

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra bezpečnostních služeb

Využití infračerveného záření v zabezpečovací technice

Usage infra – red radiation in safety technique

Student:

Macháček Adam

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Švec Jiří, CSc.

Studijní obor:

Technická bezpečnost osob a majetku

Datum zadání bakalářské práce:

15. 6. 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. 4. 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta bezpečnostního inženýrství
Katedra bezpečnostních služeb

Zadání bakalářské práce

Student: **Adam Macháček**

Studijní program: B3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost

Studijní obor: 3908R005 Technická bezpečnost osob a majetku

Téma: **Využití infračerveného záření v zabezpečovací technice**
Usage infra - red radiation in safety technique

Zásady pro vypracování:

Cíl:

Posoudit možnosti a způsoby využití infračerveného záření v zabezpečovací technice.

Charakteristika.

Infračervené (IČ) záření, zdroje a detektory IČ, vlastnosti IČ, měřicí metody využívající IČ, využití IČ v zabezpečovací technice – výhody, nevýhody, podmínky použití.

Seznam doporučené odborné literatury:

Drga, R.: Využití infračerveného záření v měřicích technikách. Security, ročník XVII, číslo 1/2010, s. 42-50, ISSN 1210-8723.

Tureček, J. a kol.: Policejní technika. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2008, ISBN 978-80-7380-119-9.

Vaško, A.: Infračervené záření a jeho využití. Praha: SNTL 1963.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Jiří Švec, CSc.**

Datum zadání: 15.06.2012

Datum odevzdání: 20.04.2013



Doc. Mgr. Ing. Radomír Ščurek, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Pavel Poledňák, Ph.D.
děkan fakulty

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že:

- jsem byl/a seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů;
- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby 1);
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (dále jen VŠB – TUO), dostupná k prezenčnímu nahlédnutí;
- beru na vědomí, že VŠB – TUO má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou/bakalářskou práci užít v souladu s § 35 odst. 3 2);
- beru na vědomí, že podle § 60 3) odst. 1 autorského zákona má právo VŠB – TUO na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 3) odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého VŠB – TUO nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Jméno, příjmení: Adam Macháčík

Adresa: Zdeňka Štěpánka 1878/2, Ostrava – Poruba, 70800

Dne: 18. 4. 2013 Podpis: [příměrně]

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užití-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst.

3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u

soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy

nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k větší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.

Přílohy dané mi k dispozici jsem samostatně doplnil.

V Ostravě dne 18. 4. 2013



.....
Adam Macháček

Poděkování

Děkuji panu doc. RNDr. Jiřímu Švecovi, CSc za vedení, radu a odborné konzultace, které vedly k zhotovení bakalářské práce.

Anotace

MACHÁČIK, Adam. *Využití infračerveného záření v zabezpečovací technice*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB – TUO. Fakulta bezpečnostního inženýrství. Katedra bezpečnostních služeb. Vedoucí práce doc. RNDr. Švec Jiří, CSc.

Bakalářská práce je zaměřena na popis infračerveného záření a jeho využití v bezpečnostní technice. V první části práce bylo nezbytné zmínit historii objevení infračerveného záření a jeho postupu do současnosti. Bylo důležité se zmínit o zdrojích, detektorech, vlastnostech a metodách využívajících infračerveného záření. Druhá část se zaměřuje na měření infračerveného záření za pomoci infra-sondy.

Klíčová slova: infračervené záření, zdroje infračerveného záření, detektory infračerveného záření, vlastnosti infračerveného záření

Annotation

MACHÁČIK, Adam, *Usage infra-red radiation in safety technique*. Ostrava, 2012. Bachelor's thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Faculty of Safety Engineering. Department of Safety Services, Bachelor's thesis supervisor RNDr. Švec Jiří, CSc.

The bachelor's thesis is focused on the description of infrared radiation and its use in safety technology. In the first part it was necessary to mention history of the discovery of infrared radiation and its progress to date. It was important to mention the sources, detectors, properties, and methods of using infrared radiation. The second part focuses on the measurement of infrared radiation using infrared sensors.

Keywords: infra-red radiation, source of infra-red radiation, infra-red radiation detectors, properties of infra-red radiation

1	Úvod	1
2	Rešerše.....	2
3	Infračervené záření	3
3.1	Historický přehled vývoje poznatků o infračerveném záření	3
3.2	Základní pojmy elektromagnetického záření.....	7
4	Zdroje infračerveného záření.....	9
4.1	Zdroje teplotní	11
4.2	Zdroje výbojkové (luminiscenční).....	13
4.3	Zdroje radiotechnické (radiové)	13
5	Detektory infračerveného záření	13
5.1	Detektory neselektivní (tepelné).....	14
5.1.1	Bolometr	14
5.1.2	Termoelektrické články a sloupy	15
5.1.3	Golayův pneumatický článek	15
5.2	Detektory selektivní.....	15
5.2.1	Stříbro-cesiová fotokatoda	15
6	Vlastnosti infračerveného záření	16
6.1	Účinky infračerveného záření na látky	16
6.1.1	Propustnost látek	16
6.1.2	Nejužívanější optické materiály pro infračervený obor	17
6.1.3	Protiodrazové vrstvy pro infračervený obor.....	17
6.2	Látky absorbující	18
6.3	Látky rozptylující (kalná prostředí)	18
6.4	Účinky infračerveného záření na člověka.....	19
6.5	Ochrana před infračerveným zářením	20
6.5.1	Právní předpisy.....	20

6.5.2	SAR (specific absorption rate – specifická míra absorpce)	21
7	Metody zviditelnění obrazu vytvořeného infračerveným zářením.....	21
7.1	Selektivní metody zviditelnění infračerveného obrazu	21
7.1.1	Přímá fotografie infračerveného obrazu	21
7.1.2	Fosforografické metody	22
7.2	Neselektivní metody zviditelnění infračerveného obrazu	23
7.2.1	Metody založené na vypařování (evaporografie).....	23
7.2.2	Kondenzační metoda	23
7.2.3	Metoda termokolorografická.....	24
7.2.4	Metoda založená na teplotní závislosti fluorescence	24
8	Využití infračerveného záření v zabezpečovací technice.....	24
8.1	Měřicí metody využívající infračervené záření	24
8.1.1	Infračervená spektroskopie.....	24
8.1.2	Infračervená (optická) pyrometrie.....	26
8.2	Přístroje využívající infračerveného záření v zabezpečovací technice.....	26
8.2.1	Detektory narušení	26
	<i>Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy</i>	<i>27</i>
8.2.2	Elektrická požární signalizace.....	29
8.2.3	Kamerové systémy	30
9	Praktické měření.....	33
10	Závěr.....	40

1 Úvod

S infračerveným zářením se člověk stýkával už od starověku z každodenní činnosti, např. při zapalování ohně. Tehdy ještě netušili, že se jednalo o infračervené záření. První vědecké pokusy s infračerveným zářením byly prováděny v 17. století, kdy se žáci Galileiho pokoušeli soustředit chlad ze vzdáleného bodu pomocí zrcadel. Postupem času začali vědci více zkoumat toto záření, i když stále o něm netušili, že existuje. Prvním vědcem, který pojmenoval toto záření, díky pokusu s teploměry, byl Herschel na začátku 19. století. Svým pokusem dokázal, že za červeným slunečním spektrem stále roste teplota a dokonce až do maxima. Tento jev měl za následek vznik infračerveného záření. Otázkou bylo jak toto spektrum zviditelnit. To se povedlo až jeho synovi v roce 1840, kdy infračervené záření zviditelnil na plochu tenkého papíru. Následně byly prováděny mnoho pokusů s tímto zářením a začalo se pracovat na tom, jak by se dalo využít. Na počátku mělo infračervené záření největší využití v organické chemii, kde se využívala spektra různých organických látek. Využití infračerveného záření v zabezpečovací technice je ale otázkou až moderní doby, kdy lidé ho dokázali využít v zabezpečovací technice.

Bakalářská práce se skládá ze dvou částí. V první části se zabývá teoretickou stránkou, ve které jsou popsány historické poznatky infračerveného záření, jeho zdroje a detektory, vlastnosti infračerveného záření, působení na látky a člověka, dále metody využívající infračerveného záření a nakonec jeho využití v zabezpečovací technice. Druhá část bakalářské práce se zabývá praktickým měřením, které spočívalo v měření teploty pomocí infra-sondy.

Infračervené záření a jeho využití se čím dál tím více bude rozšiřovat v budoucnosti jak v průmyslu, technice, tak i v zabezpečovacím odvětví. Cílem této bakalářské práce je posoudit možnosti a způsoby využití infračerveného záření v zabezpečovací technice.

2 Rešerše

VAŠKO, Antonín. *Infračervené záření a jeho užití*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISBN 38598-3905/63

Tato publikace se komplexně zabývá infračerveným zářením. Obsahuje v první části fyzikální principy jevu, popisuje zdroje záření, přístroje a zařízení k zjišťování a měření i metody zviditelnění obrazu. Z knihy jsem čerpal historické poznatky vzniku infračerveného záření, a jakým způsobem se vyvíjelo ve vědeckých a průmyslových odvětvích. Dále mi byla nápomocna při zpracovávání zdrojů infračerveného záření a nejdůležitějších detektorů zaznamenávajících infračervené záření. Další informace obsahovala publikace o vlastnostech infračerveného záření obecně, také i o vlastnostech které působí na různé látky při metodách využívajících infračerveného záření. V knize jsou také obsáhle popsány metody zviditelnění infračerveného obrazu. Metody se zde dělí na selektivní a neselektivní a ty se dále dělí na různé metody. Kniha obsahuje nespočet různých využití ve vědeckých a průmyslových odvětvích, které mi sloužily jako podklad k napsání využití infračerveného záření v zabezpečovací technice.

LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7. Dostupné z: <files.verbum.name/200000086-61cfa62c9b/verbum1105sample.pdf>

Publikace popisuje základní metody a příslušenství k zabezpečení vlastních aktiv. Čerpáno bude hlavně z příslušenství používající infračervené záření k jejich činnosti. Budou to především kamerové systémy, poplachové zabezpečovací a tísňové systémy a elektrická požární signalizace. V publikaci se nachází hlavní detektory zabezpečovací techniky, které využívají infračerveného záření. Ty mi pomohly k sepsání kapitoly k využití infračerveného záření v zabezpečovací technice.

3 Infračervené záření

Tato kapitola se zabývá objevem a historií infračerveného záření, následným jeho vývojem ve společnosti a na závěr kapitoly základní pojmy infračerveného záření.

