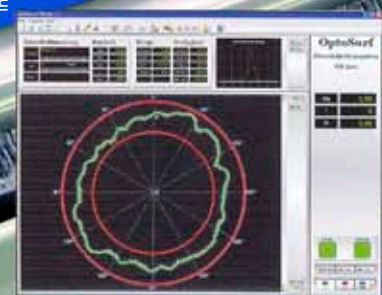
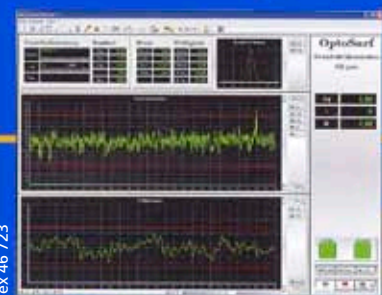


10
2008

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA FINE MECHANICS AND OPTICS

OptoSurf



**Netradiční způsoby měření
povrchů ve strojírenství:**

- metodicky nové
- optické
- přesné
- automatizované

Realizaci v České republice zajišťuje:
MESING, spol. s r.o., Mariánské nám.1, CZ - 617 00 Brno
tel.: +420 545 426 211, fax: +420 545 426 219, e-mail: info@mesing.cz

www.mesing.cz

CENA GRATIAS AGIT 2008



Ministr zahraničních věcí ČR Karel Schwarzenberg předal v pátek 3. října 2008 v 16 hod v Černínském paláci Cenu GRATIAS AGIT 2008 významným osobnostem a organizacím, které se výrazně podílely či podílejí na šíření dobrého jména České republiky v zahraničí.

Cenu GRATIAS AGIT vytvořilo v roce 1997 Ministerstvo zahraničních věcí ČR a každoročně ji uděluje ministr obětavým lidem, kteří se svou prací zasloužili a zasluhují o věhlas českých rukou a myšlenek, kteří zviditelňují naši republiku mimo její hranice.



Mezi oceněnými byl letos i pan **Paul Rausnitz**, který nezapomíná na svůj původ, hrdě se k němu hlásí a šíří slávu své rodné země. Jeho neocenitelnou zásluhou je i to, že je zachována v naší zemi 75letá tradice průmyslové výroby optiky a jemné mechaniky v Meoptě Přerov. Pod jeho vedením, zkušeného podnikatele, jsou i nadále, v novodobé historii, známy její výrobky po celém světě.



REDAKČNÍ RADA

Předseda: RNDr. Miloslav VYCHODIL, CSc., Meopta-optika, s.r.o., Přerov

Členové: RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, prof. RNDr. Dr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZINA, Bratislava, prof. Ing. Pavol HORNÁK, DrSc., STU, Bratislava, prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, v.v.i., Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, v.v.i., Praha, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, doc. RNDr. Vojtěch KŘESÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno, prof. RNDr. Bohumila LENCOVÁ, CSc., ÚPT AV ČR, v.v.i., Brno, prof. Ing. Martin LIBRA, CSc., ČZU, PRAHA, prof. RNDr. Miroslav LIŠKA, DrSc., VUT, Brno, RNDr. Zdeněk LOŠŤÁK, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, prof. Ing. Petr LOUDA, CSc., TU, Liberec, RNDr. František MÁČA, CSc., FZÚ AV ČR, v.v.i., Praha, Ing. Vladimír MATELA, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Ing. Monika MÍČALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava, doc. RNDr. Miroslav MILER, DrSc., ÚFE AV ČR, v.v.i., Praha, prof. RNDr. Jan PEŘINA, DrSc., UP, Olomouc, prof. Ing. Jaromír PIŠTORA, CSc., VŠB - TU, Ostrava, prof. RNDr. Ing. Jaroslav POSPÍŠIL, DrSc., UP, Olomouc, RNDr. Dagmar SENDERÁKOVÁ, Ph.D., UK, Bratislava, RNDr. Petr SCHOVÁNEK, SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, prof. Ing. Karel STUDENOVSKÝ, DrSc., ČVUT, Praha, prof. RNDr. Anton ŠTRBA, CSc., UK, Bratislava

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

Vydává Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i. za spoluúčasti The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) v Nakladatelství Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, v.v.i.

Ředitel FZÚ AV ČR, v.v.i.: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

Odpovědný zástupce vydavatele: prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc.

Šéfredaktor: dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA

Adresa redakce v Olomouci (předplatné, nakladatelské služby):

SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc,
tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: eva.pelclova@upol.cz

Adresa redakce v Přerově (šéfredaktor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,
tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Otisk povolen se svolením redakce a se zachováním autorských práv. Nevyžádané materiály se nevrací. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.

Vychází: 10x ročně (z toho 2 čísla jako dvojčísla)

Předplatné: Celoroční 420,- Kč/rok. Ceny jsou jednotné pro Českou i Slovenskou republiku. Do všech ostatních zemí je časopis JMO distribuován za jednotnou cenu 10 EUR/ks. Pro členy SPIE/CS činí předplatné 120,- Kč/rok. Předplatné pro studenty Bc., Mgr., Ph.D. a studenty středních škol při osobním odběru činí 120 Kč/rok; v případě zaslání poštou 300,- Kč/rok.

Rozšiřuje vydavatel a Podniková prodejna Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov.

V Slovenské republice je kontaktní místo: prof. RNDr. Anton Štrba, CSc., katedra experimentální fyziky FMFI UK, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 48 Bratislava, tel.: 00421 2 65 426 706, e-mail: Strba@fmph.uniba.sk

V Slovenské republice rozšiřuje a objednávky přijímá:

prof. Ing. Ivo Čáp, CSc., Žilinská univerzita - FPV, Hurbanova 15, SK - 010 26 Žilina, tel.: +421 415 136 350, e-mail: ivo.cap@fpv.utc.sk

Tiskne TYPOservis Holešov, Masarykova 650, 769 01 Holešov,

tel.: 573 398 746, e-mail: dtp@typoservis.cz

Inzerce: redakce, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,

tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2008

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 53 10/2008

OBSAH

Ohlédnutí za konferencí Optika a jemná mechanika 2008 (Redakce)	259
Zahajovací proslov pana Geralda Rausnitze na konferenci Optika a jemná mechanika 2008	260
Perspektivy Meopty - optiky, s.r.o., na další léta (V. Motka)	260
Studium optiky a přesné mechaniky na Fakultě strojího inženýrství Vysokého učení technického v Brně (M. Liška)	262
Katedra optiky v Olomouci (Z. Hradil).....	264
Výuka optiky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze (P. Malý, J. Franc).....	266
Fyzikální elektronika a nanotechnologie: Nový studijní obor na FEKT VUT v Brně (P. Tománek)	267
Studium optických vlastností kondenzovaných látek na Přírodovědecké fakultě MU (E. Schmidt).....	268
Optika na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT (P. Fiala, M. Škereň, I. Richter).....	270
Evropská optická společnost (EOS) – hybná síla optiky v Evropě (P. Tománek).....	272
Symposium IMEKO TC 2 Photonics in Measurements (M. Jedlička)	273
Optický monitoring tenkých vrstev na vakuových aparaturách fy Leybold (T. Konkol).....	274
Měření signálu pyroelektrického čidla pomocí nízkošumového širokopásmového měřicího předzesilovače (A. Knápek, O. Hutař, P. Pfeifer).....	276
Vlastnosti skloviny a ich závislost' na teplotě (J. Bartl)	280
Prostředí se záporným indexem lomu - II. část (H. Hiklová, M. Miler).....	283
Z technické knihovny (I. Plant, J. Novák)	286

Bližší informace o poslání časopisu, pokyny pro autory, obsah časopisu apod. je uveden na internetu:

<http://www.fzu.cz/struktura/casopisy/jemnam/jemname.php>

Informace o předplatném podá, objednávky přijímá, objednávky do zahraničí vyřizuje: SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 223 936, fax: 585 631 531.

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

ADVISORY BOARD

Chairman: Miloslav VYCHODIL - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.)

Members: Ján BARTL - Inst. of Measurement Science Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovak Rep.), Zdeněk BOUCHAL - Palacky Univ. (Czech Rep.), Igor BREZINA - Bratislava (Slovak Rep.), Pavol HORNÁK - Slovak Tech. Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav HRABOVSKÝ - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Vladimír CHLUP - Olomouc (Czech Rep.), Lubomír JASTRABÍK - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Pavel KLENOVSKÝ - Czech Metrology Inst., Brno (Czech Rep.), Jiří KRŠEK - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Vojtěch KŘESÁLEK - Tomas Bata Univ. in Zlín (Czech Rep.), Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno (Czech Rep.), Bohumila LENCOVÁ - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Martin LIBRA - Czech Univ. of Agric. Praha (Czech Rep.), Miroslav LIŠKA - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Zdeněk LOŠTÁK - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Petr LOUDA - Tech. Univ., Liberec (Czech Rep.), František MÁCA, Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Vladimír MATELA - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Monika MÍCHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav MILER - Inst. of Photonics and Electronics of Academy of Sciences, v.v.i., Praha (Czech Rep.) Jan PEŘINA - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jaromír PIŠTORA - Tech. Univ., Ostrava (Czech Rep.), Jaroslav POSPÍŠIL - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Dagmar SENDEŘÁKOVÁ - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Petr SCHOVÁNEK - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Karel STUDENOVSKÝ - Czech Tech. Univ., Praha (Czech Rep.), Anton ŠTRBA - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.),

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

FINE MECHANICS AND OPTICS

Published by Institute of Physics Academy of Sciences of the Czech Republic under participation of The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) in the Publishing House of the Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

Director of Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic: Jan ŘÍDKÝ

Editor: Miroslav HRABOVSKÝ

Managing Editor: Jaroslav NEVŘALA

Address of the Editor's office in Olomouc (subscription, publisher services): SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, Czech Republic, phone: ++420 585 631 576, fax: ++420 585 631 531, e-mail: eva.pelclova@upol.cz

Address of the Editor's office in Přerov (Managing Editor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

Reproduction only with permission of the Editor and under observing the copyright. Unasked manuscripts are not sent back. The authors are responsible for originality and correctness of their contributions.

Subscription fee: Annual fee is 420,- CZK. This price of subscription is the same for both Czech and Slovak Republics. Fine Mechanics and Optics journal is distributed into other countries for uniform price 10 EUR/Pcs. For members of SPIE/CS the annual subscription fee is 120,- CZK. For Bc., Mgr., Ph.D. and secondary school students the subscription fee is 120,- CZK per year, annual subscription including postage is 300,- CZK.

Distribution: by the Publisher, Company Sales shop of Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

Contact place for the Slovak Republic: Anton Štrba, Department of Experimental Physics, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 15 Bratislava, phone: 00421 2 65 426 706, e-mail: strba@fmph.uniba.sk

Printing: TYPoServis Holešov, Masarykova 650, CZ-769 01 Holešov, phone: 573 398 746 (from abroad: ++420 573 398 746). e-mail: dtp@typoservis.cz

Advertising: editor's office, Kabelíkova 1, CZ-750 02 Přerov, fax: 581 242 222.

Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2008

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL
VOLUME 53 10/2008

CONTENTS

Review of the conference Optics and Fine Mechanics 2008 (editorial notice)	259
Mr. Gerald Rausnitz's inaugural speech on the conference Optics and Fine Mechanics 2008	260
Prospects of Meopta – optika, s.r.o. for the next years (V. Motka) ...	260
Optics and fine mechanics study at Faculty of Mechanical Engineering, Brno University of Technology (M. Liška).....	262
Department of Optics in Olomouc (Z. Hradil).....	264
Teaching of optics at the Faculty of Mathematics and Physics, Charles University in Prague (P. Malý, J. Franc).....	266
Physical Electronics and Nanotechnology: New branch of study at Brno University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Communication (P. Tománek)	267
Study of optical properties of condensed matter at the Faculty of Science of Masaryk University in Brno (E. Schmidt).....	268
Optics at the Faculty of Nuclear Physics and Physical Engineering, Czech Technical University in Praha (P. Fiala, M. Škereň, I. Richter) ...	270
European Optical Society (EOS) – leading force for optics in Europe (P. Tománek).....	272
Symposium IMEKO TC 2 Photonics in Measurements (M. Jedlička).....	273
Thin films optical monitoring with vacuum apparatus of Leybold company (T. Konkol)	274
The measurement of pyroelectric sensor signal using low-noise wideband measurement preamplifier (A. Knápek, O. Hutař, P. Pfeifer).....	276
PROPERTIES OF FRIT GLASS AND THEIR DEPENDENCE ON THE TEMPERATURE (J. Bartl)	280
Medium with negative refraction index – part II (H. Hiklová, M. Miler).....	283
From technical library (I. Plant, J. Novák).....	286

For further information about the journal intention, instructions for authors, contents etc. please refer to <http://www.fzu.cz/struktura/casopisy/jemname.php>.

Information on subscription rate and on ordering gives the SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 223 936, fax: 585 631 531.

Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

Ohlédnutí za konferencí Optika a jemná mechanika 2008



Primátor města Písek Ing. Jiří Lajtoch

Vyvrcholením oslav 75. výročí založení optického průmyslu v Píseku byla konference uspořádána ve dnech 24. – 26. 9. 2008 pod záštitou majitele společnosti Meopta – optika, s. r. o., pana Paula Rausnitze s názvem Optika a jemná mechanika 2008.

Cílem konference bylo informovat o řešených problémech oboru na jednotlivých pracovištích České republiky, seznámit se s moderními trendy optické technologie a dát přehled o možnostech výuky optiky na vysokých školách.

Dalším cílem bylo vytvořit přátelskou a neformální atmosféru k navázání nových kontaktů a také získání dalších informací o činnostech, které se do programu nevešly.

Pozdrav od regionálního vedení přednesl Ing. Jiří Lajtoch, primátor Píseku, který spolu s generálním ředitelem společnosti Meopta – optika, s.r.o., panem Geraldem Rausnitzem a jednatelem společnosti Ing. Vítězslavem Motkou konferenci zahájili.

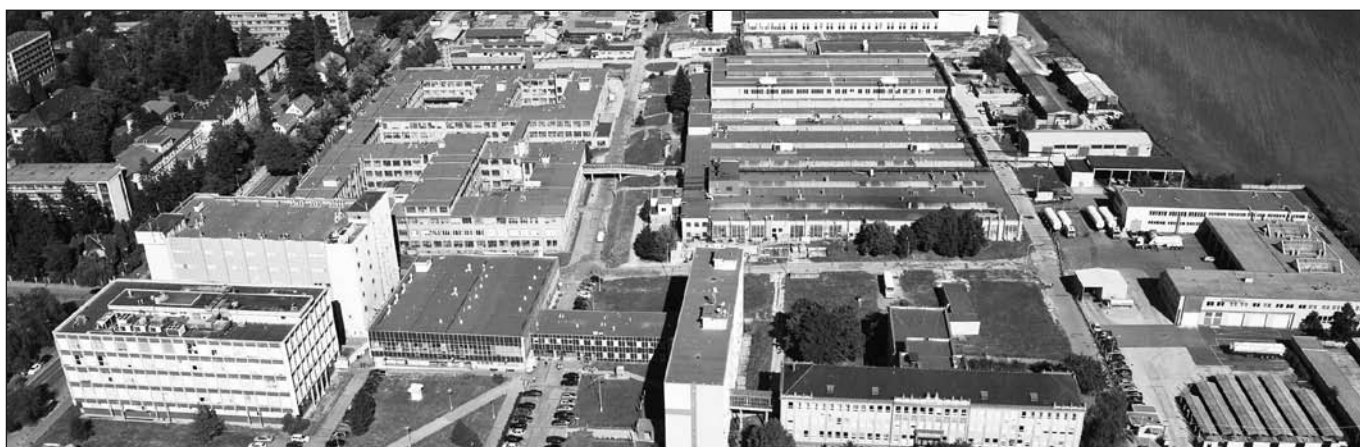
V následujících, více jak 40, vystoupeních jednotlivých přednášejících zazněly informace o řešených problémech na vědeckých pracovištích z celé ČR. Prezentované poznatky tak umožnily získat ucelený přehled o současném dění v ohniscích optiky v naší zemi včetně moderních trendů oboru.

Na závěr konference byla účastníkům dána možnost prohlédnout si optickou a mechanickou výrobu v Meoptě – optice, s. r. o., formou exkurze.

Redakce



U mikrofonu generální ředitel společnosti Meopta – Optika, s. r. o., pan Gerald Rausnitz, vlevo jednatel společnosti Ing. Vítězslav Motka



Areál Meopta - optika, s. r. o., Písek

Zahajovací proslov pana Geralda Rausnitze na konferenci Optika a jemná mechanika 2008

Rád bych začal tím, čím bude většina přednášejících končit. Chci poděkovat všem těm, kteří se podíleli na organizaci této konference a zároveň všem, kteří nás svou účastí přišli podpořit. Rád bych vás zde přivítal jménem svým a hlavně pak jménem majitele společnosti Meopta – optika, s.r.o. pana Paula Rausnitze.

Následující léta naší firmy budou přinášet rozvoj všemi směry. Chceme naši firmu budovat na špičkových technologiích, rozvíjet naši výrobu na základě nejmodernějších vědních poznatků v oblasti fyziky, optiky a předně na vědomostech a znalostech vás odborníků těchto vědních disciplín. Čekají nás léta budování a vývoje, aby Meopta mohla vždy stát v čele optického průmyslu nejen u nás, ale hlavně i ve světové konkurenci. K tomu neodmyslitelně patří spolupráce s vědeckými pracovišti, vysokými školami a v neposlední řadě se studenty a absolventy optických a jemnomechanických oborů.

Barvou budoucnosti je barva zelená a my se chceme plně podílet trendu výroby šetrné k životnímu prostředí tak, aby naše planeta zůstala nezměněna a zachována i dalším generacím. Na závěr bych vás rád požádal, aby kdokoli z vás neváhal a obrátil se na mě s podnětnými návrhy, anebo i v případě zájmu o práci v týmu pracovníků Meopty – optiky s.r.o. Děkuji vám všem a přeji si, aby tato konference naplnila všechna vaše očekávání.

Mr. Gerald Rausnitz's inaugural speech on the conference Optics and Fine Mechanics 2008

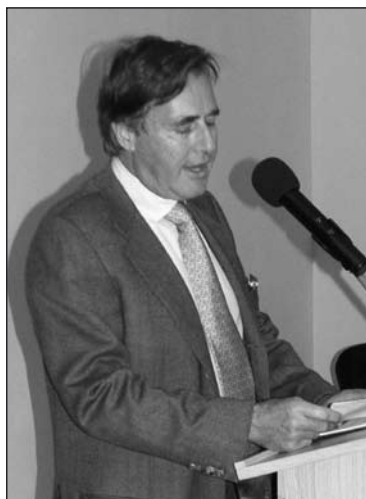
I would like to begin my speech where others will end theirs'. I want to express my thanks to everyone taking a part in organization of this conference as well as to all who came to support us with their presence. I would like to welcome you here but foremost I would like to welcome you here on behalf of the Meopta – optika, s.r.o. owner Mr. Paul Rausnitz.

Following years of the company will comprise development in all directions. We want to build our company on high-end technologies, develop our production on basis of the latest researches in physics and optics but most importantly on the knowledge of experts in these areas.

We are at the beginning of years of building and development so that Meopta can be the forefront of optical production here but in the whole world as well. This can't be achieved without

cooperation with research laboratories, universities and first of all with students and graduates of optical and fine-mechanical fields.

The color of the future is green and we want to obey the green trend fully to keep our planet unchanged for next generations. At the end of the speech I would like to ask you not to hesitate to contact me with any inspirational proposal or in case you would like to join Meopta – optika, s.r.o. team of employees. Thank you all and I wish that this conference will fully meet your expectations.



Perspektivy Meopty - optiky, s.r.o., na další léta

Předneseno při zahájení konference Optika a jemná mechanika 2008

V letošním roce si připomínáme 75 let od založení opticko-mechanického průmyslu v Přerově. V roce 1933 byla založena firma Optikotechna. U zrodu stály dvě osobnosti symbolizující spojení odborných znalostí (dnes říkáme know-how) v daném oboru a kapitálu, umožňujícího investovat do budov, výrobních zařízení a dalších podpůrných činností. Doc. Alois Mazurek, mimo jiné tvůrce prvního československého objektivu pro zvětšovací přístroje, a Ing. Alois Beneš, stavitel a podnikatel, byli u začátku tradice výroby řady světoznámých výrobků v oboru optika a jemná mechanika.

Většina z nás si jistě položí otázku, zda bohatá a úspěšná činnost firmy bude pokračovat i nadále, jaká je perspektiva v dnešní době, charakterizované tvrdým konkurenčním prostředím a globalizačními aspekty.

Jaká je tedy pozice firmy, která stála v devadesátých letech minulého století na pokraji konkurzního řízení, ještě nedávno byla rozdělena na řadu dílčích subjektů a která se znovu po roce 2003 spojila do jednoho celku?



Meopta – optika, s.r.o. – tak zní dnešní název společnosti, zaměstnává více jak 2500 pracovníků. V areálu Meopty pak sídlí další významná firma Gambio Czech Republic (bývalá Gambio – Meopta), která je v nájmu nově rekonstruovaného objektu haly M1C, budovy původně určené pro vojenskou výrobu. Gambio zaměstnává dalších více jak 700 pracovníků, celkovým součtem dojdeme k číslu blízkému se počtu 3300.

Zajistit dostatek práce, obchodních zakázek a zabezpečit jejich realizaci v souladu s požadavky zákazníka, to je hlavní cíl a předpoklad úspěchu. Jaké má Meopta ke splnění tohoto cíle předpoklady?

MAJITEL A INVESTOR

Jedním ze základních faktorů akceschopnosti firmy je podpora majitele a zabezpečení finančním kapitálem. V současné době je majoritním vlastníkem firmy Meopta – optika, s.r.o. pan Paul Rausnitz. Je také investorem, to znamená, že rozhoduje o charakteru investic do výrobních zařízení a infrastruktury a o způsobu jejich profinancování.



Vlna investic, zvláště v posledních dvou letech, je zásadní a mění Meoptu v duchu doby na podnik s nejmodernější technologií a vybavením.

Zvláště za zmínku stojí pořízení a instalace více jak 60 nových CNC obráběcích strojů, 5 nových ultrazvukových myček, nové vakuově napařující stroje Syrus. Souběžně s pořízováním strojního vybavení dochází k zásadním rekonstrukcím provozních dílen a hal, včetně příslušenství a sociálních zařízení.

KNOW-HOW

Čím významnější znalosti, tím aktivněji si mohou řídit své produkty a obchodní politiku, tím větší konkurenční výhodu mám. Meopta těží z historických znalostí, vědomostí a zkušeností při působení v optomechanickém oboru a tyto velmi intenzivně rozvíjí. Nezastupitelné místo má vývojová základna. Podařilo se udržet řadu klíčových pracovníků v oblasti optických výpočtů, konstrukce mechanických přístrojů i strojů, vývoje měřicích metod. Další nové vývojáře se snažíme hledat, především intenzivní spoluprací s VŠ, například s UP Olomouc, katedrou optiky a pracovištěm SLO UP a FZÚ AV ČR (Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky). Za zmínku jistě stojí i skutečnost, že součástí řádných přednášek a cvičení se stala i výuka přímo na vybraných pracovištích Meopty. V zimním semestru 2007/2008 si vybralo tato praktická cvičení a dojíždělo do Meopty 12 studentů bakalářského směru a 4 studenti magisterského. Pro vybrané studenty, kteří prokazují odborné znalosti a mají zájem v budoucnu pracovat v Meoptě, nabízíme stipendijní program. Ten obsahuje několik atraktivních výhod, ať už finanční podporu, možnost bezúročných půjček na podporu studia nebo také stáž v sesterské firmě Meopta USA sídlící na Long Island (New York).

Velmi těsná je i spolupráce s SPŠS v Přerově a SOT Kouřilka. V následujícím období připravujeme projekty, které by měly s využitím dotací z fondů EU ještě více podpořit vzdělávání studentů učiliště, středních i vysokých škol, ale také zaměstnanců naší firmy právě v těch oborech, které tvoří znalosti a know-how Meopty. Výnikajícím příkladem vzdělávacího programu pro zaměstnance firmy je Meopta Akademy, zaměřená na všechny úrovně řízení firmy, od vrcholového managementu až po mistry.

Znovu musím zdůraznit, jedině kvalitní know-how umožňují firmě dlouhodobé, úspěšné působení na trhu, jedině zvyšování vzdělávání a kvalifikace umožní pracovníkům dělnických či technických profesí uplatnění v pracovním procesu. Méně kvalifikovaná

práce bude v současném drsném konkurenčním prostředí více a více nahrazována nákupy dílů, ale i jednoduchých podsestav především z asijských zemí.

