblick gewährt, was alles mit Licht erforscht werden kann.

Ein besonderer Glanzpunkt wurde von der Abteilung ›Halbleiter-Nanostrukturen‹ präsentiert. Mit einem Rasterelektronenmikroskop mit fokussiertem Ionenstrahl schrieben die Mitarbeiter jeden Gast in das kleinste Gästebuch der Welt ein. Dabei ist jeder Buchstabe mikroskopisch klein mit einer Höhe, die dem 20sten Teil der Stärke eines menschlichen Haares entspricht. Dieses Verfahren ist von enormer Bedeutung für die Herstellung von Nanostrukturen zum Beispiel für neuartige Solarzellen. ●

process that was developed here was presented and compared to established processes from all over the world (USA, Japan, Finland). This work is also the technological basis for quantum-limited photonic detectors. ●

### Great Moments

With more than 2000 visitors during the ›Long Night of Sciences‹ IPHT was one of the crowd magnets around the Beutenberg area. With curiosity and great interest the scientists were quizzed – and not only about their corresponding research area. Members of the press, radio, and TV stations were present to cover the event in special broadcasts. For example, Offene Kanal Jena (the public broadcasting channel in Jena) reported the events of the entire evening in the city from Beutenberg. The Institute presented itself to the public with 12 exhibits and 6 laboratory tours. The latter was of particular interest; in fact, long lines formed regularly at the various meeting places. Visitors had the opportunity to interview more than 70 scientists about the different research fields at IPHT, thereby gaining insight into what can be researched with light. It was possible to look discreetly underneath clothing, make the invisible visible, or get yeast cells to dance.

A particular highlight was presented by the department of ›Semiconductor Nanostructures‹. With the help of a scanning electron microscope with focused ion beam, researchers wrote the name of each visitor into the world's smallest guestbook. Each letter is microscopic in size at a height of just one twentieth of that of a human hair. This procedure is of great significance for the manufacture of nanostructures, for example for novel solar cells. ●



Großer Ansturm zur ›Langen Nacht der Wissenschaften‹.

Mitarbeiter erklärten u. a. modernste Zeitlupentechnik.

Big rush to the ›Long Night of Science‹.

Scientists explain the latest slow-motion technique.



**Höher, schneller, Spitzenforschung:  
Der neue Faserziehturm des IPHT**

Nach einer Bauzeit von ca. einem Jahr konnte 2009 der neue 14m hohe Faserziehturm in Betrieb genommen werden. Die mit Unterstützung der Thüringer Landesregierung, dem Bundesforschungsministerium und dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung errichtete Anlage für das Ziehen optischer Fasern sichert dem IPHT einen hohen technologischen Stand auf dem Gebiet der Fasertechnologie. Damit wurden auch die Leistungsstärke der Landesforschungseinrichtung und die Attraktivität als Forschungspartner, welcher die Ansiedlung mittelständischer und kleiner Unternehmen begünstigt, gestärkt. Das Richtfest konnte bereits im Sommer des Jahres gefeiert werden. Zur offiziellen Inbetriebnahme der Anlage im Dezember konnte der neue Minister für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Christoph Matschie, am IPHT empfangen werden. In seinem Grußwort würdigte er die Rolle des IPHT als Vermittler zwischen Wissenschaft und Wirtschaft.

Die neue Ziehanlage gilt als eine der modernsten ihrer Art in ganz Europa. Mit ihr können Fasern nun aus Glasrohren (sogenannten Preformen) mit einer Dicke von 48 mm und mit Geschwindigkeiten bis zu 100 Meter pro Minute gezogen werden. Darüber hinaus erlaubt die Verarbeitung größerer Faserdurchmesser die Herstellung kleinerer und komplexerer Faserstrukturen. Verbesserte Mess- und Regeltechnik erhöhen die Faserqualität. Weitere Vorteile ergeben sich aus den Möglichkeiten zu Mehrfach- und Druckbeschichtungen. Letzteres ist für Fasertypen mit höheren Lichtleistungen essentiell. ●

**Higher, Faster, Cutting-edge Research:  
The New Fiber Drawing Tower at IPHT**

In 2009, after a period of construction of about one year, the new fiber drawing tower, measuring 14 meters in height, was put into operation. The tower for drawing optical fibers, which was built with the support of the Thuringian state government, the Federal Ministry of Education and Research, and the European Regional Development Fund, secures for IPHT a high technological standard in the field of fiber technology. It also strengthens the performance of the state research facility and its attractiveness as a research partner, which, in turn, facilitates the settlement of small and medium-sized enterprises. The roofing ceremony was celebrated in the summer. For the official commissioning, the new secretary for education, science, and culture, Christoph Matschie, was welcomed at IPHT. In his speech he appreciated IPHT's role as intermediary between science and economy.

The new drawing tower is one of the most modern in all of Europe. It is capable of drawing fibers from glass tubes (so-called preforms) that have a thickness of 48 mm at speeds up to 100 meters per minute. In addition, the processing of larger fiber diameters permits the manufacture of smaller and more complex fiber structures. Improved measurement and control technology increases the fiber quality. Further advantages include the possibilities for multiple and printed coatings. The latter is essential for fiber types carrying higher power levels. ●

**Im Land der Ideen**

Das IPHT ist 2010 ein »Ausgewählter Ort im Land der Ideen«. Es zählt zu den 365 Preisträgern, die aus mehr als 2.200 Bewerbungen ausgewählt wurden. Mit der Entwicklung der Terahertz-Kamera haben Wissenschaftler der Abteilung »Quantendetektion« bisherige technische Grenzen weit überschritten und eine herausragende Technologie realisiert. Mit ihr ist das Aufspüren von Waffen am menschlichen Körper möglich, weshalb sie zukünftig unter anderem bei Sicherheitskontrollen an Flughäfen zum Einsatz kommen soll. Im Gegensatz zum kontrovers diskutierten »Nacktscanner« stellt die THz-Kamera keine anatomischen Details dar. Als »Ausgewählter Ort« repräsentiert das IPHT das Innovationspotenzial Deutschlands. Der Wettbewerb wird gemeinsam von der Standortinitiative »Deutschland – Land der Ideen« und der Deutschen Bank durchgeführt und steht unter der Schirmherrschaft von Bundespräsident Horst Köhler. Die Entwicklung der THz-Kamera wurde vom Freistaat Thüringen und dem BMBF gefördert. ●

**Deutschland  
Land der Ideen**



Ausgewählter Ort 2010

**In the Land of Ideas**

In 2010 IPHT will be a so-called »selected location in the land of ideas.« It is one of the 365 winners that were picked from more than 2200 applications. With the development of a terahertz camera, scientists from the department of quantum radiometry went far beyond current technological limits and created an outstanding piece of technology. With this camera, it is possible to detect weapons concealed on the human body. It is planned to deploy this technology, among others, for security checks at airports in the future. Contrary to the »nude scanners,« the THz camera does not display anatomic details. As a »selected location,« IPHT represents Germany's innovative potential. The competition is organized by the »Germany – Land of Ideas« initiative and Deutsche Bank under the auspices of German President Horst Köhler. The development of the terahertz camera was founded by the state government of Thuringia and the BMBF. ●

**Umstrukturierung am IPHT abgeschlossen**

Mit der Ernennung der acht Forschungsabteilungsleiter ist zum Ende des Jahres die Neuausrichtung und Neuprofilierung des Instituts nahezu abgeschlossen. Das reformierte IPHT umfasst nun die Abteilungen »Spektroskopie/Bildgebung«, »Faseroptik«, »Quantendetektion«, »Photovoltaische Systeme«, »Nanobiophotonik«, »Nanoskopie«, »Halbleiternanostrukturen« und »Mikroskopie«.

Im Zuge der Umprofilierung konnte der mehrfach ausgezeichnete Chemiker PD Dr. Volker Deckert vom Institute for Analytical Sciences (ISAS) aus Dortmund gewonnen werden. Als Experte auf dem Gebiet der höchst aufgelösten molekularen Analytik stellt er mit seinen Arbeiten eine wertvolle Bereicherung der Forschungen am IPHT dar. ●

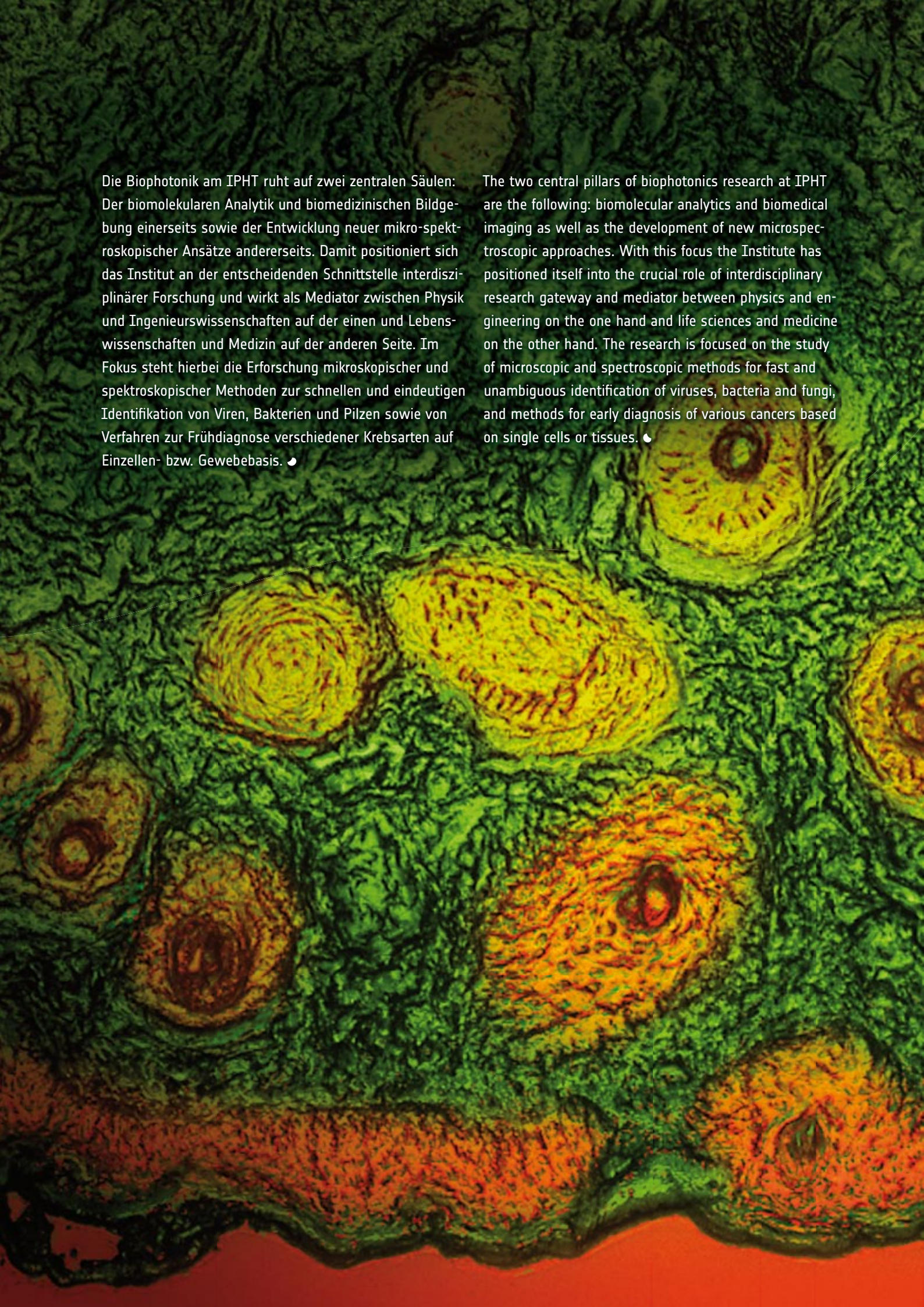
**Restructuring at IPHT Completed**

After appointing the eight research department heads at the end of the year, IPHT's reorientation and its new profile were almost completed. The reformed IPHT comprises the departments »spectroscopy/imaging,« »fiber optics,« »quantum detection,« »photovoltaic systems,« »nanobiophotonics,« »nanoscopy,« »semiconductor nanostructures,« and »ultramicroscopy«.

In the wake of the restructuring that took place we were able to gain Dr. Volker Deckert from the Institute for Analytical Sciences (ISAS), Dortmund, as a new colleague. Dr. Deckert, who has won several awards, is an expert in high resolution molecular analytics and, together with his work, a valuable addition to the research performed at IPHT. ●

Die Biophotonik am IPHT ruht auf zwei zentralen Säulen: Der biomolekularen Analytik und biomedizinischen Bildgebung einerseits sowie der Entwicklung neuer mikro-spektroskopischer Ansätze andererseits. Damit positioniert sich das Institut an der entscheidenden Schnittstelle interdisziplinärer Forschung und wirkt als Mediator zwischen Physik und Ingenieurwissenschaften auf der einen und Lebenswissenschaften und Medizin auf der anderen Seite. Im Fokus steht hierbei die Erforschung mikroskopischer und spektroskopischer Methoden zur schnellen und eindeutigen Identifikation von Viren, Bakterien und Pilzen sowie von Verfahren zur Frühdiagnose verschiedener Krebsarten auf Einzellen- bzw. Gewebebasis. ♣

The two central pillars of biophotonics research at IPHT are the following: biomolecular analytics and biomedical imaging as well as the development of new microspectroscopic approaches. With this focus the Institute has positioned itself into the crucial role of interdisciplinary research gateway and mediator between physics and engineering on the one hand and life sciences and medicine on the other hand. The research is focused on the study of microscopic and spectroscopic methods for fast and unambiguous identification of viruses, bacteria and fungi, and methods for early diagnosis of various cancers based on single cells or tissues. ♣







Biophotonik  
Biophotonics

**Neuartige SERS-Substrate für die quantitative und parallelisierte Analyse**

*Novel SERS Substrates for Quantitative and Parallelized Analytics*

K. STRELAU, TH. SCHÜLER, R. MÖLLER, W. FRITZSCHE, J. POPP

Die schnelle und hochspezifische Identifikation von Stoffen in geringen Konzentrationen ist eine der größten Herausforderungen für die heutige Analytik. Die Raman-Spektroskopie erlaubt anhand der spezifischen Fingerprint-Spektren eine genaue Bestimmung von chemischen und biologischen Proben. Eine Möglichkeit, den intrinsisch schwachen Raman-Effekt zu intensivieren, ist die Nutzung der so genannten oberflächenverstärkten Raman-Streuung (SERS). Dabei nutzt man Edelmetallnanostrukturen zur Verstärkung der Raman-Signale. Durch SERS ist eine Steigerung der Empfindlichkeit um mehrere Größenordnungen möglich, was sogar den Nachweis von Einzelmolekülen erlaubt.

Typische SERS-Substrate sind z. B. angeraute Elektrodenoberflächen, metallische Nanopartikel oder planare metallische Nanostrukturen. Die Herstellungsverfahren für SERS-Substrate sind meist technologisch aufwendig und z. T. auch mit erheblichen Kosten verbunden. Weiterhin lassen sich mit diesen Verfahren nur kleine Flächen strukturieren. Da die Verstärkung des SERS-Signals aber direkt von den metallischen Nanostrukturen abhängt, müssen SERS-Substrate vor einer Messung oft erst aufwendig charakterisiert werden. Die Schwierigkeit besteht in der Herstellung reproduzierbarer SERS-aktiver Strukturen mit definierter SERS-Verstärkung. Das Fehlen von kostengünstigen, einfach zu charakterisierenden und reproduzierbaren SERS-Substraten, welche sowohl eine qualitative als auch quantitative Analyse erlauben, stellt ein Haupthindernis für die weitere Verbreitung von SERS als Analysemethode dar.

Durch die Verwendung von auf einer Chipoberfläche immobilisierten Enzymmolekülen können am IPHT Jena enzymatisch generierte Silbernanopartikel (EGNP) erzeugt werden, welche sich durch eine besonders raue Nano-

The fast and highly specific identification of substances in low concentrations is one of the main challenges in analytics today. Thanks to its specific fingerprint spectra, Raman spectroscopy permits an exact identification of chemical and biological samples. One way to intensify the intrinsically weak Raman effect is to use so-called surface enhanced Raman scattering (SERS), which uses precious metal nanostructures to amplify weak Raman signals. SERS makes it possible to increase sensitivity by several orders of magnitude, enabling even the detection of single molecules.

Typical SERS substrates include, for example, roughened electrode surfaces, metallic nanoparticles, or planar metallic nanostructures. The manufacturing methods involved in SERS substrates are often technologically

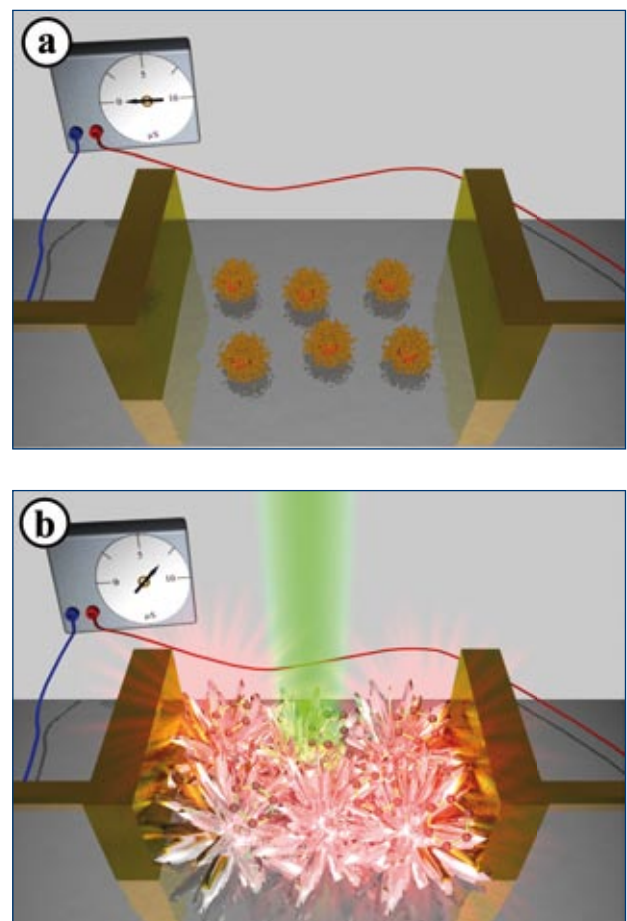


Abb. 1: Durch die Immobilisierung von Enzymmolekülen im Elektrodenspalt (a) werden Silbernanopartikel abgeschieden, welche zu einer leitfähigen Schicht führen, die als SERS-Substrat genutzt werden kann (b).

Fig. 1: By immobilizing peroxidase molecules inside an electrode gap (a) they deposit silver nanoparticles which lead to an electricity conducting layer that can be used as SERS substrate (b).

struktur auszeichnen. Diese Strukturen führen dazu, dass es auch bei hohen Partikeldichten und leitfähigen Schichten zu lokalen Überhöhungen des elektromagnetischen Feldes kommt und somit ein Zusammenbrechen der SERS-Aktivität verhindert wird (Abb. 1). Dadurch ist es möglich, die SERS-Aktivität dieser metallischen Nanostrukturen mit Hilfe einer einfachen elektrischen Leitfähigkeitsmessung zu charakterisieren und nicht nur die SERS-Aktivität eines Substrates zu bestimmen, sondern auch gleichzeitig den Bereich der höchsten SERS-Verstärkung zu ermitteln.

Die EGNP werden durch die enzymatische Aktivität von auf einer Oberfläche immobilisierten Meerrettich-Peroxidase-Molekülen (HRP) gebildet. Dabei werden durch die enzymatische Aktivität der HRP Silberionen aus der Lösung zu Silber reduziert, welches sich dann um das Enzym anlagert und die Nanopartikel bildet. Zur elektrischen Charakterisierung der so gebildeten SERS-aktiven Silberschichten werden Chips mit Elektrodenstrukturen verwendet, wie sie auch für den elektrischen chipbasierten DNA-Nachweis eingesetzt werden.

Die anschließend aufgenommenen SERS-Spektren weisen eine deutliche Abhängigkeit der gemessenen Signalintensität von der Partikeldichte auf. Eine genauere Untersuchung der Signalintensität ausgewählter Banden in Abhängigkeit von der Partikeldichte auf der Oberfläche zeigt eine stetige Zunahme der Signalintensität mit steigender Partikeldichte. Ab einer Partikeldichte von ca. 60 % ist nur noch ein vergleichsweise geringer Anstieg der Signalintensität messbar (Abb. 2).

Weitere Untersuchungen der Abhängigkeiten der Partikeldichte, der elektrischen Leitfähigkeit und der SERS-Aktivität bestätigen die gewonnenen Ergebnisse. Ab einer Partikeldichte von ca. 60 % kommt es zur Ausbildung einer leitfähigen Silberschicht. Mit weiter zunehmender Partikeldichte steigt die elektrische Leitfähigkeit dieser Schicht weiter an, während bei der SERS-Aktivität nur noch ein geringer Anstieg nachzuweisen ist. Somit kann die elektrische Leitfähigkeit oder auch die Partikeldichte direkt genutzt werden, um die SERS-Aktivität eines SERS-Substrats mit EGNP zu charakterisieren. Untersuchungen zeigten an immobilisierten Goldnanopartikeln mit anschließender Silberabscheidung, dass eine Partikeldichte von ca. 60 % ungefähr dem Grenzwert für die Ausbildung einer elektrisch leitfähigen Schicht entspricht. SERS-Untersuchungen an diesen Schichten ergaben bis zum Erreichen dieses

complex and associated to some extent with significant costs. Furthermore, only small areas can be structured using these methods. Since the amplification of the SERS signal depends directly on the metallic nanostructures, SERS substrates often have to be elaborately characterized prior to a measurement. The difficulty here is the production of reproducible SERS-active structures with defined SERS enhancement. The absence of inexpensive, easy-to-characterize, and reproducible SERS substrates, which allow for both a qualitative and quantitative analysis, is the main obstacle for SERS to become more widely used as an analytical method.

By using enzyme molecules that have been immobilized on a chip surface it is possible to create enzymati-

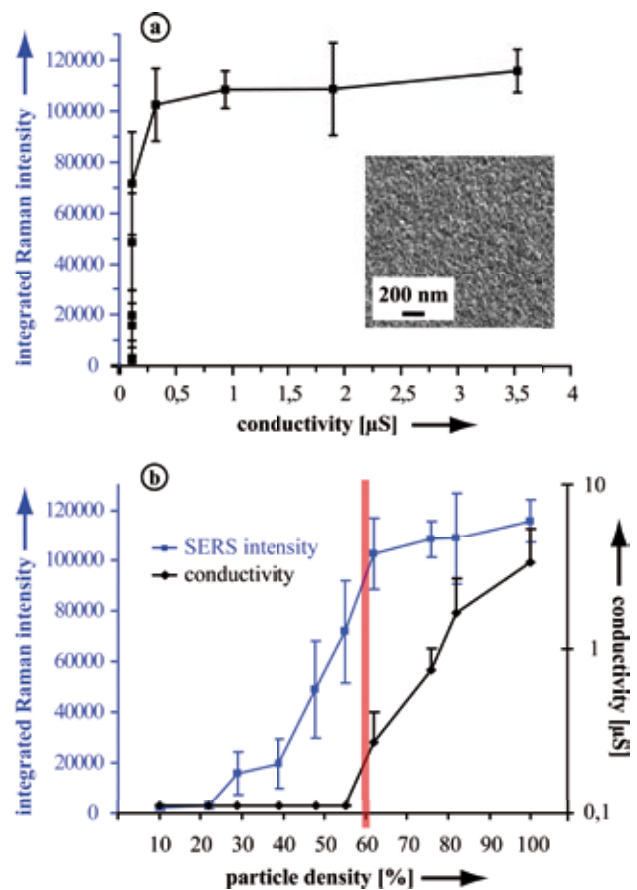


Abb. 2: Abhängigkeit der SERS-Aktivität von der elektrischen Leitfähigkeit (a) der gebildeten Partikelfilme (inset). Ab einer Leitfähigkeit von ca. 1 µS wird die max. SERS-Aktivität erreicht. Vergleich der Partikeldichte, der SERS-Aktivität und der elektrischen Leitfähigkeit (b).

Fig. 2: Dependency of SERS activity on the electrical conductivity (a) of the particle films (inset). Up to a conductivity of about 1 µS the maximum SERS activity is reached. A comparison between the particle density, SERS activity, and the electrical conductivity (b).

Grenzwertes ein vergleichbares Verhalten. Im Gegensatz zu SERS-Substraten mit EGNP brach die SERS-Aktivität dieser Substrate nach dem Ausbilden einer elektrisch leitfähigen Schicht zusammen.

Die durch Leitfähigkeitsmessungen charakterisierten SERS-Substrate ermöglichen zudem eine quantitative Messung, wie für unterschiedliche Konzentrationen von Kristallviolett demonstriert werden konnte (Abb. 3). Dabei zeigte

ally generated silver nanoparticles (EGNPs), at IPHT Jena, which are characterized by a particularly rough nanostructure. These special nanostructures lead to local amplifications of the electromagnetic field, even in the presence of a high particle density and conducting layers. This prevents a breakdown in SERS activity (Fig. 1) and makes it possible to characterize the SERS activity of these metallic nanostructures with the help of a simple conductivity measurement, thus determining not only the SERS activity of a substrate but the magnitude of SERS enhancement as well.

EGNPs are formed using the enzymatic activity of horseradish peroxidase molecules (HRPs) which have been immobilized on a surface. The enzymatic activity of the HRPs reduces silver ions from the solution to silver, which then accumulates around the enzyme and forms the nanoparticles. For the electrical characterization of SERS-active silver layers chips with electrode structures are used, just as they are applied in electrical chip-based DNA analysis.

The subsequently recorded SERS spectra show a clear dependency of the measured signal intensity on the particle density. A more detailed examination of the signal intensity of selected bands subject to the particle density on the surface shows a steady increase in signal intensity for a growing particle density. After a particle density of about 60 % is reached, only a relatively minor increase in signal intensity can be measured (Fig. 2).

Further examination of the interdependency between the particle density, the electrical conductivity, and SERS activity confirms these findings. Beyond a particle density of 60 % formation of a conducting silver layer occurs. However, while the electrical conductivity of this layer increases with a growing particle density, SERS activity increases only marginally. Therefore, both electrical conductivity and particle density can be used directly to characterize SERS activity of a SERS substrate with EGNPs. It is interesting to note that studies on immobilized gold nanoparticles with subsequent silver deposition showed that a particle density of about 60 % corresponds approximately to the threshold value of the formation of an electricity conducting layer. SERS experiments with these layers exhibited similar behavior until this threshold value was reached. In contrast to SERS substrates with EGNPs, the SERS activity of these substrates broke down after the formation of an electricity conducting layer.

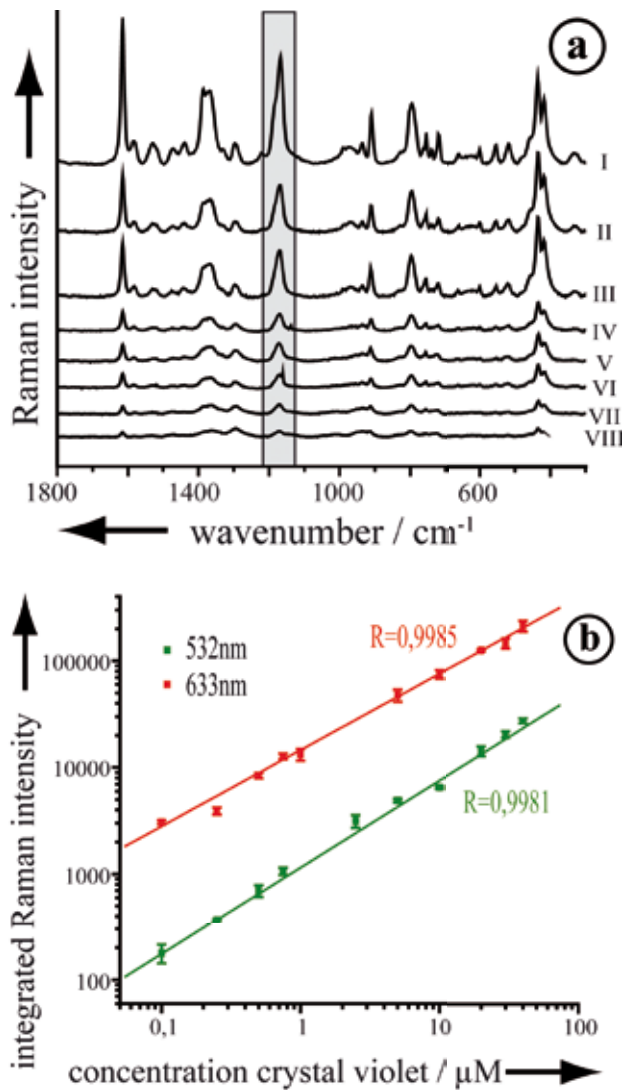


Abb. 3: Abhängigkeit des gemessenen Raman-Signals von der Analytkonzentration (Kristallviolett  $5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-7}$  M), gemessen bei 633 nm (a). Die integrierte Raman-Intensität der Bande bei  $1177 \text{ cm}^{-1}$  wurde gegen die Analytkonzentration aufgetragen und zeigt eine lineare Abhängigkeit (bei 532 und 633 nm) (b).

Fig. 3: Dependency of the measured Raman signal on the analyte concentration (crystal violet  $5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-7}$  M) measured at 633 nm (a). The integrated Raman intensity of the band at  $1177 \text{ cm}^{-1}$  is plotted against the analyte concentration and exhibits a linear correlation at both 532 nm and 633 nm (b).

sich ein linearer Zusammenhang zwischen der Intensität des Raman-Signals und der jeweiligen vermessenen Kristallviolettkonzentration. Weiterhin weisen diese speziellen Nanostrukturen aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften eine sehr breite Plasmonen-Absorption auf und sind somit für eine Vielzahl von Anregungswellenlängen geeignet.

Um die einfache Anwendbarkeit und Spezifität der SERS-Substrate mit EGNP zu zeigen, wurden drei ausgewählte biologisch wichtige Analyten auf den Substraten analysiert: das Vitamin und der Lebensmittelfarbstoff Riboflavin und die Antibiotika Ciprofloxacin und Vancomycin. Diese Analyten wurden auf vorher elektrisch charakterisierten SERS-Substraten untersucht. Die Spektren der spezifischen Fingerprint-Regionen, welche eine Identifikation fast aller niedermolekularer Moleküle aufgrund ihrer molekularen Schwingungen zulässt, ermöglicht eine hochspezifische Identifikation der einzelnen Substanzen (Abb. 4).

Die vorgestellten neuartigen SERS-Substrate erlauben durch ihre einfache Herstellung und Charakterisierbarkeit sowie das kostengünstige Herstellungsverfahren eine weitere Verbesserung von SERS, um diese Technologie in Zukunft als standardanalytisches Nachweisverfahren zu etablieren.

Diese Arbeit wurde durch das Forschungsprojekt ›Jenaer Biochip Initiative‹ (JBCI) im Rahmen des Projektes ›Unternehmen Region – Inno Profile‹ des BMBF finanziert. ●

Gefördert durch/funded by: BMBF

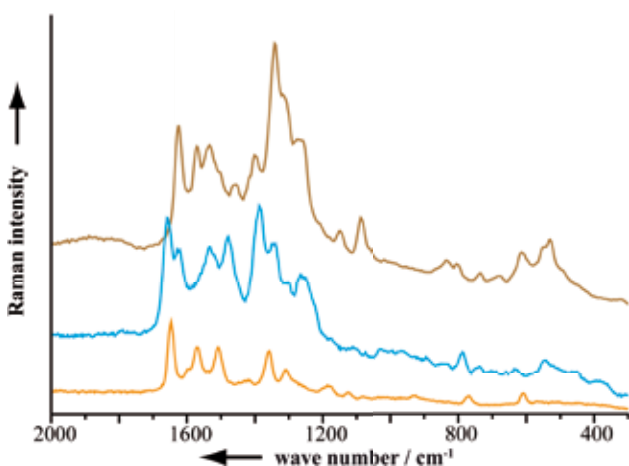


Abb. 4: SERS-Spektren von drei ausgewählten biologisch wichtigen Analyten – Riboflavin (braun), Ciprofloxacin (blau) und Vancomycin (gelb) – auf den beschriebenen SERS-Substraten.

These SERS substrates, which are characterized by conductivity measurements, also enable a quantitative measurement, as was demonstrated for varying concentrations of crystal violet (Fig. 3). This revealed a linear correlation between the intensity of the Raman signal and the corresponding crystal violet concentration that was being measured. In addition, due to their particular properties these special nanostructures exhibit a broad plasmon absorption and are hence suitable for a multitude of excitation wavelengths.

To demonstrate the ease of use and the specificity of the SERS substrates with EGNPs, three biologically important analytes were selected for analysis on the substrates: the vitamin and food dye riboflavin as well as the antibiotics ciprofloxacin and vancomycin. These analytes were examined on electrically characterized SERS substrates. The spectra of the specific fingerprint regions, which permit an identification of almost all low-molecular molecules due to their molecular vibrations, enable a highly specific identification of the individual substances (Fig. 4).

The novel SERS substrates presented above encourage, due to their simple production and characterization as well as the cost-efficient manufacturing process, a further improvement of SERS to establish this technology as a standard analytical method.

This research was funded by the ›Jenaer Biochip Initiative‹ (JBCI) as part of the ›Unternehmen Region – InnoProfile‹ project sponsored by the Federal Ministry of Education and Research. ●

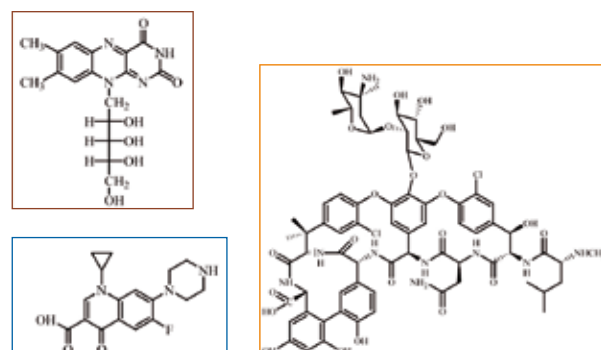


Fig. 4: SERS spectra of three selected, biologically important analytes – riboflavin (brown), ciprofloxacin (blue), and vancomycin (yellow) – on SERS substrates made from enzymatic silver deposition.

## Untersuchung nanoskaliger Strukturen subzellulärer Komponenten

### Structural Characterization of Subcellular Components in the Nanometer Range

M. RICHTER, R. BÖHME, D. CIALLA, P. RÖSCH,  
B. WOOD, J. POPP, V. DECKERT

Seit jeher ist die Medizin daran interessiert, Krankheiten bzw. Krankheitserreger zu untersuchen und entsprechende Heilmittel zu finden. Krankheiten wie HIV und Malaria sind aktuelle Beispiele, die sich im Fokus der Medizinwissenschaften befinden. Wichtige Ziele sind zum einen, Aufbau und Funktion des Krankheitserregers, und zum anderen, die Krankheit direkt im Menschen zu erforschen. In beiden Fällen ist die Untersuchung der äußeren Biomembranen auf subzellulärer Ebene ein erster Schritt, da diese eine essentielle Rolle bei der Infektion und somit auch bei einer möglichen Therapie spielen. Biomembranen sind sowohl in Erreger-Zell-, Zell-Zell- als auch in Zell-Wirkstoff-Interaktionen beteiligt. Die in der Zellmembran vorkommenden Glykoproteine gelten im Allgemeinen als Indikatoren von Zell-Zell-Interaktionen, andere Membranproteine dienen als Rezeptoren für extrazelluläre Wirk- und Botenstoffe. Für die Funktion spielen sowohl die Zusammensetzung als auch die räumliche Anordnung der Proteine eine maßgebende Rolle. Eine weit verbreitete Methode zur Visualisierung von Zelloberflächen liefert die konventionelle Fluoreszenz-Spektroskopie. Hier ist jedoch eine spezifische und zeitaufwendige Markierung der zu untersuchenden Membranbestandteile notwendig, und weiter sind *in vivo* Untersuchungen nur sehr begrenzt möglich, da eine Markierung immer einen Eingriff in die Funktionalität bedeutet.

Ein methodischer Ansatz, der diese Limitierungen umgeht, ist die spitzenverstärkte Raman-Spektroskopie (engl.: *Tip-enhanced Raman Spectroscopy* – TERS). Durch die Kombination aus Rasterkraftmikroskopie (engl.: *Atomic Force Microscopy* – AFM) und Raman-Spektroskopie wird die topografische Information auf der Nanometer-Skala um eine schwingungsspektroskopische Dimension ebenfalls

Medicine has always concerned the analysis of human diseases and pathogens and the development of respective remedies. HIV and malaria are two current examples of diseases that have become the focus of medical research scientists. Their primary aim is to analyze the structure and function of the pathogens and investigate the effects of those pathogens in the human body. In both cases the major target is the subcellular characterization of the outer biomembranes because of the central role they play in infection and, consequently, potential therapies. Biomembranes are involved in all kinds of pathogen-cell, cell-cell, and cell-drug interactions. For instance, glycoproteins embedded in the cell membrane are regarded as indicators for cell-cell interactions, whereas different membrane proteins act as receptors for extracellular agents and secondary messengers. In this respect, the composition and spatial arrangement of proteins are very important. A commonly used method for visualizing cell surfaces is fluorescence spectroscopy. One drawback of this method, however, is the specific and time-consuming process involved in labeling the compounds of the membrane. The markers used always affect a cell's functions; therefore, *in vivo* experiments can only be performed in a very limited manner.

One way to overcome this limitation is to use tip-enhanced Raman spectroscopy (TERS). By combining atomic force microscopy (AFM) and Raman spectroscopy, the resulting topographic information in the nanometer range is augmented by a vibrational-spectroscopic dimension, also in the nanometer range. The highly specific but generally weak Raman signal is enhanced using a single metal nanoparticle at the apex of an AFM probe. The spatial resolution is defined by the size of the metal nanoparticle, which – by selecting specific points of measurement on the membrane – can amount to significantly less than 20 nm. Fig. 1 illustrates the principle of TERS spectroscopy on biomembranes. The main target for the future is the spectroscopic and topographic differentiation of single membrane compounds and their functional behavior.

In addition to the ongoing research on fixed cellular systems mentioned above, well-established lipid and protein-based membrane models are being investigated to establish a solid base for complex *in vivo* investigations. In addition to the characterization of biomembranes, TERS is used at IPHT to detect accumulated metabolites and investigate potential drug targets. Studies on malaria-

im Nanometerbereich erweitert. Dabei wird das für jedes Molekül hochspezifische, im Allgemeinen aber sehr schwache Raman-Signal durch die Verwendung eines einzelnen Metall-Nanopartikels am Ende der AFM-Spitze verstärkt. Die laterale Auflösung wird dabei allein von der Größe des Metallpartikels bestimmt und kann durch gezieltes Auswählen der Messpunkte auf der Membran deutlich unter 20 nm betragen. Abb. 1 illustriert das Prinzip der TERS-Spektroskopie an Biomembranen. Mittelfristiges Ziel ist die spektroskopische und räumliche Differenzierung einzelner Membranbestandteile und deren funktionelle Aufklärung.

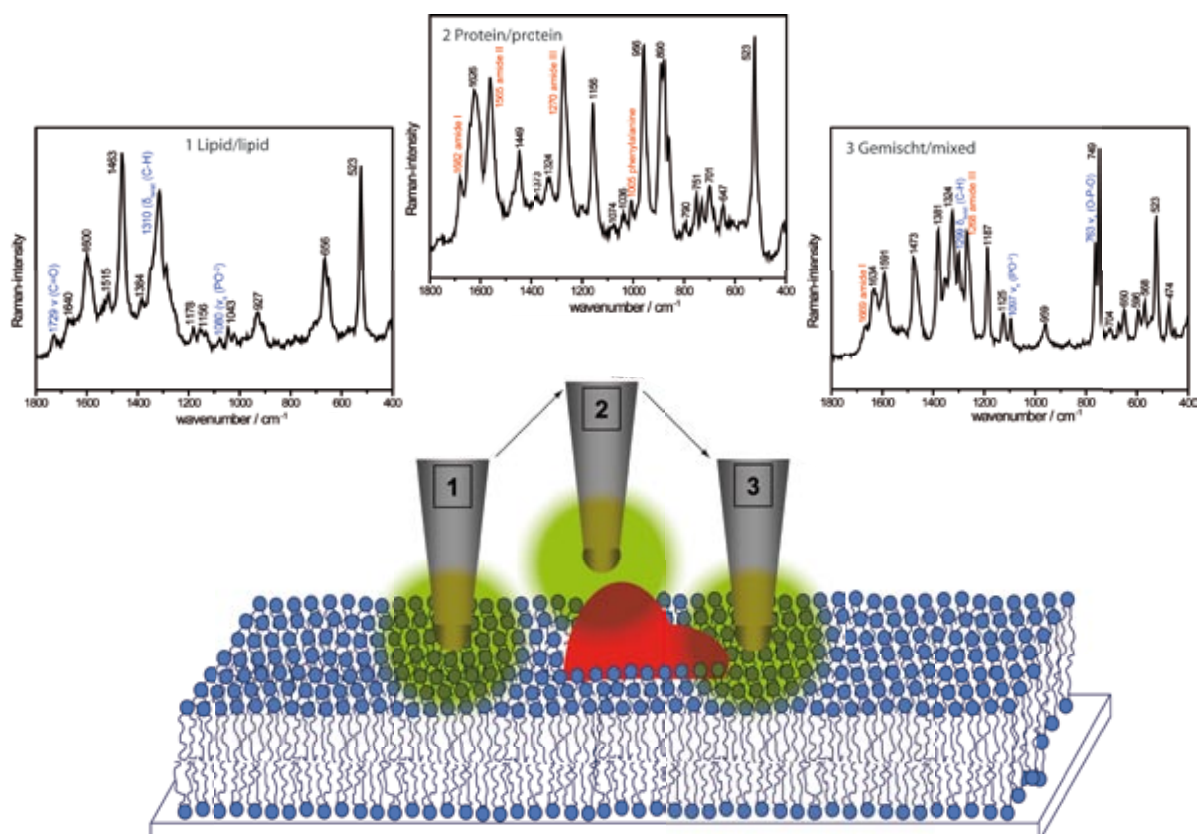
Neben den laufenden Arbeiten an fixierten Zellsystemen werden lipid- und proteinbasierte Membranmodelle für vergleichende Untersuchungen heran gezogen. Neben der Charakterisierung von Biomembranen können mit Hilfe von TERS auch im Krankheitsverlauf anfallende Stoffwechselprodukte detektiert werden und entsprechend kann so die Effektivität von medizinischen Wirkstoffen gegen Krankheitserreger getestet werden. Untersuchungen an mit Malariaerregern (*Plasmodium falciparum*) infizierten roten Blutkörperchen erlaubten die eindeutige Identifizierung von nanokristallinen Einschlüssen und zeigten das Potential der TERS-Technologie für die Anti-Malaria-Medikamententwicklung.

infected red blood cells (*Plasmodium falciparum*) led to the specific identification of nanocrystalline insertions and demonstrated the potential of TERS technology in developing an anti-malaria drug.

Gefördert durch/funded by: BMBF, Alexander von Humboldt Stiftung

Abb. 1: Schematisches Messprinzip der spitzenverstärkten Raman-Spektroskopie. Das evaneszente Feld wechselwirkt mit der Probe. Die resultierenden Spektren sind entsprechend durch Beiträge von Lipiden (Position 1), Proteinen (Position 2) oder beiden gemeinsam (Position 3) bestimmt.

Fig. 1: Schematic principle of tip-enhanced Raman spectroscopy. The evanescent field interacts with the sample. Accordingly, the resulting spectra are dominated by contributions of lipids (position 1), proteins (position 2) or a mixture of both (position 3).



## Raman- und CARS-mikroskopisches Imaging zur Untersuchung des Lipidmetabolismus an einzelnen Makrophagen

### Raman and CARS Microscopic Imaging to Study the Metabolism of Lipids on Individual Macrophages

C. MATTHÄUS, G. BERGNER, S. LORKOWSKI,  
B. DIETZEK, C. KRAFFT, J. POPP

Neue Trends in der Zellbiologie sind oft von neuen bildgebenden Verfahren inspiriert, die subzelluläre Prozesse visualisieren. In den vergangenen Jahren wurden Verfahren vorgestellt, welche unter Anwendung von Laserstrahlung molekulare Anregungen stimulieren. Die Raman-Mikroskopie nutzt inelastische Streueffekte, die Molekülschwingungen abfragen, und stellt somit eine Kombination aus Schwingungsspektroskopie und optischer Mikroskopie dar.

Makrophagen sind eine spezielle Klasse weißer Blutzellen (Leukozyten). Als Fresszellen schließen sie zelluläre Rückstände sowie Pathogene ein und verdauen diese. Innerhalb der Arterienwand spielen Makrophagen eine wichtige Rolle bei der Entsorgung von lipidhaltigen oxidierten Lipoproteinen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Jena setzt die Forschungsgruppe ›JenZIG‹ (Jenaer Zellidentifikationsgruppe, gefördert durch EFRE) Schwingungsspektroskopie ein um zu untersuchen, wie Ablagerungen von Lipiden zellulären Ursprungs in Arterien zu atherosklerotischen Plaques beitragen und wie dies zu kardiovaskulären Komplikationen führen kann.

Von besonderem Interesse sind die Aufnahmedynamik und das intrazelluläre Schicksal einzelner Arten von Lipiden, z. B. Fettsäuren, Triglyceriden oder Cholesterin. Die Anwendung der Raman-Mikroskopie ermöglicht die Visualisierung der Fettverteilung sowie deren biochemische Charakterisierung durch die assoziierte spektrale Information. Um die Lipide spektroskopisch von ihrer zellulären Umgebung zu unterscheiden, wurden diese mit Deuterium markiert. Abb. 1a zeigt eine Raman-Aufnahme eines Makrophagen, der mit Serumalbumin-komplexierter deuterier-

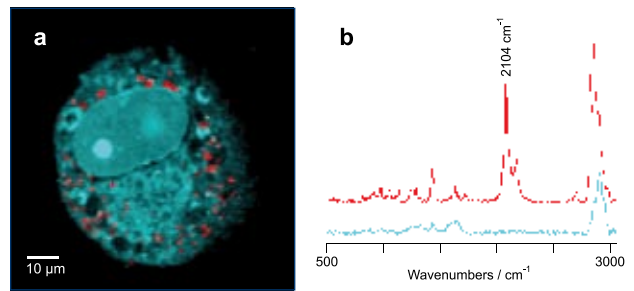


Abb. 1: Raman-Bild (a) eines mit 400 μM Serumalbumin-komplexierter d-Palmitinsäure inkubierten Makrophagen nach einer Stunde mit dazugehörigen Raman-Spektren (b). Die roten Regionen innerhalb der Zelle zeigen die Verteilung der Fettsäure, welche sich offenbar in kleinen tröpfchenartigen Vesikeln abgelagert. Das Raman-Bild wurde mit einer Vertex-Komponenten Analyse, eines multivariaten statistischen Algorithmus, erstellt, welche die Verteilung der unähnlichsten spektralen Information innerhalb eines Datensatzes aufzeigt.

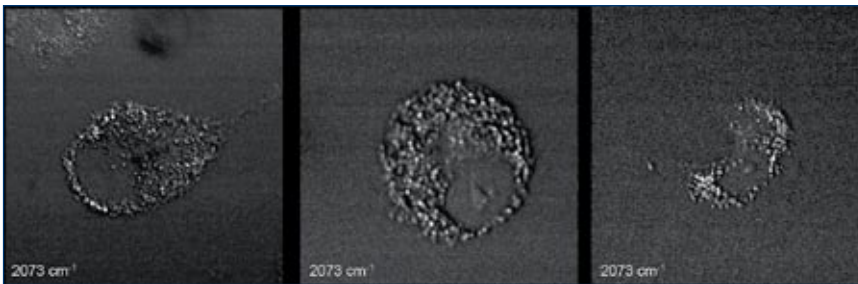
Fig. 1: Raman image (a) of a macrophage incubated with 400 μM of d-palmitic acid for 1 h and associated Raman spectra (b). Red regions within the cell correspond to the distribution of the fatty acid, which is apparently localized in small droplet-like vesicles. The image was generated using vertex component analysis a multivariate statistical algorithm, which plots the abundances of the most dissimilar spectral information within a given dataset.

New trends in cell biology are often inspired by new microscopic imaging techniques, which allow visualization of sub-cellular processes. Within the past 20 years several techniques have been introduced that utilize continuous or pulsed laser illumination to stimulate molecular excitations. Raman microscopy employs inelastic scattering effects that probe molecular vibrations and is, therefore, a combination of vibrational spectroscopy and optical microscopy.

Macrophages comprise a special class of white blood cells (leukocytes). As phagocytes, they engulf and digest cellular debris and pathogens. Within the arterial walls, macrophages play an important role in the recycling of lipid-containing oxidized lipoproteins. In collaboration with the Institute of Nutrition at the University of Jena, the research group ›JenZIG‹ (acronym for Jenaer Zellidentifikationsgruppe/Jena cell identification group) applies vibrational spectroscopy to investigate how the deposition of cell-derived lipids contributes to the formation of atherosclerotic plaques in the arterial walls and how it can develop into cardiovascular complications.

Uptake dynamics and the intracellular fate of individual lipid types, such as fatty acids, triglycerides, or cholesterol are of particular interest. The utilization of





**Abb. 2:** CARS-Bilder von Makrophagen, die mit Serumalbumin-komplexierter d-Palmitinsäure inkubiert wurden. Intensitäten der C-D Streckschwingungen zwischen  $2000 - 2275 \text{ cm}^{-1}$  sind dargestellt. Die hellen Regionen weisen eine hohe Anreicherung der d-Palmitinsäure auf.

**Fig. 2:** CARS images of macrophages incubated with d-palmitic acid, recorded at excitation within the C-D stretching intensities between  $2000 - 2275 \text{ cm}^{-1}$ . The bright regions correspond to a high concentration of d-palmitic acid.

ter Palmitinsäure mit einer Konzentration von  $400 \mu\text{M}$  für eine Stunde ausgesetzt wurde. Die dazugehörigen Spektren sind in Abb. 1b abgebildet. Die C-D Raman-Intensitäten zwischen  $2000$  und  $2275 \text{ cm}^{-1}$  sind stark ausgeprägt und begünstigen hohe Sensitivität.

Das Raman-Bild in Abb. 1a besteht aus 10000 Spektren, die bei einer Schrittweite von  $500 \text{ nm}$  und einer Messzeit von  $0,25 \text{ s}$  pro Spektrum aufgenommen wurden. Die gesamte Aufnahmezeit betrug  $40 \text{ min}$ . Diese relativ langen Messzeiten gehen auf den schwachen Raman-Streuprozess zurück und können durch nichtlineare Verstärkungseffekte, wie kohärente anti-Stokes Raman Streuung (CARS) kompensiert werden. Abb. 2 zeigt CARS-Aufnahmen von Makrophagen, die innerhalb des Maximums der C-D Schwingungsintensitäten um  $2100 \text{ cm}^{-1}$  registriert wurden. Die helleren Regionen innerhalb der Zelle reflektieren hier die Verteilung der deuterierten Palmitinsäure. Die Verwendung von CARS in Kombination mit schnellen Laser-Scanning-Mikroskopen ermöglicht Raman-Imaging innerhalb von Sekunden, was ideale Voraussetzung für Aufnahmen an lebenden Zellen schafft. Im Prinzip kann jedes organische Molekül mit Deuterium markiert werden. Wenn Deuterium kovalent an das Molekül gebunden ist, bleiben die biochemischen Eigenschaften der Verbindung erhalten. Damit ermöglicht die Raman-Mikroskopie in Ergänzung anderer Mikroskopiearten die nicht-invasive bildliche Wiedergabe von zytologisch interessanten Verbindungen. ●

Raman microscopy allows the visualization of fat distribution at the diffraction limit of the laser light employed and its biochemical characterization through the associated spectral information. In order to distinguish the lipids from their cellular environment spectroscopically, the compounds of interest were labelled with deuterium. Fig. 1a shows a Raman image of a macrophage incubated with deuterated palmitic acid complexed to serum albumin for 1 hour at a concentration of  $400 \mu\text{M}$ . The corresponding spectra are shown in Fig. 1b. The pronounced C-D Raman scattering intensities between  $2000$  and  $2275 \text{ cm}^{-1}$  are easily recognizable and promote a high sensitivity.

The Raman image in Fig. 1a consists of 10000 spectra that were recorded at a step size of  $500 \text{ nm}$  using an exposure time of  $0.25 \text{ s}$  per spectrum. The total acquisition time was  $40 \text{ minutes}$ . These relatively long measuring times are a result of the weak Raman scattering process and can be overcome by non-linear enhancement effects such as coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS). Fig. 2 shows CARS images of macrophages recorded at the maximum of the C-D intensities around  $2100 \text{ cm}^{-1}$ . Here, bright regions reflect the distribution of the deuterated palmitic acid. Utilization of the CARS effect in combination with rapid laser scanning microscopes allows Raman imaging within seconds, which is ideal for live-cell imaging. In principle, any organic molecule can be labelled with deuterium. As long as the deuterium is covalently bound to the molecule of interest, the biochemical properties of the compound are maintained. Thus, this approach enables imaging of cytologically interesting species, completely non-invasively, and may complement other existing types of microscopy. ●

**Manipulation und Identifikation von einzelnen Zellen mittels Mikrofluidik in Kombination mit optischen Fallen und Raman-Spektroskopie**

*Manipulation and Identification of Single Cells Using Microfluidics in Combination with Optical Trapping and Raman Spectroscopy*

S. DOCHOW, TH. HENKEL, C. KRAFFT, J. POPP

Die Forschungsgruppe ›JenZIG‹ (Jenaer Zellidentifikationsgruppe) entwickelt neuartige optische Instrumente zur Einzelzelluntersuchung in Körperflüssigkeiten (Blut, Urin, Speichel etc.). Diese erlauben, einzelne lebende Zellen zu identifizieren und biochemische Prozesse innerhalb von Zellen zu beobachten. Besonders die Raman-Spektroskopie ist eine vielversprechende Methode, mit der die chemische und molekulare Zusammensetzung von Proben erfasst werden kann, ohne diese durch Färbereagenzien zu beeinflussen. Jedoch ist die Quantenausbeute der zugrunde liegenden inelastischen Streuung gering, wodurch Messzeiten von mehreren Sekunden notwendig sind, um qualitative und quantitative Untersuchungen an Einzelzellen durchzu-

The research group ›JenZIG‹ (acronym for Jenaer Zellidentifikationsgruppe – Jena Cell Identification Group) is developing novel optical tools to investigate single cells in body fluids (blood, urine, saliva etc.). Raman spectroscopy is one such promising method. It allows the chemical and molecular composition of samples to be fingerprinted without affecting said samples through dyes. Its advantages include that it is label free, non destructive, and highly specific. However, the quantum efficiency of the intrinsic inelastic scattering process of cells is relatively low. Therefore, measurement times of several seconds are required for qualitative and quantitative examinations in single cells using Raman spectroscopy. There are two approaches to contact-free cell manipulation: optical tweezers and optical traps. Both have the ability to retain cells stably during a measurement, although optical traps are superior due to their reduced power density. Additionally, they allow stretching experiments to determine elasticity as a biophysical parameter to distinguish cell lines.

Fig. 1 shows the first setup of a capillary-based optical trap. The capillary is made of quartz glass, which generates relatively low background signals compared to conventional glass using a 785 nm Raman excitation laser. Because the high Raman shifts ( $>3400\text{ cm}^{-1}$ ) overlap with the 1070 nm emission of the fiber lasers filters have to be implemented in the Raman system to block the elastically scattered light. Theoretical simulations and subsequent experiments revealed that the fibers have to be precisely aligned within just a few micrometers of a capillary with a square cross section in order to stably trap cells. Fig. 2 shows the alignment of the single-mode trapping fibers and the capillary.

A second approach is the microfluidic chip-based optical trap. Compared with the capillary-based setup, the alignment is fixed and the flow channels can be functionalized for, e.g., hydrodynamic focussing or sorting. However, most microfluidic chips or lab-on-a-chip devices are made of polymer materials, such as polymethylmethacrylate (PMMA), which are not compatible with Raman spectroscopy. Chips made of glass are, therefore, currently being optimized by the IPHT research group ›microfluidics‹ for optical trapping. This new design includes functional entities for cell separation, hydrodynamic focussing, and cell sorting. These chips will soon have a quartz base to

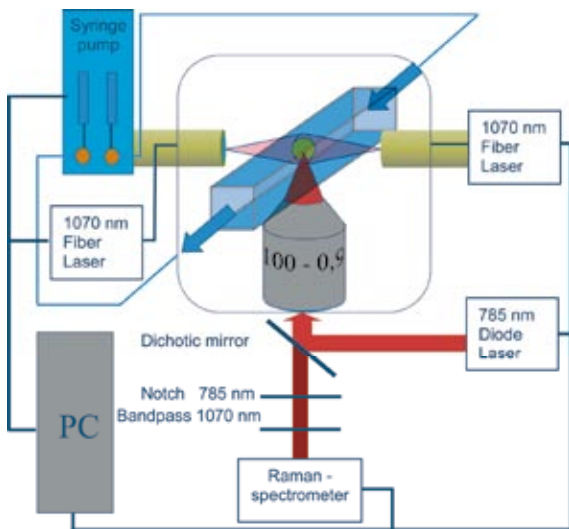


Abb. 1: Schematische Darstellung des Kapillaraufbaus inklusive der Mikrofluidikpumpen, den Faserlasern und dem Raman-Spektrometer.

Fig. 1: Schematic setup of capillary-based optical trap integrating microfluidic pumps, fiber lasers, and a Raman spectrometer.

führen. Um die Zellen während der Messung stabil zu halten, existieren zwei prinzipielle Ansätze: optische Pinzetten und optische Fallen. Letztergenannte bietet den Vorteil einer reduzierten Leistungsdichte in der Probe. Zusätzlich lassen sich Zellen mit optischen Fallen strecken. Damit erhält man Informationen über die Elastizität als zusätzlichen biophysikalischen Parameter, um Zellen zu unterscheiden.

Abb. 1 zeigt als ersten Aufbau eine Kapillar-basierte optische Falle. Die Kapillare ist aus Quarzglas, welches relativ schwache Raman-Untergrundsignale im Vergleich zu herkömmlichem Glas liefert. Da die Wellenlänge der Faserlaser von 1070 nm teilweise mit Raman-Banden ( $>3400\text{ cm}^{-1}$ ) überlappt, müssen zusätzliche Filter im Raman-System integriert werden, um das elastische Streulicht zu unterdrücken. Simulationen und anschließende Experimente ergaben, dass die Fasern sehr präzise zur Kapillare mit einem quadratischen Querschnitt ausgerichtet werden müssen, um Zellen stabil zu fangen. Abb. 2 zeigt die Ausrichtung der Fasern zur Kapillare.

Eine weitere Möglichkeit sind optische Fallen auf Basis von Mikrofluidikkomponenten. Im Vergleich zum Kapillar-basierten Aufbau ist die Ausrichtung der Fasern auf den Zellkanal fixiert. Darüber hinaus lassen sich die Kanäle im Mikrofluidikchip funktionalisieren. Jedoch sind die meisten dieser Lab-on-a-Chip-Bauteile aus Polymeren wie PMMA hergestellt, welche nicht mit der Raman-Spektroskopie kompatibel sind. Deshalb werden neue Chips aus Glas von der Gruppe ›Mikrofluidik‹ des IPHT für optische Fallen optimiert. Das Design umfasst Funktionseinheiten zur Zellvereinzelung, hydrodynamischen Fokussierung und Zellsortierung und soll in naher Zukunft auf Basis von Quarzglas übertragen werden, um Raman-Spektren von gefangenen Einzelzellen zu registrieren. Ein erster Chip ist in Abb. 3 dargestellt.

Abb. 4 zeigt eine Hefezelle, die in diesem Chip gefangen ist. Die Zellposition kann durch Intensitätsvariation der beiden Fanglaser manipuliert werden. Die Flussgeschwindigkeit der Zellen in der Pufferlösung wird von Mikrofluidikpumpen kontrolliert. Derzeit wird ein Labview-basiertes Programm entwickelt, welches das Pumpensystem, die Fanglaser, das Raman-Spektrometer und die folgende Klassifikation und Sortierung von Zellen synchronisiert. ●

enable the acquisition of Raman spectra of trapped cells. Such a first chip is presented in Fig. 3.

Fig. 4 shows how a yeast cell is trapped within this chip. Cell movement can be controlled by changing the intensities of the trapping lasers. The flow velocities of cells and buffer media are controlled by microfluidic pumps. A Lab-view based software interface will be developed to synchronize the microfluidic flow, the trapping lasers, the Raman spectrometer, and subsequent cell classification and sorting. ●

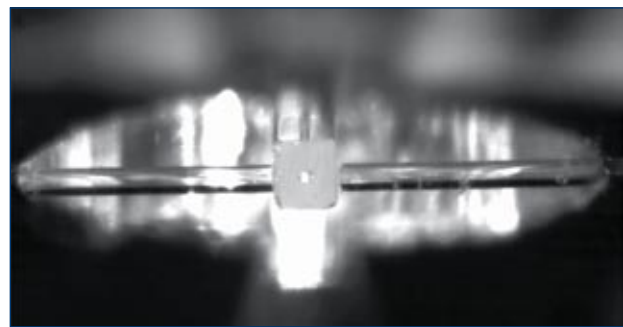


Abb. 2: Seitenansicht der quadratischen Kapillare und der Laserfasern im Halter.

Fig. 2: Side view of square capillary and laser fibers fixed in a sample holder.

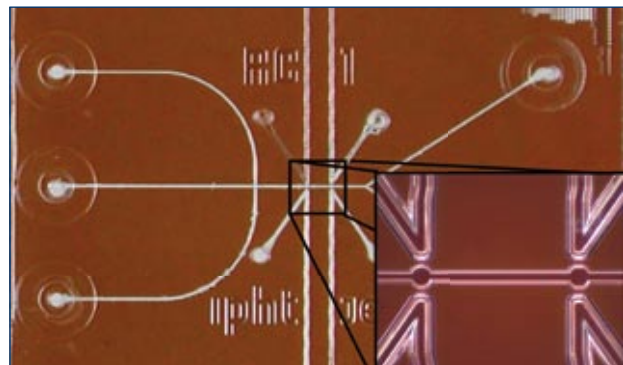


Abb. 3: Raman-Chip 1 aus Borofloat33.

Fig. 3: Raman chip 1 made from Borofloat33.

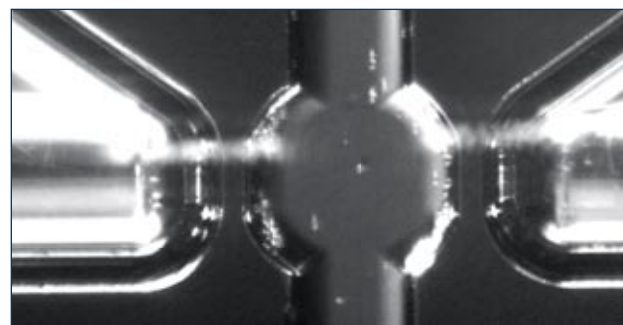


Abb. 4: Gefangene Hefezelle in RC1-Chip, Faserdistanz 300µm, Laserleistung 500 mW.

Fig. 4: Trapped yeast cell in RC1 chip; fiber distance: 300 µm; laser power: 500 mW.

**Objektivfreie Mikroskopie mit Interferenzen**

*Lensless Microscopy with Interferences*

R. RIESENBERG, M. KANKA, P. PETRUCK

Eine einfache Anordnung für die objektivfreie Mikroskopie besteht aus einem Beleuchtungschip (Pinhole) und einem CCD-Chip. Dieses digitale ›Chip-Mikroskop‹ funktioniert als holographisches inline Mikroskop. Die Bildgebung nutzt eine kohärente Beleuchtung mittels digital aufgezeichneter Interferenzen und ermöglicht eine 3D-Darstellung des Objekts. Die Bildgebung erfolgt nicht mit Hilfe eines Objektivs, wie im bekannten optischen Mikroskop, sondern numerisch mit einem Computer.

Die holographische Abbildung aus Interferogrammen erreicht bis heute nicht die Auflösung und den Kontrast der Bilder moderner optischer Mikroskope. Ein Problem besteht in der Detektion des Interferenzbildes sphärischer Wellenfronten mit einer ebenen CCD. Dadurch kommt es zu einem

A simple arrangement for lensless microscopy comprises an illumination chip (pinhole) and a CCD chip. The digital ›chip microscope‹ operates as a holographic inline microscope. A coherent illumination is used in imaging, which is carried out via digitally recorded interferences and makes the 3D representation of an object possible. Imaging is not carried out with the help of an objective, such as in the case of the common optical microscope, but is done numerically with a computer.

Even today the holographic images achieved using interferograms do not compare in resolution or contrast to those of modern optical microscopes. One problem exists when detecting the interference image of spherical wave fronts using a flat CCD. Thus, it is necessary to make a trade off between a very involved and infeasible transformation and an optical resolution that is reduced by approximations.

We use the principle that the information of an object is distributed to the whole CCD area – comparable to the spatial distribution of information stored in the human brain – to disjoint the interference image into a set of pieces or ›tiles‹. The interferences of the tiles are reconstructed separately and then joined together again to create the whole image. Using this technique, we succeeded in enhancing the resolution while significantly reducing the computing time involved. At a wavelength of 661 nm and a numerical aperture of 0.62, this enhancement corresponds to an experimentally verified lateral resolution of 1 µm (Fig. 1) for the lensless holographic microscope. For reconstruction purposes, a common microprocessor is used. This technique should be the starting point for a video chip microscope, too.

