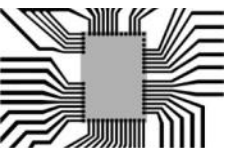


Untersuchungen an Elektronikaufbauten mit Risiken als Folge des Auftretens von Whiskern

SAET-Meeting bei Kieback und Peter Mittenwalde
2017-02-15

Lutz Bruderreck
TechnoLab GmbH
Wohlrabedamm 13
13629 Berlin
www.technolab.de
Lutz.Bruderreck@technolab.de
Tel.: ++49 30 3641105-12
Fax: ++49 30 3641105-69





Gliederung

Abschnitt 1: Einführung und Begriffe

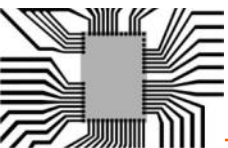
Abschnitt 2: Fallbeispiele

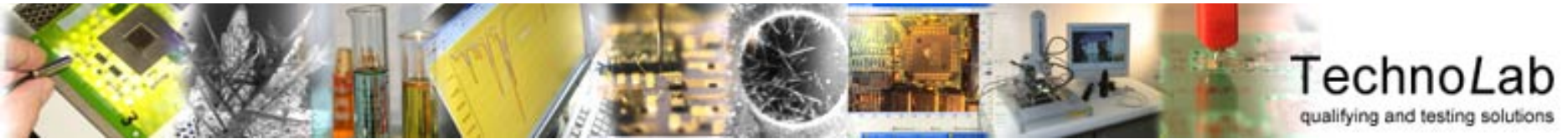
Abschnitt 3: Theorie

Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

Abschnitt 6: Vermeidung



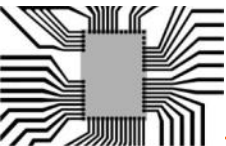


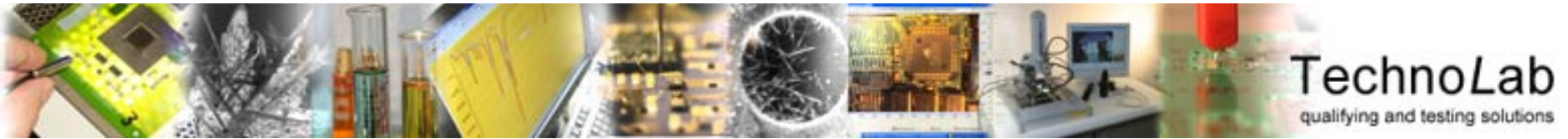
TechnoLab

Qualifying and testing solutions

TechnoLab GmbH
Wohlrabedamm 13
13629 Berlin

Phone: ++49303641105-0
FAX: ++4930 364110569
info@technolab.de
www.technolab.de





Gründung 1996

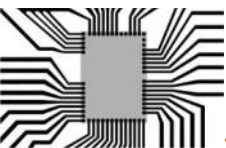
- Buy out aus DeTeWe - Deutsche Telephonwerke Berlin
- Start mit 6 Mitarbeitern
- Kundenstamm aus dem früheren Arbeitsumfeld der DeTeWe
- Gesellschaftsform: GmbH
- Stammkapital: 35T€

Stand 2017

- 24 Mitarbeiter
- Kundenstamm weltweit
- Gesellschaftsform: GmbH
- Stammkapital: 70T€
- Jahresumsatz 2,1 Mio € 2016

Geschäftsfeld:

Dienstleistungen und Produkte für die elektronikproduzierende Industrie



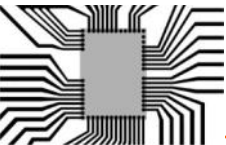


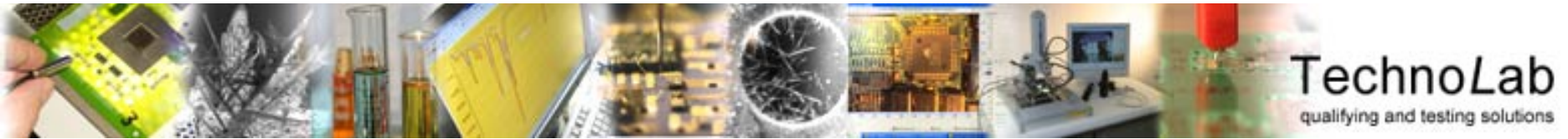
TechnoLab

**Umwelt-
simulation**

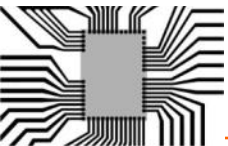
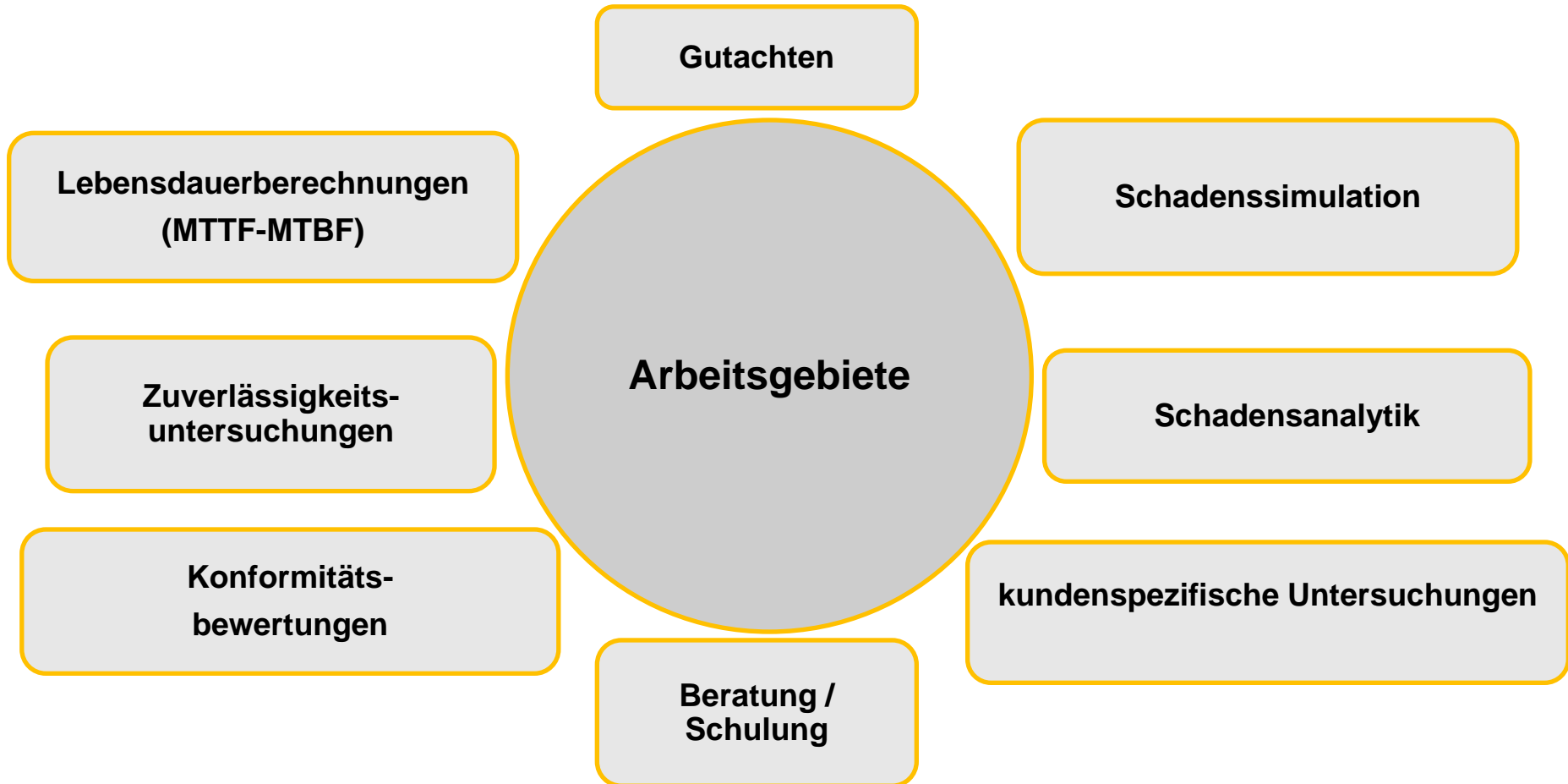
Produkte

Analytik



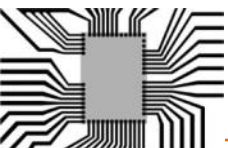
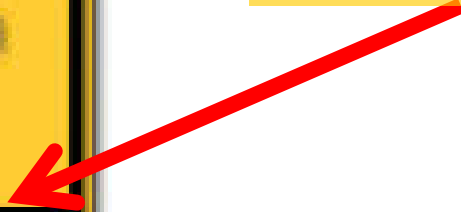


TechnoLab - Geschäftsbereich Analytik





Analytik



Umfeld einer Untersuchung, Schwerpunkt Schadensanalyse

**Fertigung und
Montage**

Handling und Lagerung

Einsatz im Feld

**Materialauswahl und
Beschaffung**

Wartung und Repair

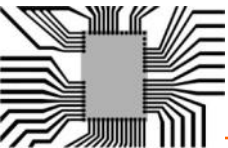
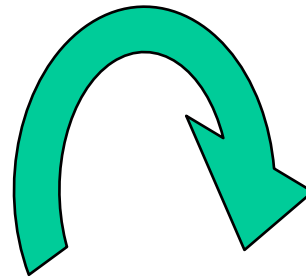
Designaspekte

Probennahme

Untersuchungsmethoden

**Aspekte der Normung,
Regelwerke, Referenzen**

Juristische Aspekte



Werkzeuge der Analytik

**Untersuchungsverfahren
und -methoden**

**Normen und frei
zugängliche Referenzen**

**Interne Erfahrungen und
nicht frei zugängliche
Referenzen**

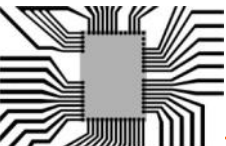


Beweismittel

Die Schaffung belastbarer Beweismittel erfordert die Validität der gesamten Beweiskette.

Das betrifft die Validität:

- der Untersuchungsmethoden
- der einzelnen Untersuchungsverfahren
- der Referenzen



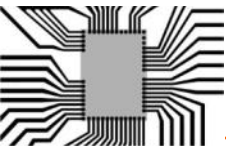
Beweisführung

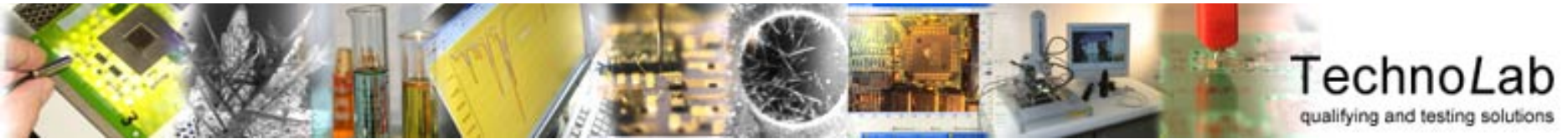
Die Schaffung belastbarer Beweismittel erfordert die sorgfältige Trennung zwischen:

Untersuchungsergebnissen (belastbaren Fakten)

Interpretationen

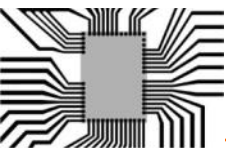
Meinungen

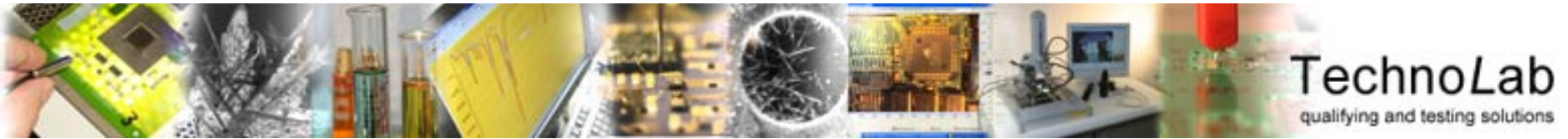




Mögliche Untersuchungsziele

- 1) Die Findung von belastbaren Beweisen für ein mögliches Fehlerszenario
- 2) Nachweis, dass bestimmte Einflüsse ausgeschlossen oder zumindest nicht nachgewiesen werden können
- 3) Indizien für eine Unterscheidung zwischen Einzelfällen und systematischen Fehlern.

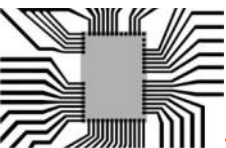


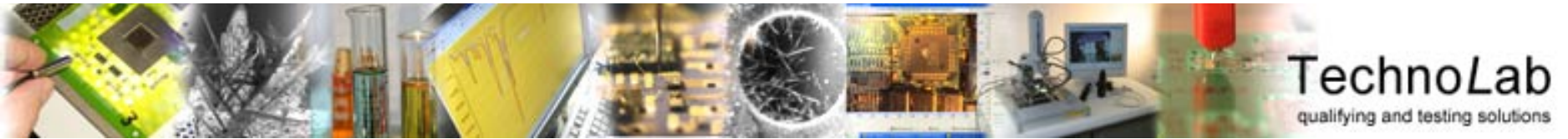


Typische Aufgabenstellung

Die Baugruppe zeigt beim Kunden im Feld elektrische Fehlfunktionen. Bei der Messung beim Auftraggeber konnte an den betreffenden Schaltungspunkten keine permanente niederohmige Verbindung mehr festgestellt werden.

Durch die Untersuchung sollen mögliche Ursachen abgeklärt werden.