Moderní výrobní technologie, moderní provozy, kvalifikovaní dělníci a technici, schopnost vývoje nových výrobků, to je dobrá základna pro získání trhů. V současné době nabízí Meopta řadu výrobků opatřených vlastní značkou, známým logem Meopta. Jsou to především pozorovací dalekohledy, binokuláry, zaměřovací dalekohledy pro komerční využití, turistiku nebo lov. Vývoj, výroba, distribuce, to vše je řízeno marketingově Meoptou. Dalšími vlastními finálními výrobky jsou přístroje denního i nočního vidění nabízené pro armádní použití. Velmi úspěšný byl například projekt modernizace BVP2, přístroje nočního vidění pro pěchotu vyrobené v Meoptě jsou nasazeny v ostrém použití a zlepšují akceschopnost našich jednotek v zahraničních misích. Odlišnou komoditou, ve které také působíme, jsou přístroje pro medicínské použití, ať už RTG objektivy nebo přístroje pro analýzu krevních vzorků apod. Vedle výrobků vlastních rozvíjíme velmi intenzivně spolupráci se strategickými zákazníky, jako takzvaný OEM (original equipped manufacturer) dodavatel. Cílem je získat hitech zakázky na vysoké úrovni s vysokou přidanou hodnotou, zabezpečit přenos technologického know-how do firmy. Celkový objem tržeb z prodeje přesáhne v letošním roce 1,5 miliardy Kč.

Zajištěnost obchodními zakázkami je velmi dobrá, zatím dokonce máme více objednávek a poptávek, než stačíme realizovat. Tato situace však není automaticky daná. Neustále je třeba sledovat vnější faktory působící na firmu. Již od začátku tohoto roku můžeme sledovat dramatické změny na světových trzích a lze očekávat nástup recese vlivem stagnace trhu USA. Musíme reagovat na menší zájem o komerční zboží a větší tlak na nižší náklady. Tento tlak je umocňován zvyšující se konkurencí z oblasti Asie.

Zcela drastický vliv na firmu jakou je Meopta, která exportuje 90 % produkce do zemí celého světa, má dramatické a spekulativní posilování české měny. Takové posílení v tak krátkém časovém období, jako jsme svědky několik uplynulých měsíců, doslova vykrádá peněžní prostředky firmy. Nevytváří se pak zdroje na vývoj, vzdělávání, prioritou jsou platby dodavatelům a zaměstnancům. Přidáme-li k tomu z pohledu výrobní firmy až nepochopitelné zvyšování cen energií (zvláště elektrické) a pochopitelný tlak zaměstnanců na růst mezd, můžeme se velmi rychle dostat do slepé uličky.

Znovu se můžeme vrátit ke konstatování v předešlých odstavcích. Jedině know-how, vzdělání a kvalifikace pracovníků, aplikace moderních metod řízení a větší míra outsourcingu může firmu udržet v tvrdých tržních podmínkách.

Věřím, že zodpovědnou a kvalitní prací na všech úsecích firmy nejen dokážeme přežít, ale také dokážeme vytvořit odpovídající finanční prostředky nutné pro další rozvoj firmy, pracovního prostředí i pro další motivaci zaměstnanců. Nebude to lehké, ale záleží opravdu na nás, zda Meopta bude slavit další výročí aspoň v tak dobré kondici, jako je nyní v roce jejího 75. výročí.

Vítězslav Motka



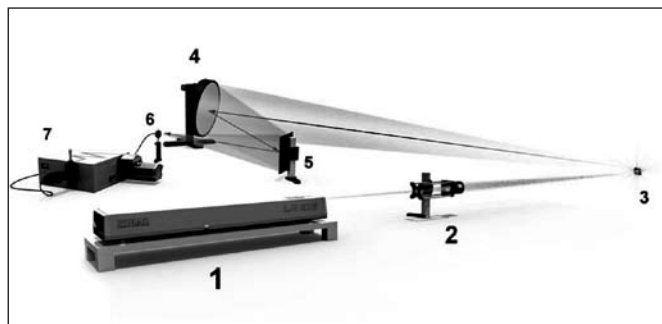
Studium optiky a přesné mechaniky na Fakultě strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně

Článek informuje o studiu optiky a přesné mechaniky a o možnostech rozvoje vzdělanosti a vědecké činnosti v těchto oblastech.

Na přelomu osmdesátých a devadesátých let minulého století vznikl na Strojní fakultě VUT v Brně záměr spojit možnosti a přednosti inženýrského studia s rozšířeným matematickým a fyzikálním vzděláním. Bylo to v období, kdy původní, převážně pedagogické pracoviště přerostlo ve vědecko-pedagogické pracoviště. Ústav fyzikálního inženýrství. Oblasti odborného zájmu pracoviště postupně narůstaly a dnes se ustálily zejména na inženýrské optice, fyzice tenkých vrstev a povrchů a nanotechnologiích. Takto orientovaný odborný záběr a zájem studentů o zapojení do řešení jeho dílčích problémů motivovaly pracovníky ústavu ke zřízení dvou studijních oborů, které nabízí fyzikální vzdělávání v inženýrském studiu: „Fyzikální inženýrství a nanotechnologie“ a „Přesná mechanika a optika“. Studium má interdisciplinární charakter a tím umožňuje připravit absolventy nejenom zaměřené na speciální oblasti technologií a technologických zařízení, ale rovněž schopné, vzhledem k jejich matematickým a fyzikálním znalostem, rychlé adaptabilitě v různých inženýrských oblastech.

Zabezpečení a organizace studia mají výrazně meziinstitucionální charakter a jsou založeny především na spolupráci Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně s Přírodovědeckou fakultou MU v Brně a Ústavem přístrojové techniky AV ČR, v.v.i. Přímá účast těchto institucí zajišťuje zapojení předních odborníků do výchovy studentů a umožňuje vhodné využití speciálních přístrojů a experimentálního zařízení ve výuce.

V takto pojatém studiu jsou připravováni inženýři na řešení praktických problémů v moderních hraničních oborech náročných na aktivní pochopení a zvládnutí fyzikálních principů. Během studia se student postupně zaměřuje výběrem nabízených studijních předmětů na jeden ze dvou směrů, buď na inženýrskou optiku, nebo na fyziku povrchů a nanotechnologie. Při sestavování studijních plánů se vycházelo ze zkušeností, které byly ve světě získány s obdobně zaměřeným studiem. Společným znakem tohoto typu studia je univerzální, obecnější výchova inženýrů založená, kromě technických předmětů, na prohlubující se výuce matematických a fyzikálních



Obr. 2 Aparatura pro dálkovou laserovou spektroskopii (Remote Libs) je vyvíjena primárně na spektroskopickou analýzu biologických preparátů a předmětů kulturního dědictví v mimolaboratorních podmínkách, tedy volně v terénu, a to až na vzdálenost 12 m

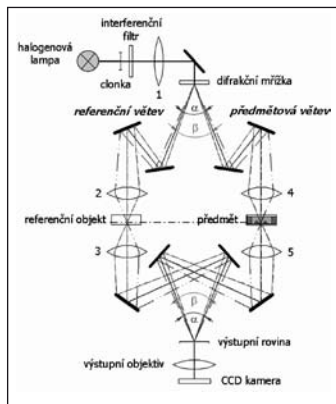
disciplín, jejichž znalost je předpokladem rychlé orientace a profesionální mobility absolventů v praxi. Nejdůležitějším kritériem bylo vytvořit optimální proporce mezi třemi skupinami studijních předmětů: První skupinu tvoří předměty obecného matematicko-fyzikálního základu a vybaví studenta velmi solidními znalostmi z matematiky a fyziky a umožní mu tvůrčí činnost v jedné z oblastí fyzikálního inženýrství. Do druhé skupiny lze zařadit studijní předměty strojírenských oborů, které dají studentovi teoretický základ ke strojírenskému inženýrství, budou ho připravovat pro práci v přesné mechanice, pro práci konstruktéra využívajícího počítačové podpory. Ve třetí skupině jsou předměty profilující oblast inženýrské optiky nebo fyziku povrchů a nanotechnologií.

Studium „Fyzikálního inženýrství a nanotechnologií“ je součástí strukturovaného studijního programu „Aplikované vědy v inženýrství“. Obsahem tříletého bakalářského studia jsou především předměty prvních dvou skupin. Obsahem dvouletého magisterského studia jsou předměty třetí skupiny, v současné době rozšiřované o nabídku předmětů potřebných k prohloubení znalostí v oblasti nanotechnologií.

V zaměření na inženýrskou optiku získá student teoretické i experimentální znalosti z optoelektroniky, z oblasti zdrojů, šíření a detekce světla, z principů činnosti laserů, z vlastností optických prvků a soustav. Naučí se využívat obecné fyzikální principy měření a optické měřicí metody a přístroje.

V zaměření na fyziku povrchů a nanotechnologie je studium orientováno na tvorbu a vlastnosti tenkých vrstev, povlaků a nanostruktur v modifikacích materiálů používaných v různých vědních i průmyslových oborech. Student získá teoretické a experimentální znalosti z oblasti vakuové fyziky a techniky, principů zdrojů, optiky a detekce částic, fyzikálních vlastností povrchů materiálů a tenkých vrstev a nanotechnologií.

Studijní obor „Přesná mechanika a optika“ je dvouletý magisterský studijní obor studijního programu „Aplikované vědy v inženýrství“, navazující na tříletý bakalářský studijní program



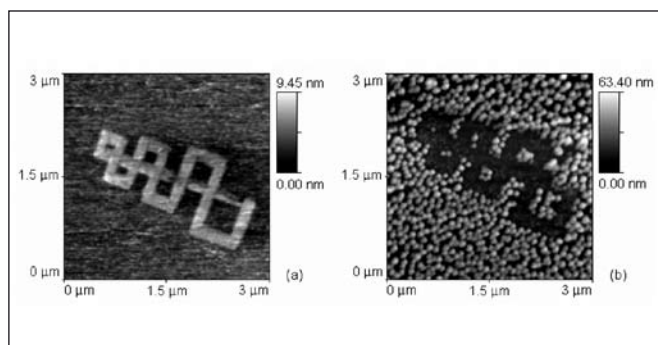
Obr. 1 Interferometr Machova-Zehnderova typu

„**Strojírenství**“. Je určen studentům, kteří mají zájem svoji strojírenskou orientaci uplatnit jako konstruktéři zařízení, která jsou založena na optických a jemnomechanických prvcích. Tento studijní obor umožňuje získat vzdělání v několika oblastech. Je to především *technická optika* v rozsahu potřebném pro inženýrskou praxi při navrhování optických přístrojů a při aplikacích optických prvků v měřicí technice a řídicích systémech. Je založena na výuce následujících předmětů, z nichž mnohé jsou společné s oborem „*Fyzikální inženýrství a nanotechnologie*“: geometrická optika, vlnová optika, koherenční optika, fotometrie a základy optických přístrojů. Druhou oblastí je *přístrojová a měřicí technika*. Výukové kurzy jsou zaměřeny na návrhy přístrojů pro měření neelektrických fyzikálních veličin, pro experiment ve zkušebnách a laboratořích, na návrhy systémů pro přenos a zpracování optických informací. Základem výuky jsou předměty: teorie měřicích přístrojů a jejich přesnost, základní části mechanických přístrojů, optické prvky v konstrukci přístrojů, laserová technika a její aplikace v metrologii a při nedestruktivní kontrole výrobků, přístroje k monitorování životního prostředí. Třetí oblastí je *počítačová podpora v inženýrské praxi*, která je aplikovaná ve všech konstrukčních i teoretických cvičeních předmětů studijního oboru.

Vynikající absolventi magisterského studijního programu mohou pokračovat v dalším studiu v doktorském studijním programu „*Fyzikální a materiálové inženýrství*“ se standardní dobou studia tři roky a po jeho absolvování získat titul Ph.D.

Témata diplomových prací a doktorských disertací jsou úzce spojena s vědeckou činností Ústavu fyzikálního inženýrství, která je zaměřena jak do oblastí teoretické fyziky, tak i do oblastí experimentální fyziky s orientací na inženýrskou optiku, na fyziku povrchů a nanotechnologie. Vždy ale tak, že výsledky vědecké práce mají aplikační charakter a jejich využití směřuje k interdisciplinárním oborům.

Akademičtí pracovníci Ústavu fyzikálního inženýrství na základě svých pedagogických zkušeností poznali, že zásadním způsobem, jak aktivně a trvale proniknout s fyzikálními znalostmi ke studentům, kteří v důsledku obsahových změn na středních školách jsou ke studiu technických oborů méně připraveni než v dřívějších letech, je praktická výuka. Ta je představována účastí studentů v laboratorních cvičeních. Zkušenosti také ukazují, že solidně vybavené laboratoře přitahují některé studenty k experimentální činnosti i v mimorozvrhové době, ve které rozšiřují své znalosti a učí se samostatně řešit fyzikální problémy. Protože tento způsob výuky vede studenty k tvůrčí praktické činnosti a přibližuje jim fyzikální principy a zákonitosti, věnují se pracovníci ústavu



Obr. 3 Příklad selektivního růstu ostrůvků Ga na Si (111): (a) AFM obrázek oxidové struktury vytvořené hrotem mikroskopu AFM (metoda lokální anodické oxidace), čára ohraničuje okénka Si o různé ploše; (b) stejná struktura po depozici 8 monovrstev Ga při teplotě 350 °C, ostrůvky Ga se vytvářejí pouze na povrchu čistého Si, ne na oxidových čarách (tzv. selektivní růst)

soustavnému zlepšování úrovně laboratorních cvičení a experimentálních pracovišť. Péče o laboratoře pro základní kurzy fyziky jsou samozřejmostí. Za upozornění však stojí i rozvoj laboratoří pro oborovou výuku a především pro řešení diplomových prací a doktorských disertací. Jedná se o:

- Laboratoř optické mikroskopie;
- Laboratoř laserové spektroskopie a kapilárních výbojů;
- Laboratoř koherenční optiky;
- Laboratoř optických měření;
- Laboratoř optické difraktografie;
 - a v nově vybudovaných čistých prostorách (třída < 100 000)
- Laboratoř rastrovací sondové mikroskopie;
- Laboratoř povrchů, ultratenkých vrstev a in situ analýzy;
- Laboratoř pro depozici vrstev s užitím iontových svazků (IBAD) a leptání iontovými svazky.

Přehled a rozsah všech předmětů, které jsou součástí studijních oborů „Fyzikální inženýrství a nanotechnologie“ a „Přesná mechanika a optika“ jsou uvedeny na webových stránkách fakulty <http://www.fme.vutbr.cz/studium>. Na těchto stránkách lze nalézt i podrobnější informace o Ústavu fyzikálního inženýrství (<http://www.fme.vutbr.cz/ustavy>).

Katedra optiky v Olomouci

Výzkum a výuka optiky má v Olomouci dlouholetou tradici. Katedra optiky byla na Univerzitě Palackého založena v šedesátých letech minulého století. Její historie je spojena se jmény profesorů Bedřicha Havelky a Josefa Fuky, současný vědecký výzkum pak se jménem profesora Jana Peřiny. Není také jisté náhodou, že v blízkém Přerově sídlí podnik Meopta zaměřený na optickou výrobu. Počátky studia optiky v Olomouci byly tradičně spojeny s jemnou mechanikou a optickými přístroji, pozdější vývoj, urychlený hlavně objevem laseru, pak vedl k většímu příklonu optiky k fyzice pevných látek, elektronice a kvantové mechanice. Z těchto moderních trendů vychází také současné studium optiky zajišťované katedrou optiky ve spolupráci se Společnou laboratoří optiky UP a FZÚ AV ČR.

PEDAGOGICKÉ AKTIVITY

V současné době studuje na katedře optiky asi 150 studentů. Nosným oborem studia je zaměření **Optika a optoelektronika**. Tuto specializaci je možné studovat jak ve tříleté bakalářské formě, tak i v navazujícím dvouletém magisterském kurzu a v následném doktorském studijním programu. Celé studium je koncipováno tak, aby byla umožněna přístupnost mezi ostatními fyzikálně orientovanými studijními zaměřeními i na jiných univerzitách. Bakalářský kurz poskytuje zájemcům solidní matematicko-fyzikální základ, který je obohacen rozvíjejícími lekcemi z optiky. Zvláštní pozornost je věnována fotonice zahrnující moderní trendy na pomezí optiky, optoelektroniky a kvantové optiky. Navazující magisterské studium pak vede studenty k další specializaci, o které si sami rozhodují formou výběru z volitelných přednášek. V současné době tak existují zhruba tři profilující zaměření. První z nich je orientované na optické přístroje a optická měření, kde je hlavní pozornost věnována návrhům optických prvků a systémů, aplikacím laserů, práci s optickým softwarem, experimentům s moderními systémy pro modulaci a detekci optického záření, konstruování pomocí CAD a technologii výroby. Druhým profilujícím směrem je zaměření na optoelektroniku a fotoniku. Do této oblasti patří taková témata jako je elektronika a mikroelektronika, optické zpracování informací, laserová fyzika nebo integrovaná optika. Třetím zaměření je pak směr orientovaný na kvantovou optiku a kvantovou informaci. V tomto zaměření se studenti seznamují s předměty jako je kvantová elektrodynamika, kvantové protokoly a komunikace nebo kvantová optika. Toto studijní zaměření je podporováno celou řadou výzkumných projektů zabývajících se širokým spektrem problémů, jako jsou kvantová kryptografie, detekce a zpracování informace. V rámci kreditového systému mohou studenti podle svých preferencí jednotlivá zaměření kombinovat tak, aby se co nejlépe mohli připravit na obhajobu své diplomové práce a také na své budoucí povolání. Mnozí studenti také využívají možnosti získat stipendium a strávit semestr nebo dva v zahraničí na partnerské univerzitě. Doposud se uskutečnily pobyty na univerzitách v Gratzu v Rakousku, Grenoblu ve Francii, Lyngby v Dánsku a Umei ve Švédsku. Ti nejnadanější studenti mají po obhajobě diplomové práce možnost pokračovat v rámci postgraduálního studia, které je připraveno na vlastní vědeckou dráhu.

V zaměření **Obecná fyzika a matematická fyzika** je možné studovat v bakalářském, magisterském i doktorském stupni. Bakalářské studium pokrývá klasické disciplíny fyziky. V navazujícím studiu pak studenti budou mít možnost věnovat se na základě individuálního vedení obecným problémům fyziky včetně takových témat, jako je například astrofyzika.

Mimo navazující formy studia je možné na katedře optiky studovat i v profesně orientovaných bakalářských programech. Jedním z nich je tříleté bakalářské studium **Přístrojová optika**. Jeho hlavním cílem je příprava kvalifikovaných pracovníků v oblastech moderní optiky a optoelektroniky s dobrým všeobecným přehledem v optických oborech a se schopností uplatnit se při řešení technických problémů. Absolventi jsou připravováni pro kvalifikovanou technickou činnost na pracovištích, která se zabývají návrhy optických a optoelektronických systémů a přístrojů, aplikací optických metod v metrologii a lékařství, počítačovým konstruováním pomocí systémů CAD nebo optickými a jemnomechanickými technologiemi. Díky svému univerzálnímu zaměření jsou absolventi schopni rychlé adaptace a týmové spolupráce. Podle vlastní volby se mohou zaměřit na oblast zobrazovacích, osvětlovacích, zdravotnických nebo audiovizuálních optických systémů a přístrojů. V současné době rozšiřujeme nabídku volitelných oborů o specializaci orientovanou na vojenské laserové a termovizní systémy.

Posledním optickým oborem zajišťovaným katedrou optiky je profesní nenavazující tříleté bakalářské studium **Optometrie**, o které je tradičně mezi studenty velký zájem. Odborná náplň studia vychází z požadavků Ministerstva zdravotnictví ČR a v jeho rámci absolventi získají odbornou způsobilost k výkonu zdravotnického povolání Optometrista. Studijní programy jsou průběžně harmonizovány s požadavky praxe a odpovídajícími částmi Evropského diplomu optometrie. Studium se skládá z předmětů se všeobecným optickým zaměřením a zahrnuje vybrané preklinické a klinické lékařské předměty se zaměřením zejména na zrakový systém. Hlavní pozornost je věnována oftalmologickým a optometrickým předmětům, včetně odborné praxe a předmětům vztahujícím se k brýlové optice. Studium zahrnuje také kurzy etiky profese a základy ekonomie a právních předpisů. Je zajišťováno katedrou optiky a ústavy Lékařské fakulty Univerzity Palackého, zejména její Oční klinikou. Na výuce se podílejí i externí odborníci z oblasti optometrie a oftalmologie. Studium je zakončeno bakalářskou zkouškou, která se skládá z praktické zkoušky, obhajoby závěrečné práce a ústní zkoušky z předmětů Základy oftalmologie, Optika a optometrie a Kontaktní čočky. Absolvováním tohoto oboru studenti získávají odbornou způsobilost pro výkon zdravotnického povolání „Optometrista“ a nacházejí uplatnění ve zdravotnických zařízeních ve smyslu zákona o nelékařských zdravotnických povoláních. Dále se mohou uplatnit v aplikačních centrech kontaktních čoček, v provozovnách oční optiky, v obchodní činnosti s kontaktními čočkami, optickými, oftalmologickými a dalšími lékařskými přístroji a optickým materiálem, ve výrobě brýlových skel, brýlových obruč, kontaktních čoček apod.

VĚDECKÉ AKTIVITY

V současné době je nejrozsáhlejším projektem řešeným na katedře optiky ve spolupráci se Společnou laboratoří optiky dlouhodobý výzkumný záměr „Měření a informace v optice“ podporovaný Ministerstvem školství ČR, jehož řešení je plánováno na období celkem sedmi let od roku 2005 do roku 2011. Výzkumný záměr propojuje všechny výzkumné aktivity pracoviště a vytváří zázemí pro sledování trendů v moderní optice. Mezi konkrétní cíle projektu patří návrh nových kvantových a informačních protokolů. Jedná se v podstatě o nové postupy při manipulaci se světlem, kdy se důsledně využívá jeho kvantové povahy. Kvantová optika umožňuje využít nové principy, které překračují rámec klasické

fyziky, ke kódování, dekodování a manipulaci s informací obsaženou ve světle. V rámci projektu studujeme nové protokoly, pro které se vžily názvy jako kvantová teleportace, klonování a mazání informace, kvantová kryptografie nebo kvantová tomografie. V rámci klasické optiky se zabýváme studiem fyzikálních vlastností nestandardních optických svazků a jevů singulární optiky, experimentálními metodami prostorové modulace světla, aplikacemi světelných vřívů v interferometrii a mikroskopii a možnostmi jejich využití pro přenos informace v bezdrátových komunikacích. Tematika zahrnutá ve výzkumném záměru je studovaná v celé řadě menších samostatných projektů. Je to v první řadě projekt Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy určený na personální podporu mladých vědeckých pracovníků s názvem Centrum moderní optiky, na kterém spolupracujeme s Ústavem přístrojové techniky AV v Brně. K vědeckým cílům patří studium protokolů kvantového zpracování informace, vybudování kompaktního zdroje provázaných stavů světla a experimenty zaměřené na přenos momentu síly na mikročástice pomocí optického záření. Dalším projektem řešeným v roce 2008 ve spolupráci s Meoptou – optika, s.r.o. a ÚPT AV ČR v Brně je projekt v programu TANDEM, který je podporovaný MPO ČR. V rámci tohoto projektu byla na katedře optiky navržena a experimentálně realizována holografická laserová pinzeta, která spolupracuje s prostorovým modulátorem světla a umožňuje optické manipulace řízené počítačem v reálném čase. V rámci 7rámcového programu EU jsme zapojeni v evropském programu COMPAS (COMputing with Mesoscopic Photonics and Atomic States), jehož hlavním cílem je studium nových kvantových protokolů pro zpracování informace. Od roku 2004 jsme také zapojeni v evropské síti QUACS v projektu SECOQC (SEcure

COMmunication and Quantum Cryptography“), jehož hlavním cílem je výběr a implementace systému pro bezpečnou kvantovou komunikaci prostřednictvím kvantové kryptografie. Velké národní a mezinárodní projekty doplňuje několik projektů Grantové agentury ČR, které jsou řešeny pracovníky katedry optiky. V současné době se jedná o dva projekty běžící v letech 2006 - 2008, s názvy „Charakterizace a využití prostorových stupňů volnosti světla“ (GA 202/06/0307) a „Chaos v nelineárních elektron-fononových kvantových systémech“ (GA202/06/0396).

Pohled běžného člověka na světlo a optiku jakožto vědu, která je studuje, je možná zkreslen právě tou samozřejmostí, s jakou světlo vnímáme svým zrakem. Dnešní porozumění podstaty světla značně pokročilo od jednoduchých představ spojených s geometrickou optikou, která se každému nejspíše při slově optika vybaví. Moderní optika je dnes mnohem více než brýlová skla, zákon odrazu a lomu nebo fotografické objektivy. Není to konec konců tak dávno, kdy laserový paprsek čtoucí záznam na CD disku byl na úrovni science-fiction. Naší hlavní snahou je hlouběji proniknout do fyzikální podstaty optických jevů a vytvořit tak předpoklady pro jejich budoucí možné využití. K tomuto cíli chceme směřovat jak naším teoretickým výzkumem, tak i systematickým budováním laboratoří a podporou experimentů v moderní optice a kvantové informatice. Ve všeobecnosti lze konstatovat, že absolventi našeho technicky orientovaného univerzitního studia nemají problémy s umístěním a poptávka značně převyšuje nabídku. Jen v nejbližším regionu existuje několik firem zaměřených na moderní optickou výrobu, jako např. Meopta Přerov, Autopal-Visteon Nový Jičín nebo Hella Mohelnice.

Prof. RNDr. Zdeněk Hradil, CSc., katedra optiky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci, Tř. 17. listopadu 50, Olomouc, e-mail: hradil@optics.upol.cz

Technické pokyny pro autory

Příspěvky se přijímají v elektronické formě.

