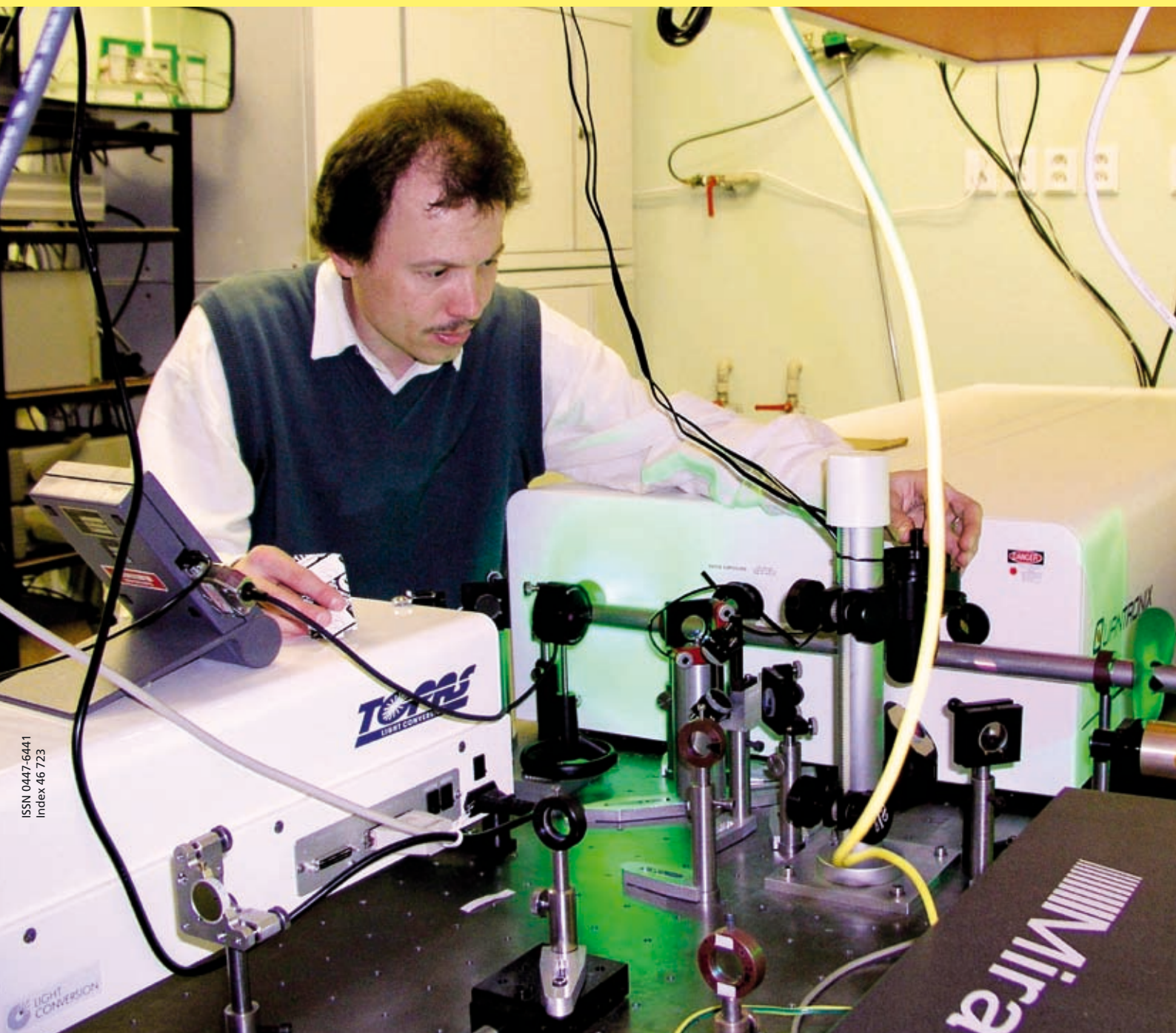


1
2007

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA FINE MECHANICS AND OPTICS

**POHLED DO LABORATOŘE TERAHERTZOVÉ OPTIKY
VE FYZIKÁLNÍM ÚSTAVU AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY, v. v. i.**



Významné životní jubileum Ing. Karla Jungwirtha, DrSc.

Koncem minulého roku Ing. Karel Jungwirth, DrSc. oslavil významné životní jubileum – 65. narozeniny. Při této příležitosti si Redakce a Redakční rada časopisu *Jemná mechanika a optika* dovoluje vyzdvihnout především jeho obětavou práci, kterou vykonal pro Fyzikální ústav AV ČR jako jeho ředitel, pro vznik a další rozvoj AV ČR i pro celou českou fyzikální obec a její mezinárodní renomé.

Jubilant zahájil svoji vědeckou kariéru v Ústavu fyziky plazmatu AV ČR v roce 1963. Hlavními oblastmi jeho profesionálního zájmu jsou teorie stability plazmatu, dynamika nelineárních interakcí v plazmatu, analytické a numerické studie relaxace klasických elektronových svazků v plazmatu, generování a dynamika výkonových elektronových svazků, dynamika solitonů a silné plazmové turbulence a v posledních letech ještě laserové plazma a výkonové lasery. V roce 1965 byl na šestiměsíční stáži v IAE Kurčatova v Moskvě a v letech 1990-1991 přednášel šest měsíců na „University of Texas“ v Austinu, kde pracoval rovněž v „Institute for Fusion Studies“.

Svoji profesní aktivitu věnoval i spoluorganizování české vědy. Po listopadu 1989 byl v Akademii věd zvolen členem předsednictva Komory volených zástupců a od října roku 1991 do března 2001 byl pověřen vedením oblasti věd o neživé přírodě. Od roku 1993 byl po dvě funkční období členem předsednictva Akademické rady a ve svém druhém funkčním období pak místopředsdou AV ČR. V roce 1998 byl jmenován členem Rady vlády pro výzkum a vývoj ČR.

Přestože jubilant je svým zaměřením teoretický fyzik, všestranně po desetiletí spolupracuje s experimentem. Má jedinečnou zásluhu na vybudování laboratoře PALS (Prague Asterix Laser System), která je společnou laboratoří FZÚ a ÚFP AV ČR. Toto významné pracoviště oslaví v letošním roce právě 10 let od svého založení. Díky dosaženým výsledkům jeho badatelů a jejich zahraničních spolupracovníků se PALS rychle dostal na špičkovou mezinárodní úroveň. Laboratoř je členem konsorcia Laserlab-Europe a Ing. K. Jungwirth, DrSc. je členem jeho řídicího orgánu v 6. rámcovém programu EU.

Redakce a Redakční rada časopisu *JMO* přejí jubilantovi do dalších let hodně zdraví, životní pohodu a pracovní úspěchy jak ve vědecké, tak i v řídicí práci.



Gratulace prof. Rudolfa Zahradníka, bývalého předsedy Akademie věd



Místopředseda Akademie věd Ing. Pavel Vlasák, DrSc. připomíná zásluhy ředitele Fyzikálního ústavu Ing. Karla Jungwirtha, DrSc. pro vznik a rozvoj AV ČR



Zástupkyně ředitele Milada Glogarová, CSc. a vědecký tajemník RNDr. Josef Krása, CSc. při gratulaci řediteli ústavu



Gratulace prof. Heleny Illnerové a prof. Rudolfa Zahradníka, bývalých předsedů Akademie věd

REDAKČNÍ RADA

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

Členové: RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, doc. Dr. RNDr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZINA, Bratislava, Ing. Jan DUPÁK, CSc., ÚPT AV ČR, Brno, prof. Ing. Pavol HORŇÁK, DrSc., STU, Bratislava, prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Karol KAROVIČ, DrSc., ÚM SAV, Bratislava, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, RNDr. Josef KRÁSA, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, doc. RNDr. Vojtěch KŘESÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno, doc. 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, Ing. Vladimír MATELA, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, Ing. Monika MÍCHALOVÁ, 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, Jan ŘÍDKÝ, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Dagmar SENDEŘÁKOVÁ, Ph.D., UK, Bratislava, 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: Ing. Karel JUNGWIRTH, DrSc.

Odpovědný zástupce vydavatele: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

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: pelclova@optnw.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.

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 2007

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 52

1/2007

OBSAH

Editorial (K. Jungwirth)	3
Princip měření elastických konstant metodou LAW (R. Pícek, P. Boháč)	4
Teorie a popis realizovaného zařízení k měření funkce přenosu modulační digitální videokamery pomocí spektrální hustoty výkonu reflexního náhodného testu a jeho obrazu (J. Pospíšil, P. Jakubík)	7
Měření tloušťky tenké vrstvy SiO₂ na křemíkovém substrátu s využitím spektrální interferometrie v bílém světle (R. Chlebus, P. Hlubina, D. Ciprian, J. Luňáček, M. Lesňák)	13
Laser odděluje elegantně křehké materiály působením napětí (M. Degel)	16
Siemens oceňuje mladé talenty - vyhlášení vítězů 9. ročníku Ceny Siemens (P. Sedláček)	18
Cena Otty Wichterleho pro optiky z FZÚ AV ČR (J. Soubusta)	19
EOS Annual Meeting 2006 (M. Jedlička, P. Tománek)	20
Z dílny starých mistrů	21
Pohodlnější odstraňování ledvinových kamenů (P. Sedláček)	22
Nejvýznamnější odborné technické veletrhy pořádané v 1. pololetí 2007 (jpe)	23
OptoTech oceněna Hesenskou cenou za inovaci 2006 (red.)	26
AQUA-THERM 2007 na Slovensku (jpe)	26
Z technické knihovny (I. Brezina, J. Novák)	27
Významné životní jubileum Ing. Karla Jungwirtha, DrSc. (red.)	2. str. obálky

Obsah časopisu Jemná mechanika a optika je uveden na internetu: <http://jmo.fzu.cz>

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.), Jan DUPÁK - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Pavol HORŇÁK - 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.), Karol KAROVIČ - Inst. of Measurement Science Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovak Rep.), Pavel KLENOVSKÝ - Czech Metrology Inst., Brno (Czech Rep.), Josef KRÁSA - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Jiří KRŠEK - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Vojtěch KRŠÁLEK - Tomas Bata Univ. in Zlín (Czech Rep.), Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., 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.), Vladimír MATELA - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Ing. Monika MÍČHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav MILLER - 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.), Jan ŘÍDKÝ - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Dagmar SENDEŘÁKOVÁ - Comenius Univ., Bratislava (Slovak 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: Karel JUNGWIRTH

Editor: Jan ŘÍDKÝ

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: pelclovea@optnw.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 2007

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

VOLUME 52

1/2007

CONTENTS

Editorial (K. Jungwirth)3

Principle of LAW method used for measurement of elastic constants (R. Picek, P. Boháč)4

Theory and description of the realized arrangement for measuring the modulation transfer function of a digital video-camera by means of the power spectral density of a reflection random chart and its image (J. Pospíšil, P. Jakubík)7

Measurement of the thickness of SiO₂ thin film on the silicon substrate using white-light spectral interferometry (R. Chlebus, P. Hlubina, D. Ciprian, J. Luňáček, M. Lesňák) 13

Laser smartly breaks up brittle material by stress (M. Degel) 16

Siemens awards young talents –9th Siemens Award winners announcement (P. Sedláček) 18

Otto Wichterle prize for optical physicists from the "Institute of Physics of Academy of Sciences" of the Czech Republic (J. Soubusta) 19

EOS Annual Meeting 2006 (M. Jedlička, P. Tománek) 20

More comfortable removal of kidney stones (P. Sedláček) 22

The most significant professional engineering fairs arranged in the first half-year 2007 (jpe) 23

OptoTech awarded by Hesent Prize for Innovation 20066 (red.) 26

AQUA-THERM 2007 in Slovakia (jpe) 26

From technical library (I. Brezina, J. Novák) 27

Considerable anniversary of Ing. Karel Jungwirth, DrSc. (red.) 2nd cover page

You can also find the contents of the Journal on Internet:
<http://jmo.fzu.cz>

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.

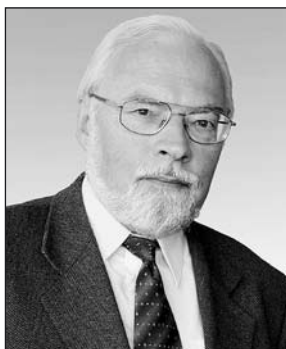
Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

Vážené čtenářky, vážení čtenáři,

před dvěma lety jsem Vás na tomto místě vyzval k malému ohlédnutí. Právě totiž začínal mezinárodní rok fyziky, připomínající sté výročí tří fundamentálních prací Alberta Einsteina, náš časopis slavil (stejně jako jeho vydavatel o dva roky dříve) padesáté a Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR v Olomouci čtyřicáté výročí svého vzniku. A i letos bych Vás velmi rád zase jednou pozval k malé virtuální, ale zato aktuální návštěvě Fyzikálního ústavu AV ČR. Nedovíte se samozřejmě o objevech prvořadého světového významu, nicméně, s jistotou nadšátkou, lze snad alespoň z domácího hlediska považovat právě uplynulý rok tak trochu i za rok našeho ústavu. Některým jeho výsledkům se dostalo opravdu mimořádné publicity jak ve sdělovacích médiích, a to zdaleka nejen domácích, tak i na Web of Science (ISI Thomson Institute) a ostatně i pan předseda naší Akademie věd prof. Pačes zahájil 14. prosince svou zprávu pro 29. Akademický sněm informací o čtyřech výsledcích právě Fyzikálního ústavu. Pevně přitom doufám, že se mi podaří vzbudit ve Vás oprávněný pocit, že fyzika je pro nás dobrodružnou cestou k poznání vedoucí k původním výsledkům, jejichž kvalita už dnes alespoň v některých případech snese i ta nejprísnejší mezinárodní měřítka badatelského výzkumu.

Postavení Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR je přitom výjimečné hned v několika směrech. Jako celek je tento ústav nejen největším fyzikálním pracovištěm u nás, ale je i zdaleka největším ústavem celé naší Akademie. Protože dále vydává ještě Československý časopis pro fyziku, jehož dvě více než stostránková čísla 4/2003 a 4/2005 byla cele věnována našemu ústavu, uvedu zde jen několik novinek jako „reklamní shot“ orientovaný na zaměření JMO. Tak byl např. objeven semiempirický vztah, který jednoduchým způsobem spojuje tvrdost jako makroskopickou vlastnost materiálu s jediným parametrem vypočteným z rozložení hustoty elektronů v krystalu zkoumané látky. Originální vzorec pro výpočet tvrdosti s překvapivou přesností reprodukuje experimentální data, umožňuje předpovídat tvrdost strukturních modelů pro látky hypotetické a současně vyvrací dosavadní názor, že tvrdost látky je tím větší, čím je větší počet nejbližších sousedních atomů.

Trochu jiného charakteru je účast ústavu na společných domácích a mezinárodních projektech. K vrcholům loňské mimořádně úspěšné experimentální sezóny laboratoře výkonových laserů PALS, společně FZÚ a ÚFP, patří proměření vlastností horké ionizované hmoty o hustotě pevné látky vytvořené svazkem rentgenového laseru. Jde o první úspěšný experiment tohoto druhu na světě, neboť nikde jinde nemají tak výkonový rentgenový laser. Jeho svazek proto můžeme rozštěpit tak, že jednou částí vytváříme



na terči horkou hustou hmotu a druhou v ní měříme transport záření, což má ve svých důsledcích klíčový význam např. pro výzkum astrofyzikálních objektů s extrémně vysokými hustotami energie. Na experimentech u nás a jejich interpretaci se podíleli i britská University of York a americká Lawrence Livermore National Laboratory.

V případě mezinárodní laboratoře Pierra Augera v Argentině je cílem zjištění původu nejenergetičtější složky kosmického záření s energií částic nad 10^{19} eV. Kromě vývoje a konstrukce systému teleskopů pro fluorescenční detektory této laboratoře byl ve FZÚ vyvinut malý robotický teleskop FRAM pro měření klíčových parametrů aktuální kvality atmosféry nad observatoří. Jejich znalost je nezbytná pro eliminaci vlivu atmosféry na stanovení profilu částicových spršek i jejich energetickou rekonstrukci až k primární částici kosmického záření. Kromě pravidelného sledování atmosféry nad observatoří zaznamenal tento robot jako jediný na světě i optický dosvit gama záblesku GRB060117 detekovaného družicí SWIFT a získal tak světově zcela unikátní data.

Dynamicky se v ústavu rozvíjejí práce na tématickém okruhu spintronických jevů v polovodičích a jejich ohlas v mezinárodní odborné komunitě prudce narůstá. Podle údajů ISI Thomson (WOS) se za poslední dva roky zvýšil počet citací na dvojnásobek, přičemž jedna z publikací, na níž se ústav významně podílel, byla vyhodnocena jako celosvětově druhá nejcitovanější práce v období březen-duben 2006 ve fyzice vůbec a FZÚ mezi institucemi jako druhé nejúspěšnější pracoviště v oblasti spinového Hallova jevu.

Ke kvalitativní změně došlo v poslední době i v rámci dlouholeté úspěšné spolupráce ústavu s mezinárodní laboratoří CERN. Pro experiment TOTEM byla navržena unikátní metoda analýzy dat pružného rozptylu protonů na protonech, která budou získávána důmyslnými a technologicky náročnými detektory, tzv. „Římskými hrnci“. Jejich výrobu zajišťuje firma Vakuum Praha, s.r.o. a je to vůbec poprvé, kdy detektory tvořící součást velkého mezinárodního urychlovače jsou dodávány českou firmou.

A protože od prvního ledna tohoto roku je náš ústav veřejnou výzkumnou institucí (v.v.i.), takže bude muset ještě více než dosud sám pečovat o budoucnost svou i našich časopisů, vnější podpora na vydávání časopisů ústavu totiž právě skončila, je mým trvalým novoročním přáním, aby nových výsledků pracovníků ústavu i čtenářů a inzerentů-podnikatelů našeho časopisu stále přibývalo a abychom si vždy vzájemně poskytovali co nejvíce zajímavých a užitečných informací.

*Ing. Karel Jungwirth, DrSc.
pověřený řízením Fyzikálního ústavu AV ČR, v.v.i.*

Princip měření elastických konstant metodou LAW

Hodnoty elastických konstant (Youngův, resp. elastický modul a Poissonovo číslo) jsou klíčové z hlediska hodnocení mechanických vlastností materiálu. Rychlá a efektivní metodika měření těchto veličin je přínosem ve vývoji materiálů, např. tenkých funkčních vrstev a povlaků, kde je možno změnami parametrů procesu depozice připravit vrstvy o různých materiálových vlastnostech. V článku je popsána velmi perspektivní metoda měření LAW (z angl. Laser Acoustic Waves) určující elastické vlastnosti tenkých vrstev. Metoda je založena na měření rychlosti a disperze povrchového akustického vlnění (SAW – z angl. Surface Acoustic Waves). Jsou prezentovány některé výsledky měření vrstev amorfního křemíku a karbidu křemíku (a-Si a a-SiC) dosažené touto metodou. V závěru jsou uvedeny hlavní výhody a nevýhody LAW a nastíněno jejich možné řešení.

Klíčová slova: Laserová akustická metoda, Youngův modul, tenké vrstvy, amorfni křemík, karbid křemíku.

1 ÚVOD

Význam elastických konstant spočívá v kvantitativním popisu mechanických vlastností pevných látek. V oblasti nedestruktivního a vratného namáhání představují nejdůležitější charakteristiky materiálu. Je-li uvažován izotropní materiál, pak jako nezávislé tu vystupují pouze dvě veličiny: Youngův modul E a Poissonovo číslo ν . Youngův modul přímo charakterizuje tuhost materiálu a u látek s kovalentní vazbou, tj. u většiny tvrdých povlaků, existuje i přímá závislost mezi touto veličinou a tvrdostí materiálu [1]. Rychlé a věrohodné stanovení elastických konstant je proto vhodné pro klasifikaci tenkých vrstev a umožňuje efektivněji optimalizovat podmínky depozice vrstev a povlaků.

Volba měřicí metody pro stanovení těchto veličin je v podmínkách tenkých vrstev dosti zúžena. Vzhledem ke specifickým tloušťkám vrstev (max. jednotky μm) běžně užívané metody, založené na měření deformace při aplikovaném zatížení o známé velikosti, nedosahují za běžných podmínek potřebné rozlišovací schopnosti. Metoda LAW je založena na odlišném principu. Vychází se zde z měření rychlosti a disperze povrchového akustického vlnění (SAW), známého též pod termínem Rayleighovy vlny. Intenzita tohoto vlnění je nejvyšší na povrchu a exponenciálně klesá s hloubkou. SAW je proto velmi citlivé na akustické vlastnosti, tj. na elastické konstanty a hustotu ρ , zejména povrchových struktur, což je velmi vhodné právě k měření elastických konstant tenkých vrstev.

V následujícím textu je tato metoda v několika kapitolách blíže popsána z hlediska teorie, způsobu vyhodnocení naměřených dat, použité měřicí aparatury a dosažených výsledků.

2 POVRCHOVÉ AKUSTICKÉ VLNĚNÍ

2.1 Povrch bez tenké vrstvy

Je zanedbán částicový charakter látky, v kterém se vlnění šíří. Toto prostředí je pokládáno za dokonale homogenní a izotropní. Dále deformace materiálu je uvažována pouze v oblasti platnosti Hookova lineárního zákona [2]. Pak vlnění v tomto prostředí lze popsat jako dynamickou rovnováhu elementu kontinua vlnovou rovnicí v tenzorovém tvaru:

$$\mu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j^2} + (\lambda + \mu) \frac{\partial^2 u_j}{\partial x_i \partial x_j} = \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2}, \quad (1)$$

kde x_i jsou prostorové souřadnice, u_i jsou příslušná posunutí elementu, t je čas a μ , λ jsou tzv. Lamého konstanty dané elastickými vlastnostmi E a ν [2].

Předpokládané řešení bez uvažování okrajových podmínek lze pro vlnovou rovnici (1) napsat ve tvaru

$$u_j = \alpha_j \exp(ikbx_3) \exp[ik(x_1 - ct)], \quad j = 1, 2, 3 \quad (2)$$

kde x_1, x_3 jsou prostorové souřadnice, šíření vlnění je ve směru x_1 , $k = 2\pi f/c$ je vlnové číslo, kde f je fázová frekvence a c fázová rychlost, α_j, b jsou proměnné, které jsou získány dosazením do vlnové rovnice (1). Z tohoto řešení také vyplývá nezávislost posuvů u_1, u_3 na u_2 , [3]. Dále je proto uvažováno pouze rovinné řešení v rovině (x_1, x_3) .

Vlnění SAW je charakteristické rozhraní obecně mezi dvěma prostředím představující povrch materiálu. Druhým prostředím je myšlena běžná atmosféra, u které je silová interakce mezi ní a materiálem zanedbána. Je předpokládán rovinný povrch, na kterém je umístěn počátek rovinného kartézského souřadného systému (x_1, x_3) . Osa x_3 je souběžná s normálou roviny povrchu a její kladná část směřuje směrem do materiálu. Na povrchu pak mohou být definovány následující okrajové podmínky:

$$\sigma_{11}(x_1, 0) = \sigma_{13}(x_1, 0) = 0 \quad (3)$$

vyjadřující nulové napětí působící na povrch materiálu.

Dosazením předpokládaného řešení (2) do okrajových podmínek (3) je po řadě úprav [3], [4] odvozena rovnice

$$\eta^6 - 8\eta^4 + 8(3 - 2\xi)\eta^2 - 16(1 + \xi) = 0, \quad (4)$$

kde $\eta = c/c_t$ a $\xi = c_l/c_t$ a kde c_t a c_l jsou rychlosti tangenciální a longitudální vlny dané vztahy

$$c_t = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}, \quad c_l = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}. \quad (5)$$

Rovnice (4) představuje pro neznámou rychlost c algebraickou rovnici 6. řádu. V tomto případě nejsou parametry rovnice (4) závislé na frekvenci vlnění. Výsledná rychlost, označovaná jako Rayleighova rychlost c_R , je pro všechny frekvence konstantní. Lze ukázat, že řešení pro neznámou η je závislé pouze na hodnotě Poissonova čísla ν a v prakticky možném rozsahu $0 < \nu < 0,5$ má rovnice (4) reálné řešení, které lze aproximovat vztahem $\eta_R = (0,87 + 1,12\nu)/(1 + \nu)$. Pak pro rychlost c_R platí přibližně následující vztah

$$c_R = \frac{0,87 + 1,12\nu}{1 + \nu} \sqrt{\frac{E}{2\rho(1 + \nu)}}. \quad (6)$$

2.2 Povrch s tenkou vrstvou

Při výpočtu rychlostí v systému substrát-vrstva jsou převzaty předpoklady z předchozího odstavce. Dále je uvažována tenká vrstva z homogenního materiálu izotropních vlastností. Vrstva je po

celém rovinném povrchu substrátu nanese na konstantní tloušťce h , přechod mezi substrátem a vrstvou je skokový a spojení vrstvy je dokonalé jak po kinetické, tak i dynamické stránce.

Vychází se ze stejné vlnové rovnice (1). Počátek rovinného souřadného systému (x_1, x_3) je umístěn na rozhraní mezi substrátem a vrstvou s orientací osy x_3 ve směru normály roviny rozhraní a s kladnou částí osy směrem do vrstvy. Směr šíření vlnění bude opět předpokládán ve směru osy x_1 . V obou prostředních vrstvy a substrátu bude řešení popsáno svými funkcemi posuvu, tj. pro vrstvu

$$u'_j = \left\{ \sum_n K_n \alpha_j^{(n)} \exp(ikb^{(n)}x_3) \right\} \exp[ik(x_1 - ct)], n = 5, 6, 7, 8 \quad (7)$$

a pro substrát

$$u_j = \left\{ \sum_n K_n \alpha_j^{(n)} \exp(ikb^{(n)}x_3) \right\} \exp[ik(x_1 - ct)], n = c, d^1, \quad (8)$$

kde proměnné a veličiny příslušející vrstvě budou značeny čárkovaně (tj. $u', \sigma', E', v', \rho'$), pouze pro substrát nečárkovaně. Předpokládáné řešení je rozšířeno oproti (2) z důvodu splnitelnosti více okrajových podmínek. K okrajovým podmínkám na povrchu přibývají dále okrajové podmínky na rozhraní vrstva-substrát dle uvedených předpokladů, tj.

na povrchu vrstvy

$$\sigma'_{11}(x_1, h) = \sigma'_{13}(x_1, h) = 0, \quad (9)$$

na rozhraní

$$\begin{aligned} u(x_1, 0) &= u(x_1, 0), \\ \sigma'_{11}(x_1, 0) &= \sigma_{11}(x_1, 0), \\ \sigma'_{13}(x_1, 0) &= \sigma_{13}(x_1, 0). \end{aligned} \quad (10)$$

Dosazením vztahů (7), (8) do okrajových podmínek (9), (10) je získána soustava 6 lineárních algebraických rovnic, jež může být vyjádřena v maticovém tvaru [3]. Jejím řešením však již není konstantní rychlost c jako v předcházejícím případě, ale obecná závislost fázové rychlosti na fázové frekvenci

$$c = c(f), \quad (11)$$

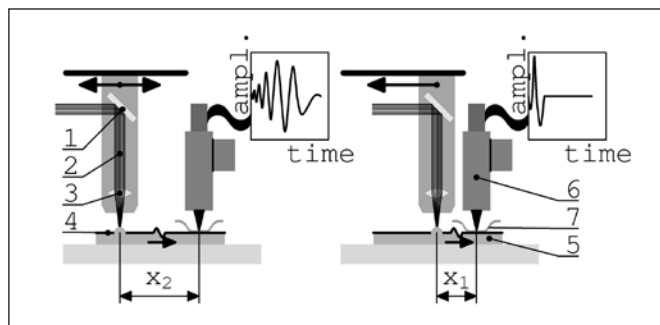
kteřá bývá označována jako disperze vlnění. Parametry funkce (11) jsou všechny uvedené veličiny vrstvy a substrátu $E', v', \rho', h, E, \rho, v$.