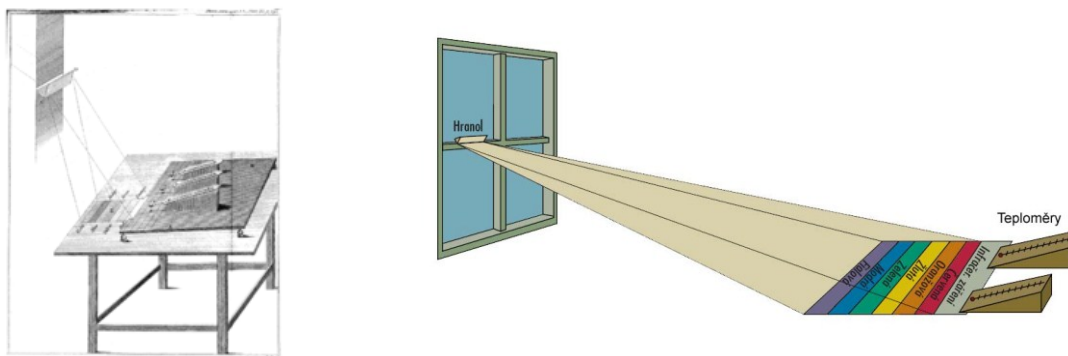
3.1 Historický přehled vývoje poznatků o infračerveném záření

Poznatky o infračerveném záření (dále jen IR) byly získávány velmi pomalu, v průběhu několika století. O tepelném účinku světla a IR vydávaného Sluncem, ohněm a horkými tělesy se přesvědčoval člověk denní zkušeností, a to již ve starověku, kdy soustředili světlo a tepelné záření dutými zrcadly. Tímto způsobem byl zapalován oheň.

Z vědeckého hlediska byl první pokus s IR proveden v 17. století žáky Galileiho, kteří zkoušeli „soustředit chlad“ ze vzdáleného ledového bloku pomocí zrcadel. V 18. století byly prováděny podobné pokusy o přenos tepla na vzdálenost, a to tak, že bylo použito dvou souosých zrcadel. Do ohniska jednoho byla vložena dutá kovová koule naplněná horkou vodou a do ohniska druhého zrcadla teploměr se začernalou baňkou. Teplota stoupala. Pokus byl proveden naopak, do prvního ohniska byla vložena nádobka s mrazicí směsí. V tomto případě teplota klesala. Na rozhraní 18. a 19. století je nutno jmenovat J. Leslieho, který užil zdroje infračerveného záření mosazné krychle („Leslieova kostka“), jejíž čtyři boční stěny měly vnější plochy různě opracované. Do krychle nalil vařící vodu. Vzduchový diferenciální teploměr použil jako přijímač a tímto zařízením studoval zářivost, pohltivost a odrazivost infračerveného záření.

Herschelův objev IR a problém totožnosti IR se světlem

Roku 1800 zkoumal W. Herschel tepelný účinek v jednotlivých barevných oblastech slunečního spektra, které získal skleněným hranolem. Pokus provedl tím způsobem, že do různých míst spektra vkládal teploměr a měřil zvýšení teploty, oproti teploměru nacházejícímu se ve stínu. Zjistil, že teplota stoupá od fialového konce spektra k červenému konci, a oproti očekávání našel, že stoupá dále i za červeným koncem spektra, kde dosahuje maxima.



Obr. 3.1 Uspořádání klasického Herschelova pokusu, kterým bylo ve slunečním spektru objeveno infračervené záření.[3]

Na obr. 3.1 je reprodukce uspořádání tohoto klasického Herschelova pokusu podle jeho původní publikace. Je zde teploměr vystavený záření (dolní teploměr na levém obrázku) a teploměry, které jsou ve stínu a měří okolí. Tímto pokusem Herschel prokázal existenci neviditelného IR ve slunečním spektru za jeho červeným koncem. IR bylo objeveno, na základě svého tepelného účinku, a proto bylo nazváno „zářením tepelným“.

Herschel sám studoval též optické vlastnosti tohoto neviditelného IR a zjistil, že podléhá stejným zákonům lomu a odrazu jako světlo, pouze jeho index lomu je menší než index lomu tmavě červeného světla. Při studiu propustnosti IR různými látkami našel však podstatné rozdíly oproti jejich propustnosti světelné. Z tohoto rozdílného chování látek, pokud se týče propustnosti pro IR a pro světlo, a ze zkušenosti, že křivky tepelného a světelného účinku ve spektru se liší, došel nakonec k nesprávnému závěru, že IR není též podstaty jako světlo. Herschelův objev vyvolal živou polemiku a opakování pokusu, které však přineslo rozdílné výsledky. Někteří našli maximum tepelného účinku sice také v infračerveném oboru, jiní však v různých oblastech viditelného spektra. Později se ukázalo, že poloha tohoto sporného maxima závisí na látce hranolu.

O značné zlepšení infračervené techniky se r. 1831 postarali L. Nobili a M. Melloni zavedením termoelektrického sloupu (obr. 3.2), jakožto přijímače IR, kterým Melloni provedl v následujících dvaceti letech řadu pozorování. Podstatně přispěl k poznání podstaty IR, když ukázal, že toto záření není jednoduché, ale skládá se z vlnových délek obdobně jako světlo z paprsků různých barev. Melloniho experimentální poznatky ukazovaly úplnou obdobu mezi světlem a IR, a proto se Melloni stal horlivým zastáncem názoru, že světlo a IR jsou v podstatě totožné. Rozdílné křivky tepelného a světelného účinku, získané Herschelem,

vykládal správně a to tak, že totéž záření jeví různé účinky podle toho, zda je pozorujeme okem aneb termoelektrickým článkem.



Obr. 3.2 Termoelektrický sloup [10]

Když bylo prokázáno, že podstata IR a světla je stejná, bylo nejaktuálnějším problémem vypracovat metody měření vlnových délek v infračerveném oboru. Problém byl řešen tím způsobem, že byla proměřena co možno nejpřesněji disperze optických materiálů užívaných tehdy k výrobě hranolů pro infračervený obor: skla flintového, křemene, křemene, vápence, soli kamenné, sylvínu.

Do této doby (r. 1881) spadá též zavedení bolometru (kapitola 3 Detektory infračerveného záření 3.1.1. Bolometr) do infračervené techniky S. P. Langleyem. Bolometr byl podstatně citlivější než všechny přijímače IR užívané dosud; to znamenalo počátek období exaktních měření v infračerveném oboru.

Snahy o „přemostění“ infračerveného oboru a oboru Hertzových elektromagnetických vln

Rozsáhlý obor IR nebyl však poznáván pouze od optického konce, tj. od jeho hranice s oborem viditelným, postupnou realizací stále větších vlnových délek, ale také od elektrického konce, tj. od jeho hranice s oborem Hertzových elektromagnetických vln, postupnou realizací stále kratších vlnových délek. V té době bylo možno elektromagnetické vlny o vlnových délkách přibližně 100 až 2500 μm vysílat buď jako ultrakrátké vlny, tj. elektricky, nebo jako dlouhovlnné IR, tj. opticky, takže je možno mluvit o uskutečněném přemostění infračerveného oboru a oboru Hertzových elektromagnetických vln.

Problém zviditelnění infračerveného obrazu

Protože IR se řídí týmiž zákony jako světlo, lze jím vytvořit optickou soustavu podobně jako světlem obraz. Tento obraz je však pro oko neviditelný, a proto nacházíme v historii infračerveného oboru již od samého počátku snahu nalézt způsoby jeho zviditelnění. První, kdo se o to pokusil, byl J. F. W. Herschel, syn objevitele IR, který zviditelnil roku 1840 infračervené spektrum záření Slunce. Sluneční spektrum promítl na plochu tenkého papíru, pokrytou vrstvou sazí a navlhčenou alkoholem. Na těch místech papíru, kde dopadalo IR, se alkohol vypařil dříve než na těch místech, kam nedopadalo nebo kam dopadalo s menší intenzitou.

V letech po 2. světové válce bylo uveřejněno více způsobu zviditelnění infračerveného obrazu založených na tepelných účincích. Všechny tyto metody umožňují v principu zviditelnit obraz vytvořený IR libovolných délek.

Vedle těchto metod, založených na tepelných účincích IR, bylo užito ke zviditelnění infračerveného obrazu ještě řady jiných fyzikálních jevů vznikajících absorpcí IR látkou (fotochemický jev).

Ověření Maxwellovy teorie a ověření zákonů záření

Stav vývoje infračervené techniky dovoľoval asi do r. 1900 získávat dostatečně přesná experimentální data, aby bylo možno ověřit důsledky plynoucí z Maxwellovy teorie elektromagnetického pole pro optické vlastnosti vodičů i izolátorů v infračerveném oboru a k ověření zákonů záření absolutně černého tělesa. Roku 1903 našli W. Hagen a H. Rubens experimentální vztah mezi elektrickou vodivostí a odrazivostí kovů v dlouhovlnném infračerveném oboru, který byl později též odvozen z Maxwellovy teorie. Pro izolátory byl

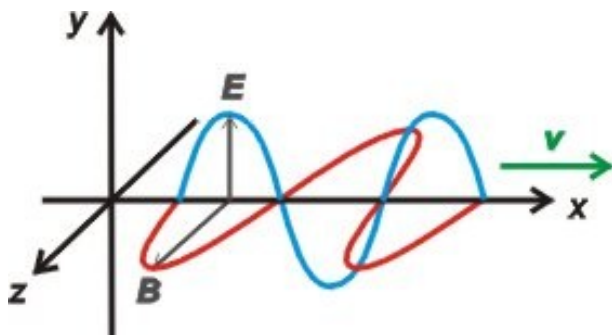
ověřován Maxwellův vztah $n^2 = \varepsilon$, kde n je index lomu a ε poměrná permitivita izolátoru. Zákony záření absolutně černého tělesa byly poznávány postupně. R. 1879 J. Stefan a 1884 L. Boltzmann našli, že celkové záření absolutně černého tělesa je úměrné čtvrté mocnině jeho absolutní teploty. Tento zákon byl experimentálně s definitivní platností ověřen O. Lummerem, E. Pringsheimem a F. Kurlbaumem v letech 1897 až 1899.

Vznik a vývoj infračervené spektroskopie

Základy fyziky infračerveného záření byly budovány od objevu IR až do dvacátých let 20. století. Četné práce z této doby ukázaly dalekosáhlé možnosti užití infračervených spekter k řešení analytických problémů, zvláště v organické chemii. W. Abney a R. Festing získali r. 1881 první absorpční spektra organických látek v oboru 0,7 až 1,2 μm . W. H. Julius objevil korelaci mezi absorpčním pásem u 3000 cm^{-1} a metylovou skupinou CH_3 . W.W. Coblentz uveřejnil v letech 1905 až 1908 první katalog infračervených spekter látek v oboru do 15 μm . Eva von Bahr rozlišila r. 1913 rotační strukturu pásu chlorovodíku u 2890 cm^{-1} . Tím byly experimentálně prokázány rotační kvantové stavy molekuly. Roku 1912 podal M. Bjerrum první základy teorie vibračně-rotačních spekter molekul. V průmyslových laboratořích se této metody začalo používat asi od r. 1928. V pozdějších letech zde nabývá stále vzrůstajícího významu je zaváděna i do poloprovozů organické chemie. [16]

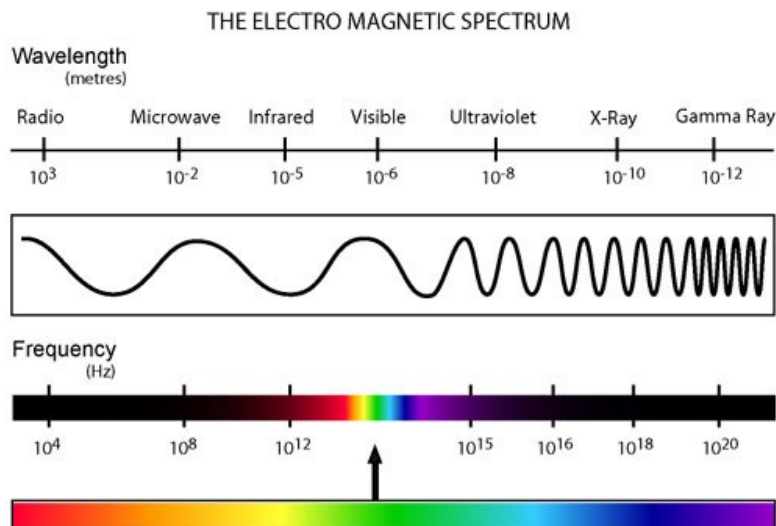
3.2 Základní pojmy elektromagnetického záření

Fyzikální podstata vlnové složky kosmického záření (záření γ) rentgenova, ultrafialového, viditelného záření (světla), záření infračerveného a elektromagnetických vln radiotechnických je stejná. Podstatou těchto záření je fyzikální děj, který má dvojí povahu, a to vlnovou (undulační) a částicovou (korpuskulární). První jsou elektromagnetické vlny, tvořené kmity intenzity elektrického pole E a indukce magnetického pole B , přičemž kmity obou těchto vektorů probíhají v rovinách k sobě kolmých a ve stejné fázi (obr 3.3).



