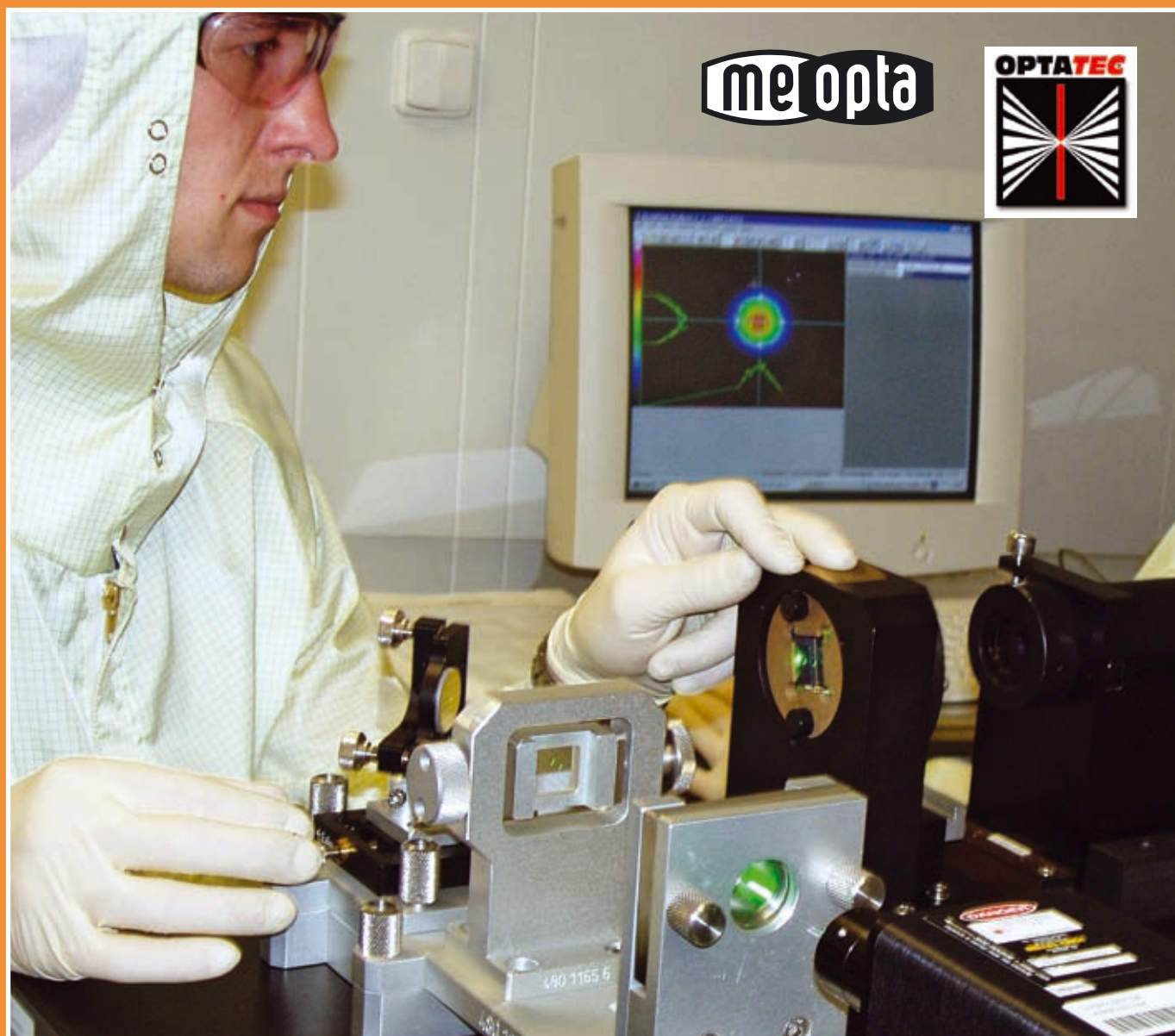


**5**  
**2006**

# JMO

## JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA FINE MECHANICS AND OPTICS

**OPTIKA JE NÁSTROJEM ZVYŠOVÁNÍ PŘESNOSTI, KVALITY  
A HYBNOU SILOU 21. STOLETÍ**



**Vystavujeme v hale 3.0 stánek F12, výstavní centrum Frankfurt n. M. 20. - 23. 6. 2006**

# Mezinárodní veletrh zdravotnické techniky, rehabilitace a zdraví



- středoevropská přehlídka zdravotnické techniky, vybavení nemocnic, lékařských praxí, rehabilitace včetně protetiky
- prohloubení mezinárodního charakteru veletrhu: plocha pronajatá zahraničními vystavovateli vzrostla o 16 %
- nové kontakty pro Váš export: obchodní mise z 37 zemí – poprvé Dánsko, Gruzie, Indie, Malajsie, Rumunsko, Singapur, Slovinsko, Tchajwan, Ukrajina

## 24. – 27. října 2006

Brno – výstaviště  
[www.hospimedica.cz](http://www.hospimedica.cz)

Central European  
Exhibition Centre



Cooperationally presented by



Veletrhy Brno, a.s.  
Trade Fairs Brno  
Výstaviště 1  
647 00 Brno  
Czech Republic  
Tel. +420 541 152 818  
Fax +420 541 153 063  
e-mail: [hospimedica@bv.cz](mailto:hospimedica@bv.cz)  
[www.hospimedica.cz](http://www.hospimedica.cz)

BVV  
Veletrhy  
Brno

## Veletrh HOSPI Medica: oficiální komunikační partner Mezinárodního centra klinického výzkumu ICRC Brno



Příprava mezinárodního veletrhu zdravotnické techniky, rehabilitace a zdraví HOSPI Medica, který proběhne na brněnském výstavišti od **24. – 27. října 2006**, vstoupila do své druhé poloviny. I v letošním roce bude veletrh obohacen o řadu zajímavých novinek. Jejich cílem je rozvinout širokou diskusi na veletrhu a přivést do Brna špičkové lékaře z různých zdravotnických oborů, vedení nemocnic, zástupce státní správy, krajů, obchodníky z tuzemska i zahraničí i zájemce o zdravý životní styl.

Zvýrazněnými tématy veletrhu jsou v letošním roce **laboratorní technika a biochemická diagnostika, vybavení laboratoří, dezinfekce, sterilizace**. Na tato témata naváže také Mezinárodní kongres HOSPI Medica, jehož tématem je: „**Spolupráce praktického lékaře s klinickou laboratoří**“. Tento kongres je kreditovaný pro ČR i SR a předpokládá se účast 600 odborníků z tuzemska i zahraničí. Záštitu převzala Česká lékařská společnost J.E.Purkyně a Prezidium Slovenské lékařské společnosti, která je zároveň spolupřátelkou kongresu.

### Jaké další novinky přinese letošní veletrh?

**Prezentace Mezinárodního centra klinického výzkumu ICRC Brno** HOSPI Medica se stala oficiálním komunikačním partnerem ICRC Brno, při příležitosti veletrhu budou interpretovány výsledky výzkumu z mateřské kliniky Mayo.

### REHAPROTEX největší středoevropská prezentace kompenzačních, rehabilitačních a protetických pomůcek

REHAPROTEX zaznamenává každým rokem stále větší a dynamičtější rozmach. Je to jedinečná příležitost, kde si mohou zdravotně handicapovaní z celé České republiky, ale také ze zahraničí, udělat ucelený obrázek o nejnovějších kompenzačních a rehabilitačních pomůckách. V době konání veletrhu míří do Brna řada klientů, aby shlédli a přímo na místě si vyzkoušeli novinky z široké nabídky prezentovaných pomůcek. A své poznatky s užíváním těchto pomůcek přímo konzultovali s jejich výrobci a distributory.

**Celostátní sympozium z oblasti robotické chirurgie**, při jehož příležitosti bude odborným návštěvníkům veletrhu díky telemostu představen robot Fakultní nemocnice U svaté Anny při aktivní činnosti.

### Víte že....

Projekt je od roku 2005 součástí řetězce prestižních zdravotnických veletrhů, které jsou členy „MEDICA group“ a konají se pod společným logem na území tří kontinentů – v Evropě, Asii a Americe. Více informací na [www.hospimedica.cz](http://www.hospimedica.cz)

## 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 BREZINA, Bratislava, Ing. Jan DUPÁK, CSc., ÚPT AV ČR, Brno, prof. Ing. Pavol HORŇÁK, DrSc., STU, Bratislava, Ing. Libor HOVORKA, H & H hodinářská s.r.o., Nové Město nad Metují, prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, RNDr. Vladimír CHLUP, Olomouc, RNDr. Lubomír JASTRABÍK, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Karol KAROVIČ, DrSc., Předsednictvo SAV, Bratislava, RNDr. Pavel KLENOVSKÝ, Český metrologický institut, Brno, RNDr. Josef KRÁSA, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, Ing. Jiří KRŠEK, VUT, Brno, RNDr. Vojtěch KRĚSÁLEK, CSc., UTB, Zlín, Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno, doc. Ing. Martin LIBRA, CSc., ČZU, PRAHA, prof. RNDr. Miroslav LIŠKA, DrSc., VUT, Brno, RNDr. Zdeněk LOŠŤÁK, Meopta-optika, 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 PIŠTORA, CSc., VŠB - TU, Ostrava, prof. RNDr. Ing. Jaroslav POSPÍŠIL, DrSc., UP, Olomouc, Jan ŘÍDKÝ, CSc., FZÚ AV ČR, Praha, RNDr. Dagmar SENDERÁKOVÁ, 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 University, U. K.; Paul RAUSNITZ, TCI New York, U. S. A.; Gisbert O. SCHAUER, Sylvana 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 Nakladatelství 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 Přerov,  
tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

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

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

**Rozšiřuje** vydavatel, Podniková prodejna Meopta-optika, a.s., Přerov, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov a KNIHKUPECTVÍ ACADEMIA, Václavské nám. 34, 110 00 Praha 1.

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

**V Slovenské republice rozšiřuje a objednávky přijímá:**

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

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

**Inzerce:** redakce, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, tel.: 581 242 151, mobil: 776 011 925, fax: 581 242 222.

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2006

# JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS  
ROČNÍK 51 5/2006

## OBSAH

<b>Příběh Hubbleova kosmického teleskopu</b> (L. Lejček).....	127
<b>Světlotěsné boxy pro mikrofotografická zařízení Zeiss</b> (Z. Žižka, J. Gabriel) .....	131
<b>HUMUSOFT</b> (Redakce) .....	133
<b>Moderní způsoby řešení disperzních vlivů optických vláken</b> (M. Kyselák).....	134
<b>Konica Minolta sází na tiskové technologie</b> .....	137
<b>Měření disperze skupinového indexu lomu řádné a mimořádné vlny v krystalu křemene pomocí spektrální interferometrie v bílém světle</b> (L. Knyblová, P. Hlubina, D. Ciprian) .....	138
<b>Povlakování v malé firmě versus povlakování na zakázku</b> (T. Cselle).....	141
<b>Optické výpočty v Meopta - optika, s. r. o.</b> (V. Svoboda).....	144
<b>80. narozeniny profesora Adolfa Lohmanna</b> (P. Pavlíček).....	147
<b>Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2006</b> (M. Křížek).....	149
<b>Český komitét pro optiku ICO informuje – výsledky voleb do ČKO – ICO pro funkční období 2006 - 2010</b> .....	152
<b>Na závěr veletrhu HANNOVER MESSE 2006 HANNOVER MESSE 2006 potvrdil hospodářský rozmach ....</b>	153
<b>Z technické knihovny</b> (I. Brezina).....	154
<b>SPIE/CS – společnost optiků informuje</b> .....	155
<b>Přirůtky knihovny SPIE/CS</b> .....	156

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 BOUCHAL - Palacky Univ. (Czech Rep.), Igor BREZINA - Bratislava (Slovak Rep.), Jan DUPÁK - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Pavol HORNÁK - 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 KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno (Czech Rep.), Martin LIBRA - Czech Univ. of Agric., Praha (Czech Rep.), Miroslav LIŠKA - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Zdeněk LOŠŤÁK - 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: pelclovea@optnw.upol.cz

**Address of the Editor's office in Přerov** (Managing Editor):

Kabelíkova 1, 750 02 Přerov, Czech Republic.

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

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

**Distribution:** by the Publisher, Company Sales shop of Meopta-optika, 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 2 65 426 706, e-mail: strba@fmph.uniba.sk

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

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

Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2006

# FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL  
VOLUME 51 5/2006

## CONTENTS

- The Story of the Hubble Space Telescope** (L. Lejček) ..... 127
- Light-tight boxes for Zeiss photo-micrographic apparatuses** (Z. Žižka, J. Gabriel)..... 131
- HUMUSOFT** ..... 133
- Novell approach to the solution of optical fibre dispersion effects** (M. Kyselák) ..... 134
- Konica Minolta bets on printing technology** ..... 137
- Measurement of dispersion of the group refractive index for the ordinary and extraordinary waves in a quartz crystal by white-light spectral interferometry** (L. Knyblová, P. Hlubina, D. Ciprian) ..... 138
- In-House-Coating versus Job Coating Service** (T. Cselle) ..... 141
- Optical calculations in Meopta-optika, s. r. o., Přerov** (V. Svoboda)..... 144
- Professor Adolf Lohmann's 80<sup>th</sup> birthday** (P. Pavlíček)..... 147
- Interkamera 2006 - retrospection of exhibition** (M. Křížek) ..... 149
- The Czech Committee for Optics informs - ČKO - ICO election results for the term of office 2006 - 2010** ..... 152
- Trade fair HANNOVER MESSE 2006 conclusion HANNOVER MESSE 2006 verifies an economic boom** ..... 153
- From technical library** (I. Brezina) ..... 154
- SPIE/CS - society of opticians informs** ..... 155
- SPIE/CS library acquisition** ..... 156
- 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

# Příběh Hubbleova kosmického teleskopu

*Přehled o šestnáctileté historii Hubbleova kosmického teleskopu, který se po opravě optické vady stal významným astronomickým přístrojem na oběžné dráze kolem Země. Během své činnosti získal Hubbleův kosmický teleskop množství výsledků, které jsou zde dokumentovány na několika vybraných příkladech.*

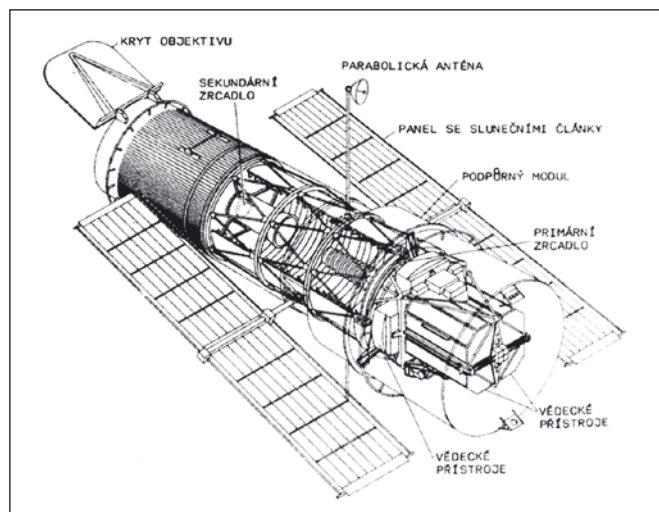
## 1. HISTORIE VZNIKU HUBBLEOVA KOSMICKÉHO TELESKOPU

Snaha o pozorování kosmických objektů z družic mimo oblast zemské atmosféry se v americké kosmické agentuře NASA objevuje již od 60 let minulého století. Je to pochopitelné, neboť umístění observatoře na družici odstraňuje vliv atmosféry na pozorování, např. pohlcování určitých vlnových délek záření, zejména v oblasti infračerveného spektra, či optickou nehomogenost atmosféry. NASA již v roce 1960 začala se sledováním Slunce pomocí orbitálních slunečních observatoří OSO (Orbital Solar Observatories). V letech 1968 – 1981 byly vypuštěny dvě družicové astronomické observatoře. Druhá z nich, Copernicus, byla vybavena teleskopem o průměru zrcadla 75 cm. Základem úspěchu těchto observatoří byl pokrok ve vývoji přesného navigačního a stabilizačního systému družice, který dovoľoval sledovat cílový objekt po řadu minut s přesností pod 0,02 úhlové vteřiny. Omezujícím faktorem této i následujících družic byl malý průměr zrcadla. Proto již od roku 1962 existovaly v NASA různé pracovní skupiny, které vypracovávaly návrhy vědecké činnosti a zdůvodňovaly vybudování velkého kosmického teleskopu se zrcadlem o průměru kolem 3 m. Koncem šedesátých let minulého století však myšlenka realizace velkého kosmického teleskopu nenacházela kupodivu velkou odezvu mezi astronomy. Důvodem k tomu byla skutečnost, že se v té době podařilo použitím pozemských teleskopů objevit pozoruhodné kosmické objekty jako jsou quasary a pulsary a řada astronomů dávala přednost pozorování těchto objektů před organizační prací, potřebnou k realizaci takového projektu. Teprve později nastala příznivější situace. V roce 1975 vytvořila NASA společnou pracovní skupinu s evropskou kosmickou agenturou ESA. Další studie v období 1975–76 již byly konkrétnější. NASA z finančních důvodů snížila průměr zrcadla ze 3 m na 2,4 m. Kromě toho byl teleskop pojmenován podle amerického astronoma Edwina P. Hubbleho, který zjistil, že se vzdálené galaxie od nás vzdalují rychlostí úměrnou jejich vzdálenosti. Až v roce 1977 zařadila NASA program HST (Hubble Space Telescope) do svého návrhu rozpočtu a nakonec v roce 1978 byla získána první finanční podpora. V roce 1977 také došlo k dohodě mezi organizacemi NASA a ESA o spolupráci na tomto projektu a evropští astronomové tak získali k dispozici 15 % pozorovacího času.

Základ HST tvoří optická soustava konkávního primárního zrcadla o průměru 2,4 m a menšího konvexního sekundárního zrcadla o průměru 0,3 m, umístěného ve vzdálenosti 4,6 m před primárním zrcadlem [1, 2]. Obě zrcadla mají hyperbolické reflexní plochy. Světlo dopadající na primární zrcadlo je odrazeno na sekundární zrcadlo, které jej dále odráží otvorem o průměru 60 cm v centru primárního zrcadla do ohniska asi 1,5 m za odrazivou plochou primárního zrcadla. Jde o Ritchey-Chrétienův typ Cassegrainova optického systému. Tubus teleskopu začíná ještě 3 m před sekundárním zrcadlem, aby byl optický systém dobře chráněn před bočním slunečním zářením a odraženým zářením od Země a Měsíce. Přesnost vybroušení zrcadel se neměla od jejich ideálního povrchu odchylovat o více než 10 nm. Pro výrobu zrcadel bylo použito křemenného skla s příměsí Ti s nízkou tepelnou roztažností. Povrch zrcadel je pokryt vrstvou

Al o tloušťce 0,065 mikrometrů, která je chráněna proti oxidaci vrstvičkou  $MgF_2$  o tloušťce 0,025 mikrometrů. Pro snížení hmotnosti zrcadla je čelní a zadní stěna zrcadla vybroušena na voštinové konstrukci. Hmotnost primárního zrcadla činí 829 kg. Obě zrcadla jsou udržována na konstantní teplotě. Sekundární zrcadlo lze dále posunovat, aby bylo možné dokonale zaostřit obraz v ohnisku.

Teleskop o celkové hmotnosti kolem 11 000 kg má délku 13,2 m a průměr 4,2 m (obr. 1). Vědecké přístroje jsou umístěny ve vyměnitelných boxech za primárním zrcadlem. Čtyři přístroje jsou umístěny paralelně s optickou osou. Jde o UV – VIS spektrograf slabých objektů FOS (Faint-Object Spectrograph). Určuje rozložení prvků v galaxiích, jejich jádrech a měří chemické složení komet před jejich přiletem ke Slunci. Spektrograf s vysokým rozlišením HRS (High-Resolution Spectrograph) doplňuje předchozí přístroj a sleduje ultrafialové záření v té oblasti spektra, pohlcované atmosférou. Vysokorychlostní fotometr HSP (High-Speed Photometer) je určen pro sledování rychle pulzujících systémů jako jsou proměnné hvězdy, či binární systémy. Slouží ke kalibraci slabého záření hvězdných objektů. Dále studuje zodiakální světlo (jde o sluneční světlo rozptýlené na prachu ve sluneční soustavě) v rovině ekliptiky. Kameru pro sledování slabých objektů FOC (Faint-Object Camera) dodala organizace ESA. Má sledovat zejména hvězdy o jasnosti mezi 24 a 28 magnitudou (lidské oko rozlišuje nejslabší objekty o magnitudě (hvězdné velikosti) 6, jasné hvězdy mají magnitudu 1, planeta Venuše – 4). Jejím úkolem je měření zejména záření extragalaktických hvězd, hledání binárních hvězdných systémů, extrasolárních planet a proměnných hvězd. Expoziční doby pro některé slabé objekty mohou dosáhnout až 10 hodin. Poslední přístroj, širokoúhlá planetární kamera WFPC (Wide-Field/Planetary Camera), je umístěna kolmo na optickou osu HST. Pracuje buď s ohniskovou vzdáleností,



Obr. 1 Schématický řez Hubbleovým kosmickým teleskopem

dovolující sledovat vzdálené vesmírné objekty nebo může sledovat planety naší sluneční soustavy (s výjimkou Merkuru, který je příliš blízko Slunce). Je určena jednak pro řešení kosmologických otázek, jako je určování kosmických vzdáleností, studium vývoje vesmíru (porovnávání blízkých a vzdálených galaxií), studium populace hvězd, vznik hvězd, hledání planet kolem blízkých hvězd a dále pro pozorování objektů naší sluneční soustavy. Tyto přístroje, tak jak jsme je zde vyjmenovali, byly na HST umístěny podle původního projektu a v tomto složení pracovaly první dva roky činnosti HST.