3 PRINCIPY MĚŘICÍ METODY

Širokopásmové SAW vlnění je na povrchu vzorku vybudeno termoelasticky krátkým světelným pulzem dusíkového laseru, jenž je zrcátkem usměrněn a pomocí válcové čočky soustředěn do tvaru úsečky na povrchu vzorku. Krátké a intenzivní lokální ohřátí v místě dopadu laserového paprsku vybudí ve vzorku ultrazvukové SAW vlnění, které je ve známé vzdálenosti od místa buzení snímáno hrotem, který tiskne piezoelektrickou fólii k povrchu vzorku. SAW takto převedené na elektrický signál je pak dále vyhodnocováno jako spektrum fázové rychlosti. Schéma měřicího uzlu zařízení Laser-Acoustic Thin Film Analyser je na obrázku 1.

Pro zjištění disperzní křivky je třeba u každého vzorku provést alespoň dvě měření v různých vzdálenostech snímače od místa buzení. V praxi se jich však provádí více z důvodu statistického zpracování snímaných dat, což vede k potlačení rušivých signálů a k větší věrohodnosti. Průběh disperzní křivky je určen ze vztahu

$$c_m(f) = \frac{(x_2 - x_1)f2\pi}{\Phi_2(f) - \Phi_1(f)}, \quad (12)$$



Obr. 1 Zjednodušené schéma měřicího uzlu. 1. zrcátko, 2. laserový paprsek, 3. válcová čočka, 4. tenká vrstva, 5. substrát, 6. detektor elektrického signálu, 7. piezoelektrická folie

kde x_1 a x_2 představují dvě různé vzdálenosti mezi dopadem laserového paprsku a snímačem a Φ_1, Φ_2 jsou fázová posunutí vlnění dané frekvence f při snímání v příslušných vzdálenostech x_1 a x_2 . Fázová charakteristika $\Phi(f)$ je získána Fourierovou transformací detekovaného signálu. Hodnoty parametrů tenké vrstvy, včetně elastických konstant, jsou vypočteny metodou nejmenších čtverců jako minimum funkce

$$\sum_{i=1}^n [c_m(f_i) - c(f_i, E', v', \rho', E, v, \rho, h)]^2 = \min, \quad (13)$$

kde $c(f, E', v', \rho', E, v, \rho, h)$ představuje funkci (11).

Vzorek pro měření musí nezbytně splňovat jistá kritéria. Je požadován rovinný tvar vzorku o minimální velikosti plochy 5 x 10 mm. Aby signál nebyl rušen jinými kmity než SAW, tloušťka substrátu musí být minimálně 0,5 mm pro monokrystalický materiál, 2 mm pro ostatní materiály. Drsnost R_a zkoumaného povrchu by neměla přesáhnout 1 μ m. Materiál, jehož vlastnosti mají být zkoumány, musí laserové záření absorbovat. Nejlepších výsledků se dosahuje u monokrystalických substrátů, v kterých dochází k malému rozptylu akustického vlnění a detekovaný signál má širší rozsah frekvencí. Je-li podklad polykrystalický, je alespoň požadována jemnozrná struktura.

Praktická měření byla prováděna na měřicí aparatuře Laser-Acoustic Thin Film Analyser, IWS Dresden; (parametry N_2 laseru: doba trvání pulsu 0,5 ns, energie 0,4 mJ, vlnová délka $\lambda = 337$ nm).

4 MĚŘENÍ

4.1 Vrstvy a-Si a a-SiC

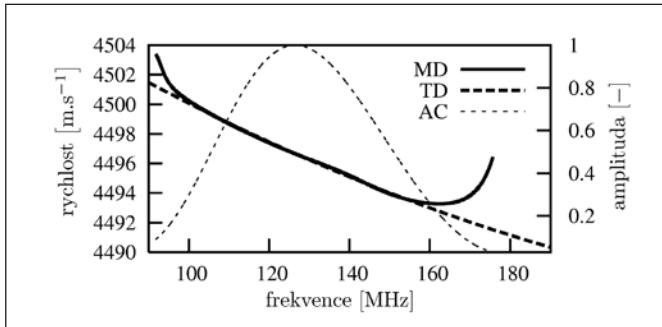
V první sadě vzorků byly analyzovány tenké vrstvy amorfního křemíku (a-Si), deponované za různých podmínek s následným různým tepelným zpracováním. V druhém souboru vzorků byl materiálem tenké vrstvy karbid křemíku (a-SiC) různých koncentrací Si a s různým tepelným zpracováním [5]. V obou případech byl povlak deponován na destičku z monokrystalu křemíku, jehož orientace krystalografické roviny byla (111). Vrstvy byly nanášeny magnetronovým naprašováním. Vzorky byly rovinné obdélníkového tvaru o velikostech splňujících výše uvedenou podmínku velikosti plochy. Tloušťka substrátu byla 0,5 mm. Tloušťka povlaků byla měřena na přístroji ALPHA STEP 500 a byla v rozmezí cca 2 až 5 μ m.

Disperzní křivky byly někdy dosti „zašuměny“, což znesnadňuje přiřazení správného průběhu teoretické disperze k experimentálním datům. Tento problém lze v některých případech řešit vhodnou volbou užšího rozsahu frekvencí podle amplitudové charakteristiky signálu, viz. obrázek 2.

Chyba měření je odhadnuta z vypočítaného rozptylu mezi teoretickou a experimentální křivkou, dle rovnice (13). Tento rozptyl je pak porovnáván s teoreticky vypočítanou citlivostí tvaru disperzní křivky na hledané veličiny. Při tloušťkách měřených vrstev (jednotky μ m) z teoretického rozboru vyplývá, že citlivost na

¹ Zvláštní indexování je dáno užším výběrem funkcí pro hledaný tvar kmitu, viz. [3].

průběh disperzní křivky mají elastické veličiny substrátu nižší než elastické konstanty vrstvy. Toto znamená nižší chybu vyhodnocení pro substrát než pro vrstvu.



Obr. 2 Ukázka proložení teoretické disperzní křivky změřenou disperzí u systému substrát-vrstva Si_a-Si. Fitting byl proveden v užším intervalu frekvencí (100-155 MHz), v kterém byla hodnota relativní amplitudy vysoká. Legenda: MD - naměřená disperze, TD - teoretická disperze, AC - amplitudová charakteristika

4.1.1 Vrstva a-Si

Hodnoty Youngova modulu vrstvy E' jsou v rozmezí 75 - 200 GPa, a hustota ρ' mezi 2 až 3 g.cm⁻³. Za hodnotu Poissonova čísla byla vzata tabulková hodnota $\nu' = 0,26$. Výsledky měření jsou znázorněny v tabulce 1.

Tab. 1 Hodnoty elastických a mechanických veličin vzorků systému Si_a-Si. E' , ν' , ρ' označují po řadě Youngův modul, Poissonovo číslo a hustotu vrstvy. E , ν , ρ obdobně charakterizují substrát, h je tloušťka vrstvy. Byly vzaty tabulkové hodnoty pro $\nu' = 0,26$, $\nu = 0,26$, $\rho = 2,33$ g.cm⁻³

E' [GPa]	ρ' [g.cm ⁻³]	h [μm]	E [GPa]
110,0 ±6,6	2,21 ±0,03	6,75 ±0,01	141,4 ±0,4
109,0 ±3,4	2,08 ±0,05	6,73 ±0,01	140,1 ±0,5
150,9 ±3,5	2,47 ±0,03	4,83 ±0,01	140,9 ±0,5
151,9 ±5,8	2,33 ±0,05	4,45 ±0,01	140,9 ±0,7
158,5 ±4,2	2,48 ±0,04	4,72 ±0,01	153,5 ±0,7
147,5 ±3,8	2,39 ±0,03	4,48 ±0,01	140,1 ±0,6
200,0 ±7,7	2,83 ±0,06	4,13 ±0,01	148,0 ±0,7
100,0 ±4,6	2,51 ±0,05	3,62 ±0,01	153,3 ±0,8
75,0 ±4,3	2,66 ±0,07	2,63 ±0,01	142,8 ±0,6

4.1.2 Vrstva a-SiC

U vrstev a-SiC byl zjištěn rozptyl měřených veličin ještě vyšší než pro vrstvy a-Si. Youngův modul byl rozmezí hodnot 140 - 383 GPa, a hustota 2,03 - 3,09 g.cm⁻³. Poissonova konstanta je dána opět tabulkovou hodnotou 0,19. Číselné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

5 ZÁVĚR

Metoda LAW je z hlediska principu perspektivní pro testování tenkých vrstev zejména pro:

- nedestruktivnost či jen minimální poškození vzorku;
- časově nenáročná a jednoduchá měření;
- měření i velmi tenkých vrstev (u monokrystalického substrátu s dostatečně rozdílnými akustickými vlastnostmi mezi substrátem a vrstvou může být tloušťka až do 5 nm);
- žádný požadavek na speciální přípravu zkušebních vzorků.

Tab. 2 Hodnoty elastických a mechanických veličin 16 vzorků Si_a-SiC. Označení veličin viz. tab.1 Tabulkové hodnoty pro substrát jsou rovny hodnotám z tabulky 1.

E' [GPa]	ρ' [g.cm ⁻³]	h [μm]	E [GPa]
140,3 ±3,6	2,03 ±0,03	3,39 ±0,01	150,5 ±0,7
151,6 ±6,1	2,08 ±0,05	3,53 ±0,01	143,2 ±0,8
166,8 ±5,5	2,28 ±0,05	3,46 ±0,01	155,7 ±0,7
201,4 ±5,6	2,47 ±0,04	3,52 ±0,01	141,5 ±0,7
163,3 ±7,5	2,26 ±0,04	3,46 ±0,01	143,2 ±2,1
355,0 ±10,4	3,04 ±0,04	3,23 ±0,01	137,9 ±0,7
383,0 ±12,8	3,09 ±0,05	3,47 ±0,01	151,0 ±0,9
185,1 ±4,4	2,51 ±0,03	2,96 ±0,01	141,5 ±0,7
196,0 ±7,7	2,60 ±0,06	2,89 ±0,01	141,5 ±0,8
234,8 ±6,7	2,70 ±0,04	2,78 ±0,01	141,5 ±0,7
145,9 ±3,2	2,13 ±0,03	2,44 ±0,01	143,4 ±0,5
250,5 ±5,3	2,88 ±0,03	4,43 ±0,01	149,8 ±0,6
177,1 ±3,8	2,37 ±0,03	4,25 ±0,01	143,1 ±0,6
222,0 ±5,5	2,61 ±0,03	4,16 ±0,01	141,4 ±0,6
226,6 ±7,1	2,62 ±0,04	3,68 ±0,01	144,1 ±1,0

Největším problémem se jeví nejednoznačnost řešení rovnice (13). Chyba, způsobená nevhodnou interpretací a vyhodnocením získaných dat, může dosáhnout řádově až desítek procent. K správné interpretaci výsledků proto v některých případech samotná LAW metoda nestačí. Je pak nutné některé veličiny z rovnice (13) stanovit buď jinou metodou měření nebo použitím tabulkových hodnot. Navíc se při výpočtu vychází z ideálního matematického modelu systému, který nutně vždy zjednodušuje skutečný stav. Měřené charakteristiky SAW mohou být ovlivněny dalšími zanedbanými faktory, jako jsou např. proměnná tloušťka vrstvy, nehomogenita a anizotropie materiálu, defekty, zbytková pnutí, atd. Tyto chyby nejsou zahrnuty do stanovované chyby měření.

Některé z vyjmenovaných problémů se v jisté míře vyskytly i při vyhodnocování uvedených měření tenkých vrstev amorfního křemíku (a-Si) a karbidu křemíku (a-SiC). Řešení spočívalo v použití tabulkových hodnot Poissonových čísel jak pro materiál substrátu, tak i materiál tenké vrstvy. Naproti tomu díky vysoké citlivosti elastických konstant substrátu na tvar disperzní křivky nebylo třeba tyto vlastnosti zkoumat samostatným měřením substrátu.

Obecně je však tento způsob možný a v některých případech nutný. Zdokonalení metody by přineslo vytvoření matematických modelů zahrnujících výše zmíněné nevažované faktory, především pak anizotropii a existenci přechodové mezivrstvy mezi substrátem a tenkou vrstvou.

Poděkování

Práce byla realizována díky finanční podpoře z projektu OC 095 akce COST 532, projektu 097 akce COST 533 a z Výzkumného centra - projektu MŠMT ČR č. 1M06002.

Literatura

- [1] D. Schneider a B. Schultrich. Elastic modulus: a suitable quantity for characterization of thin films. *Surface & Coating technology* 98, pages 962 - 970, 1998.
- [2] P. Reif. *Základy matematické pružnosti a pevnosti*. ČVUT Praha, 1980.
- [3] P. M. Warren a R. N. Thurston. *Physical Acoustic*, volume IX. Academic Press, New York, 1972.
- [4] I. A. Viktorov. *Rayleigh and Lamb Waves*. Plenum Press, New York, 1967.
- [5] Kulikovky V., Vorlíček V., Boháč P., Kurdyumov A., Jastrabík L. Mechanical properties of hydrogen-free a-C:Si films. *Diamond and Related Materials* 13 (2004) 1350 - 1355.

Teorie a popis realizovaného zařízení k měření funkce přenosu modulace digitální videokamery pomocí spektrální hustoty výkonu reflexního náhodného testu a jeho obrazu

Článek obsahuje matematickou analýzu a interpretaci fotografické činnosti digitální videokamery při předpokládaném lineárním elektrooptickém zobrazení statického dvourozměrného reflexního náhodného předmětu (testu). K tomuto účelu je využito přiměřeně strukturovaného blokového simulačního modelu s lineárním přenosem optických a elektrických obrazových signálů, který obsahuje všechny základní charakteristické procesy v digitální videokameře. Tyto procesy, ovlivněné kamerovými šумы, jsou obsaženy v zavedených lokálně variantních přenosových rovnicích spektrální hustoty výkonu a v jejich lokálně invariantních tvarech, které jsou požadované pro zavedení zvoleného moderního kritéria kvality testované digitální videokamery ve formě kvadrátu funkce přenosu modulace. Po prezentaci podmínek pro lokálně invariantní elektrooptické zobrazení je popsáno příslušné měřicí zařízení realizované tak, že obsahuje produkčním počítačem vyrobený dvourozměrný reflexní náhodný test s vlastnostmi bílého šumu a vyhodnocovací počítač k výpočtům kvadrátu funkce přenosu modulace testované digitální videokamery.

1. ÚVOD

Soudobé digitální videokamery jsou druhem digitálních elektrooptických zobrazovacích soustav. V souladu se zavedeným spektrálním blokovým přenosovým simulačním modelem na obr. 1, tyto kamery zajišťují obvyklé vstupní nekoherentní optické zobrazení předmětu (předmětové scény, objektu, vstupního optického obrazového signálu), fotoelektrickou detekci a vzorkování vzniklého optického obrazu do formy vzorkovaného elektrického obrazového signálu, jeho digitalizaci (kvantování, převzorkování a binární kódování) a rekonstrukci (adaptaci, interpolaci, dekódování a konverzi) do optické formy pozorovatelné na kamerovém displeji [1-12]. V tomto článku je předpokládán fotografický zobrazovací režim kamery pro obecně dvourozměrný statický předmět a k vystižení kvality vzniklého výsledného elektrooptického obrazu (výstupního optického obrazového signálu) je využito moderního kritéria kvality zobrazení – funkce přenosu modulace (FPM). Jde o reálnou spektrální funkci prostorových frekvencí, která tvoří modul (absolutní hodnotu) obecnější komplexní funkce přenosu (FP), jejíž fázová složka se nazývá funkce přenosu fáze (FPF). Obecně platí, že FP je normovaná Fourierova transformace funkce impulzní odezvy (FIO), v optice též zvané funkce obrazu bodu. Přitom se požadovaně předpokládá lineární a lokálně invariantní (izoplanatický) přenos optické (světelné) intenzity [3, 13, 14].

Na rozdíl od analogových zobrazovacích soustav (jakou je například fotografický objektiv) vykazují digitální (vzorkovací) zobrazovací soustavy vedle fotoelektrického (fotodetekčního) šumu také kvantovací a vzorkovací šum (chybu kvantování a vzorkování). Přitom přítomnost vzorkovacího šumu (nedokonalosti vzorkování) vede k nepříznivému lokálně variantnímu (anizoplanatickému) zobrazení, tj. k zobrazení, kdy FIO (případně FP) závisí na poloze vystižitelné příslušnými parametry příčného posuvu bodu (obecně předmětu) vzhledem k polohám fotodetekčních buněk (elementů, čipů) vzorkovací (referenční) roviny digitální videokamery. Požadované lokální invariance zobrazení, vedoucí k běžně pojímané lokálně invariantní FP, případně jen FPM, se dosáhne volbou zobrazovacích a měřicích podmínek splňujících Nyquistův vzorkovací teorém. Není-li tomu tak, volí se obvykle průměrování dat přes typický rozsah zmíněných parametrů příčného posuvu. Výsledkem pak je zprůměrovaná lokálně invariantní FP (FPM), avšak ovlivněná vzorkovacím šumem. Tím se obecně liší od lokálně invariantní FP (FPM) neovlivněné vzorkovacím šumem [2, 7-12, 15]. FP pro statický předmět se též nazývá statická FP.

Po popisu využití spektrální alternativy blokového přenosového simulačního modelu digitální videokamery a formulaci příslušných spektrálních přenosových rovnic pro lineární a nekoherentní elektrooptické zobrazení náhodného předmětu (testu), založených na spektrálních hustotách výkonu (SHV) předmětu a obrazu a obsahujících kamerovou FP, jsou v následujícím textu prezentovány podmínky pro vznik a absenci vzorkovacího šumu a způsoby získání požadovaných lokálně invariantních tvarů FPM. Dále je popsáno příslušné měřicí zařízení realizované tak, že obsahuje dvourozměrný reflexní náhodný test s vlastnostmi bílého šumu a vyhodnocovací počítač k zjišťování kvadrátu FPM testované digitální videokamery. Nakonec je provedena specifikace zmíněného testu a využitího způsobu jeho počítačové výroby.

Pro větší názornost jednotlivých matematických výrazů jsou v dalším textu spektrální veličiny opatřeny vlnovkou a všechny proměnné (prostorové souřadnice a prostorové frekvence) jsou vztaheny ke společné (referenční) rovině tvořené obrazovou rovinou zobrazovacího subsystému uvažované digitální videokamery. Zatímco veličiny a proměnné vztahené k předpokládané periodicky a pravouhle uspořádané soustavě fotodetekčních vzorkovacích buněk (elementů, čipů), tj. k vzorkovací škále, jsou zvoleny nečárkované, veličiny a proměnné vyjádřené v pixelové škále testu jsou čárkované. Index 1 u veličin a proměnných přísluší vodorovnému směru obrazových řádků (polohám svislých obrazových sloupců), kdežto index 2 je přiřazen svislému směru obrazových sloupců (polohám vodorovných obrazových řádků).

2. SPEKTRÁLNÍ BLOKOVÝ SIMULAČNÍ MODEL DIGITÁLNÍ VIDEOKAMERY A PŘÍSLUŠNÉ SPEKTRÁLNÍ PŘENOSOVÉ ROVNICE PRO ELEKTROOPTICKÉ ZOBRAZENÍ NÁHODNÉHO TESTU

V nadpisu zmíněný a zavedený spektrální blokový simulační model je znázorněn na obr. 1. Představuje rovnocennou alternativu jeho prostorově závislé formy podle publikací [9, 11, 12, 16] s výhodou, že odpovídající matematické relace jsou jednodušší a tím snadněji interpretovatelné. Vztahuje se k běžně akceptovatelnému lineárnímu přenosu obrazových signálů (videosignálů) a vystihuje základní subsystémy (stupně) digitálního elektrooptického zobrazení statického náhodného předmětu (objektu, testu) OB digitální videokamerou v jejím předpokládaném fotografickém režimu. Tento předmět lze reprezentovat Fourierovým spektrem

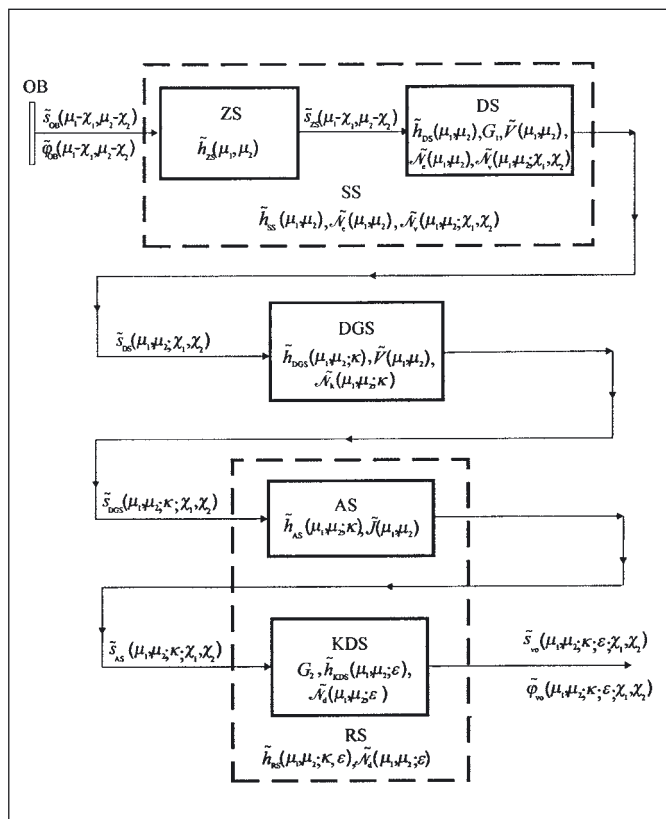
$\tilde{s}_{OB}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2)$ jeho předpokládané náhodně a spojitě rozložené optické (světelné) intenzity (vstupního optického obrazového signálu do videokamery) $s_{OB}(x_1 - \chi_1, x_2 - \chi_2)$ a odpovídající užitečnější vstupní (předmětovou) SHV označenou $\tilde{\varphi}_{OB}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2)$. Přitom jsou výhodně zavedeny relativní souřadnice (x_1, x_2) , prostorové frekvence (μ_1, μ_2) , a parametry (χ_1, χ_2) , vodorovného a příčného lokálního posuvu obrazu testu vzhledem k vzorkovací soustavě (mřížce) digitální videokamery. Souřadnice (x_1, x_2) , jsou vyjádřeny v jednotkách délkových vzorkovacích period (ξ_1, ξ_2) , prostorové frekvence (μ_1, μ_2) , vystihují počty spektrálních harmonických cyklů (složek) v kladných rozsazích vzorkovacích period (ξ_1, ξ_2) a nezáporné relativní lokální parametry (χ_1, χ_2) reprezentují přiměřené posuvy v rozsazích vzorkovacích period (ξ_1, ξ_2) . To znamená, že platí $0 \leq |\mu_1| \leq 1$, $0 \leq |\mu_2| \leq 1$, $0 \leq \chi_1 \leq 1$ a $0 \leq \chi_2 \leq 1$. V teorii se často uvažují souřadnice a prostorové frekvence obou znamének.

Optický obrazový signál o spektru $\tilde{s}_{OB}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2)$ vstupuje podle obr. 1 do zobrazovacího subsystému (objektivu) ZS digitální videokamery o FP označené $\tilde{h}_{ZS}(\mu_1, \mu_2)$, změní se na příslušně ovlivněný optický obrazový signál o spektru $\tilde{s}_{ZS}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2)$, který vstupuje do optoelektrického detekčního (fotodetekčního) subsystému DS s předpokládanou pravouhle periodickou vzorkovací mřížkou fotodetekčních buněk o vzorkovacím spektru $\tilde{V}(\mu_1, \mu_2)$ a buňkové FP označené $\tilde{h}_{DS}(\mu_1, \mu_2)$. G_1 je reálný transformační součinitel předpokládané lineární konverze spojitého optického obrazového signálu (optického záření) na vzorkovaný elektrický obrazový signál o spektru $\tilde{s}_{DS}(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2)$, k němuž je aditivně přidružen elektrický fotodetekční šum a vzorkovací šum o spektrech $\tilde{\mathcal{N}}_e(\mu_1, \mu_2)$ a $\tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2)$. Přitom projev vzorkovacího šumu je ovlivněn hodnotami lokálních parametrů (χ_1, χ_2) .