Gliederung

Abschnitt 1: Begriffe

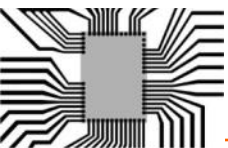
Abschnitt 2: Fallbeispiele

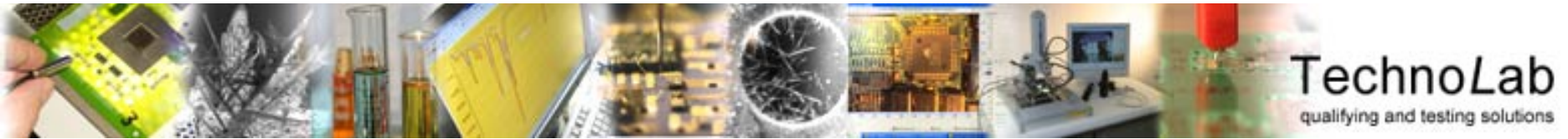
Abschnitt 3: Theorie

Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

Abschnitt 6: Vermeidung



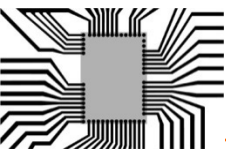


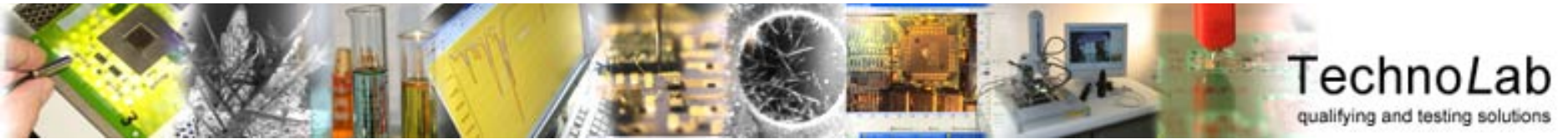
Whisker - Begriff

Die Namensgebung Whisker kommt von englisch whisker: Barthaar, Schnurrhaar

In der Technik bezeichnet man als Whisker sehr feine Einkristalle mit einem Durchmesser von etwa 0,3 bis etwa 10 Mikrometern und einer Länge von bis zu mehreren Millimetern.

Der Begriff wird meist eingengt verwendet auf metallische Gebilde mit den Schwerpunkten Zinn und Silber.





Whisker - Erscheinungsformen

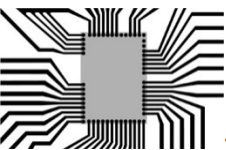
Literatur und Regelwerke verwenden keine einheitlichen Begriffe.

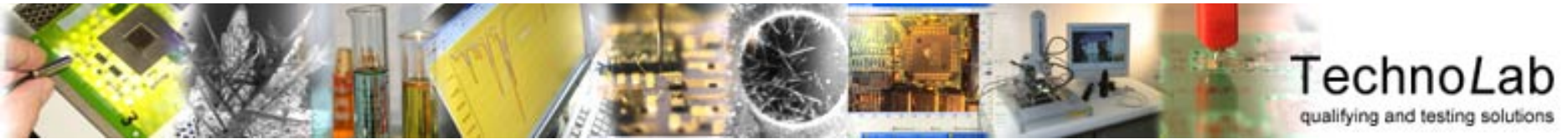
Typische Bezeichnungen:

Hillocks

Nadeln / Spieße

Peitschen





Whisker - Auftreten

Beobachtungen:

Variable Inkubationszeit

Spontanes Auftreten auf Oberflächen

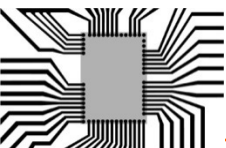
Wachstum über einen längeren Zeitraum

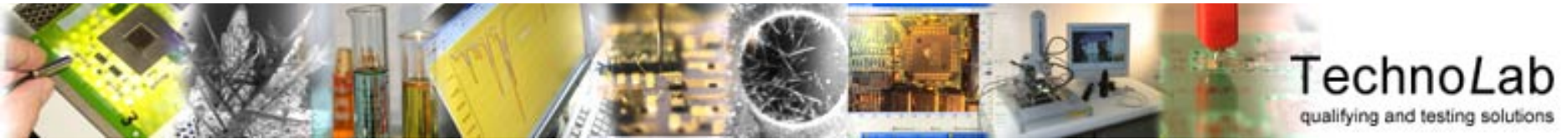
Problem:

Das erste (zeitliche) Auftreten einer Whiskerbildung ist nicht vorhersehbar.

Ein Zusammenhang zwischen der Form (gerade, gekrümmt oder unregelmäßig - knotig) und dem zeitlichen Verlauf ist nicht belegt.

Ursachen für Gestaltänderungen sind nur ansatzweise beschrieben



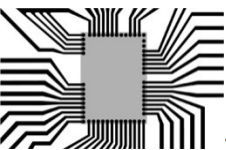


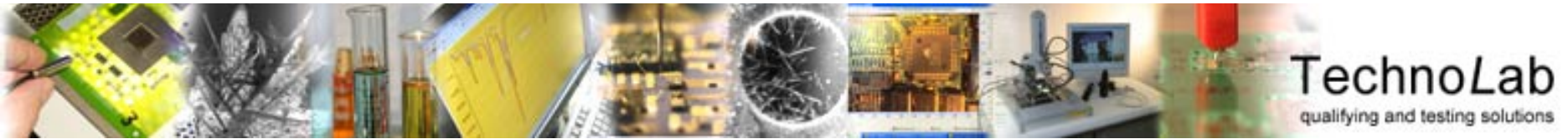
Whisker – Materialien

Die meisten Literaturstellen beschreiben das Auftreten von Whiskern auf den Oberflächen von Metallen im reinen Zustand:

- a) **Zinn**
- b) **Silber**
- c) Zink
- d) Gold
- e) Kadmium
- f) Aluminium
- g) Blei
- h) Indium
- i) (Wismut)

Quelle: u.a. NASA Goddard Space Flight Center -Whisker Failures
<http://nepp.nasa.gov/whisker/failures/index.htm>





Whisker – Materialien

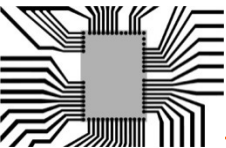
Neben den Oberflächen von Metallen im reinen Zustand können auch Mehrstoffsysteme ein Whiskerwachstum zeigen:

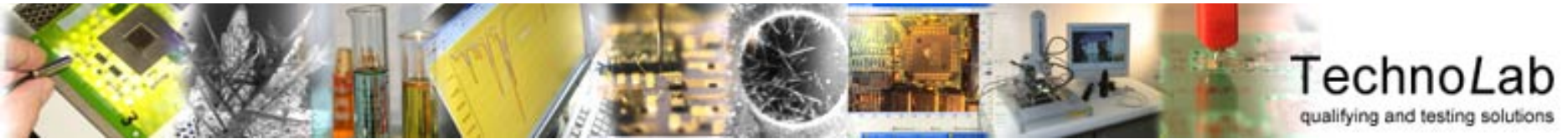
(Ga,Mn)As / MnAs in magnetischen Hybridsystem

Quelle: Dissertation Thorsten Hartmann Uni Marburg

Aluminiumoxidkeramik (während des Abscheidens)

Quelle: Untersuchung der CVD-Reaktionen bei der Bildung von α -Al₂O₃ als Diffusionsbarriere auf Superlegierungen Blittersdorf , Bahlawane. Kohse-Hoinghaus und Atakan Universität Bielefeld,

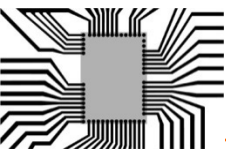


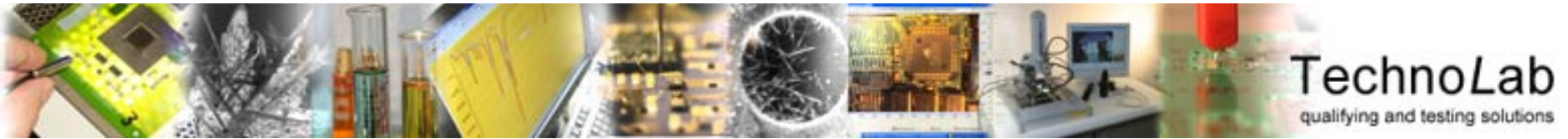


Whisker – Untersuchung

Whisker sind Gegenstand einer Vielzahl von Untersuchungen unter mehreren Vorgehensweisen:

1. Beschreibender Ansatz
(Beschreibung des Phänomens und der Begleitumstände)
2. Variation von Einflussgrößen
3. Systematisierung der Einflussgrößen
Intrinsische Einflüsse
Extrinsische Einflüsse
3. Auswirkungen
4. Schutzmechanismen





Whisker - Zinn

Allgemein: nadelförmige β -Zinn Monokristalle

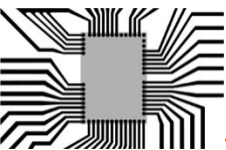
Art und Ausmaß der inneren Spannungen in galvanisch aufgetragenen Schichten entscheiden über die Tendenz zur Whiskerbildung und werden von den Prozeßparametern, dem Substrat sowie der Art und dem Gehalt von Fremdatomen in der Schicht beeinflusst.

Reinzinnschichten

Vorteil: geringe Kaltschweißneigung

Verfahrenstechnische Vorteile: Verwendung der Zinn/Blei-Elektrolyt-Anlagen, der Möglichkeit der Hochgeschwindigkeitsabscheidung, den vergleichbaren Kosten und der analogen Abwasserbehandlung wie bei Sn-Pb-Elektrolyten.

Unterdrückung des Whiskerwachstums durch Schichtbeeinflussung



Whisker - Zinn - Einflussfaktoren

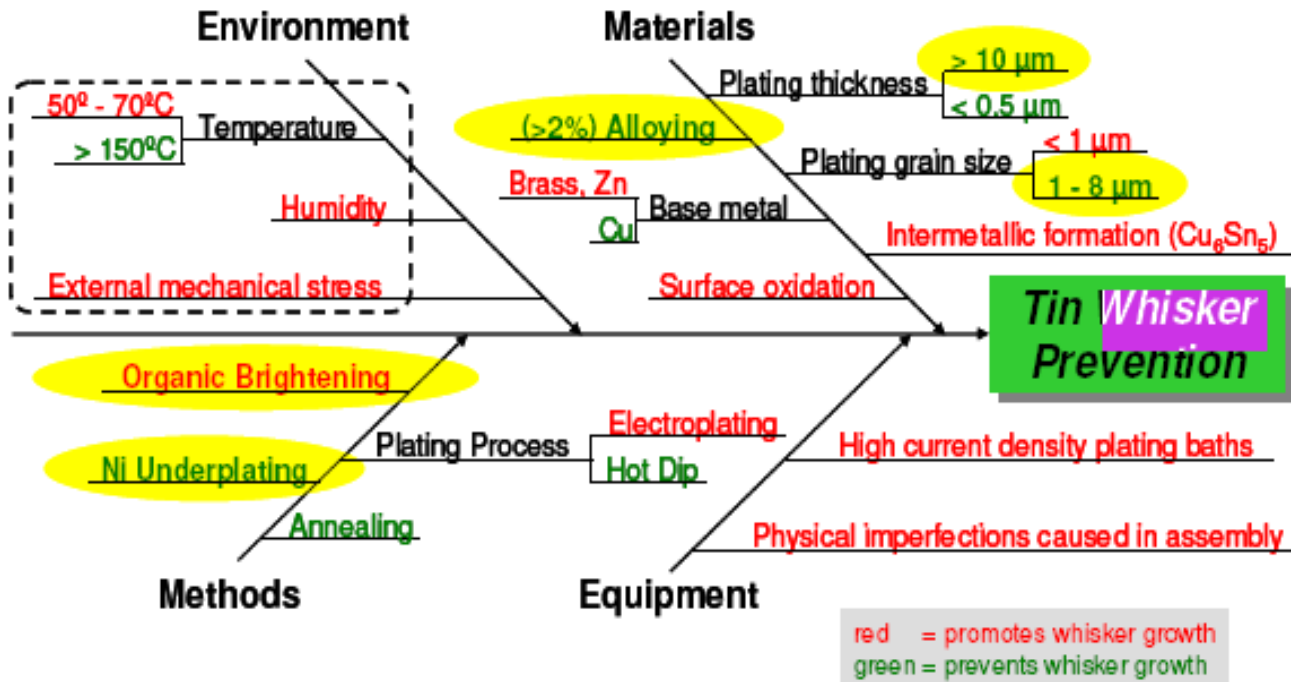
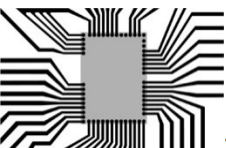


Bild 11: Einflussfaktoren zur Whiskerbildung

Quelle: Motorola, wulfert-deutsch_epp_pb-frei_april_2004_text.pdf





Gliederung

Abschnitt 1: Begriffe

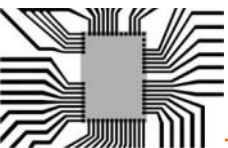
Abschnitt 2: Fallbeispiele

Abschnitt 3: Theorie

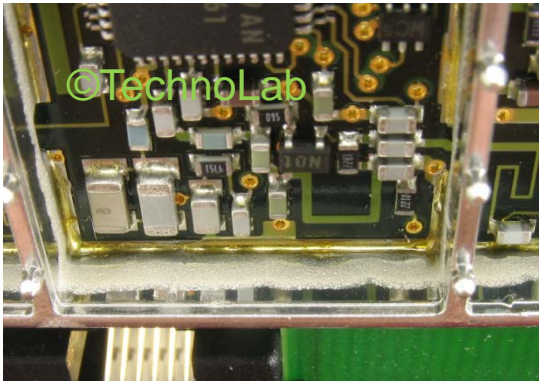
Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