Požadavky na textovou část: Text musí být pořízen v editoru MS WORD, doporučuje se font Times New Roman, velikost písma 12, dvojitě řádkování, formát stránky A4. Ve všech částech příspěvku používejte stejný font. Text pište do jednoho sloupce se zarovnáním k levému okraji, klávesu ENTER používejte pouze na konci odstavce.

Rovnice a vzorce uváděné na samostatných řádcích musí být vytvořeny modulem pro matematiku editoru MS WORD, rovnice a vzorce, které jsou součástí textu na řádku, zapisujte pomocí vložených symbolů, nikoliv zmíněným modulem. Při psaní matematických a chemických výrazů dodržujte základní pravidla: Veličiny pište kurzívou, matice tučně stojatě (antikva), vektory a skaláry tučnou kurzívou. Úplný (totální) diferenciál „d“ vždy stojatě. Ludolfovo číslo „ π “ stojatě. Indexy, pokud vyjadřují veličinu, pište kurzívou, v opačném případě stojatě (např. max, min apod.). Imaginární jednotku „i“ stejně jako „j“ v elektrotechnice pište stojatě.

Dodržujte pravidla českého pravopisu; za interpunkčními znaménky je vždy mezera. Rovněž tak před a za znaménky „+“, „-“, „=“ apod. je vždy mezera.

Požadavky na obrázky a grafy: Grafickou část příspěvku neveďte do textu, ale dodávejte ji jako samostatné grafické soubory typu *.CDR, *.EPS, *.TIF, *.JPG a *.AI (vektorovou grafiku jako

*.EPS nebo *.AI soubory, bitmapovou grafiku jako *.TIF nebo *.JPG soubory). V žádném případě nedodávejte obrázek v souboru typu *.doc. Bitmapové soubory pro černobílé kresby musí mít rozlišení alespoň 600 dpi, pro černobílé fotografie nejméně 200 dpi a pro barevné nejméně 300 dpi. Při generování obrázků v COREL DRAW do souboru typu *.EPS převedte text do křivek. U souborů typu *.JPG používejte takový stupeň komprese, aby byla zachována co nejlepší kvalita obrázku. Velikost písma v obrázcích by neměla klesnout pod 1,5 mm (při předpokládané velikosti obrázku po zalomení do tiskové strany).

Pokyny k předávání příspěvku

Ke každému textu nebo grafice musí být přiložen kontrolní výtisk nebo fotografie.

Dále je třeba, aby k článku autor dodal překlad resumé a názvu článku do anglického (českého – slovenského) jazyka, klíčová slova, jména všech autorů včetně titulů, jejich plných adres, telefonického spojení a případně e-mailové adresy.

Soubory je možno dodat na disketě nebo CD. Ke každému příspěvku připojte seznam všech předávaných souborů a u každého souboru uveďte pomocí jakého software byl vytvořen.

Příspěvky zasílejte na adresu: Redakce časopisu JMO, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov.

Výuka optiky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze

Výuka optiky jako součásti fyziky má na Karlově univerzitě velmi dlouhou tradici. Koncem září tohoto roku vzpomněla Matematicko-fyzikální fakulta UK 100. výročí otevření budovy univerzitního Fyzikálního ústavu v Praze na Karlově, o které se zasloužil zejména prof. Č. Strouhal. V této souvislosti si také fakultní veřejnost připomněla některé jeho publikace a učební texty, jako například učebnici optiky z roku 1918 napsanou společně s prof. V. Novákem nebo jeho rukopisné poznámky k demonstračním pokusům při přednáškách z optiky.

Výuka optiky jako samostatného oboru studia probíhá na Matematicko-fyzikální fakultě od roku 1982. Obor zajišťují společně dvě fakultní pracoviště – katedra chemické fyziky a optiky a Fyzikální ústav UK. V současné době je magisterské studium tohoto oboru s názvem Optika a optoelektronika v rámci studijního programu Fyzika dvouleté a navazuje na tříleté bakalářské studium obecné fyziky. V rámci oboru se mohou studenti rozhodnout pro tři zaměření: Kvantovou a nelineární optiku, Optoelektroniku a fotoniku nebo Počítačové modelování pro kvantovou optiku a optoelektroniku. Základ výuky tvoří přednášky zaměřené na optiku, kvantovou optiku i na fyziku kondenzované fáze. Kromě toho absolvují studenti dvousemestrální speciální praktikum, kdy navštěvují vybrané laboratoře UK MFF, Fyzikálního ústavu AV ČR, Ústavu fotoniky a elektroniky AV ČR, seznámí se s používanými metodami, probíhající výzkumem a v řadě případů sami řeší experimentální úlohy. Velká pozornost je věnována diplomové práci, která se zadává již na počátku magisterského studia. Studenti jsou vedeni individuálně a zpravidla je jejich práce součástí vědeckého výzkumu na Matematicko-fyzikální fakultě UK a v některých případech na spolupracujících ústavech Akademie věd ČR (Fyzikální ústav, Ústav fotoniky a elektroniky). Některé výsledky diplomových prací jsou tak často publikovány v impaktovaných časopisech. Absolventi magisterského studia mají teoretické i experimentální znalosti z kvantové optiky, optoelektroniky a fotoniky, včetně matematického modelování fyzikálních procesů. Chápání fyzikální podstaty funkce prvků a technologických procesů pro fotoniku a optoelektroniku otevírá možnosti dobrého uplatnění absolventů v základním i aplikovaném výzkumu na vysokých školách, ve výzkumných ústavech i v průmyslu. Absolventi kromě toho nacházejí uplatnění i na řadě „nefyzikálních“ míst, často například ve finančním sektoru.

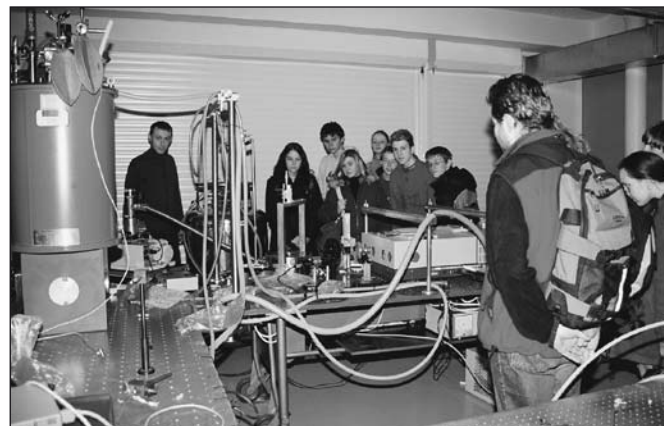
Doktorské studium oboru Fyzika - Kvantová optika a optoelektronika (obor F6) bylo s tímto názvem na Matematicko-fyzikální fakultě



Femtosekundová laserová laboratoř katedry chemické fyziky a optiky

akreditováno v roce 1990 a od té doby v něm svou disertační práci úspěšně obhájilo 47 studentů. Těžiště postgraduálního studia spočívá v individuálním vedení studentů k vědecké práci. Doktorandy školí pracovníci fakulty i ústavů Akademie věd ČR, které se na výchově přímo podílejí v rámci smluv (Fyzikální ústav a Ústav fotoniky a elektroniky). K tradičním zaměřením disertačních prací patří oblasti ultrarychlé laserové spektroskopie, magnetooptiky, infračervené spektroskopie, polovodičových technologií pro optoelektronické aplikace, fotovoltai-ky. Doktorandi se podílejí na řešení řady národních a mezinárodních projektů. Absolventi doktorského studia nacházejí dobré uplatnění v základním i aplikovaném výzkumu v České republice i v zahraničí.

Jednou z laboratoří, ve které pracují studenti na řešení svých diplomových a disertačních prací, je femtosekundová laserová laboratoř (katedra chemické fyziky a optiky), kde je možné provádět experimenty laserové spektroskopie s časovým rozlišením lepším než 70 fs ($1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$). Je tak možné sledovat ultrarychlé procesy v mikrosvětě. Postup většiny měření lze přirovnat k fotografování bleskem, kdy světelný záblesk zachytí pohybující se těleso v určitém okamžiku a v určité poloze. V laserové spektroskopii s vysokým časovým rozlišením se používají ultrakrátké laserové pulsy: jeden ultrakrátký světelný puls ovlivní například optické vlastnosti látky, jejichž časový vývoj je pak zaznamenáván pomocí dalšího pulsu. Výzkum v laboratoři je zaměřen především na studium dynamiky elektronů v polovodičích a polovodičových nanokrystalech (rozměry jednotek nanometrů). Výsledky jsou důležité pro další miniaturizaci a zrychlení elektroniky, ale také pro rozvoj fotoniky, spintroniky a kvantových počítačů.



Exkurze studentů v magnetooptické laboratoři Fyzikálního ústavu UK v rámci dne otevřených dveří

V laboratoři magnetooptiky (Fyzikální ústav UK) se provádí experimenty infračervené fourierovské spektroskopie v silných magnetických polích zaměřené na studium kvantových heterostruktur a nanostruktur. Laboratoř je vybavena řadou dalších zařízení pro mapování fotoluminiscence, fotovodivosti a pro analýzu hlubokých hladin v polovodičích metodou termoelektrické spektroskopie. Výzkum je v současné době zaměřen především na materiály CdTe a CdZnTe významné pro detekci rentgenova záření a záření gama a jako substráty pro přípravu vysoce kvalitních infračervených detektorů na bázi HgCdTe epitaxi z molekulárních svazků.

Petr Malý, Jan Franc

Kontakt: prof. RNDr. Petr Malý, DrSc., katedra chemické fyziky a optiky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze
Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2

doc. Ing. Jan Franc, DrSc., Fyzikální ústav UK, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2

Fyzikální elektronika a nanotechnologie: Nový studijní obor na FEKT VUT v Brně

S nastupujícím rozmachem nanotechnologií ve všech oborech lidské činnosti a vzhledem k tomu, že Jihomoravský kraj je významnou průmyslovou základnou s rostoucím podílem inovačních postupů v oblasti nanotechnologií a informačních technologií, je nejen žádoucí, ale i nezbytné, připravovat mladé lidi na tyto nové trendy s cílem jejich snadnějšího, flexibilnějšího začlenění na trhu práce. Proto bude k akreditovanému doktorskému oboru „Fyzikální elektronika a nanotechnologie“ na fakultě vybudována i základna pro studenty bakalářského a magisterského studia. Jako příklad jednoho již existujícího kursu pro magisterské studium je uveden výběrový kurs Nanotechnologie.

Klíčová slova: fyzikální elektronika, nanotechnologie, nanovědy, vzdělávání

Statistiky Evropské komise ukazují, že Evropa, a potažmo i Česká republika, má výrazný nedostatek gramotných odborníků i manuálních pracovníků pro technické obory. Odpovídající vzdělání je jednou z největších deviz rozvoje společnosti. Rostoucí požadavky nových oborů, zejména zapojování nanotechnologie do výrobních procesů, budou vyžadovat, aby studenti elektroinženýrských oborů i střední techničtí kádři mohli reagovat na požadavky průmyslu a věděli již dopředu něco o nanovědách, aby získali znalosti základů různých disciplín, v nichž se kombinuje fyzika, chemie, biologie, informatika, matematika, elektrotechnika s aplikačními obory (tj. jejich vzdělání musí mít interdisciplinární a multidisciplinární charakter).

S ohledem na tyto trendy byl na Fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého učení technického v Brně akreditován obor doktorského studia Fyzikální elektronika a nanotechnologie. Na rozdíl od většiny oborů na fakultě se však tento obor začal rozvíjet směrem shora dolů. Důvodem je značná technická i finanční náročnost zařízení, na nichž je možné prakticky pracovat, a také schopnost poznání v oboru. Praxe však zřetelně ukazuje, že je třeba informace o nanovědách poskytovat i studentům nižších stupňů. Proto je naší snahou hlouběji začlenit poznatky do předchozích etap studia (bakalářského a magisterského), jednak pro zvýšení celkového povědomí nastupující technické inteligence o nanovědách, jednak pro zlepšení vertikální provázanosti všech tří etap. A zájem studentů o nové informace je.

Důvodů pro tyto kroky je několik:

- Rozmach nanotechnologií ve všech oborech lidské činnosti.
- Jihomoravský kraj (ale i další kraje v rámci působnosti fakulty) je významnou průmyslovou základnou s rostoucím podílem inovačních technologií v oblasti nanotechnologií a informačních technologií.
- Je nezbytné připravovat mladé lidi na nové trendy s cílem jejich snadnějšího, flexibilnějšího začlenění na trhu práce.
- Potřeby průmyslu? To je zatím dosti ožehavá otázka, protože samy firmy to ještě ve své většině dostatečně neví. Ale zkušenosti ze zahraničí ukazují, že nedostatek kvalifikovaných pracovníků sil je třeba urychleně a adekvátně řešit. Ale jak?

Tato otázka byla pro nás jednou z klíčových v posledních několika letech. Nechtěli jsme zahájit akci, aniž bychom věděli, kam bude směřovat a jaký bude mít potenciální dopad. Po zralé úvaze, a na základě předchozích úvah, jsme se rozhodli hlouběji tuto pedagogickou aktivitu rozvíjet, provázat jednotlivé úrovně výuky a podat přihlášku projektu „Nanovědy pro elektroinženýry“ v rámci Operačního programu OP VK 2.2.

Vzhledem k novosti a šířce problému je přítom třeba sledovat určité priority:

Úvodní seznamování s nanovědami (partie v bakalářském předmětu Fyzika 1, Fyzika 2) by měly být vyučovány spíše z hlediska konceptů předmětu a kvalitativní analýzy než matematického odvozování. Nejprve je třeba vytvořit obecný rámec a ukázat, jak jednotlivé formy výuky mohou společně umožnit dosažení žádaných cílů. Každý kurs by měl být vyučován tak, aby odpovídal úrovni znalostí a vědomostí, s patřičnými prekvizitami.

Bakalářské a magisterské kursy by měly ve svých cílech integrovat modelování, simulaci, řízení a optimalizaci nanosoučástek a nanosystémů. Ve všech kursech, které ústav fyziky vyučuje, bude zvýrazňována nanotechnologie.

Co je na celém projektu nejpodstatnější, interaktivní učení by mělo být centrem výuky v nanotechnologiích. Technologie mohou hrát významnou roli v usnadnění interaktivní výuky ve škole i mimo ni.

Studenti by měli mít možnost participovat na výzkumných projektech a laboratorních úlohách pomocí internetu. Dále, což bude z počátku obtížně dosažitelné, by měli mít šanci pracovat přímo se zavedenými místními, regionálními, národními, či mezinárodními výzkumnými centry, aby získali kromě teoretického přístupu i manuální zručnost v experimentech.

Z toho ale vyplývá, že vyučující musí ve větší míře spolupracovat s průmyslem, aby mohli vzdělávat studenty v nanotechnologiích. Spolupráce s předměty, které mají vztah k nanotechnologiím, je přítom vysoce žádoucí.

Zapojení vhodných hostujících odborníků z praxe – průmyslu a výzkumných center – zvýší kvalitu jednotlivých kursů.

Podpora spolupráce se zahraničními vzdělávacími a vědeckými institucemi by měla směřovat k vybudování kompetentního a konkurenceschopného pracoviště s odpovídajícími výsledky na mezinárodní úrovni (např. spolupráce s evropským konsorciem NEMO, evropskými technologickými platformami Photonics 21 a Nanoelectronics).

Jako příklad již prověřeného předmětu uvádíme existující doporučený jednosemestrový kurz Nanotechnologie pro dva magisterské studijní obory fakulty – Telekomunikace a informační technologie a Mikroelektronika – (v rozsahu 4 hod. týdně: přednáška 2 hod., semináře a prezentace 1 hod., počítačové cvičení a semestrální projekt 1 hod.). Bohužel zatím není možné provádět laboratorní měření v masovém měřítku pro značný počet studentů.

Tento předmět je součástí teoretického základu studia fakulty a od akademického roku 2005/6 jej, přes nedostatek laboratoří, absolvovalo celkem 212 studentů. V letošním školním roce si jej zapsalo další 75 studentů. Předmět obsahuje následující partie:

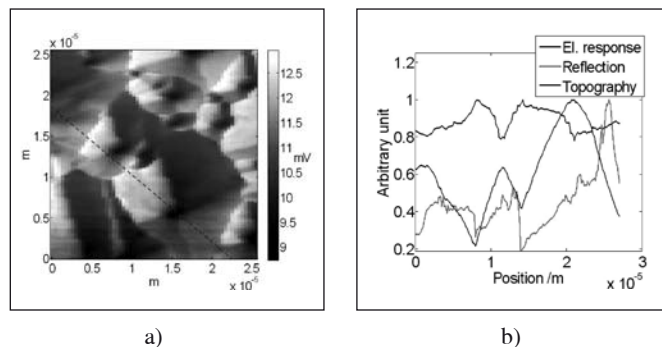
- Základní typy nanostruktur.
- Interakce v blízkém poli (sílová, optická, elektronová, magnetická, termální, aj.).
- Aplikace nanotechnologie: Chemická a materiálová syntéza.
- Návrh, modelování a metody výroby nanostruktur.
- Nástroje a zařízení pro nanotechnologie.
- Detekce a lokalizace nanostruktur.
- Nanoelektronika. Molekulární elektronika.
- Nanooptika. Nanofotonika.
- Lékařské a biomedicínské vědy.

Naším cílem je dosáhnout toho, aby **výuka nanotechnologie** byla **integrována** do hlavních předmětů curricula pro bakalářské a magisterské obory inženýrského studia.

Studenti nanotechnologie by se přitom měli naučit:

- Navrhovat, analyzovat a vyrábět nanokomponenty a nanosystémy.
- Vytvářet nanozařízení pro ekonomicky uskutečnitelné a inovativní aplikace nanotechnologie ve všech sférách každodenního života.

Přitom by vládní orgány, průmyslové podniky a vysoké školy měly rozvíjet a posilovat vzájemnou spolupráci ve vzdělávání studentů v nanotechnologii, dosažení znalostní ekonomiky a trvale udržitelného rozvoje.



Obr. 1 Ilustrativní ukázka měření lokálně indukovaného fotoproudu do křemíkového solárního článku pomocí SNOM mikroskopu pracujícího v blízkém optickém poli:
a) 3-D elektrická odezva solárního článku. b) Srovnávací topografie, odrazivost a indukovaný fotoproud vzorku (podél skenu v obrázku a)

Příspěvek vznikl při řešení výzkumného záměru MIKROSYN Nové trendy v mikroelektronických systémech a nanotechnologiích podporovaného MŠMT ČR pod registračním číslem MSM 0021630503.

Prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc., Ústav fyziky, FEKT, Vysoké učení technické v Brně, Technická 8, 616 00 Brno, e-mail: tomanek@feec.vutbr.cz

Studium optických vlastností kondenzovaných látek na Přírodovědecké fakultě MU

Studium fyziky na Přírodovědecké fakultě začalo s jejím založením jako jedné ze čtyř zakládajících fakult Masarykovy univerzity. Z počátku byly výukou fyziky pověřeny dva ústavy, Ústav experimentální fyziky a Ústav teoretické fyziky. Postupným vývojem vznikly tři současné ústavy, Ústav fyziky kondenzovaných látek, Ústav fyzikální elektroniky a Ústav teoretické fyziky a astrofyziky. Názvy zdaleka nepokrývají rozsah činnosti a zájmu



Obr. 1 Přírodovědecká fakulta MU, ústavy fyziky



Obr. 2 Elipsometr prof. Antonína Vašíčka z roku 1938

jednotlivých pracovišť. Tak např. Ústav fyziky kondenzovaných látek se stará současně o výuku a výzkum v biofyzice, Ústav fyzikální elektroniky odpovídá za učitelkou fyziku, fyziku plazmatu nebo plazmachemii, Ústav teoretické fyziky a astrofyziky má ve své struktuře mj. Oddělení fyzikálního vzdělávání.

Problematiku fyzikální optiky přinesl na naše pracoviště v 30. letech prof. Antonín Vašíček, který se dlouhá léta, jako jeden z prvních fyziků vůbec, zajímal o optické vlastnosti tenkých vrstev.

S pomocí tehdejší firmy Optikotechna (později Meopta) zhotovil velmi kvalitní elipsometr, na kterém získal pozoruhodné experimentální výsledky. Napsal jednu z prvních monografií o optice tenkých vrstev, která byla nesčetněkrát citována. Jeho žákem byl prof. František Lukeš, který rozšířil studium tenkých vrstev na spektroskopii, případně modulační spektroskopii pevných látek, zejména polovodičů. Tato problematika přešla v rozšířené podobě na stěžejní předmět výzkumu současného Ústavu fyziky kondenzovaných látek.

Pro přehled uvádíme všechny akreditované studijní programy a obory související s fyzikou na Přírodovědecké fakultě MU v akademickém roce 2008/09.

Bakalářské studium	Fyzika	Fyzika Biofyzika Fyzika pro víceoborové studium Fyzika se zaměřením na vzdělávání
	Aplikovaná fyzika	Astrofyzika Lékařská fyzika Fyzika a management
Magisterské studium	Fyzika	Fyzika kondenzovaných látek Fyzika plazmatu Teoretická fyzika a astrofyzika Biofyzika
Doktorské studium	Fyzika	Učitelství fyziky pro střední školy Fyzika kondenzovaných látek Fyzika plazmatu Mechanické vlastnosti pevných látek Teoretická fyzika a astrofyzika Obecné otázky fyziky Biofyzika

Spolupráce: VUT – Fyzikální inženýrství, LF MU – Optometrie

K tématu tohoto příspěvku má nejbližší magisterský program Fyzika kondenzovaných látek a v doktorském studiu jsou to Fyzika kondenzovaných látek (prof. J. Humlíček) a Vlnová a částicová optika (prof. M. Lenc). Přednášky a cvičení z optiky nebo příbuzných disciplín, včetně výběrových, jsou samozřejmou součástí studijních plánů a nabídky studentům nejen fyzikálních oborů. Domníváme se, že obsah přednášek, cvičení, úroveň praktik, nabídka témat bakalářských, magisterských a doktorských prací, včetně úrovně požadavků, odpovídají běžným evropským standardům.



Obr. 3 Elipsometr Gaertner s rotačním analyzátořem (1-6.2 eV)

Kromě standardních kurzů nabízíme v současnosti studentům svým způsobem unikátní možnost, a to absolvování výuky ve velmi čistých prostorách, které svojí úrovní (prašnost třídy 100 – 1000), dosahují v některých směrech špičkových parametrů. Studenti procházejí praktickým kurzem přípravy polovodičových struktur od hodnocení vlastností křemíkové desky až po konečnou funkční polovodičovou strukturu. K vybudování takové náročné a nákladné technologie nás vedl celosvětový trend přesunu špičkových technologií (polovodičový průmysl, elektronové mikroskopy, optika, nanotechnologie všeho druhu, atd.) do prostor tohoto typu. Nabídka výuky platí pro všechny vysoké školy v ČR a s řadou z nich už v této oblasti úspěšně spolupracujeme.



Obr. 4 Praktikum studentů v čistých prostorách třídy 1000

Ve výzkumu jsou předmětem zájmu našeho ústavu především tyto metodiky:

- optická spektroskopie v širokém spektrálním oboru a rozsahu teplot (FIR-UV, 10-1000 K),
- elipsometrie (včetně IR a in-situ),
- ramanská spektroskopie a fotoluminiscence,
- rtg. difrakce a reflektometrie.

Studované systémy zahrnují zejména:

- objemové polovodiče a nízkorozměrné struktury,
- vysokoteplotní supravodiče,
- kovové multivrstvy,
- monokrystalický křemík.

V současné době jsme poměrně dobře vybaveným pracovištěm pro optická měření od ultrafialové do daleké infračervené oblasti, včetně elipsometrické a ramanovské spektroskopie. Spektroskopická problematika se užitečně prolíná s oblastí zájmů našich rentgenových laboratoří. Objektem studia je poměrně rozsáhlé spektrum materiálů a struktur, jako jsou klasické objemové polovodiče včetně jejich slitin, polovodičové nízkorozměrné struktury, vysokoteplotní supravodiče, kovy, vybrané polymery a metamateriály. Přestože základní výzkum dominuje, dlouhodobě se věnujeme i aplikacím, především materiálům a strukturám používaným v křemíkových technologiích.

Informace o studiu a výzkumu:

- <http://www.muni.cz/>
- <http://www.sci.muni.cz/>
- <http://www.physics.muni.cz/>
- <http://www.physics.muni.cz/ufkl/>

Eduard Schmidt

Kontakt: prof. RNDr. Eduard Schmidt, CSc., Ústav fyziky kondenzovaných látek, Přírodovědecká fakulta, Masarykova univerzita, Kotlářská 2, 611 37 Brno, tel.: 549 496 970, e-mail: schmidt@ics.muni.cz

Optika na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT

1. Přístupy k optické problematice na FJFI

Na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské (FJFI) ČVUT v Praze se problematika optiky řeší zejména na katedře fyzikální elektroniky. Optika se do řešené problematiky na katedře, jak vyplývá z dalšího, dostala zprostředkovaně.

Fakulta byla původně založena na rozvoj fyzikálních oborů pro jadernou techniku, avšak již při založení fakulty (druhá polovina 50. let minulého století) se ukázalo, že rozvoj jaderné techniky není myslitelný bez silné elektroniky (mj. jako silného zabezpečovacího prvku jaderné fyziky) a koneckonců i chemie. Díky řadě trendů se tak posléze „Fakulta technické a jaderné fyziky“ v 60. letech přejmenovala na „Fakultu jadernou a fyzikálně inženýrskou“, kde „nejaderné obory“ fyzikálně inženýrského směru postupně převládly.