Obr. 3.3 Elektromagnetická vlna šířící se v kladném směru osy x . Vektor E kmitá v rovině yz , vektor B v rovině xz . [14]

Elektromagnetické záření má však vedle vlnového charakteru též charakter částicový, který si představujeme jako proud jednotlivých částic fotonů. Foton elektromagnetického záření s kmitočtem ($\bar{\nu}$) má energii $h \bar{\nu}$, kde h je Planckova konstanta ($h = 6,624 \cdot 10^{-34} \text{Ws}^2$).



Obr. 3.4 Elektromagnetické spektru radio-rádiové vlny, microwave-mikrovlny, infrared-infračervené záření, visible- viditelné světlo, ultraviolet-ultrafialové záření, x-ray-záření X(Roentgenovo), Gamma ray- gama záření [12]

Infračerveným zářením nazýváme záření větších vlnových délek, pokračujících od temně červeného okraje viditelného spektra, tj. od vlnové délky $0,75 \mu\text{m}$, a končících dnes u vlnové délky asi $2500 \mu\text{m}$, ke které je možno v současné době realizovat optické zdroje s měřitelnou energií záření. Obor IR se tedy překrývá v pásmu 100 až $2500 \mu\text{m}$ s oborem

elektromagnetických vln buzených radiotechnickými zdroji. IR zabírá značně široký vlnový obor v elektromagnetickém spektru, a proto je třeba dělit jej na dílčí obory:

- blízké (0,7-5 μm)
- střední (5-30 μm)
- dlouhé (30-1000 μm)

Přehled veličin

Spektrální hustota vyzařování H - vyjadřuje, kolik energie je vyzářeno v podobě záření o dané vlnové délce.

Intenzita vyzařování - je radiometrická veličina, definovaná jako měrná veličina zářivého toku na povrchu zdroje φ_e .

Odrazivost - Odrazivost je určena jako poměr odraženého zářivého toku k toku dopadajícímu. Jedná se o bezrozměrnou veličinu. Podle definice je odrazivost určena jako

$$R = \frac{\Phi_0}{\Phi}, \text{ kde } \Phi_0 \text{ je odražený zářivý tok a } \Phi \text{ je dopadající zářivý tok. [7]}$$

Propustnost (transmittance) - poměr mezi propuštěným a dopadajícím zářivým tokem na prostředí.

[7, 8, 12, 16]

4 Zdroje infračerveného záření

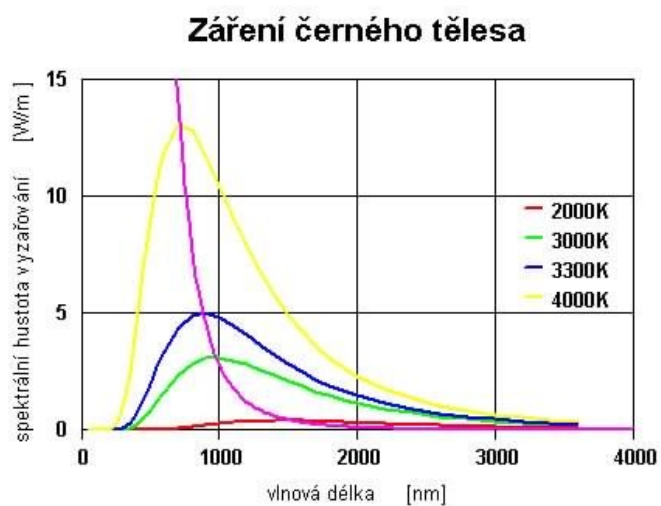
Elementárními zdroji infračerveného záření (dále jen IR) jsou atomy a molekuly látky, v nichž toto záření vzniká „kmity“ elektricky nabitých částic. Je-li atom v normálním, nevzbuzením stavu, nachází se jeho obvodový (optický, valenční) elektron na nejnižší stabilní dráze a jeho energie je nejmenší. Aby atom vydával záření, musí být nejprve vybuzen (excitován). Což znamená, že jeho obvodový elektron musí přejít na vyšší energetickou dráhu. K tomu je nutno dodat atomu potřebnou energii, a to buď absorpcí záření, nebo nárazem hmotné částice. Hmotná částice může být buď elektricky neutrální nebo nabitá. V prvním případě to mohou být atomy nebo molekuly, přičemž k srážkám může docházet v důsledku zvýšené teploty. V druhém případě to může být elektron nebo iont,

urychlený elektrickým proudem. Skupina zdrojů, u nichž IR vzniká uvedeným mechanismem, se nazývá optické zdroje.

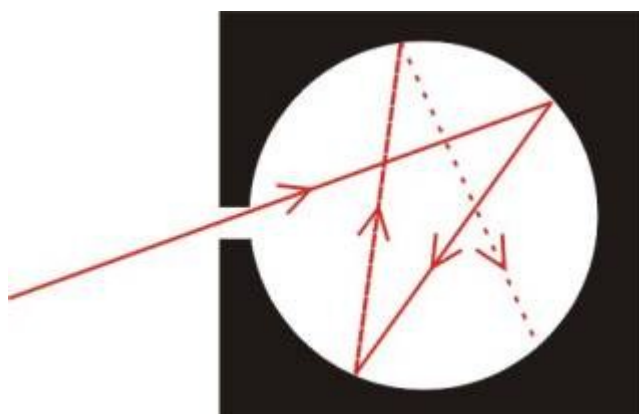
Absolutně černé těleso

Pozorujeme-li různá tělesa, jež sama světlo nevydávají, pak tělesa, jejichž povrch odráží světlo méně, se nám jeví tmavší. Odrážejí-li tato tělesa pouze několik procent dopadajícího světla, jeví se nám černá.

Závislost spektrální hustoty vyzařování absolutně černého tělesa na vlnové délce a teplotě $H=f(\lambda, T)$ lze vidět na obrázku č. 4.1.



Obr. 4.1 záření absolutně černého tělesa[12]



Obr. 4.2 Realizace absolutně černého tělesa všestranně uzavřenou dutinou s malým otvorem[12]

Z obrázku 4.2 je patrné, že světelný paprsek vstupující do dutiny musí vykonat veliký počet odrazů n na stěnách dutiny, než náhodně vystoupí otvorem ven. Je-li odrazivost stěn dutiny malá, např. $r=0,01$, pak odrazivost R vstupního otvoru bude $R=r^n$ [16], a tedy zanedbatelně malá. Absolutně černé těleso pohlcuje tedy veškeré záření na ně dopadající:

$R=r^n$, kde n je index lomu.

4.1 Zdroje teplotní

U těchto zdrojů je záření buzeno zvýšenou teplotou. Zvýšenou teplotou lze budít záření u látek všech tří skupenství. Vysílané záření se pak nazývá záření teplotní. Spektrum teplotního záření tuhých a kapalných látek je spojitě, spektrum plynů a par čárové nebo pásové. Energie záření je v tomto případě výhradně z tepelné energie.

Žárovka

Je běžným zdrojem spojitěho záření v blízkém infračerveném oboru s wolframovým vláknem. Wolfram má velkou odrazivost, a tím malou pohltivost, dosahuje jejich zářivost jen zlomků zářivosti absolutně černého tělesa téže teploty, lze vidět rozdíl na obr. 1.5, kde žlutou čarou je znázorněna závislost absolutně černého tělesa a zelenou barvou závislost wolframu (2450 K)

Uhlíkový oblouk

Jiným zdrojem IR je uhlíkový oblouk. Kráter kladného uhlíku o teplotě asi 3800 K září zhruba jako „šedé těleso“ s maximem asi u 0,76 μm . Rozdělení energie tohoto kráteru na jednotlivé spektrální obory vypočítané podle zákonů absolutně černého tělesa asi toto:

Tab. 4.1 – vyzářená energie a vlnová délka infračerveného záření uhlíkového oblouku [16]

Vlnový obor [μm]	0,4 – 0,76	0,76 - 1	1 – 1,5	1,5 – 3	>3
Vyzářená energie[%]	24	18	38	14	5

Výhodou elektrického oblouku mezi dvěma uhlíky, jako zdroje IR, je jeho vysoká teplota a v důsledku Planckova zákona též velká intenzita záření na všech vlnových délkách. Naopak velkou nevýhodou uhlíkového oblouku, jako všech šedých zdrojů záření, je však současný nadměrný vzrůst intenzity záření v oboru krátkovlnném, takže vyvstává obtížný problém, jak potlačit krátkovlnné rozptýlené záření. Další nevýhodou je, že vzrůstá počet absorpčních pásů atmosféry vlivem zplodin hoření.

Nernstův hořák

Je tvořen tyčinkou průměru 1 až 3 mm, buďto plnou, nebo dutou, délky několika centimetrů, připravenou ze zvláštní keramické hmoty, která obsahuje oxid zirkoničitý (Zr_2O) s přidavky oxidu yttritého (Y_2O_3) a kyslíčků ostatních vzácných zemin, popřípadě i stop jiných látek. Je žhavana elektrickým proudem přiváděným platinovými drátky zalisovanými na koncích do keramické hmoty. Nernstův hořák je velmi rozšířeným zdrojem IR pro infračervené spektrometry a pro účely laboratorní. Má však závažné nevýhody. Poněvadž je keramická tyčinka velmi křehká, je nutno ji upevňovat do pružných držáků, které nejen dovolí volnou roztažnost, ale umožní přitom i udržovat její polohu vůči zobrazovací soustavě stálou. Velkou výhodou Nernstova hořáku je však okolnost, že s ním lze pracovat na vzduchu a není nutno používat evakuovaného prostoru.

