1
2009

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

FINE MECHANICS AND OPTICS

www.vtpup.cz

UNIVERZITA PALACKÉHO
V OLOMOUCI

Vědeckotechnický park

VÝZKUM, MĚŘENÍ A ANALÝZY PRO FIRMY NA ZAKÁZKU

Využití přístrojů a know-how Univerzity Palackého v Olomouci za výhodných podmínek

- **Univerzita Palackého disponuje přístrojovým vybavením vhodným zejména pro obory farmacie, chemie, biotechnologie, optiky a nanotechnologie**
- **Univerzitní pracoviště VTP UP připraví nabídku, smlouvu a dohlédne na realizaci zakázky**
- **Katalog přístrojů a služeb najdete na www.vyzkumprofirmy.cz**

KONTAKT: Vědeckotechnický park UP
Šlechtitelů 21
783 71 Olomouc

www.vtpup.cz
tel./fax: 585 631 420
e-mail: vtpup@vtpup.cz

PROVOZ VTP UP JE SPOLUFINANCOVÁN OLOMOUCKÝM KRAJEM

ISSN 0447-6441
Index 46 723

VESMÍR
KOUZLO OBJEVŮ

MEZINÁRODNÍ ROK
ASTRONOMIE
2009

Rok 2009 byl v roce 2006 UNESCO a v roce 2007 Organizací spojených národů vyhlášen jako Mezinárodní rok astronomie. Svět tak přijal návrh Itálie, abychom si ve všech zemích napříč naší planetou připomněli 400. výročí prvního použití dalekohledu Galileem Galileim k systematickým astronomickým pozorováním. Mezinárodní rok astronomie (International Year of Astronomy 2009, IYA 2009 - www.astronomy2009.org, www.astronomie2009.cz) na celosvětové úrovni koordinuje Mezinárodní astronomická unie (jejíž 26. kongres proběhl v roce 2006 v Praze). Česká republika má kromě výročí spojeného s vynálezem dalekohledu navíc možnost připomenout 400. výročí publikování stěžejního díla Johanna Keplera Astronomia Nova. Kepler tehdy působil v Praze na dvoře císaře Rudolfa II. Vstupujeme tedy do roku, který má ukázat nejen obrovský pokrok v poznání vesmíru za posledních 400 let, ale také oblohu jako úžasnou galerii, která má stále otevřeno, množství exponátů je nepřeberné a vstup je volný. České republice se dostalo cti slavnostního zahájení Mezinárodního roku astronomie v Evropské unii, které proběhlo 7. ledna na Staroměstském náměstí v Praze poblíž unikátního pražského orloje.

Dva mimořádné vklady České republiky do Mezinárodního roku astronomie

400. výročí od vydání díla zakladatele nebeské mechaniky Johanna Keplera *Astronomia Nova*, ve kterém při svém pražském pobytu publikoval své dva zákony. Toto výročí bude zdůrazněno otevřením nového pražského muzea – Keplerova muzea v Praze (květen) a vědeckou konferencí *Keplerś Heritage in the Space Age* (srpen).

50. výročí od *pádu příbramského meteoritu*, prvního meteoritu s „rodokmenem", tedy meteoritu, který byl nalezen na zemském povrchu a předtím byl pozorován jeho pád a určena tak jeho dráha ve Sluneční soustavě (tento český případ v roce 1959 byl prvním případem na světě). Toto výročí bude připomenuto mezinárodní vědeckou konferencí *Bolides and Meteorite Falls* a výstavou pro veřejnost (obojí v květnu).

Astronomické světové dědictví – ČR se připojuje Keplerovým muzeem a mnoha dalšími akcemi, které mají toto dědictví zachovat nebo aspoň připomenout (Muzeum V. Šafaříka na observatoři v Ondřejově, polední znamení v Praze a jiných městech, dokumentace památek).

REDAKČNÍ RADA

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

Členové: *RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, prof. RNDr. Dr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZINA, Bratislava, prof. Ing. Pavol 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, v.v.i., Praha, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, doc. RNDr. Vojtěch KŘESÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno, prof. RNDr. Bohumila LENCOVÁ, CSc., ÚPT AV ČR, v.v.i., Brno, prof. Ing. Martin LIBRA, CSc., ČZU, PRAHA, prof. RNDr. Miroslav LIŠKA, DrSc., VUT, Brno, RNDr. Zdeněk LOŠŤÁK, Meopta-optika, s.r.o., Přerov, prof. Ing. Petr LOUDA, CSc., TU, Liberec, RNDr. František MÁCA, CSc., FZÚ AV ČR, v.v.i., Praha, 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, RNDr. Dagmar SENDERÁKOVÁ, Ph.D., UK, Bratislava, RNDr. Petr SCHOVÁNEK, SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, prof. Ing. Karel STUDENOVSKÝ, DrSc., ČVUT, Praha, prof. RNDr. Anton ŠTRBA, CSc., UK, Bratislava*

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

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

Vydává Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v.v.i. za spoluúčasti The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) v Nakladatelství Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, v.v.i.
Ředitel FZÚ AV ČR, v.v.i.: *doc. Jan ŘÍDKÝ, CSc.*
Odpovědný zástupce vydavatele: *prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc.*
Šéfredaktor: *dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA*
Adresa redakce v Olomouci *(předplatné, nakladatelské služby):*
SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc,
tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: eva.pelclova@upol.cz
Adresa redakce v Přerově *(šéfredaktor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,*
tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.
Otisk povolen se svolením redakce a se zachováním autorských práv. Nevyžádané materiály se nevrací. Za původnost a správnost příspěvků odpovídají autoři.
Vychází: *10x ročně (z toho 2 čísla jako dvojčísla)*
Předplatné: *Celoroční 420,- Kč/rok. Ceny jsou jednotné pro Českou i Slovenskou republiku. Do všech ostatních zemí je časopis JMO distribuován za jednotnou cenu 10 EUR/ks. Pro členy SPIE/CS činí předplatné 120,- Kč/rok. Předplatné pro studenty Bc., Mgr., Ph.D. a studenty středních škol při osobním odběru činí 120 Kč/rok; v případě zasílání 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 experimentálnej 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 2009

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 54 1/2009

OBSAH

Užití metody korelace polí koherenční zrnitosti pro měření v mechanice *(P. Šmíd, P. Horváth, I. Vašková, M. Hrabovský)* 3

Kompaktní optický systém pro generaci nedifrakčních svazků s nastavitelnou osou *(V. Kollárová, Z. Bouchal, R. Čelechovský, T. Medřík, V. Chlup, A. Pochylý, M. Kalman, T. Kubina)* 5

Laserové opracování povrchů materiálů *(H. Chmelíčková, H. Lapšanská)* 11

SPIE/CS – společnost optiků informuje 13

Příčné elektronové vlnové módy v elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvě *(J. Pospíšil, K. Šafářová)* 14

Nabídka akcí České metrologické společnosti na I. čtvrtletí 2009 *(Z. Tůma)* 18

50 let polyekranu *(J. Eigl)* 19

Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2008 *(M. Křížek)* 21

Akademie věd ČR zvolila kandidáta na svého předsedu 22

Rozvoj nanometrologie v České republice *(M. Vychodil, J. Nevřala)* 23

První úspěchy Katalogu přístrojů a služeb Univerzity Palackého v Olomouci *(S. Polánková)* 25

Mezinárodní rok astronomie 2009 aneb od Galilea k internetu *(J. Grygar)* 26

Stavba klasických astronomických kopulí v Čechách *(J. Lochman)* 27

Bližší informace o poslání časopisu, pokyny pro autory, obsah časopisu apod. je uveden na internetu:
http://www.fzu.cz/struktura/casopisy/jemnam/jemname.php

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

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

ADVISORY BOARD

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

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

FINE MECHANICS AND OPTICS

Published by Institute of Physics Academy of Sciences of the Czech Republic under participation of The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) in the Publishing House of the Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic.
Director of Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic: *Jan ŘÍDKÝ*
Editor: *Miroslav HRABOVSKÝ*
Managing Editor*: Jaroslav NEVŘALA*
Address of the Editor's office in Olomouc *(subscription, publisher services): SLO UP a FZÚ AV ČR, Tři. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, Czech Republic, phone: ++420 585 631 576, fax: ++420 585 631 531, e-mail: eva.pelclova@upol.cz*
Address of the Editor's office in Přerov *(Managing Editor): Kabelíkova 1,750 02 Přerov, Czech Republic.*
Reproduciton 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 Slovac 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 2009

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL
VOLUME 54 1/2009

CONTENTS

The use of a speckle correlation method for measuring in mechanics *(P. Šmíd, P. Horváth, I. Vašková, M. Hrabovský)* 3

Compact optical system for generation of nondiffracting beams with adjustable axis *(V. Kollárová, Z. Bouchal, R. Čelechovský, T. Medřík, V. Chlup, A. Pochylý, M. Kalman, T. Kubina)* 5

Laser surface treatment of the material surfaces *(H. Chmelíčková, H. Lapšanská)* 11

SPIE/CS – optical society informs 13

Transverse electron wave modes in an electrically conducting mesoscopic thin layer *(J. Pospíšil, K. Šafářová)* 14

Czech Metrology Society events for the first quarter 2009 *(Z. Tůma)* 18

50 years of polyekran *(J. Eigl)* 19

Looking back at the exhibition Interkamera 2008 *(M. Křížek)* 21

Academy of Sciences of the Czech Republic has nominated its presidential candidate 22

Progress of nanometrology in the Czech Republic *(M. Vychodil, J. Nevřala)* 23

First achievements of the Catalogue of instruments and know-how of Palacky Univerzity in Olomouc *(S. Polánková)* 25

International Year of Astronomy and/or from Galileo to internet *(J. Grygar)* 26

Building of classical observatory domes in Bohemia *(J. Lochman)* 27

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

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

Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

Petr ŠMÍD, Pavel HORVÁTH, Ivana VAŠKOVÁ, Miroslav HRABOVSKÝ
Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, Olomouc

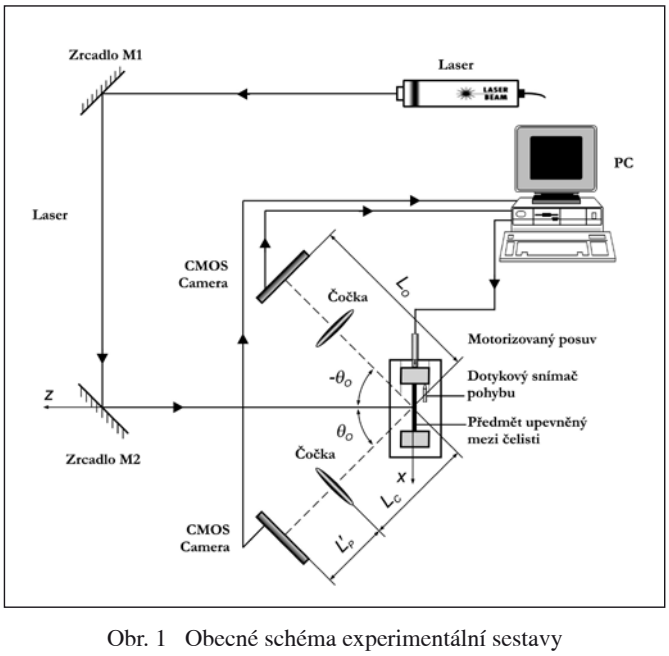
Užití metody korelace polí koherenční zrnitosti pro měření v mechanice (Konference „Optika a jemná mechanika 2008“, 24. - 26. 9. 2008, Přerov)

U příležitosti 75. výročí založení optického průmyslu v Přerově byla přednesena přednáška o jedné z optických metod využívající známý optický jev koherenční zrnitost pro měření v mechanice. Jedná se o metodu korelace polí koherenční zrnitosti a ve Společné laboratoři optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky (SLO UP a FZÚ AV ČR) v Olomouci jsou studovány její aplikační možnosti.

Klíčová slova: koherenční zrnitost, bezkontaktní měření, korelační metoda.

Výzkumný tým SLO UP a FZÚ AV ČR pro studium jevu koherenční zrnitosti je čtyřčlenný a zabývá se mimo jiné statistickými vlastnostmi tohoto jevu, metrologií na bázi koherenční zrnitosti a tzv. fraktálovou koherenční zrnitostí. Vedoucím skupiny je prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc., dalšími členy jsou RNDr. Petr Šmíd, Ph.D., RNDr. Pavel Horváth, Ph.D. a studentka doktorského studijního programu Mgr. Ivana Vašková.

Koherenční zrnitost [1, 2] je velmi známý optický jev. Lze jej pozorovat v okamžiku, když těleso s drsným odrazným povrchem osvítíme koherentním optickým svazkem. Vznik koherenční zrnitosti lze také pozorovat po průchodu koherentního svazku prostředím s nehomogenním rozložením indexu lomu nebo matnicí. Jev samotný se projevuje viditelnými temnými a světlými skvrnami pozorovanými na stínítku umístěném kdekoliv před předmětem v tzv. poli koherenční zrnitosti (v případě odrazu). Dané pole je výsledkem interference koherentních sférických vln emitovaných bodovými zdroji tvořícími povrch tělesa. Jelikož bodové zdroje emitují vlny do širokého rozmezí úhlů, vznikající pole koherenční zrnitosti není lokalizováno v prostoru, ale vyplňuje celý prostor, v němž vlny interferují. Nejprve byla koherenční zrnitost považovaná za jev parazitní, zvláště v oblasti optické holografie. Ale později se zjistilo, že jev koherenční zrnitosti může také hrát důležitou roli v mnoha oborech fyziky (v optice [3], mechanice [4], astronomii [5], atd.).



Obr. 1 Obecné schéma experimentální sestavy

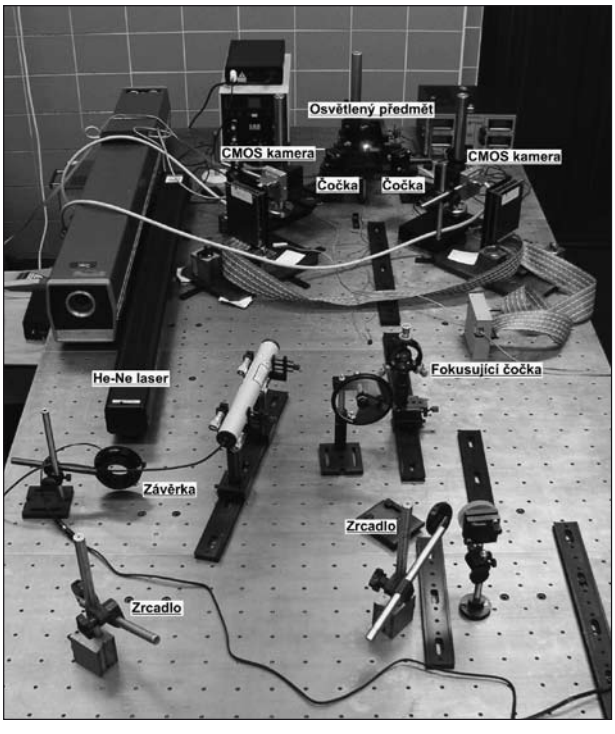
Struktura koherenční zrnitosti odráží stav osvětlené části povrchu studovaného předmětu. Uvažujme například tuhé těleso. Dojde-li k jeho translaci, dojde i k posunutí struktury koherenční zrnitosti v odpovídajícím směru a zároveň také k částečné změně struktury. Určíme-li posuv struktury, můžeme zpětně vyčíslit i hodnotu translace tělesa. Hodnotu posuvu struktury koherenční zrnitosti určujeme pomocí polohy maxima funkce vzájemné korelace dvou signálů zaznamenajících rozložení intenzit pole koherenční zrnitosti před a po změně stavu tělesa. Stanovený posuv je obecně využíván pro vyhodnocení složek tenzoru malé deformace, které popisují stav deformace elementární plochy studovaného povrchu předmětu [6].

Obecné schéma experimentální sestavy (*obr. 1*) se skládá z předmětu, na nějž dopadá laserový svazek, například z He-Ne laseru. Generované pole koherenční zrnitosti pozorujeme jednou nebo více kamerami, maticovými, případně lineárními. Měřicí sestava má určité geometrické a optické parametry (úhel směru pozorování θ_o, vzdálenost kamery od zobrazovacího optického systému L'_p, vzdálenost optického systému od předmětu L_c a ohnisková vzdálenost optického systému f´), které ovlivňují její citlivost a přesnost. Pro názornost uveďme příklady hodnot geometrických a optických parametrů: $\theta_o = \pm 45^\circ$, $L'_p = 181$ mm, $L_c = 107$ mm, $f' = 19{,}96$ mm. V daném případě pozorujeme pole koherenční zrnitosti v obrazovém poli. Pokud mezi kamerou a předmětem nebude umístěn optický systém, potom pozorujeme pole koherenční zrnitosti ve volném poli. Celkový pohled na realizaci laboratorní sestavy je uveden na *obr. 2*.

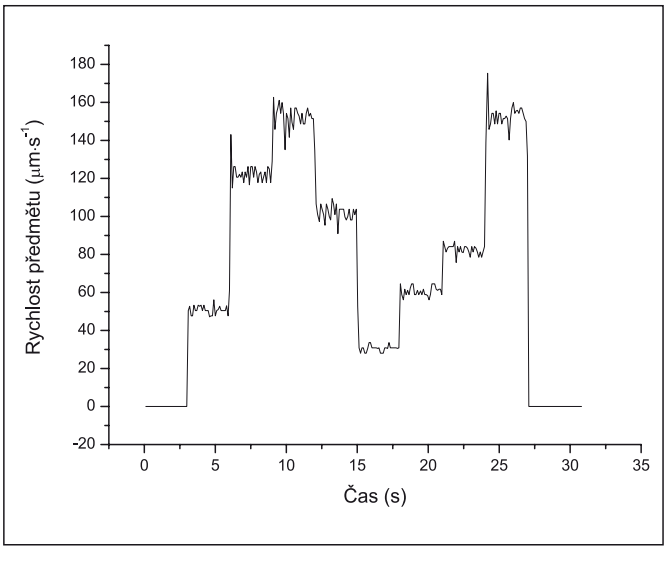
Prezentovanou metodou lze měřit translaci tělesa v rovině povrchu a ve směru normály k jeho povrchu [7]. Měřicí rozsah se pohybuje ve volném poli od 100 do 1000 μm a v obrazovém poli od 1 do 100 μm. Relativní nejistota měření nepřesahuje 5 %.

Dále lze měřit vibrace předmětu, například ve směru normály ke studovanému povrchu [8]. Ve skutečnosti jde o stanovení časového průběhu normálových translací tělesa následované diskrétní Fourierovou analýzou. Je možné detekovat frekvence kmitu v rozmezí 5 až 100 Hz s amplitudou výchylky kmitu od 10 do 1000 μm. Kmity tělesa mohou být harmonické nebo neharmonické (dokonce i s gausovským bílým šumem).

Jestliže známe časový interval snímání pole koherenční zrnitosti, lze při měření translace tělesa zjistit i rychlostní profil jeho pohybu [9]. Metoda umožňuje měřit rychlost v rozmezí 10 až 150 $\mu m \cdot s^{-1}$. Dolní mez daného rozmezí je určená citlivostí sestavy a horní mez je omezena maximální rychlostí užitého mikroposuvu a mírou změny struktury koherenční zrnitosti.

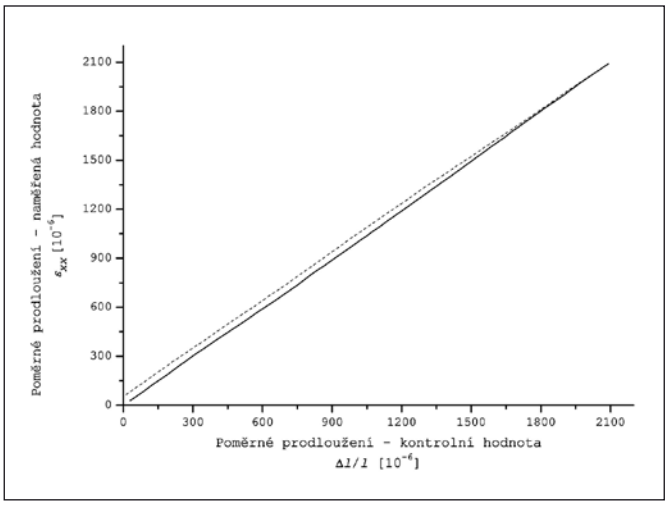


Obr. 2 Pohled do laboratoře na optický stůl. Laserový svazek je pomocí zrcadel přiveden na povrch zkoumaného předmětu a pole koherenční zrnitosti je pozorováno dvojicí kamer



Obr. 3 Časový graf naměřeného rychlostního profilu předmětu

Dalším příkladem využití korelační metody je měření poměrného prodloužení [10]. Ověřovací experiment byl proveden na vzorku gumárenské pryže, který byl nejprve natahován a poté smršťován do výchozího stavu. Na obr. 4 je uveden výsledek měření, při kterém byl vzorek vystaven celkové deformaci $2100 \cdot 10^{-6}$. Na horizontální ose jsou vyneseny hodnoty poměrného prodloužení zjištěné kontrolní dotykovou metodou. Na vertikální ose jsou vyneseny hodnoty naměřené prezentovanou metodou. Plná čára odpovídá natahování vzorku a čerchovaná smršťování vzorku. V ideálním případě by se výsledky obou metod měly shodovat a měly by ležet na přímce s jednotkovou směrnicí. Výsledek prezentuje měření poměrného prodloužení pouze v jednom směru. V případě měření ve více směrech lze analyzovat obecnou napjatost tělesa. V této souvislosti je měřicí sestava v literatuře označována jako tenzometr na bázi koherenční zrnitosti.



Obr. 4 Poměrné prodloužení ε_{xx} vzorku pryže, vyhodnocené metodou korelace polí koherenční zrnitosti pro uspořádání v obrazovém poli v závislosti na poměrném prodloužení $\Delta l/l$, získaném pomocí dotykového snímače pohybu

Na závěr lze shrnout výhody a nevýhody prezentované měřicí metody. Jde o bezkontaktní metodu s poměrně jednoduchou realizací, s možností ovlivňování citlivosti, rozlišení a nejistoty měření volbou vhodných geometrických a optických parametrů sestavy. Výsledky měření lze získat téměř v reálném čase. Nevýhodou avšak je, že získané informace se týkají pouze omezené části povrchu studovaného předmětu, a ne jeho celé části.

Tento výsledek byl získán za podpory výzkumného záměru MŠMT č. MSM6198959213 – Měření a informace v optice, projektu MŠMT č. 1M06002 – výzkumné centrum Optické struktury, detekční systémy a související technologie pro nízkofotonové aplikace a výzkumného záměru AV ČR, FZÚ, sekce optika, č. AV0Z10100522 – Vlnové a částicové šíření světla, optické materiály a technologie.

Literatura

[1] DAINTY, J. C. (editor) Laser Speckle and Related Phenomena. Berlin: Springer-Verlag, 1984.

[2] HRABOVSKÝ, M., BAČA, Z., HORVÁTH, P. Koherenční zrnitost v optice. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 2001.

[3] RUIZ GALE, M. F., MOLINARO, S., HOGERT, E. N., GAGGIOLI, N. G. New measures of the refractive index in liquids using speckle patterns. In 20th Congress of the ICO on Challenging Optics in Science & Technology: Optical Design and Fabrication, Breckinridge, J., Wang, Y., eds., Proc. SPIE, 2006, 6034, pp. 501-505.

[4] LEGER, D., MATHIEU, E., PERRIN, J. C. Optical surface roughness determination using speckle correlation technique. Appl. Opt., 1975, 14 (4), pp. 872-877.

[5] LABEYRIE, A. High-resolution techniques in optical astronomy. In Progress in Optics XIV. WOLF, E. (editor), pp. 47-87, Amsterdam: North-Holland, 1976.

[6] YAMAGUCHI, I. Speckle displacement and decorrelation in the diffraction and image fields for small object deformation. Opt. Acta, 1981, 28 (10), pp. 1359-1376.

[7] HORVÁTH, P., HRABOVSKÝ, M., ŠMÍD, P. Application of speckle decorrelation method for small translation measurements. Opt. Appl., 2004, 34 (2), pp. 203-218.
[8] HRABOVSKÝ, M., ŠMÍD, P., HORVÁTH, P., BAČA, Z. Measurement of object vibrations using the theory of speckle pattern decorrelation. Optik, 2002, 113 (3), pp. 117-120.
[9] ŠMÍD, P., HORVÁTH, P., HRABOVSKÝ, M. Speckle correlation method used to measure object's in-plane velocity. Appl. Opt., 2007, 46 (18), pp. 3709-3715.
[10] HORVÁTH, P., ŠMÍD, P., HRABOVSKÝ, M., NEUMANNOVÁ, P. Measurement of deformation by means of correlation of speckle fields. Exp. Mech., 2006, 46 (6), pp. 713-723.

RNDr. Petr Šmíd, Ph.D., Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, tel.: 585631575, e-mail: petr.smid@upol.cz
RNDr. Pavel Horváth, Ph.D., Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, tel.: 585631569, e-mail: pavel.horvath@upol.cz
Mgr. Ivana Vašková, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, tel.: 585634284, e-mail: ivana.vaskova@upol.cz
Prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc., Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, tel.: 585631501, e-mail: miroslav.hrabovsky@upol.cz

---

Věra KOLLÁROVÁ[1], Zdeněk BOUCHAL[1], Radek ČELECHOVSKÝ[1], Tomáš MEDŘÍK[1], Vladimír CHLUP[1], Antonín POCHYLÝ[2], Milan KALMAN[2] a Tomáš KUBINA[2]
[1]Katedra optiky, přírodovědecká fakulta UP v Olomouci
[2]Meopta – optika, s. r. o., Přerov

Kompaktní optický systém pro generaci nedifrakčních svazků s nastavitelnou osou

V článku je popsán návrh, realizace a optické parametry systému, který umožňuje transformaci laserového svazku s gaussovským profilem na nedifrakční svazek besselovského typu. Konstrukce navrženého laserového konvertoru je řešena tak, aby umožnila fázovou modulaci prostorového spektra vytvářeného svazku. Ta je využita k příčnému nastavení stopy svazku do požadované polohy při zachování směru šíření. V příspěvku je rovněž diskutována možnost využití laserového konvertoru v optických manipulacích a demonstrovány dosažené experimentální výsledky.