Furthermore, the imaging quality and the contrast are reduced by parasitic interferences and speckle effects. These disturbances can be avoided by reducing the degree

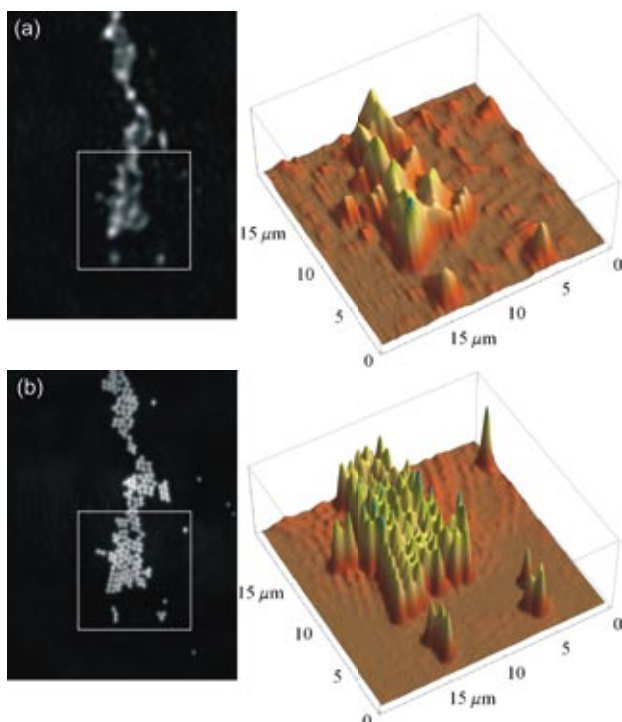


Abb. 1: Mit einem in-line holografischen Mikroskop abgebildete 1 µm PMMA Kugeln, rekonstruiert mit der Fresnel Approximation (a), die Kugeln können nicht getrennt werden. Die neue Rekonstruktionstechnik realisiert die für die Trennung der Kugeln notwendige NA von 0.62 (b).

Fig. 1: Reconstruction of 1 µm PMMA beads using an in-line holographic microscope by Fresnel approximation (a), the beads cannot be resolved. The new reconstruction technique delivers an NA of at least 0.62 and the beads are resolved (b).

Trade-Off zwischen einer sehr aufwendigen, nicht praktikablen Transformation oder einer durch Approximationen reduzierten optischen Auflösung.

Das Prinzip der flächig verteilten Information in den Interferenzen – ähnlich dem der räumlich verteilten Informationsspeicherung im Gehirn – kann man nutzen, indem man das Interferenzbild in Teilbilder oder »Kacheln« zerlegt, einzeln rekonstruiert und dann wieder zu einem Gesamtbild zusammenfügt. Diese Methode erreicht die derzeit höchste optische Auflösung bei um Größenordnungen reduziertem numerischen Aufwand. Bei einer Wellenlänge von 661 nm und einer Apertur von 0.62 entspricht das einer experimentell verifizierten lateralen Auflösung von 1  $\mu\text{m}$  (Abb. 1) für das objektivlose holographische Mikroskop. Für die Rekonstruktion kann ein handelsüblicher Mikroprozessor verwendet werden, womit eine Basis für die Video-Chip-Mikroskopie gegeben ist.

Weiterhin werden die Bildqualität und der Kontrast durch störende Interferenzen einschließlich Speckle beeinträchtigt. Die Störungen sind vermeidbar, wenn der Kohärenzgrad der Beleuchtung reduziert und an die Geometrie des Chip-Mikroskops angepasst wird. Um den räumlichen Kohärenzgrad bzw. eine Kohärenzfläche von üblichen Lichtquellen, wie LEDs oder Halogenlampen, zunächst zu messen und anzupassen, wurde eine Methode mit Hilfe eines Nanohole-Arrays (20 x 20 Nanoholes,  $\varnothing$  130 nm, Periode 3  $\mu\text{m}$ ) erarbeitet. Räumliche Kohärenzlängen im Bereich von 3 bis 30  $\mu\text{m}$  können somit eingestellt werden. Die Nutzung der partiellen Kohärenz im  $\mu\text{m}$ -Bereich erlaubt es nunmehr, die bekannten störenden Interferenzen zwischen den optischen Grenzflächen von Beleuchtungschip, Probenträger und CCD-Abdeckglas oder der Mikroskopfrontoptik sowie die Speckle-Problematik zu vermeiden (Abb. 2). Weiterhin kann eine einstellbare bzw. reduzierbare 3D-Tiefenauflösung und damit eine weitere Annäherung der Bildqualität des Chip-Mikroskops an die optischer Mikroskope erwartet werden. ●

of coherence of illumination and adjusting it to match the dimensions of the chip microscope. To measure and adjust the spatial degree of coherence of common light sources like LEDs and halogen lamps, a technique was developed which uses a nano hole array interferometer (20 x 20 nano holes,  $\varnothing$  130 nm, period: 3  $\mu\text{m}$ ). The spatial coherence area can thus be set to 3...30  $\mu\text{m}$  in diameter. The use of partial coherence in the  $\mu\text{m}$  range makes it possible to avoid the known interferences between the optical boundary surfaces of the illumination chip, the sample carrier, and the glass cover of the CCD or the front optic on a microscope. It also reduces speckle patterns significantly (Fig. 2). We also expect an adjustable or reducible 3D axial resolution and thus an upgrade in the imaging quality of the digital chip microscope towards that of the optical microscope. ●

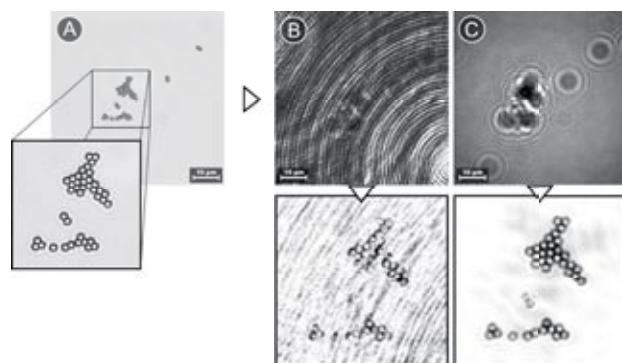


Abb. 2: Mikroskopie mit Interferenzen ohne Speckle:

(A) 1  $\mu\text{m}$  PMMA Kugeln, Hellfeld-Mikroskopbild. (B) und (C) Hologramm und rekonstruiertes Objekt. (B) Single mode Laser, mit störenden Interferenzen und Speckle. (C) Spektralgefilterte LED als partiell kohärente Lichtquelle, störende Interferenzen und Speckle sind nicht nachweisbar.

Fig. 2: Microscopy with interferences without speckle effects:

(A) 1  $\mu\text{m}$  PMMA beads, microscopic bright field image. (B) and (C) hologram and reconstructed object. (B) Single mode laser, with parasitic interferences and speckle patterns. (C) Spectrally filtered LED as partially coherent light source, parasitic interferences and speckle effects are suppressed.

## Synthese von plasmonischen Nanopartikel-Transducern für die bioanalytische LSPR-Sensorik

### Synthesis of Plasmonic Nanoparticle Transducers for Bioanalytical LSPR Sensors

A. STEINBRÜCK, TH. SCHNEIDER, A. CSAKI, N. JAHR,  
O. STRANIK, W. FRITZSCHE

Nanoskalige Partikel aus Metall zeichnen sich durch ihre besonderen optischen Eigenschaften im sichtbaren Bereich der Lichtwellenlänge aus. Diesen optischen Charakteristika liegt ein Effekt zugrunde, der in der kleinen Dimension dieser Strukturen begründet ist und eine kollektive kohärente Schwingung der Leitungselektronen bewirkt. Die Eigenresonanz dieser Schwingung, die sog. lokalisierte Oberflächenplasmonen-Resonanz (LSPR), hängt von der Art

Nano-sized metal particles exhibit special optical properties in the visible range of the spectrum. The basis of these optical characteristics is an effect that stems from the small dimensions of the structures and causes a collective and coherent oscillation of the conduction electrons. The eigenfrequency of these oscillations – the so-called localized surface plasmon resonance (LSPR) – depends on the particle type and, in particular, on factors such as material composition, size, and shape. Using chemical synthesis (colloidal systems) these parameters can be precisely adjusted. The resulting resonances (i.e., the color) can be chosen and implemented from the UV range to the near infrared range (see Fig. 1).

These so-called plasmonic particles exhibit an extremely enhanced sensitivity with regard to changes in their immediate surroundings.

For example, they react to the docking of bioanalytes to their surface by changing color (i.e., a shift in the localized surface plasmon resonance). This effect is used in LSPR sensors. The department of ›Nanobiophotonics‹ successfully characterized several types of these plasmonic



Abb. 1: Farbige plasmonische Nanopartikel für die Sensorik.

Fig. 1: Colorful plasmonic nanoparticles for sensing.

der Partikel ab, insbesondere von Faktoren wie Materialzusammensetzung, Größe und Form. Mittels chemischer Synthese (kolloidale Systeme) lassen sich diese Parameter exakt einstellen. Die resultierende Resonanz, also die Farbe, kann vom UV- bis hin zum Nahen-Infrarot-Bereich gewählt und realisiert werden (Abb. 1).

Diese sog. plasmonischen Partikel weisen eine extrem überhöhte Sensitivität gegenüber Veränderungen in ihrer unmittelbaren Umgebung aus. So reagieren sie mit einer Farbänderung (Verschiebung der lokalisierten Oberflächenplasmonen-Resonanz) auf das Andocken von Bioanalyten auf ihrer Oberfläche. Dieser Effekt wird bei der LSPR-Sensorik ausgenutzt. Dabei konnten in der Abteilung ›Nanobiophotonik‹ mittlerweile verschiedene Arten dieser plasmonischen Partikel auf ihre Eignung für die bioanalytische Sensorik getestet werden. Dabei zeigten insbesondere Kern-Hülle-Partikel, bestehend aus einem Goldkern und einer dünnen Silberhülle, eine extrem hohe Sensitivität (Abb. 2). Aktuelle Arbeiten fokussieren sich auf die Herstellung von Mehrfach-Kern-Hülle-Partikeln mit besonderen optischen Eigenschaften. Plasmonische Partikel zeigen ein großes Potential für die markierungsfreie Bioanalytik und eine kostengünstige Realisierung von Ausleseeinheiten durch einfache und robuste Signalgenerierung. ●

Gefördert durch/funded by: DFG, Freistaat Thüringen

particles with regard to their suitability for bioanalytical sensors. In particular, core-shell particles (consisting of a gold core and a thin silver shell) exhibited an extremely high sensitivity (see Fig. 2). Current research focuses on the production of onion like multicore-shell particles with special optical properties. Plasmonic particles offer great potential for marker-free bioanalytics and the cost-effective implementation of readout units by generating simple and robust signals. ●

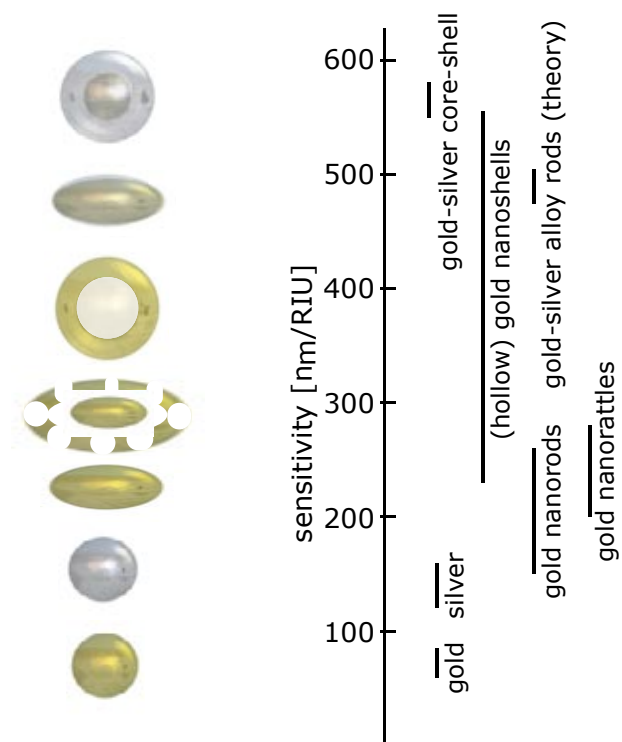


Abb. 2: Vergleich der Empfindlichkeit verschiedenartiger Metall-Nanopartikel (Material, Form, Größe) bei der bioanalytischen LSPR-Sensorik. Insbesondere sog. Kern-Hülle-Nanopartikel mit einem Goldkern und dünner Silberhülle zeigen eine hohe Sensitivität bei dem sensorischen Nachweis von Bioaffinitätsreaktionen.

Fig. 2: Sensitivity comparison of different metal nanoparticles (material, shape, size) for bioanalytical LSPR sensors. In particular, so-called core-shell nanoparticles, consisting of a gold core and a thin silver shell, exhibit a high sensitivity for the detection of bioaffinity reactions

Optische Fasern sind die Basis für effiziente photonische Systeme zur Signalübertragung und Informationstechnik, für Hochleistungsfaserlichtquellen und für faseroptische Sensoren und Sonden. Ziel der technologischen Arbeiten am IPHT ist die Entwicklung neuartiger Faserstrukturen mit aktiven Kernen für Faserlichtquellen, von Fasern mit nichtlinearen Eigenschaften sowie von photosensitiven Faserstrukturen bis in den Nanometerbereich. Mit innovativen Materialtechnologien und mit präzisen Mikro- und Nanostrukturen schaffen Fasern so neue Möglichkeiten zur gezielten Steuerung der Lichtausbreitungseigenschaften.

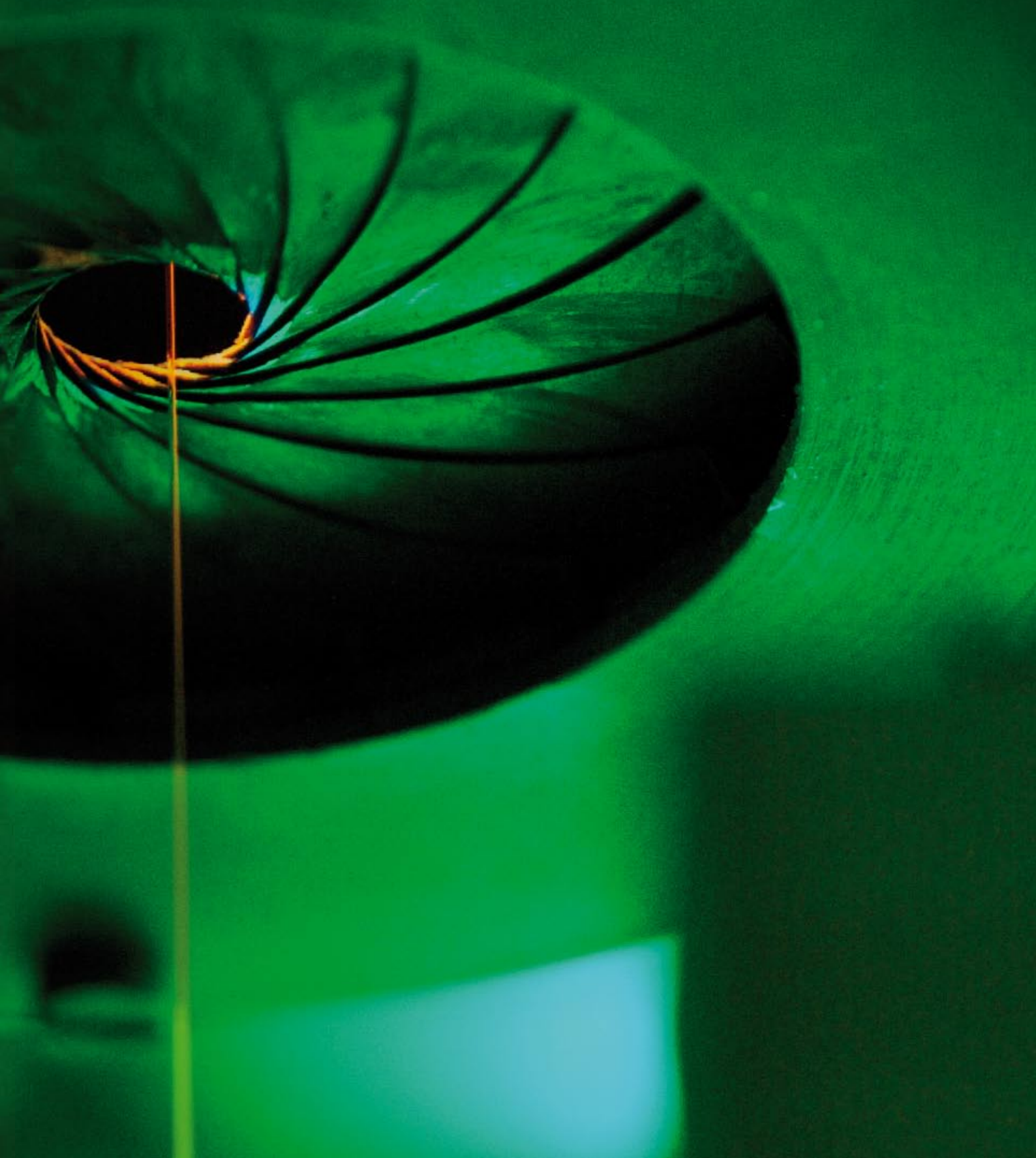
Die Faseroptik am IPHT untersucht die Ausbreitung geführten Lichtes und entwickelt Fasermodule und Fasersysteme. Basis dafür ist die in Deutschland einzigartige Kompetenz des Instituts für die Bearbeitung optischer Fasern in einer geschlossenen Kette von der Materialentwicklung über die Preformtechnologie und die eigene Faserherstellung bis hin zur Untersuchung von Verfahrens- und Anwendungsfragen. Expertisen verfügt das IPHT bei der Untersuchung mikrostrukturierter Fasern sowie der Faserveredelung. ●

Optical fibers are the basis for efficient photonic systems in signal transmission and information technology, high power fiber light sources, and fiber optical sensors and probes. The aim of IPHT's technological research and work is the development of novel fiber structures with active cores for fiber light sources, fibers with nonlinear properties, and photosensitive fiber structures down into the nanometer range. With innovative material technologies and precise micro and nanostructures, fibers create new possibilities for the targeted regulation of light propagation characteristics.

Fiber optics research at IPHT focuses on the propagation of guided light and is integral in the development of fiber modules and fiber systems. This is supported by the Institute's unique ability to develop optical fibers in Germany in an exclusive production chain – from material development to preform technology to the in-house production of fibers to the analysis of process and application questions and issues. IPHT possesses expertise in the analysis of microstructured fibers and fiber refinement. ●



Faseroptik & Fasertechnologie  
Fiber Optics & Fiber Technology



Leistungsstabile ›Large-Mode-Area‹-Laser- und Verstärkerfasern

Power-stable Large-Mode-Area Laser and Amplifier Fibers

S. UNGER, S. JETSCHKE, A. SCHWUCHOW, M. LEICH, J. KIRCHHOF

Hochleistungs-Faserlaser mit exzellenter Strahlqualität im Dauer- und Pulsbetrieb haben ihre Vorzüge in vielen Anwendungsbereichen erfolgreich demonstriert. Die Schwelle zum breiten Einsatz in der Materialbearbeitung, der Messtechnik und Medizin ist bereits überschritten.

Mit der Steigerung der beugungsbegrenzten Ausgangsleistung aus einer einzelnen mantelgepumpten Faser von wenigen Watt im Jahre 1995 auf fast zehn Kilowatt im letzten Jahr stellt sich die Frage nach Leistungsgrenzen. Thermische Probleme sind bei Faserlasern gering und die Zerstörschwelle des Laserglases ist bei den heutigen extremen Leistungsdichten noch nicht erreicht. Wesentlich kritischer sind Begrenzungen durch nichtlineare Effekte, die aber erfolgreich durch das ›Large-Mode-Area‹ (LMA)-Konzept kontrolliert und unterdrückt werden können. Dabei wird der Kerndurchmesser der Laserfaser deutlich auf 20 µm oder mehr vergrößert, verbunden mit einer Reduzierung der numerischen Apertur des Faserkerns zur Erzielung eines stabilen Single-Mode-Outputs. Die Eignung einer spezifischen Zusammensetzung der Laserfaser wird daran gemessen, inwieweit sie sich in dieses Strukturkonzept einordnen kann.

High-power fiber lasers with excellent beam quality in CW and pulsed operation have demonstrated their advantages in many areas of classical laser applications. The threshold of widespread use in industrial material processing, metrology, and medicine has already been exceeded.

The increase in the diffraction-limited output from a single cladding-pumped fiber from a few watts in 1995 to almost ten kilowatts last year clearly raises the question of power limits. Thermal problems are naturally low in fiber lasers; and, with today's extreme power densities, the laser damage threshold of glass has not been reached yet. Limitations created by nonlinear effects are much more critical, but they can be successfully controlled and suppressed through the ›large mode area‹ (LMA) concept. Here, the core diameter of the laser fiber (in comparison with standard fibers) is significantly increased to 20 µm or more, combined with a reduction of the numerical aperture of the fiber core to achieve a stable single-mode output. The suitability of a specific composition of the laser fiber is measured by how well it can be integrated into this structural concept.

In the past few years, however, a phenomenon has appeared which could develop into a serious problem for the long-term stability of the fiber and thus also for the future of fiber lasers as a whole. The phenomenon referred to is ›Photodarkening‹ (PD), a temporary increase in the ›self-defeating‹ or ›aging‹ of the fiber in the laser process, which manifests itself in increasing optical losses, leading to a systematic reduction of laser efficiency. Since the first time this phenomenon was reported in ytterbium(Yb)-doped fibers in 2006, intensive efforts have been made to investigate the causes of PD and to develop methods to reduce or eliminate this adverse effect.

Setups which make the accelerated characterization of fiber PD (without prolonged lasing) possible were de-

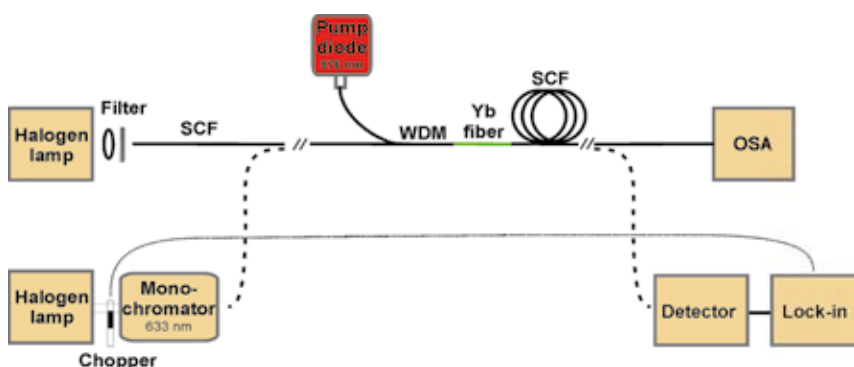


Abb. 1: Experimentelle Anordnung zur Charakterisierung des Photodarkenings. Fig. 1: Experimental setup for photodarkening characterization.

Seit wenigen Jahren ist jedoch ein Phänomen in Erscheinung getreten, das sich zum ernststen Problem für die Langzeitstabilität im Hochleistungsbetrieb und damit auch für die Zukunft der Faserlaser insgesamt entwickeln könnte. Gemeint ist das ›Photodarkening‹ (PD), eine zeitlich zunehmende ›Selbstschädigung‹ oder ›Alterung‹ der Faser im Laserprozess, die sich in ansteigenden optischen Verlusten äußert und die Lasereffizienz systematisch verringert. Seitdem 2006 erstmals über diese Erscheinung in Ytterbium-dotierten Fasern berichtet wurde, werden intensiv zum einen die Ursachen und Zusammenhänge des PD erforscht als auch Methoden zur Verringerung oder Beseitigung dieses schädlichen Effektes entwickelt.

Zur Untersuchung des PD kommen insbesondere Messkonzepte zum Einsatz, die eine beschleunigte Charakterisierung der Faser (ohne langdauernde Lasertätigkeit) ermöglichen, wobei an Fasern definierter Zusammensetzung und Struktur bei definierter Inversion die zeitliche Zunahme der Dämpfung online verfolgt werden kann (Abb. 1). Einbezogen sind die Kontrolle und Veränderung der Temperatur, die sowohl auf die Schädigung als auch auf mögliche Ausheilprozesse erheblichen Einfluss hat. Parallel dazu wurde ein umfassendes Materialentwicklungsprogramm umgesetzt, bei dem die am IPHT verfügbare geschlossene Technologieketten für die Entwicklung optischer Fasern zum Tragen kommt.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der PD-Prozess in seinem zeitlichen Verlauf zu einem Gleichgewichtszustand in Abhängigkeit von der Inversion oder genauer von der Dichte der angeregten  $\text{Yb}^{3+}$ -Ionen führt. Unabhängig davon, ob eine unbehandelte oder unterschiedlich stark vorgeschädigte Faser gepumpt wird, führt die Erzeugung einer definierten Anregungsdichte immer wieder zum gleichen Endzustand (Abb. 2). Dieser Endzustand wird durch atomare Defekte im Fasermaterial bestimmt und ähnelt Schädigungen, die durch UV-Licht oder ionisierende Strahlung entstehen. Wieso diese Schädigung durch die vergleichsweise niederenergetischen Photonen des Yb-Lasers verursacht werden kann, ist noch Gegenstand intensiver Forschung.

signed and established to allow the increase in the attenuation of fibers with a defined composition and structure at a defined inversion to be followed online (see Fig. 1). Both the control of and change in temperature, which have a considerable impact on the impairment of the fiber as well as on possible bleaching processes, are included here. At the same time, a comprehensive material program was designed and implemented, in which the full technological chain available for the development of specialty fibers was the major key to success.

It has been found that over the course of time the PD process leads to a state of equilibrium depending on the inversion or, more correctly, the density of the excited  $\text{Yb}^{3+}$  ions. Regardless of whether untreated or predamaged fibers are pumped, the generation of a defined excitation density will lead in any case to the same final state (see Fig. 2). This final state is determined by atomic defects in the fiber material and is similar to damage that may be generated, for example, with UV light or ionizing radiation. Why this damage can be caused by the relatively low-energy photons of the Yb laser is still the subject of intense research.

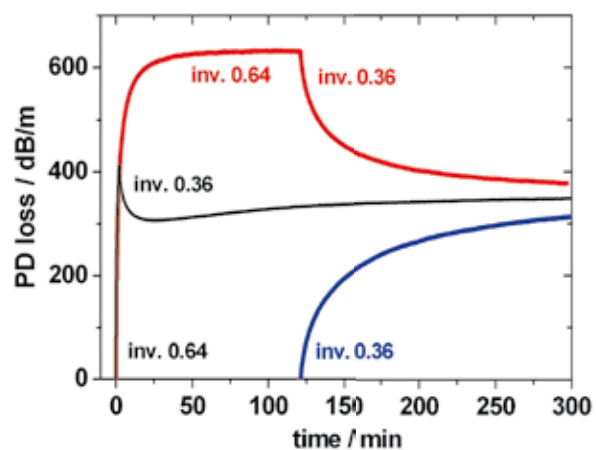


Abb. 2: Zeitlicher Verlauf und Gleichgewichtseinstellung des PD-Verlustes bei unterschiedlichen Anfangszuständen der Schädigung.

Fig. 2: Time course and equilibration of the PD loss at different initial states of damage.

Der Anstieg des PD mit der Anregungsdichte kann aber durch geeignete Codotanden ausgeglichen werden. Die Untersuchungen am IPHT umfassten die in der Lichtleitertechnik üblichen Codotanden, Aluminium (Al), Germanium (Ge) und Phosphor (P), aber auch Lanthan und Cer und insbesondere neuartige Dotandenkombinationen. Ein Überblick über wichtige Fälle ist in Tabelle 1 gegeben. Diese Zusammenfassung zeigt, dass es im Prinzip verschiedene Möglichkeiten gibt, die Leistungsstabilität der konventionellen aktiven Fasern durch Codotierung deutlich zu verbessern.

Mit niedrigem PD allein ist noch keine erfolgreiche Laserfaser realisierbar. Trotz niedrigem PD kann die Löslichkeit und die atomare Verteilung der  $\text{Yb}^{3+}$ -Ionen in der Glasmatrix ungünstig sein, was sich in einer erhöhten Grunddämpfung und in einer strahlungslosen Desaktivierung äußert, also letztlich in einer schlechten Lasereffizienz. Entscheidend ist, ob sich trotz hoher Yb-Konzentration ein geeignetes niedriges radiales Brechzahlprofil erreichen lässt. Auch Fragen der reproduzierbaren technologischen Realisierbarkeit (gute Längshomogenität) spielen eine zentrale Rolle. Von Bedeutung war die Entdeckung, dass durch Mischung der Codotanden Al und P im atomaren Verhältnis von 1:1 bereits ein sehr niedriges PD, aber im Vergleich zum reinen Al oder P auch eine Reduzierung der Brechzahl und eine Glättung des Brechzahl-Profiles (ohne ›Zentraldip‹) möglich ist. Eine kurze Zusammenfassung dieser Vor- und Nachteile zeigt Tabelle 1.

Auf der Basis umfangreicher Untersuchungen wurden aussichtsreiche Glassysteme im Detail identifiziert und in Laserfasern mit niedrigem PD und optimaler LMA-Struktur implementiert. Diese PD-optimierten LMA-Laserfasern konnten erfolgreich in Faserlasern mit Kilowatt-Ausgangsleistungen erprobt werden. Obwohl einzelne Teile der Herstellungstechnologie noch weiterentwickelt werden müssen, so konnte jetzt bereits nachgewiesen werden, wie durch eine sorgfältig zugeschnittene Materialkomposition die Langzeitstabilität von optimierten Hochleistungslaserfasern mit LMA-Struktur sichergestellt werden kann. ●

The unfavorable increase in PD with the excitation density can be compensated by the appropriate codopants. Our studies initially included the codopants common in fiber optics, e.g., aluminum (Al), germanium (Ge), and phosphorus (P), but also more interesting codopants such as lanthanum and cerium (which we previously used for the production of radiation resistant fibers) and, in particular, innovative dopant combinations. A review of major cases can be seen in Table 1. This summary shows that there are basically different ways to improve the performance of conventional active fibers by codoping.

A laser fiber cannot successfully be implemented with low PD alone. Despite low PD, the solubility and distribution of the  $\text{Yb}^{3+}$  ions in the glass matrix can still be poor, resulting in an increased attenuation, nonradiative deactivation, and ultimately poor laser efficiency. It is crucial to know whether, despite a high Yb-concentration, a suitable low radial refractive index profile can be achieved. Moreover, questions of reproducible technological feasibility (good length homogeneity) play an important role. Of particular importance is, therefore, the discovery that by mixing the codopants Al and P in the atomic ratio of 1:1 a very low PD, but in comparison to pure Al or P, already a reduction in the refractive index and a smoothing of the profile (without the ›central dip‹) is possible. A brief summary of these additional advantages and disadvantages is shown in Table 1.

Based on this research, promising glass systems have been identified in detail and implemented into laser fibers with low PD and optimal LMA structure. These PD-optimized LMA laser fibers have already been tested successfully in fiber laser systems with kilowatt powers. Although parts of the manufacturing technology have yet to be improved, it has already been shown that, with a carefully tailored material composition, the long-term stability of optimized high-power laser fibers with LMA structure and high beam quality can be assured. ●

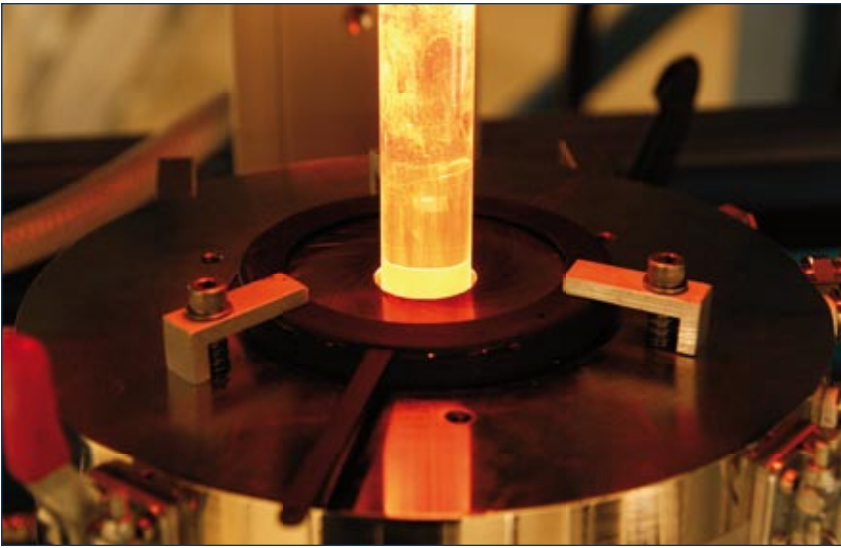


Abb. 3: Preform im Faserziehofen

Fig. 3: Preform in drawing furnace

	Al	P	P/Al 1:1	Ce/Al
PD	hoch	niedrig	niedrig	niedrig
PD	high	low	low	low
Kernbrechzahl (NA) core refractive index	(Vergleichswert) (reference value)	höher higher	niedriger lower	höher higher
Grunddämpfung loss	gering low	hoch high	gering low	gering low
Brechzahlprofil refractive index profile	glatt smooth	Zentraldip central dip	(glatt) (smooth)	glatt smooth
Preform-Längshomogenität preform length homogeneity	gut good	schlecht bad	mäßig gentle	gut good

Tab. 1: Codotandeneinflüsse auf Yb-dotierte Laserfasern.

Tab. 1: Codopant influences on Yb-doped laser fibers.

**Charakterisierung und Funktionalisierung optischer Fasern**

*Characterization and Functionalization of Optical Fibers*

F. JUST, R. SPITTEL, A. HARTUNG, M. BALAKRISHNAN, H. BARTELT

Das Verständnis der Struktureigenschaften optischer Fasern ist sowohl für ihre Herstellung als auch ihre Anwendung von Bedeutung.

**Mechanische Spannungen in dotierten Fasern**

Spannungen innerhalb der Glasfaser, die während der Herstellung aufgrund unterschiedlicher Dotierungen entstehen, können wesentliche Einflüsse auf deren optische und mechanische Eigenschaften haben. So ist zum einen die Gefahr des Zerreißens der Proben während der Herstellung von technologischer Bedeutung (Abb. 1). Des Weiteren verursachen diese Spannungen eine Verschiebung der Brechzahl, die sich deutlich auf die Ausbreitungseigenschaften des Lichtes in der Faser auswirken kann.

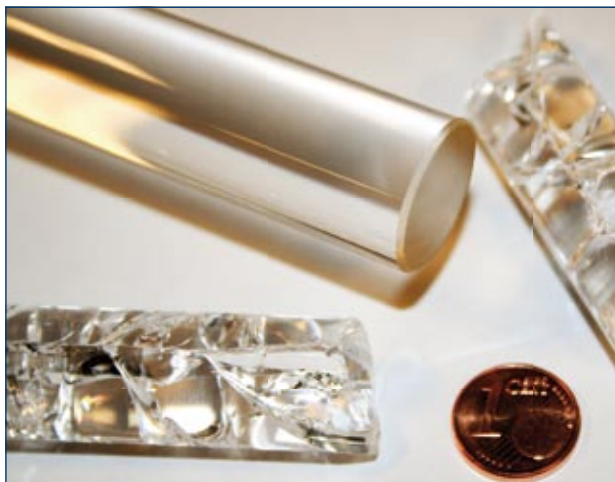


Abb. 1: Durch hohe innere Spannungen zerstörte Faserpreform neben einer unversehrten Probe.

Fig. 1: A perfect preform compared to a fiber preform destroyed due to high internal stress.

Understanding the structural properties of optical fibers is of great importance for both the production process and their applications.

**Mechanical Stress in Doped Fibers**

The intrinsic stress that arises in optical fibers during manufacturing due to different dopants can have a significant impact on their optical and mechanical properties. On the one hand, the risk of the samples breaking during production is of critical technological importance (Fig. 1). On the other hand, due to the photoelastic effect, mechanical stress causes a shift in the refractive index, which may substantially affect the propagation properties of light in the fiber.

To increase both the spatial and the stress resolution, this material-dependent and geometry-dependent parameter is measured on fiber preforms, the composition and structure of which are the same as in the fibers with the exception of a scaling factor.

We were successful in extending measurements to more general samples without cylindrical symmetry. Particularly in preforms used for high-power fiber lasers that have a double-D-shaped pump core, the impact of the absence of cylindrical symmetry is of special importance. With this new extended method we were able, for the first time, to predict and prevent critical stresses in the samples during the manufacturing process (Fig. 2).

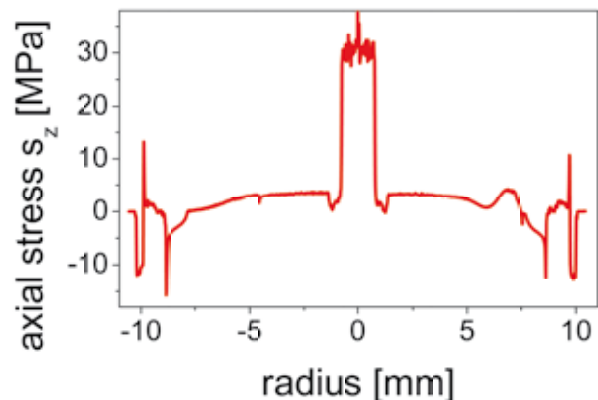


Abb. 2: Axiales Spannungsprofil der Preform: Hauptachse, berechnet unter Verwendung der Abel-Transformation aus einem stückweise zusammengesetzten Phasenverschiebungsprofil.

Fig. 2: Axial stress profile of the cross sections: Major axis calculated using the Abel transformation, which consists of a phase shift profile assembled piece by piece.

Um sowohl die räumliche Auflösung als auch die der Spannung zu erhöhen, wird diese material- und geometrieabhängige Größe an Faserpreformen bestimmt. Zusammensetzung und Struktur der ›Vorform‹ stimmen bis auf einen Skalierungsfaktor mit denen der Fasern überein.

Dabei ist es am IPHT nun erstmals gelungen, die Messungen, die sonst nur an zylindersymmetrischen Proben möglich sind, auf allgemeinere Geometrien zu erweitern. Besonders bei Preformen für Hochleistungsfaserlaser, die über einen doppel-D förmigen Pumpkern verfügen, sind die Einflüsse der fehlenden Zylindersymmetrie von besonderer Bedeutung. Hier werden durch die neuen Messungen erstmals zuverlässige Aussagen über das tatsächliche Spannungsprofil möglich (Abb. 2). Es ergibt sich so die Möglichkeit, Rissprobleme der Proben besser vorherzusagen und vermeiden zu können.

### Selektive Füllung mikrostrukturierter Fasern

Mikrostrukturierte optische Fasern besitzen eine zumeist hexagonale Anordnung von Löchern entlang der Faserachse. Diese Hohlräume bieten Platz zum Einbringen neuer Materialien, um so die funktionalen Eigenschaften zu beeinflussen.

Ein am IPHT entwickeltes Verfahren ermöglicht es, einzelne Löcher selektiv zu verkleben (Abb. 3) und die so verschlossenen Hohlräume an der Endfläche kollabieren zu lassen. Dies gestattet die gezielte Befüllung mit Flüssigkeiten wie zum Beispiel wässrigen Lösungen oder Indexölen, wodurch eine Funktionalisierung der Faser als Sensor und optischer Filter erreicht werden kann.

Durch die Befüllung mit elektro-optisch aktiven Polymeren können durchstimmbare Bandgaps und somit hochfrequente faserintegrierte optische Schalter und Filter realisiert werden. In einem nächsten Schritt soll die Befüllung bei Temperaturen bis zu 1000°C stattfinden. Dadurch können Materialien in die Faser eingebracht werden, die bei Raumtemperatur in festem Aggregatzustand sind. Ein Beispiel hierfür sind Metalle. Dadurch ergeben sich völlig neue Möglichkeiten der Anregung und Ausbreitung von Oberflächenplasmonen innerhalb optischer Fasern.

### Eigenschaften von Optischen Fasern in Nanodimensionen

Theoretisch gibt es für die Grundmode einer optischen Standardfaser keinen Mindestdurchmesser, weshalb

### Selective Filling of Microstructured Fibers

Microstructured optical fibers usually have a hexagonal arrangement of holes along the fiber axis. These hollow cavities provide the space for the introduction of new materials, which are used to affect the functional properties.

With innovative technologies, we succeeded in developing a process which allows the selective gluing of individual holes (Fig. 3). In a further step, we managed to collapse the sealed holes at the fiber end face. This allows the fiber to be selectively filled with liquids, such as aqueous solutions or index oils, so that it may function as a sensor and optical filter.

Furthermore, we are working on fillings with electro-optically active polymers in order to implement widely tunable band gaps and high-frequency fiber-optical switches and filters. Next, we will proceed with a filling process that can take place at temperatures of up to 1000°C in order to be able to insert materials which are in a solid state at room temperature. Metals are a good example of such materials. This opens up completely new possibilities for the excitation and propagation of surface plasmon polaritons within optical fibers.

### Properties of Nanoscaled Optical Fibers

From a theoretical point of view, there is no cutoff expected for the fundamental mode of a fiber, which is equivalent to a possible effective light guidance in an arbitrarily thin optical fiber. However, experimentally a strongly decreasing

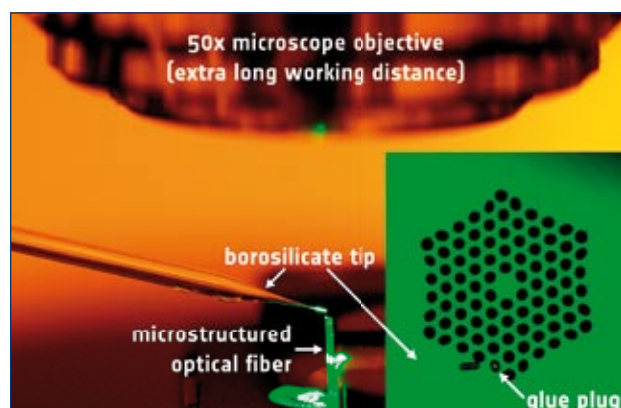


Abb. 3: Experimenteller Aufbau zur selektiven Befüllung von mikrostrukturierten optischen Fasern. Das Inset zeigt die On-line-Mikroskopaufnahme mit einem durch UV-Kleber gezielt verschlossenen Loch.

Fig. 3: Experimental setup for selective filling of microstructured optical fibers. The inset shows an online microscope image of a hole selectively sealed with a UV adhesive.

Licht in beliebig dünnen optischen Fasern effektiv geleitet werden könnte. Dennoch zeigt sich experimentell eine stark abfallende Transmission, wenn der Durchmesser der optischen Faser unterhalb eines bestimmten Grenzdurchmessers gezogen wird, der in der Größenordnung der Wellenlänge liegt (Abb. 4).

Das Verständnis für die Ursache dieses Phänomens konnte vertieft und der Grenzdurchmesser abgeschätzt werden. Das Verhalten wird durch die fortwährende Annäherung der durchmesserabhängigen Ausbreitungskonstanten  $\beta(d)$  der Grundmode zur Strahlungsgrenze  $\beta = 2\pi/\lambda$  begründet.

Da sich diese beiden Ausbreitungskonstanten mit fallendem Faserdurchmesser annähern, steigen in gleichem Maße die Anforderungen an die Perfektion der Fasergeometrie. Nur so kann eine Kopplung des geführten Lichts mit den Strahlungsmoden verhindert werden (Abb. 5).

Die minimal realisierbare Genauigkeit bezüglich des Fasermantels liegt bei einer Winkelvariation von  $10^{-5}$ . Sinnvoll nutzbare Transmissionseigenschaften sind bei 1550 nm Wellenlänge bis zu einem Faserdurchmesser von circa 400 nm zu erwarten. Experimentelle Ergebnisse bestätigten dies.

Unter Vernachlässigung der Materialdispersion ist diese Abschätzung wellenlängenskalierbar, so dass der Grenzdurchmesser wellenlängenbezogen mit  $d = \lambda/4$  angegeben werden kann. ●

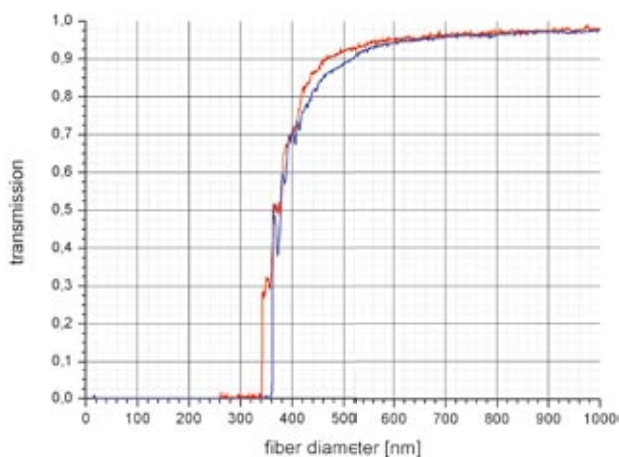


Abb. 4: Transmissionsverhalten einer Nanofaser in Abhängigkeit vom Faserdurchmesser bei 1550 nm Wellenlänge.

Fig. 4: Optical transmission of a nanofiber as a function of fiber diameter at a wavelength of 1550 nm.

transmission is observed when the diameter of the optical fiber is reduced to below a certain threshold (Fig. 4).

We were able to explain this phenomenon and estimate the threshold diameter. The behavior is caused by the continuous approximation of the diameter-dependent propagation constant to  $\beta(d)$  of the fundamental mode to the radiation threshold  $\beta = 2\pi/\lambda$ .

Since these two propagation constants approach each other with a decreasing fiber diameter to arbitrarily small values, the need for perfection in fiber geometry rises to the same degree to prevent the coupling of guided light to radiation modes (Fig. 5).

The minimum achievable accuracy of the fiber cladding is equivalent to an angular variation of  $10^{-5}$ . At a wavelength of 1550 nm, useful transmission properties can be expected down to a fiber diameter of about 400 nm, which corresponds well with the experimental observations.

If material dispersion is neglected, this estimation can be scaled by wavelength. The threshold diameter can then be approximated using the applied wavelength as  $d = \lambda/4$ . ●

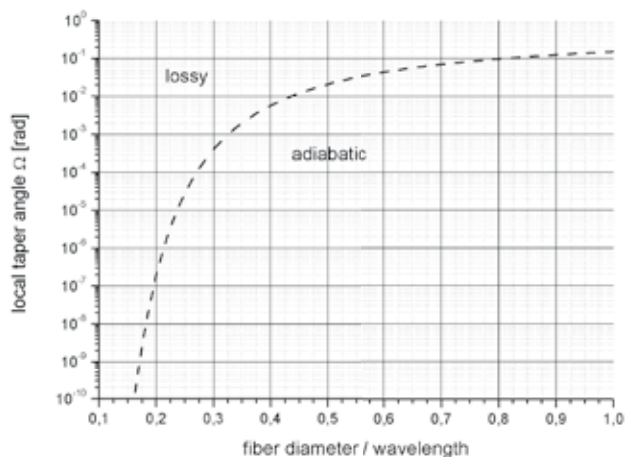


Abb. 5: Abschätzung des Transmissionsverhaltens in Abhängigkeit von lokalen Fasereigenschaften.

Fig. 5: Estimation of transmission behavior as a function of local fiber parameters.



## Alternative Faserkernmaterialien und mikrostrukturierte Fasern

### Alternative Fiber Core Materials and Microstructured Fibers

J. KOBELKE, K. SCHUSTER, S. GRIMM,  
V. REICHEL, J. KIRCHHOF

Fasern für die Anwendung von Licht in Gasen, Flüssigkeiten und Kristallen erfordern bestimmte Eigenschaften: zum einen materialseitig eine hohe optische Nichtlinearität und zum anderen ein optimiertes Dispersionsverhalten. Insbesondere die Wellenlänge des Lichtes, bei der die Materialdispersion Null wird (Nulldispersionswellenlänge = ZDW), muss den Pump- und Emissionswellenlängen angepasst sein. Gerade Gläser mit hoher nichtlinearer Konversionseffizienz, z. B. Schwermetalloxidgläser (heavy metal oxide = HMO) besitzen ungünstige Dispersionseigenschaften im sichtbaren und nahen Infrarotlicht (VIS-NIR-Spektralbereich). Mikrostrukturierte Fasern mit einem HMO-Glaskern weisen eine dreifach höhere Nichtlinearität im Vergleich zu quarzglasbasierten Hohlloch-Mantelstrukturfasern aus  $\text{SiO}_2$  auf. Damit konnte ein Faserdesign in die Praxis umgesetzt werden, das beide Anforderungsprofile erfüllt. Die Herstellung der hoch nichtlinearen Gläser für die Kernkomponenten der MOFs erfolgte mittels Schmelzverfahren im Platintiegel und über Sinterverfahren. Mit dem Grundglassystem ( $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ) wurde bislang eine minimale Grunddämpfung von 0,6 dB/m (Wellenlänge: 1,2  $\mu\text{m}$ ) erreicht.

Materialseitig wird für das Kernglas eine Nulldispersionswellenlänge um 1,5  $\mu\text{m}$  abgeschätzt. Der mikrostrukturierte Mantel ermöglicht eine deutliche Blauverschiebung der ZDW auf 1150 nm bzw. 970 nm für die LP01 und LP11 Moden. Abb. 1 zeigt die Eignung der Dispersionscharakteristik der mikrostrukturierten HMO-Kernglasfaser für Pumpquellen in der Wellenlängenregion um 1  $\mu\text{m}$  (z. B. Nd-Laser). ●

Fibers used in nonlinear applications (in gases, liquids, and crystals) must have certain properties, such as a high optical nonlinearity and an optimized chromatic dispersion. Also, and in particular, the zero dispersion wavelength (ZDW) has to be adapted to the pump and emission wavelengths. However, glasses with a high nonlinear conversion efficiency (e.g., heavy metal oxide (HMO) glasses) typically exhibit unfavorable material dispersion characteristics in the VIS-NIR range. Microstructured optical fibers with an HMO glass core feature a nonlinearity that is three times that of silica-based  $\text{SiO}_2$  fibers with a holey cladding structure, thus fulfilling the design requirements necessary for practical application. We prepared these highly nonlinear glasses for the core components of MOFs by melting them in a platinum crucible and using a 'tool-free' sintering process. The basic glass system ( $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ) has achieved a minimum loss of 0.6 dB/m (wavelength: 1.2  $\mu\text{m}$ ) so far.

The material ZDW of the core glass is approximately 1.5  $\mu\text{m}$ . Thus, the structure of the silica holey cladding allows a considerable blue shift in the ZDWs to 1150 nm and 970 nm for the LP01 and LP11 modes, respectively. Fig. 1 shows the suitability of the microstructured HMO core glass fiber for pumping in the 1  $\mu\text{m}$  wavelength range (e.g., Nd lasers). ●

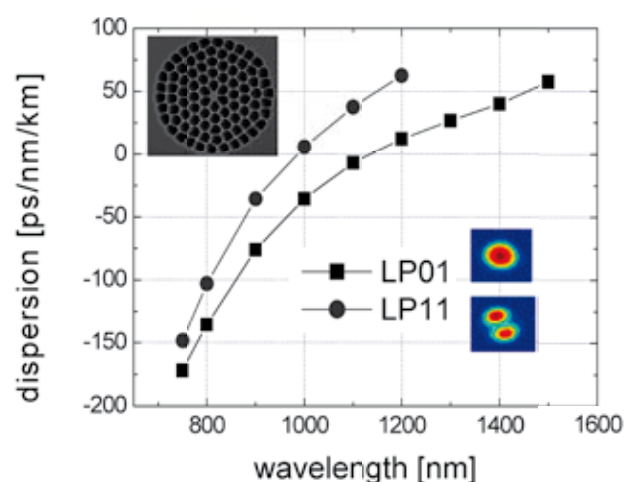


Abb. 1: Chromatische Dispersion und Modenbilder der mikrostrukturierten Faser mit  $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  Kern.

Fig. 1: Chromatic dispersion and mode pattern of the MOF with an  $\text{La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  core.

**Spezielle Faser-Bragg-Gitter Eigenschaften:  
Suspended Core Fasern und regenerative Gitter**

**Special Features of Fiber Bragg Gratings:  
Suspended Core Fibers and Regenerated Gratings**

E. LINDNER, M. BECKER, S. BRÜCKNER,  
M. ROTHHARDT, H. BARTELT

Faser-Bragg-Gitter, bekannt als wichtige Komponenten der optischen Telekommunikation, werden zunehmend auch auf den Gebieten der Sensorik und Lasertechnik in Spezialfasern verwendet. Dabei gilt es, den Anwendungsbereich der Bragg-Gitter auf neue Fasertypen (Suspended Core Fasern) und auf breitere Temperaturbereiche (mit regenerativen Gittern) zu erweitern.

**Optische Faser-Bragg-Gitter in Suspended Core Fasern**

Suspended Core Fasern sind mikrostrukturierte Fasern, deren Faserkern zur Lichtführung an extrem feinen Glasstegen innerhalb des Fasermantels aufgehängt ist (Abb. 1). Die Intention solcher Strukturen besteht darin, einen möglichst großen Feldanteil des geführten Lichtes außerhalb des Faserkerns zu realisieren und damit Evaneszent-

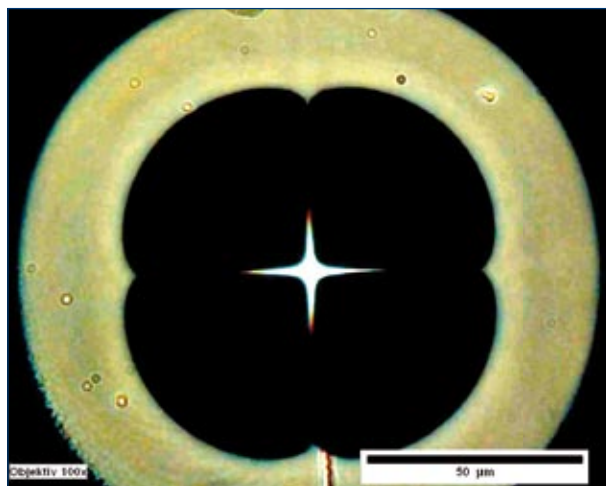


Abb 1: Suspended Core Faser aus reinem Quarzglas mit mehreren Gittern.  
Mikroskopbild der Faserstirnfläche.

Fig. 1: Pure silica suspended core fiber containing several fiber Bragg gratings.  
Microscope photograph of front surface of fiber.

Fiber Bragg gratings, which are commonly known for their role as significant components in optical telecommunication systems, are increasingly being applied in the areas of sensing and laser technology with special fibers. Therefore, it is necessary to expand the field of application of Bragg gratings to novel fiber types (suspended core fibers) and higher temperature ranges (with regenerated gratings).

**Optical Fiber Bragg Gratings in Suspended Core Fibers**

Suspended core fibers are microstructured fibers with a light guiding core suspended from extremely fine glass bridges within the fiber cladding (Fig. 1). The intention of such structures is to increase the amount of light guided outside of the glass core. Such structures enable highly efficient evanescent field sensors. Since standardized and mature fiber Bragg grating inscription methods are hardly applicable for these types of fibers, the possibility of using high-intensity ultraviolet femtosecond laser radiation to produce gratings was investigated. For one, it is possible to expose tiny structures ranging approximately a few 100 nm in size in the fiber core. For another, one can achieve a clearly defined index-modulation profile without special doping to increase photosensitivity of the glass material (Fig. 2). Fiber-Bragg gratings have been successfully implemented in such fibers with a core that has a diameter of 5 µm and achieves a signal-to-noise ratio of 12–15 dB.

**Regenerated Gratings**

To use fiber Bragg gratings as a sensor element in the high temperature range above 400°C, the type of refractive index modification in the glass fiber plays a crucial role. Depending on the dopants in the fiber and the production method of the gratings, the temperature characteristics may vary. Special UV photosensitive fibers developed at IPHT are suited for the production of temperature-stable Bragg gratings up to a maximum operating temperature of 600°C. During the manufacturing process, the refractive index of these gratings is stabilized using a UV excimer laser and a thermal annealing process at 700°C (Fig. 3). During this annealing process one can observe a growth in the grating strength after an initial decrease, which corresponds to an increase in the refractive index modulation in the fiber. In combination with an interferometric writing technique it is possible to generate multiple Bragg

feldsensoren hoher Effizienz zu ermöglichen. Da etablierte Methoden zur Erzeugung von Faser-Bragg-Gittern sich kaum auf diese Art von Fasern anwenden lassen, wurden die Möglichkeiten zur Gittererzeugung mit ultravioletter Femtosekundenlaserstrahlung hoher Intensität untersucht. Damit lassen sich zum einen feinste Strukturen im Bereich von wenigen 100 nm im Faserkern belichten und zum anderen lässt sich das Quarzglas auch ohne spezielle Dotierung gut im Brechungsindex modulieren (vgl. Abb. 2). Es wurden dazu erfolgreich Faser-Bragg-Gitter in einem Kern mit Durchmesser von 5  $\mu\text{m}$  und einem Signal-zu-Rausch-Verhältnis von 12–15 dB realisiert.

**Regenerative Gitter**

Um Faser-Bragg-Gitter als Sensorelement für den Hochtemperaturbereich über 400°C anwenden zu können, spielt die Art der Brechzahlmodifikation in der Glasfaser eine entscheidende Rolle. Je nach Dotierung der Faser und Herstellungsmethode der Gitter ergeben sich unterschiedliche Temperatureigenschaften. Am IPHT entwickelte UV-photosensitive Fasern eignen sich zur Herstellung von temperaturstabilen Bragg-Gittern für Anwendungen bis 600°C. Während des Herstellungsprozesses wird die Brechzahl der Gitter mittels UV-Excimer-Laser und Nachbehandlung bei 700°C stabilisiert (Abb. 3). Die Gitterstärke wächst an und die Brechzahlmodulation in der Faser wird erhöht. In Kombination mit einem interferometrischen Einschreibeverfahren ist es möglich, mehrere solcher Gitter für unterschiedliche Reflexionswellenlängen zu erzeugen und damit Arrays für eine orts aufgelöste, multiplexe Messtechnik zu realisieren. ●

Gefördert durch/funded by: Freistaat Thüringen, BMBF, EFRE

gratings with different reflection wavelengths in one fiber. With such arrays of gratings it is possible to implement a multiplexed measuring technique with a good spatial resolution. ●

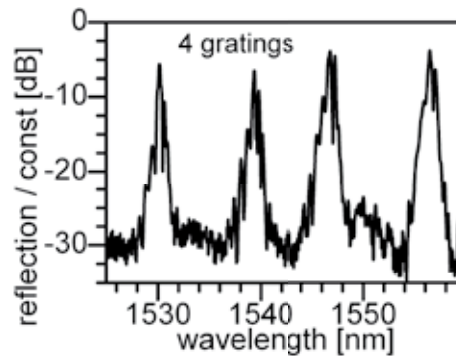


Abb 2: Reflexionsspektrum einer Faser mit 4 Gittern an verschiedenen Positionen in der Faser.

Fig. 2: Reflection spectrum of a Bragg grating array with four gratings at different fiber positions.

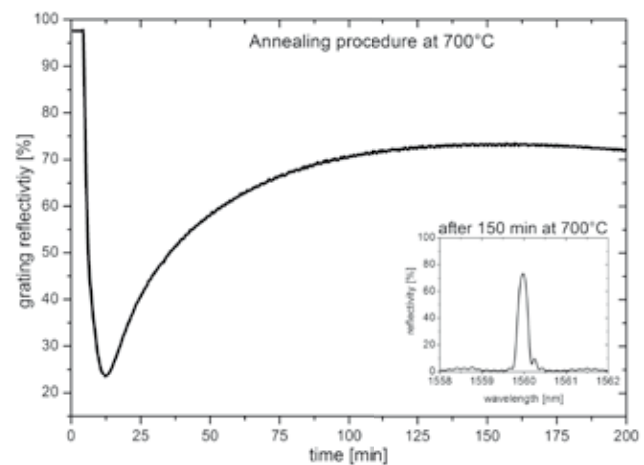


Abb. 3: Thermische Nachbehandlung und Regeneration eines Gitters bei 700°C, Inset: Gitterspektrum nach der Behandlung.

Fig. 3: Thermal annealing and regeneration of a fiber Bragg grating at 700°C; inset: grating spectrum after annealing.

## Faseroptische Sensorik

### Fiber Optical Sensing

R. WILLSCH, W. ECKE, H. LEHMANN

Faseroptische Sensoren eignen sich insbesondere für den Einsatz unter extremen Bedingungen. In aktuellen Projekten haben wir neue Konzepte zur Gassensorik und zur Messung bei hohen Temperaturen bis 1700°C mit strukturierten optischen Fasern entwickelt.

#### Ortsverteilte NIR-Gassensorik mit Photonischen Kristallfasern

Die Detektion und die quantitative Bestimmung von gasförmigen Kohlenwasserstoffen ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_n$  und  $\text{C}_3\text{H}_n$ ) in Gasen ist eine wichtige Aufgabe bei der Überwachung von Kohlegruben, Pipelines und in der gasverarbeitenden Industrie. Im Rahmen des EU-Projektes ›NextGenPCF‹ wurde ein ortsverteilter Fasersensor auf der Grundlage einer photonischen Kristallfaser mit Hohlkern (HC-PBGF) entwickelt, der mit einer Wellenlänge von 1,5  $\mu\text{m}$  bis 1,85  $\mu\text{m}$  den Bereich der ersten Harmonischen der typischen C-H-Schwingungsbande abdeckt und damit die Detektion und Analyse verschiedener im NIR absorbierender Gase erlaubt.

In HC-PBGF wird das Licht im hohlen Faserkern durch den Bandgap-Effekt geführt, was zu einer fast

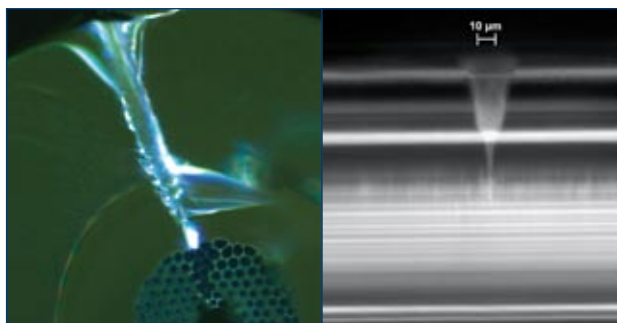


Abb.1: Kanal in einer HC-PBGF: Schnitt- und Seitenansicht

Fig. 1: Lateral channel in an HC-PBGF: cross-sectional and side view

Fiber optical sensors are particularly well suited for applications under critical environmental conditions. We have developed new concepts for gas sensing and for measurement at high temperatures up to 1700°C with structured optical fibers.

#### Distributed Gas Sensing in the Near Infrared Range Using Hollow Core Photonic Crystal Fibers

Detection and quantitative determination of gaseous aliphatic hydrocarbons ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_n$  and  $\text{C}_3\text{H}_n$ ) in gas and gas-air mixtures is of great importance in coal mining safety, the monitoring of pipeline leakages, and in gas processing plants. Within the EU Framework Project ›NextGenPCF‹, a distributed gas sensor based on a hollow core photonic band gap fiber (HC-PBGF) was developed which – with a wavelength from 1.5  $\mu\text{m}$  to 1.85  $\mu\text{m}$  – covers the first harmonics range of the standard C–H combination band and thus allows the detection and determination of various NIR absorbing gases.

In HC-PBGF, light is guided in a hollow fiber core by photonic band gap effects, leading to a nearly complete mode-field overlap between gas and light. To make this fiber sensitive to ambient gas, lateral channels were drilled using a femto second laser from the outer polymer buffer of the fiber through the photonic crystal structure to the fiber core (Fig. 1). Because band gap guiding is sensitive to any disturbances within the photonic crystal structure, a sophisticated drilling technique was developed to keep the channel-induced optical losses in the fiber low. An induced attenuation below 0.1 dB per drilled channel and a processing time of less than one minute per channel were achieved. The sensor response time for natural gas is less than one minute for a channel distance of 3 cm.

#### Fiber-Optic High-Temperature Sensors

The focus of advanced high-efficiency energetics is on power generation at higher temperatures. In an effort to solve some of the problems that arise during monitoring tasks in gas turbines at temperatures far beyond 1000°C, research scientists at IPHT Jena contributed to the EU project ›Heat-top‹ and the development of high-temperature stable fiber Bragg gratings (FBGs) in sapphire fibers.

Such Bragg gratings were prepared in sapphire single crystal fibers of 100  $\mu\text{m}$  in diameter at Bragg wavelengths in the 1550 nm range while using phase masks and specially optimized fs laser inscription technology.

perfekten Wechselwirkung zwischen Licht und Gas führt. Um die Faser für Gase sensitiv zu machen, wurden mittels eines Femtosekundenlasers Verbindungskanäle bis zum Hohlkern gebohrt (Abb. 1).

Um die beim Bohren induzierten Störungen gering zu halten, kommt eine eigens entwickelte Technologie zum Einsatz, mittels der induzierte Dämpfungen unter 0,1 dB bei weniger als einer Minute Bearbeitungszeit pro Loch erreicht werden. Bei einem Lochabstand von 3 cm konnten so an Erdgasproben Sensorreaktionszeiten unter einer Minute gemessen werden.

**Faseroptische Hochtemperatur-Sensorik**

In modernen Gasturbinen zur Erzeugung von Strom herrschen Temperaturen bis zu 1700°C: extreme Bedingungen mit besonderen Ansprüchen an die Sensortechnik. Wissenschaftler am IPHT entwickelten im Rahmen des EU-Projektes »Heattop« Messtechnik, die auch bei hohen Temperaturen zuverlässig und uneingeschränkt funktioniert. Der Jenaer Ansatz basiert auf der Verwendung von Faser-Bragg-Gittern (FBG) in Saphir-Einkristall-Fasern. Praxistauglichkeit konnte bisher bei 1700°C nachgewiesen werden.

Die Bragg-Gitter werden in Fasern mit einem Durchmesser von 100 µm mit Bragg-Wellenlängen im 1550 nm-Bereich unter Nutzung von Phasenmasken und einer speziell optimierten fs-Laser-Einschreibtechnologie erzeugt.