Auerův hořák

Je známý plynový „punčoškový“ světelný zdroj. Punčoška, která je složena z oxidu thoričitého s malým přídatkem oxidu ceričitého, je za normálních provozních podmínek velmi selektivním zdrojem dlouhovlnného IR. Provozní teplota hořáku je asi 1800 K. Užívá se ho jako velmi výhodného zdroje dlouhovlnného IR v oboru přibližně nad 50 μm , neboť při měření v tomto oboru je nejnaléhavějším problémem omezit co nejvíce parazitní krátkovlnné záření.

Rtuťová výbojka

Je jediným technickým zdrojem spojitého IR největších vlnových délek přibližně od 100 do 2500 μm . Po fyzikální stránce jde o záření tepelné povahy, jež má svůj původ hlavně ve žhavých parách rtuťového oblouku, zčásti pak jde o záření horkých stěn baňky výbojky.

4.2 Zdroje výbojkové (luminiscenční)

Do této skupiny řadíme zdroje, u nichž je infračervené záření buzeno absorpcí jiného záření, spádem napětí ve výbojové dráze nebo jinými příčinami, s výjimkou zvýšení teploty. Energie záření je v tomto případě hrazena z jiných forem energie než z energie tepelné

Z výbojek, které mají význačné spektrální čáry v blízkém infračerveném oboru, přicházejí v úvahu na prvním místě různé typy rtuťových výbojek. Rtuť má v tomto vlnovém oboru skupinu význačných spektrálních „čar“, které lze výhodně využít ke kalibraci spektrálních přístrojů v tomto vlnovém oboru.

Poměr intenzit spektrálních čar rtuťových výbojek v ultrafialovém, viditelném a infračerveném oboru, dále šířka spektrálních čar a intenzita spojitého podkladu závisí značně na tlaku rtuťových par a na elektrických hodnotách výbojky.

Dále se užívají výbojky sodíkové, kadmiové, cesiová s argonovou náplní, výbojka plněná vzácným plynem héliem, a pro speciální účely infračervené techniky slouží výbojka zirkonová.

4.3 Zdroje radiotechnické (radiové)

Účinnost optických, tak radiotechnických zdrojů záření je malá. Je to energeticky nejjednodušší obor elektromagnetického spektra. Podstatný přínos znamenala práce A. A. Glagolevy-Arkadievy (1924), která zkonstruovala jiskrový generátor s vtipným řešením automatické výměny spálených rezonátorů. Tímto jiskrovým generátorem dosáhla záření nejkratších vlnových délek, až 82 μm přičemž energie záření byla stálá na několik procent. Tento generátor byl nazván „hmotný zářič“, neboť představuje přechodný útvar mezi jednotlivým oscilátorem a zářením molekul hmoty. [16]

5 Detektory infračerveného záření

Detektory IR budeme rozumět přístroje a zařízení k zjišťování a měření tohoto záření. Jsou založeny na fyzikálních jevech, jež vznikají při absorpci infračerveného záření látkou. Technicky významné jsou pro konstrukci detektorů IR tyto čtyři druhy jevů:

- Fotochemické
- Vyhasínání nebo vzplanutí fosforescence
- Fotoelektrické

- Zvýšení teploty látky měřené nebo indikované různými způsoby

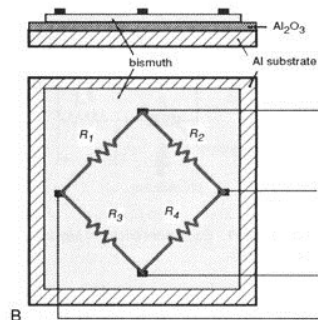
Detektory založené na prvních třech jevech jsou citlivé pouze v úzkých oborech infračerveného spektra a jejich údaj je závislý nejen na intenzitě dopadajícího záření, ale též na jeho vlnové délce. Detektory založené na oteplení, vyvolaném absorpcí záření, jsou obecně nezávislé na vlnové délce dopadajícího záření. Lze je proto užít v celém rozsahu infračerveného spektra stejně ve viditelném jako v ultrafialovém oboru.

5.1 Detektory neselektivní (tepelné)

Tepelné přijímače jsou v podstatě teploměry, jejichž „baňka“ je opatřena vrstvou látky „černě“, absorbující dokonale dopadající záření. Ustálené zvýšení teploty vyvolané dopadajícím zářením je pak mírou dopadajícího zářivého toku. Podle druhu použitého teploměru rozeznáváme různé typy tepelných detektorů. Nejvíce používané jsou bolometr, termoelektrický článek a Golayův článek, jež používají teploměru odporového, termoelektrického nebo plynového.

5.1.1 Bolometr

Neselektivní detektor tepelného (infračerveného) záření pracující na principu měření změny elektrického odporu v závislosti na změně teploty čidla bolometru v důsledku absorpce záření. Závislost lze vyjádřit přibližným vztahem $\Delta R/R = \alpha \Delta T$, kde α je teplotní součinitel změny odporu R , jehož velikost je určena použitým materiálem čidla bolometru a pracovní teplotou ($\alpha = 0,5 \div 5\,000\text{ K}^{-1}$).



Obr. 3.1 schéma zapojení bolometru [12]

Příklad na obrázku 3.1 dnes běžnější realizace v integrovaných bolometrech, tzn. na hliníkovém substrátu (desce) odizolované oxidem hliníku Al_2O_3 , jsou na tepelně vodivé podložce z bismutu napařené odporové dráhy z oxidů MgO , MnO , NiO , TiO_2 (tzv.

termistorové bolometry) nebo chalkogenidové sklo $\text{Tl}_2\text{SeAs}_2\text{Te}_3$ (tzv. vrstvé bolometry). V případě jednoduchých bolometrů jsou obvykle použity čtyři (R_1 až R_4) vzájemně propojené do klasického Wheatstonova můstku, z nichž se některé používají jako kompenzační nebo referenční (zastíněném proti záření).

5.1.2 Termoelektrické články a sloupy

Tyto články zavedl do infračervené techniky H. Rubens r. 1898, když byly předtím na delší dobu zatlačeny bolometrem. Využívá se termoelektrického jevu, kdy na styku dvou různých kovů vzniká rozdíl potenciálů v důsledku rozdílné výstupní práce elektronu v kovu. Termoelektrické napětí je přímo-úměrné rozdílu teplot styku dvou kovů. Konstrukce snímačů je závislá na účelu použití. Měřicí spoj je vyroben v klasické technologii obvykle spájením nebo svařením dvou drátků stejného průměru. V mikroelektronických technologiích se vytváří překrytím dvou vrstev s různým materiálovým složením. Důležitou roli hraje ochrana vodičů (izolace + ochrana proti vnějším vlivům). Kryty musí mít dobrou tepelnou vodivost. Časté je také použití termočlánků bez ochranného krytu. Z důsledku mechanickým poškozením, stárnutím termočlánku (oxidace, koroze) apod. dochází k chybám měřicího spoje.

5.1.3 Golayův pneumatický článek

V podstatě je to plynový teploměr, který se skládá z válcové komůrky, naplněné vzduchem nebo jiným neabsorbujícím plynem a uzavřené vhodným vstupním okénkem, kterým do ní vstupuje měřené záření. Je citlivý pro nízké frekvence záření. Je to komůrka naplněná zředěným plynem, ve kterém je na membráně připevněné zrcátko. Při dopadu infračerveného záření se zvětšuje tlak plynu na membránu, zrcátko se vychýlí z rovnovážné polohy a odráží světelný paprsek, jehož signál se dále detekuje.

5.2 Detektory selektivní

Na rozdíl od neselektivních detektorů jsou selektivní detektory ovlivněny vlnovou délkou.

5.2.1 Stříbro-cesiová fotokatoda

Je nejdále citlivá fotokatoda do infračerveného oboru (Ag-O-Cs). Struktura této fotokatody je složitá a závisí ve značné míře na konkrétním technologickém postupu její přípravy.

Stříbro-cesiové fotokatody jsou vyráběny jednak neprůhledné, užívané pro fotoelektrické články, jednak průhledné, pro elektronové obrazové měniče (převaděče obrazu). Jejich nevýhodnou vlastností je velká termická emise. Další nevídanou vlastností je postupné klesání jejich citlivosti způsobené únavou materiálů při provozu.

6 Vlastnosti infračerveného záření

Vlnová délka IR je větší než u světla, leží pod (*infra* = pod) červeným světlem ($10^{12} - 10^{14}$ Hz; 800 nm – $400 \cdot 10^3$ nm). Infračervené záření vyzařují všechna tělesa. I naše tělo září, v porovnání se Sluncem ovšem na větších vlnových délkách (cca 10 μ m). Lidské oko není citlivé na tyto vlnové délky, protože samo lidské tělo, tedy i nitro oka, září a oko by bylo oslepeno svým vlastním zářením.

Pro infračervené záření platí stejné zákony jako pro světlo. Jsou to elektromagnetické vlny, avšak různých délek. Můžeme sestavit optické soustavy, které používají optické prvky (čočky) zhotovené ze speciálních materiálů (např. NaCl). Můžeme tak sestavit dalekohled nebo fotoaparát a využít důležité vlastnosti infračerveného záření procházející zakaleným prostředím (mlhou, tmou apod.).

Po stránce kvantitativní jeví však látky v infračerveném oboru vzhledem k rozdílné vlnové délce podstatné rozdíly v optických vlastnostech oproti oboru viditelnému. Látky, které světlo dokonale propouštějí, např. optická skla, jsou ve většině infračerveného oboru zcela nepropustné. Naopak zase některé látky pro světlo nepropustné jsou v určitých vlnových pásmech infračerveného oboru dokonale propustné. Podobně jeví látky podstatné rozdíly v odrazivosti, velikosti indexů lomu apod. To má pro infračervenou techniku a její aplikace řadu významných důsledků, někdy nepříznivých.

6.1 Účinky infračerveného záření na látky

6.1.1 Propustnost látek

Dopadá-li záření s intenzitou I_o ze vzduchu nebo přesněji z vakua kolmo na plochu tělesa velké tloušťky z látky propustné, pak se část záření s intenzitou I_r odráží. Poměr r intenzity odražené k intenzitě dopadající poměrnou odrazivost látky (odrazivost rozhraní vzduch – látka, vzorec 4.1) [8]:

$$r = \frac{I_r}{I_o} \quad (4.1)$$

Propustnost je poměr vycházejícího a dopadajícího zářivého toku na prostředí.

Odrazivost r látky propustné je dána výrazem [8]:

$$r = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2, \text{ kde } n \text{ je index lomu} \quad (4.2)$$

Vzorec (4.2) platí nejen pro případ, že záření postupuje ze vzduchu do látky, ale i opačně, z látky do vzduchu. Odrazivost látky silně závisí na jejím indexu lomu.

Jestliže záření dopadá na rozhraní šikmo, pak odrazivost závisí nejen na indexu lomu, ale též na úhlu dopadu.

6.1.2 Nejužívanější optické materiály pro infračervený obor

Výhradním materiálem k výrobě optických členů, tj. čoček, hranolů, vstupních okének apod., pro obor světla je optické sklo. V infračerveném oboru lze optického skla však užít při tloušťkách asi 10 cm, jež přicházejí v úvahu u hranolů a optických soustav pouze do vlnové délky přibližně 2 až 2,4 μm , kde toto sklo začíná silně absorbovat.

