

REDAKČNÍ RADA

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

Členové: RNDr. Ing. Ján BARTL, CSc., ÚM SAV, Bratislava, doc. Dr. RNDr. Zdeněk BOUCHAL, UP, Olomouc, Ing. Igor BREZI-NA, Bratislava, Ing. Jan DUPÁK, CSc., ÚPT AV ČR, Brno, prof. Ing. Pavol HORNÁK, DrSc., STU, Bratislava, Ing. Libor HOVOR-KA, H & H hodinářská s.r.o., Nové Město nad Metují, prof. RNDr. Mi-roslov HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Karol KAROVIČ, DrSc., Předsednictvo SAV, Bratislava, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, RNDr. Josef KRÁSA, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, Ing. Jiří KR-ŠEK, VUT, Brno, RNDr. Vojtěch KŘESÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KÚR, Mesing, spol. s r.o., Brno, doc. Ing. Martin LIBRA, CSc., ČZU, PRAHA, prof. RNDr. Miroslav LIŠKA, DrSc., VUT, Brno, RNDr. Zdeněk LOŠTÁK, Meopta-optika, a.s., Přerov, doc. Ing. Petr LOUDA, CSc., TU, Liberec, Ing. Vladimír MATELA, Meopta-optika, a.s., Přerov, prof. RNDr. Jan PEŘINA, DrSc., UP, Olomouc, prof. Ing. Jaromír PIŠTO-RA, CSc., VŠB - TU, Ostrava, prof. RNDr. Ing. Jaroslav POSPÍŠIL, DrSc., UP, Olomouc, Jan ŘÍDKÝ, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Dagmar SENDEŘÁKOVÁ, CSc., UK, Bratislava, prof. Ing. Karel STUDENOVSKÝ, DrSc., ČVUT, Praha, prof. RNDr. Anton ŠTRBA, CSc., UK, Bratislava

Gerd HÄUSLER, Lehrstuhl für Optik, Universität Erlangen - Nürnberg, Erlangen (Germany), Michael J. LALOR, Liverpool John Moores Univer- sity, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Gisbert O. SCHAUER, Sylvania Lighting International, Erlangen, Germany; 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 za spoluúčasti The International Society for Optical Engineering (SPIE/CS) v Nakla- datelství Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky.

Ředitel FZÚ AV ČR: Ing. Karel JUNGWIRTH, DrSc.

Odpovědný zástupce vydavatele: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

Šéfredaktor: dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA

Adresa redakce v Olomouci (předplatné, nakladatelské služby): SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: pelclova@optnw.upol.cz

Adresa redakce v Přerově (šéfredaktor): Kabelíkova 1, 750 02 Pře- rov, 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 příspěv- ků odpovídají autoři.

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

Rozšiřuje vydavatel, Podniková prodejna Meopta-optika, a.s., Pře- rov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov a KNIHKUPECTVÍ ACADEMIA, Vác- lavské nám. 34, 110 00 Praha 1.

V Slovenské republice je kontaktní místo: prof. RNDr. Anton Štr- ba, CSc., katedra experimentální fyziky FMFI UK, Mlynská dolina F2/148, SK - 842 48 Bratislava, tel.: 00421 7 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: typoservis@iol.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 2005

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 50

7 - 8/2005

OBSAH

<i>Niekoľko pohľadov na Alberta Einsteina</i> (J. Šebesta)	207
Možnosti měřicího systému NanoTest™ NT600 (R. Čtvrtlík, M. Stranyánek, P. Boháč, L. Jastrabík)	211
Nanomechanické vlastnosti uhlíkových vrstev měřené přístrojem NT600 (M. Stranyánek, R. Čtvrtlík, P. Boháč, L. Jastrabík, V. Kulikovský)	214
Sběratelský veletrh pro každého (jpe)	217
Měření disperzních charakteristik vysoce dvojlomného mikrostrukturního optického vlákna interferenčními metodami (P. Hlubina, G. Stankiewicz, T. Martynkien, W. Urbanczyk)	218
Nový optický jev na síťových tkaninách (L. Sodomka)	221
Dynamika přenosu excitonů v molekulárních systémech (M. Pojzl, P. Heřman, I. Barvík, M. Petřek)	222
Kvázivlnodivný laser cylindrickej konfigurácie na báze organických farbív (V. Mesároš, A. Štrba, J. Kalužay)	225
Přírůstky knihovny SPIE/CS	227
Souřadnicové měřicí stroje ve výrobním procesu (Č. Nenáhlo)	228
MACH je mezinárodní veletrh (nejen) strojírenské techniky (Č. Nenáhlo)	229
Manipulace a montáž hrou - moderní profesionální stavebnice (Z. Haumer)	230
RNDr. ING. JÁN BARTL, CSc. sa v týchto dňoch dožíva 65 rokov (K. Karovič)	232
PHOTONICS PRAGUE '05 (M. Jedlička)	232
Výrobní stroje a technologie také pro jemnou mechaniku (jpe)	234
Slavnostní pracovní zasedání Redakční rady časopisu JMO (M. Vychodil)	234
CRYTUR, spol. s r. o.	235
První digitální jednooká zrcadlovka na světě s revoluční technologií Anti-Shake zabudovanou v těle	237
Z technické knihovny (E. Veselá, J. Valíček, J. Novák)	240
Z dílny starých mistrů	241
Nejvýznamnější odborné veletrhy konané ve 2. pololetí 2005 (jpe)	241
Obsah časopisu Jemná mechanika a optika je uveden na internetu: http://jmo.fzu.cz	

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

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

ADVISORY BOARD

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

Members: Ján BARTL - Inst. of Measurement Science Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovak Rep.), Zdeněk BOUČHAL - Palacky Univ. (Czech Rep.), Igor BREZINA - Bratislava (Slovak Rep.), Jan DUPÁK - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Pavol HORŇÁK - Slovak Tech. Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Ing. Libor HOVORKA, H & H hodinářská s.r.o., Nové Město nad Metují, Miroslav HRABOVSKÝ - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Vladimír CHLUP - Olomouc (Czech Rep.), Lubomír JASTRABÍK - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Karol KAROVIČ - Presidium of the Slovak Academy of Science, Bratislava (Slovak Rep.), Pavel KLENOVSKÝ - Czech Metrology Inst., Brno (Czech Rep.), Josef KRÁSA - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Jiří KRŠEK - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Vojtěch KŘESÁLEK - Tomas Bata Univ. in Zlín (Czech Rep.), Ing. Jan KUR, Mesing, spol. s r.o., Brno (Czech Rep.), Martin LIBRA - Czech Univ. of Agric. Praha (Czech Rep.), Miroslav LIŠKA - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Zdeněk LOŠTÁK - Meopta-optika, a.s., Přerov (Czech Rep.), Petr LOUDA - Tech. Univ., Liberec (Czech Rep.), Vladimír MATELA - Meopta-optika, a.s., Přerov (Czech Rep.), Jan PEŘINA - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jaromír PIŠTORA - Tech. Univ., Ostrava (Czech Rep.), Jaroslav POSPÍŠIL - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jan ŘÍDKÝ - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Dagmar SENDERÁKOVÁ - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Karel STUDENOVSKÝ - Czech Tech. Univ., Praha (Czech Rep.), Anton ŠTRBA - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.),

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

FINE MECHANICS AND OPTICS

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

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

Editor: Jan ŘÍDKÝ

Managing Editor: Jaroslav NEVŘALA

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

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

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

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

Distribution: by the Publisher, Company Sales shop of Meopta-optika, a.s., 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 7 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: typoservis@iol.cz

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

Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2005

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL
VOLUME 50 7 - 8/2005

CONTENTS

<i>Several views of Albert Einstein</i> (J. Šebesta)	207
<i>Possibilities of measuring system NanoTest™ NT600</i> (R. Čtvrtlík, M. Stranyánek, P. Boháč, L. Jastrabík)	211
<i>Nanomechanical properties of carbon films measured by NT600 instrument</i> (M. Stranyánek, R. Čtvrtlík, P. Boháč, L. Jastrabík, V. Kulikovskiy)	214
<i>Collecting fair for everyone</i> (jpe)	217
<i>Measurement of dispersion characteristics of a highly birefringent microstructured optical fibre by interferometric methods</i> (P. Hlubina, G. Statkiewicz, T. Martynkien, W. Urbanczyk)	218
<i>A new optical effect on the mesh wovens</i> (L. Sodomka)	221
<i>Dynamics of exciton transfer in molecular systems</i> (M. Pojsl, P. Heřman, I. Barvík, M. Petřek)	222
<i>Organic dye semiwaveguide laser of cylindrical configuration</i> (V. Mesároš, A. Štrba, J. Kalužay)	225
<i>Recent acquisitions of the SPIE/CS library</i>	227
<i>Co-ordinate measuring machines in the production process</i> (Č. Nenáhl)	228
<i>MACH is international fair (not only) of engineering technique</i> (Č. Nenáhl)	229
<i>Enjoy handling and mounting - modern professional kit</i> (Z. Haumer)	230
<i>RNDr. Ing. Ján Bartl, CSc. reaches his 65 in these days</i> (K. Karovič)	232
<i>PHOTONICS PRAGUE '05</i> (M. Jedlička)	232
<i>Industrial machines and technology also for fine mechanics</i> (jpe)	234
<i>Celebration work meeting of JMO Editorial Board</i> (M. Vychodil)	234
<i>CRYTUR Ltd.</i>	235
<i>The first on the world digital monocular reflex camera with revolutionary Anti-Shake technology built-in its body</i>	237
<i>The most significant professional fairs held in the second half of 2005</i> (jpe)	241

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

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

Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

Niekoľko pohľadov na Alberta Einsteina

Článok je venovaný životu a dielu Alberta Einsteina. Na rozdiel od starších článkov sa pozornosť venuje aj súkromiu veľkého fyzika. Rozoberá sa v ňom tiež Einsteinova tvorivá metóda a jeho spoločenské aktivity. Príspevok je doplnený prehľadom Einsteinových diel preložených do češtiny a zoznamom kníh o Einsteinovi, ktoré vyšli v češtine alebo v slovenčine.

ÚVOD

V tomto roku si celý kultúrny svet pripomína 100. výročie zá-
zračného roku v živote Alberta Einsteina, keď tento mladý, ešte
neznámy pracovník Spolkového úradu pre duševné vlastníctvo
v Berne uverejnil štyri práce, ktoré nielenže znamenali revolúciu
vo fyzike, ale v konečnom dôsledku doslova prevrátili naše videnie
sveta. Nečudo, že Organizácia OSN pre vzdelávanie UNESCO vy-
hlásila rok 2005 za Rok fyziky.

V tomto článku by sme chceli priblížiť túto významnú osob-
nosť z niekoľkých pohľadov.

Prečo Einsteina zaraďujeme medzi najvýznamnejších vedcov všetkých čias?

Albert Einstein už dostal veľa prívlastkov, ktoré sa začínajú
predponou naj-: najlepší, najvýznamnejší, najväčší. Napríklad, už
dávnejšie sa zaraďuje medzi troch najvýznamnejších fyzikov
v dejinách (popri I. Newtonovi a J. C. Maxwellovi). Jeho výsadné
postavenie sa opäť potvrdilo v ankete usporiadanej na prelome sto-
ročí, kde bol „pasovaný“ na najvýznamnejšieho vedca nielen
20. storočia, ale všetkých čias. Môžeme si položiť otázku: „Čo vlast-
ne vykonal Albert Einstein, že si ho tak vysoko vážime?“

Namiesto siahodlnej odpovede uvedieme fakty. Už v prvých
svojich prácach z rokov 1901-04 mladý Albert rozpracoval nezá-
visle od J. W. Gibbsa, tvorca štatistickej mechaniky, základné prin-
cípy tejto novej oblasti fyziky. Keď zistil, že ho už niekto predbe-
hol, svoje výsledky nepublikoval. V spomínanom zázračnom roku
1905 potom uverejnil štyri práce prevratného významu:

- v jednej formuloval špeciálnu teóriu relativity,
- v druhej odvodil ekvivalentnosť hmotnosti a energie,
- v tretej vyslovil hypotézu o diskretnej povahe svetla a pomocou
nej vysvetlil fotoelektrický jav, čím podstatne prispel k vzniku
kvantovej teórie,
- štvrtá obsahovala teóriu Brownovho pohybu, ktorá podmienila
experimentálne potvrdenie existencie atómov.

Krátko nato Einstein rozvinul svoje myšlienky, obsiahnuté
v dvoch článkoch o špeciálnej teórii relativity, a v rokoch 1907-16
vypracoval všeobecnú teóriu relativity, čiže novú teóriu gravitácie.
Jej výsledky sa experimentálne potvrdili už v r. 1919. V posledných
desiatročiach sa VTR v novom matematickom šate stala základom
pre zjednotenie dvoch najväčších fyzikálnych myšlienkových sys-
témov 20. storočia – relativity a kvantovej teórie, vďaka čomu sa
dosiahli mimoriadne úspechy na ceste k vybudovaniu kvantovej te-
órie gravitácie.

K vzniku kvantovej teórie prispel aj dvoma prácami z rokov
1916-17. Zdôvodnil v nich možnosť vzniku stimulovanej emisie
elektromagnetického žiarenia, čím položil teoretické základy pre
vývoj kvantových generátorov – laserov, ktoré dnes podstatným
spôsobom ovplyvňujú náš život. V roku 1917 založil aj relativis-
tickú kozmológiu, ktorá sa stala teoretickým východiskom súčas-
nej astrofyziky.

Teda zo šiestich najvýznamnejších fyzikálnych teórií Albert Ein-
stein dve vytvoril a vznik ďalších dvoch podstatne ovplyvnil. Do-
konca sa dá povedať, že stál pri zrode všetkých disciplín súčasnej
fyziky. Takými úspechmi sa nemôže pochváliť nijaký iný fyzik.

Vývoj fyziky ovplyvnili dokonca aj Einsteinove neúspechy.
Hoci jeho pokus vybudovať tzv. unitárnu teóriu, v ktorej chcel zjed-
notiť vtedy známe interakcie – elektromagnetizmus a gravitáciu –
nebol úspešný, myšlienka jednotnej teórie všetkých fyzikálnych
polí našla svojich pokračovateľov. V sedemdesiatych rokoch mi-
nulého storočia Shalton Glashow, Abdus Salam a Steven Wein-
berg zjednotili teoretický opis elektromagnetických a slabých in-
terakcií, keď vypracovali tzv. štandardný model. V ďalších rokoch
sa podnikli a stále sa podnikajú pokusy vybudovať jednotnú teóriu
všetkých známych interakcií.

Obrovský je tiež vplyv Alberta Einsteina, výsledkov jeho te-
órií i spôsobu poznávania, na súčasnú filozofiu, gnozeológiu či
epistemológiu. Bez prehánania môžeme povedať, že položil zákla-
dy nového pohľadu na svet.

Po potvrdení dôsledkov všeobecnej teórie relativity výpravou
pod vedením sira Arthura Eddingtona v roku 1919 sa A. Einstein
stal prvým fyzikom, ktorého poznali ľudia na celom svete, no a dnes
už ho poznajú hádam aj malé deti. Einsteinova popularita nepo-
chybne prispela k popularizácii fyziky i celej vedy. Vzhľadom na
svoju popularitu sa A. Einstein často vyslovoval k mnohým prob-
lémom, takže prostredníctvom svojich názorov, myšlienok a aktivít
zohral dôležitú úlohu aj vo vývoji ľudskej spoločnosti. O tom po-
drobnejšie v samostatnej časti.

Takže máme veľa dôvodov pokladať Alberta Einsteina za ved-
ca, ktorý najviac ovplyvnil náš život.

Míľniky Einsteinovho života

Albert Einstein pochádzal z južného Nemecka – narodil sa
14. marca 1879 v švábskom meste Ulm. Jeho otec Hermann Ein-
stein (1847-1902) bol spoločníkom vo firme svojho mladšieho
brata Jacoba, v ktorej sa vyrábali rôzne elektrotechnické súčiast-
ky. V nádeji, že vo veľkom meste sa bude firme lepšie dariť, sa
v r. 1881 rodina presťahovala do Mníchova.

Dušou rodiny bola Albertova matka Paulina, rodená Kochová
(1858-1920). Podľa vzoru svojich rodičov sa usilovala, aby aj jej
rodina bola súdržná. Paulina mala hudobné nadanie a hrala na klaví-
ri. Lásku k hudbe vstúpila aj synovi. Napriek počiatočnému od-
poru sa Albert podriadil matkinmu naliehaniu a naučil sa hrať na
husliach. Tento hudobný nástroj sa mu napokon stal spoločníkom
na celý život a pomáhal mu nadväzovať kontakt s ostatnými ľuďmi.

Keď mal Albert dva roky, narodila sa jeho jediná sestra Maja.
Malý Albert bol od začiatku uzavretý a málovravný chlapec. Malá
komunikatívna zostala jeho slabou stránkou po celý život. Možno
aj preto, že v Mníchove chodil do katolíckej ľudovej školy, kde
si pre svoj židovský pôvod sotva našiel kamarátov.

V roku 1889 rodičia zapísali Alberta do známeho mníchov-
ského Luitpoldovho gymnázia. To však nedokončil. Podľa všetké-
ho ťažko niesol, že rodina sa pre neúspechy v podnikaní odsťahova-
la v roku 1894 do Pávie a neskôr do Milána. Preto v Mníchove
dlho nevydržal osamote a odcestoval za rodinou. Matka Paulína,
náležite hrdá a svojho prvorodeného syna, však chcela, aby za
každú cenu vyštudoval. Keďže nedokončil školu a mal iba 16 ro-
kov, podnikla kroky, aby ho v roku 1895 pripustili na prijímacie

skúšky na polytechniku v Zürichu. Žiaľ, Albert neuspel vo francúzštine, dejepise a biológii. Preto mu rektor školy odporučil, aby si doplnil vzdelanie a potom sa uchádzal o štúdium znova. Na strednej škole v Aarau potom zmaturoval a v roku 1896 sa zapísal na polytechniku, kde sa chystal študovať učiteľstvo matematiky a fyziky.

Štyri roky štúdia v Zürichu boli pre mladého Alberta dôležité z dvoch dôvodov:

- Do jeho života vstúpila Mileva Maričová, s ktorou prežil viac ako dvadsať rokov a mal s ňou dvoch synov.
- Viac ako na prednáškach trávil čas samostatným štúdiom a rozmyšľaním: podrobne preštudoval práce Gustava Kirchhoffa, Hermanna Helmholtza, Jamesa Clerka Maxwella, Ludwiga Boltzmanna a Hendrika Antoona Lorentza, vďaka ktorým sa rozhodol venovať sa teoretickej fyzike.

Albert nepatrí medzi tzv. usilovných študentov. Prednášky na polytechnike nepatrili medzi najlepšie, takže ho veľmi nepriťahovali. Aj preto viac študoval samostatne a predovšetkým rozmyšľal o tom, čo preštudoval. Pre absencie na výučbe i pre svoje názory sa často dostával do krížku s profesorom fyziky Heinrichom Weberom. Ten odmietol prijať Alberta po promócií na voľné asistentké miesto. Preto dva roky bol mladý absolvent bez stáleho zamestnania. Až v roku 1902 vďaka intervencii otca svojho kolegu zo štúdií Marcela Grossmana získal miesto úradníka tretej triedy na Konfederálnom patentovom úrade v Berne, kde pracoval až do októbra 1909.

Bernské obdobie bolo pre mladého Alberta Einsteina mimoriadne užitočné. Hoci mal v úrade pomerne dosť práce, našiel si čas na štúdium, na sledovanie literatúry a hlavne na rozmyšľanie. Postupne dozrel ako fyzik a výsledkom bol zázračný rok 1905, o ktorom sme hovorili v úvode. V tomto období získal na zürichskej univerzite (mimochodom, až na tretí pokus!) doktorát filozofie (1905) a titul súkromného docenta (1907).

Einsteinova akademická kariéra sa začala až štyri roky po erupcii jeho intelektuálnej aktivity v r. 1905. S účinnosťou od 15. októbra 1909 ho vymenovali za mimoriadneho profesora teoretickej fyziky na zürichskej univerzite. Tu však nevydržal ani dva roky a už v roku 1911 sa stal riadnym profesorom teoretickej fyziky na nemeckej časti Karlo-Ferdinandovej univerzity v Prahe, kde nahradil veľkého Ernsta Macha. V Prahe Albert Einstein tiež nepobudol dlho – asi poldruha roka, bol to však po odbornej stránke veľmi plodný pobyt. Jednou z príčin skorého odchodu z Prahy boli nové, lákavejšie ponuky. Hoci mal ponuku z Utrechtu i Leidenu, ba dokonca sa hovorilo o Berlíne, dal prednosť riadnej profesúre na svojej alma mater.

Berlín napokon predseda zvrátil. Ani nie o rok – na Veľkú noc 1913 – Einsteina navštívili v Zürichu také kapacity ako Max Planck a Walther Nernst, aby mu ponúkli veľmi výhodné miesto riaditeľa Fyzikálneho ústavu Pruskej akadémie vied, ktorý sa ešte len mal zriadiť. Jedinou Einsteinovou povinnosťou bolo vedecky pracovať. Navyše tu mal mať vyšší plat. Predstava, že nebude musieť prednášať a bude sa môcť plne venovať vede (v tom čase intenzívne pracoval na všeobecnej teórii relativity) bola pre Einsteina taká lákavá, že ponuku prijal. Nenechal sa odradiť ani protestmi manželky, ktorá nemala ani najmenšiu chuť sa presťahovať do Berlína. Mileva síce napokon na jar 1914 odcestovala do metropoly Nemecka aj so synmi, ale už po troch mesiacoch sa s chlapcami vrátila do Zürichu – manželia sa de facto rozíšli.

Z odborného hľadiska bol berlínsky pobyt mimoriadne úspešný. A. Einstein tu dokončil všeobecnú teóriu relativity (1915), napísal prvé práce z relativistickej kozmológie (1916-17), uverejnil článok *Ku kvantovej teórii žiarenia* (1917), ktorým vlastne založil teóriu laserov, nadviazal (1923) na myšlienku indického fyzika Šatendranátha Boseho a vypracoval teóriu, o ktorej sa neskôr ukázalo, že je to kvantová štatistika častíc s celým spinom, známa Boseho-Einsteinova štatistika.

Keď v roku 1925 vznikla a v ďalších rokoch sa rozvinula kvantová mechanika, Einstein ju nadšene privítal. Nečudo, veď sa o jej zrod nemalou mierou zaslúžil. Čo neprijal, bola tzv. kodánska interpretácia kvantovej teórie založená na pravdepodobnostnom výklade stavovej (vlnovej) funkcie. Tu sme svedkami jedného

z paradoxov v histórii fyziky. Veď práve Einstein zaviedol do kvantovej mechaniky myšlienku pravdepodobnosti – v spomínanej práci o spontánnej a stimulovanej emisii žiarenia z roku 1917. Vo svojom snažení spochybní kodánsku interpretáciu zostal napokon sám. Podobne ako sa sám až do konca života neúspešne pokúšal vybudovať jednotnú teóriu polí. Približne každý rok prišiel s novým riešením, ktoré sa napokon ukázalo ako nesprávne. Ku koncu života sa už pre svoju vytrvalú tvrdošijnosť stal terčom kolegiálnych žartov.

Po prvej svetovej vojne sa Albert Einstein – aj pre svoje úspechy, aj pre veľkú popularitu – stal terčom útokov pravicových extrémistov. Nechýbalo veľa a bol by emigroval už vtedy. Maxovi Planckovi a ďalším priateľom a známym sa však podarilo prehovoriť slávneho fyzika, aby zostal v Nemecku. Emigroval až v roku 1933, keď sa nemeckým kancelárom stal Adolf Hitler.

V čase Hitlerovho príchodu k moci bol Einstein na prednáškovom turné v USA. Do Nemecka sa už nevrátil. Po krátkom pobyte v Belgicku, kde bol hosťom kráľovskej rodiny, a vo Veľkej Británii odcestoval začiatkom decembra 1933 do Spojených štátov. Až do smrti tu pracoval v Ústave pre pokročilé štúdiá na univerzite v Princetone (štát New Jersey). Za pobytu v USA sa Einstein viac venoval spoločenským a verejným aktivitám ako vedeckej práci.

V posledných rokoch života Albert Einstein ochorel: na tepne vyživujúcej žalúdok sa mu objavilo vydutie. Napriek bolestiam odmietol operáciu, ktorá by mu predĺžila život. Zomrel 18. 4. 1955. Zásady, podľa ktorých žil, uplatnil aj vo svojom závete. Podľa poslednej vôle sa na pohrebe zúčastnil iba úzky okruh jeho najbližších príbuzných a priateľov. Telo bolo spolopené a popol rozptýlený. Mozog bol odovzdaný na účely lekárskeho výskumu.

Pohľad do Einsteinovho súkromia

O osobnosti veľkého fyzika sa verejnosť dozvedela viac až koncom osemdesiatych rokov, keď zomreli správcovia jeho literárnej pozostalosti Helena Ducasová – dlhoročná Einsteinova osobná sekretárka – a právnik Otto Nathan. Tí totiž viac ako štvrtstoročie od Einsteinovej smrti v r. 1955 vytrvalo udržiavali predstavu Alberta Einsteina ako ctihodného a ušľachtilého kmeta, ktorý sa venoval výlučne vede, a nikdy nedali súhlas na uverejnenie akejkoľvek informácie, ktorá by mohla túto predstavu narušiť. Po smrti správcov pozostalosti sa dosiahla dohoda medzi zástupcami Einsteinových potomkov a bádateľmi Einsteinovho života. Verejnosti sa tak naskytla možnosť zoznámiť sa s dokumentmi a osobnou korešpondenciou, ktoré vniesli svetlo do súkromia veľkého fyzika. Cieľom nebolo znevážiť jeho pamiatku, ale snaha ukázať Einsteina ako reálneho človeka so všetkými ľudskými stránkami.

Už sme spomínali, že počas štúdií na technike v Zürichu sa Albert zblížil s kolegyňou z ročníka Milevou Maričovou. Pre Alberta bol tento vzťah dôležitý, pretože Mileva mu v Zürichu nahrádzala rodinu, na ktorej veľmi lipol. Navyše mu bola intelektuálnou partnerkou, pretože vďaka otcovi dostala veľmi slušné vzdelanie, ktoré v tých časoch nebolo pre dievčatá také bežné.

Napriek odporu einsteinovskej rodiny vzťah pokračoval aj po tom, ako Albert v roku 1900 zložil záverečné skúšky a získal oprávnenie vyučovať matematiku a fyziku. Mileva to šťastie nemala: ako jediná z ročníka neuspela na záverečných skúškach pre slabšie známky z matematiky. O rok sa pokúsila o reparát, ale pár mesiacov pred termínom skúšky zistila, že je tehotná. To jej nepridalo na pokoji, takže skúšky nezložila ani na druhý pokus.

Albert v tom čase nemal stále zamestnanie, preto sa mladí dohodli, že Mileva bude rodiť doma vo Vojvodine a do Zürichu sa vráti už bez dieťaťa. Tak sa aj stalo. Albert svoju prvorođenú dcéru Lieserl, ktorá sa narodila koncom januára 1902, nikdy nevidel. Dodnes sa nepodarilo zistiť, aký osud dieťa stihol.

Na jeseň toho istého roku ochorel Einsteinov otec Hermann a na smrteľnej posteli dal synovi súhlas na sobáš. Mileva a Albert sa zobrali 6. januára 1903 v Berne, kde sa asi pol roka predtým stal A. Einstein zamestnancom Konfederálneho patentového úradu. V máji 1904 sa mladomanželom narodil prvý syn Hans Albert. O šesť rokov neskôr sa narodil druhý syn Eduard.

Hoci Mileva bola spočiatku Albertovou intelektuálnou partnerkou (o mnohých veciach, na ktorých pracoval, s ňou diskutoval), toto puto postupne slablo, keď sa Albert realizoval ako vedec a upevňovalo sa jeho postavenie vo vedeckom svete. Podobne slabol aj jeho záujem o rodinu. Definitívny rozchod nastal v júni 1914, keď Mileva s deťmi odcestovala z Berlína do Zürichu a Albert zostal v Berlíne, kde mal veľmi výhodné postavenie v Akadémii vied. Neskôr Einstein niekoľkokrát požiadal manželku, aby dala súhlas na rozvod, tá však štyri roky nebola ochotná dať súhlas na rozvod.

V polovici roku 1918 Albert dostal spásnosný nápad. Manželke ponúkol, že jej a chlapcom venuje všetky peniaze, ktoré dostane s Nobelovou cenou. Až vtedy Mileva súhlasila, aby sa rozbehlo rozvodové konanie. Keď Einstein v roku 1922 skutočne dostal Nobelovu cenu za fyziku pre rok 1921, získal aj prémie 120 000 švédskych korún. Vzhľadom na infláciu, ktorá zúrila v Nemecku, nechal peniaze previesť priamo do Švajčiarska. Mileva a synovia však neboli veľmi spokojní, hoci išlo o 180 000 švajčiarskych frankov, pretože z rozhodnutia rozvodového súdu sa peniaze uložili na správcovský účet a rodina žila iba z úrokov. Až po roku, v lete 1924, Albert kúpil za tieto peniaze tri väčšie rodinné domy v Zürichu. Príjmy z prenájmu potom zabezpečili Mileve a deťom trvalú obživu.

Manželstvo oficiálne rozviedli až vo februári 1919. Krátko nato, v júni 1919, sa Albert oženil so svojou dvojnásobnou sesternicou Elsou (ich matky boli sestry a otcovia bratrance), s ktorou udržoval veľmi úzke styky už od r. 1912.

O pár mesiacov – na jeseň 1919 – výprava pod vedením sira Arthura Stanleyho Eddingtona potvrdila zakrivenie svetla v blízkosti Slnka tak, ako to predpovedala všeobecná teória relativity. Albert Einstein sa stal zo dňa na deň slávny. Novinári sa vrhli na Einsteina ako muchy na med. „Einstein sa stal prvou vedeckou superhviezdou“, „Zrodila sa einsteinovská legenda“, „Lahol si spať ako neznámy vedec a zobudil sa ako slávny človek“ – týmito výrazmi životopisci často charakterizujú situáciu, v ktorej sa ocitol Albert Einstein v novembri 1919. Vtedy svet poznal ako Einsteinovu manželku Elsu Löwenthalovú. Dokonca dve dcéry z jej prvého manželstva mnohí považovali za Einsteinove deti a o jeho synoch vedel iba málokto.

Keď Elsa videla ten bláznivý chaos, rozhodla sa, že bude manželka chrániť pred „nepričetnou zvedavosťou“. Navyše jej pripadla povinnosť doopatrovať ženu, ktorej úlohu v mnohých smeroch preberala: na smrť chorá Einsteinova matka chcela stráviť posledné mesiace života s milovaným synom. Matkinu smrť vo februári 1920 Albert niesol veľmi ťažko – možno v jej odchode na začiatku manželstva s Elsou videl paralelu so smrťou otca, ktorej tiež padol na jeho prvé manželstvo. Nebola to jediná podobnosť. Podobne ako Mileva, aj Elsa v mnohých smeroch nahrádzala Albertovi matku vo funkcii ochrankyne a starostlivej opatrovateľky.

Ani druhé Einsteinovo manželstvo nebolo veľmi šťastné. Manželia sa už po krátkom spolužití často hádali. Príčina bola vždy rovnaká: „Svetoznámy profesor priťahoval ženy ako magnet železné piliny“, napísali životopisci, „a javil o ich pozornosť veľký záujem.“ Situácia sa nezmenila, ani keď sa koncom roku 1933 manželia presťahovali do Spojených štátov. Elsa prežila v USA iba tri roky. Zomrela 20. decembra 1936 v Princetone. Hoci v posledných rokoch nežil Albert s Elsou v manželskej zhode, po jej smrti sa jeho osamelosť ešte viac prehĺbila.

Aj po rozvoze s Milevou Albert Einstein udržoval časté styky so synmi. Nikedy chlapci pricestovali do Berlína, inokedy otec navštívil rodinu v Zürichu. Často trávil so synmi prázdniny. Hans Albert síce študoval na rovnakej vysokej škole ako jeho rodičia, ale stal sa inžinierom a pôsobil ako asistent na katedre hydrauliky svojej alma mater. V roku 1938 sa vysťahoval do USA. Stal sa profesorom hydrauliky na Kalifornskej univerzite v Berkeley (1947). Zomrel v roku 1973. Zanechal adoptívnu dcéru a dvoch vlastných synov.

Druhý syn Eduard bol veľmi nadaný. Zmladi písal verše a hral na klavíri. V roku 1929 začal študovať na žižiškej univerzite medicínu a chcel sa stať psychiatrom. Už vtedy však uňho prepukli traumatické depresie. Choroba sa postupne prehľbovala a chlapec

sa viac ráz liečil v ústave. Od roku 1934 sa už nezaobišiel bez opatrovateľa. Po Milevinej smrti v roku 1948 mu dokonca prideliť poručníka. Einsteinov mladší syn Eduard zomrel v roku 1965.

Ako Einstein pracoval

V tejto časti by sme chceli poukázať, na niektoré momenty, ktoré Albert Einstein uplatňoval pri práci na svojich teóriách.

Špeciálna teória relativity

Pri tvorbe špeciálnej teórie relativity uplatnil niekoľko zásad, ktoré v konečnom dôsledku podstatným spôsobom podmienili výrazný úspech jeho koncepcie. Predovšetkým je to systematický výklad problematiky. Napríklad Henri Poincaré, jeden z tvorcov konkurenčnej teórie relativity, na rozdiel od Einsteina budoval svoju teóriu ako pripomienky a vylepšenia teórie Hendrika Antoona Lorentza, na ktorého nadväzoval. Navyše si Einstein zvolil pre svoj výklad axiomaticko-deduktívny postup. Zaviedol dva základné princípy: princíp relativity a princíp nezávislosti rýchlosti svetla od pohybového stavu sústavy. Oba úzko súvisia s hlavnými metodologickými zásadami, ktoré sa využívali vo fyzike od jej vzniku až do súčasnosti. Prvý je prejavom princípu pozorovateľnosti, kým druhý úzko súvisí s princípom jednoduchosti a princípom jednoty fyzikálneho obrazu sveta. Einstein si nevolil za základ teórie éter ako Poincaré a Lorentz, pretože jeho fyzikálne vlastnosti nikto nikdy nezmeral. Vychádzal z faktu nemennosti rýchlosti svetla, ktorý si každý, kto má na to experimentálne prostriedky, môže v zásade overiť.

Ďalším dôležitým prvkom Einsteinovho prístupu bola skutočnosť, že analyzoval proces merania a na prenos signálu pri synchronizácii hodín použil reálny fyzikálny proces – svetlo. Keďže sa svetlo šíri rovnakou a konečnou rýchlosťou všetkými smermi, dospel k relativnosti súčasnosti. Toto je ústredný moment celej teórie, pretože z neho vyplývajú základné relativistické efekty – dilatácia času i kontrakcia dĺžky. Zo základných princípov teórie, ako aj z vlastností priestoru a času potom odvodil tzv. Lorentzove transformácie zabezpečujúce súvis a takpovediac komunikáciu medzi jednotlivými vzťažnými sústavami.