Stabilizace HST byla navržena tak, aby dovolila udržet orientaci optické osy s přesností 0,01 úhlové vteřiny po dobu kolem 10 hodin. Proto je HST vybaven sadou tří hlavních a tří záložních silových setrvačnic, které rotují stejnou úhlovou rychlostí kolem tří na sebe kolmých os (rotuje-li jeden ze setrvačnic rychleji, celý teleskop se natáčí podél osy rotace setrvačnic na opačnou stranu). Elektrická energie pro celý HST je generována panely slunečních článků, které dodala organizace ESA.

Při zahájení projektu v roce 1977 se předpokládalo, že teleskop bude postaven a připraven ke startu v roce 1983. Cena projektu HST se tehdy odhadovala na 572 mil. USD. Z technických a finančních důvodů na americké straně však docházelo k postupným skluzům a datum startu tak bylo asi pětikrát odloženo a to až na říjen 1986. Cena projektu se vyšplhala až na trojnásobek počátečního odhadu. Další komplikací byla havárie raketoplánu Challenger v lednu 1986, která způsobila přerušení letů raketoplánů na více než dva a půl roku. S takovým odkladem se ovšem nepočítalo a vznikly obavy, že na vysoké oběžné dráze kolem Země ve výšce 600 km panely slunečních článků, dodané organizací ESA, se rychleji poškodí vlivem atomárního kyslíku. Očekávalo se, že se v té době začne sluneční aktivita přibližovat ke svému maximumu a koncentrace atomárního kyslíku poroste. Atomární kyslík by mohl zkorodovat stříbrné propojení mezi jednotlivými slunečními články. Panely s články byly tedy sňaty a odeslány do Evropy ke zdokonalení a po třech letech, počátkem roku 1989, byly namontovány na HST.

Pro řízení vývoje HST a pro koordinaci vědecké práce tohoto rozsáhlého projektu zřídila NASA v roce 1981 Ústav pro kosmický teleskop (Space Telescope Science Institute). Tento ústav s asi 200 pracovníky (z toho 35 vědeckých pracovníků) těsně spolupracuje s řídícím střediskem HST v Goddardově letovém středisku NASA.

## 2. ZAHÁJENÍ ČINNOSTI HUBBLEOVA KOSMICKÉHO TELESKOPU

Raketoplán Discovery s HST na palubě konečně vzlétl 24. 4. 1990 a úspěšně jej dopravil na kruhovou dráhu ve výšce 612 - 620 km a se sklonem 28,5°. Po umístění na dráze plánovala NASA asi sedm měsíců na prozkoušení všech systémů teleskopu. Při těchto zkouškách se objevily problémy se zaostřováním teleskopu a získané výsledné rozlišení bylo pouhých 0,7 úhlové vteřiny místo očekávané 0,1 úhlové vteřiny. Nejprve se předpokládalo, že jde jen o nějaký technický problém se zaostřováním. Když však technici v pozemním středisku snímali vybraný objekt při šesti pozicích sekundárního zrcadla s cílem získat nejlepší zaostření, zjistili, že se daří fokusovat buď světlo odražené centrální částí primárního zrcadla a nebo světlo odražené okrajovou částí zrcadla. Buď se tedy zaostří světelný svazek z okrajové části a svazek z centrální části zůstává rozostřený nebo naopak. Zkušební výsledky tak ukázaly smutnou skutečnost, že jde o chybné vybroušení zrcadla - sférickou aberaci. HST s touto vadou nedosáhl lepšího rozlišení, než pozemské teleskopy [3,4]. Toto konstatování pochopitelně vyvolalo rozčarování i v americkém kongresu, a tak byla vytvořena vyšetřovací komise, vedená L. Allenem, tehdejšími ředitelem Laboratoře tryskových pohonů JPL v Kalifornii. Již 27. listopadu 1990 publikovala komise svou zprávu [5] s vysvětlením příčin, proč došlo při broušení zrcadla k chybě. Broušení zrcadla s hyperbolickou plochou je náročnější než broušení sférického konkávního zrcadla. U sférického zrcadla stačí umístit bodový světelný zdroj do požadovaného středu křivosti a brousit tak dlouho, až je veškeré světlo

bodového zdroje odraženo zpět ke zdroji. V případě hyperbolické plochy je třeba používat optickou soustavu, tzv. nulový korektor. Laserový paprsek prošlý nulovým korektorem je rozptýlen na celou plochu částečně vyleštěného primárního zrcadla a odtud se odráží do interferometru. porovnávajícím vyslaný a odražený paprsek. Zrcadlo se leští tak dlouho, až je výsledný interferogram pravidelný a všechny nepravidelnosti jsou leštěním odstraněny.

V případě HST byla výroba primárního zrcadla svěřena společnosti Perkin-Elmer, neboť se předpokládalo, že společnost má dost zkušeností zvládnout jeho výrobu. Společnost použila k dokončovacím pracím tzv. reflektivní nulový korektor, tvořený dvěma sférickými zrcadly (interferometr) a objektivem promítajícím laserový paprsek na plochu zrcadla. Vzhledem k tomu, že se vyšetřovací komisi podařilo získat nulový korektor, použitý při výrobě zrcadla přesně v konfiguraci, v jaké byl používán, nebyl problém zjistit, že při nastavování nulového korektoru došlo k chybnému nastavení čočky v objektivu. Díky této chybě v nastavení nulového korektoru se stalo to, že primární zrcadlo bylo na vnějším okraji oproti požadovanému tvaru o 2 mikrometry plošší. Komise konstatovala, že takové chyby se mohou stát, ale co se nemělo stát, byl nedostatek kontrolních mechanismů možných chyb. Proto se stalo, že chybně nastavený nulový korektor byl prohlášen za tzv. „certifikovaný“ a navíc optický tým firmy Perkin-Elmer zanedbával i další varování znamenající, takže nakonec bylo vadné zrcadlo vyneseno na oběžnou dráhu.

První indikace chyby nastavení se objevila při testu nastavení reflektivního nulového korektoru pomocí tzv. inverzního nulového korektoru, kdy se zjistilo, že interferometrický vzor je typický pro sférickou aberaci. Přesto vedení výrobního týmu zrcadla firmy Perkin-Elmer usoudilo, že tomuto testu nemusí přikládat přílišný význam. O použitím inverzním nulovém korektoru bylo známo, že nebyl dokonale přesný, a tak dali přednost „certifikovanému“ nulovému korektoru. Poslední pozemské varování se objevilo po dokončení primárního zrcadla. Tehdy optici kontrolovali celkovou kvalitu povrchu primárního zrcadla ještě jiným typem nulového korektoru, tzv. refraktivním nulovým korektorem, který používal čoček místo sférických zrcadel. Tehdy byl získán interferogram, který dostala vyšetřovací komise z archivu firmy a který přímo ukazoval, že zrcadlo bylo chybně vybroušeno a že má sférickou vadu. Vedení firmy tento test opět nevzalo v úvahu s odůvodněním, že refraktivní nulový korektor není tak dobrý, jako je ten „certifikovaný“. Ovšem refraktivní nulový korektor byl přesný.

Stejný díl viny padá i na hlavu organizace NASA. Její vedoucí manažeři podlehlí tlaku zvyšujících se nákladů na projekt HST, a tak zanedbali i vlastní systém kontroly kvality při převímce optické soustavy HST. Zkouška kompletní optické soustavy HST nebyla vůbec provedena. Na vině bylo jednak snížení rozpočtu NASA na zkoušení nových přístrojů v polovině osmdesátých let a dále i to, že civilní pracovníci NASA nezískali povolení ke vstupu do zkušební laboratoře pro testování optických soustav zpravodajských družic Letectva USA.

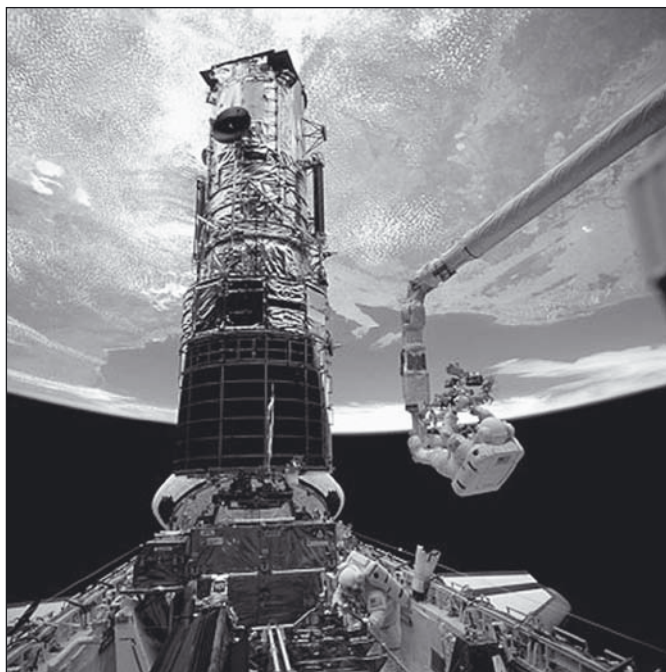
Důkladné zkoušky HST probíhaly tedy až na oběžné dráze. Některé pořízené snímky, například planet sluneční soustavy, se daří částečně vylepšit počítačovou korekcí sférické aberace. V optimističtějším duchu je tak napsána informace o dvouleté činnosti HST [3]. Přesto varuje před přílišným spoléháním na počítačové vylepšování snímků, neboť tato procedura může vést i k zavedení artefaktů, což pak následně komplikuje interpretaci snímků.

Ovšem v průběhu zkoušek HST na oběžné dráze se projeví další technické problémy. Nejzávažnější potíž byla s panely slunečních článků. Když HST vstupoval a vystupoval během své 97 minutové oběžné doby ze zemského stínu, náhlá změna teploty způsobovala rozkmitání panelů. Výchylky konců panelů dosahovaly až 30 cm. To narušovalo stabilní orientaci teleskopu a vylučovalo dlouhodobé až desetihodinové expozice vzdálených slabých objektů. Kromě toho docházelo k degradaci silových setrvačnic, nutných pro udržení orientace teleskopu. Po dvou letech selhaly dva z šesti setrvačnic a stav třetího setrvačnic vyvolával obavy.

Již po zjištění sférické chyby primárního zrcadla bylo zřejmé, že bude nutné s optikou HST něco udělat. Koncem roku 1991 obdržela firma Ball Aerospace Corp. z Colorada od organizace NASA kontrakt ve výši 30,4 mil. USD na výrobu korektivního optického modulu COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement) s dodáním k 1. dubnu 1993. Bylo rozhodnuto, že tato optická soustava COSTAR bude na HST dopravena při prvním servisním letu a bude vložena na místo vysokorychlostního fotometru, který bude obětován. COSTAR bude korigovat sférickou aberaci pro tři přístroje HST, uložené rovnoběžně s optickou osou teleskopu. Při této příležitosti se naplánovala i výměna širokoúhlé a planetární kamery, umístěné kolmo na optickou osu, která dostala vlastní korekční optiku. Pro budoucnost se předpokládalo, že si každý nový přístroj, který bude vyměněn, ponese vlastní korekční systém. Je to z toho důvodu, že každý přístroj pracuje ve vlastním užším pásmu vlnových délek spektra a lze tak snáze vybrat optimální materiál korekčních čoček s minimálním útlumem v dané oblasti spektra.

### 3. SERVISNÍ MISE K HST

K prvnímu servisnímu letu SM1 (Service Mission 1) k HST odstartoval raketoplán Endeavour dne 2. 12. 1993. Při tomto letu (obr. 2) se úspěšně podařilo namontovat modul COSTAR, vyměnit širokoúhlou planetární kameru za dokonalejší WFPC č. 2, nahradit problémové panely se slunečními články za méně deformovatelné v teplotním gradientu a nainstalovat nové silové setrvačnický. Dále byly při servisní misi provedeny i drobné opravy elektroinstalace. První servisní mise k HST byla skutečně úspěšná, neboť se zdařilo korigovat sférickou aberaci primárního zrcadla. V souvislosti s problémem primárního zrcadla je dobré podotknout, že souběžně s primárním zrcadlem vyráběla firma Eastman Kodak Co. záložní zrcadlo, které bylo dohotoveno v roce 1980 a které díky použití spíše tradičních výrobních metod nemělo žádnou optickou vadu. Toto záložní zrcadlo se ukázalo být velmi cenným pro pochopení, co se vlastně stalo s primárním zrcadlem a pomohlo tak k navržení korekční optiky COSTAR. Ovšem od roku 1993 leželo záložní zrcadlo ve skladu a nemělo žádné použití. Přesto se na něj úplně nezapomnělo a v současné době jej mohou návštěvníci Národního muzea letectví a kosmonautiky NASM ve Washingtonu D. C. shlédnout jako součást nové expozice muzea „Zkoumejte vesmír“ (Explore the Universe).



Obr. 2 První servisní mise k HST v prosinci 1993

V únoru 1997 odstartoval k HST raketoplán Discovery, aby zde jeho posádka provedla druhou servisní misi (SM2). Během desetidenního letu byly namontovány dva nové přístroje, které nahradily spektrograf s vysokým rozlišením a spektrograf slabých objektů. Tyto nové přístroje jsou infračervený spektrometr NICMOS (Near-Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) pro sledování vesmírných objektů v infračervené oblasti spektra a zobrazující spektrograf STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph) pro detailní sledování kosmických objektů a zejména vyhledávání černých děr. Oba přístroje mají optiku, korigovanou na optickou vadu primárního zrcadla. Kromě toho bylo vyměněno čidlo pro jemnou orientaci HST, sloužící pro přesné zaměřování HST na kosmický objekt. Též byl vyměněn jeden z původních záznamníků vědeckých dat za modernější pevný disk. Kromě toho byla na HST namontována náhradní sada silových setrvačnicků.

Dne 19. 12. 1999 opět odstartoval raketoplán Discovery k první části servisní mise 3, tzv. servisní misi 3A (SM3A). Cílem šestidenního letu bylo nutné opět vyměnit silové stabilizační setrvačnický. Dne 13. 12. 1999 totiž selhal čtvrtý silový setrvačnický a tak HST přešel do nouzového režimu, neboť se dvěma silovými setrvačnický nelze přesně udržovat v jeho zorném poli pozorovaný objekt. Pozemní kontrola uzavřela vstupní poklop objektivu dalekohledu, aby nedošlo k náhodnému poškození citlivých CCD prvků optiky HST a panely se slunečními články byly orientovány tak, aby byl zajištěn dostatečný elektrický příkon.

Posádka raketoplánu Discovery po příletu k HST vyměnila všech šest silových setrvačnicků. Dále bylo vyměněno další čidlo pro jemnou orientaci. Byl nahrazen centrální počítač HST za modernější, dodány další paměti pro záznam dat, došlo k výměně elektroniky a akumulátorů.

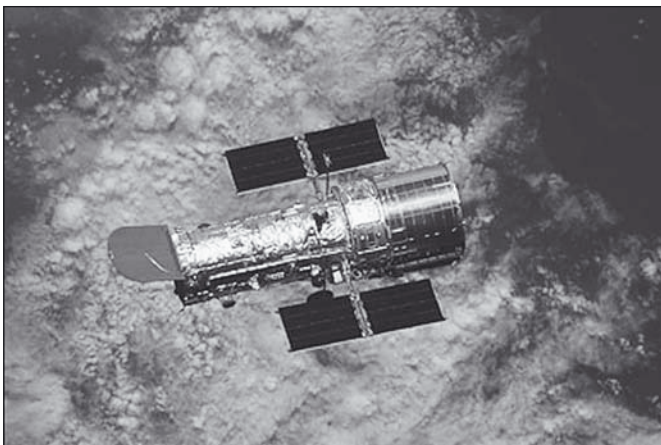
Z dosavadního průběhu letu je vidět, že problémy se silovými setrvačnický byly časté. Specialisté NASA, kteří studovali tento problém zjistili, že výrobní proces, použitý při výrobě setrvačnicků, vede na oběžné dráze ke korozi vodičů, které přenáší signály mezi gyroskopy a řídicím počítačem. Tato koroze je příčinou snížené životnosti gyroskopického systému. Proto byl změněn výrobní postup a vodiče budou ještě pokryty izolací, omezující korozní problémy.

Tato změna měla prodloužit životnost setrvačnicků až na 7 let. Ve skutečnosti však životnost setrvačnicků nikdy nedosáhla této doby.

Dne 10. 1. 2000 obnovil Hubbleův kosmický teleskop svá pozorování. V tomto roce byl HST již deset let v činnosti. Při té příležitosti bylo zveřejněno několik statistických údajů: za deset let oběhl HST Zemi na 58 400krát a získal na 300 000 snímků asi 14 000 kosmických objektů. Celkem na konstrukci, vypuštění a údržbu HST bylo vynaloženo 4,2 mld USD (jen SM1 s cílem korigovat sférickou aberaci HST stála asi 1 mld. USD). Roční provoz HST stojí organizace NASA a ESA 200 mil. USD bez započtení servisních misí raketoplánu. Jako připomínku desátého výročí práce HST vydala poštovní služba Spojených států pět nových pamětních známek s reprodukcemi fotografií mlhovin, které HST získal v průběhu své dosavadní činnosti.

Druhá část servisní mise 3, tj. SM3B, byla zahájena dne 1. 3. 2002 startem raketoplánu Columbia. Hlavním úkolem této servisní mise byla montáž dokonalejší přehledové kamery ACS (Advanced Camera for Survey), která nahradila kameru pro sledování slabých objektů. Byly též vyměněny panely se slunečními články a celý systém distribuce elektrické energie. Pro infračervený spektrometr NICMOS byl instalován nový chladičový systém. Původně byla jeho čidla umístěna v kontejneru, chlazeném tuhým dusíkem, jehož zásoba měla vydržet 4 roky. Dusík se však odpařoval asi 2× rychleji než se předpokládalo a tak od ledna 1999 byl přístroj mimo provoz. Aby se tato situace neopakovala, NASA spolu s USAF navrhla nový mechanický chladičový systém, který pracuje podobně jako domácí lednice. Expanzně vychlazený plynný neon je miniaturními turbinami o vysokých otáčkách (aby nedocházelo ke kmitům HST) proháněn kolem infračervených čidel, která jsou tak udržována na provozní teplotě kolem 77 °K.

Po provedení servisních oprav a po uvolnění Hubbleova kosmického teleskopu z raketoplánu Columbia dne 9. 3. 2002 byly asi tři týdny prováděny zkoušky HST na oběžné dráze. Po jejich ukončení byl HST prohlášen za provozuschopný. Kalibrace jednotlivých přístrojů však trvala do začátku května. Nové panely slunečních článků (obr. 3) dodávají o 27 % více elektrické energie než předchozí, což zhruba zdvojnásobilo elektrický příkon k vědeckým přístrojům. Zdokonalená přehledová kamera ACS také dodávala kalibrační snímky vybraných hvězd ve velice dobré kvalitě a počátkem května byla připravena k práci. Kamera je mnohem citlivější než největší pozemské teleskopy, obraz pozorovaného objektu je zachycován 16 mil. obrazových elementů (pro srovnání digitální snímek typické spotřebitelské kamery obsahuje 3 – 5 mil. obrazových elementů). Porovnání kalibračních snímků spirální galaxie UGC 10214 ve vzdálenosti 420 mil. světelných let v souhvězdí Draka, pořízených kamerou ACS a širokoúhloú planetární kamerou 2 ukazuje, že ACS má oproti širokoúhlé a planetární kameře č. 2 dvojnásobnou rozlišitelnost a pětinašobnou citlivost.