V rámci fyzikální elektroniky začala zejména silná invaze laserové fyziky a techniky (od konce 60. let, přičemž začátkem 60. let byl objeven laser), a to jak v oblasti pedagogické, tak i vědecké. Např. laserové radary na FJFI začaly být pojmem obecně známým (v počátcích byl laserový radarový program určen mezinárodním programem zvaným „Interkosmos“).

Nicméně již od počátku 90. let bylo zřejmé, že dobře řešit problematiku laserů není možné bez silného zázáření v optice, a tak postupně začal i rozvoj samotné optiky. I v této oblasti se pochopitelně využívalo obecných zkušeností a přístupu fakulty k řešeným problémům, kdy obory jsou voleny na pomezí přírodních věd a inženýrství; tímto charakterem přístupu je fakulta typická dodnes.

Jmenovaná katedra fyzikální elektroniky (zřejmě podobně jako na každé přírodovědné katedře pouze „neučící“ university) rozlišuje dvě základní oblasti zájmu: (1) výuku a (2) výzkum, vývoj a aplikace. Proto i ve vztahu k optice bude dále vhodné se zmínit o těchto 2 oblastech. Přirozeně, pod pojmem „optika“ se nerozumí jen viditelné optické pásmo a jen klasická opticko-přístrojová oblast, ale problematika související se širším spektrálním pásmem elektromagnetického záření a s obecným fyzikálním dopadem daného záření (vlnová oblast od hluboké IČ po rentgenovskou oblast).

2. Výuka optiky na FJFI

Výuka na fakultě probíhá s relativně malým počtem studentů, tudíž je již v bakalářském a magisterském stupni (v doktorském stupni je to samozřejmě) značně individuální, studenti tak nejsou od samého počátku pro katedru anonymní. Nesporně témata studentských prací jsou vybírána ve spojitosti s problematikou výzkumu. Proto i výuková problematika je do jisté míry spojena s problematikou výzkumu a vývoje.

Jak bylo výše řečeno, na katedře „kvantová“ elektronika postupně vytlačila i „klasickou“ elektronickou problematiku, neboli problematika laserů vytlačila tematiku jako jsou např. klasické obvody, fyzika polovodičů (materiálové a kvantové základy polovodičů), interakce nabitých částic v prostoru apod. Z důvodů ideové kontinuity zůstala samozřejmě dále základní výuka elektroniky pro potřeby speciálního přístrojového hardware (např. pro jednofotonové detektory, elektronika pro lasery, apod.), zůstala i technika vakua a zařízení pro implantaci iontů do povrchu struktur, dále přístrojová informatika a pochopitelně i oblasti mezní, jako je např. fyzika plazmatu.

Díky invazi optiky na katedře fyzikální elektroniky byly postupně zavedeny i čistě optické kurzy, jako je kurs optiky fyzikální, geometrické, později kurs optického zpracování signálu. V současné době tak existuje na FJFI celé studijní magisterské zaměření pod názvem *Optická fyzika*, kde jsou přednášeny (v rámci povinných přednášek) oblasti *Fyzikální optiky*, *Geometrické a přístrojové optiky*, *Optického zpracování informace*, *Statistické optiky*, *Nelineární optiky* a *Kvanto-*

vé optiky (navazující na rozsáhlejší kurs kvantové mechaniky, začínající stejnojmenným předmětem a pokračující na katedře *Kvantovou elektronikou*); z kvantové oblasti je dále možné si volitelně vybrat např. kvantovou fyziku laserů. Kurs optiky navazuje na celokatedrální kursy *Elektrodynamiky* a *Vedených vln*. Z důvodů obecné potřeby bylo snahou nepominout i oblast optiky méně tradiční, zejména oblast měkkého rtg. záření (*Rentgenová fotonika*) a samozřejmě kursy *Laserové techniky*. S optikou (mimo zaměření *Optická fyzika*) souvisí i další magisterská zaměření: *Laserová technika a elektronika* a zaměření *Fyzika nanostruktur* (od roku 2006), kde jsou některé předměty (mimo speciální předměty) s *Optickou fyzikou* společné.

Jak bylo zmíněno, přes význačný dopad optiky na katedru fyzikální elektroniky nevymizely z nabídky (alespoň v rámci volitelnosti) ony tradiční partie fyziky, které kdysi tvořily hlubší základ, orientovaný např. na plazma, na vakuum, na klasickou elektroniku; to vše činí katedru obecnější, takže nelze ji pochopitelně považovat za čistě optickou. Koneckonců se ukazuje známá skutečnost, že „vše souvisí se vším“, takže katedra se stává interdisciplinární a uplatnění např. chemiků či aplikace z inženýrské biologie jsou na katedře dnes již „normální“.

Nejsou zde diskutována další magisterská „neoptická“ zaměření katedry, jako jsou *Informační technologie* a *Informační fyzika* (byť přístrojové aplikace či např. studentské téma z optiky se v rámci volitelnosti občas též vyskytuje) a bakalářská zaměření, která jsou obecně univerzálnější, tudíž jsou dělena minimálně (zaměření Fyzikální elektronika).

Poznamenejme dále pro úplnost, že některými teoretickými problémy kvantové optiky se zabývá i katedra fyziky FJFI (v rámci zaměření *Matematická fyzika*, např. teoretické rozvahy v oblasti kvantové teorie informace, kvantového počítání, apod.).

3. Výzkum, vývoj a aplikace

Jak bylo již řečeno, vědecká aktivita je nedílnou součástí existence fakulty a studenti proto řeší projekty, které jsou v širších souvislostech „potřebné“ i v rámci výzkumu. Je obecně známá zkušenost, že kvalita odborníků (zaměstnanců, školitelů) roste s problémy, které řeší. Proto podle náplně výzkumných témat lze odhadnout i míru zaměření a hloubku záběru pracovníků. Zaměříme se však zde jen na otázky, které souvisejí s optikou.

Institucionální rovinu výzkumu (stejně jako na jiných školách) řeší zejména výzkumný záměr *Laserové systémy, záření a moderní optické aplikace*, který obsahuje širší problémy, včetně např. studia vyzářování z plazmatu. Mimo to jsou samozřejmě řešeny i dílčí problémy v rámci projektů různých agentur, jako je Grantová agentura České republiky, Grantová agentura Akademie věd ČR, dále projekty ministerstva školství, ministerstva průmyslu a obchodu, ministerstva zdravotnictví aj.

Tématicky výraznou optickou oblast tedy představují zejména:

- **Lasery**, zejména lasery pevnolátkové, konkrétně:
 - *lasery pro medicínské aplikace* (kardiologie, angioplastika, lithotripsie, oftalmologie, dermatologie, stomatologie, neurologie, aj.). Jedná se jak o studium interakčních mechanismů záření s látkou, tak o výzkum a vývoj speciálních laserových i řídicích zařízení, vyhovujících danému aplikačnímu požadavku. Materiály pro stavbu zařízení (např. laserové krystaly, díly laserové dutiny) se jednak kupují ze zahraničí, jednak se vyvíjejí přímo na katedře, respektive v rámci spolupráce (např. Turnov);
 - *průmyslové a technologické lasery* (oblast hlubokého IČ a UV záření), směřující k průmyslovému využívání laserů pro obrábění, značkování, žihání apod.;

- *laserové radary*, kde se dnes už řeší spíše jen detekční technika (sledování a měření vzdálenosti stacionárních družic laserovými impulsy, sloužící k přesnému stanovení tvaru Země i pohybu kontinentů, s přesností měření na vzdálenosti tisíce *km* k družici na zemském povrchu v řádu jednotek *cm* (!));
- *piko a femtosekundové lasery*, mimo kontinuální režim zde jde o oblast impulsních laserů s trváním impulsu několik desítek *ps*, nebo dokonce *fs* – tyto lasery slouží dále obecnému výzkumu pevnolátkových či biologických interakcí a ke spektroskopii.

• **Optika difrakční** (problematika je uvedena ve zvláštním článku) – výzkum představuje *teorii a numerické modelování* difrakčních mechanismů (na difrakčních mřížkách i na obecnějších periodických i aperiodických fotonických strukturách, např. fotonických krystalech), *technologické zkoumání* vytvoření difrakčních (zejména kvaziperiodických) struktur (i obecně pro danou vlnovou délku nedifrakčních) a dále jejich *aplikace*. Je samozřejmé, že významnou oblastí je i charakterizace struktur, např. tvořícího modulačního profilu. Tyto prvky obecně slouží:

- *pro definované formování optických vlnoploch*, např. v průmyslu pro definované motivy zobrazené z laserové vlny,
- *pro obecné zobrazovací účely* – tzv. difrakční optické elementy (DOE), tedy prvky řešící obecné zobrazení podobně jako konvenční čočky – významné místo zde zejména představují hybridní prvky (kombinace difrakčních a konvenčních čoček),
- *k definovanému 3D zobrazování* – tedy tvorbě obecných 3D obrazů, což představuje jak klasické, tak i syntetické hologramy, včetně hologramů duhových, kde se též řeší návazné možnosti vytváření předloh v podobě Ni matic pro sériové zhotovování duhových hologramů technologií lisování,
- *pro optickou ochranu dokumentů* – např. řešení další dodatečné ochrany zejména lisovaných (duhových) hologramů pomocí kryptogramů,
- *k optické manipulaci* (optická pinzeta), zejména ve spojení se syntetickou generací časově proměnlivých fokusujících difrakčních prvků v optických modulátorech;
- *pro speciální optickou litografii* k vytváření periodických „nemřížkových“ struktur, uspořádaných na rovinné podložce, sloužící např. pro biologické i technické aplikace;
- *záznamová média pro holografický záznam* – souvisí s technologickou nezbytností zajišťující inovativní charakter optického záznamu; v našem případě jde jednak o výzkum klasických halogenostříbrných emulzí i speciálních fotopolymerů, připravovaných přímo na fakultě, jednak o zhotovování fotorezistových desek různých formátů s definovaným průběhem odezvy; tyto desky se připravují ze zakoupených tekutých fotorezistů (např. pro optickou litografii).

• **Nelinární optické mechanismy** pro dvoufotonovou a čtyřfotonovou interakci, zejména ve fotorefraktivních prostředích, dále prostorové solitony, fázová konjugace, apod.

• **Optika rentgenová** – je zde řešena jednak oblast speciálních zobrazovacích elementů pro měkčí oblast záření v jednotkách *nm*, využívající jako rtg. zdroj např. vhodně husté plazma, jednak kratkovlnější a „pronikavější“ tvrdší rtg. oblast, kde zobrazení není již možné, sem spadá problematika průmyslové rtg. tomografie. Zde se využívá unikátní průmyslový rtg. 3D tomograf, umožňující prostorovou defektoskopii různých namáhaných výrobků (bloky motorů, převodovek, aj.) s přesností cca desetiny *mm*.

• **Fotonické mikro a nanostruktury** – zejména částicové (kovové, dielektrické, polovodičové). V našem případě s optikou souvisejí jednak fotonické struktury (fotonické krystaly, opálové struktury), dále zmíněné nanostrukturální záznamové materiály, optická senzorika a dále „zdrojové“ fotonické aplikace nanostruktur (LED, polovodičové lasery).

• **Laserové plazma a diagnostické metody** – oblast je svázána s měřením na unikátním laserovém systému jodového laseru Akademie věd PALS (Ústav fyziky plazmatu AV ČR), jehož základ tvoří laserový systém ASTERIX, původně z Ústavu M. Plancka z Garchingu v Německu. I když je systém zaměřen zejména na fyziku plazmatu (inerciální fúze a studium vysokoparametrového plazmatu), má pracoviště i řadu „optických“ potřeb, zejména souvisejících s výzkumně orientovaným systémem SOFIA na Fyzikálním ústavu AV ČR (užití velmi krátkých impulsů, metody diagnostiky impulsů i plazmatu, apod.). Zde řadu problémů řeší studenti i absolventi katedry. Vlastní (menší) laserový systém fakulty je t.č. zaměřen na *fs* impulsy.

Spolupráce ve výzkumu (i při výchově studentů) je nezbytností a odtud často pramení i nová témata bakalářských a zejména diplomových prací; spolupráce se dotýká zejména ústavů AV ČR (ty jsou pak i „odběratelem“ absolventů), konkrétně FzÚ (laserová technika a aplikace laserových systémů - PALS, nanostruktury), ÚFE (vláknová a integrovaná optika, senzorika), ÚMG (manipulace částic), Astronomický ústav, resp. Ústav fyziky plazmatu. Z neakademických pracovišť zmiňme např. Monokrystaly, Ltd. v Turnově, řadu zahraničních pracovišť, aj.

Nezanedbatelnou oblastí je i *spolupráce v oblasti aplikací* (i aplikací průmyslových), které jsou průběžným kamenem dopadu aplikovaného výzkumu a dávající konečnou výzkumu praktický smysl. Partnerem zde je pak zpravidla výrobní podnik, kde se řeší specifický konkrétní problém inovativního charakteru. Zde je možno jmenovat např. Aero Vodochody, holografické producenty jako All in security, Lightgate, v poslední době dochází i ke spolupráci s podnikem Meopta Přerov, dále s ústavy a podniky pro rtg. techniku (bývalý podnik Reflex), Vojenský technický ústav ochrany, aj. Je zřejmé, že problematika může s optikou souviset zprostředkovaně a optický problém je zde vytvořen druhotně.

4. Závěr

Závěrem je možné říci, že se i u nás stává optika perspektivní oblastí (což dříve příliš nebylo). Nesporně tak vzniká i **dlouhodobá potřeba optiky**, což souvisí s širším uplatněním a mezioborovým dopadem optiky. Zmiňme závěrem alespoň rámcově některé trendy:

- *vznikají stále nové mezioborové disciplíny související s optikou* (nanotechnologie, počítačové vidění, robotika, plazma, diagnostické metody, ...);
- *rozšiřuje se pásmo „optiky“* (UV oblast, IČ oblast, oblast měkkého rtg. záření);
- *využívá se optických nelineárních mechanismů* (zejména v laserové technice);
- *vznikají nové koherentní zdroje* (laserové polovodičové diody v nové spektrální oblasti) – nové laserové zdroje vnikají i tam, kde byla dříve doména zdrojů klasických (pak k tomu má co říci např. i difrakční optika);
- *optické komunikace*, vlákna, optické (holografické) paměti, optické počítače, aj.;
- *nové diagnostické optické metody* (renesance a vznik nových oblastí mikroskopie);
- *optická ochrana dokumentů*;
- *integrovaná optika a senzorika*;
- *optické manipulace*;
- *optické metody pro medicínu*;
- *aj.*

Snahou zde bylo podchytit alespoň některé světové významné trendy. Je také zřejmé, že tuto mezioborovou část není možné pojímat jedinou organizační strukturou. Proto ani FJFI ČVUT v Praze není pochopitelně schopna tento širokopásmový trend zachytit. Je tudíž dobře vnímat „co se kde umí“, a spíše řešit novou problematiku účinnou spoluprací, než vlastním výzkumem. Nicméně se FJFI snaží moderní trendy v optice zachytit a předat svým studentům.

Evropská optická společnost (EOS) – hybná síla optiky v Evropě

Evropská optická společnost (EOS) je tvořena 18 národními společnostmi a jednotlivci z více než 40 zemí (celkem 6000 členů). V posledních letech hraje stále významnější roli v organizování optiky v Evropě. V příspěvku je krátce nastíněna její aktuální činnost v evropských aktivitách v optice a fotonice se zaměřením na právě skončenou konferenci EOS Annual Topical Meeting.

Klíčová slova: Evropská optická společnost, aktivita, 7. RP

Devatenácté století je často nazýváno stoletím páry, dvacáté stoletím elektronu a jednadvacáté si dělá čáku na století fotonu. Proč se tak zajímáme o fotony? Důvodů je hned několik:

- Nic nemůže cestovat vyšší rychlostí než je rychlost světla.
- Fotony na rozdíl od elektronů nemají klidovou hmotnost a nevytvářejí odpor.
- Fokuzované laserové světlo vytváří nejvyšší hustotu energie známou na Zemi.
- Fotonové pulsy mohou být velmi krátké (femto a atto sekundy), což jsou časové rozměry, v nichž probíhají molekulární a atomové reakce.
- Světelné svazky jsou vhodné nejen k tomu, aby nám pomohly vidět a pozorovat, ale i k manipulaci s atomy.
- Poněvadž světlo působí virtuálně bezkontaktně, může být použito jako pracovní nástroj i v extrémních podmínkách.

Evropa vede světové tabulky v oblastech osvětlení, měření a automatizace, vidění, optických komponent. Prudce se vzrůstající fotonické technologie v Evropě (246 tisíc zaměstnanců ve více než 5000 optických a fotonických firmách, 19% podíl na celosvětovém trhu), podporované Evropskou komisí, by měly

- umožnit transport, uchování, zpracování a vizualizaci ohromného množství dat, díky čemuž poroste rychle informační tok dat,
- snížit energetickou náročnost zařízení a v blízké budoucnosti podpořit podíl alternativních zdrojů energie ve všech oblastech lidské činnosti.
- V budoucnu by mohly mít optické a fotonické systémy 1000x větší šířku pásma než nabízejí současné systémy. Evropská fotonika je již rovnocenná s evropskou mikroelektronikou co do objemu výroby, ale má podstatně vyšší růst.

Z výše uvedených důvodů jsou současné aktivity Evropské optické společnosti (EOS) zaměřeny na následující cíle:

- Organizaci spolupráce jednotlivých národních optických a fotonických společností.
- Spolupráci s Evropskou komisí při přípravě rámcových plánů rozvoje.
- Podpora vzdělávání v optice a fotonice na všech úrovních studia.
- Organizaci Topical Meetingů (TOM) a sponzorování dalších vědeckých akcí.
- Sestavení kalendáře optických akcí v Evropě (ale i ve světě).
- Publikování elektronického časopisu Journal of the European Optical Society Rapid Publications (JEOS:RP).
- Redakční zodpovědnost za Journal of the European Optical Society, Journal of Optics A vydávané IOP Publishing Ltd, UK.
- Publikování vlastních tištěných i elektronických EOS newsletters.
- Konstantní úsilí směřující ke spolupráci s dalšími významnými společnostmi a koordinace akcí.

- Členství v OPEN: Optics and Photonics European Network.
- Členství v Evropské technologické platformě Photonics21 (více v JMO, 2008, 53, č. 3, s. 93).

Ve dnech 30. září až 3. října 2008 se při příležitosti veletrhů Opto, Mesurexpo, Forum de l'Electronique a Visio-show (www.forum4s.com na výstavišti Parc des Exposition, Paris-Nord Villepinte, uskutečnily akce EOS, sdružené pod název EOS Annual Meeting. Ty zahrnovaly schůze jednotlivých výborů společnosti, výroční valnou hromadu a z vědeckého hlediska významný EOS Annual Topical Meeting.

Této akci, která obsahovala 7 konferencí (Biophotonics, Terahertz – Science and Technology, Nanophotonics, photonics crystals and metamaterials, Micro- and nanoscale photonic systems, Organic photonics, Nonlinear optics, Dynamical optics) a dva workshopy (Masters and PhD education in Photonics a Biophotonics Business – opportunity and challenges for European companies), se aktivně zúčastnilo 675 lidí. Bylo předneseno 324 referátů a vystaveno 194 posterů.

Skvělé plenární i zvané přednášky ukázaly zejména směry vývoje fotoniky, jednotlivé konference byly bohatě navštěvovány. Souběžně probíhající veletrhy v sousedních pavilonech pak ukázaly již dosažené praktické výstupy vědeckých a technologických snah (mottem bylo heslo „Velká věda se musí promítnout do inovací velké produkce“).

Valná hromada EOS odhlasovala zvýšení členských příspěvků a zvolila nový Výkonný výbor na následující období (do r. 2010) v němž došlo k výměně čtyř členů s končícím mandátem:

President: Hans-Peter Herzig (Švýcarsko)
Past president: Roberta Ramponi (Itálie)
President elect: Hervé Lefèvre (Francie)
Treasurer: Pierre-Yves Fonjallaz (Švédsko)
Secretary of the Board: Paul Urbach (Německo)
Publications Secretary: Peter Török (UK)
Chairman of Advisory Committee: Pavel Tománek (Česká republika)

Během valné hromady byli také jmenováni noví Fellows EOS – Marco Amiense (Itálie), Nicolas Gissin (Francie), Philippe Granger (Francie), Massimo Inguscio (Itálie), Karl Knapp (Švýcarsko), Pavel Tománek (Česká republika), Peter Török (UK), Jari Turunen (Finsko).

Další významnou akcí, na které se bude EOS podílet, je výroční schůze Evropské technologické platformy Photonics21 ve dnech 8. - 9. prosince 2008 v Bruselu a veletrh Laser Munich v červnu 2009, kdy budou uspořádány další dva Topical Meetingy.

Výroční valná hromada EOS se pak uskuteční v září 2009 v Aberdeenu při příležitosti IOP konference.

Činnost prof. Tománka v orgánech EOS je podporována grantem INGO MŠMT LA 269.

Prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc. (člen Výkonného výboru EOS, předseda Poradního výboru EOS), Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav fyziky, Technická 8, 616 00 Brno, e-mail: tomanek@fec.vutbr.cz

Symposium IMEKO TC 2 Photonics in Measurements

Po 30 letech se do Prahy vrátila mezinárodní konfederace pro měření IMEKO se svým sympoziem o fotonice v měřeních. Technická komise IMEKO s názvem „Photonic Measurements“ pověřila Českou a Slovenskou společností pro fotoniku uspořádáním svého osmnáctého symposia v Praze. Konalo se bezprostředně před konferencí Photonics Prague 08 ve dnech 25. a 26. srpna 2008 v hotelu Olympik. Praha byla dějištěm tohoto symposia již po třetí. Poprvé tomu bylo v r. 1969 (4. symposium), pak v r. 1978 (8. symposium); obě tyto akce byly konány ještě pod starým názvem komise IMEKO TC 2 „Detektory fotonů“. Změna názvu na *Fotonika v měření* byla zavedena na 13. sympoziu v r. 1987 v německém Braunschweigu.

Organizování 18. symposia bylo svěřeno pražské agentuře Action-m a bylo podpořeno Akademií věd České republiky, Slovenskou akademií věd, Mezinárodní komisí pro optiku ICO, Evropskou optickou společností EOS a českou optickou firmou Meopta-optika, s. r. o., Přerov.



Obr. 2 Pohled na účastníky symposia při přednášce



Obr. 1 Zahájení symposia TC 2: Předseda IMEKO TC prof. T. Pfeifer (v levo) a předseda symposia Ing. M. Jedlička, CSc.

Předseda symposia Miroslav Jedlička přivítal na zahájení presidenta IMEKO TC 2 prof. Tilo Pfeifera z Německa, jednoho z bývalých presidentů TC 2 dr. Janose Schandu z Maďarska a předsedu Českého národního komitétu IMEKO doc. Ing. Jaromíra Volfa, Dr. Sc.

Na sympoziu bylo registrováno 45 účastníků z těchto zemí: Brazílie, České republiky, Číny, Dánska, Indie, Itálie, Japonska,

Maďarska, Mexika, Německa, Polska, Rakouska, Ruska, Slovenska, Španělska, Ukrajiny a Velké Británie. Patnáct přednášek si připravilo celkem 95 autorů a spoluautorů. Třináct posterů vyvěsilo celkem 51 autorů a spoluautorů.

Sborník přednášek, editovaný M. Jedličkou, M. Klímou, E. Košťálem a P. Pátou, je publikován na CD s názvem Proceedings of the 18th IMEKO TC 2 Symposium on Photonics in Measurements. Má 195 stran a je v něm otištěno 33 příspěvků, které autoři předali k publikaci. Sborník je možné objednat u pořádající agentury na www.action-m.com.

Program byl rozdělen do těchto odborných sekcí: (1) Interferometry and Optical Testing Techniques (4 přednášky), (1) Image Processing and Simulation (3 přednášky), (3) Spectroscopy and Scattering Techniques (4 přednášky), (4) Optoelectronic Sensor Technologies and Light Sources (2 přednášky), (5) Applications for optical 1D and 2D Sensors (1 přednáška), (6) Fiber Optical Sensors (1 přednáška) a (7) Development of Optical Measurement Systems (9 přednášek). Posterová sekce byla jedna.

Společenskou událostí symposia byla večerní projížďka parníkem Poseidon večerní osvětlenou Prahou spojená se společnou večeří.

Příští 19. symposium se bude konat v r. 2011 v Číně v univerzitním městě Hangzhou.

Miroslav Jedlička

Ing. Miroslav Jedlička, CSc., Česká a Slovenská společnost pro fotoniku, Jemenská 581, 160 00 Praha 6, e-mail: jedlickam@volny.cz

Electronica 2008

components | systems | applications
www.electronica.de

**23. mezinárodní odborný veletrh elektronických součástek, systémů a aplikací
Mnichov, 11. - 14. listopadu 2008**

Optický monitoring tenkých vrstev na vakuových aparaturách fy Leybold

Monitoring napařování vrstev je nejdůležitější faktor celého vrstvení. Je na něm založena přesnost i opakovatelnost výsledku. Vakuové komory německé firmy Leybold Optics mají vlastní systém optického monitoringu. Z důvodu různorodosti vrstev existuje 5 algoritmů, které tento optický monitorovací systém OMS5000 tvoří.