Ďalšou výraznou črtou Einsteinovej teórie je jej všeobecnosť. Hoci pôvodne vychádzal z elektrodynamiky a optiky a vytýčil si za cieľ riešiť problémy z týchto oblastí – veď jeho práca sa aj nazývala *K elektrodynamike pohybujúcich sa telies*, ukázal, že úspech je podmienený podstatnými zmenami v našich predstavách o priestore a čase. Nečudo, veď prapríčinou všetkých problémov bol rozpor medzi Galileiho princípom relativity (patril medzi základné východiská mechaniky) a Maxwellovými rovnicami (tie boli základom teórie elektromagnetického poľa). Čo sa pred ním dávalo do súvislosti iba s elektromagnetickými javmi, Einstein zovšeobecnil na všetky fyzikálne procesy, pretože, ako sám napísal v úvode k spomínanej práci:

„Tvrdenia každej teórie sa týkajú vzťahov medzi tuhými telesami (súradnicovými sústavami), hodinami a elektromagnetickými procesmi. Nedostatočné pochopenie tohto faktu je príčinou problémov, s ktorými v súčasnosti zápasí elektrodynamika pohybujúcich sa telies.“

Na druhej strane zo základných, teda maximálne všeobecných princípov teórie dostal transformačné vzťahy pre charakteristiky konkrétnych elektrodynamických procesov (pre intenzity polí, hustotu náboja, hustotu prúdu atď.). Sú to predpisy, ktoré stanovujú, ako sa uvedené charakteristiky musia pretransformovať pri prechode od jednej inerciálnej vzťažnej sústavy k druhej, aby sa nezmenil tvar Maxwellových rovníc, teda aby bol splnený princíp relativity. Navyše existencia transformácií charakteristík je podmienkou toho, aby sme mohli vynášať súde o charakteristikách procesov z hľadiska hocakej vzťažnej sústavy, teda aby sa dorozumeli pozorovatelia z rôznych sústav.

Stručne môžeme Einsteinov gnozeologický prínos pri tvorbe špeciálnej teórie relativity charakterizovať niekoľkými bodmi:

- Zjednotil pred ním diskutované princípy a na ich základe vybudoval ucelenú a konzistentnú teoretickú schému.

- Spomínané princípy neboli dôsledkom teórie, ako u Lorentza a Poincarého, ale jej základom.
- Vďaka uplatneniu princípu pozorovateľnosti pri voľbe východiská pri definovaní synchronizácie hodín sa vyhnul problémom s interpretáciou výsledkov, ktoré sa vyskytli v Lorentzovej-Poincarého teórii.
- Zdôrazňoval maximálnu všeobecnosť, ďalej reverzibilitu a symetriu relativistických efektov. Napríklad zovšeobecnil zotrvačnú charakteristiku látkových telies (hmotnosť) a prisúdil ju aj objektom nelátkovej povahy (napríklad žiareniu). V tom spočíva význam jeho práce, v ktorej odvodiť vzťah medzi hmotnosťou a energiou.

Všeobecná teória relativity

Aj tu sa uplatnil axiomaticko-deduktívny prístup: Einstein na začiatku zaviedol dva základné postuláty. Jeden z nich – rovnosť zotrvačnej a gravitačnej hmotnosti – opäť prevzal z experimentu. Z neho potom vyvodil princíp ekvivalencie. Druhý je dôsledkom gnozeologických úvah: keďže gravitačné a zotrvačné sily sú z hľadiska svojich účinkov ekvivalentné a navyše sa gravitácia nedá odtieniť, predstava o inerciálnej sústave je iba idealizáciou. Princíp relativity sa teda musí zovšeobecniť na všetky vzťažné sústavy.

Dôsledná aplikácia zovšeobecného princípu relativity a princípu korešpondencie (špeciálna teória relativity sa pokladá za špeciálny prípad charakterizovaný absenciou gravitačného poľa) vedie k tomu, že prestáva platiť niekdajšia geometria priestoru – či už euklidovská alebo neeuklidovská. Na opis vlastností priestoru, času a gravitácie sa musí zaviesť neeuklidovská geometria. Z východiskových princípov sa pomocou nového matematického aparátu (diferenciálna geometria) odvodzujú rovnice gravitačného poľa, hydrodynamiky, elektrodynamiky a pod. Z nich sa vyvodzujú známe efekty a experimentálne overiteľné predpovede, čo sú základné požiadavky dobrej teórie.

Základnou črtou Einsteinovej vedeckej tvorby bol racionalizmus. Vďaka nemu priniesol do metódy fyzikálneho bádania nový prvok. Kým v minulosti sa teoretickí fyzici usilovali vysvetliť experimentálne získané fakty a na ich základe vybudovať teórie, A. Einstein skúmal rozpory vnútri existujúcich teórií, formuloval nové postuláty a z nich vyvodzoval výsledky, ktoré sa dajú overiť pokusmi. Teda v jeho prípade nebol hnacím motorom bádania rozpor medzi experimentom a teóriou. Sám o tom napísal:

„Teória relativity je krásnym príkladom toho, aký je základný charakter modernej teórie. Východiskové hypotézy sú stále abstraktnejšie a vzdialenejšie bezprostredným zážitkom. Zato sa však približujeme najvznešenejšiemu cieľu akejkolvek vedy: najmenším počtom hypotéz a axiém, logickou dedukciou vysvetliť maximum skúsenostných obsahov.“

V tomto zmysle treba chápať jeho postulát krásy, vnútornej konzistentnosti a jednoduchosti teórie, o ktorom viackrát písal.

Einsteinove spoločenské aktivity

Aký bol Albert Einstein veľký fyzik, taká veľká bola aj jeho popularita. Nečudo, veď dôsledky jeho teórií boli také závažné, že nenechali ľudí ľahostajnými. Preto bol tvorca teórie relativity prirútený k spoločenským aktivitám, hoci vo svojej vnútornej podstate bol samotár a introvert. V podobnej situácii sa svojho času ocitol aj Isaac Newton. Aj on sa vo svojej dobe stal „módou“: ľudia si kupovali Newtonove *Princípiá*, hoci im nerozumeli, pretože im ani rozumieť nemohli.

Popularita a „popularita“

Z hľadiska popularity bol pre Einsteina prelomový rok 1919. V máji Eddingtonova výprava potvrdila správnosť predpovedí všeobecnej teórie relativity. V novembri členovia Royal Society a Royal Astronomical Society na spoločnom zasadnutí rokovali pod predsedníctvom Josepha Johna Thomsona o výsledkoch Eddingtonovej výpravy. Po tomto zasadnutí londýnske *Times* uverejnili úvodník o nutnosti zmeniť koncepciu štruktúry vesmíru. V sále budovy Burlington House pod veľkým portrétom Isaaca Newtona britskí vedci

konštatovali, že po vyše dvoch storočiach Albert Einstein pozmenil zákon všeobecnej gravitácie. Ako sa vyjadril jeden z Einsteinových životopiscov Ronald Clark, „keď sa Einstein 7. novembra 1919 ráno zobudil, bol slávný“. Na požiadanie redakcií potom A. Einstein uverejnil články nielen v londýnskych *Times*, ale aj v *New York Times*. Demonštroval v nich svoju originalitu aj excentricitu.

Okolo teórie relativity sa rozprúdili viac či menej vášnivé diskusie. Ohlasy na ňu však neboli vždy priaznivé. Navyše sa vyskytovali rozdiely aj v odmietavých postojoch. Kým britskí pochybovači mali vecné námietky, nemeckí pravičiari nasadili celkom iný tón. Po celom Nemecku organizovali zhromaždenia, na ktorých prezentovali Einsteinovu teóriu relativity ako súčasť židovského komplotu, ktorý má za cieľ spôsobiť skazu sveta, predovšetkým však Nemecka. Z kolegov fyzikov tieto aktivity podporoval predovšetkým Philipp Lenard, osobitne po roku 1922. Treba však zdôrazniť, že o vzťahu medzi Lenardom a Einsteinom sa popísalo veľa nepresností a že na vyhrotení konfliktu mali svoj podiel obe strany.

Vzťah k židovstvu

Na začiatku dvadsiatych rokov 20. storočia sa Albert Einstein začal intenzívnejšie zaujímať o problémy židovstva. Podporoval snahu sionistov o zjednotenie Židov rozosiatych v diaspore po celom svete. Cieľom ich úsilia bolo vybudovanie židovského štátu v „starej vlasti“ – v Palestíne. V dvadsiatych rokoch, ale i neskôr, Einstein cestoval a prednášal, vysvetľoval ciele sionistického hnutia, písal o možnostiach, ale aj očakávaných problémoch židovského štátu.

V roku 1923 v rámci svojich sionistických aktivít Albert Einstein položil základný kameň Hebrejskej univerzity v Jeruzaleme. Práve tejto inštitúcii odkázal vo svojom závete časť svojej literárnej pozostalosti. Po smrti ďalších dvoch jej správcov Helen Dukasovej a Otta Nathana podiel tejto pozostalosti v správe Hebrejskej univerzity ešte vzrástol. Bez ohľadu na zmienené aktivity a židovské cítenie Albert Einstein zdvorilo odmietol ponuku, aby sa po vzniku štátu Izrael stal jeho prvým prezidentom.

Einstein a politika

Albert Einstein sa začal vyjadrovať o politických a spoločenských otázkach, až keď sa stal slávnym a novinári ho pri každej príležitosti žiadali o vyjadrenie. Známy je jeho pacifizmus, hoci z času na čas sa vyjadroval opatrnejšie. Najvýraznejšie sa jeho postoj k vojne prejavil na začiatku prvej svetovej vojny, keď odmietol podpísať sa pod výzvu nemeckých vedcov a kultúrnych činiteľov na ospravedlnenie vojenských aktivít Nemecka a naopak ostro odsúdil nemecký militarizmus. V pacifistickom hnutí sa angažoval aj v dvadsiatych rokoch. Jeho pacifizmus sa však prakticky vytratil po nástupe Hitlera k moci. V súvislosti s touto udalosťou vyhlásil:

„Pokiaľ budem mať možnosť voľby, budem žiť v krajine, kde bude prevládať občianska sloboda, tolerancia a rovnosť pred zákonom.“

Ako sme už uviedli, v čase príchodu Hitlera k moci bol na prednáškovom turné v Spojených štátoch. Po návrate z USA na jar 1933 navštívil nemecké veľvyslanectvo v Bruseli a po druhý raz sa vzdal nemeckého občianstva (po prvý raz to bolo po odchode z mnichovského gymnázia), ktoré opäť nadobudol zvolením za člena Pruskej akadémie vied. Z Belgicka potom poslal list Pruskej akadémii vied, v ktorom oznámil, že vystupuje z tejto inštitúcie. Neskôr sa zariekol, že nikdy nevstúpi na nemeckú pôdu. Slovo dodržal.

S Einsteinovým odporom voči nacizmu, ale tiež s obavami z Nemecka a jeho agresívnych zámerov súvisí jeho aktivita smerujúca k rozbehnutiu prác v rámci Manhattanského projektu. Na naliehanie Lea Szilárda, fyzika maďarského pôvodu, podpísal 2. augusta 1939 list prezidentovi Franklinovi D. Rooseveltovi, v ktorom ho žiadal, aby Spojené štáty začali vyvíjať atómovú bombu. Treba dodať, že reálny vplyv tohto listu na ďalší vývoj Manhattanského projektu sa často preceňuje.

Po vojne sa Albert Einstein zasadzoval za zákaz výroby, skúšok a použitia jadrových zbraní. Vyjadroval sa tiež k aktuálnym politickým a spoločenským problémom. Krátko pred smrťou v roku 1955 podpísal výzvu Bertranda Russela, ktorá sa potom ako Rus-

selov-Einsteinov manifest stala programovým vyhlásením pugwashského hnutia, ako jeden z jeho duchovných odkazov.

Samostatnou kapitolou duchovného odkazu Alberta Einsteina sú jeho myšlienky o úlohe náboženstva či viery vôbec, ktorú chápal ako komplementárnu k vede. Je známy jeho výrok, že veda bez viery je chromá a viera bez vedy je slepá. Nedá sa však povedať, že by Albert Einstein bol veriacim v tradičnom zmysle slova. Napríklad neuznával osobného Boha, ktorý odmeňuje a trestá. Podľa neho sú najdôležitejšie morálne aspekty akejkoľvek náboženskej viery. Obdivoval zmysluplnosť usporiadania vecí v prírode, neprisudzoval ho však nijakej nadprirodzenej bytosti. Preto sa často hovorí o jeho kozmickom náboženstve.

ZÁVER

Pokúsili sme sa ukázať, prečo Alberta Einsteina pokladáme za jedného z najväčších vedcov, ale tiež ukázať, že bol „normálnym“ človekom, že mal svoje obrovské prednosti i bežné ľudské slabosti.

Dnes už málokto pochybuje o význame Einsteinovho diela, o vplyve jeho teórií a myšlienok na vývoj ľudstva. Vari najzaujímavejšie však je, že aj po desiatkach rokov vedci nachádzajú v jeho prácach nové a nové inšpirácie. Už sme spomínali, že až koncom minulého storočia fyzici pochopili význam jednej z myšlienok, že teória musí byť nezávislá od pozadia. Vďaka tomu dosiahli zásadný obrat pri budovaní kvantovej teórie gravitácie, ktorá bude podľa všetkého ďalším míľnikom na ceste zjednocovania opisu rôznych interakcií v prírode. Podobne sa Einsteinove námietky v spore s Bohrom o tzv. paradexe Einsteina-Rosena-Podolského stali v posledných rokoch východiskom k novým myšlienkam o tzv. entanglemente.

Nikoho by asi neprekvapilo, keby sa aj v budúcich rokoch fyzici znova a znova inšpirovali napohľad starými myšlienkami Alberta Einsteina. V tom spočíva jeho najväčšia veľkosť.

Einsteinove publikácie v slovenčine či češtine

Einstein, A.: *Jak vidím svět*. Praha, Nakladatelství Lidové noviny 1993.
Einstein, A.: *Jak vidím svět II*. Praha, Nakladatelství Lidové noviny 1995.
To nejlepší z Einsteina. Calaprice, Alice (ed.). Praha: Pragma, 1998.

Knihy o A. Einsteinovi, ktoré vyšli v slovenčine či češtine

Infeld, L.: *Mé vzpomínky na Einsteina*. Praha, 1959.
Bičák, J. (editor): *Einstein a Praha*. Praha, JČSMF 1979.
Kuzněcov, B. G.: *Einstein. Život. Smrt. Nesmrtelnost*. Praha, Horizont 1984.
Highfield, R. – Carter, P.: *Soukromý život Alberta Einsteina*. Praha, Nakladatelství Lidové noviny 1994.
Balibarová, F.: *Einstein – radost z myšlení*. Bratislava, Slovart 1995.
Schwartz, J. – McGuinness, M.: *Einstein pro začátečníky*. Brno, Ando Publishing 1996.
Fölsing, A.: *Albert Einstein*. Praha, Volvox Globator 2001.
Bodanis, D.: *E = mc². Životopis nejslavnější rovnice na světě*. Praha, Nakladatelství Dokořán 2002.
Levenson, T.: *Einstein v Berlíně*. Praha, Práh 2004.
Kaku, M.: *Einsteinův vesmír*. Praha, Nakladatelství Argo a Dokořán, 2005.

Doc. RNDr. Juraj Šebesta, CSc., Katedra teoretickej fyziky a didaktiky fyziky FMFI UK, Mlynská dolina F1, 842 48 Bratislava, Slovenská republika, tel.: ++421 2 602 95 111, e-mail: sebesta@fmph.uniba.sk

Radim ČTVRTLÍK, Martin STRANYÁNEK, Petr BOHÁČ, Lubomír JASTRABÍK, Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, Praha

Možnosti měřicího systému NanoTest™ NT600

Technologie tenkých vrstev je v současnosti nepostradatelnou součástí mnoha výrobních procesů. S úspěchem se využívá například v elektrotechnickém průmyslu, elektronice, optice, strojírenství, energetice, či lékařství. Její optimalizace je však do značné míry podmíněna kvalitní metrologií, v oblasti mechanických vlastností zejména tvrdosti, elastického modulu a přilnavosti. Pro jejich měření je nabízena celá řada měřicích přístrojů specializovaných pro určitý druh testu nebo komplexnějších, umožňujících provádět při malých změnách konfigurace komplet měření mechanických vlastností tenkých vrstev a povlaků a jejich analýzu. K nim přísluší modulární měřicí systém NanoTest™ NT600 firmy MicroMaterials, Ltd., jehož unikátní konstrukce využívající kyvadla umožňuje zatěžovat zkoumaný vzorek silou orientovanou ve směru horizontální.

Klíčová slova: Nanoindentace, scratch test, impact test, dynamická tvrdost, pin on disc, akustická emise

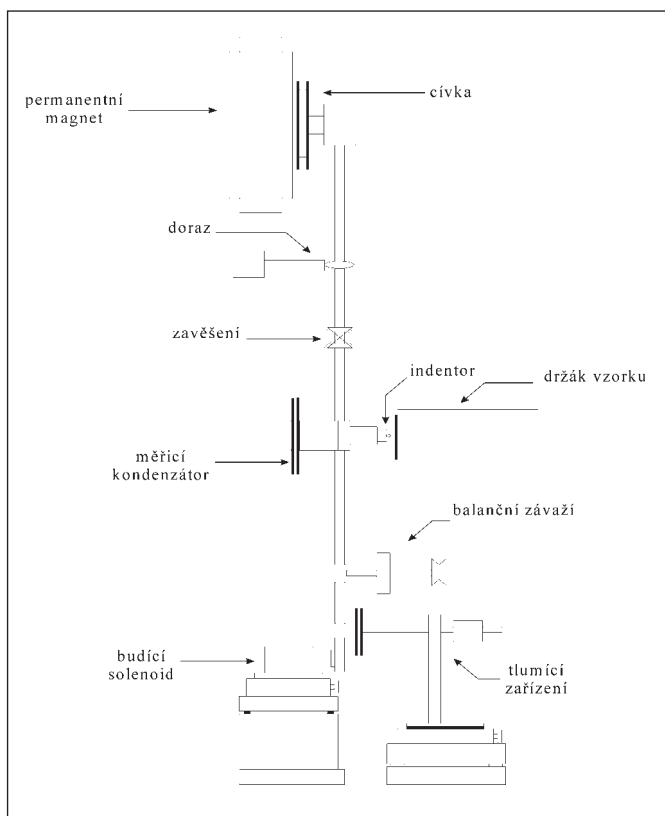
1. ÚVOD

Modulární měřicí systém NanoTest™ je zařízení určené pro měření mechanických vlastností tenkých vrstev a povlaků. Sestava umožňuje měřit tvrdost, vyhodnocovat elastický modul, adhezi, únavové, lomové, ale také dynamické vlastnosti tenkých vrstev a povlaků. Základním funkčním prvkem systému je keramické kyvadlo, které je zavěšeno na speciálním čepu. Zátěžná síla je řízena magnetickým polem cívky, umístěné v horní části kyvadla. Cívka je v důsledku procházejícího proudu přitahována k permanentnímu magnetu, kyvadlem je přenášena síla na indenter vnikající do vzorku (*obr. 1*). Posuv indenteru je měřen pomocí velice přesného kapacitního mostu.

Flexibilita sestavy NanoTest™ 600 je dána její modulární koncepcí; počet měřicích metod a technik lze velmi snadno zvýšit použitím implementací přídatných modulů (frikční sonda, mikroskop s vysokým rozlišením, AFM, modul pro akustickou emisi, pin on

disc tribometr, atd.), či prostřednictvím různých úprav a nastavení, jenž umožňují provádět vysokoteplotní indentaci, impulse test či měřit dynamickou tvrdost.

V podstatě lze říci, že sestava se skládá ze čtyř nezávislých modulů určených pro indentaci, skenovací testy a dynamické impact a impulse testy. Všechny tyto moduly lze použít ve spojení jak s nízkozátěžovou měřicí hlavou (0,1 – 500 mN), pro vrstvy v rozmezí 20 nm – 5 μm, tak i s vysokozátěžovou měřicí hlavou (0,1– 20 N) pro vrstvy do 50 μm. Celý měřicí systém je umístěn na antivibračním stole ve speciálním boxu vybaveném systémem regulace teploty a vlhkosti, což umožňuje provádět experimenty za přesně definovaných vnějších podmínek. Veškeré ovládání a sběr dat jsou kompletně zajištěny osobním počítačem prostřednictvím speciálního softwaru, komunikace probíhá přes sběrnici IEEE [1].

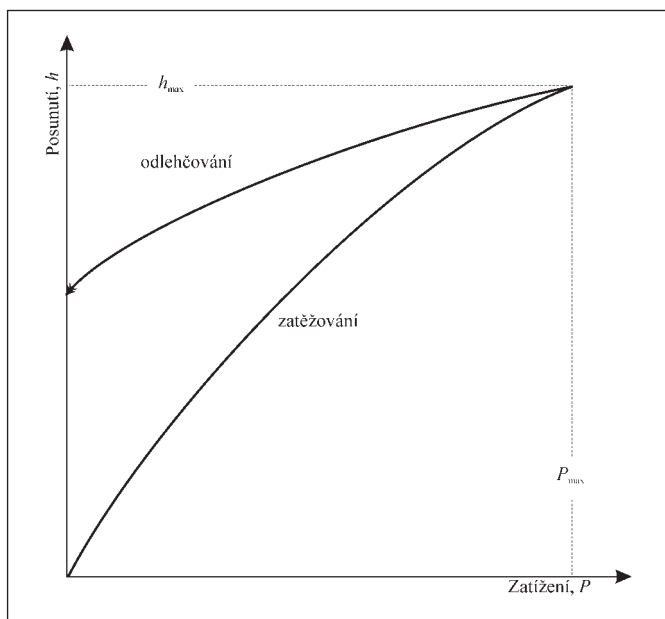


Obr. 1 NanoTest™ koncept

2. NANOINDENTACE

Nanoindentace je vhodnou experimentální metodou pro vyšetřování elastických a plastických vlastností tenkých vrstev a povlaků. Principem zkoušky je vnikání diamantového hrotu známých rozměrů a geometrie do zkoumaného povrchu při přesně definované zátěžné síle a následná analýza.

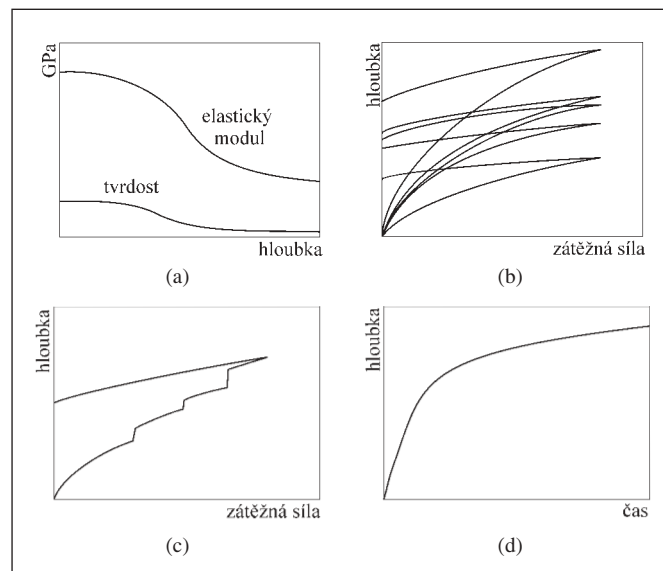
Podstatou DSI (Depth Sensing Indentation) je kontinuální monitorování a záznam zátěžné síly spolu s polohou indentoru během celého indentačního cyklu. První fází klasického indentačního cyklu je řízené zatěžování, během kterého je na požadovanou hodnotu zvyšována zátěžná síla. Druhou fází je řízené odlehčování.



Obr. 2 Indentační křivka

ní, jenž spočívá v postupném snižování zátěže až na nulovou hodnotu. Grafické vyjádření závislosti naměřených hodnot polohy hrotu na zátěžné síle se označuje jako indentační křivka. Její charakteristický tvar je na obr. 2. Výpočet tvrdosti a modulu pružnosti z indentační křivky se provádí podle metody Olivera a Pharra [2].

Obvykle se pro tento typ experimentu používá tzv. „Berkovich“ indentor, jehož poměr průřezu a indentační hloubky je stejný jako v případě Vickersova indentoru. Jedná se o trojboký jehlan s vrcholovým úhlem 142,3°, jehož základnou je rovnostranný trojúhelník. Pomocí nanoindentace lze získat základní informace o hloubkovém profilu tvrdosti a modulu obr. 3a, konzistenci vrstvy obr. 3b, jejím praskání obr. 3c nebo creepu při konstantním zatížení obr. 3d.



Obr. 3 Schématické nákresy indentačních křivek charakterizujících (a) hloubkový profil tvrdosti a modulu (b) konzistenci vrstvy (c) praskání vrstvy (d) creep

3. SCRATCH TEST

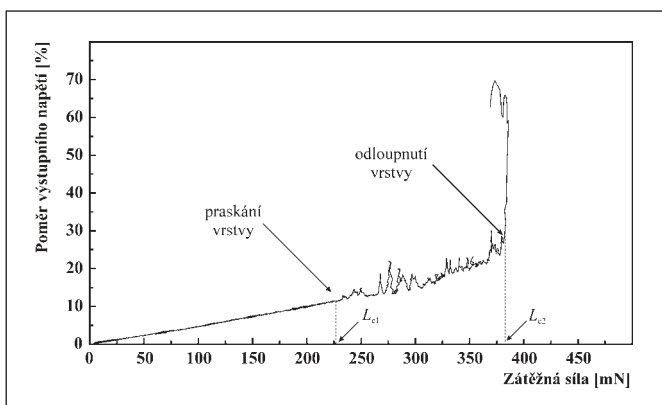
Scratch test, nebo-li vrypová zkouška, slouží k měření adhezivních a kohezních vlastností vrstev a povlaků. Podstatou experimentu je spojitě monitorování zátěžné síly a polohy hrotu, který se přímočaře pohybuje po zkoumaném povrchu. Nejčastěji se pro tyto zkoušky používá kónický „Rockwellův“ tvar indentoru, pro přesnější měření pak „Cube-corner“ indentor. Zátěž indentoru je buď konstantní nebo lineárně rostoucí. Takto iniciované porušení povrchu, resp. povlaku povrchu, prochází několika hodnotitelnými fázemi: od vzniku mikrotrhlinek přes poruchy koheze materiálu až po úplné odloupení vrstvy. Výsledkem scratch testu jsou hodnoty zátěžné síly odpovídající počátkům těchto poruch.

Systém NanoTest™ 600 umožňuje nalézt tyto mezní zátěže L_c hned několika způsoby

- na základě prudké změny penetrační hloubky indentoru,
- změnou frikční síly mezi sondou a povrchem,
- prostřednictvím snímače akustické emise,
- mikroskopickým pozorováním.

Charakteristický výsledek scratch testu se zřetelnými mezními zátěžemi je uveden na obr. 4. Obecně platí, že k porušení systému vrstva-substrát při scratch testu dochází v důsledku kombinace elasticko-plastického indentačního napětí, tření a vnitřního pnutí [3]. Při měření přilnavosti vrstvy se často používá frikční sonda (v případě NT600 pracuje na principu piezoelektrického snímače), případně ještě snímač akustické emise.

Jistou podobnost se scratch testem má tzv. topografický test, pomocí něhož lze získat reliéf povrchu, případně určit tloušťku vrstvy. Tato profilometrie se provádí jen s velmi malou zátěží.

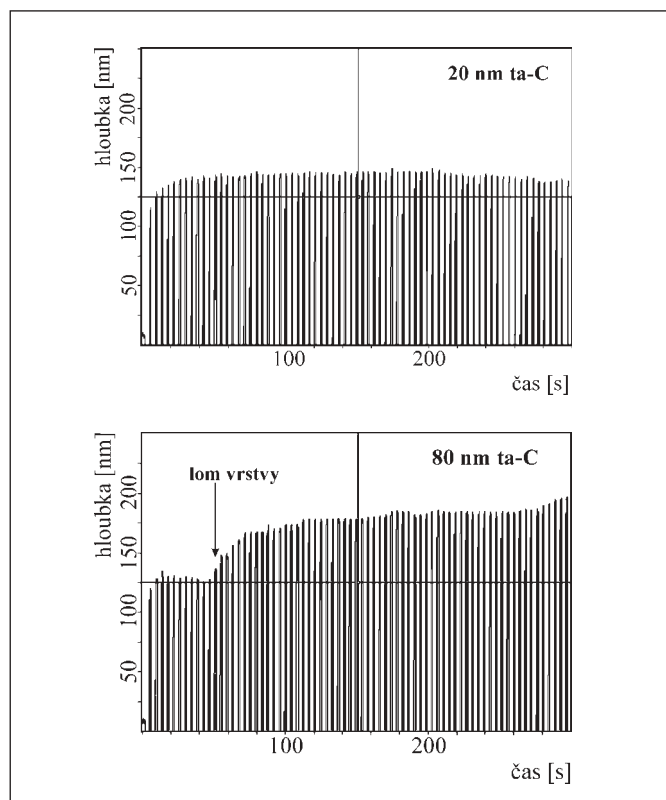


Obr. 4 Klasický výsledek scratch testu se zřetelnými mezními zátěžemi L_{c1} a L_{c2} [4]

Měření topografie alternující se scratch testem lze využít také při oceňování degračních mechanismů povrchu, jako je opotřebení. Jedná se o tzv. "Multipass Wear Test" MWT, jenž spočívá v provedení řady po sobě následujících sériích topografického a scratch testu. Je-li místo klasického hrotu použita frikční sonda, pak je možné vyšetřovat frikční vlastnosti vrstvy. Výhodou systému NanoTest™ je, že lze současně použít frikční sondu a snímač akustické emise.

4. DYNAMICKÉ TESTY

Vyšetřování mechanických vlastností tenkých vrstev při statických zatíženích je všeobecně známé. Využití těchto výsledků v praxi, kdy je povrch dynamicky namáhán, je však do jisté míry problematické. Často dochází k porušení materiálu dříve než naznačují výsledky statických testů, což znamená, že charakterizace materiálu na základě indentace (tvrdost, elastický modul a creep) a scratch testu je pro praxi neúplná. Proto je vhodné tenké vrstvy vyšetřovat také testy dynamickými.



Obr. 5 Výsledky Nano-impact testu - srovnání únavových vlastností pro 80 nm a 20 nm tlustou vrstvou ta-C [5]

Pro tyto účely platforma NanoTest™ 600 využívá tzv. Nano-Impact Test™. Jedná se v podstatě o zrychlený únavový test opotřebení (vyvinutý speciálně pro vyšetřování únavového opotřebení povrchu) s malou konstantní zátěží, při kterém je vzorek upevněn na speciálním vibrujícím piezo-držáku. Během zkoušky jsou tedy simulovány podmínky kvazi-operačního namáhání povrchu. Charakteristické výsledky jsou uvedeny na následujícím obr. 5. Lze je využít např. při odhadu životnosti funkčních vrstev.

Jistou modifikací impact testu je tzv. impulse test. Hlavní rozdíl mezi těmito technikami je v tom, že při impaktním testu je vzorek umístěn na speciálním držáku buzeném generátorem, zatímco v případě impulsní techniky je vzorek v klidu a kmitá indentor. V tomto případě jsou kmity kyvadla buzeny elektromagneticky pomocí speciálního solenoidu, který je umístěn ve spodní části kyvadla, viz. obr. 1. Další podstatnou odlišností těchto dvou metod je velikost maximální aplikovatelné zátěže, která je v důsledku zcela odlišného konstrukčního principu v případě impulse testu mnohem menší. Impact testy se používají zejména pro mnohacyklové zkoušky, impulse testy naopak pro nízkocyklové testy s definovanou energií impulsů. Výhodou těchto testů je možnost identifikovat jak nedokonalosti soudržnosti vrstvy (signalizovány sérií skoků penetrační hloubky), tak i poruchy adheze (reprezentovány náhlým skokem penetrační hloubky vlivem odstranění vrstvy) při dynamickém namáhání. Na základě těchto zkoušek lze zkoumané vrstvy hodnotit podle třech základních kritérií: typ poruchy, energie poruchy, doba vzniku poruchy.

5. PIN ON DISC

Pin on disc je metoda obvykle používaná při vyšetřování otěruvzdornosti a kluzných vlastností povrchů. Principem je kontakt hrotu s rotujícím vzorkem ve tvaru disku. Pin on disc experiment je založen na spojitém monitorování koeficientu tření frikční sondou při současném opotřebování zkoumaného povrchu. Hlavními proměnnými, které ovlivňují tření a opotřebení při tomto tribologickém testu jsou rychlost otáčení (relativní rychlost povrchu disku vzhledem ke hrotu) a aplikovaná zátěž. NanoTest™ 600 umožňuje zatěžovat vzorek silou kontinuálně se měnící v rozsahu 0,1 mN až 20 N při rychlosti až 120 ot./min. Kromě širokého rozsahu rychlosti a zátěžné síly jsou dalšími výhodami systému zejména vertikální umístění vzorku a možnost natavení mezní třecí síly, hloubky či zátěže při nichž je experiment ukončen.

6. AKUSTICKÁ EMISE

Je známo, že v oblastech materiálu ve kterých dochází k prudkým změnám napětí či tlaku mohou být generovány rázové akustické vlny (obvykle v rozsahu 150 – 300 kHz). Tento fenomén je známý jako akustická emise AE a je obvykle detekován prostřednictvím zvukového snímače připevněného k materiál. Vznik a růst mikrotrhlin, porušování vazeb na rozhraní a delaminace tenkých vrstev jsou typickými příklady jevů, při nichž dochází k akustické emisi.

Použití snímače akustických vln umožňuje získat hodnotné informace týkající se různých procesů, ke kterým dochází při indentaci či vrypové zkoušce - často ještě dříve než se porucha materiálu znatelně projeví. Pro snímání AE systém NanoTest™ používá piezoelektrického snímače, jehož rezonanční frekvence je vyšší než 200 kHz.

7. ZÁVĚR

Měřicí systém NanoTest™ 600 je špičkové zařízení určené pro experimentální výzkum mechanických vlastností tenkých vrstev, jenž je unikátní svou koncepcí využívající kyvadla, které umožňuje aplikovat zátěžnou sílu ve směru horizontálním. Tento modulární systém umožňuje provádět indentaci (jak při pokojové tak i při vysokých teplotách), vrypové zkoušky, testy topografické a testy opotřebení, dynamické techniky jako jsou impact a impulse test spolu s měřením dynamické tvrdosti, pin on disc experimenty, či vyšetřovat akustickou emisi.

Poděkování

Práce vznikla v rámci výzkumného záměru č. AV0Z10100522 a řešení projektu IQS100100563 AVČR.