Obr. 3 Celkový pohled na HST

Chladicí zařízení spektrometru NICMOS bylo spuštěno dne 18. 3. 2002. Spektrometr NICMOS se sice vychlazoval déle, než se čekalo, ale 11. 4. 2002 se čidla konečně ochladila na provozní teplotu 77 °K. Dne 19. 4. 2002 byl přístroj zkušebně zapnut. Nejprve byl studován okraj prachového disku jádra galaxie NGC 4013. V infračervené oblasti spektra bylo možné v prachovém disku kolem jádra galaxie rozeznat prstenec hvězd o poloměru asi 720 světelných let. Podobně v prachových oblacích Kuželové mlhoviny NGC 2264 bylo možné pozorovat detaily prachové struktury různých hustot a teplot, ve kterých dochází ke vzniku hvězd. Astronomové si tak pochvalovali možnost znovu využívat tento přístroj, jehož pomocí lze vidět detaily, nepřístupné pozorováním na vlnových délkách viditelného spektra.

Na rok 2004 byla předběžně plánována další servisní mise k HST, která by měla dalekohled udržet v provozu až do roku 2010. Podle plánů NASA by měl být HST v roce 2010 nahrazen novým teleskopem, nazvaným podle bývalého generálního ředitele NASA Jamese Webba.

Všechny plány ovšem změnila havárie raketoplánu Columbia při přistání dne 1. 2. 2003. K havárii došlo v důsledku poškození dlaždic tepelné ochrany raketoplánu úlomkem izolace hlavní nádrže, která odpadla při startu. Jedním ze závěrů komise pro vyšetřování havárie raketoplánu Columbia (CAIB) bylo konstatování, že každý let raketoplánu je nebezpečný, neboť jde stále o experimentální kosmický dopravní prostředek, který po každém letu vyžaduje komplexní inspekci. Pro lety mimo Mezinárodní kosmickou stanici vyžaduje CAIB, aby NASA zajistila kapacity a možnosti autonomní opravy na oběžné dráze. Proto v lednu 2004 oznámil generální ředitel organizace NASA O'Keefe pracovníkům Goddardova letového střediska, že ruší 4. servisní misi k HST. Zrušení mise znamenalo, že jednak na HST nebude namontována nová kamera s širokým zorným polem a spektrograf, které již byly vyrobeny a dále mohou selhat stárnoucí stabilizační gyroskopy. V tom případě se tak HST stane nepoužitelný. Bez servisní mise se odhaduje životnost HST tak do roku 2007, neboť ze 6 gyroskopů jsou 4 operační (pro činnost HST jsou nutné nejméně 3 gyroskopy).

Rozhodnutí o zrušení 4. servisní mise bylo učiněno bez konzultace s vědci, používajícími HST a vyvolalo v jejich řadách zděšení. Zřejmě na jejich intervenci napsala senátorka Barbara Mikulski generálnímu řediteli NASA dopis, ve kterém ho žádala o to, aby ještě jednou zvážil celou situaci kolem servisní mise 4 k HST. Než však došlo k nějakému dalšímu rozhodnutí v této záležitosti, byl v dubnu 2005 O'Keefe nahrazen novým generálním ředitelem NASA M. Griffinem. Nový generální ředitel nevyloučil možnost obnovení příprav ke 4. servisní misi, ale vše bude záležet na tom, zda se ukáže, že problémy s odpadáváním izolace nádrže raketoplánu za letu budou při dalším zkušebním letu raketoplánu Discovery odstraněny. Při startu Discovery dne 26. 7. 2005 (obnovení letů raketoplánů po havárii Columbie) totiž opět kus izolace nádrže odpadl.

Při čtvrté servisní misi by se měl vyměnit optický modul COSTAR za ultrafialový spektrograf COS (Cosmic Origin Spectrograf). Korekční optický modul již není potřeba, neboť všechny vyměněné přístroje již mají vlastní korekční optiku. Měla by být zejména namontována nová kamera se širokým zorným polem a s vysokým rozlišením v oblasti spektra od ultrafialových do blízkých infračervených vlnových délek. Měl by se též opravit zobrazující spektrograf STIS, který přestal pracovat v roce 2004 pro poruchu dodávky elektrické energie. Ke znovuvvedení přístroje do provozu stačí vyměnit elektronickou desku. Další úpravy by se měly týkat zdokonalení technického stavu HST, jako montáž nových akumulátorů, gyroskopů do orientačního systému nebo čidel pro jemnou orientaci.

Když by se podařilo uskutečnit čtvrtou servisní misi v roce 2008, životnost HST by se prodloužila až do roku 2013. Tím by se tak snad zajistila určitá návaznost vědecké činnosti do doby, kdy snad bude operační nový Webbův kosmický teleskop. Kdy ovšem bude Webbův kosmický teleskop operační se v současnosti nedá odhadnout, neboť dochází ke skluzům v realizaci zejména vědeckých programů NASA vzhledem k jejím novým prioritám, mezi které patří i návrat na Měsíc.

Současné aktuální informace o HST lze sledovat např. na internetové adrese [6].

(Dokončení článku v č. 6/06)



## Světlotěsné boxy pro mikrofotografická zařízení Zeiss

*V práci je předložen vyzkoušený postup k odstranění netěsností starších typů nasazovacích mikrofotografických zařízení Carl Zeiss Jena. Jedná se o tři typy světlotěsných boxů vhodných pro mikrofotografická zařízení s vysunovatelným zaostřovacím hranolem (typ číslo 1), s pevným zaostřovacím hranolem (typ číslo 2) a speciální mikrofotografické zařízení pro mikroskop Zeiss Fluoval 2 s pevně zabudovaným fotookulárem v trinokulárním tubusu se zaostřovacím dioptricky nastavitelným okulárem (typ číslo 3). V práci jsou uvedeny příklady použití světlotěsných boxů při fotografování mikroorganismů.*

**Klíčová slova:** Optická mikroskopie, mikrofotografie, světlotěsné boxy, Carl Zeiss Jena, aplikace v biologii

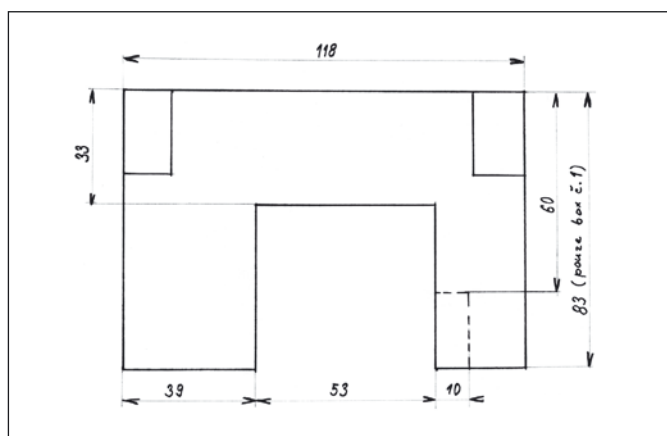
### 1. ÚVOD

Ve srovnání s digitální mikrofotografií je v současné době analogová mikrofotografie užívaná při studiu mikroorganismů poněkud v pozadí zájmu. Nicméně se stále ještě v laboratořích používají starší nasazovací mikrofotografická zařízení firmy Carl Zeiss Jena, jež sestávají ze zaostřovacího systému, kruhové (centrální) závěrky a zařízení k převýjení filmu, popřípadě k měření expozice [1, 2, 3]. Při dlouhodobém používání těchto zařízení se můžeme někdy setkat s drobnými netěsnostmi filmové komory pro světlo. To se projeví jedním až několika příčnými světlými pruhy na vyvolaném pásu filmu a tudíž i zničením několika záběrů (vyfotografovaných políček filmu). U novějších mikrofotografických zařízení se podobné problémy nevyskytují [4, 5], což vyplývá z jejich krátké doby používání. U našeho zařízení se tato závada vyskytla až po době používání přesahující 30 let.

Problémům s netěsnostmi tělesa fotoaparátu lze snadno předejít námi navrženým ochranným světlotěsným boxem (krytem) komory použitého fotoaparátu, jehož konstrukce a výroba je předmětem tohoto sdělení.

### 2. KONSTRUKCE A VÝROBA SVĚTLOTĚSNÝCH BOXŮ

Pro bezproblémové fotografování objektů v mikroskopu předkládáme návrh tří typů světlotěsných boxů, jež se liší pouze výškou v závislosti na použitém zaostřovacím zařízení. Typ č. 1, který je nejvyšší (výška boxu 83 mm), je vhodný pro mikrofotografické zařízení



Obr. 1 Náčrt přední strany světlotěsného boxu č. 1 (udává vnitřní rozměry boxu). Část přední stěny ohraničená přerušovanou čarou je z černého plátna pro usnadnění montáže drátěné spouště fotoaparátu. V horní části přední strany boxu jsou přilepeny dva závěsy z černého plátna pro držení černé záclony s otvorem pro páku posuvu filmu (záclona na dřevěné tyčce není zakreslena). Šířka boxu 75 mm je stejná pro všechny tři typy. Rozměry boxu jsou udány v mm.

s vysunovatelným zaostřovacím hranolem a s fotočlánkem pro měření světla (mikroskopy Zeiss Jenalumar, Amplival Interphako a jiné typy). Typ č. 2 je středně vysoký (90 mm), je vhodný pro zařízení s pevným zaostřovacím hranolem (např. mikroskopy Zeiss NfpK a ev. i jiné typy). Typ č. 3, který je nejvyšší (100 mm), je vhodný pro zařízení se zaostřovacím systémem s dioptricky nastavitelným zaostřovacím okulárem ve speciální trinokulární hlavici s pevně namontovaným fotookulárem (pouze mikroskop Zeiss Fluoval 2). Všechny tři typy jsou rozměrově stejné (šířka boxu 75 mm je stejná pro všechny typy) a liší se pouze výškou. Základním modelem je typ č. 1, jehož výška činí 83 mm, délka 118 mm a šířka 75 mm (rozměry vnitřního prostoru krytu). V přední stěně je výřez od spodní strany boxu (obr. 1) překrytý tmavou látkou s vodorovným otvorem pro páku posuvu filmu a se svislým zářezem pro drátěnou spoušť.

Všechny tři typy světlotěsných boxů jsou zhotoveny z tvrdého papíru tloušťky 3 mm, jenž je uvnitř vylepen antireflexním černým papírem. Na pravé straně je část tohoto tvrdého papíru nahrazena černým plátnem, které se může ohnout do pravého úhlu za účelem vložení drátěné spouště.

### 3. ZAŘÍZENÍ POUŽITÁ PRO MIKROSKOPII A MIKROFOTOGRAFII

Pro vyzkoušení námi navržených světlotěsných boxů jsme použili tyto mikroskopy (různé kombinace mikroskopů s mikrofotografickými zařízeními a odpovídajícími typy světlotěsných boxů):

- Mikroskop Zeiss Amplival Interphako v sestavě pro variabilní fázový kontrast s mikrofotografickým zařízením Zeiss s vysunovatelným hranolem a měřením světla s využitím zrcadlového galvanoměru nebo univerzálního voltmetru Tesla BM 388 v kombinaci s odpovídajícím světlotěsným boxem č. 1.
- Mikroskop Zeiss fluorescenční Jenalumar s mikrofotografickým zařízením Zeiss s vysunovatelným hranolem v kombinaci se světlotěsným boxem č. 1.
- Mikroskop Zeiss NfpK<sub>2</sub> s mikrofotografickým zařízením Zeiss s pevným hranolem v kombinaci s odpovídajícím světlotěsným boxem č. 2.
- Mikroskop Meopta C 36 Bi s mikrofotografickým zařízením Zeiss s pevným hranolem v kombinaci s odpovídajícím světlotěsným boxem č. 2. Zdrojem světla byla oblouková lampa Zeiss s ruční regulací posuvu uhlíků s kvyetou naplněnou 3% CuSO<sub>4</sub> a sadou filtrů pro fluorescenci v modrém světle (Zeiss BG 12/2, BG 12/2, GG 13/2 a bariérový OG 1).
- Mikroskop Zeiss fluorescenční Fluoval 2 s mikrofotografickým zařízením Zeiss se zaostřovacím systémem s dioptricky nastavitelným okulárem ve speciální trinokulární hlavici s pevně zabudovaným fotookulárem Zeiss MF Projektiv K 3,2 : 1 v kombinaci s odpovídajícím světlotěsným boxem č. 3.

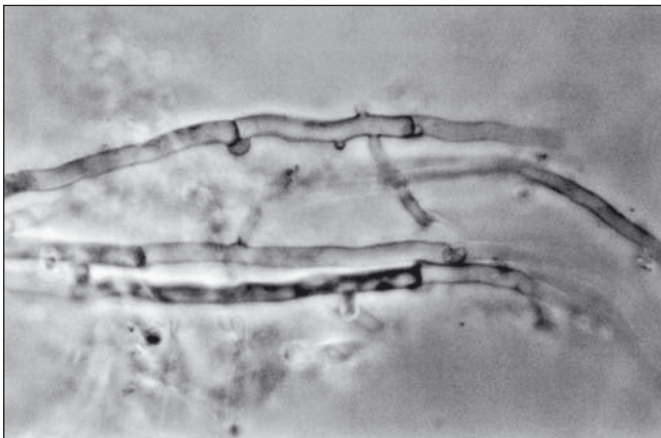
Ve všech mikrofotografických zařízeních jsme používali filmy Kodak o citlivosti 200 ASA (pro světlé pole a fázový kontrast) nebo 400 ASA (pro fluorescenční mikroskopii).

#### 4. MIKROSKOPICKÉ OBJEKTY

V optických mikroskopech Zeiss a Meopta jsme studovali a fotografovali různé mikrobiologické objekty ze tří typů prostředí: (1) dřevokazné houby kultivované v laboratoři na oddělení ekologie Mikrobiologického ústavu AV ČR, (2) dřevokazné houby sebrané v Krčském lese a (3) řasy a jiné mikroorganismy žijící v rybníku na okraji obce Sýkořice na Křivoklátsku. Všechny objekty byly pozorované ve vodě nebo v kultivační tekutině za živa (nefixované) přikryté krycím sklíčkem. Z dřevokazných hub jsme studovali hlívu ústříčnou *Pleurotus ostreatus* (*Basidiomycetes, Agaricales*), březovník obecný *Piptoporus betulinus* (*Basidiomycetes, Polyporales*) a troudnatce kopytovitého *Fomes fomentarius* (*Basidiomycetes, Polyporales*). Z řas jsme studovali zejména zelené dvojčátkovité řasy (krásivky) *Closterium moniliferum*, *Penium exiguum* (*Desmidiiales*) a kokální řasu *Sorastrum spinulosum* (*Chlorococcales*) a různé druhy vláknitých a spájitých řas.

#### 5. VÝSLEDKY POZOROVÁNÍ V MIKROSKOPECH A JEJICH SROVNÁNÍ

V mikroskopech Zeiss a Meopta jsme pozorovali a fotografovali různé mikroorganismy s využitím námi navržených tří typů světlotěsných boxů. Jako první příklad uvádíme na obr. 2 mycelium hlívy ústříčné *Pleurotus ostreatus* v pozitivním fázovém kontrastu na mikroskopu Zeiss Amplival Interphako s mikrofotografickým zařízením Zeiss s vysunovatelným zaostřovacím hranolem (světlotěsný box č. 1). Dobře jsou zobrazeny hyfové buňky rostoucí na tekuté půdě. Hyfy mají zřetelné přepážky s přezkami, což je charakteristické pro tento druh houby.



Obr. 2 Hyfy dřevokazné houby *Pleurotus ostreatus* (*Basidiomycetes, Agaricales*) v tekuté kultivační půdě pozorované a fotografované metodou pozitivního fázového kontrastu. Dobře jsou vidět přepážky s přezkami, jež jsou charakteristické pro tento druh houby (mikroskop Amplival Interphako Zeiss Jena s mikrofotografickým zařízením Zeiss s vysunovatelným zaostřovacím hranolem v kombinaci se světlotěsným boxem č. 1, objektiv Planachromat 40x/0,65, filtr FGB 4/2, expozice 2 s, celkové zvětšení 610x).

Jako druhý příklad uvádíme na obr. 3 dvojčátkovité řasy (krásivky) druhu *Closterium moniliferum* (rohlíčkovité buňky) a *Penium exiguum* v mikroskopu Meopta C 36 Bi s rovným fototubusem (mechanická délka tubusu 170 mm) a mikrofotografickým zařízením Zeiss s pevným zaostřovacím hranolem (světlotěsný box č. 2). Při modré excitaci září chloroplasty řas intenzivně červeně. Tuto autofluorescenci řas jsme zachytili při expozici 20 sekund.

Z dalších hub jsme fotografovali autofluorescenci březovníku obecného *Piptoporus betulinus* při modré excitaci v mikroskopu



Obr. 3 Řasy *Closterium moniliferum* (rohlíčkovité buňky) a *Penium exiguum* (*Chlorophyta, Desmidiiales*) v rybníční vodě (rybník v obci Sýkořice). Je dobře vidět autofluorescence chlorofylu v chloroplastech při modré excitaci (mikroskop Meopta C 36 Bi s rovným fototubusem a mikrofotografickým zařízením Zeiss s pevným zaostřovacím hranolem v kombinaci se světlotěsným boxem č. 2, objektiv 20x/0,45, filtry Zeiss BG 12/2, BG 12/2, GG 13/2, OG 1, oblouková lampa Zeiss, expozice 20 s, celkové zvětšení 490x).

Zeiss Fluoval 2 (světlotěsný box č. 3) a primární fluorescenci troudnatce kopytovitého *Fomes fomentarius* v mikroskopu Zeiss Jenalumar (světlotěsný box č. 1). V mikroskopu Zeiss NřpK<sub>2</sub> (světlotěsný box č. 2) jsme studovali a fotografovali řasy a prvoky v procházejícím světle ve světlém i temném poli. Tento světlotěsný box (typ č. 2) jsme také s úspěchem vyzkoušeli i u jiných mikroskopů, např. Lambda Praha s.r.o., dříve Meopta Praha (firma světově proslulá nově vyvinutým zařízením pro RCH- a ARC-mikroskopii dle českého vynálezu Ing. Z. Hostounského, CSc. [6, 7, 8, 9]) a Meopta Praha v kombinaci s mikrofotografickým zařízením Zeiss s pevným zaostřovacím hranolem a výsuvným mikrofotografickým tubusem nastaveným na mechanickou délku tubusu 160 mm, resp. 170 mm.

Porovnáme-li naše výsledky s výsledky jiných autorů, např. Černý [10], můžeme říci, že u hlívy ústříčné *Pleurotus ostreatus* jsme našli a fotografovali myceliální hyfy s přepážkami a přezkami podobně jako tento autor. Na rozdíl od něho jsme neviděli kyjovité basidie s basidiosporami, což je dáno charakterem kultivace. U dvojčátkovité řasy *Closterium moniliferum* jsme viděli morfologii stélky tak, jak to uvádějí Hindák *et al.* [11] a Sládeček a Sládečková [12], dále zužující se chloroplasty zobrazené Grahamem a Wilcoxem [13] a navíc i velmi silnou autofluorescenci těchto chloroplastů. Totéž platí i pro druhou námi studovanou a na obrázku zachycenou dvojčátkovitou řasu *Penium exiguum*.

#### 6. ZÁVĚRY

Námi navržené tři typy světlotěsných boxů vhodných pro mikrofotografická zařízení Zeiss (typ č. 1 pro zařízení s vysunovatelným zaostřovacím hranolem, typ č. 2 pro zařízení s pevným zaostřovacím hranolem a typ č. 3 pro speciální trinokulární hlavici mikroskopu Zeiss Fluoval 2) se nám osvědčila při používání s mikroskopy Zeiss, Meopta a Lambda. Od té doby nemáme problémy se vznikem světlých pruhů napříč ve filmu a tudíž i se ztrátou několika záběrů ani při dlouhodobém osazení mikrofotografické komory Zeiss filmem s vysokou citlivostí.

#### Poděkování

Autoři děkují paní knihařce Růženě Sedlákové z firmy Pegas - Josef Peiker, Neratovice za pečlivé zhotovení všech typů světlotěsných boxů.

Tato práce byla podpořena grantem 522/03/0187 (GAČR) a Institucionálním vědeckým konceptem č. AV OZ 50200510.