Model na obr. 1 navíc také obsahuje elektrický digitalizační subsystém DGS (digitizér), jehož FP je $\tilde{h}_{DGS}(\mu_1, \mu_2; \kappa)$ a kvantizační parametr (celkový počet kvantizačních hladin předpokláda-

ného rovnoměrného kvantování elektrického obrazového signálu) má kladnou hodnotu κ . $\tilde{V}(\mu_1, \mu_2)$ je převzorkovací spektrum a $\tilde{\mathcal{N}}_k(\mu_1, \mu_2; \kappa)$ reprezentuje spektrum kvantizačního šumu. Zmíněné subsystémy ZS a DS tvoří sběrný (snímací a vzorkovací) systém SS digitální videokamery o charakteristických spektrech $\tilde{h}_{SS}(\mu_1, \mu_2)$, $\tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2)$ a $\tilde{\mathcal{N}}_e(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2)$. Zanímá subsystémem (systémem) DGS následuje rekonstrukční (obnovovací) systém obrazu RS se vstupním spektrem $\tilde{s}_{DGS}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2)$, FP formy $\tilde{h}_{RS}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon)$ a displejovým šumovým spektrem $\tilde{\mathcal{N}}_d(\mu_1, \mu_2; \varepsilon)$. Jeho dílčí část tvoří elektrický adaptační (upravovací) subsystém AS o FP označené $\tilde{h}_{AS}(\mu_1, \mu_2; \kappa)$, interpolačním spektrem $\tilde{J}(\mu_1, \mu_2)$ a výstupním spektrem $\tilde{s}_{AS}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2)$. Též obsahuje elektrooptický konverzní displejový subsystém KDS, který lze charakterizovat FP typu $\tilde{h}_{KDS}(\mu_1, \mu_2; \varepsilon)$ a již zmíněným šumovým spektrem $\tilde{\mathcal{N}}_d(\mu_1, \mu_2; \varepsilon)$. Znak ε reprezentuje displejový kvantizační parametr (celkový počet kvantizačních hladin) předpokládaného přidavného rovnoměrného a prakticky zanedbatelného displejového kvantování. G_2 představuje reálný transformační součinitel předpokládané lineární konverze upravovaného elektrického obrazového signálu o spektru $\tilde{s}_{AS}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2)$ na výsledný (výstupní, rekonstruovaný) optický obrazový signál (výsledný optický obraz) o spektru $\tilde{s}_{vo}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) \hat{=} \tilde{s}_{KDS}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2)$, který je pozorovatelný na kamerovém displeji. Příslušná výsledná SHV je $\tilde{\varphi}_{vo}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2)$.

Vzhledem k tomu, že je uvažován náhodný předmět OB a zmíněné šumy jsou též náhodné, lze odpovídající spektra považovat za Fourierovy transformace příslušných čistě náhodných prostorových charakteristických funkcí. V návaznosti na detailnější publikace [9-12, 16] je možné výsledné výstupní obrazové spektrum $\tilde{s}_{vo}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2)$ modelu na obr. 1 vystihnout obecně lokálně variantními spektrálními přenosovými rovnicemi v následujících možných upravených tvarech:



Obr. 1 Využitý spektrální blokový simulační model digitální videokamery

$$\begin{aligned} \tilde{s}_{vo}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) = & \\ = \{ & [G_1 \tilde{s}_{OB}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2) \tilde{h}_{ZS}(\mu_1, \mu_2) \times \\ & \times \tilde{h}_{DS}(\mu_1, \mu_2) \otimes \tilde{V}(\mu_1, \mu_2) + e \tilde{\mathcal{N}}_e(\mu_1, \mu_2)] \times \\ & \times \tilde{h}_{DGS}(\mu_1, \mu_2; \kappa) \otimes \tilde{V}(\mu_1, \mu_2) + e \tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2) \} \times \\ \times G_2 & \tilde{h}_{AS}(\mu_1, \mu_2; \kappa) \tilde{h}_{KDS}(\mu_1, \mu_2; \varepsilon) \otimes \tilde{J}(\mu_1, \mu_2) + e \tilde{\mathcal{N}}_d(\mu_1, \mu_2; \varepsilon) = \\ = G_1 G_2 & \tilde{s}_{OB}(\mu_1, \mu_2) \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) + \\ & + e \tilde{\mathcal{N}}_{evkd}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2). \end{aligned} \quad (1)$$

V nich symbol \otimes značí konvoluci a je využita pro další úvahy vhodnější náhrada

$$\begin{aligned} \tilde{s}_{OB}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2) \tilde{h}_{ZS}(\mu_1, \mu_2) = & \\ = \tilde{s}_{OB}(\mu_1, \mu_2) \tilde{h}_{ZS}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2). \end{aligned} \quad (2)$$

Výraz

$$\begin{aligned} \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) = & \\ = \tilde{h}_{ZS}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2) \tilde{h}_{DS}(\mu_1, \mu_2) \tilde{h}_{DGS}(\mu_1, \mu_2; \kappa) \times & \\ \times \tilde{h}_{AS}(\mu_1, \mu_2; \kappa) \tilde{h}_{KDS}(\mu_1, \mu_2; \varepsilon) = & \\ = \tilde{h}_{SS}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2) \tilde{h}_{DGS}(\mu_1, \mu_2; \kappa) \tilde{h}_{RS}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) \end{aligned} \quad (3)$$

vyjadřuje celkovou obecně lokálně variantní FP systému podle obr. 1 (neboť závisí na hodnotách χ_1, χ_2) a v součinu prvního členu poslední součtové rovnice (1) reprezentuje rozmazání (nekvalitu)

výsledného optického obrazu na displeji pro dané parametrické hodnoty κ , ε a (χ_1, χ_2) .

Přídavný člen v poslední součtové rovnici (1) o možné výsledné formě

$$\begin{aligned} & \tilde{\mathcal{N}}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) = \\ & = G_2 \left\{ \left[\tilde{\mathcal{N}}_e(\mu_1, \mu_2) + \tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2) \right] \times \right. \\ & \times \sum_{n_1 \neq 0} \sum_{n_2 \neq 0} \tilde{h}_{\text{DGS}}(\mu_1 - n_1, \mu_2 - n_2; \kappa) + \tilde{\mathcal{N}}_k(\mu_1, \mu_2; \kappa) \left. \right\} \times \\ & \times \tilde{h}_{\text{AS}}(\mu_1, \mu_2; \kappa) \tilde{h}_{\text{KDS}}(\mu_1, \mu_2; \varepsilon) + \tilde{\mathcal{N}}_d(\mu_1, \mu_2; \varepsilon) \quad (4) \end{aligned}$$

vystihuje celkové šumové spektrum systému podle rovnice (1) pro parametry κ , ε a (χ_1, χ_2) . Suma v relaci (4) přísluší předpokládanému ideálnímu (bodovému) obrazovému vzorkování v polohách (n_1, n_2) fotodetekčních buněk v obrazové rovině (x_1, x_2) zobrazovacího subsystému podle obr. 1, které vede k příslušným obrazovým elementům – pixelům (picture elements) v těchto bodech. Prakticky lze předpokládat jen nezáporné polohy buněk $n_1 = 0, 1, 2, \dots, (N_1 - 1), n_2 = 0, 1, 2, \dots, (N_2 - 1)$, které přísluší efektivní vzorkovací oblasti o celkovém počtu $N_1 \times N_2$ buněk. V teoretických úvahách se však často uvažují kladné, nulové i záporné hodnoty (n_1, n_2) , případně $n_1 = 1, 2, \dots, N_1$ a $n_2 = 1, 2, \dots, N_2$.

Zavedené spektrum $\tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2)$ vzorkovacího šumu vyhovuje relaci (viz např. [4, 7, 9, 11, 12, 16])

$$\begin{aligned} & \tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2) = \\ & = G_1 \sum_{n_1 \neq 0} \sum_{n_2 \neq 0} \tilde{s}_{\text{OB}}(\mu_1 - n_1, \mu_2 - n_2) \tilde{h}_{\text{SS}}(\mu_1 - \chi_1 - n_1, \mu_2 - \chi_2 - n_2), \quad (5) \end{aligned}$$

obecně platné pro $n_1 = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm(N_1 - 1)$ a $n_2 = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm(N_2 - 1)$.

Vystihuje vlastně část repliky (postranního frekvenčního pásma) nedostatečně vzorkovaného obrazového signálu o spektru

$$\begin{aligned} & \tilde{s}_{\text{DS}}(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2) - \tilde{\mathcal{N}}_e(\mu_1, \mu_2) = \\ & = G_1 \tilde{s}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2) \tilde{h}_{\text{SS}}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2) + \\ & + \tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2), \quad (6) \end{aligned}$$

která nepříznivě zasahuje do Nyquistova vzorkovacího frekvenčního pásma

$$B_N = \left\{ |\mu_1| \leq |\mu_{1N}|, |\mu_2| \leq |\mu_{2N}| \right\} \quad (7)$$

o mezích (hraničních) prostorových frekvencích

$$|\mu_{1N}| = \frac{1}{2}, \quad |\mu_{2N}| = \frac{1}{2}. \quad (8)$$

Jestliže tedy tzv. centrální spektrální složka

$G_1 \tilde{s}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2) \tilde{h}_{\text{SS}}(\mu_1 - \chi_1, \mu_2 - \chi_2)$ periodického spektra

$$\begin{aligned} & G_1 \sum_{n_1} \sum_{n_2} \tilde{s}_{\text{OB}}(\mu_1 - n_1, \mu_2 - n_2) \times \\ & \times \tilde{h}_{\text{SS}}(\mu_1 - \chi_1 - n_1, \mu_2 - \chi_2 - n_2), \quad (9) \end{aligned}$$

vztaheného ke všem možným teoretickým kladným, záporným a nulovým hodnotám (n_1, n_2) , tj. jeho složka pro $(n_1 = 0, n_2 = 0)$, má nenulové hodnoty uvnitř jejího reprezentačního frekvenčního pásma

$$B = \left\{ |\mu_1| \leq |\mu_{1\text{mez}}|, |\mu_2| \leq |\mu_{2\text{mez}}| \right\} \quad (10)$$

o mezích prostorových frekvencích

$$|\mu_{1\text{mez}}| > |\mu_{1N}|, \quad |\mu_{2\text{mez}}| > |\mu_{2N}|, \quad (11)$$

pak periodické repliky spektra (9) se nepříznivě překrývají a projevuje se lokálně variantní vzorkovací šum (5) ve frekvenčních oblastech

$$\left(1 - |\mu_{1\text{mez}}|\right) < |\mu_1| < |\mu_{1\text{mez}}|, \quad \left(1 - |\mu_{2\text{mez}}|\right) < |\mu_2| < |\mu_{2\text{mez}}| \quad (12)$$

spekter (6) a (1).

Vzorkovací šum neexistuje při splnění Nyquistova vzorkovacího teoremu

$$|\mu_{1\text{mez}}| \leq |\mu_{1N}|, \quad |\mu_{2\text{mez}}| \leq |\mu_{2N}|, \quad (13)$$

kdy repliky spektra (9) se nepřekrývají. Tudiž ve výrazech (6), (1)

a (4) platí $\tilde{\mathcal{N}}_v(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2) = 0$ a signály o spektrech (6) a (1) jsou dostatečně vzorkovány a nezávisí na jednotlivých hodnotách parametrů (χ_1, χ_2) . Takže přímo jde o lokálně invariantní elektrooptické zobrazení, běžně požadované pro zavedení FP, případně FPM.

Pro následující interpretaci v tomto článku prezentované měřicí metody s náhodným testem je vhodné výslednou základní lokálně variantní signálovou spektrální reprezentaci (1) přepsat do ekvivalentního tvaru obsahujícího její SHV a vzájemně nezávislé SHV testu a celkového šumu. Přitom lze využít spektrálních peridogramových definic:

$$\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2) = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{1}{A} \left[\tilde{s}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2) \right]_A^2, \quad (14)$$

$$\tilde{\varphi}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{1}{A} \left[\tilde{s}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) \right]_A^2, \quad (15)$$

$$\tilde{\varphi}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) = \lim_{A \rightarrow \infty} \frac{1}{A} \left[\tilde{\mathcal{N}}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) \right]_A^2. \quad (16)$$

V nich A představuje oblast omezuující rozlohu spektra zobrazovaného testu, výsledného elektrooptického obrazu a celkového šumu (evkd) a je předpokládána existence limity pro $A \rightarrow \infty$. Tato limita může být ignorována pro dostatečně velkou oblast A . Tyto definice vedou k výsledné relaci

$$\begin{aligned} & \tilde{\varphi}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) = (G_1 G_2)^2 \tilde{\varphi}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2) \times \\ & \times \left| \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) \right|^2 + \tilde{\varphi}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2). \quad (17) \end{aligned}$$

Takže celková lokálně variantní FPM, daná modulem rovnic (3), je zjistitelná pomocí změřených veličin (14) až (16), a to jen prostřednictvím jejího kvadrátu

$$\begin{aligned} & \left| \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) \right|^2 = \\ & = \frac{\tilde{\varphi}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2) - \tilde{\varphi}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon; \chi_1, \chi_2)}{(G_1 G_2)^2 \tilde{\varphi}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2)}. \quad (18) \end{aligned}$$

Přitom druhý člen v čitateli výrazu (18) vystihuje korekci na celkový šum.

Lineární teorie zobrazení (viz např. [13]) však vyžaduje lokálně invariantní (nezávislé na parametrech χ_1 a χ_2) tvary spekter (15) až (18). V souladu například s publikacemi [15, 17] lze při nezměněné existenci vzorkovacího šumu toho dosáhnout jejich zprůměrováním přes přiměřené diskrétní nebo spojité hodnoty parametrů (χ_1, χ_2) . To znamená, že zprůměrovaná a vzorkovacím šumem ovlivněná forma FPM splňuje upravenou relaci (18) do tvaru

$$\begin{aligned} & \left| \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) \right|^2 = \\ & = \frac{\tilde{\varphi}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) - \tilde{\varphi}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon)}{(G_1 G_2)^2 \tilde{\varphi}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2)}. \end{aligned} \quad (19)$$

Jestliže zobrazovací a měřicí podmínky splňují vzorkovací teorem (13), jde přímo o lokálně invariantní zobrazení bez existence vzorkovacího šumu, kdy $\tilde{\varphi}_{\text{v}}(\mu_1, \mu_2; \chi_1, \chi_2) = 0$, a relace (19) se tudíž zjednoduší na následující rozdílový typ s jiným obsahem určujících parametrů:

$$\begin{aligned} & \left| \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) \right|^2 = \\ & = \frac{\tilde{\varphi}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) - \tilde{\varphi}_{\text{ekd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon)}{(G_1 G_2)^2 \tilde{\varphi}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2)}. \end{aligned} \quad (20)$$

Když navíc jsou zanedbatelné i ostatní šumové složky, kdy $\tilde{\varphi}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) = 0$, přecházejí relace (19) a (20) na nejjednodušší tvar

$$\left| \tilde{h}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) \right|^2 = \frac{\tilde{\varphi}_{\text{vo}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon)}{(G_1 G_2)^2 \tilde{\varphi}_{\text{OB}}(\mu_1, \mu_2)}. \quad (21)$$

Přitom pro praktická využití se spektra (19) až (21) obvykle ještě normují tak, aby při daných konstantních kamerových parametrech κ a ε byla splněna normovací podmínka

$$\tilde{h}(\mu_1 = 0, \mu_2 = 0; \kappa, \varepsilon) = 1. \quad (22)$$

Vztahy (19) a (21) jsou teoretickým základem dosud existujících metod se statickým náhodným testem k měření FPM digitální elektrooptické zobrazovací soustavy, včetně digitální videokamery ve fotografickém režimu nebo přímo digitálního fotografického přístroje, pomocí zjišťování SHV testu a jeho obrazu (viz např. [14, 15, 18, 19]). Jsou též východiskem pro zde prezentovanou metodu s digitálním elektrooptickým zobrazením statického dvourozměrného reflexního náhodného testu [16]. Přitom zjednodušená alternativa (21) pro

$$\kappa = 0, \varepsilon = 0, \tilde{\mathcal{N}}_{\text{evkd}}(\mu_1, \mu_2; \kappa, \varepsilon) = 0 \quad (23)$$

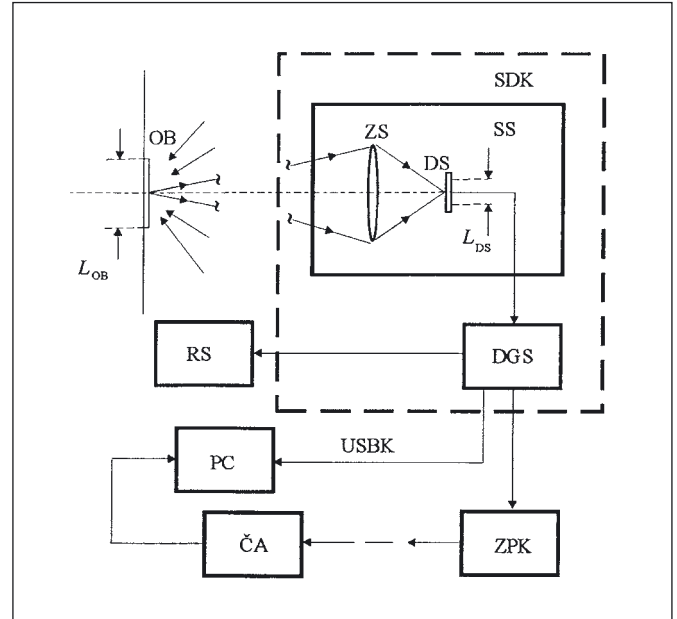
přísluší analogové (nedigitální) bezšumové zobrazovací soustavě, jakou je například bezšumově zidealizovaný fotografický objektiv. Odpovídající analogová metoda měření lokálně invariantní FPM pomocí dvourozměrného transmisního náhodného testu, realizovaného sekundární zrnitostí fotografického filmu, je prezentována v publikaci [20]. Jí předcházející analogová metoda měření FP objektivu pomocí vzájemné SHV obdobného dvourozměrného transmisního náhodného testu a jeho obrazu je popsána v [21].

Z předcházející teorie vyplývá, že k zjištění kvadrátu FPM testované digitální videokamery je při předběžné znalosti konstanty $(G_1 G_2)^2$ a spektra (14) nejdříve nutné zjistit lokálně invariantní formy spekter (15) a (16) a potom využít jednu z adekvátních rovnic (19) až (21). Přitom šumové spektrum (16) přísluší odchylkám od průměrného tvaru prostorové alternativy spektra (15). Zmíněný vyhodnocovací postup lze optimálně uskutečnit pomocí vhodného měřicího zařízení. Jedna jeho realizovaná optimální forma je popsána v následujícím textu. Umožňuje měření kvadrátu FPM kombinovaného stupně SDK digitální videokamery, tj. stupně tvořeného subsystémy ZS, DS a DGS modelu podle obr. 1. Tento stupeň je z hlediska digitalizace obrazového signálu přiměřeně charakteristický pro každou digitální videokameru. V tomto stupni totiž probíhají všechny nezbytné a typické procesy vedoucí k čistě digitálnímu obrazovému signálu o spektrech

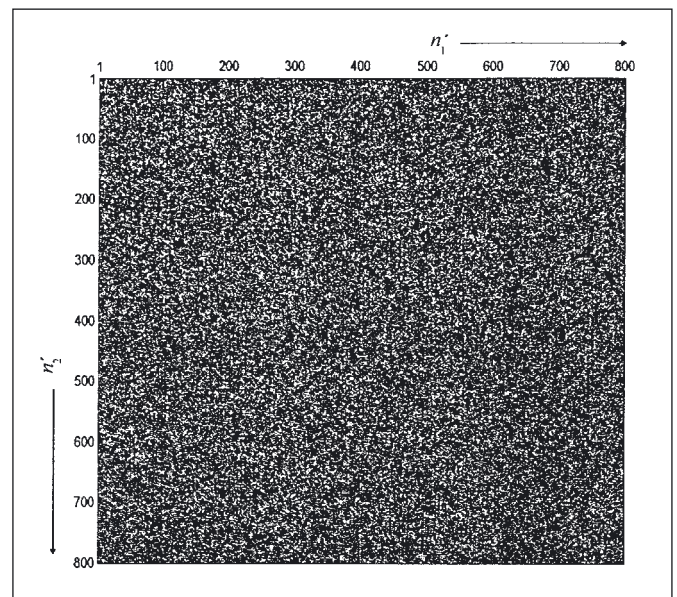
$$\begin{aligned} \tilde{s}_{\text{SDK}}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2) & \hat{=} \tilde{s}_{\text{DGS}}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2) \\ \tilde{\varphi}_{\text{SDK}}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2) & \hat{=} \tilde{\varphi}_{\text{DGS}}(\mu_1, \mu_2; \kappa; \chi_1, \chi_2). \end{aligned}$$

3. POPIS REALIZOVANÉHO ZAŘÍZENÍ K MĚŘENÍ FUNKCE PŘENOSU MODULACE DIGITÁLNÍ VIDEOKAMERY POMOCÍ SPEKTRÁLNÍ HUSTOTY VÝKONU REFLEXNÍHO NÁHODNÉHO TESTU A JEHO OBRAZU

Využitě uspořádání k měření lokálně invariantního kvadrátu FPM testované digitální videokamery [22] ve fotografickém nastavení pomocí SHV čtvercového reflexního dvourozměrně náhodného testu a jeho elektrooptického digitálního obrazu je znázorněno na obr. 2. V souladu s jejím blokovým simulačním modelem podle obr. 1 obsahuje statický dvourozměrný reflexní náhodný test OB s náhodným rozložením světelné intenzity simulujícím bílý šum. Tento test podle obr. 3, předem vyrobený produkčním počítačem pomocí vyvinutého algoritmu v rámci počítačového prostředí MATLAB 6.5 [23]



Obr. 2 Uspořádání k měření funkce přenosu modulační digitální videokamery ve fotografickém režimu realizovanou metodou zobrazení reflexního náhodného testu



Obr. 3 Vzhled dvourozměrného čtvercového reflexního náhodného testu s vlastnostmi bílého šumu generovaného počítačem.

Též jsou vyznačeny pixelové souřadnice sloupců $n'_1 = 1, 2, \dots, N'_1 = N = 800$ a řádků $n'_2 = 1, 2, \dots, N'_2 = N = 800$, vztažené k referenční fotodetekční rovině testované digitální videokamery

a na základě zkušeností z publikací [14, 15, 24], byl nekoherentně osvětlen okolním luminiscenčním (zářivkovým) bílým světlem laboratoře o ekvivalentní teplotě barvy $T_{\text{ekv}} \approx 5000$ K přibližně příslušející standardnímu bílému světlu typu E ($T_{\text{ekv}} = 5400$ K). Jeho rovnoměrné osvětlení bylo 450 lx s odchylkami nepřekračujícími 5 %. Difuzně odražené světlo od testu o prostorovém rozložení světla $s_{\text{OB}}(x_1, x_2)$ bylo zobrazeno a zpracováno kombinovaným systémem SDK měřené digitální videokamery, jejíž všechny dílčí subsystemy ZS, DS a DGS jsou popsány v předcházející sekci 2 (viz též obr. 1). Výstupní elektrická data z měřené části SDK videokamery vstupují do vyhodnocovacího počítače PC (jehož část nahrazuje zbylý kamerový systém RS) buď přímo přes USB kabel (USBK) spojený s počítačem USB portem nebo pomocí záznamové paměťové karty ZPK a následně čtecího adaptéru ČA, který je vsunutelný do slotu počítače. Záznamová paměťová karta byla typu Panasonic 16 MB a čtecí adaptér byl typu BN -SDCAPE. Případně bylo možné využít modelu SDDR-88 multifunkčního ScanDisku pro přenos digitálních dat. Vyhodnocovací počítač značky ASUS P4C 800 Deluxe (Pentium 4, 3 GHz HT, 800 MHz, 32 MB RAM) byl vybaven profesionálním operačním systémem Microsoft Windows 2000 a náležitým základním a speciálně vyvinutým softwarem.

K výrobě zmíněného náhodného testu s vlastnostmi bílého šumu byl vyvinut algoritmus, který též umožňoval vyhodnocování diskrétní (DFT) a rychlé Fourierovy transformace (FFT) obrazových signálů a šumů. V souladu s tímto algoritmem byl náhodný test generován vytvořením oblasti o celkovém počtu $N \times N$ náhodných čísel, kde $N \approx N'_{\text{OB}}$ je stejný počet řádkových a sloupcových pixelů (počet sloupců a řádků). Součin $N \times N$ definuje oblast čtvercové obrazové matice, jejíž hodnoty (elementy) o rovnoměrném pravděpodobnostním rozdělení byly vystiženy v binární číslicové soustavě (0,1). Tyto hodnoty přísluší generovanému bílo-černému bodovému náhodnému testu. Pro jeho znázornění na počítačovém monitoru nebo ve vytištěné formě byly maticové elementy (0,1) změněny do nezbytných hladin (0,255).

Náhodný test, produkován výše popsaným způsobem, má efektivní plochu o počtu $N \times N = 800 \times 800 = 640\,000$ pixelů. Jeho dostatečně kvalitní reflexní forma o největším (jednotkovém) optickém kontrastu byla realizována na matné bílé papírové podložce pomocí tiskárny HP LaserJet 6L (o rozlišení 600 dpi) ve spojení s generujícím počítačem. Obvyklá efektivní rozloha testu pro měření byla $L_{\text{OB}} \times L_{\text{OB}} = 282 \times 282$ mm².

Po vyrobení popsaného testu byly následující výpočty a grafické reprezentace SHV jeho struktury, které též umožnil zmíněný algoritmus, provedeny odděleně pro její sloupce a řádky. Výsledná data pak byla uložena do paměti produkčního počítače. Tato data se vztahují k diskrétní a neperiodické prostorové distribuci $s_{\text{OB}}(n'_1, n'_2)$ testových pixelů o polohách ($x'_1 = n'_1, x'_2 = n'_2$). Přitom tato distribuce je nenulová pouze v konečné oblasti $1 \leq n'_1 \leq N'_1 = N$ ve směru jejich řádků a $1 \leq n'_2 \leq N'_2 = N$ ve směru jejich sloupců. V rámci možností využitého výpočetního prostředí MATLAB 6.5 jsou pixelové pořadové indexy (n'_1, n'_2) zvoleny tak, že začínají při hodnotách ($n'_1 = 1, n'_2 = 1$). Takže platí $n'_1 = 1, 2, \dots, N$, $n'_2 = 1, 2, \dots, N$ a využitá FFT prostorového rozložení $s_{\text{OB}}(n'_1, n'_2)$ je nyní založena na vztahu

$$\tilde{s}_{\text{OB}}(v'_1, v'_2) = \sum_{n'_1=1}^N \sum_{n'_2=1}^N s_{\text{OB}}(n'_1, n'_2) \exp \left[-i 2\pi \left(\frac{n'_1}{N} v'_1 + \frac{n'_2}{N} v'_2 \right) \right]. \quad (24)$$

Nově zavedené relativní prostorové frekvence (v'_1, v'_2) vyhovují v uvažované pixelové škále definicím

$$v'_1 = \mu'_1 N'_1, \quad v'_2 = \mu'_2 N'_2, \quad (25)$$

kde (μ'_1, μ'_2) jsou analogie předcházejících relativních prostorových frekvencí (μ_1, μ_2), které setýkají vzorkovací škály. Zatímco (μ'_1, μ'_2) reprezentují počty spektrálních harmonických cyklů (složek)

v rozsazích pixelových period (ξ'_1, ξ'_2), dvojice (v'_1, v'_2) vystihují počty spektrálních harmonických cyklů vztažených k celé pixelové oblasti ($N'_1 = N, N'_2 = N$). To znamená, že v rámci MATLABu 6.5 platí $1 \leq v'_1 \leq N$, $1 \leq v'_2 \leq N$.