Literatura

- [1] *Micro Materials NanoTest User Manual*. Wrexham: Micro Materials Ltd., 2004, pp. 96
- [2] OLIVER, W. C., PHARR, G. M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and sensing indentation experiments. *Journal of Materials Research*, vol. 7, pp. 1564-1583, 1992
- [3] RANDALL, N. X., FAVARO, G., FRANKEL, C. H. The effect of intrinsic parameters on the critical load as measured with the scratch test method. *Surface and coatings technology*, vol. 137, pp. 146-151, 2001
- [4] ZHANG, S., et al. Toughness measurement of thin films: a critical review. *Surface and coatings technology*, 2004 (in print)
- [5] BEAKE, B. D., LAU, S. P., SMITH J. F. Evaluating the fracture properties and fatigue wear of tetrahedral amorphous carbon films on silicon by nano-impact testing. *Surface and Coatings Technology*, vol. 177-178, pp. 611-615, 2004

Mgr. Radim Čtvrtlík, Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha; tel.: +420 266 052 105, e-mail: ctvrtlík@fzu.cz
Mgr. Martin Stranyánek, Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha; tel.: +420 266 052 105, e-mail: stranyanek@fzu.cz
Ing. Petr Boháč CSc., Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha; tel.: +420 266 052 959, e-mail: bohac@fzu.cz
RNDr. Lubomír Jastrabík CSc., Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha; tel.: +420 220 318 437, e-mail: jastrab@fzu.cz

Martin STRANYÁNEK, Radim ČTVRTLÍK, Petr BOHÁČ, Lubomír JASTRABÍK, Valeriy KULIKOVSKY, Fyzikální ústav Akademie věd České Republiky, Praha

Nanomechanické vlastnosti uhlíkových vrstev měřené přístrojem NT600

V článku jsou hodnoceny vlastnosti tenkých vrstev amorfního uhlíku. Experimentálně byl stanoven jejich modul pružnosti a nanotvrdost. Měření bylo provedeno na zařízení Micro Materials NanoTestTM s typovým označením NT600. Vzorky byly zatěžovány silou působící v horizontálním směru. Toto netradiční uspořádání experimentu umožňuje originální konstrukce platformy NanoTestTM.

Klíčová slova: nanoindentace, tenké uhlíkové vrstvy, NanoTestTM

1. ÚVOD

Chemická odolnost a vysoká tvrdost tenkých, diamantu podobných uhlíkových vrstev (DLC) umožňuje jejich tribologické aplikace, pokud navíc vykazují odolnost proti abrazivnímu a adhesivnímu opotřebení a nízký součinitel tření. Speciální tenké vrstvy mohou několikanásobně prodloužit životnost výrobku. Nové poznatky v tomto oboru umožňují vytvářet vrstvy a povlaky no-

vých přesně definovaných vlastností a vyvíjet nové a dokonalejší technologické postupy povrchové úpravy materiálu, které mohou přinést výrazné kvalitativní zlepšení jejich užitných vlastností a tím i mimořádné úspory deficitních materiálů.

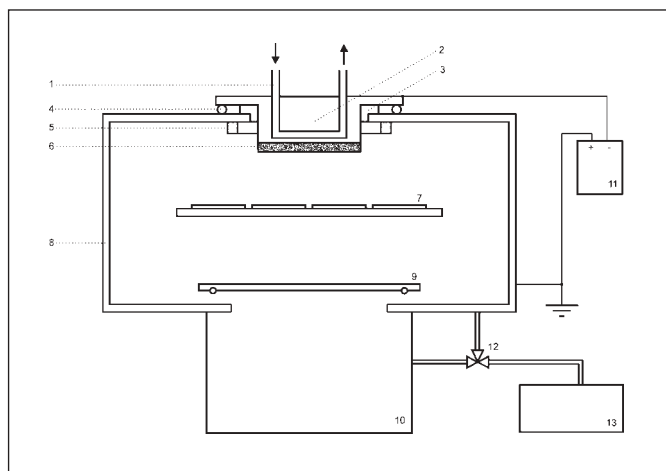
Vrstvy z amorfního uhlíku a-C a a-C:Si byly připraveny DC magnetronovým naprašováním z uhlíkového terče 6 (v druhém případě s přilepeným plíškem Si) umístěného 50 mm nad Si substráty 7 v čistém argonu ve vakuové komoře 8 komerčního vakuového zařízení Leybold Z 550M – viz schéma na obrázku 1. Nosič substrátů může být uzemněn, případně na nějakém potenciálu, anebo stanoveném předpětí (bias). Bližší popis naprašovacího zařízení byl publikován dříve, např. [1]. V následující tabulce je přehled nejdůležitějších depozičních parametrů a tloušťka vrstev změřená na přístroji ALPHA STEP 500.

Tab. 1 Depoziční parametry a tloušťka uhlíkových vrstev

Číslo	Typ	p [Pa]	DC [W]	RF bias [V]	h [μm]
516	a-C	0,17	960	- 63	1,62
846-1	a-C:Si	0,12	300	0 (zem)	2,29

2. NANOINDENTACE NA PŘÍSTROJI NT600

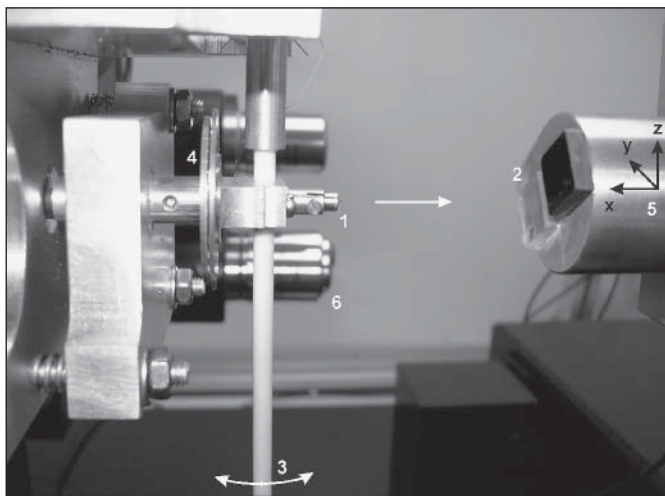
NanoTestTM NT600 je multifunkční zařízení určené k testování nanomechanických vlastností. Výrobce je společnost Micro Materials Ltd., Wrexham, Velká Británie [2]. Stavebnicová konstrukce umožňuje flexibilní úpravy systému. V dodané konfiguraci obsahuje platforma několik základních modulů pro různé typy experimentů.



Obr. 1 Schéma naprašovacího zařízení Leybold Z 550M:

- 1 – chladicí voda, 2 – katoda, 3 – izolátor, 4 – vakuové těsnění, 5 – stínící kryt, 6 – terč, 7 – substráty, 8 – vakuová komora, 9 – vakuový ventil, 10 – vysokovakuová vývěva, 11 – naprašovací zdroj, 12 – dvoucestný ventil, 13 – rotační vývěva

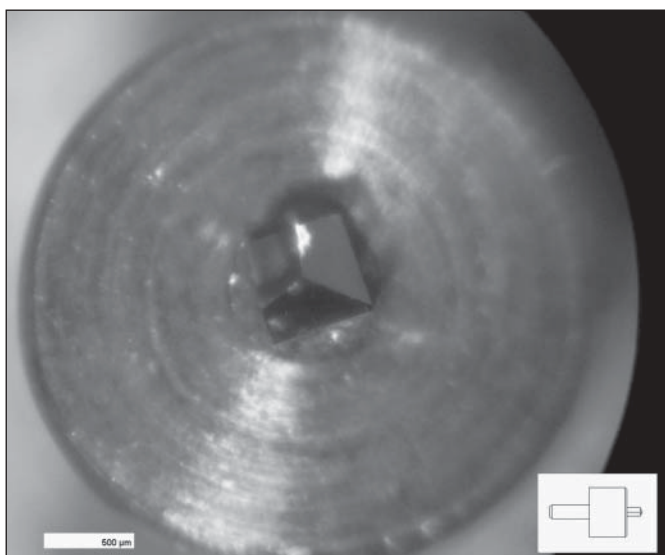
Fotografie pracovní části určené k indentanci, obsahující i optický mikroskop s maximálním zvětšením 1000x, je na *obrázku 2*. Všechny experimentální moduly mohou být použity při zatíženích pohybujících se v rozsahu 0,1 mN – 500 mN.



Obr. 2 Pracovní část systému NanoTest™: 1 – indentor, 2 – vzorky, 3 – kyvadlo, 4 – desky kondenzátoru, 5 – držák vzorků s x-y-z nano-posuvy, 6 – mikroskop

Zátěžná síla na indentor je realizována prostřednictvím speciálního keramického kyvadla. Pohyb kyvadla je umožněn díky čepu na principu zkřížených listových pružin, s minimálním třením. V bočním směru má čep vysokou tuhost. Rotační tuhost je naopak extrémně malá a dovoluje pohyb kyvadla v poměrně širokém rozsahu zatěžovacích sil, které jsou realizovány velmi nízkými budicími proudy v cívice na horním konci kyvadla.

Přístroj měří hloubku vtisku v závislosti na zátěžné síle indentoru, který může být z různých materiálů a různého tvaru. Standardním je diamantový tříboký jehlan – typ Berkovich [3] (*obrázek 3*). Tento indentor má tentýž poměr hloubky k ploše vtisku jako indentor Vickers, ale je lépe strojově obrobitelný do „bodového“ hrotu.

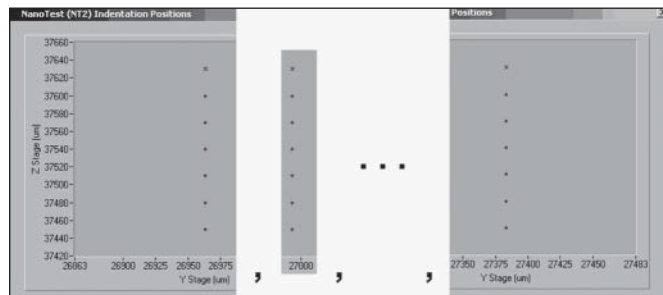


Obr. 3 Diamantový indentor - Berkovich

Po dosažení zadaného maximálního zatížení (nebo hloubky) je zátěž redukována a hloubka se zmenšuje tak, jak materiál elasticky regeneruje. Během celého procesu jsou kontinuálně zaznamenávána zatížení a odpovídající hloubka vtisku. Nanotvrdost a modul pružnosti zkoumaného vzorku jsou následně kalkulovány z naměřených dat.

3. EXPERIMENT

Měřeny byly vrstvy amorfního uhlíku označené jako 516 (a-C) a 846-1 (a-C:Si). Oba vzorky byly fixovány na tíž duralový držák pomocí kyanoakrylátového rychleschnoucího lepidla značky „Permabond – C1“. Experiment byl naprogramován do matice vtisků (*obrázek 4*): 7 ve směru vertikální souřadnice z s roztečí 30 µm a několik takto vytvořených sloupců ve směru horizontální souřadnice y s roztečí 30 µm pro postupně rostoucí zatížení.



Obr. 4 Matice vtisků

Experiment podle zadaného algoritmu řídí počítač. Měřící zařízení je celé umístěno v uzavíratelné kabině. Před automatickým spuštěním programu experimentu, bylo zařízení včetně přilepených, k měření připravených vzorků, temperováno asi 6 hodin na teplotu 26 °C.

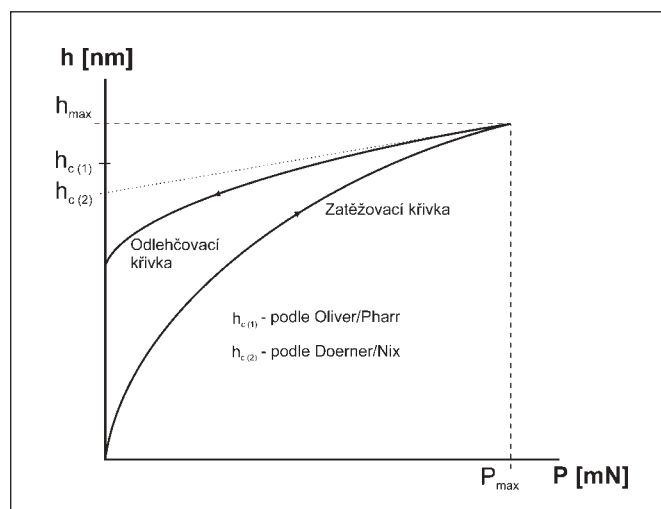
4. ANALÝZA DAT

Při akvizici zdrojových dat zatížení – hloubka vtisku je třeba pro každý test předběžně analyzovat a odstranit „podezřelé“ průběhy křivek. Pro výpočty hodnot tvrdosti a modulu pružnosti touto instrumentovanou indentací je používána metoda, která byla uvedena Oliverem a Pharrm [4] v roce 1992. Tato metoda analýzy dat je součástí dodaného vyhodnocovacího softwaru. Vychází se z indentačních dat získaných během cyklu zatížení a odlehčení.

Typický cyklus zatížení – odlehčení z dat získaných s indentorem Berkovich je na *obrázku 5*. V tomto grafu je nezávisle proměnnou zatížení P a závisle proměnnou je hloubka h – relativní průnik indentoru do vrstvy vzhledem k počátečnímu nedeformovanému povrchu.

Jsou zde tři důležité veličiny, které musí být odvozeny z h - P křivek. Jednak P_{\max} – maximální zatížení, maximální hloubka h_{\max} a dále kontaktní poddajnost vzorku C_s [2] definovaná jako sklon horní části odlehčovací křivky během počáteční fáze odlehčení [5], nebo jako převrácená hodnota měřené odlehčovací tuhosti S [6].

$$\frac{1}{C_s} = S = \frac{dP}{dh} \quad (1)$$



Obr. 5 Stanovení kontaktní hloubky z průběhu odlehčovací křivky

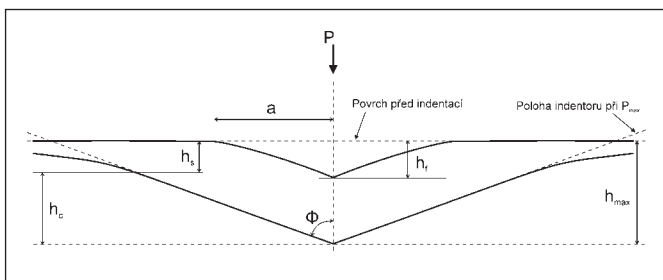
Další důležitá veličina je h_f – permanentní hloubka penetrace (plastická deformace) po úplném odlehčení indentoru (viz. obrázek 6).

Na rozdíl od lineární aproximace podle Doerenera a Nixe [5] kontaktní plocha nezůstává konstantní po odlehčení indentoru. Jak experimenty ukazují, odlehčovací křivky jsou zřetelně zakřiveny (obrázek 5 a 9) a obvykle dobře aproximovatelné mocninným pravidlem (2).

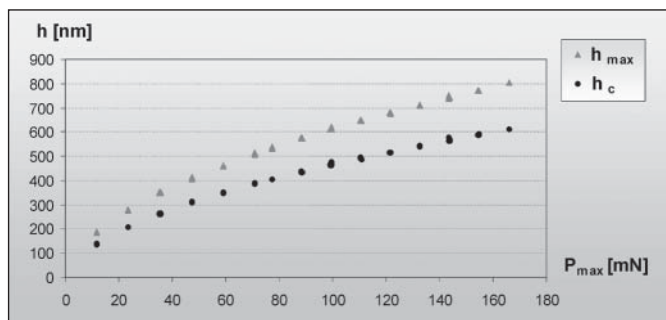
$$P = \alpha(h - h_f)^m \quad (2)$$

kde α , h_f a m jsou konstanty. Podle [2] a [4] je kontaktní hloubka, v případě použití indentoru Berkovich, určena z relace (3).

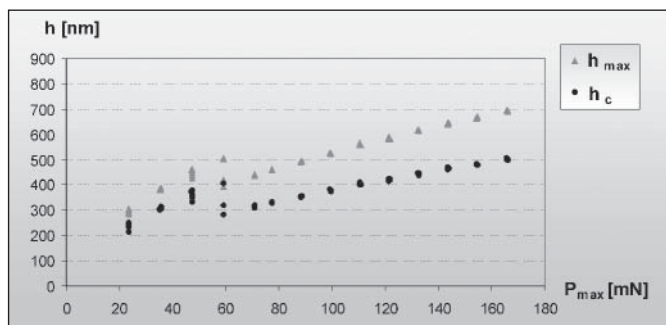
$$h_c = h_{\max} - h_s = h_{\max} - 0,75 \cdot C_s \cdot P_{\max} \quad (3)$$



Obr. 6 Odlehčovací proces



Obr. 7 Maximální a kontaktní hloubky při měření vzorku 516



Obr. 8 Maximální a kontaktní hloubky při měření vzorku 846-1

Procedura použitá ke stanovení tvrdosti H a modulu pružnosti E je založena na odlehčovacím procesu znázorněném schematicky na obrázku 6. Předpokládá korektně stanovenou, nezávisle kalibrovanou, tvarovou funkci indentoru, což je vztah mezi průmětem A_c dotykové oblasti - plochy vtisku a kontaktní hloubkou h_c . Může být vyjádřena ve tvaru (4).

$$A_c = k_1 h_c^2 + k_2 h_c \quad (4)$$

Následující vztahy jsou užity k výpočtu H a E .

$$H = \frac{P_{\max}}{A_c} \quad (5)$$

$$E_r = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{A_c}} \cdot \frac{1}{C_s} \quad (6)$$

$$\frac{1}{E_r} = \frac{1 - \nu^2}{E} + \frac{1 - \nu_i^2}{E_i} \quad (7)$$

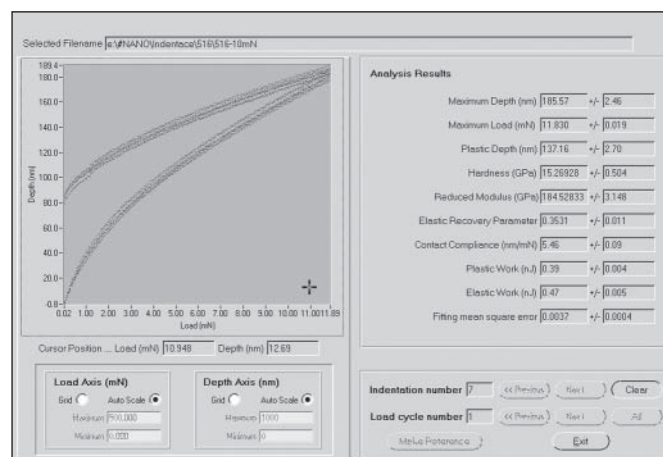
Kde E_r je redukovaný modul (označovaný rovněž jako účinný modul pružnosti [6]) a zahrnuje fakt, že k pružným deformacím dochází jednak ve vzorku s Youngovým modulem E a Poissonovým číslem ν ale rovněž i v indentoru s elastickými konstantami E_i a ν_i .

5. VÝSLEDKY

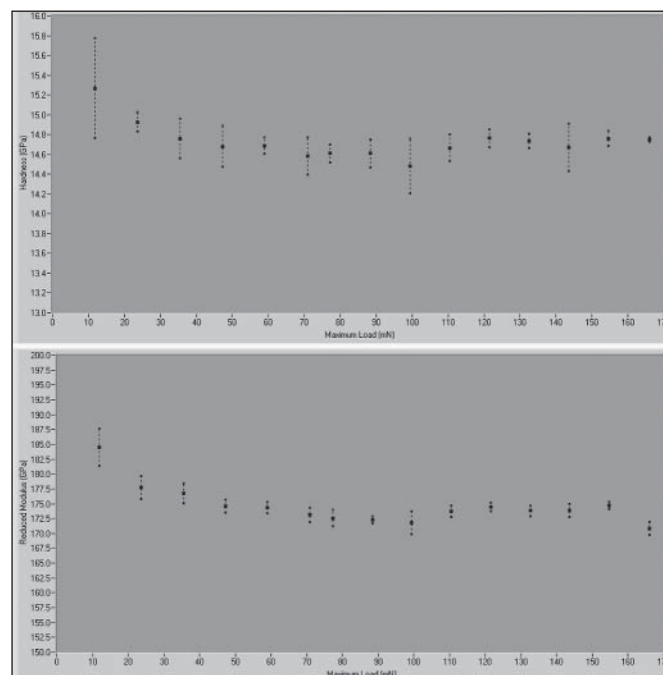
Na obrázku 9 je typické okno výsledků analýzy dat z NanoTest softwaru. Výsledky je možné přímo tisknout, exportovat grafiku nebo soubor dat do tabulkového procesoru a následně ručně zpracovat.

Na obrázcích 10 a 11 jsou již konkrétní výsledky tvrdosti a modulu pružnosti vzorků 516 a 846-1.

Měření obou vrstev probíhalo v relativně širokém rozsahu zatěžovacích sil. Závislost kontaktní hloubky na zatížení (obrázek 7 a obrázek 8) ukazuje, že hrot při indentaci pronikal do vrstvy poměrně hluboko. Při vysokých zátěžích a v případě vrstvy a-C téměř do 40 % její tloušťky. Při těchto hloubkách by se dal očekávat již

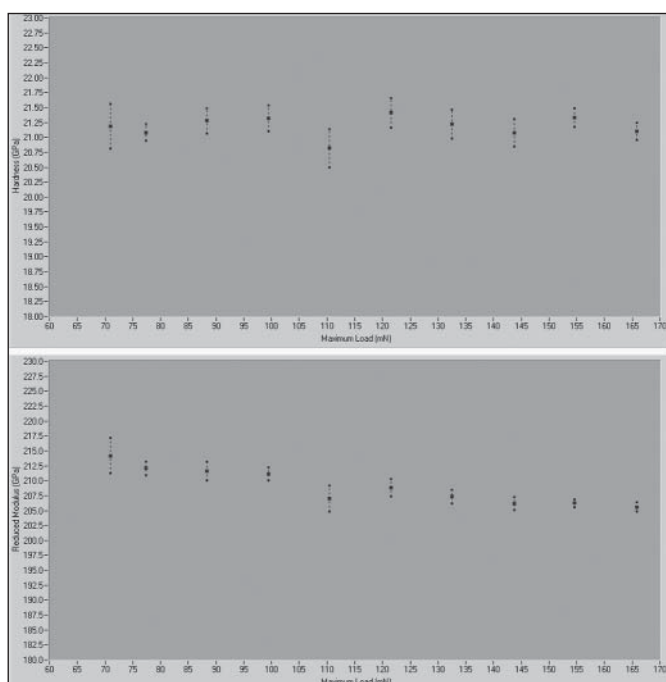


Obr. 9 Okno s křivkami a výsledky analýzy dat



Obr. 10 Závislost tvrdosti a modulu pružnosti na zatížení - vzorek 516

větší vliv substrátu. Výraznější pokles tvrdosti po hloubce směřující k hodnotám udávaným pro Si substrát [7] však nebyl (v měřeném rozsahu) zaznamenán.



Obr. 11 Závislost tvrdosti a modulu pružnosti na zatížení - vzorek 846-1

Poděkování

Práce vznikla v rámci výzkumného záměru č. AV0Z10100522 a řešení projektu IQS100100563 AVČR.

Literatura

- [1] KULIKOVSKY, V., BOHÁČ, P., at al. Hardness, intrinsic stress, and structure of the a-C and a-C:H films prepared by magnetron sputtering. In *Diamond and Related Materials*. vol. 10, iss. 3-7, 2001, p. 1076 – 1081.
- [2] BEAKE, B., GOODES, S., at al. *Micro Materials NanoTest User Manual*. Version 2.0. Wrexham: Micro Materials Ltd., 2003.
- [3] BUCAILLE, J. L., STAUSS, S., at al. Determination of plastic properties of metals by instrumented indentation using different sharp indenters. In *Acta Materialia*. vol. 51, iss. 6, 2003, p. 1663 – 1678.
- [4] OLIVER, W. C. and PHARR, G. M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. In *Journal of Materials Research*. vol. 7, no. 6, 1992, p. 1564 – 1583.
- [5] DOERNER, M. F. and NIX, W. D. A method for interpreting the data from depth-sensing indentation instruments. In *Journal of Materials Research*. vol. 1, no. 4, 1986, p. 601 – 609.
- [6] OLIVER, W. C. and PHARR, G. M. Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements to methodology. In *Journal of Materials Research*. vol. 19, no. 1, 2004, p. 3 – 20.
- [7] PHARR, G. M., OLIVER, W. C., HARDING, D. S. New evidence for a pressure-induced phase transformation during the indentation of silicon. In *Journal of Materials Research*. vol. 6, no. 6, 1991, p. 1129 – 1130.

Mgr. Martin Stranyánek, Mgr. Radim Čtvrtlík, Ing. Petr Boháč, CSc., RNDr. Lubomír Jastrabík, CSc., Ing. Valeriy Kulikovskiy, CSc., Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8. Tel.: +420 2 6605 2105, e - mail: stranyanek@fzu.cz.

Sběratelský veletrh pro každého



Každý z nás je v něčem specialistou a i v soukromí většinou také kutilem, fandou nebo sběratelem. Také se říká, že sběratelé jsou šťastní lidé. To dosvědčuje opět větší účast vystavovatelů i očekávaných návštěvníků na již 8. mezinárodním specializovaném prodejním veletrhu SBĚRATEL 2005, pořádaném ve dnech 16. až 18. září v příjemném prostředí secesního Průmyslového paláce na Výstavišti v Praze-Holešovicích.

Veletrh SBĚRATEL se věnuje zejména filatelii, starým pohlednicím, mincím, bankovkám, telefonním kartám, minerálům, drahým kamenům a ostatnímu sběratelství. Vznikl za skromných podmínek v roce 1998 s 62 vystavovatelů z 19 zemí a 8000 návštěvníky. Jejich počet se každým rokem zvyšoval. Naposledy loni vystavovalo již 220 firem i sběratelů ze 34 zemí a přišlo na něj 12 155 návštěvníků, přičemž každý sedmý byl ze zahraničí.

Přípravu veletrhu organizuje zkušený tým pracovníků agentury Progres Partners Advertising s.r.o. opět pod záštitou České numismatické společnosti, České pošty a Svazu českých filatelistů. Je největším sběratelským veletrhem ve střední a východní Evropě. Jeho úroveň je srovnatelná s ostatními zavedenými veletrhy, také je pozitivně hodnocen ve sběratelském světě a znám vysokou návštěvností nejen z České republiky, ale i okolních zemí.

Expozice na celkové užité výstavní ploše asi 5000 m² budou s odbornou literaturou a příslušenstvím rozděleny podle hlavních oborů: **Telefonní karty** – tuzemské a zahraniční; **Filatelie** – známky, celiny, historické pohlednice; **Numizmatika** – mince, medaile a řády, papírová platidla; **Mineralogie** – minerály, drahé kameny, šperky

z přírodních materiálů, fosílie; **Ostatní sběratelství**. Ve všech oborech bude návštěvníkům k dispozici bezplatná znalecká a poradenská služba, kde si mohou nechat také ocenit své přinesené exponáty.

Je očekáváno, že SBĚRATEL 2005 přiláká opět více než 200 vystavovatelů až ze 45 zemí a ještě více návštěvníků nejen z Česka, ale i ze zahraničí. Podstatně narůstá počet vystavovatelů v oboru telefonních karet, minerálů a šperků z přírodních materiálů. Kromě českých obchodníků budou své exponáty nabízet vystavovatelé z Belgie, Běloruska, Bulharska, Francie, Japonska, Jižní Afriky, Lotyšska, Maďarska, Německa, Polska, Rakouska, Ruska, Řecka, Slovenska a dalších zemí. Tak bohatá nabídka na veletrhu doposud nebyla. Mezi významnými vystavovateli bude i Poštovní správa OSN (UNPA) z Vídně, která ke každému veletrhu SBĚRATEL vydává dopisnici a kašet. Již tradičně je vyhlášen Den OSN a s ním 18. září na stánku České pošty bude návštěvníkům k dispozici příležitostně razítko OSN.

Souběžně s veletrhem SBĚRATEL 2005 se uskuteční oddělený a s jinak uspořádanými expozicemi unikátní veletrh knih, starých tisků a grafiky ANTIKVARIÁT PRAHA 2005, který určitě přiláká další cílovou skupinu návštěvníků. Zkušení organizátoři věří, že těmito veletrhy rozšíří nejen okruh svých zákazníků, ale zejména uvítají i další návštěvníky. Na oba veletrhy bude platit stejná vstupenka. Denní vstupné je 60 Kč, zlevněné 20 Kč, přičemž ženy a mládež do 18 let budou mít opět vstup zdarma. Pro veřejnost je veletrh přístupný od 10 do 18 h, poslední den do 16 h.

Podrobnější informace lze najít na internetových adresách www.sberatel.info a www.antikvariatpraha.cz nebo na adrese pořádací agentury Progres Partners Advertising s.r.o., Opletalova 55, 110 00 Praha 1, tel.: 224 236 506, fax: 224 218 312, e-mail: sberatel@ppa.cz a antikvariat@ppa.cz.

(jpe)

Měření disperzních charakteristik vysoce dvojlomného mikrostrukturního optického vlákna interferenčními metodami

Dvě různé interferenční metody jsou využity k měření disperzních charakteristik mikrostrukturního optického vlákna, jehož vysoký dvojlom je vyvolán dvojicí velkých otvorů nacházejících se v blízkosti jádra vlákna. První metoda, která využívá příčného silového působení na vlákno v bodě přemísťujícím se podél vlákna, umožňuje měření disperze fázového dvojlomu dvou LP vidů vedených optickým vláknem. Druhá metoda, která využívá tandemového uspořádání Michelsonova interferometru a měřeného optického vlákna umístěného mezi polarizátor a analyzátor, slouží k měření disperze skupinového dvojlomu obou LP vidů v širokém oboru vlnových délek. Metoda využívá faktu, že spektrální interferenční proužky jsou na výstupu této konfigurace rozlišeny spektrometrem o nízké rozlišovací schopnosti pouze v okolí tzv. vyrovnávací vlnové délky. Použití druhé metody je navíc rozšířeno na měření mezividové skupinové disperze pro oba LP vidy, které jsou buď x-polarizované nebo y-polarizované.

1. ÚVOD

Standardní vysoce dvojlomná optická vlákna, reprezentovaná např. optickými vlákny s eliptickým jádrem [1], nacházejí široké uplatnění v optických interferenčních systémech, ve vláknově-optických senzorických aplikacích nebo v telekomunikačních zařízeních [1-3]. V nedávné době se objevil nový typ vysoce dvojlomných vláken, která se označují jako mikrostrukturní optická vlákna a která vykazují vysokou míru variability např. při technologickém nastavení jejich fázového či skupinového dvojlomu. Většina dosud popsaných vysoce dvojlomných mikrostrukturních vláken využívá hexagonálního uspořádání mikroskopických otvorů vytvořených rovnoběžně s podélnou osou vlákna. Jak bylo ukázáno např. v článku [4], vysoký dvojlom je v těchto vláknech vyvolán asymetrickým pláštěm, ve kterém má jedna řada hexagonálních otvorů vyšší faktor plnění než řady zbývající. Bylo rovněž ukázáno, že dvojlom lze v hexagonální struktuře vyvolat eliptickým tvarem otvorů v plášti vlákna [5]. Další typ asymetrie pláště byl navržen v příspěvku [6]. Dvojlom je v této struktuře vyvolán dvojicí vzduchových otvorů lokalizovaných blízko jádra vlákna, kdy průměr těchto otvorů je větší než průměr zbývajících otvorů v plášti optického vlákna. Takový typ vysoce dvojlomného optického vlákna je komerčně dostupný a dodává ho firma Blaze Photonics, Inc. S ohledem na potenciální aplikace tohoto optického vlákna jako senzoru, který využívá např. interferenci dvou polarizací jednoho vidu, je pro adekvátní popis této interference nezbytná znalost disperze fázového a skupinového dvojlomu.

Předmětem tohoto článku je měření disperzních charakteristik vysoce dvojlomného mikrostrukturního vlákna firmy Blaze Photonics, Inc. Nejprve bude změřena interferenční metodou [7] spektrální závislost fázového dvojlomu pro dvojici lineárně polarizovaných vidů LP_{01} a LP_{11} , které se optickým vláknem šíří ve viditelném oboru vlnových délek. Poté bude využita metoda spektrální interferometrie v bílém světle [8] k přímému měření disperze skupinového dvojlomu pro oba LP vidy. Použití metody spektrální interferometrie v bílém světle bude rozšířeno také na měření mezividové skupinové disperze pro oba LP vidy [9, 10], které jsou buď x-polarizované nebo y-polarizované.

2. METODY MĚŘENÍ

Uvažujme optické vlákno délky z , ve kterém se šíří v širokém oboru vlnových délek λ např. lineárně polarizovaný vid LP_{01} v obou polarizacích x a y . Tato dvojice polarizačních vidů nechť je charakterizována spektrální závislostí rozdílu podélných šířek $\Delta\beta(\lambda) = \beta_x(\lambda) - \beta_y(\lambda)$. Definujeme spektrálně závislý fázový dvojlom $B(\lambda)$ vztahem [7, 8]:

$$B(\lambda) = (\lambda/2\pi)\Delta\beta(\lambda) \quad (1)$$

spektrálně závislou záznejovou délku $L_B(\lambda)$ vztahem:

$$L_B(\lambda) = \lambda/B(\lambda), \quad (2)$$

resp. spektrálně závislý skupinový dvojlom $G(\lambda)$ vztahem:

$$G(\lambda) = B(\lambda) - dB(\lambda)/d\lambda = -\lambda^2 d[B(\lambda)/\lambda]/d\lambda = \Delta^s(z; \lambda)/z, \quad (3)$$

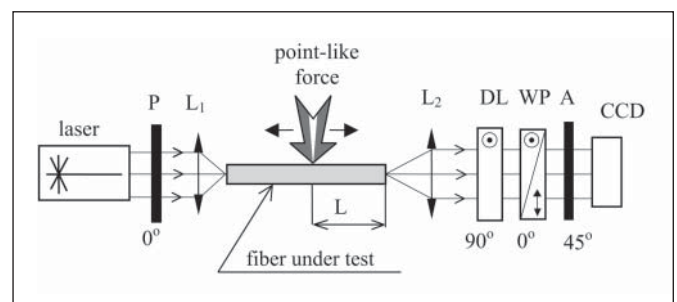
kde $\Delta^s(z; \lambda)$ je rozdíl skupinových optických drah mezi oběma polarizacemi vidu LP_{01} .

Fázový dvojlom lze měřit interferenční metodou [7], která využívá experimentálního uspořádání podle obrázku 1. V důsledku přemístění hrotu (vazebního bodu) podél měřeného optického vlákna dochází k posuvu interferenčních proužků. Označíme-li ΔL posunutí vazebního bodu a s ním spojený posuv interferenčního pole $\Delta M(\lambda)$ vyjádřený počtem interferenčních proužků na vlnové délce měření λ , lze vyjádřit jednak záznejovou délku na vlnové délce λ :

$$L_B(\lambda) = \Delta L/\Delta M(\lambda), \quad (4)$$

resp. fázový dvojlom $B(\lambda)$ na vlnové délce měření λ s použitím vztahu (2).