Die Bragg-Reflektionsspektren wurden bei Beleuchtung mit einer breitbandigen Superlumineszenz-Diode in einem Polychromator mit abbildendem Beugungsgitter und InGaAs-Zeilen-Fotodetektor gemessen (Abb. 2). Die Spektren wurden bei Beleuchtung der Saphirfaser über ein 50 m-Stück einer Moden-angepassten Quarzglas-Stufenindexfaser erhalten, welches als Modenmischer dient und die gleichmäßige Anregung möglichst aller Moden der Saphirfaser sichert.

Während Saphir-FBG bis zu Temperaturen >1700°C stabil sind, ist ihr Auslesen bei diesen hohen Temperaturen durch die anwachsende thermische Schwarzkörper-Hintergrundstrahlung begrenzt. Dieses Problem wird durch Auslesen kürzerer Bragg-Wellenlängen, z. B. im 800 nm-Bereich, reduziert. Ebenso wird die Beschichtung der Saphirfaser mit einem niedrig-brechenden Cladding (z. B. eine MgO-Schicht) die numerische Apertur reduzieren und damit einen Teil der internen Schwarzkörperstrahlung eliminieren sowie den Faserkern von äußerer Strahlung abschirmen. ●

Bragg reflection spectra were measured using a broadband super-luminescence diode light source and a polychromator spectrometer with an imaging diffractive grating and InGaAs detector line array as shown in Fig. 2.

While sapphire FBGs proved to be stable at temperatures >1700°C, their readout capabilities at such high temperatures are limited by the increasing background of thermal radiation. This problem is reduced by the selection of shorter Bragg wavelengths, e.g. in the 800 nm range. Additionally, deposition of a low refractive optical cladding (e.g., an MgO layer) around the sapphire fiber reduces the numerical aperture, thus eliminating part of the internal thermal blackbody radiation and shielding the fiber core from outside radiation. ●

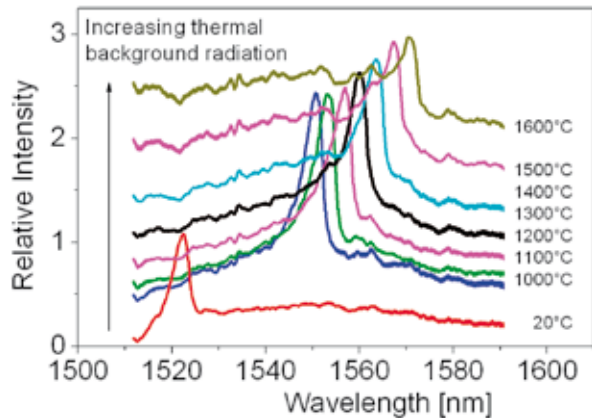


Abb. 2: Reflexionsspektren eines Bragg-Gitters in Saphirfaser bei Temperaturen bis 1600°C.

Fig. 2: Reflection spectra of a sapphire fiber Bragg grating at temperatures up to 1600°C.

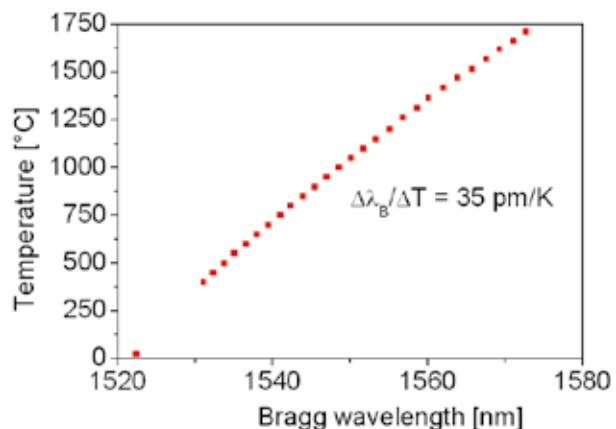


Abb. 3: Temperatur-Charakteristik der Bragg-Wellenlänge bis 1700 °C.

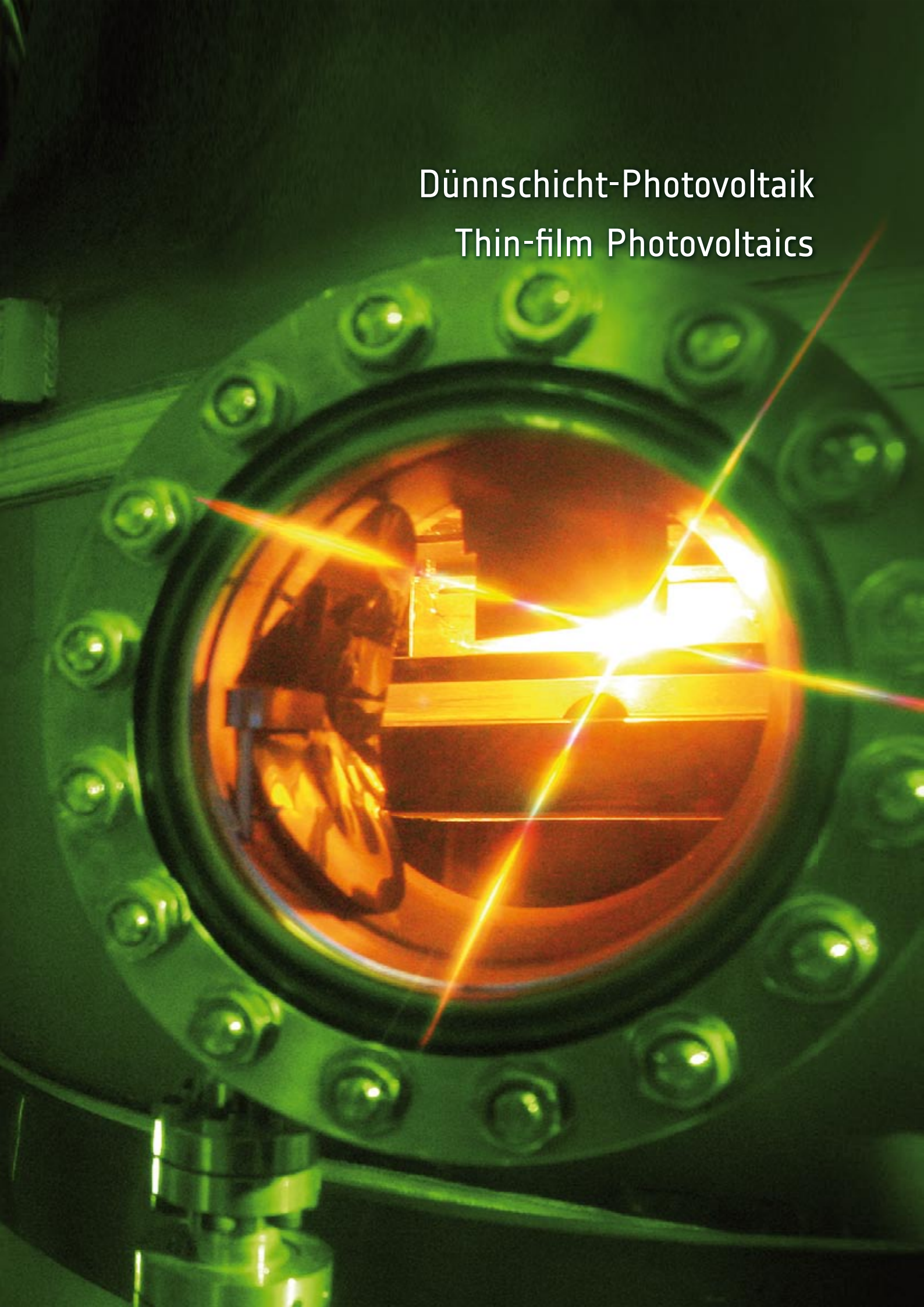
Fig. 3: Temperature characteristics of the Bragg wavelength up to 1700°C.

Die Aktivitäten des Forschungsschwerpunktes Dünnschicht-Photovoltaik (Dünnschicht-PV) konzentrieren sich auf die Materialherstellung und -charakterisierung, die Materialintegration in neue Zellkonzepte und das Photonenmanagement. Am IPHT existiert ein einmaliges Know How auf dem Gebiet der Laser-Kristallisation auf großen Flächen, auf dessen Grundlage neue Konzepte für die Photovoltaik entwickelt werden. Darüber hinaus beschäftigt sich der Forschungsschwerpunkt mit neuen Ansätzen für die Photovoltaik der 3. Generation. ●

The thin-film photovoltaics research group (thin-film PV) focuses its activities on material production and characterization, material integration in new cell concepts, and photon management. The scientists at IPHT possess unparalleled know how in the area of large-surface laser crystallization, which is the basis for the development of new concepts in photovoltaics. In addition, this group researches new approaches for third-generation photovoltaics. ●



Dünnschicht-Photovoltaik  
Thin-film Photovoltaics



## Solarzellen auf der Basis von Silicium-Nanodrähten

### Solar Cells Based on Silicon Nanowires

TH. STELZNER, V. SIVAKOV, F. VOIGT, M. BERGER, M. PIETSCH, G. ANDRÄ, F. FALK, S. CHRISTIANSEN

Die steigende Nachfrage nach erneuerbaren Energien könnte zu einem großen Teil durch Solarzellen, das heißt durch direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom gedeckt werden. Bisher verhindern aber hohe Kosten bzw. zu geringe Wirkungsgrade einen breiten Einsatz. Die notwendige Kostenreduzierung wird sich am ehesten mit Dünnschichtzellen erreichen lassen, die zurzeit aber noch deutlich geringere Wirkungsgrade als Waferzellen haben. Dünnschicht-Solarzellen auf der Basis von Silicium-Nanodrähten haben das Potential zur Erhöhung der Effizienz durch Verbesserung der Photonenabsorption, der Ladungsträgertrennung und des Ladungsträgertransports. Zur Herstellung der Nanodrähte nutzen wir zwei Methoden, das Wachstum der Drähte durch chemische Gasphasenabscheidung (*bottom-up*), und das Ätzen der Drähte aus Silicium-Schichten oder Wafern (*top-down*). Als

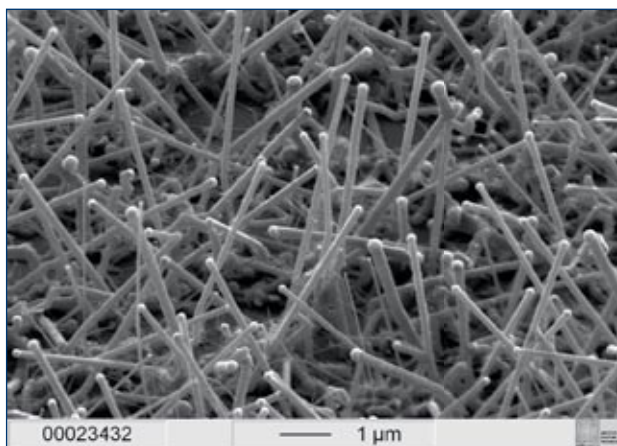


Abb. 1: Mit Gold-Nanopartikeln in der CVD-Anlage gewachsene Silicium-Nanodrähte.

Fig. 1: CVD-grown nanowires using gold particles as catalysts

The increasing demand for renewable energy could be met by the direct conversion of sun light into electrical energy which occurs in solar cells. Today, the high production cost of solar cells or their rather low conversion efficiency hampers competitive use on a large scale. The required cost reduction is expected to be reached with thin film cells, which, however, show lower conversion efficiencies than classical wafer cells. Thin film solar cells based on silicon nanowires have the potential for increased efficiency due to improved light absorption, improved charge carrier separation and transport. When preparing the silicon nanowires we apply two methods: a *bottom-up* and a *top-down* process. In the *bottom-up* process the wires are grown by chemical vapor deposition, whereas in the *top-down* process they are etched into a silicon wafer or into a silicon thin film. As further alternatives the p-n junction needed for the solar cells can be prepared in an axial configuration by changing the doping along the nanowires or in a radial configuration by wrapping the nanowires with an oppositely doped layer. Currently, we are extensively investigating all these variants concerning their final conversion efficiency of cells as well as the possibility of up-scaling the preparation to an industrial production process.

The *bottom-up* method of nanowire growth relies on the vapor-liquid-solid (VLS) process making use of a gold catalyst. Usually a very thin gold film is deposited onto a silicon substrate. When heated the film disintegrates into gold nano-droplets with a rather broad diameter distribution. Around these gold droplets, silane decomposes

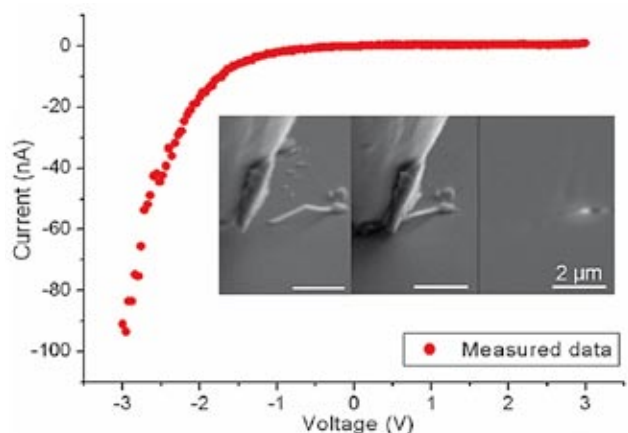


Abb. 2: U-I-Kurve und EBIC-Bild (rechts) eines einzelnen dotierten Nanodrahtes auf einem Siliciumsubstrat mit entgegengesetzter Dotierung.

Fig. 2: I-V curve and EBIC image (right) of a single nanowire grown on a silicon substrate of opposite doping.



weitere Variationsmöglichkeit kann man den p-n-Übergang axial durch Ändern der Dotierung entlang des Nanodrahtes einbringen oder aber radial durch Umhüllen des Nanodrahtes mit anders dotiertem Silicium. Alle diese Varianten untersuchen wir gegenwärtig intensiv in Hinblick auf ihr Wirkungsgradpotential und auf ihre Eignung für eine spätere industrielle Herstellung.

Bei der *bottom-up* Methode lässt man die Silicium-Nanodrähte nach dem VLS-Verfahren (vapor-liquid-solid) unter Verwendung von Gold als Katalysator wachsen. Üblicherweise werden dafür dünne Goldschichten auf Silicium aufgebracht. Beim Erwärmen bilden sich daraus Goldtröpfchen mit einer breiten Durchmesser-Verteilung, von denen das Wachstum der Nanodrähte durch katalytische Zersetzung von Silan ausgeht. Um Nanodrähte mit definiertem Durchmesser herzustellen, verwenden wir statt der Goldfilme Gold-Nanopartikel vorgegebener Größe. Dadurch sind wir in der Lage, einkristalline Drähte mit definierten Durchmessern von wenigen nm bis über 150 nm zu erzeugen (Abb. 1). Wie Simulationen gezeigt haben, hängen die Eigenschaften der Solarzellen stark vom Durchmesser der Nanodrähte ab. So haben beispielsweise Nanodrähte mit relativ großen Durchmessern günstigere Eigenschaften für Solarzellen mit radialen p-n-Übergängen, bei denen der Emitter den Nanodraht ummantelt. Durch Simulationsrechnungen werden die Zellkonzepte gegenwärtig für verschiedene Geometrien optimiert. Das Problem sind hier allerdings die benötigten Materialparameter der Nanostrukturen, die sich von den bekannten Parametern

catalytically so that under the droplet the nanowires grow. To get nanowires with precisely defined diameters we use commercially available gold nanoparticles instead of gold films. In this way, we have prepared silicon nanowires with well-defined diameters ranging from a few up to 150 nm (Fig. 1). Numerical simulations demonstrated that the properties of the final solar cells strongly depend on the diameter of the nanowires. For example, rather thick nanowires should yield a higher efficiency if equipped with a radial p-n junction, so that the emitter covers the whole outer surface. Presently, we are performing further simulations to optimize the cell concepts. It is a challenge to define appropriate material parameters entering the simulation. Whereas the data for bulk material are well known, this is not the case for nanostructures. For example, the influence of impurities, particularly of gold, on the charge carrier recombination is not clear at present. Measurements of the carrier lifetime in silicon nanowires with passivated or unpassivated surfaces, which were contaminated by gold, did not offer a conclusive result. Another open point influencing the solar cell efficiency is the doping of the silicon, which results from adding dopant gases to silane during deposition. We demonstrated that we were able to produce axial p-n junctions by changing the doping gas during nanowire growth by measuring diode-like I-V curves and by electron beam induced current (EBIC) results (Fig. 2). Radial p-n junctions were prepared by depositing oppositely doped amorphous silicon around the nanowires, which was then crystallized by annealing.

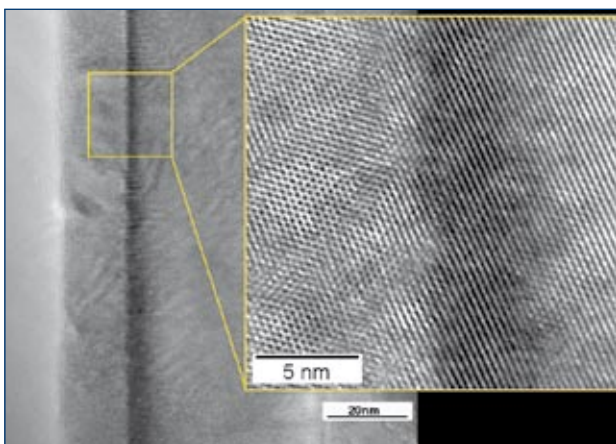


Abb 3: Epitaktische Rekristallisation der Hülle von amorphem Silicium um einen einkristallinen Kern. Hochaufgelöste transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme.

Fig. 3: Epitaxially crystallized shell of amorphous silicon around a monocrystalline silicon nanowire. High resolution transmission electron microscopic image.

des Massivmaterials erheblich unterscheiden können. So ist beispielsweise unklar, welchen Einfluss eventuelle Verunreinigungen des Halbleiters mit Gold aus dem Katalysatortröpfchen auf die Rekombination der Ladungsträger in den Nanodrähten haben. Wir haben Messungen der Ladungsträgerlebensdauer an mit Gold kontaminierten Nanodrähten mit unpassivierten und passivierten Oberflächen vorgenommen, die aber keine eindeutigen Rückschlüsse auf den Einfluss des Goldes zulassen. Ein weiterer Materialparameter, der Einfluss auf den Wirkungsgrad der Solarzellen hat, ist die Dotierung der Nanodrähte, die während des Wachstums durch Zugabe von Dotiergasen erfolgt. Der erfolgreiche Einbau der Dotierstoffe konnte an einzelnen Nanodrähten mit axialen p-n-Übergängen durch Messung der Dioden-Kennlinie und durch EBIC-Messungen (electron beam induced current imaging) nachgewiesen werden (Abb. 2). Die Herstellung radialer p-n-Übergänge erfolgt durch Aufbringen von amorphem Silicium (a-Si) auf dem dotierten Nanodraht und anschließende Kristallisation. Eine wichtige Materialeigenschaft ist dabei die Qualität der Grenzfläche. Hier ist es uns gelungen, epitaktisches Wachstum der Hülle auf dem kristallinen Kern zu erreichen (Abb. 3). Es wurden erfolgreich Solarzellen aus gewachsenen Nanodrähten, wie sie in Abb. 1 zu sehen sind, sowohl auf Siliciumwafern als auch auf dünnen kristallinen Siliciumschichten hergestellt und Kennlinien bestimmt (Abb. 4).

Für die *top-down* Methode wurde das Ätzverfahren weiterentwickelt. Jetzt gelingt es uns, bei Raumtemperatur und in Zeitspannen unter einer Stunde großflächig

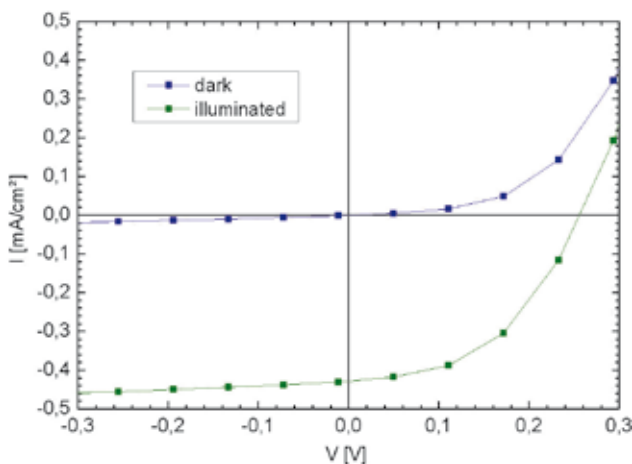


Abb. 4: U-I-Kennlinien (mit und ohne Beleuchtung) von gewachsenen Nanodraht-Arrays (axialer pn-Übergang) auf Siliciumwafern

Fig. 4: I-V curves (dark and illuminated) of a nanowire solar cell with axial p-n junction grown on a silicon wafer.

We succeeded in epitaxially crystallizing the covering silicon layer around the crystalline core (Fig. 3). In this process, the quality of the interface is crucial. Solar cells were prepared from nanowires grown on silicon wafers as well as on silicon thin films. An I-V curve of such a cell is shown in Fig. 4.

To prepare silicon nanowires using the top down process we further investigated the etching procedure. We succeeded in preparing large-area nanowire arrays at room temperature within less than one hour. As the starting material we can use silicon wafers or crystalline silicon thin films on glass. Etching highly doped wafers produces nanowires with a zig-zag structure (Fig. 5), the light absorption of which is even higher than for that of straight nanowires. To reduce the production costs of nanowire arrays from silicon wafers, the wafers need to be reused. This may be achieved by embedding the etched nanowire array into a polymer film and detaching the film together with the nanowires (Fig. 6).

Solar cells prepared with etched nanowires yield an open circuit voltage of 450 mV, which is an international record and is much higher than the value of 280 mV reached with grown nanowires. An alternative type of nanowire cell which we are presently investigating is the hybrid cell made from semiconducting polymers that fill the space between the nanowires. Further work has to show which of the concepts is most successful concerning efficiency and production costs.

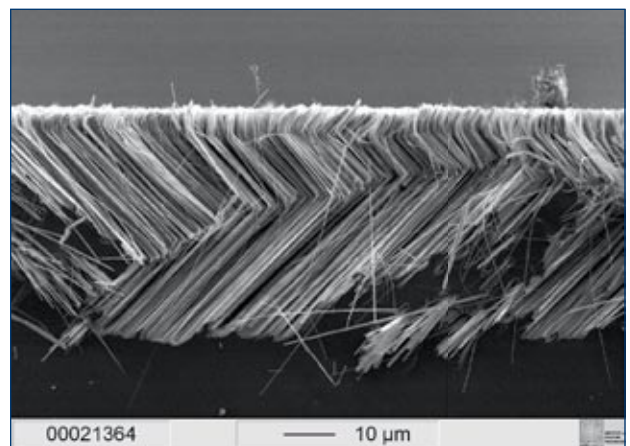


Abb. 5: Geätzte Silicium-Nanodrähte mit Zick-zack-Struktur im rasterelektronenmikroskopischen Querschnitt.

Fig. 5: Silicon nanowires with zig-zag structure etched into a silicon wafer.

homogene Nanodraht-Teppiche zu erzeugen, wobei sowohl dünne multikristalline Schichten auf Glas als auch Siliciumwafer als Ausgangsmaterial verwendet werden können. Beim Ätzen hoch dotierter Siliciumwafer lassen sich bei entsprechender Prozesskontrolle (Ätzchemie, Temperatur, Zeit) Nanodrähte mit Zick-zack-Struktur herstellen (Abb. 5), deren Absorption die der geraden Nanodrähte noch übertrifft. Um die Kosten für die Herstellung der Nanodrahtteppiche aus einkristallinen Siliciumwafern möglichst gering zu halten, müssen die Wafer für die sequenzielle Fertigung einer Vielzahl von Teppichen herangezogen werden. Das kann man durch Einbetten der Nanodrähte in Polymere und anschließendes Abreißen der Strukturen vom Wafer erreichen (Abb. 6).

Solarzellen aus geätzten Nanodrähten von kristallinen Silicium-Dünnschichten auf Glas zeigen Leerlaufspannungen, die zurzeit deutlich über dem Wert von Solarzellen aus gewachsenen Nanodrähten mit 280 mV liegen und einen internationalen Spitzenwert für diesen neuartigen Solarzellentyp darstellen. Ein weiterer Ansatz für Solarzellen auf der Basis von Nanodrähten, den wir verfolgen, sind Hybridzellen aus Halbleiterpolymeren und Silicium-Nanodrähten. Die weitere Entwicklung muss zeigen, welcher der Ansätze hinsichtlich Effizienz und Kosten am günstigsten ist.

Die Forschung zu dieser Thematik wird durch die EU im Verbundprojekt ›Rod-Sol‹ und durch das BMBF im Verbundprojekt ›HyPoSolar‹ gefördert. Bei beiden Projekten ist das IPHT Verbundkoordinator. ●

Research into nanowire solar cells is funded by the EU as part of the collaborative project ›Rod-Sol‹ and by the BMBF as part of the collaborative project ›HyPoSolar‹. Both projects are coordinated by IPHT. ●

Gefördert durch/funded by: EU, BMBF

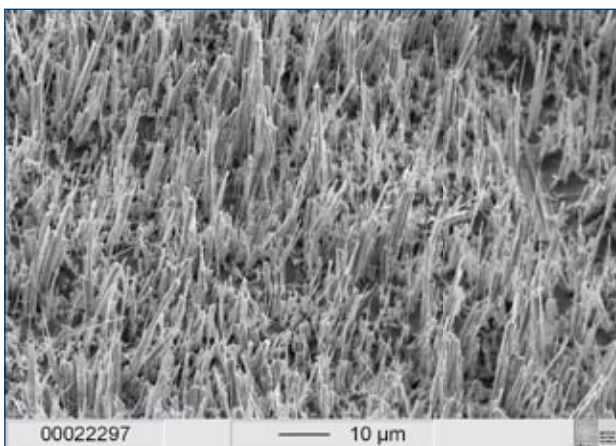


Abb. 6: Geätzte Silicium-Nanodrähte, die in Polydimethylsiloxan eingebettet und von einem Siliciumwafer abgerissen wurden (REM-Aufnahme).

Fig. 6: Etched silicon nanowires which were embedded into polydimethylsiloxane and were detached from the wafer (SEM image).

Möglichkeiten zur Charakterisierung von Dünnschichtsolarzellen

Characterization of Thin Film Solar Cells

G. SARAU, A. BOCHMANN, F. VOIGT, M. BECKER, A. BERGER, S. CHRISTIANSEN

Zurzeit wird in Deutschland weniger als 1 Prozent des Stromes photovoltaisch erzeugt. Soll die vertraglich zugesicherte CO<sub>2</sub>-Minderung eingehalten werden, muss dieser Anteil drastisch steigen. Die Produktion von Solarzellen erhöhte sich in der Vergangenheit um zirka 40 % pro Jahr. Ein Trend, der zukünftig hoffentlich anhalten wird. Voraussetzung ist eine drastische Kostenreduktion bei der Zellherstellung sowie die Erhöhung des Wirkungsgrades.

Zum Erreichen dieser ehrgeizigen Ziele ist eine innovative Materialoptimierung basierend auf fortschrittlicher Materialcharakterisierung kombiniert mit Simulationen erforderlich. Zur Optimierung von Solarzellmaterialien (Wafer und Dünnschicht) arbeiten wir am IPHT mit einer Kombination verschiedener Charakterisierungsmöglichkeiten.

Currently, less than 1 % of the power used in Germany is produced photovoltaically. If the German government wants to commit to the planned reductions in CO<sub>2</sub> emissions, this percentage must be increased dramatically. The production of solar cells rose in the past approximately 40 % a year – a trend that will hopefully continue in the future. However, this will require a rigorous reduction in the cost of cell production and an increase in the efficiency of the solar cells.

Innovative material optimization using progressive material characterization techniques and simulations is essential to achieving these ambitious goals. To optimize solar cell materials (wafers and thin films) at IPHT we use a combination of different characterization methods. This allows us to analyze the actual structure of solar materials that have extensive crystal defects, such as grain boundaries and various types of dislocations. The results then enable us to draw conclusions about local and, in parts, extremely high internal stress as well as the inhomogeneous distribution of dopants. Stress and a high dopant concentration can be determined using  $\mu$ -Raman spectroscopy, the grain boundary population and grain orientation can be ascertained using EBSD, and the electrical activity of the grain boundaries and dislocations can be quantified using EBIC.

A two-beam scanning electron microscope with a focused gallium ion beam is used in the implementation of

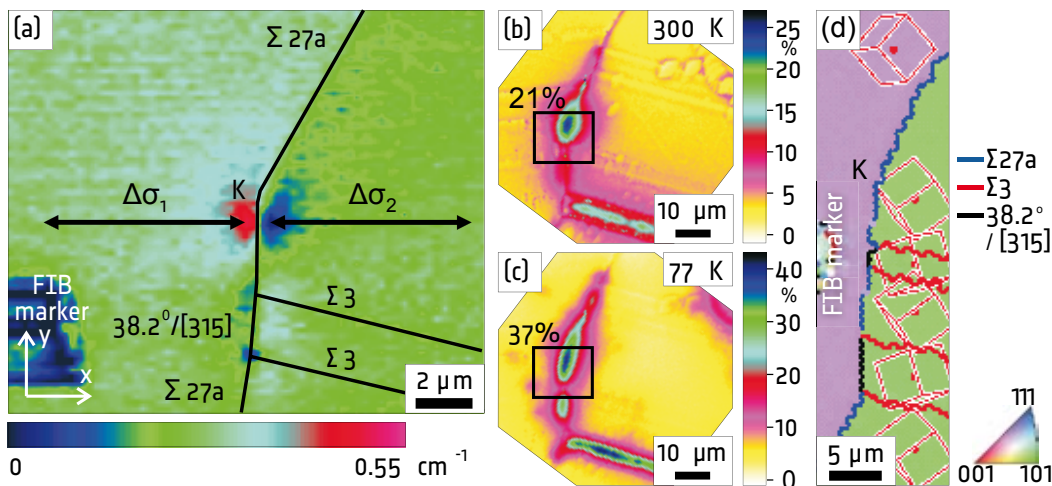
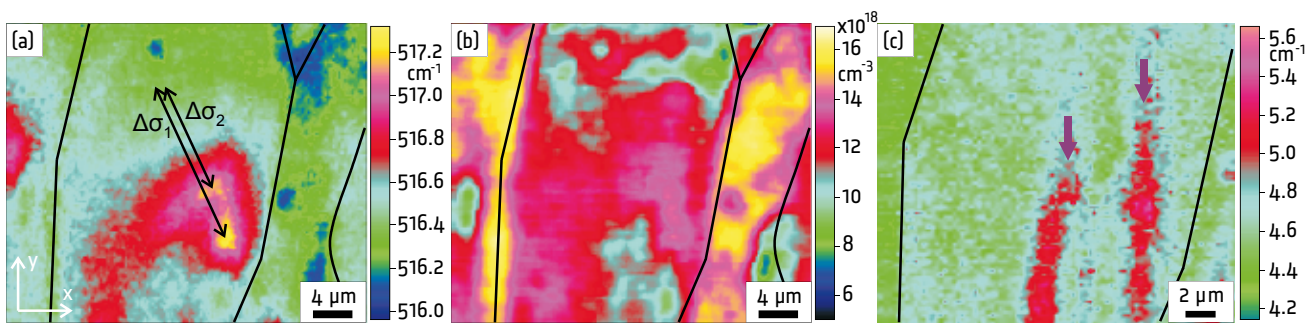


Abb. 1 (a):  $\mu$ -Raman-Messung innerer Spannungen an Korngrenzen (KG) in blockgegossenem mikrokristallinen Silicium:  $\Delta\sigma_1=28\pm 5$  MPa,  $\Delta\sigma_2=25\pm 5$  MPa; (b) und (c): EBIC Kontrastbilder. Das schwarze Viereck zeigt das mit  $\mu$ -Raman vermessene Gebiet (siehe Abb. 1a). (d): EBSD Mapping, welches Kornorientierungen und KG-Typen angibt.

Fig. 1 (a):  $\mu$ -Raman measurement of internal stress at grain boundaries (GBs) in block-cast microcrystalline silicon:  $\Delta\sigma_1=28\pm 5$  MPa,  $\Delta\sigma_2=25\pm 5$  MPa; (b) and (c): EBIC contrast images. The black square shows the area measured using  $\mu$ -Raman (see Fig. 1a). (d): EBSD mapping providing grain orientation and GB types.



So kann die Realstruktur von Solarmaterialien, bestehend aus ausgedehnten Kristalldefekten wie Korngrenzen und Versetzungen unterschiedlicher Typen, untersucht werden. Zudem ermöglichen die Ergebnisse Rückschlüsse auf lokal auftretende, teilweise sehr hohe innere Spannungen und die inhomogene Verteilung von Dotierstoffen. Spannungen und hohe Dotierstoffkonzentrationen können mit der  $\mu$ -Raman-Spektroskopie bestimmt werden, Korngrenzen-Populationen und Kornorientierungen werden mit EBSD ermittelt und elektrische Aktivität von Korngrenzen und Versetzungen werden mit EBIC quantifiziert.

Zur Durchführung von EBSD und EBIC sowie zum Anbringen von Markierungen (auf der Mikro- oder Nanoskala) kommt ein Zweistrahl-Raster-Elektronenmikroskop mit einem fokussierten Galliumionenstrahl zum Einsatz. Die Markierungen sind erforderlich, um an identischer Stelle  $\mu$ -Raman-Spektroskopie zur Vermessung innerer Spannungen und lokal inhomogener Dotierstoffverteilungen sowie Kompositionsuntersuchungen mit der Massenspektrometrie durchführen zu können.

Darüber hinaus ist es möglich, an den vorcharakterisierten und markierten Stellen die Lebensdauer der Ladungsträger zu messen. Der kombinierte Einsatz von EBSD, EBIC und  $\mu$ -Raman-Spektroskopie wird in den Abb. 1a bis 1d aufgezeigt. Mit Hilfe dieser Methoden sind Verknüpfungen von photovoltaischer Aktivität und Kristallausrichtung sowie Defektdichten und inneren Spannungen nachweisbar. Abb. 2 verdeutlicht die Korrelation von Defektpopulation und lokalen Dotierstoffverteilungsinhomogenitäten. Mit der Kombination dieser Verfahren identifizieren wir ungeeignetes Solarzell-Material, das hohe Ladungsträgerrekombination zur Folge hat. Ziel ist es, Herstellungsbedingungen zu identifizieren, die zu einer anteiligen Reduktion rekombinationsaktiven Materials führen. ●

Abb. 2: Vergleich identischer Positionen (a): Messung innerer Spannungen mit  $\mu$ -Raman an ausgewählten KG: Zwei Spannungsgradienten sind dargestellt:

$\Delta\sigma_1=227\pm 12$  MPa,  $\Delta\sigma_2=197\pm 12$  MPa; (b): Mapping der freien Ladungsträgerkonzentration. Die höchsten Dotierstoffkonzentrationen befinden sich nahe der KG (gelb); (c): Full width at half maximum (FWHM) Mapping: gestörte Kristallstruktur (rot) entlang zweier Kleinwinkelkorngrenzen, bestehend aus Versetzungen.

Fig. 2: Comparison of identical positions (a): Measurement of internal stress using  $\mu$ -Raman at selected GBs: two stress gradients are shown:  $\Delta\sigma_1=227\pm 12$  MPa,  $\Delta\sigma_2=197\pm 12$  MPa; (b): Mapping of free charge carrier concentration. The highest dopant concentrations are located near the GBs (yellow); (c): Full width at half maximum (FWHM) mapping: Defective crystal structure (red) along two small-angle GBs consisting of dislocations.

both EBSD and EBIC and to add markings (on the micro-scale or nanoscale). These markings are required to be able to effectively use  $\mu$ -Raman spectroscopy to measure internal stress and local inhomogeneous dopant distribution at identical locations as well as to perform a composition analysis using mass spectrometry.

It is also possible to measure the lifespan of the charge carriers at the precharacterized and marked locations. The combined application of EBSD, EBIC, and  $\mu$ -Raman spectroscopy is shown in Fig. 1a to 1d. With the help of these methods, it is possible to prove a relationship between photovoltaic activity and crystal orientation as well as the occurrence of defects and internal stress. Fig. 2 makes the correlation between the amount of defects and the inhomogeneity of local dopant distribution clear. By combining these methods we are able to identify unsuitable solar cell material that results in a high charge carrier recombination. The goal is to identify manufacturing conditions that lead to a partial reduction of recombination-active materials. ●

## Kristalline Silicium-Dünnschichtsolarzellen

### Crystalline Silicon Thin Film Solar Cells

G. ANDRÄ, A. GAWLIK, E. OSE, I. HÖGER, J. PLENTZ,  
A. BOCHMANN, S. CHRISTIANSEN, F. FALK

Mit der Entwicklung kristalliner Silicium-Dünnschicht-Solarzellen auf Glsträgern wird ein wichtiger Beitrag auf dem Weg zu kostengünstigen und hocheffizienten Zellen aus umweltverträglichem und unbegrenzt verfügbarem Material geleistet.

Im Hinblick auf eine Kostenreduzierung entwickeln wir Zellen auf der Basis von Silicium-Dünnschichten, die mittels Elektronenstrahlbedampfung abgeschieden werden. Mit diesem Verfahren lassen sich signifikant höhere Beschichtungsraten erreichen als mit der herkömmlich eingesetzten PECVD-Technologie. Die Methode verzichtet auf den Einsatz von teuer zu entsorgenden, toxischen Dotiergasen. Das Verfahren kann, ein weiterer Vorteil, in inline-Anlagen eingesetzt werden.

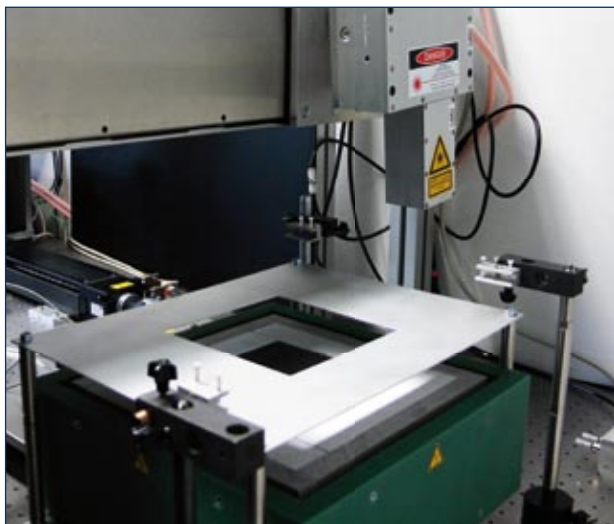


Abb. 1: Anlage zur Laserkristallisation mit einem Hochleistungsdiodenlaser (Wellenlänge 806 nm, 12 mm Linienstrahl).

Fig. 1: Laser crystallization equipment comprising a high power, line-focus diode laser (806 nm wavelength, 12 mm beam).

The development of crystalline silicon thin film solar cells on glass substrates has proven to be a breakthrough in low-cost, high-efficiency solar cells based on environmentally-friendly material not limited by resources.

In order to reduce production costs we developed silicon thin film cells deposited by electron beam evaporation. This method reaches a deposition rate of more than one order of magnitude higher than in conventional PECVD. Moreover, electron beam evaporation can be integrated in an in-line process. Another advantage of this method is that in contrast to PECVD no toxic dopant gases have to be disposed of.

We use a lab electron beam evaporator which allows the deposition of boron or phosphorus-doped, amorphous silicon films on 10x10 cm substrates. Using this novel material our industrial partner CSG reached an efficiency of 7.8 % in 10x10 cm polycrystalline minimodules.

The conventional amorphous or nanocrystalline ( $\mu\text{-Si}$ ) silicon thin film solar cells exhibit an efficiency much lower than wafer cells. To increase the efficiency, we developed multicrystalline silicon thin films with a quality comparable to polycrystalline wafers. These films have crystal grains that are much larger than the film thickness of the cell system. IPHT is the leading group worldwide to use diode lasers in the crystallization of silicon thin film solar cells on glass.

Presently, we are applying a high power, line-focus diode laser with a 12 mm beam (Fig. 1). Our industrial partners are developing line lasers with beams up to 300 mm, with which 1.4 m<sup>2</sup> solar modules can be crystallized within minutes. This technology makes it possible to produce thin silicon layers with grains that exceed 0.1 mm in size (Fig. 2). They are then used as seed layers for the further thin film system. On top of the seed layer we epitaxially grow the solar cell absorbers in order to reproduce the crystal structure of the seed. For this purpose, we developed different processes, making use of laser crystallization or furnace annealing. As an example, Fig. 3 shows a transmission electron micrograph of a crystalline silicon thin film system which was prepared by epitaxial furnace crystallization of an amorphous silicon layer on a seed layer by annealing at 600°C. Using different methods we were able to get crystalline silicon layers 1 to 2  $\mu\text{m}$  thick. The ratio of grain size to layer thickness is similar to that in polycrystalline silicon wafer cells. Therefore, comparable

Die am IPHT befindliche Laboranlage beschichtet Substrate bis 10 cm x 10 cm mit amorphem Silicium und dotiert diese zugleich mit Bor oder Phosphor. Mit diesem bei uns hergestellten, in der Silicium-Photovoltaik neuem Material erzielte der Industriepartner CSG in 10 cm x 10 cm großen polykristallinen Silicium-Minimodulen ein Wirkungsgrad von 7,8 %.

Herkömmlich produzierte Dünnschichtsolarzellen aus amorphem oder nanokristallinem ( $\mu\text{-Si}$ ) Silicium zeigen im Vergleich zu Waferzellen relativ geringe Wirkungsgrade. Zur Effizienzsteigerung entwickeln wir kristallines Silicium-Dünnschichtmaterial mit einer Qualität, die mit der von multikristallinen Siliciumwafern vergleichbar ist. Die Basis dafür sind Schichten mit Kristalliten, die deutlich größer sind als die Schichtdicke des Zellsystems. Zur Kristallisation kommen zum einen Laser und zum anderen Öfen zum Einsatz. Das IPHT ist weltweit Vorreiter auf dem Gebiet der Kristallisation von Silicium-Dünnschichtsolarzellen auf Glas mit einem Diodenlaser.

Im Labor kommt ein Hochleistungsdiodenlaser mit 12 mm Linienstrahl zum Einsatz (Abb. 1). Derzeit entwickeln Industriepartner Laser mit bis zu 300 mm langen Linienstrahlen, mit denen Schichten auf üblichen Modulflächen von 1,4 m<sup>2</sup> in wenigen Minuten kristallisiert werden können. Die Technologie ermöglicht Korngrößen von über 0,1 mm in einer dünnen Siliciumschicht (Abb. 2). Auf dieser Keimschicht wachsen wir epitaktisch das weitere Zellschichtsystem auf. Abb. 3 zeigt ein Silicium-Schichtsystem, das durch epitaktische Kristallisation einer amorphen Siliciumschicht auf einer Keimschicht bei 600°C hergestellt wurde. Mit den verschiedenen Verfahren haben wir kristalline Schichten von 1 bis 2  $\mu\text{m}$  Dicke erzeugt. In diesen Schichten ist das Verhältnis von Korngröße zu Materialdicke vergleichbar mit dem in polykristallinen Silicium-Waferzellen. Vergleichbare Wirkungsgrade sind somit zu erwarten, wobei die Herstellungskosten deutlich geringer sein werden. In komplett laserkristallisierten Dünnschichtzellen haben wir eine Leerlaufspannung von 514 mV erreicht, was für diesen Zelltyp weltweit der Spitzenwert ist. ●

cell efficiencies are expected at much lower production costs. In cells that have been completely laser crystallized an open circuit voltage of 514 mV was reached, which is a world record for these types of cells. ●

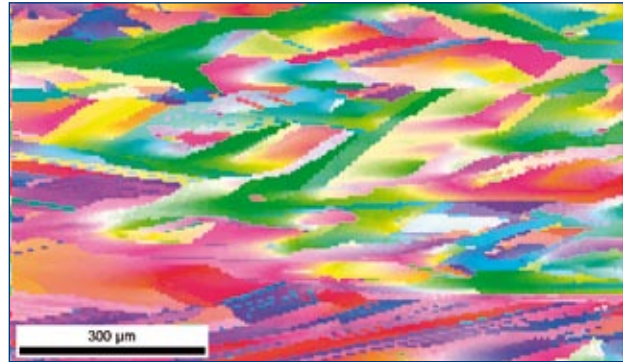


Abb. 2: EBSD-Aufnahme einer mit dem Diodenlaser von Abb. 1 kristallisierten Silicium-Dünnschicht auf Glas für Solarzellen.

Fig. 2: EBSD map of a silicon thin film on glass crystallized with the diode laser from Fig. 1.

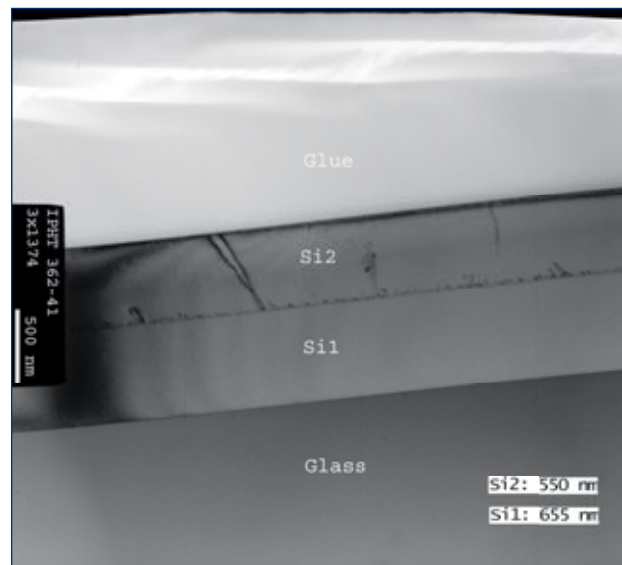
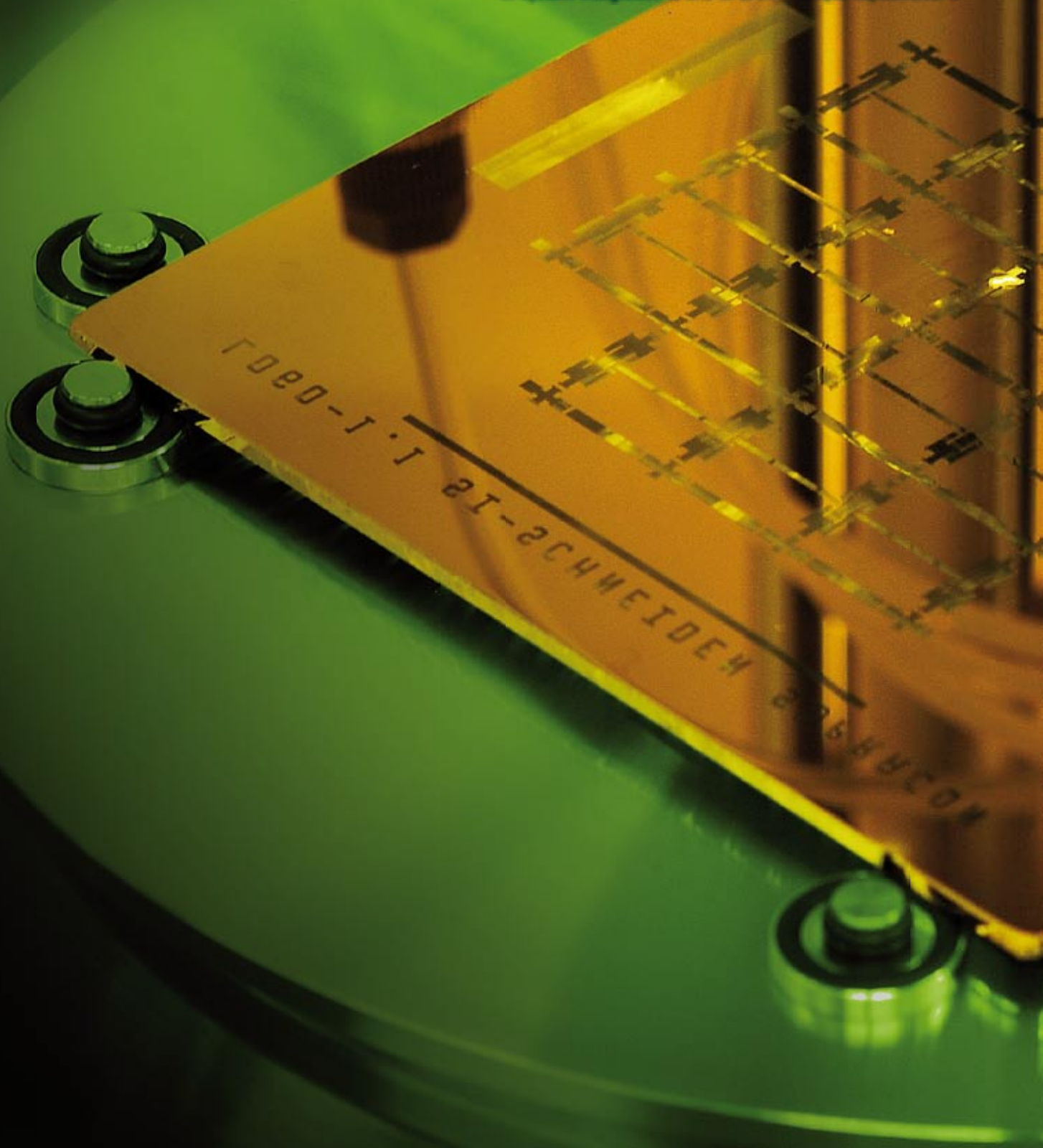


Abb. 3: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme (MFA Budapest) eines Schichtsystems aus Epitaxieschicht (kristallisiert im Ofen bei 600°C, Si2) auf einer mit dem Laser kristallisierten Keimschicht (Si1) auf Glas

Fig. 3: Transmission electron microscopic image (MFA Budapest) of a thin film system consisting of a laser crystallized seed (Si1) and furnace annealed, epitaxially grown silicon layer (crystallized at 600°C, Si2) on glass

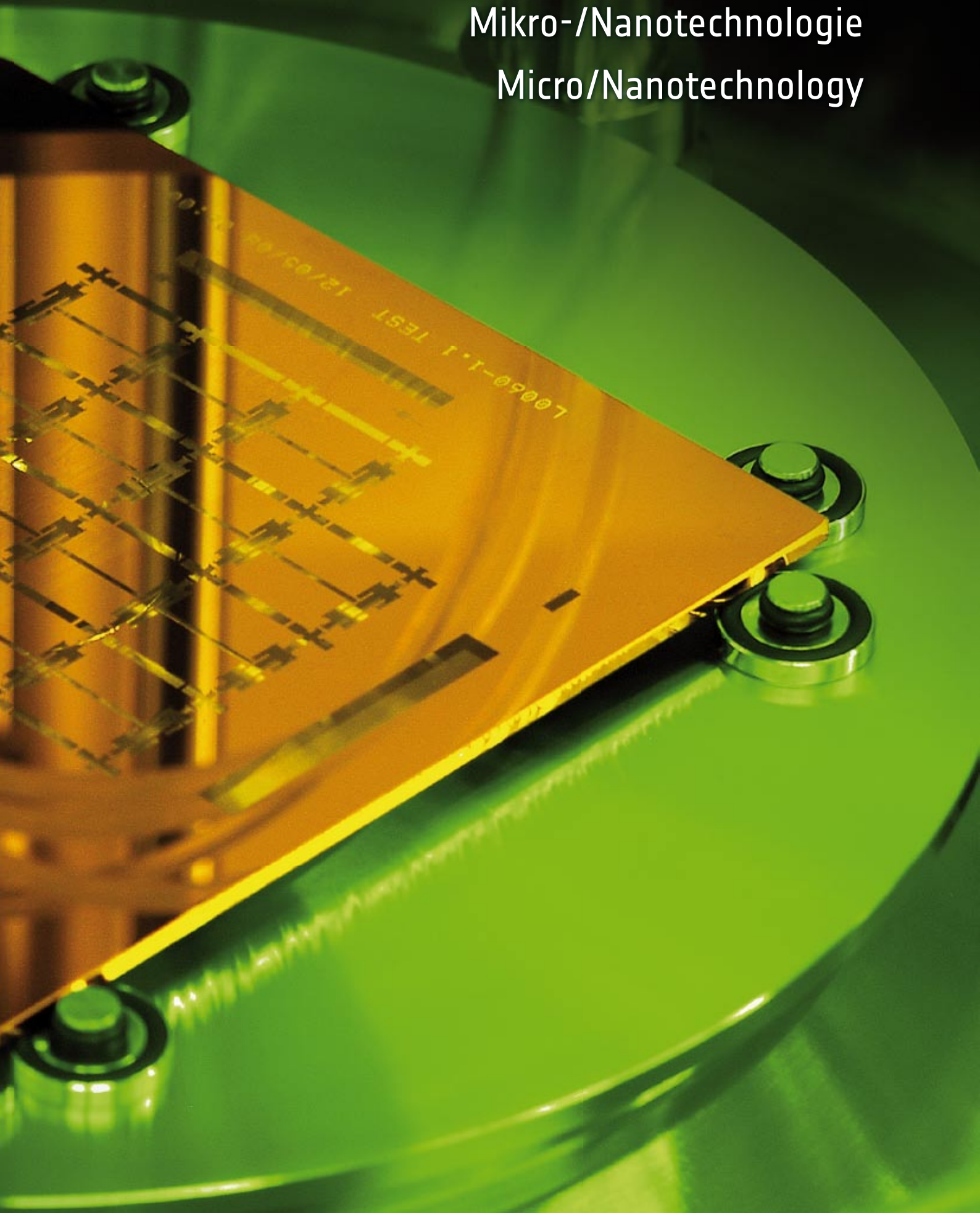
Die Mikro- und Nanotechnologien bilden das technologische Innovationszentrum des IPHT. Mit modernsten Lithographietechniken und Methoden der Selbstorganisation werden komplexe funktionelle Mikro- und Nanostrukturen für Detektoren, plasmonische Strukturen und photonische Systeme entwickelt und hergestellt. Die Kombination von Dünnschichttechnologie, Nanolithographie und Mikrosystemtechnik ist eine Besonderheit des IPHT. ●

Photonic systems offer an extremely wide field of application due to the variety of applicable spectral ranges available. The technological research and work performed at IPHT targets the development of sensors (and their integration into systems) that detect photons directly in a wide frequency spectrum or use them to measure dependent physical variables. The combination of state-of-the-art micro and nanotechnology with comprehensive competency in system integration is one of IPHT's unique capabilities. ●





Mikro-/Nanotechnologie  
Micro/Nanotechnology



**Geordnetes Wachstum und optische Eigenschaften von Silicium-Nanodrähten**

*Controlled Growth and Optical Properties of Silicon Nanowires*

B. HOFFMANN, G. BRÖNSTRUP,  
U. HÜBNER, S. CHRISTIANSEN

**Silicium-Nanodrähte:  
Die Zukunft (nicht nur) der Halbleiterindustrie**

Silicium [Si]-Nanodrähte sind extrem dünne Drähte aus dem am weitesten verbreiteten Halbleiter der Welt. Silicium ist heute nicht nur der Grundstoff eines jeden PCs, sondern auch der gesamten Elektronik mit all ihren Anwendungen. Allerdings stößt die konventionelle Si-Industrie in absehbarer Zeit an ihre Grenzen. Einen weiteren Meilenstein in der Erfolgsgeschichte des Siliciums werden die Si-Nanodrähte bilden, da sie aufgrund ihrer extrem kleinen Durchmesser völlig neue Eigenschaften zeigen. Um eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie groß Si-Nanodrähte sind, stelle man sich vor, dass ein menschliches Haar so dick wie der Kühlturm eines Atomkraftwerkes wäre. In diesem Maßstab wäre ein Si-Nanodraht so dick wie ein menschliches Haar. Wegen dieser extremen Ausdehnungen beginnen Quanteneffekte eine Rolle zu spielen, die nicht nur die elektronischen Eigenschaften von Si-Nanodrähten gegenüber klassischem Silicium stark verbessern. Auch das seit langem ersehnte ›Labor auf einem Chip‹ rückt in erreichbare Nähe. Natürlich werden auch die optischen Eigenschaften der Drähte durch ihre Dimensionen vorgegeben und ermöglichen so völlig neue Anwendungen.

In der Abteilung ›Halbleiter-Nanostrukturen‹ und im Forschungsschwerpunkt ›Mikro- und Nanotechnologie‹ werden die grundlegenden Arbeiten für zukünftige Anwendungen von Si-Nanodrähten in Photovoltaik und Sensorik durchgeführt.

**Silicon Nanowires:**

**The Future of (Not Only) the Semiconductor Industry**

Silicon (Si) nanowires are extremely thin wires made of the most common semiconductor in the world. Silicon is the base material not only of all PCs but of all electronics and their applications in general. However, the conventional Si industry will reach its limits in the foreseeable future. Another milestone in the success story of silicon will be Si nanowires, since they exhibit completely new properties due to their extremely small diameter. To gain an understanding of how small Si nanowires are, one has to imagine a human hair with a diameter the size of a cooling tower of an atomic power plant. On this scale a Si nanowire would be as thick as a human hair. Because of these extremely small dimensions quantum effects start to play a role which significantly improve the electronic properties of Si nanowires compared to classic silicon. Also, scientists

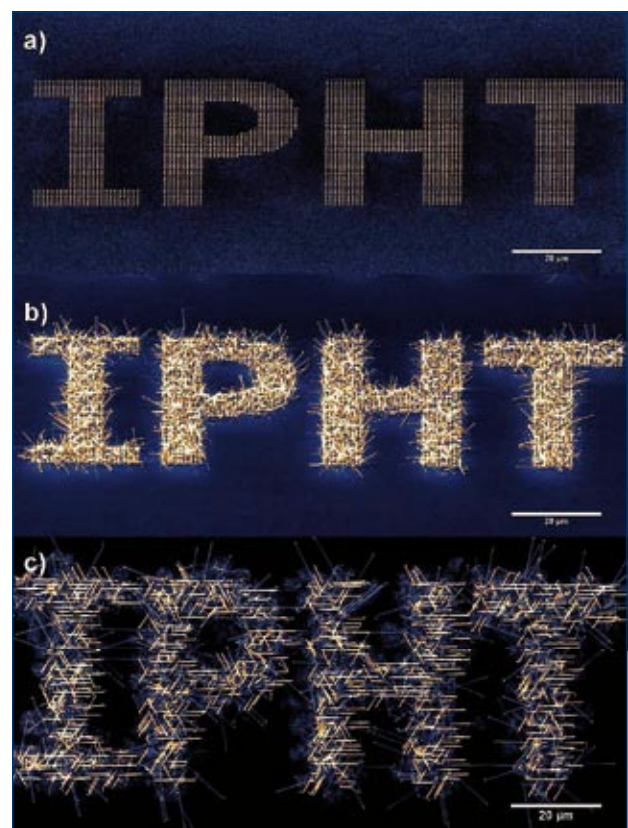


Abb. 1: (a) Der Schriftzug IPHT aus Goldpunkten. (b) nicht-epitaktisches Wachstum von Si-Nanodrähten auf Si-Substraten. (c) epitaktisches Wachstum in <112>-Richtungen auf einem Si(111)-Substrat. Die Skalierungsstriche zeigen 20 µm.  
Fig. 1: (a) The IPHT logo formed by gold dots. (b) Non-epitaxial growth of Si nanowires on Si substrates. (c) Epitaxial growth in <112> directions on an Si(111) substrate. The scale markers measure 20 µm.

### Regelmäßige Nanodraht-Arrays für neuartige photonische Anwendungen

Um Si-Nanodrähte mit definierten elektronischen und optischen Eigenschaften zu erhalten, muss man ihre Wachstumsrichtung, den Durchmesser, die Länge und die Position kontrollieren können. Mit Hilfe der Elektronenstrahlolithographie werden regelmäßige Anordnungen aus Goldpunkten erzeugt, die einen Durchmesser von 80–300 nm und einen Abstand von 500 nm–10 µm besitzen. Diese Goldpunkte wirken als Katalysatoren für das vapour-liquid-solid (VLS)-Wachstum von Nanodrähten. Durch die Verwendung von Silan ist es möglich, Substrate zu benutzen, die für höhere Temperaturen während der chemischen Gasphasenabscheidung (engl.: *Chemical Vapor Deposition* – CVD) nicht geeignet sind. Wir sind in der Lage, beliebige Anordnungen von Nanodrähten wachsen zu lassen, wie Abb. 1 zeigt, in der der IPHT-Schriftzug aus solchen Drähten nachgebildet wurde. Das epitaktische Wachstum (Abb. 1c) ist in solcher Qualität unter Verwendung von Silan als Precursor bisher unerreicht.

Eine weitere Anwendung dieses VLS-Verfahrens ist die Herstellung von Unterlagen für die oberflächenverstärkte Ramanspektroskopie (engl.: *Surface Enhanced Raman Spectroscopy* – SERS). Hier ist das Ziel, einkristalline Goldpunkte mit kleinem Durchmesser herzustellen. Dies ist mit etablierten Techniken allerdings nicht möglich. Nutzt man jedoch das VLS-Verfahren geschickt, so erhält man nach Erhitzen des Goldpunktes ein einkristallines Erstarrungsprodukt. Diese Einkristallinität wurde durch Orientierungsanalyse (engl.: *Electron Backscattered Diffraction* – EBSD) in einem hochauflösenden Elektronenstrahlmikroskop mit angebautem EBSD-Detektor nachgewiesen (Abb. 2). Die exakte Kontrolle über die Größe dieser einkristallinen Goldpunkte ist grundlegend für viele Anwendungsmöglichkeiten.

are one step closer to completing the long-awaited ›lab on a chip.‹ The optical properties of these wires depend, of course, on their dimensions and thus open up completely new application possibilities.

The basic research for future applications of Si nanowires in photovoltaics and sensors is carried out in the ›Semiconductor Nanostructures‹ department and is the main focus of research in micro and nanotechnology.

### Periodic Nanowire Arrays for Novel Photonic Applications

To obtain Si nanowires with defined electronic and optical properties it is necessary to control their direction of growth, their diameter, their length, and their position. With the help of electron beam lithography periodic arrangements of gold dots are created that have a diameter of 80–300 nm and are spaced 500 nm–10 µm apart. These gold dots act as catalysts for the vapor-liquid-solid (VLS) growth of nanowires. By using silane it becomes possible to use substrates that are normally unsuitable for higher temperatures during chemical vapor deposition (CVD). We are able to grow nanowires in any arbitrary arrangement, as can be seen in Fig. 1 where the IPHT logo was modeled from such wires. Epitaxial growth of such quality (see Fig. 1c), while using silane as the precursor, is currently unrivalled.

Another application of the VLS process is the production of substrates for Surface Enhanced Raman Spectroscopy (SERS). The goal here is the production of monocrystalline gold dots of a small diameter, which is not possible with established techniques. Clever use of the VLS process, however, yields a monocrystalline solidification product after the gold dot has been melted. This monocrystallinity has been confirmed by electron backscatter diffraction

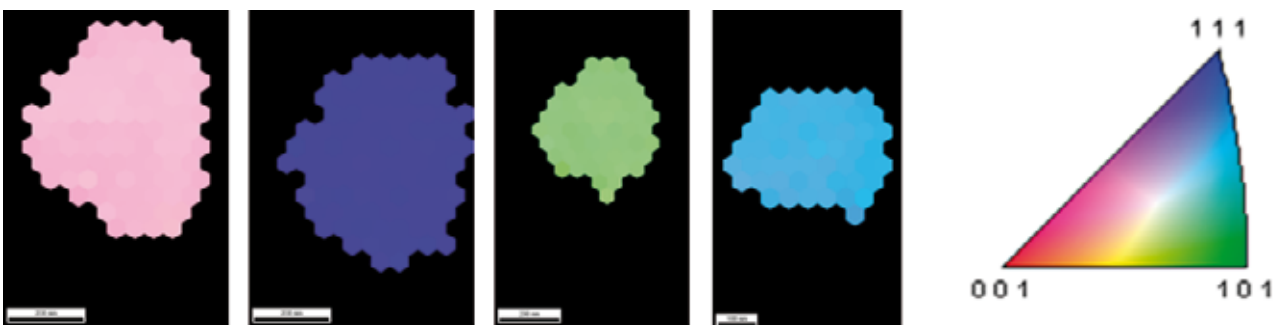


Abb. 2: EBSD-Messungen an einzelnen Goldpunkten zur Bestimmung der Einkristallinität. Alle Skalierungsstriche sind 200 nm lang.

Fig. 2: EBSD measurements on individual gold dots to determine monocrystallinity. All scale markers measure 200 nm.

**Absorption von einzelnen Silicium-Nanodrähten**

Wie gut ein einzelner Si-Nanodraht Licht absorbieren kann, wird am besten durch die Absorptionseffizienz  $Q_{abs}$  angegeben.  $Q_{abs}$  ist definiert als der Quotient aus Absorptionsquerschnitt und der beleuchteten geometrischen Fläche. In der klassischen Strahlenoptik ist  $Q_{abs}$  auf Werte zwischen 0 % und 100 % beschränkt. 100 % entsprechen dabei einer perfekten Absorption.

Aufgrund der Nanostruktur der Si-Drähte und der Wellennatur des Lichtes können die Absorptionseffizienzen 100 % deutlich überschreiten. In den hier berechneten Beispielen (Abb. 3) werden Absorptionseffizienzen von über 440 % erreicht.