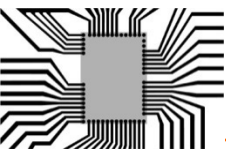
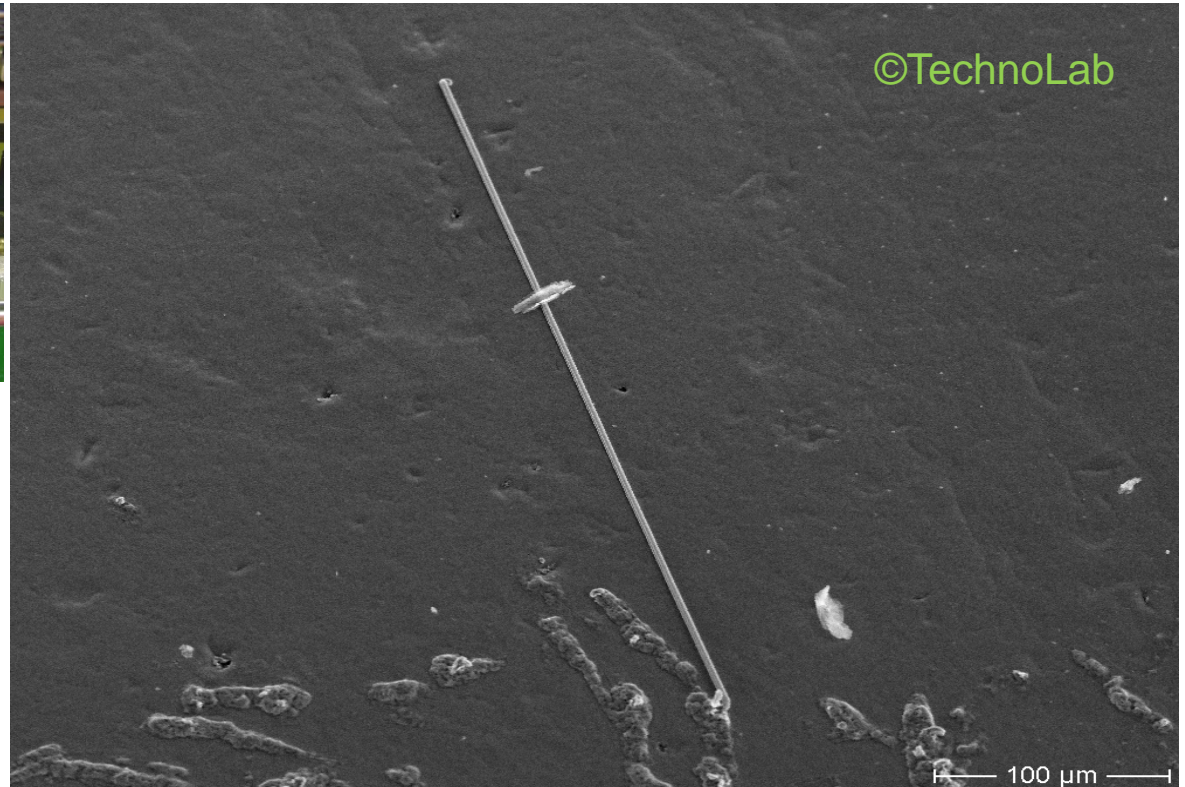
Abschnitt 6: Vermeidung



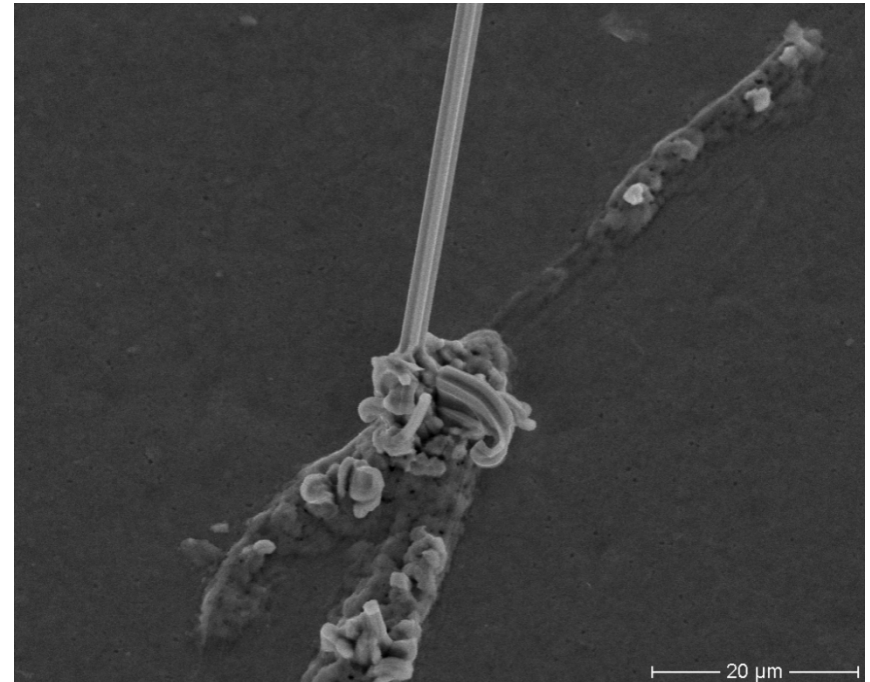
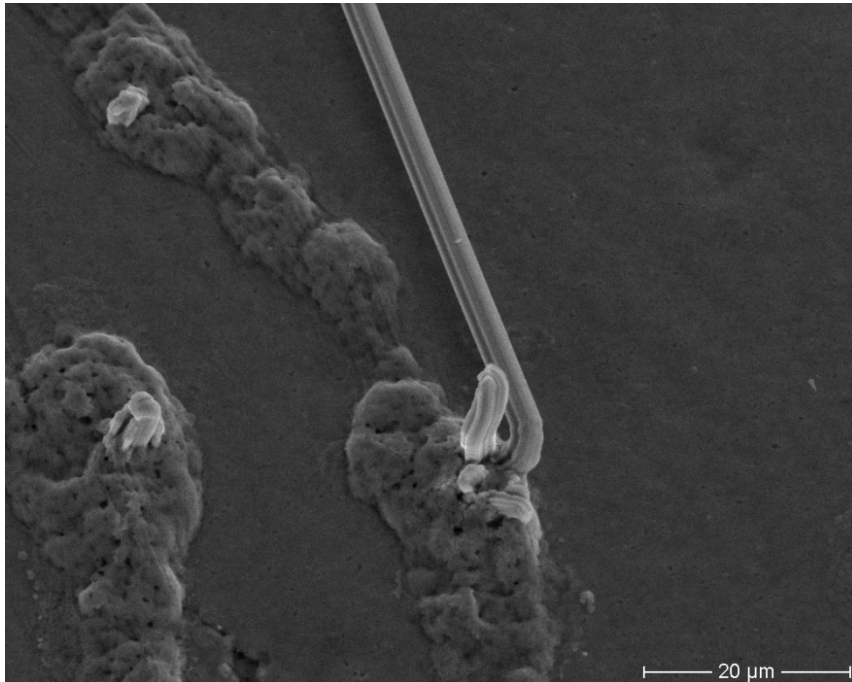
Whisker - Erscheinungsformen



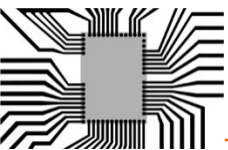
Galvanisch Sn
Bauteiloberfläche
Nadeln / Spieße



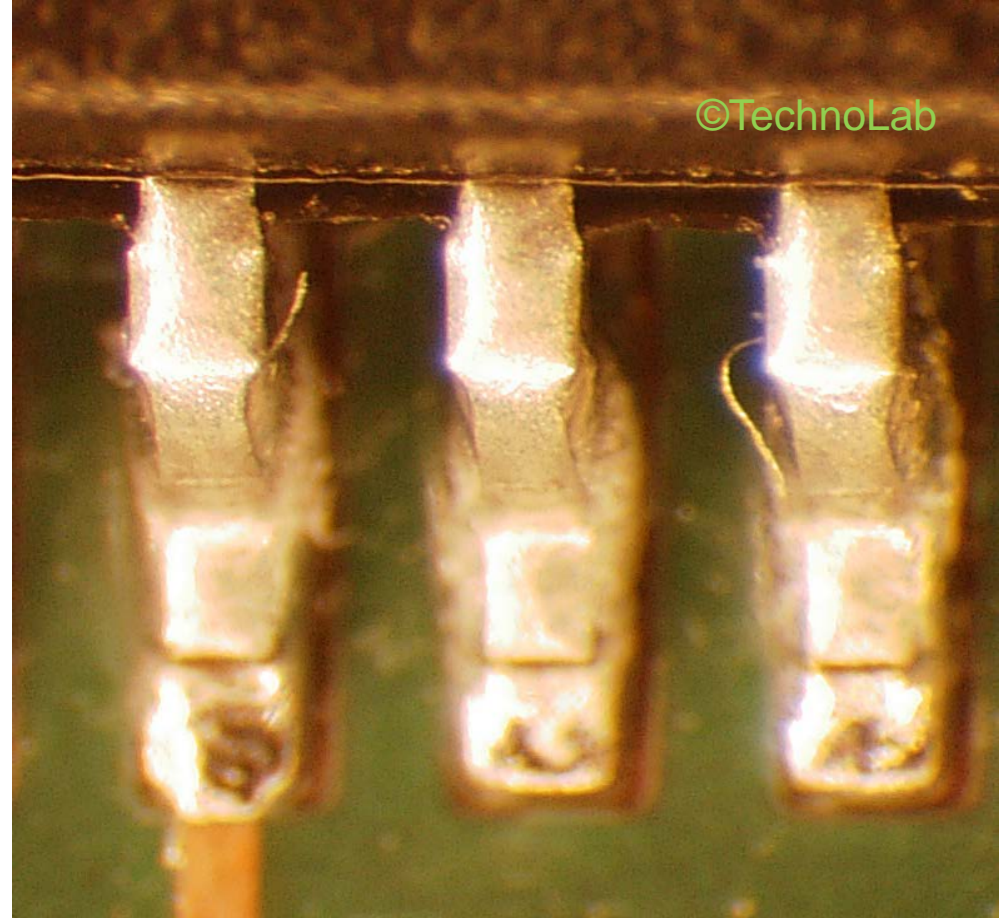
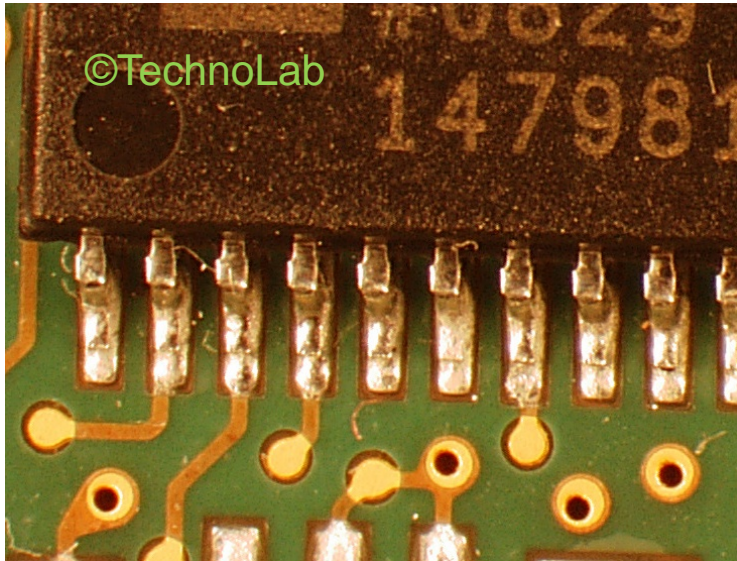
Whisker - Erscheinungsformen



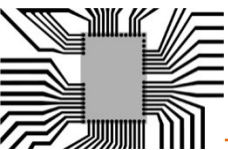
Galvanisch Sn
Bauteiloberfläche
Detail



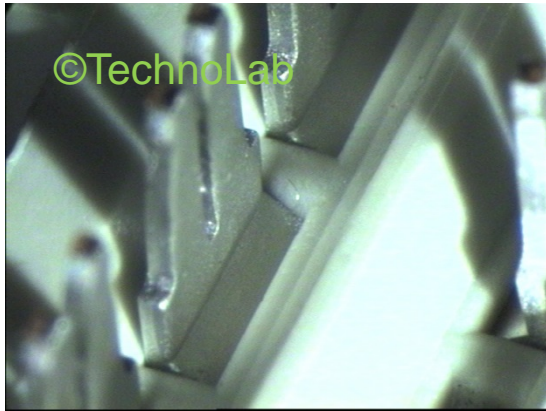
Whisker - Erscheinungsformen



Galvanisch Sn
IC - Pins
Nadeln / Spieße

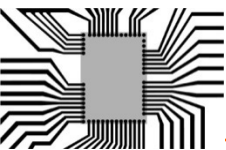
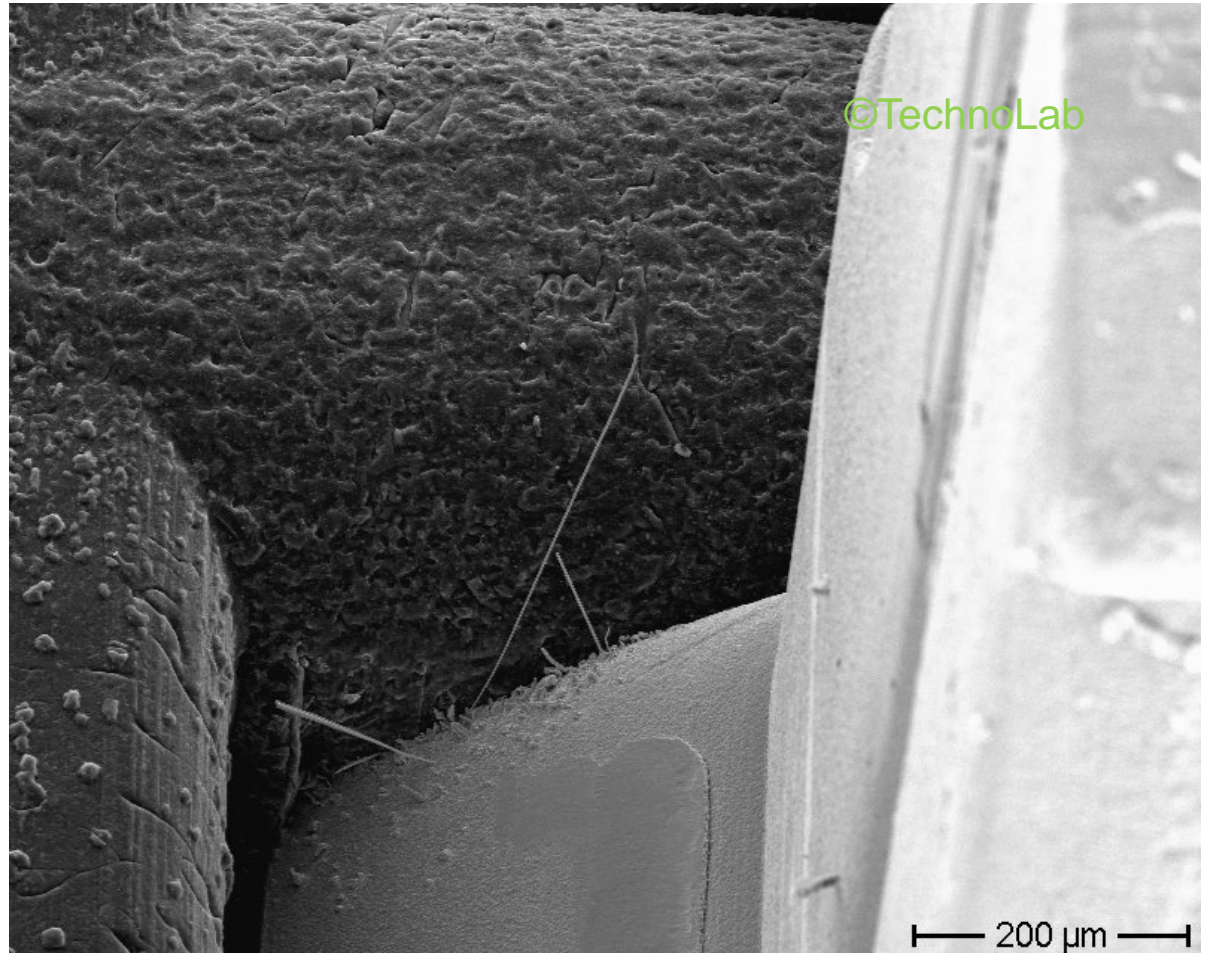