Skupinový dvojlom $G(\lambda)$ lze přímo měřit metodou spektrální interferometrie v bílém světle [8]. Tato metoda pracuje se zdrojem bílého světla - halogenovou žárovkou - a tandemovým uspořádáním nedisperzního Michelsonova interferometru a měřeného optického vlákna umístěného mezi polarizátor a analyzátor, přičemž se využívá známé skutečnosti, že spektrální interferenční proužky jsou na výstupu této konfigurace rozlišeny spektrometrem o nízké



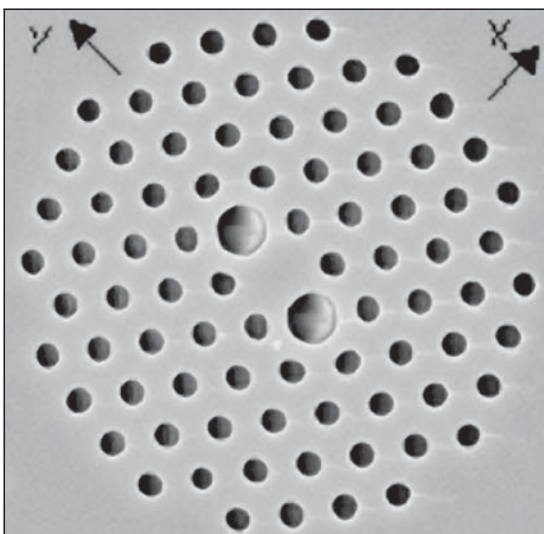
Obr. 1 Schéma experimentální sestavy pro měření disperze fázového dvojlomu LP vidů vedených optickým vláknem

rozlišovací schopnosti pouze v okolí tzv. vyrovnávací vlnové délky. Je to vlnová délka, na které je rozdíl skupinových optických drah mezi dvěma polarizacemi daného vidu roven dráhovému rozdílu nastavenému v Michelsonově interferometru. Změnou dráhového rozdílu v Michelsonově interferometru se mění vyrovnávací vlnová délka a tudíž lze přímo měřit spektrální závislost skupinového dvojlomu v daném optickém vlákně.

3. EXPERIMENTÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Měření disperze fázového dvojlomu v mikrostrukturním optickém vlákně jsme prováděli v experimentální sestavě znázorněné na obrázku 1. Nejpodstatnějšími částmi této sestavy jsou laser, polarizátor P, fokusační mikroskopický objektiv L_1 , měřené optické vlákno, hrot vytvářející bodovou sílu, kolimační mikroskopický objektiv L_2 , zpožďovací prvek DL, Wollastonův hranol WP, analyzátor A a CCD prvek s připojenou vyhodnocovací částí. Polarizátor P na vstupu měřeného optického vlákna je orientován tak, že je vybuzen pouze jeden, např. x polarizační vid. Působením bodové síly v určitém místě optického vlákna však dojde od tohoto místa k vybuzení dalšího, např. y polarizačního vidu. Orientace Wollastonova hranolu zajistí prostorové oddělení obou polarizačních vidů, které však mohou interferovat pro projití analyzátozem orientovaným 45° vzhledem k polarizačním osám měřeného optického vlákna.

Měření disperze skupinového dvojlomu v mikrostrukturním optickém vlákně jsme prováděli v experimentální sestavě prezentované v předcházejícím příspěvku [8]. Nejpodstatnějšími částmi této sestavy jsou nedisperzní Michelsonův interferometr, mikroposuvy, polarizátor a analyzátor, měřené optické vlákno a kompaktní spektrometr. Nedisperzní Michelsonův interferometr byl složen z dvojice zrcadel a z polopropustného zrcadla a kompenzátoru. Jedno z dvojice zrcadel bylo součástí mikroposuvu, který umožňoval definované mikrometrové posunutí. Jako zdroje optického záření jsme použili 20 W halogenovou žárovku, jejíž napájecí napětí 5 V bylo přivedeno od stabilizovaného zdroje. Použitím clony a čočky jsme vytvořili kolimovaný svazek bílého světla vstupujícího do interferometru. Optické pole z výstupu Michelsonova interferometru procházelo polarizátorem a bylo soustředěno mikroskopickým objektivem do měřeného optického vlákna. Následovaly analyzátor, optické vlákno spektrometru, vlastní kompaktní spektrometr S2000, A/D převodník a osobní počítač PC. Směry propustnosti polarizátoru a analyzátoru byly stejné a svíraly 45° vzhledem k polarizačním osám měřeného optického vlákna.

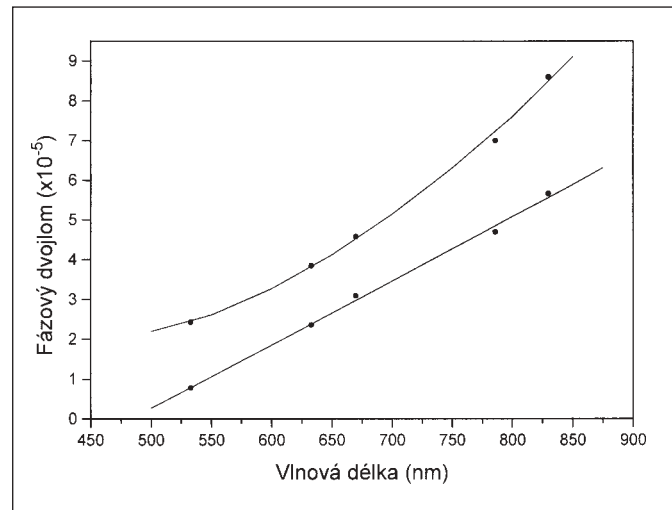


Obr. 2 Obrázek dvojlomného mikrostrukturního vlákna firmy Blaze Photonics, Inc., pořízený skanovacím elektronovým mikroskopem, spolu s vyznačenými souřadnými osami

Měření jsme prováděli na mikrostrukturním optickém vlákně délky $z = 3,083$ m, jehož struktura a velikosti otvorů jsou patrné z obrázku 2, který byl získán pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Katalogové parametry vlákna jsou následující [11]: vzdálenost mezi otvory $\Lambda = (4,4 \pm 0,1)$ μm , průměr menších otvorů $a_1 = (2,2 \pm 0,1)$ μm a průměr větších otvorů $a_2 = (4,5 \pm 0,1)$ μm . Vlákno bylo navrženo na pracovní vlnovou délku $\lambda = 1550$ nm, takže ve viditelném oboru vlnových délek bylo možno rozlišit obě polarizace lineárně polarizovaných vidů LP_{01} a LP_{11} . Vedle disperze skupinového dvojlomu bylo možno měřit metodou spektrální interferometrie v bílém světle mezividovou skupinovou disperzi [9, 10] pro obě polarizace LP vidů.

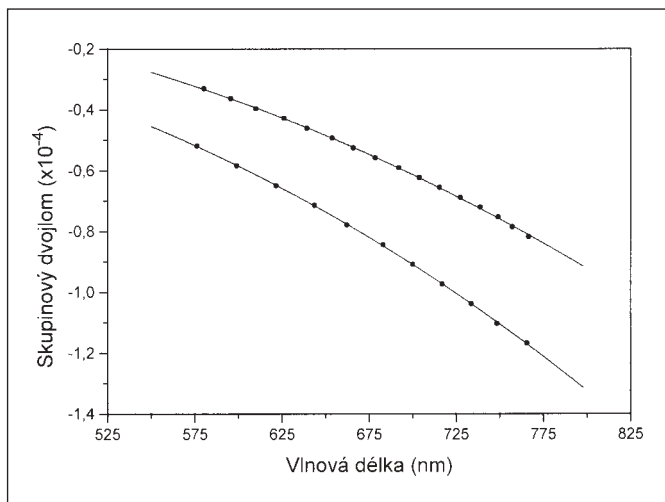
4. VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUSE

Nejprve jsme měřili disperzi fázového dvojlomu obou LP vidů výše zmíněnou interferenční metodou, kdy byla použita pětice optických zdrojů pokrývající spektrální obor od 533 do 830 nm. Na obrázku 3 jsou naměřené hodnoty znázorněny body, přičemž hodnoty fázového dvojlomu jsou pro vid LP_{01} vyšší než pro vid LP_{11} . V daném oboru vlnových délek fázový dvojlom pro oba LP vidy roste s rostoucí vlnovou délkou. Pro vid LP_{11} je však tato závislost pozvolnější než pro vid LP_{01} . Přesnost měření dosahuje úrovně 1%. Na obrázku 3 jsou plnými čarami znázorněny rovněž odpovídající polynomiální aproximace.



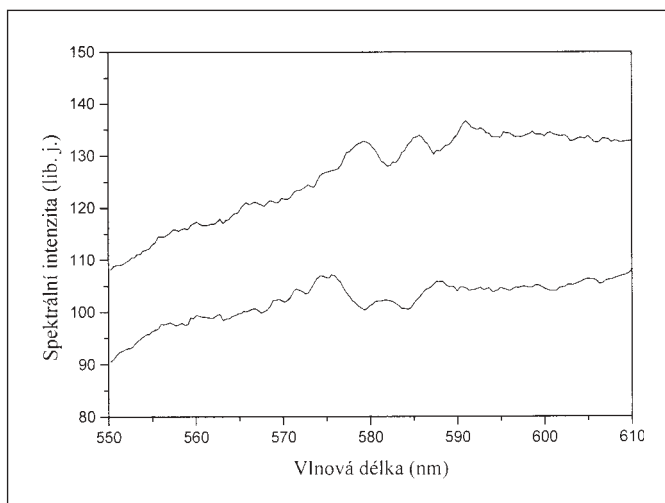
Obr. 3 Spektrální závislosti fázového dvojlomu naměřené pro vid LP_{01} (horní body) a pro vid LP_{11} (dolní body) spolu s polynomiálními aproximacemi (plné čáry)

Dále jsme měřili disperzi skupinového dvojlomu obou LP vidů výše zmíněnou metodou spektrální interferometrie v bílém světle. Ze spektrálních interferogramů zaznamenaných pro dráhové rozdíly v interferometru, které byly měněny s krokem 20 μm , jsme zjistili, že vyrovnávací vlnové délky lze rozlišit ve spektrálním rozsahu přibližně od 576 do 766 nm. Dráhový rozdíl nastavený v interferometru s přesností lepší jak 1 μm se přitom mění pro vid LP_{01} od -160 do -360 μm a pro vid LP_{11} od -102 do -252 μm . Na obrázku 4 je body znázorněn odpovídající skupinový dvojlom změřený v závislosti na vyrovnávací vlnové délce. Z obrázku je patrné, že skupinový dvojlom klesá pro oba vidy s rostoucí vlnovou délkou, přičemž absolutní hodnoty skupinového dvojlomu jsou pro vid LP_{01} větší než pro vid LP_{11} . Ve stejném obrázku jsou plnými čarami znázorněny polynomiální aproximace. Na tomto místě je třeba zdůraznit, že znalost polynomiálních aproximací pro disperzi skupinového dvojlomu umožňuje s použitím rovnice (2) určení spektrálních závislostí fázového dvojlomu $B(\lambda)$. Takto získané spektrální závislosti fázového dvojlomu pro oba LP vidy se však liší od těch znázorněných na obrázku 3.



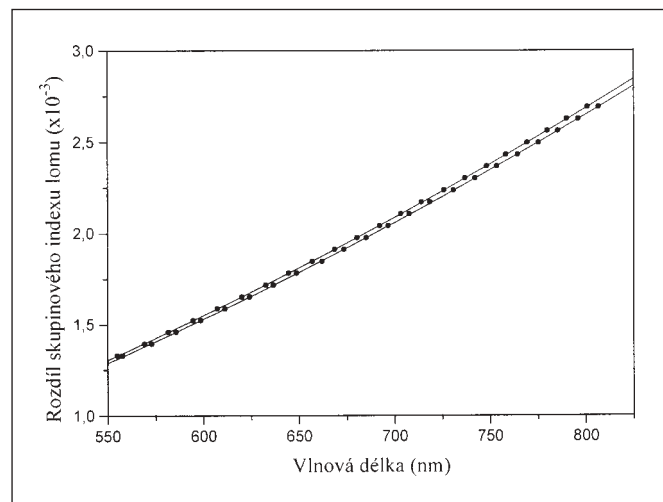
Obr. 4 Spektrální závislosti skupinového dvojlomu naměřené pro vid LP_{01} (dolní body) a pro vid LP_{11} (horní body) spolu s polynomiálními aproximacemi (plné čáry)

V další části jsme rozšířili použití metody spektrální interferometrie v bílém světle k měření mezividové skupinové disperze pro obě polarizace LP vidů. Ze spektrálních interferogramů zaznamenaných pro dráhové rozdíly v interferometru, které byly měněny s krokem 200 μm , jsme zjistili, že odpovídající vyrovnávací vlnové délky lze rozlišit ve spektrálním rozsahu přibližně od 555 do 807 nm, když se dráhový rozdíl v interferometru mění od 4096 do 8296 μm . Hodnoty vyrovnávacích vlnových délek pro x -polarizované LP vidy se mírně odlišují od hodnot pro y -polarizované vidy. To ilustruje *obrázek 5*, na kterém je znázorněna pro nastavený dráhový rozdíl 4496 μm dvojice spektrálních interferogramů, které odpovídají dvěma různým polarizacím. Pro x -polarizované LP vidy lze z dolního interferogramu odečíst hodnotu vyrovnávací vlnové délky 581,64 nm a naopak pro y -polarizované LP vidy lze z horního interferogramu odečíst hodnotu 585,66 nm. Na *obrázku 6* jsou potom body znázorněny pro obě polarizace odpovídající absolutní hodnoty rozdílu skupinového indexu lomu (je analogický skupinovému dvojlomu) změřené v závislosti na vyrovnávací vlnové délce. Z tohoto obrázku je zřejmé jednoznačné rozlišení x a y polarizace obou LP vidů, které se projevuje vyšší hodnotou rozdílu skupinového indexu lomu pro x -polarizované LP vidy než pro y -polarizované LP vidy. Navíc průběh spektrální závislosti rozdílu



Obr. 5 Spektrální interferogramy naměřené pro x -polarizované (dolní křivka) a y -polarizované vidy LP_{01} a LP_{11} a pro nastavený dráhový rozdíl 4496 μm

skupinového indexu lomu, který je charakterizován monotónní funkcí rostoucí s rostoucí vlnovou délkou, je u obou polarizací podobný. Ve stejném obrázku jsou plnými čarami znázorněny odpovídající polynomiální aproximace.



Obr. 6 Spektrální závislosti absolutní hodnoty rozdílu skupinového indexu lomu naměřené pro x -polarizované (horní body) a y -polarizované vidy LP_{01} a LP_{11} spolu s polynomiálními aproximacemi (plné čáry)

5. ZÁVĚR

Práce prezentuje dvě různé interferenční metody měření disperzních charakteristik jednoho typu vysoce dvojlomného mikrostrukturního optického vlákna. První metoda, která využívá příčného silového působení na vlákno v bodě přemístujícím se podél vlákna, umožňuje měření disperze fázového dvojlomu dvou LP vidů vedených optickým vláknem. Druhá metoda, která využívá tandemového uspořádání Michelsonova interferometru a měřeného optického vlákna umístěného mezi polarizátor a analyzátor, slouží k měření disperze skupinového dvojlomu obou LP vidů v širokém oboru vlnových délek. Metoda využívá faktu, že spektrální interferenční proužky jsou na výstupu této konfigurace rozlišeny spektrometrem o nízké rozlišovací schopnosti pouze v okolí tzv. vyrovnávací vlnové délky. Použití druhé metody je navíc rozšířeno na měření mezividové skupinové disperze pro oba LP vidy, které jsou buď x -polarizované nebo y -polarizované.

Výše prezentované metody měření disperzních charakteristik lze použít na další typy vysoce dvojlomných mikrostrukturních vláken. Znalost změřené disperze fázového a skupinového dvojlomu je nezbytná jednak pro správný návrh vláknově-optických senzorů, které využívají interferenci dvou polarizací jednoho vidu, resp. pro porovnání s výsledky vhodného teoretického popisu.

Práce byla částečně podpořena Grantovou agenturou ČR (projekt č. 202/03/0776).

Literatura

- [1] DYOTT, R. B.: Elliptical Fiber Waveguides. Boston-London, Artech House 1995.
- [2] TURÁN, J. - PETRÍK, S.: Optické vláknové senzory. Bratislava, ALFA 1990.
- [3] DUBSKÝ, P. - KUCHARSKI, M.: Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras. Praha, Mikrom 1994.
- [4] ORTIGOSA-BLANCH, A. et al.: Highly birefringent photonic crystal fibers. Opt. Lett., 25, 2000, s. 1325.

- [5] STEEL, M. N. – OSGOOD, Jr., R. M.: Elliptical-hole photonic crystal fibers. *Opt. Lett.*, 26, 2001, s. 229.
- [6] SUZUKI, K. et al.: Optical properties of a low-loss polarization-maintaining photonic crystal fiber. *Opt. Exp.*, 9, 2001, s. 676.
- [7] URBANCZYK, W. - MARTYNKIEN, T. - BOCK, J. W.: Dispersion effects in elliptical-core highly birefringent fibers. *Appl. Opt.*, 40, 2001, s. 1911.
- [8] HLUBINA, P.- MARTYNKIEN, T. - URBANCZYK, W.: Měření disperze dvojlomu v optických vláknech s eliptickým jádrem s využitím spektrální interferometrie v bílém světle. *JMO*, 49, 2004, s. 3.
- [9] HLUBINA, P.: Měření vyrovnávací vlnové délky a mezividové disperze v optických vláknech s využitím spektrální interferometrie v bílém světle. *JMO*, 47, 2002, s. 69.
- [10] HLUBINA, P.- MARTYNKIEN, T. - URBANCZYK, W.: Měření mezividové disperze ve dvouvidových optických vláknech s eliptickým jádrem s využitím spektrální interferometrie v bílém světle. *JMO*, 48, 2003, s. 28.
- [11] Katalog firmy Thorlabs, Inc., 17, 2004, s. 848.

doc. RNDr. Petr Hlubina, CSc., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 59/732 3134, fax: 59/732 3139, e-mail: petr.hlubina@vsb.cz

Mgr. Gabriela Statkiewicz, Institute of Physics, Wrocław University of Technology, Wybrzeże Wyspińskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland, tel.: +48-71-320-4117, fax: +48-71-328-3696, e-mail: gabriela.statkiewicz@pwr.wroc.pl

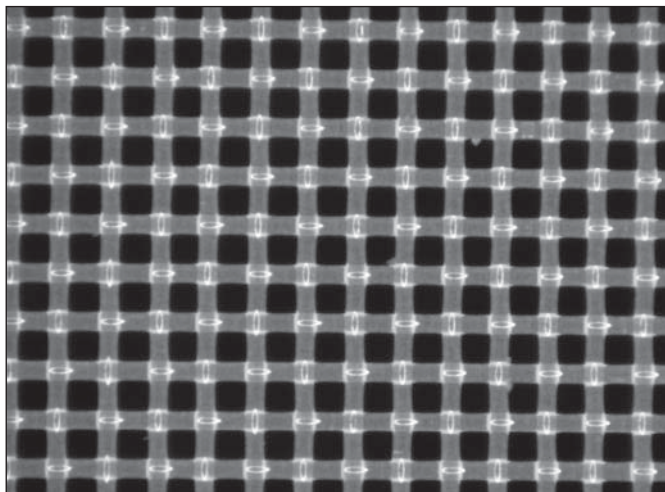
dr. Tadeusz Martynkien, Institute of Physics, Wrocław University of Technology, Wybrzeże Wyspińskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland tel.: +48-71-320-2282, fax: +48-71-328-3696, e-mail: tadeusz.martynkien@pwr.wroc.pl

prof. Waclaw Urbanczyk, Institute of Physics, Wrocław University of Technology, Wybrzeże Wyspińskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland, tel.: +48-71-320-3385, fax: +48-71-328-3696, e-mail: waclaw.urbanczyk@pwr.wroc.pl

Lubomír SODOMKA, Liberec

Nový optický jev na síťových tkaninách

Při pozorování plisé jevu publikovaného v [1], [2], [3] byl pozorován na snímcích na vazných bodech zajímavý optický jev v podobě čokovitých útvarů doprovázených dvěma kolmo postavenými světlymi úsečkami. Tento jev je patrný z obr. 1 pořízeném na zobrazovací aparatuře vybavené programem Lucia na síťové tkanině Nybolt s těmito textilními charakteristikami: vazba plátovaná, plošná hmotnost 41 g/m², tloušťka 0,09 mm, délková hustota nití v osnově 6000/m a v útku rovněž 6000/m.



Obr.1 Optické jevy ve vazných bodech

Na každém vazném bodu je možné pozorovat útvary čokovitého tvaru (UCT), jejichž podélné osy jsou u sousedních bodů navzájem kolmé. U jejich koncových bodů je možné pozorovat rovnoběžné světlé proužky (RSP). Tyto optické útvary jsou odrazem struktury síťové tkaniny. Oba dva útvary jsou vázány na vazný bod

a jako celek je označíme UCTRSP. Ty jsou pak charakteristikou struktury tkaniny. Z obr.1 je patrné, že osy UCT a RSP jsou navzájem kolmé. Tyto směry jsou určeny směry osnovních a útkových nití. Z rovnoběžných světlých úseček (RSP) je možné přesněji určit průměry monofilních vláken v tkanině a z UCT jednak průměry vláken a jednak jejich zakřivení ve vazném bodu. Je možné také identifikovat osnovní a útkové vazné body. Jsou-li UCT symetrické, jsou i zakřivení po obou stranách vazného bodu symetrická. Za jednoduchou a přibližnou mírou zakřivení lze zvolit veličinu $K = b/a$, kde b je poloviční délka osy mezi oběma koncovými body UCT a a je vzdálenost od osy UCT k vrcholu jeho oblouku.

Pro ideální dokonalou síťovou tkaninu, musejí být všechny UCTRSP shodné. Je možné tedy tohoto jevu využít k hodnocení dokonalosti síťové tkaniny.

Vyložit tento jev není tak obtížné jako jeho teoretické zpracování k získání kvantitativních vztahů důležitých pro přesná měření.

Jev UCT lze vyložit lomem na zakřiveném vlákně, což teoreticky odpovídá lomu na zakřiveném válci. Na nezakřiveném válci jsou výsledkem dvě rovnoběžné úsečky, které se zakřivením mění na UCT. Rovnoběžné světlé pruhy vznikají lomem a odrazem na okrajích vlákna. Zakřivení UCT odpovídá pak zakřivení vlákna ve vazném bodě. Teoretické řešení tohoto problému však není jednoduché.

Tato krátká zpráva vznikla jako vedlejší a neočekávaný výsledek měření anizotropie síťových tkanin a je podpořena GAČRem Praha grantem č. 106-01-0383.

Literatura

- [1] Sodomka, L.: Plisé effect on the meshed wovens. *Vlákna a textil* 8, 2001, No 3, 201
- [2] Koubková, D.: Diplomová práce KOD FT TUL Liberec 2002
- [3] Sodomka, L., Fiala, J.: Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi. *Adhesiv Liberec*. 2003, 2004, díl druhý, kapitola 26: Textilie.

Lubomír Sodomka, Liberec, lubomir.sodomka@volny.cz

Dynamics of exciton transfer in molecular systems

We investigate exciton transfer and relaxation in totally asymmetric trimer modelling energy transfer from the donor to acceptor molecule through molecular medium (DMA complex). For simplicity our model incorporates only one medium molecule. We suppose the strong coupling limit of the exciton transfer in which (Coulombic) interaction between acting molecules of our DMA system is mainly stronger than the interaction of the exciton with a thermal bath.

1 INTRODUCTION

Our work is focused on exciton transfer problem in molecular systems. Exciton is elementary excitation of atom or molecule: system is excited from the ground electronic state to some excited state. Cohesive interactions in material makes it possible migration of exciton through the system. There are several differences between exciton transfer in covalent bonded solid state materials (metals or semiconductors) and relatively weak bonded molecular materials (molecular crystals, aggregates, etc.). Reason of this fact is a different kind of bonds holding atoms, ions or molecules in solid state. Due to relatively weak cohesive interactions in molecular systems exciton is localized on one molecule and then can hop on another one. By other words hole and electron are localized on the same molecule and we call such kind of exciton Frenkel excitons. In covalent bonded systems are cohesive interactions relatively strong thus band structure of electronic states is appeared. Therefore hole and electron (in bonded state) can be localized on various atoms. Then exciton is delocalized in a system and we call it Wannier exciton.

We investigate Frenkel exciton transfer and relaxation in totally asymmetric trimer modelling energy transfer from the donor to acceptor molecule through molecular medium (DMA)[13]. For simplicity our model incorporates only one medium molecule. In our case trimer means three two-state systems with mutual interactions.

Energy transfer in molecular aggregates has two limiting cases [12] depending on the strength of the Coulombic interaction between molecules for which in lowest approximation the dipole-dipole interaction between corresponding molecular transition dipole moments has been often used.

The so-called weak-coupling limit, referring to the relative strength of the transfer integral J and the vibrational interactions broadening the electronic transitions, [3, 2] leads to the description of the exciton transfer using the Pauli master equation (PME) for the time development of the site occupation probabilities - the incoherent regime of the exciton transfer. In the strong coupling limit in J the excited electronic states are delocalized. Without interaction with the bath the exciton transfer regime is pure coherent. Coupling to vibrations leads to the scattering between stationary excitonic states. The exciton transfer regime, generally, involves initially a coherent stage. Later on localization takes place due to the dynamic and possible static disorder [14, 5] and the exciton transfer regime becomes incoherent due to decoherence.

To describe both regimes of the exciton transfer (for short and long times) one is generally forced to deal with very complicated Liouville equation for the whole system-bath density matrix $\rho_{\text{system+bath}}$ which describes consequences of the exciton interaction with phonon bath. That is why various types of convolutional or convolutionless dynamical equations for the exciton density matrix ρ (bath degrees of freedom are traced off) have been often used to descri-

be the coherence effects in the exciton transfer. Working in the basis of exciton eigenstates of the whole molecular aggregate the Redfield equations with the secular approximation [9, 10] have been often used. On the other hand, the static and dynamic disorder may destroy correlations between the phases of distant molecular sites and typical electronic properties could be therefore local. A local real space description could be more adequate [11, 1, 13] with the dynamical equations for the exciton density matrix in the local site basis.

The simple example may be the energy transfer in the donor-acceptor complex.

We are focussing in this work on description of the energy transfer from initially excited donor molecule to the acceptor molecule through molecular medium (DMA complex) in the so-called strong coupling limit in transfer integrals. In many papers by Čápek [1] a thorough discussion of carrier transfer in asymmetric dimer (DA complex) was given. Trimer is one of the simplest systems modelling the donor-acceptor complex with a medium molecules.

In section 2 we introduce the model Hamiltonian for the totally asymmetric trimer and give a short description of the equations used for obtaining the time dependence of the occupation probabilities of the trimer. Section 3 presents the results. Influence of the difference in local energies and role of medium molecule are discussed. Role of the non-Markovian effects in the description of the bath is shown.

2 MODEL

We shall be dealing with just one exciton in asymmetrical cyclical trimer interacting with the phonon bath. Hamiltonian consists of three parts

$$H = H_{\text{exc}} + H_{\text{B}} + H_{\text{exc-B}} \quad (1)$$

where

$$H_{\text{exc}} = \varepsilon_D a_D^\dagger a_D + \varepsilon_M a_M^\dagger a_M + \varepsilon_A a_A^\dagger a_A + \sum_{i \neq j} J_{ij} a_i^\dagger a_j \quad (2)$$

Here a_i^\dagger , a_i are creation and annihilation operators of exciton on site i . ε_D , ε_M and ε_A are local energies of donor, acceptor and medium molecule and J_{ij} are transfer integrals between i -th and j -th molecule. Indexes mean 1 \equiv donor (D), 2 \equiv medium (M) and 3 \equiv acceptor (A). We simulate the bath by phonons

$$H_{\text{B}} = \sum_k \hbar \omega_k \left(b_k^\dagger b_k + \frac{1}{2} \right) \quad (3)$$

The exciton-bath interaction we suppose to be linear and local [11]

$$H_{\text{exc-B}} = \sum_n \sum_k \hbar \omega_k G_k^n a_n^\dagger a_n (b_{-k}^\dagger + b_k) \quad (4)$$

b_k^\dagger, b_k are creation and annihilation operators of phonons, G_k^n is interaction constant of n-th molecule of the exciton system with k-th phonon mode.

To obtain the description of the exciton transfer we shall simplify dynamical equation for reduced exciton density matrix in local site basis introduced by Čápek [1]

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho_{nm} = -\frac{i}{\hbar} [H_{exc}, \rho(t)]_{nm} - \sum_{rs} R_{nmrs}(t) \rho_{rs}(t) \quad (5)$$

in which

$$R_{nmrs}(t) = \delta_{nr} A^s_{mn}(t) + \delta_{ms} A^{r*}_{nm}(t). \quad (6)$$

Using Korolkov and Paramonov model [4], Heřman obtained [8]

$$A^p_{mn} = \sum_{\alpha, \beta} M^p_{mn\alpha\beta} \Gamma(\omega_{\alpha\beta}, t) \quad (7)$$

where

$$\Gamma(\omega_{\alpha\beta}, t) = \sum_{\varphi=2}^3 \sum_{\psi=1}^{\varphi-1} K_{\varphi\psi}(\omega_{\alpha\beta}) (1 - e^{-\gamma_{\varphi\psi} t}),$$

$$M^p_{mn\alpha\beta} = \langle p | \alpha \rangle \langle \beta | m \rangle (\langle \alpha | m \rangle \langle m | \beta \rangle - \langle \alpha | n \rangle \langle n | \beta \rangle)$$

$$K_{\varphi\psi}(\omega) = \pi J(\omega) [1 + n_B(\omega)] \text{ for } \omega > 0$$

and

$$K_{\varphi\psi}(\omega) = \pi J(-\omega) n_B(\omega) \text{ for } \omega < 0.$$

States with Greek characters are eigenstates of H_{exc} ,

$$n_B(\omega) = \left(e^{\frac{\hbar\omega}{k_B T}} - 1 \right)^{-1}$$

is Bose-Einstein distribution of phonons, $\omega_{\alpha\beta} = (E_\alpha - E_\beta) / \hbar$. In our treatment $\gamma_{\varphi\psi} = \gamma$ for every $\gamma \neq \psi$. Moreover we suppose independent reservoirs for each acting molecule.

Applying the Markov approximation, time independent dissipative part R reads (see [8])

$$R_{nmrs}(t)_{t \rightarrow \infty} = \delta_{nr} A^s_{mn} + \delta_{ms} A^{r*}_{nm} \\ A^r_{mn} = -\pi \sum_{\alpha\beta (\varepsilon_\beta \leq \varepsilon_\alpha)} J(\omega_{\alpha\beta}) \{ \langle \alpha | n \rangle \langle n | \beta \rangle - \langle \alpha | m \rangle \langle m | \beta \rangle \} \times \\ \{ [1 + n_B(\omega_{\alpha\beta})] \langle r | \alpha \rangle \langle \beta | m \rangle + n_B(\omega_{\alpha\beta}) \langle r | \beta \rangle \langle \alpha | m \rangle \} \quad (8)$$

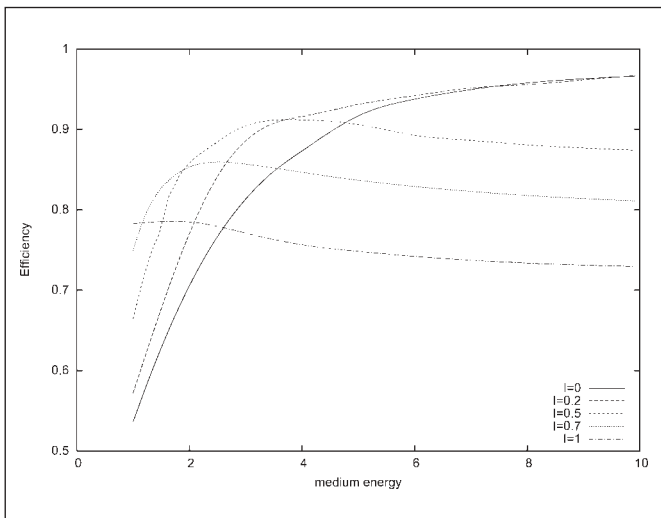


Fig. 1 Energy structure of DMA complex (trimer) with excitation energies and transfer integrals

The way of introducing the spectral density of the bath $J(\omega)$ from $G^{r,k}$ and $\hbar\omega_k$ is thoroughly described in [8]. From many models of the spectral density of the bath we shall use

$$J(\omega) = g\omega_D\omega / (\omega^2 + \omega_D^2)$$

with Debye frequency ω_D . This form of the spectral density is often used for polar solvent [13].

The elements of the relaxation matrix $R_{nmrs}(t)$ given by (6) start at $t=0$ from zero and then exponentially increase up to the Markovian limit $R_{nmrs}(t \rightarrow \infty)$. Time scale in which the Markovian limit is not valid approximation is characterized by γ^{-1} . When γ increases $R_{nmrs}(t)$ goes faster to Markovian limit.

3 RESULTS

To extend Čápek's theory, dealing with exciton transfer in asymmetric dimer, it means in DA complex [1], and to take into account the influence of the medium molecule(s) on exciton transfer (DMA complex) we have chosen the simplest model [6, 7], namely the totally asymmetric trimer. In contrast with Pauli master equation (PME) concept in the so-called weak coupling limit in which the time dependence of the local site occupation probabilities $P_n(t)$ ($n=1,2,3$) becomes exponential, the time dependence of the local site occupation probabilities $P_n(t) = \rho_{nn}(t)$ is more complicated in the so-called strong coupling limit. In short time scale, in the quasi-coherent regime, from Eq. (5) we get oscillations in time dependence of $P_n(t)$. Later on coherence is broken (decoherence) due to interaction of the exciton with bath. In long time scale the hopping transfer mechanism outweighs.

In the long time limit the time dependences of the local site occupation probabilities $P_n(t) = \rho_{nn}(t)$ look also in the case of coupled coherent and incoherent exciton transfer like in the Förster theory, they are real exponentials. Analogously to Čápek's formalism for asymmetric dimer [1] we introduce the transfer rate W and transfer efficiency ν of the exciton transfer to the acceptor. We are interesting in the time dependence of the acceptor occupation probability $P_3(t)$ in the long time limit $t \rightarrow \infty$, near the thermal equilibrium. In many cases this time dependence of the acceptor occupation probability $P_3 = \rho_{33}(t)$ can be then fitted by the simple function $f(t) = \nu[1 - \exp(-Wt)]$.

In what follows we will use the transfer integral J between donor and acceptor as an energy unit. To obtain time into seconds one has to divide π by $2\pi c J$ with c the speed of light in $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ and cm^{-1} .