Klíčová slova: laserové svazky, nedifrakční svazky, optické manipulace

1. ÚVOD

Pojem nedifrakční svazek se poprvé objevil v práci J. Durnina v roce 1987 [1]. Byl použit pro označení interferenčního pole, které vytváří intenzitní stopu, jejíž tvar a rozměry zůstávají neměnné při šíření volným prostorem. Vzhledem k tomu, že intenzitní profil takto vytvořeného pole byl vyjádřen Besselovou funkcí prvního druhu, začalo se také užívat označení nedifrakční besselovský svazek. Durninova práce, zřejmě i díky tomu, že pojem nedifrakční svazek byl do určité míry kontroverzní, podnítila širokou diskusi a vzbudila zájem jak teoretiků, tak experimentátorů. Podobné myšlenky byly publikovány Sheppardem a Wilsonem již v roce 1978 [2], zůstaly však bez většího ohlasu.

Následně byla problematika nedifrakčního šíření světla rozpracována v mnoha ohledech (základní vlastnosti nedifrakčních svazků byly popsány v časopise Jemná mechanika a optika [3]). Ukázalo se, že podmínka, která nedifrakční šíření zabezpečuje, připouští nekonečnou třídu svazků, které se mohou vzájemně lišit svým intenzitním profilem. Tato variabilita umožnila návrh experimentů, které umožňují vytvoření nedifrakčního svazku, jehož intenzitní stopa je vytvarována podle předem stanoveného požadavku [4, 5]. V rámci teoretického bádání byly nalezeny nové typy nedifrakčních svazků [6, 7] a byly studovány jejich polarizační a korelační vlastnosti [8]. Důležitým mezníkem bylo zjištění, že nedifrakční svazky mohou vykazovat spirální fázové nespojitosti příznačné pro takzvané světelné víry (český přehled o vírových strukturách je uveden v [9]). Tím došlo k propojení nedifrakční optiky s aktuální a intenzivně rozvíjenou oblastí singulární optiky [10, 11].

V návaznosti na teoretické poznatky vznikaly i významné výsledky experimentální. Byla navržena řada experimentů, které umožňují efektivní generaci nedifrakčních svazků s využitím jednoduchých optických sestav založených na použití amplitudového fourierovského filtru, axikonu nebo holografických prvků [12]. V pokročilejších experimentech jsou užívány prostorové modulátory světla, které poskytují značnou variabilitu vytvářených světelných polí. Pro dosažení souladu teoretického popisu a experimentu byl základní model nedifrakčního šíření světla modifikován. Světelné svazky, které v dobrém přiblížení odpovídají svazkům vytvořeným v podmínkách reálného experimentu, jsou obvykle označovány za pseudo-nedifrakční [13].

Specifické geometrické parametry a fyzikální vlastnosti nedifrakčních svazků našly i praktické využití v oblasti návrhu elektronových urychlovačů, fotolitografie, metrologie a skanovacího zobrazování [14 - 16], vírové nedifrakční svazky jsou příslibem pro bezdrátový přenos informace [17]. Asi největší zájem vzbudily nedifrakční svazky v oblasti optických manipulací, kde jsou využívány pro uspořádaný transport částic a pro realizaci vícenásobných optických pastí [18, 19] (přehled je uveden v [20]).

V tomto článku je popsán návrh, realizace a optické parametry kompaktního optického systému, který umožňuje transformaci gaussovského svazku na nedifrakční svazek besselovského typu. Vstupní laserové záření je přivedeno optickým vláknem nebo adaptérem, který upravuje svazek laserové diody. Následně je transformováno axikonem a teleskopickým systémem, který umožňuje změnu rozměrů vytvořeného pseudo-nedifrakčního svazku. Optická sestava dává možnost fázové modulace prostorového spektra svazku, která je využita k plynulému příčnému nastavení stopy svazku do požadované polohy při zachování jeho směru šíření. Svazek vytvořený navrženým laserovým konvertorem lze použít pro justážní nebo měřicí účely, nebo jej lze jednoduše navázat do optické pinzety a využít pro plynulé přemístění částic mikrometrových rozměrů. Tato možnost je v článku demonstrována dosaženými experimentálními výsledky.

2. VLASTNOSTI A PARAMETRY NEDIFRAKČNÍCH SVAZKŮ

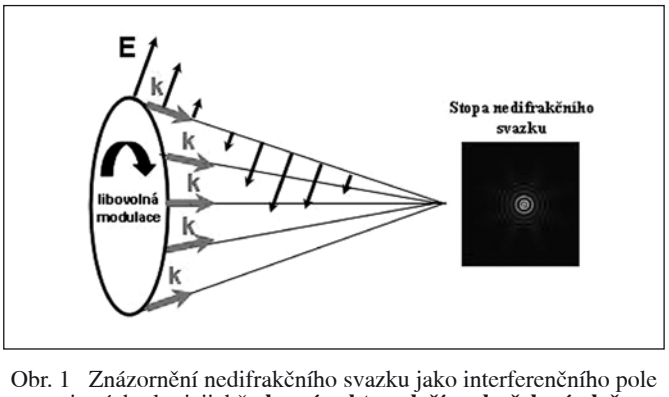
Nedifrakční svazek je možno popsat jako módové řešení Helmholtzovy rovnice, které předpokládá, že komplexní amplituda svazku závisí na souřadnici šíření z jen oscilačním fázovým členem, $U(x, y, z) = u(x, y) \exp(-\mathrm{i}\beta z)$. Komplexní amplituda u, která závisí pouze na příčných souřadnicích, pak může být určena separační metodou realizovanou ve válcovém, eliptickém nebo parabolickém souřadném systému [6, 7]. Obecněji a geometricky názorněji lze nedifrakční svazky vyjádřit v integrální reprezentaci [21],

$$U\left(\rho,\varphi,z\right)=\frac{\mathrm{i}}{\lambda}\exp\left(-\mathrm{i}\beta z\right)\int_0^{2\pi}A\left(\psi\right)\exp\left[-\mathrm{i}k_t\rho\cos(\varphi-\psi)\right]\mathrm{d}\psi, \quad (1)$$

kde ρ a φ jsou válcové souřadnice a λ označuje vlnovou délku. V tomto vyjádření lze nedifrakční svazek chápat jako interferenční pole rovinných vln s vlnovými vektory $\boldsymbol{k} = (k_t \cos\psi, k_t \sin\psi, \beta)$ pokrývajícími kuželovou plochu s vrcholovým úhlem 2θ, tedy $k_t = k \sin\theta$, $\beta = k \cos\theta$. Odpovídající geometrická situace je znázorněna na *obr. 1*. Amplitudy a fáze rovinných vln, popsané funkcí $A(\psi)$, mohou být libovolné, omezení je kladeno pouze na jejich směry. Modulace amplitudy a fáze umožňuje tvarování intenzitního profilu nedifrakčních svazků se značnou mírou variability. Tímto způsobem mohou být vytvářeny známé besselovské, mathieuovské, parabolické nebo kaleidoskopické svazky, případně matice svazků. Změnou fáze rovinných vln lze rovněž dosáhnout příčného posunu stopy svazku, který je využit v návrhu laserového konvertoru. Například modulací

$$A(\psi) = A_0(\psi)\exp[\mathrm{i}k_t(\Delta x\cos\psi + \Delta y\sin\psi)] \quad (2)$$

lze dosáhnout posunu původního intenzitního profilu $|U|^2$ určeného funkcí $A(\psi) = A_0(\psi)$ v (1) o vzdálenost Δx a Δy podél os x a y. Princip a experimentální realizace izoplanatického posunu stopy nedifrakčního svazku jsou podrobněji diskutovány v [5].



Obr. 1 Znázornění nedifrakčního svazku jako interferenčního pole rovinných vln, jejichž **vlnové vektory leží na kuželové ploše** a vzájemný fázový rozdíl se nemění při šíření

Nedifrakční svazek definovaný integrálem (1) je idealizací. Prostorové spektrum takového svazku je tvořeno pouze komponentami, které mají jednoznačně určenou radiální prostorovou frekvenci $\nu_R = \sin\theta/\lambda$. Při provedení optické Fourierovy transformace takového idealizovaného svazku by se v ohniskové rovině čočky objevilo prostorové spektrum, které by představovalo svítící kružnici. Takový svazek by měl nekonečný dosah a současně by ale musel nést nekonečné množství energie. Situace odpovídá nerealizovatelnému experimentu, ve kterém by použité komponenty musely být příčně neohraničené. V reálných podmínkách svazek nevzniká jako interferenční pole neomezených rovinných vln, ale je vytvořen kolimovanými svazky konečné šířky. Prostorové spektrum takového svazku již není tvořeno jedinou radiální frekvencí, ale je rozšířeno tím více, čím jsou interferující svazky užší. V ohniskové rovině fourierovské čočky mu odpovídá mezikruží konečné šířky. Při matematickém modelování takových reálných svazků je dostačující zavést aperturní funkci, která interferenci neomezených rovinných vln převede na interferenci svazků s konečnou energií, nejčastěji gaussovských svazků [13]. Interferenčním polím, která takovou superpozicí vznikají, se obvykle říká pseudo-nedifrakční svazky. Jejich hlavní odlišností od svazků idealizovaných je konečná oblast existence. Důležitou zkušeností podloženou experimenty je ale to, že v této oblasti prakticky přesně zachovávají vlastnosti svazků nedifrakčních a navíc délku dosahu pseudo-nedifrakčního svazku lze v případě potřeby prodloužit změnou geometrie experimentu.

O fyzikálních vlastnostech a geometrických parametrech nedifrakčních svazků bylo obsáhle informováno v přehledových článcích (např. [12, 20, 21]), zde se omezíme jen na výčet těch vlastností, které jsou zajímavé pro aplikace a důležité pro návrh laserového konvertoru.

Tvarová a rozměrová stálost intenzitního profilu svazku

Základní vlastností nedifrakčních i realizovatelných pseudo-nedifrakčních svazků je tvarová a rozměrová invariance jejich intenzitního profilu. Ze vztahu (1) je zřejmé, že nedifrakční svazek vzniká jako interferenční pole rovinných vln, jejichž vlnové vektory tvoří plášť kužele s vrcholovým úhlem 2θ. Tvar intenzitní stopy je určen volbou amplitud a fází interferujících vln, se změnou úhlu θ dochází jen ke změně rozměru intenzitní stopy. Je-li úhel zvětšen, stopa svazku je zmenšena a naopak. Při dostatečně velkých úhlech interferujících vln **a volbě** $A(\psi) = 1$ v (1) je možné získat úzkou světelnou trubici s příčným rozměrem blízkým vlnové délce. Vytvořený intenzitní profil je u ideálního nedifrakčního svazku neměnný v nekonečné oblasti, u realizovatelného pseudo-nedifrakčního svazku je bez pozorovatelných změn zachován v oblasti konečné délky.

Volitelný dosah svazku

U standardních laserových svazků s gaussovským profilem je dosah svazku, který určuje hloubku jeho fokusace, definován parametrem známým jako Rayleighova vzdálenost. Tento parametr z_0 je jednoznačně určen příčným rozměrem svazku vyjádřeným poloměrem pasu w_0 a vlnovou délkou λ, $z_0 = \pi w_0^2/\lambda$. Je tedy zřejmé, že pro danou vlnovou délku svazek nelze zúžit bez zkrácení jeho dosahu. V případě pseudo-nedifrakčního svazku je situace jiná. Jeho intenzitní stopa je vytvořena interferencí gaussovských svazků, jejichž osy tvoří plášť kužele s úhlem 2θ. Dosah takto vytvořeného svazku je možno chápat jako délku interferenční oblasti, vytvořené překrytými gaussovskými svazky. Délku lze odhadnout jako poměr poloměru pasů interferujících gaussovských svazků a úhlu sklonu jejich os, w_0/θ. Protože příčný rozměr vytvořeného pseudo-nedifrakčního svazku není určen šířkou interferujících gaussovských svazků, ale sklonem jejich os, existuje možnost prodloužení dosahu pseudo-nedifrakčního svazku při zachování jeho příčného rozměru.

Schopnost obnovení porušeného svazku

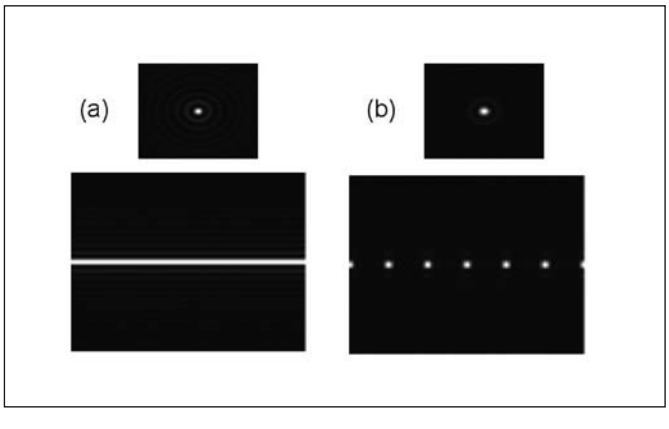
Specifickou vlastností pseudo-nedifrakčních svazků je schopnost jejich obnovení po lokálním porušení amplitudy nebo fáze. Tento jev lze jednoduše demonstrovat například tak, že se do optické dráhy svazku umístí nepropustná překážka a sleduje se jeho vývoj v prostoru za ní. Svazek, který má bezprostředně za překážkou silně narušený intenzitní profil se volným šířením postupně obnovuje až do stavu, kdy je téměř dokonale rekonstruován. Jev byl experimentálně ověřen a vysvětlen pomocí Babinetova principu [22] a následně využit pro vytváření vícenásobných optických pastí v optických manipulacích [23].Vlastnost obnovení je zachována i na úrovni singulární fázové struktury a orbitálního momentu hybnosti u vírových nedifrakčních svazků [24, 25].

Prostorová periodicita při volném šíření svazku

Ideální nedifrakční svazek má charakter módu, který vykonává rychlé fázové oscilace dané konstantou šíření β. Při určení intenzity se fázový člen neprojeví a intenzitní profil je nezávislý na souřadnici šíření. Jiná situace nastane v případě superpozice dvou a více vzájemně korelovaných nedifrakčních svazků s rozdílnými konstantami šíření. Komplexní amplituda výsledného pole může být v tomto případě zapsána ve tvaru

$$U\left(x,y,z\right)=\sum_{j=1}^{J}u_j\left(x,y\right)\exp\left(-\mathrm{i}\beta_j z\right), \tag{3}$$

kde J je počet skládaných svazků. Jsou-li konstanty šíření vzájemně přizpůsobeny tak, aby s danou podélnou periodou L konstruktivně interferovaly, bude se příčný profil výsledného pole periodicky obnovovat, $U(x, y, z) = U(x, y, z + L)$. Tato podélná periodicita volného šíření svazku je obvykle nazývána samozobrazení a má přímou analogii s Talbotovým jevem. Porovnání trajektorie jednoduchého nedifrakčního svazku a superpozice vzájemně korelovaných nedifrakčních svazků vykazujících jev samozobrazení je provedeno na *obr. 2*. Prostorová periodicita světelných svazků je využitelná v optických manipulacích pro zachycení souboru velkého počtu částic a pro jejich řízený transport [18].



Obr. 2 Srovnání trajektorie nedifrakčního svazku (a) a superpozice vzájemně korelovaných nedifrakčních svazků (b), které mají konstanty šíření vyhovující podmínce samozobrazení

3. NEDIFRAKČNÍ SVAZKY BESSELOVSKÉHO TYPU

Pravděpodobně nejznámějším a také nejsnáze realizovatelným nedifrakčním světelným polem je besselovský svazek. Plyne z integrálu (1), ve kterém je azimutální modulace zvolena ve tvaru $A(\psi) = \exp(\mathrm{i}m\psi)$, kde $m = 0, \pm1, \pm2, \ldots$ Modulační člen v tomto případě představuje superpozici rovinných vln se stejnou amplitudou a fází lineárně vzrůstající s azimutálním úhlem ψ. Řešení integrálu je popsáno funkcí

$$U(\rho,\varphi,z)=(-1)^m\mathrm{i}^m 2\pi J_m(k_t\rho)\exp(\mathrm{i}m\varphi-\mathrm{i}\beta z), \tag{4}$$

kde J_m je Besselova funkce 1. druhu, m-tého řádu. Příčný intenzitní profil svazku $I = |U|^2$ tedy zůstává neměnný a je popsán funkcí $J_m^{\,2}$. Pro $m = 0$ je svým tvarem podobný Airyho disku. Poloměr jeho centrálního maxima je potom dán jako

$$\rho_0=0.38\frac{\lambda}{\sin\theta} \tag{5}$$

a mění se s vrcholovým úhlem θ kužele vln.

V případě realizovatelného pseudo-nedifrakčního svazku je nutné v integrálu (1) nahradit interferující rovinné vlny gaussovskými svazky. Jako řešení je v tomto případě získán besselovský-gaussovský svazek. Ve zjednodušené představě ho lze považovat za svazek besselovský, který je příčně omezen gaussovskou funkcí. Kompaktní vyjádření komplexní amplitudy takového svazku je uvedeno v [26]. V rovině $z = 0$, kde je umístěn pas gaussovské obálky o poloměru w_0, lze intenzitu popsat výrazem

$$I_{\mathrm{BG}}(\rho,0)=J_0^{\,2}(k_t\rho)\exp\left(-\frac{2\rho^2}{w_0^{\,2}}\right). \tag{6}$$

Osový podélný vývoj můžeme vyjádřit vztahem

$$I_{\mathrm{BG}}(0,z)=\frac{w_0^{\,2}}{w^2}\exp\left[-\frac{k_t^{\,2}z^2z_0}{k(z^2+z_0^{\,2})}\right], \tag{7}$$

v němž w je pološirka svazku ve vzdálenosti z od pasu, $w^2 = w_0^{\,2}[1 + z^2/(z_0\cos\theta)^2]$ a $z_0 = \pi w_0^{\,2}/\lambda$. Je-li jádro svazku mnohem menší než pas gaussovské obálky, může intenzita (6) velmi dobře aproximovat besselovský svazek.

4. OPTICKÝ SYSTÉM PRO GENERACI BESSELOVSKÝCH-GAUSSOVSKÝCH SVAZKŮ S POHYBLIVOU OSOU

Návrh optického systému

Vlastnosti pseudo-nedifrakčních svazků jsou atraktivní zejména v případě extrémně úzkých svazků. Běžný gaussovský svazek, který je fokusován do stopy s malou pološirkou pasu, nutně vykazuje velkou úhlovou rozbíhavost a jeho dosah je relativně malý. Dopadá-li na čočku o ohniskové vzdálenosti f dobře kolimovaný svazek o pološirce pasu w_0, je pološirka pasu fokusovaného svazku dána jako

$$w_{0F}=\frac{\lambda f}{\pi w_0}. \tag{8}$$

Oblast z_G, ve které je možno svazek považovat za fokusovaný, je pak dána dvojnásobkem Rayleighovy vzdálenosti, tedy $z_G = 2z_0 = 2\pi w_0^{\,2}/\lambda$. Výhodnost besselovského-gaussovského svazku je zřejmá ze srovnání dosahu svazku z_{BG} pro poloměr jádra svazku srovnatelného s poloměrem pasu fokusovaného gaussovského svazku $\rho_0 = w_{0F}$. Parametr z_{BG} je v tomto případě závislý také na šířce dopadajícího svazku,

$$z_{\mathrm{BG}}=\frac{\pi w_0 w_{0F}}{\lambda}, \tag{9}$$

a proto s rostoucím poloměrem vstupního svazku roste i dosah pseudo-nedifrakčního svazku. Například pro čočku s ohniskovou vzdáleností $f = 50$ mm, pološirku pasu vstupního svazku $w_0 = 7{,}5$ mm a vlnovou délku $\lambda = 632$ nm je $z_G = 18$ μm, zatímco $z_{\mathrm{BG}} = 50$ mm.

Při návrhu optického systému pro transformaci gaussovského svazku na pseudo-nedifrakční bylo požadováno, aby výstupní svazek byl použitelný pro justážní a měřicí účely a měl příčný rozměr několika desetin milimetru. Pro použití v optických manipulacích se předpokládala jeho další rozměrová transformace na mikrosvazek s poloměrem několika mikrometrů.

Schéma navrženého optického systému je znázorněno na *obr. 3*. Kolimovaný laserový svazek s poloměrem pasu w_0 dopadá na axikon A. Za ním vzniká besselovský-gaussovský svazek s dosahem z_1

$$z_1 \approx \frac{w_0}{(n-1)\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\tau}{2}\right)} \tag{10}$$

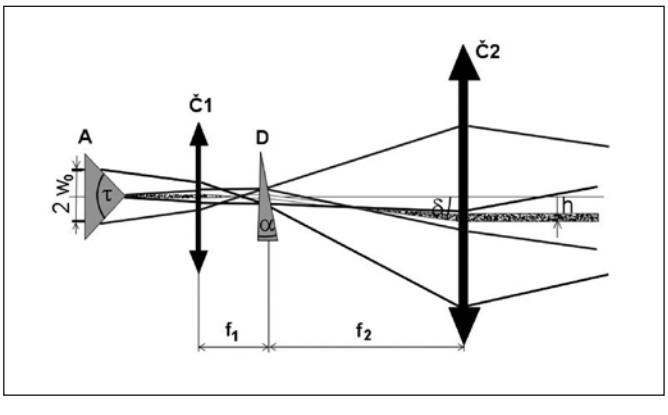
a jádrem o poloměru

$$\rho_1 \approx \frac{0{,}4\lambda}{(n-1)\left(\frac{\pi}{2}-\frac{\tau}{2}\right)}, \tag{11}$$

kde n je index lomu axikonu a τ je vrcholový úhel axikonu. (Při parametrech běžně nabízených axikonů jsou příčné rozměry vytvořeného svazku velmi malé. Poloměr stopy se v těchto případech pohybuje v rozmezí jednotek až desítek mikrometrů, odpovídající dosah pak obvykle výrazně nepřesahuje vzdálenost jednoho metru.) Za axikonem následuje teleskop se zvětšením $\Gamma_1 = - f_1 / f_2$. V tomto případě bylo zvoleno $f_1 < f_2$, aby došlo ke zvětšení jádra a prodloužení dosahu svazku. Při této volbě parametrů čoček může být svazkový konvertor použit pro justážní účely v laboratoři. Jeho jádro je dobře viditelné a má dostatečný dosah. Poloměr a dosah svazku vytvořeného za teleskopem mohou být jednoduše vyjádřeny pomocí zvětšení teleskopu,

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{|\Gamma_1|}\sqrt{1-\left(\frac{0{,}4\lambda}{\rho_1}\right)(1-\Gamma_1^2)}, \tag{12}$$

$$z_2 = \frac{z_1}{\Gamma_1^2}. \tag{13}$$



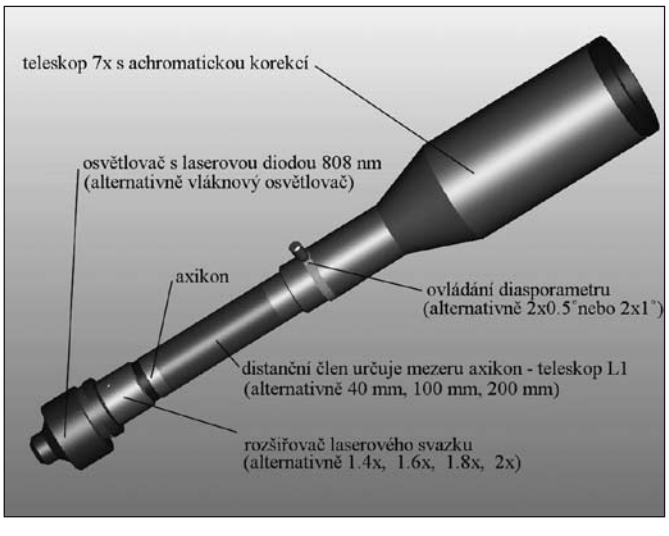
Obr. 3 Schéma optické soustavy svazkového konvertoru, který umožňuje transformaci gaussovského svazku na pseudo-nedifrakční svazek besselovského typu (A – axikon, D – diasporametr, optický klín s proměnným vrcholovým úhlem, Č1, Č2 – čočky teleskopu)

Optický systém byl navržen tak, aby umožňoval provedení fázové modulace prostorového spektra svazku vytvořeného axikonem. Jedná se o lineární změnu fáze (2), která zajišťuje přemístění osy do požadované pozice ve vymezeném poli příčné roviny. Principiálně lze požadovanou fázovou transformaci spektra realizovat optickým klínem s proměnným vrcholovým úhlem a s možností azimutálního natočení, který je umístěný do obrazové ohniskové roviny první čočky teleskopu. Je-li použit optický klín s indexem lomu n a vrcholovým úhlem α, který je azimutálně orientovaný tak, že svírá úhel φ vzhledem k ose x, vznikne za druhou čočkou teleskopu o ohniskové vzdálenosti f_2 pseudo-nedifrakční svazek, jehož osa je příčně posunutá do pozice $\Delta x = h \cos\varphi$, $\Delta y = h \sin\varphi$, kde $h = (n\text{-}1)\, \alpha f_2$. Pro realizaci proměnného klínu byla využita známá konstrukce diasporametru.

Optický systém svazkového konvertoru byl rozměrově řešen tak, aby bylo možné jeho výstupní svazek dále transformovat a zavést do laserové pinzety realizované ve verzi invertovaného mikroskopu. V této variantě použití je výstupní svazek naveden do dalšího teleskopu tvořeného čočkou a mikroskopovým objektivem s ohniskovými vzdálenostmi f_3 a f_{MO}. Jeho zvětšení je v tomto případě dáno jako $\Gamma_2 = - f_3 / f_{MO} >> 1$. Parametry svazku, který je využíván v optické pinzetě, jsou určeny zvětšením Γ_2 a pro jejich vyčíslení se dají užít vztahy (12) a (13).