6.1.3 Protiodrazové vrstvy pro infračervený obor

Opatřují se plochy čoček u fotografických objektivů tzv. protiodrazovými vrstvami, aby se snížily ztráty světla odrazem na těchto plochách. Řada materiálů pro infračervený obor má velké indexy lomu v infračerveném oboru, a to mnohem větší, než jsou indexy lomu optických skel. Proto také ztráty odrazem na optických členech vyrobených z těchto materiálů budou tak velké, že to téměř vylučuje jejich praktickou upotřebitelnost. Naskýtá se však možnost zmenšit podstatně tyto ztráty vhodnými protiodrazovými vrstvami.

Jestliže totiž opatříme plochu optického materiálu s indexem lomu n vrstvou látky s indexem lomu n_1 a tloušťkou d , pak pro úplné vyloučení odrazu při kolmém dopadu záření vlnové délky λ ze vzduchu musí být splněny tyto podmínky[8]:

$$n_1 = \sqrt{n};$$

$$n_1 d = \frac{\lambda}{4} (2k + 1), \text{ kde } k = 0, 1, 2, \dots \quad (4.4)$$

Zmíním se o protiodrazových vrstvách na KRS-5, selenovém skle a germaniu.

KRS-5

K přípravě protiodrazových vrstev na KRS-5 byl nalezen jako vhodný materiál polyetylén, jehož index lomu velmi dobře splňuje první z výše uvedených podmínek (4.4), platných pro protiodrazovou vrstvu. Polyetylén vykazuje silné absorpční pásy u vlnových délek 3,5 a 7 μm a slabý pás u 14 μm . Jinak rušivou absorpci nevykazuje a je dokonale propustný zvláště pro vlnové délky $14 \mu\text{m} < \lambda < 50 \mu\text{m}$. Výhodou je také jeho odolnost vůči vlhkosti i vůči agresivním chemickým činidlům. Slabý zákal vrstvičky, jevící se při pozorování na světle, se v infračerveném oboru neuplatňuje a lze jej ostatně vhodným technologickým postupem téměř odstranit. Mnohdy se naopak tento zákal projevuje příznivě jako filtr nežádoucího krátkovlnného záření.

Selenové sklo

U selenových destiček se používá na obou plochách polystyrénovými protiodrazovými vrstvami různých tloušťek. Tyto polystyrénové plochy umožňují propustnost zvýšit v řádech desítek %.

Germanium

Čistý monokrystal germania vykazuje propustností kolem 45-50 % infračerveného záření. Aplikováním na obou plochách protiodrazovými vrstvami ze sirníku zinečnatého se zvýší propustnost přibližně z 50 na 97 % v maximum u vlnové délky $\lambda = 2,5 \mu\text{m}$. [16]

6.2 Látky absorbující

Ve všech skutečných látkách vznikají při průchodu záření ve větší či menší míře ještě dva další druhy ztrát záření, ztráty absorpcí a rozptylem. Prochází-li látkou svazek záření, pak je část jeho zářivého toku postupně pohlcována látkou a část rozptylována (odchylována od původního svazku do různých jiných směrů). Zářivý tok v původním svazku tedy při průchodu látkou se postupně zmenšuje.

6.3 Látky rozptylující (kalná prostředí)

Optické vlastnosti látek a prostředí rozptylujících infračervené záření jsou značně složité. Kalným (rozptylujícím nebo difúzním) prostředím libovolného skupenství s určitým indexem lomu, obsahujícím suspendované částičky s jiným indexem lomu. Příklady

takových kalných prostředí jsou: kapalina se suspendovanými pevnými částicemi, zemská atmosféra obsahující pevné částičky nebo vodní kapičky, tuhá látka obsahující částice cizí látky, zkalená prostředí lidského oka apod.

Průchod světla a infračerveného záření zemskou atmosférou je určován převážně dvěma činiteli: selektivní absorpcí záření, hlavně v infračerveném oboru, a rozptylem záření na atmosférických suspenzích.

6.4 Účinky infračerveného záření na člověka

Infračervené záření má výrazné tepelné účinky, pro člověka je sice neviditelné, ale registrujeme je jako tepelný vjem. Infračervené záření vyvolává v místě absorpce zahřátí tkáně, což způsobuje pocit tepla a pálení. Nejvýraznějším přímým účinkem krátkovlnného infračerveného záření (pod 1,5 μm) na kůži při vyšším jednorázovém ozáření je spálenina. Prakticky se však nevyskytují, neboť bolest v místě ohřátí tkáně vede k úhybné reakci.

Důležitým oborem lidské činnosti, v němž je infračervené záření také s úspěchem využíváno, je medicína. Velké možnosti nacházíme zejména při rehabilitaci a regeneraci organismu.

Při využití IR záření v oblastech zabývajících se péčí o zdraví nalézáme celou řadu možností a indikací plynoucích z jeho působení na fungování lidského těla a ze způsobu ovlivnění případných patologických procesů.

IR záření při vhodném způsobu aplikace a při respektování všech kontraindikací může působit velmi pozitivně svými účinky na lidský organismus a to zejména: [1,9]

- zvyšuje extenzibilitu (roztahitelnost či pružnost) kolagenních vláken,
- snižuje ztuhlost kloubních spojení,
- pozitivně působí při narušené funkci kloubních pouzder v důsledku degenerativních patologických změn,
- snižuje bolestivost,
- uvolňuje svalové spasmy příčně pruhovaných i hladkých svalů,
- snižuje zánětlivou reakci organismu,
- zlepšuje vstřebávání chronických výpotků a edémů.

6.5 Ochrana před infračerveným zářením

Požadavky na ochranu zdraví před účinky infračerveným zářením jsou upraveny podrobně samostatným předpisem diferencovaně podle daného typu záření. Zásady lze shrnout takto:

- vyloučení nechtěné expozice neionizujícímu záření
- zdroje záření, pokud jejich chod nelze kontrolovat zrakem, vybavit optickou signalizací chodu
- zakrytí či zastínění zdrojů záření
- zkrácení doby expozice
- pokud není omezení expozice technickými prostředky možné (např. při svařování), je nutné použít OOPP (osobní ochranné pracovní pomůcky) na ochranu očí a obličeje (celo-obličejové štítky), brýle nepropouštějící záření, speciální brýle pro práci s lasery, ochranné rukavice, popřípadě ochranný oděv
- preventivní lékařské prohlídky vstupní, periodické a výstupní u zaměstnanců vykonávajících práce určené jako práce rizikové

6.5.1 Právní předpisy

Bezpečnost a ochranu zdraví před neionizujícím zářením určují tyto předpisy:

- Zákon č. 258/2000 Sb., v platném znění, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, o neionizujícím záření pojednává § 35 Neionizující záření.
- Nařízení vlády č. 480/2000 Sb., v platném znění, o ochraně zdraví před neionizujícím zářením.
- Vyhláška č. 89/2001 Sb., v platném znění, ministerstva zdravotnictví, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli (faktor 5 neionizující záření a elektromagnetická pole). [1,9]

6.5.2 SAR (specific absorption rate – specifická míra absorpce)

Tato veličina vyjadřuje, kolik elektromagnetického záření pronikne do tělesné tkáně. Zdrojem elektromagnetického záření je výroba a přenos elektrické energie, používání domácích elektrických přístrojů, telekomunikace, rozhlasové a televizní vysílání.

V souvislosti s mobilními telefony byl zaveden SAR = měrný absorbovaný výkon ve W/kg. Watt na kilogram tělesné váhy udává, kolik elektromagnetického záření, vyzařovaného mobilem, je pohlceno hlavou a přeměněno v teplo. Současná maximální povolená hodnota je 2 W/kg. Při tom se však nerozlišuje mezi hlavou dítěte a dospělého člověka. SAR není přímo měřitelný, je to záležitost laboratorních měření na fantomové hlavě, ve které je roztok simulující vlastnosti mozku ve složení 28 % destilované vody, 70 % glykolu a 2 % soli. Kontrolu tohoto parametru v terénních podmínkách nelze provádět. Proto se řada nezávislých odborníků shoduje na tom, že mezní hodnota SAR 2 W/kg je svévolně stanovena a nemá nic společného s péčí o lidské zdraví. [2,5,6]

7 Metody zviditelnění obrazu vytvořeného infračerveným zářením

Tyto metody lze rozdělit, podobně jako detektory IR, na metody selektivní a neselektivní.

Selektivní metody: přímá metoda fotografická, metody založené na Herschelově a Debotově jevu, metody fosforografické.

Neselektivní metody: evaporografická metoda, kondenzační metoda, termokolorografie, metody založené na teplotní závislosti fluorescence.

7.1 Selektivní metody zviditelnění infračerveného obrazu

Tato podkapitola se zabývá selektivními metodami zviditelnění infračerveného obrazu.

7.1.1 Přímá fotografie infračerveného obrazu

Můžeme zviditelnit infračervený obraz dvěma způsoby: přímým a nepřímým. Způsob přímý je založen na přímém působení infračerveného záření na zvlášť citlivou bromidostříbrnou fotografickou vrstvu.

Zcitlivění fotografické vrstvy pro infračervené záření se podařilo uskutečnit přípravou různých barviv, prvním bylo dicyanin. Toto barvivo bylo na vzduchu velice nestálé.

Postupem času se objevilo na trhu mnoho jiných barviv, které se uchytily a zlepšily své vlastnosti, tedy stálost na vzduchu především.

Zvětšování citlivosti hotových fotografických vrstev lze do určité míry zvýšit hypersenzibilací, a to buď na cestě mokré, nebo suché.

Pro hypersenzibilaci na mokré cestě stačí koupat fotograficky citlivé vrstvy úplně po tmě ve studené vodě (asi 10 °C) po dobu 5 min a rychle usušit v proudu chladného vzduchu.

U suché hypersenzibilaci se využívá vlastností párami rtuti. Fotografické vrstvy vystavujeme párám rtuti po dobu 2 až 5 dní při pokojové teplotě.

Herschelův jev

Jiný přímý způsob fotografického zobrazování infračerveného záření na halogenidostříbrných vrstvách je založen na Herschelově jevu. Již r. 1840 J. F. W. Herschel pozoroval, že výsledek osvitů na vrstvě z chloridu stříbrného je mařen působením IR. Později se ukázalo, že i latentní obraz vytvořený ve fotografické citlivé vrstvě bílým světlem je zeslabován působením dlouhovlnného, zejména IR. Tohoto jevu bylo využito pro přímé zobrazování IR.

Debotův jev

Debotův jev se vysvětluje tím, že druhým osvitem, provedeným fotograficky neúčinným zářením, přecházejí stříbrné zárodky vnitřního latentního obrazu na povrch zrníček halogenidu stříbrného a takto vzniklý latentní obraz může být vyvolán povrchově pracující vývojkou. Ani tento způsob zobrazování infračerveného obrazu nemá dnes již praktický význam.

7.1.2 Fosforografické metody

Některé tuhé látky jeví tu vlastnost, že jsou-li ozařovány krátkovlnným zářením, vysílají luminiscenční záření ještě delší dobu po ozáření, přičemž jeho intenzita s časem klesá (tyto látky se nazývají luminofory – fosfory).