Veličina (24) vlastně reprezentuje obrazovou matici s elementy (vektorovými složkami) $\tilde{s}_{\text{OB}}(v'_1, v'_2)$ o počtu N sloupců (řádkových pixelů) a N řádků (sloupcových pixelů), který též vystihuje počet odpovídajících aplikací algoritmu MATLABu. V analogii s relací (14) ji lze přiřadit periodogramovou definici SHV o tvaru

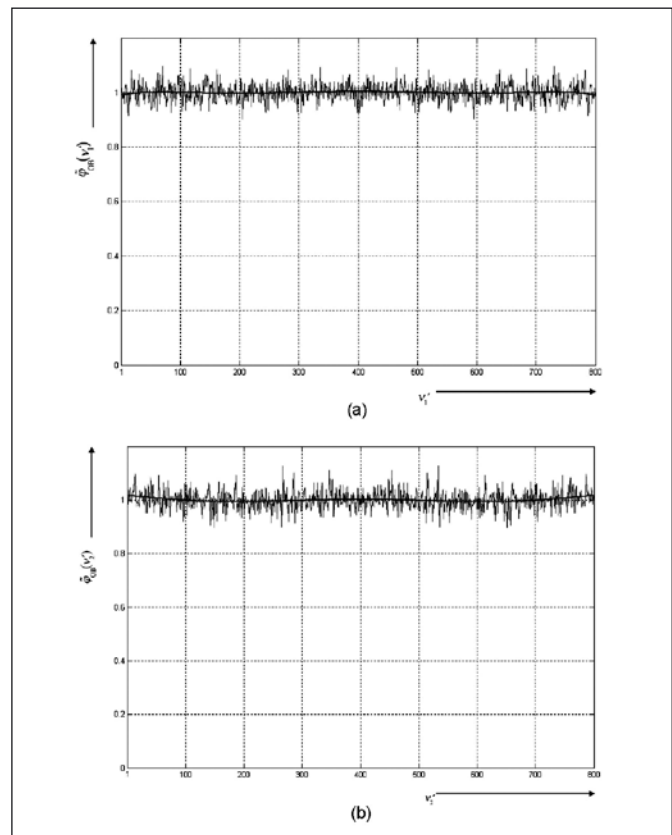
$$\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_1, v'_2) = \frac{1}{N^2} \left| \left[\tilde{s}_{\text{OB}}(v'_1, v'_2) \right]_{NN} \right|^2, \quad (26)$$

který je základem pro výpočet odpovídajících jednorozměrných sloupcových (pro směr obrazových řádků) a řádkových (pro směr obrazových sloupců) SHV:

$$\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_1) = \frac{1}{N} \sum_{v'_2=1}^N \left| \left[\tilde{s}_{\text{OB}}(v'_1, v'_2) \right]_{NN} \right|^2, \quad (27)$$

$$\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_2) = \frac{1}{N} \sum_{v'_1=1}^N \left| \left[\tilde{s}_{\text{OB}}(v'_1, v'_2) \right]_{NN} \right|^2. \quad (28)$$

Přitom data vyplývající z rovnic (26) až (28) bývají zatíženy jejich náhodným rozptylem v důsledku diskrétnosti výpočtů a případně jiných náhodných změn. Spojitý záznam získaných fluktuujících dat normované veličiny (27) pro realizovaný test podle obr. 3 je uveden na obr. 4a. Záznam dat normované veličiny (28) je obdobný (obr. 4b). Je vidět, že jejich akceptovatelné průměry vyhlazené aproximace $[\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_1)]_{\text{vyhl}} \approx 1$, $[\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_2)]_{\text{vyhl}} \approx 1$ prakticky tvoří vodorovné přímky odpovídající bílému šumu.



Obr. 4 Normované jednorozměrné fluktuující spektrální hustoty výkonu $\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_1)$ a $\tilde{\varphi}_{\text{OB}}(v'_2)$ náhodného testu podle obr. 3 pro směr řádků (a) a směr sloupců (b). Jejich vyhlazené aproximace jsou vystiženy vodorovnými čarami

4. ZÁVĚR

Článek nejdříve seznamuje s možným způsobem matematické analýzy a interpretace činnosti digitální videokamery v předpokládaném lineárním fotografickém režimu pomocí navrženého spektrálního blokového simulačního modelu a formulace příslušných spektrálních přenosových rovnic. Jde o model se vstupním obrazovým optickým signálem produkovaným statickým dvourozměrným reflexním náhodným předmětem (testem), který je nekoherentně zobrazen do roviny vzorkovacích fotodetekčních buněk testované digitální videokamery, o nichž je předpokládáno periodické a pravouhlé rozložení. Vzniklý vzorkovaný elektrický obrazový signál je dále podroben digitalizaci, tj. kvantování, převzorkování a binárnímu kódování. Výsledkem je měřitelný digitální elektrický obrazový signál, který je dále podroben rekonstrukci (adaptační úpravě, interpolaci, dekodování a konverzi) do obnovené optické obrazové formy pozorovatelné na kamerovém displeji. Přítomnost kvalita tohoto digitálního elektrooptického zobrazení je obecně ovlivněna fotodetekčním, vzorkovacím, kvantovacím a displejovým šumem.

Přítomnost vzorkovacího šumu (nedokonalosti vzorkování obrazového signálu) vede k nepříznivému lokálně variantnímu elektrooptickému zobrazení a tudíž i k lokálně variantním spektrálním přenosovým rovnicím. V článku jsou zmíněny podmínky a možné postupy jejich převodu do lokálně invariantních forem, požadovaných klasickou lineární přenosovou teorií obrazových signálů pro účelné zavedení využitého moderního kritéria jejich kvality reprezentovaného FP, případně jen FPM. Se zřetelem k realizované metodě měření FPM digitální videokamery pomocí elektrooptického zobrazení reflexního náhodného testu jsou zmíněné lokálně invariantní spektrální přenosové rovnice přepsány do přiměřených explicitních tvarů pro kvadrát FPM, které též názorně obsahují SHV struktury testu, jeho výsledného elektrooptického obrazu a působících šumů. Tyto tvary pak byly vodítkem pro adekvátní měřicí postupy.

Článek je ukončen popisem realizovaného měřicího zařízení s vyhodnocovacím počítačem a specifikací náhodného testu, simulujícího bílý šum a vyrobeného produkčním počítačem. Účelné využití těchto počítačů zajistily speciálně vyvinuté programy v rámci počítačového prostředí MATLAB 6.5. Některé výsledky provedených měření kvadrátu FPM a jejich zhodnocení jsou obsahem následujícího článku [25].

Tento článek se vztahuje k Výzk. záměru FZÚ AV ČR č. AVOZ 10100522.

Literatura

- [1] PRATT W. K.: Digital Image Processing. J. Wiley, New York, 1978.
- [2] PARK S. K., SCHOWENGERDT R. A.: Image sampling, reconstruction, and the effect of sample-scene phasing. *Appl. Optics*, **21**, 1982, No. 17, 3142-3151.
- [3] PARK S.K., SCHOWENGERDT R. A., KACZYNSKI M. A.: Modulation-transfer -function analysis for sampled image systems. *Appl. Optics*, **23**, 1984, No. 15, 2572 -2582.
- [4] JAIN A. K.: Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
- [5] PROAKIS J. G., MANOLAKIS D. G.: Digital Signal Processing. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1996.
- [6] DRIGGERS R. G., VOLLMERHAUSEN R., HALFORD C. E.: Sampled imaging systems. *Optical Eng.*, **38**, 1999, No. 5, 740-741.
- [7] HUCK F. O., FALES C. L., ALTER-GARTENBERG R., PARK S. K., RAHMAN Z.: Information-theoretic assessment of sampled imaging systems. *Optical Eng.*, **38**, 1999, No. 5, 742-762.
- [8] PARK S. K., RAHMAN Z.: Fidelity analysis of sampled imaging systems. *Optical Eng.*, **38**, 1999, No. 5, 786-800.
- [9] POSPÍŠIL J., JAKUBÍK P.: Teorie vzorkování a kvantování obrazového signálu v digitálních elektronických zobrazovacích soustavách. *Jemná mechanika a optika*, roč. **47**, 2002, č. 11-12, str. 334-340; roč. **48**, 2003, č. 1, str. 16-21, č. 2, str. 47-50.
- [10] JAKUBÍK P., POSPÍŠIL J.: Matematická interpretace obnovení vzorkovaného a kvantovaného obrazového signálu do souvisle rozložené registrované a pozorovatelné formy v digitálních elektronických zobrazovacích soustavách. *Jemná mechanika a optika*, roč. **48**, 2003, č. 8-9, str. 232-236, č. 11-12, str. 339-344.
- [11] POSPÍŠIL J., HRDÝ J.: Response approaches to digital electro-optical imaging systems under determined signal representations. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. R.N. (2003-2004)*, *Physica* **42-43**, 63-97.
- [12] POSPÍŠIL J., JAKUBÍK P., PLUHÁČEK F.: Response approaches to digital electro-optical imaging systems under random signals. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. R. N. (2003-2004)*, *Physica* **42-43**, 99-123.
- [13] BORN M., WOLF E.: Principles of Optics. Pergamon Press, New York, 1964.
- [14] WILLIAMS T.L.: The Optical Transfer Function of Imaging Systems. Institute of Physics Publishing, London, 1999.
- [15] DANIELS A., BOREMAN G. D., DUCHARME A. D., SAPIR E.: Random transparency targets for the modulation transfer function measurement in the visible and infrared regions. *Optical Eng.*, **34**, 1995, No. 3, 860-868.
- [16] POSPÍŠIL J., JAKUBÍK P., MACHALAL.: Light-reflection random-target method for measurement of the modulation transfer function of a digital video-camera. *Optik*, **116**, 2005, 573-585.
- [17] WITTENSTEIN W., FONTANELLA J. C., NEWBERY A.R., BAARS J.: The definition of the OTF and the measurement of aliasing for sampled imaging systems. *Optica Acta*, **29**, 1982, No. 1, 41-50.
- [18] BOREMAN G., DERENIAK E. L.: Method for measuring the modulation transfer function of charged coupled devices using laser speckle. *Optical Eng.*, **25**, 1986, 148 -150.
- [19] WILLIAMS T. L.: Specifying and measuring the image quality of fibre plates by means of their MTF. *Proc. Electro-Optics*, 71 Int. Conf., Brighton, England, 1971, 402 - 413.
- [20] POSPÍŠIL J.: The experimental determination of modulation transfer functions by means of the power spectrum of a random chart and its image. *Optik*, **29**, 1969, 379 - 385.
- [21] KUBOTA H., OHZU H.: Method of measurement of response function by means of random chart. *J. Opt. Soc. Am.*, **47**, 1957, 666-667.
- [22] USER GUIDE: Digital Video Camera Panasonic, Model NV-MX300EG. Panasonic Inc., Praha, 2002.
- [23] USER GUIDE, VERSION 3: Image Tool Box for Use with MATLAB. The MathWorks Inc., Apple Hill Drive Natick, MA, 1993-2001.
- [24] MODESTINO J. W., FRIES R. W.: Construction and properties of a useful two-dimensional random field. *IEEE Trans. Inf. Theory*, **II-26**, 1980, 44-50.
- [25] POSPÍŠIL J., JAKUBÍK P.: Vyhodnocování funkce přenosu modulace digitální videokamery pomocí spektrální hustoty výkonu reflexního náhodného testu a jeho obrazu. *Jemná mechanika a optika*, roč. **52**, 2007 (v tisku).

Prof. RNDr. Ing. Jaroslav Pospíšil, DrSc. a Mgr. Petr Jakubík, Ph. D., katedra experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého a Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50a, 772 09 Olomouc; tel.: 585 634 283, e-mail: pospis@prfnw.upol.cz

Měření tloušťky tenké vrstvy SiO₂ na křemíkovém substrátu s využitím spektrální interferometrie v bílém světle

Článek se zabývá využitím spektrální interferometrie v bílém světle pro měření tloušťky tenkých vrstev SiO₂ na křemíkovém substrátu. Využívá se mírně disperzního Michelsonova interferometru s polopropustným zrcadlem ve tvaru kostky a vláknově optického spektrometru pro záznam interferogramů, kdy jedno ze zrcadel interferometru je nahrazeno křemíkovou deskou s tenkou vrstvou SiO₂. Tloušťku tenké vrstvy SiO₂ určujeme porovnáním zaznamenaného spektrálního interferogramu s interferogramem teoretickým za předpokladu znalosti optických konstant tenké vrstvy a substrátu. Tuto metodu jsme využili pro určení tloušťky čtyř vzorků s SiO₂ tenkou vrstvou.

1. ÚVOD

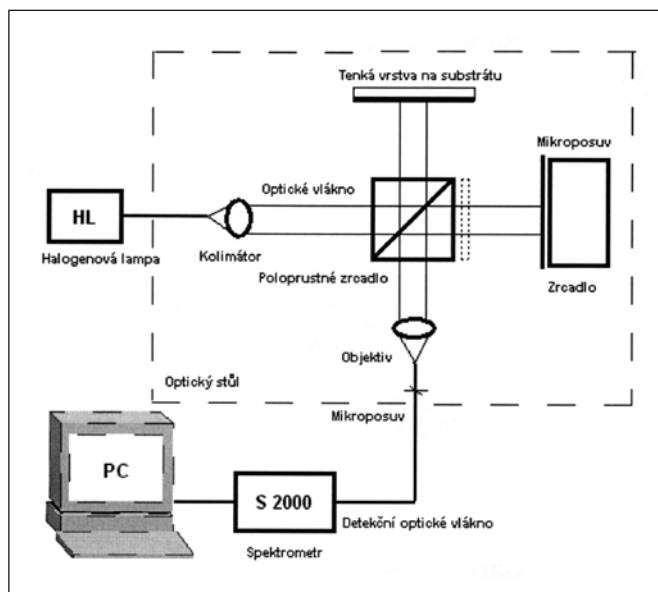
Základními parametry a charakteristikami tenké vrstvy jsou její tloušťka a závislosti optických konstant na vlnové délce [1, 2]. Existuje mnoho optických metod, které jsou vhodné pro měření těchto parametrů a charakteristik. Mezi tyto metody patří elipsometrie [2], reflektometrie [3] nebo interferometrie [4]. Elipsometrická měření mohou probíhat na jedné vlnové délce a pro pevný úhel dopadu. Metoda spektrální elipsometrie využívá široký rozsah vlnových délek a slouží k určení tloušťky tenké vrstvy a optických konstant s větší přesností. Metoda spektrální reflektometrie využívá velký rozsah vlnových délek a je vhodná pro určování tloušťky tenkých vrstev a vícevrstevných struktur, které se používají při výrobě polovodičů. Pro měření mikrometrových tlouštěk tenkých vrstev se nejčastěji používá infračervená Fourierova spektroskopie a interferometrie v bílém světle.

Použití interferometrie v bílém světle bylo rozšířeno do spektrální oblasti, kde fáze odražené vlny, která je závislá na tloušťce tenké vrstvy a vlnové délce, je obsažena ve spektrálním interferogramu. Na základě znalostí indexů lomu substrátu a tenké vrstvy můžeme určovat tloušťky tenkých vrstev s velkou přesností pro jednovrstvé a dvouvrstvé struktury [4]. Avšak u některých interferometrických uspořádání se může projevit vlivem nevykompenzované disperze systematická chyba způsobená např. nesouměrností polopropustného zrcadla ve formě kostky. K postižení tohoto vlivu je vhodné zavést efektivní tloušťku polopropustného zrcadla, kterou lze jednoduše určit rovněž metodou spektrální interferometrie v bílém světle [5].

Tento článek představuje využití spektrální interferometrie v bílém světle pro měření tloušťky tenké vrstvy na substrátu. V našem případě se jednalo o tenkou vrstvu SiO₂ na křemíkové desce. Metoda využívá mírně disperzního Michelsonova interferometru s polopropustným zrcadlem ve tvaru kostky a vláknově optického spektrometru pro záznam interferogramů, kdy jedno ze zrcadel interferometru je nahrazeno křemíkovou deskou s tenkou vrstvou SiO₂. Tloušťku tenké vrstvy SiO₂ určujeme porovnáním zaznamenaného spektrálního interferogramu s interferogramem teoretickým za předpokladu znalosti optických konstant tenké vrstvy a substrátu. Tuto metodu jsme využili pro určení tloušťky čtyř vzorků s SiO₂ tenkou vrstvou. U těchto vzorků byla potvrzena velmi dobrá shoda teorie s experimentem a s velkou přesností byla určena tloušťka SiO₂ vrstvy.

2. TEORIE

Uvažujme experimentální uspořádání podle obrázku 1 a předpokládejme, že jedno ze zrcadel Michelsonova interferometru nahradíme vzorkem s tenkou vrstvou, která je charakterizována komplexní odrazivostí [1, 2]:



Obr. 1 Experimentální uspořádání s Michelsonovým interferometrem a vláknově optickým spektrometrem pro měření tloušťky tenké vrstvy SiO₂ na křemíkové desce

$$r(\lambda) = \sqrt{R(\lambda)} \exp[i\delta_r(\lambda)], \quad (1)$$

kde $R(\lambda)$ je spektrálně závislá odrazivost a $\delta_r(\lambda)$ je spektrálně závislá fázová změna při odraze. Spektrum $I(\lambda)$ zaznamenané vláknovým spektrometrem na výstupu interferometru můžeme vyjádřit s využitím Gaussovy odezvy funkce spektrometru jako [6]:

$$I(\lambda) = I^{(0)}(\lambda) \times \left\{ 1 + V(\lambda) \exp \left\{ - \left(\frac{\pi^2}{2} \right) \left[\Delta^g(\lambda) \frac{\Delta\lambda_R}{\lambda^2} \right]^2 \right\} \cos \left[\left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) \Delta(\lambda) \right] \right\}, \quad (2)$$

kde $I^{(0)}(\lambda)$ je referenční spektrální intenzita, $V(\lambda)$ je viditelnost, která může být vyjádřena rovnicí:

$$V(\lambda) = V_1 \frac{2\sqrt{R(\lambda)}}{1 + R(\lambda)}, \quad (3)$$

$\Delta\lambda_R$ označuje dále šířku odezvové funkce spektrometru a $\Delta(\lambda)$ je rozdíl optických drah dvou svazků v Michelsonově interferometru daný rovnicí:

$$\Delta(\lambda) = 2L + 2n(\lambda)t_{\text{ef}} - \frac{\lambda\delta_r(\lambda)}{2\pi}, \quad (4)$$

kde $2L$ je rozdíl optických drah obou svazků ve vzduchu, $n(\lambda)$ je index lomu materiálu a t_{ef} je tzv. efektivní tloušťka polopropustného zrcadla [5]. Skupinový rozdíl optických drah $\Delta^g(\lambda)$ aproximujeme $\Delta^g(\lambda) = 2L + 2N(\lambda)t_{\text{ef}}$, kde $N(\lambda)$ je skupinový index lomu, který je dán vztahem:

$$N(\lambda) = n(\lambda) - \lambda \frac{dn(\lambda)}{d\lambda}. \quad (5)$$

Předpokládejme dále, že světlo dopadá na podložku s homogenní tenkou vrstvou a že probíhají mnohonásobné odrazy, přičemž pro komplexní odrazivost platí [1, 2]:

$$r(\lambda) = \frac{r_{01}(\lambda) + r_{12}(\lambda) \exp[i2\beta(\lambda)]}{1 + r_{01}(\lambda)r_{12}(\lambda) \exp[i2\beta(\lambda)]}, \quad (6)$$

kde $r_{01}(\lambda)$ a $r_{12}(\lambda)$ jsou Fresnelovy reflexní koeficienty pro horní a dolní rozhraní a $\beta(\lambda)$ je změna fáze při kolmém dopadu. Jestliže uvažujeme jako okolní prostředí vzduch, pak můžeme reflexní koeficienty vyjádřit relacemi:

$$r_{01}(\lambda) = \frac{1 - n_1(\lambda)}{1 + n_1(\lambda)}, \quad (7)$$

$$r_{12}(\lambda) = \frac{n_1(\lambda) - n_2'(\lambda)}{n_1(\lambda) + n_2'(\lambda)}, \quad (8)$$

kde $n_1(\lambda)$ je index lomu tenké vrstvy závislý na vlnové délce a $n_2'(\lambda) = n_2(\lambda) - i\kappa_2(\lambda)$ je komplexní index lomu podložky závisléjící na vlnové délce s reálným indexem lomu $n_2(\lambda)$ a extinkčním koeficientem $\kappa_2(\lambda)$. Změna fáze $\beta(\lambda)$ při kolmém dopadu je vyjádřena jako:

$$\beta(\lambda) = \frac{2\pi}{\lambda} n_1(\lambda)d, \quad (9)$$

kde d je tloušťka tenké vrstvy. Poznamenejme, že komplexní reflexní koeficient $r(\lambda)$ může být vypočten s neurčitostí $m\pi$, kde m je celé číslo.

Závislost indexu lomu $n(\lambda)$ na vlnové délce pro čisté optické sklo BK7 může být aproximována Sellmeierovým vztahem [7]:

$$n^2(\lambda) = 1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i \lambda^2}{\lambda^2 - B_i}. \quad (10)$$

Při teplotě 20 °C a pro vlnovou délku v mikrometrech pro koeficienty platí: $A_1 = 1,03961212$, $A_2 = 0,231792344$, $A_3 = 1,01046945$, $B_1 = 6,00069867 \times 10^{-3}$, $B_2 = 2,00179144 \times 10^{-2}$ a $B_3 = 103,560653$. Skupinový index lomu $N(\lambda)$ je vyjádřen pomocí rovnice (5) jako:

$$N(\lambda) = n(\lambda) + \frac{\lambda^2}{n(\lambda)} \sum_{i=1}^3 \frac{A_i B_i}{(\lambda^2 - B_i)^2}. \quad (11)$$

Index lomu $n_1(\lambda)$ tenké vrstvy SiO_2 může být aproximován ve spektrálním oboru širším než je viditelný obor Sellmeierovou disperzní relací:

$$n_1^2(\lambda) = 1 + \frac{A\lambda^2}{\lambda^2 - B^2}, \quad (12)$$

kde koeficienty mají pro vlnové délky v mikrometrech hodnoty: $A = 1,1336$ a $B = 9,261 \times 10^{-2}$.

3. EXPERIMENTÁLNÍ POSTUP

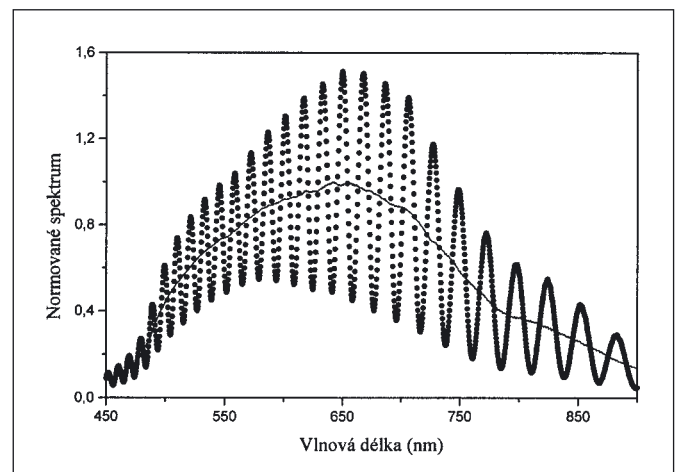
Experimentální postup použitý pro měření tlouštěk tenkých vrstev SiO_2 pomocí spektrální interferometrie v bílém světle využívá sestavu uvedenou na obrázku 1. Experimentální sestava obsahuje zdroj bílého světla: halogenovou žárovku s optikou, optické vlákno, kolimátor, Michelsonův interferometr s polopropustným zrcadlem ve formě kostky z optického skla BK7, tenkou vrstvu na substrátu, kovové zrcadlo umístěné na mikrometrickém posuvu, mikroskopický objektiv, mikroposuv a detekční optické vlákno, vláknově optický spektrometr S2000, A/D převodník a osobní počítač. Tenká vrstva je reprezentována vrstvou SiO_2 na křemíkovém substrátu.

Vrstva SiO_2 na křemíkovém substrátu byla vytvořena pomocí procesu suché oxidace, kterou popisuje model Deal-Groeva [8]. Byly vytvořeny vrstvy o čtyřech různých tloušťkách d . Křemíkové desky pocházející z jednoho monokrystalu nám poskytla firma ON Semiconductor, Czech Republic. Desky jsou charakterizovány těmito parametry: průměr $(100 \pm 0,5)$ mm, orientace (111), typ P dopovaný borem, tloušťka (381 ± 25) μm a měrný odpor $0,008 \pm 0,009 \Omega \text{ cm}$. Před procesem oxidace byly z desek vytvořeny části o rozměrech 40×40 mm, a následně byly žíhány v peci při 1200 °C. Podle modelu byly určeny časy žíhání tak, aby odpovídaly tloušťkám od 300 do 450 nm.

Vláknově optický spektrometr S2000 se vstupní, resp. výstupní ohniskovou vzdáleností 42, resp. 68 mm, pracuje v rozsahu vlnových délek 350 až 1000 nm a obsahuje difrakční mřížku, která má 600 vrypů na milimetr a lineární detekční CCD prvek s 2048 pixely. Rozlišovací schopnost a šířka odezvové funkce spektrometru jsou určeny efektivní šířkou optického svazku z jádra optického vlákna na jeho výstupu [6]. Pro naše měření jsme použili optické vlákno o průměru jádra 50 μm .