## Literatura

- [1] OTTO, L.: Durchlichtmikroskopie, Geräte und Verfahren, VEB Verlag Technik, Berlin 1959.
- [2] PAZOUREK, J.: Pracujeme s mikroskopem, SNTL, Praha 1961.
- [3] SCHLÜTER, W.: Mikroskopie für Lehrer und Naturfreunde, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1988.
- [4] KAPITZA, H. G.: Microscopy from the very beginning, Carl Zeiss, Oberkochen 1994.
- [5] PATTERSON, D. J.: Free-living freshwater Protozoa. A color guide, ASM Press, Washington D. C. 2003.
- [6] ŽIŽKA, Z., HOSTOUNSKÝ, Z., KÁLALOVÁ, S.: RCH-microscopy used in microbiological studies, Folia Microbiol., 44 (1999), s. 328 - 332.
- [7] ŽIŽKA, Z., HOSTOUNSKÝ, Z., KÁLALOVÁ, S.: Morphological details of microorganisms revealed by RCH-microscopy at high magnification - a ready-to-use adaptation of a light microscope, Folia Microbiol., 46 (2001), s. 495 - 503.
- [8] ŽIŽKA, Z., HOSTOUNSKÝ, Z., GABRIEL, J.: ARC-microscopy - a novel microscopic technique used in microbiological studies, Folia Microbiol., 48 (2003), s. 829 - 838.
- [9] ŽIŽKA, Z., HOSTOUNSKÝ, Z.: RCH- a ARC-mikroskopie - nové kontrastní metody, Jemná mechanika a optika, 7 - 8 (2004), s. 199 -201.
- [10] ČERNÝ, A.: Parazitické dřevokazné houby, SZeN, Praha 1989.
- [11] HINDÁK, F., KOMÁREK, J., MARVAN, P., RŮŽIČKA, J.: Klíč na určování výtrusných rastlín. 1. díl: Riasy, SPN, Bratislava 1975.
- [12] SLÁDEČEK, V., SLÁDEČKOVÁ, A.: Atlas vodních organismů se zřetelem na vodárenství, povrchové vody a čistírný odpadních vod. 1. díl: Destruenti a producenti, ČVTVHS, Praha 1996.
- [13] GRAHAM, L. E., WILCOX, L. W.: Algae, Prentice Hall, Upper Saddle River 2000.

RNDr. Zdeněk Žižka, DrSc., Mikrobiologický ústav Akademie věd ČR, Vídeňská 1083, 14220 Praha 4, tel.: 241062380, fax: 241 062 347, e-mail: zizka@biomed.cas.cz; RNDr. Jiří Gabriel, DrSc., Mikrobiologický ústav Akademie věd ČR, Vídeňská 1083, 14220 Praha 4, tel.: 241062315, fax: 241062396, e-mail: gabriel@biomed.cas.cz

## HUMUSOFT

Příznivcům produktů firmy The Math Works se prostřednictvím FIRMY Humusoft v měsíci březnu 2006 dostalo do rukou vydání pravidelného magazínu The Math Works & Notes.

V tomto zdařilém a informacemi překypujícím čísle lze najít zajímavé články o využití MATLABu a jeho nadstavby v medicíně, v automobilovém průmyslu, v komunikacích, v kosmických projektech, na akademické půdě a v dalších oblastech. Dozvědět se lze o nástrojích MATLABu pro distribuované výpočty o projektech zaměřených na digitální zpracování obrazu či bioinženýrství. Dosti prostoru je věnováno informacím o nových knihách a zajímavých produktech vytvořených na základě MATLABu partnerskými firmami.

Při této příležitosti HUMUSOFT informoval o některých odkazech týkajících se prostředí MATLAB a o dalších zajímavých produktech:

**Webinar** – webový seminář (on-line seminář) pořádaný firmou The Math Works. Cílem je seznámit zájemce s programovým prostředím MATLAB/Simulink a přiblížit řešení konkrétních úloh pomocí tohoto prostředí. Přehled připravovaných webinarů a archiv již uskutečněných prezentací najdete na: <http://humusoft.cz/matlab/seminar.htm>.

**Prezentace** – firma Humusoft aktivně prezentuje nástroje MATLABu po České republice a Slovensku na různých přednáškových akcích (konference, semináře, roadshow ...). Bližší informace najdete na: <http://humusoft.cz/seminare/index.htm>.

**Tématicky zaměřená školení** – školení pořádá firma Humusoft ve vlastním školicím středisku na adrese Pobřežní 20, Praha 8. Po domluvě je možné školení uspořádat i přímo u zájemce-objednavatele. Přehled jednotlivých školení, jejich termíny, ceny a tématické zaměření najdete na: <http://humusoft.cz/matlab/skoleni.htm>.

**COMSOL Multiphysics** (dříve FEMLAB) je určen k modelování a simulaci fyzikálních dějů popsaných parciálními diferenciálními rovnicemi s následným řešením úlohy metodou konečných prvků. S programem mohou pracovat vývojáři i vědeckí pracovníci

a díky široké nabídce funkcí pro zobrazování vypočtených výsledků je určen také vysokým i specializovaným středním školám. Novinkou poslední verze 3.2a je možnost práce pod 64bitovým operačním systémem Windows XP Professional x64 Edition, který podporuje 128 GB RAM a 16 terabytů virtuální paměti počítače. Uživatel má možnost řešit rozsáhlé úlohy s velkými nároky na využití vnitřní paměti s využitím přímých iteračních řešičů.

**COMSOL Script** je univerzální výpočetní prostředí, které obsahuje více než 500 matematických funkcí, s jejichž pomocí lze provádět operace s maticemi, řešit obyčejné diferenciální rovnice, vykreslovat vypočtená data atd. COMSOL Script slouží k modelování úlohy z příkazové řádky nebo k vytvoření obecné uživatelské aplikace. Díky vlastnímu programovacímu jazyku lze vytvářet předpřipravené úlohy, které mohou proces modelování automatizovat a zjednodušit. Stejně jako z MATLABu lze i z prostředí COMSOL Scriptu spouštět připravené M-soubory nebo funkce, kterými lze řešit zadané úlohy.

**Reaction Engineering Lab** je nový nástroj určený k modelování a simulaci chemických systémů. Po zadání chemického vzorce se automaticky nastaví materiálová a energetická bilance. Knihovna předdefinovaných výrazů pro termodynamické a transportní vlastnosti vytváří fyzikální popis reagujícího systému. Modul nabízí ideální prostředí pro virtuální experimenty s chemickou kinetikou. Reagující systém je možné snadno modifikovat, přidávat nebo ubírat reakční kroky, upravovat rovnice a pozorovat důsledky v modelu ideálního reaktoru. Výsledky lze snadno porovnávat s externími daty. Rovnice příslušného kinetického modelu jsou pak předány do Chemical Engineering Modulu, kde se v odpovídající geometrii modelu vyhodnotí chemické vlastnosti. Podrobnější informace o COMSOL Multiphysics a dalších produktech najdete na: [www.humusoft.cz/femlab/indexcz.htm](http://www.humusoft.cz/femlab/indexcz.htm).

Redakce

## Moderní způsoby řešení disperzních vlivů optických vláken

*V článku jsou popisovány možnosti snižování disperzních vlivů u datových přenosů jednovidovými optickými vlákny. Postupně jsou ukázány vlastnosti a výhody mikrostrukturních vláken s voštinovitým pláštěm. V druhé části je naopak ukázáno, jakým způsobem lze využít stávající optickou kabeláž k přenosům STM- 256. Moderní komunikace si žádají stále vyšší přenosové rychlosti a současná kabeláž není na nástup nových linkových standardů připravena. Dostatečným příkladem je infrastruktura pro velké přenosy videa.*

**Klíčová slova:** OPTICKÉ VLÁKNO, MIKROSTRUKTURA, POLARIZAČNÍ VIDOVÁ DISPERZE, PMD, DVOJLOM, OPTICKÁ KABELOVÁ TRASA, POTDR, MĚŘENÍ, PMD ANALYZER.

### ÚVOD

U optických komunikačních systémů tvoří disperze jeden z největších omezujících faktorů na dosah a kvalitu optického spoje. Zatímco disperzi vidovou lze velmi snadno odstranit použitím jednovidových vláken (libovolným z třídy B podle normy ČSN EN 60973-2-50:200), není kompenzace či úplné odstranění disperze chromatické a polarizační vidové prakticky možné. Známými postupy lze v současné době disperzi chromatickou vykompenzovat speciálními druhy vláken s posunutou disperzní charakteristikou do pásma 1550 nm (vlákna podtřídy B2), tato vlákna jsou však optimalizována pro přenos na jednom optickém kanálu. Nevýhodou tedy zůstávají nelineární jevy čtyřvlonného směšování při přenosu více spektrálních kanálů. Kvalitní multiplexní přenosy systémů DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) však vyžadují mnohem vyšší kvalitu přenosového média. Koeficient chromatické disperze nesmí být nulový v rozsahu vlnových délek 1530 nm až 1565 nm, může však mít kladné nebo záporné hodnoty. Takovým podmínkám dnes částečně využívají vlákna podtřídy B4, která jsou do těchto systémů nejčastěji nasazována. Nová mikrotrubičková vlákna nabízí nové možnosti v kompenzaci chromatické disperze. Ukázky použití a závěry z některých měření jsou předmětem tohoto článku.

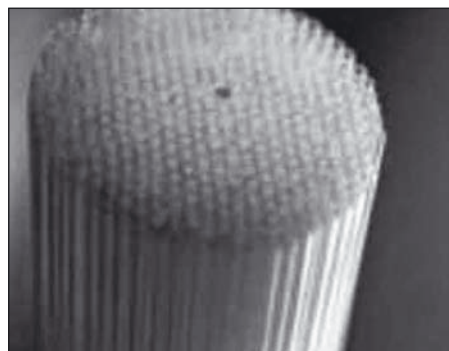
Polarizační vidová disperze (PMD – Polarisation Mode Dispersion) je však jevem, který neumíme dostatečně uspokojivě kompenzovat, ani předem nijak stanovit. Při výstavbě optické trasy, či rozhodnutí o použití vysoké přenosové rychlosti na dlouhé optické trase, zůstává veličina PMD do poslední chvíle utajena. Teprve po položení vlákna jsme schopni hodnotu změřit.

Článek ukazuje, jaká řešení moderní věda v oblasti kompenzace a eliminace chromatické a polarizační vidové disperze nabízí.

### KOMPENZACE CHROMATICKÉ DISPERZE VLÁKNY S VOŠTINOVITOU MIKROSTRUKTUROU

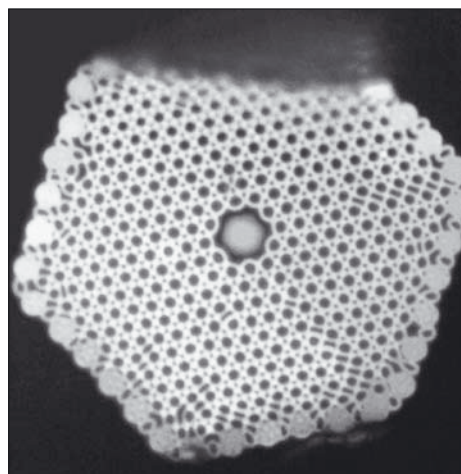
Disperze grupovou rychlostí tvoří velké omezení v optických komunikačních systémech, její omezení nabízí nová technologie výroby optických vláken typu Photonic Crystal Fibre (PCFs) nebo Microstructured Optical Fibres (MOF) [17]. Tento nový druh mikrostruktury nabízí zcela jiný pohled na možnosti potlačení vlivu disperzí. V nedávné době jsme testovali křemíková vlákna s trojúhelníkovitým pláštěm – viz *obrázek 1*. Vlákno bylo stučně schopno disperzi účinně kompenzovat, avšak problém se ukázal na styku jádra a pláště optického vlákna. Důkazem je náměr širokopásmové kompenzace disperze u vlákna SMF-28, kde bylo dosaženo koeficientu chromatické disperze -590 ps/nm.km. Jakkoli se tato hodnota zdá uspokojivá, je nutno dodat, že toto trojúhelníkovité uspořádání kompenzačního vlákna má vzdálenost mezi jádry pouhých 0,9  $\mu\text{m}$  což ukazuje na velmi malou efektivní oblast [2].

Ukažme si však nyní novou mikrotrubičkovou strukturu křemíkového optického vlákna, která kombinuje výhody „W“ profilu indexu lomu spolu s uspořádáním jádra se skokovou změnou indexu lomu (dříve



Obr. 1 Křemíková vlákna s trojúhelníkovitým pláštěm jsou speciální optická vlákna schopná kompenzovat chromatickou disperzi

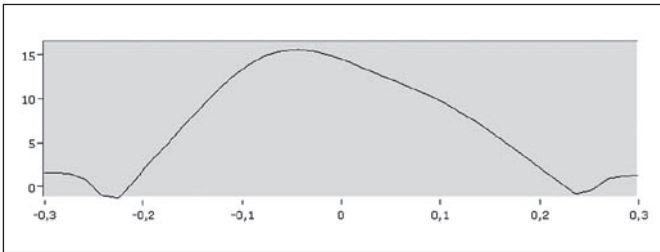
používanou k eliminaci vidové disperze). K vývoji dánskými vědci bylo dosaženo vlastností profilu „W“ indexu lomu na vysoce dopovaném jádře ve spojení s použitím speciálního voštinovitého uspořádání pláště optického vlákna, které je ukázáno na *obrázku 2*. Důkladným srovnáním výsledků naměřených na trasách optických vláken trojúhelníkovité a voštinovité struktury jasně ukázal, že výhodou nového dánského objevu je především fakt, že optické vlákno s voštinovitou strukturou pláště je schopno dosáhnout hodnot negativní disperze až dvojnásobně větších a navíc disponuje větší efektivní oblastí. Z *obrázku 3* je patrná



Obr. 2 Ukázka voštinovitého uspořádání pláště optického vlákna

závislost mezi disperzí (a) a efektivní oblastí (b) na indexu lomu jádra optického vlákna ( $n_c$ ) a čistého křemíku ( $n = 1,444$ ) pro návrhy s mezijádrovými vzdálenostmi 0,6; 0,7; 0,8 a 0,9  $\mu\text{m}$ .

Použitím výpočtu lze podle [2] jednoduše dokázat další využití pro přenosové pásmo 1550 nm a následně lze uvažovat o nasazení uvažovaného vlákna pro přenos dat v systémech WDM. Teoretické výsledky dánských vědců ukázaly na hodnoty okolo -1350 ps/nm.km na vlnové délce 1550 nm, z čehož lze usuzovat na ideální sklon disperzní charakteristiky v případě jednomódových vláken. Mimoto se dánským vědcům podařilo dokázat, že povolená 10% odchylka poměru širokopásmové kompenzace nepřesáhla 250 nm šířky pásma, z čehož lze usoudit na vhodné použití v systémech WDM.



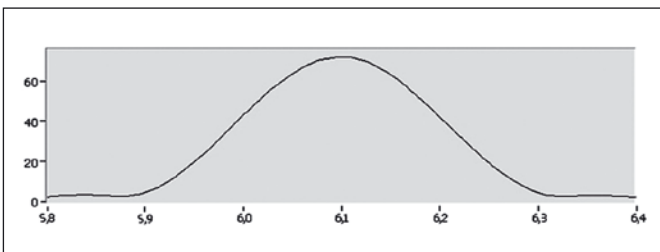
Obr. 3 Náměr PMD pomocí PMD analyzery (vlákno č. 4), výsledné rozložení vzorků grupového zpoždění je zobrazeno v závislosti na času [ps]

Podle [17] se při měření chromatické disperze v detekovaném spektru objeví záněje obou polarizačních vidů. Z periody zánějů  $\Lambda$  lze určit z konkrétního měřeného příkladu [16] koeficient dvojlomu  $|B| = \lambda^2/\Lambda L = 2,17 \times 10^{-5}$ , zánějovou délku  $L_B = \lambda/B = 7,1$  cm (na vlnové délce  $\lambda = 1540$  nm) a polarizační vidovou disperzi, resp. grupové zpoždění polarizačních vidů v krátkém úseku vlákna,  $PMD = \Delta\tau = (L/c)B = 0,72$  ps.

### METODY SNIŽOVÁNÍ HODNOTY PMD

V prosinci 2005 jsme provedli několik měření v síti VUT pomocí PMD analyzery FTB-5500B. Technika spočívá ve využití autokorelační a křížové funkce k určení hodnoty PMD. Jako zdroj signálu se používá přesný laser s účinným pásmovým měničem. Použitý přístroj je schopen detekovat nulovou disperzi, avšak chybovost přístroje udávaná výrobcem na nízkých hodnotách disperze prakticky omezuje měření na hodnoty větší jak 10 setin ps. Naše zkušenosti ukazují na nové možnosti pohledu na stávající, z hlediska polarizační disperze nevyhovující, optickou kabeláž. Byla měřena optická vlákna typu Telecom Fiber, délky 1,8 km v rozsahu 1512,70–1574,79 nm. Jako příklad uvádím náměr vlákna č. 4 (obr. 3) a vlákna č. 3 (obr. 4). Obrázky ukazují výsledné rozložení grupového zpoždění v čase (ps).

V případě náměru vlákna č. 4 byla výsledkem měření tabulka hodnot uvedená v tab. 1. Výsledky ukazují na kvalitní vlákno, jehož celková hodnota PMD nepřekračuje stanovené meze pro použitou linkovou vrstvu spojení. Celková hodnota je nízká především díky malé délce kabelu, na které se případná polarizační disperze nemá možnost



Obr. 4 Náměr PMD pomocí PMD analyzery (vlákno č. 3), výsledné rozložení vzorků grupového zpoždění je zobrazeno v závislosti na času [ps]

Tab. 1 Výsledná tabulka hodnot z měření PMD pomocí PMD analyzery (vlákno č. 4)

Hodnota PMD:	0,064 ps	PMD druhého řádu:	0,0019 ps/nm ( 0,0005 ps <sup>2</sup> )
PMD koeficient:	0,0522 ps/km <sup>1/2</sup>	PMD koeficient 2. řádu:	0,0012 ps/nm.km ( 0,0003 ps <sup>2</sup> .km )
Datum měření:	2005-12-13 11:31:03	Gaussův čísel:	1,500
		Testované pásmo:	1512,70-1574,79 nm

zcela projevit. Naměřené hodnoty PMD jsou tak víceméně zanedbatelné a trasu by mohlo být teoreticky možné použít i pro přenos STM-256.

U vlákna č. 3 jsme naměřili mnohem zajímavější hodnoty polarizační vidové disperze. Na obrázku 4 a v tabulce 2 vidíme průběh a naměřené hodnoty, které jasně ukazují na vlákno s mírně zhoršenými hodnotami polarizační disperze. Hodnota sice není nijak křicická pro systémy STM-64 a pomalejší, avšak již pro systém STM-256 se může jednat o hodnotu kritickou, která se po usazení kabelu na trasu může navíc ještě zhoršit. U většiny systémů dnes není udávána přímo hraniční hodnota PMD, ale mezní tzv. DGD (PMD je střední hodnotou DGD). A DGD je pro systémy udáváno např. v doporučeních ITU-T: G.691 (12/2003, Optical interfaces for single channel STM-64 and other SDH systems with optical amplifiers), G.959.1 (12/2003, Optical transport network physical layer interfaces), Supplement 39 (10/2003, Optical system design and engineering considerations), které by měly být v souladu s doporučeními IEC 61280-4-4 a 61282-9.

Tab. 2 Výsledná tabulka hodnot z měření PMD pomocí PMD analyzery (vlákno č. 3)

Hodnota PMD:	6,102 ps	PMD druhého řádu:	0,256 ps/nm
PMD koeficient:	5,0025 ps/km <sup>1/2</sup>	PMD koeficient 2. řádu:	0,2906 ps/nm.km
Datum měření:	2005-12-13 11:03:19	Gaussův čísel:	1,500
		Testované pásmo:	1512,70-1574,79 nm

V ITU doporučeních se udávají následující mezní hodnoty DGD pro systémy:

STM-4	(622 Mbps)	480 ps
STM-16	(2,5 Gbps)	120 ps
STM-64	(10 Gbps)	30 ps
STM-256	(40 Gbps)	7,5 ps

Při měření se zjišťuje PMD a vztah k mezním DGD lze provést přes např. tabulku uvedenou např. v G.691 - kde k poměru střední hodnoty (změřené PMD) a maximální hodnoty (udané max DGD) je udána pravděpodobnost, že bude překročena ona maximální hodnota, z čehož se dá spočítat potenciální nedostupnost spoje během např. roku. Jiný způsob, většinou v praxi zjednodušeně užívaný je, že se berou pro samotné PMD obvyklé mezní hodnoty:

pro STM-16	(2,5 Gbps)	20 (až 40) ps
pro STM-64	(10 Gbps)	10 ps

Zpravidla je však kritická již hodnota překračující 5 ps, jelikož při nasazování systémů pomalejších než 10 Gbps PMD se zpravidla netestuje a rychlejší systémy u nás zatím nejsou, je toto vlastně hlavní limit, jež se používá.

Měřené vlákno bude používáno na pokusné přenosy se systémy STM a výsledné hodnoty budou porovnávány. Z měření očekáváme jasnější výsledky v oblasti závislosti chybovosti na hodnotě PMD a použité STM hierarchii.