Realizace svazkového konvertoru

Celková konstrukce svazkového konvertoru je zřejmá z *obr. 4*. Je tvořena třemi částmi, které lze od sebe oddělit, případně některou pro justážní účely vyčlenit. První část je osvětlovací, druhá je tvořena objímkou s axikonem a třetí částí je systém teleskopu. Osvětlovací část byla vyřešena ve dvou konstrukčních variantách. V první z nich je axikon osvětlen svazkem přivedeným optickým vláknem (numerická apertura 0,13, módový průměr 3,3 μm), za nímž následuje kolimační čočka s ohniskovou vzdáleností 25,4 mm. Při ověřování funkce systému byl do optického vlákna zaveden svazek He-Ne laseru (632,8 nm, 10 mW), při experimentech s optickou pinzetou byl použit laser Verdi V2 (532 nm, maximální výkon 2 W). Ve druhé variantě osvětlení je možno na těleso svazkového konvertoru upevnit adaptér s laserovou diodou Sanyo (808 nm, 150 mW), který zahrnuje opticko-mechanickou část pro symetrizaci jejího svazku. Symetrizační systém je tvořen asférickou čočkou a dvojicí anamorfotických hranolů pro odstranění elipticity. Svazek, který vystupuje z osvětlovače, může být rozměrově upraven pomocí laserového rozšiřovače s vhodným zvětšením. Rozměrová úprava svazku je potřebná pro optimální využití apertury optických prvků v jednotlivých nastaveních svazkového konvertoru. K úpravě svazku může být použita sada rozšiřovačů se zvětšením 1,4x, 1,6x, 1,8x a 2x.

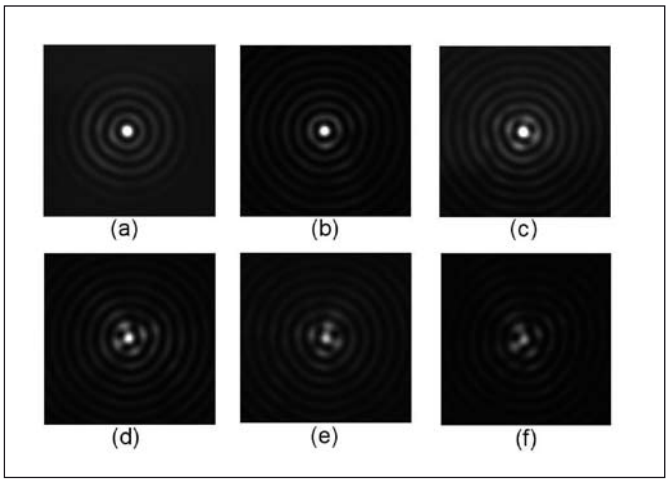


Obr. 4 Nákres svazkového konvertoru s popisem jednotlivých částí

Kolimovaný gaussovský svazek připravený osvětlovačem je dále transformován axikonem (Eksma 130-0278) s vrcholovým úhlem 178°. Dále následují dvě čočky, sestavené jako Keplerův teleskop, s ohniskovými vzdálenostmi 35 mm a 250 mm. V jejich společné ohniskové rovině je umístěn diasporametr, umožňující vytvářet proměnný klín s deviací $\delta = \pm 0{,}5°$. Ovládání klínovitosti je manuální, pomocí šroubu. Na výstupu optického systému svazkového konvertoru je získán besselovský-gaussovský svazek s poloměrem jádra 200 μm a dosahem 14 m. Změnou kolimační čočky může být dosah prodloužen až na 20 m.

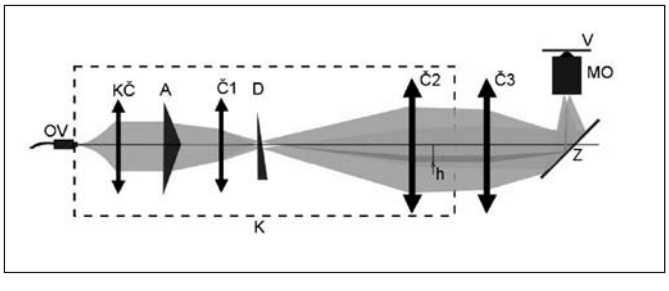
5. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

Svazek generovaný realizovaným systémem je využitelný pro justáž optických elementů a besselovskou interferometrii [16]. Poskytuje kvalitní svazek s dobrou symetrií stopy a relativně velkým dosahem. Na *obr. 5* jsou snímky intenzitního profilu svazku zaznamenané v různých vzdálenostech za optickým systémem.

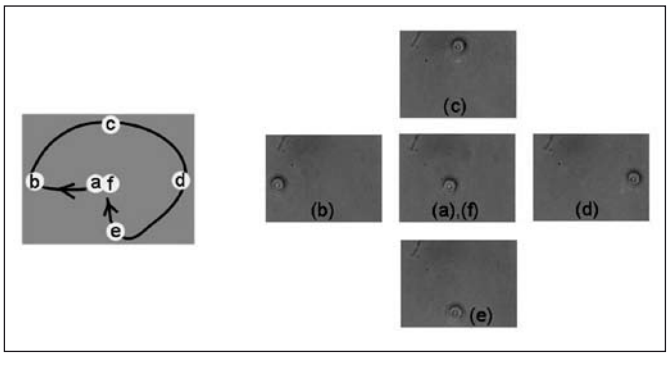


Obr. 5 Stopy svazku vytvořeného laserovým konvertorem v různých podélných vzdálenostech (průměr jádra 400 μm): (a) 2,8 m, (b) 6,5 m, (c) 10,5 m, (d) 14 m, (e) 17,5 m a (f) 20,5 m

Je zřejmé, že při průměru centrálního maxima 400 μm zůstává stopa bez výraznějších změn v oblasti o délce přibližně 15 m. Hlavním experimentálním záměrem bylo ale ověření využitelnosti generovaného svazku v optických manipulacích. V provedených experimentech byl jako vstup vláknového osvětlovače použit svazek laseru Verdi V2, který má dostatečný výkon pro vytvoření optických pastí. Výstupní svazek laserového konvertoru byl dále zmenšen dodatečným teleskopickým systémem sestaveným z čočky o ohniskové vzdálenosti 200 mm a mikroskopového objektivu o ohniskové vzdálenosti 1,8 mm (Olympus UPLFLN 100 x O2). Schéma uspořádání je na *obr. 6.* Svazek vytvořený v optické pinzetě



Obr. 6 Schéma součinnosti svazkového konvertoru a optické pinzety pro zachycení a plynulé příčné přemístění elektricky neutrálních částic (OV – optické vlákno, KČ – kolimační čočka, A – axikon, Č1, Č2 – čočky konvertoru, D – diasporametr, K – svazkový konvertor, Č3 – pomocná čočka, MO – mikroskopový objektiv, Z – zrcadlo, V - vzorek)



Obr. 7 Demonstrace zachycení polystyrénové kuličky o průměru 5 μm a jejího přemístění po trajektorii definované polohami (a)-(f). Plynulé přemístění je dosaženo otáčením šroubu diasporametru, který je umístěn uvnitř svazkového konvertoru

měl jádro o poloměru přibližně 2 μm a dosah 1,2 mm . Umožňoval zachycovat polystyrénové částice (Duke Scientific) o průměru 5 μm. Tyto částice byly příčně fixovány v jádru svazku a následně natlačeny na horní sklíčko preparátu. Pomocí šroubu diasporametru bylo možné zachycené částice plynule přemísťovat ve vymezené oblasti příčné roviny. Tato oblast byla čtvercová a její plocha byla 40×40 μm^2. Výsledky experimentu jsou znázorněny na *obr. 7.* V levé části obrázku je znázorněna zvolená trajektorie, po které má být částice transportována, v pravé části jsou snímky částice v jednotlivých pozicích trajektorie.Účinnost přenosu výkonu z optického vlákna do roviny preparátu optické pinzety byla přibližně 50%. Nejnižší výkon na výstupu osvětlovače, při kterém bylo ještě možné částice zachytit a manipulovat s nimi, byl 60 mW.

6. ZÁVĚR

V článku je podán přehled základních geometrických parametrů a fyzikálních vlastností pseudo-nedifrakčních svazků a jsou diskutovány možnosti jejich praktického využití. Hlavní pozornost je zaměřena na návrh a realizaci kompaktního optického systému, který umožňuje přímou konverzi kolimovaného gaussovského svazku na pseudo-nedifrakční svazek besselovského-gaussovského typu. Vstup systému je řešen ve dvou osvětlovacích variantách, které pracují se zářením přivedeným optickým vláknem nebo využívají laserovou diodu s opticko-mechanickým systémem pro symetrizaci svazku. Při návrhu systému svazkového konvertoru byly respektovány rozměrové požadavky dané zamýšlenými aplikacemi a využity poznatky, které umožňují plynulé přemístění osy svazku ve vymezeném poli příčné roviny. V provedených experimentech byla zkoumána možnost součinnosti svazkového konvertoru s optickou pinzetou. Byla ověřena možnost zachycení a plynulého přemístění částic o průměru 5 mikrometrů v relativně velkém zorném poli 40 x 40 μm^2. Systém je rovněž využíván k experimentům zaměřeným na vyhodnocení použitelnosti pseudo-nedifrakčních svazků pro přenos informace volným prostorem a pro justáž a interferometrickou kontrolu optických prvků. Návrh a realizace systému jsou výsledkem spolupráce mezi UP Olomouc a Meoptou – optika s.r.o. v rámci projektu MPO.

Poděkování

Návrh optického systému svazkového konvertoru byl řešen jako dílčí úkol projektu MPO v programu Tandem, FT-TA2/059 (nositel Meopta – Optika, s.r.o., spoluřešitelská pracoviště UP v Olomouci a ÚPT AV ČR v Brně). Na UP v Olomouci byla tématika článku rovněž podporována projekty Měření a informace v optice MSM 6198959213, Centrum moderní optiky LC06007 a projektem 202/06/307 GA ČR.

Literatura

[1] Durnin J., Micely J. J., Eberly J. H.: Diffraction-free beams, Phys. Rev. Lett. **58** (1987) 1499-1501.

[2] Sheppard C. J. R., Wilson T.: Gaussian-beam theory of lenses with annular aperture, Microwaves Opt. Acoustics **2** (1978) 105-109.

[3] Bouchal, Z., Wagner, J.: Nedifrakční svazky, Jemná mechanika a optika **45** (2000) 317-322.

[4] Bouchal Z.: Controlled spatial shaping of nondifracting patterns and arrays, Opt. Lett. **27** (2002) 1376-1378.

[5] Bouchal Z.: Physical principle of experiments with pseudo-nondiffracting fields, Czech. J. Phys. **55** (2005) 1223-1236.

[6] Gutiérez-Vega J.C., Iturbe-Castillo M.D., Chávez-Cerda S.: Alternative formulation for invariant optical fields: Mathieu beams, Opt. Lett. **25** (2000) 1493-1495.

[7] Bandres M. A., Gutiérez-Vega J. C., Chávez-Cerda S.: Parabolic nondiffracting optical wavefields, Opt. Lett. **29** (2004) 44-46.

[8] Bouchal Z., Peřina J.: Non-diffracting beams with controlled spatial coherence, J. Mod. Opt. **49** (2002) 1673-1689.
[9] Bouchal Z.: Optické víry-nový směr rozvoje singulární optiky, Čs. čas. fyz. **53** (2003) 11-19.
[10] Soskin M., Vasnetsov M. V.: Singular Optics, Progress in Optics E, Wolf, ed., (North-Holland, Amsterdam) **42** (2001) 219-276.
[11] Bouchal Z., Courtial J.: Connection of singular and nondiffracting optics. J. Opt. A: Pure Appl. Opt. **6** (2004) S184-S188.
[12] Lapointe M. R.: Review of non-diffracting Bessel beam experiments, Opt. Laser Technol. **24** (1992) 315-321.
[13] Bagini V., Frezza F., Santarsierro M., Schettini B., Spagnelo G.S.: Generalized Bessel-Gauss beams, J. Mod. Opt. **43** (1996) 1155 – 1166.
[14] Li D., Imasaki K.: Laser Bessel beam-driven electron acceleration, Jpn. J. Appl. Phys. **44** (2005) 6079-6083.
[15] Erdélyi M., Horváth Z. L., Szabó G., Bor Z., Tittel F. K., Cavallaro J. R., Smayling M. C.: Generation of diffraction-free beams for application in optical microlithography, J. Vac. Sci. Technol. B **15** (1997) 287-292.
[16] Fortin M., Piché M., Borra E.F.: Optical tests with Bessel beam interferometry, Opt. Express **12** (2004) 5887-5895.
[17] Čelechovský R., Bouchal Z.: Optical implementation of the vortex information channel, New J. Phys. **9** (2007) 328.
[18] Čižmár T., Kollárová V., Bouchal Z., Zemánek P.: Sub-micron particle organization by self-imaging of non-diffracting beams, New J. Phys. **8** (2006) 43.
[19] Čižmár T., Kollárová V., Tsampoula X., Gunn-Moore F., Sibbett W., Bouchal Z., Dholakia K.: Generation of multiple Bessel beams for a biophotonics workstation, Opt. Express **16** (2008) 14024-14035.
[20] McGloin D., Dholakia K.: Bessel beams: diffraction in a new light, Contemporary, Physics **46** (2005) 15-28.
[21] Bouchal Z.: Nondiffracting optical beams: physical properties, experiments, and applications, Czech. J. Phys. **53** (2003) 537-578.
[22] Bouchal Z., Wagner J., Chlup M.: Self-reconstruction of a distorted nondiffracting beam, Opt. Commun. **151** (1998) 207-211.
[23] Garcés-Chávez V., McGloin D., Melville H., Sibbett W., Dholakia K.: Simultaneous micromanipulation in multiple planes using a self-reconstructing light beam, Nature **419** (2002) 145.
[24] Bouchal, Z.: Resistance of nondiffracting vortex beam against amplitude and phase perturbations, Opt. Commun. **210** (2002) 155-164.
[25] Garcés-Chávez V., McGloin D., Summers M.D., Fernandez-Nieves A., Spalding G.C., Cristobal G., Dholakia K.: The reconstruction of optical angular momentum after distortion in amplitude, phase and polarization, J. Opt. A: Pere Appl. Opt. **6** (2004) S235-S238.
[26] Bouchal Z., Čelechovský R., Schwartzlander G., Jr., Spatially localized vortex structures, Localized waves, J. Wiley & Sons, Inc. (2008).

Mgr. Věra KOLLÁROVÁ, katedra optiky, PřF UP, Tř. 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, vera.kollarova@gmail.com
Prof. RNDr. Zdeněk Bouchal, Dr., katedra optiky, PřF UP, Tř. 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, bouchal@optics.upol.cz, tel.: 585 634 280
Mgr. Radek Čelechovský, katedra optiky, PřF UP, Tř. 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, celda@optics.upol.cz
Mgr. Tomáš Medřík, katedra optiky, PřF UP, Tř. 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, medrik@optics.upol.cz
RNDr. Vladimír Chlup, katedra optiky, PřF UP, Tř. 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, vladimir@chlup.net
RNDr. Antonín Pochylý, Meopta-optika, s.r.o, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, pochyly@meopta.com
RNDr. Milan Kalman, Meopta-optika, s.r.o, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, kalman@meopta.com
Ing. Tomáš Kubina, Meopta-optika, s.r.o, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, kubina@meopta.com

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, dvojité 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 nevčleňujte do textu, ale dodávejte ji jako samostatné grafické soubory typu *.CDR, *.EPS, *.TIF, *.JPG a *.AI (vektorovou grafiku jako *.EPS nebo *.AI soubory, bitmapovou grafiku jako *.TIF nebo *.JPG soubory). V žádném případě nedodávejte obrázek v souboru typu *.doc. Bitmapové soubory pro černobílé kresby musí mít rozlišení alespoň 600 dpi, pro černobílé fotografie nejméně 200 dpi a pro barevné nejméně 300 dpi. Při generování obrázků v COREL DRAW do souboru typu *.EPS převeďte 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 résumé a názvu článku do anglického (českého – slovenského) jazyka, klíčová slova, jména všech autorů včetně titulů, jejich plných adres, telefonického spojení a případně e-mailové adresy.

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

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

Hana CHMELÍČKOVÁ, Hana LAPŠANSKÁ, Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, Olomouc

Laserové opracování povrchů materiálů

Pomocí pulsního pevnolátkového Nd:YAG laseru byly prováděny experimenty v oblasti aplikací povrchového zpracování kovových i nekovových materiálů. Optimalizace parametrů natavování – melting s vyhodnocením struktury ovlivněné oblasti byla prováděna na vzorcích ocelí. Možnosti laserového zpracování plátů z polykrystalického křemíku jsou texturizace povrchu, rýhování s následným lomem a popis. Měření a zobrazení výsledků bylo umožněno kontaktním profilometrem Talysurf a laserovým konfokálním mikroskopem LEXT v naší laboratoři.

Klíčová slova: povrchové zpracování, Nd:YAG laser, přetavování, ocel, orýsování, křemík, konfokální laserová mikroskopie, induktivní profilometr

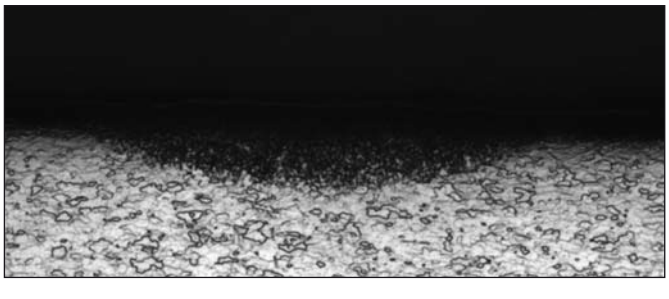
1. OPTIMALIZACE PŘETAVOVÁNÍ POVRCHU OCELÍ

Laserové přetavování – laser melting – řadíme do skupiny povrchových aplikací. Hustota výkonu laserového svazku v ohniskové rovině řádově 10^5 W.cm^{-2} způsobí natavení povrchu kovů s minimálním odpařením. Vhodné jsou lasery s rovnoměrným rozložením intenzity záření v příčném profilu svazku. Mezi středem natavené stopy a rozhraním s pevnou fází vzniká teplotní gradient. Rychlost ochlazování ovlivňuje mikrostrukturu natavené oblasti. Žádaným výsledkem je zlepšení kvality povrchu – nízká porosita, homogenizace, zvýšení mechanické a chemické odolnosti. Do procesu vstupuje celá řada parametrů. Na laserovém systému v naší laboratoří je nutno optimalizovat energii pulsu, jeho délku a frekvenci v závislosti na maximálním možném výkonu 150 W. Laserový svazek o průměru 0,6 mm v ohnisku má modovou strukturu TEM_{20} s ostrým maximem ve středu, proto je nutné pracovat několik milimetrů pod ohniskovou rovinou, kde průměr svazku diverguje na 1 – 1,5 mm a intenzitní maxima klesají. Průměr svazku spolu s frekvencí a použitou rychlostí vzorku vůči pracovní hlavě určují procento překrytí laserových pulsů. Při konstantní frekvenci pulsu f = 7 Hz byly postupně testovány závislosti na energii pulsu, průměru svazku, délky pulsu a rychlosti posuvu (*obr. 1*). Optimální hodnoty jsou délka pulsu t = 10 ms, rychlost posuvu v = 3,6 mm/s, průměr svazku 1,2 mm a energie řádově 10 J. Určující je plošná hustota energie, která musí přesáhnout 5.10^2 J/cm^2. Na příčných řezech laserem ovlivněných vzorků je zřetelná přetavená vrstva s přechodovou oblastí do základního materiálu (*obr. 2a - d*). Profil povrchu a šířky natavených oblastí byly měřeny a zobrazeny pomocí kontaktního profilometru. Software Talymap umožňuje plošné i prostorové zobrazení v režimu fotosimulace nebo axonometrie, extrakci příčného i podélného profilu apod. (*obr. 3*).

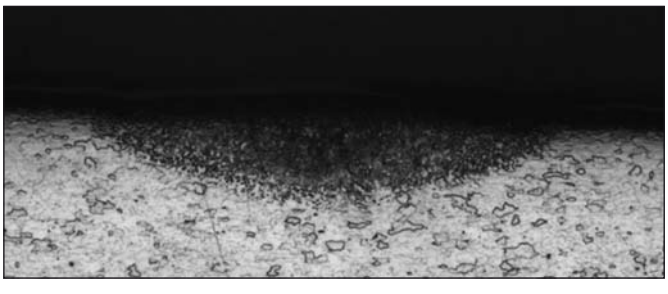
Tab. 1

E [J]	7,8	9,4	10,6	12,7
šířka [mm]	1,22	1,3	1,36	1,39
hloubka [mm]	0,242	0,304	0,322	0,374

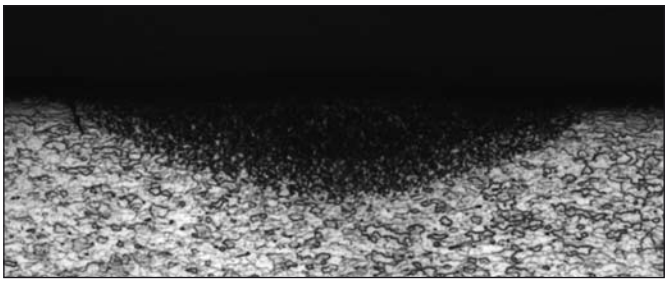
Obr. 1 Závislost natavené oblasti oceli ČSN 11373 na energii pulsu



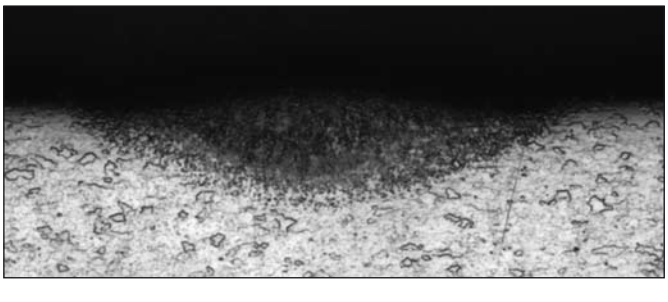
Obr. 2a Mikrostruktura v příčném profilu stopy, *E* = 7,8 J



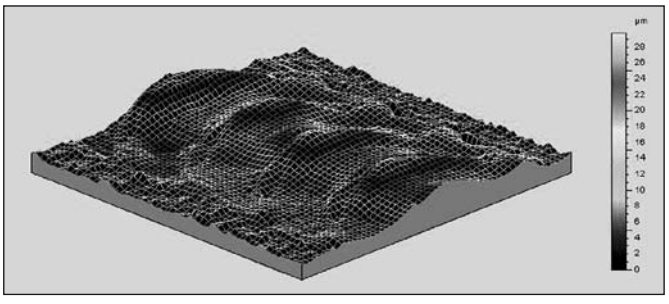
Obr. 2b Mikrostruktura v příčném profilu stopy, *E* = 9,4 J



Obr. 2c Mikrostruktura v příčném profilu stopy, *E* = 10,6 J



Obr. 2d Mikrostruktura v příčném profilu stopy, *E* = 12,7 J

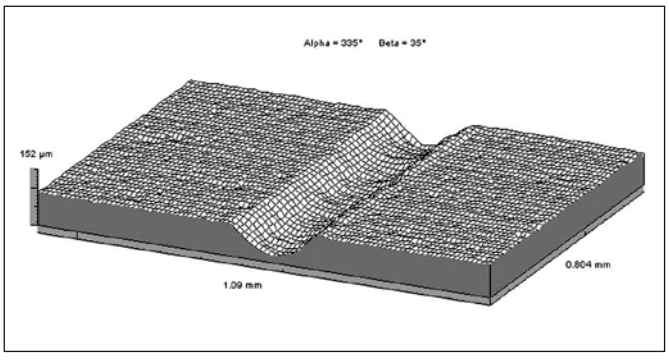


Obr. 3 Axonometrická projekce laserem natavené stopy na ocelové podložce

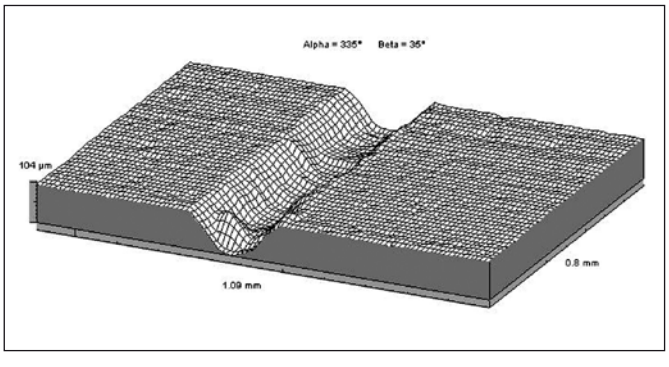
2. MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ KŘEMÍKU PULSNÍM LASEREM

Leštěný polykrystalický křemík ve formě tenkých plátků (wafers) se používá ve fotovoltaickém průmyslu na výrobu solárních panelů, v elektronice jako základová deska pro obvody [1]. Základním produktem je uměle vypěstovaný krystal ve formě válce, který se na drátové pile rozřezává na desky potřebné tloušťky. Další opracování na menší části nebo opracování povrchu je mechanickými prostředky obtížné, protože desky jsou pevné, ale křehké. Možnosti opracování křemíku laserem jsou široké, v literatuře se hovoří zejména o vrtání, orýsování, izolaci kontaktů, texturizaci povrchu. Většinou se používají Q-switch pevnolátkové lasery s výkony do 50 W s harmonickými vlnovými délkami 532 nm, 355 nm a 266 nm, které mají vyšší absorpční koeficient pro křemík než základní čára 1064 nm. Tyto lasery jsou vestavěny do speciálních systémů pro zpracování křemíku s obvyklými parametry: délka pulsu 50 - 500 ns při frekvencích 1 - 50 kHz, vrcholový výkon v pulsu v oblasti 0,5 - 2 GW/cm^2 a průměr svazku v ohniskové rovině 5 -10 μm s parametrem kvality svazku $M^2 < 1,3$. (Nd:YAG, Nd: YVO (Vanad) nebo Nd: YLF laser [2].