4. VÝSLEKY EXPERIMENTU A DISKUSE

Při experimentu jsme využili již známou hodnotu tloušťky polopropustného zrcadla t_{ef} z optického skla BK7, která je rovna -10,10 μm a která byla určena metodou prezentovanou v předcházejícím příspěvku [5]. Na vzorcích rozdílných tlouštěk d tenké vrstvy SiO_2 jsme provedli měření. Pro jednotlivé tloušťky d a pro vhodně nastavený optický dráhový rozdíl v interferometru bylo zaznamenáno spektrum, které bylo porovnáváno s teoretickým spektrem podle rovnice (2). Jako referenční spektrální intenzitu $I^{(0)}(\lambda)$ ve vztahu (2) jsme použili spektrum zaznamenané pro takový optický dráhový rozdíl nastavený v interferometru, pro který jsme nepozorovali spektrální interferenční proužky. Příklad zaznamenaného spektra a referenčního spektrálního intenzity pro první tloušťku je na obrázku 2. Další členy ve rovnici (2) jsme vyjádřili pomocí rovnic (1), (3) a (4), přičemž komplexní odrazivost $r(\lambda)$ struktury jsme vyjádřili pomocí rovnic (6), (7) a (8). Optické konstanty substrátu ve vztahu

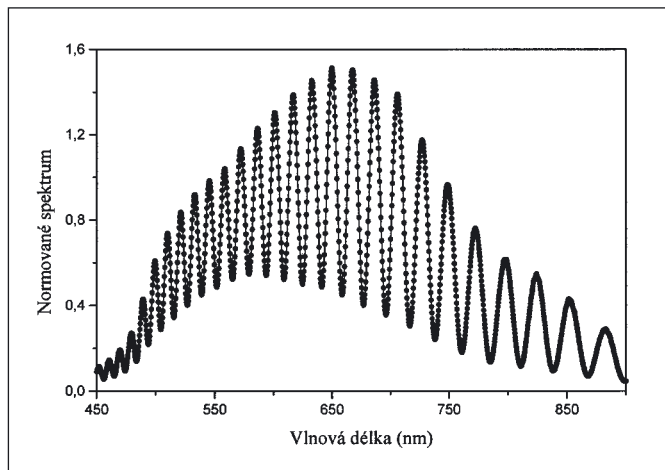


Obr. 2 Příklad zaznamenaného spektrálního interferogramu (body) a referenčního spektra (plná čára)

(8) byly převzaty z [9]. *Obrázek 3* nám demonstruje fitování spektra naměřeného $I^e(\lambda)$ spektrem teoretickým $I(\lambda)$ Levenbergovou-Marquardtovou metodou nejmenších čtverců [10]. Tato metoda určuje odhad parametrů V_f , L a d tak, že minimalizuje hodnotu funkce χ^2 , která je definovaná jako:

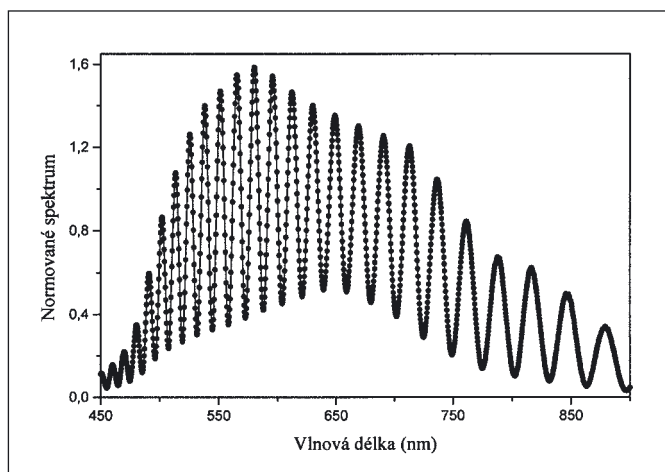
$$\chi^2(V_f, L, d) = \sum_{i=1}^N \left[I^e(\lambda_i) - I(\lambda_i; V_f, L, d) \right]^2, \quad (13)$$

kde λ_i jsou vlnové délky, na kterých proběhl záznam spektra (fitování se provádělo v rozsahu vlnových délek 450 až 900 nm). Pro vzorek 1 nám dobrou shodu experimentu s teorií ukazuje *obrázek 3*. Tuto shodu experimentálních hodnot s teoretickými můžeme vyjádřit dvěma parametry: $V_f = 0,8270$ a $d = 285,1$ nm.



Obr. 3 Porovnání zaznamenaného (body) a vypočteného (plná čára) spektrálního interferogramu pro první vzorek

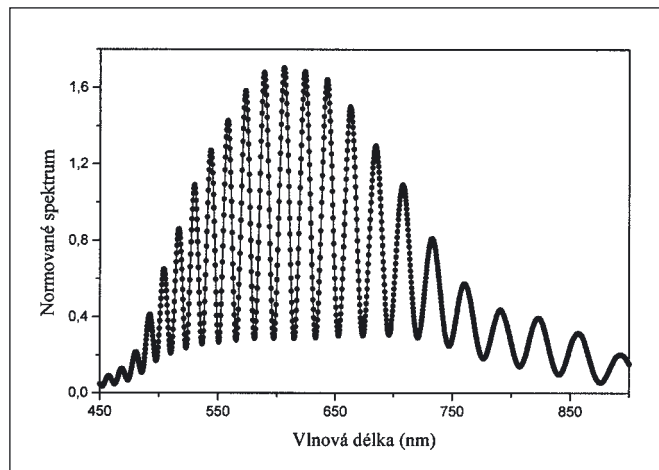
Následně bylo zaznamenáno devět spekter s rozdílným optickým dráhovým rozdílem, který se měnil se standardním krokem 20 μm . Vyhodnocením všech deseti spektrálních interferogramů byla určena tloušťka vrstvy 283,2 nm s odchylkou 2,8 nm. *Obrázek 4* představuje porovnání experimentálních výsledků s teorií pro druhý vzorek. U druhého vzorku můžeme konstatovat velmi dobrou shodu teorie a experimentu, která je dána parametry $V_f = 0,9846$ a $d = 335,1$ nm. Z *obrázku 4* je při porovnání s *obrázku 3* patrný vliv změny tloušťky na podobu spektrálního interferogramu. Následně jsme zaznamenali dalších deset spekter a pro všechny spektrální interferogramy byla určena tloušťka 335,5 nm s odchylkou 1,3 nm.



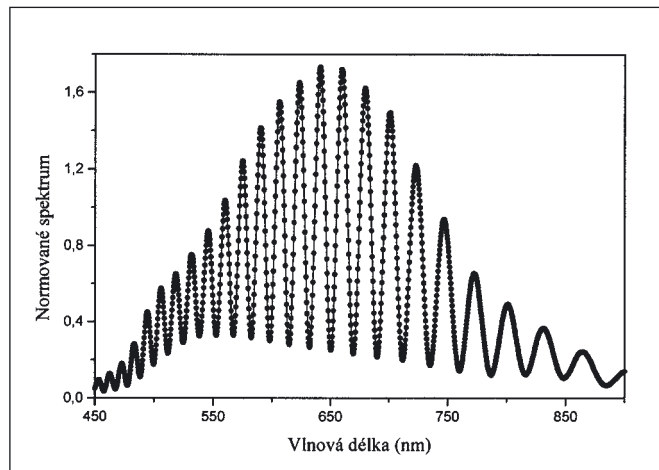
Obr. 4 Porovnání zaznamenaného (body) a vypočteného (plná čára) spektrálního interferogramu pro druhý vzorek

Výsledky pro vzorek 3 jsou představeny na *obrázku 5*, ze kterého je patrná dobrá shoda experimentálních výsledků s teorií, která je charakterizována dvěma parametry $V_f = 0,9575$ a $d = 392,5$ nm. Z celkově jedenácti zaznamenaných spekter pro třetí vzorek jsme určili tloušťku tenké vrstvy 393,4 nm s odchylkou 2,8 nm. Poslední *obrázek 6* nám ukazuje srovnání experimentálních výsledků s teorií pro čtvrtý vzorek, přičemž parametry mají hodnoty $V_f = 0,9826$ a $d = 450,2$ nm. Z celkově jedenácti zaznamenaných spekter jsme určili tloušťku čtvrtého vzorku 449,6 nm s odchylkou 1,5 nm.

Lze říci, že námi dosažené výsledky představují velmi dobrou shodu experimentálních výsledků s teorií. Určená chyba tloušťky tenké vrstvy SiO_2 se pohybuje v rozmezí 1,3 až 2,8 nm. Porovnáním s výsledky získanými metodami elipsometrie a reflektometrie bylo dosaženo velmi dobré shody [11].



Obr. 5 Porovnání zaznamenaného (body) a vypočteného (plná čára) spektrálního interferogramu pro třetí vzorek



Obr. 6 Porovnání zaznamenaného (body) a vypočteného (plná čára) spektrálního interferogramu pro čtvrtý vzorek

5. ZÁVĚR

Bylo představeno využití metody spektrální interferometrie v bílém světle pro měření tloušťky tenké vrstvy SiO_2 na křemíkovém substrátu. Byl využit mírně disperzní Michelsonův interferometr s polopropustným zrcadlem ve tvaru kostky a vláknově optický spektrometr, kdy jedno ze zrcadel bylo nahrazeno tenkou vrstvou SiO_2 na substrátu. Byly naměřeny spektrální interferogramy a ve všech případech bylo dosaženo dobré shody experimentálních výsledků s teorií. V případě druhého vzorku bylo dosaženo nejlepší shody experimentálních výsledků s teorií, kdy odchylka v naměřené tloušťce byla 1,3 nm. Ze zaznamenaných interferogramů

uvedených v tomto článku dále vyplývá, že viditelnost spektrálních interferenčních proužků je závislá na tloušťce a tedy na odrazivosti tenké vrstvy.

Závěrem můžeme konstatovat, že představená metoda je poměrně nenáročná z hlediska vyhodnocení naměřených výsledků. S využitím vláknově optického spektrometru můžeme s nízkými náklady měřit tloušťky tenkých vrstev, známe-li jejich optické konstanty. Metoda může být rozšířena i pro měření 1D nebo 2D profilu tloušťky vrstvy.

Práce byla částečně podpořena Grantovou agenturou ČR (projekt č. 202/06/0531)

Literatura

- [1] BORN, M. - WOLF, E.: Principles of Optics. Cambridge, Cambridge University Press 1999.
- [2] AZZAM, R.A. - BASHARA, N. M.: Ellipsometry and Polarized Light. North-Holland, Amsterdam 1977.
- [3] MERKLEIN, T. M.: High resolution measurement of multi-layer structures. *Appl. Opt.*, **29**, s. 505.
- [4] KIM, S.W. - KIM, G. H.: Thickness-profile measurement of transparent thin-film layers by white light scanning interferometry. *Appl. Opt.*, **38**, 1999, s. 5968.
- [5] HLUBINA, P.: Měření efektivních tloušťek optických prvků známé disperze s využitím spektrální interferometrie v bílém světle. *JMO*, **49**, 2003, s. 73.
- [6] HLUBINA, P.: Měření spektrální závislosti šířky odezvové funkce kompaktního spektrometru s využitím dvousvazkové interference v bílém světle. *JMO*, **47**, 2002, s. 312.
- [7] Schott Computer Glass Catalog 1.0, Schott Glasswerke, Germany, Mainz 1992.
- [8] PLUMMER, J. D. - DEAL, M. D. - GRIFFIN, P. B.: Silicon VLSI Technology Fundamentals, Practice and Modeling. Prentice Hall, Upper Saddle River 2000.
- [9] PALIK, E. D.: Handbook of Optical Constants of Solids, Academic Press, Orlando 1995.
- [10] Optimization Toolbox for Use with MATLAB. Math-Works, Massachusetts 2000.
- [11] HLUBINA, P. – CIPRIAN, D. – LUŇÁČEK, J. – LESŇÁK, M – CHLEBUS, R.: Dispersive white-light spectral interferometry used to measure thickness of a thin film on a substrate. *Proc. SPIE*, v tisku.

Ing. Radek Chlebus., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 597 323 666, fax: 597 323 139, e-mail: radek.chlebus@fmfi.vsb.cz.

Doc. RNDr. Petr Hlubina CSc., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 597 323 134, fax: 597 323 139, e-mail: petr.hlubina@vsb.cz.

RNDr. Dalibor Ciprian Ph.D., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 597 323 398, fax: 597 323 139, e-mail: dalibor.ciprian@vsb.cz.

Doc. Dr. RNDr. Jiří Luňáček., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 597 324 111, fax: 597 323 139, e-mail: jiri.lunacek@vsb.cz.

Doc. Dr. Ing. Michal Lesňák., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 597 325 206, fax: 597 323 139, e-mail: michal.lesnak@vsb.cz.

Michael DEGEL, JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, Konrad Zuse Straße 6, 07745 Jena

Laser trennt spröde Materialien elegant durch Spannungseintrag

Spröde Materialien haben es in sich. Auf der einen Seite sind sie zerbrechlich, auf der anderen hart, und das macht ihre Bearbeitung zu einem anspruchsvollen Unterfangen. Spröde Materialien zu trennen – dafür hat die JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH nun eine elegante Lösung vorgelegt. Das Unternehmen ist auf Maschinen spezialisiert, mit denen sich Nichtmetalle per Laserstrahl bearbeiten lassen. Die JENOPTIK-VOTAN™ G trennt Keramik, Glas und Halbleitermaterialien mikroskopisch genau – berührungslos, ohne Abrieb und mit glatten Kanten. Dabei nutzt dieser Laseragentyp das patentierte TLS-Verfahren (Thermisches Laserstrahl Separieren), welches alle bisherigen Trenntechnologien qualitativ übertrifft.

Entlang einer definierten Linie bringt der Strahl eines infraroten Kohlendioxidlasers Energie ein - das Material dehnt sich aufgrund der vom Laser eingebrachten Druckspannungen aus. Unmittelbar nach diesem Energieeintrag, fast zeitgleich, wird ein Kühlmittel aufgetragen, das besonders viel Energie absorbieren kann. Das Material zieht sich durch die damit induzierte Zugspannung wieder

zusammen. Dem abrupten Übergang von Druckspannung zu Zugspannung hält das Material nicht stand, und ein von der Oberfläche des Materials in die Tiefe laufender Riss entsteht.

Je nach den gewählten Prozessparametern ist es möglich, das Material komplett zu durchtrennen oder Sollbruchstellen zu erzeugen, an denen entlang sich die Substrate problemlos brechen

lassen. In beiden Fällen entfällt der Materialabtrag - im Gegensatz zu allen etablierten Trennverfahren. Geeignet ist diese Methode für verschiedene Stufen des Produktionsprozesses, besonders bei der Herstellung von Keramiksubstraten.

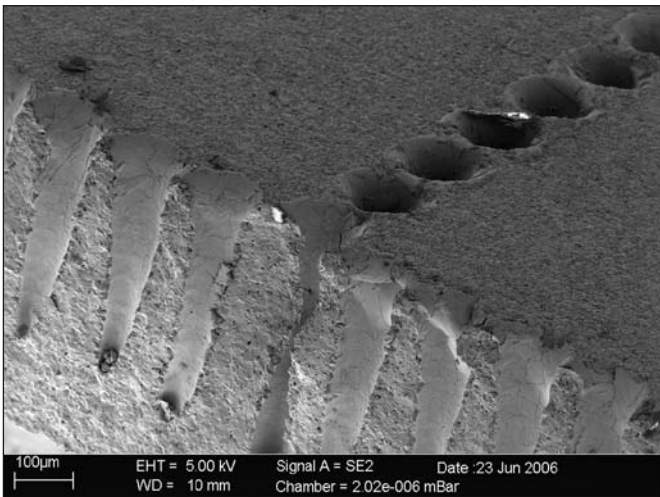
Bereits im industriellen Einsatz befinden sich die ersten Lasersysteme für die Keramikbearbeitung; zwei davon wurden an einen der größten europäischen Keramiksubstrathersteller ausgeliefert. Hier werden Substratplatten für elektronische Bauteile je nach dem späteren Chipdesign vorkonfektioniert. Dabei müssen die Platten an den Sollbruchstellen zusammenhalten, bis die Chipstrukturen aufgebracht sind und der Fertigungsprozess abgeschlossen ist.

Die bisher üblichen Methoden, um Sollbruchstellen entstehen zu lassen, sind das Diamantschneiden und das Perforationsverfahren mittels Laser. Besonders letzteres ist weit entwickelt und wird am häufigsten industriell eingesetzt. Dabei bringt ein energiereicher, gepulster Kohlendioxid-Laser dicht an dicht eine Reihe von Kavitäten in das Material ein. Es entsteht eine perforierte „Briefmarkenkante“ – und die macht zahlreiche Nachbearbeitungsschritte nötig, um die Substrate von Schmelzrückständen und Verunreinigungen zu befreien. Damit das Bauteil beispielsweise genau an einer Bezugskante ausgerichtet werden kann, muss eine ebene Außenkante geschliffen werden.

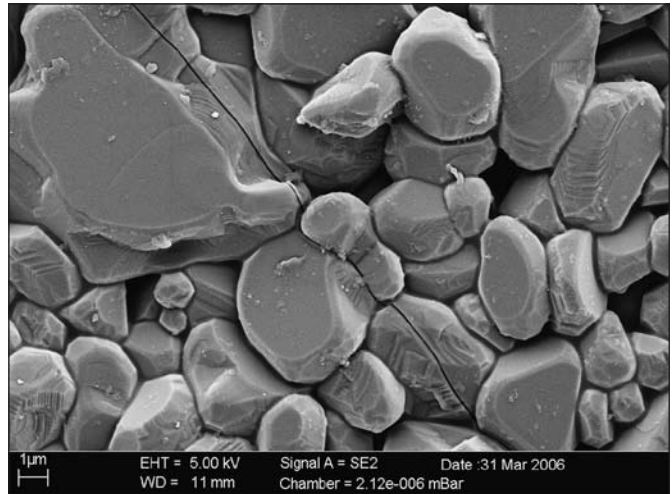
Höhere Ausbeute in der Elektronikfertigung

Anders beim Thermischen Laserstrahl Separieren (TLS): Zunächst ist den Platten der innere Riss äußerlich nicht anzusehen. Ist die Produktion der Chipstrukturen beendet, wird die Keramik gebrochen – und offenbart eine glatte, rechtwinklige und abtragsfreie Kante. Die Nachbearbeitungsschritte entfallen vollständig. Zuvor können die Bruchkräfte sehr genau, mit nur geringer Abweichung, bestimmt werden.

Drei Mal schneller als das herkömmliche Verfahren separiert die JENOPTIK-VOTAN™ G das Material: Bei Keramik aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) sind es pro Sekunde bis zu 400 Millimeter. Und



REM Aufnahme einer konventionell gelaserten Perforation



REM Aufnahme einer gelaserten TLS-Perforation

bei Bedarf kann das Keramiksubstrat nicht nur angeritzt, sondern gleich geschnitten werden, was Brechschritte überflüssig macht.

Die JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH verfügt jedoch auch über das Know-how, Keramik gezielt zu strukturieren, zu markieren oder Vias zu bohren, um leitende Schichten in einem Bauelement zu verbinden. Das Jenoptik-Unternehmen bietet dazu Hybridmaschinen an, die neben dem TLS-Schneidkopf auch Laserschneidköpfe in sich vereinigen.

Auch für das Laserbohren bietet die JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH innovative Lösungen: Mit dem Elementar Volumen Abtrag (EVA-Verfahren) werden Laserpulse generiert, deren Pulsdauer und Pulsform beschnitten wird. Damit kommen nur die hochenergetischen Ausschnitte auf dem Material an – und das führt zu deutlich weniger Schmelzrückständen und einer optimierten Kantenqualität. Weil die Laserpulse nicht bei den üblichen 70 bis 90, sondern bei 20 µs liegen, werden eventuell schon vorhandene elektronische Bauelemente thermisch sehr viel weniger belastet. Der Puls des Laseraggregates kann auf verschiedene Frequenzen und Ausgangsleistungen moduliert werden, die entstehenden Perforations-Lochdurchmesser sind bis zu 90 Mikrometer klein.

Erprobt wird derzeit, die JENOPTIK-VOTAN™ G mit dem Thermischen Laserstrahl Separieren für Low Temperature Cofired Ceramic (LTCC) einzusetzen. Diese, aber auch Aluminium Nitrit (AlN), Direct Copper Bonded Keramik und solche aus Zirkonoxid industrietauglich bearbeiten zu können, ist ein nächster Schritt auf der Agenda des Jenoptik-Unternehmens.

Im Unterschied zu Silizium und anderen Halbleitern ist Keramik für die Mikroelektronik kein knappes Gut. Da sie Wärme gut absorbiert, eignet sie sich besonders für leistungsintensive Hochfrequenzanwendungen im Automobil und in der Mobiltechnik, in Mobiltelefonen oder der Luft- und Raumfahrt. Dabei fallen weniger giftige Stoffe an als bei anderen eingesetzten Basismaterialien, was das Recycling erheblich vereinfacht.

Kontakt: Michael Degel, tel.: +49 3641 65-1890, e-mail: michael.degel@jenoptik.com



Laserové technologie pro různé aplikace řeší zákaznické Aplikační centrum JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH, které disponuje 11 různými laser-systemy, umožňující například: řezání, vrtání, svařování, perforace různých materiálů i úběry nemetalických materiálů. Bližší informace o činnosti a službách pro zákazníky: Gabriele Eberhardt, vedoucí Aplikačního centra, tel. +49 3641 65-2547, e-mail: gabriele.eberhardt@jenoptik.com, Norbert Preuss, vedoucí marketingu tel. +49 3641 65 2520, e-mail: norbert.preuss@jenoptik.com

Siemens oceňuje mladé talenty - vyhlášení vítězů 9. ročníku Ceny Siemens

Ve čtvrtek 14. prosince 2006 se v reprezentativních prostorách Betlémské kaple v Praze uskutečnilo slavnostní vyhlášení vítězů devátého ročníku Ceny Siemens, kterou uděluje společnost Siemens ve spolupráci s Fórem průmyslu a vysokých škol ČR. Předání cen proběhlo za účasti ministryně školství PhDr. Miroslavy Kopicové, náměstkyně ministryně školství prof. PhDr. Petra Matějů, Ph. D., rektorů a prorektorů českých technických univerzit a dalších významných osobností z oblasti vědy a výzkumu a zástupců firmy Siemens. V dosavadních devíti ročnících Ceny Siemens bylo oceněno 140 laureátů. Ve formě stipendií a finančních odměn Siemens podpořil mladé talentované vědce částkou převyšující 4 milióny korun.

V devátém ročníku Ceny Siemens byly hodnoceny tyto kategorie: cena za výzkum, cena za doktorskou práci a cena za diplomovou práci. Z rukou generálního ředitele a reprezentanta skupiny Siemens v České republice, Ing. Pavla Kafky, obdrželi ocenění studenti nejen stipendia a finanční odměny, ale také pamětní medaili Siemens. Jejím autorem je akademický sochař Zdeněk Kolářský.

Pro přihlášení do soutěže je nutné splnit přísná kvalitativní kritéria. Vítězné práce vybírá porota složená z prorektorů pro vědu a výzkum českých technických univerzit a ze zástupců společnosti Siemens. I díky tomu se Cena Siemens stala jednou z nejprestižnějších soutěží svého druhu. V letošním roce porota hodnotila téměř stovku vynikajících prací. „Vybrat z mnoha desítek přihlášených prací ty nejlepší je velice obtížné“, potvrzuje předseda komise a prorektor pro vědu a výzkum ČVUT prof. Ladislav Musílek.

Cena Siemens za výzkum

Ing. Bohumil Horák, Ph.D.

Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.

Ing. Miroslav Kopřiva

Ing. Radovan Hájovský, Ph.D.

Ing. Zdeněk Slanina

Ing. Marek Penhaker, Ph.D.

Ing. Oldřich Učeň

Studie pohonu mobilního prostředku s palivovým článkem

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Cena Siemens za doktorskou práci

Ing. Pavel Dvořák, Ph.D.

Extracranial stereotactic radiotherapy

České vysoké učení technické v Praze

Ing. Ilona Lázničková, Ph.D.

Výpočet konduktance stabilizovaného oblouku

Vysoké učení technické v Brně

Ing. Václav Moravec, Ph.D.

Zvyšování životnosti osových nástrojů pro moderní technologie obrábění

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Ing. Vladimír Sedlářík, Ph.D.

Biodegradable Polymers Based on Dairy Waste

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Ing. Jiří Schimmel, Ph.D.

Syntéza zvukových efektů s využitím nelineárního zpracování signálu

Vysoké učení technické v Brně

Cena Siemens za diplomovou práci

Ing. Jan Čapek

Osminápravová nízkopodlažní tramvaj

České vysoké učení technické v Praze

Ing. Tomáš Hradec

Vliv kompresních algoritmů na metody rozpoznávání obrazu

České vysoké učení technické v Praze

Ing. Kateřina Klosová

Non-lithographic fabrication of nanostructures on metal layers

Vysoké učení technické v Brně

Ing. Josef Stehlík

Aplikace senzorických členů pro autonomní jednotky

Západočeská univerzita v Plzni

RNDr. Eva Šrámková

Oscilace diskových struktur v poli kompaktních objektů

Slezská univerzita v Opavě

Do jubilejního desátého ročníku budou moci studenti své práce přihlašovat již od března 2007.

Společnost Siemens považuje podporu vzdělání a spolupráci se školami za jednu ze svých priorit. Cena Siemens je součástí širokého spektra aktivit, mezi něž dále patří například spolupráce na výuce, vedení diplomových prací, nabídka stáží, pořádání vzdělávacích akcí pro studenty, sponzoring vědeckých inkubátorů, vybavení speciálních laboratoří a podpora studentských organizací.

Fórum průmyslu a vysokých škol ČR, které bylo založeno v roce 1996, sdružuje největší průmyslové podniky v České republice a všechny technické univerzity v České republice. Cílem této instituce je intenzivní výměna zkušeností mezi teorií a praxí, která má kromě jiného v dlouhodobější perspektivě ovlivnit zaměření jednotlivých studijních oborů podle potřeb praxe. Současnými členy Fóra průmyslu a vysokých škol ČR jsou: ČKD PRAHA HOLDING, a.s., IBM Česká republika, s.r.o., SIEMENS s.r.o., ŠKODA a.s., ŠKODA AUTO a.s., České vysoké učení technické v Praze, Technická univerzita v Liberci, Vysoké učení technické v Brně, Vysoká škola báňská - TU Ostrava a Západočeská univerzita v Plzni.

Siemens patří mezi největší globální elektrotechnické a elektronické koncerny. Společnost zaměstnává téměř 475 000 odborníků, kteří vyvíjejí a vyrábějí produkty, navrhují a instalují komplexní řešení na míru dle požadavků zákazníků a nabízejí širokou paletu služeb dle jejich individuálních potřeb. Siemens nabízí svým zákazníkům ve 190 zemích inovativní technologie a komplexní know-how. Společnost byla založena před 159 lety a působí v oblastech informace a komunikace, automatizace a pohony, energetika, doprava, zdravotnictví a osvětlení. V obchodním roce 2005/2006 (skončil 30. září 2006) firma Siemens dosáhla obrátu 87 miliard EUR a čistého zisku 3,1 miliardy EUR.

Zastoupení společnosti Siemens AG v České republice bylo obnoveno v roce 1990. V současné době patří Siemens s více než 15 800 zaměstnanci mezi největší zaměstnavatele v ČR. V obchodním roce 2005/2006 vykázala skupina podniků Siemens v České republice obrát 58,6 miliard Kč. Siemens v České republice působí v těchto hlavních oblastech: automatizace a řízení, doprava, energetika, informace a komunikace, osvětlení a zdravotnictví.

Více informací najdete na internetových adresách <http://www.siemens.com> a <http://www.siemens.cz>.

Petr Sedláček

Cena Otty Wichterleho pro optiky z FZÚ AV ČR

Cenu Otty Wichterleho za rok 2006 udělovanou každoročně mladým úspěšným fyzikům Akademií věd ČR se letos podařilo získat dvěma kvantovým optikům ze Společné laboratoře optiky (SLO) Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu AV ČR v Olomouci - Ondřej Haderkovi a Janu Peřinovi ml. Tuto cenu získal i Ján Lančok z Fyzikálního ústavu AV ČR v Praze. Využíváme této příležitosti, abychom je blíže představili naší vědecké komunitě.