Whisker - Erscheinungsformen



Galvanisch Sn
Connector

Nadeln / Spieße

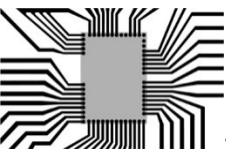
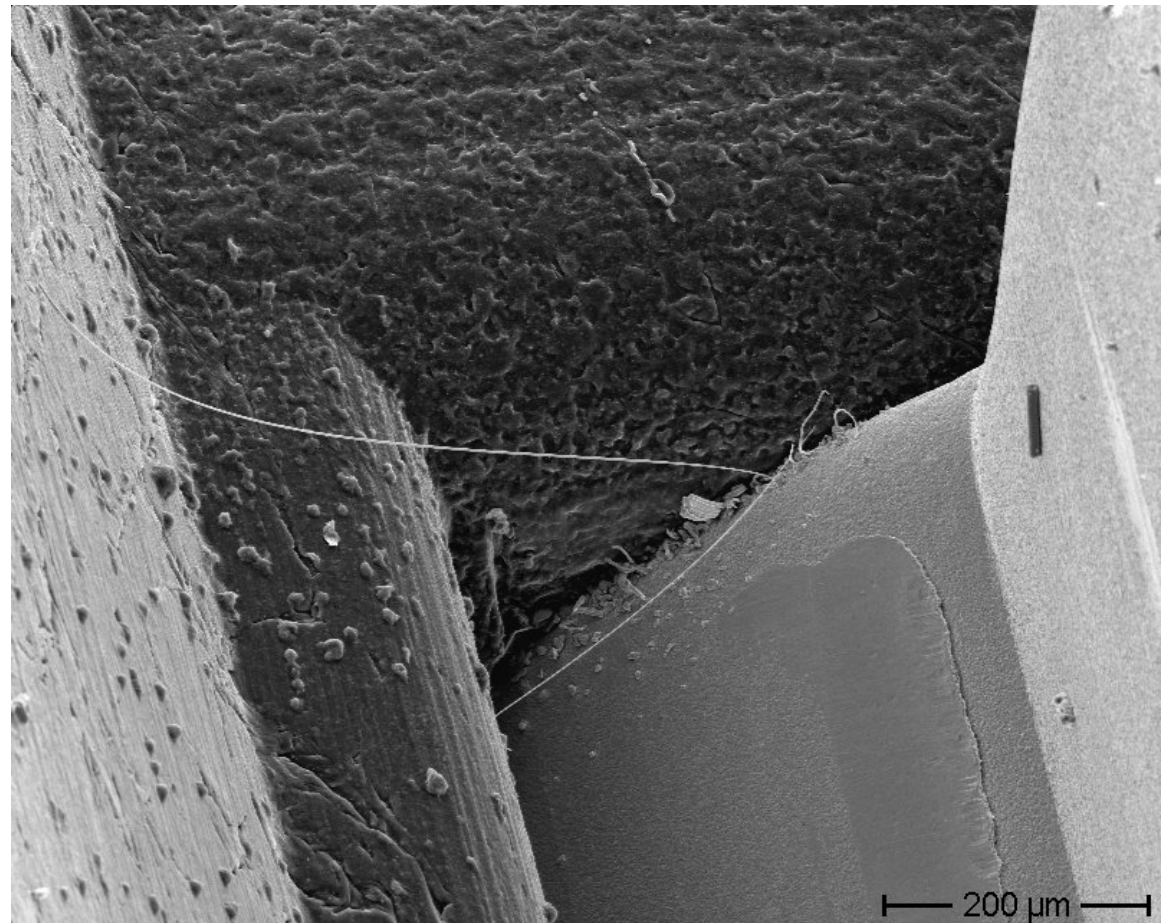


Whisker - Erscheinungsformen



Galvanisch Sn
Connector

Peitsche

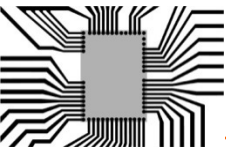
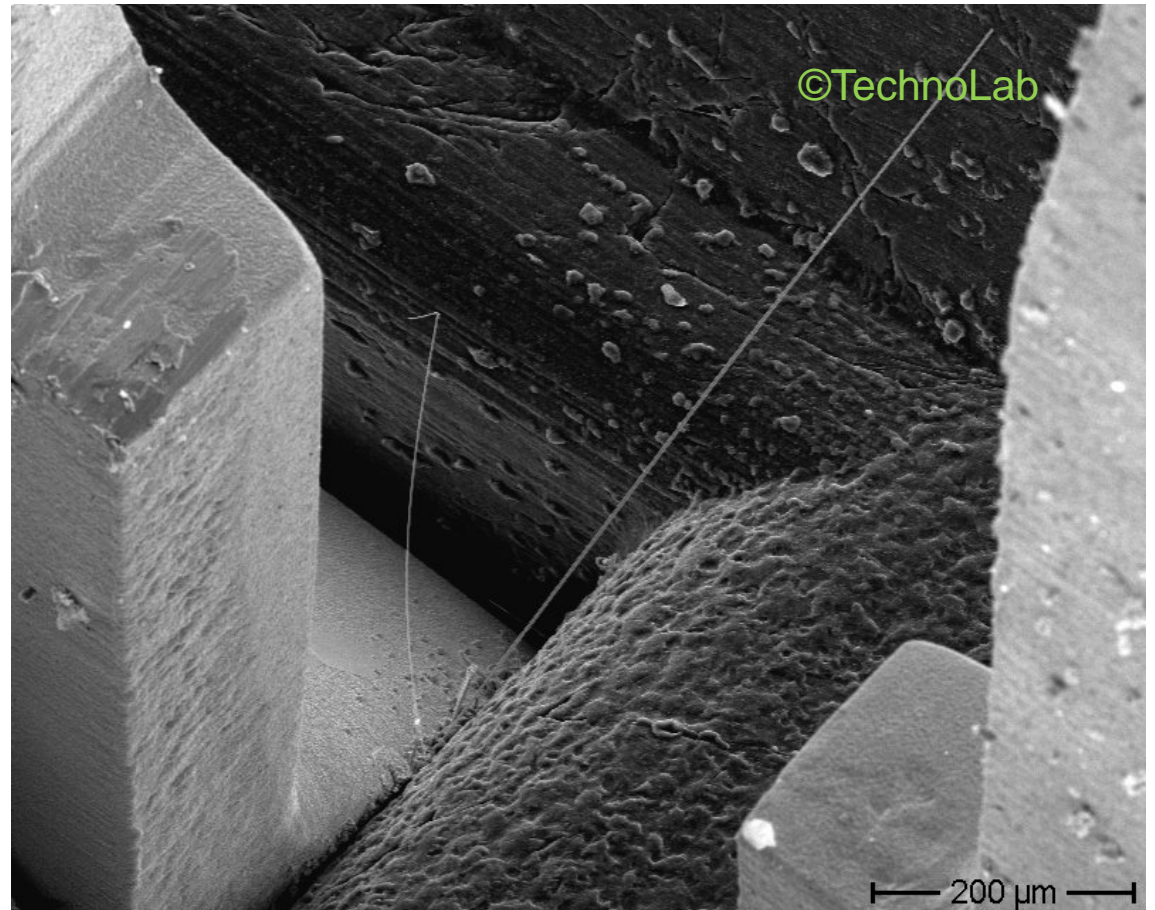


Whisker - Erscheinungsformen

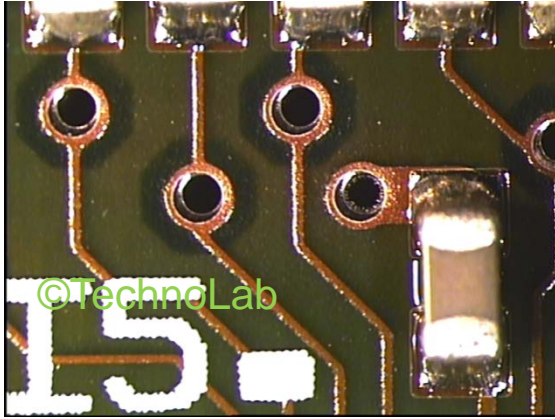


Galvanisch Sn
Connector

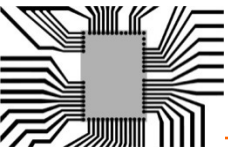
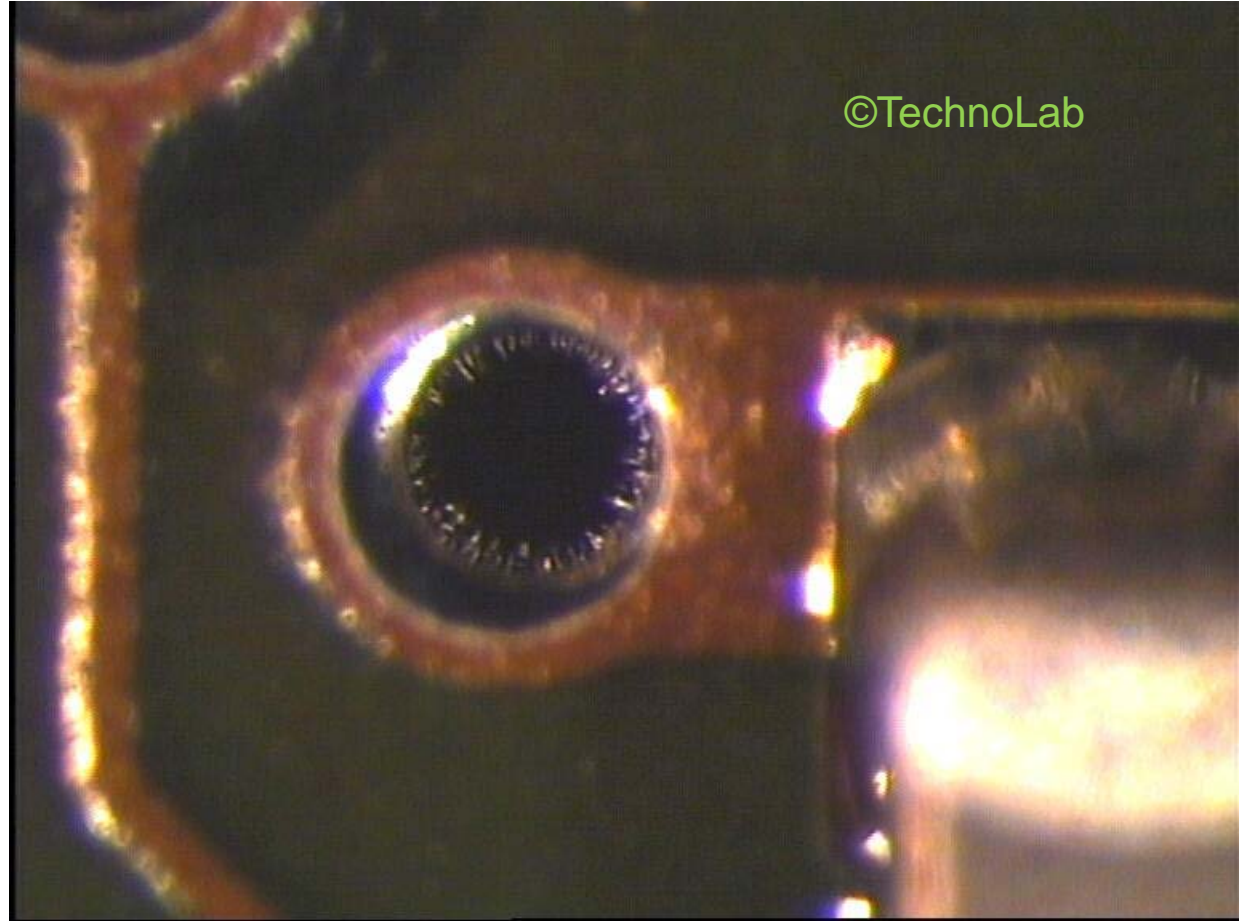
Peitsche