Novinkou je v současné době měření vlivů polarizační disperze pomocí POTDR, které je založeno na využití principu měření zpětného rozptylu OTDR. Jde o to vyslat do vláken optické trasy signál (sled impulsů) a následně ze zpětně rozptýleného záření (Rayleighův zpětný rozptyl) vyčíst informace o PMD jednotlivých míst na měřeném vláknu. PMD takto měříme sice víceméně nepřímou, avšak mnohem efektivněji než s PMD analyzerem. Závislost PMD vlákna trasy lze vyjádřit následovně [12]:

$$PMD \approx \beta \sqrt{L \cdot h}$$

$\beta$  značí velikost dvojlomu ve vláknu (ps/km) - (rozdíl rychlostí šíření dvou polarizačních vidů)

$L$  je délka vlákna

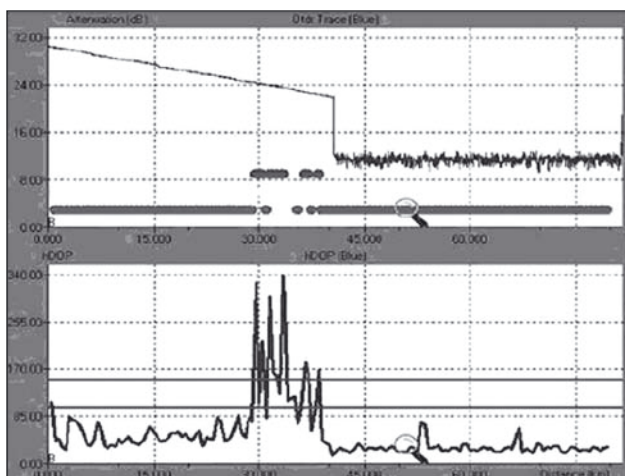
$h$  udává vazební délku charakterizující vazbu mezi polarizačními vidy

Z uvedeného vyplývá, že hodnota PMD roste s velikostí dvojlomu ve vláknu, s velikostí vazební délky a s délkou vlákna. Čím se bude vazební délka zvětšovat, tím se bude zvětšovat odlišnost rychlostí obou polarizačních vidů.

Z měření pomocí OTDR získáváme charakteristické délkové informace o vláknu. Pro podélnou analýzu PMD tedy ještě potřebujeme ze zpětně rozptýleného záření z vlákna vyčíst informace o lokálním dvojlomu a vazební délce. Požadované hodnoty lze získat dvěma způsoby, oba se však liší ve způsobu, jakým parametry z odraženého a rozptýleného záření získáváme.

Společnost Mikrokomp s.r.o. již provedla několik měření [4], která ukazují na velké výhody tohoto přístroje. Výstupem je tak zcela nový přístup k řešení problémů s úseky nevyhovujících hodnot PMD na optických trasách.

Jedním z řešení se tak ukazuje náhrada úseku optické trasy, která vykazuje příliš vysoké hodnoty PMD. Pomocí polarizačního reflektometru lze totiž velmi snadno zabrazit křivky DOP a hDOP v průběhu celé optické trasy (obr. 5 - Ukázka náměru PMD přístrojem POTDR, MIKROKOM s.r.o.). Z naměřených hodnot lze stanovit pravděpodobná místa způsobující zvýšenou hodnotu PMD a následně tyto úseky trasy vyměnit. Kontrolní měření lze pochopitelně provést následujícím způsobem. Na trase vyhledáme oblasti způsobující zvýšenou hodnotu PMD a tyto úseky následně samostatně proměříme, tím získáme jistotu, že náš náměr hodnot DOP a hDOP byl správný, či zda došlo ke zkreslení vlivem délky trasy či jiných vlivů.



Obr. 5 Ukázka náměru PMD přístrojem POTDR, MIKROKOM s. r. o. V horní polovině závislost útlumu [dB] optické trasy na vzdálenosti [km], ve spodní části vidíme závislost grupového zpoždění (PMD) [ps] na vzdálenosti [km]

Hodnotu a význam PMD lze vždy jasně určit až na základě porovnání obou křivek. Měření jen jednoho parametru nemusí být vždy moudré, jelikož se ukazuje z měření jiných tras, kde křivka hDOP obsahovala podobně prudce zvýšené úseky. Z následné analýzy DOP ale vyplynulo, že hodnota PMD tam zvýšená není, neboť hodnota DOP byla pro tyto úseky vysoká, což svědčilo o nízkém dvojlomu ve vláknu [4].

Z ukázky grafů a hodnot náměru trasy je vidět na obrovské výhody skryté v přístroji POTDR. Pro zhodnocení poměrů PMD na celé trase je samozřejmě rozhodující celková hodnota PMD. Přístroj POTDR však umožňuje nepřímým způsobem analyzovat situaci PMD i po celé trase po částech, čímž lze detekovat nevyhovující či vadné úseky optické trasy. Přístroj POTDR na závěr měření vypracovává závěrečný protokol, ve kterém jsou zaznamenány též informace o konektorech a svárech použitých na trase. Stanovit úseky s nevyhovující hodnotou PMD, či části trasy nevhodně ovlivňující celkovou hodnotu PMD je tak poměrně snadné lokalizovat. Způsoby eliminace PMD u stávajících tras jsou tedy 4.

### Použití jiné vlnové délky

Pokud nevyhovuje přenosová cesta pro konkrétní vlnovou délku, stojí zpravidla za pokus vyzkoušet jiný rozsah použité frekvence. Je to způsob velmi jednoduchý, avšak často těžko realizovatelný a účinný jen v malém procentu případů.

### Použití jiného vlákna optického kabelu

Optická cesta bývá zpravidla zajištěna i několika rezervními, servisními vlákny, či vlákny určenými pro přenos pouze režijních informací. Pro nejnižší hodnotu PMD zpravidla zkusíme všechna vlákna v kabelu a ta použijeme pro nejdůležitější přenosovou cestu. Pokud nemáme k dispozici měřicí přístroj, je to spolu se způsobem změny vlnové délky jediný způsob jak se vyhnout nákladné změně celého kabelu.

### Výměna celé optické trasy

Tento způsob patří ke krajním způsobům řešení. Zpravidla ji však doporučuji pro optické trasy se staršími optickými vlákny vyrobenými v devadesátých letech a pro trasy s vlákny poškozenými. Výměna optických kabelů je výhodná zejména na trasách se staršími opt. kabely a tam, kde se kabely zatahují či zafukují a jejich výměna tudíž není tak nákladná.

### Výměna úseku vlákna

Tato metoda vyžaduje proměření optické trasy reflektometrickým přístrojem POTDR. Tento způsob je neefektivnější a lze jej použít na všech druzích optických tras. V současné době je měření disperze (zejména PMD) standardem a tak většina nově postavených optických tras i tras upgradeovaných na vyšší přenosovou rychlost (STM-64) je proměřena.

V současnosti se však měření PMD stává standardem i na kratších a méně významných trasách. Při instalaci nových se zcela oprávněně počítá s nasazováním rychlejších přenosových systémů 10 G a do budoucna zřejmě i 40 Gbit/s sítí. Kontrolní měření zejména po dokončení instalace trati se stále více rozšiřují a stávají se běžnou praxí. Měření PMD je a bude stále více rozšířené.

### ZÁVĚR

Ukazuje se, že mikrostrukturální optická vlákna mohou nabídnout řadu unikátních vlnovodných vlastností. Především lze vhodným návrhem těmito vlákny měnit celkovou chromatickou disperzi trasy v podstatně širším rozsahu, než je tomu u konvenčních vláken. Díky velkému kontrastu indexů lomu lze docílit velké vlnovodné disperze. MOF tak mohou vykazovat velkou normální chromatickou disperzi na vlnové délce 1550 nm a lze je použít pro kompenzaci disperze. Jednomódová MOF mohou mít na rozdíl od konvenčních jednomódových vláken anomální vlnovodnou disperzi i při vlnových délkách kratších než 1300 nm (vlnové délka nulové materiálové disperze), dokonce i ve viditelné oblasti spektra. Zatímco pro konvenční optická vlákna existují standardizované metody pro měření základních vlnovodných parametrů optických vláken, včetně chromatické disperze, pro MOF tyto standardy zatím nebyly vypracovány.

V akademické síti VUT jsme provedli řadu měření optických kabelových tras s PMD analyzátořem. Výsledky měření však ukazují, že před nasazením konkrétní technologie, je vždy nutné absolvovat řadu velmi důležitých měření a analýz stavu optické kabeláže. Neuvážené nasazení systému na nepřiměřené vlákno by mohlo vyústit v nevhodně vynaložené prostředky. V horším případě by navržená technologie v praxi nemusela být vůbec funkční.

### Literatura

- [1] Fischer, S., Randel, K., Petermann, J.K. *PMD outage probabilities of optical fiber transmission systems employing bit-to-bit alternate polarization*, IEEE Photonics Technology Letters, Volume: 17, Issue: 8, pp. 1647-1649, August 2005.

- [2] Zsigri, B. *A novel Photonic Crystal Fibre design for Dispersion Compensation*. Journal of Optics A: Pure and Applied Optics, 1468-4258, Technical University of Denmark, 2004.
- [3] Martin Hájek, Petr Holomeček: *Měření chromatické a polarizační vidové disperze jednovidových optických tras*, CABLEX, České Budějovice 2002.
- [4] Martin Hájek: *Zkušenosti s měřením polarizační vidové disperze (PMD) jednovidových optických kabelových tras*, OPTICKÉ KOMUNIKACE, Praha 2002.
- [5] ITU-T Recommendation G.652: *Characteristics of a single-mode optical fibre cable*. ITU-T, April 1997.
- [6] ITU-T Recommendation G.653: *Characteristics of a dispersion-shifted single-mode optical fibre cable*. ITU-T, April 1997.
- [7] ITU-T Recommendation G.655: *Characteristics of a non-zero dispersion shifted single-mode optical fibre cable*. ITU-T, October 1996
- [8] Brouček, J., Holomeček, P.: *P-OTDR lokalizace kabelových úseků s vysokou hodnotou PMD*, firemní dokumentace Mikrokrom s. r. o., 2004.
- [9] Schlitter M.: *Optická vlákna pro vysokokapacitní přenosy*, Sborník z konference „Architektura a služby pevných telekomunikačních sítí“ ČVTSS, Praha, 9., 1999.
- [10] Bartošek P.: *Optická vlákna pro WDM*. TELEKOMUNIKACE, č. 5/99, str. 11.
- [11] Sborník z Technologického semináře Bell Labs v hotelu Holiday Inn, Lucent Technologies, Praha, 4. 5. 1999.
- [12] ITU- T Recommendation G.692: *Optical interfaces for multi-channel systems with optical amplifiers*. ITU- T, October 1998.
- [13] Kucharski, M., Dubský, P.: *Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras*, MIKROKOM, Praha 1998.
- [14] Saleh, B. E. A., Teich, M. C.: *Základy fotoniky 4*, MATFYZ-PRESS, Praha 1996.
- [15] Norma ČSN EN 188000.
- [16] Norma ČSN EN 188101.
- [17] Peterka, P. a kol., *Měření chromatické disperze a dvojlomu mikrostrukturálních optických vláken*, Sborník konference Optické komunikace 2004, Praha, 21 - 22. října, str. 137-143.

Ing. Martin Kyselák, Ústav telekomunikací, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně, Purkyňova 118, 612 00 Brno, tel.: 541 149 266, e-mail: martinkyselak@phd.feec.vutbr.cz

## Konica Minolta sází na tiskové technologie

Nová strategická linie firmy Konica Minolta předpokládá, že i přes všechny představy státních i soukromých institucí o skvělé budoucnosti bezpapírových kanceláří, má stále smysl rozvíjet také klasické kancelářské systémy, zejména technologie laserového barevného tisku. Firemní výzkum nových principů a technologických postupů přinesl barevnému laserovému tisku vedle výrazného poklesu cen koncových zařízení též přiměřený pokles provozních nákladů. Zlepšující se kvalita a klesající poměr cena/výkon otevírá cestu barevným laserovým tiskárnám k domácím uživatelům, což může ve svých důsledcích dlouhodobě snížit poptávku po oblíbených inkoustových tiskárnách. Přejít od čtyřprůchodového

tiskového cyklu klasických laserových tiskových systémů k jednopřůchodovému s tzv. tandemovým procesem je zřejmě hlavní příčinou prognostikovaného růstu výkonu barevných laserových tiskáren téměř až na hranici standardního černobílého tisku.

Základem pro jednopřůchodový barevný laserový tisk je garance přesného soutisku čtyř dílčích jednobarevných aditivních složek obrazu RGB (červené, zelené a modré) realizovaných sériovým postupem tisku (proces in-line). Barevné laserové tiskárny Konica Minolta, které využívají uváděné technologie, jsou v obchodní síti distribuovány pod označením MC54x0. Podrobnější technické parametry včetně uživatelských manuálů jsou uvedeny na [www.konicaminolta.cz](http://www.konicaminolta.cz).

## Technické pokyny pro autory

### Příspěvky se přijímají v elektronické formě.

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

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

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

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

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

### Pokyny k předávání příspěvku

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

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

Soubory je možno dodat na disketě, CD nebo na médium ZIP 100 MB.

Ke každému příspěvku připojte seznam všech předávaných souborů a u každého souboru uveďte pomocí jakého software byl vytvořen.

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

# Měření disperze skupinového indexu lomu řádné a mimořádné vlny v krystalu křemene pomocí spektrální interferometrie v bílém světle

*V tomto článku je popsána spektrální interferenční metoda v bílém světle, využitá pro přímé měření disperze skupinového indexu lomu řádné a mimořádné vlny v křemenném krystalu, a to pro vlnové délky v rozsahu od 500 do 830 nm. Metoda využívá záznamu spektrálních interferogramů a určení vyrovnávací vlnové délky jako funkce posunutí zrcadla v disperzním Michelsonově interferometru s křemenným krystalem známé tloušťky. Posunutím zrcadla se rozumí změna polohy zrcadla z jeho referenční polohy, která odpovídá vyváženému nedisperznímu interferometru. Naměřené disperzní charakteristiky jsou v dobré shodě s teorií. Rovněž byla přesně určena tloušťka krystalu, a to ze směrnice lineární závislosti posunutí zrcadla interferometru na skupinovém indexu lomu, který byl vypočten podle teoretických disperzních relací.*

## 1 ÚVOD

Index lomu a jeho spektrální závislost, tj. disperze, jsou základním parametrem a charakteristikou izotropních a anizotropních materiálů [1]. Interferometrie v bílém světle se v současnosti dostává do popředí zájmu a stává se důležitou metodou pro měření fyzikálních veličin jako jsou posunutí, teplota, tlak, napětí a nebo právě index lomu. Je založena na použití zdroje bílého světla v kombinaci se standardním Michelsonovým nebo Machovým-Zehnderovým interferometrem. Interferometrie v bílém světle umožňuje měřit s vysokou přesností skupinové disperze, stejně jako disperze vyšších řádů různých optických prvků, a to v široké oblasti vlnových délek.

Metody interferometrie v bílém světle se rozdělují na časové nebo spektrální [2], podle toho, zda interference je pozorována v časové nebo spektrální oblasti. U časové metody je měřena doba průchodu optického impulsu vzorkem. Umístíme-li jej tedy do jednoho z ramen interferometru, lze pozorovat jím zavedené časové zpoždění [2].

Spektrální metoda je založena na pozorování interferenčních proužků [3-6] a umožňuje měření periody spektrálních proužků v blízkosti tzv. vyrovnávací vlnové délky, kterou lze v interferogramu pozorovat v případě, že skupinový rozdíl optických drah mezi dvěma svazky interferometru se blíží nule [7, 8]. Největší omezení metody spočívá v měření tlustých vzorků nebo silně disperzních materiálů, neboť v tomto případě jsou interferenční proužky mimo oblast vyrovnávací vlnové délky a jsou obtížně rozlišitelné. Měření skupinového indexu lomu takových vzorků a materiálů je však stále možné, pokud pracujeme se spektrální oblastí, zahrnující právě vyrovnávací vlnovou délku, kterou lze posouvat [7,8]. Modifikace této metody s tandemovým uspořádáním Michelsonova interferometru a dvojlomného optického prvku byla použita při měření disperze skupinového dvojlomu optického vlákna známé délky [9], resp. krystalu islandského vápence známé tloušťky [10].

V tomto příspěvku využíváme metody spektrální interferometrie v bílém světle k přímému měření disperze skupinového indexu lomu řádné a mimořádné vlny, které se šíří křemenným krystalem. K měření je v oblasti vlnových délek od 500 do 830 nm použit spektrometr s nízkou rozlišovací schopností. Měřicí sestava je tvořena disperzním Michelsonovým interferometrem s krystalem křemene známé tloušťky. Ze zaznamenaných spektrálních interferogramů je odečtena vyrovnávací vlnová délka v závislosti na posunutí jednoho ze zrcadel interferometru z referenční polohy, která odpovídá vyváženému nedisperznímu Michelsonovu interferometru. Výsledkem je spektrální závislost skupinového indexu lomu pro řádnou a mimořádnou vlnu, šířící se v krystalu. Získané hodnoty skupinových indexů lomu, měřené s přesností  $3.10^{-4}$ , jsou v dobré

shodě s teorií, tj. s disperzními relacemi publikovanými Ghoshem [11]. Navíc jsme s vysokou přesností určili tloušťku krystalu křemene, která je dána směrnici lineární závislosti posunutí zrcadla interferometru na teoretickém skupinovém indexu lomu.

## 2 TEORIE

V konfiguraci nedisperzního Michelsonova interferometru můžeme rozdíl optických drah  $\Delta_M$  mezi svazky na výstupu interferometru vyjádřit vztahem

$$\Delta_M = 2(L - l), \quad (1)$$

kde  $l$  a  $L$  jsou optické dráhy svazků ve vzduchu v prvním a druhém rameni interferometru. Spektrální interferogram na výstupu konfigurace interferometru se zdrojem bílého světla je charakterizován periodou interferenčních proužků  $\Lambda(\lambda)$  danou vztahem

$$\Lambda(\lambda) = \frac{\lambda^2}{\Delta_M}, \quad (2)$$

kde  $\lambda$  je vlnová délka, a kdy uvažujeme  $\Delta_M \geq 0$ . Čím je menší  $\Delta_M$ , tím je větší perioda  $\Lambda(\lambda)$ , až pro vyvážený interferometr s  $L = L_0 = l$  je perioda nekonečná.

Vložíme-li do jednoho ramene interferometru vzorek tloušťky  $t$  a indexu lomu  $n(\lambda)$ , viz obrázek 1, pak optický dráhový rozdíl  $\Delta_M(\lambda)$  mezi svazky disperzního interferometru je

$$\Delta_M(\lambda) = 2(L - l) - 2t[n(\lambda) - 1]. \quad (3)$$

Tomu odpovídá perioda podle vztahu (2), ve kterém je  $\Delta_M$  nahrazeno skupinovým rozdílem optických drah  $\Delta_M^g(\lambda)$  mezi svazky interferometru ve tvaru

$$\Delta_M^g(\lambda) = 2(L - l) - 2t[N(\lambda) - 1], \quad (4)$$

kde  $N(\lambda)$  je skupinový index lomu definovaný vztahem

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

V případě velmi tlustého vzorku nebo vysoce disperzního materiálu se předpokládá, že interferenční proužky mají největší periodu v okolí tzv. vyrovnávací vlnové délky  $\lambda_0$ , pro kterou je skupinový rozdíl optických drah  $\Delta_M^g(\lambda_0)$  nulový. Potom platí relace

$$\Delta_M^g(\lambda_0) = 2(L - l) - 2t[N(\lambda_0) - 1] = 0. \quad (6)$$



Pro polohu zrcadla  $L = L(\lambda_0)$  pak z (6) vyplývá

$$L(\lambda_0) = l + t [N(\lambda_0) - 1]. \quad (7)$$

Označíme-li výrazem  $\Delta L(\lambda_0) = L(\lambda_0) - L_0$  posunutí druhého zrcadla disperzního interferometru vzhledem k poloze zrcadla, odpovídající vyváženému nedisperznímu interferometru, pak lze pro skupinový index lomu na dané vyrovnávací vlnové délce  $\lambda_0$  psát

$$N(\lambda_0) = 1 + \frac{\Delta L(\lambda_0)}{t}. \quad (8)$$

Na základě tohoto vztahu lze přímo měřit skupinový index lomu  $N(\lambda_0)$  jako funkci vyrovnávací vlnové délky  $\lambda_0$  pro vzorek známé tloušťky  $t$ .