Da die Absorptionseffizienzen stark von der Wellenlänge des Lichtes abhängen, wird es insbesondere möglich

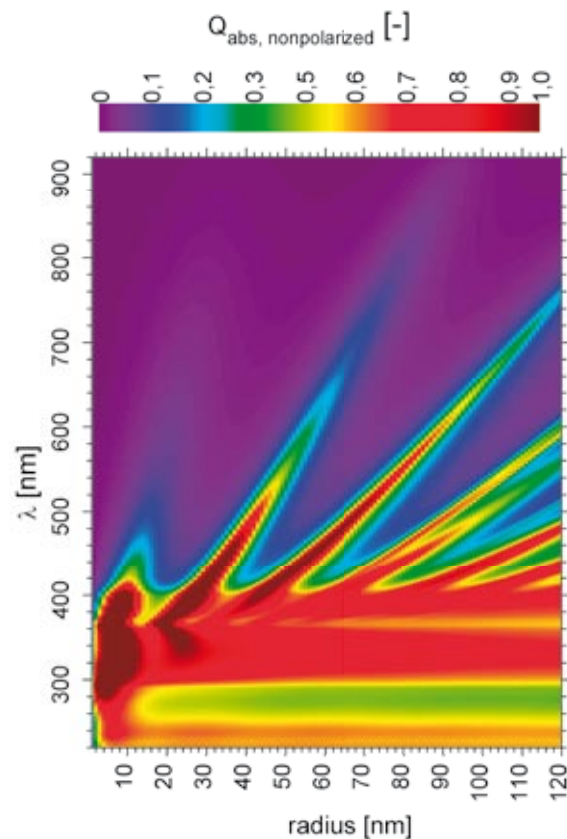


Abb. 3: Absorptionseffizienzen  $Q_{abs}$  von einzelnen Si-Nanodrähten für unpolarisiertes Licht und Lichteinfall senkrecht zum Nanodraht, für die dunkelroten Bereiche gilt  $Q_{abs} \geq 100\%$

Fig. 3: Absorption efficiencies  $Q_{abs}$  of single Si nanowires for unpolarized light and an angle of incidence perpendicular to the nanowire, for the dark red areas applies  $Q_{abs} \geq 100\%$

(EBSD) orientation analysis inside a high resolution electron beam microscope with attached EBSD detector (Fig. 2). A precise control over the size of these monocrystalline gold dots is the basis for many application possibilities.

**Absorption of Single Silicon Nanowires**

How well a single Si nanowire absorbs light is best stated in absorption efficiencies  $Q_{abs}$ .  $Q_{abs}$  is defined as the absorption cross-section divided by the illuminated area. In classic geometric optics  $Q_{abs}$  is limited to values between 0 % and 100 %, where 100 % corresponds to a perfect absorption.

Due to the nanostructure of Si wires and the wave character of light, absorption efficiencies can exceed the 100 % mark significantly. In the examples that were cal-

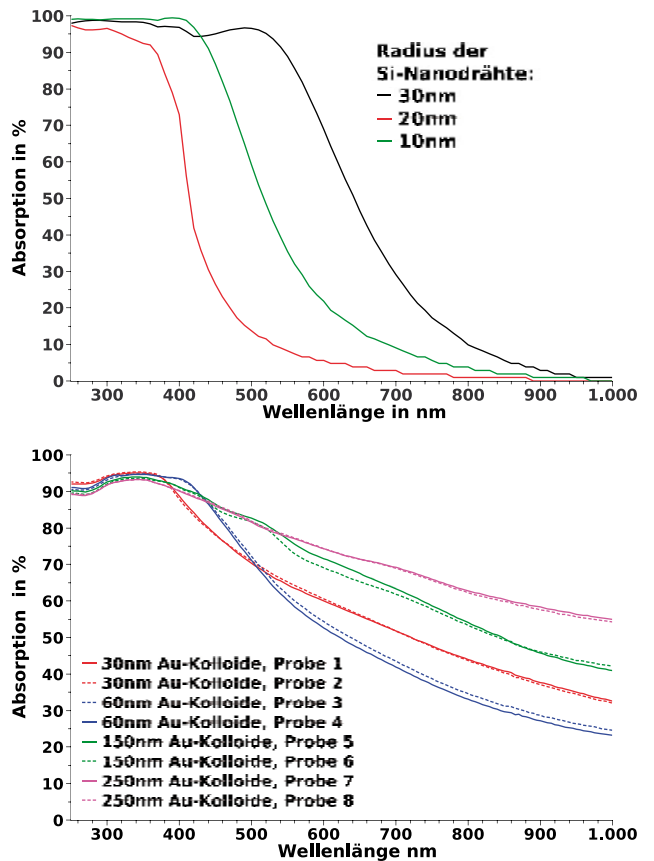


Abb. 4: (a) Berechnete Absorption von Silicium-Nanodrahtteppichen (b) Gemessene Absorption von Silicium-Nanodrahtteppichen, welche mit verschiedenen Gold-Kolloiden katalysiert wurden.

Fig. 4: (a) Calculated absorption of Si nanowire carpets (b) Measured absorption of Si nanowire carpets, catalyzed with different gold colloids.

sein, reine Si-Komponenten genau für die gewünschten Wellenlängen sensitiv zu konstruieren. Mit konventioneller Technologie wäre etwas Vergleichbares nur durch die Kombination verschiedenster Materialien möglich.

### Absorption von Silicium-Nanodrahtschichten

Aufgrund ihrer herausragenden optischen und elektrischen Eigenschaften sind Si-Nanodrähte optimale Bausteine für höchst effiziente Solarzellen. Diese können potentiell auch sehr günstig sein, da nur sehr wenig Si verwendet werden muss.

Deshalb wurde am IPHT untersucht, wie sich der Einfluss des Durchmessers (und damit des Materialeinsatzes) auf die Absorption von dünnen Si-Nanodrahtschichten auf Glas auswirkt.

Zur groben Abschätzung der Absorption von Teppichen aus Si-Nanodrähten wurde ein statistisches Modell verwendet, aufbauend auf den oben beschriebenen Absorptionswahrscheinlichkeiten. Diese einfachen Abschätzungen zeigen eine hohe Absorption für Teppiche aus sehr dünnen Si-Nanodrähten. Es wird der Trend erkennbar, dass die Durchmesser nicht zu klein sein dürfen, wenn man das gesamte sichtbare Spektrum zur Absorption nutzen will (Abb. 4a).

Die experimentelle Überprüfung mit Teppichen aus Si-Nanodrähten auf Glas zeigte, dass der Trend bestätigt werden konnte, dass ein bestimmter, wenn auch sehr kleiner (einige 100 nm), Mindestdurchmesser der Nanodrähte nötig ist, um das sichtbare Licht effektiv zu absorbieren (Abb. 4b). ●

culated (Fig. 3) absorption efficiencies of more than 440 % were achieved.

Since the absorption efficiencies strongly depend on the wavelength of the light, it will be especially possible to design pure Si components sensitive to the required wavelengths. Using conventional techniques something similar would have only been possible using a multitude of different materials.

### Absorption of Layers of Silicon Nanowires

Due to their outstanding optical and electrical properties Si nanowires are the optimal building blocks for highly efficient solar cells. In addition, these cells can potentially be very cost efficient since only very little Si is used. IPHT, therefore, researched how the diameter (and hence the material usage) influences the absorption of thin layers of Si nanowires on glass.

To roughly estimate the absorption of Si nanowire carpets a statistical model based on the absorption probabilities described above was used. These simple estimates show a high absorption for carpets of very thin Si nanowires. The trend has shown that the diameters may not be too small if the entire visible spectrum is to be used for absorption (Fig. 4a).

The experimental verification with Si nanowire carpets on glass confirmed the trend that a certain, albeit small (several 100 nm), minimum diameter is necessary for the nanowires in order to absorb the visible light effectively (Fig. 4b). ●

**Plasmonische Metall-Nanostrukturen für ultrasensitive Analytik**

**Plasmonic Metallic Nano-structures for Hyper-sensitive Analytiks**

D. CIALLA, U. HÜBNER, H. SCHNEIDEWIND, M. ZEISBERGER, R. MATTHEIS, R. MÖLLER, J. POPP

Die oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie (*Surface-enhanced Raman scattering* = SERS) als bioanalytische Methode mit hoher Sensitivität benötigt reproduzierbare Substrate für die Routineanalytik. Am IPHT ist es gelungen, SERS-Arrays für spezifische Anwendungen gezielt herzustellen.

Die SERS-Substrate aus periodisch angeordneten Gold-Strukturen mit Einzelgrößen im sub- $\mu\text{m}$ -Bereich werden durch Elektronenstrahlolithografie und Ionenstrahlätzen erzeugt. Die Filme wurden vor der Strukturierung getempert. Die Beeinflussung der Mikrostruktur bewirkt eine Optimierung der optischen Konstanten und damit des plasmonischen Verhaltens. Strukturform und -größe werden durch Simulationen definiert und mittels Transmissionsmessungen überprüft.

Kristallviolett dient als Modellanalyt, das als homogene Monolage aus einer wässrigen Lösung eingetrocknet wird. Die Messung der SERS-Spektren erfolgte mit einem handelsüblichen Mikro-Raman-Spektrometer. Abb. 1 zeigt die Verteilung der SERS-Verstärkung auf zwei unterschiedlichen Arrays. Sie liegt über 10.000 und weist eine sehr gute Homogenität auf.

Mit diesen Arrays sind SERS-Messungen einfacher Modellmoleküle möglich. Zum Beispiel beim Nachweis unerlaubter Substanzen in Lebensmitteln können die Substrate zum Einsatz kommen. Die Strukturen sind für die jeweilige analytische Aufgabe und die Messwellenlänge maßgeschneidert. ●

As a bioanalytical method, surface-enhanced Raman spectroscopy (SERS) offers a high sensitivity together with molecular specificity. The application of this technique in routine diagnostics requires reproducible substrates. IPHT successfully produced SERS arrays specifically designed for use in certain applications.

Our in-house SERS active substrates consisting of periodically arranged sub-micron sized structures are prepared by e-beam lithography and ion beam etching. The Au thin films used are annealed prior to patterning in order to adjust the optical constants and ultimately optimize the plasmonic behavior. The size and shape of our structures are predetermined through numerical simulations and validated by means of transmission spectra measurements.

We use crystal violet as a model analyte, which is dried from an aqueous solution in order to form a monolayer on the SERS array. The SERS spectra were measured using a commercial micro-Raman spectrometer. Fig. 1 shows the distribution of SERS enhancement on two different arrays. It exceeds  $10^4$  and exhibits a very good homogeneity.

With these arrays we are able to measure SERS spectra of simple model analytes. Using our numerical simulations we can determine technological presets for the preparation of SERS active arrays with enhancement properties tailored to special analytical problems (e.g., the detection of illicit ingredients in foods) at defined wavelengths of measurement. ●

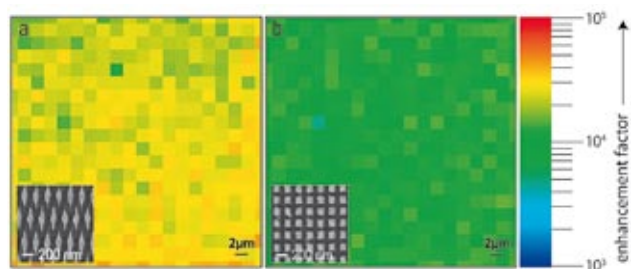


Abb. 1: Laterale Verteilung des SERS-Verstärkungsfaktors auf Arrays von Au-Nanorhomben (a) bzw. Au-Nanoquadraten (b). REM-Inset: Strukturen in 10-facher Vergrößerung gegenüber der gemessenen Verteilung.

Fig. 1: Lateral distribution of the SERS enhancement factor on Au nano-rhomb (a) or Au nano-square (b) arrays, respectively. SEM-inset: nanostructures with a 10-fold magnification compared to the distribution image.

## Technologiekonzeption Mikrofluidische Labor-Disk

### Technology Workflow Microfluidic Laboratory Disk

G. MAYER, W. FRITZSCHE, T. HENKEL

Optische Messeinrichtungen mit integriertem Mikrofluidik-Chip ermöglichen den Zugang zu kompakten photonischen Analysesystemen für kleinste Probemengen und Objekte. Die effiziente Umsetzung der vom Anwender vorgegebenen Verfahrensabläufe in Lab-on-a-Chip-Bauelementen ist ein zentraler Aufgabenschwerpunkt in der Mikrosystemtechnologie und der Mikrofluidik. Hierfür werden mikrofluidische Funktionsstrukturen entwickelt und mit Verfahren der Mikro-Hochgeschwindigkeits-Strömungsanalyse charakterisiert. Ein weiteres zentrales Anliegen besteht darin, Forschern maßgeschneiderte Chipsysteme für die Bearbeitung ihrer wissenschaftlichen Fragestellungen bereitzustellen. Den sich daraus ergebenden Anforderungen an eine effiziente Lab-on-a-Chip-Entwicklung bis hin zur Bereitstellung der Bauelemente als Einwegartikel wird am IPHT Rechnung getragen. Innerhalb der letzten Jahre gelang es schrittweise, die wissenschaftliche und technische Infrastruktur für den kompletten Workflow der Lab-on-a-Chip-Entwicklung zu etablieren. Erste Bauelemente sind als Disposables im Einsatz. Gegenwärtig wird die Nutzung des Microfluidic Laboratory Disk (MLD) Formates als Lab-on-a-Chip-Plattform vorbereitet. Basisformat der MLD ist die CD-ROM. Anstelle der digitalen Daten enthält die Disk mikrofluidische Funktionsstrukturen. Für die Herstellung werden etablierte Dienstleister der CD-ROM-Massenfertigung eingebunden. ●

Gefördert durch/funded by: Freistaat Thüringen, BMBF, EFRE, EU

Optical detection units with integrated microfluidic chip systems allow access to compact photonic analysis systems in order to measure extremely small samples and objects. The efficient implementation of user-defined analytical and microchemical protocols in lab-on-a-chip devices is thus the main focus of research in microsystems technology and microfluidics. Microfluidic functional structures are currently being developed and implemented using high-speed microflow analysis methods. Another fundamental focus of microfluidics research is the development of customized chip systems for use in the study of specific scientific problems and questions. IPHT accommodates this need for customized systems from the development of efficient lab-on-a-chip devices all the way to the provision of disposable components. Gradually over the past few years, IPHT has successfully established the complete workflow infrastructure necessary for the scientific and technical development of lab-on-a-chip devices. In fact, the first disposable components have already been in use. The present focus is on the preparation of the microfluidic laboratory disk (MLD) as the new standard format for lab-on-a-chip devices. The basis of the MLD format is the CD-ROM, which instead of digital data contains microfluidic flow structures. Existing service providers working in CD-ROM mass production are involved in the project. ●



Abb. 1: Prozessablauf.

Fig. 1: Workflow chart.

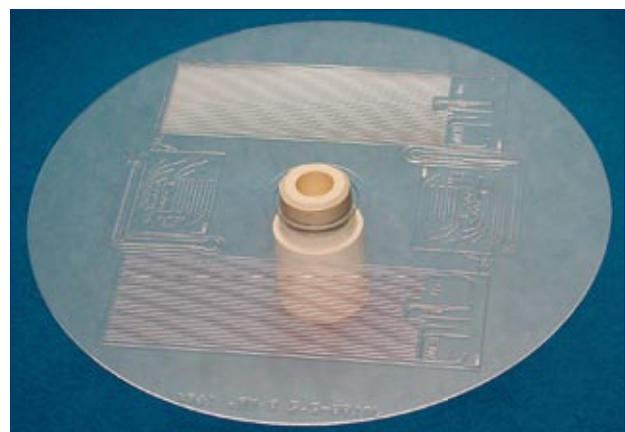


Abb. 2: Einweg-Lab-on-a-chip-System auf einer CD.

Fig. 2: Disposable lab-on-a-chip devices on a CD.

**Metamaterialien:  
Materialien mit negativer Brechzahl**

**Metamaterials:  
Materials with a Negative Refractive Index**

U. HÜBNER, H. ROTH, B. STEINBACH,  
R. HÄHLE, S. ANDERS

Das IPHT arbeitet zusammen mit dem Institut für Angewandte Physik der Universität Jena und dem Fraunhofer-IOF Jena innerhalb des CoOptics-Projekts ›MeMa‹ an künstlichen optischen Materialien, den so genannten Metamaterialien. Dabei handelt es sich um nanolithographisch hergestellte Oberflächen mit metallischen Strukturelementen, deren Einheitszellen kleiner als die Beleuchtungswellenlänge sind. Plasmonische Wechselwirkungen bewirken, dass die Durchlässigkeit für elektrische und magnetische Felder (Permittivität  $\epsilon_r$  und Permeabilität  $\mu_r$ ) Werte aufweisen, die in der Natur üblicherweise nicht vorkommen. Mit der Designfreiheit für  $\epsilon_r$  und  $\mu_r$  ist damit unter anderem die Möglichkeit gegeben, Materialien mit reellen Brechzahlen im Bereich kleiner 1 und insbesondere kleiner 0 (negative Brechzahl) zu entwickeln.

An Proben, deren Design auf der so genannten *cut-wire*-Geometrie beruht, wurde bei einer Wellenlänge von 2,1  $\mu\text{m}$  eine Brechzahl von  $n = -0,65 + 1,6i$  ermittelt. Die auf Quarzsubstraten aufgebrauchten Gold-Gitter mit Perioden von 250 nm wurden dabei durch eine dünne MgO-Schicht vertikal voneinander getrennt angeordnet. Die Proben wurden in einem zweistufigen Prozess elektronenstrahlolithographisch und mittels Lift-Off-Technik hergestellt. Herauszuheben ist dabei die erzielte und sich über mehrere Quadratmillimeter erstreckende sehr hohe Überdeckungsgenauigkeit beider Ebenen zueinander. Diese Technologie ermöglicht damit für kommende mehrlagige Metamaterialsysteme die notwendige Designfreiheit für jede einzelne Ebene. ●

IPHT cooperates with the Institute of Applied Physics at the Friedrich Schiller University of Jena as part of the CoOptics project ›MeMa‹ led by Prof. Pertsch and the Fraunhofer IOF in Jena on artificial materials with optical properties, so-called metamaterials. Metamaterials are micro-lithographically engineered metallic sub-wavelength gratings that are designed to interact with optical frequencies in the mid-infrared range. Plasmonic interactions produce penetrability values for electric and magnetic fields (permittivity  $\epsilon_r$  and permeability  $\mu_r$ ) that do not generally occur in nature. The freedom of design of  $\epsilon_r$  and  $\mu_r$  makes it possible to develop, among other things, materials with real refractive indices in the region of less than 1 and, in particular, less than 0 (negative refractive index).

In samples with a so-called *cut-wire* geometric design a refractive index of  $n = -0.65 + 1.6i$  was observed at a wavelength of 2.1  $\mu\text{m}$ . This cut-wire geometry consists of two identical gold gratings that are applied to a quartz substrate and are separated vertically by a thin 40 nm MgO spacer. The samples were produced using an aligned double-layer e-beam exposure system and a lift-off technique. The benefit of this technology is that each layer of the design can be adjusted individually, resulting in a very precise overlap of both layers across several square millimeters. This is a simple planar technology designed to build quasi 3D metamaterials layer by layer. ●

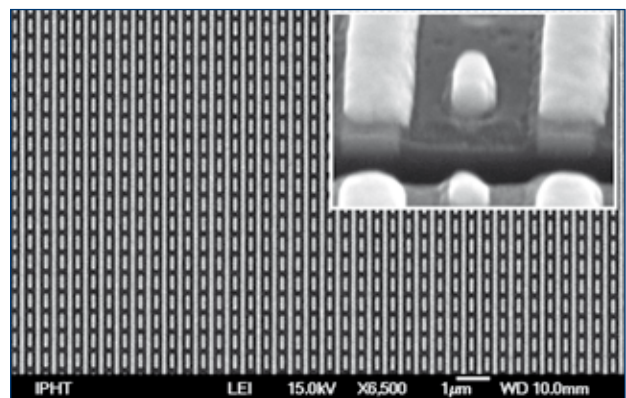


Abb. 1: Zweilagiges Metamaterial in cut-wire-Geometrie (das innere Bild zeigt einen FIB-Schnitt der beiden vertikal voneinander getrennten Goldgitter).

Fig. 1: SEM micrograph of the microfabricated double-layer ›cut-wire‹ metamaterial (inset: cross-sectional FIB image of both gold gratings separated vertically from each other).



## Herstellung von Josephson-Kontakten im Submikrometerbereich

### Production of Sub-micrometer-sized Josephson Junctions

S. ANDERS, M. SCHMELZ, L. FRITZSCH, R. STOLZ

Für das hochempfindliche Auslesen von Bolometerarrays, wie sie für die THz-Sicherheitskamera am Institut in Entwicklung sind, werden SQUIDs (*Superconducting Quantum Interference Devices*) verwendet. SQUIDs mit sehr kleinen Josephson-Tunnelkontakten versprechen eine wesentliche Steigerung der Empfindlichkeit, was zudem auch günstig für Anwendungen in der geologischen Prospektion ist. An Technologien für die erforderlichen Submikrometerkontakte wird seit einigen Jahren weltweit mit unterschiedlichem Erfolg geforscht. Eine einfache Miniaturisierung der etablierten SQUID-Technologie mit ihren  $3 \times 3 \mu\text{m}$  Tunnelflächen ist allerdings nicht möglich. Dem IPHT gelang es in diesem Jahr erstmalig, eine stabile Technologie basierend auf der Methode gekreuzter Niob-Kontakte zu entwickeln, die Tunnelflächen bis  $0,6 \times 0,6 \mu\text{m}$  ermöglicht

Die Herstellung der kleinen Nb/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Nb-Tunnelkontakte erfolgt in Dünnschichttechnologie, wobei die sehr feinen Lackmasken bis 600 nm Linienbreite photolithographisch mittels Waferstepper realisiert werden. In ihren elektrischen Eigenschaften zeigen die hergestellten Submikrometer-SQUIDs einen um den Faktor Vier höheren nutzbaren Spannungshub als konventionelle SQUIDs (Abb. 2); außerdem konnte das intrinsische Rauschen der Sensoren um den Faktor Zwei herabgesetzt werden. ●

The sensitive readout of bolometer arrays that are used for instance in the Institute's THz security camera is commonly performed with superconducting quantum interference devices (SQUIDs). SQUIDs that have very small Josephson junctions show a significant increase in sensitivity, which is particularly beneficial for applications in geological prospecting.

Scientists worldwide have been researching such sub-micrometer-sized junction technology for several years with varying levels of success. The simple downsizing of established SQUID technology with its  $3 \times 3 \mu\text{m}$  tunnel junctions is, however, not possible. For the first time in 2009, researchers at IPHT successfully developed a reproducible technology that utilizes cross-shaped niobium-based junctions with linear dimensions as low as  $0.6 \times 0.6 \mu\text{m}$ .

The small Nb/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Nb junctions are produced using thin film technology. The narrow photoresist stripes (as low as 600 nm), which serve as a very fine etch mask, are implemented photolithographically with a wafer stepper. The SQUIDs manufactured with sub-micrometer-sized junctions achieve four times the voltage modulation of conventional SQUIDs (Fig. 2). The intrinsic noise of the sensors is reduced by a factor of two. ●

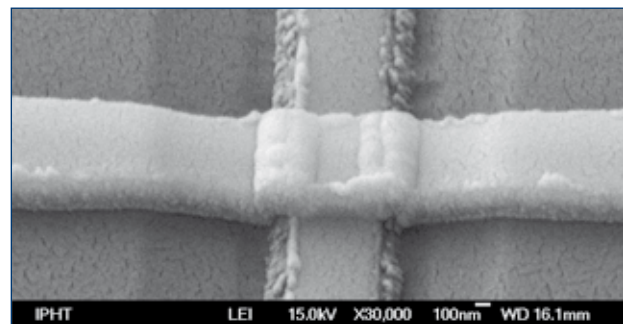


Abb. 1: REM-Aufnahme eines Kreuzkontaktes.

Fig. 1: Scanning electron micrograph of a cross-type Josephson junction.

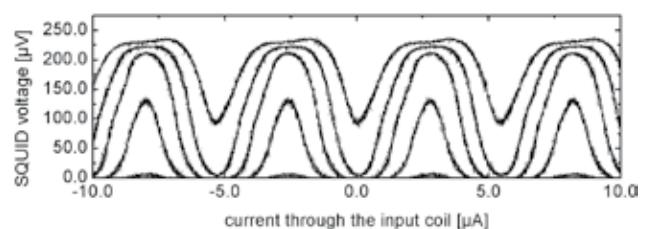


Abb. 2: Spannungsmodulation eines SQUIDs mit  $1 \mu\text{m}^2$  Tunnelkontakten.

Fig. 2: Voltage modulation of a SQUID with junction size  $1 \mu\text{m}^2$ .

Das kleinste Gästebuch der Welt

The Smallest Guestbook in the World

A. BOCHMANN, B. HOFFMANN, S. CHRISTIANSEN

Zur ›Langen Nacht der Wissenschaften‹ im November 2009 hatte die Abteilung ›Halbleiter-Nanostrukturen‹ eine ganz besondere Idee, wie man Laien die eigenen Forschungsgeräte veranschaulichen könne: Die Zweistrahl-Fokussierte-Ionen-/Elektronenstrahlanlage (FIB/SEM) der Firma TESCAN sollte die Namen eines jeden interessierten Besuchers im kleinsten Gästebuch der Welt verewigen! Im regulären wissenschaftlichen Alltag dient die Anlage zur Charakterisierung, Erzeugung und Manipulation von Nanostrukturen.

Der Eintrag in das Gästebuch erfolgte mit Hilfe eines fokussierten Strahls aus Gallium-Ionen auf einen 10 x 10 mm großen Silicium-Chip. Die Höhe der Buchstaben betrug lediglich 1.5 µm (Abb. 1). Die Gräben, aus denen sich die Buchstaben zusammensetzten, waren etwa 0.1 µm tief und 0.2 µm breit.

Am Ende des Abends waren über 200 Personen auf einer Fläche von etwa 200 x 150 µm in das Gästebuch eingetragen (Abb. 2), in das noch rund 1.000.000 Namen gepasst hätten. ●

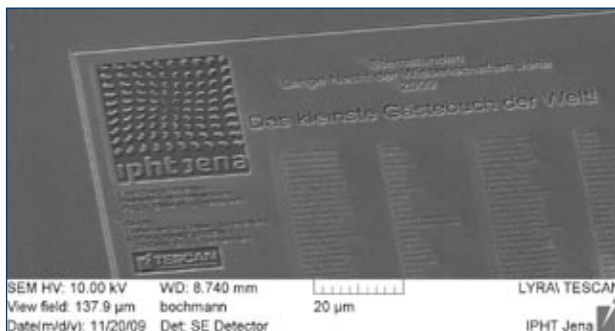


Abb. 1: Das Gästebuch im Rasterelektronenmikroskop. Hier sieht man, wie klein die Namen sind.

Fig. 1: An image of the guestbook taken with a scanning electron microscope. Here you can see how small the names are.

The ›Semiconductor Nanostructures‹ department at IPHT had, for the ›Long Night of Sciences‹ in November 2009, a very special idea of how to introduce highly technologically advanced research equipment to the general public: the dual focused ion beam/scanning electron microscope (FIB/SEM) manufactured by TESCAN, which is normally used for the characterization, implementation, and manipulation of nanostructures. Using the FIB/SEM we eternalized the name of each interested visitor in the smallest guestbook in the world!

Each name was written with a focused Gallium ion beam onto a quadratic silicon chip of 10 mm in length with letters that reached a height of just 1.5 µm (see Fig. 1). The trenches which formed the letters were 0.1 µm deep and 0.2 µm wide.

By the end of the night more than 200 people had registered their names in the guestbook, covering a surface of about 200 x 150 µm. This was just a tiny spot on the chip, which can be seen in Fig. 2. About 1,000,000 additional names would have fit on this same silicon chip. ●

Gefördert durch/funded by: EU



Abb. 2: Größenvergleich des Gästebuchs (weißer Fleck in der Mitte des quadratischen Silicium-Chips) mit einem Streichholz.

Fig. 2: Size comparison between the guestbook (white spot in the middle of the wafer piece) and a match.

## Mikrointegration von Silicium-Nanowires mittels positiver Dielektrophorese

### Microintegration of Silicon Nanowires Using Positive Dielectrophoresis

CH. LEITERER, N. JAHR, S. BERG, G. BRÖNSTRUP,  
S. CHRISTIANSEN, A. CSAKI, W. FRITZSCHE

Die Herstellung definierter Nanostrukturen stellt aktuelle *top-down* Strukturierungsprozesse vor immer schwierigere Probleme. Die Strukturierung in diesem Bereich wird immer kostenaufwendiger und stößt an die Grenzen der technischen Realisierbarkeit. *Bottom-up* Strukturen wie z. B. Silicium(Si)-Nanowire lassen sich hingegen durch VLS (*Vapor-Liquid-Solid*)-Wachstum in großer Anzahl relativ einfach und kostengünstig herstellen. Die effiziente Integration solcher *bottom-up* Strukturen in eine vorhandene elektronische *top-down* Peripherie stellt die eigentliche Schwierigkeit bei der Verwendung dieser Strukturen für elektronische oder sensorische Anwendungen dar.

Die Abteilung ›Nanobiophotonik‹ beschäftigt sich mit der Integration solcher Nanostrukturen mittels Dielektrophorese. Diese Methode erlaubt eine kontaktfreie und parallelisierbare Handhabung von nanoskaligen Objekten. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Polarisierung von Objekten in einem inhomogenen elektrischen Wechselfeld in Abhängigkeit der Frequenz und Dielektrizitätskonstante des Objekts bzw. des umgebenden Mediums. Es konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, Si-Nanowires entlang der Feldlinien zu bewegen, auszurichten und zu fixieren.

Aktuelle Arbeiten beschäftigen sich mit der elektrischen Vermessung der Kontaktstellen und der Parallelisierung der Technik, um eine kostengünstige und schnelle Methode zur optischen und elektrischen Charakterisierung von einzelnen Si-Nanowires und anderen nanoskaligen Objekten zu ermöglichen. ●

Current *top-down* structuring processes face increasingly difficult problems when producing defined nanostructures. Structuring in this range is not only getting more and more expensive, and almost reached its technical limits. *Bottom-up* structures such as silicon (Si) nanowires, on the other hand, can be produced relatively easily in large numbers by means of VLS (*vapor-liquid-solid*). The real challenge in using these structures in electronic or sensor applications is the efficient integration of such *bottom-up* structures into an existing electronic *top-down* environment.

The ›nanobiophotonics‹ department is working on the integration of such nanostructures via dielectrophoresis. This method permits a non-contact and parallelizable handling of objects at the nanoscale. The working principle of this method is based on the polarization of objects in an inhomogeneous alternating electrical field subject to the frequency and permittivity of the object and the surrounding medium. It could be shown that it is possible to move, align, and fixate Si nanowires along the field lines.

Current research focuses on the electrical measurement of the contact points and the parallelization of the technique in order to develop a cost-effective and quick method for the optical and electrical characterization of single Si nanowires and other nano-sized objects. ●

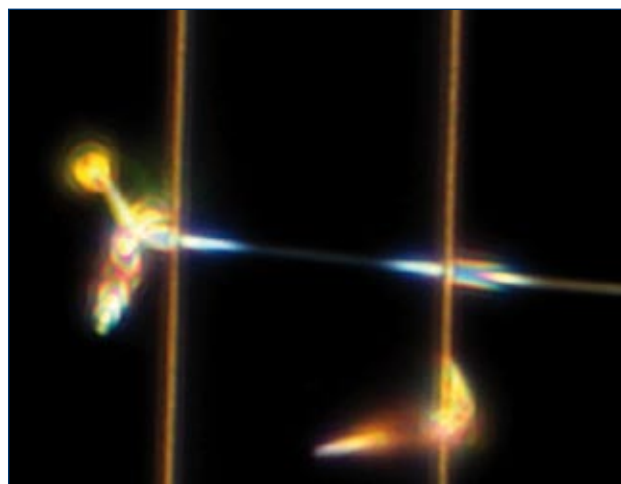



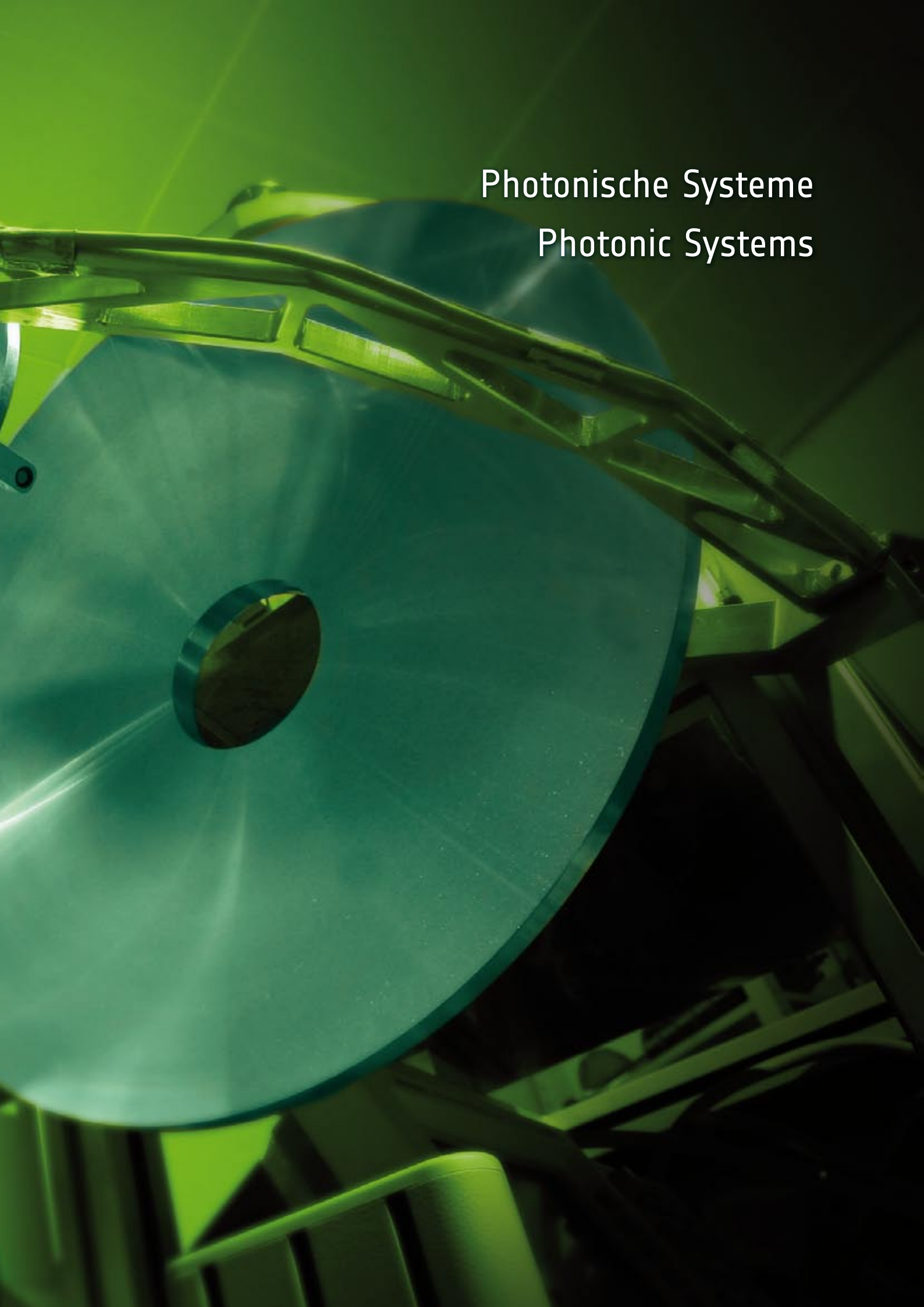
Abb. 1: Si-Nanowire kontaktiert mittels Dielektrophorese (Dunkelfeld)

Fig. 1: Si nanowire connected using dielectrophoresis (dark-field)



Photonische Systeme bieten durch die Vielfalt der nutzbaren Spektralbereiche ein enorm breites Applikationspotential. Die technologischen Arbeiten am IPHT zielen ab auf die Entwicklung und Systemintegration von Sensoren, welche Photonen in einem breiten Frequenzspektrum direkt nachweisen oder diese als Werkzeug zur Messung abhängiger physikalischer Größen nutzen. Die Verbindung modernster Mikro- und Nano-Technologie mit umfangreicher Kompetenz bei der Systemintegration ist eine besondere Kompetenz des IPHT. ●

Micro and nanotechnologies make up the technological innovations center of IPHT. With state-of-the-art lithographic techniques and methods of self organization complex functional micro and nanostructures are developed and produced for use in detectors, plasmonic structures, and photonic systems. The combination of thin-film technology, nanolithography, and microsystems technology is one of IPHT's unique features. ●



Photonische Systeme  
Photonic Systems

## Projektfortschritt ›Terahertz-Videocam‹: kühlmittelfreier Prototyp mit schneller Bildfolge

*Making Headway in the ›Terahertz Videocam‹ Project:  
Fast and Cryogen-free Security Cameras*

T. MAY, H.-G. MEYER

Sicherheitskontrollen gehören zu unserem täglichen Leben – sei es am Flughafen oder im Fußballstadion. Solche Maßnahmen werden jedoch von vielen Menschen als störend oder sogar verletzend empfunden. Der Forschung kommt die Aufgabe zu, durch die Entwicklung moderner Technologien dem erhöhten Sicherheitsbedarf Rechnung zu tragen und dabei gleichzeitig ihrer moralischen Verantwortung gerecht zu werden. Eine aussichtsreiche Neuentwicklung stellt dabei die passive Terahertz (THz)-Sicherheitskamera des IPHT dar. Die Kamera nutzt die einzigartigen Eigenschaften von THz-Wellen, um verborgene Objekte mit hohem Gefährdungspotential (Waffen, Sprengstoffe etc.) zu erkennen, ohne dabei die Privatsphäre Einzelner zu verletzen. Die derzeit aktuelle Generation der Kamera ist in der Lage, Bilder mit einer hohen Wiederholrate fast im Videobereich aufzuzeichnen.

Für diese Funktionalität visualisiert eine THz-Kamera elektromagnetische Wellen mit Frequenzen kleiner als 1 THz, da die Dämpfung durch Absorption in der Atmosphäre und in Kleidungsstoffen oberhalb dieser Grenze stark zunimmt. Allerdings wird in diesem Frequenzband das optische Auflösungsvermögen beugungsbedingt immer schlechter. Labormessungen und Simulationen haben gezeigt, dass Abbildungen bei etwa 0,35 THz einen geeigneten Kompromiss darstellen.

Ausgehend vom Anspruch der Sicherheitstechnik, Objekte bis zu etwa 1 cm Größe aus einer Distanz von einigen Metern aufzufinden, muss die Kamera zwangsläufig mit einem großen Objektiv arbeiten, um die nötige Auflösung zu erzielen. Zum Einsatz kommt ein Spiegelsystem vom Cassegrain-Typ, bestehend aus einem 50 cm Haupt- und einem 12 cm-Sekundärspiegel. Selbst diese

Security checks are a part of our daily life – whether at the airport or in a soccer stadium. However, most people find such precautionary measures bothersome or even a violation of privacy. Therefore, modern research has the added responsibility of improving high level security technology whilst accepting the moral commitment of respecting privacy. One promising development is the passive terahertz (THz) security camera, which utilizes unique properties of THz waves to uncover hidden hazardous objects like weapons or explosives without violating the privacy of an individual. The current generation of the IPHT THz Camera provides images at a repetition rate almost in video range.

To achieve this task, a THz camera visualizes electromagnetic waves with frequencies below 1 THz. This is because the attenuation of such waves in the atmosphere and textiles strongly increases above this level. However, at low frequencies the optical resolution of images worsens because of diffraction. Lab experiments and simulations have shown that images taken at frequencies around 0.35 THz provide an adequate trade-off.

In order to meet certain security requirements, such as recognizing objects as small as 1 cm from a distance of a few meters, a large aperture is essential to produce the necessary spatial resolution. Cassegrain-type reflective optics with a 50 cm main mirror and a 12 cm secondary mirror are used for this purpose. Even such a large aperture can collect just 0.1 % of the radiation emitted at a distance of 5 m. This means that in the THz range a detector has to resolve power differences of several femtowatts in order to create a grayscale image (256 shades) of the human body.

Therefore, the receiver developed at IPHT operates at very low temperatures (0.3 K) to decrease intrinsic thermal noise. To achieve such low temperatures, a two-stage pulse tube cooler is used which utilizes a pressure pulse-based Stirling process. There is no need to have liquid cryogenes refilled by qualified personnel. However, the vibrations that are unavoidably produced as a result of this process exact the need for a mechanically decoupled, thermally stable installation of the sensors in order to retain full sensitivity.

The detector used is a transition edge sensor. The entire setup is located on a lithographically-produced, 1- $\mu\text{m}$ -thick silicon nitride membrane, which because of its low thermal conductivity of about 10 nW/K ensures that the temperature of the dipole antenna absorber increases

große Öffnung kann nur etwa 0,1 % der abgestrahlten Wärmeleistung eines Objektes in 5 m Entfernung aufnehmen. Das bedeutet im THz-Bereich, dass ein Sensor für ein Graustufenbild (256 Schattierungen) Leistungsunterschiede von einigen Femtowatt auflösen muss.

Der am IPHT entwickelte Empfänger arbeitet daher bei sehr tiefen Temperaturen (0,3 K), um das Eigenrauschen zu minimieren. Für die Kühlung kommt ein zweistufiger Pulsrohrkühler zum Einsatz, welcher einen Stirling-Zyklus auf der Basis von Druckimpulsen zum Erreichen tiefer Temperaturen benutzt. Damit entfällt das bislang notwendige Nachfüllen von Kühlmitteln durch Fachpersonal. Die prinzipbedingt unvermeidlichen Vibrationen erfordern allerdings einen mechanisch entkoppelten und thermisch stabilisierten Einbau der Sensoren, um deren volle Empfindlichkeit zu erreichen.

Der eigentliche Detektor basiert auf dem Konzept des Kantenbolometers. Die gesamte Anordnung befindet sich auf einer lithographisch hergestellten circa 1  $\mu\text{m}$  dicken Siliciumnitrid-Membran, welche aufgrund ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit von etwa 10 nW/K dafür sorgt, dass sich ein mit Dipolantennen belegter Absorber bei Strahlungseinfall messbar erwärmt. Zur Messung der absorbierten Leistung wird ein Supraleiter eingesetzt, welcher in seinem Übergang zwischen Normal- und Supraleitung elektrisch betrieben wird und das absorbierte Wärmesignal in einen elektrischen Strom wandelt. Dieses Stromsignal wird mit einem supraleitenden Quanteninterferenzdetektor (SQUID) ausgelesen, indem der zu messende Strom in einer Spule ein Magnetfeld induziert.

Insgesamt werden in der aktuellen Gerätegeneration nur 20 Kantenbolometer in einer ringförmigen Anordnung eingesetzt. Das vollständige Bildfeld muss daher mit einer geeigneten Vorrichtung abgetastet werden. Die realisierte Idee ist, den Sekundärspiegel direkt zu verwenden, um die Zahl der optischen Bauelemente gering zu halten. Die notwendige zweidimensionale Kippbewegung wurde in ein rotierendes System mit nur einer Kippbewegung transformiert, um die beträchtlichen Massenkräfte des relativ großen und damit trägen Spiegels zu reduzieren. Dies führt zu einer unkonventionellen spiralförmigen Abtastung.

Vervollständigt wird die Konzeption der Kamera mit einer Eigenentwicklung zur adäquaten Erfassung sowohl der Sensorsignale als auch zeitsynchroner Lage- und Positionsdaten der Abtastvorrichtung. Dieses System basiert auf

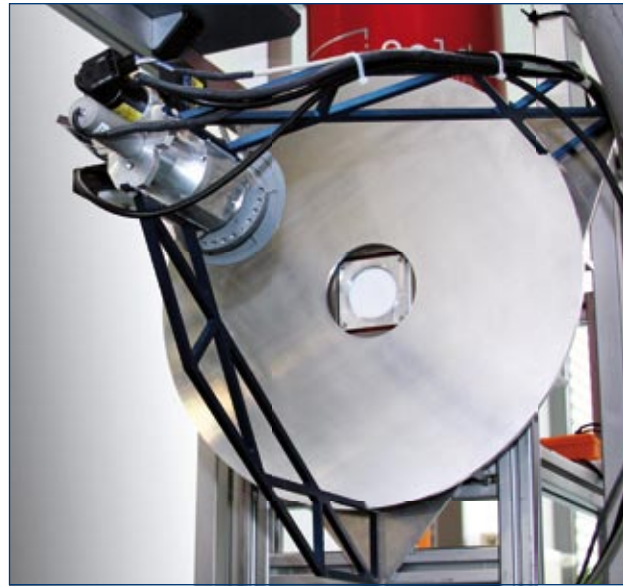


Abb. 1: Prototyp der Terahertz-Sicherheitskamera im Labor. Sichtbar sind die abbildende Optik (Cassegrain-System) und der Pulsrohrkühler dahinter.

Fig. 1: Prototype of the terahertz security camera, as assembled at IPHT. Visible are the optical components (Cassegrain mirrors) in front and the pulse tube cooler behind.

at a measurable rate when radiated. To quantify the absorbed power, a superconductor is used which is electrically operated at the point of transition from normal conductivity to superconductivity and transforms the absorbed heat into an electrical current. The current signal is detected using a superconducting quantum interference device (SQUID) by feeding it into a coil and measuring the magnetic field induced.

The current generation of cameras uses a receiver with just 20 transition edge sensors in a circular array. Therefore, it is necessary to scan the full field of view with the appropriate equipment. The idea is to use the secondary mirror to keep the number of optical elements to a minimum. The required two-dimensional tilting system was transformed into a rotating system with only one tilting movement. This reduces the influence of the inertial mass of the rather sizable mirror. However, this leads to unconventional spiral scanning.

The camera system was completed in-house by developing data acquisition electronics to record 20 detector channels and the synchronized position data from the scanner equipment. This system is based on a 24-bit digitalization with a high scanning frequency and, at the same time, a minimum amount of back-action on the detectors. A personal computer translates the position data into an or-

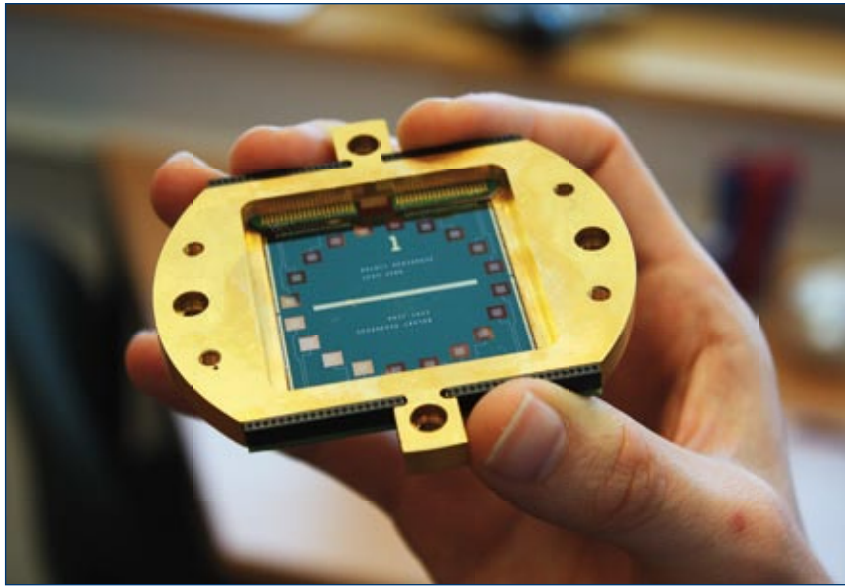


Abb. 2: Detektormodul der Kamera mit insgesamt 20 kreisförmig angeordneten Kantenbolometern.

Fig. 2: Detector module of the camera with 20 transition edge sensors arranged in a circle.

einer 24bit-Digitalisierung mit hoher Abtastfrequenz bei gleichzeitig minimaler Rückwirkung auf die Sensorsignale. Die Übersetzung der Abtastbewegung in ein Bild wird dann am Rechner vorgenommen und ist integraler Bestandteil der Systemsoftware zur Steuerung des gesamten Kamerasystems.

Mit der beschriebenen Konfiguration ist die Kamera in der Lage, Bilder mit einer Folgefrequenz zwischen 5 und 10 Hz aufzuzeichnen. Diese Wiederholrate ist schon nahe am Videobild, allerdings reicht sie noch nicht aus, vorbeilaufende Personen ohne Bewegungsunschärfe abzubilden. Daher befindet sich bereits die nächste Generation mit 50 Sensoren in Entwicklung, welche echte Videobilder mit bis zu 25 Hz liefern soll.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Fähigkeiten der Kameratechnologie. Auffälliges Merkmal der aufgenommenen THz-Bilder ist, dass sie den menschlichen Körper als Wärmebild ohne anatomische Details zeigen. Vor der Person zeichnen sich unter der Kleidung Objekte ab, die im Vergleich zum Körper andere THz-Emissionseigenschaften haben. Dies können z. B. stark reflektierende Materialien wie Metalle sein, welche die Körperstrahlung blockieren und dafür den (kälteren) Hintergrund reflektieren. Ähnliches gilt in abgeschwächter Form z. B. auch für Keramiken, deren Reflektivität zwar geringer ist, aber immer noch ausreicht, um sich vom Körper abzuheben. Schwieriger wird die Aufgabe für Stoffe, die ähnlich wie der menschliche Körper THz-Wellen emittieren. Dazu gehören vor allem organische Verbindungen, zu denen auch viele heute ge-

thogonal grid creating a readable image. This is an integral part of the software system and the main controls of the camera.

The described configuration of the IPHT THz camera is able to record images with a repetition frequency of 5 to 10 Hz. This is close to the repetition rate of video. However, it is not yet sufficient to record the image of persons passing by the camera at a walking pace without blurring the image. For this reason, the next generation of cameras will use receivers containing 50 detectors to achieve a full video repetition rate of 25 Hz.

Figure 3 shows the potential of the THz camera. It should be noted that the THz images of the human body shown are strictly thermal images and do not show any anatomic features. Objects with different THz emission characteristics that appear in front of a person but underneath their clothing become visible. These can be metallic objects, which almost completely block body heat emissions while reflecting the (colder) background. To a certain degree, the same is true for ceramic materials, the reflectivity of which is admittedly smaller but still sufficient to distinguish them from the body. More ambitious is the detection of substances which absorb and emit THz radiation similar to the human body. This includes organic compounds such as many common explosives. However, such substances typically have fingerprint spectra. If the characteristics of these explosives are known, a THz camera can detect them.

The ability to recognize objects of various compositions is a feature of THz technology compared to conven-



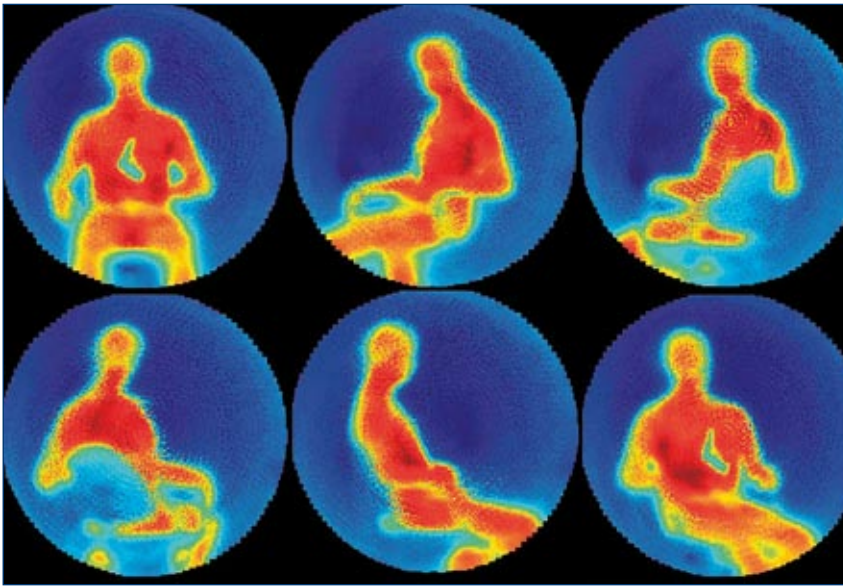


Abb. 3: Terahertzbilder einer sitzenden Person in 8m Entfernung, mit der Attrappe einer Handfeuerwaffe unter der Kleidung verborgen. Die Standbilder stammen aus einem Video mit 4 Hz Bildwiederholfrequenz.

Fig. 3: Terahertz images of a person sitting on a lab chair, with a handgun mock-up hidden underneath its clothing. The frozen images have been taken from a movie with 4 Hz frame rate.

bräuchliche Sprengstoffe zählen. Diese verraten sich jedoch im THz-Spektrum durch einen typischen Fingerabdruck. Mit der Vorkenntnis dieser Eigenarten kann die THz-Kamera auch Sprengstoffe visualisieren.

Die Fähigkeit, Objekte trotz verschiedenartigster Zusammensetzung zu erkennen, zeichnet die THz-Technologie gegenüber bereits etablierten Sicherheitssystemen wie Metalldetektoren aus. Der daraus resultierende Mehrwert stellt ein wichtiges Kriterium für eine Markteinführung dar. Nur im Falle eines messbaren Zuwachses an Detektionsleistung und damit Sicherheit werden behördliche und politische Entscheidungsträger den Einsatz in kritischen Infrastrukturen genehmigen. Mit den gezeigten Leistungen ist die THz-Sicherheitskamera hervorragend für diese Anforderungen gerüstet. ●

tional security systems like metal detectors. This is one of the major criteria for successful introduction into the market. Only in case of a noticeable gain in security will security officials and politicians authorize the use of THz cameras to protect critical infrastructures. With the shown performance the IPHT camera is well prepared for the challenge. ●

*Auf den Spuren von Dschingis Khan –  
Geomagnetik in der mongolischen Steppe*

*Following the Footsteps of Genghis Khan –  
Geomagnetics in the Mongolian Steppe*

S. LINZEN, S. HAUSPURG, T. SCHÜLER

Mit Hilfe des am IPHT entwickelten SQUID-TerraScanners spürten Archäologen in der mongolischen Steppe eine historische Stadtanlage aus der Manchu-Zeit auf. Der Fund sowie die detaillierte Dokumentation der Anlage ist Ergebnis einer Expedition im Rahmen des BMBF-Projektverbunds ›Geoarchäologie in der Steppe – Zur Rekonstruktion von Kulturlandschaften im Orchon-Tal, Zentrale Mongolei‹ im Frühjahr 2009. Eine insgesamt 150 Hektar große Steppefläche, unterteilt in 11 Areale, wurde geomagnetisch mit dem SQUID-TerraScanner in nur 16 Messtagen untersucht. Anhand dieser umfangreichen Datenbasis werden ab 2010 gezielte archäologische Grabungen erfolgen.

Die geortete Stadtanlage erstreckt sich über ein Gebiet von zirka 30 Hektar. Die aufgenommenen Daten ermöglichen neben der exakten Lokalisierung von archäologischen Objekten auch Rückschlüsse auf deren Bauweise und Verwendung. So werden die Reste zerfallener Lehmziegelmauern als zahlreiche kleine Anomalien in den Gradiometerdaten sichtbar. Diese markieren Gebäude mit besonderem Status innerhalb der gesamten Stadtanlage. Die Gestalt der Stadt kann durch eine Fusion der mit dem TerraScanner synchron aufgenommenen magnetischen und morphologischen Daten eindrucksvoll visualisiert werden (Abb. 1).

Gefördert durch/funded by: BMBF

With the help of the SQUID TerraScanner developed by IPHT, archaeologists tracked an ancient, Manchu-period city in the Mongolian steppe. The findings and detailed documentation of the city were part of an expedition project sponsored by the Federal Ministry of Education and Research. The ›Geoarchaeology in the Steppe – Reconstruction of Cultural Landscapes in the Orkhon Valley, Central Mongolia‹, was a geomagnetic survey performed in the spring of 2009. Using the SQUID TerraScanner, 11 steppe areas totaling 150 hectares in size were mapped at high resolution in just 16 days. The comprehensive data collected there will be the basis for the systematic archaeological excavations to follow in 2010.

The city spans an area of approximately 30 hectares. The recorded magnetic and morphological data allow one to draw conclusions not only about the precise location of archaeological structures but about their construction and use as well. For example, the buried remains of extended adobe walls are represented by numerous small magnetic anomalies in the gradiometer data. These anomalies mark formerly prominent buildings as part of the whole medieval city. The design of the city can be visualized by combining the synchronously recorded magnetic and morphologic data of the TerraScanner (Fig. 1).

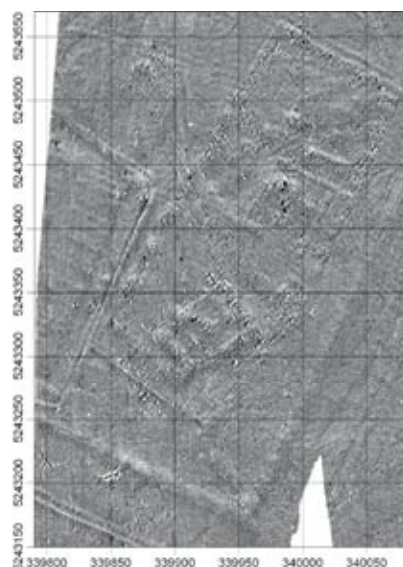


Abb. 1: Mit dem TerraScanner visualisierte historische Stadtanlage im Orchon-Tal. Für das 420 x 300 m große Areal wurden SQUID-Gradiometer-Signale mit Morphologiedaten fusioniert.

Fig. 1: Image of an ancient city in the middle of the Orkhon Valley as represented by the TerraScanner. The 420 x 300 m wide part of the city is visualized by SQUID gradiometer signals in combination with morphologic data. Local position in UTM.

## Ungekühlte antennengekoppelte Arrays für Bildgebung im THz-Bereich

### Uncooled Antenna-coupled Arrays Used in THz Imaging

E. KESSLER

Bei einem aktiven THz-Kamerasystem kommt den ungekühlten antennengekoppelten Sensoren eine zentrale Rolle zu. Die Entwicklungsarbeiten für diese Arrays konzentrieren sich auf die mikrotechnische Erzeugung der Detektorstrukturen und deren messtechnische Bewertung.

Als Mikroantennen dienen in Dünnschichttechnik hergestellte Vollwellendipole, deren Abmessungen an die Frequenz der monochromatischen Quelle von 0,82 THz angepasst sind. Simulationsrechnungen zu einer wie in Abb. 1 zu sehenden Serienschaltung von acht Dipolen auf einem dickenangepassten Siliciumsubstrat mit rückseitigen Reflektorflächen ergeben ein Gesamtabsorptionsvermögen von ca. 0,5.

Für die Signalwandlung werden sowohl Bolometer als auch Einzelthermoelemente auf der Basis dünner BiSb- und Sb-Schichten untersucht.

In beiden Fällen stellen diese Elemente zugleich auch den geometrie- und impedanzangepassten Lastwiderstand der Antenne dar, in dem die vom Dipol aufgenommene Leistung in eine Temperaturerhöhung gewandelt wird. Um diese Temperaturerhöhung zu maximieren, werden die Strukturen, wie in Abb. 2 zu sehen, als freitragende Mikrobrücken in Opferschichttechnik mit PECVD-Siliciumnitrid als Träger- und Passivierungsschicht realisiert. Die Gesamtbreiten liegen im Bereich 1,5–3  $\mu\text{m}$ .

Gefördert durch/funded by: BMBF

The focus of development of uncooled antenna-coupled arrays in active THz camera systems is on the microfabrication and evaluation of detector elements.

Full-wave dipoles, produced using thin-film technology with dimensions that match the frequency of the monochromatic source of 0.82 THz serve as micro-antennae. Simulation calculations with respect to an arrangement of eight dipoles connected in series, as can be seen in Fig. 1, on a silicon substrate adapted for thickness and with back plane reflectors yielded a total absorptivity of about 0.5.

Bolometers as well as single thermocouples based on BiSb and Sb thin films are examined for signal conversion.

In both cases, these elements provide the necessary load resistance – adjusted for both geometry and impedance – of the antennae by converting the power absorbed by the dipoles into a temperature increase. To maximize this temperature increase the detector elements are fabricated into freestanding microbridges by a surface micromachining process, as can be seen in Fig. 2. Thin PECVD silicon nitride films are used as supporting and passivation layers. The total widths of the elements range from 1.5–3  $\mu\text{m}$ .

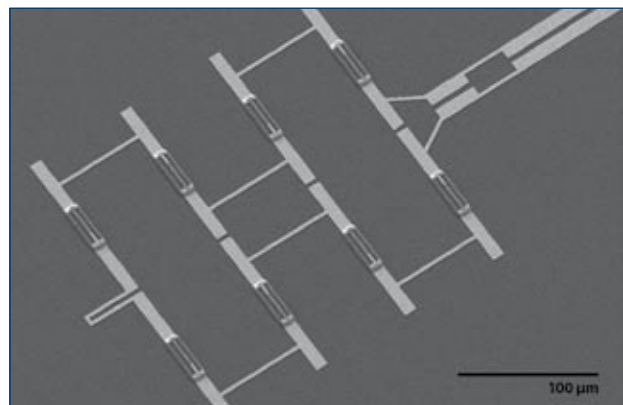


Abb. 1: Serienschaltung von acht Vollwellendipolen.

Fig. 1: Eight full-wave dipoles connected in series.

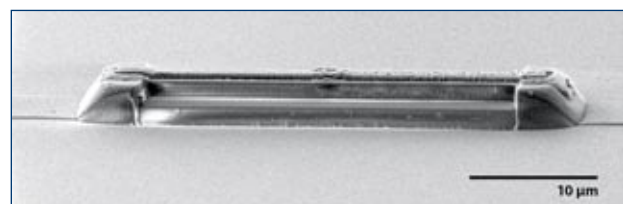


Abb. 2: Vollständig prozessiertes Detektorelement.

Fig. 2: Completely processed detector element.

## Zweidimensional dispersive Mikro-Spektrometer für Planetenmissionen

### Two-dimensional Dispersive Micro-Spectrometer for Planetary Landing Missions

A. WUTTIG, B. HARNISCH\*, R. RIESENBERG, A. PIEGARI\*\*

Kleinere, leichtere und leistungsfähigere Spektrometer für die Raumfahrt sind eine ständige Herausforderung. Ein aktuelles Vorhaben der European Space Agency (ESA) ist die Vorbereitung einer Marsmission mit einem kombinierten Spektrometer für Raman- und Laser-Induced-Breakdown-Spektroskopie (LIBS), um Mineralien und mögliche organische Verbindungen zu untersuchen. Hier sind Systemkonzepte gefragt, welche auf engstem Raum Funktionalitäten verschiedener herkömmlicher Spektrometer integrieren.

In einem von der ESA geförderten Projekt entstand am IPHT ein Laborprototyp eines hochauflösenden zweidimensionalen Multi-Order-Spektrometers mit Predisperser (einem speziellen Filter zur Eingrenzung des Spektralbereichs). Die Predisperser-Einheit besteht aus einem Prismendisperser und einem in der Spaltebene des Spektrometers befindlichen örtlich nichtlinear variablen Filter, welche durch ein Faserarray mit 60 sortierten Fasern gekoppelt sind. Der Laboraufbau wiegt lediglich 800 g, die berechnete Masse mit optimiertem Mechanik-Design liegt deutlich unter 400 g. Für das aktuelle ESA-Design der nächsten Flugmission wird im Vergleich dazu eine Masse von 840 g erwartet. Projektpartner waren ENEA (Italien, Filtertechnologie) und ESA (Noordwijk/NL). Dem IPHT oblagen die Projektleitung mit Gesamtsystemdesign und -integration sowie die Softwareentwicklung. ●

\*) ESA/ESTEC (Noordwijk/NL)

\*\*) ENEA Casaccia (Roma/IT)

Creating smaller, lighter, and more powerful spectrometers for space applications is a permanent challenge. The European Space Agency (ESA) is currently working on the preparation of a planetary landing mission on Mars including a combined spectrometer for Raman and laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) to detect minerals and possible traces of life. Here, system level solutions are required which integrate the functions of different classical spectrometers under tight constraints.

In the ESA-funded project, a lab prototype of a two-dimensional multi-order spectrometer with a predisperser (a special filter used to limit the spectral range) was created. The pre-disperser unit consists of a prism disperser and a spatial nonlinear variable filter in the spectrometer entrance plane. Both components are coupled by an array of 60 sorted optical fibers. The lab setup has a mass of just 800 g; the predicted mass with an optimized mechanical design would be significantly less than 400 g. For comparison, the current ESA design of the next Mars mission is expected to weigh 840 g. The work was done in cooperation with ENEA (Italy, filter technology) and ESA (Noordwijk/NL). IPHT was responsible for project management, system design, system integration, and software development. ●

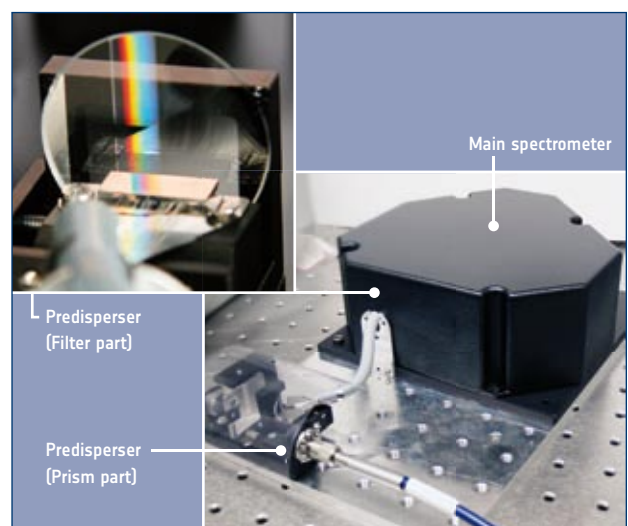


Abb.: Detailsicht des Predispersers mit nichtlinear-variablen Filter, Faserarray-Ausgang und Spektrometer.

Fig.: Close-up view of the pre-disperser with the spatial nonlinear variable filter, the fiber array exit, and spectrometer.