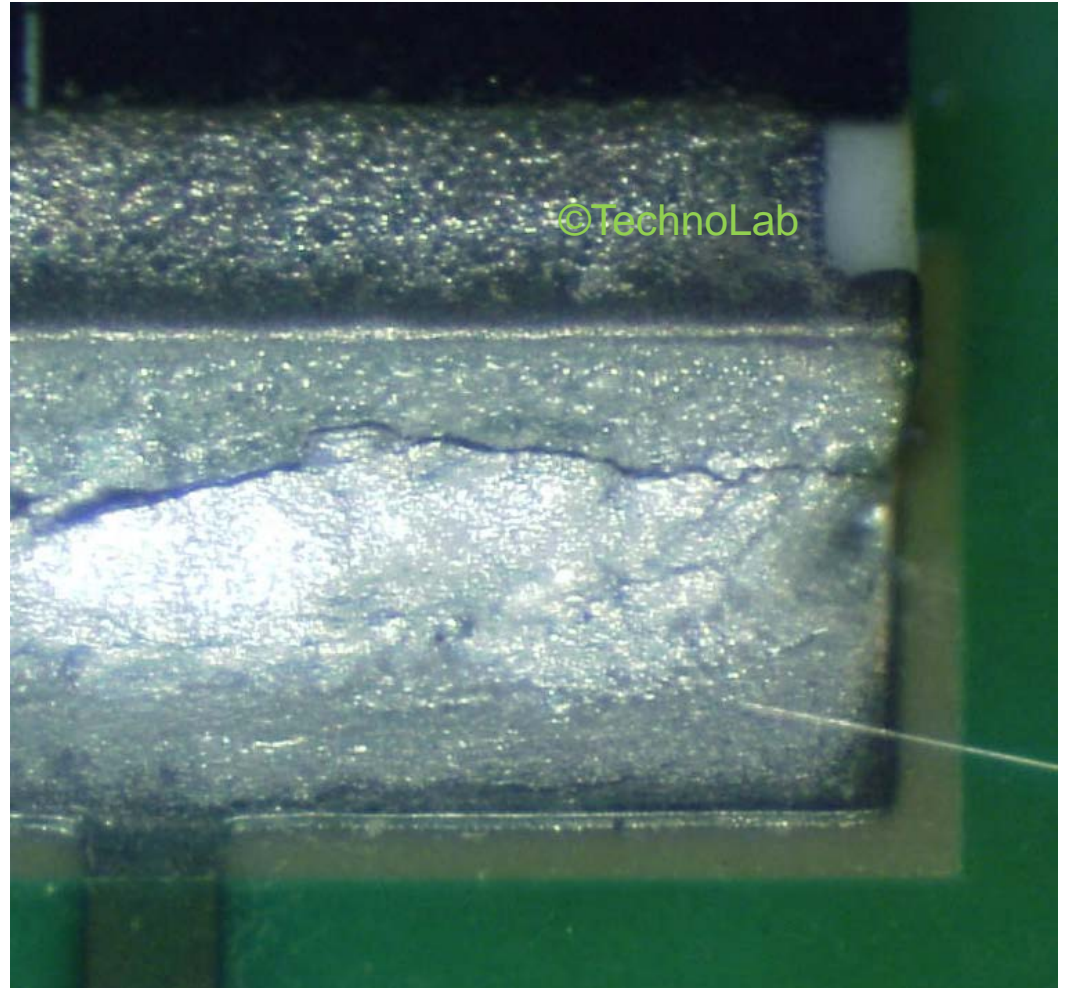
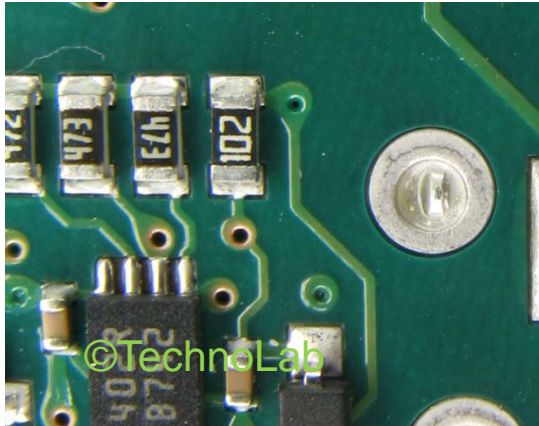
Whisker - Erscheinungsformen



Immersion Sn
PCB
Nadeln /
Spieße

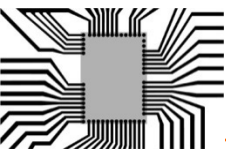


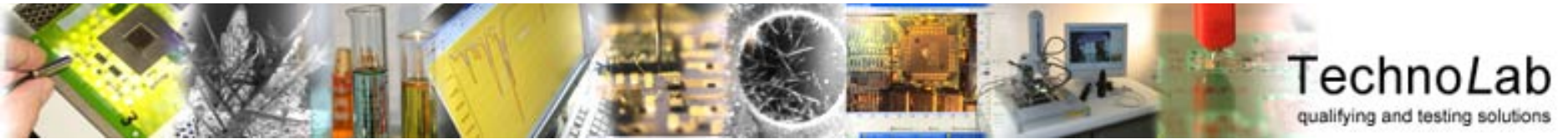
Whisker - Erscheinungsformen



Lötverbindungen nach
ESS HC

Nadeln / Spieße





Gliederung

Abschnitt 1: Begriffe

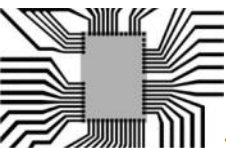
Abschnitt 2: Fallbeispiele

Abschnitt 3: Theorie

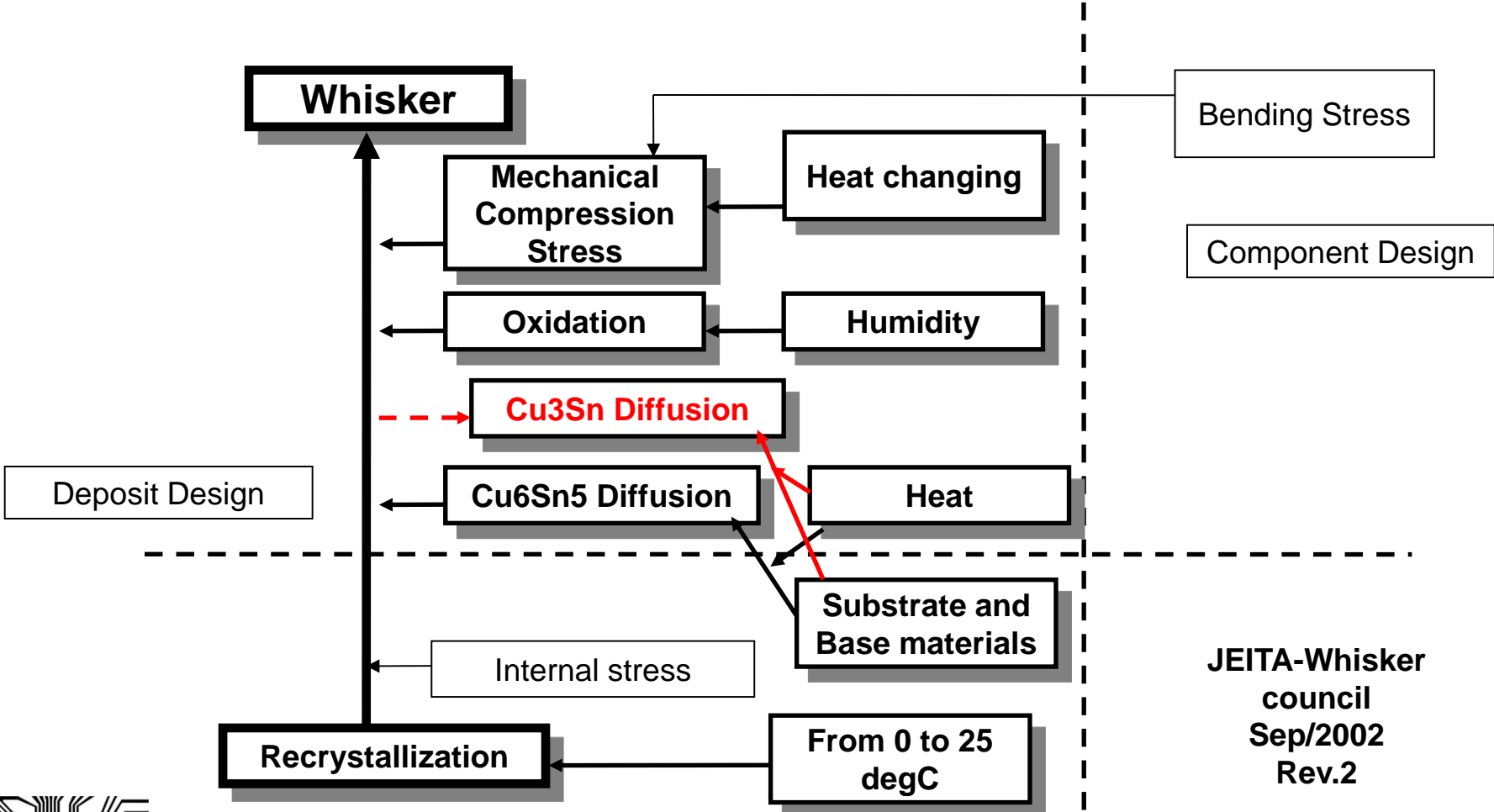
Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

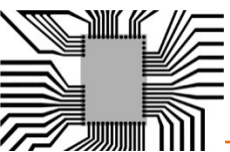
Abschnitt 6: Vermeidung

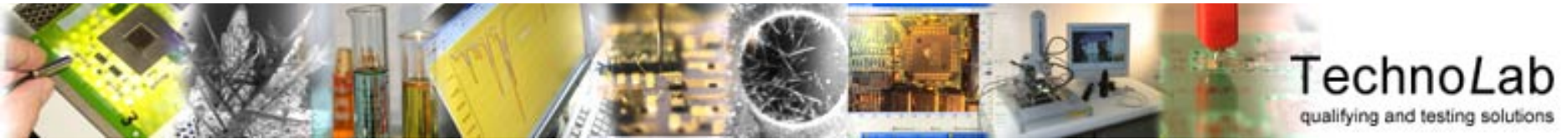


Whisker – The Relation between Whisker and Stress – JEITA



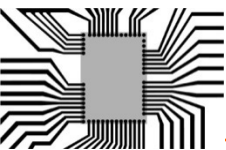
JEITA-Whisker
council
Sep/2002
Rev.2



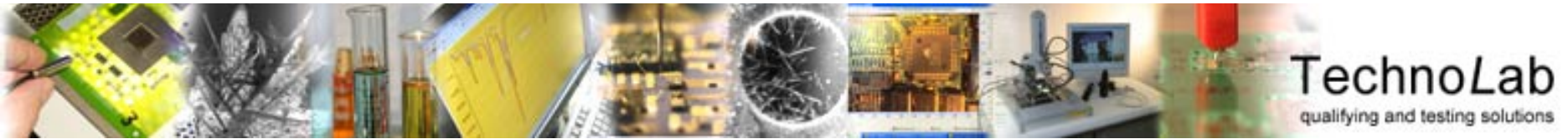


Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

- Surface oxidation develops stress that causes screw dislocations to move up. Counter-argument: whiskers grow in vacuum
- Stress caused by hydrogen incorporated in the deposit during electroplating drives whiskers. Counter-argument: whiskers grow on bulk tin and deposits produced from vapor phase.
- IMC formation, particularly, SnCu intermetallics, induce stress and increase propensity to whisker. Counter-argument: whiskers grow if tin has no interface with copper
- Most of the theories emphasize only one factor influencing whiskers

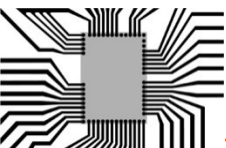


Quelle: iNEMI, 2002; 6Irina-Whisker1.pdf

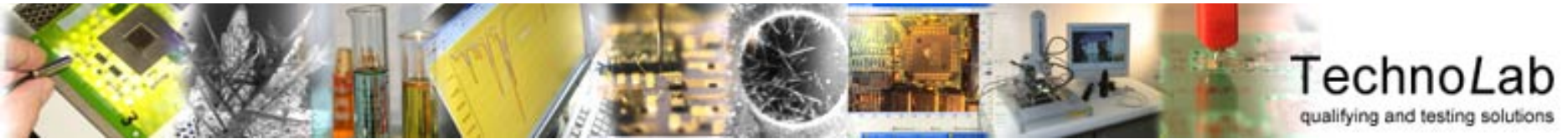


Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

- Diffusion theory provides the most comprehensive approach
- Electrodeposits have higher amount of crystal defects (vacancies and dislocations) than metallurgical material. Those defects in combination with high mobility of tin atoms explain fast diffusion in tin deposits
- Diffusion mechanism: for each tin atom leaving the deposit, the vacancy is formed below the root of the whisker which is then absorbed by long-range diffusion of tin atoms
- Macro- and micro-stress, surface energy, stored strain energy and crystal orientation may influence vacancy diffusion



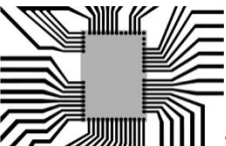
Quelle: iNEMI, 2002; 6Irina-Whisker1.pdf



Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

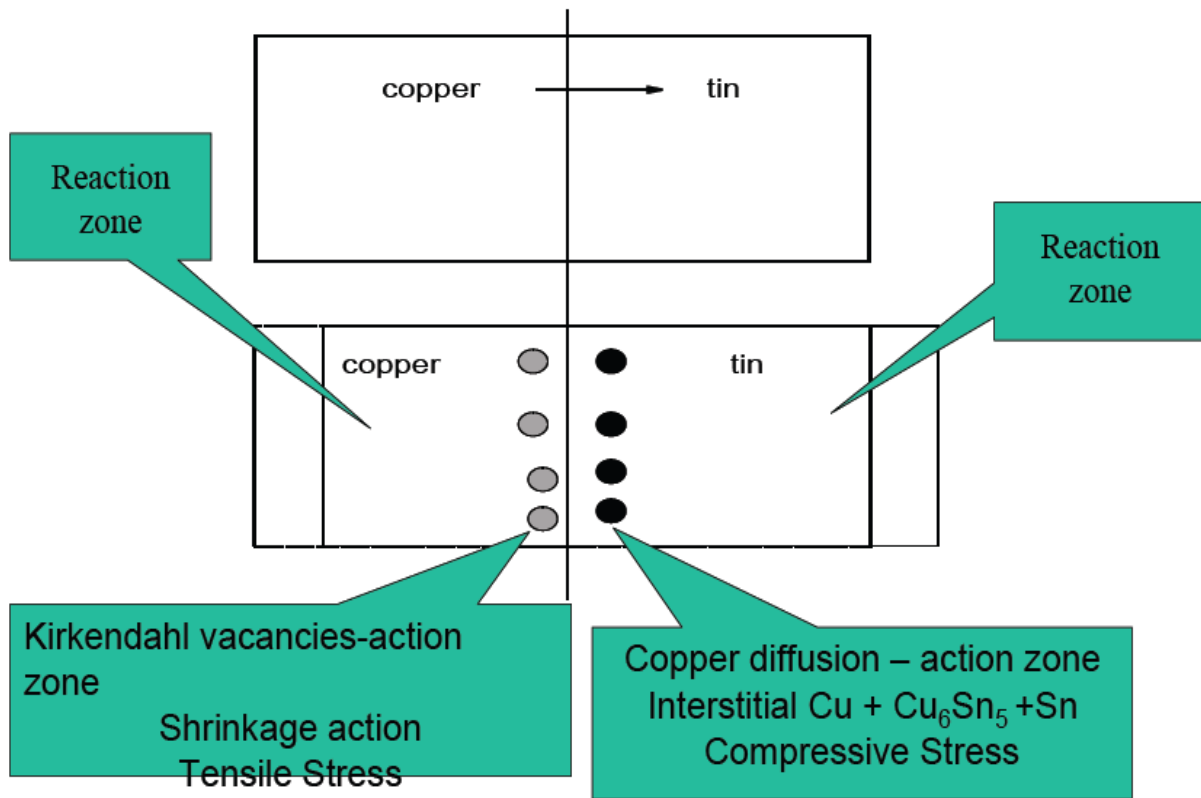
- **Compressive stress- A necessary factor**
 - **Compressive stress sources**
 - **Must be high impedance or sustaining sources, e.g.**
 - Intermetallic formation
 - High humidity (oxide reactions at film surface)
 - Temperature cycling (differential thermal expansion)
 - Built in film stresses (additives/gaseous entrapment)
 - Arguments to the contrary are potentially flawed
 - e.g., non sustaining stresses
 - e.g. Flexure beam observations
 - e.g. Bent lead-frame experiments
- **Recrystallization – A necessary factor (?)**
 - Not covered in this presentation
- **Tin Self-Diffusion – A necessary factor**
 - Not covered in this presentation