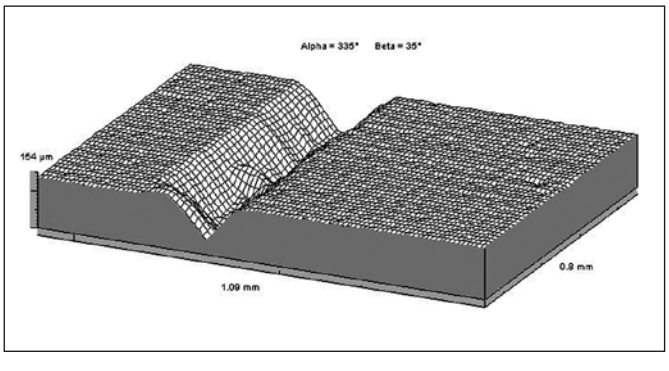
Pulsní pevnolátkový laser KLS s maximálním výkonem 150 W pro svařování, 50 W pro řezání a 28 W pro jemné řezání má variabilní koncové zrcátko, clonku a vzdálenost zadního zrcadla od čela krystalu *L*. Můžeme dosáhnout průměru laserové stopy v ohnisku 0,2 - 0,16 mm s clonkou 3,2 mm a L_2 = 390 mm, laserový svazek má modovou strukturu TEM_{20}. Pro experimenty s křemíkem bylo nutné přepočítat parametry, používané pro Q-switch pevnolátkové lasery (s akustooptickou závěrkou v rezonátoru) [3] se zachováním plošné energie a průměrného výkonu P = 27 W, při konstantním tlaku ochranného plynu p = 3 bary a délce pulsu t = 0,15 ms. Z prvních experimentů vyplývá, že plošná hustota energie pod 400 J/cm^2 (E = 100 mJ) způsobí pouze natavení stopy na matném, neočištěném křemíku, na lesklém způsobí drážku při nízké rychlosti 4 mm/s. Dle tabulky (*obr. 4*) byly provedeny a srovnány následující stopy na matném křemíku 3 mm silném, tytéž parametry na tenkém leštěném křemíku způsobily řezy od energie 120 mJ výše. Při vyšších energiích je patrný žádaný tvar drážky – písmeno V (*obr. 5 a – d*) [4]. Parametry laseru byly nastaveny na hustotu energie 5.10^3 J/cm^2 (varianta KLS4 s delším pulsem 0,18 ms). Byla naprogramována mřížka se šestnácti obdélníčky o rozměrech 5,6 mm x 7,5 mm. Jeden přejezd způsobí průřez do hloubky 0,6 mm na matném křemíku o tloušťce 0,8 mm. Podél rýh lze potom snadno rozlámat destičku na malé obdélníčky. Rozdíl mezi drsnou orýsovanou hranou a lesklou lomnou je zřetelný ze záznamu na laserovém konfokálním mikroskopu LEXT (*obr. 6*).



Obr. 5a Laserová stopa na matném křemíku vytvořená s energií E = 100 mJ



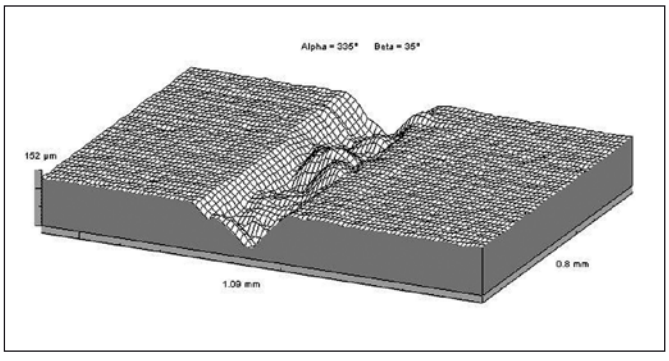
Obr. 5b Laserová stopa na matném křemíku vytvořená s energií E = 133 mJ



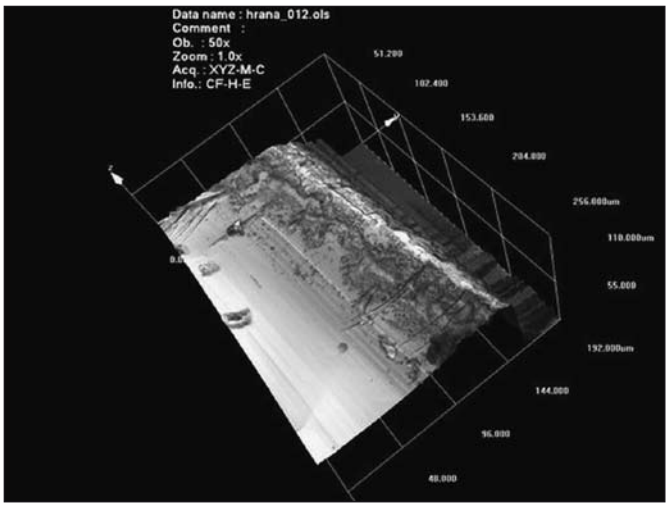
Obr. 5c Laserová stopa na matném křemíku vytvořená s energií E = 165 mJ

	f [Hz]	D [mm]	PP [%]	v [mm/s]	P [W]	E [mJ]	Qe [J/cm^2]
Q -switch	20 000	0,02	90	40	40	2	637
KLS1	200	0,2	90	4	27	100	318
KLS2	165	0,2	87	4	27	120	382
KLS3	133	0,2	85	4	27	150	478
KLS4	100	0,2	80	4	27	200	637

Obr. 4 Návrh parametrů pro orýsování křemíku



Obr. 5d Laserová stopa na matném křemíku vytvořená s energií $E = 200$ mJ



Obr. 6 Přechod zlomené a orýsované části na boční straně křemíkového tvaru

ZÁVĚR

Pulsním Nd:YAG laserem s vlnovou délkou 1064 nm byly nataveny laserové stopy na povrchu substrátu z nízkouhlíkové oceli s cílem optimalizovat parametry procesu, dále byly zpracovány křemíkové plátky a desky o tloušťce 0,3 mm a 5 mm. Ve srovnání s používanými a vhodnějšími *Q*-switched lasery jsme použili jiné hodnoty energie, délky a frekvence při zachování hodnoty průměrného výkonu $P = 20$ W – 30 W a plošné hustoty energie pulsu $Q_e = 500 – 1000$ J/cm^2 . Možnosti dělení orýsováním, texturizace povrchu a řezání byly testovány. Zjištěné závislosti rozměrů laserových stop na energii, rychlosti posuvu a tlaku ochranného plynu byly zobrazeny různými metodami, dostupnými v naší laboratoři, kontaktní, bezkontaktní a interferometrické. Výsledky budou použity pro další experimenty s jinými druhy ocelí a upraveným křemíkem.

Poděkování

Práce byla vytvořena za podpory Projektu AV ČR č. KAN 301370701.

Literatura

[1] http://www.xsil.com/xsil/Main/Applications_Dicing.htm: *Wafer dicing*, XSiL Ltd, Silverstone House, Ballymoss Road, Sandyford, Dublin 18, Ireland, 2008
[2] MASON, N.B., FIERET J. *Advanced laser processing for industrial solar cells manufacturing*. Contract no. S/P2/00368/REP, BP Solar Limited, UK, 2006, pp. 9 – 36.
[3] http://www.laserod.com/Si.shtm: *Silicon laser machining*, Laserod Inc., 20312 South Gramercy Place, Torrance, CA 90501, U.S.A., 2008
[4] L. A. DOBRZANSKI, A. DRYGALA: *Laser processing of multicrystaline silicon for texturization of solar cells*. Journal of Material Processing Technology. Vol. 191 (2007), pp. 228-231.

RNDr. Hana Chmelíčková, Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 631 516, e-mail: hana.chmelickova@upol.cz
Mgr. Hana Lapšanská, Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 634 284, e-mail: hana.lapsanska@upol.cz

SPIE/CS – společnost optiků informuje

Nabízíme následující volné sborníky SPIE k odprodeji:

Proceeding of SPIE
Advanced Laser Technologies
(Prague, Czech Republic 8-13 November 1993)
Vol. 2332 7 ks
Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 20 %.

Iodine Lasers and Applications
(Trest Castle, Czech Republic 18-22 September 1995)
Vol. 2767 4 ks
Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 20 %.

11th Slovak-Czech-Polish Optical Conference on Wave and Quantum Aspects of Contemporary Optics
(21-25 September 1998, Stará Lesná, Tatra Mountains, Slovak Republic)
Vol. 3820 4 ks
Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 20 %.

Photonics, Devices, and Systems (Proceedings from Photonics Prague '99)
(21-23 June 1999, Prague, Czech Republic)
Vol. 4016 1 ks
Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 20 %.

Laser Interferometry X: Applications
(2-3 August 200, san Diego, USA)
Vol. 4101 1 ks
Cena 100,- Kč/ks + poštovné, pro členy SPIE/CS sleva 20 %.

Jaroslav POSPÍŠIL, Klára ŠAFÁŘOVÁ
Přírodovědecká fakulta UP a Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR v Olomouci

Příčné elektronové vlnové módy v elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvě

V článku jsou formulovány a interpretovány základní kvantové vzorce pro příčné elektronové vlnové módy v elektricky vodivé kovové nebo polovodičové homogenní mezoskopické tenké vrstvě v závislosti na přiměřeném statickém příčném parabolickém rozložení vnitřní elektrické potenciální energie a působícím vnějším ladicím homogenním magnetostatickém poli. Východiskem je modifikovaná nečasová Schrödingerova rovnice jednoho elektronu se zvolenou normovanou monovlnočtovou vlnovou funkcí a příslušnými vlastními příčnými vlnovými funkcemi a vlastními energiemi. Jejich analýza je pak postupně zaměřena k příčným elektrickým, magnetickým a magneto - elektrickým elektronovým vlnovým módům. Zavedené separované příčné vlnové módy v diskutovaných elektronových vlnovodech jsou analogické s příčnými vlnovými módy v elektromagnetických vlnovodech. Jde o aktuální problematiku s praktickým významem pro rozvoj integrovaných elektronických, optoelektronických a elektrooptických systémů.

1. ÚVOD

Mezoskopické elektronové vodiče jsou moderní vzorky s difuzně rozptýlenými driftově se šířícími elektrony, jejichž elektricky efektivní funkční rozměry obvykle nepřekračují tyto tři základní charakteristické kolizní délky: de Broglieho vlnová délka elektronu, střední volná dráha elektronu a délka fázové relaxace elektronu. Tyto rozměry se široce liší u vzorků různé fyzikální podstaty a geometrie a závisí na zvolených funkčních a měřicích podmínkách. Zhotovení takových vzorků (k nimž patří i nanometrické vodiče, tj. elektronové vodiče o nanometrických funkčních rozměrech) umožňuje existence moderních planárních technologií, rozvíjejících se výrazně asi od roku 1980. Navazující teoretické a experimentální výzkumy, zaměřené především na kovové a polovodičové elektronové mezoskopické vzorky, prokazují jejich specifické elektrické a magnetické vlastnosti v porovnání s jejich makroskopickými formami s aktuálním praktickým využitím pro další miniaturizaci a vývoj nových integrovaných elektronických, optoelektronických a elektrooptických systémů (viz např. [1-3]).

Zatímco v předcházejících autorských článcích [4,5] je obsaženo shrnutí základních možných kvantových pojetí šíření elektronů v mezoskopických modifikacích polovodičů a jsou prezentovány dva základní teoretické modely slabé a silné elektronové magnetorezistence v tenké elektricky vodivé mezoskopické vrstvě (tj. vlivu vnějšího magnetického pole na její elektrickou rezistivitu-plošný elektrický ohmický měrný odpor), jsou v návaznosti v tomto článku kvantově diskutovány příčné elektronové vlnové módy (jejich složková jednoduchá příčná rozložení) v takové vrstvě v závislosti na příslušném příčném rozložení její vnitřní elektrické potenciální energie a na působícím vnějším homogenním magnetostatickém poli. Takové separované módy jsou analogické s příčnými (transverzálními) vlnovými módy v elektromagnetických vlnovodech a odpovídající elektronové vodiče se proto nazývají elektronové vlnovody.

2. FUNDAMENTÁLNÍ KVANTOVÉ ROVNICE PŘÍČNÝCH ELEKTRONOVÝCH VLNOVÝCH MÓDŮ V ELEKTRICKY VODIVÉ MEZOSKOPICKÉ TENKÉ VRSTVĚ

Předpokládejme model elektricky vodivé kovové nebo polovodičové mezoskopické tenké vrstvy podle obr. 1. Nechť tento model je situován v pravoúhlé souřadné rovině (x, y) a je tvořen homogenním pravoúhlým elektronovým vodičem o délce l ve směru souřadné osy x a o zanedbatelné tloušťce v kolmém směru souřadné osy z. Jde tudíž prakticky o dvourozměrnou (2D) vodivou vrstvu a její mezoskopický efektivní funkční příčný rozměr nechť zajišťuje její úzká šířka d ve směru souřadné osy y. Předpokládejme dále, že pohyb elektronů v této vrstvě je obecně ovlivněn uvažovaným příčným statickým rozložením $\mathcal{U}(y)$ vnitřní omezující (hraniční, vazební) elektrické potenciální energie od vnitřních prostorových elektrických nábojů a případně i vnějším ladicím statickým magnetickým polem o indukci $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{B}_z$. Takže z kvantově-mechanického hlediska lze v souladu například s publikacemi [2, 3, 6-9] tomuto pohybu přiřadit modifikovanou nečasovou Schrödingerovu rovnici pro jeden vodivostní elektron ve tvaru

$$\left[W_s + \frac{\left(\mathrm{i}\hbar\nabla + e\boldsymbol{A}\right)^2}{2m} + \mathcal{U}\left(y\right) \right] \psi\left(x,y\right) = W\psi\left(x,y\right). \qquad (1)$$

Přitom $\psi(x, y)$ je elektronová vlnová funkce pro rovinu (x, y) a $\boldsymbol{A} = \boldsymbol{A}(A_x,A_y,A_z)$ představuje magnetický vektorový potenciál přítomného magnetického pole o vektoru indukce $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{B}(B_x,B_y,B_z)$, který splňuje vektorový součin [10, 11]

$$\boldsymbol{B} = \nabla \times \boldsymbol{A}\,. \qquad (2)$$

W reprezentuje celkovou energii elektronu o elektrickém náboji e a efektivní hmotnosti m (tj. o hmotnosti ovlivněné rozložením elektrického potenciálu mřížkové struktury vodiče) a W_s má význam dolní hranice (dolní hrany, dna) vodivostního energetického pásu uvažované 2D - vodivé vrstvy. Znak (Diracova konstanta) $\hbar$ souvisí s Planckovou konstantou h podle relace $\hbar = h / 2\pi$, i je imaginární jednotka a symbol

$$\nabla = \boldsymbol{x}^0 \frac{\partial}{\partial x} + \boldsymbol{y}^0 \frac{\partial}{\partial y} + \boldsymbol{z}^0 \frac{\partial}{\partial z} \qquad (3)$$

představuje při jednotkových vektorech $\boldsymbol{x}^0$, $\boldsymbol{y}^0$ a $\boldsymbol{z}^0$ ve směrech x, y a z Hamiltonův vektorový diferenciální operátor (nabla operátor).

Za zvoleného předpokladu konstantního homogenního magnetického pole $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{B}_z$ o hodnotě $B = B_z$ v nejúčinnějším směru z, kolmém k rovině (x, y) uvažované 2D-vodivé vrstvy o délkovém směru x, lze akceptovat rovnosti

$$A_y = 0, \quad A_z = 0, \quad B = -\frac{\partial A_x}{\partial A_y} \qquad (4)$$

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA
2008

Ročník 53

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.

Tiskne TYPOservis Holešov, Masarykova 650, 769 01 Holešov, tel.: 573 398 746, e-mail: dtp@typoservis.cz

Odpovědný zástupce vydavatele: prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc.
Šéfredaktor: dipl. 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,
e-mail: eva.pelclova@upol.cz

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

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen – Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Mooros 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 2008

Ákos A. 2/50
Balling P. 11-12/301
Bartl J. 10/280
Bican P. 2/48
Blažek J. 9/242
Bok J. 4/122
Bořil T. 7-8/196
Brezina I. 4/127, 9/255, 11-12/327
Brůnová B. 11-12/328
Brodmann B. 7-8/209
Brodmann R. 7-8/209
Brzobohatý O. 1/6
Břínek L. 6/187
Buchta Z. 1/16, 11-12/301
Ciprian D. 4/111, 7-8/223, 11-12/293
Čandík M. 5/136
Čižmár T. 1/6
Číp O. 1/16, 11-12/301
Čížek M. 1/16, 11-12/301
Daněk L. 1/11
Dobránsky J. 3/80, 5/150
Dolejší J. 11-12/307
Drexler P. 6/166
Dupák J. 1/27
Dupák L. 1/27
Eigl J. 5/132
Falhar M. 2/35
Fiala P. 6/166, 10/270
Fojtů D. 5/148
Franc J. 10/266
Frank L. 1/3
Galiová M. 6/179
Ganev N. 9/232
Hanzelka P. 1/20
Hiklová H. 7-8/215, 10/283
Hloch S. 3/82, 5/153, 9/249, 11-12/295
Hlubina P. 4/111, 7-8/223, 11-12/293
Horáček M. 1/11
Horňák P. 2/51
Hotař V. 9/240
Hrabě P. 9/249
Hrabina J. 1/16
Hrabovský M. 4/125, 4/126
Hradil Z. 10/264
Hrdý J. 3/73
Hrdý J., jr. 3/73
Hrnčíř T. 6/187
Hrubý M. 7-8/199
Hružík L. 5/133,146
Hůla J. 4/117
Hutař O. 3/90, 10/276
Chlebus R. 7-8/223
Chmelík R. 6/187
Chráska P. 4/99
Indruch J. 3/69
Ivanka J. 5/143
Jákl P. 1/6
Jedlička M. 10/273, 11-12/326
Jedlička P. 1/16
Jelínek J. 1/20
Jersák J. 9/232
Ježek J. 1/6
Jonáš A. 1/6
Kadnár M. 9/249
Kaiser J. 6/179
Kalousek R. 6/187
Kapitánik P. 7-8/195
Kapounek P. 1/27
Karásek V. 1/6
Karmášek J. 2/63
Kmoch J. 4/117
Knápek A. 3 /90, 10/276
Kokrhel S. 1/11
Kolařík V. 1/11
Konečný P. 11-12/301
Konkol T. 10/274
Konvalina I. 2/57
Košina T. 5/143
Kracík P. 7-8/209
Král B. 6/165
Králík T. 1/20
Krehel' R. 3/80, 5/150, 11-12/298
Krejčírovičová T. 6/163
Kroulík M. 3/87, 4/117
Křen P. 11-12/301
Křesálek V. 5/143
Kumhála F. 3/87, 4/117
Kůr J. 5/142, 11-12/301
Kušnerová M. 9/249
Lazar J. 1/16, 30, 11-12/301
Lencová B. 1/11
Lesňák M. 11-12/291
Libra M. 2/48,60, 7-8/201
Liška M. 6/179, 10/262
Louda P. 9/231

Lovicar L. 6/187
Luňáček J. 4/111, 11-12/293
Luňáčková M. 4/111, 11-12/293
Malina R. 6/179
Malý P. 10/266
Mareš J. 2/48,60
Mašek J. 3/87
Matějka F. 1/11
Mesároš V. 11-12/310
Mikel B. 1/16, 11-12/301
Mikš A. 2/41, 5/132, 11-12/320
Miler M. 4/121, 7-8/215, 10/283
Mlynář J. 4/99
Monková K. 3/82
Moťka V. 10/260
Müller M. 9/249
Müllerová I. 2/57
Musilová V. 1/20
Navrátil M. 5/143
Neděla V. 2/53
Němcová Š. 11-12/303
Nenáhlo Č. 7-8/220
Nevřala J. 2/52, 4/125
Novák J. 3/95, 5/159, 6/191, 10/286, 11-12/311, 320, 328
Novák P. 11-12/311,320
Novotný J. 6/179
Novotný K. 6/179
Oupický P. 7-8/211
Pala J. 2/63
Pala Z. 9/232
Páleníková K. 5/153
Petríková I. 9/245
Petrová S. 2/44
Pfeifer P. 3/90, 10/276
Pištora J. 11-12/291
Plant I. 10/286
Plšek R. 6/184
Pluháček F. 2/46, 7-8/204
Polák M. 9/253
Popov A. 9/247
Pospíšil J. 3/73, 4/103, 6/172, 7-8/204, 11-12/325
Poulek V. 2/48, 7-8/201
Prošek V. 3/87, 4/117
Radlička T. 1/11
Red. 7-8/214, 10/259
Reicheltová V. 9/237
Richter I. 10/270
Roubalíková L. 2/53
Rusnák J. 9/249
Růžička B. 1/16
Sedláček J. 11-12/307
Schmidt E. 10/268
Smutný D. 7-8/209, 11-12/301
Snopek D. 4/100
Spousta J. 6/184,187
Srnka A. 1/20
Starčuk Z. 1/24
Starčuková J. 1/24
Střítecký M. 1/31
Synek S. 2/44
Šafářová K. 4/103, 6/172
Šerý M. 1/6
Šikola T. 6/184,187
Šiler M. 1/6
Škereň M. 10/270
Šmíd R. 1/16
Štrba A. 11-12/310
Šulc V. 3/94
Šustr L. 6/187
Tlášek K. 7-8/209
Tomanec O. 6/187
Tománek P. 3/93, 10/267, 10/272, 11-12/319
Trinkl A. 4/114
Trojek J. 1/6
Tůma Z. 7-8/203
Uhlíř V. 6/184
Urban P. 1/20
Urbánek M. 1/11, 6/184
Václavík P. 11-12/303
Valíček J. 5/153, 9/249, 11-12/295
Vašina M. 5/133, 5/140, 146, 148, 157
Včelař F. 5/136
Vlček I. 1/27
Vlček J. 11-12/291
Volčík V. 5/157
Vrzala R. 9/245
Wagner J. 2/46
Weyda F. 2/53
Wíttek R, 11-12/301
Zeman J. 4/122
Zemánek P. 1/6
Zicha J. 3/94
Zlínský M. 4/117
Zobač M. 1/27

Věcný rejstřík 2008

1. OPTIKA

Laboratoř optických mikromanipulačních technik – nové výzkumné směry 1/6
Asférické brýlové čočky 2/41
Pätdesiat‘ rokov od založenia Katedry presnej mechaniky a optiky na Technickej univerzite v Budapešti 2/50
Využitie 3D skenera pri skúmaní topografie tvarovo zložitých súčiastok 3/82
Podobnosti fotonových a elektronových vln v mezoskopických vodičích 4/103
Využití okenní Fourierovy transformace a waveletové transformace k rekonstrukci fáze spektrálního interferenčního signálu 4/11
Kompenzace lineárního dvojlomu v magneto-optických vláknových senzorech 6/166
Kvantové pojetí konfigurace elektronů v mezoskopických polovodičích 6/172
Algoritmus pro automatické nastavení vzorku do fokusační roviny laseru v sestavě laserové spektroskopie (LIBS) 6/179
Dva základní teoretické modely elektronové magnetorezistence elektricky vodivé mezoskopické tenké vrtstvy 7-8/204
Radiometry a fotometry 7-8/211
Prostředí se záporným indexem lomu – I. Část 7-8/215
Měření skupinové disperze optického prvku s využitím spektrální tandemové interferometrie v bílém světle 7-8/223
Optický monitoring tenkých vrstev na vakuových aparaturách fy Leybold 10/274
Měření signálu pyroelektrického čidla pomocí nízkošumového širokopásmového měřicího předzesilovače 10/276
Prostřední se záporným indexem lomu – II. část 10/283
Výuka a vědeckovýzkumná činnost v optických disciplínách na Institutu fyziky VŠB – TU Ostrava 11-12/291
Vliv použitého modelu odrazivosti na určení velikosti tloušťky tenké vrstvy 11-12/293
Interferometrické metody vyhodnocování fáze vlnového pole v optice 11-12/311
Vybrané trendy v oblasti interferometrických metod pro kontrolu optiky 11-12/320
Obor Optika a optometrie na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT 11-12/328

2. MĚŘICÍ TECHNIKA + ŘÍDICÍ TECHNIKA

Laboratoř interferometrie a vysoce koherentních laserů 1/16
Nový fotovoltaický systém se zvýšenou efektivitou na ČZU v Praze..... 2/48
Svetelnotechnický výpočet a meranie zariadení na osvetlenie tunelov 2/51
Konstrukce a testování solárního regulátoru v ostrovním fotovoltaickém systému 2/60
Návrh a realizácia merania technického stavu ložiska pomocou vibrodiagnostického systému 3/80
Využitie 3D skenera při skúmaní topografie tvarovo zložitých súčiastok 3/82
Kapacitní čidlo pro měření průchodnosti brambor 3/87
Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors 3/90
Představujeme Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. a tokamak COMPASS 4/99
Vývoj testovací metody pro optiku určenou k detekci elementárních částic 4/100
Využití okenní Fourierovy transformace a waveletové transformace k rekonstrukci fáze spektrálního interferenčního signálu 4/111
Nová konstrukce taktilních snímačů – základní měření jednotlivých měřicích bodů snímací matice potřebné pro kalibraci snímače 4/114
Využití tříbodového závěsu traktoru k měření tahové síly 4/121
Využití CCD kamery pro zjištění reologických vlastností biovzorku 4/122
Experimentální stanovení modulu pružnosti hadic 5/133
Fotovoltaické systémy pro přímou transformaci solární energie 5/140
Vizualizace blízkých elektromagnetických polí elektronických systémů 5/143
Měření modulu pružnosti kapalin 5/146
Vliv znečištění atmosféry na výkonnost solárních panelů 5/148
Uplatnenie matematickej aproximácie v procese korekcie rozmerového defektu rezného nástroja 5/150