Ondřej Haderka absolvoval v roce 1991 studium optoelektroniky na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci. Poté odešel na postgraduální studium na Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy v Praze, kde vypracoval úspěšnou doktorskou práci na téma *Nelineární dynamika laserů v režimu synchronizace módů*. Děkan Přírodovědecké fakulty UP ocenil jeho vědeckou činnost Cenou za nejlepší studentskou vědeckou práci roku 1995.

Od roku 1994 pracuje Ondřej Haderka ve Společné laboratoři optiky v Olomouci. V prvních letech svého působení ve SLO vybudoval laboratoře pro fotonovou optiku a stal se vedoucím vědeckým pracovníkem výzkumné skupiny zaměřené na experimentální kvantovou a nelineární optiku. V roce 1998 bylo v jeho laboratoři zkonstruováno kvantově kryptografické zařízení, které ve své době představovalo svými parametry špičku v této oblasti. Součástí zařízení byl i originální protokol pro kvantovou identifikaci. Ve spolupráci s Národním bezpečnostním úřadem ČR byl zkonstruován kvalitní kvantový generátor náhodných čísel, který je nepostradatelnou součástí klasických kryptografických systémů. Před pěti lety výrazně rozšířil experimentální možnosti své laboratoře instalací pulsního femtosekundového laserového systému a intenzifikované CCD kamery. Tato zařízení umožnila kvalitativní skok ve studiu kvantové korelovaných dvoufotonových polí, jež se staly dominantním tématem po ukončení výzkumu v oblasti kryptografie. Měření prostorových korelací fotonových párů a fotonových statistik kvantově korelovaných polí složených z více párů a generovaných parametrickou fluorescencí poskytly nejzajímavější výsledky v posledních letech.

Ondřej Haderka je autorem více než 50 vědeckých a popularizačních prací publikovaných v mezinárodních a domácích časopisech. Významnou roli hraje při řešení vědeckých projektů ve SLO. V současné době je spoluřešitelem projektu *Optické struktury, detekční systémy a související technologie pro nízkofotonové aplikace*. Kromě vědecké práce se věnuje i pedagogické činnosti na UP a v roce 2006 byl jmenován docentem. Za svoji popularizační činnost byl v roce 1997 oceněn Cenou Aloise Rašína.

Ján Lančok absolvoval v roce 1995 inženýrské studium na katedře fyzikální elektroniky Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze. Již během tohoto studia ve 4. ročníku se zapojil do výzkumné práce v Laboratoři pulsní laserové depozice Fyzikálního ústavu AV ČR, kde pokračoval i v rámci diplomové a později disertační práce. Postgraduální studium na FJFI ČVUT ukončil v květnu roku 2000 úspěšnou obhajobou disertační práce na téma *„Pulsní laserová depozice tenkých optických vrstev“*.

Od roku 1993 pracuje Ján Lančok v Laboratoři pulsní laserové depozice, kde se věnuje vývoji technologií přípravy tenkých vrstev. Absolvoval několik zahraničních dlouhodobějších stáží ve *Fresnel Institute* v Marseille (1997), ve výzkumném ústavu *ENEA (Entrée per le Nuove Technologie L'Energia e L'Ambiente)* ve Frascati (2000-2001) a v rámci prestižního individuálního dvouletého grantu *Marie Curie*

pracoval v letech 2002 až 2004 na spojeném pracovišti *Nanooptic Centre-CNRS* (Centre National de la Recherche Scientifique) a *LPCML (Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux Luminescents)* Univerzity Clauda Bernarda v Lyonu. Během těchto studijních pobytů získal práci ve špičkových laboratořích zkušenosti, které nyní uplatňuje ve vědecké práci ve Fyzikálním ústavu, a přispěl k upevnění mezinárodních kontaktů domovského pracoviště.

Od roku 2003 pracuje ve Fyzikálním ústavu AV jako samostatný vědecký pracovník a jeho současná vědecká činnost je směřována do oblasti aplikovaného výzkumu technologií přípravy tenkých vrstev. Tento výzkum se týká zejména vývoje nových hybridních technologií se zaměřením na vytváření nanokrystalických a nanokompozitních materiálů, dále studia vlivu nano-uspořádání na vlastnosti tenkých nanokompozitních vrstev a to především optické, fluorescenční a mechanické, a také výzkumu nových nanostrukturovaných materiálů s výjimečnými fyzikálními vlastnostmi. V současné době je řešitelem následujících projektů: *Vývoj nových hybridních depozičních technik pro přípravu nanostrukturálních tenkých fluoridových vrstev s význačnými fluorescenčními vlastnostmi, Nové způsoby přípravy magnetických nanokompozitů (spinelových feritů) a studium jejich fyzikálních vlastností a programu Nanotechnology pro společnost Samoorganizované magnetické nanostruktury*.

Ján Lančok se podílel jako autor nebo spoluautor význačným způsobem na 45 pracích publikovaných v mezinárodních odborných časopisech a prezentovaných na prestižních konferencích v oboru laserových technologií a materiálového výzkumu. Významná byla také jeho spolupráce na vývoji unikátního prototypu depozičního zařízení, které kombinuje laserovou depozici s magnetronovým naprašováním a vysokofrekvenčním výbojem. Věnuje se také pedagogické činnosti jako odborný konzultant diplomových a disertačních prací studentů FJFI ČVUT. V rámci popularizace vědy spolupracoval na vědecko-populárních pořadech České televize (*Vědník*, 2000 a *Popularis*, 2004).

Jan Peřina ml. absolvoval studium kvantové optiky a optoelektroniky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze roku 1993. Na téže škole obhájil doktorskou práci *Interaction of optical fields with matter*, která byla oceněna Výroční cenou Bolzanovy nadace v roce 1996. Od roku 1995 pracuje ve Společné laboratoři optiky v Olomouci. Zabývá se teoretickou kvantovou optikou, zejména neklasickými vlastnostmi optických polí generovaných v nelineárních procesech (generace světla s fluktuacemi potlačenými pod mez vakuových fluktuací a světla se sub-poissonovskou fotonulzní statistikou). Velkou pozornost věnoval studiu procesu spontánní sestupné frekvenční konverze jak v klasických nelineárních krystalech, tak i v moderních nelineárních vrstevnatých prostředích (fotonických krystalech). V současnosti se zabývá studiem fotonulzních statistik dvoufotonových optických polí vznikajících při čerpání výkonnými pulzními svazky. Jeho teoretická činnost je charakterizována úzkou vazbou k experimentu a snahou navazovat spolupráce s renomovanými zahraničními pracovišti (Bostonská univerzita, Univerzita La Sapienza di Roma). Podílel se na řešení řady vědeckých projektů, např. projektu COST na téma *Fyzika lineárních, nelineárních a aktivních fotonických krystalů*. Je autorem více než 30 publikací v mezinárodních časopisech. Jan Peřina ml. se účastní výuky fyziky na Přírodovědecké fakultě UP v základním kurzu fyziky a v roce 2003 se na této fakultě habilitoval prací *Kvantové vlastnosti optických polí generovaných v nelineárních prostředích*.

Je potěšením konstatovat, že se Ondřej Haderka, Ján Lančok a Jan Peřina ml. řadí svými vědeckými výsledky mezi významné mladé fyziky, kteří skýtají záruku dalšího úspěšného rozvoje svých oborů v nejbližších letech.

Mgr. Jan Soubusta, Ph.D.



EOS Annual Meeting 2006

Výroční schůze Evropské optické společnosti (EOS) se v letošním roce konala v Paříži ve dnech 16. 10. – 19. 10. 2006 souběžně s výstavou „Forum de l'Electronique – Mesurexpo-Opto 2006“ na známém výstavišti Porte de Versailles. Z České republiky se výroční schůze účastnili prof. P. Tománek, člen poradního výboru EOS a Ing. M. Jedlička, předseda České a Slovenské společnosti pro fotoniku (ČSSF), která je členem EOS. Při příležitosti výroční schůze zde EOS uspořádala několik významných akcí. Nejdůležitějšími z nich bylo šest Topical meetingů, o kterých podrobně referoval kolega Pala [1].

Oficiální ráz a významnou roli EOS v přípravě 7. rámcového plánu Evropské komise podtrhlo slavnostní zahájení celé akce evropskou komisařkou paní Viviane Readingovou. Celkově bylo na TOM prezentováno formou zvaných přednášek, přednášek a posterů 416 příspěvků.

Kromě vědeckých aktivit probíhaly během meetingu další akce vyvolané okolností, že letošní rok je volebním rokem EOS. Podle stanov společnosti je třeba každé dva roky obměňovat členy Rady ředitelů a s tím souvisely i další personální změny.

Jako první se 16. 10. 2006 navečer uskutečnila schůze Poradního výboru (Advisory committee – AC) za účasti jeho členů z jednotlivých národních společností a některých prezidentů těchto společností. Celkem bylo přítomno 21 osob. Tentokrát bylo jednání výboru v souvislosti s volbou místopředsedy dost vzrušené a dlouhé. Předsedou AC byl hladce zvolen Pavel Tománek. Na funkci místopředsedy byli 2 kandidáti, z nichž jeden projevil zájem o tuto funkci až v průběhu schůze. Nakonec byl po určitých zmatecích při volbě zvolen místopředsedou AC delegát z Dánska Peter Andersen poměrem hlasů 9:3. AC volil i zástupce přičleněných organizací do Rady ředitelů. Vzhledem k tomu, že schůze se účastnilo jen 6 zástupců těchto organizací a byli 2 kandidáti (Risto Myllylä z Finska a Conception Domingo ze Španělska), hlasovali jen zástupci 4 organizací s nerozhodným výsledkem. Proto bylo doporučeno, aby nová volba proběhla elektronicky za účasti představitelů všech přidružených organizací. K této volbě pak došlo začátkem prosince a zvolena byla C. Domingo.

Z jednání AC vyplynulo několik doporučení pro Radu ředitelů a Výkonný výbor. Týkala se zejména procedury voleb a působení zástupců EOS v jiných významných organizacích – SPIE, OSA, ICO a v uskupeních, která se postupně formují před startem 7. rámcového plánu: Photonics 21, OPERA 2015, MONA, NEMO a další.

Dne 17. 10. 2006 zasedal nejprve dosavadní Výkonný výbor a potom Rada ředitelů (se starými i novými členy), v obou případech bohužel bez předsedy EOS Josefa Braata z Holandska, který se ze zdravotních důvodů nemohl do Paříže dostavit. Oba orgány projednaly zprávu o činnosti od poslední volební schůze r. 2004 a plán činnosti na další období 2006 až 2008 a seznámily se s činností a doporučeními AC a Průmyslového výboru EOS.

Rada ředitelů byla také seznámena s návrhem nového složení Výkonného výboru na další dva roky: prezidentka – Roberta Ramponi (Itálie), past prezident – Joseph Braat (Holandsko), prezident elect – Hans Peter Herzig (Švýcarsko), generální sekretář – Theo Tschudi (Německo), pokladník – Daniel Dolfi (Francie), výkonný ředitel publikace JEOS-RP – Peter Török (Velká Británie), předseda Poradního výboru – Pavel Tománek (Česká republika).

Ve středu 18. 10. 2006 zasedal nový Výkonný výbor a podrobně se zabýval přípravou pro výroční schůze.

Výroční schůze EOS se konala 18. 10. 2006 večer za historicky největší účasti členů – bylo přítomno přibližně 170 zástupců z jednotlivých členských zemí. Schůze vyslechla zprávu předsedy Josefa Braata o činnosti EOS za poslední 2 roky:

EOS sestává nyní z 8 národních poboček s 3476 členy a 10 přidružených organizací (s asi 2000 členy), z kooperativních členů (zejména z průmyslu) a z asi 300 individuálních členů z dalších evropských i neevropských zemí.



Obr. 1 David Briers (UK) moderuje volby do Poradního výboru EOS. Pavel Tománek – nový předseda, Roland Levy (Francie - vpravo) – odstupující předseda

- EOS se stalo důležitým partnerem Evropské komise v přípravě 7. rámcového plánu.
- Kromě jiných oborově zaměřených akcí (Londýn 2005, Capri 2005, Engelberg 2006) se povedlo zorganizovat zatím největší akci EOS – současnou pařížskou konferenci.
- V červenci 2006 bylo zahájeno vydávání on-line časopisu JEOS-RP (Journal EOS -Rapid Publications), který je nejrychlejším médiem pro publikace odborných příspěvků (www.jeos.org).
- Byla zahájena činnost devíti Focus groups.

Více informací o činnosti EOS je na stránce <http://www.myeos.org> Slabé body, které v činnosti EOS přetrvávají a které bude třeba řešit, jsou:

1. Malá interakce EOS s většinou národních společností – ať přidružených nebo poboček.
2. Posílení vědecké koordinace v EOS pomocí skupin Focus groups.
3. Finanční „slabost“ EOS, která nemůže nabídnout svým členům výhody, jaké mají ve velkých organizacích jako je OSA nebo SPIE. Přesto jsou finančně náročné akce, podobné této pařížské, nezbytné pro zviditelnění EOS.
4. Nalezení cesty k jednotným členským příspěvkům všech členů EOS.
5. Neschopnost dosáhnout v rámci 6. rámcového plánu na fondy z Evropské komise – dosud zřejmě nebyla EOS pro Evropskou komisi dostatečně reprezentativním zástupcem Evropy.



Obr. 2 Zasedání Poradního výboru EOS. Ing. Miroslav Jedlička (vlevo)

Na schůzi byly oznámeny výsledky voleb do Rady ředitelů EOS. Ve volbách, uskutečněných elektronickou poštou, kandidovalo celkem 8 členů na 5 volných míst. Na období 2006 až 2008 byli zvoleni: Cornelia Denz (Německo), Pierre-Yves Fonjallaz (Švédsko), Hervé Lefèvre (Francie), Gordon Love (Velká Británie), Concita Sibilina (Itálie).

Volilo celkem 891 členů EOS.

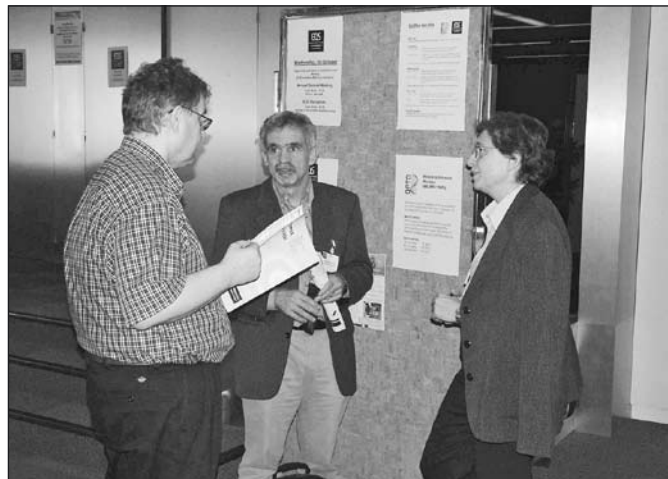
Národní pobočky, které mají víc než 500 členů, mají právo delegovat svého zástupce do Rady ředitelů přímo na základě předchozí volby uvnitř vlastní společnosti. Tyto pobočky potvrdily 3 stávající členy Rady, kterými jsou Daniel Dolfi (Francie), Theo Tschudi

(Německo) a Dietmar Letalick (Švédsko). Nově byl navržen Ralph Tatam (Velká Británie) jako reprezentant IOP (Institute of Physics). Zástupcem malých národních poboček (do 500 členů) byl znovu zvolen Dietmar Letalick (Švédsko). Zástupcem AC v Radě ředitelů byl zvolen Pavel Tománek (Česká republika), jako jediný reprezentant zemí střední a východní Evropy. Všechny volební výsledky byly výroční schůzí odsouhlaseny.

V další části jednání schválila výroční členská schůze zprávu o hospodaření za léta 2004, 2005 a za dosavadní část roku 2006, zprávu o činnosti výborů Poradního a Průmyslového a po diskusi také plán na období 2007 až 2008.

Nová prezidentka EOS prof. Roberta Ramponi vyhlásila na následující období hlavní zásady záměru činnosti:

- zvýšení počtu národních poboček na úkor přidružených společností;
- zvětšení členské základny;
- stabilizace a posílení významu on-line časopisu JEOS-RP;
- zvýšení odborné aktivity Focus groups a vědeckých konferencí Topical meetings;
- posílení vazeb mezi univerzitami a průmyslem;
- zvýšení aktivity EOS v rámci evropských projektů 7. rámcového plánu;
- posílit činnost výboru Fellowship. (Fellowship je jakási elitní skupina zvolených členů EOS a zatím má 13 členů. Podrobnosti o jejím složení jsou na www.myeos.org).



Obr. 3 Zleva Ari Friberg (Švédsko) - prezident ICO, Hans Petr Herzig (Švýcarsko) - prezident elect EOS, Roberta Ramponi (Itálie) - prezidentka EOS pro období 2007-2008

[1] J. Pala: Konference EOS Topical Meeting 2006 v Paříži. JMO 2006, čís. 11-12, str. 307.

Miroslav Jedlička, Pavel Tománek

Ing. Miroslav Jedlička, CSc., Česká a Slovenská společnost pro fotoniku, Jemenská 581, Praha 6, e-mail: jedlickam@volny.cz, tel.: 235 353 180
Prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc., Ústav fyziky FEKT VUT, Technická 8, 616 00 Brno, e-mail: tomanek@feec.vutbr.cz

Z dílny starých mistrů

(30. pokračování)



- K zábraně usazování kovu na zadní straně galvanizovaných pokovaných předmětů, používá se krycího laku, který tvoří tyto komponenty: čistý asfalt nebo přirozená pryskyřice (Dammárová pryskyřice) s přísádkem mastixu se rozmíchá v terpentýnovém oleji na řídký lak. Tento lak se štětcem natírá na místa, která nemají být pokovena. Předměty se následně v sušárně osuší. Na to se na asi 1 hodinu vloží do studené vody, čímž nátěr ztvrdne. Po galvanizování se lak odstraní benzínem nebo benátským terpentýnem, předměty se očistí v žíravém louhu nebo v sodném louhu, opláchnou horkou vodou a v pilinách vysuší. Mají-li předměty plochy paralelní, lze použít tvrdých gumových desek, upevněných dráty, čímž je uspořeno náročné lakování. Oba způsoby neznehodnotí niklovací galvanickou lázeň.

- Kyselinovzdorný povlak sestává ze smíšení 20 dílů silně koncentrovaného vodního skla s 10 díly síranu měďnatého a 20 dílů jemně práškového azbestu. Hustota vodního skla má být v rozmezí 30 – 40 B_e. Tak se získá těstovitá hmota, rychle tuhne, která se nanáší na nádoby, určené ke skladování silných kyselin a jež odolává i kyselině sírové a kyselině dusičné.
- Lak na dřevěné modely je složený ze stejných dílů západoindického kopálu a šelaku společně roztavených, rozmělněných na jemný prášek. Potom se ponechá několik týdnů v silném alkoholu a konečně smísí s tolika díly anglické červeně, aby se lak dal štětcem snadno natírat. Podobně v následujícím předpisu.
- Žlutý lak na slévárenské modely je tvořený 250 g šelaku, 3 kg 96% alkoholu, 10 g anilinové žluti a 65 g hustého terpentýnu. Červený lak na modely tvoří 250 g běleného šelaku, 125 g Sandaraku, 2 kg 96% alkoholu, 10 g fuchsinu a 120 g benátského terpentýnu. Pro přípravu laků platí předpis, že použité pryskyřice se samostatně rozpustí v alkoholu a vzniklá tekutina po vyjasnění se vlije do zahřátého terpentýnu ve smaltované nebo porcelánové nádobě s rukojetí ke snadnému sejmutí z ohně a vmíchání lihové směsi. Vyčištění se provádí buď sedimentací hotového laku, nebo je roztok přefiltrován a potom se přidá terpentýn. Poslední operace lak podstatně zhušťuje a proto se filtruje před přidáním terpentýnu. **Pozn.:** Fuchsin je červené anilinové textilní barvivo k barvení vlny a hedvábí přímo, bavlna až po moření.

Pohodlnější odstraňování ledvinových kamenů

Urologické testy a léčba ledvin, žlučníku či ledvinových kamenů již pacientům nemusí způsobovat takové nepohodlí jako v minulosti. Zásadou na tom má unikátní řešení společnosti Siemens – multifunkční systém pro litotrypsii Lithoskop. Tento produkt v sobě spojuje přístroj pro odstraňování kamenů „litotryptor“ a urologický stůl. Urologové díky němu mohou využívat rentgen nebo ultrazvuk pro vyšetření, stanovení diagnózy, provádění endoskopických vyšetření nebo laserem řízených operací a odstraňování kamenů.



Lithoskop pokrývá všechny potřebné aplikace, tedy například litotrypsii (odstraňování ledvinových kamenů bez operace), endourologii, urodiagnostiku, podkožní intervence, ortopedii či léčbu bolesti. Díky jedinečné a polohovatelné hlavici se zdrojem rázové vlny se potřeba měnit polohu pacienta stala minulostí.

Lithoskop nabízí nový a účinný systém rázových vln s životností o 50 % vyšší než srovnatelné přístroje, jakým je třeba Pulso. Hloubka průniku 16 centimetrů umožňuje použití Lithoskopu i u obézních pacientů. Téměř všechny kameny lze rozdrtit v průběhu jednoho vyšetření. Hlava se zdrojem rázové vlny je nasazena na izocentrické C-rameno a může být polohována z levé nebo pravé pozice pod stolem nad stůl stisknutím jednoho tlačítka. Tak lze léčit levou a pravou ledvinu, měchýř i močůvod bez nutnosti změnit polohu pacienta. Společně s volným přístupem ke stolu to jednotlivým nemocnicím přináší významné výhody z hlediska bezpečnosti, průběhu práce a obsazení sálů. Pacientovu polohu není třeba měnit ani při přechodu z endoskopie na litotrypsii – stále zůstává pohodlně ležet na zádech.



Vysoká kvalita obrazu

Systém nabízí lokalizaci kamenů prostřednictvím rentgenového a ultrazvukového zobrazení typu inline s volitelným ultrazvukovým systémem Siemens Sonoline G50. Vysoce výkonný generátor rentgenového záření a zesilovač obrazu (jeho princip je podrobně popsán v JMO č. 5/2003 – str. 152) se zobrazovacím řetězcem 1 K² systému Lithoskop zaručují spolehlivou kvalitu obrazu pro optimální diagnostiku a léčbu. AutoPos, počítačový software pro 3D polohování, po lokalizaci kamenů pacienta automaticky navede do správné polohy pro léčbu.

Lithoskop obsahuje také LithoReport, speciální volitelný softwarový nástroj pro litotrypsii, který umožňuje detailní a automatickou akvizici celého léčebného procesu. Navíc tento systém poskytuje možnost plného zasíťování v DICOM kompatibilních PACS systémech.

Multifunkční i pohledný

Vysoce účinná hlavice se zdrojem rázových vln, její flexibilní polohování, multifunkční použití systémů pro mnoho urologických procedur, unikátní zobrazovací systém včetně nástrojů pro workflow – to vše má za cíl zlepšit produktivitu urologie. Lithoskop má ale kromě výše vyjmenovaných praktických vlastností i nezanedbatelné estetické plus. Důkazem toho je i cena iF Award 2006 za produktový design v kategorii Medicína, již tento přístroj získal na letošním veletrhu CeBit, který se uskutečnil v průběhu března v Hannoveru.

Petr Sedláček

Nejvýznamnější odborné technické veletrhy pořádané v 1. pololetí 2007

Ve stručném přehledu je uveden výběr nejzajímavějších mezinárodních technických a s elektrotechnikou souvisejících veletrhů, včetně odborných akcí, pořádaných v České republice i ve snadno dostupném zahraničí. Podle čísel uvedených v závorkách je možné si na kontaktních adresách veletržních správ nebo jejich zástupců vyžádat o jednotlivých akcích podrobnější informace. Důležité údaje o dění na výstavištích a prezentovaných novinkách jsou také na uvedených internetových adresách. Pro některé veletrhy lze u zástupců veletržních správ zakoupit

v předprodeji zlevněné vstupenky a katalogy za koruny, přihlásit se k připravovaným zájezdům nebo si objednat ubytování. Tento kalendář byl sestaven podle podkladů organizátorů. Přesto, před odjezdem jednotlivců, je vhodné si ověřit, zda nevznikly náhodné chyby v údajích nebo nenastala změna v termínech. O některých veletržích budou postupně uváděny další podrobnější informace v tomto časopisu a jiném odborném tisku. Kalendář vybraných technických veletrhů pro celý rok 2007 je uveden také v Ročence ELEKTRO 2007.