Quelle: iNEMI, 2002; 6Irina-Whisker1.pdf

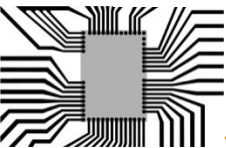


Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

INEMI Kirkendahl Effect for Tin/Copper Couple



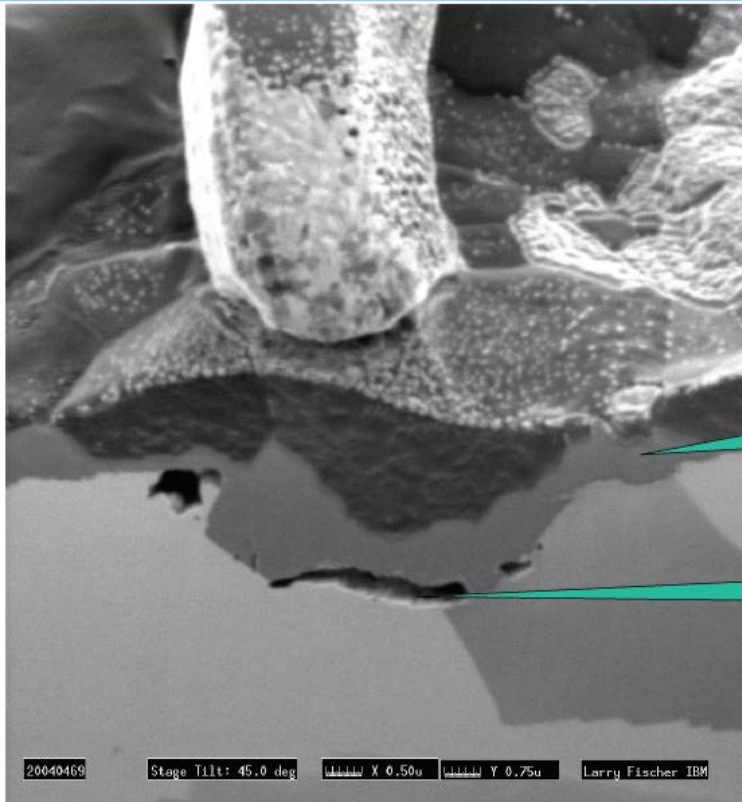
Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf



Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

iNEMI

FIB X-sections - 0.5u immersion Sn/Cu /1 yr. old

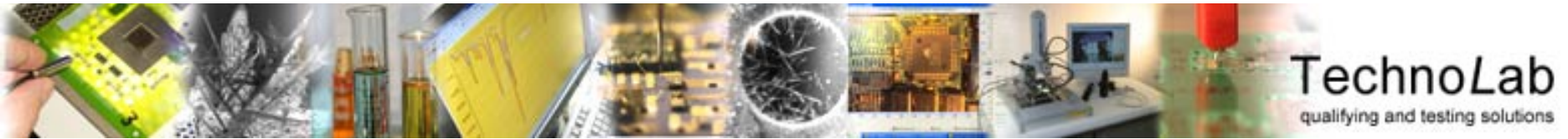


Full IMC penetration
0.75 u tin film

Kirkendahl voiding under
IMC

20040469 Stage Tilt: 45.0 deg X 0.50u Y 0.75u Larry Fischer IBM

Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf

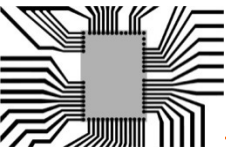


Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

iNEMI Kirkendahl Effect: Cu_3Sn Intermetallic Formation

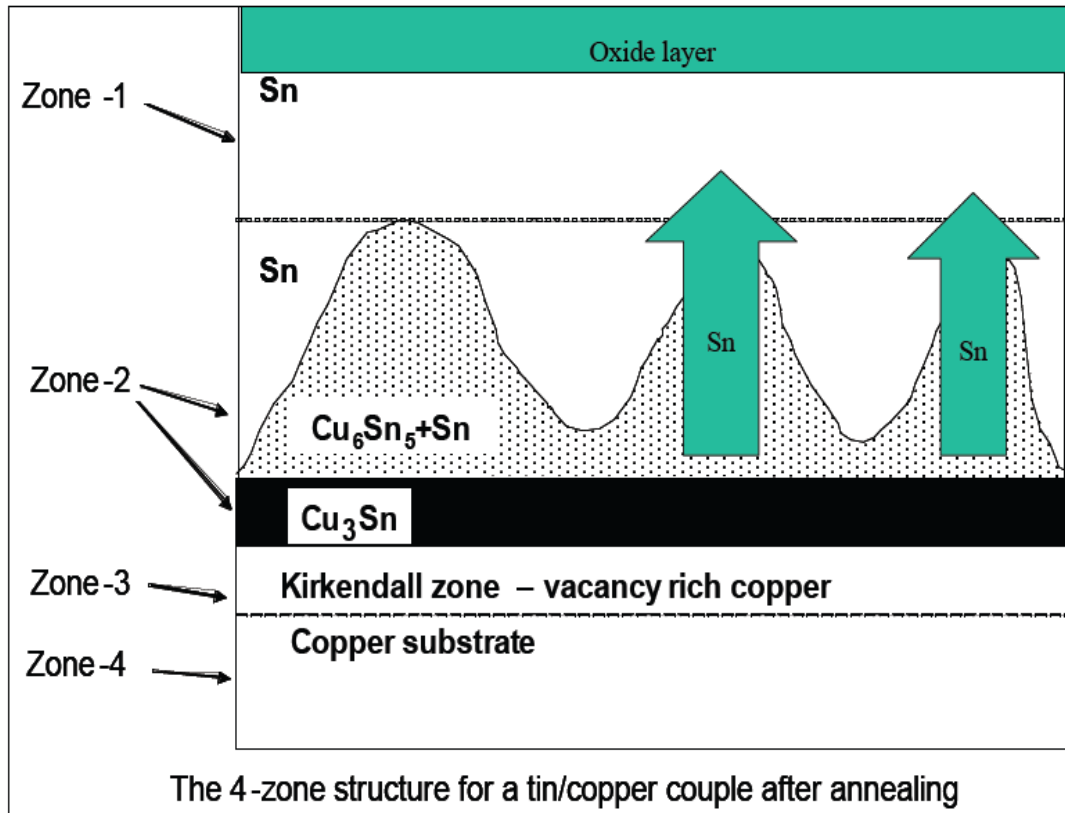
- Cu_3Sn forms from Cu_6Sn_5 for $T > 60\text{ }^\circ\text{C}$
- At temperatures > 60 degs. C
 - **If** $\text{Cu}_6\text{Sn}_5 \rightarrow 2\text{Cu}_3\text{Sn} + 3\text{Sn}$
 - 118 ccs/gm-mole \rightarrow 70ccs/gm-mole +48ccs/gm-mole
 - 118ccs \rightarrow 118ccs (no expansion or contraction)
- The Above Reaction provides excess tin (Sn) atoms
 - Excess Sn atoms permit continued outdiffusion/relaxation
- Excess tin atoms outdiffuse towards surface
- Outdiffusion reduces stress in Cu_3Sn zone
 - Converts compressive stress to less compressive
 - Can convert stresses to tensile stress
 - Can show evidence of Kirkendall voids in Cu_3Sn

Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf



Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

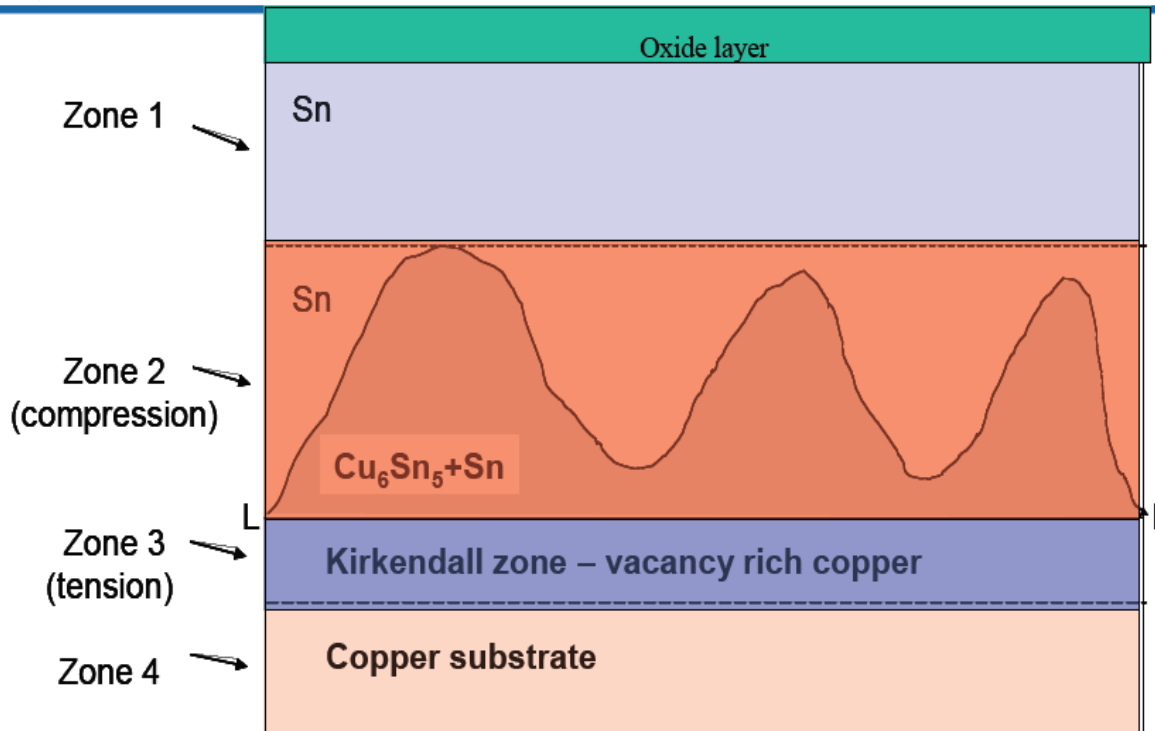
INEMI Cu_3Sn Intermetallic Formation ?



Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf

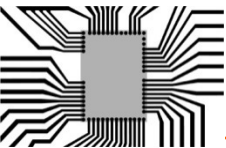
Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

iNEMI Four Zone Structure for Sn/Cu



The 4-zone structure for a tin/copper couple after intermetallic formation

Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf



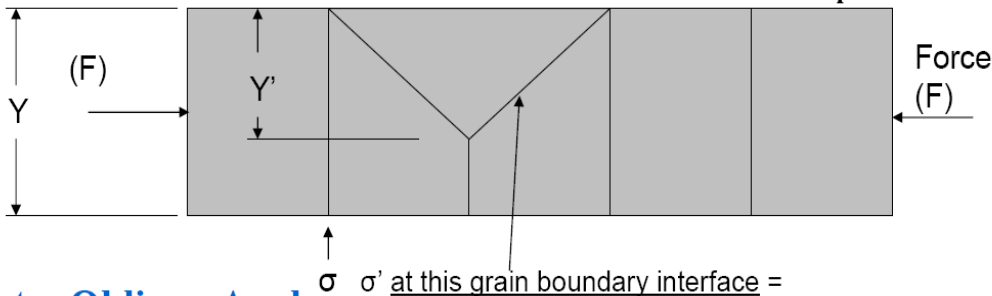
Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

INEMI

*Recrystallization is Necessary

Simplified 2D after recrystallization forming grain with shape similar to the below. Note – for this simplification I used a 45° angle but this is not critical – some, non-vertical angle is however. 45° makes X and Y equal making the math simple
Note: FIB cross-sections have routinely identified this non-vertical angle at the base of the whisker grain.