Některé typy těchto fosforů mají tu vlastnost, že vyčerpávají energii záření, která je v nich akumulována, se urychluje absorpcí IR určitých vlnových délek. Část akumulované energie

záření se tu mění v energii tepelnou a část se projeví zvýšením intenzity fosforescenčního záření.

Existují v podstatě dva typy infračervených fosforů, u kterých převládá buď první, nebo druhý z těchto jevů. V prvním případě nastává absorpcí IR pohasnutí fosforescence, nazývané též zhašení fosforescence, kdežto v druhém případě okamžitý vzrůst fosforescence, nazývaný též vzplanutí fosforescence. Intenzita fosforescenčního záření infračervených fosforů roste dále s teplotou; její pokles s časem je však úměrně rychlejší. A právě těchto dvou jevů bylo využito k zviditelnění obrazu vytvořeného IR. [16]

7.2 Neselektivní metody zviditelnění infračerveného obrazu

Tyto metody jsou založeny na oteplení vyvolaném absorpcí záření hmotou. Skládají se z tenké vrstvy látky dokonale absorbující záření všech vlnových délek. Na tuto vrstvu je promítnut infračervený obraz, takže se v ní vytvoří teplotní replika tohoto obrazu, jež se zviditelní užitím závislosti některé opticky indikovatelné veličiny na teplotě.

7.2.1 Metody založené na vypařování (evaporografie)

Dopadne-li na vrstvu černě IR, absorbuje se, zmíněné místo se oteplí a tím i příslušné místo kafrové nebo naftalenové vrstvičky; tyto látky začnou sublimovat na místa neozářená. Tak se ozářená místa zeslabují a neozářená zesilují, čímž vznikne tloušťkový reliéf, patrný při vhodném osvětlení již pouhým okem.

Přerušíme-li dopadající záření, pak zmíněné místo nabude opět teploty okolí a nebude se dále zeslabovat, neboť látka, jež je v rovnováze se svou párou, představuje stacionární soustavu, ve které se za jednotku času stejný počet molekul zkondenzuje. Neplatí tedy pro tuto evaporografickou metodu principiální omezení její dlouhodobé meze jako pro metodu přímé infračervené fotografie.

7.2.2 Kondenzační metoda

Na inverzním principu evaporografie byla vyvinuta technicky provedená fotokomora. Jestliže se nejprve vytváří olejová vrstvička a na ni se promítne infračervený obraz, je u této fotokomory volen postup opačný. Nejprve se promítne infračervený obraz na blanku, čímž na ní vytvoří jeho teplotní obraz, který pak ovlivňuje následující kondenzaci par na blance

(olej kondenzuje rychleji na chladnějších místech blanky. Tak vzniká tloušťkový reliéf infračerveného obrazu.

7.2.3 Metoda termokolorografická

Termokolorami nazýváme barevné látky, které při zahřátí na určitou teplotu změni svůj barevný tón, popřípadě při dalším zvyšování teploty změni barevný tón při různých teplotách několikrát. U této metody je indikační vrstvička tvořena termokolorou a infračervený obraz zviditelněn změnami jeho barevného tónu.

7.2.4 Metoda založená na teplotní závislosti fluorescence

Některé látky, jsou-li vystaveny krátkovlnnému záření, vydávají luminiscenční záření s větší vlnovou délkou. Jestliže toto luminiscenční záření trvá jen po dobu, po kterou jsou vystaveny budicímu záření, nazýváme je zářením fluorescenčním.

Této vlastnosti lze využít ke zviditelnění infračerveného obrazu, vytvořeného teoreticky zářením libovolných vlnových délek. Vznikly dva principy:

U první, dotykové termografie se pokryje plocha, jejíž rozložení teploty měříme, vrstvou fluorescenční látky a rovnoměrně se ozáří ultrafialovým zářením.

Druhá metoda bezdotykové termografie spočívá v tom, že se vhodnou optickou soustavou vytvoří na fluorescenční vrstvě infračervený obraz předmětu, jehož plošné rozložení teploty měříme. [16]

8 Využití infračerveného záření v zabezpečovací technice

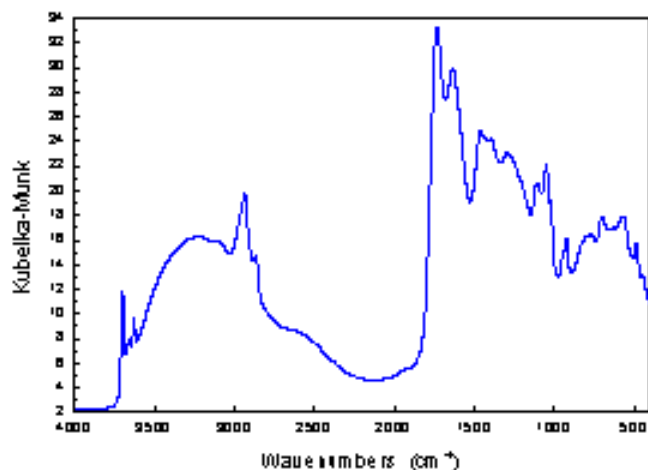
8.1 Měřicí metody využívající infračervené záření

Zde lze zařadit infračervenou spektroskopii a pyrometrii

8.1.1 Infračervená spektroskopie

Podstatou infračervené spektroskopie je interakce infračerveného záření se studovanou hmotou, kdy v případě pohlcení fotonu studovanou hmotou mluvíme o absorpční infračervené spektroskopii a v případě vyzáření fotonu o emisní infračervené spektroskopii. Dělí se na směr teoretický, který se zabývá hlavně vyšetřováním struktury molekul na

podkladě infračervených spekter (obr. 8.1), a směr praktický (empirický), zaměřený na řešení analytických problémů v chemii.



Obr 8.1 příklad infračerveného spektra huminové kyseliny z postsedimentárně oxidovaného hnědého uhlí [10]

Výhody a nevýhody infračervené spektroskopie[10,16]:

- Lze ji užít k vyšetřování spekter látek všech skupenství a forem
- Látky lze proto vyšetřovat v tom stavu, v jakém jsou, aniž by je bylo nutno nejprve fyzikálně nebo chemicky zpracovávat
- Při měření infračerveného spektra nenastávají v látce, pokud na ni dopadá pouze infračervené záření, fotochemické změny a nevzniká ani fluorescence
- K získání spektra stačí malá množství látky, při užití přídavného zrcadlového mikroskopu pak velmi malá, až 0,1 μg .
- Byly sestrojeny dynamické infračervené spektrometry, které dovolují sledovat infračervená spektra i rychle probíhajících chemických reakcí
- Infračervené spektrum látky, které obsahuje obecně mnoho absorpčních pásů, umožňuje proto mnohem přesnější identifikaci látky než jiné charakteristické veličiny, jako hustota, bod varu, bod tání, index lomu apod. Proti těmto posledním veličinám je infračervené spektrum komplexní jednoznačnou charakteristikou molekuly. Proto se dnes v přesných specifikacích látek uvádějí též jejich infračervené spektra.

Skutečnost, že infračervená spektra molekul obsahují všeobecně mnoho absorpčních pásů (základních, harmonických nebo kombinačních), je principiální výhodou infračervené spektroskopie, neboť podmiňuje, že infračervené spektrum molekuly je její jednoznačnou charakteristikou.

V jiném směru se však tato skutečnost stává nevýhodou infračervené spektroskopie. Postupujeme-li totiž od jednodušších molekul k složitějším, u kterých roste počet atomů v molekule, roste současně značně složitost jejich infračervených spekter.

8.1.2 Infračervená (optická) pyrometrie

V řadě oborů výzkumu a průmyslových odvětví, je velmi důležité měřit bezdotykově teplotu různých předmětů. Víme, že tyto předměty vysílají teplotní záření. Záření libovolného předmětu je určeno poměrnou (spektrální) pohltivostí A (A_λ) předmětu a jeho absolutní teplotou T . Jestliže známe poměrnou pohltivost předmětu a změříme záření jím vydávané, můžeme ze zákonů záření určit jeho teplotu. Metody měření teplot založené na zákonech záření nazýváme optická pyrometrie.

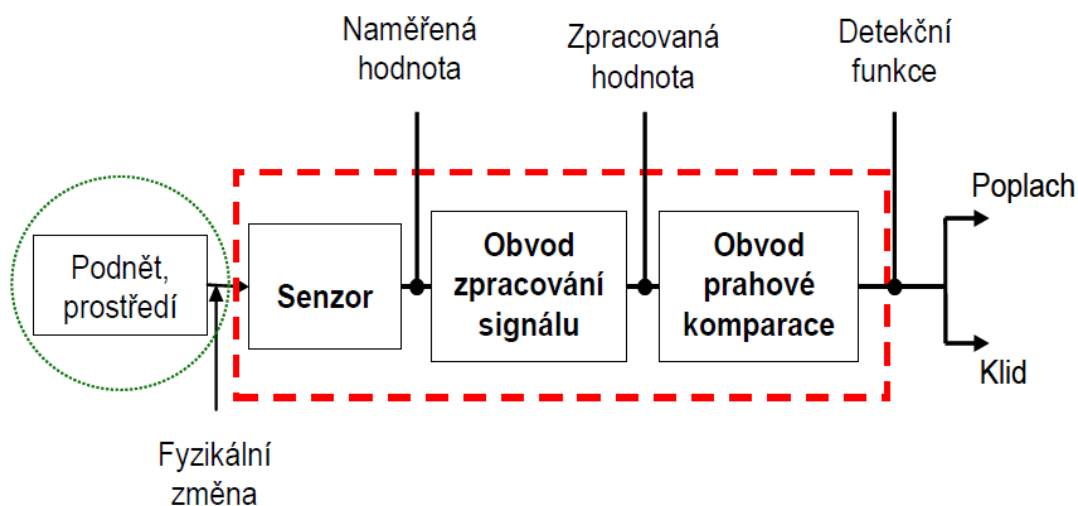
Pokud tuhé a kapalné látky nepřestoupí teplotu 500 až 560 °C, budou vydávat pouze záření infračervené. Pro měření optickou pyrometrií v tomto rozsahu teplot jsme tedy odkázáni na měření infračerveného záření, které tyto předměty vysílají (infračervený pyrometrie).

V oboru vyšších teplot, kdy tyto předměty vyzařují též světlo dostatečné intenzity, lze jejich teplotu určit též z měření ryze světelných veličin (vizuální pyrometrie). [10,16]

8.2 Přístroje využívající infračerveného záření v zabezpečovací technice

8.2.1 Detektory narušení

Detektory narušení slouží k detekci narušení hlídaných aktivit. Obecně lze tyto detektory definovat jako zařízení reagující na změnu mechanického pohybu.