Klíčová slova: tenké vrstvy, optický monitoring, vakuové komory, napařování

S narůstajícím trhem v oblasti optiky roste i velká poptávka jak po běžných optických prvcích, tak i po těch, se kterými člověk běžně do styku nepřichází. A když už s nimi do styku přijde, tak si jejich funkci ne příliš uvědomí. Vrstvení, coby konečná úprava optických prvků má dnes svůj smysl a bez vrstvení se dnes už optické prvky téměř nevyskytují. Nejde jen o antireflexi pro zlepšení parametru prvku, ale je třeba i světelné spektrum filtrovat, odrážet, nebo dokonce světelný paprsek dělit.

Nanášení těchto vrstev, ať už napařování nebo naprašování, je nutné co nejkvalitněji monitorovat, aby výsledek konečné vrstvy byl co nejlepší a nejpřesnější. K čemu by pak sloužil úzkopásmový filtr, který bude ve spektru o desítky nanometrů posunutý a propustí jinou oblast světla, než je požadavek.

Na starých vakuových aparaturách se převážně proces monitoroval krystalem. Křemenný krystal, kmitající na hodnotě 6 MHz, při napařování mění svůj kmitočet řádově v tisícinách a tím umožňuje měřit napařenou masu materiálu. Jenže velmi závisí na kvalitě vybrušení krystalu a na jeho pozici ve stroji a proto proces kontrolován pouze krystalem nemusí být nejpřesnější.

Pokud proces napařování nepoužívá topení uvnitř komory, vlivem zahřívání materiálu na hodnotu sublimace vzniká parazitní teplo, které komoru vytopí. Při delším procesu (cca 10 vrstev a více) je tato teplota už dosti vysoká (100 °C a více) a vrstva se tím pádem napařuje za různých podmínek. Proto lepší stability vrstvy dosáhneme automatickým topením uvnitř komory, což zaručuje opakovatelnost a stejnorodost vrstvy.

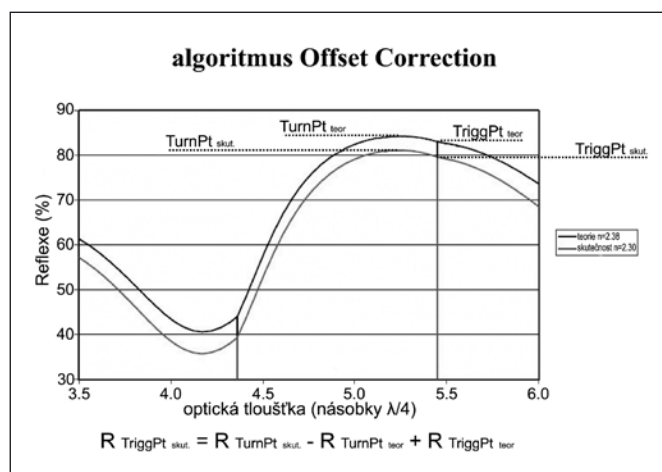
Pokud však stále monitorujeme napařování na krystal, opakovatelnost se pohybuje v rozdílu cca 10 nm v závislosti na počtu vrstev. Tato diference je dána důsledkem drobných změn indexu lomu materiálu uvnitř komory.

Společnost Leybold Optics, sídlící v německém Alzenau a patřící do světové špičky ve výrobě vakuových komor, přišla před několika lety se svým vlastním systémem optického monitoringu, který právě monitoruje změny indexu lomu a dle zvoleného algoritmu je dokáže korigovat. Při napařování tedy už přestáváme mluvit o fyzické tloušťce, ale o tloušťce optické. Jednotkou jsou násobky $\lambda/4$.

Algoritmů je celkem 5, které systém OMS5000 (poslední verze) nabízí. Jejich názvy jsou prosté: Offset Correction, Forward_1, Forward_2, Backward_1, Backward_2.

V objasnování jednotlivých algoritmů je nutná znalost dvou pojmů. Turning point (TurnPt) je bod, který označuje spodní nebo horní peak vlny, Trigger point (TriggPt) je bod, kde vrstva vždy končí a začíná v pořadí vrstva další.

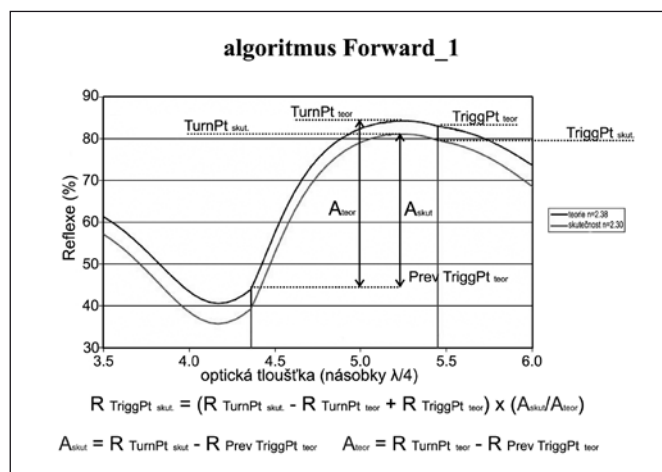
Na obr. 1 je zakreslena funkce algoritmu Offset Correction. Jedná se o základní algoritmus, od kterého jsou všechny následující algoritmy odvozeny. Vzorec je znázorněn taktéž v obr. 1 po grafem.



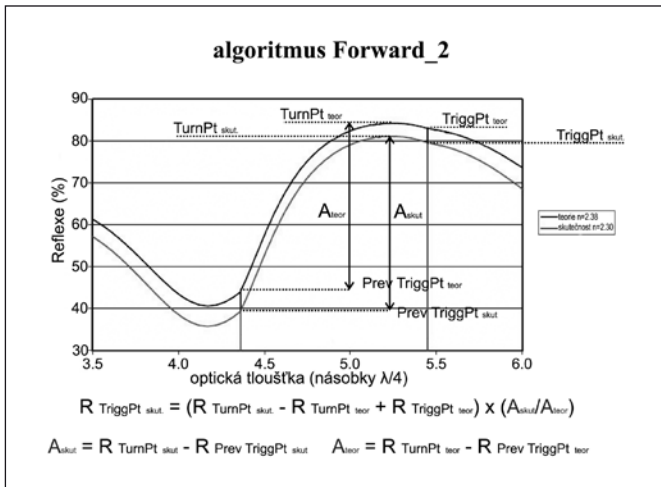
Obr. 1

U ostatních je algoritmů Offset correction pouze základem a přidán je tzv. korekční faktor, jehož velikost se liší. Hodnota korekčního faktoru je patrná z obr. 2 – obr. 5.

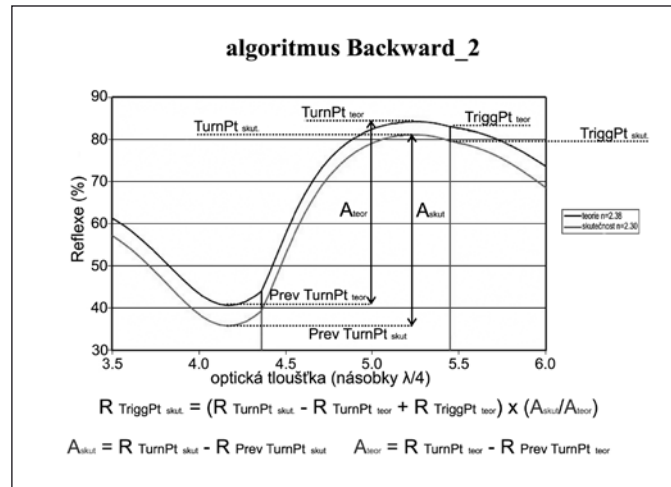
Pro shrnutí platí: rozdíl mezi algoritmy Forward a Backward je, že Forward počítá s předchozími konci vrstev (Previous Trigger Point), kdežto Backward počítá s předchozími peaky vrstev (Previous Turning Point).



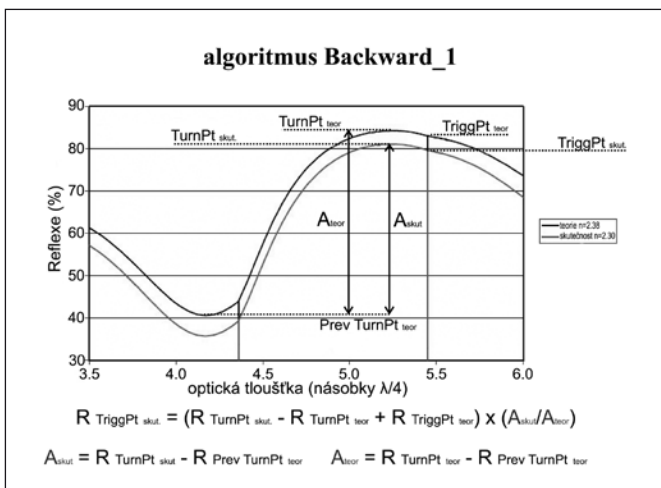
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 5



Obr. 4

Firma Leybold Optics obecně doporučuje využívat algoritmus Backward_2, ale ze zkušenosti vývoje složitějších tenkých vrstev soudíme, že není obecný algoritmus, který by byl nejlepší. Velkou roli hraje i poloha monitorovacího skla. Jelikož ve vakuové komoře jsou dvě možné polohy skla – ať už ve středu rotace kolotoče, nebo přímo na segmentu mezi kusy, je algoritmus pro každou vrstvu jiný.

Když více rozebereme polohu těchto skel, každá má své výhody a nevýhody. Při použití centrální polohy skla měříme reflexi kontinuálně. Sklo má svou stálou polohu a tím je možno využít

i externího motoru pro jeho rotaci. V praxi to vypadá tak, že monitorovací sklo má 12 poloh, ze kterých je pouze jedna poloha určená pro monitoring a ostatní jsou zakryté. Při několikanásobných vrstvách (20 a více), je tak možné rozdělit systém vrstev až na 12 částí a tím zabezpečíme, že pokud dojde k malé chybě v monitoringu v prvních vrstvách, chyba se nebude kumulovat dále, jelikož dojde k přetočení na další nezavrstvenou pozici monitorovacího skla dle programu. Nevýhodou je, že napařované kusy jsou umístěny v jiné poloze než je testovací sklo a musíme zavést pojem optický tooling factor. Ten kompenzuje tento nemalý rozdíl vrstev v různých polohách stroje.

Druhým systémem je monitoring přímo ve stejné pozici, jako jsou umístěny kusy, ale je jasné, že monitorovací sklo se tím pádem pohybuje a měření je pouze periodické na časové ose. Vzhledem k rychlosti rotace však toto periodické měření nezpůsobuje téměř žádné zpoždění. Hlavním problémem je tedy nemožnost použít více monitorovacích skel, jelikož to technologicky není možné. Při vzniku chyby u prvních vrstev se chyba kumuluje až do konce a podle toho může být větší diference hodnot transmise nebo reflexe. Diferenci u tohoto systému měření dosahujeme cca 8 nm. U předchozího systému centrálního měření je tato hodnota diference cca 4 nm. Tato diference je však částečně ovlivněna i drobnými rozdíly v podmínkách vrstvení. Pojem tooling factor, který byl zmíněn v předchozím odstavci, zde zavést nemusíme, neboť monitorujeme ve stejné vzdálenosti od osy rotace, kde jsou umístěny napařované kusy.

Závěrem je nutné říci, že optimální algoritmus je zvolen dle vývoje vrstvy tak, aby proces měl zaručenu opakovatelnost a výsledek se co nejvíce přibližoval nebo rovnal teoretickému návrhu. Nejčastější volbou je však doporučovaný algoritmus Backward_2.

THE MEASUREMENT OF PYROELECTRIC SENSOR SIGNAL USING LOW-NOISE WIDEBAND MEASUREMENT PREAMPLIFIER

Alexandr Knápek

Brno University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Communication,
Department of Physics, Technická 8,
616 00 Brno, Czech Republic
Mail: xknape03@stud.feec.vutbr.cz

Otakar Hutař, Petr Pfeifer

TYCO Fire & Integrated Solutions, s.r.o.
Novohradská 944/163, 1421 Praha 4
Branch: TYCO Safety Products, Evropská 873,
664 42 Modřice, Czech Republic
Mail: ohutar@tycoint.com, ppfeifer@tycoint.com

In the previous paper, a design of the special amplifier, intended for pyroelectric signal measurement, has been presented. [1] This paper presents the results, achieved using this amplifier for the measurements of signal characteristics of pyroelectric sensors in our testing lab. The amplifier is being used for the measurements connected to the solution to the specific tasks i.e.: Development of technology of spatial localization of various infrared sources, testing of infrared sources and their reliability, moistening immunity, signal-noise measurement under different condition etc.

Keywords: pyroelectric sensor, noise measurements, flame detectors

1. THE CONSTRUCTION OF MEASUREMENT AMPLIFIER

On the basis of our previous findings, a fully operational, standalone amplifier was constructed. The amplifier consists of three independent amplifier channels, which can process 3 independent analogue signal with a very negligible self-noise. The gain of each of the three amplifiers was set to the 20dB (or else gain of ten-times) in order to process signal of the pyroelectric sensor, which also contains integrated operational amplifier on its output. This gain could be simply switched by only swapping one resistor. The essential part, which makes our preamplifier very universal and mobile, is an integrated power source based on the two powerful Li-Ion accumulators. Essential part of the device is also the integrated charger, which is able to refresh the accumulators in less than 3 hours. The charged status of accumulators is signalized by LEDs. The employment of accumulators was chosen in to avoid the external noise (which comes from the ordinary DC source).

The power spectral density of output noise of the AK-07 pre-amplifier is shown on the *Fig. 1*. The preamplifier was compared with the professional one, the PA-15 made by the “3S – Stanislav Sedlák” company. This product is intended also for the wide-band low noise measurements, for amplification of the acoustic emission signal coming from the piezoelectric sensors. From the figure can be seen, that our preamplifier is approaching PA-15’s parameters on higher frequencies (1 kHz and higher). This is caused due to the default parameters of operation amplifier used, where the output distortion is getting smaller with lower amplification rate and with the higher frequency. This problem can be solved using amplifier without DC feedback, for our future measurements, this performance is acceptable, because the power noise spectral density of the pyroelectric sensors is on the level of the $6.25 \cdot 10^{-10} \text{ V}^2/\text{Hz}$. This is much higher, than the noise of our preamplifier.

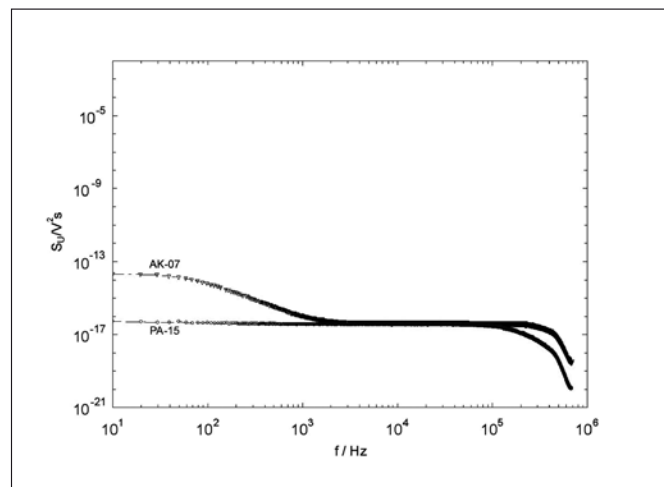


Fig. 1 Noise Power Spectral Density of the AK-07 (black) comparing to PA-15 (blue)

The mechanical construction is robust. The amplifier’s PCB is mounted in to the sturdy metal hardcase, which shields the external radiation and electrical fields and also protects the amplifier from the unwanted mechanical impact.

2. MEASUREMENT INSTALLATION

A measurement installation, intended for the measurement of pyroelectric sensors signal, has been developed on the basis of the European Norm (EN 54-10, part 10) [3]. This norm recommends the measurement methodology of basic parameters for the Flame

detectors. According to this norm, an optical bench (equipped with ruler to identify the position of components) is used. A conventional chopper technique is used to make the output signal from sensor oscilloscopically measurable.

The chopping frequency is selected for the 4Hz in all our experiments. 4Hz chopper frequency is an optimum with respect to the signal distortion occurring by higher frequencies due to slow response caused by the capacitive phenomena of IR sensors. The essential part of our measurement was the IR radiation source. For all the measurements the small cavity (6mm diameter) Black-Body was used.

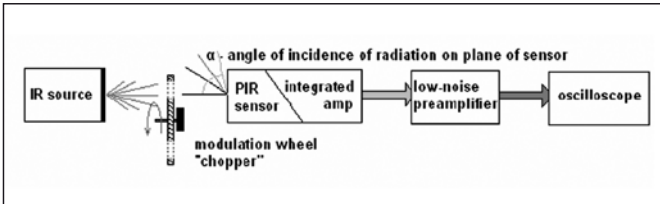


Fig. 2 Schematic block of Measurement chain intended for the pyroelectric sensor testing

The whole measurement chain is illustrated on the *figure 2*. All the measurements were made with InfraTec LME-345f pyroelectric detector with window filter transmitting wavelengths from 4.1 to 4.5 μm , which are typical for the flame, involved by the carbonaceous fire (as have been mentioned in previous paper).

3. PYROELECTRIC SENSOR

The InfraTec LME-345f [2] sensor was used for the experiments described. The LME-345f is thermal compensated IR sensor. It has integrated on-board CMOS preamplifier, which works as an impedance converter (separator) and "prepares" the signal to be amplified with our measurement preamplifier. The detector is based on the lithium tantalate crystal with the aperture of 5x5 mm square.

4. EXPERIMENTAL SETUP

Basically, there were three types of measurements done:

1. Noise measurements of the designed preamplifier (as described before in the text)
2. Sensor's function dependence on the distance with burner and black-body
3. S/N measurements of the pyroelectric sensor located in the environmental chamber

Our goal is to observe the functional dependency of the detector's distance on the used IR source (cavity Black-Body). We also need to observe the signal intensity on the changing angle of the detector. For both experiments, the same conditions like on the figure one will be used. The experiments were done on optical bench. The sensor – IR source distance and tilt angle of sensor were chosen as well, during the experiments

5. RADIATION MEASUREMENT ON THE BLACK-BODY

This method investigates functional dependence between signal intensity and distance and angle between the black-body (which is considered to be referential IR source) and pyroelectric (sometimes referred as PIR) sensor. In our experiment, the black-body source was located in the front of the pyroelectric sensor and the distance between them was changed in order to find the dependence of signal intensity of distance. According to the theory - any point source which spreads its influence equally in all directions without a limit to its range will follow the inverse square law. This comes from geometrical considerations. In this experiment, it has been proved that the pyroelectric sensor's sensitivity is dependent on the distance

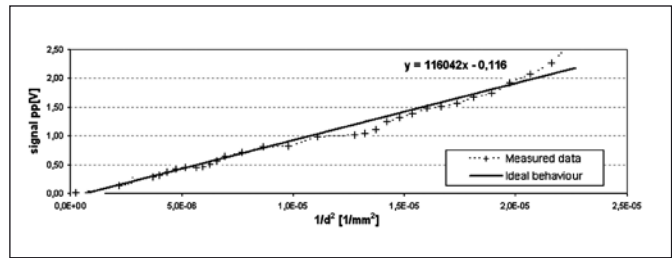


Fig. 3 Functional dependency of the detector's intensity on the 1/dist. squared on the BB

of the infra-red radiation source. The behavior is similar for every pyroelectric sensor. It can be seen from the measured data, that the detector's output intensity is inversely proportional to the square of the distance from the source of infra-red radiation, or simply the output characteristics follows the inverse square law (*fig. 3*). This will be important for the analytical source localization, where the sensor's output characteristics can be very simply substituted using suitable linear function.

Next part of the experiments deals with the Black-Body's temperature, which also has a major influence on the output signal. Our task was to determine the distance/temperature functionality. For this exercise, the previous setup was slightly modified. The signal has been measured for the three various distances (300, 450 and 600 mm), where the Black-Body's temperature was sequentially increased, from the 400°C to the 800°C.

From the *fig. 4*, it can be seen that the functional dependency of the detector's distance on the Black-Body's temperature is almost perfectly linear. Color points mark the measured values for the 4 various distances. The dashed line symbolizes linear regression, which could be used with very high reliability for all the measured range.

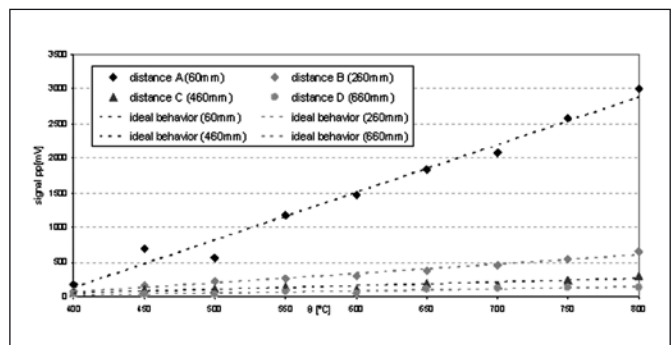


Fig. 4 Functional dependency of the detector's distance, on the temperature of the BB

The observation of signal intensity change on the change of the detector's angle, with respect to the optical axis has been made in 3 various positions (distances) from the BB - the 300 mm (where the signal level is still quite strong) and in 450 mm and 600 mm distance, as it is illustrated on the *Fig. 5*.

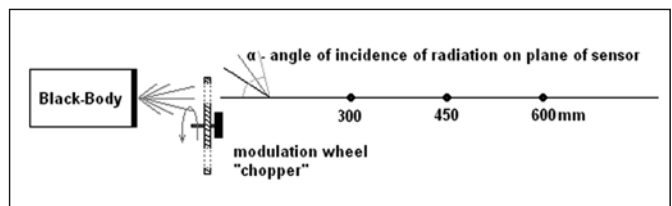


Fig. 5 Measurement setup for the signal intensity change in the three various distances

In every measurement, 10 angle positions have been recorded. According to the measurement we can observe, that the graph shows rapid decrease of signal when the sensor's plane is turned in angle 50° against incident IR rays. This angle almost approaches the critical angle of optical system of sensor/windows, IR filter, crystal surface/. The IR rays are scattered away of the sensor.

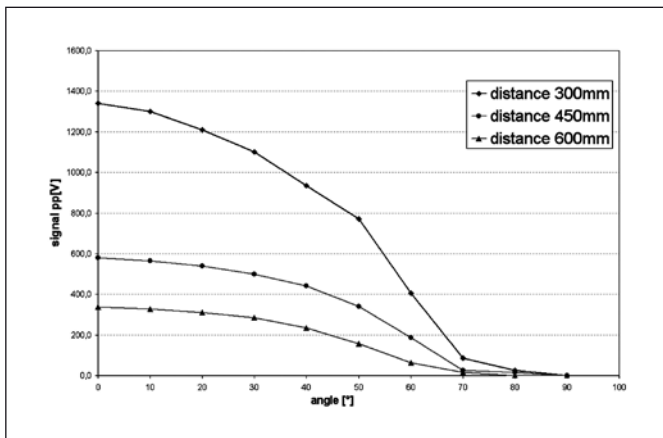


Fig. 6 Functional dependency of the detector's distance, on the temperature of the BB

6. ENVIRONMENTAL CHAMBER S/N MEASUREMENT

This measurement shows how can environmental conditions, mainly the temperature, influence the results of measuring and signal production as well. In this experiment, variable thermal conditions in order to find, if there is some dependency of noise population on temperature. The temperature cycle is illustrated on the *figure 7*.

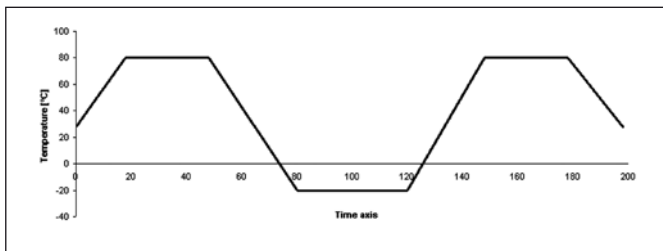


Fig. 7 Temperature cycle, during the experiment

Thermal noise is an electronic noise generated by the thermal agitation of the charge carriers (usually electrons) inside an electrical conductor at equilibrium, which happens regardless of any applied voltage. Thermal noise is approximately white, meaning that the power spectral density is equal throughout the frequency spectrum. The amplitude of the signal has nearly as Gaussian probability density function.

Experimental setup consists of an oscilloscope connected to the pyroelectric sensor, that was located in metal box (in order to correspond with EMC rules) and this was located in the environmental chamber. Test thermal conditions were set according to the norms used for standard detectors testing. The cycle started from 25°C and continued to the 80°C limit, that was hold exact time period. Then the temperature started to decrease back until 25°C . These two different thermal conditions (which are certified by the manufacturer as working temperatures) were fundamental for our research in order to trace the thermal dependency of pyroelectric detectors.