***The angled grain boundary suggests but does not prove recrystallization. They could be plated as such.**



Creates Oblique Angle Grain Boundaries that result in lower stress areas

Note: Not a specific grain orientation

σ' at this grain boundary interface =

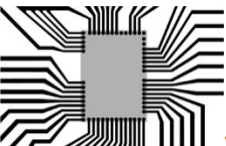
$$F/A \text{ where } A = \sqrt{2} * Y'$$

$$\text{Thus } \sigma' = \sigma / 1.414$$

Or most importantly, stress is lower at this grain boundary than it is at the vertical grain boundaries $\sigma' < \sigma$

This is the source of the stress gradient in the grain boundaries

Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf

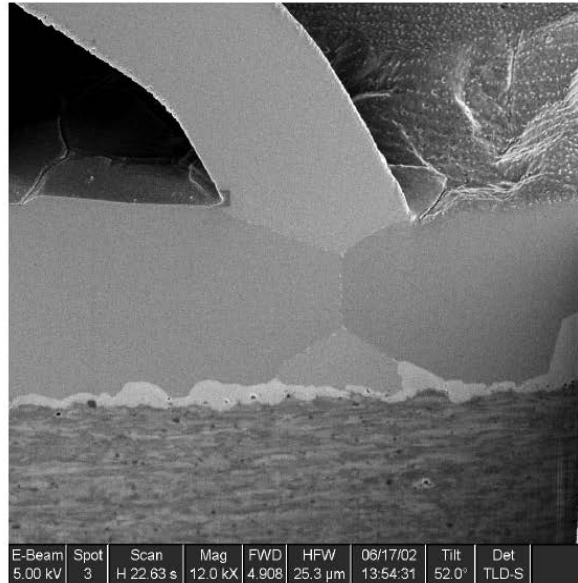


Whisker – The Relation between Whisker and Stress – INEMI

INEMI

Typical Tin Whisker Grain

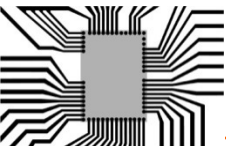
Matte Tin

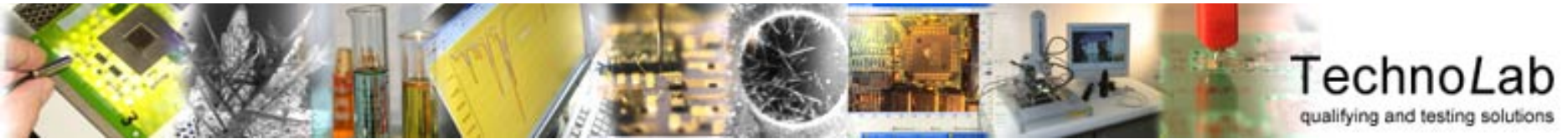


Notice the oblique angle grain boundaries as noted on the previous slide. This is typical of FIB cross-sections of whiskers

Image courtesy of N. Vo , Motorola

Quelle: iNEMI, 2005; ECTC_05_tinwhisker_presentation.pdf





Whisker - Zinn

Wenn Zinn ein Fremdmetall zulegiert wird, kann die Whiskerbildung merklich unterdrückt werden. Zudem wird die notwendige Löttemperatur, die im wesentlichen von der Schmelztemperatur des Lotmetalls abhängt, durch eine Legierungsbildung herabgesetzt.

Ein prinzipielles Problem der galvanischen Legierungsabscheidung ist jedoch die stromdichteabhängige Legierungsverteilung

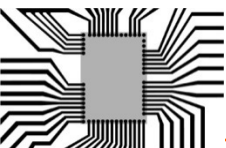
Hohe Stromdichten begünstigen im allgemeinen den Zinneinbau.

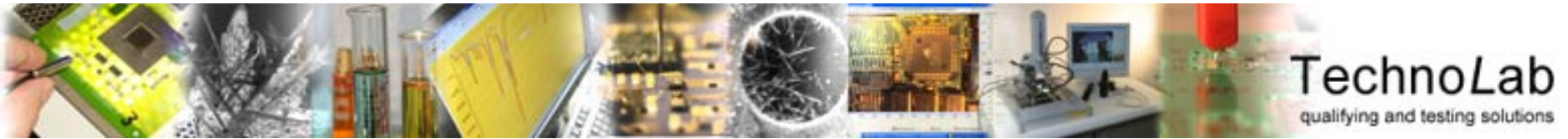
Geringe Abweichungen von der eutektischen Legierungszusammensetzung führen bei Zinn-Silber- und Zinn-Kupfer-Beschichtungen zu einer stark erhöhten Schmelztemperatur.

Blei: wirksam ab etwa 1%

(wirkunglos auf Messing)

Wismut und Kupfer: wirksam ab grösser 1%



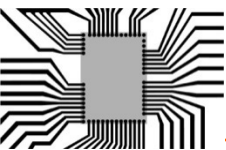


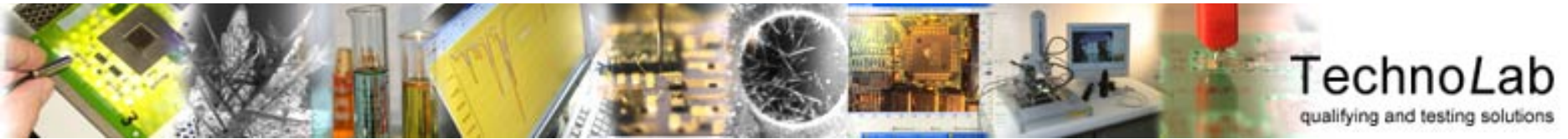
Whisker – Zinn – galvanisch

Beeinflussung der galvanisch abgeschiedenen Schicht:

1. Art des Elektrolyten
2. Abscheidungsstromdichte
3. Temperatur
4. Kornstruktur
5. organische Bestandteile - Glanzbildner
6. organische Bestandteile - Korrosionsinhibitoren
7. organische Bestandteile - Whiskerinhibitoren
8. Substrat - Textur
9. Verunreinigungen
10. Schichtdicke,
11. externe mechanische Belastungen aus dem Aufbau heraus

Quelle: Nichtionische polyethoxylierte Tenside in methansulfonsauren Zinn- und Zinn-Silber-Elektrolyten Dissertation Wehner TU Dresden





Whisker – Zinn – galvanisch

Die Korngröße wird bei galvanisch abgeschiedenen Reinzinnschichten vor allem durch die Abscheidungsstromdichte und die Zugabe organischer Additive bestimmt.

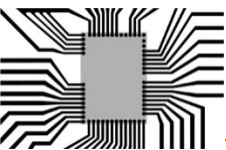
Mattzinnabscheidungen:

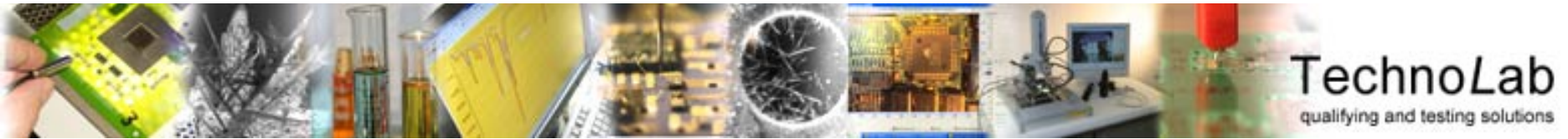
Korndurchmesser von etwa 3 – 8 μm

Die Schicht liegt im thermodynamischen Gleichgewicht vor.

Glanzzinnabscheidungen:

feldorientierte nadelförmige Struktur mit einer Kristallitgröße kleiner 1 μm
Rekristallisation als treibende Kraft zur Whiskerbildung





Whisker – Zinn – galvanisch Finishes

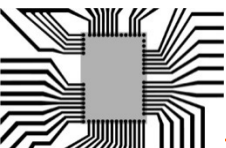
Umstellung der Zinn-Blei-Finishes auf RoHS-konforme Leadframe-Finishes im

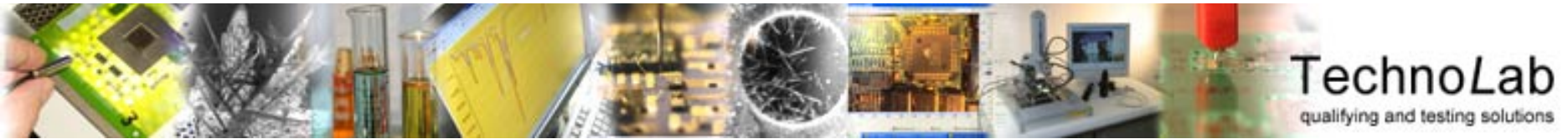
1. Reinzinn mit Nickel-Schicht als Diffusionssperre
2. Reinzinn mit Annealing des Kupfer-Basis-Leadframes als Diffusionssperre
3. Reinzinn mit Annealing einer Kupfer-Schicht als Diffusionssperre
4. Zinn-Legierungen ohne Nickelspererschicht

Am Markt sind alle Varianten präsent.

Für jede Verfahrensvariante gibt es Vor- und Nachteile.

Entscheiden für die Auswahl ist die weitere Verarbeitung in der Aufbau- und Verbindungstechnik.





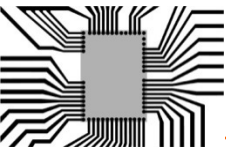
Whisker – Zinn – aussenstromlos

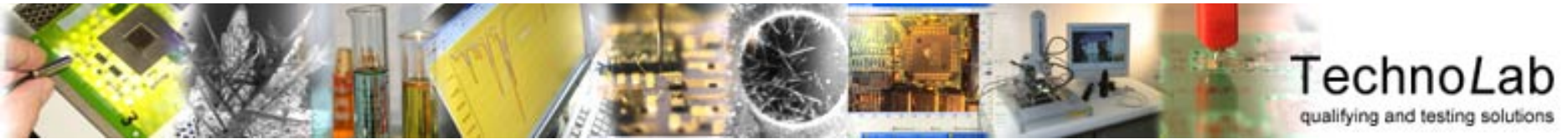
Die Korngröße wird bei aussenstromlos abgeschiedenen Reinzinnschichten vor allem durch die Zugabe organischer Additive und die Abscheidebedingungen bestimmt.

Begriffe

1. Immersion Tin
2. Electroless Tin
3. Chemisch Zinn

Das Schichtsystem besitzt technisch die größte Bedeutung als Final Finish von PCB. Schichtdicke: 0,7 bis 1,4 μ m
Untergrund: Kupfer

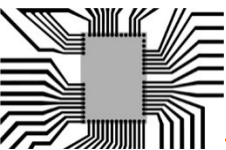




Whisker – Zinn – aussenstromlos

Chemisch Zinn ist vom Aufbau her eine feinkörnige Rein-Zinn-Schicht. Die Schicht ist bisher nicht als whiskerkritisch auffällig geworden. Als Ursachen dafür sind die geringe Schichtstärke (0,8 bis 1,2 Mikrometer) und die Bildung der Intermetallischen Phase zum Kupfer zu sehen. Vorhandene Whisker erreichen nur geringe Längen
Bisher: kleiner 100µm
Regelwerk:
IPC-4554 Immersion Tin

In Bezug auf die Bedingungen des bleifreien Lötens ist diese Schicht eher kritisch durch eine Degeneration der Schicht mit der Folge von Benetzungsstörungen gegenüber dem Lotwerkstoff. Eine Benetzungsstörung durch Whisker wie an Bauelementen gelegentlich zu beobachten, ist bisher von chemisch Zinn nicht bekannt.





Gliederung

Abschnitt 1: Begriffe

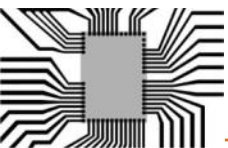
Abschnitt 2: Fallbeispiele

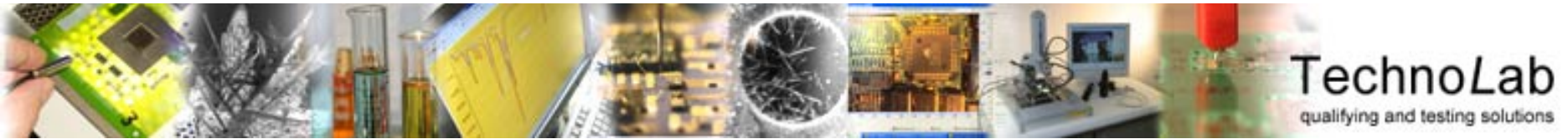
Abschnitt 3: Theorie

Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

Abschnitt 6: Vermeidung





Whisker – Test – Stimulation

In der Literatur unter dem Schlüsselbegriff Whiskertest verbreitet.

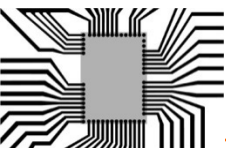
Kernanliegen:

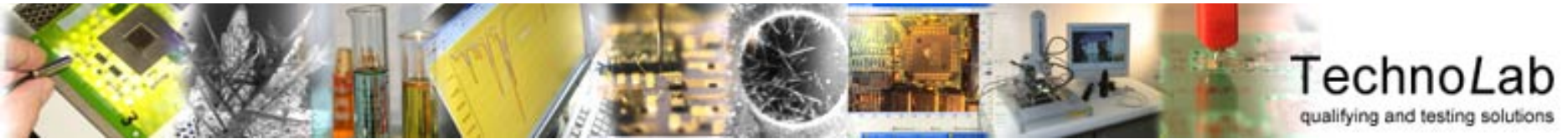
Bewertung der Neigung einer gegebenen Situation zur Bildung von Whiskern.