## Resonante und dispersive Messungen an einem künstlichen Atom

### Resonant and Dispersive Measurements of Artificial Atoms

G. OELSNER, S. VAN DER PLOEG, U. HÜBNER, S. ANDERS, P. MACHA, D. BORN, E. IL'ICHEV, H.-G. MEYER

Ein spezielles Gebiet der Physik beschäftigt sich mit künstlich hergestellten makroskopischen Schaltkreisen. Diese können sich unter bestimmten Bedingungen quantenmechanisch verhalten. Die Entwicklung neuartiger Detektoren oder Lichtquellen auf der Basis von einzelnen Photonen rückt damit in greifbare Nähe. Aktuelle Experimente zeigen eindrucksvoll, dass sich in supraleitenden Schaltkreisen (künstlichen Atomen) makroskopisch getrennte Zustände überlagern können (Superposition). Daraus ergeben sich wichtige Konsequenzen für die quantenmechanische Theorie des Messprozesses, in der das mikroskopische Objekt im Normalfall getrennt vom makroskopischen Detektor betrachtet wird. Zudem ergibt sich die Möglichkeit, eine neue Generation quantenlimitierter Detektoren zu entwickeln.

Wir haben die Konzepte der resonanten und dispersiven Messung an einem System, bestehend aus einem koplanaren Mikrowellenresonator, der an ein künstliches Atom – ein supraleitendes Qubit – gekoppelt ist, untersucht. Die Aufspaltung zwischen dem Ein-Photon-Zustand des Resonators und dem ersten angeregten Zustand des ›Atoms‹ konnte für eine mittlere Photonenzahl von eins im Resonator nachgewiesen werden. Im dispersiven Regime, also weit entfernt von dieser Resonanz, wurde Spektroskopie am Qubit durchgeführt. Aus diesen Daten konnten die Parameter des Qubits extrahiert werden. ●

Today there is clear proof that artificially fabricated macroscopic solid state systems can behave according to the laws of quantum mechanics. This phenomenon encourages the development of novel detectors and light sources based on single photons. Recent experiments have convincingly demonstrated that superconducting Josephson circuits (artificial atoms) can exist in macroscopically distinct classical states (superpositions). This has important implications for the quantum theory of measurement, which is frequently described in terms of the separation of the microscopic object from the macroscopic measuring device. Moreover, this opens up possibilities in developing a new generation of quantum-limited detectors.

We developed and analyzed the concept of the resonant and dispersive measurements in a coplanar waveguide resonator system which is coupled to an artificial atom – a superconducting qubit. The anticrossings between the resonator's single-photon state and the ›atom's‹ first excited state were observed for an average number of photons in the order of one inside the resonator. Moreover, qubit spectroscopy was performed in the dispersive regime (i.e., far from the resonator-qubit resonance). Using this spectroscopic data the qubit's parameters could be reconstructed. ●

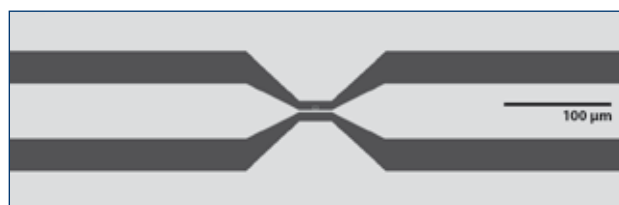


Abb. 1: Zentraler Bereich des koplanaren Mikrowellenresonators. Die Streifenleitung und der Abstand zur Massenplatte werden verengt.

Fig. 1: Picture showing the center of the coplanar waveguide resonator. Central wire and groundplane are tapered.

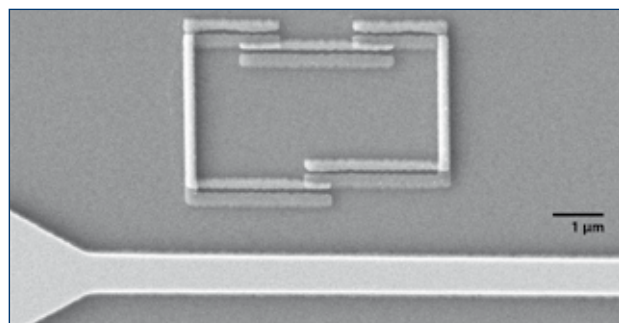


Abb. 2: REM-Aufnahme des Qubits sowie der Mikrostreifenleitung.

Fig. 2: Electron micrograph of the qubit and the central wire of the resonator.

**Spektral aufgelöste Präzisionsmessung von Spiegelreflektivitäten mit der Cavity-Ring-Down-Methode**

*Spectrally-resolved Precision Measurement of Mirror Reflectivities Using the Cavity-Ring-Down Method*

W. PAA, TH. ZEUNER, G. SCHMIDL

Laserspiegel mit einer Reflektivität von über 99,998 % kommen vor allem als Komponenten in wissenschaftlichen Anwendungen zum Einsatz (z. B. für Kurzpuls- oder abstimmbare Laser). Bisher war die Messung dieser hohen Reflektivitäten mit Problemen behaftet: Herkömmliche Methoden weisen zu hohe Fehlergrenzen auf. Die stattdessen verwendete Cavity-Ring-Down-Methode liefert zwar höchst präzise Ergebnisse, kann aber nur in einem stark begrenzten Spektralbereich angewendet werden. Am IPHT ist es gelungen, das Verfahren weiterzuentwickeln und vorhandene Defizite zu beseitigen.

Bei der Cavity-Ring-Down-Methode wird aus (mindestens) zwei gegenüberliegend angeordneten Laserspiegeln ein Resonator gebildet. Die Photonenlebensdauer des in dieser cavity reflektierten Lichtes kann anhand des ausgekoppelten Lichtes gemessen werden und ermöglicht so die Präzisionsbestimmung der Reflektivität. Einzelne Wellenlängen werden dabei üblicherweise nacheinander gemessen. Um spektral aufgelöste Messungen zu realisieren, sind bislang komplexe, durchstimmbare Laser notwendig.

Ein neuer am IPHT verfolgter Ansatz besteht in der Nutzung von kompakten Weißlichtlaserquellen, die es erlauben, in einem großen Spektralbereich gleichzeitig die Photonenlebensdauer und somit die Spiegelreflektivität zu messen. Dazu sind neben einem geeigneten Weißlichtlaser, ein Spektrometer und ein zeitlich synchronisierbares Kamerasystem erforderlich. Die erzielten Ergebnisse zeigen neben der prinzipiellen Machbarkeit eine Übereinstimmung mit den Werten, die mit der »konventionellen« Methode bei einzelnen Wellenlängen gemessen wurden. ●

State-of-the-art laser mirrors that achieve reflectivities of above 99.998 % are preferably used as components in scientific applications (e.g., for short pulse or tunable lasers). Measurement of such high reflectivities has always been difficult: conventional methods lack the required sensitivity. The cavity-ring-down method, which is often used instead, delivers extremely precise results; however, it can only be applied in a very limited spectral range. This method was successfully enhanced to cope with restrictions.

Using the cavity-ring-down method, a resonator is formed with two laser mirrors. The photon lifetime of the light inside this cavity can be derived from the light emitted through one mirror, which allows one to determine the reflectivity with extreme accuracy. To date, spectrally resolved measurements have required complex, tunable laser systems.

One new approach to precision measurement is the use of compact white light laser sources for simultaneous determination of the photon time and thus the reflectivity of the mirrors in a large spectral range. A spectrometer and a camera system, which can be temporally synchronized, are necessary. The results agree with the values from the »conventional« method. ●

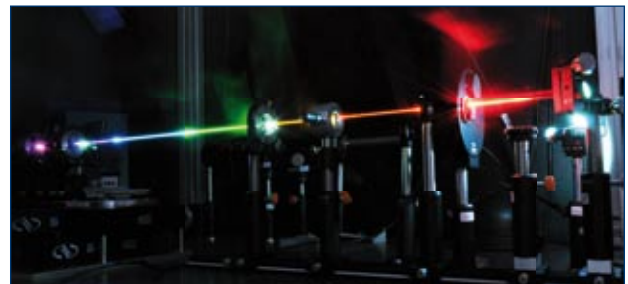


Abb. 1: Messplatz mit durchstimmbarem Lasersystem für F&E in der Industrie.

Fig. 1: Measurement system with a tunable laser for industrial R&D.

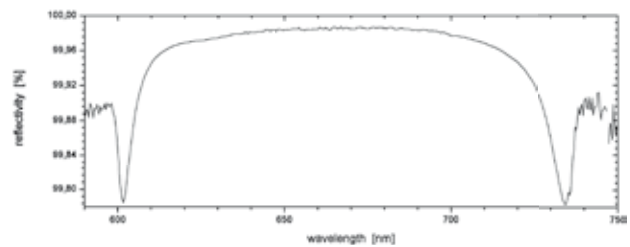


Abb. 2: Reflektivität von Laserspiegeln gemessen mit Weißlichtlaser.

Fig. 2: Reflectivity of laser mirrors measured using a white light laser.

## Messung nichtlinearer Absorptionskoeffizienten in optischen Vergütungsschichten bei 193 nm

### Measuring Nonlinear Absorption Coefficients in Optical Thin Films at 193 nm

CH. MÜHLIG, S. BUBLITZ, W. PAA

Zunehmende Energien in heutigen UV-Hochleistungslaseranwendungen erhöhen stetig die optischen Anforderungen der entsprechenden Systeme. Die Charakterisierung optischer Vergütungsschichten ist deshalb eine zentrale Aufgabe bei der Qualitätssicherung und Neuentwicklung. Sie erhöht auch das Verständnis von Änderungen der Schichten unter intensiver Laserbestrahlung.

Klassisch werden optische Schichten durch spektrale Transmissions- und Reflexionsmessungen charakterisiert. Bei tiefen UV-Wellenlängen weisen jedoch viele Beschichtungsmaterialien intrinsische oder defektinduzierte nichtlineare – intensitätsabhängige – Absorptionen auf. Deren Nachweis erfordert neue Messmethoden wie die direkte Absorptionsmessung in Kombination mit intensiven Lasern. Bislang waren diese jedoch zu ungenau für sehr geringe, nichtlineare Absorptionsänderungen in dünnen Schichten (Schichtdicken  $\approx 100$  nm).

Am IPHT wurde nun ein hochempfindliches Absorptionsmessgerät auf Basis der selbst entwickelten LID-Technik (LID: laser induced deflection) mit einer neuen oberflächensensitiven Messstrategie kombiniert. 2009 gelang es so erstmals, 2-Photonenabsorptionskoeffizienten in transparenten Schichten ( $\text{LaF}_3$ ,  $\text{MgF}_2$  und  $\text{AlF}_3$  mit Dicken von 200 nm) direkt und absolut bei 193 nm zu bestimmen (Abb. 1).

Die ermittelten Werte im Bereich  $(10^{-5} \dots 10^{-6})$  cm/W sind mehrere Größenordnungen höher als für die entsprechenden fluoridischen Einkristalle. Als Ursache hierfür wird die im Vergleich zu Einkristallen deutlich höhere Defektkonzentration in dünnen Schichten gesehen, die verstärkt zu resonanzunterstützten 2-Photonenabsorptionsprozessen führt. ●

Increasing laser power has strongly raised the requirements, e.g. minimum light attenuation, for the optics integrated in today's high power deep UV (DUV) laser systems. Therefore, the characterization of optical thin films plays a central role in quality assurance, the development of new coatings, and the understanding of performance changes under laser irradiation.

Typically, thin films are evaluated by measuring spectral reflectance and transmittance. In the DUV, however, many coating materials like metal fluorides exhibit intrinsic or defect-related, nonlinear – intensity-dependent – absorption which cannot be detected using spectral measurement techniques. Therefore, direct absorption measurements in combination with intense lasers are needed. So far, however, these techniques have not shown the required accuracy to resolve small nonlinear absorption changes within the thin films (layer thicknesses  $\approx 100$  nm).

In 2009, a highly sensitive direct absorption measurement device, based on IPHT's laser induced deflection (LID) technique, was combined with a new highly surface-sensitive strategy to measure, for the first time, two photon absorption (TPA) coefficients of transparent  $\text{LaF}_3$ ,  $\text{MgF}_2$  and  $\text{AlF}_3$  thin films ( $d = 200$  nm) directly and absolutely at 193 nm (Fig. 1).

The obtained TPA values in the  $(10^{-5} \dots 10^{-6})$  cm/W range are several orders of magnitude higher than typical values for fluoride single crystals, which is likely to result from sequential two-step absorption processes due to the large defect concentration in thin films compared to single crystals. ●

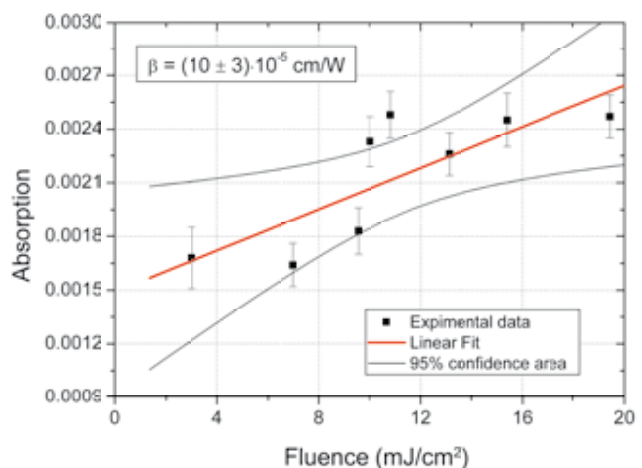


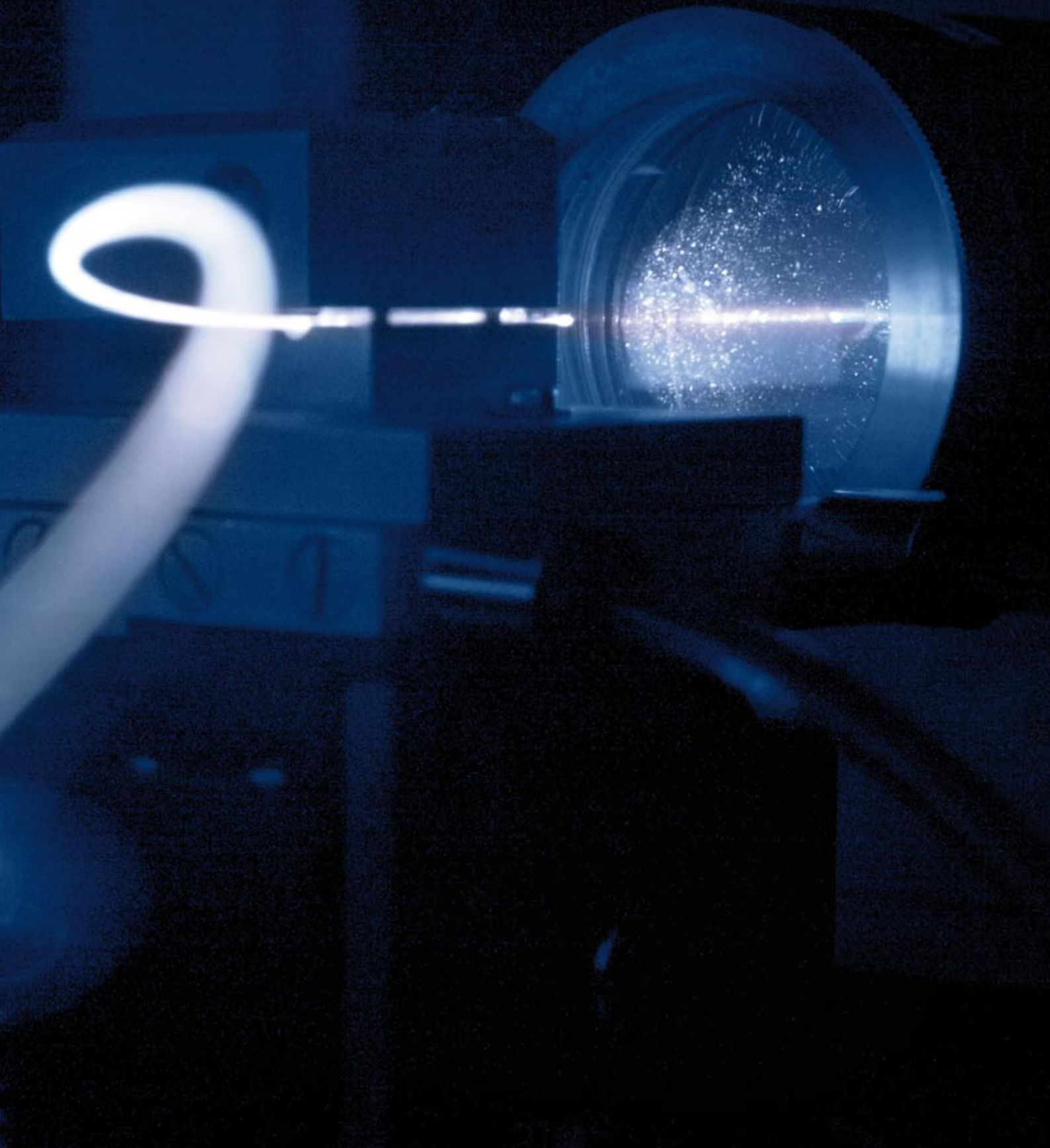
Abb. 1: Fluenzabhängige Absorption einer 200 nm dicken  $\text{LaF}_3$ -Schicht bei 193 nm.

Fig. 1: Fluence-dependent absorption of a 200 nm thick  $\text{LaF}_3$  thin film at 193 nm.





# Innovationsprojekt Innovation Project



**Erzeugung von inkorporierten plasmonischen Schichten in mikrostrukturierten optischen Fasern (MOFs)**

*Creation of Incorporated Plasmonic Layers in Microstructured Optical Fibers (MOFs)*

A. CSAKI, TH. HENKEL, F. JAHN, I. LATKA, D. MALSCH, TH. SCHNEIDER, K. SCHRÖDER, K. SCHUSTER, A. SCHWUCHOW, R. SPITTEL, D. ZOPF

Im Rahmen des Innovationsprojektes 2009 wurden verschiedene am Institut vorhandene Kompetenzen auf den Gebieten der Faserherstellung, der Applikation und Synthese von plasmonisch aktiven Nanopartikeln und der Mikrofluidik mit dem Ziel zusammengeführt, eine kontrollierte Innenbeschichtung spezieller mikrostrukturierter optischer Fasern (sog. MOFs) mit plasmonischen Nanopartikeln zu realisieren.

Faserbasierte Sensorik bietet exzellente Möglichkeiten für eine schnelle Bestimmung verschiedenster Analyten, hohe Sensitivität relativ zum winzigen Messvolumen (pI-Bereich) sowie ein großes Potential für Miniaturisierung, Integration und die kostengünstige Realisierung von Sensoren. Dafür sind seit einigen Jahren MOFs in der Erprobung. Metall-Nanopartikel können für eine neuartige Sensorik, die sogenannte LSPR-Sensorik (LSPR – *localised surface plasmon resonance*, lokalisierte Oberflächenplasmonen-Resonanz), als Kernelemente der Signalumwandlung eingesetzt werden. Der Sensoreffekt basiert auf einer spektralen Verschiebung der lokalisierten Oberflächenplasmonen-Resonanzen bei der Anbindung des zu untersuchenden Analyten auf der Partikeloberfläche. Durch Integration solcher Partikel in MOFs lassen sich diese Effekte faserbasiert optisch auslesen. Außerdem können Nanopartikel als Starterschicht für eine homogene Metall-Innenbeschichtung und somit für weitere Arten der Sensorik, beispielsweise der sog. SPR-Sensorik (SPR – *surface plasmon resonance*), eingesetzt werden.

Zu Beginn des Projektes wurden Untersuchungen zur Bildung von Partikelschichten auf planaren Substraten sowie in einfachen Hohlfasern auf der Basis von adhäsiven

Within the scope of the Innovation Project 2009 scientists from the Institute's various fields of study came together to create a controlled internal coating for microstructured optical fibers (so-called MOFs) with plasmonic nanoparticles. The project drew from the Institute's strengths in fiber production, the application and synthesis of plasmonically active nanoparticles, and microfluidics.

Fiber-based sensors offer excellent possibilities for the quick determination of various analytes, high sensitivity relative to the low sample volume (pI range), and large potential for the miniaturization, integration, and cost-effective implementation of sensors. For several years now MOFs have been tested for such applications. Metal nanoparticles can be used in novel sensors (so-called *localized surface plasmon resonance* (LSPR) sensors) as core elements in signal transformation. The sensor effect is based on a spectral shift in the localized surface plasmon resonance which occurs when the analyte to be examined docks onto the particle surface. By integrating such particles into MOFs the readout of these effects can be realized with fiber optical. In addition, nanoparticles can serve as the starting layer for a homogenous internal metal coating and hence for other types of sensors (e.g., so-called *surface plasmon resonance* (SPR) sensors).

At the beginning of the project the formation of particle layers on planar substrates and in simple hollow fibers based on adhesive precursor layers was examined. At the same time, suitable microreactor chambers were designed and built, the fluidic coupling of hollow fibers was tested, and the fluidic behavior of both the chip and the fiber was modeled. The resulting experience made the creation of a uniform internal coating with various metal nanoparticles (Au, Ag, Pt,  $\varnothing$  ca. 15–80 nm) across fiber lengths exceeding 40 cm possible, including even the tiny MOF cavities ( $\varnothing$  ca. 30  $\mu$ m). Images taken with a scanning electron microscope (SEM) show the uniformity of these layers (Fig. 2c). Even though the fiber cavities do not possess a constant radius of curvature the layers feature a homogenous thickness. In general, deposition according to this principle is possible even in significantly longer fibers. The first particle-specific spectra were able to be read out optically. Current research focuses on the testing of different sensor concepts for SPR and LSPR sensors. One possible application of fibers with incorporated plasmonic layers created during this project is DNA bioanalytics. ●

Präkursorschichten durchgeführt. Parallel dazu wurden geeignete Mikroreaktorkammern entworfen und hergestellt, die fluidische Einkopplung von Hohlfasern getestet und das fluidische Verhalten von Chip und Faser modelliert. Mit den gewonnenen Erfahrungen ist es gelungen, auch in den winzigen Hohlräumen ( $\varnothing$  ca. 30  $\mu\text{m}$ ) der MOFs über Faserlängen von mehr als 40 cm eine gleichmäßige Innenbeschichtung mit verschiedenen Metall-Nanopartikeln (Au, Ag, Pt,  $\varnothing$  ca. 15–80 nm) zu erzeugen. Rasterelektronenmikroskopische (REM) Aufnahmen haben gezeigt, dass diese Schichten gleichmäßig sind (Abb. 2c). Obwohl die Faserhohlräume keine konstanten Krümmungsradien aufweisen, besitzen die Schichten eine homogene Dicke. Prinzipiell ist eine Abscheidung nach diesem Verfahren auch in deutlich längeren Faserstücken möglich. Es konnten erste partikelspezifische Spektren optisch ausgelesen werden. Aktuelle Arbeiten fokussieren sich auf die Erprobung und Testung verschiedener Sensor-Konzepte für SPR- sowie LSPR-Sensorik. Eine mögliche Applikation der im Projekt erzeugten Fasern mit inkorporierten plasmonischen Schichten bietet die DNA-Bioanalytik. ●

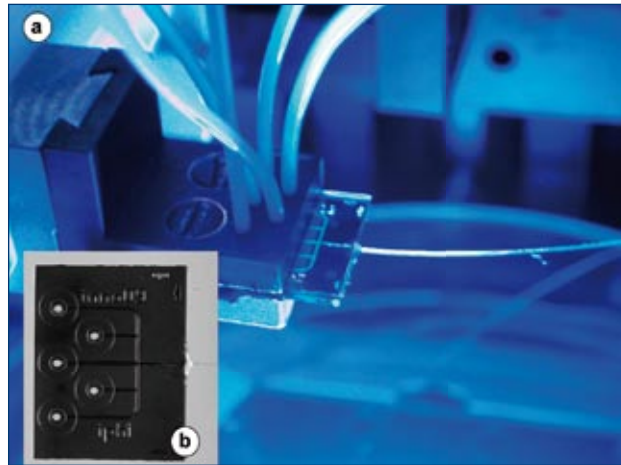


Abb. 1: Fluidische Ankopplung von Hohlfasern (a) in einem Mikrofluidik-Chip (b) zum kontrollierten Befüllen mit Nanopartikeln und zur Herstellung dünner Metall-Filme.

Fig. 1: Fluidic coupling of hollow fibers (a) into a microfluidic chip (b) for the controlled filling with nanoparticles and for the creation of thin metal films.

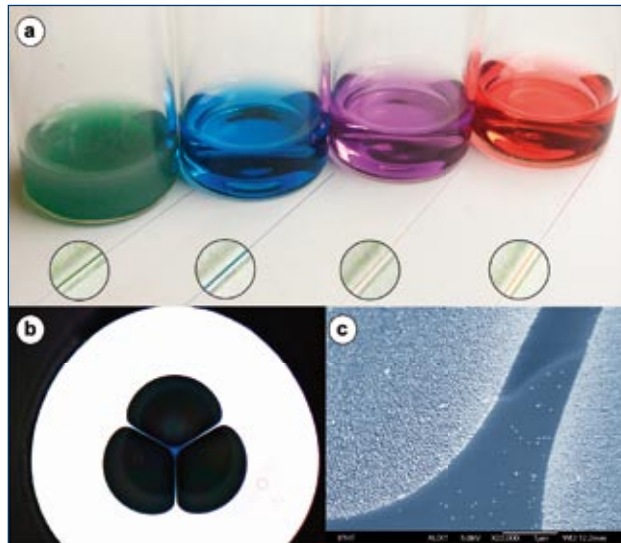
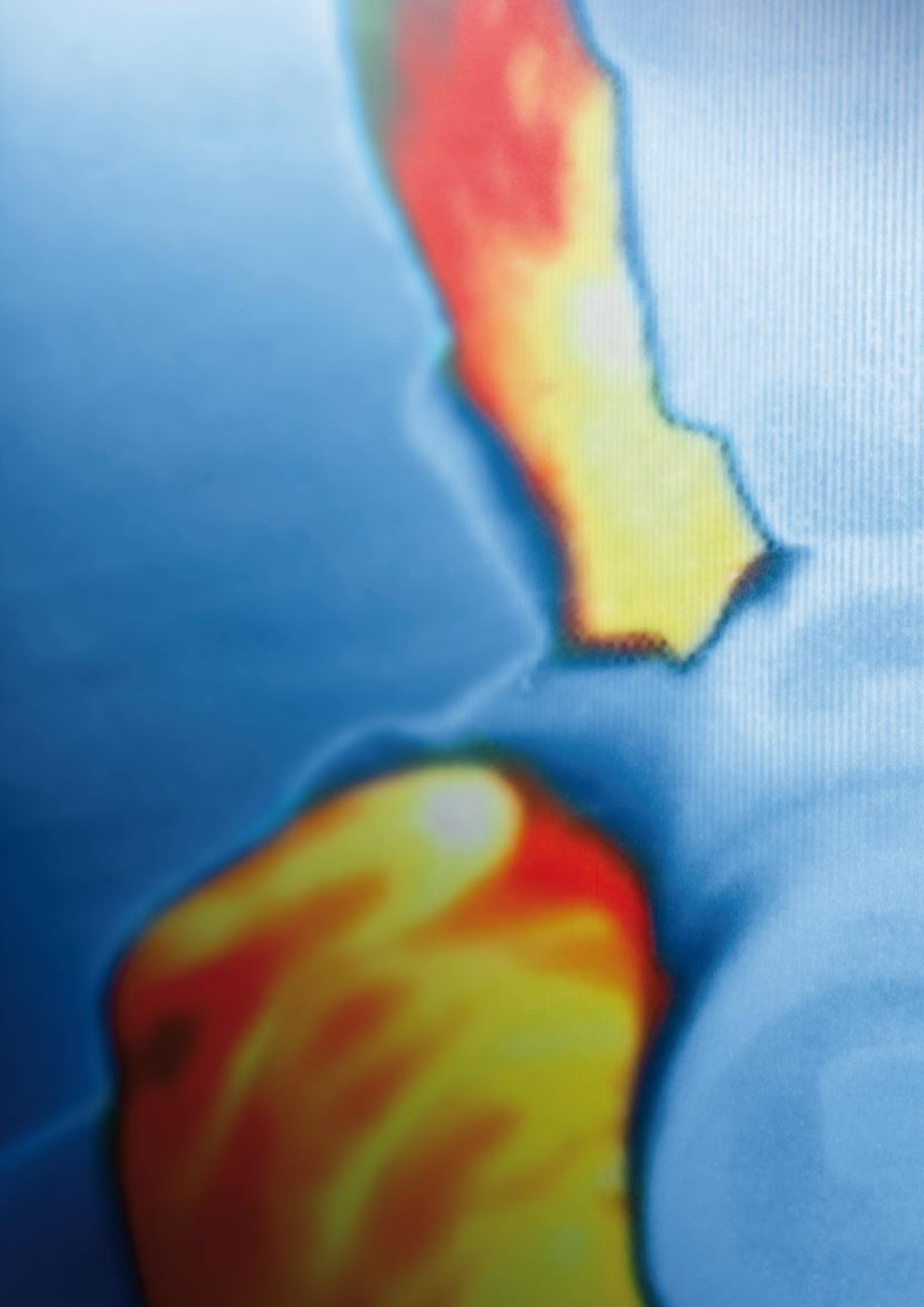
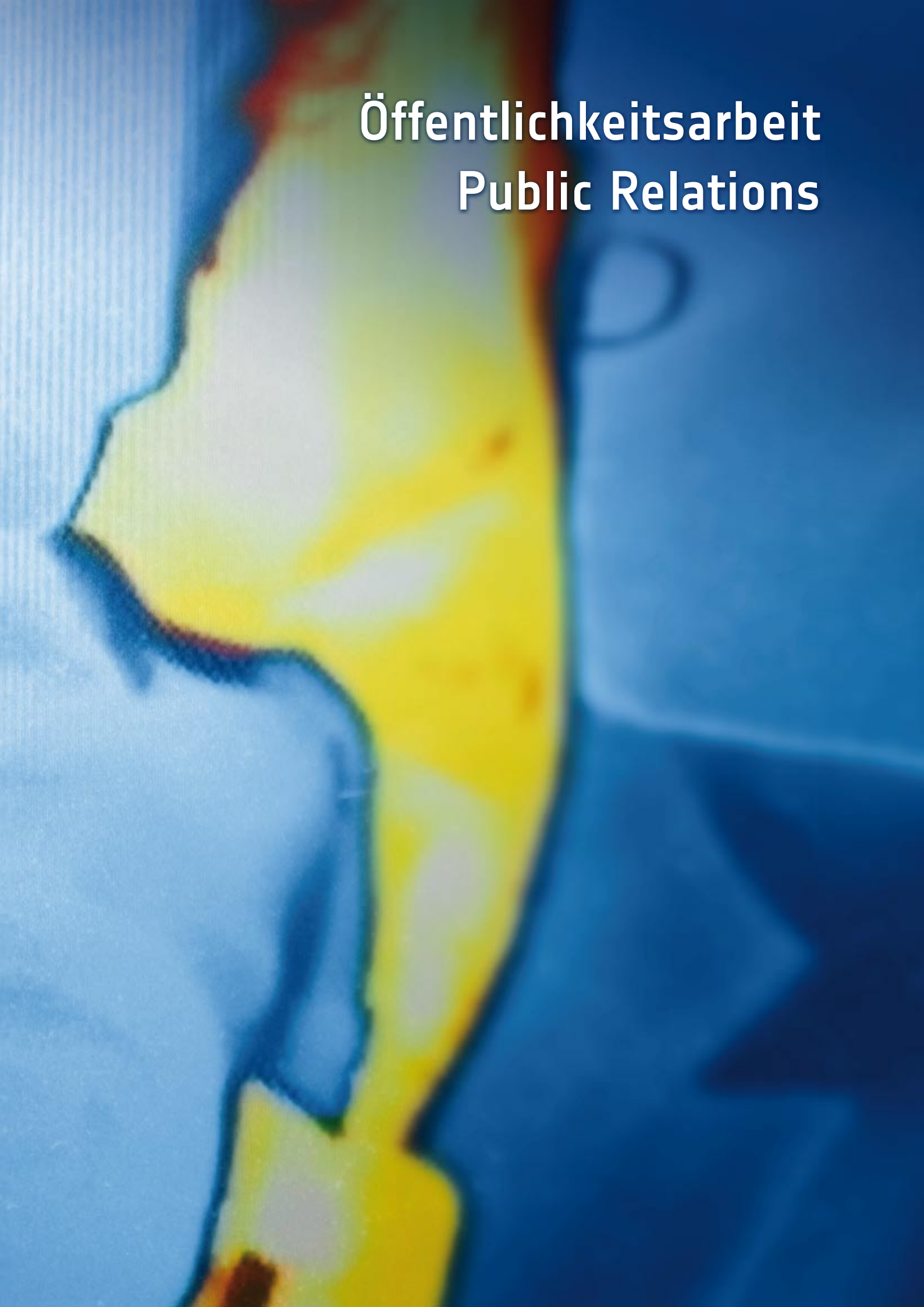


Abb. 2: Kolloidale Lösungen von Metall-Nanopartikeln mit entsprechend farbigen Fasern (a). Mikroskopische Aufnahme einer mikrostrukturierten optischen Faser (MOF) mit Sensorschicht basierend auf Metall-Nanopartikeln (b). Die Faserinnenräume weisen eine homogene Nanopartikel-Beschichtung auf (c).

Fig. 2: Colloidal solutions of metal nanoparticles and fibers of corresponding color (a). Microscopic image of microstructured optical fiber (MOF) with sensor layer based on metal nanoparticles (b). SEM image: fiber cavities exhibit a homogeneous nanoparticle coating (c).



# Öffentlichkeitsarbeit Public Relations





94 Forschung am IPHT ist keine Wissenschaft im Elfenbeinturm. Mit zahlreichen Aktionen und Auftritten sowie durch eine offensive Pressearbeit hat das Institut umfangreich und transparent Öffentlichkeit und Medien über Forschungsprojekte informiert. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf einer Reihe medienwirksamer Veranstaltungen. Dem Fachpublikum stellte das Institut auf mehreren Messen seine Arbeiten vor. Hervorzuheben sind hier die Präsentation der Terahertz-Kamera auf der Hannover Messe sowie der Auftritt auf der LASER 2009 in München.

Nicht nur das Fachpublikum, auch der interessierte Laie hatte 2009 umfangreiche Möglichkeiten sich über die Forschungsaktivitäten des IPHT zu informieren. Mit über 2.000 Besuchern bei der ›Langen Nacht der Wissenschaften‹ gehörte das Institut zu den Publikumsmagneten. Groß und klein waren fasziniert von den vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Licht in Forschung und Alltag. Mit allen Auftritten und Aktionen galt es, das Erscheinungsbild des IPHT nach Außen zu prägen.

Das Team der Öffentlichkeitsarbeit begleitet die Maßnahmen der Umstrukturierung und Profilbildung.



›ZDF heute‹ 15. Juni 2009

Research at IPHT is not science in the proverbial ivory tower. In several campaigns, appearances, and with intensive public relations the Institute informed the public and the media about its research projects in a comprehensive and transparent way. IPHT focused on several activities that generated a lot of media attention. At several trade shows the Institute presented its work to an audience of specialists. Particularly noteworthy is the presentation of the Terahertz camera during the Hanover Fair and the exhibition during the LASER 2009 in Munich.

Not only specialists but also the interested layman had many opportunities in 2009 to familiarize themselves with research activities at IPHT. With more than 2,000 visitors during the ›Long Night of Sciences‹ IPHT was one of the crowd magnets. Young and old alike were fascinated by the many uses of light in research and everyday life. Each activity and appearance was meant to shape the positive public perception of IPHT.

The public relations team accompanied the restructuring measures taken at the Institute and is active in building its profile. With creative ideas and in close cooperation with regional service providers high quality information material was produced.

Collaboration on research projects in the field of photonics on a European and international level is becoming increasingly important. Together with the ›Biophotonics‹ research program and the European Network of Excellence ›Photonics4Life‹ (P4L) IPHT organized several national and international congresses and trade shows. Both initiatives are coordinated under the supervision of Professor Jürgen Popp. Both press and public relations are also managed at IPHT. A highlight this year was the appearance of the

Mit kreativen Ideen und in enger Zusammenarbeit mit Dienstleistern aus der Region entstanden hochwertige Informationsmaterialien.

Die Vernetzung der Forschungsaktivitäten im Bereich Photonik auf europäischer und internationaler Ebene gewinnt zunehmend an Bedeutung. Zusammen mit dem ›Forschungsschwerpunkt Biophotonik‹ und dem Europäischen Exzellenz-Netzwerk ›Photonics4Life‹ (P4L) organisierte das IPHT eine Reihe nationaler und internationaler Kongresse und Messen. Beide Initiativen werden unter Leitung von Professor Jürgen Popp koordiniert. Die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit wird ebenfalls vom IPHT aus betreut. Ein Highlight war dieses Jahr der Auftritt des ›Forschungsschwerpunktes Biophotonik‹ auf der LASER World of PHOTONICS 2009 in München. Auf einem Stand von über 130 qm präsentierten die Forschungsverbände der laufenden dritten Biophotonik-Förderrunde ihre Arbeiten. Unter dem Titel ›Von Alzheimer bis Zellbiologie: Optische Technologien für Medizin und Lebenswissenschaften‹ erhielten die zahlreichen Fachbesucher und Medienvertreter Einblick in die verschiedenen vom BMBF geförderten Projekte. Besondere mediale Aufmerksamkeit erlangte der Verbund ›TumorVision‹ (www.biophotonic.org). Über die von ihm erforschte Fluoreszenz-Video-Endoskopie berichtete das ZDF am Eröffnungstag in den heute-Nachrichten. Das Klinikum Großhadern bei München setzt den fluoreszenzbasierten Nachweis kleinster Tumore bereits zur Erkennung von Blasenkrebs ein.

Zahlreiche hochrangige wissenschaftliche Meetings, Workshops und Konferenzen auf nationaler und europäischer Ebene wurden organisiert, so beispielsweise die ECBO 2009 in München. Außerdem engagiert sich das IPHT im Rahmen der Photonik 2020 und der Photonics21 an der Diskussion über die zukünftige Ausrichtung der Photonik. ●



›Thüringer Journal‹, 5. Januar 2010

›Biophotonics research program‹ at the LASER World of PHOTONICS 2009 in Munich. At a booth more than 130 m<sup>2</sup> large, the various research associations of the current – third – round of funding in biophotonics presented their works. Under the motto ›From Alzheimer's to Cell Biology: Optical Technologies for Medicine and the Life Sciences,‹ many experts in the industry and many media representatives gained insight into the different projects funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Particular media attention was given to the ›TumorVision‹ research group (www.biophotonic.org). Their research on fluorescence video endoscopy was covered in the evening news by the German TV station ZDF on opening day. The Klinikum Großhadern hospital complex in Munich is already using this method for the fluorescence-based detection of extremely small tumors in bladder cancer recognition.

Several high-ranking scientific meetings, workshops, and conferences, such as the ECBO 2009 in Munich, were organized on both the national and European levels. Furthermore, within the scope of Photonik 2020 and Photonics21 IPHT is actively involved in the discussion about the future direction of photonics. ●



›Thüringer Allgemeine‹, 7. Januar 2010

INSTITUT für  
PHOTONISCHE  
TECHNOLOGIEN  
**ipht jena**  
[www.ipht-jena.de](http://www.ipht-jena.de)

INSTITUT für  
PHOTONISCHE  
TECHNOLOGIEN  
**ipht jena**  
Photonische Instrumentierung  
[www.ipht-jena.de](http://www.ipht-jena.de)

INSTITUT für  
PHOTONISCHE  
TECHNOLOGIEN  
**ipht jena**  
Photonische Instrumentierung  
[www.ipht-jena.de](http://www.ipht-jena.de)

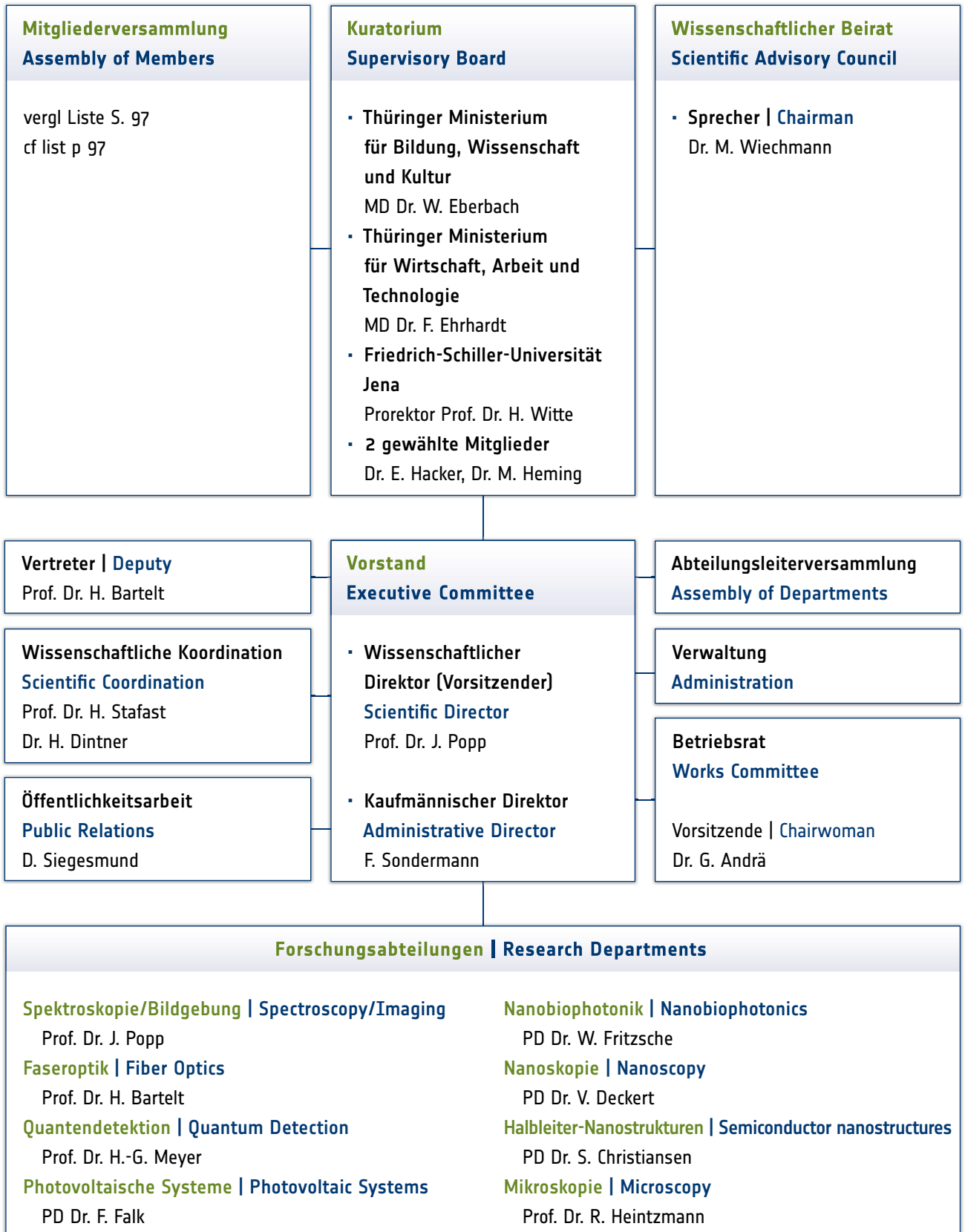


# Organisation Organization



Organigramm

Organization Chart



**Wissenschaftlicher Beirat****Scientific Advisory Council****Sprecher | Chairman**

Dr. Martin Wiechmann Carl Zeiss Meditec AG, Jena

**Ehrenmitglieder | Honorary Members**

Prof. Dr. Bruno Elschner † Darmstadt  
 Prof. Dr. Siegfried Methfessel Witten-Herbede

**Ordentliche Mitglieder | Full Members**

Dipl.-Ing. Klaus Berka Analytik Jena  
 Prof. Dr. Richard Kowarschik Friedrich-Schiller-Universität, Jena  
 Prof. Dr. Georg Kuka Fiberware GmbH, Mittweida  
 Prof. Dr. Falk Lederer Friedrich-Schiller-Universität, Jena  
 Prof. Dr. Michael Siegel Universität (TU) Karlsruhe  
 Dr. Ulrich Simon Carl Zeiss MicroImaging AG, Jena  
 Dr. Stephan Spaniol CeramOptec GmbH, Bonn  
 Dr. Thomas Töpfer Lastronics GmbH, Lederhose

**2009 neu hinzugekommen | joined in 2009**

Dr. Thomas Fehn Jenoptik L.O.S., Jena  
 Prof. Dr. Bernd Rech Helmholtz-Zentrum Berlin & TU Berlin  
 Prof. Dr. Theo Tschudi Darmstadt

### Mitglieder des IPHT e.V.

#### Members of the Convention

<b>Institutionelle Mitglieder   Membership of institutions</b>	
Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Erfurt	RD Dr. Gert Meißner (bis / until Oct 2009) RD Dennys Klein (ab / since Dec 2009)
Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie, Erfurt	MD Dr. Frank Ehrhardt
Stadt Jena	Oberbürgermeister Dr. Albrecht Schröter
Friedrich-Schiller-Universität Jena	Prorektor Prof. Dr. Herbert Witte
Fachhochschule Jena	Rektorin Prof. Dr. Gabriele Beibst
CiS Institut für Mikrosensorik e.V., Erfurt	Dr. Hans-Joachim Freitag
Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung e.V., Dresden	Prof. Dr. Ludwig Schultz
Sparkasse Jena-Saale-Holzland	Herr Martin Fischer
TÜV Thüringen e.V., Erfurt	Herr Bernd Moser
4H Jena Engineering GmbH	Herr Manfred Koch
Robert Bosch GmbH, Stuttgart	Dr. Achim Moritz
j-fiber GmbH, Jena	Herr Lothar Brehm

<b>Persönliche Mitglieder   Personal members</b>	
Prof. Dr. Hartmut Bartelt	Institut für Photonische Technologien e.V., Jena
Prof. Dr. Bruno Elschner †	Darmstadt
Dr. Klaus Fischer	Institut für Photonische Technologien e.V., Jena
Prof. Dr. Peter Görnert	Innovent e.V., Jena
Frau Elke Harjes-Ecker	Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Erfurt
Prof. Dr. Karl-August Hempel	RWTH Aachen
Prof. Dr. Hans Eckhardt Hoenig	Erlangen
Herr Bernd Krekel	Commerzbank AG, Jena
Prof. Dr. Siegfried Methfessel	Witten-Herbede
Prof. Dr. Jürgen Popp	Institut für Photonische Technologien e.V., Jena
Herr Frank Sondermann	Institut für Photonische Technologien e.V., Jena
Prof. Dr. Herbert Stafast	Institut für Photonische Technologien e.V., Jena

**Finanzen des Instituts 2009****Budget of the Institute 2009**

	in T€
Institutionelle Förderung (Freistaat Thüringen)	
Institutional Funding (Free State of Thuringia)	8.267,4
Drittmittel   Project funding	12.926,4
	<b>21.193,8</b>

**Institutionelle Förderung: Verwendung****Institutional funding: use**

Personalmittel   staff	4.909,1
Sachmittel   materials	2.251,0
Investitionsmittel   investments	1.107,3
	<b>8.267,4</b>

**Aufgliederung Drittmittel****Categorization of Project funding**

BMBF/ BMU   Federal ministry	2.638,0
DFG   German Research Foundation	181,7
Freistaat Thüringen   Free State of Thuringia (davon für Umstrukturierung im Rahmen von EFRE   thereof for restructuring within the framework of EFRE: 3.448,2 T€ und für Erweiterung Reinraum über Konjunkturprogramm II   and for extension of the clean room facility by the Economic Stimulus Package II: 500,0 T€)	5.625,0
EU   European Union	748,1
Aufträge öffentlicher Einrichtungen   Contracts of public institutions	205,6
Sonstige Zuwendungsgeber   Other fundings	498,2
Unterauftr. in Verbundprojekten   Subcontracts	786,6
FuE-Aufträge incl. wtL   R&D contracts	2.243,2
	<b>12.926,4</b>

## ORGANISATION

### Personal des Institutes

#### Staff of the institute

	Institutionelle Förderung Institutional funding	Öffentl. Förderung Public funding	Industrie Forschung Industrial research	Sonstige Others	Summe Total
Wissenschaftler Scientists	31,25 33	40,98 42	9,75 10		81,98 85
Gastwissenschaftler Visiting Scientists				7	7
Extern finanzierte Mitarbeiter External financed Employees				18	18
Doktoranden Doctoral Candidates	3,9 6	15,65 28	5,67 11		25,22 45
Extern finanzierte Doktoranden External financed Doctoral Candidates				17	17
Technisches Personal Technical Staff	32,84 35	25,8 27	16 17		74,64 79
Kaufmännisches Personal Administration	11,66 12	1 1	1,75 2		14,41 15
Leitung Management	6,69 8	3 3	1 1	2,5 3	13,19 15
Auszubildende Trainees	4 4				4 4
<b>Gesamtpersonal Total Staff</b>	<b>98</b>	<b>101</b>	<b>41</b>	<b>45</b>	<b>285</b>

■ = Vollbeschäftigungseinheiten

■ = Personen

The background of the page is a close-up photograph of many green, needle-like or fibrous structures. These structures are scattered across a blue surface, which is slightly out of focus. The green structures have a textured, almost crystalline appearance, with some showing fine longitudinal lines. The overall composition is dense and abstract, with the green elements contrasting sharply against the blue background.

# Anhang Appendix

## Originalartikel

## Full Paper

1. Akimov, Denis; Chatzipapdopoulos, Susana; Meyer, Tobias; Tarcea, Nicolae; Dietzek, Benjamin; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Different contrast information obtained from CARS and nonresonant FWM images‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* 40(8), 941 (2009)
2. Anders, Solveig; Schmelz, Matthias; Fritzsich, Ludwig; Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; Schönau, Thomas; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Sub-micrometer-sized, cross-type Nb-AlO<sub>x</sub>-Nb tunnel junctions with low parasitic capacitance‹  
*Superconductor Science and Technology* 22(6), 064012 (2009)
3. Anders, Solveig; May, Torsten; Zakosarenko, Viatcheslav; Starkloff, Michael; Zieger, Gabriel; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Structured SiN membranes as platform for cryogenic bolometers‹  
*Microelectronic Engineering* 86(4-6), 913 (2009)
4. Bailo, Elena; Fruk, Ljiljana; Niemeyer, Christof M.; and Deckert, Volker  
 ›Surface-enhanced Raman scattering as a tool to probe cytochrome P450-catalysed substrate oxidation‹  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry* 394(7), 1797 (2009)
5. Bashouti, Muhammad Y.; Paska, Yair; Puniredd, Sreenivasa R.; Stelzner, Thomas; Christiansen, Silke; and Haick, Hossam  
 ›Silicon nanowires terminated with methyl functionalities exhibit stronger Si-C bonds than equivalent 2 D surfaces‹  
*Physical Chemistry Chemical Physics* 11(20), 3845 (2009)
6. Bashouti, Muhammad Y.; Stelzner, Thomas; Christiansen, Silke; and Haick, Hossam  
 ›Covalent Attachment of Alkyl Functionality to 50 nm Silicon Nanowires through a Chlorination/Alkylation Process‹  
*Journal of Physical Chemistry C* 113(33), 14823 (2009)
7. Becker, Marco; Budich, Christian; Deckert, Volker; and Janasek, Dirk  
 ›Isotachophoretic free-flow electrophoretic focusing and SERS detection of myoglobin inside a miniaturized device‹  
*Analyst* 134(1), 38 (2009)
8. Becker, Martin; Fernandes, Luis; Rothhardt, Manfred; Brückner, Sven; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; Frazao, Orlando; Bartelt, Hartmut; and Marques, Paulo S.  
 ›Inscription of fiber bragg grating arrays in pure silica suspended core fibers‹  
*IEEE Photonics Technology Letters* 21(19), 1453 (2009)
9. Becker, Michael; Gösele, Ulrich; Hofmann, A.; and Christiansen, Silke  
 ›Highly p-doped regions in silicon solar cells quantitatively analyzed by small angle beveling and micro-Raman spectroscopy‹  
*Journal of Applied Physics* 106(7), 074515/9 (2009)
10. Becker, Michael; Stelzner, Thomas; Steinbrück, Andrea; Berger, Andreas; Liu, Jie; Lerose, Damiana; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Selectively Deposited Silver Coatings on Gold-Capped Silicon Nanowires for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy‹  
*ChemPhysChem* 10(8), 1219 (2009)
11. Bocklitz, Thomas; Putsche, Melanie; Stüber, Carsten; Käs, Joseph; Niendorf, Axel; Rösch, Petra; and Popp, Jürgen  
 ›A comprehensive study of classification methods for medical diagnosis‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* 40(12), 1759 (2009)



12. Böhme, René; Richter, Marc; Cialla, Dana; Rösch, Petra; Deckert, Volker; and Popp, Jürgen  
 ›Towards a specific characterisation of components on a cell surface – combined TERS-investigations of lipids and human cells‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* **40**(10), 1452 (2009)
13. Busch, Matthias; Ecke, Wolfgang; Latka, Ines; Fischer, Daniel; Willsch, Reinhardt; and Bartelt, Hartmut  
 ›Inscription and characterization of Bragg gratings in single-crystal sapphire optical fibres for high-temperature sensor applications‹  
*Measurement Science and Technology* **20**(11), 115301/6 (2009)
14. Christiansen, Silke; Chou, J. W.; Becker, Michael; Sivakov, Vladimir; Ehrhold, K.; Berger, Andreas; Chou, W. C.; Chuu, D. S.; and Gösele, Ulrich  
 ›Fluorescence signals of core-shell quantum dots enhanced by single crystalline gold caps on silicon nanowires‹  
*Nanotechnology* **20**(16), 165301 (2009)
15. Cialla, Dana; Siebert, Ronald; Hübner, Uwe; Möller, Robert; Schneidewind, Henrik; Mattheis, Roland; Petschulat, Jörg; Tünnermann, Andreas; Pertsch, Thomas; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Ultrafast plasmon dynamics and evanescent field distribution of reproducible surface-enhanced Raman-scattering substrates‹  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry* **394**(7), 1811 (2009)
16. Cialla, Dana; Deckert-Gaudig, Tanja; Budich, Christian; Laue, Michael; Möller, Robert; Naumann, Dieter; Deckert, Volker; and Popp, Jürgen  
 ›Raman to the limit: tip-enhanced Raman spectroscopic investigations of a single tobacco mosaic virus‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* **40**(3), 240 (2009)
17. Dakin, John P.; Ecke, Wolfgang; Schröder, Kerstin; and Reuter, Martin  
 ›Optical fiber sensors using hollow glass spheres and CCD spectrometer interrogator‹  
*Optics and Lasers in Engineering* **47**(10), 1034 (2009)
18. Deckert-Gaudig, Tanja; Erver, Florian; and Deckert, Volker  
 ›Transparent silver microcrystals: synthesis and application for nanoscale analysis‹  
*Langmuir* **25**(11), 6032 (2009)
19. Deckert-Gaudig, Tanja; Bailo, Elena; and Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman scattering (TERS) of oxidised glutathione on an ultraflat gold nanoplate‹  
*Physical Chemistry Chemical Physics* **11**(34), 7360 (2009)
20. Deckert-Gaudig, Tanja and Deckert, Volker  
 ›Ultraflat Transparent Gold Nanoplates – Ideal Substrates for Tip-enhanced Raman Scattering Experiments‹  
*Small* **5**(4), 432 (2009)
21. Deckert-Gaudig, Tanja and Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman scattering studies of histidine on novel silver substrates‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* **40**(10), 1446 (2009)
22. Diegel, Marco; Glathe, Sascha; Mattheis, Roland; Scherzinger, M.; and Halder, E.  
 ›A New Four Bit Magnetic Domain Wall Based Multiturn Counter‹  
*IEEE Transactions on Magnetics* **45**(10), 3792 (2009)
23. Dietzek, Benjamin; Tschierlei, Stefanie; Hermann, Gudrun; Yartsev, Arkady; Pascher, Torbjörn; Sundström, Villy; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Protochlorophyllide a: A Comprehensive Photophysical Picture‹  
*ChemPhysChem* **10**(1), 144 (2009)

24. Dreissig, Isabell; Machill, Susanne; Salzer, Reiner; and Krafft, Christoph  
 ›Quantification of brain lipids by FTIR spectroscopy and partial least squares regression‹  
*Spectrochimica Acta Part A- Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 71(5), 2069 (2009)
25. Dutz, Silvio; Clement, Joachim H.; Eberbeck, Dietmar; Gelbrich, Thorsten; Hergt, Rudolf; Müller, Robert; Wotschadlo, Jana; and Zeisberger, Matthias  
 ›Ferrofluids of magnetic multicore nanoparticles for biomedical applications‹  
*Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 321(10), 1501 (2009)
26. Franke, Marco; Paa, Wolfgang; Triebel, Wolfgang; Zeuner, Thomas; and Stafast, Herbert  
 ›Electrically tunable Lyot filter for fast wavelength-switching of diode-pumped solid-state disk lasers‹  
*Applied Physics B: Lasers and Optics* 97(2), 421 (2009)
27. Franke, Marco; Paa, Wolfgang; Triebel, Wolfgang; Schnepf, Matthias; and Stafast, Herbert  
 ›Fast wavelength-switching of a diode-pumped solid-state disk laser‹  
*Applied Physics B: Lasers and Optics* 94(1), 65 (2009)
28. Frazao, Orlando; Aref, S. H.; Baptista, Jose M.; Santos, Jose L. O.; Latifi, H.; Farahi, F.; Kobelke, Jens; and Schuster, Kay  
 ›Fabry-Perot Cavity Based on a Suspended-Core Fiber for Strain and Temperature Measurement‹  
*IEEE Photonics Technology Letters* 21(17), 1229 (2009)
29. Frosch, Torsten and Popp, Jürgen  
 ›Relationship between molecular structure and Raman spectra of quinolines‹  
*Journal of Molecular Structure* 924-926, 301 (2009)
30. Frosch, Torsten; Koncarevic, Sasa; Becker, Katja; and Popp, Jürgen  
 ›Morphology-sensitive Raman modes of the malaria pigment hemozoin‹  
*Analyst* 134(6), 1126 (2009)
31. Gaoa, X. S.; Bao, D. H.; Birajdar, B.; Habisreuther, Tobias; Mattheis, Roland; Schubert, M. A.; Alexe, M.; and Hesse, D.  
 ›Switching of magnetic Anisotropy in epitaxial CoFe<sup>2</sup>O<sub>4</sub> Thin Films Induced by SrRuO<sub>3</sub> Buffer Layer‹  
*Journal of Physics D: Applied Physics* 42(17), 175006 (2009)
32. Geernaert, Thomas; Luyckx, Geerd; Voet, Eli; Nasilowski, Tomas; Chah, Karima; Becker, Martin; Bartelt, Hartmut; Urbanczyk, Watzlaw; Wojcik, Jan; De Waele, Wim; Degrieck, Joris; Terryn, Herman; Berghmans, Francis; and Thienpont, Hugo  
 ›Transversal load sensing with fiber bragg gratings in microstructured optical fibers‹  
*IEEE Photonics Technology Letters* 21(1), 6 (2009)
33. Gonzales-Weinmuller, Marcela; Zeisberger, Matthias; and Krishnan, Kannan M.  
 ›Size-dependent heating rates of iron oxide nanoparticles for magnetic fluid hyperthermia‹  
*Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 321(13), 1947 (2009)
34. Graham, Duncan and Deckert, Volker  
 ›Editorial – a light diagnosis‹  
*Analyst* 134(6), 1027 (2009)
35. Harz, Michaela; Kiehntopf, Michael; Stöckel, Stephan; Rösch, Petra; Straube, Eberhard; Deufel, Thomas; and Popp, Jürgen  
 ›Direct analysis of clinical relevant single bacterial cells from cerebrospinal fluid during bacterial meningitis by means of micro-Raman spectroscopy‹  
*Journal of Biophotonics* 2(1-2), 70 (2009)
36. Harz, Michaela; Rösch, Petra; and Popp, Jürgen  
 ›Vibrational spectroscopy – A powerful tool for the rapid identification of microbial cells at the single-cell level‹  
*Cytometry Part A* 75A(2), 104 (2009)

37. Heidt, Alexander  
 ›Efficient Adaptive Step Size Method for the Simulation of Supercontinuum Generation in Optical Fibers‹  
*Journal of Lightwave Technology* 27(18), 3984 (2009)
38. Hoeflich, Katja; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Near-field investigations of nanoshell cylinder dimers‹  
*The Journal of Chemical Physics* 131(16), 164704/7 (2009)
39. Hoeflich, Katja; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Are volume plasmons excitable by classical light?‹  
*Physical Review Letters* 103(8), 087404/4 (2009)
40. Hoffmann, S.; Bauer, J.; Ronning, C.; Stelzner, Thomas; Michler, J.; Ballif, C.; Sivakov, Vladimir; and Christiansen, Silke  
 ›Axial p-n junctions realized in silicon nanowires by ion implantation‹  
*Nano Letters* 9(4), 1341 (2009)
41. Hübner, Uwe; Petschulat, Jörg; Pshenay-Severin, Ekaterina; Chipouline, Arkadi; Pertsch, Thomas; Rockstuhl, Carsten; and Lederer, Falk  
 ›Negative-index materials: Two approaches for nanofabricated metamaterials‹  
*Microelectronic Engineering* 86(4-6), 1138 (2009)
42. Il'ichev, Evgeny; Ploeg, S. H. W. van der; Grajcar, M.; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Weak continuous measurements of multiqubits systems‹  
*Quantum Information Processing* 8(2-3), 133 (2009)
43. Ivanovski, Vladimir; Mayerhöfer, Thomas; and Popp, Jürgen  
 ›Employing polyethylene as contacting agent between ATR-crystals and solid samples with hard surfaces‹  
*Journal of Molecular Structure* 924-926, 571 (2009)
44. Jetschke, Sylvia and Röpke, Ulrich  
 ›Power-law dependence of the photodarkening rate constant on the inversion in Yb doped fibers‹  
*Optics Letters* 34(1), 109 (2009)
45. Just, Florian; Müller, Hans-Rainer; Unger, Sonja; Kirchhof, Johannes; Reichel, Volker; and Bartelt, Hartmut  
 ›Ytterbium-doping related stresses in preforms for high-power fiber-lasers‹  
*Journal of Lightwave Technology* 27(12), 2111 (2009)
46. Jürgens, Marion; Rösch, Petra; Keller, Fred; and Popp, Jürgen  
 ›Feinstaub: Verursachern auf der Spur‹  
*Nachrichten Aus Der Chemie* 57(3), 326 (2009)
47. Kaiser, Andreas; Dutz, Silvio; and Schmidt, Annette  
 ›Kinetic Studies of Surface-Initiated Atom Transfer Radical Polymerization in the Synthesis of magnetic fluids‹  
*Journal of Polymer Science A: Polymer Chemistry* 47(24), 7012 (2009)
48. Kaiser, Thomas; Flamm, Daniel; Schröter, Siegmund; and Duparre, Michael  
 ›Complete modal decomposition for optical fibers using CHG-based correlation filters‹  
*Optics Express* 17(11), 9347 (2009)
49. Kanka, Mario; Riesenberger, Rainer; and Kreuzer, H. J.  
 ›Reconstruction of high-resolution holographic microscopic images‹  
*Optics Letters* 34(8), 1162 (2009)
50. Karnahl, Michael; Kriek, Sven; Görls, Helmar; Tschierlei, Stefanie; Schmitt, Michael; Popp, Jürgen; Chartrand, Daniel; Hanan, Garry S.; Groarke, Robert; Vos, Johannes G.; and Rau, Sven  
 ›Synthesis and Photophysical Properties of 3,8-Disubstituted 1,10-Phenanthrolines and Their Ruthenium(II) Complexes‹  
*European Journal of Inorganic Chemistry* 2009(33), 4962 (2009)

51. Kettering, Melanie; Zorn, Heike; Bremer-Streck, Sibylle; Oehring, Hartmut; Zeisberger, Matthias; Bergemann, Christian; Hergt, Rudolf; Halbhuber, Karl-Jürgen.; Kaiser, Werner A.; and Hilger, Ingrid  
 ›Characterization of iron oxide nanoparticles adsorbed with cisplatin for biomedical applications‹  
*Physics in Medicine and Biology* 54(17), 5109 (2009)
52. Knabbe, Cornelius; Fritzsche, Wolfgang; and Möller, Robert  
 ›Chip-based detection methods‹  
*Journal of Biophotonics* 2(4), 193 (2009)
53. Köhler, Milena; Machill, Susanne; Salzer, Reiner; and Krafft, Christoph  
 ›Characterization of lipid extracts from brain tissue and tumors using Raman spectroscopy and mass spectrometry‹  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry* 393(5), 1513 (2009)
54. Krafft, Christoph; Codrich, Daniela; Pellizo, Gloria; and Sergo, Valter  
 ›Raman and FTIR imaging of lung tissue: bronchopulmonary sequestration‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* 40(6), 595 (2009)
55. Krafft, Christoph; Steiner, Gerald; Beleites, Claudia; and Salzer, Reiner  
 ›Disease recognition by infrared and Raman spectroscopy‹  
*Journal of Biophotonics* 2(1-2), 13 (2009)
56. Krafft, Christoph; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Raman and CARS microspectroscopy of cells and tissues‹  
*Analyst* 134(6), 1046 (2009)
57. Krafft, Christoph; Ramoji, Anuradha A.; Bielecki, Christiane; Vogler, Nadine; Meyer, Tobias; Akimov, Denis; Rösch, Petra; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; Petersen, Iver; Stallmach, Andreas; and Popp, Jürgen  
 ›A comparative Raman and CARS imaging study of colon tissue‹  
*Journal of Biophotonics* 2(5), 303 (2009)
58. Kurland, Heinz-Dieter; Grabow, Janet; Staupendahl, Gisbert; Müller, Frank A.; Müller, Eberhardt; Dutz, Silvio; and Bellemann, Matthias E.  
 ›Magnetic iron oxide nanopowders produced by CO<sub>2</sub> laser Evaporation – in situ coating and particle embedding in a ceramic matrix‹  
*Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 321(10), 1381 (2009)
59. Lambert, Jörg; Hergenröder, Roland; Suter, Dieter; and Deckert, Volker  
 ›Probing liquid-liquid interfaces with spatially resolved NMR spectroscopy‹  
*Angewandte Chemie International Edition* 48(34), 6343 (2009)
60. Latka, Ines; Habisreuther, Tobias; and Zeisberger, Matthias  
 ›Fiber Bragg grating based spatially resolved characterization of flux-pinning-induced strain of disk-shaped bulk YBCO samples‹  
*Cryogenics* 49(7), 340 (2009)
61. Latka, Ines; Ecke, Wolfgang; Höfer, Bernd; Habisreuther, Tobias; and Willsch, Reinhardt  
 ›Fiber-optic Bragg gratings as magnetic field-insensitive strain sensors for the surveillance of cryogenic devices‹  
*Cryogenics* 49(9), 490 (2009)
62. Leich, Martin; Röpke, Ulrich; Jetschke, Sylvia; Unger, Sonja; Reichel, Volker; and Kirchhof, Johannes  
 ›Non-isothermal bleaching of photodarkened Yb doped fibers‹  
*Optics Express* 17(15), 12588 (2009)
63. Lindner, Eric; Brückner, Sven; Becker, Martin; Chojetzki, Christoph; Vlekken, Johan; Rothhardt, Manfred; and Bartelt, Hartmut  
 ›Arrays of Regenerated Fiber Bragg Gratings in Non-Hydrogen-Loaded Photosensitive Fibers for High-Temperature Sensor Networks‹  
*Sensors* 9 (10), 8377 (2009)