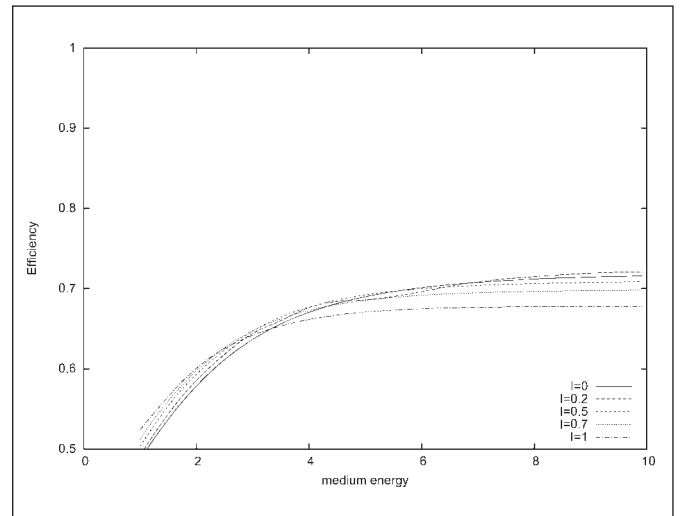


Fig. 2 Dependence of the transfer rate W on medium energy ε_M with rising effect of the direct channel ($I \neq 0$). Left graph shows results for $T=0$ and right one for $T=1$ ($J=K=2$, $\varepsilon_D=1$, $\varepsilon_A=0$, $\omega_D=2$, $g=0.1$)

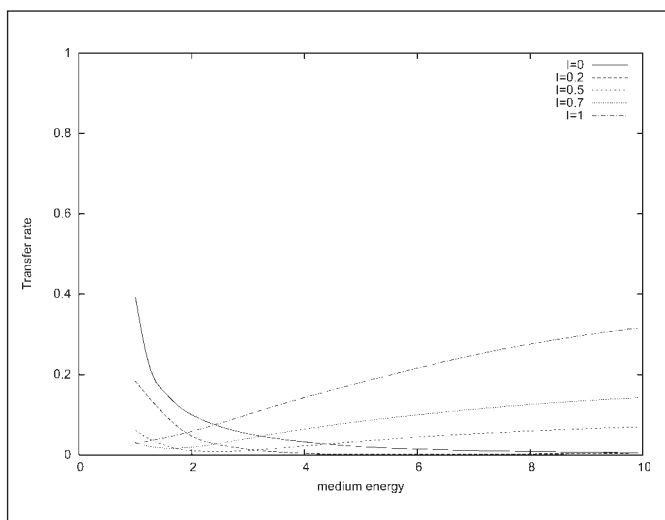


Fig. 3 Dependence of the efficiency ν on medium energy ε_M with rising effect of the direct channel ($I \neq 0$). Left graph shows results for $T = 0$ and right one for $T = 1$ ($J = K = 2$, $\varepsilon_D = 1$, $\varepsilon_A = 0$, $\omega_D = 2$, $g = 0.1$)

Further we are dealing with the asymmetric trimer in which the local energies of the donor and acceptor are not the same $e_D \neq e_A$ and mutual transfer integrals I, J, K between donor, medium and acceptor molecules are different (see Fig. 1).

In Fig. 2 and Fig. 3 effect of switching on of the direct transfer channel ($I \neq 0$) is shown using the dependence of the transfer rate W and the efficiency ν on the medium molecule energy ε_M for donor energy $\varepsilon_D = 5$ and acceptor energy $\varepsilon_A = 3$. We start fitting at $\varepsilon_M = 5$ because the time dependence of the acceptor occupation probability $P_A(t) = \rho_{33}(t)$ is out of character of real exponential for local energy ε_M lower than $\varepsilon_M = 5$ and we cannot therefore introduce transfer rate W in upper mentioned sense.

At first let us have a look on the curve in Fig. 2 which shows the transfer rate W when the direct channel is switched off ($I = 0$). While ε_M increases transfer rate W decreases asymptotically to zero and efficiency ν (Fig. 3) at first rapidly increases but later on it saturates at certain value. Switching on the direct channel between donor and acceptor ($I \neq 0$) certain minimum in the dependence of the transfer rate on the medium molecule local energy ε_M appears and after an increase it saturates for $\varepsilon_M \rightarrow \infty$ at dimer value, when only direct channel is opened.

The direct channel between donor and acceptor is driven by transfer integral I . The indirect one by transfer integrals J and K . In addition the value of the medium molecule local energy ε_M is important. If $\varepsilon_M, I, J, K, \varepsilon_D, \varepsilon_A$ then exciton has to overcome big energy barrier and therefore indirect channel becomes unimportant. If effect of both channels are comparable then with increasing ε_M transfer efficiency increases but transfer rate decreases.

The convolution-less Čápek's equations are able to describe short time limit of the time development of the exciton density matrix $\rho(t)$ in non-Markovian treatment of then bath (7). Comparison of the time development of occupation probabilities of do-

nor, medium and acceptor molecules in Markovian and non-Markovian approach is displayed in Fig. 4. We can see typical non-Markovian effects of the bath in the short time range: the oscillations of $P_n(t)$ are damped more slowly.

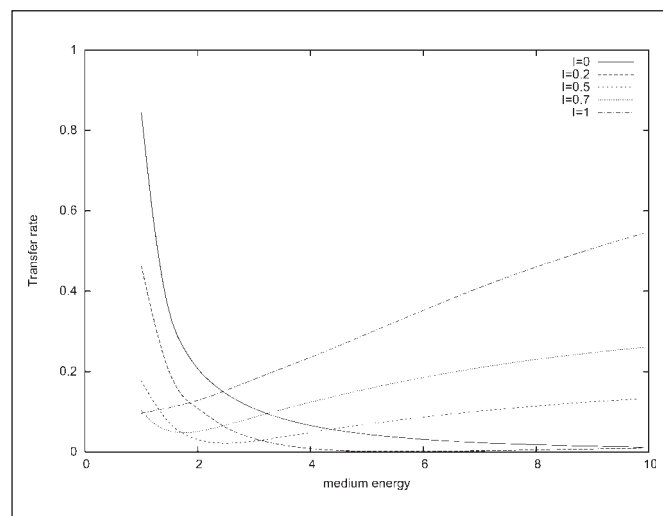


Fig. 4 Short time dependence of donor, medium and acceptor occupation probabilities $P_D(t)$, $P_M(t)$ and $P_A(t)$ in non-Markov (upper graph) and Markov (lower graph) treatment of the bath ($\gamma = 0.05$ $I = 1$, $J = K = 2$, $\varepsilon_D = 1$, $\varepsilon_M = 2$, $\varepsilon_A = 0$, $g = 0.1$, $\omega_D = 2$, $T = 1$)

Support by projects MSMT LN00A015, CEZJ-14/98 and RN19982003013 (M.P.), GAČR 202/03/0817 (P.H., I.B.) and LN00A016 MŠMT (M.P.) is acknowledged.

References

- [1] V. Čápek. Z. Phys. B, volume 99, (1996) 261.
- [2] D. L. Dexter. Journal of Chemical Physics, volume 47(4).
- [3] T. Förster. *Delocalized excitation and excitation transfer*. Modern Quantum Chemistry, Academic Press, volume Part III, ed. by O. Sinanoglu, (1965) p. 93.
- [4] M. Korolkov and G. Paramonov. Phys. Rev. A, volume 55, (1997) 55.
- [5] M. Yang. Chem. Phys., volume 282, (2001) 163.
- [6] P. Heřman. Chem. Phys., volume 274, (2001) 199.
- [7] P. Heřman, I. Barvík. J. Lumin., volume 108, (2004) 85.
- [8] P. Heřman, I. Barvík. Chem. Phys., volume 275.
- [9] G. Redfield. IBM J. Res. Develop., volume 1(19).
- [10] G. Redfield. volume 1 of *Advances in Magnetic Resonance*. Academic Press, New York - London (1965).
- [11] V. Čápek. Phys. Rev. A, volume 46, (1992) 7431.
- [12] P. R. V. M. Kenkre. *Exciton Dynamics in Molecular Crystals and Aggregates*, volume 94 of *Tracts in Modern Physics*. Springer, Berlin - Heidelberg (1982).
- [13] V. May. *Charge and energy transfer dynamics in molecular systems*. VCH, Berlin (2000).
- [14] V. Novoderezhkin and R. van Grondelle. J. Phys. Chem., volume 107, (2003) 11534.

Mgr. Miloslav Pojsl, Joint Laboratory of Optics Palacký University and Institute of Physics Academy of Sciences of the Czech Republic, 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, Tel. 585 631 524;

Doc. Pavel Heřman, Dr., Pedagogical Faculty of University of Hradec Králové

Prof. Ivan Barvík, DrSc., Faculty of Mathematics and Physics Charles University in Prague;

Mgr. Martin Petřek, National Centre for Biomolecular Research (NCBR)

Kvázivlnovodný laser cylindrickej konfigurácie na báze organických farbív

Práca sa zaoberá štúdiom kvázivlnovodného lasera, ktorý tvorí sústava dvoch sklenených valcov oddelených tenkou vrstvou organického farbiva. Bola získaná módomová štruktúra a priestorové rozloženie intenzity žiarenia pre farbivo Rhodamin 6G, ktorý bol čerpaný druhou harmonickou YAG-lasera pri rôznych geometriách prečerpávanej oblasti. Dosiahnuté výsledky majú význam pri zavádzaní laserového žiarenia do tubulárneho vlnovodu.

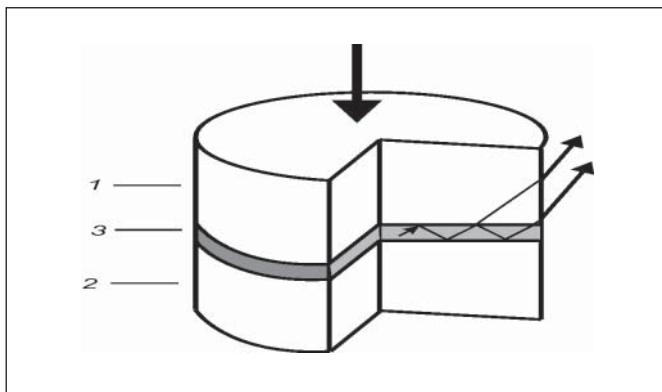
1. ÚVOD

Vysoký koeficient zosilnenia umožňujú v organických farbivách získať generáciu laserového žiarenia už v tenkých vrstvách hrúbky rádovo μm , a to aj vtedy, keď sa vrstvu nevložíme do rezonátora, ale využijeme vlnovodný efekt [1]. Vlnovodný laser tvorí tenká vrstva aktívnej látky s indexom lomu n_2 , ktorá je vložená medzi dve priehľadné dielektriká s indexmi lomu n_1 a n_3 . Ak $n_2 > n_1, n_3$, predstavuje takáto sústava aktívny vlnovod, v ktorom sa generované žiarenie šíri bez strát. Ak $n_2 < n_1, n_3$, predstavuje sústava stratový vlnovod, ktorý nazývame aj kvázivlnovodným laserom (KVL). Teoreticky bola činnosť kvázivlnovodného lasera analyzovaná v práci [2].

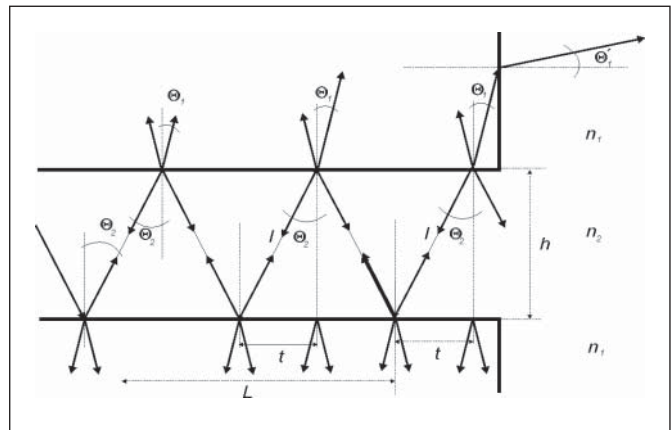
KVL generuje v relatívne širokom spektrálnom intervale a generované žiarenie vykazuje bohatú módomovú štruktúru [3]. Zmenu frekvencie generovaného žiarenia možno doceliť zavedením rozdelenej spätnej väzby do aktívneho prostredia, alebo natáčaním zrkadla, ktoré generované žiarenie vracia späť do aktívneho prostredia [4, 5].

2. TEORETICKÁ ANALÝZA

Uvažujme KVL, ktorý tvorí tenká vrstva organického farbiva s indexom lomu n_2 vložená medzi dvoma sklenenými valcami s indexom lomu n_1 ($n_1 = n_3$). Čerpacie žiarenie dopadá kolmo na rovinný povrch aktívneho prostredia (obr. 1). V čerpanej oblasti aktívneho prostredia dochádza k luminescencii. Luminescenčné žiarenie sa šíri vo vrstve medzi rozhraniami len pod určitými uhlami, ktoré prislúchajú jednotlivým módom. Šírenie žiarenia vo vrstve znázorňuje obr. 2, na ktorom je radiálny rez KVL. Spätňú väzbu zabezpečuje odraz žiarenia na rozhraní. Odraznosť $R(\Theta_2)$ umožňuje určiť intenzitu žiarenia, ktoré pri odraze vystupuje mimo aktívnu oblasť a prechádza do obklopujúceho dielektrika. Medzi dvoma odrazmi sa intenzita žiarenia zosilňuje $\exp(\gamma l)$ -krát, kde γ je koeficient zosilnenia organického farbiva a $l = h/\cos\Theta_2$. Počet odrazov na dĺžke vlnovodu L určuje vzťah $L/(h \operatorname{tg}\Theta_2)$. Celkovú dráhu, ktorú prejde žiarenie na dĺžke vlnovodu L (obr. 2), určuje vzťah



Obr. 1 Kvázivlnovodný laser (KVL). 1, 2 – sklenené valce, 3 – vrstva organického farbiva



Obr. 2 Šírenie žiarenia v tenkej vrstve organického farbiva

$$\frac{h}{\cos\Theta_2} \frac{L}{h \operatorname{tg}\Theta_2} = \frac{L}{\sin\Theta_2},$$

takže na dráhe L sa intenzita žiarenia I zosilní $\exp(\gamma L/\sin\Theta_2)$ -krát. Keďže pri jednom odraze sa intenzita I žiarenia zmení na hodnotu $IR(\Theta_2)$, na dĺžke vlnovodu L sa intenzita zmenší $\exp[L/h \operatorname{tg}\Theta_2 R(\Theta_2)]$ -krát. Podmienka zosilnenia žiarenia je určená splnením podmienky

$$\exp\left\{\gamma L/\sin\Theta_2 + L/[h \operatorname{tg}\Theta_2 R(\Theta_2)]\right\} > 1$$

čomu zodpovedá zosilnenie intenzity žiarenia $\exp(\gamma L/\sin\Theta_2)$ -krát. Pri jednom odraze sa intenzita žiarenia I zmení na $IR(\Theta)$, takže na dĺžke vlnovodu L pri počte odrazov $L/h \operatorname{tg}\Theta_2$ sa intenzita I zmení na hodnotu $I \exp\{L/[h \operatorname{tg}\Theta_2 R(\Theta_2)]\}$. Podmienku pre zosilnenie žiarenia môžeme teda napísať v tvare

$$\exp\left\{\gamma L/\sin\Theta_2 + L/[h \operatorname{tg}\Theta_2 R(\Theta_2)]\right\} > 1 \quad (1)$$

Pri organických farbivách s veľkým koeficientom zosilnenia dochádza k stimulovanej emisii už pri prvých odrazoch. Generované žiarenie vystupuje pod uhlom Θ_1 mimo aktívneho prostredia. Ak majú dielektriká na oboch stranách tenkej vrstvy tvar kvádrov, laser generuje v štyroch, navzájom rovnocenných smeroch, pretože aktívnym prostredím sa šíria opačnými smermi dve vlnenia. V prípade cylindrickej konfigurácie závisí prierez generovaného žiarenia od tvaru prečerpávanej oblasti. Ak má prečerpávaná oblasť tvar kruhu, má prierez generovaného žiarenia tvar prstenca, ak má prečerpávaná oblasť tvar obdĺžnika, má prierez tvar dvoch častí medzikružia.

Prahový koeficient generácie γ_{prah} sa dá určiť z hraničných podmienok riešenia vlnovej rovnice. Ak využijeme vzťah (1), dostaneme pre dva rôzne stavy polarizácie, E a H vyjadrenia [6]

$$\gamma_{\text{prah}}^E = \frac{m^2 \lambda^2}{h^3} \frac{1}{n_2 \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \quad (2)$$

$$\gamma_{\text{prah}}^H = \frac{m^2 \lambda^2}{h^3} \frac{n_1^2}{n_2^2} \frac{1}{n_2 \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \quad (3)$$

kde λ je vlnová dĺžka generovaného žiarenia. Prítom stav polarizácie, E alebo H, je určený tým z týchto vektorov, ktorý je polarizovaný v rovine dopadu.

Zo vzťahov (2) a (3) vyplýva, že $\gamma_{\text{prah}}^H > \gamma_{\text{prah}}^E$. Vhodnou voľbou parametrov čerpacieho žiarenia a aktívneho prostredia možno vytvoriť predpoklady preto, aby bolo generované len žiarenie s E – polarizáciou. Vidíme tiež, že prahová hodnota koeficientu zosilnenia závisí predovšetkým od vlnovej dĺžky generovaného žiarenia, hrúbky aktívneho prostredia, módového čísla m a rozdielu indexov lomu n_1 a n_2 . Ak sa čerpacím žiarením blížíme k prahovej hodnote koeficientu zosilnenia, najprv sa začína generovať žiarenie kratších vlnových dĺžok. Prahová hodnota koeficientu zosilnenia klesá s rastúcou hrúbkou aktívneho prostredia, naopak rastie pri znižovaní rozdielu indexov lomu n_1 a n_2 . Rozdiel indexov lomu nemôže byť ľubovoľný, musí byť splnená podmienka [2]

$$\frac{2h}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \gg 1$$

Pre uhol Θ_1 , pod ktorým sa šíri generované vlnenie v dielektriku, vyplýva z geometrického rozboru [2]

$$\Theta_1 = \arcsin \frac{1}{n_1} \sqrt{n_2^2 - \left(\frac{m\lambda}{2h}\right)^2} \quad (4)$$

a pre uhol Θ'_1 , pod ktorým vystupuje generované žiarenie z dielektrika platí

$$\sin \Theta'_1 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2 + \left(\frac{m\lambda}{2h}\right)^2} \quad (5)$$

Zo vzťahu (4) pre maximálny počet módov dostaneme

$$m \leq \frac{2h}{\lambda} n_2$$

Tento vzťah je v súlade s podmienkou konštruktívnej interferencie vlnení, ktoré sa šíri v aktívnom prostredí po dvoch po sebe nasledujúcich odrazoch

$$2n_2 h \cos \Theta_2 = m\lambda \quad (6)$$

Vzťahy (4) - (6) umožňujú určiť spektrálnu uhlovú disperziu generovaného žiarenia

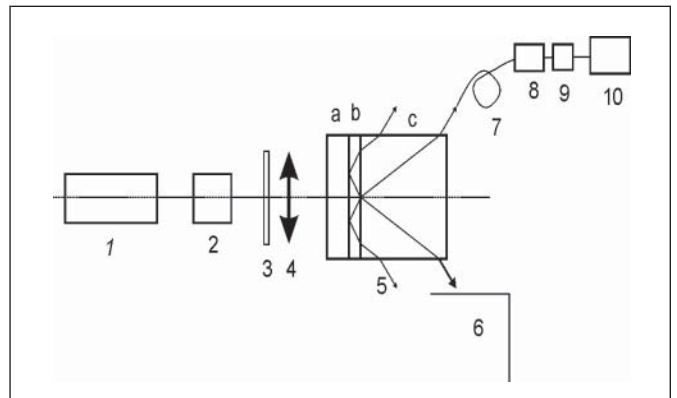
$$\frac{d\Theta_2}{d\lambda} = \frac{m\lambda \frac{dn_2}{d\lambda} - n_2}{2n_2^2 h \sqrt{1 - m^2 \lambda^2 / (4n_2^2 h^2)}} \quad (7)$$

Spektrálna uhlová disperzia závisí od módového čísla m , ale najmä od disperzie aktívneho prostredia $dn_2/d\lambda$. Pri niektorých rozpušťadlách organického farbiva nadobúda táto závislosť vysoké záporné hodnoty a to spôsobuje prekryvanie smerov šírenia susedných módov hlavne u vyšších rádov. Aby sme mohli rozlíšiť dostatočný počet módov, je potrebné sledovať vyžarované spektrum spektrálnym zariadením, ktorého objektív má veľkú ohniskovú vzdialenosť [3]. Zo vzťahu (4) vieme určiť zmenu uhla, ktorá prislúcha dvom susedným módom generovaného žiarenia pri konštantnej vlnovej dĺžke

$$\frac{d\Theta'_1}{dm} = \frac{m\lambda^2}{4h^2} \frac{1}{\sqrt{n_1^2 - n_2^2} \sqrt{1 - n_1^2 + n_2^2}} \quad (8)$$

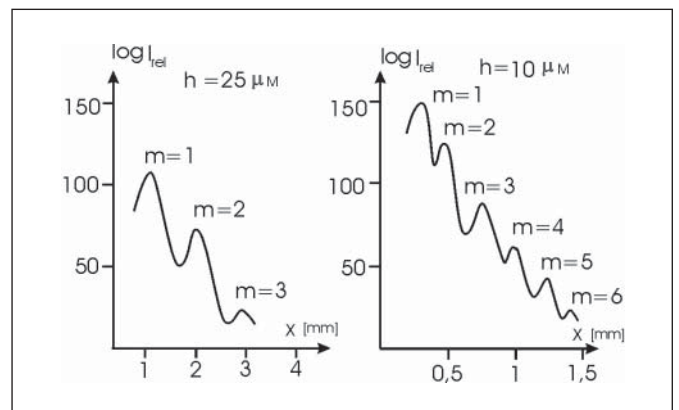
3. EXPERIMENTÁLNE VÝSLEDKY

KVL bol realizovaný na báze organického farbiva Rhodamin 6G, rozpusteného v etylalkohole s koncentráciou $5 \cdot 10^{-4}$ mol/l a s indexom lomu $n_2 = 1,36$. Farbivo bolo umiestnené medzi dvomi sklenenými valcami s priemerom 30 mm a s indexom lomu $n_1 = 1,518$. Valec s matným plášťom o hrúbke 15 mm bol použitý ako podložka. Valcom s vylešteným plášťom o hrúbke 40 mm vystupovalo generované žiarenie. Medzi valcami bola dištančná vložka, ktorá určovala hrúbku vrstvy aktívneho prostredia. Na čerpanie bola použitá 2. harmonická YAG-lasera. Prečerpávaná oblasť mala tvar kruhovej plochy s priemerom 8 mm, v druhom prípade obdĺžnika o rozmeroch 1×8 mm. Pre takúto geometriu je potrebné na dosiahnutie generácie voliť hrúbku aktívneho prostredia menšiu ako $40 \mu\text{m}$ [5]. Experimenty boli uskutočnené pre hrúbky $10 \mu\text{m}$ a $25 \mu\text{m}$. Schéma experimentu je na obr. 3.



Obr. 3 Schéma experimentu. 1 – čerpací laser, 2 – násobič kmitočtu, 3 – optický filter, 4 – cylindrická šošovka, 5 – KVL, a – sklenený valec s matným plášťom b – aktívna látka, c – sklenený valec s lešteným plášťom, 6 – dva pravouhlé tienidlá, 7 – optické vlákno, 8 – monochromátor, 9 – detektor, 10 – osciloskop

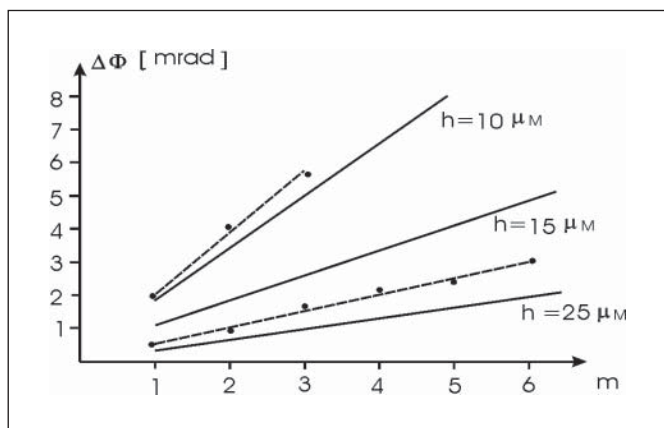
KVL generoval v oblasti vlnových dĺžok (560 - 585) nm radiálne symetricky v danom smere. Generované žiarenie vystupovalo len z plášťa lešteného valca. Uhol generácie Θ'_1 , určený vzťahom (5), bol experimentálne určený z nasnímania polohy stôp generovaného žiarenia na dvoch navzájom kolmých tienidlách 6 pri čerpaní cylindrickou šošovkou. Takto experimentálne určená hodnota $\Theta'_1 = 63,15^\circ$ súhlasí s hodnotou vypočítanou teoreticky $\Theta'_1 = 63,34^\circ$. Módová štruktúra bola získaná nasnímaním relatívnej intenzity generovaného žiarenia I_{rel} monochromátorom nastaveným na vlnovú dĺžku 575 nm. Mikrodenzitogramy udávajúce závislosť $\log(I_{\text{rel}})$ od polohy x stopy generovaného žiarenia na tienidle pre hrúbky aktívneho prostredia $10 \mu\text{m}$ a $25 \mu\text{m}$ sú na obr. 4.



Obr. 4 Rozloženie intenzity žiarenia (mikrodensitogramy) na jednotlivé módy pri dvoch hrúbkach aktívneho prostredia

Pri hrúbke $l = 25 \mu\text{m}$ bolo zaznamenaných maximálne 6 módo-
 dov, pri hrúbke $10 \mu\text{m}$ maximálne 3 módy. Tento výsledok je
 v súlade s teoreticky odvodeným vzťahom (2), podľa ktorého je
 prahová hodnota koeficientu zosilnenia nepriamoúmerná druhej
 mocnine počtu módo-
 v. Nižšia hodnota intenzity generovaného žia-
 renia, ktorá bola nameraná pri hrúbke aktívneho prostredia $10 \mu\text{m}$
 (obr. 4), zodpovedá kvadratickej závislosti intenzity generované-
 ho žiarenia od počtu módo-
 v [2]. Energeticky najbohatšie sú módy
 s módo-
 vými číslami $m = 1, 2$.

Na obr. 5 je uvedená experimentálne získaná závislosť uhlovej
 vzdialenosti susedných módo-
 v $\Delta\Phi_{m,m+1}$ od módo-
 vého čísla m pre
 obidve hrúbky aktívneho prostredia, ako aj teoretická závislosť vy-
 počítaná podľa vzťahu (8). Rozdiel experimentálne získaných prie-
 behov a teoretických je spôsobený nehomogenitami optického čer-
 pania, čo vedie ku generácii rôznych počto-
 v módo-
 v na rozličných úse-
 koch KVL. Ďalším faktorom, ktorý mohol ovplyvniť výsledky
 experimentu, je porušenie planparalelnosti tenkej vrstvy, čo spôso-
 buje rozšírenie spektrálnej čiary a tým zmenu módo-
 vej disperzie.



Obr. 5 Závislosť uhlovej vzdialenosti susedných módo-
 v DF od počtu módo-
 v pre rôzne hrúbky h . Porovnanie experimentálnych
 (o-o) a teoretických hodnôt

Zo získaných priebehov je zrejmé, že s poklesom hrúbky aktív-
 neho prostredia rastie uhlová vzdialenosť dvoch susedných módo-
 v. Na zväčšenie tejto uhlovej vzdialenosti je potrebné voliť čo najmen-
 šiu hrúbku aktívneho prostredia, čo súčasne vedie ku generácii men-
 šieho počtu módo-
 v. Na druhej strane spôsobuje zmenšovanie hrúb-
 ky tenkej vrstvy zvýšenie prahovej hodnoty koeficientu zosilnenia.

4. ZÁVER

Vyšetrovanie cylindrickej konfigurácie KVL si vyžiadala po-
 treba zavedenia laserového žiarenia do tubulárneho vlnovodu [7].
 V tomto prípade je výhodné použiť laserové žiarenie, ktorého prie-
 rez má tvar úzkeho medzikružia, vhodného pre tubulárny vlnovod
 s určitým profilom optickej hrúbky [8] a ktorého módo-
 vá štruktú-
 ra je známa. Skúmaná konfigurácia lasera umožňuje do určitej
 miery tieto požiadavky splniť. Polomer medzikružia možno meniť
 fokusačnou sústavou a šírku medzikružia zmenou veľkosti prečer-
 pávanej oblasti.

Podakovanie

Práca vznikla s podporou Vedeckej grantovej agentúry MŠ SR,
 projekt VEGA, č. 1/0255/03.

Literatúra

- [1] Zeidler G., J. Appl. Phys. **42**, 1971, No 2, 884–889
- [2] Arutjunjan V. M., Dzutjan D. P., Izv. AN Arm. SSR, Physica **15**, 1988, 379–401
- [3] Bojko J. B., Ukr. Phys. J. **25**, 1980, No 6, 982–988
- [4] Arutjunjan V. M., Akopjan G. G., Kv. El. **17**, 1990, No 11, 1402–1407
- [5] Arutjunjan V. M., Opt. Com., **36**, 1981, No 3, 227–228
- [6] Mesároš V., Nyarsik L., Štrba A., Acta phys. Univ. Com **XXX**, 1990, 9–16
- [7] Franek J., Kollar M., J. el. Eng. **46**, 1995, 389–393
- [8] Senderáková, D., Štrba, A.: „Interferometrická analýza profi-
 lu optického vlákna“ v 13. konferencia slovenských fyzikov -
 Zborník príspevkov, editor Marián Reifers, (SFS, Košice 2004)
 str. 87-88

doc. RNDr. Vladimír Mesároš, Ph.D., e-mail: mesaros@fmph.uniba.sk, tel.: +421 2 60295865
 prof. RNDr. Anton Štrba, Ph.D., e-mail: strba@fmph.uniba.sk, tel.: +421 2 65426706
 RNDr. Jozef Kalužay, Ph.D. (už nie je zamestnancom)
 Katedra experimentálnej fyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzita Komenského, Mlynská dolina F2,
 842 48 Bratislava, Slovenská republika

Přírůstky knihovny SPIE/CS

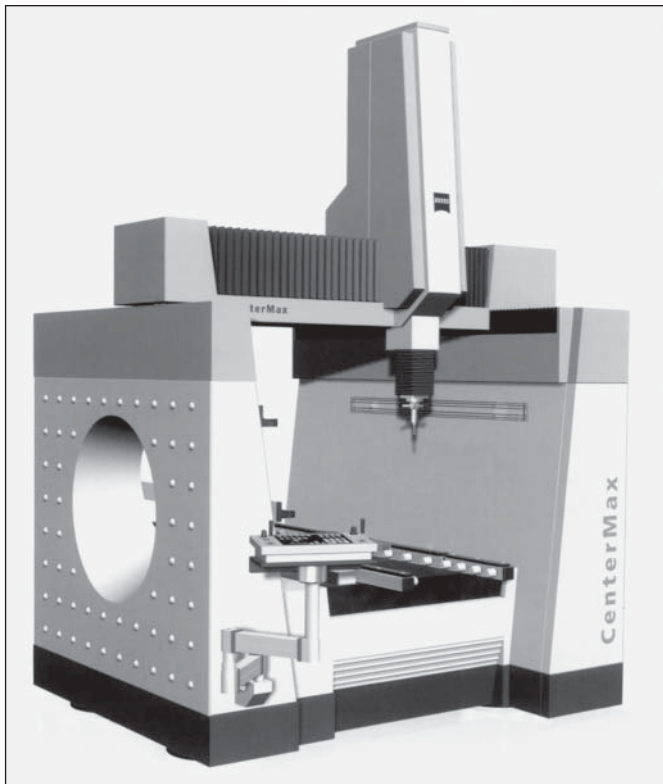
1015	Advanced Optical Manufacturing and Testing Technology 2000 (1-3 November 2000, Beijing, China) Vol. 4231	1020	Smart Structures and Materials 2001: Modeling, Signal Processing, and Control in Smart Structures (5-8 March 2001, Newport Beach, USA) Vol. 4326
1016	Optical Technologies in Biophysics and Medicine II (3-6 October 2000, Saratov, Russia) Vol. 4241	1021	Optical Measurement Systems for Industrial Inspection II: Applications in Production Engineering (20-21 June 2001, Munich, Germany) Vol. 4399
1017	Saratov Fall Meeting 2000: Coherent Optics of Ordered and Random Media (3-6 October 2000, Saratov, Russia) Vol. 4242	1022	Imaging of Tissue Structure and Function (Selected Research Papers on Imaging of Tissue Structure and function 1998-2000) Vol. 4427
1018	Laser-Tissue Interaction XII: Photochemical, Photothermal, and Photomechanical (21-24 January 2001, San Jose, USA) Vol. 4257	1023	Laser-Tissue Interactions, Therapeutic Applications, and Photodynamic Therapy (18-21 June 2001, Munich, Germany) Vol. 4433
1019	Practical Holography XV and Holographic Materials VII (22-23 January 2000, San Jose, USA) Vol. 4296		

Souřadnicové měřicí stroje ve výrobním procesu

Jak vypadá a v jakém prostředí probíhá výrobní proces, ve kterém pracují souřadnicové měřicí stroje, jedny z nejpřesnějších zařízení pro kontrolu objektů, které jsou mnohdy značně náročné na měření?

Dílna, vybavená obráběcími centry, nemusí být vždy klimatizovaná hala. Naopak, mnohdy je v dílně mimořádné chvění, které se zpětně přenáší z podlahy na stroje a teplotní rozdíly dosahují až 10 °C i více, nepřehlídíme-li k abnormálnímu hluku, který jistě nevytváří pro přesné měření ideální podmínky. Uprostřed tohoto *metrologického inferna* pracuje souřadnicový měřicí stroj.

Měřicí stroje určené pro práci v tomto prostředí musí splňovat především jeden ze základních požadavků - být necitlivé proti vlivům okolního prostředí, a to při zachování požadavků na vysokou přesnost měření. Výrobci těchto měřicích strojů přebírají základní koncepci, uplatňovanou u výrobních zařízení, obráběcích a frézovacích center, které se vyznačují masivní konstrukcí stroje. Bližší podrobnosti se pokusíme vysledovat na **souřadnicovém měřicím stroji CenterMax** (výrobce Carl Zeiss, Industrielle Messtechnik).



Obr. 1 Souřadnicový měřicí stroj CenterMax (výrobce Carl Zeiss IMT)

Jde o CNC tříosouřadnicové měřicí centrum mostové konstrukce (obr. 1). Čtvrtou (rotační) souřadnicí tvoří přídatný otočný stůl. Základ stroje je z polymerového betonu, který se vyznačuje velmi dobrými termickými i dynamickými tlumivými vlastnostmi. Nosníky, které nesou mostovou konstrukci, jsou vyrobeny z invaru (speciální druh oceli s velkým podílem niklu a velmi malým součinitelem délkové teplotní roztažnosti).