Aplikácia optického profilometra microprof FRT v experimentálnej štúdii topografie povrchu hliníka vytvoreného hydroabrazívnym delením....5/153
Kompenzace lineárního dvojlomu v magneto-optických vláknových senzorech 6/166
Algoritmus pro automatické nastavení vzorku do fokusační roviny laseru v sestavě laserové spektroskopie (LIBS) 6/179
Měření magnetických vlastností tenkých vrstev pomocí magnetooptického Kerrova jevu 6/184
Studium vlastností mikro- a nanostruktur v oblasti plazmoniky na Ústavu fyzikálního inženýrství FSI VUT v Brně..... 6/187
Rexroth camoLINE – karteziánský stavebnicový systém integruje pneumatické, mechanické a elektrické funkce 7-8/196
Vy máte nápad, my máme řešení 7-8/199
Provozní nasazení senzorů Optosurf při kontrole funkčnosti povrchů 7-8/209
Radiometry a fotometry 7-8/211
Strojírenská měřicí technika..... 7-8/220
Měření skupinové disperze optického prvku s využitím spektrální tandemové interferometrie v bílém světle 7-8/223
Zkušenosti s REM a EDX analýzou při studiu materiálů 9/232
Systém objektivního off-line hodnocení vlnitosti plochého skla 9/240
Využití endoskopické vizualizační techniky při výzkumu spalovacích motorů 9/242
Analýza destrukce diamantových brusných kotoučů 9/247
Geometrické aspekty drsnosti povrchu klasických a netradičních technologií 9/249
Damascenská ocel – středověký kompozit z pohledu současnosti 9/253
Optický monitoring tenkých vrstev na vakuových aparaturách fy Leybold 10/274
Měření signálu pyroelektrického čidla pomocí nízkošumového širokopásmového měřicího předzesilovače 10/276
Vlastnosti skloviny a ich závislosť na teplote 10/280
Výuka a vědeckovýzkumná činnost v optických disciplínách na Institutu fyziky VŠB – TU Ostrava 11-12/291
Vliv použitého modelu odrazivosti na určení velikosti tloušťky tenké vrstvy 11-12/293
Diagnostické meranie vibrácií pri hodnotení vplyvu opotrebenia fokusačnej trubice počas hydroabrazívneho delenia hliníka 11-12/295
Počítačová simulácia systému na bezkontaktné snímanie kmitavosti rotačných a posuvných konštrukčných častí v strojoch a zariadeniach.... 11-12/298
Laserový komparátor pro kalibraci délkových snímačů 11-12/301
Mechanizmus chladnutí nápojů – srozumitelný fyzikální popis 11-12/307
Interferometrické metody vyhodnocování fáze vlnového pole v optice..... 1-12/311
Vybrané trendy v oblasti interferometrických metod pro kontrolu optiky 11-12/320

3. TECHNOLOGIE

Nukleární magnetická rezonance v ÚPT – tradice a perspektivy 1/24
Prototyp stolní elektronové svářečky MEBW-60/2 ..... 1/27
Environmentální rastrovací elektronová mikroskopie a její aplikační možnosti 2/53
Obrazy ze sekundárních elektronů v rastrovacích elektronových mikroskopech..... 2/57
Konstrukce a testování solárního regulátoru v ostrovním fotovoltaickém systému 2/60
Rozvojový program Dioptry a.s. Turnov 2/63
Historie Meopty 3/67
55 let vývojových tradic v Meoptě 3/69
Návrh a realizácia merania technického stavu ložiska pomocou vibrodiagnostického systému 3/80
Využitie 3D skenera pri skúmaní topografie tvarovo zložitých súčiastok 3/82
Kapacitní čidlo pro měření průchodnosti brambor 3/87
Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors 3/90
Představujeme Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. a tokamak COMPASS 4/99
Vývoj testovací metody pro optiku určenou k detekci elementárních částic....4/100
Využití tříbodového závěsu traktoru k měření tahové síly..... 4/117
Experimentální stanovení modulu pružnosti hadic 5/133
Fotovoltaické systémy pro přímou transformaci solární energie 5/140
Vizualizace blízkých elektromagnetických polí elektronických systémů 5/143
Měření modulu pružnosti kapalin 5/146
Vliv znečištění atmosféry na výkonnost solárních panelů 5/148
Uplatnenie matematickej aproximácie v procese korekcie rozmerového defektu rezného nástroja 5/150
Aplikácia optického profilometra microprof FRT v experimentálnej štúdii topografie povrchu hliníka vytvoreného hydroabrazívnym delením....5/153
Využití odpadních polyuretanových materiálů při tlumení vibrací 5/157
Představujeme společnosti PROTOTYPA 6/165
Algoritmus pro automatické nastavení vzorku do fokusační roviny laseru v sestavě laserové spektroskopie (LIBS) 6/179
Měření magnetických vlastností tenkých vrstev pomocí magnetooptického Kerrova jevu..... 6/184
Bosch Rexroth slavnostně otevřel nový závod 7-8/195
Rexroth camoLINE – karteziánský stavebnicový systém integruje pneumatické, mechanické a elektrické funkce 7-8/196
Testy fotovoltaického systému se zvýšenou efektivitou v reálných podmínkách provozu 7-8/201
Provozní nasazení senzorů Optosurf při kontrole funkčnosti povrchů 7-8/209
Strojírenská měřicí technika 7-8/220
Vliv způsobu chlazení na zbytková napětí v povrchové vrstvě broušených součástí 9/232
Zkušenosti s REM a EDX analýzou při studiu materiálů 9/237
Systém objektivního off-line hodnocení vlnitosti plochého skla 9/240
Využití endoskopické vizualizační techniky při výzkumu spalovacích motorů 9/242
Broušení čelními stěnami rotujících kotoučů – přenášený moment 9/245
Analýza destrukce diamantových brusných kotoučů 9/247
Geometrické aspekty drsnosti povrchu klasických a netradičních technologií 9/249
Damascenská ocel – středověký kompozit z pohledu současnosti 9/253
Optický monitoring tenkých vrstev na vakuových aparaturách fy Leybold..... 10/274
Vlastnosti skloviny a ich závislosť na teplote 10/280
Prostředí se záporným indexem lomu – II. část 10/283
Výuka a vědeckovýzkumná činnost v optických disciplínách na Institutu fyziky VŠB – TU Ostrava 11-12/291
Diagnostické meranie vibrácií pri hodnotení vplyvu opotrebenia fokusačnej trubice počas hydroabrazívneho delenia hliníka..... 11-12/295
Počítačová simulácia systému na bezkontaktné snímanie kmitavosti rotačných a posuvných konštrukčných častí v strojoch a zariadeniach..... 11-12/298
Mechanizmus chladnutí nápojů – srozumitelný fyzikální popis..... 11-12/307

4. LASEROVÁ TECHNIKA, HOLOGRAFIE, MIKROSKOPIE

Zápis tvarovaným elektronovým svazkem 1/11
Laboratoř interferometrie a vysoce koherentních laserů 1/16
Environmentální rastrovací elektronová mikroskopie a její aplikační možnosti 2/53
Obrazy ze sekundárních elektronů v rastrovacích elektronových mikroskopech 2/57
Algoritmus pro automatické nastavení vzorku do fokusační roviny laseru v sestavě laserové spektroskopie (LIBS) 6/179
Zkušenosti s REM a EDX analýzou při studiu materiálů 9/237
Laserový komparátor pro kalibraci délkových snímačů 11-12/301
Transmisní fázové holografické mřížky 11-12/303
Vybrané trendy v oblasti interferometrických metod pro kontrolu optiky 11-12/320

5. OČNÍ OPTIKA

Vzorce pro výpočet optické mohutnosti intraokulárních čoček 2/35
Asférické brýlové čočky 2/41
Možnosti vzdělávání v oborech oční optiky – optometrie 2/44
Rozvoj studia optometrie na UP v roce 2007 ..... 2/46
Rozvojový program Dioptry a.s. Turnov 2/63
Obor Optika a optometrie na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT..... 11-12/328

6. FOTO-KINO-VIDEO

Historie Meopty 3/67
55 let vývojových tradic v Meoptě 3/69
Využití CCD kamery pro zjištění reologických vlastností biovzorku..... 4/122
Algoritmy fraktálového kódování obrazů 5/136

7. SVĚTELNÁ TECHNIKA

Svetelnotechnický výpočet a meranie zariadení na osvetlenie tunelov 2/51

8. VAKUOVÁ A KRYOGENNÍ TECHNIKA

Zajímavé výsledky skupiny kryogeniky a supravodivosti ÚPT AV ČR.... 1/20
Představujeme Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. a tokamk COMPASS 4/99

Optický monitoring tenkých vrstev na vakuových aparaturách fy Leybold 10/274

9. OPTOELEKTRONIKA, NOKTOVIZE
Zápis tvarovaným elektronovým svazkem 1/11
Nový fotovoltaický systém se zvýšenou efektivitou na ČZU v Praze..... 2/48
Environmentální rastrovací elektronová mikroskopie a její aplikační možnosti 2/53
Obrazy ze sekundárních elektronů v rastrovacích elektronových mikroskopech 2/57
Konstrukce a testování solárního regulátoru v ostrovním fotovoltaickém systému 2/60
Principy některých nanofotonických zařízení s kovovými krystaly 3/73
Podobnosti fotonových a elektronových vln v mezoskopických vodičích 4/103
Využití CCD kamery pro zjištění reologických vlastností 4/122
Fotovoltaické systémy pro přímou transformaci solární energie..... 5/140
Kompenzace lineárního dvojlomu v magneto-optických vláknových senzorech 6/166
Kvantové pojetí konfigurace elektronů v mezoskopických polovodičích 6/172
Měření magnetických vlastností tenkých vrstev pomocí magnetooptického Kerrova jevu..... 6/184
Studium vlastností mikro- a nanostruktur v oblasti plazmoniky na Ústavu fyzikálního inženýrství FSI VUT v Brně 6/187
Testy fotovoltaického systému se zvýšenou efektivitou v reálných podmínkách provozu 7-8/201
Dva základní teoretické modely elektronové magnetorezistence elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvy 7-8/204
Systém objektivního off-line hodnocení vlnitosti plochého skla..... 9/240
Využití endoskopické vizualizační techniky při výzkumu spalovacích motorů 9/242
Interferometrické metody vyhodnocování fáze vlnového pole v optice... 11-12/311
Vybrané trendy v oblasti interferometrických metod pro kontrolu optiky 11-12/320

10. ZDRAVOTNICKÁ TECHNIKA
Nukleární magnetická rezonance v ÚPT – tradice 1/24
Vzorce pro výpočet optické mohutnosti intraokulárních čoček 2/35
Obor optika a optometrie na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT 11-12/328

11. JUBILEA A VÝROČÍ
Ústav přístrojové techniky padesátiletý 1/3
Za Ing. Františkem Petrů, DrSc. 1/30
Prof. Ing. Pavol Hoňák, DrSc. – pětašedesátiletý 2/52
Historie Meopty 3/67
Paul Rausnitz – zahraniční člen Redakční rady JMO – osmdesátiletý 3/69
55 let vývojových tradic v Meoptě 3/69
Odešel prof. Ing. Josef Kamarád, DrSc. 3/94
Jubilant Vladimír Malíšek 4/121
Prof. RNDr. Dr. Zdeněk Bouchal – padesátiletý 4/125
Prof. Ing. Jaromír Pištora, CSc. pětapadesátníkem 4/126
Šéfredaktor Jemné mechaniky a optiky sedmdesátníkem 4/126
K devadesátým narozeninám doktorky Věry Blumové 5/132
Představujeme společnosti PROTOTYPA 6/166
Bosch Rexroth slavnostně otevřel nový závod 7-8/195
Ing. Igor BREZINA sedemdesiatnikom 7-8/214
55 let existence fakulty strojní 9/231
Perspektivy Meopty – optiky, s.r.o., na další léta 10/260
Životné jubileum RNDr. Dagmar Senderákovej, CSc. 11-12/310
Zemřel RNDr. Vladimír Malíšek, CSc. 11-12/325
Prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc. – Fellow of EOS 11-12/326

12. VELETRHY, VÝSTAVY, KONFERENCE
OPTA 2008 zaostří na dětské brýle 1/31
Konference Diffractive Optics 2007 Barcelona 2/63
Photonics 21 – Evropská technologická platforma..... 3/93
17. medzinárodný seminár „Měřicí technika pro kontrolu jakosti“..... 4/127
Mezinárodní strojírenský veletrh – Nitra 5/139
Veletrh Control poprvé na novém výstavišti ve Stuttgartu 5/142
Veletrh AUTOMATICA v Mnichově 5/145
OPTATEC 2008 ..... 5/152
AUTOMATICA A INTERSOLAR MÜNCHEN 2008 ..... 6/190
Vy máte nápad, my máme řešení 7-8/199
Ohlédnutí za konferencí Optika a jemná mechanika 2008 ..... 10/259
Zahajovací proslov pana Geralda Rausnitze na konferenci Optika a jemná mechanika 2008 ..... 10/260
Perspektivy Meopty – optiky, s.r.o., na další léta 10/260
Evropská optická společnost (EOS) – hybná síla optiky v Evropě..... 10/272
Šestá mezinárodní konference Photonics Prague 2008 ..... 11-12/318

13. SEMINÁŘE, VZDĚLÁVÁNÍ
Možnosti vzdělávání v oborech oční optika – optometrie
Rozvoj studia optometrie na UP v roce 2007 2/46
Pätdesiat‘ rokov od založenia Katedry presnej mechaniky a optiky na Technickej univerzite v Budapešti 2/50
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně (UTB) 5/131
Univerzita Tomáše Bati se představí v New Yorku 5/131
Představujeme Ústav teoretické a experimentální elektrotechniky – Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně 6/163
Nabídka akcí České metrologické společnosti na září – prosinec 2008 ..... 7-8/203
Perspektivy Meopty – optiky, s.r.o., na další léta 10/260
Studium optiky a přesné mechaniky na Fakultě strojního inženýrství Vysokého učení technického v Brně 10/262
Katedra optiky v Olomouci 10/264
Výuka optiky na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze 10/266
Fyzikální elektronika a nanotechnologie: Nový studijní obor na FEKT VUT v Brně 10/267
Studium optických vlastností kondenzovaných látek na Přírodovědecké fakultě MU 10/268
Optika na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT 10/270
Evropská optická společnost (EOS) – hybná síla optiky v Evropě..... 10/272
Sympozium IMEKO TC 2 Photonics in Measurements 10/273
Výuka a vědeckovýzkumná činnost v optických disciplínách na Institutu fyziky VŠB – TU Ostrava 11-12/291
Obor optika a optometrie na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT 11-12/328

14. RŮZNÉ
Algoritmy fraktálového kódování obrazů 5/136
Vizualizace blízkých elektromagnetických polí elektronických systémů.....5/143
Měření modulu pružnosti kapalin 5/146

15. Z TECHNICKÉ KNIHOVNY
Z technické knihovny 3/95
Z technické knihovny 4/127
Z technické knihovny 5/159
Z technické knihovny 6/191
Z technické knihovny 9/255
Z technické knihovny 10/286
Z technické knihovny 11-12/327

16. VOJENSKÁ TECHNIKA A TECHNOLOGIE
Představujeme společnosti PROTOTYPA 6/165

17. KONSTRUKCE PŘÍSTROJŮ
Prototyp stolní elektronové svářečky MEBW-60/2 ..... 1/27
Nový fotovoltaický systém se zvýšenou efektivitou na ČZU v Praze..... 2/48
Konstrukce a testování solárního regulátoru v ostrovním fotovoltaickém systému 2/60
Kapacitní čidlo pro měření průchodnosti brambor 3/87
Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors 3/90
Nová konstrukce taktilních snímačů – základní měření jednotlivých měřicích bodů snímací matice potřebné pro kalibraci snímače 4/114
Systém objektivního off-line hodnocení vlnitosti plochého skla..... 9/240
Využití endoskopické vizualizační techniky při výzkumu spalovacích motorů 9/242
Broušení čelními stěnami rotujících kotoučů – přenášený moment 9/245

18. MIKROMANIPULACE A NANOTECHNOLOGIE
Laboratoř optických mikromanipulačních technik – nové výzkumné směry 1/6
Zápis tvarovaným elektronovým svazkem 1/11
Principy některých nanofotonických zařízení s kovovými krystaly 3/73
Studium vlastností mikro- a nanostruktur v oblasti plazmoniky na Ústavu fyzikálního inženýrství FSI VUT v Brně 6/187
Zkušenosti s REM a EDX analýzou při studiu materiálů 9/237
Výuka a vědeckovýzkumná činnost v optických disciplínách na Institutu fyziky VŠB – TU Ostrava..... 11-12/291

a tudíž platí vztahy

$$\boldsymbol{A} = \boldsymbol{A}_x = -x^0 By, \quad A_x = -By. \tag{5}$$

Takže základní rovnice (1) přechází na tvar

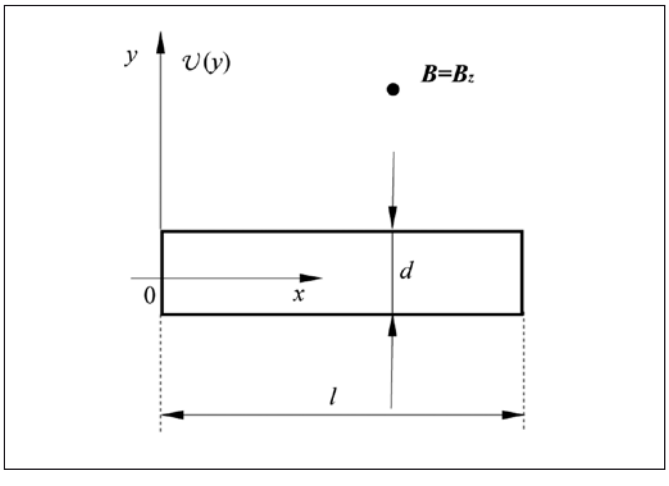
$$\left[W_s + \frac{\left(p_x + eBy\right)^2}{2m} + \frac{p_y^{\,2}}{2m} + \mathcal{U}\left(y\right) \right] \psi\left(x,y\right) = W \psi\left(x,y\right), \tag{6}$$

kde znaky

$$p_x = -\mathrm{i}\hbar \frac{\partial}{\partial x}, p_y = -\mathrm{i}\hbar \frac{\partial}{\partial y} \tag{7}$$

symbolizují *x*-ovou a *y*-ovou složku vektoru hybnosti ***p*** elektronu v uvažované 2D-rovině (*x, y*), jehož hodnoty jsou

$$p = (p_x^{\,2} + p_y^{\,2})^{1/2} . \tag{8}$$



Obr. 1 Model pravoúhlé homogenní elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvy délky *l* ve směru souřadné osy *x* a šířky *d* ve směru souřadné osy *y*, ve kterém působí příčná vnitřní elektrická potenciální energie $\mathcal{U}(y)$. $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{B}_z$ je vektor indukce vnějšího magnetostatického pole, působícího kolmo k vrstvě ve směru souřadné osy *z*

Se zřetelem ke zvolené analýze rozložení příčných elektronových módových vln podél směru *y* šířky uvažované elektricky vodivé 2D-mezoskopické vrstvy je vhodné řešení rovnice (6) zvolit v normované monovlnočtové formě

$$\psi(x, y) = l^{-1/2} \chi(y) \exp(\mathrm{i}kx) . \tag{9}$$

Přitom separovaná příčná složková vlnová funkce χ (*y*) splňuje řídicí rovnici

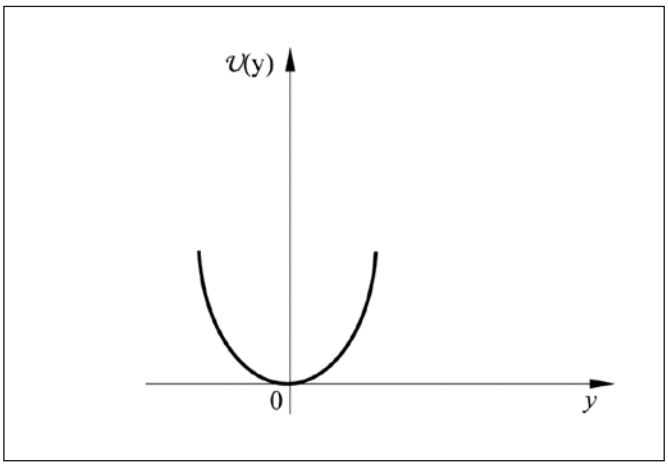
$$\left[W_s + \frac{\left(\hbar k + eBy\right)^2}{2m} + \frac{p_y^{\,2}}{2m} + \mathcal{U}\left(y\right) \right] \chi\left(y\right) = W \chi\left(y\right), \tag{10}$$

kde $k = 2\pi / \lambda$ je úhlový vlnočet elektronové vlny o de Broglieho vlnové délce $\lambda = h / p$ a hybnosti $p = \hbar k$. Příslušné vlastní příčné vlnové funkce $\chi_{n,k}(y)$ a vlastní energie $W(n, k)$ pro zvolené různé kombinace vnitřní elektrické potenciální energie $\mathcal{U}(y)$ a indukce *B* působícího vnějšího magnetostatického pole pak tvoří ucelenou objektivní kvantovou reprezentaci příčných elektronových vlnových módů v uvažované elektricky vodivé mezoskopické tenké 2D-vrstvě. Kvantová čísla $n = 0, 1, 2,...$ udávají pořadí dílčích elektronových módů o úhlových vlnočtech *k*, neboli odpovídajících dílčích magneto - elektrických energetických (Landauových) hladin (pásů) v energetickém diagramu dané 2D-mezoskopické vodivé vrstvě.

Potíží je, že obecně neexistuje analytické řešení rovnice (10) pro libovolnou funkci $\mathcal{U}(y)$. Lze však někdy úspěšně využít vhodného aproximačního kvantového nebo klasického řešení, zvláště při působení silných magnetických polí (viz např. [9]). Nicméně pro parabolický tvar

$$\mathcal{U}(y) = 1/2\, m_0^{\,2}\, \omega_0^{\,2}\, y^2 \tag{11}$$

funkce $\mathcal{U}$(y) podle obr. 2, který bývá přiměřenou reprezentací mnoha elektronových vlnovodů o rezonanční úhlové frekvenci ω_0, lze užitečně získat speciální analytická řešení pro konfigurace vlastní funkce $\chi_{n,k}(y)$ a vlastní energie $W(n, k)$. Základní řešení jsou obsahem následujících odstavců.



Obr. 2 Předpokládaný parabolický tvar příčné vnitřní elektrické potenciální energie $\mathcal{U}(y)$ v homogenní elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvě

3. SPECIÁLNÍ KVANTOVÉ ROVNICE PŘÍČNÝCH ELEKTRONOVÝCH VLNOVÝCH MÓDŮ V ELEKTRICKY VODIVÉ MEZOSKOPICKÉ TENKÉ VRSTVĚ

Jde postupně o tři základní kombinace nenulových a nulových veličin $\mathcal{U}(y)$ a *B*, které vedou k příčným elektrickým, magnetickým nebo magneto-elektrickým elektronovým vlnovým módům.

3.1 Příčné elektrické módy

Jde o kombinaci veličin $\mathcal{U}$(y) ≠ 0 a $B = B_z = 0$, kdy se při akceptování vztahu (11) řídicí rovnice (10) zredukuje na tvar

$$\left[W_s + \frac{\hbar^2 k^2}{2m} + \frac{p_y^{\,2}}{2m} + \frac{1}{2} m \omega_0^{\,2} y^2 \right] \chi\left(y\right) = W \chi\left(y\right). \tag{12}$$

Jemu například podle publikací [2, 6, 8] přísluší vlastní elektrické módové konfigurace (konfigurace dílčích elektrických energetických hladin) o vyjádřeních

$$\chi_{n,k}(y) = u_n(q) \text{ , pro } \quad q = \left(\frac{m\omega_0}{\hbar} \right)^{1/2} y , \tag{13}$$

$$W\left(n,k\right) = W_s + \frac{\hbar^2 k^2}{2m} + \left(n + \frac{1}{2} \right) \hbar\omega_0 . \tag{14}$$

Přitom platí vztah

$$u_n\left(q\right) = \mathrm{H}_n\left(q\right) \exp\left(-\frac{q^2}{2} \right), \tag{15}$$

v němž funkce H_n(q) reprezentuje n-tý Hermitův polynom, jehož první tři hodnoty jsou [6, 11, 12]:

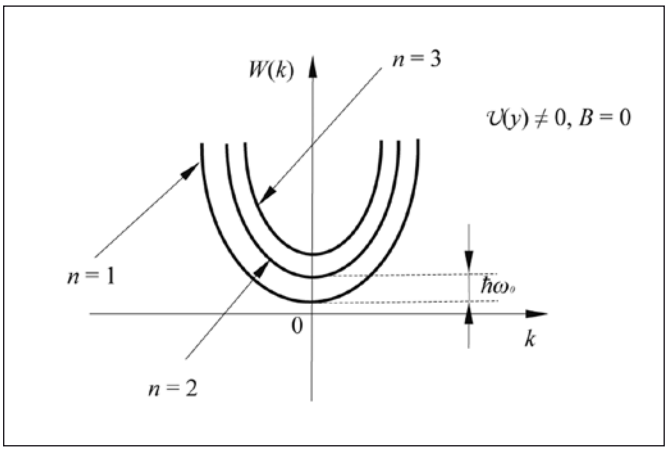
$$\mathrm{H}_0(\mathrm{q}) = \pi^{-1/4}, \ \mathrm{H}_1(q) = 2^{1/2} \pi^{-1/4} q, \ \mathrm{H}_2(q) = 2^{-1/2} \pi^{-1/4} (2q^2 - 1). \tag{16}$$

Příslušné módové grupové rychlosti $v(n, k)$, sdružené se stavy (n, k), jsou pak zjistitelné pomocí sklonů disperzních křivek $W(k)$, jejichž náčrty pro parametrické hodnoty n = 1, 2, 3 jsou na obr. 3. Platí relace

$$v\left(n,k\right)=\frac{1}{\hbar}\frac{\partial W\left(n,k\right)}{\partial k}=\frac{\hbar k}{m}, \tag{17}$$

kde první výraz na pravé straně je obecnou definicí veličiny $v(n, k)$.

Ze vztahu (14) vyplývá, že odstupy mezi sousedními disperzními křivkami (příčnými dílčími elektrickými módy) jsou $\hbar\omega_0$. Takže rostou s růstem hodnot ω_0 a při analýze konfigurací (13) a (14) obvykle stačí se omezit jen na první nebo první dvě kvantová čísla n. Taková situace například nastane při efektivních šířkách d ≈ 5 až 10 nm, běžně se vyskytujících u vodivých tenkých vrstev, kdy $\hbar\omega_0 \approx 100$ meV [2].