Anliegen der Normung:

Definition von genormten Testumgebungen, die das Entstehen von Whiskern begünstigen:

1. trockene Wärme
2. feuchte Wärme
3. Temperaturwechsel
4. Korrosion ausserhalb der Bildung von Oxiden und Hydroxiden
5. mechanische Spannungen





Whisker – Test – Stimulation

Die internationale Normung bezieht sich auf Zinn:

DIN EN 60068-2-82:2007-12

Umgebungseinflüsse - Teil 2-82: Prüfungen - Prüfung Tx: Whisker-
Prüfverfahren für elektronische und elektrische Bauelemente

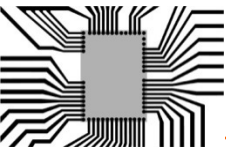
Environmental testing - Part 2-82: Tests - Test Tx: Whisker test methods for
electronic and electric components

JESD-22-A121

Measuring whisker growth on tin and tin alloys

ANSI-GEIA-STD-0005-2_2006-06

Standard for Mitigating the Effects of Tin Whiskers in Aerospace and High
Performance Electronic Systems





Gliederung

Abschnitt 1: Begriffe

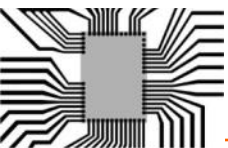
Abschnitt 2: Fallbeispiele

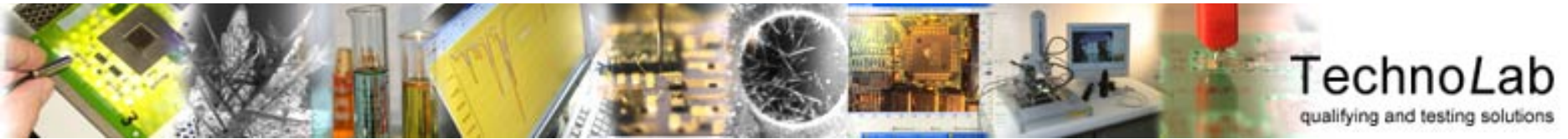
Abschnitt 3: Theorie

Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

Abschnitt 6: Vermeidung





Whisker – Nachweis

Beschreibung der Inspektionskriterien durch die Regelwerke

Optische Inspektion am Stereomikroskop

Einschränkung durch begrenzte Vergrößerung,

Abbildung meist optisch nur wenig zu beeinflussen (Lichtreflexe)

begrenzte Tiefenschärfe

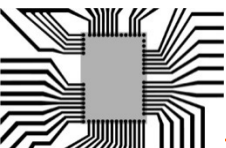
Optische Inspektion am Metallmikroskop

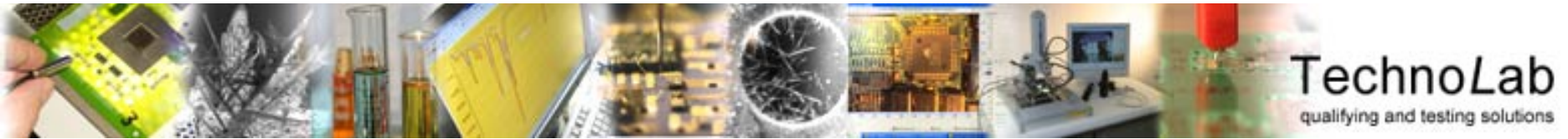
Vergrößerung bis etwa 1200

Optische Maßnahmen zur Verbesserung der Abbildung

(Filter, Polarisierung)

begrenzte Tiefenschärfe





Whisker – Nachweis

Whisker – Hinweise zur optischen Inspektion

Wichtig besonders bei Reihenuntersuchungen:

Festlegung von Inspektionswinkeln,

(in der Regel 3 Winkel: 90° , 75° und 45°)

- Vermerken der verwendeten Winkel in der Dokumentation

- Berücksichtigung der Winkel bei Längenmessung

Festlegung der Beleuchtungsbedingungen

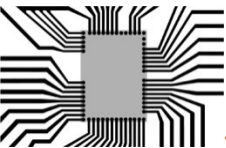
Günstig: 2 Punktlichtquellen seitlich

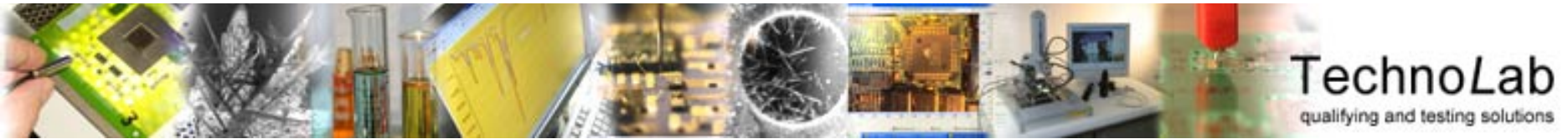
Ungünstig: Ringleuchten

Abdimmen der Lichtquellen bei Beibehaltung der Farbtemperatur

(günstig: Xenon-Lampen)

Im Experimentalstadium: LED-Punktquellen mit verschiedenen Farben





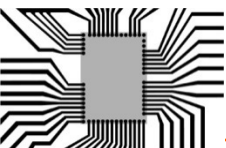
Whisker – Nachweis

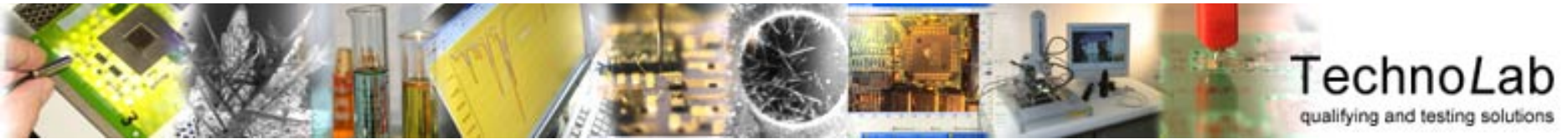
Elektronenoptische Inspektion am Rasterelektronenmikroskop (REM)

1. unbegrenzte Tiefenschärfe
2. Vergrößerung bis etwa 10000
3. Saubere Abbildung von Flächen und Kanten
4. Einschränkung durch begrenzte Schwenkwinkel
5. Abbildung häufig durch Aufladungen gestört (Präparationseffekt, elektrostatische Aufladung)
6. Arbeit in der Vakuumkammer

In Kombination mit EDX:

Elementenachweis (Korrosion, Oxide, Organik)





Whisker – Nachweis

Elektrische Messung

Die Stromtragfähigkeit von Whiskern ist abhängig von Werkstoff und geometrischen Daten.

Richtgrösse:

Zinnwhisker etwa 50mA

Hochspannungsprüfung

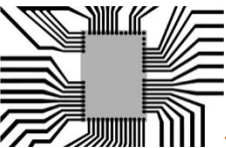
Teilentladungsmessung

Durchgangsprüfung

Die tatsächliche Stromtragfähigkeit im Test ist in hohem Maße vom Querschnitt und der Kennlinie der Quelle abhängig.

Konventionelle Hochspannungsmessgeräte zerstören in der Regel den Whisker.

Ungeeignet zur Detektion, geeignet zum Ausbrennen von verdächtigen Objekten





Gliederung

Abschnitt 1: Begriffe

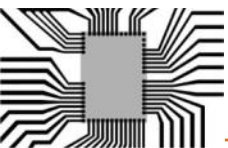
Abschnitt 2: Fallbeispiele

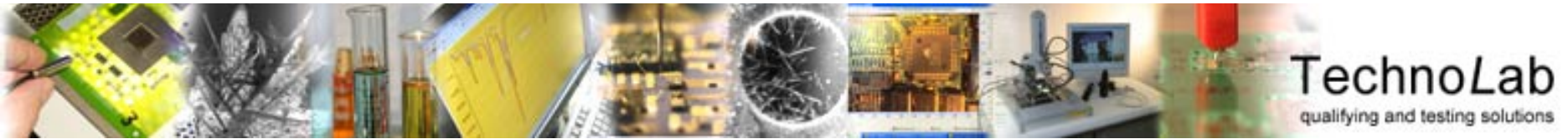
Abschnitt 3: Theorie

Abschnitt 4: Regelwerke

Abschnitt 5: Bewertungsmethoden

Abschnitt 6: Vermeidung

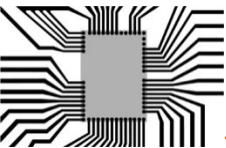


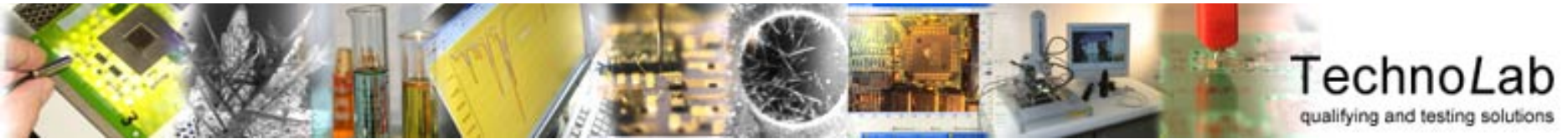


Whisker – Vermeidung

Die Mehrzahl der Quellen zur Vermeidung von Whiskern bezieht sich auf Zinn:

1. Wahl des Schichtsystem
2. Verfahrenstechnische Parameter
3. Bei kritischen Untergründen (Messing) Anwendung von dichten Sperrschichten aus Nickel oder Silber als Diffusionsbarriere für das Grundmaterial
Richtwert: Dicke grösser 2 Mikrometer
4. Unterkupferung mit Alterung kombinieren (Tempern des Materials, was zur Bildung einer intermetallischen Sperrschicht (IMC) führt
Richtwert: 150°C 1h





Whisker – Vermeidung

Schichtbildung aus der Schmelze heraus

An umgeschmolzenen Schichten sind Whisker praktisch nicht bekannt.

Achtung:

1. Wärmebelastung oberhalb der Schmelztemperatur führt nicht zwangsläufig zum Umschmelzen! (Flux, Oberflächenspannung).
2. Die Oberfläche darf nicht mehr beschädigt werden !

Vermeidung von Aufbauten mit hohen inneren Spannungen

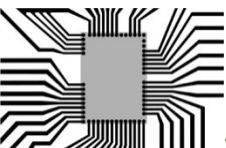
Schicht nur innerhalb bestimmter Dicke gefährdet

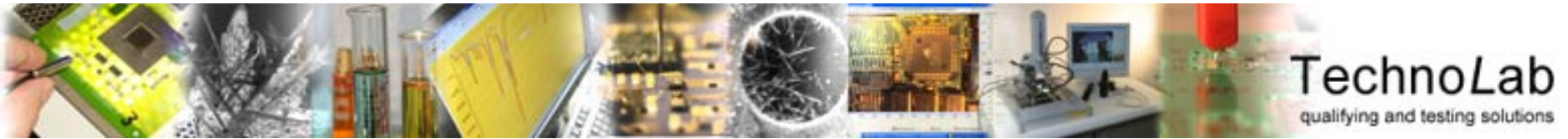
Größer 1 Mikrometer

Kleiner 7,5 Mikrometer

Darüber und darunter tendentiell unkritisch (chemisch Zinn)

In sehr dicken Zinnschichten liegen tendenziell unkritische Spannungszustände vor.





Whisker – Unterdrückung

Conformal Coating

Forderung: geschlossene Schichten mit einer hohen Beständigkeit gegen Durchstoßen

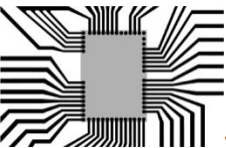
Allgemeine Forderungen an Conformal Coating

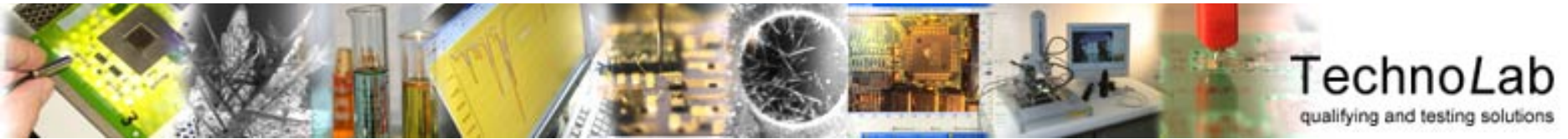
Typische Systeme:

1. Acrylate
2. Polyurethane
3. Silikone
4. Epoxide
5. Para-Xylene (Parylene)

Eignung:

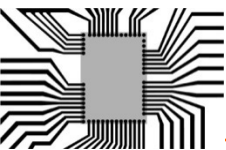
1. Polyurethane
2. Epoxide
3. Para-Xylene (Parylene)

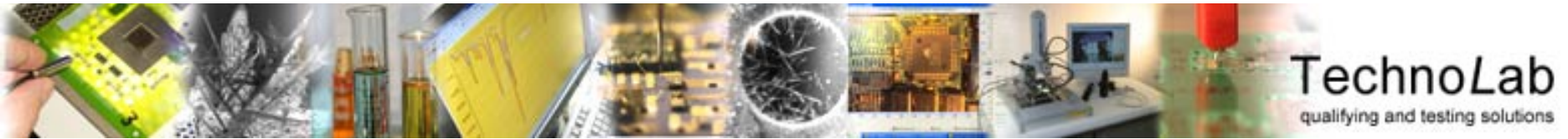




Whisker – abgeleitete Untersuchungsanliegen

1. Kommt der Prozess der Whiskerbildung zum Stillstand?
2. Wie fest haften die Whisker am Untergrund?
3. Welche mechanische Stabilität ist zu erwarten?
4. Wie langzeitstabil sind organische Whisker-Inhibitoren?
5. Wie wirkungsvoll sind Legierungselemente in galvanisch abgeschiedenen Schichten contra Stabilität der Reinzinn-Hochleistungselektrolyte
6. Möglichkeiten des Reworks
 - a) Effizienz einer mechanischen Nachbehandlung (Bürsten, Abstrahlen)
 - b) Effizienz von Coating
 - c) Ausnutzung von Zerstörungsmechanismen
 - Hochspannung
 - Mechanische Belastung (Schock and Vibration)
 - Stimulierter Zerfall
 - Stichwort: Zinnpest – Zerfall des Beta-Zinn

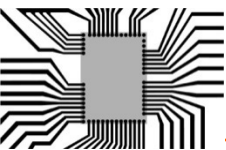


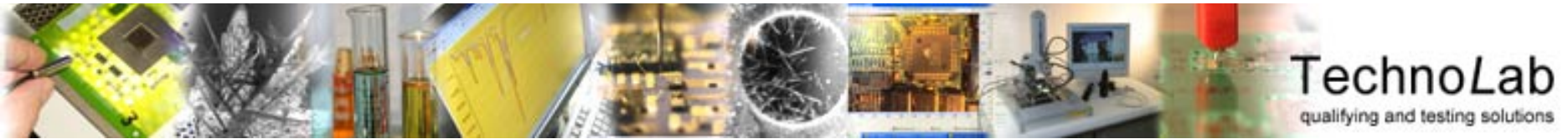


Whisker – abgeleitete Untersuchungsanliegen

Ziel Risikoabschätzung der Elektronik im Feld

1. Mit welcher maximalen Stromtragfähigkeit ist zu rechnen?
2. Weitere Risiken für thermisches Ereignis (Bogenentladung)?
3. Welche Nachweismethoden sind sinnvoll?
4. Wie stellt sich das Whiskering dar – betroffene Situationen
5. Typisierung - Entstehungsort, Grössenverteilung
6. Ist eine Korrelation möglich zwischen einer Falluntersuchung und der Ausfallwahrscheinlichkeit einer Serie?
7. Gibt es Einflussgrößen aus den Betriebsbedingungen (Korrosion, Oxidation, Kontaminationen, Luftdruck, Inertatmosphären mit N₂ - Anreicherung) ?





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ich bitte um Ihre Fragen und Anregungen

Lutz Bruderreck
TechnoLab GmbH
Wohlrabedamm 13
13629 Berlin
www.technolab.de
Lutz.Bruderreck@technolab.de
Tel.: 030-3641105 -12
Fax: 030-3641105 -69