Měřicí rozsahy měřicího centra jsou 900 mm (osa x), 1 200 mm (osa y) a 700 mm (osa z). Měřítka těchto os jsou ze skleněné keramiky, jejíž délková teplotní roztažnost je téměř nulová. Rozlišitelnost odměřovacích systémů (číslíkový krok) je 0,2 μm. Měřicí hlava VAST (Variable Accuracy and Speed Probing Technology) umožňuje mj. skenování profilů (souvislé snímání souřadnic), což je významné při kontrole složitých profilů nebo geometrických tvarů, např. kruhovitosti. Ke zvýšené přesnosti měření přispívá systém CAA (Computer Aided Accuracy), kterým se automaticky korigují známé systematické chyby pohybových elementů měřicího centra. Podmínkou vysoké přesnosti je i soustavná metrologická péče. Kalibrace stroje probíhá podle norem EN ISO 10360, popř. VDI/VDE 2617.

Ekonomika provozu měřicího centra závisí i na rychlosti měření: posuvová rychlost dosahuje při sériovém provozu až 300 mm s⁻¹ (v ose), resp. 520 mm s⁻¹ (v prostoru), zrychlení hodnotu 1,4 m s⁻², resp. 2,4 m s⁻². Ke zkracování času měřicích operací přispívá rovněž zásobník měřicích doteků s 8 pracovními místy, které lze rozšířit až na 24 míst.

U stroje CenterMax je novým způsobem řešena i specifikace dosahované přesnosti stroje. Dříve se určovaly parametry přesnosti souřadnicových strojů vždy podle nejnepříznivějších podmínek okolního prostředí, takže nebylo možno určit přesnost měření při konkrétních teplotních podmínkách. Nový postup stanovení mezní dovolené úchytky stroje s ohledem na konkrétní teplot je umožněn systémem TVA (Temperature Variable Accuracy). Podle tohoto postupu je mezní dovolená chyba MPE_E dána výrazem

$$MPE_E = (1,4 + 0,05 \Delta\delta) + L / (300 - 5 \Delta\delta) \mu\text{m},$$

kde prvý člen představuje klasickou konstantní komponentu, ale s teplotním doplňkem, ve kterém je $\Delta\delta$ odchylka od základní teploty 20 °C, druhý člen odpovídá klasické komponentě závislé na délce L (rovněž s přihlédnutím ke stávající teplotě).

Pro různé teploty nabývá uvedený výraz různé hodnoty v závislosti na tom, pracuje-li měřicí stroj v metrologické laboratoři, ve výrobě s nižšími teplotními výkyvy nebo ve výrobě za extrémních podmínek, viz následující tabulka.

Uvedený vzorec pro MPE_E platí za předpokladu, že okolní teplota stroje nepřekročí interval (15 až 35) °C, kolísání teploty během 1 h nepřekročí 2,0 °C a během 24 h 8,0 °C.

Jak je důležité znát skutečnou mezní úchytku při konkrétních teplotních podmínkách pochopíme, uvědomíme-li si, že parametr MPE_E je důležitou složkou pro stanovení nejistoty měření. A nejistota

Umístění stroje	okolní teplota	MPE _E (obecný výraz)	MPE _E pro L = 200
metrologická laboratoř	22 °C	(1,5 + L / 290) μm	2,2 μm
výroba (nižší výkyvy)	28 °C	(1,8 + L / 260) μm	2,6 μm
výroba (extrém. výkyvy)	35 °C	(2,15 + L / 225) μm	3,05 μm

Poznámka: L ... měřená délka v milimetrech

měření je významným činitelem, máme-li jako dodavatelé, resp. výrobci prokázat zákazníkovi shodu kontrolovaného obrobku se specifikací, např. příslušnou výrobní tolerancí. (viz [1]). Že jde o otázku nejen technickou, resp. metrologickou, ale i ekonomickou, vyplývá z toho, že shodu může dodavatel prokázat, bere-li v úvahu nejen tolerační meze kontrolovaného obrobku, ale i příslušnou rozšířenou nejistotu měření U , která podle citované normy tyto meze zužuje.

Pro náročné metrologické operace, jako jsou referenční měření, resp. měření při auditech slouží verze měřicího stroje se zvýšenou přesností, označovaná jako **CenterMax S-ACC** (Super Accuracy). Jeho mezní dovolená odchylka je $MPE_E = (1,2 + L / 350) \mu\text{m}$. Pro porovnání s MPE_E základního typu stroje: Pro měřenou délku $L = 200 \text{ mm}$ u stroje S-ACC je $MPE_E = 1,8 \mu\text{m}$. Tyto přísné požadavky na přesnost měření platí za předpokladu, že teplota okolí nepřekročí interval (18 až 22) °C. Stroj CenterMax S-ACC je tedy určen pro práci v metrologické laboratoři. Další podrobnosti o této oblasti měření jsou v literatuře [2].

Souřadnicová měřicí technika se rychle vyvíjí. O nových vývojových trendech v této oblasti i o konkrétních nových měřicích strojích se budou moci čtenáři JMO přesvědčit na 15. mezinárodním semináři *Měřicí technika pro kontrolu jakosti*, který připravuje Česká metrologická společnost do Plzně na dny 1. a 2. března 2006.

Literatura

- [1] ČSN EN ISO 14253-1:2000 (01 4100) Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Zkoušení obrobků a měřidel měřením - Část 1: Pravidla pro prokazování shody nebo neshody se specifikací.
- [2] Gries, V.: Některé novinky v souřadnicové měřicí technice firmy Carl Zeiss. In: Sborník přednášek *Měřicí technika pro kontrolu jakosti*, Plzeň, 2005.

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech., Česká metrologická společnost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1, tel./fax: 221 082 254, e-mail: ems-zke@cvts.cz

MACH je mezinárodní veletrh (nejen) strojírenské techniky

Ve dnech 10. až 12. května 2005 v Letňanském veletržním areálu (LVA) Praha, se uskutečnil 4. mezinárodní veletrh strojírenské techniky, komponentů a subdodávek pro stroje a zařízení

MACH 2005. Souběžně s ním v LVA proběhly další specializované veletrhy:

3. mezinárodní veletrh povrchových úprav a finálních technologií FINET, 12. mezinárodní veletrh metalurgie METAL, 2. mezinárodní veletrh výrobců a subdodavatelů pro automobilový průmysl DRIVE a 5. mezinárodní veletrh průmyslových plastů a pryží INTERPLAST.

Pořadatelem těchto veletrhů byla veletržní správa TERINVEST, záštitu nad nimi převzalo Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR. Uvedených veletrhů se zúčastnilo 322 vystavovatelů z České republiky, Slovenské republiky, Německa, Rakouska, Belgie, Švýcarska a HongKongu a navštívilo je 14 500 návštěvníků.

Zaměření exponátů přiblížíme čtenářům na vítězných exponátech ZLATÝ MACH:

- Robotizované pracoviště (výrobce ARC-H a.s., Plzeň)
Komplexní robotizované pracoviště se vyznačuje vysokou produktivitou a odpovídajícím zákaznickým zázemím (školení personálu, zákaznický servis, přístup k CAD datům a on-line dokumentaci).
- Přístroj pro seřizování nástrojů CNC strojů BMD 400 (výrobce BMD a.s. Teplice)
Univerzální seřizovací přístroj, který svými technickými parametry a vybavením, zejména kamerovým systémem vyhovuje soudobým potřebám pro kontrolu a seřizování nástrojů CNC obráběcích strojů.

- Mechatronický soustruh INTOS EM-160 CNC (výrobce INTOS, spol. s r.o., Žebrák)
Univerzální soustruh (vyvinutý českým výrobcem) s CNC systémem Heidenhain umožňuje obsluhu jednoduché ovládaní a svojí koncepcí je vhodný zejména pro kusovou a malosériovou výrobu. Stroj vhodně kombinuje dobré vlastnosti konvenčních strojů s klasickými přednostmi číslicově řízených strojů.

Veletrhu MACH se zúčastnily i některé významné odborné společnosti. Zde připomínáme alespoň Českou metrologickou společnost (ČMS) a Českou společnost pro nedestruktivní testování (ČNDT), které informovaly ve svých stáncích návštěvníky o významných odborných akcích, např. o celostátní konferenci 7. Fórum metrologů (Praha, 25. října 2005) nebo 35. mezinárodní konferenci a výstavě NDT techniky DEFECTOSKOPIE 2005 (Znojmo, 8. až 10. listopadu 2005).

Příští veletrh MACH (strojírenská technika a robotizace) se uskuteční ve dnech 10. a 12. května 2006 opět v Praze. Souběžně s ním na LVA budou specializované veletrhy DRIVE 2006 (výrobci a subdodavatelé pro automobilový průmysl), INTERPLAST 2006 (výroba a zpracování průmyslových plastů a pryží), LOGIST 2006 (logistika, expedice, manipulační technika).

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.,
Česká metrologická společnost

Technické pokyny pro autory

Příspěvky se přijímají i v elektronické formě. Nejvhodnější je dodat text ve formě souborů z běžných textových editorů, např.: Word for Windows. Sazba časopisu se provádí programem Adobe PageMaker 6.5.

Grafickou část příspěvku je také vhodné dodat v elektronické formě. Mohou to být soubory *.CDR verze 3 až 11, *.EPS, *.TIF, *.JPG a jiné běžné formáty. Grafiku nevčleňovat do textu (např. ve Wordu), ale uložit ji na disketu jako samostatné grafické soubory. Bitmapové soubory pro černobílé kresby musí mít rozlišení alespoň 600 dpi, pro černobílé fotografie 200 dpi a pro barevné 300 dpi. Ke každému textu nebo grafice musí být přiložen kontrolní výtisk nebo fotografie. Soubory je možno dodat též na médiu ZIP 100 MB, CD nebo na e-mail: typoservis@iol.cz. Při nejasnostech technického charakteru kontaktujte tiskárnu na tel.: 573 398 746.

Je žádoucí, aby k článkům dodal autor i překlad resumé a název článku do anglického (českého - slovenského) jazyka.

Zvyšující se produktivita a výkonnost strojů či linek - to je moderní trend ve výrobě, vedoucí ke stále vyšší automatizaci. Téměř ve všech technologiích přichází ke slovu montážní a manipulační technika. Při pohledu na nabídku výrobků a služeb firmy Festo Vás jistě napadne přirovnání ke stavebnicím Merkur či Lego. Proč? Ještě nikdy snad nebylo tak snadné manipulátory správně navrhnout, nakreslit, ale i smontovat a uvést do provozu.

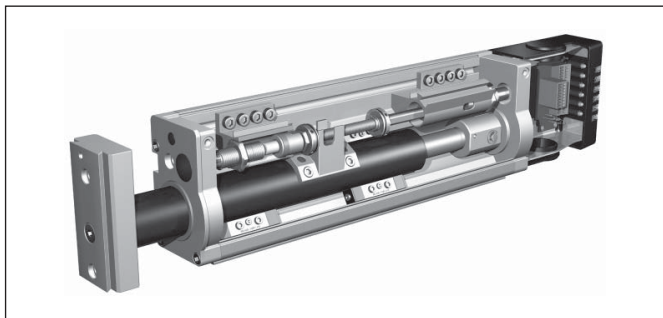
Pohony

Základním stavebním kamenem manipulátoru je pohon. V hlavním katalogu firmy Festo dnes najdete téměř 9000 různých pohonů. Můžeme je rozdělit na pneumatické a elektrické, ale také na přímočaré či kyvné.

Základní polohy

Vybírat si můžeme od běžných pneumatických válců či kyvných modulů přes bezpístnicové lineární jednotky až po velmi sofistikované pohony vybavené vším, co si lze přát: čidla pro snímání poloh, kluzným či valivým vedením, hydraulickými tlumiči nárazu, škrticími ventily atd. Jednotky s vedením mohou být velmi malé; nejmenší z nich má průměr pístu 4 mm a velmi přesné vedení, v případě potřeby lze naopak počítat s velmi robustním pohonem až s průměrem pístu 100 mm či zdvihem až téměř 10 m.

K nejzajímavějším patří například špičkově vybavené jednotky řady HMP či HMPL, umožňující mimo jiné i přesné zastavování v mezipoloze. Kyvné pohony dokáží velmi rychle otáčet manipulovaným předmětem, mohou být též velmi dokonale vybaveny, zejména jde-li o konstrukci s pastorkem mezi dvěma ozubenými hřebeny - lze je doplnit o hydraulické tlumení, nezávisle seřiditelnou mezipolohu, čidla poloh, adaptéry pro chapadla i s rotačními přívody vzduchu atd.



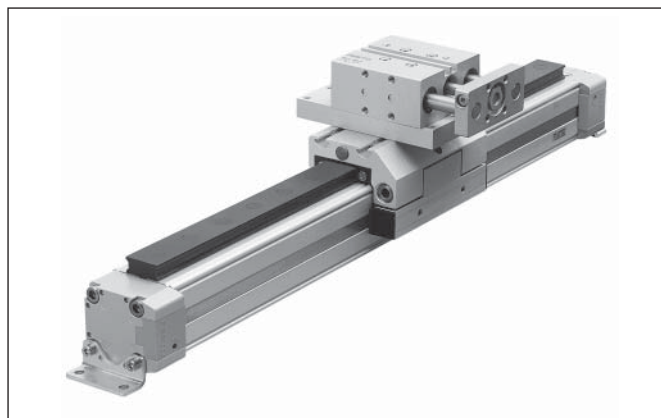
Obr. 1 Přímočarý modul HMP

Zvýšit rychlost? Jednoduše s HSP!

Zvláštním řešením manipulace je HSP. Co skrývá toto označení? Jde o zkratku z anglického "High Speed Pick and Place".

Myšlenka pohybu po křivce je podpořena křížovým vedením poháněné části v kuličkových oběžných pouzdrech. Pohyb po kuličce rozhoduje o křivce, kterou vykonává pohybující se část, vlastnosti jsou však dány vedením. Uložení je velmi přesné, tuhé a s vysokou životností. Manipulátor můžete získat ve třech velikostech: s vodorovným/svislým pohybem délky 60/25, 100/50 a 150/100 mm. Snadno se může přizpůsobit úloze, všechny pohyby lze ve velkém rozsahu nezávisle seřizovat. Jednotku stačí namontovat, připojit k ní dvě hadice z ventilu, dva snímače koncových poloh a manipulace může začít. Obě koncové polohy lze nezávisle na sobě ve velkém rozsahu přesně seřadit - lze zkracovat přímkovou část svislého zdvihu a jeho vodorovnou polohu. Ke tlumení nárazů v koncových polohách slouží hydraulické tlumiče nárazu.

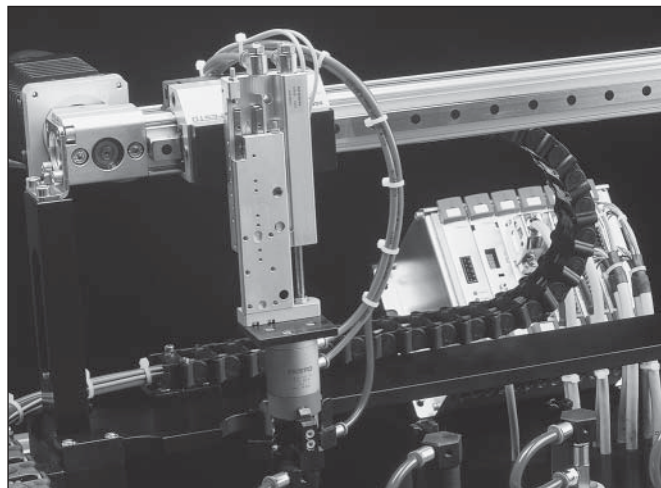
Snímání koncových poloh obstarávají dva standardní koncové snímače, spínané magnetem. Jednotka může být vybavena pneumatickým pohonem nebo hřídelí s perem pro spojení např. s elektrickým pohonem. Snadnost práce a úplnost manipulátoru podtrhuje i rozsáhlé příslušenství: přední kryt s průhledovými okénky ke snímačům koncových poloh; adaptéry pro upevnění chapadel, otočných pohonů a dalších součástí stavebnice Festo pro montážní a manipulační techniku; instalační systém pro elegantní odvedení hadic a kabelů od chapadla na pevnou část stroje; drážky pro rozvod kabelů od snímačů ven na zadní části zařízení; konstrukční sady pro možnost aktivního přesunu do mezipoloh a další drobné doplňky.



Obr. 1 Pohon DGPL s vodicí jednotkou DFM

Ojedinelé řešení - řízený pohyb mezi dorazy

Většinu pneumatických pohonů lze doplnit patentovaným systémem řízení pohybu - Soft Stop. Ovládání zůstává stejné jako u standardního uspořádání, nad pohybem však bdí regulátor, který spojitě ovládá keramické šoupátko. Kromě odměřování (průmyslový potenciometr, ultrazvukové čidlo) je vše ostatní kolem válce zbytečné - odpadají tlumiče nárazu, snímače krajních poloh, škrticí ventily. Pohyb probíhá nejen bezkonkurenčně rychle, ale i plynule a bez rázů, pevné dorazy slouží skutečně jen k přesnému zastavení. Pohon získává takřka zázračné vlastnosti i při svislém uspořádání a pohybuje se stejně nahoru i dolů.



Obr. 3 Manipulátor sestavený ze stavebnice Festo

Polohování

Serva? Proč ne pneumatick!

Polohovací úlohy lze rozdělit na několik skupin, část z nich lze optimálně vyřešit pneumatickým polohovacím systémem - servopohonem. Servopneumatika je robustní, dynamická, bez následků přetížitelná a jednoduchá jak pro montáž, tak pro oživení. Dokáže polohovat podobně jako elektrické servopohony s nastavenými parametry pohybu a s přesností v desetinách milimetru.



Obr. 4 Kyvná jednotka s chapadlem HGDS

Elektrické pohony

Pro značnou část úloh v automatizaci jsou nejvhodnější elektrické pohony ať už s krokovými motory nebo se servomotory. Pohony mohou být s mechanickým vedením či bez něj, s ozubeným řemenem nebo s vřetenem, k dispozici je mnoho velikostí i principů, jedno mají však společné - jsou součástí stavebnice pro montážní a manipulační techniku Festo. Z toho plyne možnost rychlého a jednoduchého sestavení celého stroje bez nutnosti cokoli samostatně vyrábět.

Všechny pohony lze uvést do provozu i bez hlubších znalostí jejich vnitřního uspořádání, dokonce i bez programování - například pro servopohony stačí nastavit parametry jednotlivých pohybů a pak je dle potřeby spouštět - zvládne to i nejmenší automat s několika binárními vstupy a výstupy. Při použití serv jde vše tak snadno, že k tomu nepotřebujete žádného specialistu.

Ostatní části stavebnice

Chapadla

Na konci každého manipulátoru je manipulovaný předmět. K jeho uchopení jsou k dispozici chapadla různých typů a velikostí, například paralelní, úhlová, radiální, tříbodová, přesná, ale také mikrochapadla nebo naopak robustní a velká (upínací síla až 700 N). Jako novinka se dodává kyvný pohon s chapadlem (integrace obou částí znamená menší, lehčí a rychlejší jednotku s nižšími náklady, jednodušším ovládním, montáží a údržbou).

Vakuová technika

Alternativou k chapadlům jsou pro uchopení některých předmětů vakuové přísavky. Přísavky mohou mít různý tvar, velikost (standardně od 1 do 200 mm) a materiál (odolnost otěru, chemickému působení, tuhost), k dispozici je více než 2000 variant. Vakuum lze snadno získat prostřednictvím tzv. ejektorů, jednoduchých malých prvků, ve kterých se podtlak tvoří v dýze díky rychlému proudění přiváděného stlačeného vzduchu. K vakuovým obvodům lze doplnit profuk, filtraci, samočinné uzavírání (pokud přísavka nemá dobrý kontakt s upínaným povrchem) atd.

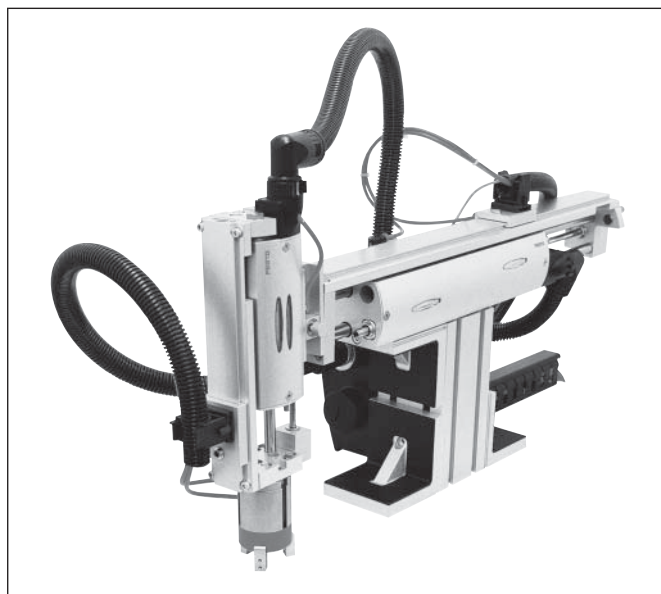
Další výrobky

Manipulátor dále vyžaduje ovládací obvody, tedy čidla, ventily a ventilové terminály (mnohdy s přímým napojením na průmyslovou síť), automat pro řízení, škrťací ventily, úpravu stlačeného vzduchu, šroubení, hadice atd. Nejnovější 7 dílné vydání katalogu firmy Festo čítá více než 6000 stran, proto nelze v rozsahu tohoto článku být jen vyjmenovat hlavní představitele jednotlivých směrů.

Podpůrné prostředky

Ze stavebnice lze snadno sestavit kombinace pohonů, které vedou k řešení nejrůznějších úloh včetně rámu z hliníkových profilů, upevnění na něj a všeho příslušenství.

Pro snadnou orientaci v tomto množství výrobků je určena například elektronická verze katalogu pod názvem DKI, využívající nejen interaktivního přístupu uživatele, ale také mnoha různých pomůcek ve formě softwaru, který vyhledávání či výpočty velmi zjednodušuje. K dispozici je tak například nástroj pro návrh pneumatických obvodů, lineárních pohonů, servopohonů, tlumičů nárazu, chapadel, vakuových prvků, ventilových terminálů, pro výpočet momentu setrvačnosti, či dokonce pro sestavení kompletních manipulátorů. Vše včetně 3D modelů/výkresů s možností uložení v mnoha různých formátech, a tedy přímého použití v CAD software konstruktérů.



Obr. 5 Kompletně smontovaný manipulátor s jednotkami HMPL

Pokud Vás některá ze zmíněných oblastí zaujala, další informace můžete snadno získat na internetových stránkách firmy Festo nebo přímým kontaktem na některé z prodejních míst firmy ve Vašem okolí.

Ing. Zdeněk Haumer

RNDr. ING. JÁN BARTL, CSc. SA V TÝCHTO DŇOCH DOŽÍVA 65 ROKOV

Dňa 1. júla 2005 sa dožíva 65 rokov v dobrom zdraví a plný životného elánu jeden z popredných odborníkov v oblasti spektrofotometrie, IČ rádiometrie a strojárскеj metrológie RNDr. Ing. Ján Bartl, CSc., člen redakčnej rady nášho časopisu *Jemná mechanika a optika*. Napriek tomu, že pre mnohých českých a slovenských strojárův, fyzikov a optikov-fotonikov je Dr. Bartl osobou známou je dobré si pripomenúť niekoľko životopisných údajov.

Po maturite v roku 1957 na JSS v Martine študoval na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského v Bratislave odbor Fyzika vákuová a vysokofrekvenčná. Štúdium ukončil v r. 1962 ako promovovaný fyzik. Po ukončení vysokoškolského štúdia nastúpil do Ústavu teórie merania SAV. Vedecká hodnosť kandidáta technických vied v odbore 26-16-9 Meracia technika mu bola udelená v r. 1969 Slovenskou akadémiou vied. V roku 1970 obhájil rigoróznú prácu a Prírodovedecká fakulta UK mu udelila titul RNDr. Po absolvovaní 5 ročného externého štúdia na Elektrotechnickej fakulte SVŠT v odbore Elektrotechnológia-fyzika tuhých látok mu bol v r. 1976 udelený titul Ing. V roku 1978 získal vedecký kvalifikačný stupeň II.a. V rokoch 1983-85 absolvoval PGŠ Vynálezcovstva a patentového práva na Katedre inžiniersko-humanitných vied SVŠT, ktoré bolo ukončené Štátnou záverečnou skúškou. V roku 1995 absolvoval Assessor training course NAMAS. Bol školiteľom troch aspirantov. Je autorom 187 vedeckých a odborných publikácií, z ktorých bolo 49 citovaných inými autormi. Je autorom a spoluautorom 18 vynálezov. Bol zodpovedným riešiteľom úloh Štátneho plánu základného výskumu a autorom 15 oponovaných výskumných správ. Za posledných 15 rokov bol zodpovedným riešiteľom troch a spolu-riešiteľom dvoch Vedeckých grantových projektov VEGA. V súčasnosti je zodpovedným riešiteľom projektu APVT s názvom: "Výskum stabilizácie optických frekvencií diódových laserov".



Do roku 1995 bol vedúcim Laboratória snímáčův Ústavu merania SAV a v rokoch 1995-2001 bol riaditeľom Centra dĺžky a času Slovenského metrologického ústavu. Odborné zameranie RNDr. Bartla je orientované na optiku, najmä na laserové interferometrické systémy, oblasť infračervenej rádiometrie a snímače neelektrických veličín. Počas svojej odbornej praxe bol realizátorom 21 prístrojův, ktoré boli vyvinuté pre potreby strojárského priemyslu (VÚZ, TOS, ZVL-VÚVL, ZTS), zdravotníctva (VÚLB, CHIRANA) a hydrometeorológie (SHMÚ).

Dr. Bartl je členom Výboru ČS sekcie The International Society for Optical Engineering (SPIE), členom dozornej rady ČS Spoločnosti pre fotoniku (CSSF, ktorá je členom European Optical Society-EOS), členom Slovenského optického komitétu, členom Vedeckého kolégia pre fyziku, matematiku a informatiku, podpredsedom Komisie VEGA pre elektrotechniku a informatiku, členom Koordinačnej rady Medzinárodného laserového centra SR, členom redakčnej rady časopisu *Metrológia a skúšobníctvo*, členom redakčnej rady časopisu *Measurement Science Review* a predsedom revíznej komisie Slovenskej metrologickej spoločnosti. Slovenská akadémia vied mu udelila v roku 1990 čestnú striebornú plaketu Aurela Stodolu za zásluhy v technických vedách. Zväz slovenských vedecko-technických spoločností mu v r. 2003 udelil Striebornú medailu ZSVTS za aktívnu prácu.

Od roku 1973 pôsobí ako externý pedagóg na Vysokej škole výtvarných umení v Bratislave, kde prednáša predmet *Aplikovaná fyzika na Katedre reštaurovania* a predmet *Technológia skla na Katedre úžitkového umenia*, v oddelení sklárskeho výtvarníctva.

RNDr. Karol Karovič, DrSc.

PHOTONICS PRAGUE '05

Ve dnech 8. až 11. června 2005 uspořádala Česká a Slovenská společnost pro fotoniku (CSSF) svou pátou mezinárodní konferenci o fotonice. První se konala v r. 1992 v Olomouci, další počínaje druhou se pak konaly v Praze v letech 1995 (společně s výroční valnou hromadou Evropské optické společnosti), 1999, 2002 a 2005. Letošní konference byla sponzorována několika institucemi: EOS,



Prof. Theo Tschudi (ICO) při zahájení konference

SPIE, Akademií věd České republiky, Slovenskou akadémií vied a ČVUT Praha. Sponzorství těchto organizací mělo nefinanční charakter. Finanční podporu poskytly ICO a European Office of Aerospace Research and Development of the USAF".

Výkonný výbor CSSF jmenoval pro uspořádání konference šestičlenný organizační výbor pod vedením prof. RNDr. Pavla Tománka, CSc. a šestnáctičlennou programovou komisi, kterou tvořili významní odborníci z Ukrajiny, Španělska, Německa, Belgie, Švýcarska, Nizozemska, Číny, Japonska, Ruska, USA, Francie, Slovenska a České republiky. Vlastní uspořádání konference bylo svěřeno pražské agentuře ACTION M, která pro její dějiště zvolila hotel OLYMPIC v Praze.

Jednání konference zahájil prof. Pavel Tománek, CSc., předseda ČSSF Ing. M. Jedlička, CSc. a delegát ICO prof. Theo Tschudi.

Obecným námětem konference byla "Fotonika - přístroje, zařízení a systémy", rozdělená do těchto sekcí: (1) lasery a fotodetektory v průmyslu, zobrazování a senzory (12 přednášek), (2) fyzika a simulace fotonických zařízení (4 přednášky), (3) vlnovodná fotonická zařízení (9 přednášek), (4) fotonické krystaly a struktury (5 přednášek), (5) organické fotonické materiály a součástky (1 přednáška), (6) difrakční a holografické technologie pro fotonické systémy (11 přednášek), (7) nelineární materiály, zařízení a aplikace (9 přednášek), (8) nanooptika a nanofotonika (5 přednášek), (9) vzdělávání ve fotonice (1 přednáška), (10) organické fotonické materiály (2 přednášky) a (11) multimedia a fotonika (4 přednášky). Celkem 107 prezentací - z toho 8 pozvaných úvodních přednášek a 36

posterů námětově spadajících do různých sekcí. Z tohoto přehledu je vidět, které užší fotonické obory se těšily největšímu zájmu.

V první dva dny dopoledne byly v plenárním zasedání přednášeny pozvané referáty. V prvním z nich hovořil I. Glesk, působící kromě Komenského univerzity v Bratislavě trvale také na princepské univerzitě v USA, o vývoji širokopásmových optických sítí, které vyvolala potřeba vysokých rychlostí spojená se skutečností, že jsou k dispozici také nové využitelné fotonické součástky. Přednáška měla v názvu otázku „Is optical CDMA viable technique for broadband networks?“ a spolupracovali na ni 4 další američtí autoři. V druhé pozvané přednášce se zabývali J. Popp z univerzity F. Schillera v Jeně a jeho 6 spolupracovníků problematikou rychlé identifikace jednotlivých mikroorganismů Ramanovou spektroskopií. Tato přednáška byla úvodem do sekce biofotonika, která byla letos poprvé zařazena na program pražské konference.

Autorem třetího pozvaného referátu s názvem „Nanoscale optical spectroscopy and detection byla skupina pracovníků Ústavu optiky severoamerické univerzity v Rochesteru, vedená L. Novotným a zabývala se v něm mikroskopií v blízkém poli. O čtvrtou pozvanou přednášku se postaral kolektiv dvanácti autorů z několika ruských pracovišť, holandské univerzity v Amsterdamě a Fyzikálního ústavu polské akademie věd, který se zabýval výzkumem křemíku dotovaného erbiem, motivovaným jeho možným využitím pro fotonické součástky, jako jsou LED a lasery. Pátý pozvaný referát, zajímavý také tím, že ho na rozdíl od ostatních zpracoval pouze jeden autor V. F. Drjaklušin z Ústavu fyziky mikrostruktur Ruské akademie věd, poskytl přehled posledních výsledků v oblasti skenovací mikroskopie v blízkém poli, diagnostiky povrchů a nanolitografie. Další pozvanou přednášku připravila mezinárodní skupina pracovníků z Kanady, USA, Izraele, Itálie a Skotska a její člen R. Morandotti ji přednesl pod názvem „Diskrétní optické solitony“. Zdůraznil důležitost námětu pro všechny optické telekomunikační systémy. W. Klaus se dvěma japonskými spoluautory se v dalším pozvaném příspěvku zabýval negativní refraktivní optikou hlavně v souvislosti se strukturami z fotonických krystalů. Poslední pozvaná přednáška o aplikacích záření z laseru Er:YAG v různých medicínských oborech opět zabrousila do biofotoniky a připravila ji skupina pracovníků z FJTI ČVUT pod vedením H. Jelínkové.

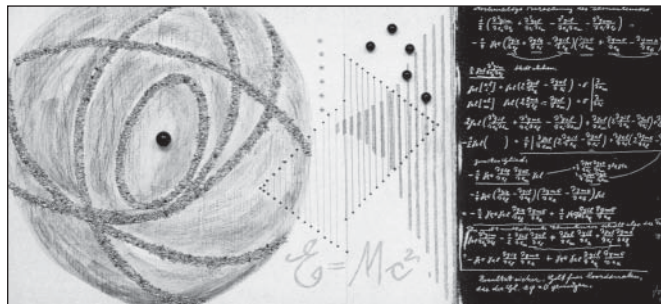
Na konferenci bylo celkem 105 účastníků z těchto 22 zemí: Holandska, Itálie, Ruska, Polska, Španělska, Francie, Belgie, Běloruska, Velké Británie, Německo, Japonsko, Austrálie, Rumunsko, Litva, Slovensko, USA, Lotyšsko, Kanada, Indie, Rakousko, Uzbekistán a České republiky.

Jednání probíhalo ve dvou paralelních sekcích kromě plenárních zasedání pro pozvané přednášky a pro zahájení a zakončení konference. Všechny prezentace z konference budou publikovány ve sborníku, který vydá vydavatelství SPIE v USA a který tam bude možné obvyklým způsobem objednat.

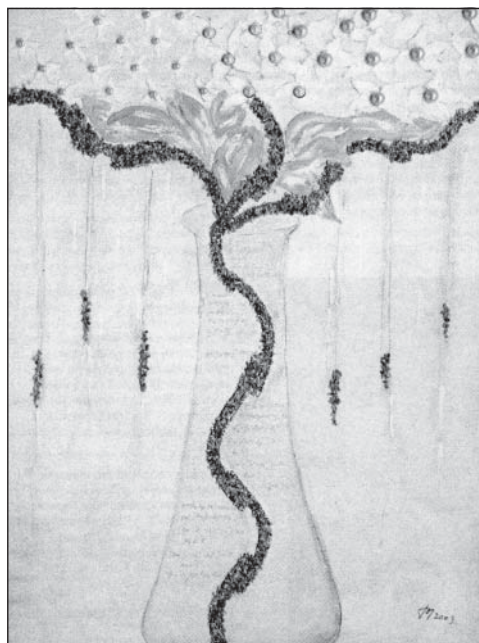
Pořadatelé připravili pro účastníky společenský večer, který se konal v příjemném prostředí Michnova paláce v zadním traktu Tyršova domu na Malé straně.

Konference byla obohacena o výstavu obrazů paní Jitky Brúnové – Lachmannové, která účastníkům připomínala letošní Světový rok fyziky, jehož logo bylo také na všech konferenčních materiálech. J. Brúnová-Lachmann je umělkyně, která se snaží vyjádřit různé matematické a fyzikální jevy malováním obrazů, které napovídají, že také do exaktních věd patří fantazie. Například proslulý dialog Bohr-Einstein vyjádřila dvěma obrazy (jeden z nich je na obrázku), interakci fotonu a elektronu jako svatbu těchto částic svatební kyticí.