Obr. 3 Náčrt některých grafů disperzního vztahu $W(k)$ pro homogenní elektricky vodivou mezoskopickou tenkou vrstvu v závislosti na úhlovém vlnočtu k dílčích příčných elektrických elektronových vlnových módů o kvantových číslech n = 1, 2, 3. Přitom se v uspořádání podle obr. 1 předpokládají podmínky $\mathcal{U}(y) \neq 0$ a $B = 0$

3.2 Příčné magnetické módy

V tomto případě platí $\mathcal{U}(y) = 0$ a $B = B_z \neq 0$ a řídicí rovnice (10) má odpovídající formu

$$\left[W_s+\frac{\left(\hbar k+eBy\right)^2}{2m}+\frac{{p_y}^2}{2m}\right]\chi\left(y\right)=W\chi\left(y\right), \tag{18}$$

kterou lze výhodně přepsat do užitečnějšího tvaru

$$\left[W_s+\frac{{p_y}^2}{2m}+\frac{1}{2}m{\omega_c}^2\left(y+y_k\right)^2\right]\chi\left(y\right)=W\chi\left(y\right). \tag{19}$$

V něm na rozdíl od rovnice (12) je parabola typu (11) centrovaná v bodě

$$y=-y_k=-\frac{\hbar k}{\left|e\right|B} \tag{20}$$

a rezonanční úhlová frekvence ω_0 je nahrazena cyklotronovou úhlovou frekvencí

$$\omega_c=\frac{\left|e\right|B}{m}, \tag{21}$$

která přísluší kruhovému pohybu elektronu v předpokládaném kolmém homogenním statickém magnetickém poli o indukci $B = B_z$. Takže módové konfigurační vztahy (13) a (14) se změní na tvary

$$\chi_{n,k}(y) = u_n(q + q_k), \tag{22}$$

$$W\left(n,k\right)=W_s+\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega_c, \tag{23}$$

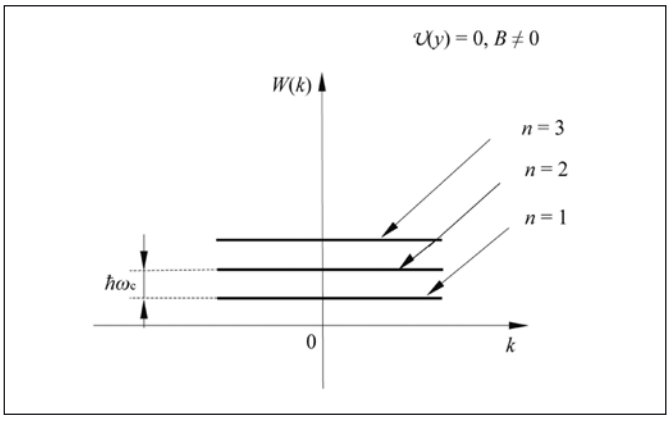
kde

$$q=\left(\frac{m\omega_c}{\hbar}\right)^{1/2}y,\ q_k=\left(\frac{m\omega_c}{\hbar}\right)^{1/2}y_k. \tag{24}$$

Tvary (22) a (23) jsou matematicky podobné tvarům (13) a (14), vztaženým k parabolické funkci (11). Jejich fyzikální obsah je však úplně rozdílný, neboť nyní reprezentují příčné magnetické módové konfigurace (konfigurace dílčích magnetických energetických hladin). Grafy příslušného disperzního vztahu $W(k)$ pro jejich parametrické hodnoty n = 1, 2, 3 jsou znázorněny na obr. 4. Jsou to ekvidistantní přímky, rovnoběžné se souřadnou osou k, a tudíž vedou k nulové hodnotě rychlostí typu (17). To znamená, že nyní platí rovnosti

$$v\left(n,k\right)=\frac{1}{\hbar}\frac{\partial W\left(n,k\right)}{\partial k}=0, \tag{25}$$

neboť energie $W(n, k)$ jsou nezávislé na k. Výsledek (25) je v souladu s klasickou elektrodynamikou (viz např. [13]), podle které pohybující se elektron v souřadné rovině (x, y) vytváří v předpokládaném kolmém homogenním magnetostatickém poli $B = B_z$ kruhovou dráhu a tudíž se nešíří v jiném směru.



Obr. 4 Znázornění grafů disperzního vztahu $W(k)$ pro elektricky vodivou tenkou vrstvu podle obr. 1 při $\mathcal{U}(y) = 0$ a $B \neq 0$ a kvantových číslech n = 1, 2, 3 příslušných dílčích příčných magnetických elektronových vlnových módů

Pomocí představy, že kvantově dovolené hodnoty k v uvažované elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvě délky l, šířky d a plochy $S = ld$ vykazují odstupy $\Delta k = 2\pi / l$, lze odstupy Δy_k příslušných vlnových funkcí podél souřadnice y v souladu s relací (20) vyjádřit vztahy

$$\Delta y_k=\frac{\hbar\Delta k}{\left|e\right|B}=\frac{2\pi\hbar}{\left|e\right|Bl}. \tag{26}$$

Odpovídající celkový počet N volných elektronů v dílčí magnetické energetické hladině této vrstvy, který je například podle publikací [1, 2, 8] obecně dán součinem 2D-hustoty $mS/\pi\hbar^2$ všech jejích elektronových kvantových stavů a odstupu $\hbar\omega_c$ dvou sousedních hladin podle relace

$$N=\frac{mS}{\pi\hbar^2}\hbar\omega_c, \tag{27}$$

je též se zřetelem k dvojí spinové orientaci elektronu vystižitelný tvary

$$N=\frac{2d}{\Delta y_k}=\frac{\left|e\right|BS}{\pi\hbar}. \tag{28}$$

3.3 Příčné magneto-elektrické módy

V obecném případě nenulové vnitřní elektrické potenciální energie $\mathcal{U}(y) \neq 0$ a působícího nenulového vnějšího magnetického pole $B = B_z \neq 0$ reprezentují odpovídající vlastní vlnové funkce $\chi_{n,k}(y)$ a vlastní energie $W(n, k)$ uvažované elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvy dílčí magneto-elektrické energetické hladiny. Tyto hladiny se pro $\mathcal{U}(y) \neq 0$ a $B = 0$ redukují v dílčí elektrické hladiny s popisem podle odstavců 3.1, kdežto pro $\mathcal{U}(y) = 0$ a $B \neq 0$ se projevují dílčí magnetické hladiny s interpretací podle odstavců 3.2.

Základem nyní je celá řídicí rovnice (10), která pro v tomto článku diskutovanou parabolickou rovnici (11) je vystižitelná tvarem

$$\left[W_s + \frac{\left(\hbar k + eBy\right)^2}{2m} + \frac{p_y^{\,2}}{2m} + \frac{1}{2} m\omega_0^{\,2} y^2 \right] \chi\left(y\right) = W \chi\left(y\right), \quad (29)$$

neboli

$$\left[W_s + \frac{p_y^{\,2}}{2m} + \frac{1}{2} m \frac{\omega_0^{\,2}\omega_c^{\,2}}{\Omega^2} y_k^{\,2} + \frac{1}{2} m\Omega^2 \left(y + \frac{\omega_c^{\,2}}{\Omega^2} y_k \right)^2 \right] \times \chi\left(y\right) = W \chi\left(y\right). \quad (30)$$

Přitom zavedená kvadratická úhlová frekvence Ω^2 splňuje součtovou relaci

$$\Omega^2 = \omega_c^{\,2} + \omega_0^{\,2}. \quad (31)$$

Příslušné příčné vlastní funkce $\chi_{n,k}(y)$ a vlastní energie $W(n, k)$ splňují nyní například podle publikací [2, 6, 8] kombinované relace

$$\chi_{n,k} = u_n \left(q + \frac{\omega_c^{\,2}}{\Omega^2} q_k \right), \quad (32)$$

$$W\left(n,k\right) = W_s + \frac{1}{2} m \frac{\omega_0^{\,2}\omega_c^{\,2}}{\Omega^2} y_k^{\,2} + \left(n + \frac{1}{2} \right) \hbar\Omega = = W_s + \left(n + \frac{1}{2} \right) \hbar\Omega + \frac{\hbar k^2}{2m} \frac{\omega_0^{\,2}}{\Omega^2}, \quad (33)$$

kde

$$q = \left(\frac{m\Omega}{\hbar} \right)^{1/2} y, \quad q_k = \left(\frac{m\Omega}{\hbar} \right)^{1/2} y_k. \quad (34)$$

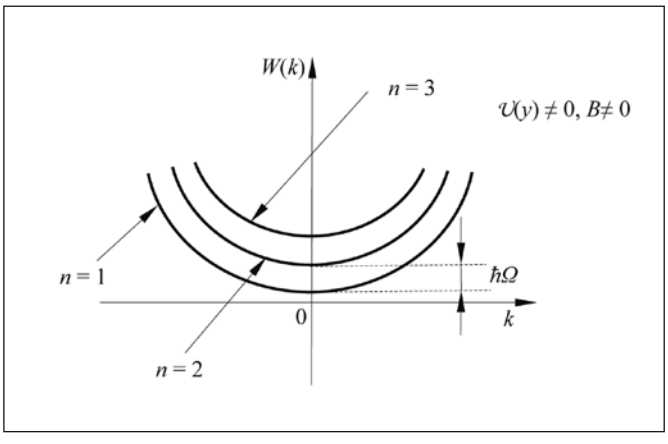
Odpovídající rychlosti typu (17) se nyní řídí vztahy

$$v\left(n,k\right) = \frac{1}{\hbar} \frac{\partial W\left(n,k\right)}{\partial k} = \frac{\hbar k}{m} \frac{\omega_0^{\,2}}{\Omega^2}. \quad (35)$$

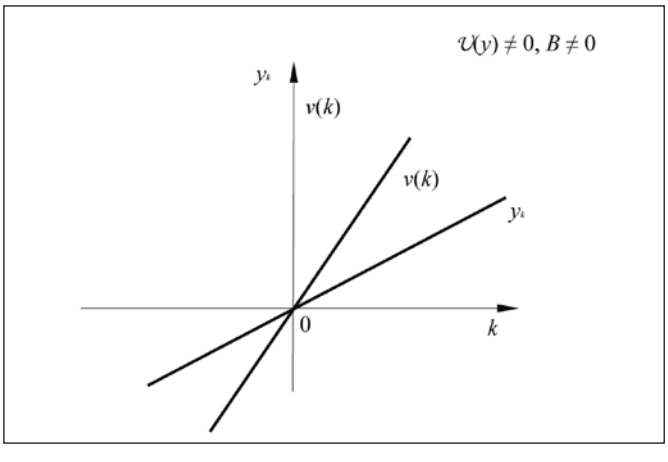
Studované kombinaci nenulových veličin $\mathcal{U}(y)$ a B přísluší disperzní vztah $W(k)$, jehož tvary jsou pro parametrické hodnoty n = 1, 2, 3 uvedeny na obr. 5. Následující schematické grafy na obr. 6 jsou příklady lineárních závislostí veličin $y_k(k)$ a $v(k)$ na k v souladu s relacemi (20) a (35). Tyto relace spolu s rovnicemi (31) a (21) vedou k souvislostem

$$y_k = \frac{\hbar k}{|e|B} = v\left(n,k\right) \frac{m\Omega^2}{|e|B\omega_0^{\,2}} = \frac{\omega_c^{\,2} + \omega_0^{\,2}}{\omega_c \omega_0^{\,2}} v\left(n,k\right). \quad (36)$$

Takže příčné polohy y_k vlnové funkce (9) jsou v diskutovaném případě vždy přímo úměrné rychlosti (35). Přitom pro $B = 0$ je $\omega_c = 0$ a projevují se tedy jen dílčí elektrické energetické hladiny. S růstem hodnoty B magnetického pole roste i veličina ω_c a k dosažení paralelních přímkových disperzních závislostí $W(k)$ podle obr. 4 je například podle publikací [2, 8, 9] nutné předpokládat vzrůst efektivní hmotnosti m elektronu na hodnotu $m(1+ \omega_c^{\,2} / \omega_0^{\,2})$. Přitom posuv kvantových stavů způsobujících elektrický proud v jednom směru vodivého vzorku se změní v opačný při opačném elektrickém proudu. Tento fakt vyplývá ze změny orientace Lorentzovy síly $e(\boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B})$ v opačnou při opačné změně směru šířícího se volného elektronu [13] a vede tudíž ke změně poměru přímo a zpětně se šířících kvantových stavů a tím například k potlačení zpětného rozptylu elektronů vlivem nedokonalostí vzorku [2].



Obr. 5 Tvary disperzních křivek $W(k)$ pro kvantová čísla n = 1, 2, 3 příslušných dílčích příčných magneticko-elektrických elektronových vlnových módů v modelu podle obr. 1, kdy $\mathcal{U}(y) \neq 0$ a $B \neq 0$



Obr. 6 Příklad lineárních závislostí polohy y_k a rychlosti $v(k)$ dílčího příčného magneticko-elektrického elektronového módu na jeho úhlovém vlnočtu k, kdy v modelu na obr. 1 platí $\mathcal{U}(y) \neq 0$ a $B \neq 0$

4. ZÁVĚR

Přínosem tohoto článku je prezentace kvantově-mechanického způsobu teoretické analýzy příčných elektronových vlnových módů v elektricky vodivé mezoskopické tenké kovové nebo polovodičové vrstvě. Je založen na využití modifikované nečasové Schrödingerovy rovnice pro jeden elektron, která obsahuje vedle jeho dvourozměrné vlnové funkce a celkové energie i přiměřenou jednorozměrnou příčnou vnitřní parabolickou elektrickou potenciální energii a magnetický vektorový potenciál přítomného vnějšího homogenního magnetostatického pole. Zvolený normovaný monovlnočtový tvar vlnové funkce se separovanou jednorozměrnou příčnou složkou umožnil zavedení příslušné vlastní příčné vlnové funkce a vlastní energie, jejichž tvary jsou formulovány a interpretovány pro příčné elektrické, magnetické a magneto-elektrické vlnové módy. Vedle teoretického významu mají prezentované matematické vztahy i využití pro rozvoj a zdokonalení realizací současných integrovaných systémů, založených na šíření elektronů tenkými elektricky vodivými vrstvami za přítomnosti nebo absenci ladicího vnějšího magnetického pole.

Literatura

[1] Klemperer O., *Electron Physics of the Free Electron.* Butterworths, London 1972.
[2] Datta S., *Electronic Transport in Mesoscopic Systems*. Cambridge Univ. Press, Cambridge 2005.
[3] Beenakker C. W. J., Van Houten H., Quantum transport in semiconductor nanostructures. In: Ehrenreich H., Turnbull D. (Eds.), *Solid State Physics*, Vol. **44**. Academic Press, New York 1991.
[4] Pospíšil J., Šafářová K., Kvantové pojetí konfigurace elektronů v mezoskopických polovodičích. *Jemná mech. a optika*, **53**, 2008, č. 6, 172 - 179.
[5] Pospíšil J., Pluháček F., Dva základní teoretické modely elektronové magnetorezistence elektricky vodivé mezoskopické tenké vrstvy. *Jemná mech. a optika*, **53**, 2008, č. 7-8, 204-208.
[6] Schiff L.I., *Quantum Mechanics*, Section 13. MacGraw-Hill, New York 1968.
[7] Marcuse D., *Principles of Quantum Electronics*. Academic Press, New York 1980.
[8] Ando T., Fowler A. B., Stern F., Electronic properties of two-dimensional systems. *Rev. Mod. Phys.*, **54**, 1982, 437.
[9] Bastard G., Brum J. A., Ferreira R., Electronic states in semiconductor heterostructures. In: Ehreinreich H., Turnbull D. (Eds.), *Solid State Physics*, Vol. **44**. Academic Press, New York 1991.
[10] Kvasnica J., *Teorie elektromagnetického pole*. Academia, Praha 1985.
[11] Kvasnica J., *Matematický aparát fyziky.* Academia, Praha 1989.
[12] Formánek J., *Úvod do kvantové teorie.* Části I. a II. Academia, Praha 2004.
[13] Fuka J., Havelka B., *Elektřina a magnetismus.* SPN, Praha 1965.

Prof. RNDr. Ing. Jaroslav Pospíšil, DrSc., Mgr. Klára Šafářová, 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

Nabídka akcí České metrologické společnosti na I. čtvrtletí 2009

Česká metrologická společnost Vám předkládá přehled akcí na I. čtvrtletí 2009, který může být ještě doplněn o akce, které by reagovaly na konkrétní okamžité problémy.

Podrobná nabídka všech akcí Společnosti, certifikace způsobilosti i publikací včetně kalibračních postupů, je dostupná na internetové stránce ČMS, ze které si můžete stáhnout přihlášky na jednotlivé akce i žádosti o certifikaci způsobilosti, rozšíření i prodloužení certifikátu: **http://www.csvts.cz/cms.**

Podrobnou nabídku s přihláškou je možné si vyžádat rovněž v sekretariátu ČMS: **tel/fax: 221 082 254** nebo **e-mail: cms-zk@csvts.cz.**

Certifikační místo má samostatnou e-mailovou adresu: **cert-cms@csvts.cz**

S 419-09	14. leden 2009	Nejistoty měření a praxe ČSVTS, 417
S 423-08	27. leden 2009	Souřadnicové měřicí stroje ČSVTS, 318
S 415-09	18. únor 2009	Nové kalibrační postupy ČSVTS, 319
Ko 417-09	18. – 19. březen 2009	Měřicí technika pro kontrolu jakosti 18. mezinárodní konference s výstavou MT, Plzeň

Trvale nabízíme korespondenční kurzy, které nejsou vázány na pevný termín: **K 90** Korespondenční kurz metrologie
K 91 Korespondenční kurz pro pracovníky zkušeben

Pomalu se blíží tradiční, tentokrát již
18. mezinárodní konference s výstavou měřicí techniky

Měřicí technika pro kontrolu jakosti

která se uskuteční v Plzni ve dnech 18. – 19. března 2009

Rezervujte si čas na její návštěvu, je to nejbližší možnost k seznámení se s řadou novinek, které výrobci uvedli nebo právě uvádějí na trh

Výhled na II. čtvrtletí 2009

Na II. čtvrtletí 2009 připravujeme následující akce, jejichž názvy mohou být ještě upřesněny ve ZPRAVODAJI ČMS 1/2009, který bude rozesílán začátkem března. Program může být ještě doplněn podle aktuální potřeby. S určitým předstihem bude úplná nabídka akcí ČMS k disposici na internetové stránce ČMS **www.csvts.cz/cms**

K 412-09	25.- 28. duben 2009	Kurz metrologie pro pokročilé Plzeň
K 414-09	20. květen 2009	Metrologie pro malé a střední podniky, ČSVTS, 319
K 416-09	25. - 29. květen 2009	Kurz pro technické kontrolory DT Kladno
K 413-09	1. – 5. červen 2009	30. základní kurz metrologie DT Kladno

Ing. Zdeněk Tůma, předseda ČMS

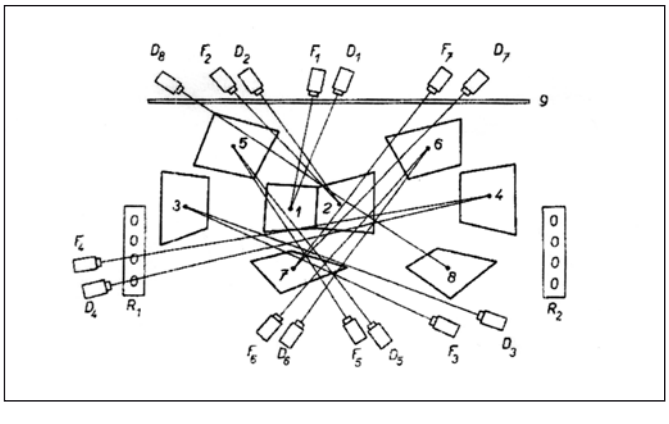
Jan EIGL, Praha

50 let polyekranu

V roce 1958 se konala první světová výstava po druhé světové válce, Expo 58, v Bruselu. V období příprav zvažovali scénaristé československé účasti možnost a zároveň formu prezentace mezinárodního hudebního festivalu Pražské jaro, který se po desítce let své existence pomalu dostával do povědomí světové veřejnosti. Tehdy se přední český scénograf Josef Svoboda obrátil na Jaroslava Pechara, šéfa optického oddělení Výzkumného ústavu zvukové, obrazové a reprodukční techniky, se kterým se znal z předchozích spoluprací na scénických projekcích, s myšlenkou ztvárnit dané téma nějakým způsobem pomocí promítací techniky. Nebylo mnoho času. Po několika úvahách a konzultacích přistoupili oba s malou skupinkou pracovníků optického oddělení VÚZORT k řadě experimentů, z nichž postupně vykrystalizoval scénický tvar několika výtvarně seskupených promítacích ploch, na něž by mohly být promítány statické i kinematické obrazy. Tím se otevřela možnost dát promítaným obrazům jakýsi řád, tedy vytvořit pásmo, program. Režie tohoto programu se ujal Emil Radok. Zcela konsekventně musel být tento pořad provázen hudbou a vzhledem k četnosti použitých promítacích zařízení a zvukové aparatury a vzhledem k předpokládanému častému opakování v podmínkách provozu výstavy automaticky řízen.

Zároveň s hledáním konečné formy scénografie a jemu odpovídajícímu souboru zařízení se ve VÚZORT řešily problémy technické i logistické (nezapomeňme: psala se padesátá léta minulého století!). Z hlediska optiky a obrazové techniky to byly otázky spíše teoretické, jako únosnost zhoršení kvality obrazu při šikmých projekcích, zejména ostrosti a zkreslení, úroveň jasu jednotlivých ploch při statickém a kinematickém promítání pro pozorovatele v různých místech prostoru, včetně vzájemného ovlivnění parazitním světlem apod., a úkoly ryze praktické, zahrnující vývoj a výrobu smyčkových promítacích strojů a diaprojektorů s automatickou výměnou diapozitivů, včetně vhodných osvětlovacích a zobrazovacích systémů, a v neposlední řadě promítacích ploch požadované, zejména směrové, odraznosti. Podobné úkoly stály před řešiteli zvukové stránky a způsobu řízení budoucí prezentace.

Jakmile byl znám scénický tvar prezentace, mohl být dokončen její scénář, nasnímány odpovídající obrazové materiály nebo vyhledány v archivech, připravena obrazová montáž a zvukový doprovod.



Obr. 1 Schéma projekcí Polyekranu Pražské jaro na Expo 58 v Bruselu 1 až 8 – osm promítacích ploch, D_1 až D_8 – osm diaprojektorů s automatickou dálkově řízenou výměnou diapozitivů, F_1 až F_7 – sedm kinematografických promítacích strojů na 35 mm film, vybavených zařízením pro promítání uzavřených smyček filmu, 9 – most umístěný za horním okrajem otvoru portálu, R_1 až R_2 – dva reproduktory

Ještě když byl dokončován, řečeno dnešním jazykem hardware a software prezentace, byl systém jako funkční model postaven a zkoušen v dílnách Národního divadla. Někdy uprostřed tohoto poměrně krátkého času došlo k okamžiku, kdy budovaný speciální prezentační systém dostal své jméno: POLYEKRAN. To slovo poprvé řekl patrně, a jen tak mimochodem, Mirek Pflug, tehdy asistent v optickém oddělení VÚZORT a později asistent Josefa Svobody. Z časových důvodů nemohla být montáž systému a zkoušky programu úplně dokončeny, systém byl transportován do Bruselu a tam, ostatně jako vždy při podobných příležitostech, dokončen poslední hodinu před vernisáží.

Obr. 2 Scéna Polyekranu Pražské jaro na Expo 58 v Bruselu

Polyekran Pražské jaro (*obr. 1 a obr. 2*) sklidil u pořadatelů světové výstavy a zejména u jejích návštěvníků obrovský úspěch. Dostalo se mu řady velmi pozitivních kritik a ocenění, mj. Grand Prix výstavy. O rok později byl přenesen do Prahy a provozován nějaký čas na Žofíně. Také pražská veřejnost ho přijala s uznáním a oceněním.

Tím nejvážnějším důsledkem uvedení v Bruselu byla ovšem skutečnost, že polyekran přijali jako prezentační systém nejen další českoslovenští tvůrci, nýbrž že se stal nejméně na další čtvrtstoletí výrazovým prostředkem, možná komunikačním systémem, pro řadu umělců a techniků v dalších zemích, od Kanady přes Británii a Francii až do Japonska.

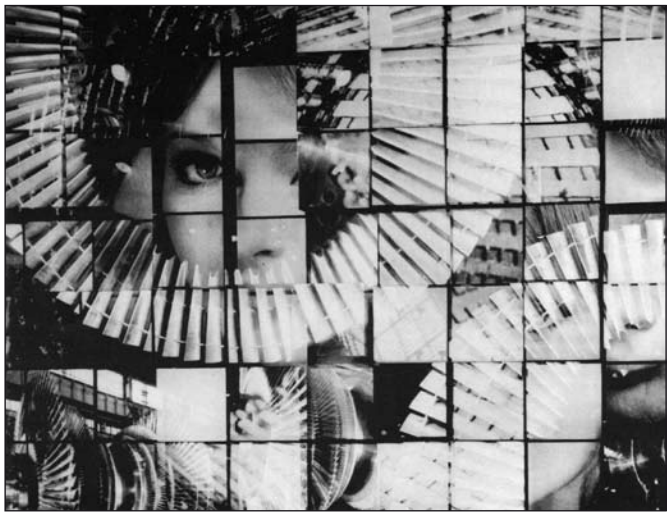
Polyekran jako prezentační systém vzniklý z experimentu se přirozeně dále vyvíjel. Scénografové a obrazoví technici volili pro své kreace různé konfigurace promítacích ploch. To vedlo od jejich simultánních rozprostření k jejich sevření, avšak stále to byly diskretní obrazy, nicméně v některých případech splynuly zase v obraz jediný. Tak se zrodila druhá neméně atraktivní varianta polyekranu, kterou by bylo možno stručně charakterizovat jako dělený obraz. Tak či onak, během poměrně krátké doby bylo zřejmé, že se polyekran stal skutečně komunikačním systémem, ovšem nikoli obecným, (protože každé dílo bylo scénografickým unikátem a vyžadovalo nejen zvláštní uskupení promítacích zařízení, někdy i vývoj přístrojů speciálních, nýbrž namnoze individuálně té které věci přizpůsobenou práci režie, kamery, střihu a dalších disciplín), nýbrž komunikačním systémem speciálním.

První polyekran střídal filmové projekce s diaprojekcemi, bezprostředně potom vznikly polyekrany čistě filmové i čisté dia-

polyekrany, ovšem zásadní rozvoj zaznamenal žánr integrací elektronického obrazu. Součástí scény se stala obrazovka nebo později plocha, na níž se televizní obraz promítal, nebo se celá scéna stávala televizním obrazem anebo se celý fenomén polyekranové obrazové operace odehrával, či dosud odehrává pouze na obrazovce, což je už v podstatě eletronický trik.