Fig. 8 shows, that the noise spectral density is dependent on temperature. The temperature increase leads to the increase of the bias current of the integrated operation amplifier and the decrease of current on feedback resistor. This conditions leads to the higher output noise. This increase in noise is substantial at

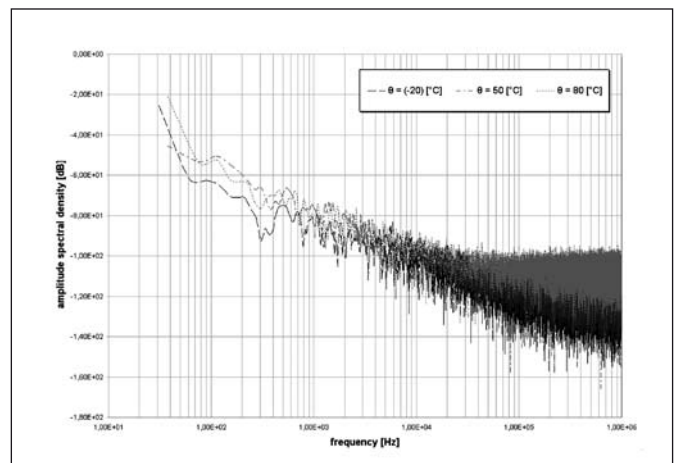


Fig. 8 Voltage noise temperature behavior of the InfraTec LME345-f pyroelectric sensor

lower frequencies. The temperature dependency of detectors with operation amplifier circuitry is more influenced by the modulation frequency than the detectors with only integrated FET amplifier. The rest of the noise spectra is affected the so called "flickering noise" (sometimes referred as the $1/f$ noise), which is proportional to the reciprocal of the frequency. Theoretically, at the higher frequencies the $1/f$ noise is never dominant, that fully corresponds with our measurement.

This series of experiments fully characterizes the behavior of the pyroelectric infrared sensor for the (almost) ideal radiation source. All the obtained parameters will be used in the future in further circle of learning, to find the optimal conditions for the spatial IR source localization.

7. CONCLUSION

In our present work, we have designed, manufactured and tested the low-noise preamplifier and measurement workbench intended specially for the pyroelectric sensor measurements defined according by the European Norm (EN 54-10, part 10). [3] This measurement bench serves for the signal intensity/distance and intensity/angle measurements, which is one of the main characteristic of the flame detector. We can take advantage of this knowledge for the exercise of spatial flame localization using conventional mathematics.

The experimental arrangement was also used for the signal/noise measurements in the environmental chamber, where we have observed the thermal dependency of the pyroelectric sensor. At the moment, the noise tests of sensor's package are being investigated.

References:

- [1] KNÁPEK, Alexandr, HUTAŘ, Otakar, PFEIFER, Petr. Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors. *Jemná mechanika a optika*. 2008, roč. 53, č. 3, s. 90-92.
- [2] NEUMANN, Norbert, HANNJO, Sänze, HEINZE, Matthias. Pyroelektrische Detektoren mit integrierten Operationverstärker für hohe Modulationsfrequenzen [online]. 02. Dezember 2005 [cit. 2008-08-04]. Dostupný z WWW: <http://www.infratec.de/fileadmin/downloads/pdf/pyroelektrische_detektoren.pdf>.
- [3] ČSN EN 54-10 (342710) Elektrická požární signalizace - Část 10: Hlásiče plamene - Bodové hlásiče část 10, Praha, Český normalizační institut 2002. Datum vydání normy 12. 1. 2002. Datum účinnosti normy 01. 01. 2003 Věstník poslední změny normy 05, 2006. Norma je platná

Vlastnosti skloviny a ich závislosť na teplote

Pri bezkontaktných meraniach teploty objektov, pri meraní a vyhodnotení úniku tepla z budov sa stretávame s materiálmi, ktoré možno označiť ako priehľadné alebo polopriehľadné. Jedným z bežne používaných materiálov je sklo. V príspevku sa pokúšame analyzovať vlastnosti skla, jeho emisivitu v závislosti na vlnovej dĺžke a teplote.

Kľúčové slová: emisivita, reflektivita, absorptivita, transmisivita, reflektancia, absorptancia, transmitancia

1. ÚVOD

Technológia výroby skloviny vyžaduje kontinuálne meranie teploty počas tavenia sklárskeho kmeňa a najmä v procese chladenia vytavenej skloviny v chladiacej peci. Pri každom spôsobe tvárnenia skla sa musíme snažiť zabrániť lomu skla vzniklého vnútorným napätím v sklovine, ktoré sa „zakonzervuje“ v skle počas jeho chladnutia. Vnútorné pnutie zapríčiňuje popraskanie skla často aj po dlhšej dobe skladovania alebo používania. K popraskaniu dochádza najmä pri náhodnom mechanickom porušení povrchu alebo pri tepelnom namáhaní skla. Vnútorné pnutie vzniká tým, že sklo bolo rýchlo a nerovnomerne ochladzované. Toto sa prejaví tlakom a ťahom v skle medzi rýchlo chladnúcou vonkajšou vrstvou a pomalšie chladnúcim jadrom. Vnútorné pnutie vzniká aj vtedy, ak dve spolu stavené sklá majú veľký rozdiel súčiniteľov teplotnej dĺžkovej rozťažnosti. Tomu možno zabrániť iba vhodnou voľbou spolu stavovaných materiálov. V prvom prípade sa vnútorné pnutie odstraňuje bezprostredne po vytavení a tvárnení skla tým, že sa udržuje pri takej teplote, alebo sa znovu zahrieva na teplotu asi o 5 °C vyššiu ako je horná chladiaca teplota [1] (annealing point). Doba vyhrievania a postupného ochladzovania závisí od tvaru, veľkosti a druhu skla a stanovuje sa temperovacím programom v postupných krokoch určených technológom sklárne [2]. Kontaktné teploměry sa používajú iba na kontrolu teploty pece, t.j. kontrolu atmosféry pece. Pri priamom kontaktnom meraní teploty skloviny by už nebolo možné kontaktný teplomer z čiastočne stuhnutej skloviny vybrať. Kontaktné meranie teploty pece len čiastočne odráža teplotu skloviny v peci, a preto sa začali začiatkom 70-tych rokov 20. storočia aj v sklárskom priemysle používať radiačné teploměry - pyrometre. Špecifickým problémom radiometrického merania teploty skla ako priehľadného telesa je to, že tepelné žiarenie nie je vyžarované iba samostatným meraným objektom, ale aj žiarením prostredia, ktoré sa nachádza za ním. Z tohto dôvodu je potrebné uvážiť, že tepelné žiarenie priehľadného objektu závisí aj od jeho hrúbky. Toto bolo predmetom nášho skúmania.

2. ODRAZIVOSŤ A PRIEPUSTNOSŤ NA ROZHRAŇÍ DVOCH PROSTREDÍ

Absorbujúce prostredie je charakterizované komplexným indexom lomu $N = n - j\kappa$, kde reálna časť n je index lomu, imaginárna časť pozostáva z konštanty κ charakterizujúcej absorpciu materiálu. Elektrické parametre prostredia: relatívna permitivita $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$ a permeabilita $\mu_r = \mu/\mu_0$ určujú rýchlosť šírenia elektromagnetickej vlny v danom prostredí $v = c_0/N$, kde c_0 je rýchlosť svetla vo vákuu a $N = 1/\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}$. Merná elektrická vodivosť γ určuje absorpciu elektromagnetickej vlny v prostredí. Medzi elektrickými a optickými parametrami platia vzťahy [3]:

$$n^2 - \kappa^2 = \epsilon_r \cdot \mu_r, \quad n\kappa = \frac{\gamma \cdot \mu_r}{4 \cdot \pi \cdot v \cdot \epsilon_0}, \quad (1)$$

kde v je frekvencia elektromagnetickej vlny. Rozhranie medzi vzduchom a absorbujúcim prostredím je obecné charakterizované odraznosťou $R = R(\lambda, \vartheta_1)$, kde λ je vlnová dĺžka, ϑ_1 uhol dopadu lúča na rozhranie [4]. Uvažujme len kolmý dopad na rozhranie $\vartheta_1 = 0$. Normálová odraznosť - reflektivita povrchu R_n je daná vzťahom:

$$R_n = \frac{(n-1)^2 + \kappa^2}{(n+1)^2 + \kappa^2}. \quad (2)$$

V praxi sú zaujímavé dva prípady. Ak vodivosť prostredia je malá, t.j. $\gamma \ll 2 \cdot \pi \cdot v \cdot \epsilon$, potom κ možno vo vzťahoch (1) a (2) zanedbať, takže

$$n = \sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}. \quad (3)$$

Tento prípad charakterizuje situáciu v dielektrikách a pri vysokých frekvenciách (ultrakrátké UV, RTG, a gama žiarenie). Ak je vodivosť prostredia veľká, t.j. $\gamma \gg 2 \cdot \pi \cdot v \cdot \epsilon$, bude $n = \kappa$ [4], čo je typické u kovov. Potom z (1) vyplýva

$$n = \sqrt{\frac{\gamma \cdot \mu_r}{4 \cdot \pi \cdot v \cdot \epsilon_0}}. \quad (4)$$

Elektromagnetická vlna, ktorá vniká do absorbčného prostredia, je v dôsledku absorpcie zoslabovaná. Podľa Lambert-Beerovho zákona normálová transmisivita T_n je určená vzťahom

$$T_n = \exp(-ax), \quad (5)$$

kde a je koeficient absorpcie a x hrúbka absorpčnej vrstvy. Medzi koeficientom absorpcie a a konštantou κ platí vzťah [4]

$$a = \frac{4 \cdot \pi}{\lambda} \cdot \left(\frac{\kappa}{n} \right), \quad (6)$$

kde κ/n je koeficient extinkcie, λ vlnová dĺžka.

V reálnych telesách ohraničených prednou a zadnou plochou vlna vnikajúca do telesa čiastočne prechádza cez zadnú plochu a čiastočne sa odráža späť k prednej ploche. Ak uvažujeme viacnásobný odraz a lom medzi prednou a zadnou plochou, potom odrazivosť- reflektancia ρ a priepustnosť- transmitancia τ je určená výrazmi [4]:

$$\rho = R + \frac{(1-R)^2 \cdot R \cdot T^2}{1-R^2 \cdot T^2}, \quad \tau = \frac{(1-R)^2 \cdot T}{1-R^2 \cdot T^2}. \quad (7)$$

Pre polopriehľadné prostredie je pohltivosť- absorptancia $\alpha = 1 - \rho - \tau$, takže zo vzťahu (7) pre absorptanciu α platí:

$$\alpha = \frac{(1-R) \cdot (1-T)}{1-RT} \quad (8)$$

Rozdiel medzi reflektivitou R , transmisivitou T , absorptivitou A a odrazivosťou-reflektanciou ρ , priepustnosťou-transmitanciou τ , absorptanciou α , je v tom, že R , T , A charakterizujú rozdelenie energie pri dopade vlny na rozhranie dvoch prostredí, zatiaľ čo ρ , τ , α charakterizujú rozdelenie energie cez polopriepustné prostredie určitej hrúbky d . Pre izotropické prostredie ak $R^2 \cdot T^2 \ll 1$ zo vzťahu (8) v súlade s Kirchhoffovým zákonom žiarenia pre normálovú spektrálnu emisivitu vyplýva

$$\varepsilon_{\lambda n} = \alpha(\lambda) = (1-R_n) \cdot [1 - \exp(-a \cdot d)] \cdot [1 + R_n \exp(-a \cdot d)] \quad (9)$$

kde d je hrúbka objektu.

3. INTERAKCIA ELEKTROMAGNETICKEJ VLNY S PROSTREDIEM

Uvažované absorbujúce prostredie sa skladá z molekúl a atómov. Celková energia molekuly $E = E_v + E_r + E_c$, kde E_v je energia kmitania jadier, E_r energia otáčania molekuly okolo vlastnej osi, E_c energia orbitálneho pohybu elektrónov okolo jadra. V obvyklých podmienkach $E_r \ll E_v \ll E_c$ pri absorpcii žiarenia dochádza k preskokom medzi dvoma energetickými stavmi $E_1 \rightarrow E_2$ ($E_2 > E_1$), čím dôjde k pohlteniu energie fotónu $\Delta E = E_2 - E_1 = h \cdot \nu$ s frekvenciou ν . V celom rozsahu elektromagnetického žiarenia možno pozorovať jav absorpcie. Energetickým prechodom spojených s preskokom valenčných elektrónov prislúchajú frekvencie $\nu = (10^{15}-10^{17})$ Hz. Elektrónové spektrá absorpcie sa nachádzajú v UV, viditeľnej a blízkej IR oblasti $\lambda = (0,1-1,0)$ μm . Vibračné prechody spojené so zmenami v rotačnom stave absorbujú žiarenie s frekvenciami $\nu = (10^{13}-10^{14})$ Hz, čomu zodpovedá blízka a stredná oblasť IR žiarenia $\lambda = (2-50)$ μm . Infračervené absorbné spektrum je teda odrazom vnútramolekulových pohybov. Pri viacatómových molekulách je absorpčné spektrum výsledkom kombinácie a násobkov základných, tzv. normálnych kmitaní. Molekula zložená z n atómov môže mať iba $3n-6$ a lineárna molekula $3n-5$ takýchto normálnych kmitaní [5]. Každý atóm má totiž 3 stupne voľnosti, ktoré jednoznačne určujú polohu atómu v priestore. Celkový počet stupňov voľnosti $3n$ treba znížiť o 3 stupne pripadajúce na translačný pohyb molekuly ako celku a o 3 stupne súvisiace s rotáciou okolo 3 hlavných osí. Lineárna molekula môže konať rotáciu iba okolo 2 osí. Normálne kmitanie nie je závislé od ostatných. Tieto kmitania si zachovávajú svoj vlastný charakteristický kmitočet.

Disperziou svetla rozumieme javy spôsobené závislosťou indexu lomu látky na vlnovej dĺžke svetla. Základy teórie disperzie sú založené na vzájomnom pôsobení elektromagnetických vln a nabitých častíc elektrónov a kladne nabitých atómových jadier, ktoré sú súčasťami molekúl a atómov. Každý atóm alebo molekula má vlastnú kruhovú frekvenciu ω_0 . Vplyvom dopadajúceho žiarenia s frekvenciou ω vykonávajú nabité častice v atómových a molekulách vynútené kmity s frekvenciou dopadajúceho žiarenia. Amplitúda a fáza tohto sekundárneho kmitania je určená amplitúdou a fázou vynútených kmitov častíc. Ako je známe, periodická sila s kruhovou frekvenciou ω vyvolá vynútené kmity, ktorých amplitúda A a fáza φ sú dané vzťahmi:

$$A = \frac{k}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}, \quad \text{tg}\varphi = -\frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (10)$$

kde k je konštanta a β koeficient charakterizujúci útlm kmitov sústavy. Amplitúda vynútených kmitov v okolí rezonancie $\omega = \omega_0$ je veľká a malá pri veľkých hodnotách rozdielu $\omega_0^2 - \omega^2$. To isté platí aj pre fázový rozdiel, ktorý je najväčší v okolí rezonancie vzhľadom k primárnemu vlneniu. Z toho vyplýva, že svetlo, ktorého frekvencia

je vzdialená od frekvencie vlastných kmitov atómov alebo molekúl, prechádza prostredím rýchlosťou blízkou rýchlosti svetla vo vákuu a pre tieto vlnové dĺžky je index lomu prostredia blízky jednotke. Ak frekvencia ω sa blíži k frekvencii vlastných kmitov častíc prostredia, rýchlosť svetla je iná ako rýchlosť svetla vo vákuu a taktiež aj index lomu sa líši od jednotky. Rozoznávame tri prípady:

- pre $\omega < \omega_0$ sú vynútené sekundárne kmity oneskorené vo fáze za primárnymi vlnami a index lomu je anomálne veľký a rýchlosť $v < c$.
- pre $\omega > \omega_0$ vynútené kmity predbehajú vo fáze kmity primárne a index lomu je anomálne malý.
- pri $\omega = \omega_0$ je veľká absorpcia, pretože vynútené kmity majú veľkú amplitúdu.

Ako už bolo spomenuté, prostredie zložené z molekúl a atómov má určitý počet vlastných frekvencií $\omega_{01}, \omega_{02}, \omega_{03}, \dots, \omega_{0i}$, ktoré udávajú absorpčné čiary. Z elektromagnetickej teórie vyplývajú pre optické parametre prostredia nasledovné vzťahy [6]

$$n^2 - \kappa^2 = 1 + \sum_i \frac{a_i (\omega_{0i}^2 - \omega^2)}{(\omega_{0i}^2 - \omega^2)^2 + g_i^2 \omega^2}, \quad (11)$$

$$2n\kappa = \sum_i \frac{a_i g_i \omega}{(\omega_{0i}^2 - \omega^2)^2 + g_i^2 \omega^2},$$

kde a_i je úmerné počtu častíc i -tého druhu (molekúl, atómov) v jednotke objemu, druhej mocniny náboja elektrónu e^2 , a nepriamo úmerné hmotnosti častice m_i ; g_i je koeficient tlmenia, ktorý zohľadňuje stratové sily majúce charakter trenia a sú spôsobené zrážkami častíc (molekúl, atómov) daného druhu [6].

Pre priehľadné dielektriká je permeabilita μ_r rovná jednotke, takže zo vzťahu (3) vyplýva $n^2 = \varepsilon$, a zo vzťahu (1) potom vyplýva, že $\kappa = 0$. Vzťah (11) môžeme rozpísať do tvaru

$$n^2 = 1 + \frac{a_1}{\omega_{01}^2 - \omega^2} + \frac{a_2}{\omega_{02}^2 - \omega^2} + \dots, \quad (12)$$

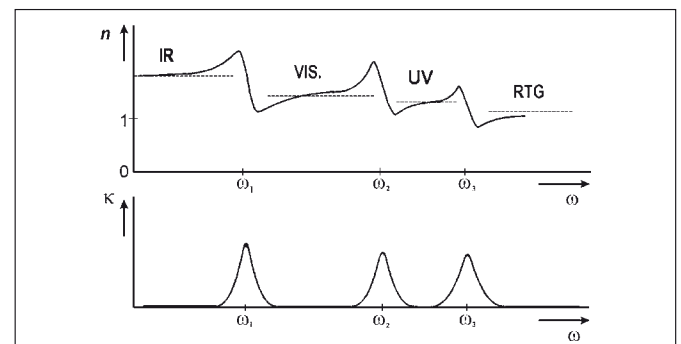
kde $\omega_{01}, \omega_{02}, \omega_{03}, \dots$ sú vlastné frekvencie atómov alebo molekúl, a_1, a_2, a_3, \dots sú konštanty daného materiálu. Pretože vlnová dĺžka súvisí s kruhovou frekvenciou ω vzťahom

$$\lambda = \frac{2\pi \cdot c}{\omega}, \quad (13)$$

kde c je rýchlosť svetla vo vákuu, takže vzťah (12) môžeme zapísať do tvaru

$$n^2 = 1 + \frac{b_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{b_2 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} + \dots \quad (14)$$

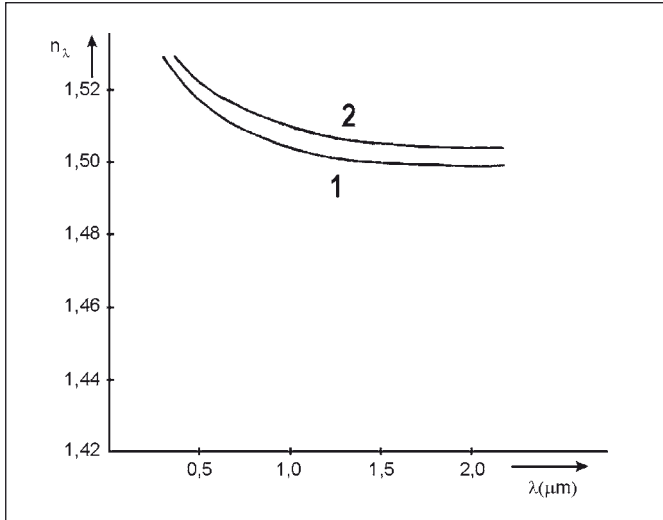
kde $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ sú vlnové dĺžky zodpovedajúce rezonancii. Vzorce (12) a (14) charakterizujú priebeh indexu lomu medzi absorpčnými čiarami daného prostredia (obr. 1).



Obr. 1 Priebeh indexu lomu medzi rezonančnými frekvenciami absorbujúceho prostredia

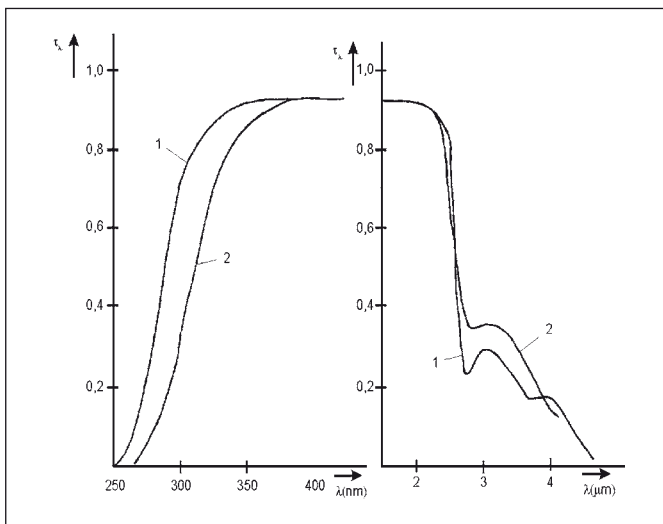
4. OPTICKÉ VLASTNOSTI TAVENÉHO KREMEŇA A NIEKTORÝCH SKIEL

Malý teplotný súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti taveného kremeňa ($7,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ pri teplotách medzi 0°C a 100°C) umožňuje jeho použitie v zariadeniach, v ktorých treba absolvovať prudké zohriatie a ochladenie, alebo sa vyžaduje malá rozťažnosť materiálu. Napriek tomu vlastnosti taveného kremeňa pri vysokých teplotách nie sú dostatočne preskúmané. Index lomu taveného kremeňa s teplotou mierne vzrastá. Pri zmene teploty z 293 K na 1103 K pri vlnovej dĺžke $3 \mu\text{m}$ táto zmena nepresahuje 1% (obr. 2). Pri laboratórnych



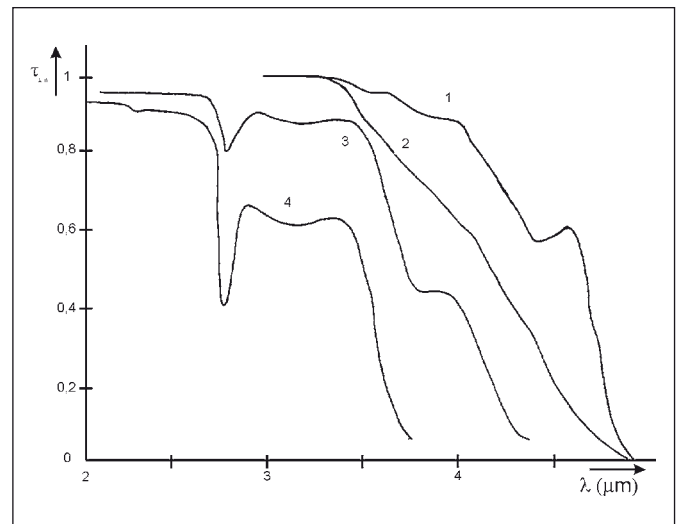
Obr. 2 Závislosť indexu lomu skla BK7 od vlnovej dĺžky pri teplotách 1 - 293 K, 2 - 708 K

teplotách je $dn/dT = 0,590 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ (index lomu taveného kremeňa pre Fraunhoferovu čiaru D $\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$ je $n_D = 1,4584$). Vyšetrovanie závislosti absorptancie α kremeňa a skiel na vlnovej dĺžke je problematické v spektrálnej oblasti, kde tieto látky sú priehľadné. Presnosť merania v oblasti veľkej transmitancie τ aj pri hrúbke niekoľko centimetrov nemôže byť veľká a tak všetky straty pri prechode svetla vzorkou idú na úkor strát energie odrazom. Pri meraniach hodnota absorptancie skiel sa môže líšiť, čo môže byť spôsobené rozdielnymi vlastnosťami sledovaných vzoriek. Ak v krátkovlnnej oblasti sklo hrúbky 3 mm absorbuje 95% ($\alpha = 10 \text{ cm}^{-1}$) prechádzajúceho žiarenia, s rastom teploty sa krátkovlnná

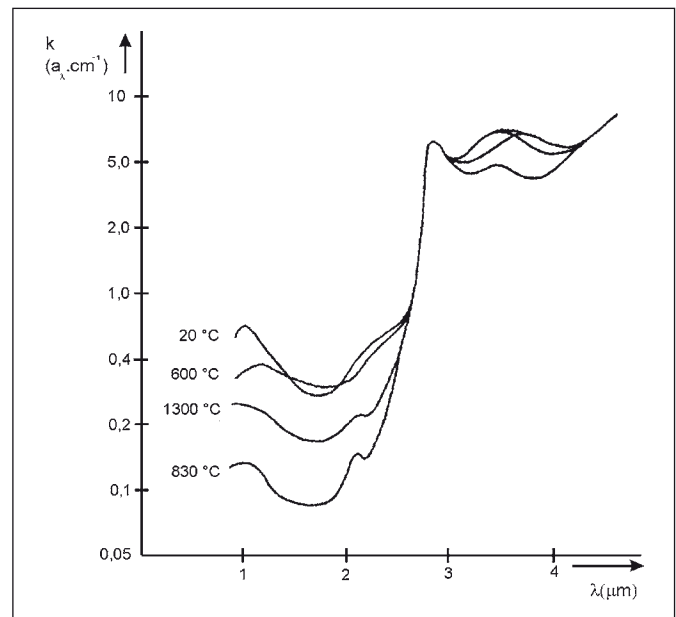


Obr. 3 Spektrálna závislosť transmitancie skla BK7 hrúbky 2 mm pri teplotách 1 - 293 K, 2 - 708 K

hrana spektrálnej priepustnosti τ_λ posúva na stranu dlhších vlnových dĺžok (obr. 3). Pre tavený kremeň zmena teploty z 293 K na 1,300 K spôsobí posun krátkovlnnej hrana priepustnosti zo 160 nm na 190 nm. Vo viditeľnej oblasti spektra tavený kremeň a sklá majú malú absorpciu ($\alpha = 0,002 \text{ cm}^{-1}$), a preto relatívna chyba merania absorpcie je veľká. V infračervenej oblasti spektra sa u kremenných skiel nachádzajú absorpčné pásy, ktoré sa vysvetľujú prítomnosťou vody, presnejšie väzbou O-H. Najsilnejší absorpčný pás je v blízkosti $2,75 \mu\text{m}$ (obr. 4, krivka 3 a 4). Absorpčný pás pri $2,2 \mu\text{m}$ súvisí s kombináciou frekvencie kmitov väzby O-H a Si-OH. Tieto pásy sa pozorujú u všetkých druhov kremenných skiel, v ktorých je prítomná voda. Pásmo absorpcie pri $1,4 \mu\text{m}$ sa javí ako veľmi slabé a zaoberá úzku oblasť spektra. V niektorých sklách sa tento pás nenachádza napríklad v kremennom skle KV ruskej výroby. V skle typu 106 General Electric a tiež v ruskom skle typu KI sa absorpčné pásy pri $2,75 \mu\text{m}$ a $2,4 \mu\text{m}$ nenachádzajú, čo nasvedčuje tomu, že tieto sklá neobsahujú radikály vody, t.j. neobsahujú väzby O-H, ako to vyplýva aj z grafu spektrálnej normálovej transmitancie $\tau_{\lambda n}$ kremenného skla (obr. 4, krivka 1 a 2).