ČSSF pokračovala i při letošní konferenci akcí, zahájenou při minulé konferenci: soutěží pro mladé členy společnosti o nejlepší konferenční příspěvek. Hlavní cena byla rozdělena mezi tyto dva mladé autory: Tomáše Čizmára, pracovníka Ústavu přístrojové techniky AV ČR, prvního autora příspěvku „Optical conveyor belt for delivery of sub-micron objects“ a Boleslava Vraného z Ústavu radiotechniky a elektroniky AV ČR, prvního autora přednášky „Optimization of re-



Dialog mezi Einsteinem a Bohrem



Svatební kytice fotonu s elektronem



Část účastníků konference PHOTONICS Prague 05

construction algorithm for cross-phase modulation frequency-resolve optical gating in a high birefringence microstructured fiber.“

Hromadné foto účastníků konference bylo, bohužel, pořizeno až po jejím úplném ukončení, takže na snímku je pouhé jejich torzo.

Příští 6. konference PHOTONICS PRAGUE hodlá ČSSF uspořádat v roce 2008.

Miroslav Jedlička

Výrobní stroje a technologie také pro jemnou mechaniku



Na světově největším výstavišti v Hannoveru se bude ve dnech 14. až 21. září konat vedoucí veletrh výrobní techniky obrábění kovů EMO Hannover 2005. Ve své podstatě ovlivňuje

je vyspělost strojírenské výroby ve všech průmyslových oborech včetně jemné mechaniky. Zúčastní se na něm přes 2000 vystavovatelů z 37 zemí, z nichž budou nejvíce zastoupeny vedle Německa také Itálie, Švýcarsko, Tchaj-wan, Španělsko a Japonsko.

Veletrh EMO (Exposition Mondiale de la Machine-Outil) byl založen v roce 1975 evropským svazem obráběcích strojů CECIMO (Comité Européen de Coopération des Industries de la Machine-Outil) a konal se od té doby každý lichý rok střídavě v Hannoveru, Milánu a Paříži. Z posledních lze uvést největší EMO Hannover 2001 a EMO Miláno 2003. V roce 2003 bylo nově stanoveno pořadí těchto veletrhů do roku 2015: Hannover 2005 a 2007, Miláno 2009, Hannover 2011 a 2013, Miláno 2015. Organizací těchto veletrhů v Hannoveru byl pověřen Svaz německých továren na výrobu obráběcích strojů VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken). EMO Hannover patří k pěti největším světovým veletrhům. Může být co do velikosti srovnáván s veletrhem CeBIT a průmyslovým veletrhem Hannover Messe.

Význam veletrhu EMO Hannover je pochopitelný, když si uvědomíme klíčový význam výrobních strojů pro všechny průmyslové obory, které mají pro budoucnost technicky vyspělých zemí rozhodující význam. Jsou nutné pro stavbu strojů a dílů, s kterými se mohou vyrábět investiční a spotřební statky všeho druhu – od silniční, kolejové a letecké dopravy přes elektrotechniku a energetiku až po výrobu brýlí a jemnou mechaniku. Pokud vynalézaví inženýři a kvalifikované odborné síly přinášejí na trh stále rychlejší, lepší a inteligentnější výrobní stroje, pomáhají všem průmyslovým a hospodářským odvětvím.

Růst a vyspělost ve strojírenství se projevuje nejen zásluhou stoupaajícího obrátu jednotlivých odvětví, nýbrž také rostoucím zájmem výrobních podniků o vývoj a využívání nových technologií. Co dříve kvůli nákladům zvládaly pouze podniky letecké a kosmické, high-tech je nyní pevnou součástí programu i mnoha malých a středních strojírenských podniků. Inovační technologie jako např. nové pohony a kinematika, odlehčené konstrukce, nové materiály, přesnost a měřicí technika, počítačová technika, laserová technika, automatizace, zpracování za studena i za tepla, bezpečnost strojů a podobně patří již v celém odvětví ke všednímu provoznímu dni.

EMO Hannover 2005 představí celé spektrum inovační výrobní techniky: nejnovejší obráběcí a tvářecí stroje, přesné nástroje, výrobu nástrojů a forem, automatizaci spojitě a nespojitě výroby, software, povrchové úpravy, měřicí a zkušební techniku, zajišťování kvality, příslušenství a služby. Těžiskem nabídky budou obráběcí centra, frézky, brusky, přesné nástroje, upínací zařízení a speciální výrobní stroje. Mnoho odborníků, především z rozvinutých průmyslových zemí, se soustředí na automatizaci. Potřebují integrované systémy, např. stroje vybavené roboty, systémy zpracování obrazu a automatizované systémy toku materiálu.

Na EMO Hannover 2005 se opět zúčastní v rámci oficiální účasti České republiky za podpory Ministerstva průmyslu a obchodu ČR 22 českých firem na užitné výstavní ploše asi 2000 m², které budou prezentovat naši nejnovejší výrobní techniku a pokrokové technologie.

Další informace o náplni veletrhu a poskytovaných službách lze najít na stránkách www.emo-hannover.de. Zakoupit zlevněné vstupenky v předprodeji a přihlásit se k zájezdům je možné u Deutsche Messe AG, Hannover, zastoupení Ing. Eva Václavíková, Myslbekova 7, 169 00 Praha 6, tel./fax: 220 510 057, e-mail: info@hf-czechrepublic.com, www.hf-czechrepublic.com. Vstupenky opravňují během konání veletrhu bezplatně používat městskou hromadnou dopravu v zóně města k libovolně častým jízdám, např. na výstaviště a zpět.

(jpe)

Slavnostní pracovní zasedání Redakční rady časopisu JMO

Již půl století vychází náš vědecko - technický odborný časopis, což dokládá číslice před ročníkem, který je uveden na titulní straně letošních vydávaných čísel. V posledních jedenácti letech převzal zodpovědnost za jeho vydávání Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, pod jehož vedením dosáhl současné úrovně a grafické podoby. Protože záměry a cíle vydavatele nemalou měrou pomáhá realizovat redakční rada, svolal ředitel Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR Ing. Karel Jungwirth, DrSc. se svými spolupracovníky, Dr. Miladou Glogarovou, Dr. Vladimírem Dvořákem, všechny členy reakční rady k slavnostnímu pracovnímu zasedání do Fyzikálního ústavu v Praze. Cílem nebylo jen bilancovat co bylo vykonáno, ale hlavně to co bude vyžadováno od časopisu v nejbližší budoucnosti. V ústavu se vydávají s naším časopisem ještě další dvě odborná periodika - Československý časopis pro optiku a CZECHOSLOVAK JOURNAL OF PHYSICS. Každý z nich je koncem roku pravidelně hodnocen v rámci celé České Akademie věd ČR. Musí obstát v konkurenci s jinými časopisy a splnit především to, pro co je vydáván v návaznosti na cílovou skupinu čtenářů.

V programu pracovní redakční rady byla návštěva společně laboratoře FZÚ a ÚFP AV ČR, Badatelského centra PALS. V průběhu prohlídky pan Ing. Jiří Ullschmied, CSc. podrobně seznámil členy redakční rady s dosavadní prací a perspektivami tohoto špičkového laserového pracoviště. Jódový laserový systém PALS (Prague Asterix Laser System) nezůstává nic dlužen své pověsti jed-

ného z největších evropských laserů. Hlavní optická hala laboratoře zaujme na první pohled nejen svými rozměry – celková délka hlavní laserové trasy dosahuje 160 m – ale i zářivou a pro úspěšný provoz nepostradatelnou čistotou. Laser je každých 20 minut schopný vygenerovat mohutný infračervený záblesk na vlnové délce 1315 nm o celkové energii až 1 kJ. Záblesk trvá sice jen necelou půlmiliardtinu vteřiny, ale jeho špičkový světelný výkon je obrovský – několik terawattů, tj. několik tisíc GW.

Výstupní laserový paprsek o průměru 30 cm je ve vakuové interakční komoře optickou fokusační soustavou soustředován do ohniska o průměru menším než 0,1 mm. Plošná hustota světelného výkonu v ohnisku může činit až několik desítek PW na cm² (1 PW = 1 000 000 GW). Jakákoliv látka se zde tudíž téměř okamžitě promění v laserové plazma o teplotě řádu až desítek milionů stupňů. Laserové plazma je proto v laboratoři PALS jedním z hlavních předmětů výzkumu. Zkoumají se zde např. možnosti jeho využití jako zdroje velmi intenzivního měkkého rentgenového záření či jako zdroje mnohonásobně nabitých těžkých iontů s vysokou energií.

Laserové plazma umožňuje studovat chování hmoty za extrémně vysokých teplot a tlaků, simulovat v laboratorních podmínkách poměry v atmosférách hvězd i obřích planet. Laserové plazma se za jistých podmínek může samo stát laserem, a to dokonce rentgenovým. Vytvoření rentgenového laseru na zinkovém plazmatu s vlnovou délkou 21,2 nm patří k významným úspěchům labora-

toře PALS. Pražský zinkový dvojprůchodový saturovaný laser má v současné době největší jas nejen ze všech plazmových laserů ve světě, ale i ze všech laboratorních zdrojů elektromagnetického záření vůbec. Je využíván pro celou řadu aplikací, od rentgenové interferometrie až po zkoušky radiační odolnosti materiálů a biologických vzorků. Jeho fokusovaný rentgenový paprsek je schopen sám vytvářet sekundární laserové plazma unikátních vlastností, modifikovat a obrábět povrchy látek s nanometrickou přesností.

Vlastní výzkum laserového plazmatu je prováděn v oddělené interakční hale vybavené speciální dvojitou vakuovou terčíkovou komorou. Laserové plazma je většinou vytvářeno na terčíku umístěném v hlavní kulové komoře (na obrázku vpravo), při experimentech s rentgenovým laserem je rentgenový paprsek zaváděn do pomocné válcové komory. Všechna měření musí být provedena najednou během jediného laserového záblesku, proto jsou komory vybaveny velkým množstvím vstupů pro optické, rentgenové, částicové a další diagnostické systémy. Terčíkové komory samy o sobě i jejich vnitřní vybavení představují složitá inženýrská díla, k jejichž dokonalému řemeslnému provedení významně přispěly např. české firmy Delong Instruments a.s. a Vakuum Praha s.r.o.

Laserový systém PALS je již od září roku 2000 využíván jako velké evropské zařízení též desítkami zahraničních badatelů z mnoha vědních oborů. Vybrané experimentální projekty evropských uživatelů jsou přitom podporovány z prostředků Rámcových programů EU. Od loňského roku je centrum PALS významným členem konsorcia předních evropských laserových laboratoří s názvem Laserlab-Europe. Konsorcium organizuje přístup k unikátním laserovým zařízením v jednotlivých zemích a provádí společný výzkum směřující k dalšímu zdokonalování a zvyšování výkonu laserových zařízení. Úkolem laboratoře PALS a jejího sesterského pracoviště SOFIA je otestovat možnosti využití metody optického parametrického zesilování čerpaného impulzu (OPCA) pro jódové lasery. V případě úspěchu se tak pro PALS otevře cesta ke stonásobně a možná i tisícinásobně větším impulzním výkonům laserového paprsku (další podrobné informace naleznou čtenáři na internetových adresách www.laserlab-europe.net, www.pals.cas.cz a www.clp.cas.cz).

RNDr. Miloslav Vychodil, CSc.,
předseda RR časopisu JMO



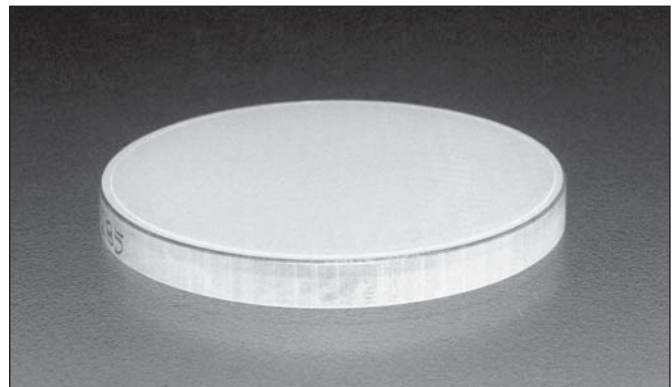
CRYTUR, spol. s r.o.

Historie firmy s více než 63letou tradicí je známá v odborné veřejnosti především z období výzkumného a výrobního podniku Monokrystaly Turnov. Tento podnik, zabývající se výzkumem

a výrobou monokrystalů pro technické aplikace, byl zaměřen na přípravu monokrystalů pro optiku (CaF_2 , KBr, KCl, křemen), scintilační detektory (NaI:Tl , $\text{CaF}_2\text{:Eu}$, BGO, YAG:Ce), lasery a laserové komponenty (rubín, YAG:Nd, YAP:Nd, ADP, KDP, LiNbO_3), iontově selektivní elektrody, safír (pro epitaxii, profily, písky), komponenty pro elektroniku (LiNbO_3 , BGO) a vakuové napařování. Další významnou část tvořily osobní dozimetry, optické komponenty pro speciální techniku, UZL linky, grafitová vlákna a kompozity, výrobky pro silikátovou chemii, opracování tvrdých materiálů.

Velmi významným obdobím firmy jsou léta 1989 až 1998.

Po zrušení speciálních výrob nastalo těžké období postupných útlumů jednotlivých výrob a intenzivního hledání strategického partnera. Pro potenciálního zahraničního partnera byl podnik příliš velký, a v případě jeho zájmu pouze o část technologií a výrob by bylo obtížné vyčlenění této části. Významnou roli v období privatizace sehrála Preciosa a.s., která získala MONOKRYSTALY



Obr. 2 5 μm stínítka z krystalů YAG:Ce pro vysoké rozlišení X záření a elektronů.

akvizicí v roce 1992. Preciosa a.s. využila část areálu pro brusímny skleněných kamenů, ale co bylo podstatné, zachovala tým zkušených pracovníků, kteří se dlouhodobě věnovali vývoji monokrystalů a přípravě krystalových komponent. Preciosa a.s. začala významně investovat do rozvojových programů. Byly zahájeny nové programy aplikace monokrystalů v mezinárodních projektech a v přístrojové technice. Významná spolupráce vznikla s CERN, pro kterou byly vyvinuty nové monokrystaly CeF_3 a PbWO_4 pro projekt CMS a významně se rozšířila spolupráce s celou řadou univerzit a vývojových pracovišť na celém světě. V roce 1994 vznikla samostatná společnost Preciosa Crytur s.r.o., která si dala za cíl pokračovat v produkci stávajících výrobků a zahájit výrobu přístrojů pro zdravotnictví a technické aplikace.

Ve spolupráci s TESCAN Brno a UPT Brno byl vyvinut environmentální mikroskop AQUASEM, byl vyvinut laser pro preparaci zubní tkáně NIRVANA a jeho modifikace pro dermatologii BEAUTYLAS, přístroj pro fotodynamickou terapii kožních nádorů REBECA a gamakamera s vysokým rozlišením pro scintimamografii. Vývoj těchto přístrojů byl financován jak Preciosou a.s. tak Ministerstvem průmyslu a obchodu.

Tento ambiciózní program byl ukončen v roce 1998, kdy bylo pro vedení Preciosy a.s. riziko dosažení cílů projektu příliš vysoké. V průběhu roku 1998 umožnila Preciosa a.s. pokračování těchto programů:



Obr. 1 Kompozitní mikročipový laser z YAG:Nd:YAG-V:YAG pro Q spínání v oblasti 1,3 μm

Převzetím - vývojových programů přístrojů YAPCAM a REBECA firmou Delong Instruments

Využitím - výsledků vývoje detektorů pro elektronovou mikroskopii firmou TESCAN Brno.

Prodej částí Preciosa Crytur s.r.o.:

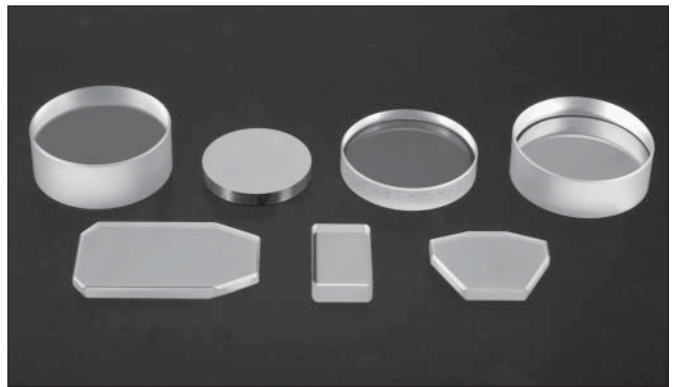
- laserové přístroje firmě Medicom Praha
- scintilační detektory NaI:TI firmě SM&D Praha
- vývoj a výroba krystalů a jejich komponent nově vzniklé firmě **CRYTUR spol. s r. o.**

Firma **CRYTUR, spol. s r.o** byla založena koncem roku 1998 a zakoupila část výzkumného a výrobního programu Preciosy Crytur s.r.o. zabývající se vývojem, výrobou a aplikacemi syntetických monokrystalů a tím plynule navázala na více než 60-letou tradici. Po krátké stabilizaci nové firmy a zúžení programů, vycházejících z původní náplně **MONOKRYSTALŮ** Turnov se program zaměřil na výzkum, výrobu a aplikace monokrystalů pro pevnolátkové lasery, scintilační detektory, profilový safír, krystalovou optiku, na vakuové napařování a naprašování tenkých vrstev a speciální opracování tvrdých materiálů.

Od svého založení se firma podílí na řešení výzkumných projektů. Úspěšně byly řešeny projekty pro Ministerstvo průmyslu a obchodu „Krystalové materiály pro přístrojovou techniku, pro NATO „New Scintillation Materials for Scientific, Medical and Industrial Application“. V současné době firma řeší projekty s podporou Ministerstva průmyslu a obchodu „Zobrazovací systémy ionizujícího a UV záření“ a „Monokrystalické materiály pěstované za oxidačních podmínek pro lasery, scintilační detektory, el. mikroskopii a nanotechnologie“. Všechny projekty jsou řešeny v úzké spolupráci s universitními a akademickými pracovišti. Zde firma navazuje na dlouholetou spolupráci s ČVUT FJFI Praha, TU Liberec, UPT Brno, FzU Praha a řadou dalších.



Obr. 3 Některé monokrystalů pěstované firmou Crytur Turnov



Tenké vrstvy pro laserovou optiku

Hlavními výsledky řešení projektů jsou:

- V:YAG krystal pro Q spínání laserů v oblasti 1,3 μm
 - YAP:Ce krystal s dosvitem luminiscence kratším než 25 ns
 - LuAG:Ce nový těžký scintilátor pro zobrazovací systémy
 - 5 μm stínítka z krystalů YAG:Ce pro vysoké rozlišení X záření a elektronů
 - Zobrazovací systém pro vysoké rozlišení X záření, EUV a elektronů skládající se z krystalického stínítka, optického systému a CCD kamery
 - Detekčních jednotek pro elektronovou mikroskopii
 - Krystalové multidetektorové systémy pro pozitronovou tomografii
- Všechny vyvinuté výrobky jsou okamžitě převáděny do výroby a stávají se standardní součástí nabízených výrobků.

Firma dodává své výrobky více než z 80 % na nejnáročnější trhy USA, Japonska, Izraele a EU, kde jsou její výrobky neustále konfrontovány s nejlepšími výrobci z oblasti high-tech. Součástí činnosti firmy je pravidelná účast na prestižních konferencích a výstavách. Pravidelně se účastní nejvýznamnějších výstav z oblasti laserové techniky pořádané v SRN – „LASER“ v Mnichově, a „Photonics West“ v San Jose USA a detektorů IEEE a „SCINT“, a to jako jediná z firma z ČR.

„LASER 2005“

Firma CRYTUR spol, s r. o. se pravidelně účastní největší výstavy laserů a optických komponent „LASER - World of Photonics“ v Mnichově. V letošním roce prezentovala své výrobky jako jediná firma z České republiky na výstavě, které se účastnilo více než 950 vystavovatelů z celého světa a kterou navštívilo více než 23,5 tisíce návštěvníků. V letošním roce byl zaznamenán 20% nárůst vystavovatelů oproti minulé výstavě v roce 2003. Největší nárůst tvořily expozice high-tech firem z Číny, která představuje velkou konkurenci pro všechny výrobce v oboru v blízké budoucnosti.

Samostatná prezentace firmy CRYTUR spol. s r.o., významně podporovaná Czech Trade, se v konkurenci ostatních výrobců neztratila.



ÚČAST NA VELETRHU LASER 2005 BYLA SPOLUFINANCOVÁNA EVROPSKÝM FONDEM PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ A MINISTERSTVEM PRŮMYSLU A OBCHODU ČR

Kontaktní adresa: CRYTUR spol. s r. o., tel.: 481 319511, Palackého 175, fax: 481 322323, 511 01 Turnov, e-mail: crytur@crytur.cz
web: <http://www.crytur.com>, Ing. Karel Blažek, Dr. Jindřich Houžvička, jednatelé

První*¹ digitální jednooká zrcadlovka na světě s revoluční technologií Anti-Shake zabudovanou v těle

Společnost Konica Minolta s potěšením představuje fotoaparát Konica Minolta Dynax 7D. Tento průkopnický digitální fotoaparát s výměnnými objektivy a rozlišením 6,1 milionu pixelů je první digitální jednookou zrcadlovkou chloubící se integrovaným systémem Anti-Shake (potlačujícím vlivy otřesů fotoaparátu na snímek) s mechanismem posouvajícím snímačem CCD, která kombinuje kvalitnější snímky, výkon a ergonomické vlastnosti. A navíc je Dynax 7D kompatibilní se všemi objektivy s automatickým zaostřováním konstruovanými pro modelovou řadu Dynax.

Fotoaparát Dynax 7D je digitální jednooká zrcadlovka s výměnnými objektivy, která zdělila řadu špičkových vlastností a výkonnost od kinofilmových jednookých zrcadlovek řady Dynax.

Fotoaparát Minolta 7000, uvedený na trh v roce 1985, byl první jednookou zrcadlovkou pro 35mm kinofilm na světě, která se mohla pochlubit plnohodnotným systémem automatického zaostřování podporujícím výměnné objektivy s automatickým zaostřováním. Vysoké technologické standardy nového modelu a dědictví po starších modelech činí z Dynax 7D velmi přitažlivý fotoaparát.

Dynax 7D je digitální jednooká zrcadlovka, vytvořená s využitím široké škály jedinečných, propracovaných fotografických technologií, vyvinutých s využitím dlouholetých zkušeností s výrobou fotoaparátů jak pro amatéry, tak pro profesionály.



Jedinečná technologie Anti-Shake s mechanismem posuvu snímače CCD činí z nového fotoaparátu první digitální jednookou zrcadlovkou s integrovanou funkcí Anti-Shake. Klíčovým přínosem technologie Anti-Shake je, že podporuje všechny objektivy Konica Minolta s automatickým zaostřováním.^{*2} Technologie Anti-Shake umožňuje pořizovat snímky, na kterých se neprojeví vlivy otřesů fotoaparátu, dokonce ani při fotografování při nedostatečném osvětlení a pořizování záběrů zblízka bez použití blesku nebo stativu.

Dalším klíčovým prvkem nového fotoaparátu je 6,1 milionu efektivních pixelů, umístěných na rozměrném snímači CCD a patentovaná technologie zpracování obrazu **CxProcess™ III**, vyvinutá společností Konica Minolta, která zaručuje vysoce ostré, přirozeně vypadající snímky.

Rychlého zpracování snímků je dosaženo zcela novými **obvody Advanced LSI**, které napomáhají rychlé manipulaci s daty a zrychlují odezvu fotoaparátu, čímž zároveň přispívají k jeho lepšímu ovládní.

Fotoaparát se také vyznačuje velkým, přehledným, **zobrazovačem LCD s vysokou rozlišovací schopností a úhlopříčkou 2,5 palce (6,35 cm)**, umístěným na zadní stěně. Na velkém displeji se provádí výběr funkcí v nabídce, zobrazování snímků při prohlížení a také se na něm zobrazují informace o expozici a nastavení fotoaparátu.

Po svém úspěšném předchůdci, fotoaparátu Dynax 7 pro 35mm kinofilm, má fotoaparát Dynax 7D podobně jednoduchý systém ovládní s otočnými přepínači a páčkami. K dalšímu zlepšení manipulace je nový model také vybaven úžasně jasným, přehledným výkonným hledáčkem, který je navržen pro pohodlné a snadné prohlížení.

Nová digitální zrcadlovka navíc nabízí sadu komplexních funkcí, určených pro zvládnutí nejrůznějších fotografických příležitostí a splnění různých požadavků uživatele, doplněnou o širokou řadu příslušenství fotoaparátů řady Dynax, která pro fotografy znamená kompletní systémové zabezpečení.

Charakteristické vlastnosti fotoaparátu

1. První digitální jednooká zrcadlovka na světě*¹, vybavená integrovanou technologií Anti-Shake s mechanismem posouvajícím snímačem CCD, která podporuje všechny kompatibilní výměnné objektivy s automatickým zaostřováním*².
2. Ohromující kvalita snímků, dosažená rozměrným snímačem CCD s vysokým rozlišením 6,1 milionu efektivních pixelů a technologií zpracování obrazu **CxProcess™ III**
3. Velký, přehledný **zobrazovač LCD s vysokou rozlišovací schopností a úhlopříčkou 2,5 palce (6,35 cm)**, kombinující zobrazování nabídek se zobrazením snímků a dat
4. Kombinace jednoduché obsluhy a stylového, kompaktního těla, které zdělilo to nejlepší z modelové řady jednookých zrcadlovek pro 35mm kinofilm Dynax. Modernizované, špičkové fotografické funkce a různé zobrazovací funkce, navržené tak, aby uspokojily potřeby všech, amatérů i vyspělých fotografů
5. Vynikající systémové zabezpečení a příslušenství zajišťující přizpůsobivost různým fotografickým stylům a podmínkám

Vlastnosti

1. První digitální jednooká zrcadlovka na světě*¹ s integrovanou technologií **Anti-Shake a s mechanismem posuvu snímače CCD**, která je kompatibilní s objektivy s objímkou Minolta-A a která umožňuje použití všech výměnných objektivů s automatickým zaostřováním z produkce společnosti Konica Minolta.*²
2. **Technologie Anti-Shake**, oceněná asociací EISA*⁴ jako „European Photo Innovation of the Year 2004 – 2005“ (Evropská fotografická inovace roku 2004 – 2005), poskytující stabilizaci obrazu*³ umožňující používat expoziční časy delší o 2 až 3 expoziční stupně.

Nyní je možné omezit rozmazání snímku, způsobené chvěním fotoaparátu, dokonce i při pořizování snímků při nedostatečném osvětlení nebo za soumraku, při fotografování teleobjektivy v přirozeném světle a při fotografování zblízka, aniž byste se museli spoléhat na vyšší citlivost (ISO) snímače CCD nebo

pomoc blesku či stativu. Technologie Anti-Shake rychle reaguje na běžné, pomalé pohyby těla fotoaparátu i rychlejší chvění, vznikající obvykle při fotografování z ruky.

Funkci Anti-Shake lze zapnout nebo vypnout zvláštním přepínačem na zadní stěně fotoaparátu. Je-li funkce aktivní, v hledáčku se objeví příslušný symbol.

3. Trvale vysoká kvalita snímků je zajištěna rozměrným snímačem CCD, který má 6,1 milionu efektivních pixelů, dále jedinečnou technologii zpracování obrazu **CxProcess™ III** a kombinaci odborných znalostí vývojových pracovníků společnosti Konica Minolta v oboru fotocitlivých materiálů a technologií řízení expozice. To vše je integrováno do nového modelu a zajišťuje špičkovou kvalitu snímků a pomáhá vyžít maximum z každého připojeného objektivu.

 - **Rozměrný snímač CCD s 6,1 milionu efektivních pixelů** umožňuje pořizovat snímky s vysokým rozlišením, které skýtají široký dynamický rozsah se sníženým šumem v jasech a stínech.
 - Pro fotoaparát Dynax 7D byly vyvinuty nové vylepšené **obvody Advanced LSI** určené zpracování obrazu, které umožňují rychlé zpracovávání velkého množství dat. Jsou navrženy pro dokonalejší zpracování obrazu při nastavené vysoké citlivosti snímače CCD, čímž zajišťují omezení šumu a zachování vysoké kvality snímků. Tato kombinace také napomáhá zajistit odezvu fotoaparátu podobající se plynulému rytmu fotografování jednookou kinofilmovou zrcadlovkou.
 - **CxProcess™ III** je originální technologie zpracování obrazu, která poskytuje působivé a přirozeně vypadající snímky. CxProcess™ III dosahuje nádherných, přirozeně vypadajících snímků využitím široké řady fotografických technologií, vyplývajících z dlouholetých zkušeností společnosti Konica Minolta v tomto oboru. Zajišťuje čisté a ostré snímky, přirozené barvy a detaily v pleťových tónech, a zároveň je vhodná i pro fotografie krajin nebo pro makrofotografii.

4. Velký, přehledný zobrazovač LCD, na kterém se zobrazují nabídky i snímky při prohlížení.

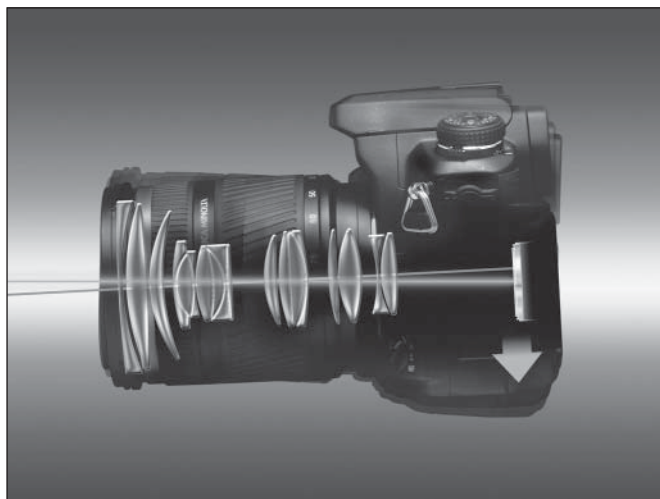
 - **Přehledný zobrazovač LCD s úhlopříčkou 2,5 palce (6,35 cm) a s vysokou ostrostí**
Přehledný barevný zobrazovač LCD s úhlopříčkou 6,35 cm, který je umístěn na zadní stěně fotoaparátu, nabízí vysoké rozlišení – 207 000 pixelů. Snímky zobrazuje rychle a čistě a usnadňuje jejich rychlé zhodnocení. Přes snímek lze zobrazit histogram, aniž by byl snímek zakrytý. Při zobrazení náhledů lze díky velkým rozměrům displeje zobrazit až 16 náhledů.
 - **Zobrazení nabídek a jejich struktury**
Zobrazovač LCD zobrazuje strukturu nabídek a umožňuje plynulou obsluhu fotoaparátu s jasným a přesným zobrazením nastavení fotoaparátu a úplných fotografických informací velkým, snadno čitelným textem. Další prvek, který zjednodušuje používání fotoaparátu, je automatické otočení obrazu při pořizování snímků „na výšku“.

5. Jednoduchá obsluha a stylový étos designu, dědicího konstrukční prvky a jednoduchost obsluhy z jednooké zrcadlovky Dynax 7 pro 35mm kinofilm.

 - **Intuitivní ovládání otočnými přepínači a páčkami**
Nový model zdědil ovládací prvky (systém otočných přepínačů a páček) po fotoaparátu Dynax 7. Tento systém ovládání fotoaparátu je majiteli fotoaparátu Dynax 7 oblíbený pro jeho jednoduchost. Nabízí intuitivní obsluhu, což je obzvláště vhodné pro uživatele, kteří přecházejí od kinofilmových jednookých zrcadlovek na soudobé digitální fotoaparáty. Otočný přepínač korekce expozice a jednoduchý otočný přepínač expozičních režimů byl také převzat z fotoaparátu Dynax 7, což činí fotoaparát Dynax 7D tak důvěrně známým. Tyto prvky pomáhají uživateli v rychlosti reagovat na změny v okolních podmínkách pro fotografování nebo při rychlém střídání jednotlivých

fotografických příležitostí. Vyvážení bílé se provádí samostatnou páčkou, čímž se zrychluje nastavení a zvyšuje jednoduchost použití fotoaparátu.

- **Přehledný, vysoce výkonný hledáček**
V hledáčku je pro přesné nastavení zaostření i při menším jasů použita matnice Spherical Acute Matte. Nový model používá optický hledáček s pětibokým hranolem se zvětšením 0,9x a s 95% zorným polem pro snadné posouzení scény a kompozici záběru.
- **Velmi odolné a spolehlivé tělo z hořčíkové slitiny**
Nový fotoaparát je kompaktní a stylový s využitím kombinované kovové povrchové úpravy těla. Vyznačuje se robustní a kvalitní konstrukcí díky čelní a spodní části šasi vyrobené z hořčíkové slitiny; pevná stavba těla ještě dále zvyšuje spolehlivost fotoaparátu.



6. Zdokonalené fotografické funkce a přizpůsobivé ovládání, navržené pro uspokojení náročné fotografické veřejnosti i uživatelů z řad amatérů.

 - **Vysoce výkonný a velmi rychlý systém automatického zaostřování**
Fotoaparát Dynax 7D je vybaven 9bodovým systémem automatického zaostřování s 8 řádkovými a jedním zkříženým středovým senzorem, který poskytuje přesné automatické zaostřování a výkonné sledování objektů, pohybujících se v záběru. Systém automatického zaostřování disponuje jak **Prediktivním řízením zaostřování**, tak **Sledováním objektu** pro vysoce přesné zaostření pohybujících se objektů.
 - **Současný záznam snímku ve formátu RAW a JPEG**
Můžete zvolit, zda se snímky budou ukládat ve formátu JPEG nebo RAW nebo v obou zároveň pro výhodnější práci se zachyceným snímkem.
 - **Velkokapacitní vyrovnávací paměť pro rychlou sérii snímků a zpracování obrazu**
Fotoaparát Dynax 7D umožňuje snímat sérii snímků s vysokou rychlostí – až 9 snímků v sérii rychlostí 3 snímky za sekundu v režimech RAW i RAW + JPEG, a to díky velkokapacitní vyrovnávací paměti. Kromě toho lze také pořídít až dvanáct snímků s rozlišením 3008 x 2000 bodů ve formátu JPEG v režimu Extra vysoká kvalita a až patnáct snímků ve stejném rozlišení ve formátu JPEG v režimu Vysoká kvalita. Tyto režimy velmi rychlé expozice jsou ideální pro zachycení pomíjivých výrazů v tváři, sportovních událostí nebo rychlých akcí při současném zachování vysoké kvality snímků.
 - **Komplexní úprava a manipulace se snímky pro kreativní fotografování**
 - a) **Úprava snímků:** Jemná úprava ostrosti, kontrastu, barevné sytosti a odstínu v 5 krocích.