Uvedená metoda umožňuje měření disperze skupinového indexu lomu pro řádnou i mimořádnou vlnu, šířící se dvojlomným jednoosým krystalem. Disperzní relace pro indexy lomu  $n_o(\lambda)$  a  $n_e(\lambda)$  řádné a mimořádné vlny, šířící se např. anizotropním křemenem, jsou dány Sellmeierovými relacemi, publikovanými Ghoshem ve tvaru [11]

$$n_{o,e}^2(\lambda) = A_{o,e} + \frac{B_{o,e}\lambda^2}{\lambda^2 - C_{o,e}} + \frac{D_{o,e}\lambda^2}{\lambda^2 - F_{o,e}}, \quad (9)$$

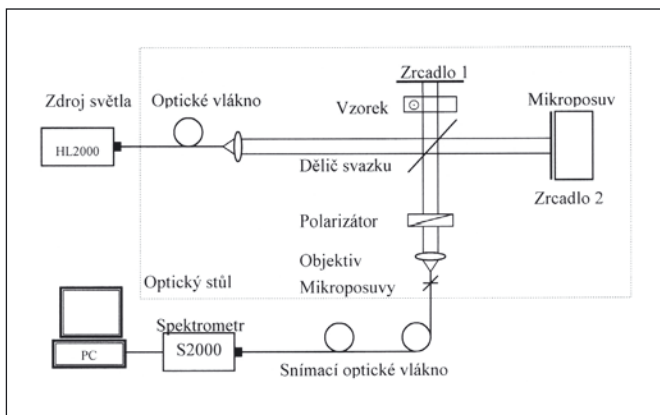
kde  $\lambda$  je vlnová délka v mikrometrech a disperzní koeficienty při pokojové teplotě nabývají hodnot:  $A_o = 1,28604141$ ,  $B_o = 1,070044083$ ,  $C_o = 1,00585997 \cdot 10^{-2}$ ,  $D_o = 1,10202242$ ,  $F_o = 100$ ;  $A_e = 1,28851804$ ,  $B_e = 1,09509924$ ,  $C_e = 1,02101864 \cdot 10^{-2}$ ,  $D_e = 1,15662475$ ,  $F_e = 100$ . Podle vztahu (5) pak pro odpovídající skupinové indexy lomu pro každou vlnu platí

$$N_{o,e}(\lambda) = n_{o,e}(\lambda) + \frac{\lambda^2}{n_{o,e}(\lambda)} \left[ \frac{B_{o,e}C_{o,e}}{(\lambda^2 - C_{o,e})^2} + \frac{D_{o,e}F_{o,e}}{(\lambda^2 - F_{o,e})^2} \right]. \quad (10)$$

Naměřená posunutí  $\Delta L_{o,e}(\lambda_{o,e})$  jako funkce vyrovnávacích vlnových délek  $\lambda_{o,e}$  tedy přímo vedou k určení disperze skupinových indexů lomu  $N_{o,e}(\lambda_{o,e})$  pro krystal známé tloušťky  $t$ . A naopak, známe-li disperzi krystalu, jsme schopni určit tloušťku krystalu podle rovnice (8) ze směrnice lineární funkce posunutí zrcadla na skupinovém indexu lomu krystalu.

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Experimentální uspořádání, využívající spektrální interferometrie v bílém světle pro měření disperze skupinových indexů lomu pro řádnou a mimořádnou vlnu v krystalu křemene, je znázorněno na obrázku 1. Sestava je tvořena zdrojem bílého světla, tj. halogenovou žárovkou, optickým vláknem, kolimačními čočkami, Michelsono-



Obr. 1 Experimentální uspořádání s Michelsonovým interferometrem a spektrometrem o nízké rozlišovací schopnosti použité k měření skupinových indexů lomu pro řádnou a mimořádnou vlnu v jednoosém krystalu

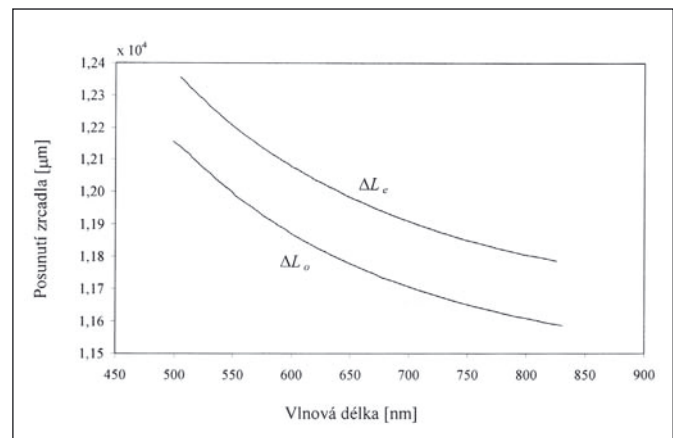
vým interferometrem, mikroposuvem spojeným se zrcadlem 2 interferometru, polarizátorem, mikroskopickým objektivem, optickým vláknovým spektrometrem S2000, A/D převodníkem a počítačem. Vzorek, tj. křemenná destička, je tvořen vyleštěnými povrchy, rovnoběžnými s optickou osou krystalu s přesností na  $15'$ . Destička je v sestavě umístěna tak, že kolimovaný paprsek z halogenové žárovky dopadá kolmo na dva vyleštěné povrchy. Orientace optické osy je znázorněna na obrázku 1. Tloušťka destičky je  $t = (20950 \pm 10) \mu\text{m}$ .

Optický vláknový spektrometr S2000 [12] se vstupní ohniskovou vzdáleností 42 mm, resp. s výstupní ohniskovou vzdáleností 68 mm, má spektrální rozsah 350 až 1000 nm a sestává z difrakční mřížky se 600 čarami na milimetr, CCD detektoru s 2048 pixely, čočky a snímacího optického vlákna. Rozlišení spektrometru je v našem případě dáno efektivní šířkou světelného svazku vycházejícího z jádra snímacího vlákna: bylo použito vlákno o průměru jádra 50  $\mu\text{m}$ . Citlivost spektrometru je dána světelnými podmínkami a integračním časem spektrometru, který lze snadno softwarově měnit.

### 4 VÝSLEDKY EXPERIMENTU A DISKUSE

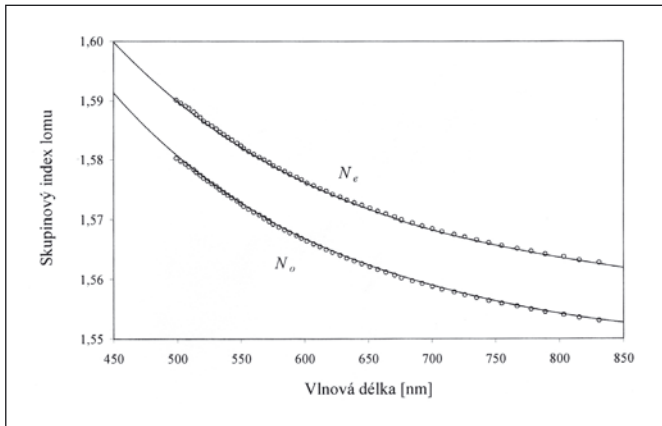
Nejprve byla přesně určena poloha  $L_0$  zrcadla 2 nedisperzního Michelsonova interferometru, pro kterou je vyvážený. Ze zaznamenaného spektrálního interferogramu jsme určili periodu  $\Lambda(\lambda)$  pro danou vlnovou délku  $\lambda$  a podle rovnice (2) byl vypočten odpovídající dráhový rozdíl  $\Delta_M$ . Polovina z  $\Delta_M$  odpovídá posunutí  $\Delta L$  zrcadla 2 z polohy  $L_0$ . Přesnost takto určené hodnoty byla 1  $\mu\text{m}$ . Poté byl do prvního ramene interferometru vložen měřený krystal, jehož parametry jsou uvedeny výše. Zrcadlo 2 bylo posunuto do takové polohy, abychom získaly spektrální interferenční proužky. Obecně lze v interferogramu rozlišit dva typy interferenčních proužků: první se vyskytují na kratších vlnových délkách a odpovídají řádné vlně, druhé jsou v oblasti delších vlnových délek a odpovídají mimořádné vlně. Jejich selekci lze jednoduše provést pomocí polarizátoru. Je-li polarizátor orientován kolmo na optickou osu, je propuštěna jen řádná vlna, při orientaci rovnoběžně s optickou osou prochází jen mimořádná vlna.

Takto byla změřena závislost nastaveného posunutí zrcadla 2 na vyrovnávací vlnové délce pro řádnou, resp. mimořádnou vlnu. Posun zrcadla 2 se prováděl ručně pomocí mikroposuvu s pevným krokem 10  $\mu\text{m}$  a poté byl zaznamenán odpovídající interferogram. Ze zaznamenaných interferogramů plyne, že vyrovnávací vlnová délka je pro řádnou vlnu rozlišitelná ve spektrálním oboru od 499 do 825 nm, pro mimořádnou vlnu v oboru vlnových délek od 504 do 11587  $\mu\text{m}$ , posunutí  $\Delta L_o$  se mění v rozsahu od 12157 do 11587  $\mu\text{m}$ , posunutí  $\Delta L_e$  od 12357 do 11787  $\mu\text{m}$ . Na obrázku 2 je zachycena závislost posunutí  $\Delta L_{o,e}$  na vyrovnávací vlnové délce  $\lambda_{o,e}$ . Je zřejmé, že čím větší je posunutí, tím menší je vyrovnávací vlnová délka. Posunutí pro mimořádnou vlnu je na dané vyrovnávací vlnové délce větší než pro vlnu řádnou.

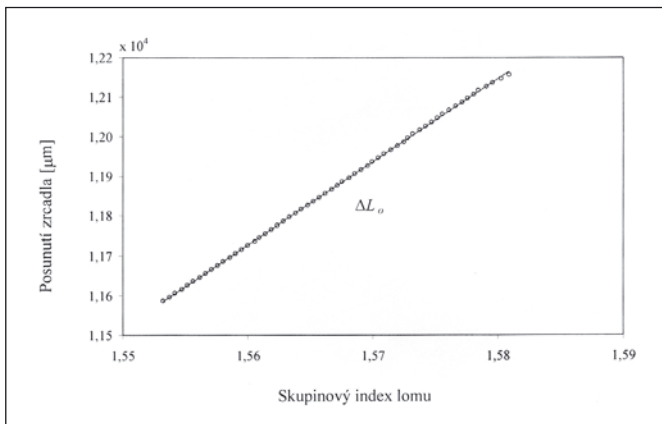


Obr. 2 Naměřené posunutí zrcadla jako funkce vyrovnávací vlnové délky pro řádnou a mimořádnou vlnu při tloušťce krystalu křemene  $t = (20950 \pm 10) \mu\text{m}$

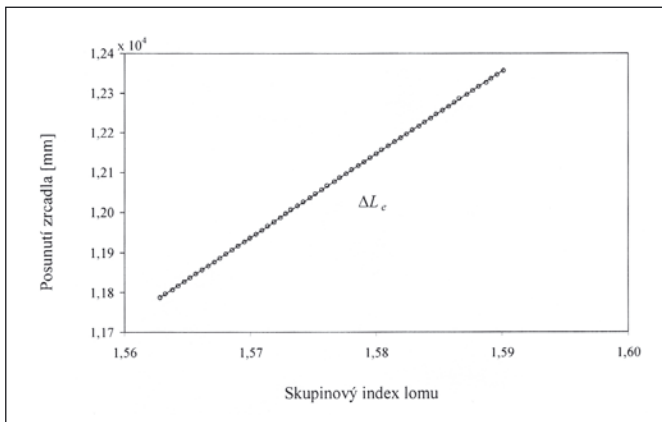
Znalost tloušťky vzorku  $t$  a závislosti  $\Delta L_{o,e}(\lambda_{o,e})$  nám umožňuje přímo vypočítat skupinové indexy lomu  $N_{o,e}(\lambda_{o,e})$  krystalu křemene, a to podle vztahu (8). Odpovídající závislosti jsou znázorněny na obrázku 3, kde experimentální hodnoty (kroužky) jsou proloženy teoretickými podle vztahu (10). V našem případě je přesnost určení posunutí zrcadla rovna  $1 \mu\text{m}$  a přesnost určení tloušťky krystalu je  $10 \mu\text{m}$ , takže přesnost určení skupinových indexů lomu je  $3 \cdot 10^{-4}$ . Vyšší přesnosti lze dosáhnout použitím krystalu, jehož tloušťku známe s větší přesností.



Obr. 3 Změřený skupinový index lomu jako funkce vlnové délky (kroužky) pro řádnou a mimořádnou vlnu při tloušťce krystalu křemene  $t = (20950 \pm 10) \mu\text{m}$ . Křivky odpovídají teoretickým hodnotám



Obr. 4 Změřené posunutí zrcadla jako funkce teoretického skupinového indexu lomu pro řádnou vlnu (kroužky) a odpovídající lineární aproximace



Obr. 5 Změřené posunutí zrcadla jako funkce teoretického skupinového indexu lomu pro mimořádnou vlnu (kroužky) a odpovídající lineární aproximace

V dalším je možno porovnat známou tloušťku krystalu s hodnotou, kterou získáme vyhodnocením naměřených hodnot. Z rovnice (8) vyplývá, že změřené posunutí  $\Delta L_{o,e}$  je lineárně závislé na skupinovém indexu lomu  $N_{o,e}(\lambda_{o,e})$ , přičemž směrnice této závislosti určuje přímo tloušťku krystalu  $t$ . Toto je ilustrováno na obrázku 4 pro skupinový index lomu  $N_o(\lambda_o)$  určený podle vztahu (10), přičemž odpovídající tloušťka krystalu je  $t = (20942,6 \pm 0,5) \mu\text{m}$ . Analogicky je na obrázku 5 lineární závislost změřeného posunutí  $\Delta L_e$  na skupinovém indexu lomu  $N_e(\lambda_e)$ , přičemž odpovídající tloušťka krystalu je  $t_e = (20942,5 \pm 0,3) \mu\text{m}$ .

## 5 ZÁVĚR

Provedli jsme měření disperze skupinových indexů lomu řádné a mimořádné vlny, šířící se v krystalu křemene známé tloušťky  $t$ , a to v oblasti vlnových délek 500 až 830 nm metodou spektrální interferometrie v bílém světle. Zaznamenali jsme řadu spektrálních interferogramů a z nich jsme určili závislost vyrovnávací vlnové délky na posunutí zrcadla disperzního Michelsonova interferometru pro řádnou a mimořádnou vlnu. Na základě těchto závislostí jsme určili spektrální závislosti odpovídajících skupinových indexů lomu tohoto krystalu. Naměřené spektrální závislosti jsou v dobré shodě s disperzními relacemi podle Ghoshe. Rovněž jsme v souhlasu s teorií dokázali, že naměřené posunutí zrcadla interferometru je lineárně závislé na teoretickém skupinovém indexu lomu a že směrnice této závislosti odpovídá přímo tloušťce krystalu.

Získané výsledky potvrzují, že metoda založená na snímání spektrálních interferogramů spektrometrem s nízkou rozlišovací schopností a následném určení vyrovnávacích vlnových délek je jednoduchá a cenově dostupná. Umožňuje určit disperzi řádného a mimořádného skupinového indexu lomu jednoosého krystalu známé tloušťky, stejně jako tloušťku tohoto krystalu při znalosti jeho skupinové disperze.

*Tento výzkum byl částečně podpořen Grantovou agenturou České republiky (projekty č. 102/06/0284, 202/06/0531) a interním grantem VŠB-TU Ostrava (IGS HGF VŠB-TUO).*

## Literatura

- [1] BORN, M. - WOLF, E.: Principles of Optics. Cambridge, Cambridge University Press 1999.
- [2] KNOX, W. H. - PEARSON, N. M. - LI, K. D. - HIRLMANN, C. A.: Interferometric measurements of femtosecond group delay in optical components. Opt. Lett., 13, 1988, s. 574.
- [3] SÁINZ, C. et al.: Real time interferometric measurements of dispersion curves. Opt. Commun., 110, 1994, s. 381.
- [4] KUMAR, V. N. - RAO, D. N.: Using interference in the frequency domain for precise determination of thickness and refractive indices of normal dispersive materials. J. Opt. Soc. Am., B12, 1995, s. 1559.
- [5] NASSIF, A., Y.: Accurate measurement of refraction and dispersion of a solid by a double-layer interferometer. Appl. Opt., 36, 1997, s. 779.
- [6] LIANG, Y. - GROVER, C. P.: Modified white-light Mach-Zehnder interferometer for direct group-delay measurements. Appl. Opt., 37, 1998, s. 4105.
- [7] HLUBINA, P.: Měření efektivní tloušťky polopropustného zrcadla nevykompenzovaného Michelsonova interferometru měřením vyrovnávací vlnové délky. JMO, 46, 2001, s. 208.
- [8] HLUBINA, P.: Měření vyrovnávací vlnové délky a mezi-vidové disperze v optických vláknech s využitím spektrální interferometrie v bílém světle. JMO, 47, 2002, s. 69.

- [9] 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.
- [10] HLUBINA, P.: Měření disperze skupinového dvojlomu krystalu islandského vápence s využitím spektrální interferometrie v bílém světle. *JMO*, 50, 2005, s. 196.
- [11] GHOSH, G.: Dispersion-equation coefficients for the refractive index and birefringence of calcite and quartz crystal. *Opt. Commun.*, 163, 1999, s. 95.
- [12] HLUBINA, P.: Měření šířky odezvové funkce kompaktního spektrometru s využitím spektrální dvojsvazkové interference. *JMO*, 46, 2001, s. 22.

Ing. Lenka Knyblová, Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 59/732 3366, fax: 59/732 3139, e-mail: lenka.knyblova.hgf@vsb.cz  
 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  
 RNDr. Dalibor Ciprian, Ph.D., Institut fyziky, VŠB-TU Ostrava, tř. 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: 59/732 3398, fax: 59/732 3139, e-mail: dalibor.ciprian@vsb.cz.

Tibor CSELLE, PLATIT AG, Grenchen, Switzerland

## In-House-Coating versus Job Coating Service

*The policy of cheap mass-coating can't be the future for small- and medium-sized high-tech-companies. Those who integrate coating in their own production benefit from many advantages such as higher product quality, more autonomy and reduced costs which result in higher profits.*

*Small and medium-sized companies who plan on integrating coating in their mechanic manufacturing can count on an immediate advantage. Job coaters will visit them soon and lower their prices (usually around 30%) "exclusively" for them. After the visit, two questions will come up immediately:*

- Has the job coater been making an extra profit for himself, from my pocket?
- If prices fall this low, does it still make sense to have an own coating center?

*The answer for the first question is obvious.*

*To answer the second question, the mechanical engineer needs to find answers to more questions. This article tries to summarize these questions and answers in the perspective of small- and medium-sized enterprises (SMEs).*

### 1. Can SMEs really coat without prior experiences and without a Ph.D. physicist?

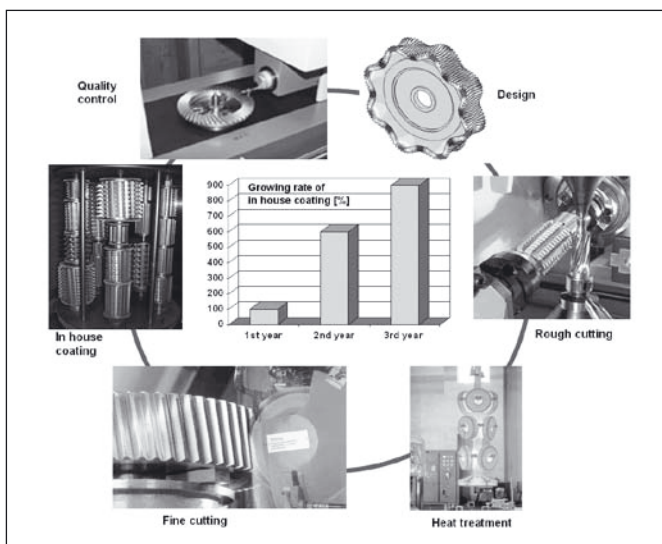


Fig. 1 Integration of coating into the mechanical production process

Yes. Numerous examples of small and medium-sized tool-manufacturers, regrinders, mold and die makers, injection molders, machine producers and even of tool traders show that integration of coating in the mechanical production is state of the art (**Fig. 1**, [6], [7]).

### 2. Can SMEs produce quality-coatings with constant composition, layer thickness, and color?

- In the own coating-shop the tools aren't coated together with foreign tools or even with totally different parts in the same batch. So the layer thickness, composition and even the choice of coating doesn't depend on what are currently running in the job coating center (**Fig. 2**).
- For SMEs only compact and flexible coating units can be considered. These have to be able to produce every coating that is available on the market.
- At the same time productivity of this compact machine has to be high, so that up to six different coatings can be deposited in a day. (**Fig. 3**).

### 3. Can SMEs deposit special coatings according to special applications or even generate own brands with the help of the own In-House-Coating?

- Yes, e. g. as shown in **Fig. 4 and 5**.