Termín konání	Místo s číslem kontaktní adresy	Název, základní nomenklatura, informační internetová adresa
30. 1. – 1. 2.	Vídeň (1)	ITnT* – odborný veletrh informačních technologií a telekomunikací; www.itnt.at
6. – 9. 2.	Nitra – výstaviště Agrokomplex (1)	AQUA-THERM NITRA – 9. mezinárodní veletrh vytápění, větrání, měřicí, sanitární a ekologické techniky, technických zařízení budov (v licenci Reed Messe Wien); www.tzb-info.sk , www.ppa.cz , www.aquatherm.sk
6. – 10. 2.	Miláno – výstaviště Fiera (2)	BUILD EXPO: LIVIN LUCE – osvětlování a technická zařízení budov ENER MOTIVE – zdroje elektrické energie a průmyslová automatizace; www.fieramilanotech.it
13. – 15. 2.	Norimberk (3)	EMBEDDED WORLD – mezinárodní odborný veletrh zabudované elektrotechniky, konference; www.embedded-world.de
15. – 18. 2.	Vídeň (1)	BAUEN & ENERGIE-MESSE – mezinárodní veletrh výstavby energeticky úsporných a ekologických budov, modernizace a financování; www.bauen-energie.at
21. – 22. 2.	Jihlava – Dům kultury odborů (4)	ELEKTROFEST – 1. veletrh průmyslové elektrotechniky, elektroniky a energetiky na Vysočině; www.omnis.cz
22. – 25. 2.	Salcburk (1)	BAUEN+WOHNEN – mezinárodní veletrh stavebnictví, bydlení a úspor energie; www.bauen-wohnen.co.at
27. 2. – 2. 3.	Moskva – Expocentr Krasnaja Presnja (1)	AQUA-THERM MOSKVA – 11. mezinárodní veletrh vytápění, větrání, měřicí, sanitární a ekologické techniky, technických zařízení budov (zastoupení M.S.I. Vertriebs GmbH); www.aqua-therm.info
27. 2. – 2. 3.	Kyjev (1)	INTERTOOL KIEV – mezinárodní odborný strojírenský veletrh (zastoupení M.S.I. Vertriebs GmbH); www.msi-fairs.com
5. – 8. 3.	Lipsko (5)	ENERTEC – mezinárodní odborný veletrh energie; www.enertec-leipzig.de TERRA TEC – mezinárodní odborný veletrh techniky a služeb pro životní prostředí; www.terratec-leipzig.de
6. – 10. 3.	Frankfurt (6)	ISH – světový veletrh vytápění, technických zařízení budov, sanitární, klimatizační a ekologické techniky, obnovitelných zdrojů energie; www.ish.messefrankfurt.com
6. – 11. 3.	Nitra (1)	SVĚTLO DOMOVA – 8. mezinárodní výstava interiérových a exteriérových svítidel; www.agrokomplex.sk
7. – 10. 3.	Mnichov (7)	METALL MÜNCHEN 2007 – 1. evropský odborný veletrh zpracování kovů v průmyslu a řemeslech (ve spolupráci s GHM Mnichov); www.ghm.de , www.metall-muenchen.de
8. – 14. 3.	Mnichov (7)	I.H.M. 2007* – 59. mezinárodní veletrh řemesel; www.ihm.de
14. – 16. 3.	Lipsko (5)	Z - DIE ZULIEFERMESSE* – mezinárodní odborný veletrh dílů, komponentů, modulů a technologií; www.zuliefermesse.de
14. – 17. 3.	Lipsko (5)	INTEC – 10. odborný strojírenský veletrh, stroje na výrobu náradí, speciálních a jednoúčelových strojírenských zařízení; www.messe-intec.de
15. – 16. 3.	Štýrský Hradec (1)	POWER-DAYS GRAZ – odborný veletrh elektrotechniky; www.power-days.at

15. – 21. 3.	Hannover (8)	CEBIT* – přední světový veletrh kancelářské, informační a telekomunikační techniky; www.cebitt.com
22. – 24. 3.	Olomouc – výstaviště Flora (4)	STAVOTECH OLOMOUC – stavební a technický veletrh; www.omnis.cz
27. – 29. 3.	Norimberk (3)	POWTECH – odborný veletrh mechanizační technologie, nanotechnologie, měření a regulace; www.powtech.de
27. – 30. 3.	Praha – PVA Letňany (9)	AMPER 2007 – 15. mezinárodní veletrh elektrotechniky a elektroniky; www.amper.cz
28. – 30. 3.	Salcburk (1)	AQUA-THERM (HAUSTEC) – mezinárodní odborný veletrh technických zařízení budov; www.aquatherm.at POWER-DAYS SALZBURG (HAUSTEC) – odborný veletrh elektrotechniky; www.power-days.at , www.haustec.at
11. – 13. 4.	Praha – PVA Letňany (10)	FOR INDUSTRY – veletrh průmyslových technologií; www.forindustry.cz FOR SURFACE – veletrh strojů, zařízení a technologií pro povrchové úpravy; www.abf.cz
11. – 13. 4.	Praha – PVA Letňany (9)	MACH – 6. mezinárodní veletrh strojírenské techniky a technologií; www.mach.cz INTERCHEM – 7. mezinárodní veletrh výroby a zpracování průmyslových plastů a pryží; www.interchem.cz
12. – 13. 4.	Vídeň (1)	POWER-DAYS WIEN – odborný veletrh elektrotechniky; www.power-days.at
16. – 20. 4.	Hannover (8)	HANNOVER MESSE – světový vedoucí veletrh technologií, inovací a automatizace, sestaven z třinácti samostatných specializovaných veletrhů; www.hannovermesse.de INTERKAMA+ Faktory Automation – výrobní automatizace MDA – pohony a automatizace Energy – energetické hospodářství, energetika a obnovitelné zdroje energie Industrial Building Automation – technická zařízení budov ComVac – stlačený vzduch a vakuová technika Surface Technology mit Powder Coating Europe – úprava povrchů, pokovování a práškové nanášení Pipeline Technology – technologie dálkových potrubí Subcontracting – dodávky a dohody Digital Factory – integrované výrobní procesy Industrial Facility Management & Services – průmyslový servis a služby MicroTechnology – mikrosystémová technika Research & Technology – výzkum a technologie
17. – 21. 4.	Brno (11)	ELEKTRO – 4. mezinárodní veletrh elektroinstalací, osvětlovací techniky a systémové integrace budov; www.bvv.cz/elektro IBF – 12. mezinárodní stavební veletrh; www.ibf.cz SHK BRNO – 8. mezinárodní veletrh technických zařízení budov; www.shk.cz URBIS INVEST – investiční příležitosti, technologie a zařízení pro města a obce; www.bvv.cz
24. – 26. 4.	Norimberk (3)	SMT / HYBRID / PACKAGING – mezinárodní odborný veletrh s kongresem pro systémovou integraci v mikroelektronice; www.mesago.de
24. – 27. 4.	Kyjev	ELCOM UKRAINE* – mezinárodní elektrotechnický veletrh; www.elcom-ukraine.info , e-mail: info@fairtrade-messe.de
2. – 4. 5.	Brno (11)	IDET – 9. mezinárodní veletrh bezpečnostní a obranné techniky; www.bvv.cz
5. – 10. 5.	Frankfurt (6)	IFFA – mezinárodní veletrh zpracování, balení a prodeje; www.iffa.com
9. – 11. 5.	Praha – PVA Letňany (9)	STROJEXPO (MACH) – 6. mezinárodní veletrh strojů, strojírenské techniky a technologií FINET – 4. mezinárodní veletrh povrchových úprav a finálních technologií; www.terinvest.com
10. – 11. 5.	Hannover (8)	ELEKTRO – odborná výstava elektrotechniky a informační techniky; www.hannovermesse.de
14. – 17. 5.	Kyjev – Palác sportu (1)	AQUA-THERM KIEV – mezinárodní odborný veletrh vytápění, větrání, měřicí, sanitární a ekologické techniky, technických zařízení budov (zastoupení FIN-MARK); www.aqua-therm.kiev.ua

22. – 24. 5.	Norimberk (3)	PCIM – mezinárodní odborný veletrh a konference výkonové elektroniky, automatizace, řízení a pohonů; www.mesago.de SENSOR+TEST - DIE MESSTECHNIK-MESSE – mezinárodní veletrh s kongresem pro senzorku, měřicí a zkušební techniku; www.sensor-test.com
22. – 25. 5.	Nitra (12)	EMA – 7. mezinárodní výstava elektrotechniky, měření, regulace a automatizace MSV NITRA – 14. mezinárodní veletrh strojů, nástrojů, zařízení a technologií EUROWELDING – 13. mezinárodní výstava techniky svařování CHEMPLAST – 11. mezinárodní výstava plastů a chemie pro strojírenství www.agrokomplex.sk
29. – 31. 5.	Brno (11)	ENVIBRNO – 13. mezinárodní veletrh techniky pro tvorbu a ochranu životního prostředí; www.bvv.cz
5. – 6. 6.	Olomouc – Regionální centrum Exposál (4)	ELEKTROFEST – 24. veletrh průmyslové elektrotechniky, elektroniky a energetiky; www.omnis.cz
12. – 14. 6.	Stuttgart (3)	MiNat – mezinárodní odborný veletrh jemné mechaniky, velmi přesné technologie, mikro - a nanotechnologie; www.minat-messe.de
12. – 15. 6.	Mnichov (7)	TRANSPORT LOGISTIC 2007* - 11. mezinárodní veletrh dopravy a logistiky; www.transportlogistic.de
12. – 16. 6.	Düsseldorf (13)	GIFA* – mezinárodní slévárenský veletrh s technologickým fórem WFO; www.gifa.de METEC – mezinárodní veletrh slévárenství s kongresem; www.metec.de NEWCAST – mezinárodní odborný veletrh slévárenských odlitků a fórum; www.newcast-online.de THERMPROCESS – mezinárodní odborný veletrh a sympóziu o technologiích tepelného zpracování; www.thermprocess.de
13. – 16. 6.	Moskva – Expocentr Krasnaja Presnja (14)	ELEKTRO* - mezinárodní elektrotechnický veletrh; www.eng-expocentr.ru , www.veletrhyavystavy.cz
18. – 21. 6.	Mnichov (7)	LASER 2007 - WORLD OF PHOTONICS – 18. mezinárodní odborný veletrh s mezinárodním kongresem; www.laser.de
20. – 22. 6.	Norimberk (3 a 7)	ELTEC NÜRNBERG – 28. odborný elektrotechnický veletrh (organizuje GHM Mnichov); www.eltec.info

* Pro veletrhy takto označené hvězdičkou mohou naši vystavovatelé v rámci oficiální účasti získat příspěvek od Ministerstva průmyslu a obchodu ČR na úhradu výdajů za pořízení expozic.

Další aktualizované informace o více než 2500 veletrzích a výstavách v tuzemsku i zahraničí včetně možností propojení na stránky pořadatele lze najít na internetových adresách www.veletrhyavystavy.cz a veletrhyavystavy.sk, které spravuje veletržní agentura Progres Partners Advertising s.r.o. (uvedena v kontaktních adresách pod číslem 1).

Kontaktní adresy veletržních správ a zahraničních zástupců

- PROGRES PARTNERS ADVERTISING s.r.o.**, zastoupení Reed Exhibitions Messe Wien, Ing. Olga Pešková, Opletalova 55, 110 00 Praha 1, tel.: 221 602 324, fax: 224 218 312, e-mail: aqua@ppa.cz, peskova@ppa.cz
- ELEKTROINSTALATÉR**, redakce časopisu, Ježkova 1, 130 00 Praha 3, tel.: 222 716 795, fax: 222 722 380, e-mail: elektroinstalater@cntl.cz
- ČESKO-NĚMECKÁ OBCHODNÍ A PRŮMYSLOVÁ KOMORA**, Václavské nám. 40, 110 00 Praha 1
Norimberk: Naděžda Lichte – tel.: 221 490 305, fax: 224 490 332, e-mail: messe1@dtihk.cz
Stuttgart: Ladislav Baxa – tel.: 221 490 326, fax: 224 490 332, e-mail: messe-stuttgart@dtihk.cz
- OMNIS OLOMOUC a.s.**, Mgr. Petr Nasadil, Kosmonautů 8, 772 11 Olomouc, tel.: 587 433 150, fax: 585 232 097, e-mail: nasadil@omnis.cz

- SEPP INTERNATIONAL s.r.o.**, výhradní zastoupení Leipziger Messe pro ČR, Přemyslovská 32, 130 00 Praha 3, tel.: 222 734 483, fax: 222 734 482, e-mail: info@lipskeveletrhy.cz
- K+M EXPO s.r.o.**, Václavské nám. 1, 111 21 Praha 1, tel.: 224 230 104, fax: 224 234 395
e-mail: messefrankfurt@mbx.vol.cz
- EXPO-CONSULT+SERVICE s.r.o.**, Příkop 4, 604 45 Brno, tel.: 545 176 158, fax: 545 176 159, e-mail: info@expocs.cz
- DEUTSCHE MESSE AG**, Hannover, zastoupení Ing. Eva Václavíková, Myslbekova 7, 169 00 Praha 6, tel.: 220 510 057, 220 517 837, fax: 220 510 057, e-mail: info@hf-czechrepublic.com
- TERINVEST s.r.o.**, Legerova 15, 120 00 Praha 2, tel.: 221 992 133, fax: 221 992 139, e-mail: amper@terinvest.com, mach@terinvest.com
- ABF a.s.**, Václavské nám. 29, 111 21 Praha 1, tel.: 222 891 111, fax: 222 891 199, e-mail: info@abf.cz
- VELETRHY BRNO a.s.**, Výstaviště 1, 647 00 Brno, tel.: 541 151 111, fax: 541 153 079, e-mail: info@bvv.cz
- AGROKOMPLEX-VÝSTAVNICTVO NITRA**, OS 2, Ing. Jozef Jenis, Výstavná 4, SK-949 01 Nitra, tel.: 00421/376 572 201, fax: 00421/377 335 986, e-mail: jenis@agrokomplex.sk
- VELETRHY BRNO a.s.**, odbor zahraničních zastoupení, Výstaviště 1, 647 00 Brno, tel.: 541 152 533, fax: 541 153 051, e-mail: mhorakova@bvv.cz
- ZAO EXPOCENTR**, 14, Krasnogvardeiskiy proezd, RUS-123 100 Moskva, tel.: 007/495/2052 964, fax: 007/495/2056 055, e-mail: igoshin@expocentr.ru

(jpe)

OptoTech oceněna Hesenskou cenou za inovaci 2006

V budově Deutsche Bank ve Frankfurtu se konalo 16. listopadu 2006 oficiální předání cen, na němž společnost OptoTech Optikamaschinen GmbH získala Hesenskou cenu za inovaci 2006, kterou předal Dr. Alois Rhiel, hesenský ministr pro ekonomické záležitosti.

Tuto prestižní cenu uděluje od roku 1987 Hesenské investiční sdružení pro malé a střední podnikání, Hessen Agentur GmbH a hesenské Ministerstvo ekonomie, dopravy a státního rozvoje od roku.

OptoTech Optikamaschinen GmbH z Wettenbergu získalo první cenu za revoluční novou metodu leštění, umožňující jemné úpravy přesných optických součástek a očních čoček vysoké kvality. Tato nová metoda významně snižila finanční náklady na vytváření takových povrchů a jejich cenu.

Optika je považována za klíčové průmyslové odvětví 21. století urychlující rozvoj řady jiných průmyslových odvětví, jako například výrobu počítačových čipů a procesorů.

Oceněná technologie nazvaná „leštění v aktivním tryskovém proudu“ (Active Fluid Jet Polishing A-FJP) využívá pod vysokým tlakem kapalinu s leštícím prostředkem jako aktivní složkou. Spotřebovaný materiál je o 95 % levnější než v alternativních procesech. Takto lze dosáhnout konečné jemné úpravy povrchu až do 0,6 nm.

Optika zpracovaná tímto způsobem se používá například v polovodičových technologiích, ale také v letectví a kosmickém průmyslu.

„Vývoj, do něhož jsme investovali hodně energie, času a úsilí přichází do domácího optického průmyslu s technologickým průlomem drasticky snižujícím náklady“, říká Roland Mandler, prezident a ředitel Vývojového oddělení OptoTech Optikamaschinen GmbH. Pokračuje: „Uzavřeli jsem kontrakty a opční obchody po celém světě, od Asie po Severní Ameriku.“

Několik slov o OptoTech Optikamaschinen GmbH

OptoTech byla založena v roce 1985 Rolandem Mandlerem a je na technologické špičce světového trhu se stroji a postupy výroby



Roland Mandler u stroje s novou technologií

presné optiky a očních čoček. Má zastoupení po celém světě. 105 zaměstnanců na dvou místech Německa, ve Wettenbergu a Jeně, produkuje roční obrát ve výši 20 milionů euro.

red.

AQUA-THERM 2007 na Slovensku



6. - 9. 2. 2007 - AGROKOMPLEX Nitra

INTERNATIONAL NITRA 2007. Ve výstavních pavilonech M1 a M2 v celkovém rozsahu přes 5000 m² se představí vše nejnovější a nejlepší z oboru technických zařízení budov (TZB).

Výstavní a veletržní akce AQUA-THERM INTERNATIONAL jsou pořádány v deseti evropských městech v licenci rakouské pobočky Reed Exhibitions Messe Wien. U nás bývají každoročně koncem listopadu v Praze a na Slovensku začátkem února v Nitře. Organizačně je připravuje zastupující pražská veletržní agentura Progres Partners Advertising s.r.o. Tyto nejprestižnější veletržní akce v oboru TZB jsou vyhledávány nejen odborníky, kteří projektují, konstruují, budují a provozují zařízení, ale i širokou veřej-

ností. Ta má možnost seznámit se s prvotřídní nabídkou výrobků a technologií, bez nichž se neobejde žádná stavba, ať je to rodinný domek, činžovní dům, továrna, živnostenská provozovna, škola, nemocnice či kterýkoli jiný objekt.

AQUA-THERM NITRA v tendencích svého pražského, o pět let staršího bratra, dokázal již při vzniku svou životaschopnost a samostatnost. Pro vystavovatele je vždy dobrým vykročením do nového roku. Tradičně zahajuje výstavní sezónu na nitranském výstavišti. Loňský osmý ročník překonal rekordy ve všech sledovaných ukazatelích. Nejnovější výrobky a služby z oboru TZB na něm předvedlo 110 přímých a řada dalších spoluvystavovatelů z pěti zemí na užitém výstavní ploše 3063 m². Z nich bylo 89 ze Slovenska, 16 z České republiky, dva z Rakouska, dva z Německa a jeden z Polska. Expozice si prohlédlo 14 833 návštěvníků, z toho 12 978 obchodníků a odborníků. Průzkum mezi návštěvníky ukázal, že 87,5 % jich bylo s nabídkou výrobků spokojeno a 96,8 % slíbilo přijít i v roce 2007. Spokojeni byli také vystavovatelé, neboť 77 % návštěvníků rozhodovalo nebo spolurozhodovalo ve svých firmách o investicích a nakupech. Asi 700 návštěvníků bylo ze zahraničí.

Všechny veletrhy mají jedinečnou výhodu, že během několika málo dnů umožňují odborníkům a obchodníkům na jednom místě seznámit se s nejnovějšími výrobky a technologiemi současně od velkého počtu vystavujících firem. Na veletrhy vždy vystavovatelé připravují účelnou a zajímavou výměnu informací mezi podniky a potenciálními zákazníky na národní i mezinárodní úrovni. Jejich hlavním posláním je pomáhat obchodu a vědecko-technické spolupráci, uspokojovat nejnáročnější požadavky, poskytovat návštěvníkům nejlepší informace a názornou technickou dokumentaci o vystavovaných nových výrobcích i technologiích.

Veletrhy v Nitře se staly osvědčeným místem pro setkávání odborníků nejen v rámci Slovenska, ale již celého středoevropského regionu, získaly popularitu a jsou podporovány svými garanty. Mezi ně patří Slovenská společnost pro techniku prostředí, Slovenská energetická agentura, Cech vytápění a tepelné techniky a Slovenský svaz výrobců tepla. Společně prosazují nové výrobky a technologie, starají se o úsporu energie u svých zákazníků, vedou je k využívání moderních úsporných zařízení a materiálů. Minulé ročníky veletrhu si dokázaly úspěšně získat příznivce z řad vystavovatelů, návštěvníků, odborníků i médií pro důležité změny v energetické politice firem, podnikatelů a domácností.

Oborové rozmístění expozic se osvědčilo, nomenklatura a doprovodný program budou pro návštěvníky opět velmi zajímavé. Seznámí je s nejnovějšími výrobky a technologiemi rozdělenými

do 12 hlavních skupin: zdroje tepla a odvody spalin • rozvody, armatury, regulace, měření a služby pro dálkové sítě, místní sítě a přípojky • vytápění, potrubní rozvody, armatury, regulace a měření v budovách • čerpadla, dmychadla, kompresory, ventilátory • klimatizace, větrání, čištění, odsávání, sušení vzduchu a plynu • chlazení • izolace • zdravotní techniku a zařízení • předměty • sauny, bazény, solária • montážní, servisní a provozní služby, nářadí a příslušenství, bezpečnost práce • ekologické a úsporné využívání energie • informatika a poradenství pro podnikatele i občany. Mimořádná pozornost bude zaměřena na obor ekologického a úsporného využívání energie. Proto firmy mj. představí účinné alternativní a obnovitelné zdroje pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a další nízkoenergetické systémy pro různé inteligentní stavby.

Rozsáhlý a zajímavý doprovodný program, připravovaný ve spolupráci s garanty, seznámí návštěvníky s nejnovějšími technologiemi TZB. Proběhne také soutěž o Zlaté medaile za nejlepší exponát. Vystavovatelé budou svým zákazníkům rozepisovat poukázky, které lze vyměnit za bezplatné vstupenky. Pro návštěvníky bude otevřeno denně od 10 do 17 hodin. Jednodenní vstupenka stojí 50 Sk, zlevněná 20 Sk. Další informace o dění na výstavišti a doprovodném programu lze najít na internetu www.ppa.cz a na adrese pořadatele: Progres Partners Advertising s.r.o., Opletalova 55, 111 21 Praha 1, tel.: 224 234 274, fax: 224 235 033, e-mail: nitra@ppa.cz.

(jpe)

Z technické knihovny

BREZINŠČAK, M.: Temeljna mjerenja mase. (Základné meranie hmotnosti). 1. vyd., Hrvatsko mjeriteljsko društvo, Zagreb 2005, ISBN 953-7214-00-2

Monografia nestora chorvátskej metrologie (ktorý už v roku 1970 uverejnil v bývalom Československu pozoruhodné dielo „Veličiny a jednotky v technickej praxi“, SNTL Praha) je prvým zväzkom novej edície Chorvátskej metrologickej spoločnosti pod názvom „Svet na mieru“. Ide o dielo, ktoré je svojou štruktúrou dosť netypickým; hlavný text, týkajúci sa merania hmotnosti, je doplnený trinástimi prílohami, ktoré v svojej podstate predstavujú základné informácie z oblasti všeobecnej metrologie. Rozsah monografie (189 s.) možno považovať za optimálny a zodpovedajúci zámeru autora.

Hlavný text monografie sa člení do trinástich kapitol. Prvé dve kap. uvádzajú informácie o Metrickej konvencii, základných pojmoch metrologie hmotnosti a o kalibrácii závaží na najvyššej úrovni. 3. kap. sa zaoberá metodikou merania hmotnosti na úrovni primárnych laboratórií; 4. kap. pojednáva o špičkových váhach.

Dve ďalšie kapitoly sú venované oceľovým etalónom (závažiam) a problémom korekcie na vztlak. 7. kap. monografie podrobne popisuje chorvátsky štátny etalón hmotnosti a súvisiace vybavenie pre jeho udržiavanie.

8. kap. je venovaná kalibrácii súborov závaží, nasledovná kapitola sa zaoberá rôznymi aspektami, vplyvujúcimi na nestabilitu hmotnosti etalónových závaží.

Kapitoly 10 a 11 obsahujú cenné informácie o normalizácii závaží, kap. 12 je venovaná kruhovým porovnávaniam v oblasti merania hmotnosti.

Posledná kap. základného textu obsahuje súpis literatúry (od r. 1898 do r. 2004), ktorý obsahuje v chronologickom usporiadaní 712 prameňov! Treba tu podotknúť, že v tomto súpise sa nachádzajú aj českí a slovenskí autori – J. Binko, J. Ondra, J. Skákala, F. Silný a R. Spurný.

Prílohová časť monografie si zaslúži zvláštnu pozornosť: autor tu v podstate prezentoval okrem špecifických poznatkov z oblasti metrologie hmotnosti (prílohy H a I) aj všeobecné metrologické

informácie o základných pojmoch, ich definíciách, o smerniciach Európskej únie z oblasti metrologie a o súvisiacich problémoch v rámci OIML. Posledná príloha obsahuje prehľad obsahu tlač. orgánu Chorv. metrolog. spoločnosti „Mjeriteljski vjesnik“ za roky 1983 až 2001.

I. Brezina

Valberg, A.: Light Vision Color. John Wiley & Sons, New York 2005, 474 s., ISBN 0-470-84903-7, cena: 80 USD

Vnímaní barev je oblast, kde se propojují různé vědní obory (biologie, fyzika, psychologie). Část optiky, která se zabývá vnímáním, detekcí a měřením barev se nazývá kolorimetrie. Tato problematika je velmi důležitá pro mnohé praktické aplikace ve vědě a průmyslu (barevná reprodukce, měřicí metody, apod.). Recenzovaná publikace se snaží shrnout základní principy a teoretické poznatky o zrakovém vnímání barvy s uvažováním biologických, psychologických a fyzikálních aspektů lidského vnímání. Jedná se o interdisciplinární přístup k této problematice, kdy jsou vyváženě kombinovány základy zrakového vnímání s nejnovějšími poznatky z oblasti biofyziky, neurologie, psychologie a filozofie. Kniha je přepracovaným a rozšířeným vydáním publikace z roku 1998.

Publikace je tematicky rozčleněna na osm samostatných částí, z nichž každá se vždy zabývá odlišnou částí problematiky zrakového vjemu barvy. Je doplněna slovníkem odborných výrazů z dané oblasti, rozsáhlým seznamem odborné literatury a přehledným věcným rejstříkem.

Po úvodní kapitole, v níž je stručně popsána historie zkoumání zrakového vnímání a vztah k různým vědním oborům, se druhá kapitola zabývá základy geometrické optiky a optického zobrazování, které jsou nutné pro fyzikální popis zobrazování lidským okem. Ve třetí kapitole je dosti podrobně probírána fyziologie lidského oka, jsou popsány jednotlivé části zrakového orgánu člověka společně s jejich fyzikálními vlastnostmi. Čtvrtá kapitola se poté zaměřuje na citlivost zrakového vnímání a reakce na podněty. Zejména je

popisována problematika citlivosti zrakového vnímání za denního světla a za šera, adaptace zraku, fotometrické vlastnosti oka a vnímání kontrastu. V páté a šesté kapitole je poté uvedena teorie vnímání barev zrakovým orgánem a jsou diskutovány některé důležité aspekty pro barevné vnímání. Poslední dvě kapitoly se poté zabývají zrakovým vnímáním z hlediska neurologického. Jsou popisovány základní principy a proces zrakového vnímání a přenosu zrakové informace.

Předložená publikace je učebnicí, která podává podrobný přehled v oblasti zrakového vnímání. Její výhodou je to, že kombinuje v jedné knize pohled na zrakové vnímání z různých odborných

směrů. Jistou nevýhodou učebního textu je to, že většina grafických ilustrací je černobílá, což je trochu na vadu u takto zaměřené a jinak docela povedené publikace. V rozsáhlém seznamu odborné literatury na konci knihy je možné nalézt odkazy na podrobnější odborně zaměřené texty, které mohou sloužit pro další studium. Publikaci je možno doporučit jako dobrou učebnici studentům oftalmologie, neurofyziologie, optiky, biofyziky a lékařství, kteří se s problematikou zrakového vnímání setkávají při svém studiu. Knihu mohou též použít jako příručku i odborníci, kteří se danou problematikou zabývají v praxi nebo ve své vědeckovýzkumné činnosti.

J. Novák

CONTENTS

Editorial 3

Principle of LAW method used for measurement of elastic constants (R. Pícek, P. Boháč) 4

Elastic constants play a crucial role in mechanical properties of material. Quick and effective measurement method that determines this value is benefit for branches interesting in material science and development. One of these branches is deposition of thin films, where it is possible to produce material with various structures and properties. There is a perspective Laser Acoustic Wave (LAW) method described in the article. This method is based on a measurement of velocity and dispersion of surface acoustic waves (SAW). Using the LAW method thin films of amorphous silicon (a-Si) and silicon carbide (a-SiC) have been measured. Some of the obtained results are presented in the text. In the conclusions main advantages and disadvantages are pointed out and some solutions of the disadvantages are suggested.