Obr. 8.2 Obecné znázornění funkce elektrotechnického detektoru

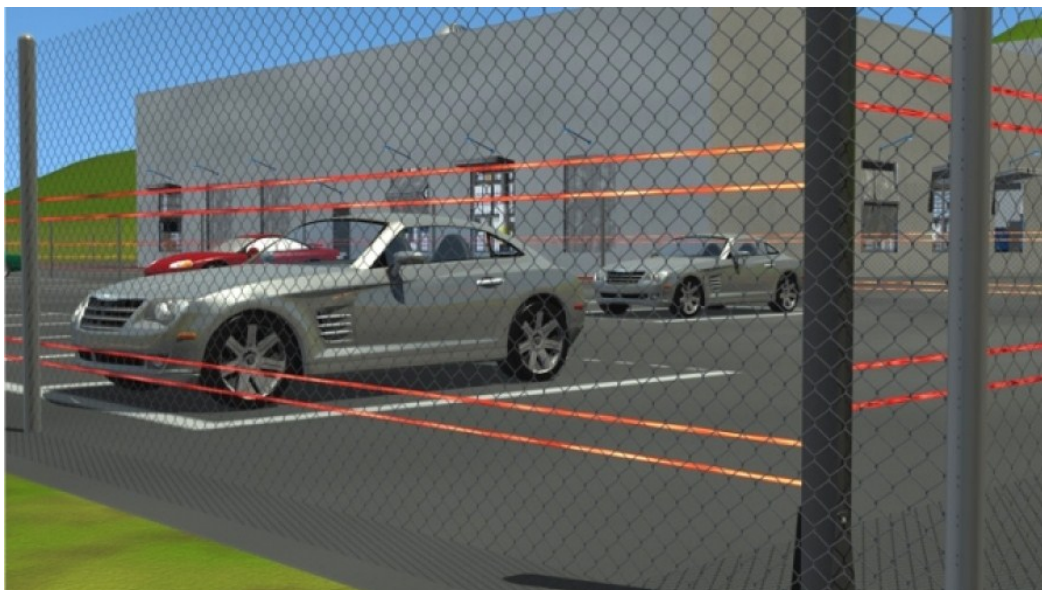
Na obr. 8.2 je znázorněna obecná funkce elektrotechnického detektoru. Pracující na principu převodu specifického fyzikálního jevu, který je příznakem narušení bezpečnosti. Detektory jsou připojeny k ústředně, která nebezpečí vyhodnocuje.

Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy

Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy slouží k ochraně proti neoprávněnému vstupu do objektu. Je to souhrn technických prostředků, k uskutečnění kvalitní ochrany proti vstupu neoprávněných osob do hlídaného objektu.

Infračervené zábrany a bariéry

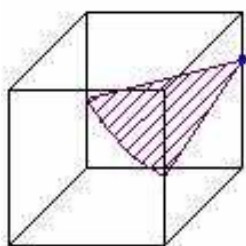
Slouží k perimetrické ochraně objektu. Závory se skládají z vysílače a přijímače infračerveného záření. Vysílač generuje paprsek infračerveného záření, který dopadá na přijímač, jestliže je paprsek přerušen, vyhlásí se poplach (obr. 8.4). [11]



Obr. 8.4 příklad použití infračervených zábran v perimetrické ochraně

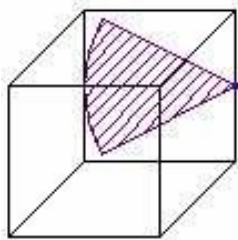
PIR detektory

Pasivní infračervená čidla jsou nejčastěji využívanými detektory ve standartních zapojeních poplachové zabezpečovacích a tísňových systému. Zjednodušeně lze říci, že princip spočívá v zachycení pohybu těles, které mají jinou teplotu než okolí. Jejich funkce je založena na zachycení změn vyzařování v infračerveném pásmu kmitočtového spektra elektromagnetického vlnění. Existují různé typy jejich snímání.



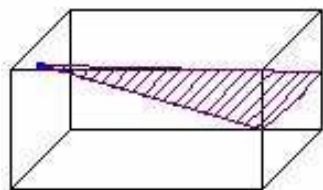
Obr. 7.4 čidlo snímá horizontálně v širokém vějíři[4]

Snímání jako na obr. 8.5 se využívá při klasické prostorové ochraně místnosti.



Obr. 8.6 čidlo snímá vertikálně v širokém vějíři[4]

Snímání na obr. 8.6 je typické pro obvodovou ochranu, např. v místnostech s velkými okny.



Obr. 8.7 čidlo snímá horizontálně v úzkém dlouhém vějíři[4]

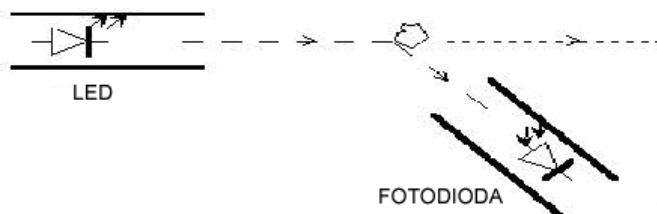
Možnost snímání jako na obr. 8.7 se využívá v úzkých dlouhých chodbách.

8.2.2 Elektrická požární signalizace

Elektrická požární signalizace slouží k zjištění požáru, vyhlášení požárního poplachu a případně i k dalším potřebným opatření.

Bodové hlásiče kouře na principu rozptylu

Optické osy zdroje záření (většinou infračervené záření) a světlo-citlivého prvku jsou vzájemně orientovány tak, že za normálních podmínek nemůže paprsek dopadat na světlo-citlivý prvek, jelikož se šíří přímočaře (obr. 8.3).



Obr. 8.3 schéma zapojení hlásiče kouře na principu rozptylu

V případě vniknutí kouře do hlásiče dojde k rozptýlení záření na částech aerosolu a tím se záření dostane na světlo-citlivý prvek obr. 8.3. Zdrojem záření je většinou svítivá LED dioda emitující v infračervené oblasti spektra, světlo-citlivým prvkem je fotodioda citlivá v infračervené oblasti.

Lineární hlásiče kouře na principu absorpce

Tento hlásič se skládá ze dvou oddělených částí, vysílače optického paprsku a jeho přijímače (většinou v oblasti infračerveného záření). Vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem se pohybuje od 10 až 100 metrů. Paprsek musí dopadat neustále na přijímač. Při průchodu kouřem se vyhodnocuje zeslabení paprsku o stanovenou hodnotu. [11]

8.2.3 Kamerové systémy

Kamerové systémy se používají pro ochranu a sledování různých prostorů a objektů. Kamery využívající infračervené záření se nazývají termokamery. Výstup termokamer je termovize, která reaguje na elektromagnetické záření, které vyzařuje každé těleso.

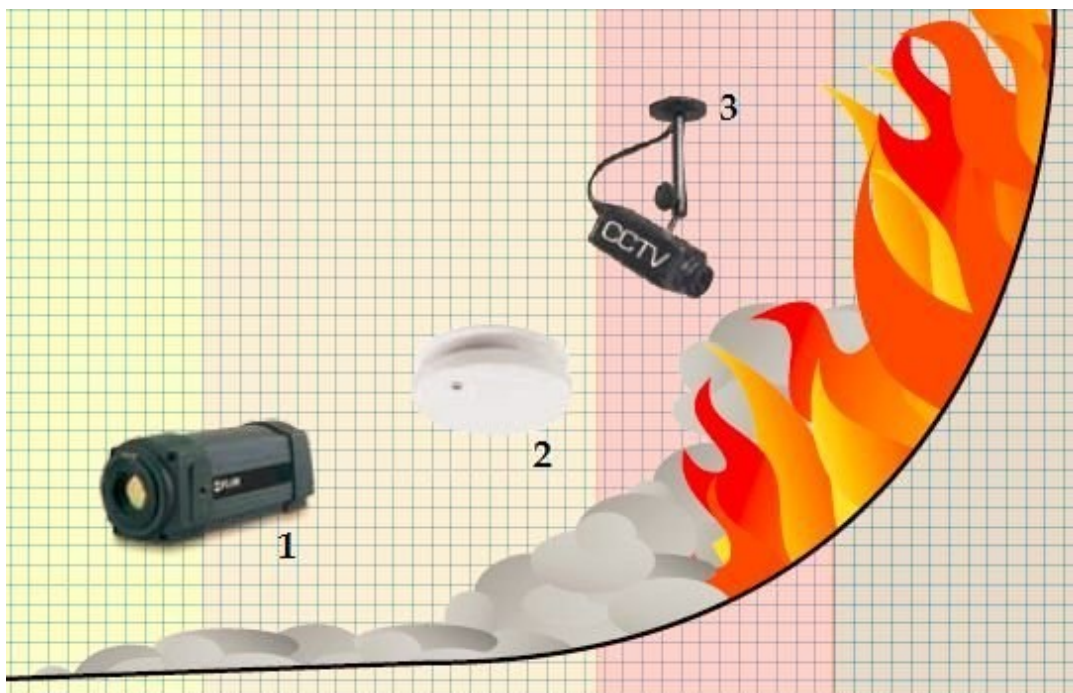
Tyto systémy jsou vhodné pro místa se zvýšeným nebezpečím vzniku požáru. Mohou detekovat potenciální ohnisko požáru.

Princip měření je založen na objevu, který kolem roku 1800 učinil William Herschel. Ten v Anglii experimentoval se slunečním světlem a pozoroval Slunce přes různě barevná skla. Všiml si, že tepelný vjem není vždy stejný. V důsledku toho provedl experiment s použitím skleněných hranolů, rozkládající sluneční světlo na spektrum, a teploměru. S ním testoval jednotlivé barevné části, aby zjistil, které nesou největší množství tepla. Při pokusu posunul teploměr až za konec červené složky světla a očekával, že tepelný efekt vymizí. Navzdory předpokladům, teplota vzrostla ještě více než v kterémkoliv z předchozích případů. Tato „neviditelná“ složka světla byla pojmenována infračervená.

Podle hlediska použití rozdělujeme dva typy termokamer, stacionární a mobilní ruční termokamery.

Stálé, stacionární termokamery

Ke stálému monitorování problémových míst jsou používány trvalé nepřenositelné stacionární termokamery.



Obr. 8.8 srovnání rychlosti prvků na odhalení požáru v objektu. [15]

Zatímco systémy CCTV (3) nebo kouřové detektory (2) zaznamenávají až projevy ohně, termokamera (1) bezdotykově měří teplotu povrchu a může tak upozornit na nebezpečné místo dlouho před vznikem požáru jak lze vidět na obr. 8.8.

Ruční termokamery

Ruční termokamery jsou mobilní zařízení, kterými můžeme měřit hodnotu teploty viditelné na přístroji vybaveným specifickým displejem. Oproti klasickým kamerám, nemají realný obraz, ale barevná spektra, která ukazují teplotu objektu.



Obr. 8.9 lehká přenosná termokamera [15]

Termokamera FLIR i7 na obr. 8.9, vhodná pro pravidelnou inspekci kritických systémů.



Obr. 8.10 rozložení teploty na jistých prvcích na rozvaděči[15]

Na obr. 8.10 lze vidět fotografii pořízenou pomocí ruční termokamery. Je zde zobrazena trafostanice, červené místa signalizují zvýšenou teplotu trafostanice. [15]

9 Praktické měření

Praktické měření pojednávalo o měření teploty černého tělesa pomocí infračervené sondy, připojené na měřicí zařízení. Teplota černého tělesa byla taky měřena termočlánkem.