64. Lindner, Eric; Chojetzki, Christoph; Brückner, Sven; Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; and Bartelt, Hartmut  
 ›Thermal regeneration of fiber Bragg gratings in photosensitive fibers‹  
*Optics Express* 17(15), 12523 (2009)
65. Luyckx, Geerd; Voet, Eli; Geernaert, Thomas; Chah, Karima; Nasilowski, Tomas; De Waele, Wim; van Paepegem, Wim; Becker, Martin; Bartelt, Hartmut; Urbanczyk, Watzlaw; Wojcik, Jan; Degriek, Joris; Berghmans, Francis; and Thienpont, Hugo  
 ›Response of FBGs in Microstructured and Bow Tie Fibers Embedded in Laminated Composite‹  
*IEEE Photonics Technology Letters* 21(18), 1290 (15-9-2009)
66. Mariani, Melissa M.; Lampen, Peter; Popp, Jürgen; Wood, Bayden R.; and Deckert, Volker  
 ›Impact of fixation on in vitro cell culture lines monitored with Raman spectroscopy‹  
*Analyst* 134(6), 1154 (2009)
67. Martin, T.; Woltersdorf, G.; Stamm, C.; Dürr, H. A.; Mattheis, Roland; Back, C. H.; and Bayreuther, G.  
 ›Layer resolved magnetization dynamics in coupled magnetic films using time-resolved x-ray magnetic circular dichroism with continuous wave excitation‹  
*Journal of Applied Physics* 105(7), 07D310/3 (2009)
68. Mayerhöfer, Thomas and Popp, Jürgen  
 ›The 390  $\text{cm}^{-1}$  feature of polycrystalline hematite – An optical crystallite size effect‹  
*Icarus* 203(1), 303 (2009)
69. März, Anne; Ackermann, Katrin R.; Malsch, Daniëll; Bocklitz, Thomas; Henkel, Thomas; and Popp, Jürgen  
 ›Towards a quantitative SERS approach – online monitoring of analytes in a microfluidic system with isotope-edited internal standards‹  
*Journal of Biophotonics* 2(4), 232 (2009)
70. Moutanabbir, O.; Chabal, Y. J.; Chicoine, M.; Christiansen, Silke; Kraus-Rehberg, R.; Schiettekatte, F.; Scholz, R.; Seitz, O.; Senz, S.; Susskraut, F.; and Gösele, Ulrich  
 ›Mechanisms of ion-induced GaN thin layer splitting‹  
*Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions Materials and Atoms* 267(8-9), 1264 (2009)
71. Muntean, Cristina M.; Bratu, Ioan; Nalpantidis, Konstantinos; and Purcaru, Monica A. P.  
 ›Subpicosecond dynamics in calf-thymus DNA, in the presence of  $\text{Zn}^{2+}$  ions: A Raman spectroscopic study‹  
*Spectroscopy* 23(3-4), 141 (2009)
72. Muntean, Cristina M.; Nalpantidis, Konstantinos; Feldmann, Ingo; and Deckert, Volker  
 › $\text{Zn}^{2+}$  DNA interactions in aqueous systems: A Raman spectroscopic study‹  
*Spectroscopy* 23(3-4), 155 (2009)
73. Mühlig, Christian; Bublitz, Simon; and Kufert, Siegfried  
 ›Nonlinear absorption in single  $\text{LaF}_3$  and  $\text{MgF}_2$  layers at 193 nm measured by surface sensitive laser induced deflection (LID) technique‹  
*Applied Optics* 48(35), 6781 (2009)
74. Mühlig, Christian and Triebel, Wolfgang  
 ›ArF laser induced pulse absorption in fused silica (type III): modeling the fluence and repetition rate dependence‹  
*Journal of Non-Crystalline Solids* 355(18-21), 1080 (2009)
75. Neethling, P. H.; Scheidt, Torsten; Rohwer, E.; Bergmann von, H. M.; and Stafast, Herbert  
 ›Second harmonic generation as a technique to probe buried interfaces‹  
*South African Journal of Science* 105(7/8), 282 (2009)

76. Novikov, I. L.; Greenberg, Ya. S.; Schultze, Volkmar; Ijsselsteijn, Robbert; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Voltage-current and voltage-flux characteristics of asymmetric high  $T_c$  DC SQUIDS‹  
*Physica C: Superconductivity and Its Applications* **469**(1), 30 (2009)
77. Ortlepp, Thomas; Wuensch, Stephan; Schubert, Marco; Febvre, Pascal; Ebert, Björg; Kunert, Jürgen; Crocoll, Erich; Meyer, Hans-Georg; Siegel, Michael; and Uhlmann, Friedrich Hermann  
 ›Superconductor-to-Semiconductor Interface Circuit for High Data Rates‹  
*IEEE Transactions on Applied Superconductivity* **19**(1), 28 (2009)
78. Peter, Maria; Schüler, Thomas; Furthner, Francois; Rensing, Peter A.; van Heck, Gert T.; Schoo, Herman F.; Möller, Robert; Fritzsche, Wolfgang; van Bremen, Albert J. J. M.; and Meinders, Erwin R.  
 ›Flexible Biochips for Detection of Biomolecules‹  
*Langmuir* **25**(9), 5384 (2009)
79. Pissadakis, Stavros; Livitziis, Michalis; Tsididis, Georgios D.; Kobelke, Jens; and Schuster, Kay  
 ›Type IIA grating inscription in a highly nonlinear microstructured optical fiber‹  
*IEEE Photonics Technology Letters* **21**(4), 227 (2009)
80. Pleikies, J.; Usenko, O.; Stolz, Ronny; Fritzsich, Ludwig; Frossati, G.; and Flokstra, J.  
 ›Hot-electron effect in PdAu thin-film resistors with attached cooling fins‹  
*Superconductor Science and Technology* **22**(11), 114007 (2009)
81. Popp, Jürgen and Mayerhöfer, Thomas  
 ›Surface-enhanced Raman spectroscopy‹  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry* **394**(7), 1717 (2009)
82. Presselt, Martin; Schnedermann, Christoph; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Prediction of Electron Densities, the Respective Laplacians, and Ellipticities in Bond-Critical Points of Phenyl-CH-Bonds via Linear Relations to Parameters of Inherently Localized CD Stretching Vibrations and  $(1)H$  NMR-Shifts‹  
*Journal of Physical Chemistry A* **113**(13), 3210 (2009)
83. Prikhna, Tatiana A.; Gawalek, Wolfgang; Savchuk, Yaroslav M.; Kozyrev, Artem V.; Wendt, Michael; Melnikov, Vladimir S.; Turkevich, Vladimir Z.; Sergienko, Nina V.; Moshchil, Viktor E.; Dellith, Jan; Schmidt, Christa; Dub, Sergey N.; Habisreuther, Tobias; Litzkendorf, Doris; Nagorny, Peter A.; Sverdun, Vladimir B.; Weber, Harald W.; Eisterer, Michael; Noudem, Jaques; and Dittrich, Ulrich  
 ›Formation of Higher Borides During High-Pressure Synthesis and Sintering of Magnesium Diboride and Their Positive Effect on Pinning and Critical Current Density‹  
*IEEE Transactions on Applied Superconductivity* **9**(3), 2780 (2009)
84. Pshenay-Severin, Ekaterina; Hübner, Uwe; Menzel, Christoph; Helgert, Christian; Chipouline, Arkadi; Rockstuhl, Carsten; Tünnermann, Andreas; Lederer, Falk; and Pertsch, Thomas  
 ›Double-element metamaterial with negative index at near-infrared wavelengths‹  
*Optics Letters* **34**(11), 1678 (2009)
85. Rothhardt, Jan; Haedrich, S.; Gottschall, T.; Limpert, J.; Tünnermann, Andreas; Rothhardt, Manfred; Becker, Martin; Brückner, Sven; and Bartelt, Hartmut  
 ›Generation of flattop pump pulses for OPCPA by coherent pulse stacking with fiber Bragg gratings‹  
*Optics Express* **17**(18), 16332 (2009)
86. Rösch, Petra; Stöckel, Stephan; Meisel, Susann; Schumacher, Wilm; Boßecker, Anja; and Popp, Jürgen  
 ›Micro-Raman Spectroscopic Identification of Single Bacteria‹  
*International Journal of Medical Microbiology* **299**(Suppl. 46), 6 (2009)

87. Schmidl, Gabriele; Müller, Dirk; Triebel, Wolfgang; and Paa, Wolfgang  
 ›Fast measurement of fluorine distribution in doped fused silica by pulsed Raman scattering‹  
*Physics and Chemistry of Glasses – European Journal of Glass Science and Technology Part B* **50**(4), 267 (2009)
88. Schmidl, Gabriele; Paa, Wolfgang; Triebel, Wolfgang; Schippel, Stefan; and Heyer, Hartmut  
 ›Spectrally resolved cavity ring down measurement of high reflectivity mirrors using a super continuum laser source‹  
*Applied Optics* **48**(35), 6754 (2009)
89. Schröder, Kerstin; Ecke, Wolfgang; and Willsch, Reinhardt  
 ›Optical fiber Bragg grating hydrogen sensor based on evanescent-field interaction with palladium thin-film transducer‹  
*Optics and Lasers in Engineering* **47**(10), 1018 (2009)
90. Schubert, Marco; Starkloff, Michael; Meyer, Matthias; Wende, Gerd; Anders, Solveig; Steinbach, Birger; May, Torsten; and Meyer, Hans-Georg  
 ›First Direct Comparison of a Cryocooler-Based Josephson Voltage Standard System at 10 V‹  
*IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* **58**(4), 816 (2009)
91. Schüler, Thomas; Kretzschmer, Robert; Jessing, Sven; Urban, Matthias; Fritzsche, Wolfgang; Möller, Robert; and Popp, Jürgen  
 ›A disposable and cost efficient microfluidic device for the rapid chip-based electrical detection of DNA‹  
*Biosensors & Bioelectronics* **25**(1), 15 (2009)
92. Schüler, Thomas; Nykytenko, Alla; Csaki, Andrea; Möller, Robert; Fritzsche, Wolfgang; and Popp, Jürgen  
 ›UV cross-linking of unmodified DNA on glass surfaces‹  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry* **395**(4), 1097 (2009)
93. Schüler, Thomas; Steinbrück, Andrea; Festag, Grit; Möller, Robert; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Enzyme-induced growth of silver nanoparticles studied on single particle level‹  
*Journal of Nanoparticle Research* **11**(4), 939 (2009)
94. Schüler, Thomas; Asmus, Tim; Fritzsche, Wolfgang; and Möller, Robert  
 ›Screen printing as cost-efficient fabrication method for DNA-chips with electrical readout for detection of viral DNA‹  
*Biosensors & Bioelectronics* **24**(7), 2077 (2009)
95. Schwalbe, Matthias; Karnahl, Michael; Görls, Helmar; Chartrand, Daniel; Laverdiere, Francois; Hanan, Garry S.; Tschierlei, Stefanie; Dietzek, Benjamin; Schmitt, Michael; Popp, Jürgen; Vos, Johannes G.; and Rau, Sven  
 ›Ruthenium polypyridine complexes of tris-(2-pyridyl)-1,3,5-triazine – unusual building blocks for the synthesis of photochemical molecular devices‹  
*Dalton Transactions* **2009**(20), 4012 (2009)
96. Siebert, Ronald; Akimov, Denis; Schmitt, Michael; Winter, Andreas; Schubert, Ulrich S.; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Spectroscopic Investigation of the Ultrafast Photo-induced Dynamics in  $\pi$ -Conjugated Terpyridines‹  
*ChemPhysChem* **10** (6), 910 (2009)
97. Sivakov, Vladimir; Andrä, Gudrun; Gawlik, Annett; Berger, Andreas; Plentz, Jonathan; Falk, Fritz; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire based solar cells on glass: synthesis, optical properties and cell parameters‹  
*Nano Letters* **9**(4), 1549 (2009)
98. Sivakov, Vladimir; Scholz, R.; Syrowatka, F.; Falk, Fritz; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire oxidation: the influence of sidewall structure and gold distribution‹  
*Nanotechnology* **20**(40), 405607 (2009)

99. Sobottka, Stephan B.; Geiger, Kathrin D.; Salzer, Reiner; Schackert, Gabriele; and Krafft, Christoph  
 ›Suitability of infrared spectroscopic imaging as an intraoperative tool in cerebral glioma surgery‹  
*Analytical and Bioanalytical Chemistry* 393(1), 187 (2009)
100. Steinbrück, Andrea; Csaki, Andrea; Ritter, Kathrin; Leich, Martin; Köhler, Michael; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Gold and gold-silver core-shell nanoparticle constructs with defined size based on DNA hybridization‹  
*Journal of Nanoparticle Research* 11(3), 623 (2009)
101. Stöckel, Stephan; Meisel, Susann; Böhme, Renē; Elschner, Mandy; Rösch, Petra; and Popp, Jürgen  
 ›Effect of supplementary manganese on the sporulation of *Bacillus* endospores analysed by Raman spectroscopy‹  
*Journal of Raman Spectroscopy* 40(11), 1469 (2009)
102. Thete, Aniket Ravindra; Henkel, Thomas; Göckeritz, Robert; Endlich, Michael; Köhler, Michael; and Groß, Gregor Alexander  
 ›A hydrogel based fluorescent micro array used for the characterization of liquid analytes‹  
*Analytica Chimica Acta* 633(1), 81 (2009)
103. Tombelaine, Vincent; Labruyere, Alexis; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Reichel, Volker; Leproux, Philippe; Couderc, Vincent; Jamier, Raphaël; and Bartelt, Hartmut  
 ›Nonlinear photonic crystal fiber with a structured multi-component glass core for four-wave mixing and supercontinuum generation‹  
*Optics Express* 17(18), 15392 (2009)
104. Tschierlei, Stefanie; Presselt, Martin; Kuhn, Christian; Yartsev, Arkady; Pascher, Torbjörn; Sundström, Villy; Karnahl, Michael; Schwalbe, Matthias; Schäfer, Bernhard; Rau, Sven; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Photophysics of an Intramolecular Hydrogen-Evolving Ru-Pd Photocatalyst‹  
*Chemistry – A European Journal* 15(31), 7678 (2009)
105. Vater, Erik; Bergner, Gero; Akimov, Denis; Schlücker, Sebastian; Bartelt, Hartmut; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Tunable light source for narrowband laser excitation: application to Raman spectroscopy‹  
*Laser Physics Letters* 6(9), 639 (2009)
106. Vlcek, Miroslav; Schröter, Siegmund; Brückner, Sven; Fehling, Sandra; and Alena Fiserova  
 ›Direct fabrication of surface relief gratings in chalcogenide glasses by excimer laser interference lithography‹  
*Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 20(Suppl. 1), 290–293 (2009)
107. Wang, Yiping; Bartelt, Hartmut; Ecke, Wolfgang; Willsch, Reinhardt; Kobelke, Jens; Kautz, Michael; Brückner, Sven; and Rothhardt, Manfred  
 ›Sensing properties of fiber Bragg gratings in small-core Ge-doped photonic crystal fibers‹  
*Optics Communications* 282(6), 1129 (2009)
108. Wang, Yiping; Jin, Wei; Jin, Long; Tan, Xialing; and Bartelt, Hartmut  
 ›Optical switch based on a fluid-filled photonic crystal fiber Bragg grating‹  
*Optics Letters* 34(23), 3683 (2009)
109. Wang, Yiping; Bartelt, Hartmut; Becker, Martin; Brückner, Sven; Bergmann, Joachim; Kobelke, Jens; and Rothhardt, Manfred  
 ›Fiber Bragg grating inscription in pure-silica and Ge-doped photonic crystal fibers‹  
*Applied Optics* 48(11), 1963 (2009)
110. Wang, Yiping; Bartelt, Hartmut; Ecke, Wolfgang; Schröder, Kerstin; Willsch, Reinhardt; Kobelke, Jens; Rothhardt, Manfred; Latka, Ines; and Brückner, Sven  
 ›Investigating Transverse-Loading Characteristics of Microstructured Fiber Bragg Gratings with an Active Fiber Depolarizer‹  
*IEEE Photonics Technology Letters* 21(19), 1450 (2009)



111. Wang, Yong; Becker, Michael; Wang, Li; Liu, Jinqun; Scholz, Roland; Peng, Juan; Gösele, Ulrich; Christiansen, Silke; Kim, Daong Ha; and Steinhardt, Martin  
 ›Nanostructured gold films for SERS by block copolymer-templated galvanic displacement reactions‹  
*Nano Letters* 9(6), 2384 (2009)
112. Winter, Andreas; Friebe, Christian; Chiper, Manuela; Schubert, Ulrich S.; Presselt, Martin; Dietzek, Benjamin; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Synthesis, Characterization, and Electro-Optical properties of Zn<sup>II</sup> Complexes with  $\pi$ -Conjugated Terpyridine Ligands‹  
*ChemPhysChem* 10(5), 787 (2009)
113. Wotschadlo, Jana; Liebert, Tim; Heinze, Thomas; Wagner, Kerstin; Schnabelrauch, Matthias; Dutz, Silvio; Müller, Robert; Steiniger, Frank; Schwalbe, Manuela; Kroll, Torsten C.; Hoeffken, Klaus; Buske, Norbert; and Clement, Joachim H.  
 ›Magnetic nanoparticles coated with carboxymethylated polysaccharide shells- Interaction with human cells‹  
*Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 321(10), 1469 (2009)
114. Wuensch, S.; Ortlepp, T.; Schubert, Marco; Crocoll, E.; Wende, Gerd; Meyer, Hans-Georg; Uhlmann, F. H.; and Siegel, M.  
 ›Design and implementation of cryogenic semiconductor amplifiers as interface between RSFQ circuits 404‹  
*Cryogenics* 49(11), 652 (2009)
115. Zagoskin, A. M.; Il'ichev, Evgeny; McCutcheon M.W.; Young, Jeff F.; and Nori, Franco  
 ›Controlled Generation of Squeezed States of Microwave Radiation in a Superconducting Resonant Circuit‹  
*Physical Review Letters* 101(25), 253602 (2009)
- Referierte Konferenzbeiträge**
- Peer Reviewed Conference Proceedings**
116. Andrä, Gudrun; Gawlik, Annett; Plentz, Jonathan; Ose, Ekkehard; Höger, Ingmar; Bergmann, Joachim; Burghardt, B.; Schippel, S. and Falk, Fritz  
 ›Laser Crystallized Silicon Layers for Multicrystalline Thin-Film Solar Cells‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 2521 (2009)*
117. Andrä, Gudrun; Pietsch, Matthias; Sivakov, Vladimir; and Falk, Fritz  
 ›Thin Film Solar Cells on Glass Based on Single Crystalline Silicon Nanowires‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 418 (2009)*
118. Becker, Martin; Brückner, Sven; Lindner, Eric; Rothhardt, Manfred; Bartelt, Hartmut; Fernandes, Luis; Bergmann, Joachim; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; and Unger, Sonja  
 ›Fiber Bragg Grating Inscription with DUV Femto-second Exposure and Two Beam Interference‹  
*Proceedings of SPIE* 7386, 73862Y (2009)
119. Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Voigt, S.; Teubner, A.; Luepke, T.; Thieroff, C.; Chojetzki, Christoph; and Bartelt, Hartmut  
 ›Fiber Bragg Grating Arrays for High Resolution Manometry‹  
*Proceedings of SPIE* 7503, 75037A (2009)
120. Canning, John; Stevenson, Michael; Cook, Kevin; Aslund, Matthias; Ecke, Wolfgang; Willsch, Reinhardt; and Bartelt, Hartmut  
 ›Optical fibre Bragg gratings for high temperature sensing‹  
*Proceedings of SPIE* 7503, 75032N (2009)
121. Chwala, Andreas; Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Where to next with SQUIDS in Exploration?‹  
*Proceedings SAGA, (2009)*

122. Ecke, Wolfgang and Schröder, Kerstin  
 ›Fiber Bragg grating optochemical sensor basing on evanescent-field interaction with surface plasmon‹  
*Proceedings of SPIE 7293, 72930A (2009)*
123. Egan, R.; Keevers, M. J.; Schubert, U.; Young, T.; Evans, R.; Partlin, S.; Wolf, M.; Schneider, J.; Hogg, D.; Eggleston, B.; Green, M.; Falk, Fritz; Gawlik, Annett; Andrä, Gudrun; Werner, M.; Hagendorf, C.; Dogan, P.; Sontheimer, T.; and Gall, S.  
 ›CSG Minimodules using Electron-Beam Evaporated Silicon‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 2279 (2009)*
124. Ehrhold, K.; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Plasmonic properties of bimetal nanoshell cylinders and spheres‹  
*Proceedings of Comsol Conference 2008, (2009)*
125. Falk, Fritz; Ose, Ekkehard; Sarau, George; Christiansen, Silke; Schneider, J.; Lichtenstein, N.; Valk, B.; Lewandowska, R.; Antoni, F.; Slaoui, A.; Fogarassy, E.; Michler, J.; Maeder, X.; Dehlinger, A.-S.; Lābār, J. L.; and Sāfrān, G.  
 ›The European Project High-EF: Multicrystalline Silicon Thin Film Solar Cells on Glass‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 2341 (2009)*
126. Fernandes, Luis; Becker, Martin; Frazao, Orlando; Rothhardt, Manfred; Brückner, Sven; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; Santos, J. L.; and Marques, Paulo S.  
 ›Temperature and strain characterization of Bragg gratings impressed with femtosecond laser radiation in suspended-silica-core fibers‹  
*Proceedings of SPIE 7386, 73861N (2009)*
127. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; and Möller, Robert  
 ›DNA-conjugated metal nanoparticle for bioanalytics, nanophotonics and nanoelectronics‹  
*138 (2009)*
128. Geernaert, Thomas; Luyckx, Geerd; Voet, Eli; Nasilowski, Tomas; Chah, Karima; Becker, Martin; Bartelt, Hartmut; Urbanczyk, Watzlaw; Wojcik, Jan; De Waele, Wim; Degrieck, Joris; Berghmans, Francis; and Thienpont, Hugo  
 ›Fiber Bragg gratings in microstructured optical fibers for stress monitoring‹  
*Proceedings of SPIE 7357, 73570I (2009)*
129. Gleichmann, Nils; Kielpinski, Mark; Malsch, Daniëll; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Entwicklungsumgebung für den Entwurf von Lab-on-a-Chip-Systemen für die Tropfenbasierte Mikrofluidik‹  
*Mikrosystemtechnik – Kongress 2009, (2009)*
130. Heinrich, Eileen; Julich, Sandra; Kielpinski, Mark; Urban, Matthias; and Henkel, Thomas  
 ›On-Chip PCR – Technologien und Anwendungen‹  
*Mikrosystemtechnik – Kongress 2009, (2009)*
131. Jetschke, Sylvia; Röpke, Ulrich; Unger, Sonja; and Kirchhof, Johannes  
 ›Characterization of photodarkening process in Yb doped fibers‹  
*Proceedings of SPIE 7195, 71952B (2009)*
132. Just, Florian; Müller, Hans-Rainer; Grimm, Stephan; and Bartelt, Hartmut  
 ›Mechanical Stress in Rare-Earth-Doped Laser Fibers‹  
*Proceedings of SPIE 7212, 72120M (2009)*
133. Kaiser, Thomas; Schröter, Siegmund; and Duparre, Michael  
 ›Modal decomposition in step-index fibers by optical correlation analysis‹  
*Proceedings of SPIE 7194, 719407 (2009)*
134. Kielpinski, Mark; Malsch, Daniëll; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Autonom arbeitende Funktionsstrukturen für die tropfenbasierte Mikrofluidik – Entwurf, Simulation und Funktionsanalyse‹  
*Mikrosystemtechnik – Kongress 2009, (2009)*

135. Kirchhof, Johannes; Unger, Sonja; Jetschke, Sylvia; Schwuchow, Anka; Leich, Martin; and Reichel, Volker  
 ›Yb doped silica based laser fibers:  
**Correlation of photodarkening kinetics and related optical properties with the glass composition**◄  
*Proceedings of SPIE 7195, 71950S (2009)*
136. Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Schwuchow, Anka; Wang, Yiping; Brückner, Sven; Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Kirchhof, Johannes; Ecke, Wolfgang; Willsch, Reinhardt; and Bartelt, Hartmut  
 ›Microstructured fibers with germanium doped core components◄  
*Proceedings of SPIE 7357, 735704 (2009)*
137. Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Litzkendorf, Doris; Schwuchow, Anka; Kirchhof, Johannes; Bartelt, Hartmut; Tombelaine, Vincent; Leproux, Philippe; Couderc, Vincent; and Labruyere, Alexis  
 ›Microstructured fibers with high lanthanum oxide glasses core for nonlinear applications◄  
*Proceedings of SPIE 7357, 735702 (2009)*
138. Langner, A.; Schoetz, G.; Such, M.; Reichel, Volker; Grimm, Stephan; Leich, Martin; Unger, Sonja; Kirchhof, Johannes; Wedel, B.; Krause, V.; and Rehmann, G.  
 ›Comparison of silica-based materials and fibers in side-and end-pumped fiber lasers◄  
*Proceedings of SPIE 7195, 71950Q (2009)*
139. Le Roux, Tiaan; Du Plooy, B.; and Stolz, Ronny  
 ›The elusive flying Squids: Interim results from recent tests with a heliborne EM Low Temperature SQUID system◄  
*Proceedings SAGA, (2009)*
140. Lehmann, Hartmut; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Willsch, Reinhardt; Bartelt, Hartmut; Amezcua-Correa, Rodrigo; and Knight, Jonathan C.  
 ›Gas sensing with suspended core fibres and hollow core band gap fibres – a comparative study◄  
*Proceedings of SPIE 7503, 75035C (2009)*
141. Leiterer, Christian; Csaki, Andrea; Jahr, Norbert; Kretzschmer, Robert; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Integration of DNA molecules in microelectronic environment using dielectrophoresis◄  
*Proceedings of SPIE 7397, 73970V (2009)*
142. Lindner, Eric; Brückner, Sven; Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Chojetzki, Christoph; and Bartelt, Hartmut  
 ›Regeneration of fiber Bragg gratings in photosensitive fibers without hydrogen loading◄  
*Proceedings of SPIE 7503, 75032W (2009)*
143. Luyckx, Geerd; Voet, Eli; Geernaert, Thomas; Chah, Karima; Nasilowski, Tomas; De Waele, Wim; Becker, Martin; Bartelt, Hartmut; Urbanczyk, Watzlaw; Wojcik, Jan; Degriek, Joris; Berghmans, Francis; and Thienpont, Hugo  
 ›Benchmarking the response of Bragg gratings written in micro-structured and bow tie fiber embedded in composites◄  
*Proceedings of SPIE 7503, 75035P (2009)*
144. May, Torsten; Zieger, Gabriel; Anders, Solveig; Zakosarenko, Viatcheslav; Meyer, Hans-Georg; Schubert, Marco; Starkloff, Michael; Rößler, Mario; Thorwirth, Günther; and Krause, Ulf  
 ›Safe VISITOR: visible, infrared, and terahertz object recognition for security screening application◄  
*Proceedings of SPIE 7309, 73090E (2009)*
145. März, Anne; Rösch, Petra; Henkel, Thomas; and Popp, Jürgen  
 ›The implementation of an isotope-edited internal standard for quantification of lowest drug concentrations using surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) in a lab on a chip device◄  
*Proceedings of SPIE 7368, 73680R (2009)*
146. Meyer, Hans-Georg; Hartung, Konrad; Linzen, Sven; Schneider, Michael; and Stolz, Ronny  
 ›Detection of buried magnetic objects by a SQUID Gradiometer system◄  
*Proceedings SAGA, (2009)*

- 116
147. Meyer, Hans-Georg; Hartung, Konrad; Linzen, Sven; Schneider, Michael; Stolz, Ronny; Fried, Wolfgang; and Hauspurg, Sebastian  
 ›Detection of buried magnetic objects by a SQUID Gradiometer system‹  
*Proceedings of SPIE 7303, 73031X (2009)*
148. Mühlig, Christian; Stafast, Herbert; Triebel, Wolfgang; Zeuner, Thomas; Karras, Christian; and Letz, Martin  
 ›Influence of Na-related defects on DUV nonlinear absorption in CaF<sub>2</sub>: Nanosecond versus femtosecond laser pulses‹  
*Proceedings of SPIE 7504, (2009)*
149. Pissadakis, Stavros; Livitziis, Michalis; Tsibidis, Georgios D.; Kobelke, Jens; and Schuster, Kay  
 ›Inscription of Type IIA Bragg Reflectors in a Highly Non-Linear Microstructured Optical Fiber Using Deep Ultraviolet Laser Radiation‹  
*Proceedings of SPIE 7357, 73570K (2009)*
150. Popp, Jürgen  
 ›Existing and future challenges of multi-dimensional microscopy and imaging for life sciences and biomedicine‹  
*Optics+Photonics, Applications of Digital Image Processing XXXII 7443, 744318 (2009)*
151. Popp, Jürgen; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; Krafft, Christoph; Möller, Robert; and Rösch, Petra  
 ›Raman meets medicine: Raman spectroscopy: a powerful tool in biophotonics‹  
*Proceedings of SPIE 7503, 75030N (2009)*
152. Prikhna, Tatiana A.; Gawalek, Wolfgang; Savchuk, Yaroslav M.; Tkach, V. N.; Weber, Harald W.; Habisreuther, Tobias; Eisterer, Michael; Wendt, Michael; Sergienko, Nina V.; Moshchil, V. E.; Kozyrev, Artem V.; Karau, W.; Nagorny, Peter A.; Schmidt, Christa; Melnikov, Vladimir S.; Dellith, Jan; Litzkendorf, Doris; Tkach, S. V.; and Sverdun, Vladimir B.  
 ›Effect of higher borides and oxygen inhomogeneity on critical current density in high pressure synthesized magnesium diboride-based superconductors‹  
*Proceedings of the HighMatTech 2009, 167 (2009)*
153. Prikhna, Tatiana A.; Dub, Sergey N.; Savchuk, Yaroslav M.; Starostina, A. V.; Melnikov, Vladimir S.; Kozyrev, Artem V.; Sergienko, Nina V.; Moshchil, V. E.; Nagorny, Peter A.; Petrusha, I. A.; Firstov, S. A.; Ivanova, I. I.; Karpets, M. V.; Gawalek, Wolfgang; Schmidt, Christa; Joulain, A.; Rabier, J.; Cobioc, T.; and Tolmacheva, G. N.  
 ›Preparation and properties of M<sub>n</sub>AX<sub>n</sub> materials‹  
*Proceedings of the HighMatTech 2009, 259 (2009)*
154. Riesenberger, Rainer and Wuttig, Andreas  
 ›Adaptive Micro-Slit Array for a spectral Sensor‹  
*Proceedings of the 3<sup>rd</sup> EOS Topical Meeting on Optical Microsystems, (2009)*
155. Riesenberger, Rainer; Kanka, Mario; and Petruck, Paul  
 ›Structured Illumination and Holographic Microscopy‹  
*Proceedings of Focus on Microscopy, (2009)*
156. Sarau, George; Becker, Michael; Christiansen, Silke; Holla, M.; and Seifert, W.  
 ›Micro-Raman mapping of residual stresses at grain boundaries in multicrystalline block cast silicon solar cell material: their relation to the grain boundary microstructure and recombination activity‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 969 (2009)*
157. Sarau, George; Becker, Michael; Bochmann, Arne; Gawlik, Annett; Andrä, Gudrun; and Christiansen, Silke  
 ›Evolution of residual stress and its relation to microstructure in multi-crystalline silicon thin films solar cells on glass prepared by combined laser crystallization and solid phase epitaxy‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 2494 (2009)*
158. Schmidt, O. A.; Kaiser, Thomas; Luedge, B.; Schröter, Siegmund; and Duparre, Michael  
 ›Laser-beam characterization by means of modal decomposition versus M<sup>2</sup> method‹  
*Proceedings of SPIE 7194, 71940C (2009)*

159. Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; Krafft, Christoph; Rösch, Petra; and Popp, Jürgen  
 ›Existing and future challenges of multi-dimensional microscopy and imaging for life sciences and biomedicine‹  
*Proceedings of SPIE 7443, 744318 (2009)*
160. Schneider, Thomas; Steinbrück, Andrea; Loechner, M.; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Sensoric applications based on plasmonic effects at metal nanoparticles‹  
*Proceedings of SPIE 7395, 73951U (2009)*
161. Schönau, Thomas; Stolz, Ronny; and Zakosarenko, Viatcheslav  
 ›DC SQUID – SQIF System with High Transfer Function‹  
*Proceedings Euroflux 2009, (2009)*
162. Sensfuss, Steffi; Blankenburg, L.; Schache, H.; Schroedner, M.; Shokhovets, S.; Gobsch, G.; Konkin, A.; Sell, S.; Klemm, E.; Dellith, Andrea; and Andrä, Gudrun  
 ›Influence of Thiol Additives on the Film Morphology and Cell Efficiency applying Thienopyrazine-based Low-Bandgap Polymers‹  
*Proceedings of the Organic Semiconductor Conference OSC, (2009)*
163. Sivakov, Vladimir; Gawlik, Annett; Andrä, Gudrun; Berger, Andreas; and Christiansen, Silke  
 ›3<sup>rd</sup> Generation Solar Cell Prototype Based on Chemically Formed Silicon Nanowires: Processing, Optical and Photovoltaic Properties‹  
*Proceedings European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 305 (2009)*
164. Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; and Schulz, Marco  
 ›A full tensor magnetic gradient system for geophysical exploration‹  
*Proceedings SAGA, (2009)*
165. Unger, Sonja; Schwuchow, Anka; Jetschke, Sylvia; Reichel, Volker; Leich, Martin; Scheffel, Andy; and Kirchhof, Johannes  
 ›Influence of aluminium-phosphorus codoping on optical properties of ytterbium-doped laser fibers‹  
*Proceedings of SPIE 7212, 72121B (2009)*
166. Wang, Yiping; Jin, Wei; Jin, Long; Tan, Xialing; Bartelt, Hartmut; Ecke, Wolfgang; Mörl, Klaus; Lehmann, Hartmut; Kobelke, Jens; Schröder, Kerstin; Willsch, Reinhardt; Rothhardt, Manfred; Shan, Liye; Brückner, Sven; and Richardson, David J.  
 ›Fluid-filled microstructured optical fibers and switching applications‹  
*Proceedings of SPIE 7503, 75035W (2009)*
167. Willsch, Michael; Bosselmann, Thomas; Flohr, Patrick; Kull, Robert; Ecke, Wolfgang; Latka, Ines; Fischer, Daniel; and Thiel, Torsten  
 ›Design of Fiber Optical High Temperature Sensors for Gas Turbine Monitoring‹  
*Proceedings of SPIE 7503, 75037R (2009)*

### Weitere Publikationen

#### Further Publications

168. Carvalho, Joao Paulo; Lehmann, Hartmut; Bartelt, Hartmut; Magalhaes, Filipe; Amezcua-Correa, Rodrigo; Santos, Jose Luis; Van Roosbroeck, Jan; Araujo, Francisco M.; Ferreira, Luis Alberto; and Knight, Jonathan C.  
 ›Remote system for detection of low-levels of methane based on photonic crystal fibres and wavelength modulation spectroscopy‹  
*Journal of Sensors 2009, 398403 (2009)*
169. Christiansen, Silke; Hoeflich, Katja; Becker, Michael; Sivakov, Vladimir; Stelzner, Thomas; and Geiger, Ruth  
 ›Spektroskopie an der Oberfläche‹  
*Physik Journal 2009(6), 64 (2009)*

170. Csaki, Andrea  
 ›Metall-Nanopartikel – Kernstücke plasmonischer Sensoren‹  
*BioPhotonik 2009(12), (2009)*
171. Eichardt, Roland; Baumgarten, Daniel; Di Rienzo, Luca; Linzen, Sven; Schultze, Volkmar; and Haueisen, Jens  
 ›Localisation of buried ferromagnetic objects based on minimum-norm-estimations – A simulation study‹  
*COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering 28(5), 1327 (2009)*
172. Falk, Fritz  
 ›Laserkristallisation für Silizium-Dünnschichtsolarzellen‹  
*Photonik: Fachzeitschrift Für Die Optischen Technologien 2009(6), 41 (2009)*
173. Falk, Fritz  
 ›Kristalline Silizium-Dünnschichtsolarzellen‹  
*Ingenieur-Nachrichten 2009(3), 5 (2009)*
174. Falk, Fritz and Andrä, Gudrun  
 ›Multicrystalline Silicon Thin Film Solar Cells on Glass‹  
*Intelligent Glass Solutions (Industry Magazine) 2009(3), 12 (2009)*
175. Frazao, Orlando; Baptista, Jose M.; Santos, Jose L. O.; Kobelke, Jens; and Schuster, Kay  
 ›Refractive index tip sensor based on Fabry-Perot cavities formed by a suspended core fibre‹  
*Journal of the European Optical Society – Rapid Publications 4, 09041 (2009)*
176. Henkel, Thomas  
 ›Entwicklung anwendungsspezifischer Lab-on-a-Chip-Systeme‹  
*Labor Praxis 33(Jan./Febr.), 28 (2009)*
177. Just, Florian  
 ›Mechanische Spannungen in Fasern für Hochleistungslaser‹  
*Photonik: Fachzeitschrift Für Die Optischen Technologien 2009(1), 2 (2009)*
178. Mühlig, Christian  
 ›Neue Konzepte für maßgeschneiderte Absorptionsmessung mit dem LID-Verfahren‹  
*Photonik: Fachzeitschrift Für Die Optischen Technologien 2009(3), 18 (2009)*
179. Schröder, Kerstin; Ecke, Wolfgang; Willett, Simon; Unterwaditzer, Hansjörg; and Jenzer, Matthias  
 ›Der Smart Current Collector – ein Werkzeug zur Überwachung mechanischer Defekte an Oberleitungen‹  
*ZEVrail – Zeitschrift Für Das Gesamte System Bahn 133(8), 292 (2009)*
180. Zeisberger, Matthias; Dutz, Silvio; Lehnert, J.; and Müller, Robert  
 ›Measurement of the distribution parameters of size and magnetic properties of magnetic nanoparticles for medical applications‹  
*Journal of Physics: Conference Series 149, 012115/4 (2009)*

### Buchkapitel

#### Book Capters

181. Behrens, Silke; Bönnemann, Helmut; Matoussevitch, Nina; Modrow, Hartwig; Kempster, Volker; Riehemann, Werner; Wiedenmann, Albrecht; Odenbach, Stefan; Will, Sefan; Eberbeck, Dietmar; Hergt, Rudolf; Müller, Robert; Landfester, Katharina; Schmidt, Annette; Schüler, Dirk; and Hempelmann, Rolf  
 ›Synthesis and Characterization‹  
*Colloidal magnetic fluids: basics, development and application of ferrofluids, 1 (2009)*

182. Csaki, Andrea; Berg, Steffen; Jahr, Norbert; Leiterer, Christian; Schneider, Thomas; Steinbrück, Andrea; Zopf, David; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Plasmonic nanoparticles – noble material for sensoric applications‹  
*Gold Nanoparticles: Properties, Characterization and Fabrication, (2009)*
183. Krafft, Christoph; Rösch, Petra; and Popp, Jürgen  
 ›Raman spectroscopy in medicine‹  
*Handbook of Molecular Biophysics: Methods and Applications, 985 (2009)*
184. Krafft, Christoph  
 ›Vibrational spectroscopic imaging of soft tissue‹  
*Infrared and Raman Spectroscopic Imaging, (2009)*
185. Leiterer, Christian; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›G-wire synthesis and modification with gold nanoparticle‹  
*DNA nanotechnology, (2009)*
186. Linzen, Sven; Schultze, Volkmar; Chwala, Andreas; Schüler, Thomas; Schulz, Marco; Stolz, Ronny; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Quantum Detection Meets Archaeology – Magnetic Prospection with SQUIDS, highly sensitive and fast‹  
*New Technologies for Archaeology: Multidisciplinary Investigations in Palpa and Nasca, Peru (Natural Science in Archaeology), 71 (2009)*
187. Mattheis, Roland and Steenbeck, Klaus  
 ›Magnetic Interaction between Polycrystalline Ultrathin Antiferromagnetic and Ferromagnetic Films‹  
*Physics and Engineering of New Materials, 151 (2009)*
188. Paa, Wolfgang  
 ›Laser Induced Fluorescence‹  
*Laser diagnostics in combustion, 61 (2009)*

## Monograpien

### Monographs

189. Grjasnow, Alexej  
 ›Teilkohärente quantitative Phasenkontrastmikroskopie‹  
*Mensch und Buch Verlag Berlin, 2009*

## Patente

### Patents

### Anmeldungen | Applications

190. Bartelt, Hartmut; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; et al.  
 ›Dispositif optique pour la génération d'une lumière polychromatique‹  
*France 09/00782, 20.02.2009*
191. Christiansen, Silke; Stelzner, Thomas  
 ›Verfahren zur Herstellung von optisch aktiven Nanostrukturen‹  
*DE 10 2009 041 264.6, 11.09.2009*
192. Meyer, Hans-Georg; Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; et al.  
 ›SQUID-System mit erhöhter Fluss-Spannungs-Transferfunktion‹  
*PCT-DE-Patentanmeldung, 18.11.2009*

### Erteilungen | Issues

193. Diegel, Marco; Mattheis, Roland  
 ›Verfahren Sensor Element for a Revolution Counter‹  
*DE US 2007/0285087 A1*
194. Ecke, Wolfgang; et al.  
 ›Verfahren und Anordnung zur Bestimmung von Temperatur und Dehnung einer optischen Faser‹  
*DE DE 198 21 616.5, 14.05.2009*
195. Meyer, Hans-Georg; May, Torsten; et al.  
 ›THz-Videokamera‹  
*DE 10 2007 031 959 B4, 26.11.2009*

196. Wuttig, Andreas; Riesenberger, Rainer; et al.  
 ›Verfahren Hochauflösendes Spektrometer‹  
*DE 102 47 742 B4; 01.10.2009*

**Eingeladene Vorträge**

*Invited Talks*

197. Andrä, Gudrun  
 ›Multikristalline Silicium-Dünnschicht-Solarzellen auf der Basis laserkristallisierter Schichten‹  
*HZB-Kolloquium, 21-1-2009, Berlin, Germany*

198. Bartelt, Hartmut  
 ›Trends in Bragg grating technology for optical fiber sensor applications‹  
*9<sup>th</sup> International symposium on Measurement Technology and Intelligent Instruments (ISMTII-2009), 29-6-2009, St.-Petersburg, Russia*

199. Bartelt, Hartmut  
 ›Strukturierung faseroptischer Elemente mit Lasertechniken‹  
*Jenaer Technologietag JeTT, 9-11-0209, Jena, Germany*

200. Bartelt, Hartmut  
 ›Unconventional glass materials in nonlinear microstructured optical fibers‹  
*Workshop Universität Valencia, 20-11-2009, Valencia, Spain*

201. Bartelt, Hartmut; Willsch, Reinhardt; and Rothhardt, Manfred  
 ›Optical fiber bragg gratings for sensors and fiber lasers‹  
*International Workshop on Photonic Sensors for Industry, 12-2-2009, Rio de Janeiro, Brazil*

202. Bartelt, Hartmut  
 ›The University City of Jena and the Institute of Photonic Technology‹  
*University Seminar, 18-2-2009, Curitiba, Brazil*

203. Becker, Martin; Fernandes, Luis; Frazao, Orlando; Bergmann, Joachim; Brückner, Sven; Lindner, Eric; Rothhardt, Manfred; Marques, Paulo S.; and Bartelt, Hartmut  
 ›Beyond photosensitivity? Fiber-Bragg-Grating inscription with UV femtosecond laser radiation‹  
*7<sup>th</sup> Symposium on Enabling Optical Networks and Sensors (SEONs 2009), 26-6-2009, Lissabon, Portugal*

204. Christiansen, Silke; Sivakov, Vladimir; Brönstrup, Gerald; Stelzner, Thomas; Ronning, C.; Hoffmann, S.; and Michler, J.  
 ›Doping strategies for silicon nanowires: ion implantation, diffusion and co-doping during chemical vapour deposition (CVD)‹  
*CECAM (Centre Europeen de Calcul Atomique et Moleculaire), 6-7-2009, Lausanne, Switzerland*

205. Christiansen, Silke; Becker, Michael; Sarau, George; Agaiby, R.; Bochmann, Arne; Gawlik, Annett; Thapa, S. B.; and Holla, M.  
 ›Micro-Raman spectroscopy to study stress states and dopand distributions in multicrystalline Silicon (mc-Si) Bulk and Thin Film Solar Cells‹  
*36<sup>th</sup> Federation of Analytical Chemistry and Spectroscopy Conference, 11-10-2009, Louisville, USA*

206. Christiansen, Silke; Becker, Michael; Sarau, George; Agaiby, R.; Bochmann, Arne; Gawlik, Annett; Thapa, S. B.; Holla, M.; Seifert, W.; and Schneider, J.  
 ›Micro-Raman Spectroscopy to Study Stress States and Dopand Distributions in Multicrystalline Silicon mc-Si) Bulk and Thin Film Solar Cells‹  
*HJY usermeeting, 11-3-2009, Bensheim, Germany*

207. Deckert, Volker  
 ›Spitzenforschung – Molekülspektroskopie auf der Nanometerskala‹  
*2009, Universität Bochum, Germany*

208. Deckert, Volker  
 ›Molekül-Spektroskopie auf der Nanometerskala‹  
*Universität Bielefeld, Germany*



209. Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman Scattering Molecular Spectroscopy on the Nanometer Scale‹  
 2009, University Göteborg, Sweden
210. Deckert, Volker  
 ›SERS /TERS‹  
 Dornburg Seminar, 2009, Dornburg, Germany
211. Deckert, Volker  
 ›Raman Spectroscopy‹  
 3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain
212. Deckert, Volker  
 ›Spitzenforschung – Molekülspektroskopie auf der Nanometerskala‹  
 2009, Universität Darmstadt, Germany
213. Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman Spectroscopy Molecular Identification on the Nanometer Scale‹  
 2009, Universität Genf, Switzerland
214. Deckert, Volker  
 ›Current status of the use of label free back spectroscopic methods for dermatological investigation‹  
 11-12-2009, Universität Basel, Switzerland
215. Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman Spectroscopy for Bioanalytical Studies with Molecular Resolution‹  
 Focus on Microscopy – Krakau, 2009, Krakau, Poland
216. Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman Spectroscopy bio identification at the limit‹  
 II. International Symposium Topical problems of biophotonics 2009, 19-7-2009, Nizhny Novgorod, Samara, Russia
217. Deckert, Volker  
 ›Raman Spectroscopy beyond the Diffraction limit‹  
 75 Anniversary of the Indian Academy of Science, 2009,
218. Deckert, Volker  
 ›From amino acids to proteins‹  
 FTIR Spectroscopy in Microbial and Medical Diagnostics, 15-10-2009, Berlin, Germany
219. Deckert, Volker  
 ›Tip-enhanced Raman Spectroscopy‹  
 10<sup>th</sup> Int Symp Mutations in the Genome – Cyprus, 2009,
220. Deckert, Volker; Richter, Marc; Nalpantidis, Konstantinos; and Deckert-Gaudig, Tanja  
 ›Practical Aspects of Tip-enhanced Raman Spectroscopy‹  
 New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany
221. Deckert, Volker  
 ›Bioanalysis on the Nanometer Scale‹  
 European Conferences on Biomedical Optics (ECBO), 14-6-2009, München, Germany
222. Deckert, Volker  
 ›Markerfreie Identifizierung von Biomolekülen auf der Nanometerskala‹  
 Chemiedozententagung, 2009,
223. Dellith, Jan; Scheffel, Andy; Dellith, Andrea; and Dubs, Carsten  
 ›Die u-RFA als Erweiterung der Möglichkeiten einer Elektronenstrahlmikrosonde am Beispiel der Charakterisierung planarer optischer Wellenleiter‹  
 BAM/IFG iMOXS-Kolloquium, 1-10-2009, Berlin, Germany
224. Diegel, Marco; Halder, Ernst; Mattheis, Roland; and Scherzinger, Manfred  
 ›QUAD16: the new generation of Multiturn Sensors‹  
 10<sup>th</sup> MR Symposium Wetzlar, 31-3-2009, Wetzlar, Germany

225. Dietzek, Benjamin; Krafft, Christoph; Akimov, Denis; Bielecki, Christiane; Schmitt, Michael; Petersen, Iver; Stallmach, Andreas; and Popp, Jürgen  
 ›FTIR, Raman and CARS based Tissue Analysis‹  
*European Conference of Biomedical Optics, 18-6-2009, München, Germany*
226. Dietzek, Benjamin  
 ›On the Excited-State Multidimensionality in Cyanines‹  
*International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy, 12-7-2009, Melbourne, Australia*
227. Dietzek, Benjamin  
 ›CARS-Raman-Microspectroscopy – An Emerging Tool in Biochemical and Biomedical Analytics‹  
*Gordon Conference on Floral & Vegetative Volatiles, 9-8-2009, Oxford, UK*
228. Ecke, Wolfgang; Schröder, Kerstin; and Willsch, Reinhardt  
 ›Chemical Sensing Based on Optical Fibres with Thin Films and Nanostructures‹  
*COST 299 FIDES 8<sup>th</sup> technical meeting, 9-9-2009, Wrocław, Poland*
229. Ecke, Wolfgang and Schröder, Kerstin  
 ›Optochemical fiber Bragg grating sensors‹  
*2<sup>nd</sup> International Conference on Smart Materials and Nanotechnology in Engineering SMN2009, 9-7-2009, Weihai, China*
230. Falk, Fritz  
 ›Neuerer Entwicklungen auf dem Gebiet der Silicium-Dünnschicht-Solarzellen‹  
*386. JENAER Carl-Zeiss-Kolloquium, 13-10-2009, Jena, Germany*
231. Fritzsche, Wolfgang  
 ›Sensors for Smart Systems Based on Nanotechnology‹  
*SENSOR + TEST, 26-5-2009, Nürnberg, Germany*
232. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; Jahr, Norbert; Steinbrück, Andrea; Schneider, Thomas; Garwe, Frank; Schröter, Siegmund; Januts, Norik; Schüler, Thomas; and Möller, Robert  
 ›Nanoparticle-Based Molecular Plasmonics‹  
*Nano and Photonics Mauterndorf 2009, 12-3-2009, Mauterndorf, Austria*
233. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; and Möller, Robert  
 ›Nanoparticle-Based Nanobiotechnology‹  
*Advanced Nano Science Technology, 16-2-2009, Chiang Mai University, Thailand*
234. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; and Möller, Robert  
 ›Metal nanoparticles in Nanobiophotonics‹  
*II. International Symposium Topical Problems of Biophotonics, 18-7-2009, Nizhny Novgorod, Samara, Russia*
235. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; and Möller, Robert  
 ›DNA-conjugated metal nanoparticle for bioanalytics, nanophotonics and nanoelectronics‹  
*II. International Symposium Topical Problems of Biophotonics 2009, 19-7-2009, Nizhny Novgorod, Samara, Russia*
236. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; Steinbrück, Andrea; Garwe, Frank; Schüler, Thomas; and Möller, Robert  
 ›Metallische Nanopartikel in der Bioanalytik‹  
*Workshop Markerfreies Monitoring des zellulären Stoffwechsels, 30-4-2009, Heraeus Hanau, Germany*
237. Fritzsche, Wolfgang; Csaki, Andrea; Garwe, Frank; and Steinbrück, Andrea  
 ›Light-induced nanolocal damages by metal nanostructures‹  
*13<sup>th</sup> congress of the European Society for Photobiology, 5-9-2009, Wrocław, Poland*
238. Jetschke, Sylvia  
 ›Photodarkening in Yb-dotierten Quarzglasfasern‹  
*Seminar des Institutes für Laserphysik, Universität Hamburg, 26-5-2009, Hamburg, Germany*

239. Kirchhof, Johannes  
 ›Dotierung von aktiven Fasern für Hochleistungs-Laseranwendungen‹  
*20. Internationale Wissenschaftliche Konferenz Mittweida, Symposium ›Faserlaser in modernen Schweiß- und Gravurmaschinen‹, 30-10-2009, Mittweida, Germany*
240. Kirchhof, Johannes; Unger, Sonja; Jetschke, Sylvia; Schwuchow, Anka; Leich, Martin; and Reichel, Volker  
 ›Yb doped silica based laser fibers: Correlation of photodarkening kinetics and related optical properties with the glass composition‹  
*Fiber Lasers VI: Technology, Systems, and Applications, 26-1-2009, San Jose, USA*
241. Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Litzkendorf, Doris; Schwuchow, Anka; Kirchhof, Johannes; Bartelt, Hartmut; Tombelaine, Vincent; Leproux, Philippe; Couderc, Vincent; and Labruyere, Alexis  
 ›Microstructured fibers with high lanthanum oxide glasses core for nonlinear applications‹  
*Photonic Crystal Fibers III, 20-4-2009, Prague, Czech Republik*
242. Krafft, Christoph; Dietzek, Benjamin; Bielecki, Christiane; Petersen, Iver; Stallmach, Andreas; and Popp, Jürgen  
 ›A comparative FTIR, Raman and CARS imaging study of colon tissue‹  
*Medical Laser Applications 2009, 15-6-2009, München, Germany*
243. Krafft, Christoph  
 ›FTIR, Raman and CARS-based tissue analysis‹  
*Laser 2009 ›European Conference on Biomedical Optics‹ 18-6-2009, München, Germany*
244. Krafft, Christoph  
 ›Biomedical applications based in a comparative Raman and CARS-imaging study‹  
*Federation of Analytical Chemistry and Spectroscopy (FACSS), 20-10-2009, Louisville, USA*
245. Krafft, Christoph; Hedegaard, Martin; and Neugebauer, Ute  
 ›Cell identification based on Raman spectroscopy in combination with optical trapping‹  
*FT-IR Spectroscopy in Microbiological and Medical Diagnostic/Workshop, 15-10-2009, Berlin, Germany*
246. Krafft, Christoph and Popp, Jürgen  
 ›FTIR Imaging for Histopathologic Assessment of Brain Tumors‹  
*Federation of Analytical Chemistry and Spectroscopy (FACSS), 18-10-2009, Louisville, USA*
247. Lau, Katherine  
 ›Towards the identification of mesenchym‹  
*Don McNaughton's Research Group, Monash University, Victoria, Australia, 2009, Victoria, Australia*
248. McCord, J.; Hamann, Ch.; Martin, N.; Moench, I.; Kaltofen, R.; Schultz, L.; Strache, Th.; Fassbender, J.; and Mattheis, Roland  
 ›Static and dynamic magnetization processes in magnetic property patterned thin films‹  
*IEEE International Magnetics Conference – InterMag 2009, 4-5-2009, Sacramento, USA*
249. Mühlig, Christian  
 ›Direct absorption measurement using laser induced deflection (LID) technique‹  
*Ecole Polytechnique Montreal, 15-9-2009, Montreal, Canada*
250. Paa, Wolfgang and Mühlig, Christian  
 ›Highly sensitive absorption measurements at thin layers and nanostructures‹  
*9-7-2009, Max-Born-Institut, Berlin, Germany*
251. Paa, Wolfgang  
 ›Hochpräzise Laserdiagnostiksysteme zur Materialcharakterisierung‹  
*Kooperationsforum; MST Aerospace GmbH, 27-5-2009, Köln, Germany*

252. Paa, Wolfgang  
 ›Der Advanced Disk Laser – ein Scheibenlasersystem für Verbrennungsdiagnostik unter Mikrogravitation‹  
*Institutskolloquium des Max-Born-Instituts, 30-4-2009, Berlin, Germany*
253. Popp, Jürgen  
 ›Existing and future challenges of multi-dimensional microscopy and imaging for life sciences and biomedicine‹  
*Optics+Photonics, Applications of Digital Image Processing XXXII, 2-8-2009, San Diego, USA*
254. Popp, Jürgen  
 ›Raman spectroscopy – a powerful tool in biophotonics‹  
*Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Laser-Kolloquium, 28-5-2009, Aachen, Germany*
255. Popp, Jürgen  
 ›SERS measurements in microfluidic devices – A promising way for online-monitoring of lowest agent concentrations‹  
*Lab-on-a-Chip European Conference, 19-5-2009, Stockholm, Sweden*
256. Popp, Jürgen  
 ›Biophotonics: An innovative and promising approach for non- and minimal invasive biomedical diagnosis‹  
*ECI Conference Advances in Optics for Biotechnology, Medicine and Surgery XI, 28-6-2009, Burlington, USA*
257. Popp, Jürgen  
 ›Visions for future diagnostics‹  
*19<sup>th</sup> International Congress on Photonics in Europe, Photonics Forum, 14-6-2009, München, Germany*
258. Popp, Jürgen  
 ›Laser-Raman-Mikroskopie – ein leistungsstarkes Werkzeug in der Biophotonik‹  
*Physikalisches Kolloquium, 14-5-2009, Osnabrück, Germany*
259. Popp, Jürgen  
 ›Der Raman-Effekt: 80 Jahre nach seiner Entdeckung aktueller denn je in der modernen Analytik‹  
*ANAKON 2009, 17-9-2009, Berlin, Germany*
260. Popp, Jürgen; Krafft, Christoph; Dietzek, Benjamin; Stallmach, Andreas; Petersen, Iver; and Schmitt, Michael  
 ›Biomedical Applications Based on a Comparative Raman and CARS-Imaging Study‹  
*18-10-2009, Louisville, USA*
261. Popp, Jürgen  
 ›Integration von Wissenschaft und Wirtschaft‹  
*Zukunftskonferenz Biotechnologie, 5-5-2009, Berlin, Germany*
262. Popp, Jürgen  
 ›Innovative Spektroskopie – Pathogene Keime schnell und einfach lokalisieren und identifizieren‹  
*OPTONET/AMOS-Workshop Optische Systeme und Sensoren für den Zukunftsmarkt Gesundheit, 2-4-2009, Jena, Germany*
263. Popp, Jürgen  
 ›New technologies for pathogen detection‹  
*4. Internationaler Kongress Sepsis und Multiorganversagen, 9-9-2009, Weimar, Germany*
264. Popp, Jürgen  
 ›Raman based biosensors by utilizing plasmonic nanostructures‹  
*EOS Topical Meeting, 27-9-2009, Capri, Italy*
265. Popp, Jürgen  
 ›Der Raman-Effekt: 80 Jahre nach seiner Entdeckung aktueller denn je in der modernen Analytik‹  
*Universität Tübingen, Seminar Micro- and Nanostructured Functional Interfaces, 11-12-2009, Tübingen, Germany*

266. Popp, Jürgen  
 ›Plasmonic nanostructures for biophotonic applications‹  
*18<sup>th</sup> International Laser Physics Workshop (LPHYS '09), 13-7-2009, Barcelona, Spain*
267. Popp, Jürgen  
 ›Biophotonik – Wege für eine innovative Pathogendiagnostik‹  
*5. Kooperationsbörse des verarbeitenden und produzierenden Gewerbes, 2-9-2009, Dornburg, Germany*
268. Riesenberg, Rainer  
 ›Smarte Spektrolensoren mit Adaptionsoftware‹  
*4. NEMO-SpectroNet Kollaboration Forum, 4-4-2009, Stuttgart, Germany*
269. Riesenberg, Rainer  
 ›Mikroskopie mit Interferenzen‹  
*Kolloquium am IAO der FSU Jena, 12-12-2009, Jena, Germany*
270. Riesenberg, Rainer  
 ›Holographische Mikroskopie, Konzepte und Strategien‹  
*Wiss. Kolloquium der TU Darmstadt, 2-2-2009, Darmstadt, Germany*
271. Rothhardt, Manfred  
 ›Realization of Fiber Bragg Gratings by UV-Lasers- Technological Potential and Applications in Lasers‹  
*Bereichskolloquium Institut für Laserforschung, 9-1-2009, Stellenbosch, South Africa*
272. Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; Rösch, Petra; Krafft, Christoph; Möller, Robert; and Popp, Jürgen  
 ›New breakthroughs in Raman spectroscopy for biomedical research‹  
*II. International Symposium Topical problems of biophotonics 2009, 19-7-2009, Nizhny Novgorod, Sammara, Russia*
273. Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; Krafft, Christoph; Rösch, Petra; and Popp, Jürgen  
 ›Existing and future challenges of multi-dimensional microscopy and imaging for life sciences and biomedicine‹  
*Optics+Photonics, Applications of Digital Image Processing XXXII, 2-8-2009, San Diego, USA*
274. Schneider, Thomas; Steinbrück, Andrea; Loechner, M.; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Sensoric applications based on plasmonic effects at metal nanoparticles‹  
*Plasmonics: Nanoimaging, Nanofabrication, and their Applications V, 2-8-2009, San Diego, USA*
275. Sivakov, Vladimir; Stelzner, Thomas; Andrä, Gudrun; Gawlik, Annett; Berger, Andreas; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire based solar cells on glass: concepts and experimental processing‹  
*Quantsol 2009, 8-3-2009, Rauris, Austria*
276. Stafast, Herbert  
 ›Generation, Trapping and Application of Cold Atoms – A Simple Overview‹  
*13-10-2009, University of Stellenbosch, South Africa*
277. Stelzner, Thomas; Berger, Andreas; Becker, Michael; Sivakov, Vladimir; Voigt, F.; Hoffmann, Björn; Hübner, Uwe; Dellith, Andrea; Köbe, Hardy; Steinbrück, Andrea; Christiansen, Silke; Muck, A.; Svatos, A.; Bashouti, Muhammad Y.; Assad, O.; Puniredd, S.R.; and Haick, Hossam  
 ›Synthesis and characterization of silicon nanowires: towards devices and applications‹  
*9<sup>th</sup> Leibnitz Conference on Advanced Science, 7<sup>th</sup> German-Russian Symposium on Nanobiotechnology, 15-10-2009, Lichtenwalde, Germany*
278. Stolz, Ronny; Linzen, Sven; Chwala, Andreas; Schulz, Marco; Zakosarenko, Viatcheslav; Krueger, A.; Krause, Torsten; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Hochauflösende Prospektiossysteme für die Geophysik‹  
*12. Fachkolloquium Jena-GEOS GmbH, 14-5-2009, Jena, Germany*

279. Stolz, Ronny; Linzen, Sven; and Chwala, Andreas  
 ›SQUID sensor systems in geophysical exploration‹  
*9<sup>th</sup> European Conference on Applied Superconductivity, (EUCAS 2009), 14-9-2009, Dresden, Germany*
280. Vlcek, Miroslav; Schröter, Siegmund;  
 Pöhlmann, Rüdiger; and Pribylova, H.  
 ›Micro-and nanostructuring of chalcogenide glasses‹  
*IV Ukrainian conference on physics of semiconductors, 15-9-2009, Zaporizhzhya, Ukraine*
281. Willsch, Reinhardt; Ecke, Wolfgang;  
 and Bartelt, Hartmut  
 ›Advanced Optical Fiber Sensor Systems for Industrial Process Control and Environmental Monitoring‹  
*International Workshop on Photonic Sensors for Industry, 12-2-2009, Rio de Janeiro, Brazil*
282. Willsch, Reinhardt  
 ›Optical Fiber Sensors Research at IPHT‹  
*University Seminar, 18-2-2009, Curitiba, Brazil*
283. Anders, Solveig  
 ›Technologies for superconductor electronics and sensors at the IPHT Jena‹  
*S-PULSE Metrologie Workshop Braunschweig, 5-5-2009, Braunschweig, Germany*
284. Andrä, Gudrun  
 ›Laser zur Kristallisation von Siliziumschichten auf Glas‹  
*6. Jenaer Technologietag, 9-11-2009, Jena, Germany*
285. Becker, Martin; Brückner, Sven; Lindner, Eric; Rothhardt, Manfred; Bartelt, Hartmut; Fernandes, Luis; Bergmann, Joachim; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; and Unger, Sonja  
 ›Fiber Bragg Grating Inscription with DUV Femto-second Exposure and Two Beam Interference‹  
*Photonics North, 24-5-2009, Quebec, Canada*
286. Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Brückner, Sven; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; Lindner, Eric; and Bartelt, Hartmut  
 ›Inscription of Fiber Bragg Grating Arrays in (Pure Silica) Suspended Core Fibers‹  
*COST 299 FIDES 7<sup>th</sup> technical meeting, 2-4-2009, Larnaka, Cyprus*
287. Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Voigt, S.; Teubner, A.; Luepke, T.; Thieroff, C.; and Bartelt, Hartmut  
 ›Fiber optical high resolution esophagus manometry based on draw-tower-fiber-bragg-gratings‹  
*International Conference on Structural Engineering Dynamics (ICEDyn 2009), 22-6-2009, Ericeira, Portugal*
288. Boulle, Oliver; Kim, J. S.; Bouzehouane, K.; Mattheis, Roland; and Kläui, Mathias  
 ›Detection of vortex core polarities by a homodyne detection scheme‹  
*International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications, 14-9-2009, Torino, Italy*
289. Brönstrup, Gerald; Sivakov, Vladimir; Stelzner, Thomas; Mäder, X.; Niederberger, C.; Michler, J.; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire based solar cell on glass: growth, materials integration and characterization‹  
*MRS Spring Meeting, 13-4-2009, San Francisco, USA*
290. Brönstrup, Gerald; Lerose, Damiana; Csaki, Andrea; Niederberger, Christoph; Michler, Johannes; and Christiansen, Silke  
 ›Optical properties of silicon nanowires catalyzed by arrays of gold nanoparticles with controlled diameters‹  
*XIII<sup>th</sup> International Autumn Meeting ›GADEST‹ 2-10-2009, Döllnsee-Schorfheide, Germany*
291. Buske, Norbert and Dutz, Silvio  
 ›Colloidal stability of water based dispersions containing large single domain particles of magnetite‹  
*9<sup>th</sup> German Ferrofluid Workshop, 22-9-2009, Benediktbeuren, Germany*