Nejenom později elektronický obraz se stal součástí polyekranových kreací, hned na počátku vstoupil na tuto kombinovanou scénu také živý herec, to byla Laterna Magika. Později bylo do hry vtaženo jakousi interakcí i obecenstvo, to byl Kinoautomat. Obojí by mohlo být předmětem dalších úvah, to ovšem už přesahuje rámec tohoto článku. Nicméně polyekranový základ tu lze sledovat. Všechny tyto a podobné experimenty a kreace, ať už bližší či vzdálenější klasickým obrazovým archetypům, vytvořily posléze množinu, kterou dnes známe pod označením multimédia.

Ve druhé polovině minulého století byla vytvořena dlouhá řada polyekranových prezentací, významně se na nich podíleli čeští tvůrci, a není možné je všechny znát, natož vyjmenovat nebo dokonce o nich říci něco více. Za všechny jen několik málo příkladů: Patrně první po Pražském jaru z Bruselu byl Blumenfeldův filmový polyekran na výstavě Československo 1960. Na Expu 67 v Montrealu (*obr. 3 a obr. 4*) bylo už uvedeno několik desítek polyekranových prezentací, mj. slavný kanadský Cruciform a v československém pavilonu Svobodovy kreace Diapolyekran a Polyvize. Na Expu 70 v Ósace nebylo už v podstatě pavilonu bez nějakého typu polyekranu. Pozoruhodný výkon předvedli např. japonští obrazoví technici, kteří do vnitřního prostoru jakési homolovité kupole vpravili obrazy čtyř vertikálních cinemaskopů.

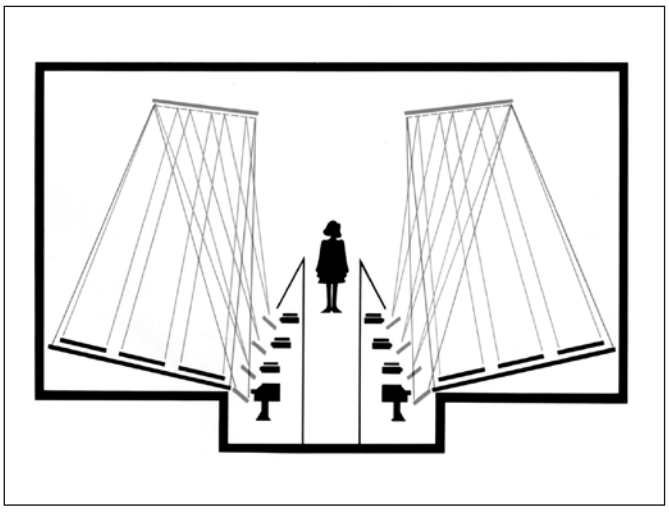


Obr. 3 Diapolyekran v československém pavilonu na Expo 67 v Montrealu

Obr. 4 Scéna Polyvize v československém pavilonu na Expo 67 v Montrealu

Účastníci oslav 2500 let perského státu v roce 1971 projížděli na pohyblivém chodníku sledem několika polyekranových scén Jaroslava Friče v monumentu Shahyad v tehdy ještě císařském Teheránu (*obr. 5*). Vynikajícího efektu dosáhl polyekran firem Philips a Dupont složený z 64 ploch pro zadní projekci, na něž promítalo 64 televizních projektorů Philips, na Funkschau 87 v Berlíně atd. atd. Snad se najde jednou historik, který se pokusí zpracovat toto téma.

V posledních letech minulého století ustoupily polyekranové prezentace poněkud do pozadí pod vlivem prudce se rozvíjejících aplikací elektronického obrazu, videa a televize. Nicméně dnes, po padesáti letech, se setkáváme s aplikací principů, které systém polyekran přinesl, jako se samozřejmostí v divadelních a televizních inscenacích, ve filmových scénách, ve výstavnictví a v elektronickém obraze a triku a scénografové a obrazoví technici s nimi zacházejí a lidé je přijímají tak, jako kdyby tu byly odjakživa.



Obr. 5 Schéma jednoho z polyekranů v Teheránu 1971

Literatura

[1] FAIMAN, Z. – STRUSKA, J.: Polyekran – základní principy. 1968, Praha, Sborník VÚZORT 2, str. 35 – 40.

[2] PECHAR, J.: Optická a světelná soustava polyekranu. 1968, Praha, Sborník VÚZORT 2, str. 51 – 67.

[3] KOL. AUT.: Způsob obrazového a zvukového předvádění. Čs. pat. 95765.

[4] EIGL, J.: Multimedia Performance Technique. 1977, Montreal, 2.Symposium Film and Television in Three Dimensions.

[5] EIGL, J. – PIVODA, B.: 20 let polyekranu. 1978, Praha, Národní technické museum.

[6] EIGL, J.: Audiovisual means, their place in art and culture and the contribution of Czechoslovakia to the creation of this communication system. 1986, Budapest, 16. kongres UNIATEC.

[7] EIGL, J.: Scene multimedial and multiprojection sytems as means of creation (simulation) of a 3D image. 1989, Montreal, Sborník Three Dimensional Technology, str. 19 –26.

Doc. Ing. Jan Eigl, CSc., Tusarova 30, 170 00 Praha 7, tel.: 222 982 356

Miloslav KŘÍŽEK, Praha

Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2008

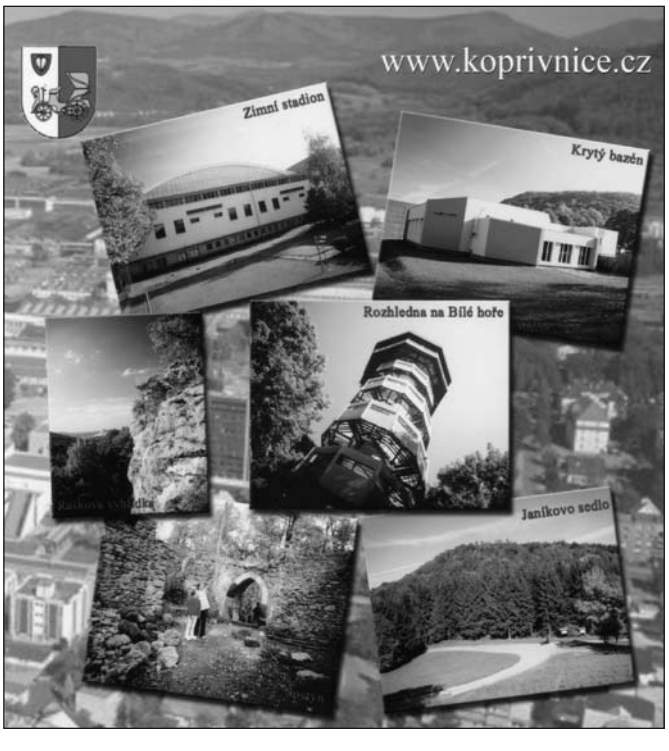
Ve dnech 6. – 9. října 2008 se konal další ročník výstavy audiovizuální techniky Interkamera. Poprvé za celou dobu historie výstavy, která již přesáhla čtyři dekády, došlo ke změně místa konání výstavy. Letošní jubilejní 25. ročník se konal v Brně.

První ročník Interkamery se konal již v roce 1967 a až do roku 1999 se výstava konala pravidelně každé 2 roky. Od roku 2000 se v různém rozsahu (s výjimkou roku 2007) konala každoročně. O této změně více v literatuře [1]. V letošním ročníku se kromě místa konání, kterým až do posledního ročníku v roce 2006 byla Praha, změnil i organizátor, kterým se stala společnost BVV Veletrhy Brno. Se změnou organizátora souvisí také nový podzimní termín konání (Interkamera se tradičně konala vždy v jarním období) a spojení Interkamery se dvěma dalšími výstavami. Jedná se o veletrh Invex (informační a komunikační technologie) a Digitex (spotřební elektronika a digitální zábava). Ačkoliv se zdá spojení těchto tří výstav z hlediska obsahového logické, výsledek bohužel již tak jednoznačně nedopadl. A navíc, zatímco u dvou v Brně tradičních výstav byl uveden jejich ročník (18. Invex a 4. Digitex), u Interkamery překvapivě nikde 25. jubilejní ročník uveden nebyl. To napovídalo, že něco není v pořádku.

Pokud v minulosti docházelo na výstavě Interkamera k úbytku vystavujících firem a tím i návštěvníků, pak letošní jubilejní ročník výstavy znamenal opravdu šok. Interkamery se letos zúčastnilo 24 firem, nejméně v celé historii výstavy. Nebyl zde zastoupen ani jeden z tradičních významných výrobců fototechniky. Výstava se konala v poloprázdném pavilonu D brněnského výstaviště. Na zahájení řekl prezident Asociace profesionálních fotografů ČR Stanislav Pokorný, že se očekává návštěvnost okolo 4 000 návštěvníků za den. Pro srovnání, v Praze v dobách své největší slávy Interkameru navštěvovalo přes 130 000 lidí denně. Část pavilonu kromě stánků firem zaplnilo i několik fotografických výstav a výstava Od minulosti k současnosti, kde jsme mohli spatřit řadu dnes už legendárních fotografických přístrojů. Součástí Interkamery byly i tradiční workshopy pro amatéry i profesionály.

I v letošním roce bylo součástí Interkamery ocenění EISA Awards pro nejlepší produkty v různých kategoriích. Pozornost si zcela jistě zaslouží evropský fotoaparát roku 2008-2009 v kategorii Super Zoom. Získal ji právem digitální fotopaparát FujiFilm FinePix S100FS, *obr. 1*. Přístroj má rozlišení 11,1 Mpx a je osazen novým Super CCD HR 2/3“. Má 14,3násobný optický zoom s ohniskem 7,1 - 101,5 mm (ekvivalent 28 – 400 mm u kinofilmového formátu). Objektiv je osazen 13 nesférickými čočkami za účelem potlačení distorze obrazu. Uzávěrka má rozsah 1/4 s – 1/4000 s. Výklopný TFT LCD monitor s úhlopříčkou 2,5“ má rozlišení 230 kpx. Kromě vniřní paměti 25 MB lze snímky ukládat na paměťové karty formátů xD/SD/SDHC. Oceněný přístroj bylo možné spolu s přístroji oceněnými v dalších kategoriích vidět vystavený po celou dobu výstavy v prostoru věnovaném EISA Awards.

Obr. 1 Digitální fotoaparát FUJIFILM FinePix S100FS



Obr. 2 Fotokniha FOTO MORAVA

Na stánku firmy FOTO MORAVA z Kopřivnice byla k vidění fotokniha, *obr. 2*. Jedná se o knihu, jejíž rozsah (5 – 18 listů) i formát (15 x 14 cm, 15 x 20 cm nebo 30 x 20 cm) si zvolí zákazník podle vlastního výběru. Zpracování podkladů pro fotoknihu si provede zákazník z vlastních digitálních obrázků sám pomocí bezplatného softwaru, který je k dispozici na internetu. Pak stačí podklady odeslat v elektronické podobě firmě a ta zajistí vlastní výrobu výsledného produktu - fotoknihy.

Firma FOMEI nabízela mimo jiné digitální sublimační tiskárny s termopřenosem a rozlišením 300 dpi. Při tisku se přenáší barvy ve formátu CMY z obrazové fólie na speciální rolový papír. Na závěr 4 průchodů každého snímku tiskárnou (při třech

průchodech se postupně aplikují žlutá, purpurová a azurová barevná vrstva) se aplikuje ochranná vrstva. Kvalita odpovídá inkoustovému tisku s foto kvalitou. Tiskárna Shinko CHC-S9045, *obr. 3*, tiskne formát 10 x 15 cm po dobu 19 s a formát 9 x 13 cm za 18 s. Jedná se o jednu z nejrychlejších tiskáren této kategorie.

Na tiskárny jsme se mohli podívat i na stánku klasického výrobce počítačových tiskáren, firmy EPSON. Mezi řadou zajímavých výrobků jsme našli i novinku, tiskárnu EPSON STYLUS PHOTO PX700W, *obr. 4*. Jedná se o nový multifunkční přístroj se zaměřením na tisk fotografií. Kromě tisku lze zařízení používat i jako kopírku a skener. Jedná se o 6 barevnou inkoustovou tiskárnu. Tisková hlava má 180 trysek pro každou ze 6 barev (černá, azurová, světlá azurová, purpurová, světlá purpurová a žlutá). K tisku se používají inkousty EPSON CLARIA. Tiskové rozlišení dosahuje 5 760 x 1 440 dpi. Rychlost tisku je až 40 stran A4/min pro text (barevný i ČB). Tisk 1 fotografie 10 x 15 cm trvá cca 10 s. Potiskovat lze i CD a DVD nosiče.

Obr. 3 Tiskárna SHINKO CHC-S9045

Obr. 4 Tiskárna EPSON Stylus Photo PX700W

Když jsem v literatuře [2] psal o úbytku firem na výstavě, stále jsem doufal v obrat k lepšímu v příštím ročníku. Ten se bohužel nekonal. Přiznám se, že celý vývoj Interkamery je pro mě, který ji sleduje po dlouhou dobu, velkým zklamáním. Pokud by měl tento trend pokračovat, pak bych se přimlouval za ukončení Interkamery. Pořádání výstavy, která má takovou tradici, mi připadá za současných podmínek nedůstojné. Jakákoliv tvrzení o tom, že současná Interkamera se zaměřuje více na doprovodné programy, je ve srovnání s návštěvností jen zástěrkou toho, že žádný z velkých foto výrobců se Interkamery v její současné podobě nechce zúčastňovat. Je tedy otázkou, zda se s Interkamerou v roce 2009 ještě znovu setkáme.

Literatura

[1] Křížek, M.: Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2003, JMO, č. 8-9, FZÚ AV ČR, Praha 2003, ss. 244 – 248.
[2] Křížek, M.: Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2006, JMO, č. 5, FZÚ AV ČR, Praha 2006, ss. 149 – 152.

Ing. Miloslav Křížek, H. Malířové 18, 169 00 Praha 6

Akademie věd ČR zvolila kandidáta na svého předsedu

Profesor Václav Pačes, současný předseda Akademie věd ČR, v rozhovoru s ředitelem Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i., doc. Janem Řídkým

Dnes 16. prosince 2008 na XXXIII. zasedání Akademického sněmu AV ČR byl profesor **Jiří Drahoš**, místopředseda AV ČR, zvolen kandidátem na předsedu Akademie věd ČR. Po jmenování prezidentem republiky povede Akademii věd ČR v letech 2009–2013.

Prof. Jiří Drahoš

ROZVOJ NANOMETROLOGIE V ČESKÉ REPUBLICE

Rozhovor JMO s Ing. Janem Kůrem, jednatelem brněnské firmy MESING, která patří k předním tuzemským pracovištím zaměřeným m. j. na vývoj a výrobu nanometrických měřicích zařízení.

Na MSV Brno 2008 získal MESING od dvou mediálních partnerů významné ocenění „Nejlepší vystavený exponát" za interferometrický laserový komparátor na kalibraci snímačů a elektronických délkoměrů. Toto zařízení řešil MESING ve spolupráci s Ústavem přístrojové techniky Akademie věd ČR a Českým metrologickým institutem. MESING již realizoval řadu unikátních zakázkových zařízení, která patří mezi nanometrologická a na MSV Brno 2007 získal např. zlatou medaili za automat na povrchovou defektometrii velmi precizně obrobených válcových povrchů.

Obr. 1 Prof. Pačes zahajuje seminář, vedle něj Ing. Kůr (foto S. Kyselová, Archiv SSČ AV ČR)

Koncem loňského roku se uskutečnil na Prezidiu AV ČR seminář zaměřený na přesná měření pro nanotechnologie a průmysl. Organizaci zajišťoval právě ÚPT AV ČR, ČMI a MESING. Patronát nad ním měl i předseda AV ČR prof. Pačes. Jaké bylo hlavní poslání tohoto setkání specialistů?

Nanometrologie je jedním z velmi rychle se rozvíjejících oborů. Česká republika včas zachytila nástup a dosáhla v krátké době velmi solidních výsledků jak na poli základního výzkumu, tak i výzkumu aplikovaného, a to včetně realizace unikátních měřicích zařízení. Získanou pozici nesmíme ztratit a musíme urychleně tento obor dál rozvíjet, a to včetně souvisejících výzkumně vývojových a organizačních činností. Nemalé prostředky bude nutné investovat i do speciálního přístrojového vybavení, výrobních technologií, ale i vlastních pracovišť a povrchových i podzemních laboratoří. Vše se musí řešit s cílem udržení a zejména rozšíření dosavadních pozic s výhledem na mnoho let dopředu. To byly asi základní body projednávané na tomto semináři.

Co vás vedlo k navázání spolupráce právě s ÚPT AV ČR a ČMI?

V ÚPT AV ČR je oddělení koherenční optiky, ve kterém působí technicky mimořádně zdatný kolektiv mladých vědeckých pracovníků (Lazar, Číp, Růžička atd.). Jejich velkou předností je schopnost připravit výsledky základního výzkumu tak, aby byly snadno realizovatelné v konkrétním zařízení. Ústav má v tomto oboru dlouholetou tradici. Zde vznikly první československé laserové délkoměry, elektronové mikroskopy, litografy atd. S tímto ústavem spolupracuje náš kolektiv desítky let. Nemalou výhodou je, že obě organizace sídlí v Brně a kontakt řešitelských týmů je operativní.

Vynikající technické zázemí má přirozeně i ČMI a MESING dlouhodobě spolupracuje jak s brněnskou centrálou, tak i s laboratoří primární metrologie v Praze. Právě pražská laboratoř se spolupodílela na řešení oceněného interferometrického komparátoru pro kalibraci snímačů a bude i jedním z jeho uživatelů. O vysoké technické úrovni, ale i realizační schopnosti hovoří i výsledky řešení Národního komparátoru IR – 1 pro kalibraci délkových měřidel (viz referát P. Ballinga na semináři).

Můžete podrobněji přiblížit program další spolupráce s ÚPT AV ČR?

Musíme ještě dořešit některé uzly na interferenčním laserovém komparátoru, aby co nejvíce vyhovoval potřebám uživatelů. I sériově vyráběné přístroje musí měřit délky s rozlišením desetin nanometrů při nejistotě v řádu jednotek nm, a to na zdvihu 140 mm. Nároky na obsluhu musí odpovídat standardu v běžných strojírenských podnicích (nadstandardní přirozeně budou ale nároky na vlastní laboratoře).

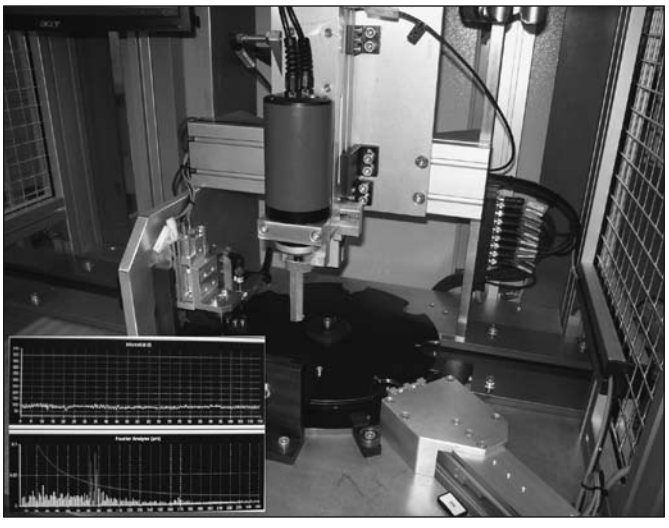
Dále řešíme nové metody diagnostiky koncových měrek. Snahou je realizace speciálního odměřovacího systému, který bude bezkontaktně diagnostikovat obě funkční plochy měrky současně. Momentálně se připravuje systém interferometrie s bílým světlem. Zatím se používají kontaktní měřidla (v ČR vyrábí MESING komparační měřidlo MKM-3; snímače a el. jednotky pracují s citlivostí 10 nm).

Připravujeme projekt měření úchylek přímosti a rovinnosti. Tyto parametry chceme měřit pomocí metody, která vychází z aplikací metod a prvků navržených původně pro interferometrický laserový komparátor. Cílů máme víc.

Spolupracuje MESING na vývoji vysoce přesných zařízení i s jinými tuzemskými a zahraničními vědeckými pracovišti?

Právě v těchto dnech připravujeme s rektorem Technické univerzity Kielce/Polsko prof. Adamczakem projekt zaměřený na vývoj provozních prostředků a norem měření úchylek kulovitosti. Chtěl bych upozornit, že přesné ložiskové kuličky jsou dnes vyráběny technologiemi, které zaručí tvarové úchylky (zatím se měří pouze úchylky kruhovitosti ve vybraných řezech), ale i rozptyl průměrů v řádu desítek nm.

Obr. 2 Interferometrický komparátor pro kalibraci snímačů



Obr. 3 Automatické měření úchylek kruhovitosti

S Ústavem merania SAV v Bratislavě jsme vyvinuli a realizovali např. bezkontaktní systém na povrchovou defektometrii velmi kvalitních ploch (oběžné dráhy vysokootáčkových ložisek, tělesa vstřikovacích čerpadel automobilů, pístnice a písty, povrchy speciálních součástek atd.). Využíváme detekci rozptýleného laserového světla. Je to velmi citlivý a relativně levný systém kontroly povrchových defektů. V roce 2007 byl oceněn zlatou medailí na MSV Brno.

Velmi úzce spolupracujeme na vývoji bezkontaktních optických metod a zařízení s německými firmami OptoSurf a FRT. Jsou to excelentní optici.

Na čem konkrétně pracujete?

S firmou OptoSurf se nám podařilo vyřešit asi jako prvním v Evropě bezkontaktní automatické měření úchylek kruhovitosti. Během několika sekund jsme schopni změřit tvarové úchylky na několika řezech kontrolované válcové součásti (umíme měřit vnější plochy i otvory), a to ve velkém frekvenčním spektru (až do 300 vln). Toleranční hranice pro zmetky se pohybují u vyšších počtů vln v řádu desítek nm. Dobré kusy mají tyto vlny jen několik nm.

Pro nás je řešení takových zařízení velkou výzvou. Setkáváme se s celou řadou úplně nových a neznámých problémů a otázek od výroby spec. přesných vřeten a přímovodů až po různé prvky k potlačování rezonancí atd.

Pracujeme s nimi i na dalších mimořádně zajímavých projektech jako je měření „polární rovinnosti" čelních ploch, ale třeba i bezkontaktní měření úrovně umělého záběhu rotujících dílů motorů automobilů. Požaduje se zkontrolovat během několika sekund, zda vrcholy nerovností z oblasti drsnosti jsou dostatečně zaoblené, aby při provozu auta již nedocházelo k jejich dalšímu většímu ohlazování a následnému splavování olejem.

Jaká je vaše spolupráce s vysokými školami?

Je dobrá a bezpodmínečně nutná. Velmi úzce spolupracujeme s Ústavem metrologie a zkušebnictví VUT FSI v Brně (doc. Pernikář). Několik našich pracovníků zde získalo titul Ph.D. a většina ostatních zde studovala. Přirozeně je využíváme i při vývoji některých nových zařízení, vyhodnocování zkoušek, návrhu metodických postupů atd. Dlouhodobě spolupracujeme i s Ústavem technologie obrábění a metrologie FS ČVUT v Praze a již zmíněnou TU Kielce nebo Žilinskou univerzitou. S těmito školami domlouváme i program přednášek z oblasti mechanizace a automatizace strojírenské metrologie.

Jakým směrem se ubírá přesná strojírenská metrologie?

Zejména v automobilovém a ložiskovém průmyslu pozorujeme příklon k automatizaci měření, linková výroba nepřipouští vadné díly na montážním pásu.

Klasická rozměrová kontrola s indukčnostními snímači a el. jednotkami standardně pracuje s citlivostí 0,1 μm (snímače 10 nm). Zde žádné výrazné změny v nejbližší době nečekáme. Velký rozmach nastává v oblasti bezkontaktních optických měření. Proto se MESING začal v této oblasti angažovat.

Nemyslíte, že i ten dnes tolikrát citovaný nanometr bude brzy velký; jaký je váš názor na projekt CESLAB?

O tom se intentenzivně hovořilo i na semináři. U laserových metod končíme s citlivostí v řádu cca desetin nm. Již dnes je nutné připravit podmínky pro získání vyšších citlivostí. Považujeme za velmi účelné, aby se v ČR (uvažuje se v Brně) realizovala výstavba Středoevropské synchrotronové laboratoře CESLAB. Ta by sloužila v tomto regionu pro celou řadu vědních oborů a to přirozeně i subnanometrologii. Je výhodné, že CESLAB by využíval poznatky získané s budováním obdobného synchrotronu ALBA poblíž Barcelony. Ten projekt by měl dostat zelenou.

Řada lidí se nás občas ptá, jestli to s tou přesností nepřeháníme. Musíme oponovat a říkat, že ne. Již v běžných strojírenských podnicích se dnes měří koncové měrky kontaktně s citlivostí 10 nm. Kontrolní měření musí být minimálně o řád přesnější a již jsme u nanometru. A to nemluvíme o speciálních zakázkových zařízeních, zejména pro automobilový a ložiskový průmysl, kde se ten nanometr stává realitou. Ta zařízení je nutné něčím kontrolovat. Je dobré, že jsme v České republice schopni takovou techniku zrealizovat. Nesmíme ustrnout na stávajících pozicích a musíme již dnes připravovat podmínky pro nástup pikometrie. Proto se přimlouváme za realizaci projektu CESLAB.

Jak financujete vývoj?

MESING je firma zaměřená na vývoj, konstrukci a výrobu zakázkových měřicích a automatizačních zařízení.

Náklady na konstrukci, výrobu, ověřování i instalaci těchto zařízení financujeme ze zakázek. Část zisku reinvestujeme do vývoje. Nezastupitelnou úlohu hrají granty – v našem případě MPO (projekty Tandem, Trvalá prosperita). Obdobně to řeší i naši tuzemští, ale i zahraniční partneři.

Co přejete nanometrologii i sobě do nového roku 2009?

Když jsem začínal po ukončení studia ve vývoji měřicí techniky, byl pro nás posvátný mikrometr. Na vrcholu mé aktivní činnosti se jím stává nanometr. Tomu nanometru přeji, aby nebyl dlouho na výsluní a partnerským organizacím, aby si nejen uchovaly, ale výrazně zlepšily své získané pozice. Ať mají dostatek odborníků, ale i peněz na realizaci svých vědecko - výzkumných záměrů a hlavně potřeb průmyslu. Všechno dobré přeji i redakci a přirozeně čtenářům JMO.

Děkujeme za rozhovor.