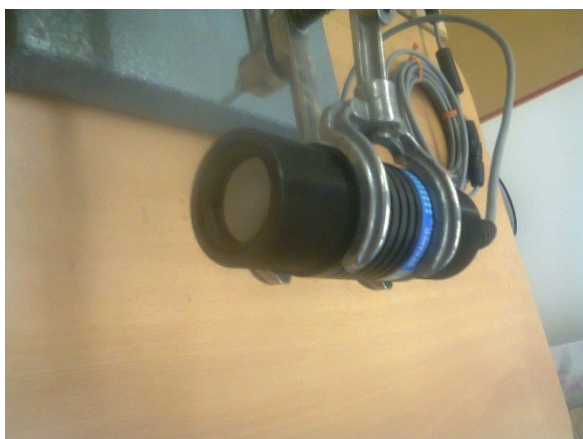
Jednalo se o nepřímou měřicí metodu.

Postup měření

Nejdříve jsme nastavili černé těleso na určitou teplotu, kterou jsme následně měřili pomocí infračervené sondy. Tuto teplotu jsme měřili v různých vzdálenostech (černé těleso– sonda) 10 krát, pro danou vzdálenost, po 10 sekundových intervalech. Naměřené hodnoty teplot jsme zapsali do tabulek a následně vyhodnotili závěr.

Použité pomůcky

- Stabilizovaný zdroj AUL 3 17156/0
- ALMENO ústředna 2890-9 s termočlánkem (plášťovým), průměr 1mm
- INFRA čidlo 05 550
- Vyhodnocovací přístroj k INFRA čidlu 05551 –MV-4
- Digital barometr GPB 1300 (mBar) – informativní měřidlo
- Datalogger testo 177-H1 (01035440/410)
- Stopky – Bentimee
- 1m dlouhé pravítko



Obr. 8.1 Infra-čidlo [foto autor]

Infra-čidlo bylo připevněné na stojanu, jak lze vidět na obr. 8.1.



Obr. 8.2 černé těleso [foto autor]

Na obr. 8.2 lze vidět realizaci absolutně černého.

1. měření

Datum měření: 28.1.2013

Místo: VŠB TUO – FBI, laboratoř LK 309

Podmínky: tlak – 983 mbar teplota – 23,4 °C vlhkost – 29,3 %

Teplota černého tělesa (nastavená): 65 °C

Tab. 9.1 hodnoty teplot ve vzdálenosti 61 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	67,8	67
2.	67,7	67
3.	67,5	67
4.	67,4	67
5.	67,3	67

6.	67,2	67
7.	67,1	67
8.	66,9	66,5
9.	66,8	66
10.	66,6	66

Tab. 9.2 hodnoty teplot ve vzdálenosti 40 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	65,6	66
2.	65,5	66
3.	65,3	66
4.	65,2	66
5.	65	66
6.	64,9	66
7.	64,8	66
8.	64,6	65,5
9.	64,5	65
10.	64,3	64,5

Tab. 9.3 hodnoty teplot ve vzdálenosti 20 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	63,7	64
2.	63,6	67
3.	63,4	67
4.	63,3	67
5.	63,1	66,5

6.	62,9	66
7.	62,8	66
8.	62,7	66
9.	62,5	66
10.	62,4	66

Tab. 9.4 hodnoty teplot ve vzdálenosti 10 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	62	67
2.	61,8	67
3.	61,6	67
4.	61,5	67
5.	61,4	67
6.	61,2	67
7.	61,1	66,5
8.	60,9	66
9.	60,7	66
10.	60,6	66

2. měření

Datum měření: 28.1.2013

Místo: VŠB TUO – FBI, laboratoř LK 309

Podmínky: tlak – 983,5 mbar

teplota – 22,8 °C

vlhkost – 25,6 %

Teplota černého tělesa (nastavená): 135 °C

Tab. 9.5 hodnoty teplot ve vzdálenosti 61 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	136,6	131
2.	136,4	131
3.	136,2	130,5
4.	136	130
5.	135,7	130
6.	135,5	130
7.	135,2	129
8.	135	129
9.	134,8	129
10.	134,6	129

Tab. 9.6 hodnoty teplot ve vzdálenosti 40 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	134,2	130
2.	134,1	130
3.	134	130
4.	133,8	130
5.	133,7	130
6.	133,6	130
7.	133,5	129,5
8.	133,4	129
9.	133,3	129
10.	133,2	129

Tab. 9.7 hodnoty teplot ve vzdálenosti 20 cm

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	132,8	135
2.	132,7	134
3.	132,6	134
4.	132,6	134
5.	132,5	134
6.	132,4	134
7.	132,3	134
8.	132,2	134
9.	132,1	134
10.	132	134

Tab. 9.8 hodnoty teplot ve vzdálenosti 10 cm [zdroj: vlastní]

Číslo měření	Termočlánek (°C)	Infračervená sonda (°C)
1.	131,6	139
2.	131,5	139
3.	131,4	139
4.	131,3	139
5.	131,2	139
6.	131,1	139
7.	131	139
8.	130,9	138,5
9.	130,8	138
10.	130,8	138



Obr. 8.3 možná příčina rozdílu v naměřených teplotách [foto autor]

Na obr. 8.3 lze vidět znázorněnou šířku keramické desky, která mohla zapříčinit nepřesnosti v měření teploty u infra-čidla.

Vyhodnocení měření

Z naměřených hodnot, lze usoudit, že s menší vzdáleností od černého tělesa vznikaly větší rozdíly v teplotách naměřených infra-sondou a termočlánkem. To mohlo být způsobeno tím, že infra-sonda měřila teplotu povrchu černého tělesa, zatím co termočlánek měřil teplotu uvnitř černého tělesa. Také to mohlo být způsobené nepřesnou měřicí schopností infra-sondy. Černé těleso mělo nepřesnou regulaci teploty, což také mohlo zapříčinit velké odchylky v porovnání teplot. Z měření plyne, že infra-sonda nemůže být použita pro přesné měření teplot.

10 Závěr

Technika využívající infračerveného záření se stává čím dál tím více nesdílou součástí všech zabezpečovacích systémů a jiných specifických oborů. Tyto systémy mají své výhody i nevýhody. Mezi výhody patří vysoká účinnost při plnění úkonů pro bezpečnostní systémy, ať už jde o cílevědomé poškozování majetku, odcizování majetku, nepovolanému vstupu do objektu atd. Infračervené záření našlo také uplatnění u mnoha měřících metod, využívaných u specifických oborů, hlavně v chemii, jak organické tak analytické. Nevýhodou techniky využívající infračerveného záření je jeho vysoká cena. Lidé se někdy rozhodnou pro přijatelnější a cenově dostupnějšího zabezpečení svých aktiv, než aby investovali do zabezpečení využívající infračerveného záření, které je příliš drahé. Navzdory vysoké ceně, technika využívající infračerveného záření se stále rozšiřuje mezi více uživatelů a její vývoj spěje stále dopředu.

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit možnosti a způsoby využití infračerveného záření v zabezpečovací technice.

V první části bakalářské práce je popsána historie vzniku infračerveného záření, zdroje, detektory, vlastnosti infračerveného záření, vlastnosti infračerveného záření, působení na látku a člověka, metody zviditelnění infračerveného obrazu a využití infračerveného záření v zabezpečovací technice. Druhá část práce je praktické měření.

Praktické měření bylo porovnání teploty desky naměřené termočlánkem uvnitř absolutně černého tělesa a teploty povrchové černého tělesa naměřené infra-sondou s citlivostí 1 °C, za různých délek a různých nastavených teplot. Z naměřených hodnot, lze usoudit, že s menší vzdáleností infra-sondy od termočládku vznikaly větší rozdíly v teplotách naměřených infra-sondou a termočlánkem. To mohlo být způsobeno tím, že infra-sonda měřila teplotu povrchu černého tělesa, zatím co termočlánek teplotu uvnitř černého tělesa. Také to mohlo být způsobené nepřesnou měřící schopností infra-sondy. Černé těleso mělo nepřesnou regulaci teploty, což také mohlo zapříčinit velké odchylky v porovnání teplot. Z měření plyne, že infra-sonda nemůže být použita pro přesné měření teplot.

Seznam zkratek

CCTV	Closed Circuit Television (Kamerový systém)
IR	Infra-red (infračervené)
LED	Light-Emitting Diode (dioda emitující světlo)
PIR	Pasivní infračervené
SAR	Specific absorption rate (specifická míra absorpce)

Použitá literatura

- [1] BAUMRUK, Jaroslav. *Ochrana před neionizujícím zářením*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2002. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/priloha/neioniz.pdf>
- [2] *Bezpecnost_mobilu*. 2011. Dostupné z:
http://www.ctenarska-gramotnost.cz/wp-content/files/bezpecnost_mobilu.pdf
- [3] BRYNDA, Petr. *Úvod do teorie termovizního měření* [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: http://www.fd.cvut.cz/projects/k611x1s/doc/works/teorie_brynda.pdf. Fakulta dopravní.
- [4] Detektory PIR. In: KAISLER, Radomír. *Slaboproudy* [online]. 1.díl. 1999 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://www.slaboproudy.cz/index.php/sezncla/86-pujsi1>
- [5] Elektromagnetické pole a zdravotní rizika (I). NOVÁK, Jaroslav. *Tzbinfo* [online]. 2004 [cit. 2012-12-02]. Dostupné z:
<http://www.tzb-info.cz/1801-elektromagneticke-pole-a-zdravotni-rizika-i>
- [6] Encyklopedie elektromagnetické kompatibility. *Radio.feec.vutbr.cz* [online]. 2002 [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node4>
- [7] HALLIDAY, David, RESNICK a JEARL WALKER. *Fyzika: Elektromagnetické vlny - Optika - Relativita*. 4. vyd. Prometheus. ISBN 80-214-1868-0.
- [8] HAVELKA, Bedřich a JOSEF FUKA. I. OPTIKA: Fyzikální kompendium. díl IV. Praha: Státní pedagogické, 1961.
- [9] Infračervené záření a jeho působení na lidský organismus. [online]. 2011 [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: http://www.2es.cz/med/_layout/download/ir-med.pdf
- [10] INFRAČERVENÁ SPEKTROMETRIE. [online]. 2007 [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/anl/lach1/7_IC.pdf
- [11] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management I*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011. ISBN 978-80-87500-05-7. Dostupné z: <files.verbum.name/200000086-61cfa62c9b/verbum1105sample.pdf>
- [12] PONÍŽIL, Petr. Elektromagnetické vlny. In: [online]. 2007, 2008-01-16 [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: <http://fyzika.ft.utb.cz/prednasky/20%20elektromagneticke%20vlny.pdf>

- [13] Princip termografického měření. VOJÁČEK, Antonín. *Termokamera.cz* [online]. 2008 [cit.2012-12-02]. Dostupné z: http://www.termokamera.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=4&Itemid=9
- [14] Spektrum elektromagnetického vlnění. *Gymhol.cz* [online]. [cit. 2012-12-02]. Dostupné z: http://www.gymhol.cz/projekt/fyzika/11_elmag/11_elmag.htm
- [15] Termokamery. *Pozary.cz* [online]. [cit. 2013-03-14]. Dostupné z: <http://www.pozary.cz/clanek/43586-termovize-v-boji-proti-pozarum-1-dil/>
- [16] VAŠKO, Antonín. *Infračervené záření a jeho užití*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963. ISBN 38598-3905/63.