## Vorträge

### Talks

292. Canat, Guillaume; Jetschke, Sylvia; Lombard, Laurent; Unger, Sonja; Bourdon, Pierre; Kirchhof, Johannes; Jolivet, Veronique; and Vasseur, Oliver  
 ›Stimulated Brillouin threshold reduction by core microstructuring in Multifilament core fibers‹  
*Conference on Lasers and Electro-Optics – European Quantum Electronics Conference (CLEO-EQEC), 15-6-2009, München, Germany*
293. Christiansen, Silke; Hoffmann, S.; Sivakov, Vladimir; Ronning, C.; Niederberger, C.; and Michler, J.  
 ›Axial p-n junctions in silicon nanowires by ion implantation‹  
*MRS Spring Meeting, 13-4-2009, San Francisco, USA*
294. Chwala, Andreas; Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Where to next with SQUIDs in Exploration?‹  
*SAGA 2009, 13-9-2009, Mbabane, Swaziland*
295. Cialla, Dana  
 ›Reproducible nanostructured gold surfaces for analytical devices‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany*
296. Cialla, Dana; Hübner, Uwe; Petschulat, Jörg; Schneidewind, Henrik; Mattheis, Roland; Pertsch, Thomas; Möller, Robert; and Popp, Jürgen  
 ›Reproduzierbare nanostrukturierte Goldoberflächen für die Analytik -Charakterisierung der anisotropischen Eigenschaften eines Goldnanorhomben-Arrays und dessen Anwendung auf dem Gebiet der Bioanalytik‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-6-2009, Jena, Germany*
297. Cialla, Dana  
 ›Seeing at the Nanoscale with Raman spectroscopy‹  
*Seeing at the Nanoscale VII, 28-7-2009, Santa Barbara, USA*
298. Cialla, Dana; Hübner, Uwe; Petschulat, Jörg; Schneidewind, Henrik; Zeisberger, Matthias; Mattheis, Roland; Pertsch, Thomas; Tünnermann, Andreas; Möller, Robert; and Popp, Jürgen  
 ›Reproducible nanostructured gold surfaces for analytical devices‹  
*ANAKON 2009, 17-3-2009, Berlin, Germany*
299. Dellith, Jan; Scheffel, Andy; Terborg, R.; and Wendt, Michael  
 ›Re-investigation of the M-spectra of heavy elements Part one: the element 92Uranium‹  
*10-5-2009, Gdansk, Poland*
300. Diegel, Marco; Glathe, Sascha; Mattheis, Roland; Halder, Ernst; and Scherzinger, Manfred  
 ›A new four bit magnetic domain wall based multiturn counter‹  
*IEEE International Magnetics Conference – Intermag 2009, 4-5-2009, Sacramento, USA*
301. Dillner, Ulrich  
 ›Can thermotunneling improve the currently realized thermoelectric conversion efficiency?‹  
*28<sup>th</sup> International Conference on Thermoelectrics, 26-7-2009, Freiburg, Germany*
302. Ecke, Wolfgang and Schröder, Kerstin  
 ›Fiber Bragg grating optochemical sensor basing on evanescent-field interaction with surface plasmon‹  
*Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks, and Systems II, 8-3-2009, San Diego, USA*
303. Egan, R.; Keevers, M. J.; Schubert, U.; Young, T.; Evans, R.; Partlin, S.; Wolf, M.; Schneider, J.; Hogg, D.; Eggleston, B.; Green, M.; Falk, Fritz; Gawlik, Annett; Andrä, Gudrun; Werner, M.; Hagendorf, C.; Dogan, P.; Sontheimer, T.; and Gall, S.  
 ›CSG Minimodules Using Electron-Beam Evaporated Silicon‹  
*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC), 21-9-2009, Hamburg, Germany*

304. Ehrhold, K.; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›**Plasmonic properties of bimetal nanoshell cylinders and spheres**‹  
*Comsol Conference, 4-11-2009, Hannover, Germany*
305. Eisenhawer, Björn; Berger, Andreas; Zhang, Dongfeng; Michler, Johann; and Christiansen, Silke  
 ›**Axial heterojunctions in Si nanowires by Pulsed Laser Deposition: Doping and Si/Ge layer stacks**‹  
*GADEST, 26-9-2009, Berlin, Germany*
306. Falk, Fritz; Ose, Ekkehard; Sarau, George; Christiansen, Silke; Schneider, J.; Lichtenstein, N.; Valk, B.; Lewandowska, R.; Antoni, F.; Slaoui, A.; Fogarassy, E.; Michler, J.; Maeder, X.; Dehlinger, A.-S.; Lăbăr, J. L.; and Săfrân, G.  
 ›**The European Project High-EF: Multicrystalline Silicon Thin Film Solar Cells on Glass**‹  
*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-9-2009, Hamburg, Germany*
307. Feigl, L.; Pippel, E.; Vrejoiu, I.; Eichel, R.-A.; Erdem, E.; Mattheis, Roland; Alexe, M.; and Hesse, D.  
 ›**Cr doping of epitaxial PbZr<sub>0.2</sub>Ti<sub>0.8</sub>O<sub>3</sub> films**‹  
*DPG Frühjahrstagung, 22-3-2009, Dresden, Germany*
308. Fernandes, Luis; Becker, Martin; Frazao, Orlando; Rothhardt, Manfred; Brückner, Sven; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; Santos, J. L.; and Marques, Paulo S.  
 ›**Temperature and strain characterization of Bragg gratings impressed with femtosecond laser radiation in suspended-silica-core fibers**‹  
*Photonics North 2009, 24-5-2009, Quebec, Canada*
309. Friedrich, S.; George, S. J.; and Cramer, S. P.  
 ›**High-speed superconducting tunnel junction spectrometers for highresolution**‹  
*Low Temperature Detectors (LTD) 13, 20-7-2009, Stanford, USA*
310. Ganz, Thomas; Teisset, Catherine; Apolonsky, Alexander; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Bartelt, Hartmut; Zheltikov, Aleksei; and Krausz, Ferenc  
 ›**Spatial Self-Action of Light in a Large-Mode-Area Photonic-Crystal Fiber**‹  
*CLEO Europe-EQEC, 14-6-2009, München, Germany*
311. Geernaert, Thomas; Luyckx, Geerd; Voet, Eli; Nasilowski, Tomas; Chah, Karima; Becker, Martin; Bartelt, Hartmut; Urbanczyk, Watzlaw; Wojcik, Jan; De Waele, Wim; Degrieck, Joris; Berghmans, Francis; and Thienpont, Hugo  
 ›**Fiber Bragg gratings in microstructured optical fibers for stress monitoring**‹  
*Photonic Crystal Fibers III, 22-4-2009, Prague, Czech Republic*
312. Glathe, Sascha; Diegel, Marco; Halder, E.; and Mattheis, Roland  
 ›**Probing the pinning potential created by pinning sites for domain walls in GMR nanostrips using transverse fields**‹  
*IEEE International Magnetics Conference – Intermag 2009, 4-5-2009, Sacramento, USA*
313. Glathe, Sascha; Mattheis, Roland; and Berkov, D.  
 ›**New motion type of domain walls in nanostrips under the influence of transversal fields**‹  
*20<sup>th</sup> International Colloquium on Magnetic Films and Surfaces, 20-7-2009, Berlin, Germany*
314. Glathe, Sascha; Diegel, Marco; and Mattheis, Roland  
 ›**Correlation between the pinning behavior of domain walls (dw) and the edge roughness of etched GMR nanostrips**‹  
*DPG Frühjahrstagung, 22-3-2009, Dresden, Germany*
315. Ha, Woosung; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Schwuchow, Anka; and Oh, Kyunghwan  
 ›**Verification of Bandgap Property Conservation by Bending and Twisting for a Long Ge-Doped All-Solid Photonic Bandgap Fiber**‹  
*Cleo Pacific Rim, 31-8-2009, Pacific Rim, Shanghai*



316. Hartung, Alexander and Bartelt, Hartmut  
 ›Optical nanofibers: technology and transmission properties‹  
*110 Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik, 2-6-2009, Brescia, Italy*
317. Heinz, Erik; May, Torsten; and Born, D.  
 ›Schnelle Terahertz-Kamera für Sicherheitsanwendungen‹  
*Kryo 2009, 4-10-2009, Oberhof, Germany*
318. Hoeflich, Katja; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Photoexcitation of Volume Plasmons in Metallic Nanoshells‹  
*Frühjahrstagung des Arbeitskreises Festkörperphysik der DPG, 23-3-2009, Dresden, Germany*
319. Ihring, Andreas; Dillner, Ulrich; Kessler, Ernst; and Hoyer, T.  
 ›Thermopile infrared sensor with precisely patterned high-temperature resistant black absorber layer‹  
*11<sup>th</sup> International Conference on Infrared Sensors and Systems – IRS<sup>2</sup> 2009, 26-5-2009, Nürnberg, Germany*
320. Il'ichev, Evgeny  
 ›Superconducting circuits for quantum information processing‹  
*International youth innovation forum in Siberia INTERRA'09, 9-9-2009, Novosibirsk, Russia*
321. Il'ichev, Evgeny; Macha, Pascal; Van der Ploeg, Simon H. W.; Oelsner, Gregor; Meyer, Hans-Georg; Wünsch, Stefan; and Siegel, Michael  
 ›Losses in coplanar waveguide resonators at millikelvin temperatures‹  
*I.F. Schegolev Memorial Conference Low-Dimensional Metallic and Superconducting Systems, 16-10-2009, Chernogolovka, Russia*
322. Il'ichev, Evgeny  
 ›Superconducting qubits‹  
*International Conference Micro- and nanoelectronics [ICMNE-2009], 5-9-2009, Moskau, Russia*
323. Il'ichev, Evgeny  
 ›Solid state qubits: problem and perspectives‹  
*Session of Russian Academy of Sciences, 25-3-2009, Moskau, Russia*
324. Il'ichev, Evgeny  
 ›Status of EU superconducting qubits projects‹  
*Quantum Information foundation and technology, 21-1-2009, Budapest, Hungary*
325. Il'ichev, Evgeny  
 ›Weak continuous measurements of multiqubits systems‹  
*Advanced Research Workshop ›Meso-2009‹ 11-7-2009, Chernogolovka, Russia*
326. Jenke, M. G.; Lerosé, Damiana; Utke, I.; Christiansen, Silke; and Michler, J.  
 ›FIB and FEBID Structured Surfaces for the Growth of Single Crystalline Si-Nanowires‹  
*NANOTECH Europe, 28-9-2009, Berlin, Germany*
327. Jenke, M. G.; Lerosé, Damiana; Utke, I.; Christiansen, Silke; and Michler, J.  
 ›FIB and FEBID Structured Surfaces for the Growth of Single Crystalline SI-Nanowires‹  
*EBNPI Conference, 26-5-2009, Florida, USA*
328. Just, Florian; Müller, Hans-Rainer; Grimm, Stephan; and Bartelt, Hartmut  
 ›Mechanical Stress in Rare-Earth-Doped Laser Fibers‹  
*Optical Components and Materials VI, 26-1-2009, San Jose, USA*
329. Kaiser, Thomas; Schröter, Siegmund; and Duparre, Michael  
 ›Modal decomposition in step-index fibers by optical correlation analysis‹  
*Laser Resonators and Beam Control XI, 26-1-2009, San Jose, USA*

330. Kiehnkopf, Michael  
 ›Smart operation for droplet based microfluidics‹  
*Oberjochsseminar, 13-2-2009, Oberjoch im Algäu, Germany*
331. Kielpinski, Mark; Malsch, Daniëll; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Autonom arbeitende Funktionsstrukturen für die tropfenbasierte Mikrofluidik – Entwurf, Simulation und Funktionsanalyse‹  
*Mikrosystemtechnik – Kongress 2009, 12-10-2009, Berlin, Germany*
332. Kirchhof, Johannes; Unger, Sonja; Schwuchow, Anka; Jetschke, Sylvia; Leich, Martin; and Reichel, Volker  
 ›Photodarkening and related optical properties in Yb doped high-silica glasses‹  
*Physics of Non-Crystalline Solids, 6-9-2009, Iguacu Falls, Brazil*
333. Kobelke, Jens; Kirsch, Konstantin; Schuster, Kay; Aichele, Claudia; Bierlich, Jörg; Schwuchow, Anka; Latka, Ines; and Kirchhof, Johannes  
 ›Gesputterte anorganische Hochtemperaturcoatings für optische Fasern‹  
*15-9-2009, Friedrichroda, Germany*
334. Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Schwuchow, Anka; Wang, Yiping; Brückner, Sven; Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Kirchhof, Johannes; Ecke, Wolfgang; Willsch, Reinhardt; and Bartelt, Hartmut  
 ›Microstructured fibers with germanium doped core components‹  
*Photonic Crystal Fibers III, 20-4-2009, Prague, Czech Republik*
335. Köbe, Hardy  
 ›Hochgeschwindigkeits – GMR – Messplatz‹  
*29. Stammtisch Automatisierungstechnik/VDE, 10-6-2009, Jena, Germany*
336. Kunert, Jürgen; Ortlepp, T.; Febvre, P.; Fritsch, Ludwig; Stolz, Ronny; Il'ichev, Evgeny; and Meyer, Hans-Georg  
 ›The RSFQ technology of the FLUXONICS Foundry at IPHT Jena‹  
*S-PULSE 6<sup>th</sup> FLUXONICS RSFQ design workshop, 26-7-2009, Ilmenau, Germany*
337. Kunert, Jürgen; Ortlepp, T.; Febvre, P.; Fritsch, Ludwig; Stolz, Ronny; Il'ichev, Evgeny; and Meyer, Hans-Georg  
 ›FLUXONICS Foundry fabrication of superconductor electronics and Characterisation of RSFQ circuit‹  
*S-PULSE Savoie workshop on ›Experimental considerations in Superconducting Electronics‹, 6-4-2009, Savoie, France*
338. Kunert, Jürgen and Anders, Solveig  
 ›European RSFQ FLUXONICS Foundry‹  
*S-PULSE International RSFQ Technology Workshop, 22-10-2009, Jena, Germany*
339. Labruyere, Alexis; Tombelaine, Vincent; Leproux, Philippe; Couderc, Vincent; Gerome, Frederic; Humbert, Georges; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; and Bartelt, Hartmut  
 ›Intermodal Four-Wave Mixing in Structured-Core Photonic Crystal Fiber: Experimental Results‹  
*Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)/The International Quantum Electronics Conference (IQEC), 31-5-2009, Baltimore, USA*
340. Langner, A.; Schoetz, G.; Such, M.; Reichel, Volker; Grimm, Stephan; Leich, Martin; Unger, Sonja; Kirchhof, Johannes; Wedel, B.; Krause, V.; and Rehmann, G.  
 ›Comparison of silica-based materials and fibers in side-and end-pumped fiber lasers‹  
*Fiber Lasers VI: Technology, Systems, and Applications, 26-1-2009, San Jose, USA*
341. Lau, Katherine  
 ›FTIR imaging of hair follicle and locating‹  
*3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain*

342. Le Roux, Tiaan; Du Plooy, B.; and Stolz, Ronny  
 ›The elusive flying Squids: Interim results from recent tests with a heliborne EM Low Temperature SQUID system‹  
*SAGA 2009, 13-9-2009, Mbabane, Swaziland*
343. Lehmann, Hartmut; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Willsch, Reinhardt; Bartelt, Hartmut; Amezcua-Correa, Rodrigo; and Knight, Jonathan C.  
 ›Gas sensing with suspended core fibres and hollow core band gap fibres – a comparative study‹  
*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*
344. Leiterer, Christian; Berg, Steffen; Csaki, Andrea; Jahr, Norbert; Brönstrup, Gerald; Kretzschmer, Robert; Urban, Matthias; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Microintegration of micro- and nanoscale objects using dielectrophoresis‹  
*26-10-2009, Ischia, Italy*
345. Leiterer, Christian; Csaki, Andrea; Jahr, Norbert; Kretzschmer, Robert; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Integration of DNA molecules in microelectronic environment using dielectrophoresis‹  
*Biosensing II, 4-8-2009, San Diego, USA*
346. Lindner, Eric; Becker, Martin; Brückner, Sven; Wang, Yiping; Rothhardt, Manfred; and Bartelt, Hartmut  
 ›Two beam interferometric inscription of UV femtosecond fiber bragg gratings‹  
*Fiber Lasers VI: Technology, Systems, and Applications, 24-1-2009, San Jose, USA*
347. Linzen, Sven; Hartung, Konrad; Hauspurg, Sebastian; Schneider, Michael; Stolz, Ronny; Fried, Wolfgang; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Buried magnetic object detection by terrestrial SQUID gradiometer scanning and automatic field interpretation‹  
*Kryo 2009, 4-10-2009, Oberhof, Germany*
348. Macha, Pascal; Van der Ploeg, Simon H. W.; Wünsch, Stefan; Oelsner, Gregor; Il'ichev, Evgeny; Meyer, Hans-Georg; and Siegel, Michael  
 ›Losses in Microwave Resonators at Millikelvin Temperatures‹  
*DPG Frühjahrstagung, 26-3-2009, Dresden, Germany*
349. Maeder, Xavier; Niederberger, Christoph; Christiansen, Silke; Andrä, Gudrun; Gawlik, Annett; Falk, Fritz; and Michler, Johann  
 ›Intergranular microstructure and residual stresses investigations by EBSD on laser-crystallized polycrystalline Si thin film on glass‹  
*MRS Fall Meeting, 30-11-2009, Boston, USA*
350. Malsch, Daniëll; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Image-based Flow Diagnostics for Characterization of Droplet-based Lab-on -a-Chip Devices‹  
*PTB Seminar ›European Meeting on Microflow Metrology‹, 24-6-2009, Braunschweig, Germany*
351. May, Torsten; Zieger, Gabriel; Anders, Solveig; Zakosarenko, Viatcheslav; Meyer, Hans-Georg; Schubert, Marco; Starkloff, Michael; Rößler, Mario; Thorwirth, Günther; and Krause, Ulf  
 ›Safe VISITOR: visible, infrared, and terahertz object recognition for security screening application‹  
*Passive Millimeter-Wave Imaging Technology XII, 16-4-2009, Orlando, USA*
352. März, Anne; Rösch, Petra; Henkel, Thomas; and Popp, Jürgen  
 ›The implementation of an isotope-edited internal standard for quantification of lowest drug concentrations using surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) in a loab on a chip device‹  
*Clinical and Biomedical Spectroscopy, 14-6-2009, München, Germany*

353. März, Anne; Henkel, Thomas; and Popp, Jürgen  
 ›The implementation of an isotope-edited internal standard for quantification of lowest drug concentrations using surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) in a lab on a chip device‹  
*European Conferences on Biomedical Optics (ECBO), 14-6-2009, München, Germany*
354. Meyer, Hans-Georg; Hartung, Konrad; Linzen, Sven; Schneider, Michael; Stolz, Ronny; Fried, Wolfgang; and Hauspurg, Sebastian  
 ›Detection of buried magnetic objects by a SQUID Gradiometer system‹  
*Detection and Sensing of Mines, Explosive Objects, and Obscured Targets XIV, 13-4-2009, Orlando, USA*
355. Meyer, Hans-Georg; Hartung, Konrad; Linzen, Sven; Schneider, Michael; and Stolz, Ronny  
 ›Detection of buried magnetic objects by a SQUID Gradiometer system‹  
*SAGA 2009, 13-9-2009, Mbabane, Swaziland*
356. Möller, Robert and Popp, Jürgen  
 ›Raman Spectroscopy – A Powerful Tool in Biophotonics‹  
*17<sup>th</sup> International Conference on Advanced Laser Technologies, 26-9-2009, Antalya, Turkey*
357. Möller, Robert  
 ›Chip-based analysis for the fast and specific detection of epizootic and plant diseases‹  
*BIT Life Science 2<sup>nd</sup> Annual Congress and Expo of Molecular Diagnostics, 19-11-2009, Beijing, China*
358. Mühlig, Christian  
 ›Absorptionsmessungen an transparenten Dünnschichten – ein neues Messkonzept für die LID-Methode‹  
*Arbeitskreis ›DUV/VUV‹ 19-3-2009, Hannover, Germany*
359. Müller, Robert; Dutz, Silvio; Habisreuther, Tobias; and Zeisberger, Matthias  
 ›Investigations on magnetic particles prepared by cyclic growth‹  
*9<sup>th</sup> German Ferrofluid Workshop, 22-9-2009, Benediktbeuren, Germany*
360. Niederberger, C.; Brönstrup, Gerald; Lerose, Damiana; Christiansen, Silke; and Michler, J.  
 ›Crystallographic characterization of sub-100 nm Si nanowires by EBSD‹  
*Electron Backscatter Diffraction Meeting, 30-3-2009, Swansea, UK*
361. Oelsner, Gregor; Van der Ploeg, Simon H. W.; Il'ichev, Evgeny; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Towards a readout of flux qubits using ballistic fluxons‹  
*Euroflux 2009, 20-9-2009, Avignon, France*
362. Oelsner, Gregor; Van der Ploeg, Simon H. W.; and Il'ichev, Evgeny  
 ›Towards a ballistic readout system for flux qubits at 10 mK‹  
*S-PULSE Savoie workshop on ›Experimental considerations in Superconducting Electronics‹ 6-4-2009, Savoie, France*
363. Ortac, B.; Jetschke, Sylvia; Unger, Sonja; Reichel, Volker; Limpert, J.; and Tünnermann, Andreas  
 ›High-energy soliton pulse generation with a passively mode-locked Er/Yb-doped multifilament-core large-mode-area fiber laser‹  
*Conference on Lasers and Electro-Optics – European Quantum Electronics Conference (CLEO-EQEC), 15-6-2006, München, Germany*
364. Park, J.; Kim, J.; Lee, S.; Seo, Y. G.; Kobelke, Jens; Kim, S.; and Oh, Kyunghwan  
 ›Enhancement of evanescent field in photonic crystal fiber with novel core structure and its application as chemical sensor‹  
*International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT 2009), 28-6-2009, Singapore*

365. Park, Jiyoung; Kobelke, Jens; and Oh, Kyunghwan  
 ›Photonic Crystal Fiber with Ring-Core Hollow-Defect for Evanescent Wave Chemical Sensing‹  
*35<sup>th</sup> European Conference on Optical Communication (ECOC), 20-9-2009, Vienna, Austria*
366. Petruck, Paul; Riesenberger, Rainer; and Kowarschik, R.  
 ›Sensitive measurement of partial coherence using a pinhole array‹  
*OPTO 2009 (9<sup>th</sup> International Conference on Optical Technologies for Sensing and Measurement), 26-5-2009, Nürnberg, Germany*
367. Petruck, Paul  
 ›Partiell kohärente Lichtquellen‹  
*Kolloquium am IAO der Friedrich-Schiller-Universität Jena, 12-12-2009, Jena, Germany*
368. Pissadakis, Stavros; Livitziis, Michalis; Tsididis, Georgios D.; Kobelke, Jens; and Schuster, Kay  
 ›Inscription of Type IIA Bragg Reflectors in a Highly Non-Linear Microstructured Optical Fiber Using Deep Ultraviolet Laser Radiation‹  
*Photonic Crystal Fibers III, 22-4-2009, Prague, Czech Republic*
369. Popp, Jürgen; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; Krafft, Christoph; Möller, Robert; and Rösch, Petra  
 ›Raman meets medicine: Raman spectroscopy: a powerful tool in biophotonics‹  
*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*
370. Prikhna, Tatiana A.; Dub, Sergey N.; Savchuk, Yaroslav M.; Starostina, A. V.; Melnikov, Vladimir S.; Kozyrev, Artem V.; Sergienko, Nina V.; Moshchil, V. E.; Nagorny, Peter A.; Petrusha, I. A.; Firstov, S. A.; Ivanova, I. I.; Karpets, M. V.; Gawalek, Wolfgang; Schmidt, Christa; Joulain, A.; Rabier, J.; Cobioch, T.; and Tolmacheva, G. N.  
 ›Preparation and properties of  $M_{n+1}AX_n$  materials‹  
*HighMatTech 2009, 19-10-2009, Kiev, Ukraine*
371. Prikhna, Tatiana A.; Gawalek, Wolfgang; Savchuk, Yaroslav M.; Tkach, V. N.; Weber, Harald W.; Habisreuther, Tobias; Eisterer, Michael; Wendt, Michael; Sergienko, Nina V.; Moshchil, V. E.; Kozyrev, Artem V.; Karau, W.; Nagorny, Peter A.; Schmidt, Christa; Melnikov, Vladimir S.; Dellith, Jan; Litzkendorf, Doris; Tkach, S. V.; and Sverdun, Vladimir B.  
 ›Effect of higher borides and oxygen inhomogeneity on critical current density in high pressure synthesized magnesium diboride-based superconductors‹  
*HighMatTech 2009, 19-10-2009, Kiev, Ukraine*
372. Riesenberger, Rainer and Wuttig, Andreas  
 ›Adaptive Micro-Slit Array for a spectral Sensor‹  
*3<sup>rd</sup> EOS Topical Meeting on Optical Microsystems, 9-9-2009, Capri, Italy*
373. Riesenberger, Rainer; Kanka, Mario; and Petruck, Paul  
 ›Structured Illumination and Holographic Microscopy‹  
*Focus on Microscopy, 5-4-2009, Krakau, Poland*
374. Riesenberger, Rainer; Petruck, Paul; and Kanka, Mario  
 ›Structured illumination and holography‹  
*4<sup>th</sup> EOS Topical Meeting on Advanced Imaging Techniques, 10-6-2009, Jena, Germany*
375. Sarau, George; Becker, Michael; Christiansen, Silke; Holla, M.; and Seifert, W.  
 ›Micro-Raman mapping of residual stresses at grain boundaries in multicrystalline block cast silicon solar cell material: their relation to the grain boundary microstructure and recombination activity‹  
*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-9-2009, Hamburg, Germany*
376. Sarau, George; Bochmann, Arne; Becker, Michael; and Christiansen, Silke  
 ›Intrinsic and Extrinsic Residual Stresses in Multi-crystalline Silicon Thin Film Solar Cells on Glass by a Novel Combined Diode Laser and Solid Phase Epitaxy Process‹  
*MRS Fall Meeting 2009, 30-11-2009, Boston, USA*

377. Schmelz, Matthias; Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; Schönau, Thomas; Anders, Solveig; Fritsch, Ludwig; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Sub-micrometer-sized Josephson junctions in a crossbar geometry‹  
*Kryo 2009, 4-10-2009, Oberhof, Germany*
378. Schmidt, O. A.; Kaiser, Thomas; Luedge, B.; Schröter, Siegmund; and Duparre, Michael  
 ›Laser-beam characterization by means of modal decomposition versus M<sup>2</sup> method‹  
*Laser Resonators and Beam Control XI, 26-1-2009, San Jose, USA*
379. Schneider, J.; Keevers, M. J.; Schubert, U.; Young, T. L.; Egan, R. J.; Wolf, M.; Green, M. A.; Falk, Fritz; Gawlik, Annett; and Andrä, Gudrun  
 ›CSG minimodules using electron-beam evaporated silicon‹  
*2. Photovoltaik Symposium ›Solare Energieversorgung – quo vadis?‹, 5-11-2009, Bitterfeld-Wolfen, Germany*
380. Schönau, Thomas; Stolz, Ronny; and Zakosarenko, Viatcheslav  
 ›DC SQUID – SQIF System with High Transfer Function‹  
*Euroflux 2009, 20-9-2009, Avignon, France*
381. Schubert, Manfred; Arras, Matthias; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Optofluidic chip system with integrated fluidically controllable optics‹  
*European Conferences on Biomedical Optics (ECBO), 14-6-2009, München, Germany*
382. Schuster, Kay; Kobelke, Jens; Wang, Yiping; Schwuchow, Anka; Kirchhof, Johannes; Bartelt, Hartmut; and Pissadakis, Stavros  
 ›Highly photosensitive PCFs with extremely germanium doped core‹  
*ICO Delphi Photonics, 7-10-2009, Delphi, Greece*
383. Schuster, Kay; Kobelke, Jens; and Litzkendorf, Doris  
 ›Microstructured index-guiding fibers for evanescent field chemical sensing‹  
*COST 299 FIDES 7<sup>th</sup> technical meeting, 1-4-2009, Larnarca, Cyprus*
384. Schüler, Thomas  
 ›A microfluidic device for the rapid chip based electrical detection of DNA‹  
*MMB 2009, 2-4-2009, Quebec, Canada*
385. Schüler, Thomas  
 ›DNA-detection using nanoscale metal structures‹  
*Nanoscience 2009, 15-10-2009, Lichtenwalde, Germany*
386. Sensfuss, Steffi; Blankenburg, L.; Schache, H.; Schroedner, M.; Shokhovets, S.; Gobsch, G.; Konkin, A.; Sell, S.; Klemm, E.; Dellith, Andrea; and Andrä, Gudrun  
 ›Influence of Thiol Additives on the Film Morphology and Cell Efficiency applying Thienopyrazine-based Low-Bandgap Polymers‹  
*Organic Semiconductor Conference OSC, 28-9-2009, London, UK*
387. Siebert, Ronald; Cialla, Dana; Hübner, Uwe; Möller, Robert; Schneidewind, Henrik; Mattheis, Roland; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Ultrafast Plasmon Dynamics and Evanescent Field Distribution of Reproducible Surface-Enhanced Raman-Scattering Substrates‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-6-2009, Jena, Germany*
388. Sivakov, Vladimir; Becker, Michael; Ehrhold, K.; Berger, Andreas; Stelzner, Thomas; Elers, K. E.; Pore, V.; Ritala, M.; and Christiansen, Silke  
 ›Ag/ Pt core shell nanostructure on Si nanowires: ALD processing and application in SER (R) S‹  
*NANOTECH EUROPE, 28-9-2009, TU Berlin, Germany*

389. Sivakov, Vladimir; Gawlik, Annett; Berger, Andreas; Falk, Fritz; Plentz, Jonathan; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire based solar cells on glass: concepts and experimental processing‹  
*NANOTECH EUROPE, 28-9-2009, TU Berlin, Germany*
390. Sivakov, Vladimir; Gawlik, Annett; Berger, Andreas; Falk, Fritz; Plentz, Jonathan; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire based solar cell on glass: optic and application in photovoltaic‹  
*MRS Spring Meeting 2009, 13-4-2009, San Francisco, USA*
391. Spittel, Ron  
 ›Selective sealing and filling of PCF holes‹  
*COST 299 FIDES 8<sup>th</sup> technical meeting, 9-9-2009, Wrocław, Poland*
392. Spittel, Ron; Mörl, Klaus; Lehmann, Hartmut; Moerbitz, Julia; and Bartelt, Hartmut  
 ›Optical properties of liquid filled photonic crystal fibers‹  
*110 Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik, 2-6-2009, Brescia, Italy*
393. Steinbrück, Andrea; Schneider, Thomas; Loechner, M.; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Sensoric potential of (bi)metallic nanoparticles‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany*
394. Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; and Schulz, Marco  
 ›A full tensor magnetic gradient system for geophysical exploration‹  
*SAGA 2009, 13-9-2009, Mbabane, Swaziland*
395. Strelau, Katharina  
 ›Enzymatically produced silver nanoparticles for manifold areas of bioanalytical applications‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany*
396. Tombelaine, Vincent; Labruyere, Alexis; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Leproux, Philippe; Couderc, Vincent; Jamier, Raphaël; Reichel, Volker; and Bartelt, Hartmut  
 ›Broadband four-wave mixing and supercontinuum generation in multi-component-core photonic crystal fiber‹  
*The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)/The International Quantum Electronics Conference (IQEC), 31-5-2009, Baltimore, USA*
397. Vogler, Nadine; Bocklitz, Thomas; Mariani, Melissa M.; Deckert, Volker; Rösch, Petra; Akimov, Denis; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›A CARS image analysis algorithm motivated by physics‹  
*Photonics 4 Life, Kick-off-Meeting Miniprojekt ›Morpho-chemistry characterization of collagen disorder‹ 26-10-2009, Florenz, Italy*
398. Vogler, Nadine; Walter, Angela; Rösch, Petra; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›CARS meets Life Sciences‹  
*JSMC/ILRS Symposium 2009, 12-10-2009, Jena, Germany*
399. Vogler, Nadine; Bergner, Norbert; Meyer-Ilse, Julia; Dietzek, Benjamin; Krafft, Christoph; and Popp, Jürgen  
 ›CARS – An emerging technique for biomedical imaging‹  
*Postgraduate-Symposium on Cancer Research, 9-5-2009, Dornburg, Germany*
400. Wang, Yiping; Bartelt, Hartmut; Ecke, Wolfgang; Mörl, Klaus; Jin, W.; Schröder, Kerstin; Willsch, Reinhardt; Kobelke, Jens; Rothhardt, Manfred; Shan, L.; Brückner, Sven; and Tan, X.  
 ›Optical switch based on fluid photonic crystal fiber‹  
*14 the Optoelectronics and Communications Conference (OECC), 13-7-2009, Hong Kong, China*

401. Willsch, Michael; Bosselmann, Thomas; Flohr, Patrick; Kull, Robert; Ecke, Wolfgang; Latka, Ines; Fischer, Daniel; and Thiel, Torsten

›Design of Fiber Optical High Temperature Sensors for Gas Turbine Monitoring‹

*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*

402. Zakosarenko, Viatcheslav; May, Torsten; Anders, Solveig; Stolz, Ronny; Fritzsich, Ludwig; Heinz, Erik; Kunert, Jürgen; and Meyer, Hans-Georg

›Submillimeter APEX bolometer camera SABOCA‹

*12<sup>th</sup> International Workshop on ›Cryogenic Detectors‹ 29-3-2009, Björliden, Kiruna, Schweden*

403. Zeuner, Thomas; Paa, Wolfgang; and Franke, Marco

›Bestimmung von Zweiphotonenabsorptionskoeffizienten von optischen Materialien bei 197 nm mit fs-Pulsen‹

*DPG-Frühjahrstagung, FV Kurzzeitphysik, 30-3-2009, Greifswald, Germany*

404. Zieger, Gabriel; Garwe, Frank; May, Torsten; Hübner, Uwe; Kessler, Ernst; Zeisberger, Matthias; Wynne, Klaas; Paa, Wolfgang; and Meyer, Hans-Georg

›Absolute power measurement of single THz pulses generated by ultrashort laser pulses on top of gold layered nano gratings‹

*PIERS – 26<sup>th</sup> Progress in Electromagnetics Research Symposium, 18-8-2009, Moskau, Russia*

Poster

Posters

405. Anders, Solveig; Schmelz, Matthias; Fritzsich, Ludwig; Stolz, Ronny; Zakosarenko, Viatcheslav; and Meyer, Hans-Georg

›Sub-micrometer-sized Josephson junctions in a cross-bar geometry‹

*12<sup>th</sup> International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2009), 16-6-2009, Fukuoka, Japan*

406. Andrä, Gudrun; Gawlik, Annett; Plentz, Jonathan; Ose, Ekkehard; Höger, Ingmar; Bergmann, Joachim; Burghardt, B.; Schippel, S. and Falk, Fritz

›Laser Crystallized Silicon Layers for Multicrystalline Thin-Film Solar Cells‹

*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-9-2009, Hamburg, Germany*

407. Andrä, Gudrun; Pietsch, Matthias; Sivakov, Vladimir; and Falk, Fritz

›Thin Film Solar Cells on Glass Based on Single Crystalline Silicon Nanowires‹

*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-9-2009, Hamburg, Germany*

408. Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Voigt, S.; Teubner, A.; Luepke, T.; Thieroff, C.; Chojetzki, Christoph; and Bartelt, Hartmut

›Fiber Bragg Grating Arrays for High Resolution Manometry‹

*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*

409. Bierlich, Jörg; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Kupis, Jens; Kirsch, Konstantin; Aichele, Claudia; Schwuchow, Anka; Latka, Ines; Lindner, Eric; and Kirchhof, Johannes

›Inorganic high temperature coatings for optical fibers by sputtering‹

*International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT) 2009, 28-6-2009, Singapore*



410. Borin, Dimitri; Müller, Robert; and Odenbach, Stefan  
 ›Magnetorheological characterization of a ferrofluid based on the clustered iron oxide nanoparticles‹  
*9<sup>th</sup> German Ferrofluid Workshop, 22-9-2009, Benediktbeuren, Germany*
411. Brönstrup, Gerald and Christiansen, Silke  
 ›Optische Eigenschaften von Silicium Nanowire‹  
*1. GMM Workshop ›Mikro-Nano-Integration‹ 12-3-2009, Seeheim, Germany*
412. Brönstrup, Gerald; Hoffmann, Björn; and Christiansen, Silke  
 ›Influence of silane partial pressure and temperature on silicon nanowire growth catalyzed by gold colloids‹  
*4<sup>th</sup> Nanowire Growth Workshop, 27-10-2009, Paris, France*
413. Canning, John; Stevenson, Michael; Cook, Kevin; Aslund, Matthias; Ecke, Wolfgang; Willsch, Reinhardt; and Bartelt, Hartmut  
 ›Optical fibre Bragg gratings for high temperature sensing‹  
*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*
414. Csaki, Andrea; Berg, Steffen; Kretschmer, Robert; Leiterer, Christian; Steinbrecht, B.; Zwanzig, M.; Fiedler, S.; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Dielektrophorese-basierte Mikrointegration von metallischen Nanoobjekten und DNA-Einzel-molekülen für technische Anwendungen in der Nanotechnologie‹  
*1. GMM Workshop ›Mikro-Nano-Integration‹ 12-3-2009, Seeheim, Germany*
415. Deckert-Gaudig, Tanja; Kämmer, E.; Lin, X.; Treffer, Regina; and Deckert, Volker  
 ›Towards direct sequencing of DNA and proteins with Tip-enhanced Raman scattering‹  
*3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain*
416. Dietzek, Benjamin; Tschierlei, Stefanie; Karnahl, Michael; Rau, Sven; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Photophysics of the intramolecular hydrogen evolving photocatalyst Ru-tpphz-Pd‹  
*Bunsentagung, 21-5-2009, Köln, Germany*
417. Dietzek, Benjamin; Tschierlei, Stefanie; Kuhn, Christian; Rau, Sven; Yartsev, Arkady; Sundström, Villy; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Photophysics of an intramolecular hydrogen evolving photocatalyst and related complexes‹  
*International Symposium of Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds, 5-7-2009, Saporro, Japan*
418. Dochow, Sebastian; Krafft, Christoph; Henkel, Thomas; Mayer, Günter; and Popp, Jürgen  
 ›Optical traps for analysis of living cells by Raman spectroscopy‹  
*FT-IR Spectroscopy in Microbiological and Medical Diagnostic/Workshop, 15-10-2009, Berlin, Germany*
419. Eisenhawer, Björn; Brönstrup, Gerald; Berger, Andreas; Sivakov, Vladimir; Mäder, Xavier; Michler, Johann; and Christiansen, Silke  
 ›Axial Heterostructures in Silicon Nanowires by Pulsed Laser Deposition: Doping and Si/Ge Superlattices‹  
*MRS Spring Meeting, 13-4-2009, San Francisco, USA*
420. Eisenhawer, Björn; Michler, Johann; Zhang, Dongfeng; and Christiansen, Silke  
 ›Growth of highly doped silicon nanowires by pulsed laser deposition‹  
*Nanowire Growth Workshop 2009, 26-10-2009, CNRS Paris, France*
421. Eisenhawer, Björn; Lerose, Damiana; and Christiansen, Silke  
 ›Herstellung von funktionalen selbstorganisierten Nanowires‹  
*1. GMM Workshop ›Mikro-Nano-Integration‹, 12-3-2009, Seeheim, Germany*

422. Falamas, A.; Pinzaru, S.; Dehelean, C.; Krafft, Christoph; and Popp, Jürgen  
 ›SERS prospect of different organs from mouse and rat specimens exposed to UV radiation‹  
*European Conference on the Spectroscopy of Biological Molecules, 28-8-2009, Palermo, Italy*
423. Friedrich, S.; George, S. J.; Cramer, S. P.; Drury, O.; Stolz, Ronny; Il'ichev, Evgeny; and Meyer, Hans-Georg  
 ›High-speed superconducting tunnel junction spectrometers for highresolution soft X-ray spectroscopy at the synchrotron‹  
*Low Temperature Detectors (LTD) 13, 20-7-2009, Stanford, USA*
424. Garwe, Frank; Stafast, Herbert; and Paa, Wolfgang  
 ›Combining metallic nanoparticles and femtosecond lasers for nanoscopic material structuring and UV-light generation for biomedical applications‹  
*Beutenberg-Campus-Workshop, 4-6-2009, Jena, Germany*
425. Gleichmann, Nils; Kiehntopf, Michael; Malsch, Daniëll; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Basic Operation Units für die Tropfenbasierte Mikrofluidik und deren Integration in Lab-on-Chip Systeme‹  
 ›LICHTblicke und ZukunftsGEDANKEN‹ Jubiläumsveranstaltung der Universität Jena, 29-1-2009, Jena, Germany
426. Gleichmann, Nils; Kielpinski, Mark; Malsch, Daniëll; Mayer, Günter; and Henkel, Thomas  
 ›Entwicklungsumgebung für den Entwurf von Lab-on-a-Chip-Systemen für die Tropfenbasierte Mikrofluidik‹  
*Mikrosystemtechnik – Kongress 2009, 12-10-2009, Berlin, Germany*
427. Grjasnow, Alexej; Riesenberg, Rainer; and Wuttig, Andreas  
 ›Phase reconstruction from diffraction patterns for microscopy‹  
*4<sup>th</sup> EOS Topical Meeting on Advanced Imaging Techniques, 10-6-2009, Jena, Germany*
428. Ha, Woosung; Lee, Sejin; Kim, Jongki; Kobelke, Jens; Schuster, Kay; Unger, Sonja; Schwuchow, Anka; Kim, Jun Ki; and Oh, Kyunghwan  
 ›A Hollow Triangular-Core Fiber: Investigation of Its Modal Propagation and Polarization Control‹  
*The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)/The International Quantum Electronics Conference (IQEC), 31-5-2009, Baltimore, USA*
429. Hamann, Christine; McCord, Jeff; Fassbender, Jürgen; and Mattheis, Roland  
 ›Tuning the static and dynamic magnetization properties of exchange bias modulated thin films‹  
*DPG Frühjahrstagung, 22-3-2009, Dresden, Germany*
430. Hanfl, Robert; Seidel, Sonja; Tschierlei, Stefanie; Akimov, Denis; Dietzek, Benjamin; Hermann, Gudrun; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›Untersuchung der Reaktionsdynamik der Protochlorophyllid-Oxidoreduktase mittels zeit- und frequenz aufgelöster Spektroskopie‹  
*Bunsentagung, 21-5-2009, Köln, Germany*
431. Heidt, Alexander; Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Schuster, Kay; Kobelke, Jens; Bartelt, Hartmut; Rohwer, E.; and Bosman, G.  
 ›Prospects of High Energy Ultrashort Pulse Generation with Frequency Shifted Feedback Fiber Oscillators‹  
*Conference on Lasers and Electro-Optics – European Quantum Electronics Conference (CLEO-EQEC), 14-6-2009, München, Germany*
432. Heinrich, Eileen; Julich, Sandra; Kielpinski, Mark; Urban, Matthias; and Henkel, Thomas  
 ›On-Chip PCR – Technologien und Anwendungen‹  
*Mikrosystemtechnik – Kongress 2009, 12-10-2009, Berlin, Germany*
433. Heinrich, Eileen; Reichert, Anett; Kiehntopf, Michael; Urban, Matthias; Steinbrecht, Benno; and Henkel, Thomas  
 ›Lab-on-a-Chip PCR im mikrofluidischen System‹  
 ›LICHTblicke und ZukunftsGEDANKEN‹ Jubiläumsveranstaltung der Universität Jena, 29-1-2009, Jena, Germany

434. Heinrich, Eileen; Reichert, Anett; Kielpinski, Mark; Urban, Matthias; Steinbrecht, Benno; and Henkel, Thomas  
 ›DNA amplification in flow-through microreactor‹  
*qPCR 2009 – Symposium & Exhibition & Workshops, 9-3-2009, TU München, Freising-Weihenstephan, Germany*
435. Heinz, Erik; May, Torsten; Zakosarenko, Viatcheslav; Anders, Solveig; Krüger, André; Starkloff, Michael; Kreysa, E.; Esch, W.; Siringo, G.; and Meyer, Hans-Georg  
 ›A 350 micron superconducting bolometer camera for APEX‹  
*12<sup>th</sup> International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2009), 16-9-2009, Fukuoka, Japan*
436. Heinz, Erik; Zakosarenko, Viatcheslav; May, Torsten; Krüger, André; and Anders, Solveig  
 ›Multiplexed SQUID readout of bolometer arrays for submillimeter astronomy‹  
*12<sup>th</sup> International Workshop on ›Cryogenic Detectors‹ 29-3-2009, Björkliden, Kiruna, Schweden*
437. Hoffmann, Björn; Brönstrup, Gerald; and Christiansen, Silke  
 ›Silicon nanowire arrays for novel photonic, photovoltaic and sensor devices‹  
*Nanowire Growth Workshop 2009, 26-10-2009, CNRS, Paris, France*
438. Jahr, Norbert; Csaki, Andrea; Steinbrück, Andrea; Pöhlmann, Rüdiger; Schröter, Siegmund; Janutz, N.; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Nanoholes filled with nanoparticles as novel tool for sensors‹  
*4<sup>th</sup> International Graduate Summer School, Biophotonics, 6-6-2009, Ven, Sweden*
439. Jahr, Norbert; Csaki, Andrea; Steinbrück, Andrea; Pöhlmann, Rüdiger; Schröter, Siegmund; Janutz, N.; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Optical sensors by nanoholes with nanoparticles‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany*
440. Jetschke, Sylvia; Röpke, Ulrich; Unger, Sonja; and Kirchhof, Johannes  
 ›Characterization of photodarkening process in Yb doped fibers‹  
*Fiber Lasers VI: Technology, Systems, and Applications, 26-1-2009, San Jose, USA*
441. Julich, Sandra; Kielpinski, Mark; Urban, Matthias; Riedel, M.; Wagner, S.; Werres, S.; Fritzsche, Wolfgang; Möller, Robert; and Henkel, Thomas  
 ›PCR and microarray chip technologies for Phytophthora diagnosis‹  
*qPCR 2009 – Symposium & Exhibition & Workshops, 9-3-2009, TU München, Freising-Weihenstephan, Germany*
442. Julich, Sandra; Urban, Matthias; Kielpinski, Mark; Werres, Sabine; Möller, Robert; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›On-chip-PCR and integration with DNA-microarray technology for fast DNA-analysis‹  
*11<sup>th</sup> Status Seminar Chip Technologies, 5-3-2009, Frankfurt am Main, Germany*
443. Just, Florian; Müller, Hans-Rainer; Unger, Sonja; and Bartelt, Hartmut  
 ›Anomaly of thermal stresses in aluminium and phosphorus codoped active optical fiber preforms‹  
*110 Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik, 2-6-2009, Brescia, Italy*
444. Kunert, J.; Fritsch, Ludwig; Ortlepp, T.; Febvre, P.; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Design, fabrication, and tests of RSFQ circuits based on the FLUXONICS foundry‹  
*54<sup>th</sup> IWK-Internationales Wissenschaftliches Kolloquium (IWK 2009), 7-9-2009, TU Ilmenau, Germany*
445. Lau, Katherine; Wood, B.; Kloepper, J.; Bamberg, K.; Paus, R.; and Deckert, Volker  
 ›Towards the Identification of Hair Follicle Mesenchymal Stem Cells by FPA-FTIR‹  
*3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain*

446. Lau, Katherine; Wood, B.; Kloepper, J.; Paus, R.; and Deckert, Volker  
 ›Seeking Mesenchymal Stem Cells in the Human Hair Follicle with FTIR Microspectroscopy‹  
*ICAVS, 2009, Melbourne, Australia*
447. Lau, Katherine; Wood, B.; Kloepper, J.; Bamberg, K.; Paus, R.; and Deckert, Volker  
 ›Selecting a putative mesenchymal stem cell region in the hair follicle based on the lipid and protein features in the IR spectra‹  
*Infrared Raman Discussion Group Meeting, 2009, London, UK*
448. Lau, Katherine; Hedegaard, M.; Kloepper, J.; Paus, R.; Wood, B.; and Deckert, Volker  
 ›Hair Follicle Imaging by FTIR Microspectroscopy and N-FINDR Spectral Unmixing‹  
*3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain*
449. Lau, Katherine; Wood, B.; Kloepper, J.; Bamberg, K.; Paus, R.; and Deckert, Volker  
 ›Towards the Identification of Hair Follicle Mesenchymal Stem Cells by FPA-FTIR‹  
*FT-IR Spectroscopy in Microbiological and Medical Diagnostic/Workshop, 15-10-2009, Berlin, Germany*
450. Lau, Katherine; Hedegaard, M.; Kloepper, J.; Paus, R.; Wood, B.; and Deckert, Volker  
 ›Hair Follicle Imaging by FTIR Spectroscopy and N-FINDR Spectral Unmixing Algorithm‹  
*Infrared Raman Discussion Group Meeting, 2009, London, UK*
451. Leich, Martin; Jetschke, Sylvia; Unger, Sonja; and Reichel, Volker  
 ›Acceleration of photodarkening measurements in Yb doped fibers by enhanced temperatures‹  
*Conference on Lasers and Electro-Optics – European Quantum Electronics Conference (CLEO-EQEC) 2009, 14-6-2009, München, Germany*
452. Leiterer, Christian; Berg, Steffen; Csaki, Andrea; Jahr, Norbert; Kretzschmer, Robert; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Dielectrophoresis for microintegration of nanoscale objects, DNA-single molecules and cells‹  
*Jena School for Microbial communication (JSMC) Workshop, 4-6-2009, Jena, Germany*
453. Leiterer, Christian; Csaki, Andrea; Berg, Steffen; Kretzschmer, Robert; Urban, Matthias; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›Microintegration of plasmonic nanoscale objects using dielectrophoresis for nanophotonic applications‹  
*International Symposium Molecular Plasmonics, 14-5-2009, Jena, Germany*
454. Lindner, Eric; Brückner, Sven; Becker, Martin; Rothhardt, Manfred; Chojetzki, Christoph; and Bartelt, Hartmut  
 ›Regeneration of fiber Bragg gratings in photosensitive fibers without hydrogen loading‹  
*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*
455. Luyckx, Geerd; Voet, Eli; Geernaert, Thomas; Chah, Karima; Nasilowski, Tomas; De Waele, Wim; Becker, Martin; Bartelt, Hartmut; Urbanczyk, Watzlaw; Wojcik, Jan; Degrieck, Joris; Berghmans, Francis; and Thienpont, Hugo  
 ›Benchmarking the response of Bragg gratings written in micro-structured and bow tie fiber embedded in composites‹  
*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*
456. Macha, Pascal; Van der Ploeg, Simon H. W.; Wunsch, Stefan; Oelsner, Gregor; Il'ichev, Evgeny; Meyer, Hans-Georg; and Siegel, Michael  
 ›Losses in coplanar waveguide resonators at millikelvin temperatures‹  
*Quantum Measurement and Metrology with Solid State Devices, 2-11-2009, Bad Honnef, Germany*

457. Mattheis, Roland and Glathe, Sascha  
 ›Velocity splitting of field driven domain walls in nanostrips under large transverse fields‹  
*IEEE International Magnetics Conference – Intermag 2009, 4-5-2009, Sacramento, USA*
458. Meyer, Hans-Georg; Fritzsich, Ludwig; Schönau, Thomas; Stolz, Ronny; and Zakosarenko, Viatcheslav  
 ›dc SQUID-SQIF system with high transfer function‹  
*12<sup>th</sup> International Superconductive Electronics Conference (ISEC 2009), 16-6-2009, Fukuoka, Japan*
459. Mühlig, Christian; Stafast, Herbert; Triebel, Wolfgang; Zeuner, Thomas; Karras, Christian; and Letz, Martin  
 ›Influence of Na-related defects on DUV nonlinear absorption in CaF<sub>2</sub>: Nanosecond versus femtosecond laser pulses‹  
*Laser Damage Symposium on Optical Materials for High Power Lasers, 21-9-2009, Boulder, USA*
460. Mühlig, Christian; Bublitz, Simon; Zeuner, Thomas; and Paa, Wolfgang  
 ›Optical properties of substrates and thin films down to the monolayer scale‹  
*Beutenberg-Campus-Workshop, 4-6-2009, Jena, Germany*
461. Neugebauer, Ute; Clement, J. H.; Bocklitz, Thomas; Krafft, Christoph; and Popp, Jürgen  
 ›Single Cell Identification based on Vibrational Spectroscopy‹  
*FT-IR Spectroscopy in Microbiological and Medical Diagnostic, 15-10-2009, Berlin, Germany*
462. Neugebauer, Ute; Clement, J. H.; Bocklitz, Thomas; Krafft, Christoph; and Popp, Jürgen  
 ›Differentiation of cells from peripheral blood by Raman spectroscopic imaging‹  
*European Conference on the Spectroscopy of Biological Molecules, 28-8-2009, Palermo, Italy*
463. Oelsner, Gregor; Van der Ploeg, Simon H. W.; Grajcar, M.; Macha, Pascal; Hübner, Uwe; Born, D.; Il'ichev, Evgeny; Meyer, Hans-Georg; Wünsch, Stefan; and Siegel, M.  
 ›High frequency readout of supeconducting flux qubit‹  
*Kryo 2009, 4-10-2009, Oberhof, Germany*
464. Paa, Wolfgang; Mühlig, Christian; Bublitz, Simon; and Bochmann, Arne  
 ›Thermische Linsen – Limitierender Faktor bei optischen Komponenten (SiO<sub>2</sub>) für Hochleistungslaser‹  
*Jenaer Technologietag, JETT09, 9-11-2009, Jena, Germany*
465. Petruck, Paul; Riesenberger, Rainer; Kanka, Mario; and Hübner, Uwe  
 ›Partially coherent illumination and application to holographic microscopy‹  
*4<sup>th</sup> EOS Topical Meeting on Advanced Imaging Techniques, 10-6-2009, Jena, Germany*
466. Petschulat, Jörg; Tünnermann, Andreas; Pertsch, Thomas; Cialla, Dana; Schneidewind, Henrik; Hübner, Uwe; Popp, Jürgen; Rockstuhl, Carsten; and Lederer, Falk  
 ›Tailored Plasmonic Nanoantennas for SERS‹  
*NANOMETEA, 2<sup>nd</sup> European Topical Meeting on Nanophotonics and Metamaterials, 5-1-2009, Seefeld, Austria*
467. Richter, Marc; Hedegaard, Martin; Deckert-Gaudig, Tanja; and Deckert, Volker  
 ›TERS for Label Free Cell Diagnostic‹  
*FT-IR Spectroscopy in Microbiological and Medical Diagnostic/Workshop, 15-10-2009, Berlin, Germany*
468. Richter, Marc; Hedegaard, Martin; Deckert-Gaudig, Tanja; and Deckert, Volker  
 ›TERS for Label Free Cell Diagnostic‹  
*8<sup>th</sup> International Symposium on Scanning Probe Microscopy & 2<sup>nd</sup> International Symposium on Optical Tweezers in Life Science, 14-10-2009, Berlin, Germany*

469. Richter, Marc; Hedegaard, Martin; Deckert-Gaudig, Tanja; and Deckert, Volker  
 ›TERS for Label Free Cell Diagnostic‹  
*3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain*
470. Riesenberg, Rainer; Petruck, Paul; Maryasov, A.; and Hübner, Uwe  
 ›Structured Illumination Generated by Nano Hole Array for Subdiffraction Microscopy‹  
*NANOMETA, 2<sup>nd</sup> European Topical Meeting on Nanophotonics and Metamaterials, 5-1-2009, Seefeld, Austria*
471. Röpke, Ulrich; Bartelt, Hartmut; Unger, Sonja; Schuster, Kay; and Kobelke, Jens  
 ›Fiber optic waveguide arrays as an artificial medium for discrete optics‹  
*110 Jahrestagung Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik, 2-6-2009, Brescia, Italy*
472. Sarau, George; Becker, Michael; Bochmann, Arne; Gawlik, Annett; Andrä, Gudrun; and Christiansen, Silke  
 ›Evolution of residual stress and its relation to microstructure in multi-crystalline silicon thin films solar cells on glass prepared by combined laser crystallization and solid phase epitaxy‹  
*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-9-2009, Hamburg, Germany*
473. Schneider, Thomas; Steinbrück, Andrea; Loechner, M.; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›A biosensor based on localized surface plasmons in noble metal nanoparticles‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany*
474. Schneider, Thomas; Steinbrück, Andrea; Loechner, M.; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
 ›An optical sensor based on localized surface plasmons in noble metal nanoparticles‹  
*NanoBio Europe 2009, 16-6-2009, Grenoble, France*
475. Schneidewind, Henrik; Cialla, Dana; Zeisberger, Matthias; Hübner, Uwe; Mattheis, Roland; Petschulat, Jörg; and Popp, Jürgen  
 ›Plasmonic Nanoarrays for SERS‹  
*NANOMETA, 2<sup>nd</sup> European Topical Meeting on Nanophotonics and Metamaterials, 5-1-2009, Seefeld, Austria*
476. Schultze, Volkmar; Ijsselsteijn, Robbert; and Meyer, Hans-Georg  
 ›Noise reduction in optically pumped magnetometer assemblies‹  
*EGAS 41, 8-7-2009, Danzig, Poland*
477. Siebert, Ronald; Winter, Andreas; Schubert, Ulrich S.; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›The light induced processes in conjugated terpyridines and their metal complexes‹  
*XXIV. International Conference on Photochemistry, 19-7-2009, Toledo, Spain*
478. Siebert, Ronald; Cialla, Dana; Möller, Robert; Hübner, Uwe; Schneidewind, Henrik; Mattheis, Roland; Petschulat, Jörg; Tünnermann, Andreas; Pertsch, Thomas; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Ultrafast plasmon dynamics in reproducible SERS-substrates‹  
*New Trends in Surface Enhanced Spectroscopy, 14-5-2009, Jena, Germany*
479. Siebert, Ronald; Winter, Andreas; Schubert, Ulrich S.; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›Ultrakurzzeit-spektroskopische Untersuchungen der photoinitierten Relaxationsdynamik in p-konjugierten Terpyridinen‹  
*Bunsentagung, 21-5-2009, Köln, Germany*
480. Sivakov, Vladimir; Gawlik, Annett; Berger, Andreas; and Christiansen, Silke  
 ›3<sup>rd</sup> Generation Solar Cell Prototype Based on Chemically Formed Silicon Nanowires‹  
*GADEST 2009, 26-10-2009, Berlin, Germany*

481. Sivakov, Vladimir; Becker, Michael; Ehrhold, K.; Berger, Andreas; Stelzner, Thomas; Elers, K. E.; Pore, V.; Ritala, M.; and Christiansen, Silke  
**›Ag/ /Pt Core Shell Nanostructure on Si Nanowires: ALD Processing and Application in SERS‹**  
*Beutenberg Campus JSMC Workshop Method and Concept, 4-6-2009, Jena, Germany*
482. Sivakov, Vladimir; Becker, Michael; Ehrhold, K.; Berger, Andreas; Stelzner, Thomas; Elers, K. E.; Pore, V.; Ritala, M.; and Christiansen, Silke  
**›Ag/ /Pt Core Shell Nanostructure on Si Nanowires: ALD Processing and Application in SERS‹**  
*4<sup>th</sup> Inter.Conf.on Surface Plasmon Photonics (SPP4), 21-6-2009, Amsterdam, The Netherlands*
483. Sivakov, Vladimir; Voigt, F.; Andrä, Gudrun; and Christiansen, Silke  
**›Solar Cell Based on Etched Silicon Nanowires: Formation and Optoelectronic Properties‹**  
*2. Photovoltaik Symposium ›Solare Energieversorgung – quo vadis?‹, 5-11-2009, Bitterfeld-Wolfen, Germany*
484. Sivakov, Vladimir; Berger, Andreas; Andrä, Gudrun; Gawlik, Annett; Falk, Fritz; and Christiansen, Silke  
**›Silicon nanowires: 1D nanostructures and perspectives in photovoltaic‹**  
*1. GMM Workshop ›Mikro-Nano-Integration‹, 12-3-2009, Seeheim, Germany*
485. Sivakov, Vladimir; Scholz, R.; Syrowatka, F.; Falk, Fritz; Gösele, Ulrich; and Christiansen, Silke  
**›Influence of silicon sidewall structures to the silicon nanowire oxidation processes‹**  
*1. GMM Workshop ›Mikro-Nano-Integration‹, 12-3-2009, Seeheim, Germany*
486. Sivakov, Vladimir; Gawlik, Annett; Andrä, Gudrun; Berger, Andreas; and Christiansen, Silke  
**›3<sup>rd</sup> Generation Solar Cell Prototype Based on Chemically Formed Silicon Nanowires: Processing, Optical and Photovoltaic Properties‹**  
*24<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, 21-9-2009, Hamburg, Germany*
487. Sivakov, Vladimir; Becker, Michael; Ehrhold, K.; Berger, Andreas; Stelzner, Thomas; Elers, K. E.; Pore, V.; Ritala, M.; and Christiansen, Silke  
**›Ag/ /Pt Core Shell Nanostructure on Si Nanowires: ALD Processing and Application in SERS‹**  
*MRS Spring Meeting 2009, 13-4-2009, San Francisco, USA*
488. Steinbrück, Andrea; Jahr, Norbert; Schneider, Thomas; Leiterer, Christian; Möller, Robert; Csaki, Andrea; and Fritzsche, Wolfgang  
**›Molecular Nanobiophotonics‹**  
*Photonics 4 Life, 26-5-2009, Florenz, Italy*
489. Steinbrück, Andrea; Csaki, Andrea; Nykytenko, Alla; Schneider, Thomas; and Fritzsche, Wolfgang  
**›Metal Nanoparticles – colorful Labels for Biophotonics‹**  
*Jena Schol for Microbial Communication (JSMC) Workshop, 4-6-2009, Jena, Germany*
490. Tietze, Rainer; Müller, Robert; Lyer, S.; Schreiber, E.; Alexiou, Ch.; Steinmetz, Hanna; and Zeisberger, Matthias  
**›Adsorption of the Chemotherapeutic Agent Mitoxantrone on Iron Oxide Nanoparticles‹**  
*9<sup>th</sup> German Ferrofluid Workshop, 22-9-2009, Benediktbeuren, Germany*
491. Treffer, Regina and Deckert, Volker  
**›Tip-enhanced Raman Spectroscopy on DNA‹**  
*8<sup>th</sup> International Symposium on Scanning Probe Microscopy & 2<sup>nd</sup> International Symposium on Optical Tweezers in Life Science, 14-10-2009, Berlin, Germany*
492. Trupp, Sabiene; Lehmann, Hartmut; Heuermann, Rüdiger; and Mohr, Gerhardt J.  
**›Entwicklung Azidochromer Farbstoffe zur pH-Messung im Physiologischen Bereich‹**  
*6. Deutsches BioSensorsymposium 2009 (DBS2009), 29-3-2009, Freiburg i.B., Germany*