Miloslav Vychodil
Jaroslav Nevřala

Ing. Jan Kůr, MESING, spol. s. r. o., Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, tel.: +420 545 426 211

První úspěchy Katalogu přístrojů a služeb Univerzity Palackého v Olomouci

Univerzitní pracoviště zahájila spolupráci s firmami

Univerzita Palackého v Olomouci je tradiční univerzitou. I přesto, že zde nenajdeme ryze technicky zaměřené obory, na několika fakultách probíhá výzkum, který je využitelný ve firemní praxi. O spolupráci s firmami má univerzita značný zájem. Kontaktním místem pro komunikaci s firmami je právě Vědeckotechnický park, součást Univerzity Palackého na fakultní úrovni

Vědeckotechnický park Univerzity Palackého v Olomouci (VTP UP) za výhodných podmínek poskytuje pronájem kanceláří a výrobních prostor, poradenské služby a využití přístrojů a know-how Univerzity Palackého. Prostřednictvím Podnikatelského inkubátoru pomáhá začínajícím podnikatelům s rozjezdem firmy s ojedinělým nápadem a zaměřením.

Univerzita Palackého disponuje kvalitním přístrojovým vybavením a cenným duševním vlastnictvím, které lze uplatnit zejména v oboru farmacie, chemie, biotechnologie, optiky či nanotechnologie. Toto technické vybavení a know-how může nyní využít každá firma, a to díky Katalogu přístrojů a služeb univerzity, který VTP UP spustil ve spolupráci s jednotlivými univerzitními pracovišti teprve před několika měsíci. Už nyní se však VTP UP může pochlubit třemi úspěšně realizovanými zakázkami, na úspěšném dokončení dalších devíti se v současné době intenzivně pracuje. *„VTP UP připraví firmě nabídku, smlouvu a dohlédne na realizaci zakázky“,* popisuje Jiří Herinek, ředitel VTP UP, a dodává *„Pomáháme tak oběma stranám s překonáním prvotní bariéry, zejména ve vzájemné komunikaci a dodržování termínů.“*

V katalogu je nyní k dispozici téměř 300 přístrojů a služeb ze 40 pracovišť univerzity. Hledání v katalogu je možné podle oborového zaměření, podle pracoviště nebo fulltextově. Zájemci o spolupráci si mohou sami najít přístroj, který potřebují využít a domluvit si spolupráci přímo s příslušným pracovištěm. Jednodušší pro firemní klientelu je využít služeb VTP UP, které jsou zdarma.

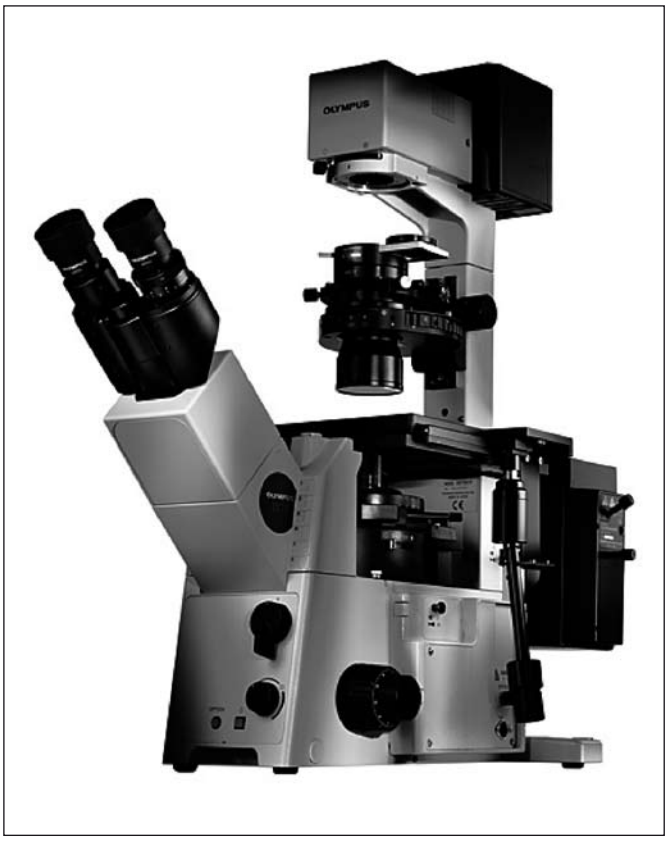
„V rámci propagace jsme zatím oslovili 2700 firem, z toho nám odpovědělo asi 400 firem. Díky tomu jsme se od oslovených firem dozvěděli, že o spolupráci s českými univerzitami mají velký zájem“, řekl Martin Šimo, konzultant VTP UP. Nejčastěji by firmy s univerzitami rády spolupracovaly v technických oborech, které Univerzita Palackého v Olomouci bohužel nedokáže pokrýt.

Jednou z úspěšných spoluprací mezi firmou a VTP UP je zakázka jisté potravinářské firmy, která se specializuje na výrobu vysoce kvalitních potravinových přísad, hlavně koření. Při své práci narazila firma na problém s povrchovou strukturou určitých přísad, pořizovat si potřebný přístroj by pro ni bylo vysoce neefektivní, proto využila naší nabídky a zapojila se do projektu Katalog přístrojů a služeb. Vhodný přístroj k řešení problému potravinářské firmy jsme našli na pracovišti Centra výzkumu práškových nanomateriálů Univerzity Palackého. Jednalo se o inverzní mikroskop Olympus IX-70. *„Po sérii měření se podařilo objasnit povrchovou strukturu vzorků, což firmě pomůže v dalším vývoji kořenících směsí“,* vysvětlil Milan Vůjtek, pracovník Centra.

Měření bylo provedeno inverzním mikroskopem Olympus IX-70 (*obr. 1*), který má všestranné využití nejen v biologických a medicínských oborech, ale také v ostatních oborech, kde je potřebné zkoumat miniaturní objekty při zvětšení až 1 500x. Při použití digitální zrcadlovky je možné obraz snímat a zaznamenávat digitálně s rozlišením až 12 Mgpx.

Základní parametry:

- jednoduchá obsluha a všestranné využití
- maximální zvětšení až 1500x (zvětšení objektivu až 100x, zvětšení okuláru 10x, přídavné zvětšení 1,5x)
- pracovní režimy: transmisní a reflexní mikroskopie, režim fázového kontrastu a použití polarizovaného světla



Obr. 1

Prostějovská firma, specializující se na průmyslovou chemii, měla zájem o spolupráci při vývoji nových produktů. *„V současné době má firma ve svém výrobním programu řadu vyzkoušených produktů, které svými vlastnostmi velmi dobře nahrazují škodlivé, jedovaté, hořlavé a nebezpečné látky, rozpouštědla, ředidla a nezatěžují tak životní prostředí“,* řekl Martin Plachý, majitel firmy. V rámci programu GREEN SOLUTION společnost nahrazuje celou řadu nebezpečných látek, jako je technický benzín, aceton, toluen, xylen, ketonová ředidla, trichlóretylén, tetrachlóretylén apod., které jsou stále v praxi velmi hojně využívány a jejichž použití bude v budoucnu výrazně limitováno. Vhodným partnerem na straně Univerzity Palackého je katedra organické chemie. *„S technickým vybavením dostupným na katedře, a navíc díky jejímu know-how jsme schopni poskytnout stejné služby, které si firma musí v současné době zabezpečovat z Francie“*, zdůrazňuje výhody spolupráce s univerzitou prof. Hradil, vedoucí katedry.

Příkladem, že spolupráce jsou ne vždy postavené pouze na drahém přístrojovém vybavení, je spolupráce firmy Olterm&TD s katedrou rekreologie. Firma provozuje plavecký stadion v Olomouci. V současné době mají značně vytížené kapacity. V Olomouci bude ale zanedlouho dokončen nový aquapark. Olterm&TD zadala zakázku na vypracování studie a námětů k rekonstrukci, zkvalitnění a rozvoje sportovních a rekreačních aktivit. Součástí studie je také analýza situace po otevření aquaparku. Olterm&TD se tak bude moci lépe rozhodnout, do jakých rozvojových záměrů investovat a na jaké oblasti se zaměřit, aby Olterm&TD mohl lépe konkurovat nově zřízenému aquaparku, či aby případně nabídl takové služby, které aquapark nebude s to pokrýt.

Katalog je k dispozici na www.vyzkumprofirmy.cz

Silvie Polánková

Univerzita Palackého, Vědeckotechnický park a Podnikatelský inkubátor, Šlechtitelů 21, 783 70 Olomouc, tel.: 585 631 420, fax: 585 631 420, e-mail: silvie.polankova@vtpup.cz

---

Mezinárodní rok astronomie 2009 aneb od Galilea k internetu

Když vynikající italský matematik a fyzik Galileo Galilei zamířil k obloze v létě r. 1609 dalekohled, který si sám postavil na základě zpráv o tomto holandském vynálezu, objevil tímto přístrojem v průběhu jediného roku tolik nových údajů o vesmíru, že nelenil a sepsal o tom odbornou zprávu v publikaci nazvané „Nebeský posel“ (Benátky, 1610). Trvalo to přes týden, než se vytištěná publikace dostala z Itálie do Prahy, kde si ji s dychtivostí sobě vlastní přečetl další slavný matematik, fyzik ale též astronom Johannes Kepler, jenž v té době působil jako císařský matematik na dvoře Rudolfa II. Kepler přijal Galileovy objevy s nadšením a reagoval na to po svém: vydal téhož roku v Praze publikaci „Rozprava s Nebeským poslem“, která opět putovala pomocí kurýrů na koních přes Alpy zpět do Itálie ke Galileimu.

Ani jeden z obou geniálních badatelů zajisté netušil, že o pouhých 400 roků později budou astronomická zařízení patřit mezi nejnákladnější vědecké přístroje lidstva, a že komunikace mezi vědeckými pracovníky se bude odehrávat téměř rychlostí světla pomocí všudypřítomného internetu.

Přitom na těchto technických samozřejmostech současnosti mají oba zmínění vědci klíčovou zásluhu. Galileo jako osvícený průkopník teleskopické astronomie a Kepler jednak jako objevitel zákonů, jimiž se řídí jak pohyb nebeských těles tak i umělých družic a kosmických sond, jednak též jako vynálezce refraktoru – dalekohledu, jenž svými optickými vlastnostmi daleko překonal Galileovo „kukátko“.

V roce 2009 si nejenom astronomové ale i široká veřejnost připomene zakladatelské dílo obou hvězdářů, ale též nesmírný pokrok astronomie za uplynulá čtyři století. Z iniciativy profesionálních astronomů sdružených v Mezinárodní astronomické unii (IAU) byl příští rok prohlášen světovou organizaci UNESCO za Mezinárodní rok astronomie (IYA 2009) pod patronací OSN. Česká republika patří k nejstarším členským státům IAU a tak příslušný český Národní komitét astronomický zřídil již na podzim r. 2007 Český organizační výbor (ČOV), jenž má na starosti jak přípravu, tak i koordinaci české účasti na této mimořádně rozsáhlé mezinárodní akci.

Naštěstí nemusíme výzvu k účasti profesionálních i amatérských českých astronomů i všech příznivců astronomie při uskutečnění IYA 2009 posílat kurýry na koních, ale právě zcela pohodlně prostřednictvím už zdomácnělého vynálezu WWW, který mimochodem pochází z Evropského centra pro výzkum částic (CERN), kde se fyzikové při práci u obřího urychlovače už před dvaceti lety začali potýkat s nedokonalostmi telefonické i elektronické komunikace po obvodu 27 km dlouhé urychlovací trubice.

Dnes máme všichni tak skvělý a aktuální přístup k informacím, že by nám to jistě Galileo i Kepler záviděli.

Český organizační výbor Mezinárodního roku astronomie 2009 byl jmenován na podzim roku 2007 Českým národním komitétem astronomickým a má na starosti jak přípravu, tak i koordinaci české účasti na této mimořádně rozsáhlé mezinárodní akci. Je jedním ze 135 národních organizačních výborů. Kontakty: Astronomický ústav AV ČR, v.v.i., Boční II/1401, 141 31 Praha 4, telefon 267 103 040, 737 322 815, e-mail: suchan@astro.cz, suchan@ig.cas.cz.

Jiří Grygar

RNDr. Jiří Grygar, CSc., Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Na Slovance 2, 182 21 Praha 8, e-mail: grygar@fzu.cz

Stavba klasických astronomických kopulí v Čechách

Zimní období nám již v časných večerních hodinách umožňuje pohled na třpytivé nebeské objekty. Hodně z této krásy uvidíme pouhým okem nebo třeba jenom triedrem, více ukáží astronomické dalekohledy, od nejmenších se vstupní aperturou několika desítek milimetrů až po největší se vstupní aperturou v řádu metrů a hmotností desítek tun. Tyto patří k největším opticko-mechanickým přístrojům dnešní doby.

V roce 1999 byla prováděna přestavba a dostavba Základní školy v Komenského ulici v Nymburce. Řízením osudu mně ne zcela zřejmým se do projektu dostala i astronomická pozorovatelna s kopulí průměru pět metrů. Investor tehdy oslovil s poptávkou firmu Carl Zeiss Jena. U Zeissů ale s astronomickými přístroji i kopulemi víceméně končili a odkázali investora na mne, že bych jim možná dovedl pomoci.

Jako fyzik jsem celou svoji zaměstnaneckou kariéru pracoval v tehdejší Vývojové optické dílně Astronomického ústavu ČSAV v Turnově. Během této doby jsem viděl řadu astronomických přístrojů i astronomických kopulí v Československu i v cizině, znal i některé neduhy uvedených konstrukcí. Hlavně jsem měl štěstí v tom, že jsem měl na Astronomickém ústavu vynikajícího učitele Dr. Ivana Šolce, od kterého jsem se hodně naučil nejen z optiky, ale i o životě, hodně mi dal jeho přístup k řešení problémů, řídil se zásadou: protože nevíme, že to nejde udělat, tak to uděláme. Z Astronomického ústavu musím ještě vzpomenout vynikajícího člověka a mechanika Karla Havlíčka, jehož konstrukce a technická řešení jsem okukoval, obdivoval a na nich se učil.

V devadesátých letech jsem potom často spolupracoval s profesorem Karlem Hamalem z FJFI ČVUT v Praze, velkým odborníkem, nadšencem a organizátorem. Ten razil zásadu, že fyzik může dělat vše, od burzovního makléře po ministra zahraničí, a život mu dal za pravdu, dodal bych, že fyzik může dělat i německého kancléře. Ale toho se pan profesor bohužel již nedožil.

Pod vlivem výše uvedených pánů, kterých si budu vždy hluboce vážit, jsem v sobě nalezl odvahu, možná drzost, pustit se do stavby kopule pro Nymburk. Stavba astronomické kopule je skloubení přesné mechaniky s méně přesným řemeslem truhlářským a ještě méně přesným řemeslem tesařským a klempířským. To není požadavek snadno splnitelný. Kopule se musí lehce otáčet, vrata štěrbiny otvírat, celek musí navíc esteticky dobře působit. Aby toto bylo splněno, musí být jednotlivé prvky vyrobeny s přesností zhruba +/- 5 mm. Při rozměrech kopulí – například na Kleti průměr osm metrů – je to požadavek poměrně přísný.

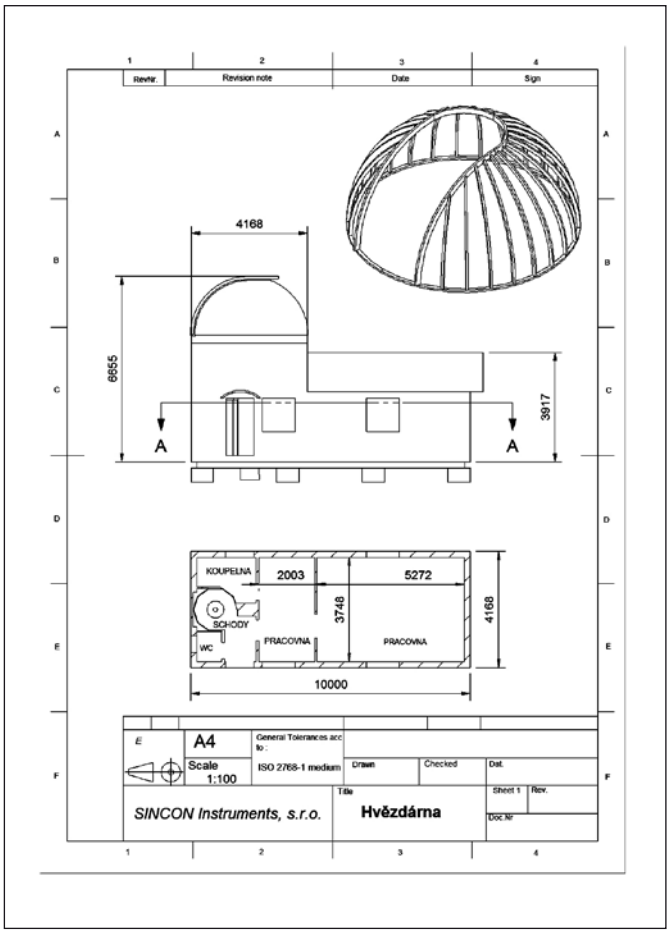
Na kopuli pro Nymburk jsme použili ke konstrukci slepované dřevěné profily. Jsou to prvky pevné, lehké, v mnohém předčí ocelové profily podobných průřezů, dokonce i v požární odolnosti. Toto řešení se osvědčilo a použili jsme ho i u dalších kopulí.

Většina dříve stavěných kopulí používala k otáčení síly jediného motoru. Tato se na kopuli přenášela v jediném místě. Pro pohon kopule v Nymburce jsme použili tři motory, později na Kleti dokonce deset motorů s elektronickou regulací. Takové řešení se ukázalo jako dobré.

Zkušenosti, které jsme se stavbou astronomických kopulí získali, v současné době uplatňujeme při stavbě prototypu modulární hvězdárny s kopulí průměru 420 cm. Jednu z variant, kterou realizujeme, představuji na přiloženém *obrázku 1*. Jedná se o dobře izolovanou montovanou dřevostavbu, která krom kopule pro dalekohled nabídne i dobré zázemí pro obsluhu hvězdárny a potřebnou elektroniku a výpočetní techniku. Kopule uvedené velikosti může sloužit dalekohledům do průměru zhruba 750 mm. Modulárnost umožňuje navrhnout různé varianty dle požadavků zákazníků. Stavba včetně sloupu pro dalekohled může být založena na tzv. „zemních vrutech" a na místě smontovaná během několika dní. Věřím, že takováto hvězdárna nalezne své zákazníky mezi profesionály, vyspělými amatéry a může sloužit i školám a astronomickým kroužkům.

V letech minulých postavila v Čechách řada amatérů astronomů i profesionálů pěkné astronomické kopule, pozorovací domky, hvězdárny. Za to jim platí obdiv a omluva, že jsou zde zmíněni v jediné obecné větě.

Jan Lochman



Obr. 1

RNDr. Jan Lochman, CSc., SINCON Instruments, s. r. o., Mašov 195, 511 01 Turnov, tel.: 481 312 241, mobil: 775 559 775, e-mail: sincon@sincon.cz

CONTENTS

The use of a speckle correlation method for measuring in mechanics (P. Šmíd, P. Horváth, I. Vašková, M. Hrabovský) 3
On the occasion of 75th anniversary of optical industry establishment in Přerov there was presented one optical method used for measurement in mechanics. The application potential of this method based on the speckle correlation is investigated in the Joint Laboratory of Optics of Palacky University and Institute of Physics of Academy of Sciences of the Czech Republic.
Keywords: speckle, contactless measurement, correlation method

Compact optical system for generation of nondiffracting beams with adjustable axis (V. Kollárová, Z. Bouchal, R. Čelechovský, T. Medřík, V. Chlup, A. Pochylý, M. Kalman, T. Kubina) 5
In the paper, a design, implementation and optical parameters of a system transforming Gaussian laser beam into a nondiffracting Bessel beam are described. The construction of the proposed laser beam convertor enables a phase modulation of the spatial spectrum of the created beam. It is used for the transversal adjustment of the beam spot into the desired position by a maintainance of propagation direction. In the contribution, the possible usage of the laser convertor in optical micromanipulation is discussed and the achieved experimental results are demonstrated.
Keywords: laser beams, nondiffracting beams, optical manipulation

Laser surface treatment of the material surfaces
(H. Chmelíčková, H. Lapšanská) 11
Laser surface treatment possibilities were tested on the metal and non-metal materials. Work parameters of the infrared pulsed Nd:YAG laser were optimised for the low-carbon steel surface followed by the heat affected regions microanalysis. Surface texturization, marking and laser scribing were examined on the silicon wafers 0,3 mm – 0,8 mm thick. Results displaying and measuring was realized by the inductive profilometer Talysurf and laser confocal microscope LEXT.
Keywords: Surface treatment, Nd:YAG laser, melting, steel, scribing, silicon, confocal laser microscopy, inductive profilometer.

SPIE/CS – optical society informs 13

Transverse electron wave modes in an electrically conducting mesoscopic thin layer (J. Pospíšil, K. Šafářová) 14
The basic quantum equations for transverse electron wave modes in an electrically conducting metallic or semiconductor homogeneous mesoscopic thin layer are formulated and interpreted in dependence on the adequate static tranverse parabolic extend of the interior electric potential energy and operated external tuning homogeneous magnetostatic field. The starting point is the modified non-temporal Schrödinger equation of one electron with chosen normalized monowave number wavefunction and relevant transverse eigenfunctions and eigenenergies. Their analysis is then directed successively towards the transverse electric, magnetic and magneto-electric electron wave modes. The established separated transverse wave modes in electron waveguides under discussion are analogous to the transverse wave modes of electromagnetic waveguides. The problems mentioned above are topical and important in practice for development of integrated electronical, opto-electronical and electro-optical systems.

Czech Metrology Society events for the first quarter 2009
(Z. Tůma) 18

50 years of polyekran (J. Eigl) 19

Looking back at the exhibition Interkamera 2008
(M. Křížek) 21

Academy of Sciences of the Czech Republic has nominated its presidential candidate 22

Progress of nanometrology in the Czech Republic
(M. Vychodil, J. Nevřala) 23

First achievements of the Catalogue of instruments and know-how of Palacky Univerzity in Olomouc (S. Polánková) 25

International Year of Astronomy and/or from Galileo to internet
(J. Grygar) 26

Building of classical observatory domes in Bohemia
(J. Lochman) 27

HANNOVER MESSE 2009

Světový průmyslový veletrh
20. – 24. dubna 2009

HANNVER – GERMANY

13 předních mezinárodních veletrhů
na Hannover Messe 2009

HANNOVER MESSE

SINCON

INSTRUMENTS, S.R.O.

SINCON Instruments, s. r. o.
Mašov 195, 511 01 Turnov
tel.: 481 312 241
mobil: 775 559 775
e-mail: sincon@sincon.cz

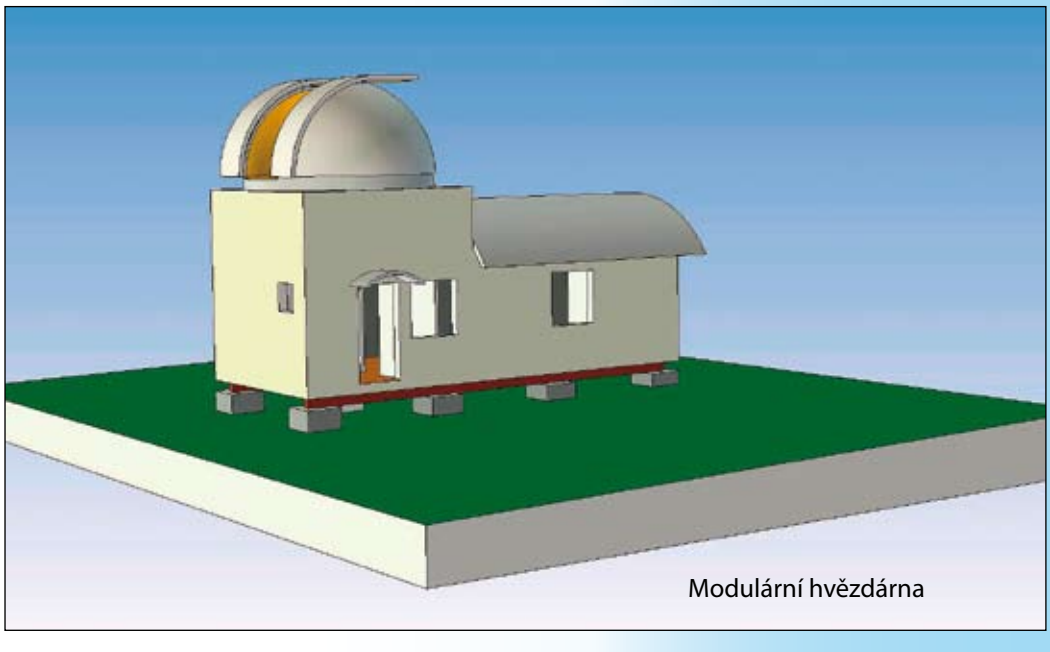
Inovace a nové modulární hvězdárny umožní rozšíření poznání o vesmíru

Stavba kopule Kleť

Kopule Kleť

Kopule Masarykovy univerzity v Brně

Kopule hvězdárny ZŠ Nymburk



Modulární hvězdárna

zaostřeno na optiku

OPTA

15. mezinárodní veletrh
oční optiky, optometrie a oftalmologie

- Zvýrazněné téma 2009 **"SPORTS & VISION"**
- **Premiéry a novinky** připravované prodejci a distributory pro jaro/léto 2009
- Možnost prezentace značek formou módních přehlídek a "street show"
- **TOP OPTA 2009** - soutěž o nejlepší exponát veletrhu
- Nová **návštěvnická soutěž** o exponátovou novinku na veletrhu
- Mezinárodní kongres **OPTA 2009** za podpory **ECOO** opět v Brně
- **Lectures Point** - pro firemní a odborné přednášky a prezentace

Veletrh OPTA je jedinou možností v České republice a na Slovensku, jak na světové úrovni prezentovat a zhlédnout novinky oborů oční optiky, optometrie a oftalmologie!

Brno, Výstaviště

27. 2. – 1. 3. 2009

www.opta.cz

Central European Exhibition Centre

Veletrhy Brno, a.s.
Výstaviště 1
647 00 Brno
Tel.: +420 541 152 818
Fax: +420 541 153 063
E-mail: opta@bvv.cz
www.opta.cz

BVV Veletrhy Brno