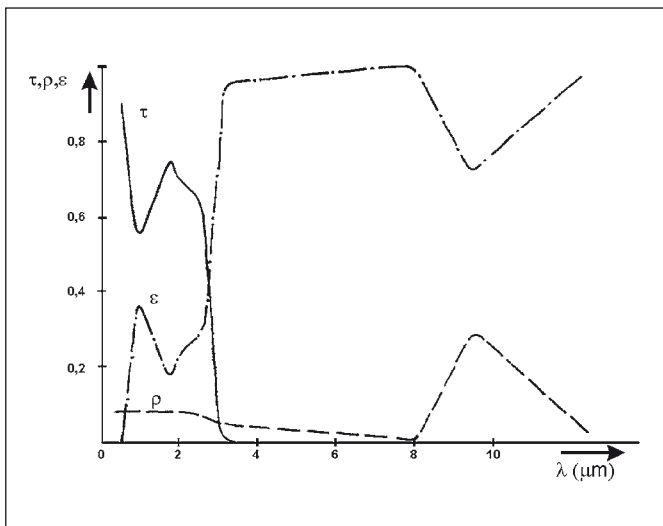


Obr. 4 Priepustnosť taveného kremeňa v IR oblasti. Hrúbka $d = 0,8 \text{ mm}$ 1 - $T = 298 \text{ K}$, 2 - $T = 1523 \text{ K}$, 3 - $d = 6 \text{ mm}$, 4 - $d = 30 \text{ mm}$



Obr. 5 Priebeh závislosti koeficientu absorpcie tabuľového skla na vlnovej dĺžke pri rôznych teplotách

Možno povedať, že vo väčšine prípadov absorptancia α_λ aj koeficient absorpcie a_λ , definovaný vzťahom (6), väčšiny skiel vo viditeľnej a infračervenej oblasti spektra až do 2,7 μm sa s rastom teploty až po teplotu mäknutia znižuje. Pri vlnovej dĺžke 2,7 μm sa desaťnásobne zväčší a v tekutom stave nad 1273 K sa s rastom teploty koeficient absorpcie zväčšuje (obr. 5). V blízkosti pasiem absorpcie bolo pozorované zvláštne chovanie skiel. O. E. Edwards v roku 1966 publikoval v Journal of the Optical Society of America údaje, z ktorých vyplýva, že pri 2,75 μm s rastom teploty od 300 K do 1,250 K sa maximum absorpcie presunie o 120 nm k dlhším vlnovým dĺžkam v infračervenej oblasti, pričom úroveň absorpcie v maxime monotónne klesá. Podobne aj absorpčné maximum pri 1,4 μm a 2,2 μm sa s rastúcou teplotou presúvajú smerom k dlhším vlnovým dĺžkam. V prvom prípade úroveň maxima absorpcie sa dosahuje minimum pri teplote 433 K, zatiaľ čo pri 2,2 μm úroveň absorpčného píku dosahuje minima pri teplotách medzi 433 K - 801 K. V spektrálnom pásme 4,0 μm - 4,6 μm bolo pozorované zmenšenie priepustnosti vzoriek (teda vzrast absorpcie) pri vzraсте teploty od 300 K do 700 K.



Obr. 6 Schematické znázornenie závislostí ρ , τ , ϵ sódo-vápenatých skiel na vlnovej dĺžke

Interpretovať obecné závislosti pre kremenné sklá pravdepodobne nie je možné. Pre každý druh skla je nutné vykonať vlastné merania. Čo je však dôležitým poznatkom pre rádiometrické meranie teploty skiel je to, že bezkontaktné meranie teploty by sa malo uskutočňovať v takom spektrálnom pásme, kde sklovina má maximum absorpcie, t.j. kde emisivita dosahuje maximum pri $\lambda = 8 \mu\text{m}$ (obr. 6).

5. ZÁVER

Pri rádiometrickom, bezkontaktnom meraní teploty priehľadných prostredí je problémom to, že tepelné žiarenie nie je vyžarované iba meraným objektom, ale aj žiarením prostredia, ktoré sa nachádza za ním. Pre výbere vhodnej metódy sa snažíme vymedziť meranie na takú spektrálnu oblasť, v ktorej je transmitancia minimálna a zároveň v ktorej sa nachádza oblasť vysokej emisivity skúmaného prostredia. Ako vyplýva zo schematického znázornenia priebehu veličín ρ , τ , ϵ uvedeného v prospekte firmy InfraTec (obr. 6) vyplýva, že pre bezkontaktné meranie teploty skiel je optimálnym spektrálne pásmo 4 μm - 8 μm .

Podakovanie

Autor ďakuje vedeckej grantovej agentúre MŠ SR a SAV VEGA za finančnú podporu projektu č. 2/7082/27, v rámci ktorého práca vznikla.

Literatúra

- [1] BARTL, J.: Technológia skla. Bratislava, VŠVU Videopres MON 1984, s. 26
- [2] ESPE, W.: Technológia hmôt vakuovej techniky II. Bratislava, Vydavateľstvo SAV 1960, s. 312-318
- [3] STRATTON, J. A.: Teorie elektromagnetického pole. Praha. SNTL 1961, s. 481-491
- [4] KRUSE, P. W.- McGLAUCHLIN, L. D.- McQUISTAN, R. B.: Elements of infrared technology. New York - London, John Wiley & Sons 1963, s. 448
- [5] KELLÖ, V.- TKÁČ, A.: Fyzikálna chémia. Bratislava, Alfa 1969, s.135-150
- [6] FOWLES, G. R.: Introduction to modern optics. New York - London, Holt, Rinehart and Winston, Inc. 1968, s. 152-168

Prostředí se záporným indexem lomu - II. část

Článek navazující na první část popisuje několik uměle vyrobených vzorků materiálů, které vykazují vlastnosti prostředí se záporným indexem lomu. Od těchto nových materiálů se očekává například další posun v oblasti hustoty záznamu dat nebo možnost výroby velmi úzce směrových antén.

Klíčová slova: metamateriál, záporný index lomu, permitivita, permeabilita

ÚVOD

Některé z úvah předložených v první části článku zveřejnil, jak už bylo uvedeno, Veselago již v r. 1967 [1]. Ten ve své práci především zdůraznil fakt, že šíření elektromagnetických vln v jakékoli látce je určeno v podstatě veličinami permitivitou ϵ a permeabilitou μ . A to proto, že jsou to jediné látkové parametry, které se objevují v disperzním vztahu, jenž popisuje vztah mezi frekvencí ω monochromatické vlny a jejím vlnovým vektorem k . Pro izotropické prostředí nabývá disperzní vztah jednoduchého tvaru

$$k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} n^2,$$

kde n^2 je kvadrát indexu lomu látky a je dán vztahem

$$n^2 = \epsilon\mu.$$

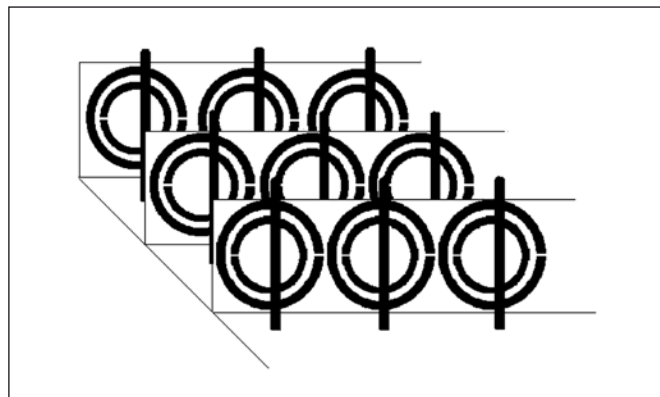
Nebereme-li v úvahu ztráty a pohlížíme na n , ϵ a μ jako na reálná čísla, můžeme dojít k jednoduchému závěru, že současná změna znaménka ϵ a μ nemá na uvedené vztahy žádný vliv. Tato situace může být interpretována různým způsobem. Za prvé můžeme přijmout řešení, že vlastnosti prostředí se nezmění při současně změně znaménka ϵ a μ . Za druhé se může stát, že současně negativní ϵ a μ popřou některé základní přírodní zákony a proto látka s takovými parametry nemůže existovat. A konečně můžeme připustit, že materiál s negativními ϵ a μ může mít některé vlastnosti odlišné od prostředí, kde jsou ϵ a μ kladné. Jak je ve Veselagově článku dokázáno, právě třetí případ je hypoteticky možný. Je třeba si uvědomit, že obě veličiny ϵ a μ musejí být záporné současně, jinak by hodnota indexu lomu byla ryze imaginární a takový materiál je pro elektromagnetické záření nepropustný.

Některé materiály s negativní permitivitou, resp. permeabilitou, jsou známy už dlouho. Například kovy mají záporné ϵ především pro optické frekvence, proto kovy optické záření nepropouštějí. Feromagnetické nebo antiferomagnetické systémy zase mají záporné hodnoty μ . Ale záporná permitivita ϵ u kovů se vyskytuje na optických frekvencích, tj. v GHz, zatímco pro magnetické systémy se záporná permeabilita μ vyskytuje na frekvencích mnohem nižších, obvykle na konci THz a IČ oblasti. Jakékoli látky, jež by měly současně zápornou elektrickou permitivitu ϵ i magnetickou permeabilitu μ , v našem světě neznáme a proto zůstaly Veselagovy myšlenky po několik desetiletí jen kuriózním cvičením v elektromagnetické teorii. Ale v polovině 90. let minulého století začali vědci prověřovat možnosti umělých materiálů, které by byly zhotovené tak, aby vykazovaly požadovanou elektromagnetickou odezvu. Za průkopníka tohoto směru je považován prof. J. B. Pendry z Velké Británie, který se se svým kolektivem začal jako první zabývat myšlenkou, zda by nebylo možné vytvořit látky se zápornou permitivitou a permeabilitou. Stejně jako u Veselaga vycházely jeho úvahy o zhotovení umělého materiálu z předpokladu, že základními stavebními kameny pro vytvoření takového materiálu jsou materiálové konstanty elektrická permitivita ϵ

a magnetická permeabilita μ . Tyto parametry charakterizují makroskopickou odezvu homogenních materiálů na působení elektrického a magnetického pole. Jinými slovy řečeno - pro každou látku jsou charakteristické hodnoty ϵ a μ , které jsou dány její strukturou (velikostí atomů nebo molekul, jejich vzájemným uspořádáním a vzdálenostem). Hodnoty ϵ a μ jsou ovšem také funkcemi frekvence ω . Nebylo by možné vytvořit uměle strukturu, která by alespoň pro úzké frekvenční pásmo vykazovala záporné hodnoty permitivity a permeability? Právě spojení úvah o struktuře látky a její odezvě na elektromagnetické záření vedlo k domněnce, že by takový materiál snad možné vyrobit bylo.

METAMATERIÁLY – UMĚLÁ PROSTŘEDÍ SE ZÁPORNOU PERMITIVITOU A PERMEABILITOU

Umělé prostředí se zápornou permitivitou již bylo známo z fyziky plazmatu. Lze ho vytvořit například soustavou paralelních drátků [2, 3], jejichž tvar, vzdálenosti, materiál i rozměry lze navolit tak, aby celek vykazoval zápornou permitivitu. Vytvořit prostředí se zápornou permeabilitou bylo složitější, ale už v r. 1999 Pendry a spol. navrhli varianty struktur, které, jak předpovídali, by mohly zformovat materiály se zápornou permeabilitou [4]. Tyto struktury sestávají ze smyček nebo válečků z vodivého materiálu s vloženou mezerou. Časově proměnné magnetické pole indukuje elektromotorickou sílu v rovině prvku, která vybudí proud uvnitř vodiče. Mezera v rovině této struktury (smyčky) se chová jako kapacitní odpor v tomto rovinném obvodu a způsobí rezonanční nárůst na frekvenci, která je daná geometrií prvku. Tento prstencový přerušovaný rezonátor se anglicky nazývá *split-ring resonator* (SRR). Drátěné struktury a SRR struktury představují pak dva základní stavební bloky (jeden elektrický a druhý magnetický) pro sestavení materiálu, který by vykazoval chování dosud hypotetického Veselagova materiálu. Brzy po teoretických předpovědích pak Pendry vytvořil první materiál, který se chová skutečně jako prostředí se záporným



Obr. 1

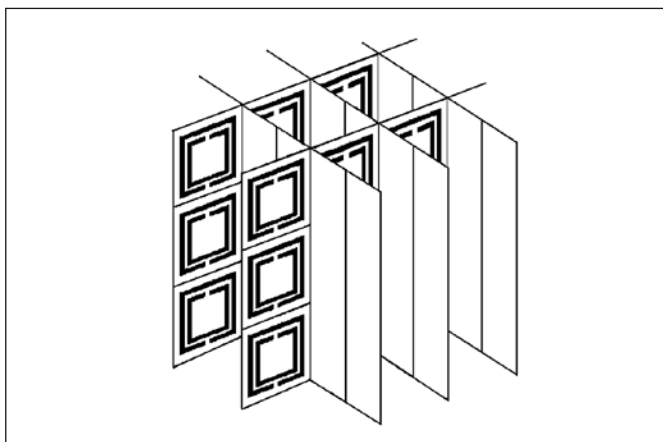
indexem lomu. Toto uměle vytvořené prostředí se skládá z množství drobných prvků poskládaných do pravidelné dvojrozměrné nebo trojrozměrné mřížky. Každý prvek vzniká spojením dvou částí, z nichž jedna ovlivňuje elektrickou složku elmg záření a druhá magnetickou. Po vzájemném spojení pak vytvoří nové prostředí mající předem vypočítané hodnoty ε a μ . Pokus o znázornění možné podoby tohoto nového prostředí je na *obr. 1* (podle [5]).

Už první informace o novém materiálu vzbudily velký ohlas, a to zdaleka nejen kladný. Ale navzdory skeptickým hlasům, které tvrdily, že takový materiál by porušoval některé základní zákony fyziky (například o rychlosti světla nebo zákon kausalit), brzy vznikly na více místech podle Pendryho návodu již skutečné materiály, na nichž bylo opakovaně dokázáno, že vhodně navržená struktura skutečně vykazuje nezvyklé chování procházejícího elektromagnetického záření. Poté se zájem o tento nový obor začal velmi rychle šířit. I u nás na toto téma vyšla řada publikací, které seznamují čtenáře s principy a některými dosaženými praktickými výsledky [2, 6, 7, 8, 9].

První nové materiály (nazývané též metamateriály, nanomateriály, levostranné materiály, materiály se záporným indexem lomu nebo jen záporné materiály) pracovaly na mikrovlnných frekvencích (v intervalu kmitočtů od 300 MHz do 300 GHz, tomu odpovídají délky vln ve volném prostoru – vakuu - od 1 m do 1 mm). Konkrétní podrobný popis vytvoření a vzhledu metamateriálu můžeme najít např. v článku [10]. Obě struktury (drátky a SRR) jsou naneseny každá na jednu stranu desek FR4 (desky pro tištěné spoje). Použitý kov je měď a tloušťka kovové vrstvy je 30 μ m. Jedna SRR buňka má průměr 7,2 mm, šířka každého (otevřeného) kroužku je 0,9 mm a mezera mezi kroužky (vnitřním a vnějším) má šířku 0,2 mm. Délka rovného drátku (a tedy vlastně i vzorku záporného materiálu) je 19 cm, šířka drátku je 0,9 mm. Drátek vede středy kroužků, ale na opačné straně desky. Celá záporná struktura je složena ze stejných buněk uspořádaných v pravidelné prostorové mřížce. Rozměr jedné buňky je 9,3 x 9,3 x 9,3 mm, celý vzorek má rozměry 5 x 20 x 40 buněk, tj. zhruba 5 x 19 x 38 cm. Tento vzorek se choval jako záporný na frekvenci 3,86 GHz, tomu odpovídá vlnová délka asi 3 cm.

Analogických materiálů, jak už jsme poznamenali, vznikla řada, zpočátku si byly podobné, lišily se především rozměry, a tedy i frekvencemi, na kterých se projevovaly jako záporné. *Obr. 2* se snaží přiblížit vzhled těchto materiálů. Zřejmě z důvodu jednodušší výroby bývají někdy kroužky nahrazovány plošnými čtverečky a jednotlivé buňky lze přidávat podle potřeby do všech směrů (podle [11]).

Po základním zvládnutí výroby metamateriálů pro mikrovlnnou oblast začali vědci vyvíjet obdobné materiály, které by pracovaly na optických vlnových délkách. Od těch se očekává, jak už bylo zmíněno, podstatné zvýšení rozlišovací schopnosti při zobrazování, což by v důsledku vedlo ke zvýšení hustoty záznamu dat. K jejich výrobě vede více cest. Protože zjednodušeně lze říci, že čím je vnitřní struktura umělého metamateriálu jemnější, tím je kratší vlnová délka, pro níž materiál pracuje jako záporný, je jednou



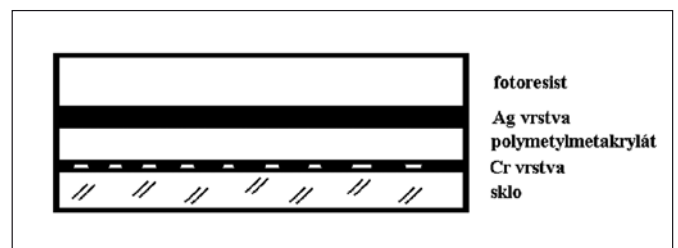
Obr. 2

z možností, jak dosáhnout kratších délek, stále zmenšování již známé struktury. Z důvodu pokračující miniaturizace v litografii tento způsob není zcela bezvýsledný, podařilo se takto například získat záporný materiál pro frekvence asi 200 THz.

Přes jisté dílčí úspěchy na této cestě se však přece jen ukázalo, že dosud používané struktury zřejmě nejsou vhodné pro optické frekvence. Důvodů je více, jedním z nich je skutečnost, že příliš malé jednotlivé buňky se velmi obtížně skládají s dostatečnou přesností do větších bloků. Další překážka je v tom, že kovové miniaturní prvky mají již takové ztráty, že jsou prakticky neúčinné. Proto bylo třeba nalézt i jiné struktury, které by pro optické frekvence byly vhodnější.

První záporný materiál pracující v optické oblasti představil na jaře r. 2005 N. Fang se spolupracovníky z Kalifornské univerzity v Berkeley [12, 13], téměř shodný pokus ze stejné doby je popsán též v [14]. Víme, že neexistují látky, které mají permitivitu i permeabilitu zápornou. Ale například všechny kovy mají zápornou permitivitu právě pro optickou oblast elmg záření. Autoři prvního metamateriálu pro optickou oblast využili tohoto faktu a dále toho, že v optické oblasti elmg záření je magnetická odezva (susceptibilita) elektromagnetického záření podstatně menší, nežli elektrická, můžeme ji tedy docela dobře pokládat za rovnou nule. Proto by pro vytvoření materiálu se záporným indexem lomu v optické oblasti mohla být použita látka, která má zápornou permitivitu pro optické vlnové délky, tedy nejlépe nějaký kov. K samotnému pokusu bylo jako vhodný materiál vybráno stříbro, které kromě jiných vhodných vlastností má také relativně nízkou absorpci.

Celé uspořádání vzorku bylo následující. Na křemennou podložku byl nanesen napařením předmět – velmi jemná chromová mřížka s periodou 120 nm (tj. šířkou čárky 60 nm), ve druhém pokusu pak předmět tvořil nápis NANO rovněž v chromové vrstvě, šířka čar písmen byla 40 nm. Na vrstvě předmětu byla další vrstva dielektrika – polymetylmetakrylátu, na něm tenká vrstva stříbra a poslední vrstvu tvořil fotorezist. Při pokusu je vzorek exponován rtuťovou lampou (vln. délka 365 nm) ze strany křemenné podložky. Prosvícený předmět (mřížka nebo nápis) je pak „zobrazován“ vrstvou stříbra (čočkou ze záporného materiálu) do vrstvy fotorezistu, který je po expozici vyvolán a v němž lze pozorovat zaznamenaný obraz předmětu. Zjednodušený pohled na toto uspořádání je na *obr. 3* (podle [13], tloušťky jednotlivých vrstev nejsou ve správném poměru).

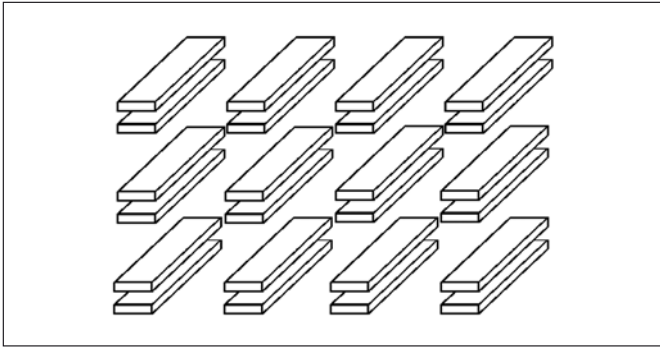


Obr. 3

V popsaném pokusu bylo skutečně možné ve fotorezistu (tedy obrazové rovině) zřetelně rozeznat jednotlivé čárky mřížky, jejíž perioda 120 nm je menší, nežli vlnová délka použitá pro expozici. Také nápis NANO byl zřetelný, zobrazená tloušťka čar tvořících písmena byla asi 60 nm, tloušťka čar předlohy byla 40 nm. Má se tedy za to, že stříbrná vrstva opravdu pracovala jako čočka, tedy zobrazila daný předmět do své obrazové roviny, a přitom byla schopná rozlišení, jakého nelze podle dosud známých principů dosáhnout. V popsaném případě se jedná o rozlišení rovné přibližně hodnotě $\lambda/6$.

Při všech pokusech byl vždy exponován také kontrolní vzorek, který byl ve všem shodný se vzorkem popsaným, pouze neobsahoval vrstvu stříbra. Jak se předpokládalo, zde nějaké rozlišení pod vlnovou délkou nelze pozorovat, je to pro autory tedy další důkaz toho, že tenká vrstva stříbra se zápornou permitivitou pracuje jako čočka s mimořádně vysokou rozlišovací schopností.

Ve stejném roce jen o několik měsíců později představil jiný metamateriál pro opt. záření V. Shalaev se spolupracovníky z univerzity v Purdue [15, 16]. Zde je metamateriál tvořen pravidelně uspořádanými dvojicemi zlatých tyčinek. Každá dvojice pracuje vlastně jako ladička s výraznou rezonancí pro konkrétní frekvenci. Jak asi tento materiál vypadá, ukazuje obr. 4 (podle [15]). Dvojice tyčinek jsou v pravidelných vzdálenostech uchyceny v pevném dielektriku – skle. Od předcházejícího optického materiálu se liší v tom, že vykazuje negativní elektrickou i magnetickou odezvu, tedy splňuje nutné podmínky pro to, aby se jasně projevoval jako materiál se záporným indexem lomu. Tento materiál pracuje jako negativní pro vln. délku asi 1,5 μm , což je IČ oblast.



Obr. 4

Ještě se objevil další princip vytvoření metamateriálu pro mikrovlnnou oblast a to pomocí granulových komposit (granular composite) - kovových částic náhodně uložených (rozptýlených) v hostitelské matici. Tento způsob zatím není příliš využíván, v článku [17] je však jeden takový – zatím teoretický - materiál popsán a je zde ukázáno, že i taková látka je schopna se pro některé frekvence (zde přibližně 4 GHz) chovat jako levostranný materiál.