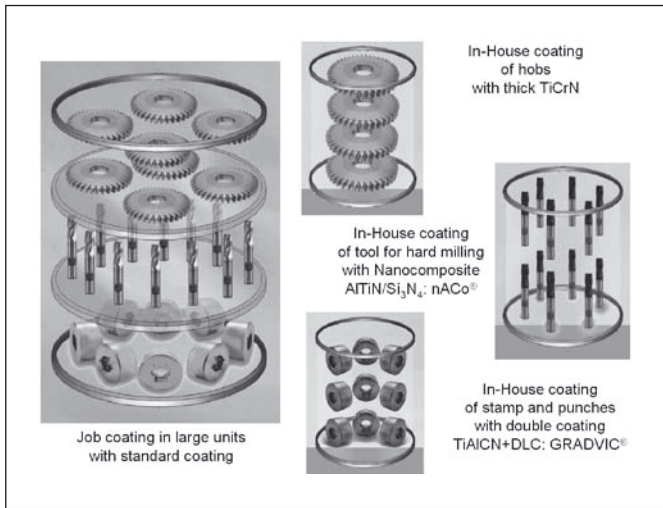


Fig. 2 Main difference between treatment of tools by job coaters and in-house coaters

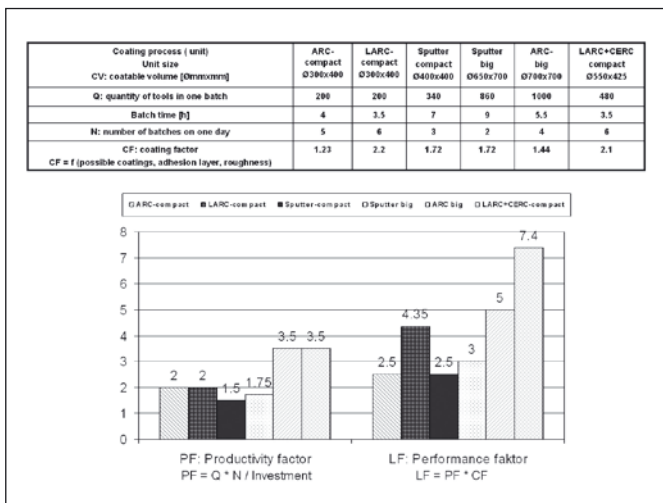


Fig. 3 Comparing productivity of coating units with different PVD technologies

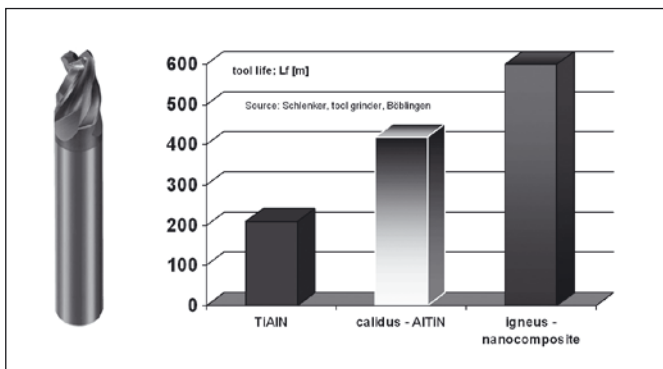


Fig. 4 Creation of new nanocomposite-coatings and private brands by SME with the help of their in-house coating - Milling of high alloyed steel X40CrMoV5

#### 4. Do SMEs have an answer should the big job coaters come to the market with newly developed coatings?

- The SME should be very careful when buying a coating system from machine manufacturers which run job coating centers in the same country. He has to ask for a contract assuring that he also obtains all new developments of the manufacturers immediately. Otherwise the machine manufacturer would naturally prefer his own job coating centers.

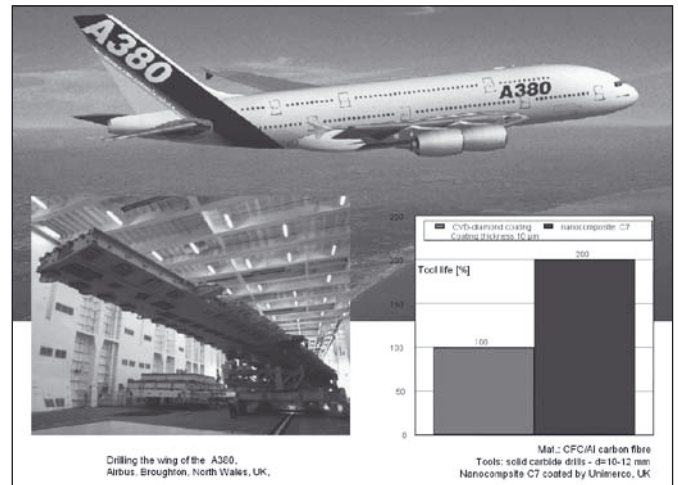


Fig. 5 Creation of new nanocomposite-coatings and private brands by SME with the help of their in-house coating - Drilling of sandwich material CFC/Al

- The compact system which SMEs buy has to comply with the latest techniques in coating technology.
- An investment in current technology is better than buying conventional systems: The potential for development of standard and dominant AlTiN-layers is limited physically [4], [7]. These borders can be crossed with nanocomposite layers [1], [3], [7]. These are already being produced by LARC®-technology by SMEs in more than 35 compact-systems worldwide.
- Practice shows that leading job coaters had to come up with new coatings because of the SMEs' new coatings (as demonstrated in Fig. 6).

This is not a new phenomenon in mechanical engineering. Innovative SMEs develop and manufacture new products or technologies, with larger companies having to catch up later.

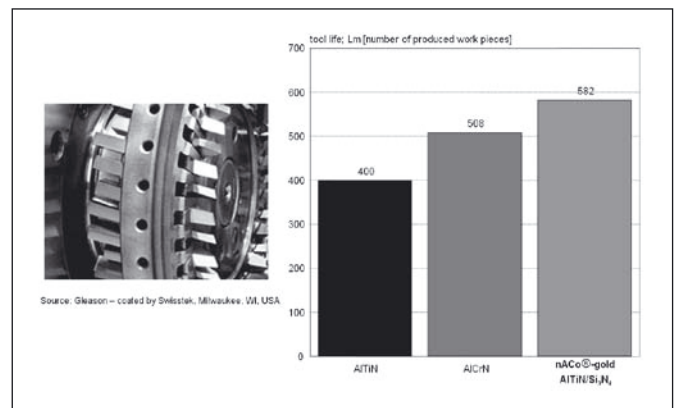


Fig. 6 Milling of gears with conventional and nanocomposite coatings

#### 5. Do SMEs need a shorter delivery time than job coaters normally offer (2-14 days)?

- With best logistics and express-service job coaters can't coat most urgent parts in hours.
- The typical time of delivery is a week (job coating for SMEs) which can be reduced to 24 hours (In-house coating).
- Through the introduction of a minimum order quantity job coaters show more and more that they aren't actually interested in small customers.

#### 6. Is it an advantage if the amount of tools and parts which are in stock and in circulation decreases?

- The total of needed tools has to be two to three times higher than a weeks supply because of job coaters. Therefore In-house coating can reduce storage costs significantly.

### 7. Are there damages or mix-ups at packing and unpacking to and from the job coater?

- There is a risk for these problems to occur. With in-house coating these activities are unnecessary.
- Experience shows that personnel costs of in-house coating don't exceed costs those for logistics of job coaters.

### 8. Does the company have problems with cobalt-leaching at recoated tools?

- With in-house coating, the optimal production cycle for reground tools can be maintained: Decoat – Re grind – Recoat. Therefore the danger of cobalt-leaching by decoating is being eliminated.
- Usually at job coating, regrinding precedes decoating and recoating.

### 9. Do SMEs want to determine the pretreatment for active surfaces and cutting edges on their own?

- Since job coaters can't know the surface consistency of various objects, usually they micro-blast all tools to avoid bad coating adhesion. This can negatively affect the functional efficiency of finishing precision tools, which need sharp cutting edges.
- The performance of tools often depends on the special configuration of cutting edges, die geometries or contact surfaces, and the like. Of course, SMEs don't like to give away their small and big secrets. But their competitors often make audits at the job coaters.
- At in-house coating, the SMEs can take care of their own tools and surely about their optimal pretreatment to 100%.

### 10. Do SMEs want to have full control over their production and earn money through expansion to a new technology?

- In spite of massive price reductions, job coaters still have good profits.

- Through increased competition, job coaters lower prices. There are job coaters who openly say that they only offer basic coatings, but for a minimal price. This means competition for mass-coaters, but not for SMEs who have to achieve outstanding tool performance. (Fig. 7).
- Because of the disadvantages of job coating, SMEs often send the parts for coating only when coating is absolutely necessary. For that they don't make much money. In-house coating automatically generates self-profit, new parts to coat and therefore business volume (Fig. 1).

### Summary

"All leading tool producers can handle cutting material and geometry. The ones, who use the best coating technologies, will have the biggest shares on the high-tech market"[2]. That's why the way of mass-coating can't be the way to future for high-tech SMEs.

If the future oriented SME-owner or -CEO answers most of these questions with "yes", then he will integrate coating his own production. Therefore he will:

- Minimize delivery-times of his total product-lines,
- Generate new coatings (like nanocomposites) and coating brands,
- Reduce logistics-, transport and storage costs,
- Operate with own pretreatments, tool geometries and keep them for himself,
- Manage the quality and time for the entire production-process on his own and
- Make money through coating.

### References

- [1] Morstein, M., a. o.: New LARC®-Coatings for Standard and High-Performance Applications SWISSMEM-Seminar, Wintertur, Switzerland, Jan/2005
- [2] Müller, M. (Walter AG-Sandvik): High Performance Cutting with Carbide Tools Conference for Tooling, Schmalkalden, Germany, Nov/2004
- [3] Patscheider, J.: Nanocomposite Hard Coatings, MRS Bulletin 28/3, 180 (2003)
- [4] Suzuki, T., a. o.: Microstructure and Secural Instability of (Ti1-xAlx) N-Films Journal of Materials Science 35 (2000) p. 4193-4199
- [5] Veprek, S. a. o.: Avoiding the High-Temperature Decomposition and Softening of (AlTi)N Coatings Materials Science and Engineering A 366 (2004) p. 202-205
- [6] Cselle, T.: Driving Forces of Today's Manufacturing Technology Industrial Tooling, Southampton, UK, Sept/2003
- [7] Cselle, T., a. o.: Application of Coatings for Tooling – Quo Vadis 2005? VIP Vacuum's Best, Wiley Publication, Weinheim, Germany, 2005

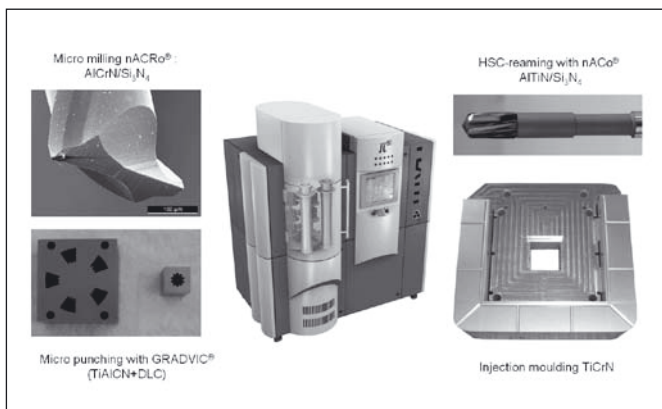


Fig. 7 Flexible usage of LARC® compact-systems with rotating cathodes for coating special substrates with highest requirements and performance

# Optické výpočty v Meopta - optika, s. r. o.

Tento článek informuje o návrhu optických soustav a softwarovém vybavení konstruktérů optiky Meopta - optika, s. r. o. a základních funkcí programu pro optické výpočty ZEMAX EE.

Jak již bylo několikrát uvedeno v tomto časopise, od založení Optikotechny v roce 1933 (nynější Meopty - optiky, s. r. o.) používali konstruktéři optických systémů různé prostředky k jejich návrhu a optimalizaci. Od sedmdesátých let minulého století to byly převážně programy vytvořené vlastními pracovníky, které umožňovaly pokrýt širokou škálu potřeb optické konstrukce. Základním byl program pro výpočet geometrických a úhlových aberací, na který navazovaly programy pro tzv. automatickou korekci optických soustav. Hlavním článkem však vždy zůstává člověk, který stanoví směr, kterým se má korekce ubírat a jakých parametrů má být dosaženo pomocí tzv. meritní funkce, která obsahuje požadavky na její jednotlivé parametry s jejich váhami. Další skupinou programu byly programy pro výpočet geometrické funkce přenosu kontrastu (MTF), difrakční MTF pro objektivní i subjektivní optické soustavy. Podle těchto výpočtů bylo a je možno objektivně hodnotit splnění požadavků, které jsou kladeny na navrhované optické soustavy. Dodnes velmi cennou pomocí při závěrečných pracích na návrhu optických soustav jsou toleranční výpočty, které umožňují stanovit citlivost jednotlivých parametrů optické soustavy na základní optické aberace i na výslednou hodnotu faktoru přenosu modulace.

V současné době používají konstruktéři optických soustav vedle vlastního software program pro optické výpočty ZEMAX EE a Oslo LT. Blíže představíme využití a možnosti programu ZEMAX EE.

Pomocí okna „LENS DATA EDITOR“ se zadávají parametry optických soustav. Zde se zadávají vedle rádiusů, tlouštěk, skel, optických výšek i různé typy optických ploch. Na obr. 1 je příklad zadání plankonvexní cylindrické čočky, která má lámavost ve směru X.

SL#	THICKNESS	REFRACTIVE INDEX	DIAPHRAGM	CLASS	SEMI-DIAMETER	COAT	EXTRA-LAYER	INDEX OF REF.	2ND ORDER TERM	3RD ORDER TERM	4TH ORDER TERM	5TH ORDER TERM	6TH ORDER TERM
1	0.0000	1.5000	0.0000	PLANKONVEX	0.0000			1.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	1.5000	0.0000	CYLINDRICAL	0.0000			1.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

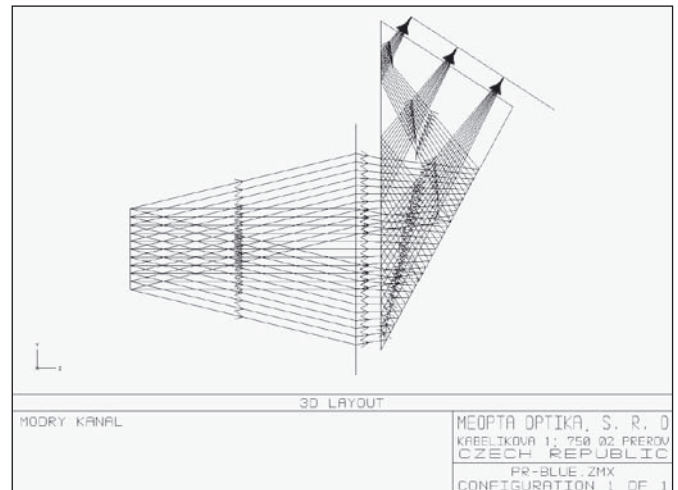
Obr. 1

Základem je standardní kulová optická plocha, ale konstruktér má možnost použít i širokou škálu lámavých ploch. Je možné používat i plochy označené jako tzv. „COORDINATE BREAK“, které umožňují následujícími plochami posouvat kolmo k optické ose nebo jimi naklánět kolem všech tří os. Tak lze zadat do optické soustavy hranolové či zrcadlové systémy a sledovat jimi chod paprskových svazků, či vliv jejich tolerancí na výslednou obrazovou kvalitu celého optického systému. Na obr. 2 je příklad zadání

SL#	THICKNESS	REFRACTIVE INDEX	DIAPHRAGM	CLASS	SEMI-DIAMETER	COAT	EXTRA-LAYER	INDEX OF REF.	2ND ORDER TERM	3RD ORDER TERM	4TH ORDER TERM	5TH ORDER TERM	6TH ORDER TERM
1	0.0000	1.5000	0.0000	PLANKONVEX	0.0000			1.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	1.5000	0.0000	COORDINATE BREAK	0.0000			1.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Obr. 2

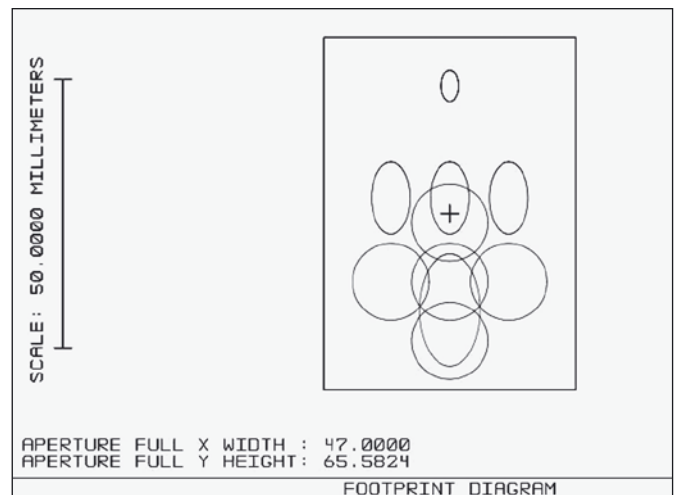
hranolu se dvěma odraznými plochami. Před vlastním hranolem je paraxiální čočka, v jejíž předmětové ohniskové rovině je umístěna aperturní clona. Obdobně lze posouvat či naklánět všechny plochy nebo optické elementy a sledovat vliv tolerancí na jejich uložení v mechanice. Na obr. 3 je znázorněn chod paprskových svazků touto optickou soustavou. Mohou zde být zobrazeny také šipky, které zviditelňují chod paprsků.



Obr. 3

Je vidět, že vstupní plocha hranolu je využita při funkci celkem dvakrát. Poprvé na průchod a podruhé při totálním odraze. Pomocí přeložení tzv. „FOOTPRINT DIAGRAM“ při těchto průchodech můžeme zkontrolovat využití této optické plochy (viz. obr. 4). Pro průchod jsme použili celkem 5 předmětových bodů (osového a 4 krajní na příčkách obrazového pole).

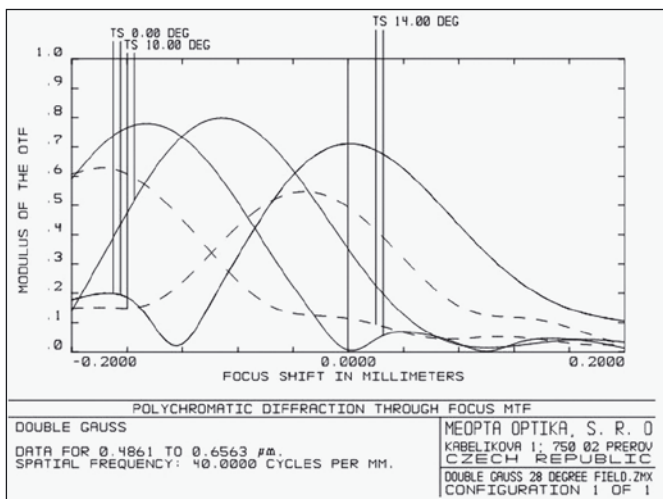
Při zadávání optické soustavy je nutno zvolit její typ. Zda se jedná o zobrazení do konečna (objektivní optický systém), afokální (subjektivní systém) či systém telecentrický (předmětové hlavní



Obr. 4

paprsky rovnoběžné s optickou osou) v předmětové rovině. Dále stanovujeme systém omezení paprskových svazků - jejich „ořezání“ reálnou clonou, zařazenou v optickém systému („FLOAT BY STOP SIZE“), průměrem vstupní pupily, předmětovou numerickou aperturou, clonovým číslem v obrazovém prostoru nebo velikostí úhlu paprskového kuželu v předmětovém prostoru.

Systém předmětových bodů se zadává podle typu optické soustavy – velikostí úhlu zorného pole nebo jeho výškou v předmětovém či obrazovém prostoru. K těmto velikostem se volí i váha každého obrazového bodu, kterou se podílí na výsledném zobrazení. Tak lze volit parametry pro nastavení optimální obrazové roviny pomocí funkce „QUICK FOCUS“ či přednastavené možnosti optimalizace optické soustavy. Pomocí „QUICK FOCUS“ funkce rychle najdeme optimální polohu obrazové roviny, kde je maximální výkon soustavy podle zvolených váhových koeficientů předmětových bodů. Většinou je maximální váha na osovém předmětovém bodu a tak výsledkem je i poloha, kdy je maximální výkon pro předmětový bod. Optimální poloha je hledána podle minimálního geometrického spotu (ve směru X a Y nebo podle volby jednoho z nich) nebo podle minimální chyby obrazové vlnoplochy. Na obr: 5 je např. graf polychromatického faktoru přenosu modulaace pro prostorovou frekvenci 40 čar/mm. Rovina 0,0000 je optimální poloha pro osový předmětový bod, která byla stanovena pomocí funkce „QUICK FOCUS“, kdy váha osového bodu byla 100 a dvou mimoosových 1. Kriteřiem zde byl optimální tvar výstupní vlnoplochy („WAVEFRONT ERROR“).