- b) **Vyvážení bílé:** Kromě režimu Automatické vyvážení bílé je fotoaparát Dynax 7D vybaven šesti předvolenými nastaveními vyvážení bílé a režimem pro vlastní přesné nastavení vyvážení bílé v podmínkách se složitým osvětlením. Dynax 7D také umožňuje zadat číselně teplotu chromatičnosti. Fotografové tak mají k dispozici kvalitativně dokonalejší nástroj pro vyrovnání barevného podání snímku. Teplotu chromatičnosti lze jemně doladit v krocích po 100 K rozsahu od 2500 K do 9900 K. K dispozici je tedy širší rozsah než při použití automatického nebo předvoleného nastavení vyvážení bílé.
- c) **Vyvážení zón:** Nová technologie, která umožňuje přesnou reprodukci tónových přechodů ve světlech a ve stínech, což je nezbytné v obtížných fotografických podmínkách, kde dominují jasy, a která pomáhá zajistit snímky bez šumu, pořízené v tmavším prostředí. Systém Vyvážení zón poskytuje efektivní kontrolu pro pořizování snímků s vysokými jasy nebo hlubokými stíny – důležitý prvek pro zachycení jasů, například bílé na svatebních šatech, nebo stínů na snímcích při nízké hladině osvětlení.
7. Fotoaparát je také kompatibilní s rozsáhlým systémovým příslušenstvím, které zvyšuje flexibilitu pro všechny fotografické styly a umožňuje vyhovět všem potřebám fotografů.
- Speciální Vertikální madlo (Vertical Control Grip) **KONICA MINOLTA VC-7D** pro fotoaparát Dynax 7D se připojuje k tělu fotoaparátu a poskytuje spolehlivé a pevné uchopení fotoaparátu. Uspodňuje manipulaci a celkové použití fotoaparátu, zejména při fotografování snímků na výšku.
- a) **Pohodlná obsluha a manipulace při fotografování snímků na výšku**
Pohodlná rukojeť vertikálního madla VC-7D zajišťuje bezpečnou manipulaci. Madlo vybaveno vlastním tlačítkem spouště závěrky, předním a zadním otočným přepínačem, tlačítkem automatického/manuálního zaostřování, tlačítkem pro aretaci expozičních hodnot a tlačítkem pro volbu zaostřovací oblasti. Umožňuje tedy pohodlnou a jistou obsluhu fotoaparátu při fotografování snímků jak na šířku, tak na výšku.
- b) **Možnost použití dvou lithium-ionových akumulátorů zároveň**
Vertikální madlo VC-7D umožňuje použít pro napájení fotoaparátu dva lithium-ionové akumulátory zároveň. Bude tedy možné pořídit mnohem více snímků, než bude nutné akumulátory znovu nabít.
- c) **Možnost použití akumulátorů velikosti AA:**
Pro ještě větší univerzálnost umožňuje madla použití akumulátorů Ni-MH velikosti AA.
- Fotografové mohou využít širokou řadu **systémového příslušenství modelové řady Dynax**, včetně zábleskových jednotek řady D, dálkových spouští a úhlového hledáčku. S blesky a objektivy řady D, které jsou vybaveny vestavěným kódem zaostřené vzdálenosti, lze dosáhnout přesnějšího určení expozice. V kombinaci s přesným systémem měření intenzity záblesků ADI tak fotoaparát zaručuje velmi přesné ovládání množství světla při expozici, které obstojí v těch nejnáročnějších a nejsložitějších situacích.
 - **DiIMAGE Master** je volitelné softwarové vybavení, zlepšující kreativní pracovní postupy pro pokročilé uživatele. Různorodé nástroje pro třídění a porovnávání snímků rozšiřují efektivitu výběru nejlepších snímků. Nově vyvinutý program pro zpracovávání snímků ve formátu RAW umožňuje dosáhnout přesnější reprodukce barev.

Poznámky:

- *1 Mezi digitálními jednookými zrcadlovkami s výměnnými objektivy
- *2 U speciálního makroobjektivu s 1x až 3x zoomem a automatickým zaostřováním pouze s vypnutou funkcí Anti-shake.
- *3 Vliv funkce Anti-shake na potlačení vlivu otřesů fotoaparátu na rozmazání snímcích se liší v závislosti na podmínkách při fotografování a na použitém objektivu
- *4 Asociace European Imaging and Sound Association, vydávající 50 předních časopisů o fotografování a audiovizuální technice ve 20 evropských zemích

Společnost Konica Minolta také uvádí dva nové objektivy s proměnnou ohniskovou vzdáleností

Jde o objektivy **Konica Minolta AF ZOOM 17-35mm F2.8-4 (D)** a **Konica Minolta AF ZOOM 28-75mm F2.8 (D)**. Každý z nich je navržen pro dosažení optimální kvality snímků při použití s novou digitální jednookou zrcadlovkou Dynax 7D.

Vlastnosti

- Objektiv s proměnnou ohniskovou vzdáleností a velkou světelností a širokouhlý transfokátor s ohromujícím výkonem.**
Oba nové objektivy s proměnnou ohniskovou vzdáleností se vyznačují skvělými charakteristikami pro manipulaci a jsou vhodné pro nejrůznější fotografické situace.
- Nádherné rozostření mimo pole ostrosti** dosažené díky kruhovému otvoru clony. Použití kruhové clony dodává rozostře-

ným oblastem ve snímcích jemné přechody tónů a perfektně vykresluje přirozené scény.

3. Kodér vzdálenosti pro přesné měření intenzity záblesku systémem ADI*

Nové objektivy poskytují po připojení k fotoaparátu Dynax 7D dodatečné informace pro určení zaostřené vzdálenosti, probíhající v objektivu. Tyto informace jsou dále využity pro dokonalejší řízení záblesků a přesnější expozici při použití vestavěného blesku nebo externích blesků, jako například programových blesků Program Flash 5600HS(D), Program Flash 3600HS(D) nebo Program Flash 2500(D).

* ADI (Advanced Distance Integration)

M. Libra, V. Poulek: Solární energie, fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti. 1. vydání, Česká zemědělská univerzita, Praha 2005, 122 stran, ISBN 80-213-1335-8

Rádi bychom čtenáře upozornili na pěknou publikaci, kterou nedávno vydala ČZU v Praze - **monografii o fotovoltaické transformaci energie**, což je v dnešní době velmi aktuální problematika. Spotřeba energie stále roste, zdroje fosilních paliv jsou limitovány a navíc jejich spalováním vznikají skleníkové plyny. Otázky celosvětového oteplování a hrozící globální ekologické katastrofy jsou všeobecně známé a často diskutované. Proto obnovitelné zdroje energie neustále nabývají na významu a podíl využívání solární energie roste nejrychleji. Toto autoři zmiňují v úvodu knihy. Další kapitoly jsou pečlivě voleny tak, aby pokrývaly uvedenou problematiku a přitom aby byla kniha zajímavá a čtivá i pro osoby, které nejsou odborníky v tomto oboru. Text je srozumitelný a tudíž vhodný pro široký okruh čtenářů.

První polovina publikace je zaměřena více teoreticky, pojednává o fyzikální podstatě světla, Slunci, plazmatu jako stavu sluneční hmoty, o fyzikální podstatě fotovoltaické transformace energie a o fotovoltaických článcích a panelech. Druhá polovina je zaměřena prakticky a hovoří o různých konstrukcích a aplikacích solárních fotovoltaických systémů, o ekonomičnosti jejich provozu, testování životnosti a akumulaci transformované energie.

Na závěr jsou zmíněny i konference a výstavy, které se v tomto oboru pravidelně pořádají a slouží k setkání odborníků a jejich vzájemné informovanosti o novinkách v tomto perspektivním oboru. Četné černobílé obrázky v podobě schémat a grafů názorně doplňují text, v příloze je i 64 barevných obrázků, které ukazují různé instalace solárních systémů a záběry z konferencí a výstav.

Knížka vychází ve Světovém roce fyziky 2005. Toto je zmíněno v předmluvě, ve které se autoři zamýšlejí i nad významem roku fyziky a nad významem fyziky všeobecně. Zvláště je třeba vyzdvihnout, že autoři se problematikou solárních fotovoltaických systémů zabývají již řadu let a tudíž mají v tomto oboru rozsáhlé zkušenosti, ze kterých vycházel při psaní své knihy. Proto mohou tuto publikaci všem čtenářům vřele doporučit.

E. Veselá

Sodomka, L., Fiala, J.: Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi (Teoretické základy materiálové technologie), Adhesiv, Liberec 2003, 517 s. Sodomka, L., Fiala, J.: Fyzika a chemie kondenzovaných látek s aplikacemi (Teoretické základy materiálové technologie), Adhesiv, Liberec 2004, 678 s.

První díl obsahuje 15 kapitol a 517 stran textu, druhý 17 kapitol a 678 stran textu včetně řady ilustračních obrázků a tabulek s parametry materiálů. Vedle kapitol obvyklých v publikacích tohoto typu najde čtenář i kapitoly s nestandardním obsahem, jako např. kapitolu Luminiscence. Jsou zde obsaženy i kapitoly s koncepcí dávající větší důraz na aplikace v technické praxi využívající fyziku a chemii materiálů. Kapitola 14 je zajímavým způsobem věnována kapalným krystalům. Z magnetických vlastností je zpracovaná část o magnetických bublinách (magnetické buňky), které se využívají ve výpočetní technice jako dvojkový paměťový prvek. Nekonvenční je i kapitola 3, kde jsou uvedeny současné metody hodnocení struktury materiálů a poruch struktury, které jsou velmi důležité v současné metrologii jakosti, diagnostice a defektoskopii. Jde o rentgenovou topografii, rentgenovou a neutronovou interferenci a rentgenovou holografii.

Zatímco první díl je věnován tématům se všeobecným zaměřením, druhý díl zahrnuje speciální otázky fyziky kondenzovaných látek. Najdeme v nich taková témata, jako jsou difúze v kondenzovaných látkách, amorfní látka a skla, polymery, kompozity, fyzika uhlíku, kapalin, Boseovy-Einsteinovy kondenzáty, adheze pevných látek, biomateriály, textilie, keramika, vysokoteplotní samošřípci se syntéza, fyzika vysokých tlaků a kondenzovaných lá-

tek v jaderné fyzice a inteligentní materiály. V dodatku je uvedeno matematické zobecnění tenzorového popisu vlastností pevných látek, kterým se ve stručné ale výstižné formě podává ucelený pohled na využití tenzorového počtu k popsání materiálových vlastností pro aplikace fyziky v užité pružnosti a pevnosti pro technické obory, elektřinu, magnetismus, tribologii, textilní průmysl a další aplikace.

Publikace lze doporučit zejména doktorandům v oborech obecného materiálového inženýrství, materiálových technologií a k výuce fyziky a chemie kondenzovaných látek na vysokých školách a v některých specializovaných oborech na školách středních. Posuzované publikace bezesporu výrazným způsobem obohatí oblast studijní literatury zabývající se touto problematikou. Aplikacní koncepce těchto nových publikací rozhodně z části zaplní velký nedostatek v literatuře s možnostmi aplikací v širokém okruhu oborů a může proto zaujmout i čtenáře tohoto časopisu.

J. Valíček

Gonzales, R.C.-Woods, R.E.-Eddins, S.L.: Digital Image Processing using Matlab. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River 2004. 609 stran, ISBN: 0-13-008519-7, 120 USD

Problematika zpracování digitálního obrazu je velmi důležitá disciplína v oblasti počítačových metod. Metody a algoritmy pro zpracování digitálního obrazu se objevují v mnoha oblastech vědy a techniky a široce se používají jako jeden ze základních nástrojů při počítačovém zpracování obrazové informace. Při praktickém provádění analýzy digitálního obrazu je nutné vedle teoretických základů dané problematiky též umět provést praktickou implementaci popisovaných teoretických metod a algoritmů na zpracování reálného digitálního obrazu. Tato kniha, navazující na velmi úspěšnou a několikrát opětovně vydanou učebnici autorů Gonzales a Woods pro zpracování digitálního obrazu, se snaží o komplexní a vyvážené spojení teoretického matematického popisu algoritmů pro analýzu a zpracování digitálního obrazu s jejich praktickou aplikací na vhodně vybraných příkladech. Pro prezentaci jednotlivých předkládaných metod s pomocí počítačového matematického modelování je využit systém Matlab a knihovna Image Processing Toolbox.

Celá kniha je strukturována do dvanácti tématických kapitol, tří dodatků a je doplněna přehledným rejstříkem a odkazy na další odbornou literaturu. Po úvodních dvou kapitolách, v nichž jsou stručně obsaženy základy ovládání a programování v Matlabu a popis reprezentace digitálního obrazu pomocí počítače v Matlabu, se třetí kapitola poté věnuje transformacím hodnot jasu a prostorové filtraci digitálního obrazu pomocí lineárních i nelineárních filtrů. Ve čtvrté kapitole je uvedena problematika zpracování digitálního obrazu ve frekvenční oblasti, zejména pak základy dvojdimenzionální diskrétní Fourierovy transformace a metody filtrace ve frekvenční oblasti. Pátá kapitola se zaměřuje na lineární i nelineární metody rekonstrukce obrazu v případě degradace digitálního obrazu, např. přítomnosti šumu, a geometrické transformace obrazu. V šesté kapitole knihy jsou popsány základy teorie reprezentace barevného digitálního obrazu v počítači s použitím různých barevných systémů. Dále jsou popsány metody filtrace a analýzy barevného obrazu. Sedmá kapitola se zabývá teorií tzv. wavelet funkcí pro zpracování a kódování digitálního obrazu. Navazující osmá kapitola se poté čistě věnuje některým metodám komprese digitálního obrazu v počítači. V deváté kapitole knihy jsou uvedeny základy zpracování obrazu pomocí matematických morfologických operací. Desátá a jedenáctá kapitola se poté zaměřuje na problematiku segmentace jednotlivých prvků v digitálním obrazu a jejich následné reprezentace a popisu v počítači, které je nutné pro jeho další analýzu. Poslední, dvanáctá kapitola probírá téma metod rozpoznávání objektů v digitálním obrazu pomocí různých matematických metod. Ve třech dodatcích, které jsou v knize obsaženy, jsou potom společně s jejich seznamem přehledně uspořádány veškeré předdefinované i nově vytvořené funkce a programy v Matlabu.

Kniha poskytuje dostatečný teoretický přehled problematiky základních metod počítačové analýzy digitálního obrazu, přičemž formou aplikace uvedených metod a algoritmů na vybraných příkladech ukazuje jejich praktické využití. Kniha je velmi dobře zpracována, je psána přehledně a srozumitelně, a především je doplněna obrazovými ilustracemi vykládané problematiky a mnoha vhodnými příklady, které používají předdefinovaných nebo vytvo-

řených funkcí v Matlabu. Veškeré vytvořené programy jsou na konci knihy shromážděny v dodatku a je možno je získat na webové stránce vydavatele této knihy. Publikaci je možno vřele doporučit jak studentům tak vědeckým odborníkům a dalším zájemcům, kteří se přímo zabývají nebo se chtějí seznámit s problematikou zpracování digitálního obrazu.

J. Novák

Z dílny starých mistrů

(25. pokračování)



- Rohovina se leští tak, že se nejdříve leštěný předmět oškrábne ostrou škrabkou a potom tře tukuprostým smotkem látky, s nanesenou vrstvou práškového dřevěného uhlí z lipového dřeva nebo jemnou cihlovou moučkou s vodou ručně nebo na soustruhu kotoučem, polepeným látkou, plstí, případně kůží. Když je předmět dokonale uhlazený, leští se v hlavě soustruhu upnutým kotoučem, mazaným plavenou křídou s trochou oleje nebo lépe práškovým dřevěným uhlím a mazlavým mýdlem k dosažení politury.
- Ve Francii leští předměty z rohu téměř suchou jen mírně olejem navlhčenou pemzou na leštícím kotouči. Jako leštící prostředek slouží mazlavé mýdlo a brousící prostředek je z jemného brusného materiálu (Trepori) nebo jemně plavená tripelová leštící hlínka. Leštěné předměty z rohoviny se nejdříve potřou slabě mýdlem a potom třou látkovými smotky s troškou tripelové hlínky tak dlouho, až se mýdlo ztratí a docílí se jasného lesku.
- Leštící smola pro optické účely sestává z 850 g – 900 g černé smoly, 100 – 120 dílů žlutého vosku, několika kapek bezvodého terpentýnu a 20 až 50 dílů v alkoholu rozpuštěného šelaku. Tato směs se na mírném ohni (z dřevěného uhlí nebo na ohřívací plotně) pozvolna taví za současného míchání. Dobrá smola musí být s leštící červení dobře spojená, aniž by se mazala – případně se použije do směsi méně vosku. Podmínkou je čistota použitých surovin. Měkké sklo vyžaduje měkkší leštící smolu.
- Ke stejnému účelu poslouží měkká kamenouhelná smola, smíchaná s minerálním olejem v teplém stavu s takovým množstvím plavené křídly, až vznikne hmota, která se dá hníst jako sklenářský tmel.
- Jiný předpis: smíchá se 40 dílů smoly, 25 dílů tvrdého parafínu nebo ceresinu, 10 dílů minerálního nebo olivového oleje a 25 dílů křídly. Bod tání leštící smoly vzroste při použití většího množství smoly nebo při náhradě měkké smoly namísto tvrdé případně asfaltu. Má-li být hmota bezbarvá, použije se namísto smoly nebo asfaltu směsi benátského terpentýnu a kalafuny nebo jen samotné kalafuny.
- Vzhled zašlé politury následkem vztlnutí v ní obsaženého oleje smíšeného s prachem na politurovaných předmětech lze zlepšit přetrááním koženým hadříkem, navlhčeným ve vodě s malým přídatkem kyseliny sírové a nakonec posypáním vídeňským vápnem. Takto lze politurované předměty, dlouhou dobu uložené (např. fotokomory), oživit.

Pozn.: **Smola** - zbytek po destilaci (dehtu aj.). Bod tání 60 – 70 °C, podle toho se dělí na měkkou a tvrdou. Smola lidově = pryskyřičné výrony ze stromů, správně směsí pryskyřic a terpentýnové silice. Politura je roztok šelaku v lihu, nanáší se látkou a leští dlouhým třením s přídatkem lněného oleje. Prosté natření politurou nestačí; roztrááním se plocha zahřeje, čímž se teprve spojí šelak a vysychavý olej v šelakový olejový lak. (Šelak je přirozená pryskyřice, vylučovaná z těl samiček červce lakového na některých indických stromech).

Pozn.: **Laky** jsou roztoky pryskyřic, derivátů celulosy nebo bituminálních látek v těkavých rozpustidlech, nanášené štětcem. Po čase se rozpustidlo vypaří a zbylá vrstva pryskyřice chrání předmět před vlhkostí a zdobí povrch. Dá se také vyleštit. Hodnota laku závisí hlavně na pryskyřici, z níž byl vyrobený. Laky se dělí na olejové, těkavé (těkavé rozpuštěním pryskyřic v těkavých rozpustidlech, olejové většinou z pryskyřic, pocházejících z předhistorických stromů – fosilní pryskyřice jantar a kopalý), dále laky syntetické, nitrolaky atd.

Pozn.: **Terpentýn**, balzám, vytékající po poranění z jehličnatých stromů, je medovitá, hustá, zrnitá hmota, obsahující 70 % pryskyřice, 30 % terpentýnové silice, nepatrné množství jantarové. Ve vodě nerozpustný, dobře pak v lihu, éteru, benzínu a silici terpentýnové. Zvláštním druhem terpentýnu je kanadský balzám, pocházející z kanadské sosny. Je to světle žlutá kapalina, velmi hustá, která i po ztuhnutí zůstává úplně průhledná a proto se jí používá k tmelení optických prvků (objektivy). Terpentýnová silice se vyrábí z terpentýnu destilací. Nejvyšší je silice francouzská, dále pak ruská, americká, německá; k výrobě laků, jako ředidlo olejových nátěrů.

Nejvýznamnější odborné veletrhy konané ve 2. pololetí 2005

Ve stručném přehledu je uveden výběr nejzajímavějších mezinárodních technických a s elektrotechnikou souvisejících veletrhů pořádaných v České republice i ve snadno dostupném zahraničí. Na internetových adresách veletržních správ nebo jejich zástupců je možné se o jednotlivých veletržních akcích podrobněji informovat. Pro některé veletrhy pořádané v Německu si lze zakoupit zlev-

něné vstupenky a katalogy za koruny, přihlásit se k připravovaným zájezdům nebo si objednat ubytování. Před odjezdem jednotlivců je vhodné si ověřit, zda v termínech nenastala změna nebo nevznikly náhodné chyby v údajích. O některých veletržích budou v tomto časopisu i jiném odborném technickém tisku uváděny další a podrobnější informace.

Termín	Místo s číslem kontaktní adresy	Název, základní nomenklatura a informační internetová adresa
2. – 5. 9.	Paris – Porte de Versailles (11)	MONTRES ET BIJOUX – hodinky a šperky; www.bijorhca.com
2. – 7. 9.	Berlín (1)	IFA 2005 – svět spotřební elektroniky; www.ifa-berlin.de , www.dtihk.cz
9. – 11. 9.	Nitra (12)	OPTIC 2005 – 2. mezinárodní výstava oční optiky a oftalmologie, www.agrokomplex.sk
13. – 19. 9.	Brno (6)	HOSPIMedica – mezinárodní veletrh zdravotnické techniky, rehabilitace a zdraví www.hospimedica.cz
13. – 16. 9.	Irkutsk (2)	IRKUTSK 2005 – samostatná česká výstava s významným příspěvkem Ministerstva průmyslu a obchodu ČR českým vystavovatelům; www.ppa.cz
14. – 21. 9.	Hannover (3)	EMO HANNOVER 2005 – světová výstava výrobních strojů; www.emo-hannover.de
16. – 18. 9.	Praha – výstaviště Holešovice (2)	SBĚRATEL – 8. mezinárodní veletrh sběratelství pro každého; www.sberatel.info
20. – 22. 9.	Mnichov (4)	MATERIALICA 2005 – 8. odborný veletrh nových materiálů, jejich povrchových úprav a výrobní techniky, s kongresem; www.materialica.de
20. – 24. 9.	Praha – PVA Letňany (5)	FOR-ARCH – 16. mezinárodní stavební veletrh; www.abf.cz/veletrhy
21. – 23. 9.	Stuttgart (1)	ELTEFA 2005 – odborný veletrh elektrotechniky a elektroniky; www.messe-stuttgart.de/eltefa
3. – 7. 10.	Brno (6)	MSV BRNO 2005 – 47. mezinárodní strojírenský veletrh: elektrotechnika a energetika, elektronika, automatizace a měřicí technika, pohony, hydraulika a pneumatika, chladicí technika a klimatizace, obrábění, tváření, povrchové úpravy, materiály a komponenty pro strojírenství, plasty, gumárenství a chemie, důlní, hutní, slévárenská, keramická a sklářská technika, ekotechnika, výzkum, služby, instituce; www.bvv.cz/msv TRANSPORT A LOGISTIKA – 3. mezinárodní veletrh dopravy a logistiky; www.bvv.cz/translog
4. – 6. 10.	Mnichov (4)	EXPO REAL 2005 – 8. mezinárodní veletrh podnikatelských nemovitostí (jen pro odborníky); www.exporeal.net
4. – 7. 10.	Petrohrad (2)	AQUA-THERM ST. PETERSBURG – mezinárodní veletrh vytápění, větrání, měřicí, sanitární a ekologické techniky, technických zařízení budov (v licenci Reed Messe Wien); www.msi-fairs.com
5. – 7. 10.	Linec – Design Center (2)	SMART AUTOMATION AUSTRIA – mezinárodní odborný veletrh průmyslové automatizace; www.smart-automation.at
9. – 21. 10.	Jasná – Nízke Tatry, Hotel Grand (13)	SVETLO 2005 – 16. mezinárodní konference www.svetlo2005.sk
11. – 14. 10.	Trenčín (7)	ELO SYS – elektrotechnika, elektronika a energetika; www.elosys.sk
11. – 15. 10.	Hannover (3)	CeMAT – světový veletrh materiálového toku a intralogistiky; www.cemat.de
21. – 24. 10.	Paris – Porte de versailles (11)	SILMO – oční optika; www.silma.fr
24. – 27. 10.	Düsseldorf (8)	A + A – mezinárodní veletrh bezpečnosti a ochrany zdraví při práci; www.aplusa-online.de
24. – 27. 10.	Brno (6)	INVEX – 15. mezinárodní veletrh informačních a komunikačních technologií; www.bvv.cz/invex DIGITEX – 1. mezinárodní veletrh spotřební elektroniky a digitální zábavy; www.bvv.cz/digitex

24. – 28. 10.	Mnichov (4)	SYSTEMS 2005 – mezinárodní veletrh informační techniky, telekomunikací a nových médií (jen pro odborníky); www.systems.de
1. – 3. 11.	Ostrava – výstaviště Černá Louka (9)	ELEKTROTECHNIKA 2005 – 12. odborný mezinárodní veletrh průmyslové a spotřební elektrotechniky, elektroniky, regulace, automatizace a energetiky; www.bael.cz
3. – 5. 11.	Olomouc – výstaviště Flora (10)	STAVOTECH – stavební a technický veletrh; www.omnis.cz/stavo EKOENERGIE – 6. samostatná výstava a konference s tematikou obnovitelných zdrojů energie; www.omnis.cz/stavo
9. – 10. 11.	Plzeň – Dům kultury INWEST (10)	ELEKTROFEST – 11. veletrh elektrotechniky, elektroniky a energetiky; www.omnis.cz/elektro
15. – 18. 11.	Mnichov (4)	PRODUCTRONICA – 16. mezinárodní odborný veletrh elektronické výroby (jen pro odborníky); www.productronica.de
16. – 18. 11.	Düsseldorf (8)	ComPaMED – 14. mezinárodní odborný veletrh komponentů, materiálů a surovin pro zdravotnickou výrobu a zařízení; www.compamed.de
16. – 19. 11.	Düsseldorf (8)	MEDICA – 37. světové fórum zdravotnictví a mezinárodní odborný veletrh s kongresem; www.medica.de
22. – 24. 11.	Norimberk (1)	SPS/IPC/DRIVES – mezinárodní odborný veletrh elektrické automatizační techniky, systémů a komponentů, s kongresem; www.mesago.de
22. – 26. 11.	Praha – výstaviště Holešovice (2)	AQUA-THERM PRAHA – 12. mezinárodní veletrh vytápění, větrání, měřicí, sanitární a ekologické techniky, technických zařízení budov; www.tzb-info.cz
29. – 30. 11.	Liberec – Centrum Babylon (10)	ELEKTROFEST – 4. veletrh elektrotechniky, elektroniky a energetiky; www.omnis.cz/elektro
29. 11. – 1. 12.	Paříž – Villepinte (11)	POLLUTEC PARIS – veletrh životního prostředí; www.pollutec.com
3. – 11. 12.	Mnichov (4)	HEIM + HANDWERK – 28. mezinárodní prodejní veletrh stavební, zařízení a bydlení INTERNATIONALE MODELLBAHNAUSSTELLUNG – mezinárodní výstava modelových drah; www.hh-online.de

Kontaktní adresy veletržních správ a zahraničních zástupců

- Česko-německá obchodní a průmyslová komora**, Václavské nám. 40, 110 00 Praha 1
Berlín+Norimberk: Kamila Hlavsová – tel.: 221 490 305, fax: 224 490 332, e-mail: messe1@dtihk.cz
Stuttgart: Ladislav Baxa – tel.: 221 490 326, fax: 224 490 332, e-mail: messe-stuttgart@dtihk.cz
- Progres Partners Advertising s.r.o.**, Opletalova 55, 110 00 Praha 1, tel.: 224 218 403, 224 234 274, fax: 224 218 312, e-mail: info@ppa.cz
- DEUTSCHE MESSE AG, Hannover**, zastoupení Ing. Eva Václavíková, Myslbekova 7, 169 00 Praha 6, tel.: 220 510 057, 220 517 837, fax: 220 510 057, e-mail: info@hf-czechrepublic.com
- EXPO-Consult + Service s.r.o.**, Příkop 4, 604 45 Brno, tel.: 545 176 158, fax: 545 176 159, e-mail: info@expocs.cz
- ABF a.s.**, Václavské nám. 29, 111 21 Praha 1, tel.: 222 891 111, fax: 222 891 199, e-mail: info@abf.cz
- VELETRHY BRNO a.s.**, Výstaviště 1, 647 00 Brno, tel.: 541 151 111, fax: 541 153 070, e-mail: info@bvv.cz
- VÝSTAVISKO TMM a.s.**, Pod Sokolicami 43, SK 911 01 Trenčín, tel.: 00421/326 515 217, fax: 00421/327 441 039, e-mail: os53@tmm.sk

- VELETRHY BRNO a.s.**, odbor zahraničního zastoupení, Výstaviště 1, 647 00 Brno, tel.: 541 152 533, fax: 541 153 051, e-mail: mhorakova@bvv.cz
- BAEL – veletrhy a výstavy**, Korunní 32, 709 00 Ostrava, tel.: 596 634 738, tel./fax: 596 625 421, e-mail: bael@bael.cz
- OMNIS Olomouc a.s.**, Mgr. Petr Nasadil, Kosmonautů 8, 772 11 Olomouc, tel.: 587 433 150, fax: 585 232 097, e-mail: nasadil@omnis.cz
- ACTIVE COMMUNICATIONS**, zastoupení Promosalons Paris, francouzské odborné veletrhy, Silvie Faletti, Anglická 28, 120 00 Praha 2, tel.: 222 518 587, fax: 222 512 058, e-mail: active@telecom.cz
- TYPHOON s. r. o.**, Obchodná 15, SK 811 06 Bratislava, tel./fax: 00421/252 922 534. e-mail: mail@typhoon.sk

Další a podrobnější informace o všeskerých veletržích (i těch, které zde nejsou uvedeny) mohou zájemci najít na internetových serverech: www.veletrhyavystavy.cz a www.veletrhyavystavy.sk, které spravuje veletržní agentura Progres Partners Advertising s.r.o. (výše uvedená v kontaktních adresách pod číslem 2). Tyto nové přehledné servery obsahují stále aktualizované údaje o více než 2500 veletržích a výstavách v tuzemsku i zahraničí, včetně možnosti propojení na internetové stránky pořadatele.

(jpe)

CONTENTS

Several views of Albert Einstein (J. Šebesta)207

This article is devoted to Albert Einstein life and work. In contrast to the previous papers the attention is paid also to the great physicist's privacy. Einstein's creative methods and his social activities are also analysed. The text is supplemented by a summary of the Einstein's works translated into Czech and a list of books dealing with Einstein and published in Czech or Slovak.

Possibilities of measuring system NanoTest™ NT600

(R. Čtvrtlík, M. Stranyánek, P. Boháč, L. Jastrabík) 211

Nowadays, the technology of thin films is an essential part of many production procedures. It is successfully used for instance in electro technical industry, electronics, optics, mechanical engineering, energetics and medicine. Its optimization is to a great extent contingent on the high-quality metrology, in the field of mechanical properties especially of hardness, elastic modulus and adhesion. There are numbers of devices available for measurements of these properties, either specialized for certain test or complex ones, which are available to give the entire analysis of mechanical properties of thin films and surfaces. The special rank belongs to the modular measuring system NanoTest™ (Micro Materials Ltd.), whose unique construction employs a special ceramics pendulum, which enables the specimen being loaded by force oriented horizontally.

Nanomechanical properties of carbon films measured by NT600 instrument

(M. Stranyánek, R. Čtvrtlík, P. Boháč, L. Jastrabík, V. Kulikovský) 214

There is introduced an evaluation of the nano-mechanical properties of thin carbon films. Given samples were analysed by the Micro Materials NanoTest™ NT600 apparatus. The load was applied in horizontal direction. This untraditional arrangement of experiment allows just original construction of the platform.

Collecting fair for everyone (jpe)217

Measurement of dispersion characteristics of a highly birefringent microstructured optical fibre by interferometric methods

(P. Hlubina, G. Statkiewicz, T. Martynkien, W. Urbanczyk) 218

Two different interferometric methods are used to measure dispersion characteristics of a microstructured optical fibre, a high birefringence of which is induced by two large holes adjacent to the fibre core. The first method, which uses a point-like lateral force shifting along the optical fibre, enables the measurement of dispersion of the phase birefringence of two LP modes guided by the optical fibre. The second method, which employs a tandem configuration of a Michelson interferometer and the measured optical fibre placed between a polarizer and an analyzer, is used to measure the group modal birefringence dispersion of both LP over a wide wavelength range. The method is based on the fact that the spectral interference fringes are resolved at the output of this configuration by a low-resolution spectrometer only in the vicinity of the so-called equalization wavelength. The use of the second method is extended to measure the intermodal group dispersion for both LP modes which are either x-polarized or y-polarized.

A new optical effect on the mesh wovens (L. Sodomka) 221
The new optical pattern on the meshed textile wovens have been observed. The pattern can be used for the estimation of the perfectness of the meshed wovens. Theoretical explanation of the pattern will be expected.

Organic dye semiwaveguide laser of cylindrical configuration

(V. Mesároš, A. Štrba, J. Kalužay) 225

Mode structure of an organic dye semiwaveguide laser had been studied. SHG of YAG laser was used to pump Rhodamin 6G placed between two glass cylinders. Mode structure and radial intensity distribution of such a laser beam had been found experimentally. Such results are of great importance when considering how to couple a laser to a tubular waveguide.

Recent acquisitions of the SPIE/CS library 227

Co-ordinate measuring machines in the production process

(Č. Nenáhlo) 228

MACH is international fair (not only) of engineering technique

(Č. Nenáhlo) 229

Enjoy handling and mounting - modern professional kit

(Z. Haumer) 230

RNDr. Ing. Ján Bartl, CSc. reaches his 65 in these days

(K. Karovič) 232

PHOTONICS PRAGUE '05 (M. Jedlička) 232

Industrial machines and technology also for fine mechanics

(jpe) 234

Celebration work meeting of JMO Editorial Board

(M. Vychodil) 234

CRYTUR Ltd. 235

The first on the world digital monocular reflex camera with revolutionary Anti-Shake technology built-in its body 237

The most significant professional fairs held in the second

half of 2005 (jpe) 241

ANOTACE

Dynamika přenosu excitonů v molekulárních systémech

(M. Pojsl, P. Heřman, I. Barvík, M. Petřek) 222

V této práci vyšetřujeme mechanismus přenosu excitonů a relaxaci v úplně asymetrickém trimernu. Na tomto jednoduchém modelovém systému studujeme přenos energie z donorové molekuly přes molekulu prostředí na akceptorovou molekulu. Pro jednoduchost uvažujeme pouze jednu molekulu prostředí. Na rozdíl od Foersterova modelu uvažujeme Coulombickou interakci mezi molekulami daleko silnější než je síla vazby na tepelnou lázeň.