Uvedený výčet metamateriálů není zdaleka úplný, nezmínili jsme se například o fotonových krystalech nebo o kovových strukturách připomínajících sítě [18], chtěli jsme zde jen poukázat na fakt, že stejného cíle se dosahuje rozdílnými cestami. Vzhledem k tomu, jak se tento obor za krátkou dobu rychle rozvinul, se dá očekávat, že se brzy objeví ještě další neobvyklé struktury.

Asi posledním hitem ve využití levostranných materiálů je snaha o vytvoření „pláště neviditelnosti“. Předmět je obklopen metamateriálem, který způsobí, že světlo dopadající na plášť se nebude pohybovat rovně, ale dojde k jeho ohybu tak, že objekt vlastně obteče podobně, jako řeka obtéká ostrov. Na objekt žádné paprsky nedopadají, nemohou se proto ani žádné odrazit a pozorovatel tedy nemůže objekt zaregistrovat, i když předmět existuje. Demonstraci „zmizení“ většího objektu už předvedli vědci v kalifornské Duke University koncem roku 2006 [19]. Předmětem byl měděný válec o průměru 13 cm obklopený kruhovými desetiprstencovými pláštěmi z metamateriálu. Od tohoto pláště si vědci slibují možnost třeba chránit citlivé přístroje před elmg vlněním nebo soustředovat solární energii do solárních buněk. Struktura tohoto pláště byla vytvořena z již známých drátků a otevřených prstenců, tedy z nejstarší metamateriálové struktury. Ale hned v následujícím roce byl předveden další plášť, naprosto odlišný od prvního. Tentokrát byl autorem již zmíněný V. Shalaev, jeho plášť je ale tvořen drobnými štětkami pravidelně rozmístěnými na povrchu onoho pláště [20].

SHRNUTÍ VLASTNOSTÍ METAMATERIÁLŮ

Materiály, které mají současně zápornou permitivitu a permeabilitu, a tedy záporný index lomu, v našem světě neexistují, ale podařilo se je již na více místech vyrobit uměle. Jsou nejčastěji tvořeny

periodickými kovovými strukturami, jejichž perioda opakování je mnohem kratší, než vlnová délka záření, které na ně dopadá a prochází jimi. V takovém případě procházející vlna nerozlišuje jednotlivé elementy (buňky), ale prostředí se jí jeví jako homogenní a je pak pro něj možné definovat efektivní parametry prostředí – efektivní permitivitu a efektivní permeabilitu [21]. Tato uměle vyrobená prostředí získávají své zvláštní materiálové vlastnosti ze své specifické struktury a nikoli tedy z materiálů, ze kterých jsou vytvořeny.

Takový materiál se ovšem vzhledem k elmg záření chová jinak, nežli jsme dosud byli zvyklí. Nejvýraznější změny jsou tyto:

- soustava vektorů S, E, H resp. E, H, k je levotočivá (v nám známém světě je tato soustava vektorů vždy pravotočivá; odtud také plyne jedno z pojmenování těchto nových prostředí – levostranné materiály)
- v izotropním prostředí mají vektory fázové a grupové rychlosti opačný směr
- Dopplerův jev funguje naopak – pozorovatel pohybující se směrem ke zdroji detekuje nižší kmitočet, pozorovatel pohybující se od zdroje detekuje kmitočet vyšší
- Čerenkovo záření má opačný průběh
- a především – světlo by se podle Snellova zákona lámalo na opačnou stranu vůči kolmici dopadu.

Další důsledek zvláštního chování záporného materiálu je mimořádná vlastnost metamateriálových čoček, které jsou schopny přenést obraz předmětů s rozlišením daleko za hranici i teoreticky nejlepšího rozlišení, tedy také s vyšší ostrovtí. Od toho si výzkumníci slibují možnost dalšího nárůstu hustoty dat v záznamových prostředích (CD, DVD), miniaturizaci v litografii i zrychlení komunikace pomocí optických vláken. Biologové pak očekávají, že pomocí nových mikroskopů by bylo možné sledovat podrobněji procesy uvnitř buněk a mnohdy i přímo v živé tkáni. Nepochybně zlepšení se očekává i od zařízení pracujících v mikrovlnné oblasti.

Poděkování: Tento článek vznikl za podpory projektu AV ČR KAN301370701.

Literatura

- [1] V. G. Veselago: Elektrodinamika věšče v s odnovenno otricatělnymi značenijami ϵ i μ . *Usp. Fiz. Nauk* 92/3 (1964) 517-26 (v ruštině - anglický překlad The electrodynamics of substances with simultaneously negative values of ϵ and μ . *Sov. Phys. Usp.* 10/4 (1968), 509-514.
- [2] http://www.aldebaran.cz/bulletin/2006_16_met.php
- [3] S. A. Ramakrishna, *Rep. Prog. Phys.*, Vol. 68 (2005) pp. 449-521.
- [4] J. B. Pendry et al., *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 47, No. 11 (1999), pp. 2075-2084.
- [5] *MultitelNews* July 2005.
- [6] V. Dvořák, *Čs. čas. fyz.*, Vol. 54, (2004).
- [7] http://www.aldebaran.cz/bulletin/2004_49_vln.html
- [8] P. Markoš, *Čs. čas. fyz.*, Vol. 55, No.6 (2005), pp. 531-538.
- [9] http://www.aldebaran.cz/bulletin/2007_13_met.php
- [10] K. Aydin and E.Ozbyay, *J. Opt. Soc. Am. B*, Vol. 23, No. 3 (2006), pp. 415-417.
- [11] J. B. Pendry, D.R.Smith, *Physics Today*, June 2004.
- [12] N. Fang et al., *Science* 22, Apr. 2005, Vol. 308, No. 5721, pp. 534-537.
- [13] H. Lee et al., *New Journal of Physics*, 7 (2005).
- [14] D. O. S. Melville and R. J. Blaikie, *Optics Express*, Vol. 13, No. 6 (March 2005), pp. 2127-2134.
- [15] V. M. Shalaev et al., *Opt. Lett.*, Vol. 30, No. 24 (2005), pp. 3356-3358.
- [16] A. L. Kildishev et al., *J. O. pt. Soc. Am. B*, Vol. 23, No. 3 (March 2006), pp. 423-433.
- [17] Zhi-Fang Sang, Zhen-Ya Li, *Physics Letters A* 334 (2005) pp. 422-428.
- [18] G. Dolling et al., *Opt. Lett.*, Vol. 31, No. 12 (2006), pp 1800-1802.
- [19] E.Kratochvílová, *čas. Epocha* č. 2, 2007, str.7.
- [20] <http://www.osel.cz/index.php?clanek=2576>
- [21] Pavel Buchar: Diplomová práce, ČVUT Praha, Fakulta elektrotechnická, 2004.

MALÝ, P.: Optika. 1. vydání, Karolinum, Praha 2008, 353 s., ISBN 978-80-246-1342-0, cena 330 Kč

Rukopis knihy je výsledkem více než patnáctileté autorovy přednáškové činnosti na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v základním kurzu fyziky, jehož součástí je mj. i optika. Autor je tedy zkušeným vysokoškolským pedagogem a má uvedenou problematiku velmi dobře zažitou, což se promítá na vyváženém výběru látky do rukopisu i v jeho vynikajícím pedagogickém zpracování. Rukopis obsahuje jak partie optiky, které lze nazvat klasickými (vlnová rovnice, interference, ohyb, geometrická optika a optické přístroje, interakce světla s látkou, opticky anizotropní látky), tak i tzv. moderní optiku, tj. pojednání o fourierovské optice, laserech, nelineární a vláknové optice - i když v omezené míře dané znalostmi posluchačů v prvním dvouletí a rozsahem díla. Oceňuji mj. zahrnutí poměrně obšrné kapitoly 10 „Geometrická optika“ (o jejíž příslušnosti do univerzitního kurzu optiky se před časem vedly diskuse), v ní použitý moderní výklad vedený pomocí maticového formalismu a např. i detailní matematické pojednání o aberacích optického zobrazení.

Rukopis knihy považuji za velmi zdařilý a chci v tomto kontextu zdůraznit tu skutečnost, že se na českém trhu objeví konečně knižní zpracování základního vysokoškolského kurzu optiky, a to po více než čtyřiceti letech (naposledy to byla učebnice J. Fuka, B. Havelka: Optika, SPN Praha 1961)! Za tuto dobu prodělala optika bouřlivý vývoj a potřeba nové učebnice byla naléhavě pociťována již dlouho. Kniha kromě toho úspěšně zkompletuje studijní literaturu pro základní univerzitní kurs fyziky, vyšlou z pera autorů působících na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy (již existují učebnice Mechanika, Molekulová fyzika, Elektřina a magnetismus, Atomy, jádra, částice, Teoretická mechanika a Úvod do kvantové mechaniky).

Konečně mám za to, že na tomto místě je velmi důležité zdůraznit tu skutečnost, že autorův přístup k vyložené látce je dalek toho být tak říkajíc „pasivní“ (tj. spočívající v tom, že autor získává znalosti pouze studiem jiných učebnic, nejlépe zahraničních, a tyto poznatky posléze „didakticky přepracuje“ do nového rukopisu). Zde je tomu právě naopak: Prof. P. Malý po dobu třiceti let aktivně vědecky působí v oboru optických vlastností látek, laserové techniky a nelineární optické spektroskopie. Je vynikajícím experimentátorem a s týmem svých spolupracovníků a studentů byl úspěšným řešitelem mnoha tuzemských i mezinárodních projektů. Jako autor řady publikací ve špičkových zahraničních časopisech (Physical Review, Applied Physics Letters aj.) si získal renomé zejména v oboru ultrarychlé laserové spektroskopie a v jeho osobě se šťastným způsobem kloubí špičková vědecká erudice s pedagogickým umem. Je tedy osobou nanejvýš povolanou k sepsání moderní vysokoškolské učebnice optiky. Vydání recenzovaného rukopisu tudíž vřele doporučuji.

Z recenzního posudku prof. RNDr. Ivana Pelanta, Dr.Sc. (Fyzikální ústav, v.v.i., Akademi věd ČR)

Obsah:

ÚVOD

1. SVĚTLO JAKO ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY

- 1.1 Spektrum elektromagnetických vln
- 1.2 Vlnová rovnice
- 1.3 Rovinné vlny
- 1.4 Princip superpozice
- 1.5 Komplexní reprezentace
- 1.6 Intenzita světla
- 1.7 Kulové vlny
- 1.8 Šíření světla ve vodivém prostředí



2. POLARIZACE SVĚTLA ROVINNÉ MONOCHROMATICKÉ VLNY

- 2.1 Lineární, kruhová a eliptická polarizace světla
- 2.2 Maticový popis polarizace světla
- 3. ODRAZ A LOM SVĚTLA NA ROVINNÉM ROZHRANÍ DVOU PROSTŘEDÍ
- 4. KVAZIMONOCHEMICKÉ ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY
- 4.1 Spektrální rozklad světla
- 4.2 Grupová rychlost světla
- 5. INTERFERENCE SVĚTLA
- 5.1 Dvojsvazková interference
- 5.2 Mnohosvazková interference
- 6. KOHERENCE SVĚTLA
- 6.1 Úvod do skalární teorie koherence
- 6.2 Polarizace světla
- 7. HOLOGRAFIE

3. DIFRAKCE SVĚTLA

- 8.1 Fraunhoferova difrakce
- 8.2 Fresnelova difrakce
- 8.3 Matematická teorie
- 8.4 Difrakce vln na trojdimenzionálních periodických strukturách

9. PRINCIP FOURIEROVSKÉ OPTIKY

10. ZÁKLADY GEOMETRICKÉ OPTIKY

- 10.1 Úvod do geometrické optiky
- 10.2 Geometrická optika sférických ploch
- 10.3 Vybrané zobrazovací přístroje
- 10.4 Paraxiální optika maticově
- 10.5 Vady zobrazení (aberrace)

11. SPEKTRÁLNÍ PŘÍSTROJE

- 11.1 Spektrometry
- 11.1.1 Optický disperzní hranol
- 11.1.2 Optická ohybová mřížka
- 11.2 Fabry-Perotův interferometr

12. ZÁKLADY FOTOMETRE A RADIOMETRIE

13. ŠÍŘENÍ SVĚTLA V ANIZOTROPNÍCH LÁTKÁCH

- 13.1 Vlastnosti tenzoru permitivity
- 13.2 Světelné vlny v anizotropním prostředí
- 13.3 Lom světla při dopadu na anizotropní prostředí
- 13.4 Použití dvojlomných látek

14. INTERAKCE SVĚTLA S LÁTKOU

- 14.1 Klasický model pro výpočet indexu lomu dielektrik
- 14.2 Klasický model pro výpočet indexu lomu kovů
- 14.3 Vysvětlení absorpce z mikroskopického hlediska
- 14.4 Vysvětlení existence indexu lomu z mikroskopického hlediska
- 14.5 Rozptyl světla

15. ZÁKLADY LASEROVÉ FYZIKY

- 15.1 Interakce světla s látkou v případě reálných přechodů mezi energetickými stavy

15.2 Laser

16. NELINEÁRNÍ OPTIKA

- 16.1 Nelineární optické jevy druhého řádu
- 16.2 Nelineární optické jevy třetího řádu
- 16.3 Mikroskopický model optických nelinearit druhého řádu

17. ZÁKLADY VLÁKNOVÉ OPTIKY

18. ZDROJE A DETEKTORY SVĚTLA

- 18.1 Světelné zdroje
- 18.2 Detektory
- 19. VLNOVĚ-KORPUSKULÁRNÍ DUALISMUS
- 19.1 Tepelné záření
- 19.2 Fotony
- 19.3 Vlnové vlastnosti částic

LITERATURA

REJSTŘÍK

Malacara D. (ed.): Optical Shop Testing. Wiley-Interscience, New York 2007. 3. vydání, 888 stran, ISBN: 978-0471484042, 117.00 USD

Jedná se o třetí vydání kompendia o metodách pro měření optických prvků a soustav a aplikacích těchto metod v metrologické praxi. Oproti předchozímu vydání této knihy došlo u některých kapitol k výraznému doplnění a rozšíření popisované problematiky na současnou úroveň znalostí a technologie. Oblast optické metrologie se neustále rozvíjí a vývoj moderních optických a elektronických prvků umožňuje zavádění modernizovaných nebo zcela nových měřicích postupů a aplikací v praxi. Snahou autora této publikace je co nejkomplexněji shrnout jak klasických tak moderních měřicích a vyhodnocovacích metod ve zmíněné oblasti do jednoho informačního zdroje.

Knihla představuje velmi dobrou příručku, která popisuje současný stav měřicích a vyhodnocovacích metod pro kontrolu kvality optických prvků a optických soustav v praxi. Obsah publikace pokrývá relativně podrobným způsobem jednotlivé metody a přístupy k dané problematice, jež jsou založeny na rozdílných fyzikálních principech. Struktura kapitol je uspořádána logicky a výklad zahrnuje jak interferometrické tak i neinterferometrické měřicí metody. Každá kapitola je na závěr doplněna velmi podrobným seznamem odborné literatury, která může sloužit k hlubšímu studiu v dané vědní oblasti. Text publikace je vhodně doplněn množstvím schématických obrázků a fotografií a podrobným věcným rejstříkem.

Třetí vydání je rozčleněno na osmnáct kapitol a jeden dodatek. Úvodních sedm kapitol je věnováno teorii a aplikaci interferometrických metod. Jsou zde uvedeny a podrobně popsány různé typy interferometrů, přičemž jsou zmiňovány jak metody klasické dvousvazkové interferometrie, tak metody stříhové interferometrie a vícesvazkové interferometrie. Osmá až jedenáctá kapitola knihy se zabývá teorií a aplikacemi klasických i moderních neinterferometrických metod pro testování optiky. Jedná se zejména o různé typy klasických testů (např. Foucaultův, Ronchi, Hartmannův test, apod.) a dále o některé moderní měřicí metody (např. Shack-Hartmannova metoda, měření křivosti vlnoplochy, měření tvaru vlnoplochy pomocí rovnice pro transport energie v elektromagnetickém poli). Dvanáctá kapitola se zaměřuje na stručný popis metod testování vlnoploch a povrchů s asférickým tvarem. Třináctá kapitola poté

podává podrobný výklad metod pro aproximaci tvaru vlnoplochy pomocí polynomů. Jsou zde zmíněny vlastnosti a matematické vyjádření Seidlových aberačních polynomů a Zernikeových polynomů, které jsou v praxi nejpoužívanější. Ve čtrnácté kapitole je popsána teorie a aplikace metody fázového posuvu, která je využívána v mnoha moderních interferometrech k vyhodnocování tvaru vlnoplochy. Podrobně jsou analyzovány vyhodnocovací algoritmy pro získání fázové informace. Následující kapitola se stručně zabývá teorií a aplikacemi metod a přístrojů sloužících pro měření tvaru povrchů. Jsou zde stručně popsány principy kontaktních a bezkontaktních profilometrů, založených na různých fyzikálních principech. Šestnáctá kapitola je zaměřena na metody optické metrologie difúzně odrážejících povrchů jako jsou např. projekční (moiré) měřicí techniky, holografická a spekl interferometrie. Předposlední kapitola této knihy se poté zabývá některými metodami pro měření základních parametrů optických prvků a soustav. Jsou zde uvedeny vybrané metody pro měření úhlů hranolů, křivosti ploch, ohniskové vzdálenosti optických soustav, apod. V poslední části je diskutován matematický popis tvaru optických ploch a jejich základních parametrů. Dodatek se zabývá dvěma počítačovými programy pro simulaci metod a vyhodnocovacích algoritmů pro testování optických prvků a soustav. Součástí knihy je též CD-ROM s téměř vyčerpávajícím seznamem odborné literatury k jednotlivým tématickým částem, které jsou v knize probírány. Na CD-ROMu se též naleznou dva počítačové programy, zmiňované v dodatku.

Knihla je velice pěknou příručkou metod optické metrologie. Publikace předpokládá alespoň základní znalosti vybraných partií aplikované optiky. Na konci každé kapitoly je uveden obsáhlý seznam doporučené odborné literatury, jež popisuje danou problematiku podrobněji. Výhodou této publikace je též to, že společně s tématicky rozděleným seznamem odborné literatury na příloženém CD-ROMu tvoří téměř vyčerpávající bibliografii na dané téma. Grafické zpracování knihy je na výborné úrovni. Přehledný věcný rejstřík umožňuje snadné vyhledávání požadovaných hesel. Publikaci je možno doporučit jako příručku optickým inženýrům, vědeckým pracovníkům v oblasti metrologie a též studentům aplikované optiky, kteří ji mohou využít jako učebnici klasických i moderních metod optické metrologie.

J. Novák

INDUSTRY EXPO

3. VELTRH NOVÝCH PRIEMYSELNÝCH TECHNOLOGIÍ, MATERIÁLOV A ZARIADENÍ
3rd FAIR OF NEW INDUSTRIAL TECHNOLOGIES, MATERIALS AND EQUIPMENT

ELEKRO EXPO

1. VELTRH ELEKTROTECHNIKY, ELEKTRONIKY A ENERGETIKY
1st FAIR OF ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONICS AND ENGINEERING

17. - 19. 2. 2009, Bratislava

LASER World of PHOTONICS

19. vůdčí světový odborný veletrh a kongres pro komponenty, systémy a využití optických technologií
Mnichov - nové výstaviště, 15. - 18. června 2009
www.world-of-photonics.net

CONTENTS

Review of the conference Optics and Fine Mechanics 2008
(editorial notice) 259

Mr. Gerald Rausnitz's inaugural speech on the conference
Optics and Fine Mechanics 2008 260

Prospects of Meopta – optika, s.r.o. for the next years
(V. Motka) 260

Optics and fine mechanics study at Faculty of Mechanical
Engineering, Brno University of Technology (M. Liška) 262
Paper provides information about possibilities of education and scientific activities in the fields of optics and fine mechanics.

Department of Optics in Olomouc (Z. Hradil) 264

Teaching of optics at the Faculty of Mathematics and Physics,
Charles University in Prague (P. Malý, J. Franc) 266

Physical Electronics and Nanotechnology: New branch of
study at Brno University of Technology, Faculty of Electrical
Engineering and Communication (P. Tománek) 267
Due to the a development of nanotechnology in all areas of human activities, and the important role of South Moravia as industrial base with a growing importance of emerging technologies, it is necessary to educate young generation and prepare it to this novel trends and allow it a better flexible integration into the work market. Therefore, and as a base to the existing Ph.D. branch „Physical electronics and Nanotechnology“, it is necessary to develop an interdisciplinary and multidisciplinary approach to this area at the lower levels, for Bachelor and Magister students in Electrical Engineering. The existing cours Nanometrology for Magister level is there shown as example of this tendency.
Keywords: Physical electronics, Nanotechnology, Nanoscience, education

Study of optical properties of condensed matter at the Faculty
of Science of Masaryk University in Brno (E. Schmidt)..... 268

Optics at the Faculty of Nuclear Physics and Physical Engine-
ering, Czech Technical University in Praha
(P. Fiala, M. Škereň, I. Richter) 270

European Optical Society (EOS) – leading force for optics in
Europe (P. Tománek)..... 272
European Optical Society (EOS) is composed from 18 national societies (branches or affiliated societies) and individual members from more than 40 countries. Since several years, it plays important role in the organization of optics and photonics in Europe. The paper shortly overviews present activities of EOS with a focus to recent EOS Annual Topical Meeting.
Keyword: European Optical Society, activity, 7th FP

Symposium IMEKO TC 2 Photonics in Measurements
(M. Jedlička) 273

Thin films optical monitoring with vacuum apparatus of Ley-
bold company (T. Konkol)..... 274
Coating monitoring is the most important part of coating procedure. It is the base of dispatch and repeatability of the results. The

German company – Leybold Optics – has – provided own system of optical monitoring. Because of the heterogeneity of layers, there are 5 different algorithms to calculate layers.

PROPERTIES OF FRIT GLASS AND THEIR DEPENDENCE
ON THE TEMPERATURE (J. Bartl)..... 280
In radiometric measurement of the object temperature, in measurement and evaluation of heat escape from buildings we meet with materials, which can be characterised as transparent or semitransparent. One of them is glass. The objective of the present article is to analyse glass features, including emissivity in dependence to wavelength and temperature and also the thermal transmissivity of glass.

Keywords: emissivity, reflectivity, absorptivity, transmissivity, reflectance, absorptance, transmittance

Medium with negative refraction index – part II
(H. Hiklová, M. Miler)..... 283

The article is continued the first part and it describes several man-made media with a negative refractive index. These materials are expected better resolution in optics or new better microwave directive antennas.

From technical library (I. Pelant, J. Novák)..... 286

ANOTACE

Měření signálu pyroelektrického čidla pomocí nízkošumového
širokopásmového měřicího předzesilovače

(A. Knápek, O. Hutař, P. Pfeifer)..... 276
V předcházejícím článku byl předložen návrh speciálního předzesilovače navrženého pro účely měření pyroelektrik. Tento článek předvádí výsledky dosažené za pomoci tohoto zesilovače signálu ze snímačů v naší testovací laboratoři. Zesilovač je používán pro nejrůznější měřicí úlohy, např. pro technologii prostorové lokalizace infračervených zářičů, pro testování infračervených zdrojů záření a jejich spolehlivosti, při testování odolnosti krytu snímače proti navlhání, pro měření snímače za nejrůznějších podmínek atd.
Klíčová slova: pyroelektrický snímač, měření šumu, detektory plamene

KONFERENCE OPTIKA A JEMNÁ MECHANIKA 2008

PŘEROV 24. – 25. 9. 2008





Tyco International

Tyco International je americká společnost, která zaměstnává své lidi ve více jak 60 zemích světa. Jednou z jejích čtyř divizí je Tyco Safety Products, která má své vývojové centrum i v České Republice. TSP je divizí zaměřená svým programem na vývoj a výrobu zabezpečovacích systémů, protipožárních systémů, monitorovacích systémů a mnoho dalších systémů, které sloužící pro ochranu majetku a životů. TSP vyrábí tisíce produktů jak pro soukromý tak i pro komerční sektor. V rámci programu neustálého růstu, divize TSP rozšiřuje provoz svého vývojového centra v Brně-Modřicích a hledá nové inženýry v oblasti vývoje hardware, software a strojního inženýrství se zaměřením na vývoj zabezpečovacích systému v oblasti detekce požáru.

Vývojové centrum

Vývojové centrum divize Tyco Safety Products se nachází v průmyslovém areálu Central Trade Park (CTP) v Brně-Modřicích, přibližně 5 km jižně od města Brna. Společnost Tyco zahájila provoz nového centra v červnu 2004. Prostory Vývojového centra jsou dimenzovány pro 70 inženýrů a techniků včetně potřebné specializované techniky a nalézají se v moderních kancelářích a laboratořích v budově Axis Office Park. Naši inženýři úzce spolupracují s kolegy z našich zahraničních poboček v Mnichově, Londýně, Bostnu a Montrealu.

Vývojový program

Základním vývojovým programem brněnského centra jsou:

- Vývoj nových technologií a produktů v oblasti detekce požárů
- Vývoj komunikačních a bezpečnostních systémů ve zdravotnictví

V rámci vývoje požárních detektorů byla navázána spolupráce s fakultou Elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně. Spolupráce se týká zejména výzkumu vlastností pyroelektrických senzorů a jejich aplikace v detekci požárů