Keywords: Laser acoustic method, Young's modulus, Thin films, Amorphous silicon, Silicon carbide.

Theory and description of the realized arrangement for measuring the modulation transfer function of a digital video-camera by means of the power spectral density of a reflection random chart and its image (J. Pospíšil, P. Jakubík) 7

The mathematical analysis and interpretation of photographic operation of a digital video-camera in assumed linear electro-optical imaging of a static two-dimensional reflection random object (chart) is included in this article. For such a purpose, the adequately structured block-simulation model of linear transfer of optical and electrical image signals is exploited. It contains the all basic characteristic processes of a digital video-camera. These processes, influenced by the camera noises, are included in the established locally-shift variant transfer equations of the power spectral density and also in their locally-shift invariant forms, which are requisited for establishing the chosen modern quality criterion of the tested digital video-camera of form of the squared modulation transfer function. Beside presentation of conditions of locally-shift invariant electro-optical imaging, the relevant measuring arrangement, containing the white-noise reflection random chart (generated by a production PC) and the evaluation PC for computations of the squared modulation transfer function of a tested digital video-camera, is described.

Measurement of the thickness of SiO₂ thin film on the silicon substrate using white-light spectral interferometry (R. Chlebus, P. Hlubina, D. Ciprian, J. Luňáček, M. Lesňák) 13

The article deals with white-light spectral interferometry used for measuring the thickness of SiO₂ thin films on a silicon substrate. A slightly dispersive Michelson interferometer with a cube beam splitter and a fibre optic spectrometer are used when one of the

interferometer mirrors is replaced by the SiO₂ thin film on the silicon wafer. Thickness of the SiO₂ thin film is determined by comparison of recorded spectral interferogram with theoretical one provided that the optical constants for materials involved in the structure are known. This method was applied for the thickness determination of four SiO₂ thin-film samples.

Laser smartly breaks up brittle material by stress

(M. Degel) 16

Siemens awards young talents –9th Siemens Award winners announcement (P. Sedláček) 18

Otto Wichterle prize for optical physicists from the “Institute of Physics of Academy of Sciences” of the Czech Republic

(J. Soubusta) 19

EOS Annual Meeting 2006 (M. Jedlička, P. Tománek) 20

More comfortable removal of kidney stones (P. Sedláček) 22

The most significant professional engineering fairs arranged in the first half-year 2007 (jpe) 23

OptoTech awarded by Hesen Prize for Innovation 20066

(red.) 26

AQUA-THERM 2007 in Slovakia (jpe) 26

From technical library (I. Brezina, J. Novák) 27

Considerable anniversary of Ing. Karel Jungwirth, DrSc.

(red.) 2nd cover page

ANOTACE

Laser odděluje elegantně křehké materiály působením napětí (M. Degel) 16

Křehké materiály to mají v sobě. Na jedné straně jsou lámavé, na druhé tvrdé, a to činí při opracování nesnáze. K dělení křehkých materiálů - k tomu nyní předložila JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH elegantní řešení. Podnik je specializován na zařízení, kterými je možné opracovat laserovým paprskem nekovové materiály. JENOPTIK-VOTAN TM G odděluje keramiku, sklo a polovodivé materiály mikroskopicky přesně – bezdotykově, bez oděru a s hladkými hranami. K tomu využívá typ laserového zařízení - patentovaný TLS-postup (termické separování laserovým paprskem), který všechny dosavadní oddělovací technologie kvalitativně převyšuje.

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

2006

Ročník 51

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

Tiskne TYPOservis Holešov, Masarykova 650, 769 01 Holešov

Odpovědný zástupce vydavatele: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

Šéfredaktor: tech. Jaroslav Nevřala

Adresa redakce: Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, tel. 581 242 151, 581 241 111, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222

REDAKČNÍ RADA:

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

Členové: RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, doc. Dr. RNDr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZINA, Bratislava, RNDr. Jan DUPÁK, CSc., ÚPT AV ČR, Brno, prof. Ing. Pavol HORŇÁK, DrSc., STU, Bratislava, Ing. Libor HOVORKA, H&H hodinářská s. r. o., Nové Město nad Metují, prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Karol KAROVIČ, DrSc., Předsednictvo SAV, Bratislava, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, RNDr. Josef KRÁSA, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, doc. RNDr. Vojtěch KŘESÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KÚR, Mesing, spol. s r. o., Brno, doc. 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, Ing. Monika MÍCHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava, Ing. Vladimír MATELA, Meopta - optika, s. r. o., Přerov, prof. RNDr. Jan PEŘINA, DrSc., UP Olomouc, prof. Ing. Jaromír PIŠTORA, CSc., VŠB – TU, Ostrava, prof. RNDr. Ing. Jaroslav POSPÍŠIL, DrSc., UP, Olomouc, Jan ŘÍDKÝ, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Dagmar SENDERÁKOVÁ, Ph.D., UK, Bratislava, 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.

Autorský rejstřík 2006

Adámek M.	2/46	Hlaváč J.	9/232	Karásek V.	1/7
Antoš M.	10/283	Hloch S.	11-12/320, 326	Keprt J.	7-8/209, 11-12/302
Bartoněk L.	7-8/209, 11-12/302	Hiklová H.	7-8/217	Klabazňa P.	1/15
Běhounek T.	9/239	Hlubina P.	5/138	Knyblová L.	5/138
Boháčová M.	2/51	Holubář P.	4/95, 96	Kobrzek F.	6/166
Bouchal Z.	11-12/295	Hornák P.	4/121, 7-8/198, 222, 226, 227	Kolařík J.	7-8/222
Brezina I.	2/59, 3/91, 4/123, 5/154	Hošek J.	2/33	Kopeček J.	4/116, 9/253
Brožek J.	2/31	Hrabovský M.	2/51, 11-12/297	Krupička J.	10/288
Bugár I.	6/179	Hradil Z.	11-12/295	Křížek M.	5/149, 9/253
Buchta Z.	1/4	Hrdý J.	3/76, 6/175, 9/247	Kyselák M.	5/134
Bystrianský M.	7-8/191, 195	Hrdý J., Jr.	3/76, 6/175, 9/247	Laga S.	10/288
Cíprian D.	5/138	Hruška F.	2/43, 3/67	Lapčík L., Jr.	9/251
Cselle T.	4/96, 5/141	Hýbl O.	11-12/312	Lazar J.	1/4
Číp O.	1/4	Chmelík R.	9/239	Lejček L.	5/127, 6/159
Čižmár T.	1/7	Chotěborský R.	10/277	Lejček P.	4/116
Dado M.	7-8/191, 195	Jákl P.	1/7, 11-12/316	Lencová B.	10/263
Doubrava M.	2/51	Jedlička M.	2/57, 11-12/295	Libra M.	1/26, 3/82, 4/120, 10/274
Dubovan J.	7-8/191, 195	Jedlička P.	1/4	Lošťák Z.	11-12/316
Dupák J.	1/10	Ježek J.	1/7	Macků L.	2/46
Dupák L.	1/10	Jílek M.	4/96	Malíšek V.	9/257
Gabriel J.	5/131	(jpe)	1/20, 25, 27, 3/88, 90, 4/115, 6/184, 7-8/223, 9/238, 10/291	Mandát D.	2/51, 11-12/297
Gajda J.	9/231	Kábrt P.	10/286	Mareček P.	6/166
Glesk I.	7-8/224	Kalina J.	2/31	Mareš J.	10/274
Gombár M.	11-12/323	Kalman M.	11-12/316	Matoušek V.	1/4
Grendár D.	7-8/191, 195			Maxa J.	11-12/329
Hanousek B.	10/288			Medřík T.	4/89
Havelková M.	7-8/217			Melich R.	11-12/308

Melich Z.	3/86, 11-12/308	Pálka J.	3/67	Svoboda V.	5/144
Mikel B.	1/4	Pavlas V.	2/31	Šerý M.	1/7, 11-12/316
Mikš A.	3/71, 6/169, 7-8/203, 10/280	Pavlíček P.	5/147, 11-12/312	Šiler M.	1/7
Miler M.	1/24	Pech M.	2/51	Šíma M.	4/96
Motka V.	1/23	Petr O.	6/164	Touš J.	6/164
Müller M.	10/277	Petrů F.	1/4	Turek I.	6/181
Náprstková N.	10/277	Plšek R.	9/239	Uherek F.	3/63
Navrátil K.	9/239	Pluháček F.	2/50	Urbánek	9/239
Nevřalová K.	1/23, 3/90, 10/269, 276	Pochmon M.	11-12/297	Vacek V.	2/51
Neděla V.	11-12/329	Pospíšil J.	3/76, 6/175, 9/247	Valíček J.	11-12/320, 326
Nohavica V.	9/236	Poulek V.	3/82	Vašina M.	9/251, 10/267
Novák J.	2/59, 3/71, 6/169, 187, 7-8/203, 10/280, 285, 291, 11-12/334	red.	2/58, 5/133, 10/273	Velič D.	3/63
Novák P.	10/280	Rössler T.	11-12/297	Vlček I.	7-8/214
Nožka L.	2/51	Růžička B.	1/4	Vojtěchovská J.	7-8/217
Oupický P.	10/270	Růžička M.	4/96	Wagner J.	2/50, 7-8/213
Pala J.	11-12/307	Řídký J.	2/51	Zeman J.	6/186
Palatka M.	2/51	Sedláček J.	11-12/299	Zemánek P.	1/3, 7, 11-12/316
		Senderáková D.	7-8/224	Zindulka O.	4/96, 113
		Schovánek P.	2/51	Zobač L.	1/13
		Siegel Z.	2/55	Zobač M.	1/10, 13, 7-8/214
		Slaný M.	3/88	Žalud P.	9/239
		Spousta J.	9/239	Žižka Z.	5/131

Věcný rejstřík 2006

1. OPTIKA

Měření kvality asférických optických ploch	2/33
Poznámka k článku „Mikrokanálové plátky – MPC“	2/57
Aplikace ortogonálních polynomů v teorii optického zobrazení	3/71
Z historie a současnosti optické dílny Akademie věd v Turnově	3/86
Komentář k „Poznámce k článku Mikrokanálové plátky – MPC“	3/89
Moderní způsoby řešení disperzních vlivů optických vláken	5/134
Měření disperze skupinového indexu lomu řádné a mimořádné vlny v krystalu křemene pomocí spektrální interferometrie v bílém světle	5/138
Optické výpočty v Meopta – optika, s. r. o.	5/144
RTG digitální kamera s vysokým rozlišením	6/164
Výpočet koeficientů vlnové aberace pomocí korekčních pásem	6/169
Základní klasifikační systémy barev pro digitální zobrazovací kolorimetrii	6/175
Kolorimetrické vyhodnocování malých fázových změn vlnového pole	7-8/203
Vývoj zařízení k in situ stanovení rozložení tloušťek vrstev pomocí UV-VIS zobrazovací reflektometrie	9/239
Úvahy o reflexní digitální zobrazovací kolorimetrii při lineárním přístupu	9/247
Vliv indexu lomu a disperze materiálu brýlové čočky na její zobrazovací vlastnosti	10/280
Zlepšování vizuální čitelnosti rentgenogramů v elektronické podobě	11-12/299
Vliv zdvojení obrazu na funkci přenosu kontrastu optické soustavy	11-12/308

2. MĚŘICÍ TECHNIKA + ŘÍDICÍ TECHNIKA

Laboratoř interferometrie a vysoce koherentních laserů	1/4
Měření kvality asférických optických ploch	2/33
Internet a laboratoře integrované automatizace	2/43

Tepelné značky a jejich využití v mikrofluidice	2/46
Komora s kontrolovanou atmosférou pro projekt AIRFLY	2/51
Technické prostředky pro měření a řízení parametru tepelné pohody	3/67
Reflexní, absorpční a rozptylové světelné jevy a efekty zčervenání zemin ve vztahu k jejich obsahu hematitu	3/76
Malá výzkumná dálkově říditelná vzducholoď	6/166
Nový laserový interferometr LMS firmy Limtek	6/186
Kolorimetrické vyhodnocování malých fázových změn vlnového pole	7-8/203
Řádkový CCD snímač pro technický spektrometr	7-8/209
Topografie povrchu pevných těles pomocí přístroje Form Talysurf	7-8/217
Vývoj zařízení k in situ stanovení rozložení tloušťek vrstev pomocí UV-VIS zobrazovací reflektometrie	9/239
Spektrální radiometry pro měření světelných podmínek pro růst rostlin	10/270
Dobíjení akumulátorů elektrické energie v ostrovních fotovoltaických solárních systémech	10/274
Možnosti hodnocení mechanické úpravy lepeného povrchu ...	10/277
Využití klimatizační skříně k měření rovnovážné vlhkosti zrna obilovin	10/288
Srovnání simulace opotřeby kloubních implantátů s výsledky jeho měření pomocí 3D metod	11-12/297
Zlepšování vizuální čitelnosti rentgenogramů v elektronické podobě	11-12/299
Interferenčně modulovaný laserový svazek a jeho využití v moiré topografii	11-12/302
Měření spektra svítící diody pomocí interferenční spektroskopie	11-12/312
Optická identifikace topografie povrchu obrobeného abrazivním vodním paprskem	11-12/320
Analýza vztahu morfológie obrobeného povrchu a času rezania	11-12/323
Stanovenie významnosti technologických faktorov při delení hliníka a nehrdzavejúcej ocele vysokorychlostným hydroabrazívnym prúdom	11-12/326

3. TECHNOLOGIE

Vytváření jemných otvorů do křemenného skla pomocí elektronového svazku	1/10
Z dílny starých mistrů	2/58, 7-8/225, 10/273
SHM, s.r.o. – profil společnosti	4/95
PVD technologie přípravy otěruvzdorných a kluzných vrstev v průmyslových podmínkách	4/96
Vliv PVD čištění na strukturu povrchu slinutého karbidu ...	4/113
Růst krystalů kovů metodou visuté zonální tavby s optickým ohřevem	4/116
Konica Minolta sází na tiskové technologie	5/137
Povlakování v malé firmě versus povlakování na zakázku	5/141
EuroBLECH 2006 – 19. mezinárodní veletrh technologie zpracování plechů	6/182
Čisté prostory	9/232
Modernizace výrobních prostor	9/236
Automatizované transportní systémy REXROTH	9/245
Strukturální tlumení materiálů	9/251
Možnosti hodnocení mechanické úpravy lepeného povrchu	10/277
Vlastnosti pružinového kloubu obdélníkového průřezu ...	10/283
Výroba ovladače oken automobilu	10/286
Profil firmy Bohemia Machine	10/290
Optická identifikace topografie povrchu obrobeného abrazivním vodním paprskem	11-12/320
Analýza vztahu morfológie obrobeného povrchu a času rezání	11-12/323
Stanovenie významnosti technologických faktorov při delení hliníka a nehrdzavejúcej ocele vysokorychlostným hydroabrazívnym prúdom	11-12/326

4. LASEROVÁ TECHNIKA, HOLOGRAFIE, MIKROSKOPIE

Laboratoř interferometrie a vysoce koherentních laserů	1/4
Laboratoř optických mikromanipulačních technik ÚPT AV ČR	1/7
Emmett Leith, zakladatel moderní holografie, zemřel	1/24
Fázová charakteristika femtosekundových impulzov a jej vplyv na dvojfotonovú fluorescenciu	3/63
Světlotěsné boxy pro mikrofotografická zařízení Zeiss	5/131
Nový laserový interferometr LMS firmy Limtek	6/186
Výpočty korektorů otvorové vady v elektronové optice ...	10/263
Interferenčně modulovaný laserový svazek a jeho využití v moiré topografii	11-12/302
Hydratační systém pro environmentální rastrovací elektronové mikroskopy	11-12/329

5. OČNÍ OPTIKA

kde někteří končí, KONVEX	
Recept optika s.r.o. ještě pokračuje!	2/31
OCULUS – Váš spolehlivý dlouholetý partner pro dodávky oftalmologických a optických přístrojů	2/55
Vliv indexu lomu a disperze materiálu brýlové čočky na její zobrazovací vlastnosti	10/280

6. FOTO-KINO-VIDEO

Olympus E-400: nejmenší a nejlehčí digitální zrcadlovka na světě	11-12/332
--	-----------

7. SVĚTELNÁ TECHNIKA

Koncentrace záření v solárních fotovoltaických systémech	3/82
Osvetlenie pracovných miest	4/121
Všeobecné aspekty bezpečnosti a označovanie svietidiel značkou CE	7-8/198

OMS – výrobca svietidiel špičkovej kvality	7-8/221
PHILIPS k službám	7-8/222
Spektrální radiometry pro měření světelných podmínek pro růst rostlin	10/270
Dobíjení akumulátorů elektrické energie v ostrovních fotovoltaických solárních systémech	10/274

8. VAKUOVÁ A KRYOGENNÍ TECHNIKA

9. OPTOELEKTRONIKA, NOKTOVIZE

Poznámka k článku „Mikrokanálové plátky – MPC“	2/57
Komentář k „Poznámce k článku Mikrokanálové plátky – MPC“	3/89
Moderní způsoby řešení disperzních vlivů optických vláken	5/134
RTG digitální kamera s vysokým rozlišením	6/164
Nový přístup v návrhu NOLM ako OTDM demultiplexora	7-8/191
Rozpoznávanie záhlavia balenia pomocou TOAD	7-8/195
Demonstrační fotovoltaický systém FVS 2001E	10/267

10. ZDRAVOTNICKÁ TECHNIKA

Kryochirurgický přístroj pro jemné operace	1/13
Flexibilní lékařské endoskopy	9/253
Srovnání simulace opotřebení kloubních implantátů s výsledky jeho měření pomocí 3D metod	11-12/297

11. JUBILEA A VÝROČÍ

Emmett Leith, zakladatel moderní holografie, zemřel	1/24
Ohlédnutí za světovým rokem fyziky	2005 1/26
Dvě výročí Dioptry	2/31
80. narozeniny profesora Adolfa Lohmanna	5/147
Univerzitní profesor Ing. Miroslav Kopřiva, CSc. 30. 12. 1924, Brno – 19. 7. 2006, Přerov	9/257
Významné životní jubileum profesora Peřiny	11-12/295

12. VELETRHY, VÝSTAVY, KONFERENCE

Nejvýznamnější odborné technické veletrhy pořádané v 1. pololetí 2006	1/20
Český opticko-mechanický průmysl na misi v Izraeli	1/23
Veletrh OPTA – špička mezi evropskými optickými veletrhy	1/24
Veletrh CeBIT 2006 v Hannoveru	1/25
AQUA-THERM NITRA zajímavý pro každého	1/27
15. mezinárodní seminář Měřicí technika pro kontrolu jakosti	1/27
ECONOS 2006	2/58
SHOT Show 2006	3/88
Veletrh vodičů, světlovodů a trubek	3/88
4. mezinárodní sympozium laserových, scintilačních a nelineárních optických materiálů	3/89
Inovační technologie na HANNOVER MESSE	3/90
13. mezinárodní strojírenský veletrh	4/115
Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2006	5/149
Na závěr veletrhu HANNOVER MESSE 2006. HANNOVER MESSE 2006 potvrdil hospodářský rozmach	5/153
EuroBLECH 2006 – 19. mezinárodní veletrh technologie zpracování plechů	6/182
Nejvýznamnější odborné technické veletrhy pořádané ve 2. pololetí 2006	6/184
Světový veletrh sběratelství	7-8/223
Veletrh nových sklářských technologií	9/238
SYSTEMS 2006	9/258
AQUA-THERM PRAHA již pro celou Evropu 1	0/291
XV. česko-polsko-slovenská konference o optice	11-12/295

Konference EOS Topical Meeting 2006 v Paříži 11-12/307
Svátek strojírenství v Praze – tentokrát v dubnu 2007.... 11-12/335

13. SEMINÁŘE, VZDĚLÁVÁNÍ

Studium optometrie na Univerzitě Palackého 2/50
Podpora sebezaměstnání jako prevence nezaměstnanosti
absolventů odborných škol 3/90
Obnovitelné zdroje energie jsou podporovány 4/120
15. seminář „Měřicí technika pro kontrolu jakosti“ 4/123
HUMUSOFT 5/133
Sen o jedné krajině 6/181
4. mezinárodní sympozium o laserových, scintilačních
a nelineárních optických materiálech 6/183
OPTOMETRIE 2006 7-8/213
AURA – Světlo ve všech podobách 7-8/222
9. bratislavský optický seminář slávnostně 7-8/224
Nové přístupy, které specifikují kritéria pro světelný
komfort a kvalitu osvětlení vnitřních pracovních
prostorů 7-8/227
Nová kariérová simulační hra 10/269
Měřicí technika pro kontrolu jakosti 11-12/322

14. RŮZNÉ

Nové přístupy v technologickém vzdělávání,
Vývoj a integrace evropských modulů v technologickém
vzdělávání, Projekt EU programu Leonardo da Vinci 1/23
Z dílny starých mistrů 2/58, 7-8/225, 10/273
Přírůstky knihovny SPIE/CS 2/60, 3/92, 5/156
SPIE/CS – společnost optiků informuje 4/119, 5/155, 6/180

Příběh Hubbleova kosmického teleskopu 5/127, 6/159
Český komitét pro optiku ICO informuje
– výsledky voleb do ČKO – ICO pro funkční
období 2006 – 2010 5/152
Představení společnosti Elektroprojekta Rožnov, a.s. 9/231
Jako z pohádky 9/237
TELEWORKING – šance pro zaměstnání
sociálně ohrožených skupin obyvatelstva 10/276

15. Z TECHNICKÉ KNIHOVNY 2/59, 3/91, 5/154,
6/187, 7-8/226, 10/285, 291, 11-12/334

16. VOJENSKÁ TECHNIKA A TECHNOLOGIE

17. KONSTRUKCE PŘÍSTROJŮ

Ústav přístrojové techniky AV ČR (ÚPT AV ČR)
– historie a současnost 1/3
Vývoj a konstrukce mechanických sestav (uzlů)
v Meopta – optika, a. s. 1/15
Příběh Hubbleova kosmického teleskopu 5/127, 6/159
Světlotěsné boxy pro mikrofotografická zařízení Zeiss 5/131
Řádkový CCD snímač pro technický spektrometr 7-8/209
Křížový stolek do stolní elektronové svářečky 7-8/214
Vlastnosti pružinového kloubu obdélníkového průřezu 10/283

18. MIKROMANIPULACE A NANOTECHNOLOGIE

Laboratoř optických mikromanipulačních technik
ÚPT AV ČR 1/7
Kompaktní optická pinzeta 11-12/316

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 nevěnujte 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 obrázky 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, CD nebo na médiu ZIP 100 MB.

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.

SPIE EUROPE OPTICS AND OPTOELECTRONICS

16 – 20 April 2007

Prague Congress Centre • Prague, Czech Republic
Conferences • Exhibition

General Chairs:

Pavel TOMÁNEK,
Brno Univ. of Technology, Czech Republic

Miroslav HRABOVSKÝ,
Palacký Univ., Czech Republic

Hugo THIENPONT,
Vrije Univ., Belgium

Honorary Chair:

Karel JUNGWIRTH,
Institute of Physics, Academy of Sciences
of the Czech Republic

- Metamaterials
- Nonlinear Optics Applications
- Quantum Optics and Quantum Cryptography
- Adaptive Optics for Laser Systems and Other Applications
- Optical Sensors
- Damage to VUV, EUV & X-ray Optics
- Photon Counting Application
- Liquid Crystals and their Applications in Optics
- Photonic Crystal Fibers

Organising Committee

Francesco BALDINI,
Istituto di Fisica Applicata Nello Carrara (Italy)
Francis BERGHMANS, SCK-CEN (Belgium)
Mario BERTOLOTTI, Univ. degli Studi di Roma/La
Sapienza (Italy)
Gilles CHERIAUX, École Nationale Supérieure de
Techniques Avancées (France)
Martin COPIC, Univ. of Ljubljana (Slovenia)
Miloslav DUSEK, Palacký Univ. (Czech Republic)
Milada GLOGAROVÁ, Institute of Physics
(Czech Republic)
Joseph W. HAUS, Univ. of Dayton (USA)
Jirí HOMOLA, Institute of Radio Engineering
& Electronics (Czech Republic)

Chris J. HOOKER, Rutherford Appleton Lab.
(United Kingdom)

Miroslav HRABOVSKÝ, Palacký Univ. (Czech
Republic)

Libor JUHA, Institute of Physics (Czech Republic)

Karel JUNGWIRTH, Institute of Physics
(Czech Republic)

Kyriacos KALLI, Higher Technical Institute (Cyprus)

Vladimir KUZMIAK, Institute of Radio Engineering
and Electronics (Czech Republic)

Robert A. LIEBERMAN, Intelligent Optical Systems,
Inc. (USA)

Peter MARKOS, Institute of Physics (Slovak
Republic)

Alan L. MIGDALL, National Institute of Standards
and Technology (USA)

Miroslav MILER, Institute of Radio Engineering
and Electronics (Czech Republic)

Peter PALFFY-MUHORAY, Kent State Univ. (USA)

Alexandre PAUCHARD, id Quantique SA
(Switzerland)

Ivan PROCHÁZKA, Czech Technical Univ. in Prague
(Czech Republic)

Wolfgang P. SCHLEICH, Univ. Ulm (Germany)

Ryszard H. SOBIERAJSKI, Instytut Fizyki (Poland)

Michal STUPKA, Institute of Physics
(Czech Republic)

Tomasz SZOPLIK, Warszaw Univ. (Poland)

Hugo THIENPONT, Vrije Univ. (Belgium)

Pavel TOMÁNEK, Brno Univ. of Technology
(Czech Republic)

Hubertus WABNITZ, HASYLAB/DESY (Germany)
and CEA-SPAM (France)

Alexei M. ZHELTIKOV, M.V. Lomonosov Moscow
State Univ. (Russia)

Advisory Committee

Leszek R. JAROSZEWICZ, Military Univ. of
Technology (Poland)

Tomasz R. WOLINSKI, Warsaw Univ. of Technology
(Poland)

<http://spce.org/conferences/calls/eec/>

zaostřeno na optiku



OPTA

**13. mezinárodní veletrh oční optiky,
optometrie a oftalmologie**

Brno – Výstaviště

**23–25. 2.
2007**

www.bvv.cz/opta

Central European
Exhibition Centre



BVV Veletrhy Brno
Výstaviště 1
647 00 Brno
Tel.: 541 152 818
Fax: 541 153 063
E-mail: opta@bvv.cz
www.bvv.cz/opta

BVV

**Veletrhy
Brno**