493. Unger, Sonja; Schwuchow, Anka; Jetschke, Sylvia; Reichel, Volker; Leich, Martin; Scheffel, Andy; and Kirchhof, Johannes  
 ›Influence of aluminium-phosphorus codoping on optical properties of ytterbium-doped laser fibers‹  
*Optical Components and Materials VI, 26-1-2009, San Jose, USA*
494. Vogler, Nadine; Bocklitz, Thomas; Akimov, Denis; Deckert, Volker; Krafft, Christoph; Dietzek, Benjamin; Schmitt, Michael; and Popp, Jürgen  
 ›CARS images: processing motivated by physics‹  
*3<sup>rd</sup> Scientific meeting Photonics4life, 16-11-2009, Barcelona, Spain*
495. Vogler, Nadine; Weißflog, Ina; Mariani, Melissa M.; Akimov, Denis; Deckert, Volker; Krafft, Christoph; and Schmitt, Michael  
 ›CARS microscopy for biomedical imaging‹  
*Photonics 4 life, 1st. Annual Meeting, 26-5-2009, Florenz, Italy*
496. Vogler, Nadine; Weißflog, Ina; Mariani, Melissa M.; Akimov, Denis; Deckert, Volker; Krafft, Christoph; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›CARS microscopy for biomedical imaging‹  
*4<sup>th</sup> International Graduate Summer School, Biophotonics '09, 6-6-2009, Ven, Sweden*
497. Vogler, Nadine; Weißflog, Ina; Mariani, Melissa M.; Akimov, Denis; Deckert, Volker; Krafft, Christoph; Schmitt, Michael; Dietzek, Benjamin; and Popp, Jürgen  
 ›CARS microscopy for biomedical imaging‹  
*JSMC Workshop Beutenberg Campus, 4-6-2009, Jena, Germany*
498. Wagner, Kerstin; Seemann, T.; Wyrwa, R.; Müller, Robert; Clement, J. H.; and Schnabelrauch, M.  
 ›Novel catechol containing shell materials for magnetic nanoparticles‹  
*9<sup>th</sup> German Ferrofluid Workshop, 22-9-2009, Benediktbeuren, Germany*
499. Wang, Yiping; Jin, Wei; Jin, Long; Tan, Xialing; Bartelt, Hartmut; Ecke, Wolfgang; Mörl, Klaus; Lehmann, Hartmut; Kobelke, Jens; Schröder, Kerstin; Willsch, Reinhardt; Rothhardt, Manfred; Shan, Liye; Brückner, Sven; and Richardson, David J.  
 ›Fluid-filled microstructured optical fibers and switching applications‹  
*20<sup>th</sup> International Conference on Optical Fibre Sensors, 5-10-2009, Edinburgh, UK*
500. Wyrwa, Ralf; Garwe, Frank; Schmidt, Albrecht; Weisser, Jürgen; Redlich, Lutz; Paa, Wolfgang; and Schnabelrauch, Matthias  
 ›Femtosekunden-Laser-Perforierung von Biopolymerfolien‹  
*15-9-2009, Friedrichroda, Germany*

### Lehrveranstaltungen

#### Teachings

#### Bartelt, Hartmut

›Mikro- und Nanooptik‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena; Faculty for Physics and Astronomy, WS 2008/2009, WS 2009/2010*

›Optik‹

*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena; Faculty for Physics and Astronomy, WS 2008/2009, SS 2009, WS 2009/2010*

›Faseroptik‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena; Faculty for Physics and Astronomy, SS 2009*

#### Csaki, Andrea; Fritzsche, Wolfgang; Julich, Sandra; Leiterer, Christian

›Biophysikalische Chemie I. und II. Praktikum‹

*Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Biology and Pharmacy, WS 2008/2009, WS 2009/2010, SS 2009*

#### Dietzek, Benjamin

›Physikalische Chemie III‹

*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009*



›Struktur und Dynamik in natürlichen und  
artificialen Lichtsammelsystemen‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010*

›Physikalische Chemie IV Praktikum‹

*Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, WS 2008/2009, WS 2009/2010*

#### **Dutz, Silvio**

›Elektrotechnik/Elektronik für Biotechnologen Praktikum‹

*University of Applied Sciences Jena; Department MT/BT,  
WS 2008/2009, WS 2009/2010*

#### **Ecke, Wolfgang**

›Sensorik Praktikum‹

*University of Applied Sciences Jena; Department ET,  
WS 2008/2009, WS 2009/2010*

›Faseroptik‹

*Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
Department SciTec, SS 2009*

#### **Falk, Fritz**

›Photovoltaik‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, WS 2008/2009*

›Thermodynamik und Kinetik der Phasenübergänge‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, SS 2009*

›Elastizitätstheorie und Defekte in Kristallen‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, WS 2009/2010*

#### **Fritzsche, Wolfgang**

›Einführung in die Analytik II‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena; Faculty of  
Chemistry and Earth Sciences, WS 2008/2009, SS 2009*

›Rastersondentechniken‹

*Lecture at the TU Ilmenau; Faculty of Mathematic and  
Natural Sciences WS 2009/2010*

›Physikalisch-Chemische Übungen (Pharmazeuten)‹

*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009*

#### **Fröhlich, Frank**

›Thermodynamik‹

*Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
Department SciTec, WS 2009/2010*

#### **Ilichev, Evgeny**

›Macroscopic Quantum Phenomena‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, WS 2009/2010*

#### **Krafft, Christoph**

›Physikalische Chemie I‹

*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009*

›Physikalische Chemie II‹

*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010*

›Physikalische Chemie IV‹

*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010*

#### **Mattheis, Roland**

›Selected Topics on Sensor Technology‹

*Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
Department SciTec, SS 2009*

#### **Mayerhöfer, Torsten**

›Physikalische Chemie für Biochemie/Molekularbiologie‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010*

›Einführung in die Physikalische Chemie für Pharmazeuten‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009*

#### **Meyer, Hans-Georg**

›Structure of Matter‹

*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, WS 2009*

**Mühlig, Christian**

›Lasertiagnostik für die Materialcharakterisierung‹  
Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
Department SciTec, SS 2009

**Oelsner, Gregor**

›Structure of Matter‹  
Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, WS 2009

**Paa, Wolfgang**

›Angewandte Lasertechniken‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty for Physics and Astronomy, WS 2009/2010

›Lasertiagnostik für die Prozessdiagnostik‹  
Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
Department SciTec, SS 2009

**Popp, Jürgen**

›Physikalische Chemie III‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009

›Physikalische Chemie IV‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010

›Physikalische Chemie V‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010

›Spektroskopie/Bildgebungsverfahren‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009,  
WS 2009/2010

›Bereichsseminar‹  
Seminar at the Friedrich Schiller University Jena; Faculty of  
Chemistry and Earth Sciences, SS 2009, WS 2009/2010

›Laser, Licht und Leben –  
optische Technologien in der Medizin‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009

›Master of Photonics – Submodule Biophotonics‹  
Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010

›Forschungspraktikum Physikalische Chemie‹  
Praktikum Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010

›Biophysikalische Chemie Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, WS 2009/2010, SS 2009

›Instrumentelle Analytik (Pharmazeuten) Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, WS 2008/2009, SS 2009

›Physikalische Chemie II Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, SS 2009

›Spektroskopie/Bildgebung Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, SS 2009, WS 2009/2010

›Allgemeine und Organische Chemie (Biologie-Lehramt)  
Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, WS 2008/2009, WS 2009/2010

›Physikalische Chemie Übungen für Pharmazeuten‹  
Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, SS 2009

›Physikalische Chemie V Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena; Faculty of Chemistry and  
Earth Sciences, WS 2009/2010

›Spektroskopie/Bildgebungsverfahren Praktikum‹  
Friedrich Schiller University Jena;  
Faculty of Chemistry and Earth Sciences, WS 2009/2010

**Riesenberg, Rainer**

›Microscopy with Interferences, Holographic Microscopy‹  
Seminar at the Friedrich Schiller University Jena; SS 2009

›Spektralsensoren, Minispektrometer‹  
*Seminar at the University of Applied Sciences Jena;  
 SS 2009*

#### **Schneidewind, Henrik**

›Festkörperphysik/Festkörperchemie‹  
*Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
 Department SciTec, WS 2009/2010*

#### **Stafast, Herbert**

›Angewandte Lasertechniken‹  
*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
 Faculty for Physics and Astronomy, WS 2008/2009*

Module ›Laser Physics – Fundamentals and Applications‹  
*Lecture at the Friedrich Schiller University Jena;  
 Faculty for Physics and Astronomy, SS 2009*

#### **Willsch, Reinhardt**

›Sensortechnik‹  
*Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
 Department SciTec, WS 2008/2009*

›Selected Topics on Sensor Technology,  
 Part Optical Fiber Sensor Systems‹  
*Lecture at the University of Applied Sciences Jena;  
 Department SciTec, SS 2009*

#### **Wuttig, Andreas**

›Spektralsensoren, Minispektrometer‹  
*Seminar at the University of Applied Sciences Jena;  
 SS 2009*

#### **Zieger, Gabriel**

›Structure of Matter‹  
*Seminar at the Friedrich Schiller University Jena;  
 Faculty for Physics and Astronomy, WS 2009/2010*

## **Qualifizierungsarbeiten**

### **Diploma -, Bachelor - and Master Theses**

#### **Beyer, Rebecca**

›Femtosekunden-Laserplasma von strukturiertem Silicium:  
 Ausbeute und Ausbreitungs-Kinetik‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

#### **Brückner, Uwe**

›Modellierung und experimentelle Untersuchungen zu  
 low-cost Miniaturspektrometern für den Einsatz im  
 UV-Spektralbereich‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

#### **Busch, Matthias**

›Entwurf, Präparation und spektrale Charakterisierung von  
 Gitterstrukturen in mehrmodigen Lichtwellenleitern‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

#### **Conrad, Delf**

›Polymer-Plattformen für Biochipapplikationen mit  
 enzymatischer Silberabscheidung‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

#### **Gawronski, Ute**

›Charakterisierung der Strahlparameter eines optisch  
 parametrischen Oszillators zum Einsatz für spektral breit-  
 bandige Cavity-Ring-Down-Messungen an HR-Spiegeln‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

#### **Gerhardt, Mario**

›Texturierte Substrate für LLC-Si-Dünnschichtsolarzellen‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

#### **Gleichmar, Claudius**

›Untersuchungen des Einflusses der Umgebung auf die  
 Eigenschaften magnetischer Nanoteilchen‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

#### **Griebenow, Kristin**

›Photoangeregte Zustandsdynamik in  
 Pyridin-basierten DNA-Sensoren‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Hähnel, Gerd**

›Hochlokale UV-Lichterzeugung an Metall-Nanostrukturen durch fs-Laserbestrahlung‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Hesse, Julia**

›Untersuchungen zur Umhüllung magnetischer Eisenoxid-Nanopartikel mit Gold und Silber‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Keese, Anna**

›Geschlechtsdifferenzierung bei Vögeln mittels UV-Resonanz-Raman-Spektroskopie‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Kuhri, Susanne**

›Schwingungsspektroskopische Untersuchungen des Einflusses von Schwermetall auf Bodenbakterien‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Künzler, Michael**

›Entwurf, Aufbau und Erprobung eines Fluid-Management-Systems zur chipbasierten DNA-Detektion‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Lehnert, Jochen**

›Experimentelle Untersuchungen zur größenabhängigen Fraktionierung von magnetischen Nanopartikeln‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Loesche, Christoph**

›Numerische Berechnung von Kristallisationsprozessen in Silizium‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Ludwig, Anne**

›Herstellung und Charakterisierung von Gläsern im System  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-La}_2\text{O}_{3+x}$  für faseroptische Anwendungen‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Macha, Pascal**

›High frequency readout of flux qubits‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Oelsner, Gregor**

›Ballistisches Auslesen von Fluss Qubits‹  
*at the Friedrich Schiller Universität Jena, 2009.*

**Rost, Matthias**

›Schnelltest für Epitaxie von III-V-er Triple-Junction-Solarzellen‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena/ Azur Space Solar Power GmbH, 2009.*

**Schäfer, Johann**

›Schnelle Wellenlängenabstimmung eines Scheibenlasers mit regenerativem Verstärker‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Schmeißner, Roman**

›Charakterisierung photoinduzierten, substitutionsabhängigen Elektronentransfers bestimmter Übergangsmetallkomplexe‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Schmidt, Dominique**

›Entwicklung, Aufbau und Test eines Messplatzes zur Qualifizierung von Multiturn-Sensoren‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Schönau, Thomas**

›Magnetfeldsensoren mit hoher Dynamik für die luftgestützte Geomagnetik‹  
*at the Friedrich Schiller Universität Jena, 2009.*

**Schulz, Thomas**

›Vergleich von fester und flüssiger Befüllung von Magnetometer-Mikrozellen mit Cäsium‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Schwarz, Martha**

›Entwicklung und Realisierung eines Fluidmanagements mittels Schrittmotorsteuerung zur reproduzierbaren DNA-Chip-Analyse‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Shan Live**

›Optical Properties of suspended core fibers with Bragg gratings‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Strigli, Christian**

›Entwurf und Realisierung einer analogen Signalverarbeitung für schnelle Bragg-Gitter-Sensorauswertung‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Thiele, Matthias**

›Chipbasierte Verfahren für die DNA-Analytik‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009*

**Treppler, Stefanie**

›Optimierung des Zeitprotokolls einer Duplex-PCR zum Chip-basierten Nachweis von Mycoplasma mycoides subspezies mycoides Small Colony Type‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Vater, Erik**

›Quasi-Multiplex CARS-Mikroskopie‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Westphal, Nils**

›Aufbau und Erprobung eines 2-kanaligen Kompaktspektrometers‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Zeuner, Thomas**

›Aufbau, Charakterisierung und Anwendung der 3. und 4. Harmonischen eines nachverstärkten Ti:Saphir fs-Lasersystems‹  
*at the University of Applied Sciences Jena, 2009.*

**Zopf, David**

›Präparation und Charakterisierung plasmonisch aktiver Dünnschichten auf Nanopartikel-Basis zur Bioanalytik‹  
*at the University Leipzig, 2009.*

**Doktorarbeiten****PhD Theses****Ackermann, Kathrin**

›Design und Umsetzung innovativer Methoden im Bereich der Bio-Nano-Photonik‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Bierlich, Jörg**

›Einfluss der Bekeimung auf die Qualität von schmelztexturierten YBCO-Hochtemperatur-Supraleitern‹  
*at the Bergakademie TU Freiberg, 2009.*

**Grjasnow, Alexej**

›Teilkohärente quantitative Phasenkontrastmikroskopie‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Krause, Mario**

›Raman-spektroskopische Untersuchungen an biologischen Proben zur Identifizierung probenspezifischer Parameter unter Verwendung chemometrischer Methoden‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Mariani, Melissa M.**

›Vibrational Spectroscopy for Fundamental Cell Behavior Analyses in a Wound Healing Model‹  
*at the University Dortmund, 2009.*

**Presselt, Martin**

›Describing and predicting molecular properties via spectroscopy in combination with electron density analysis‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Schüler, Thomas**

›Enzymatisch generiertes Nanopartikelwachstum für Biochipsysteme in der Vor-Ort-Analytik‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

**Steinbrück, Andrea**

›Nanopartikel für die Molekulare Plasmonik- Präparation und Charakterisierung von mono- und bimetallic Nano-partikeln und Nanopartikel-Konstrukten für die Bioanalytik‹  
*at the Friedrich Schiller University of Jena, 2009.*

## Mitgliedschaften

### Memberships

#### Andrä, Gudrun

- Vorstand Solarinput e.V. Erfurt

#### Bartelt, Hartmut

- Vorstandsmitglied des Mikro-Nano-Technik e.V. (MNT)
- Vorstandsmitglied des Beutenberg Campus e.V.
- Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Angewandte Optik
- Mitglied im Arbeitskreis Mikrooptik der deutschen Gesellschaft für Angewandte Optik
- Mitglied im Editorial Board der Fachzeitschrift ›Optik‹
- Deutscher Vertreter in WG7 der ISO zum Thema ›Diffractive Optics‹
- Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Jenoptik AG
- Mitglied im Beirat des Technologie- und Innovationspark Jena
- Mitglied im Kuratorium MFPA Weimar

#### Bierlich, Jörg

- Materials Research Society Singapore

#### Christiansen, Silke

- Materials Research Society
- Mitglied der Fachorganisation Deutscher Hochschulverband

#### Deckert, Volker

- Mitglied der Society for Applied Spectroscopy
- Mitglied der Royal Society of Chemistry

#### Dellith, Jan

- EMAS

#### Dietzek, Benjamin

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemie

#### Dutz, Silvio

- Fachausschuss ›Magnetische Methoden in der Medizin‹ der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik (DGBMT)

- Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik
- Mitglied im Verband der Elektrotechnik

#### Ecke, Wolfgang

- Member of Editorial Board of Int. J. of Smart and Nano Materials (Taylor & Francis)
- Member of the College of Reviewers of the Canada Research Chairs program
- Advisory Board Member of Asia Pacific Committee of Smart and Nano Materials

#### Falk, Fritz

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

#### Franke, Marco

- OSA Student-Chapter

#### Fritzsche, Wolfgang

- Scientific Adv. Committee o. Intern. Society f. Nanoscale Sc., Computation + Engin. (ISNSCE)
- Deputy Chair Management Committee COST Action MP0802
- Mitglied im Verein Deutscher Ingenieure/Fachausschuss Mikro-Nano-Integration

#### Gawalek, Wolfgang

- Mitglied der European Conference on Applied Superconducting

#### Glathe, Sascha

- Mitglied im Institute of Electrical and Electronics Engineers
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

#### Grjasnow, Alexej

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

#### Habisreuther, Tobias

- Mitglied der Deutschen Kommission Elektrotechnik

#### Köbe, Hardy

- Mitglied im Institute of Electrical and Electronics Engineers

**Lau, Katherine**

- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker
- Mitglied der Infrared and Raman Discussion Group

**Mattheis, Roland**

- FA 9.4 der ITG
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied im Verein Deutscher Ingenieure
- Mitglied im Institute of Electrical and Electronics Engineers

**Meyer, Hans-Georg**

- Fluxonics e.V.

**Mühlig, Christian**

- Arbeitskreis ›DUV/VUV-Optik‹ (Photonic Net)

**Paa, Wolfgang**

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied im Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma

**Petruck, Paul**

- Mitglied der European Optical Society

**Popp, Jürgen**

- Mitglied des Rates der Chemisch-Geowissenschaftlichen Fakultät
- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied der Deutschen Bunsengesellschaft
- Mitglied im Deutschen Hochschulverband
- Mitglied der Society for Applied Spectroscopy
- Sprecher des BMBF-Forschungsschwerpunktes Biophotonik
- Koordinator des europäischen Exzellenznetzwerkes ›PHOTONICS4LIFE‹
- Editor-in-Chief Journal of Biophotonics
- Editorial Board Member Journal of Raman Spectroscopy
- Editorial Board Member ChemPhysChem
- Editorial Board Member Applied Spectroscopy
- Mitglied des Beirates BioRegio Jena e.V.
- Kuratoriumsmitglied STIFT
- Aufsichtsratsmitglied der Wirtschaftsförderungsgesellschaft Jena mbH

**Richter, Marc**

- GdCh, Vbio

**Riesenberg, Rainer**

- Mitglied der European Optical Society

**Schneidewind, Henrik**

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

**Schultze, Volkmar**

- Personal member: International Society for Archaeological Prospection

**Stafast, Herbert**

- Professor Extraordinary, Department of Physics, University of Stellenbosch, South Africa
- Mitglied der American Physical Society
- Mitglied der Bunsen Society
- Mitglied der Gesellschaft Deutscher Chemiker

**Triebel, Wolfgang**

- Arbeitskreis ›DUV/VUV-Optik‹ (Photonic Net)

**Wendt, Michael**

- EMAS
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

**Willsch, Reinhardt**

- SENSOR report
- Member of Optical Fiber Sensors (OFS) International Steering Committee
- Stellvertretender Vorsitzender AMA Fachausschuss ›Optische Sensorik‹
- Mitglied im VDI-GMM Fachausschuss Mikro-Nano-Integration

**Wuttig, Andreas**

- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

**Zeisberger, Matthias**

- DPG

**Zeuner, Thomas**

- Personal member: DPG

**Konferenzorganisation**

*Conference Organization*

**Bartelt, Hartmut**

- Member International Program Committee ISMTII-2009 St. Petersburg, Russia
- Member Technical Programme Sub-Committee 14<sup>th</sup> OptoElectronics and Communications Conference (OECC 2009) Hong Kong, China
- Member Tech Committee Specialty Optical Fibers Workshop (WSOF2010) Oaxaca, Mexico
- Member Program Committee Photonics Europe 2010 ›Photonic Crystal Fibres‹, Brussels, Belgium
- Workshop ›Trends in der Faseroptik‹, 4. Dezember 2009, Jena

**Ecke, Wolfgang**

- Co-Chair of SPIE International Conference ›Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks, and Systems‹ March 2009, San Diego, USA
- Chair of Technical Program Committee of International Optical Fibre Sensors Conference OFS-20, October 2009, Edinburgh, UK
- Program Committee Member of SPIE International Conference ›Fiber Optic Sensors and Applications VII‹, April 2010, Orlando, USA
- Executive Committee Member of SPIE's Symposium ›Smart Structures and Materials & Non-Destructive Evaluation and Health Monitoring‹, San Diego, USA
- Co-Chair of International Conference on ›Smart Materials and Nanotechnology in Engineering – SMN 2009‹, July 2009, Weihai, China
- Member of International Advisory Committee of Photonics 2010 Conference

**Fritzsche, Wolfgang**

- Molecular Plasmonics, May 2009, IPHT Jena

**Gawalek, Wolfgang**

- EUCAS 2009, Member National Committee

**Meyer, Hans-Georg**

- S-PULSE International RSFQ Technology Workshop, 22.–23. Oktober 2009, Jena

- Scientific Committee: EUROFLUX 2009, 20.–23. September 2009, Avignon

**Popp, Jürgen**

- Sommerschule für Hochbegabte Schüler ›Nano- und Bionanotechnologie‹, 15.–19. Juni 2009, Jena
- Subconference ›Clinical and Biomedical Spectroscopy‹ auf der ›European Conference on Biomedical Optics‹, 14.–18. Juni 2009, München

**Riesenberg, Rainer**

- IRS<sup>2</sup>, Intern. Conf. and Exhib. on Infrared Sensors & Systems, Programme Committee and Chair

**Willsch, Reinhardt**

- OFS, October 2009, Edinburgh
- SPIE-Europe Optical Sensors Conference, April 2009, Prague, Czech Republic
- OPTO 2009 Conference, Mai 2009, Nürnberg

*Gastwissenschaftler*

*Guest Scientist*

**Prof. Andreev, Andrey**

Bulgarian Academy of Sciences, Institute for Solid State Physics, Sofia, Bulgaria  
January – March 2009

**Anwar Alebrahim, Mohammad**

Al Al-Bayt-University, Jordan  
September 2009 – September 2010

**Dr. Balakrishnan, Muralidharan**

Novald AG Dresden, Germany  
July 2009 – July 2010

**Bayari, Sevgi**

DAAD-Stipendiat, Hecettepe University, Ankara, Turkey  
June – July 2009

**Bielecki, Christiane**

Universitätsklinikum Jena, Abteilung Gastroenterologie  
September 2009 – August 2010



**Dore, Jonathon**

CSG-Solar Thalheim, Germany  
November 2009 – June 2010

**Hedegaard, Martin A. B.**

University of Southern Denmark,  
Institute of Sensors, Signals and Electrotechnics  
February – Juli 2009

**Prof. Köhler, Michael**

Technische Universität Ilmenau, Institut für Physik,  
Germany  
July – December 2009

**Lerose, Damiana**

Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle,  
Germany  
November 2007 – March 2010

**Lin, Xiu-mei**

Department of Chemistry, Xiamen University, China  
June 2009 – March 2011

**Prof. Prikhna, Tetiana**

Institute of Superhard Materials, Kiew, Ukraine  
since November 2006

**Shan, LiYe**

Master-Student im Erasmus-Programm,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
October 2008 – August 2009

**Dr. Stanca, Sarmiza**

DAAD-Stipendiatin, Marie-Curie fellow,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Physiologie  
October 2009 – January 2010

**Dr. Stranik, Ondrej**

EU-Marie-Curie-Stipendiat  
Biomedical Diagnostic Institute, Dublin City University,  
Irland  
October 2009 – Dezember 2012

**Dr. Tombelaine, Vincent**

Université de Limoges, France  
February 2008 – April 2009

***Gutachtertätigkeiten******Referee activities*****Bartelt, Hartmut**

- Optics Express
- Optics Letters
- Journal of Applied Physics
- Applied Optics
- Journal of Lightwave Technology
- Photonics Technology Letters
- DFG
- Foundation for Polish Science

**Becker, Martin**

- Optics Express
- Optical Engineering
- Journal Smart Materials and Structures
- JEMWA/PIER Journals

**Christiansen, Silke**

- Nano Letters
- Journal of Applied Physics
- Nanotechnology
- Semiconductor Science and Technology
- ACS Nano
- American Chemical Society Petroleum Research Fund
- Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen  
Forschung Österreich
- Journal of crystal growth
- Journal of the American Chemical Society
- Ultramicroscopy
- EU-ICT priority
- DFG
- Applied Physics A
- physica status solidi
- Materials Science and Engineering B
- Thin Solid Films
- Solid State Electronics
- Journal of the Electrochemical Society
- American Chemical Society
- Institute of Physics

**Csaki, Andrea**

- Journal of Biophotonics
- Journal of Optics A: Pure and Applied Optics
- Nanotechnology

**Dietzek, Benjamin**

- ChemPhysChem
- Chemical Physics Letter
- Journal of Photochemistry and Photobiology A
- Journal of Physical Chemistry

**Dutz, Silvio**

- Journal of Magnetism and Magnetic Materials
- Journal of Applied Physics
- Advanced Biomaterials

**Falk, Fritz**

- Advanced Materials
- Solar Cell Materials and Solar Cells
- Thin Solid Films
- Journal of the Electrochemical Society
- Nanotechnology
- Nano Letters
- Technische Universität Ilmenau
- Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada
- Friedrich-Schiller-Universität Jena

**Fritzsche, Wolfgang**

- Universität Potsdam
- Tel Aviv University
- Advanced Functional Materials
- Advanced Materials
- Analytical Chemistry
- Angewandte Chemie
- Journal of Biophotonics
- Journal of Nanobiotechnology
- Journal of Physical Chemistry
- Nature Nanotechnology
- Optic Express
- Plasmonics
- Sensors
- Small
- Academy of Finland
- Alexander von Humboldt-Stiftung

- EU: IST FET-Open project evaluation
- European Science Foundation (ESF) Exploratory Workshop Program
- Jyväskylä University
- Slovenian Research Agency
- Swiss National Science Foundation

**Gawalek, Wolfgang**

- Superconductor Science and Technology
- IEEE Transactions on Applied Superconductivity

**Habisreuther, Tobias**

- SUST
- Journal of Low Temperature Physics

**Ilichev, Evgeny**

- Journal of Physics: Condensed matter
- Physical Review Letters
- Journal of Physics: Condensed Matter
- Physical Review Letters
- Physical Review B
- Journal of Physics B: Atomic, Molecular & Optical Physics

**Jetschke, Sylvia**

- Optics Express

**Krafft, Christoph**

- North West Cancer Research Fund, England
- Institut National du Cancer, Frankreich
- The Analyst
- Analytical Chemistry
- Journal of Biophotonics
- Clinical Biochemistry
- Optics Communication
- CellStemCell
- Analytical and Bioanalytical Chemistry

**Leiterer, Christian**

- Journal of Biophotonics

**Litzkendorf, Doris**

- Fachhochschule Jena

**Mattheis, Roland**

- IEEE Transaction of Magnetics

**Mayerhöfer, Thomas**

- Journal of Biophotonics
- Spectrochimica Acta A
- Vibrational Spectroscopy
- Journal of Solid State Chemistry

**Mühlig, Christian**

- Journal of Non-Crystalline Solids

**Paa, Wolfgang**

- Technische Universität Dresden
- Journal of Physical Chemistry

**Popp, Jürgen**

- Journal of Physical Chemistry
- Journal of Raman Spectroscopy
- ChemPhysChem
- Angewandte Chemie
- Applied Spectroscopy
- The Analyst
- PhysChemChemPhys
- Chemical Physics Letter
- Journal of the American Chemical Society
- Journal of Biomedical Optics
- Analytical Chemistry
- Deutsche Forschungsgemeinschaft
- Deutscher Akademischer Austausch Dienst
- Alexander von Humboldt-Stiftung
- Thüringen Innovativ
- Carl-Zeiss-Stiftung
- Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH
- German-Israel-Foundation
- Netherland Organization for Scientific Research

**Riesenberg, Rainer**

- TU Dresden
- Applied Optics

**Schneider, Thomas**

- Journal of Biophotonics

**Sivakov, Vladimir**

- Nano Letters
- Journal of Electrochemical Society
- Small
- Nanotechnology

- Physica Status
- Advanced Materials

**Stafast, Herbert**

- National Research Foundation of South Africa

**Stelzner, Thomas**

- ACS Nano
- Nano Letters
- American Chemical Society Petroleum Fund
- Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung Österreich
- Semiconductor Science and Technology
- Journal of Applied Physics
- Nanotechnology

**Willsch, Reinhardt**

- Optics Express
- OSA Applied Optics
- IoP Measurement Science and Technology
- IEEE Journal of Sensors
- SPIE Optical Engineering
- Sensors & Actuators
- Journal of Lightwave Technology

**Zeisberger, Matthias**

- Acta Biomaterialia

**Partner****Partners****National**

- 3-D Micromac AG, Chemnitz
- 4H Jena engineering GmbH, Jena
- AB Elektronik GmbH (TT Electronics), Werne
- Advanced Optic Solutions (AOS) GmbH, Dresden
- AIFOTEC Fiberoptics GmbH, Meiningen
- Airbus Deutschland GmbH, Hamburg-Finkenwerder
- Aixtron AG, Aachen
- AMIC GmbH, Berlin
- Analytik Jena AG, Jena
- Analytik Jena IDC Geräteentwicklungsgesellschaft mbH, Langewiesen
- Aura Optik, Jena

- Bauhaus Universität Weimar, Weimar
- BECIT GmbH, Halle
- Biolitec AG, Jena
- Bosch Solar Energy AG, Erfurt
- BTU-Cottbus, Cottbus
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Bonn-Lengsdorf
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin
- Bundesanstalt für Züchtungsforschung an Kulturpflanzen, Quedlinburg
- Bundeswehr Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Eckernförde
- B&W Technology and Trade GmbH, Jena
- BWT Wassertechnik GmbH, Schriesheim
- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg
- Carl Zeiss AG, Oberkochen
- Carl Zeiss Jena GmbH, Jena
- Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Jena
- Carl-Zeiss-SMT AG, Oberkochen
- CeramOptec GmbH, Bonn
- Cetoni GmbH, Korbußen
- Charite, Universitätsmedizin Berlin
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Geowissenschaften, Abt. Geophysik, Kiel
- CLONDIAG GmbH, Jena
- Coherent GmbH, Göttingen
- ConSens GmbH, Ilmenau
- Cordus GmbH, Mühlhausen
- CSG Solar AG, Thalheim
- Deutsches GeoForschungszentrum Potsdam, Potsdam
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Bonn
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Berlin
- Diamond GmbH, Echterdingen
- Dinovis, Nürnberg
- European Research Service GmbH, Münster
- Fachhochschule Friedberg, Friedberg
- Fachhochschule Jena, Jena
- Fibre Bragg Graing Technologies GmbH, Jena
- FEE GmbH, Idar Oberstein
- Fein-Elast GmbH, Zeulenroda
- Fernsteuergeräte Kurt Oelsch GmbH, Berlin
- FGAN-FOM, Research Institute for Optronics and Pattern Recognition, Ettlingen
- FiberTech GmbH, Berlin
- Fiberware GmbH, Mittweida
- FIBOTEC Fiberoptics GmbH, Meiningen
- Forschungsgesellschaft für Messtechnik, Sensorik und Medizintechnik e.V. Dresden, Frankfurt a.M.
- Forschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., Dresden
- Forschungszentrum Jülich, Jülich
- Fraunhofer Center für Si-Photovoltaik CSP, Halle
- Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), Berlin
- Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik, Nuthetal
- Fraunhofer Institut für angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Jena
- Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen
- Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IAP), Stuttgart
- Fraunhofer Institut für Silicatforschung (ISC), Würzburg
- Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT, Potsdam
- Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren, Dresden
- Freie Universität Berlin, Institut für Geographische Wissenschaften, Berlin
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Optik, Information und Photonik, Erlangen
- Friedrich-Löffler-Institut, Jena
- Fritz Kübler GmbH, Villingen-Schwenningen
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Biochemie und Biophysik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Ernährungswissenschaften, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Mikrobiologie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Ökologie, Limnologie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Centre for Molecular Biomedicine, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Organische und Makromolekulare Chemie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Physikalische Chemie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Informatik, Technische und Angewandte Informatik, Jena

- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Angewandte Optik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Angewandte Physik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Anorganische und Analytische Chemie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Festkörperoptik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Festkörpertheorie und Theoretische Optik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Geowissenschaften, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Informatik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Materialwissenschaften und Werkstofftechnologie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Optik und Quantenelektronik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Otto-Schott-Institut für Glaschemie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Universitätsklinikum, Hautklinik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Universitätsklinikum, CMB, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Klinische Chemie und Laboratoriumsdiagnostik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Medizinische Mikrobiologie, Onkologisches Forschungslabor, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Pathologie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Universitätsklinikum, Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Universitätsklinikum, Klinik für Innere Medizin II, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Universitätsklinikum, Klinik für Neurologie, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, AG Biomolekulare Photonik, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Physiologie II, Jena
- Friedrich-Schiller-Universität, Universitätsrechenzentrum/Multimediazentrum, Jena
- Geophysik GGD, Leipzig
- Geophysikbüro Munstermann, Gommern
- Grintech GmbH, Jena
- H.C. Starck GmbH, Goslar
- Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung, Institut für Mikro- & Inform.technik, Villingen-Schwenningen
- Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Berlin
- Heraeus Quarzglas GmbH & Co.KG, Bitterfeld-Wolfen
- Heraeus Quarzglas GmbH & Co.KG, Greppin & Hanau
- Heraeus Quarzglas GmbH & Co.KG, Kleinostheim
- Heraeus Tenevo GmbH, Geppin & Hanau
- Highyag GmbH, Stahnsdorf
- HL Planartechnik, Dortmund
- Hochschule Bremerhaven, Bremerhaven
- Hochschule Magdeburg-Stendal (FH), Magdeburg
- IBA GmbH, Göttingen
- Imbut GmbH, Greiz
- IMMS Institut für Mikroelektronik & -Mechatronik Systeme gGmbH, Ilmenau
- IMSTec GmbH, Mainz
- INNOVENT e. V., Jena
- Institut für Bioprozeß- und Analysenmeßtechnik e. V., Heilbad Heiligenstadt
- Institut für Luft- und Kältetechnik, Dresden
- iSuppli Deutschland GmbH, München
- Jena-Geos Ingenieurbüro GmbH, Jena
- JenALL e. V., Jena
- Jena-Optronik GmbH, Jena
- JenControl GmbH, Jena
- JenLab GmbH, Jena
- Jenoptik Laserdiode GmbH, Jena
- Jenoptik Laser-Optik-Systeme (LOS) GmbH, Jena
- JENOPTIK Mikrotechnik GmbH, Jena
- Jenoptik Polymer Systems GmbH, Triptis
- j-fiber GmbH, Jena
- JLM Innovation, Tübingen
- JT Optical Engine GmbH CoKG, Jena
- Julius Kühn Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig
- KAHLA/Thüringen Porzellan GmbH, Kahla
- Kayser-Threde GmbH, München
- Korth Kristalle GmbH, Altenholz
- Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH, Leipzig
- Kustan Umwelttechnik GmbH, Rudolstadt
- Laser Zentrum Hannover e. V., Hannover
- Laserline GmbH, Mülheim-Kärlich
- Laseroptik GmbH, Garbsen

- Laserzentrum Hannover e.V., Hannover
- Layertec GmbH, Mellingen
- Leibnitz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V., Dresden
- Leibniz-Institut für Naturstoff-Forschung & Infektionsbiologie e.V., Hans-Knöll-Institut, Jena
- Leoni Fiberoptics GmbH, Lederhose
- Leybold Optics GmbH, Alzenau
- LISA laser products OHG Fuhrberg & Teichmann, Katlenburg-Lindau
- Little Things Factory, Ilmenau
- LUMERA LASER GmbH, Kaiserslautern
- Magnetworld AG, Jena
- Maicom Quarz GmbH, Posterstein
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle
- Max-Born-Institut im Forschungsverbund Berlin e.V., Berlin
- Max-Planck-Institut für chemische Ökologie, Jena
- Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart
- Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik, Halle
- Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching
- Max-Planck-Institut für Radioastronomie, Bonn
- Menlo Systems GmbH, Martinsried
- MoBiTec GmbH, Göttingen
- NanoElekTro Technik GmbH, Freising
- NEL Neontechnik Elektroanlagen Leipzig GmbH, Leipzig
- NFT Nano-Filtertechnik GmbH, München
- Novotechnik Stiftung & Co. Messwertaufnehmer OHG, Ostfiltern
- OLPE Jena GmbH, Jena
- Oswald-Electromotoren GmbH, Miltenberg
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Berlin
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
- PicoQuant GmbH, Berlin
- PREMA Semiconductor GmbH, Mainz
- Qcells AG, Thalheim
- Quantifoil Micro Tools GmbH, Jena
- rap.ID particle systems GmbH, Berlin
- Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn
- Robert-Koch-Institut, Berlin
- Rofin-Sinar Laser GmbH, Hamburg
- Schott AG, Division Schott Lithotec, Jena
- Schott Solar AG, Alzenau
- Schott Solar AG, Jena
- Sensitec GmbH, Mainz
- Siemens AG, Erlangen
- Siemens AG, München
- Sigma ElectroOptics GmbH, Hamburg
- Singulus Technologies AG, Kahl
- SmarAct GmbH, Oldenburg
- Solvay Infra Bad Hönningen, Bad Hönningen
- Speck Sensorsysteme GmbH, Jena
- Stemme AG, Strausberg
- STW Straßen-, Tief- und Wasserbau GmbH, Remptendorf/Thür.
- Supracon AG, Jena
- SurA Chemicals GmbH, Bucha
- SURA Instruments GmbH, Jena
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Technische Universität Chemnitz, Mikrosystem- und Gerätetechnik, Chemnitz
- Technische Universität Darmstadt Institut for Energy & Powerplant Technology, Darmstadt
- Technische Universität Dresden, Dresden
- Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg
- Technische Universität Ilmenau, Ilmenau
- Technische Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern
- Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiesysteme, München
- Technische Universität München, München
- TERRASYS Geophysics GmbH & Co. KG, Hamburg
- THEVA Dünnschichttechnik GmbH, Ismaning
- Thorey Textilveredlungs GmbH, Gera
- Thüringer Landesvermessungsamt, Erfurt
- TITV – Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V. Textilforschungsinstitut, Greiz
- Tracto Technik GmbH, Lennestadt
- TriOS Mess- und Datentechnik GmbH, Oldenburg
- Trumpf Laser GmbH + Co.KG, Schramberg
- Universität Bielefeld, Bielefeld
- Universität Braunschweig, Braunschweig
- Universität Duisburg-Essen, Duisburg
- Universität Erlangen, Erlangen
- Universität Erlangen-Nürnberg Klinik & Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenkranke, Erlangen-Nürnberg
- Universität Gießen, Gießen
- Universität Heidelberg, Heidelberg
- Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- Universität Konstanz, Konstanz
- Ludwig-Maximilians-Universität, München

- Universität Münster, Münster
- Universität Regensburg Institut für experim. und angewand. Physik, Naturwiss. Fakultät II – Physik, Regensburg
- Universität Siegen, Institut für Medienforschung (IfM), Siegen
- Universität Stuttgart, Institut für Stahlwerkzeuge (IFSW), Stuttgart
- Universität Würzburg, Würzburg
- Universitätsklinik Dresden, Dresden
- Virtual Fab GmbH, Jena
- Vitron GmbH, Jena
- Wavelight AG, Erlangen
- WIAS Berlin, Berlin
- Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung, Hanau
- WITec GmbH, Ulm
- X-Fab Semiconductors Foundry AG, Erfurt
- Zarm, Uni Bremen Zentrum für angewand. Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation, Bremen

### International

#### Ägypten | Egypt

- British University in Egypt, Kairo

#### Australien | Australia

- CSIRO Materials Science and Enginee, Lindfield, NSW
- Monash University, Clayton

#### Belgien | Belgium

- FOS & S Fibre Optic Sensors and Sensing sys., Geel
- Interuniversitair Micro-Electronica Centrum VZW, Leuven
- Multitel, Mons
- Universität Brüssel, Vrije Universiteit Brussels, Brüssel
- Von-Karman Institute for Fluid Dynamics, Rhode Saint Genese

#### China | China

- Shanghai Jiaotong University, Shanghai

#### Dänemark | Danmark

- Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby
- University of Aarhus, Aarhus

#### England | England

- Fianium Ltd, Hamble, Southampton

- Gooch & Housego (Torquay) Limited, Torquay Devon
- Imperial College London Imperial College of Science, Technol & Medicine, London
- NPL Managment Limited, National Physical Laboratory (NPL), London
- Oxford Instruments Plasma Technology, Bristol
- Oxsensis Ltd., Didcot, Oxfordshire
- Queens University Belfast, Respiratory Medicine Research Cluster, Centre for Infection and Immunity, Belfast
- Rolls-Royce Plc, Derby
- University Loughborough, Loughborough
- University of Bath, Bath
- University of Birmingham, Birmingham
- University of Bradford, Bradford
- University of Cambridge, Cambridge
- University of Liverpool, Liverpool
- University of Oxford, Oxford
- University of Sussex, Brighton
- University St. Andrew, St. Andrew, Scotland
- Vibro-Meter UK, Basingstoke

#### Finnland | Finland

- Technical Research Centre of Finland Microsensing & Microelectronics, VTT, Espoo
- Helsinki University of Technology, Helsinki
- PICOSUN OY, Espoo

#### Frankreich | France

- ALMA Consulting Group, Lyon
- Association Perfos, Lannion
- Auxitrol SA, Bourges
- CEA Grenoble /Minatec Commissariat a l'Energie Atomique / Direction des Science de, Grenoble
- Centre Technologique Alphanov, Talence
- CNRS – Centre National De La Recherche Scientifique, Paris
- CNRS-CORIA/CNRS-LPN, Rouen/Marcoussis
- CNRS-DMP Delegation Midi Pyrenees, Toulouse
- CNRS-ICARE, Orleans
- CNRS-IOGS Institute d'Optique graduate school, Paris
- Cybernetix SA, Marseille
- Département Génie Chimique Génie des Procédés IUT de Saint-Nazaire, St. Nazaire
- Draka, Paris
- EOLITE System, Pessac

- French Atomic Energy Commission (CE A) -Laboratory for Systems and Technology Integration (LIST), Saclay
- Horiba ABX SAS, Montpellier
- Horiba Jobin Yvon S.A.S., Lille
- Horiba Jobin Yvon, Villeneuve d'Ascq
- InESS-CNRS/ULP Strasbourg Institut d'Electronique du Solide et des Systemes – InESS, Strasbourg
- Marie Curie University of Paris, Paris
- Onera – Office National d'Etudes Office National d'Etudes et de Recherches Aerospatiales, Chatillon
- Saint-Gobain Recherche, Aubervilliers
- Thales S.A., Neuilly-sur-Seine
- Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST, Besancon
- Université de Limoges, XLIM – Institute de Recherche, Limoges
- Université de Reims Champagne Ardenne, Reims
- Université de Strasbourg, CNRS, Straßburg
- Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille
- Université Lille1, Université des Sciences et Technologies de Lille, Villeneuve D'Ascq
- Université Limoges, Limoges
- Université de Savoie, LAHC, Le Bourget du Lac Cedex
- Thales Alenia Space

#### Griechenland | Greece

- Foundation of Research and Technology – Hellas, Heraklion
- Institute of Electronic Structure & Laser FORTH, Heraklion
- University of Crete, Heraklion

#### Indien | India

- Central Glass and Ceramic Institute (CGCI), Kolkata

#### Irland | Ireland

- CRANN, Trinity College, Dublin
- Farran Technology Ltd., Baholg, Cork
- University of Limerick, Limerick

#### Israel | Israel

- Ben-Gurion-Universität des Negev, Beer Sheva
- Red-C Optical Network Ltd., Tel-Aviv
- TECHNION – Israel Institute of Technology, Haifa
- Tel Aviv University – Rabin Medical Centre, Tel Aviv

#### Italien | Italy

- Center for Materials & Technologies for Information and communication Science, University of Catania, Catania
- CNR-ICIB, Institute of Cybernetics, Naples
- Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto di Fisica Applicata 'Nello Carrara', Rom
- Consiglio Nazionale delle Ricerche, Institute of Inorganic Methodologie and of Plasmas (CNR-IMIP), Rom
- ENEA – Ente per Le Nuove Tecnologie L'Energia e L'Ambiente; Centro Ricerche Casaccia, Rom
- Fondazione Don Gnocchi, Mailand
- LENS – European Laboratory for Non-Linear Spectroscopy, Florenz
- National Research Council, Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN), Rom
- Research Centre Ispra, Ispra
- Scuola Normale Superiore, Pisa
- Università de Bari, Physics Dept., Bari
- University of Bologna, Dept. Biochemistry, Bologna
- University of Parma, Parma

#### Japan | Japan

- NIKON, Kanagawa
- RIKEN, Saitama

#### Kanada | Canada

- Ercole Polytechnique, Montreal
- National Research Council (NRC), Ottawa
- Simon Frasier University, Burnaby

#### Korea | Korea

- Yonsei University Sed, Seoul

#### Litauen | Lithuania

- Altechna Co. Ltd., Vilnius

#### Niederlanden | The Netherlands

- Delft University of Technology- Kavli Institute of NanoScience, Delft
- Draka Comteq Fibre BV, Eindhoven
- Eurailscout, Amersfoort
- KEMA, Kema Power Generation & Sustainables, Kema Nederland B.V., Arnhem
- Micronit Microfluidics BV, Enschede
- Pepsan Therapeutics BV, Lelystad



- TU Delft, Delft
- University of Twente, Twente

#### Österreich | Austria

- ARGE Korridor X Ges. b. R, Wien
- austriamicrosystems AG, Unterpremstaetten
- Austrian Institute of Technology, Wien
- Ionimed Analytik GmbH, Innsbruck
- TU Wien, Wien
- Universität Innsbruck Institut für Theoretische Physik, Innsbruck
- Voith Paper Rolls GmbH & Co. KG, Wimpassing

#### Polen | Poland

- NIT, Warsaw
- Politechnika Wroclawska, Wroclaw
- Technical University of Wroclaw, Wroclaw

#### Portugal | Portugal

- INESC Porto, Instituto de Engenharia e de sistemas e computadores do Porto, Porto
- University of Minho, Braga

#### Rumänien | Rumania

- Babes-Bolyai University, Cluj Napoca

#### Russland | Russia

- Institution of the Russian Academy of Sciences Fiber Optics Research Centre RAS, Moskau
- Landau ITP – Landau Institute for Theoretical Physics, Russ. Academy of Science, Chernogolovka
- M.V. Lomonosov Moscow State University, Moskau
- MAI Moskau, Moskau
- Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk
- Uni Saratov, Saratov State University, Dept. Optics & Biomedical Physics, Saratov

#### Schweden | Sweden

- Chalmers University of Technology, Microtechn. & Nanoscience, Göteborg
- IMEGO Institute AB, Göteborg
- Lund Laser Center, Lund
- University of Lund Combustion Physics, Lund
- Volvo Aero, Trollhattan

#### Schweiz | Switzerland

- Bookham Switzerland AG, Zürich
- Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique, Basel
- ETH Zürich, Zürich
- FISBA Optik AG, St. Gallen
- Furrer+Frey AG, Bern
- Lötschbergbahn AG, Bern
- Nanonis, Zürich
- Nestle, Vevey
- Onefive GmbH, Zürich
- Rainbow Photonics AG, Zürich
- Silitec Fibers SA, Boudry
- Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research, Thun
- TOFWERK AG, Thun
- Universität Basel, Basel
- Vibro-Meter SA, Fribourg

#### Slowakei | Slovakia

- Comenius University Bratislava, Bratislava
- University of Zilina, Zilina

#### Slowenien | Slovenia

- Bisol d.o.o., Prebold

#### Spanien | Spain

- Apif Moviquity S.A., Madrid
- Centro Español de Metrologia, Autonom.Organism of the Minist. of Industry, Madrid
- CIC nanoGUNE Consolider, San Sebastian
- Fundacio Privada Institut de Cience, Castelldefels
- Fundacion CIDETEC, New Materials De, San Sebastian
- Universidad Autonoma de Barcelona, Barcelona
- Universidad de Valladolid, Valladolid
- Universidad del País Vasco (UPV/EHU), Bilbao
- University Complutense of Madrid, Chemical Engineering Department, Madrid

#### Südafrika | South Africa

- Anglo Operations Ltd., Johannesburg
- De Beers Exploration Group, Johannesburg
- Geosciences Resource Group, Johannesburg
- Hermanus Magnetic Observatory, Hermanus
- University of Stellenbosch, Stellenbosch

**Thailand | Thailand**

- Prince of Songkla University, Sogkhla

**Tschechien | Czech Republic**

- TESCAN s.r.o., Brno
- Universität Süd-Böhmen, Novre Hradý

**Türkei | Turkey**

- Turkish Community Services Foundation, Institute of Theoretical and Applied Physics, Muğla

**Ukraine | Ukraine**

- Institute for Superhard Materials (ISM), Kiev
- Ukrainische Akademie der Wissenschaften, Kharkov
- Ukrainische Akademie der Wissenschaften, Institute for Superhard Materials, Kiev

**Ungarn | Hungary**

- Biological Research Center, Szeged
- Budapest University of Technologies & Economics, Budapest
- Debreceni Egyetem – University of Debrecen, Debrecen
- Research Institute for Technical Physics and Materials Science Hungarian Academy of Sci, Budapest

**USA | USA**

- California Institut of Technology (CALTECH), Pasadena
- Coherent, Santa Clara
- Lawrence Livermore Natl. Laboratory, Livermore
- Los Alamos Natl. Laboratory, Los Alamos
- Massachusetts Institute of Technology, Cambridge
- Newport Corp., Irvine
- University of California, Dept. of Bioengineering, San Diego
- University of South Florida, Florida

**Weißrussland | Belarus**

- B. I. Stepanov, Institute of Physics, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

**Zypern | Cyprus**

- Applied Energy Center, Ministry of Commerce, Industry and Tourism of the Republic of Cyprus, Nikosia
- Universität Limassol, Limassol

**Index**

**A**

- Aichele, Claudia** | 333, 409
- Akimov, Denis, 1** | 57, 96, 105, 225, 397, 430, 494, 495, 496, 497
- Anders, Solveig** | 2, 3, 90, 144, 283, 338, 351, 377, 402, 405, 435, 436
- Andrä, Gudrun** | 97, 116, 117, 123, 157, 162, 163, 174, 197, 275, 284, 303, 349, 379, 386, 406, 407, 472, 483, 484, 486

**B**

- Bartelt, Hartmut** | 8, 13, 32, 45, 63, 64, 65, 85, 103, 105, 107, 108, 109, 110, 118, 119, 120, 128, 132, 136, 137, 140, 142, 143, 166, 168, 190, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 241, 281, 285, 286, 287, 310, 311, 316, 328, 334, 339, 343, 346, 382, 392, 396, 400, 408, 413, 431, 443, 454, 455, 471, 499
- Becker, Martin** | 8, 32, 63, 64, 65, 85, 109, 118, 119, 126, 128, 136, 142, 143, 203, 285, 286, 287, 308, 311, 334, 346, 408, 431, 454, 455
- Becker, Michael** | 9, 10, 14, 111, 156, 157, 169, 205, 206, 277, 375, 376, 388, 472, 481, 482, 487
- Berg, Steffen** | 182
- Berger, Andreas** | 10, 14, 97, 163, 275, 277, 305, 388, 389, 390, 419, 480, 481, 482, 484, 486, 487
- Bergmann, Joachim** | 109, 118, 203, 285
- Bergner, Gero** | 105
- Bergner, Norbert** | 399
- Bielecki, Christiane** | 57, 225, 242
- Bierlich, Jörg** | 333, 409
- Bochmann, Arne** | 157, 205, 206, 376, 464, 472
- Brönstrup, Gerald** | 204, 289, 290, 344, 360, 411, 412, 419, 437
- Brückner, Sven** | 8, 63, 64, 85, 106, 107, 109, 110, 118, 126, 136, 142, 166, 203, 285, 286, 308, 334, 346, 400, 454, 499
- Bublitz, Simon** | 73, 460, 464

## C

**Chojetzki, Christoph** | 63, 64, 119, 142, 408, 454  
**Christiansen, Silke** | 5, 6, 9, 10, 14, 38, 39, 40, 70, 97, 98, 111, 124, 125, 156, 157, 163, 169, 191, 204, 205, 206, 275, 277, 289, 290, 293, 304, 305, 306, 318, 326, 327, 349, 360, 375, 376, 388, 389, 390, 411, 412, 419, 420, 421, 437, 472, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487  
**Chwala, Andreas** | 121, 278, 279, 294  
**Cialla, Dana** | 12, 15, 16, 295, 296, 297, 298, 387, 466, 475, 478  
**Csaki, Andrea** | 92, 100, 127, 141, 160, 170, 182, 185, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 274, 290, 344, 345, 393, 414, 438, 439, 452, 453, 473, 474, 488, 489

## D

**Deckert, Volker** | 4, 7, 12, 16, 18, 19, 20, 21, 34, 59, 66, 72, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 397, 415, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 467, 468, 469, 491, 494, 495, 496, 497  
**Deckert-Gaudig, Tanja** | 16, 18, 19, 20, 21, 220, 415, 467, 468, 469  
**Dellith, Andrea** | 162, 223, 277, 386  
**Dellith, Jan** | 83, 152, 223, 299, 371  
**Diegel, Marco** | 22, 193, 224, 300, 312, 314  
**Dietzek, Benjamin** | 1, 15, 23, 56, 57, 95, 96, 104, 105, 112, 151, 159, 225, 226, 227, 242, 260, 272, 273, 369, 387, 397, 398, 399, 416, 417, 430, 477, 478, 479, 494, 496, 497  
**Dillner, Ulrich** | 301, 319  
**Dochow, Sebastian** | 418  
**Dutz, Silvio** | 25, 47, 58, 113, 180, 291, 359

## E

**Ecke, Wolfgang** | 13, 17, 61, 89, 107, 110, 120, 122, 136, 166, 167, 179, 194, 228, 229, 281, 302, 334, 400, 401, 413, 499  
**Eisenhawer, Björn** | 305, 419, 420, 421

## F

**Falk, Fritz** | 97, 98, 116, 117, 123, 125, 172, 173, 174, 230, 303, 306, 349, 379, 389, 390, 406, 407, 484, 485  
**Fehling, Sandra** | 106  
**Franke, Marco** | 26, 27, 403  
**Fritzsche, Ludwig** | 3, 80, 336, 337, 377, 402, 405, 444, 458  
**Fritzsche, Wolfgang** | 52, 78, 91, 92, 93, 94, 100, 127, 141, 160, 182, 185, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 274, 344, 345, 393, 414, 438, 439, 441, 442, 452, 453, 473, 474, 488, 489

## G

**Garwe, Frank** | 232, 236, 237, 404, 424, 500  
**Gawalek, Wolfgang** | 83, 152, 153, 370, 371  
**Gawlik, Annett** | 97, 116, 123, 157, 163, 205, 206, 275, 303, 349, 379, 389, 390, 406, 472, 480, 484, 486  
**Glathe, Sascha** | 22, 300, 312, 313, 314, 457  
**Gleichmann, Nils** | 129, 425, 426  
**Grimm, Stephan** | 132, 138, 328, 340  
**Grjasnow, Alexej** | 189, 427

## H

**Habisreuther, Tobias** | 31, 60, 61, 83, 152, 359, 371  
**Hartung, Alexander** | 316  
**Hauspurg, Sebastian** | 147, 347, 354  
**Heinrich, Eileen** | 130, 432, 433, 434  
**Heinz, Erik** | 317, 402, 435, 436  
**Henkel, Thomas** | 69, 102, 129, 130, 134, 145, 176, 331, 350, 352, 353, 381, 418, 425, 426, 432, 433, 434, 441  
**Hergt, Rudolf** | 25, 51, 181  
**Höfer, Bernd** | 61  
**Hoffmann, Björn** | 277, 412, 437  
**Hübner, Uwe** | 15, 41, 84, 277, 296, 298, 387, 404, 463, 465, 466, 470, 475, 478

## I

**Ihring, Andreas** | 319

**J**

Jahr, Norbert | 141, 182, 232, 344, 345, 438, 439, 452, 488  
 Jetschke, Sylvia | 44, 62, 131, 135, 165, 238, 240, 292, 332, 363, 440, 451, 493  
 Julich, Sandra | 130, 432, 441, 442  
 Just, Florian | 45, 132, 177, 328, 443

**K**

Kanka, Mario | 49, 155, 373, 374, 465  
 Kessler, Ernst | 319, 404  
 Kielpinski, Mark | 129, 130, 134, 331, 426, 432, 434, 441, 442  
 Kirchhof, Johannes | 45, 62, 131, 135, 136, 137, 138, 165, 239, 240, 241, 292, 332, 333, 334, 340, 382, 409, 440, 493  
 Kirsch, Konstantin | 333, 409  
 Köbe, Hardy | 277, 335  
 Kobelke, Jens | 8, 28, 79, 103, 107, 109, 110, 118, 126, 136, 137, 140, 149, 166, 175, 190, 241, 285, 286, 308, 310, 315, 333, 334, 339, 343, 364, 365, 368, 382, 383, 396, 400, 409, 428, 431, 471, 499  
 Köhler, Michael | 100, 102  
 Krafft, Christoph | 24, 53, 54, 55, 56, 57, 99, 151, 159, 225, 242, 243, 244, 245, 246, 260, 272, 273, 369, 399, 418, 422, 461, 462, 494, 495, 496, 497  
 Krause, Torsten | 278  
 Kufert, Siegfried | 73  
 Kunert, Jürgen | 77, 336, 337, 338, 402  
 Kupis, Jens | 409

**L**

Latka, Ines | 13, 60, 61, 110, 167, 333, 401, 409  
 Lau, Katherine | 247, 341, 445, 446, 447, 448, 449, 450  
 Lehmann, Hartmut | 140, 166, 168, 343, 392, 492, 499  
 Leich, Martin | 62, 100, 135, 138, 165, 240, 332, 340, 451, 493  
 Leiterer, Christian | 141, 182, 185, 344, 345, 414, 452, 453, 488  
 Lerosé, Damiana | 10, 290, 326, 327, 360, 421  
 Lindner, Eric | 63, 64, 118, 142, 203, 285, 286, 346, 409, 454  
 Litzkendorf, Doris | 83, 137, 152, 241, 371, 383

**M**

Macha, Pascal | 321, 348, 456, 463  
 Mattheis, Roland | 15, 22, 31, 67, 193, 224, 248, 288, 296, 298, 300, 307, 312, 313, 314, 387, 429, 457, 475, 478  
 May, Torsten | 2, 90, 144, 195, 317, 351, 402, 404, 435, 436  
 Mayer, Günter | 129, 134, 331, 350, 381, 418, 425, 426  
 Mayerhöfer, Thomas | 43, 68, 81  
 Meyer, Hans-Georg | 2, 3, 42, 76, 77, 90, 114, 121, 144, 146, 147, 192, 195, 278, 294, 321, 336, 337, 347, 348, 351, 354, 355, 361, 377, 402, 404, 405, 423, 435, 444, 456, 458, 463, 476  
 Meyer-Ilse, Julia | 399  
 Möller, Robert | 15, 16, 52, 78, 91, 92, 93, 94, 127, 151, 232, 233, 234, 235, 236, 272, 296, 298, 356, 357, 369, 387, 441, 442, 478, 488  
 Mörl, Klaus | 166, 392, 400, 499  
 Mühlig, Christian | 73, 74, 148, 178, 249, 250, 358, 459, 460, 464  
 Müller, Dirk | 87  
 Müller, Robert | 25, 113, 180, 181, 359, 410, 490, 498

**N**

Neugebauer, Ute | 245, 461, 462  
 Nykytenko, Alla | 92, 489

**O**

Ose, Ekkehard | 116, 125, 306, 406

**P**

Paa, Wolfgang | 26, 27, 87, 88, 250, 251, 252, 403, 404, 424, 460, 464, 500  
 Petruck, Paul | 155, 366, 367, 373, 374, 465, 470  
 Pietsch, Matthias | 117, 407  
 Plentz, Jonathan | 97, 116, 389, 390, 406  
 Pöhlmann, Rüdiger | 280, 438, 439  
 Popp, Jürgen | 1, 11, 12, 15, 16, 23, 29, 30, 35, 36, 43, 46, 50, 56, 57, 66, 68, 69, 81, 82, 86, 91, 92, 95, 96, 101, 104, 105, 112, 145, 150, 151, 159, 225, 242, 246, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 272, 273, 296, 298, 352, 353, 356, 369, 387, 397, 398, 399, 416, 417, 418, 422, 430, 461, 462, 466, 475, 477, 478, 479, 494, 496, 497

## R

Redlich, Lutz | 500  
 Reichel, Volker | 45, 62, 103, 135, 138, 165, 240, 332, 340, 363, 396, 451, 493  
 Reichert, Anett | 433, 434  
 Richter, Marc | 12, 220, 467, 468, 469  
 Riesenberg, Rainer | 49, 154, 155, 196, 268, 269, 270, 366, 372, 373, 374, 427, 465, 470  
 Röpke, Ulrich | 44, 62, 131, 440, 471  
 Rothhardt, Manfred | 8, 63, 64, 85, 107, 109, 110, 118, 119, 126, 136, 142, 166, 201, 203, 271, 285, 286, 287, 308, 334, 346, 400, 408, 431, 454, 499

## S

Sarau, George | 125, 156, 157, 205, 206, 306, 375, 376, 472  
 Scheffel, Andy | 165, 223, 299, 493  
 Schmelz, Matthias | 3, 377, 405  
 Schmidl, Gabriele | 87, 88  
 Schmidt, Christa | 83, 152, 153, 370, 371  
 Schneider, Michael | 146, 147, 347, 354, 355  
 Schneider, Thomas | 160, 182, 232, 274, 393, 473, 474, 488, 489  
 Schneidewind, Henrik | 15, 296, 298, 387, 466, 475, 478  
 Schönau, Thomas | 3, 161, 377, 380, 458  
 Schröder, Kerstin | 17, 89, 110, 122, 166, 179, 228, 229, 302, 400, 499  
 Schröter, Siegmund | 48, 106, 133, 158, 232, 280, 329, 378, 438, 439  
 Schubert, Manfred | 381  
 Schubert, Marco | 77, 90, 114, 144, 351  
 Schüler, Thomas | 78, 91, 92, 93, 94, 232, 236, 384, 385  
 Schultze, Volkmar | 76, 171, 476  
 Schulz, Marco | 164, 278, 394  
 Schuster, Kay | 8, 28, 79, 103, 118, 126, 136, 137, 140, 149, 175, 190, 241, 285, 286, 308, 310, 315, 333, 334, 339, 343, 368, 382, 383, 396, 409, 428, 431, 471  
 Schwuchow, Anka | 135, 136, 137, 165, 240, 241, 315, 332, 333, 334, 382, 409, 428, 493  
 Siebert, Ronald | 15, 96, 387, 477, 478, 479  
 Sivakov, Vladimir | 14, 40, 97, 98, 117, 163, 169, 204, 275, 277, 289, 293, 388, 389, 390, 407, 419, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487

Spittel, Ron | 391, 392

Starkloff, Michael | 2, 90, 144, 351, 435

Steinbach, Birger | 90

Steinbrück, Andrea | 10, 93, 100, 160, 182, 232, 236, 237, 274, 277, 393, 438, 439, 473, 474, 488, 489

Steinmetz, Hanna | 490

Stelzner, Thomas | 5, 6, 10, 40, 169, 191, 204, 275, 277, 289, 388, 481, 482, 487

Stolz, Ronny | 3, 80, 121, 139, 146, 147, 161, 164, 192, 278, 279, 294, 336, 337, 342, 347, 354, 355, 377, 380, 394, 402, 405, 423, 458

Strelau, Katharina | 395

## T

Tarcea, Nicolae | 1

Treffer, Regina | 415, 491

Triebel, Wolfgang | 26, 27, 74, 87, 88, 148, 459

## U

Unger, Sonja | 45, 62, 118, 131, 135, 138, 165, 240, 285, 292, 332, 340, 363, 428, 440, 443, 451, 471, 493

Urban, Matthias | 91, 130, 344, 432, 433, 434, 441, 442, 453

## V

Vogler, Nadine | 57, 397, 398, 399, 494, 495, 496, 497

## W

Weißflog, Ina | 495, 496, 497

Wende, Gerd | 90, 114

Wendt, Michael | 83, 152, 299, 371

Willsch, Reinhardt | 13, 61, 89, 107, 110, 120, 136, 140, 166, 201, 228, 281, 282, 334, 343, 400, 413, 499

Wuttig, Andreas | 154, 196, 372, 427

## Z

Zakosarenko, Viatcheslav | 2, 3, 121, 144, 161, 164, 278, 294, 351, 377, 380, 394, 402, 405, 435, 436, 458

Zeisberger, Matthias | 25, 33, 51, 60, 180, 298, 359, 404, 475, 490

Zeuner, Thomas | 26, 148, 403, 459, 460

Zopf, David | 182

Zieger, Gabriel | 2, 144, 351, 404

# IMPRESSUM | IMPRINT

## Herausgeber | Editor

Institut für Photonische Technologien e.V. | [Institute of Photonic Technology](#)

[www.ipht-jena.de](http://www.ipht-jena.de)

## Standort | Location

Albert-Einstein-Str. 9  
07745 Jena

## Postanschrift | Postal Address

PF 100 239  
07702 Jena  
Germany

## Telefon | Phone

+49 (0) 3641 · 206 00

## Telefax | Fax

+49 (0) 3641 · 206 099

## Redaktion | Editor

Daniel Siegesmund  
Manuela Meuters  
Benita Göbel  
Andreas Wolff  
Helmut Dintner  
Roland Mattheis

## Corporate Design

design:lab weimar GmbH

## Produktion | produced by

[schmidt9.net](http://schmidt9.net)

## Titelbilder | Cover Photographies

Roland Wehking | [pfadfinder](#) & IPHT Jena

## Druck | Print

Grafisches Centrum Cuno GmbH und Co. KG, Calbe (Saale)

© IPHT Jena, [design:lab weimar](#) | Februar 2010

# ANFAHRTSPLAN | DIRECTIONS



Institut für Photonische Technologien e.V.  
Institute of Photonic Technology

[www.ipht-jena.de](http://www.ipht-jena.de)

Standort | Location

Albert-Einstein-Str. 9  
07745 Jena

Postanschrift | Postal Address

PF 100 239  
07702 Jena  
Germany