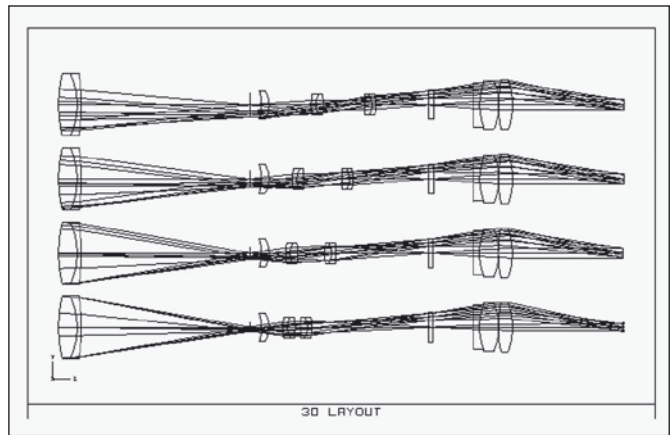
Obr. 5

Stejně jako u volby předmětových bodů, lze volit váhy u počítaných vlnových délek. Těch je možno zadat maximálně 24. Tímto způsobem definujeme pracovní spektrální režim optické soustavy.

Program samozřejmě umožňuje vkládat i soustavy s proměnnými parametry a provádět jejich optimalizaci a toleranční výpočty. Na obr: 6 je např. zobrazen chod paprsků puškovým zaměřovacím dalekohledem.

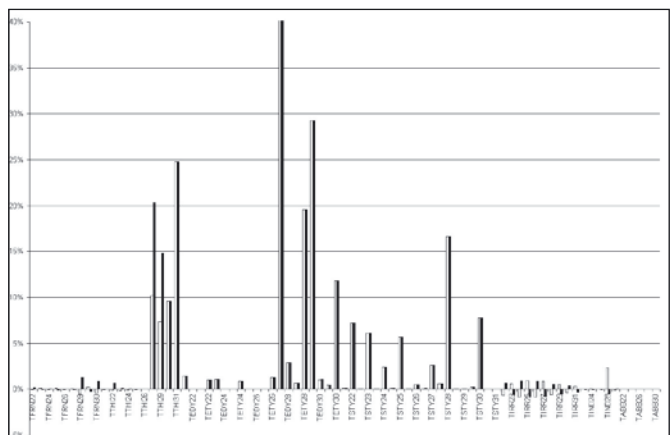
Optimalizaci lze provádět pomocí předvolených standardních meritních funkcí (volených podle velikostí geometrických spotů, minimální chyby výstupní vlnoplochy nebo úhlových odchylek pro afokální systémy). Mimo tyto programově nastavené systémy meritních funkcí, které respektují uživatelský systém zorného pole a vlnových délek, lze použít i vlastní cílové hodnoty aberací či hodnoty MTF nebo dalších kriteřiem podle typu soustavy.

ZEMAX EE také umožňuje provést toleranční analýzu optických systémů a posoudit tak vliv jednotlivých parametrů systému na výsledný výkon. Zadávají se zde tolerance jednotlivých parametrů (tvary plochy, tolerance tlouštěk a mezer, náklony a posuvy ploch a elementů...) a také kriteřiem, podle kterého bude hodnocení



Obr. 6

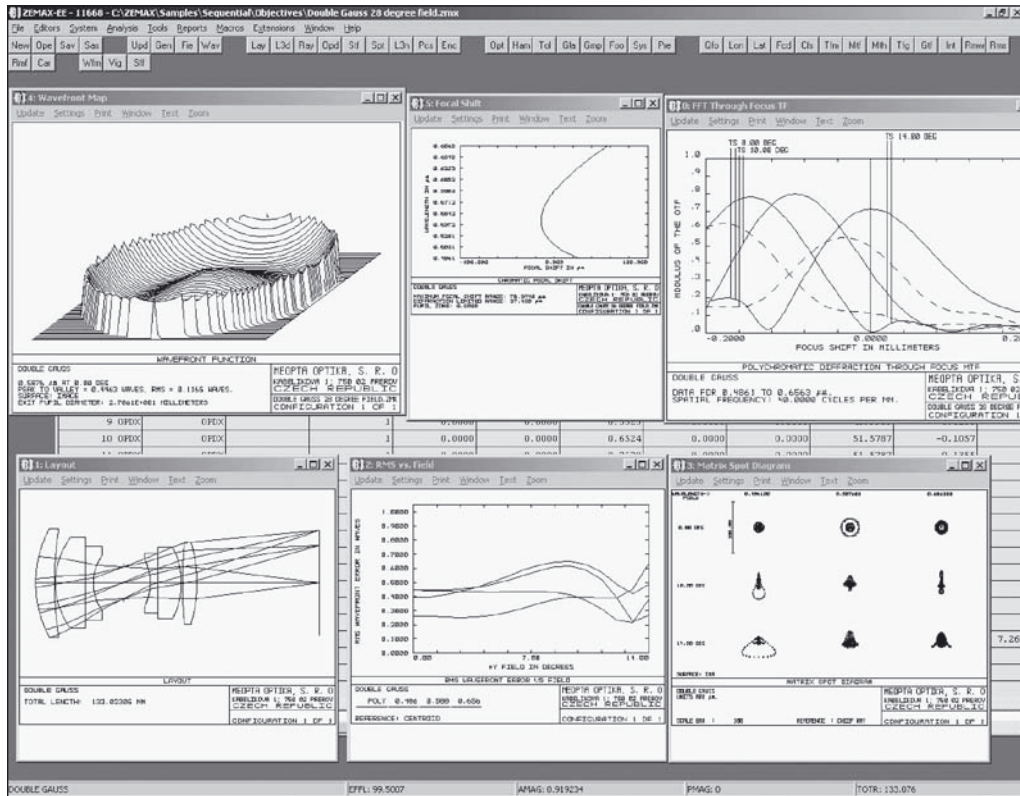
prováděno. Tím mohou být velikosti střední kvadratické odchylky geometrického spotu, výsledné vlnoplochy nebo vlastní uživatelské meritní funkce. Výsledkem výpočtu je výpis, který obsahuje vliv jednotlivých tolerancí na sledované kriteřiem a dále statistická analýza „Monte Carlo“ zvoleného počtu sestavených soustav s parametry v tolerančním pásmu. Takto náhodně sestavené soustavy lze ukládat a podrobit další analýze. Na obr: 7 je například graficky znázorněn vliv jednotlivých parametrů optické soustavy na velikost meritní funkce. Zleva je vidět malý vliv odchylky od nominální hodnoty rádiusů („TFRN“), dále pak velký vliv některých tlouštěk a decentricit elementů a ploch analyzované soustavy („TEDY“; „TSTY“). V pravé části grafu je vliv irregularity optických ploch „TIRR“, indexu lomu „TIND“ a abbeova čísla „TABB“. Podle těchto vlivů je nutno upravit výrobní tolerance a zvolit způsob uložení optických elementů do mechaniky systému, případně hledat jinou optickou sestavu s menší citlivostí.



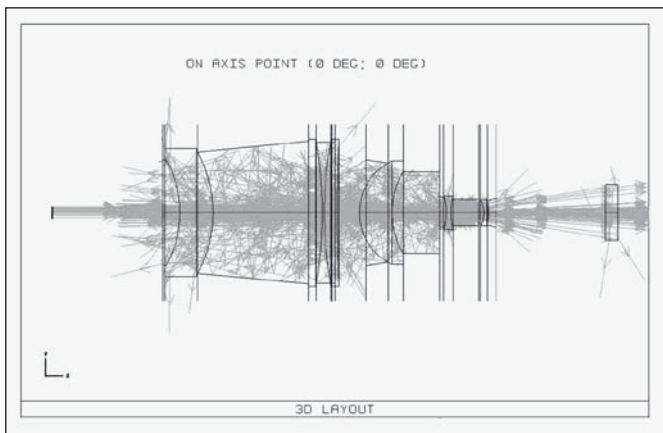
Obr. 7

Obr: 8 ukazuje klasickou obrazovku PC s některými otevřenými aplikacemi při výpočtu. V horní části obrázku je uživatelem zvolený systém „rychlých“ tlačítek, pomocí kterých je volena požadovaná funkce či výpočet. Těchto funkcí je možno předvolit celkem 48.

Vedle standardních propočtů, kdy paprsky procházejí každou plochou pouze jedenkrát, je možno pracovat i v tzv. nesequenčním režimu, kdy paprsky mohou na jednotlivé plochy dopadnout několikrát. Toho lze využít například při výpočtech, které modelují vliv parazitního světla a vznik „duchových“ obrazů. Takový systém je na obr: 9, kde je vedle obrazových prvků vložen i systém mechanických clon a objímek, na kterých vznikají parazitní odrazy, které



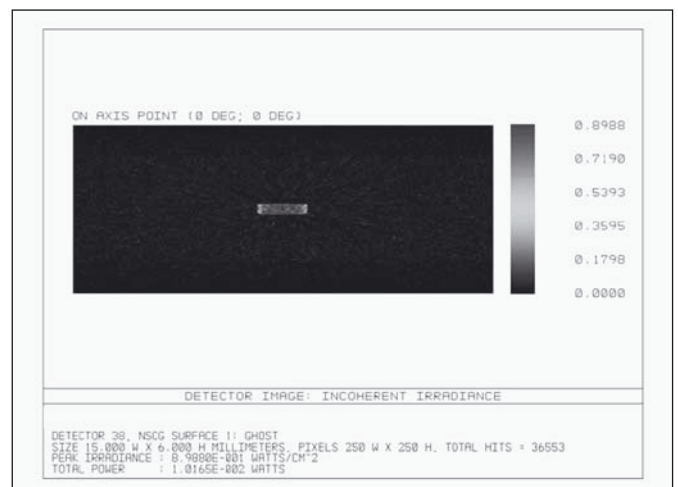
Obr. 8



Obr. 9

mohou posupovat dále soustavou až do obrazové roviny. Jestliže vložíme do obrazové roviny detekční rovinu a před ní plošku, která zastíní vlastní obraz sledovaného předmětového bodu, dostaneme zobrazení v rovině detektoru vzniklé vlivem parazitních odrazů v optické soustavě (viz. obr. 10). Když ještě vložíme do soustavy další detekční rovinu, ve které vyhodnotíme energii vlastního obrazu předmětového bodu a porovnáme s energií obrazu parazitního, získáme tak představu o jeho vlivu na výsledný obraz.

Program pro optické výpočty ZEMAX EE má ještě celou řadu dalších výpočetních možností, kterými je možno analyzovat navrhované optické soustavy. V Meoptě se pomocí tohoto programu již navrhla řada optických soustav, které jsou nyní součástí jejího výrobního sortimentu. Bližší informace můžete nalézt na našich internetových stránkách: [www.meopta.cz](http://www.meopta.cz).



Obr. 10



## 80. narozeniny profesora Adolfa Lohmanna

20. dubna 2006 oslavil své 80. narozeniny profesor Adolf Lohmann. S krátkým předstihem uspořádali jeho přátelé a bývalí studenti slavnostní narozeninové sympóziu na jeho počest. Sympóziu bylo zahájeno v pátek 7. dubna 2006 na první Přírodovědecké fakultě Friedrichovy a Alexanderovy univerzity v Erlangenu.

Název sympózia „50 let informační optiky“ vyjadřuje hlavní oblast vědecké aktivity profesora Lohmanna, který byl od roku 1973 až do svého odchodu do důchodu v roce 1992 vedoucím katedry aplikované optiky na univerzitě v Erlangenu.

Roli průvodce sympózia převzal někdejší asistent profesora Lohmanna, nynější profesor na erlangenské univerzitě, profesor Gerd Häusler. Úvodní řeč pronesl profesor Gotthard Jasper, který v letech 1990 - 2002 zastával funkci rektora univerzity. Po jeho promluvě následovaly přednášky tří pozvaných hostů. Postupně tak promluvil profesor Joseph Goodman ze Stanfordovy univerzity, profesor Asher Friesem z Weizmannova institutu v Tel-Avivu a profesor Jürgen Jahns z Dálkové univerzity v Hagenu.



Účastníci sympózia před hotelem ve Veilbronn. Profesor Lohmann (v čepici) stojí vpředu vlevo



Profesor Lohmann (vpravo) s bývalým rektorem univerzity, profesorem Jasperem

fyzikálních technologií) Jena, Mitsuo Takeda, profesor Univerzity pro elektrické komunikace v Tokiu, Gert Ferrano ze společnosti ZI Imaging, Ichirou Yamaguchi, profesor univerzity v Kirju, Alan Huang, který se v Bellových laboratořích zabýval konstrukcí optického procesoru, Johannes Schwider, někdejší profesor univerzity v Erlangenu, David Mendlovic, profesor univerzity v Tel-Avivu, Toyohiko Yatagai, profesor univerzity v Cukubě.

Závěrečné slovo přednesl sám oslavenec, profesor Lohmann.



Profesor Lohmann při závěrečné přednášce



Profesor Lohmann (vlevo) s profesorem Goodmanem

V sobotu 8. dubna pokračovalo narozeninové sympóziu v příjemném prostředí malého hotelu ve vesnici Veilbronn ležící přibližně 40 km severně od Erlangenu. Během dne se postupně vystřídalo 22 přednášejících. Byli to převážně bývalí studenti profesora Lohmanna, z nichž mnozí jsou dnes už sami profesory. Dále to pak byli kolegové profesora, vědci zabývající se optikou. Mezi nimi byli:

John Caulfield, profesor Fiskovy univerzity v Nashville, profesor Hartmut Bartelt, vědecký ředitel IPHT (Institut špičkových

Profesor Adolf Lohmann se narodil 20. dubna 1926 v městečku Salzwedel v Sasku-Anhaltsku. Po studiu fyziky na univerzitě v Hamburku začínal jako asistent na Technické vysoké škole v Braunschweigu. V roce 1957 se habilitoval a do roku 1963 pracoval jako vysokoškolský učitel. V letech 1963 až 1967 byl zaměstnán ve výzkumných laboratořích IBM v San José v Kalifornii. Od roku 1967 do roku 1973 vyučoval optiku a informatiku na Kalifornské univerzitě v San Diegu. V roce 1973 se vrací do Německa a stává se vedoucím nově zřízené katedry aplikované optiky na univerzitě v Erlangenu. Tuto funkci zastával až do svého odchodu do důchodu v roce 1992. Během svého působení v Erlangenu vytvořil profesor Lohmann z katedry aplikované optiky špičkové vědecké pracoviště. V roce 1992 byla katedra profesora Lohmanna vybrána mezi dvě nejprestižnější katedry zabývajících se optikou z celé Spolkové republiky Německa. Ale i jako emeritní profesor se dále věnoval optice nejen na univerzitě v Erlangenu, ale jako hostující profesor

také v Národním výzkumném institutu v Mexico-City a Weizmannově institutu v Tel-Avivu.

Profesor Lohmann je čestným členem německých a evropských optických společností. Je členem Královské švédské akademie inženýrských věd, Čínské akademie inženýrských věd a Bavorské akademie věd. Profesor Lohmann je nositelem spolkového kříže za zásluhy, medaile Maxe Born<sup>1</sup> za výsledky ve fyzikální optice, medaile C. E. K. Meese<sup>2</sup> Americké optické společnosti za zásluhy o mezinárodní spolupráci v oboru optiky. V letech 1978 až 1981 byl prezidentem ICO (International Commission for Optics). U příležitosti jeho 80. narozenin byla profesorovi Lohmannovi propůjčena cena „průkopník informační optiky“ od mezinárodní společnosti SPIE (International Society for Optical Engineering).

Hlavní náplní odborné práce profesora Lohmanna je holografie. V roce 1966 objevil metodu generace hologramu pomocí počítače, což je považováno za jeho největší objev. S hologramy tohoto typu se setkal pravděpodobně každý ze čtenářů, v podobě třpytivých proužků jsou totiž použity jako jeden z bezpečnostních prvků na ochranu eurových bankovek proti kopírování. Mezi další objevy profesora Lohmanna patří holografie s jedním postranním pásmem (single side-band holography), teta modulace (theta modulation), superrozlišení u nedvojlovných předmětů (superresolution for nonbirefringent objects), potlačení koherenční zrnitosti v astronomii (speckle mashing in astronomy). Významně přispěl k budování matematického aparátu vhodného pro popis optických jevů. Zmínku zaslouží popis signálů pomocí Wignerovy distribuce a zlomková Fourierova transformace (fractional Fourier transform).

Kromě odborné práce se profesor Lohmann věnoval také činnosti pedagogické. Byl vynikajícím učitelem, který své studenty dokázal nadchnout pro svůj obor a pro vědeckou práci vůbec. Deset jeho bývalých doktorandů se stalo profesory na univerzitách v Německu, Mexiku, Izraeli, Spojených státech amerických a ve Švýcarsku. Na základě jeho přednášek v San Diegu vznikla anglicky psaná učebnice Optical Information Processing. Profesor Lohmann se kromě toho, že učil optiku, snažil své studenty naučit, jak se stát skutečným vědcem, snažil se je naučit vynalézat a objevovat. Rád bych zde alespoň ve stručnosti uvedl některé z jeho myšlenek.

Optika je oficiálně věda, v každodenním životě řemeslo, ale ve skutečnosti je to umění.

Fyzik musí být jako dítě, má si hrát, dokázat se divit, být líný, neposlouchat a rozebírat a rozbíjet věci. Ve fyzice je příliš mnoho Hamletů a příliš málo Donů Quijotů.

Fyzik má být jako umělec, ale umělci často volí systematické postupy. Dělají to hudební skladatelé tím, že systematicky opakují určité motivy a nebo malíři, že různě mění perspektivu. Není

tedy důvod nezkusit to také ve vědě. Dá se to provést tak, že se snažíme od známých jevů dojít k jevům zatím neznámým pomocí interpolace, extrapolace, translace nebo inverze (pomocí interpolace přišel profesor Lohmann na myšlenku zlomkové Fourierovy transformace, kdy konstantu  $2\pi$  v exponentu nahradil obecnou konstantou).

Fyzik by měl zkusit využít ve svůj prospěch i to, co jindy ruší (garbage recycling). Nejjednodušší příklad: uspořádání, které je citlivé na otřesy se dá využít pro jejich snímání. Existují experimenty, které nefungují. Snaha vystopovat, proč experiment nefunguje, může vést k novému objevu.

Úplně nejlepší je použít při vynalézání stimulovaný záblesk genia (stimulated flash of genius). Jak se dá takovému záblesku napomoci?

- kniha pod polštář není špatná myšlenka,
- kreslit si obrázek, zkusit problém podchytit graficky,
- zapomenout na problém, hrát například tenis nebo na hudební nástroj,
- pít víno (ve dne) a nebo čaj (v noci),
- bavit se, ale zároveň studovat fakta.

Pověstnými se staly přednášky profesora Lohmanna na fyzikálních konferencích. Svě studenty učil, že správná přednáška na konferenci má mít následující strukturu:

- motivation
- problem
- solution
- conclusion
- joke

Sám profesor Lohmann se tohoto schématu držel a svými žertíky často rozveseloval účastníky optických konferencí.

Na závěr bych chtěl uvést oblíbené rčení nebo spíše povzdech profesora Lohmanna o tom, jak obtížné je objevit něco nového: „BUĎTO UŽ TO JE, A NEBO TO NEJDE“. Samotný příklad profesora Lohmanna a jeho výsledky však ukazují, že i tohle pravidlo má své výjimky.

*Poznámka:* U jmen japonských nebo izraelských vědců bylo použito anglického přepisu do latinky, to znamená, že jména jsou uváděna ve tvaru, jak jsou známa z vědeckých publikací.

*Text: Pavel Pavlíček*

*Foto: Ondřej Hýbl*

Kontaktní adresa: RNDr. Pavel Pavlíček, Ph.D., Společná laboratoř optiky UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 631 508, e-mail: pavlicek@optnw.upol.cz

<sup>1</sup> Tuto cenu uděluje společně Německá fyzikální společnost a Institut fyziky od roku 1972 na počest Maxe Borny, který zemřel v roce 1970.

<sup>2</sup> Tato cena byla zřízena v roce 1961 na paměť C. E. K. Meese, který významně přispěl k vývoji vědecké fotografie, uděluje se každé dva roky.

## Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2006

*Ve dnech 19. – 21. dubna 2006 se v pravém křídle Průmyslového paláce pražského Výstaviště konal 24. ročník výstavy Interkamera. Letošní Interkamery se zúčastnilo jen 38 firem a poprvé se také konala na tak malé výstavní ploše. Doby, kdy výstava dokázala zaplnit celý Průmyslový palác a současně 4 Křížkovy pavilony jsou již nenávratně pryč. Organizátorem, tak jako v minulých ročnících, byla firma Atemi.*

Úbytek vystavovatelů provázel Interkameru již několik posledních ročníků. Když na výstavě chybí velké firmy, jako např. KODAK nebo SONY, je to znát. Letos jsme se také už nesetkali s firmou KONICA MINOLTA, ale z jiného důvodu. Firma v lednu 2006 oznámila, že opouští trh zobrazovací a foto techniky, i když její historie v této oblasti sahá až do roku 1873, literatura [2]. Část jejích aktivit – digitální SLR zrcadlovky - od ní převzala firma SONY. Přitom firma KONICA MINOLTA zaujímala např. ve výrobě barevných fotopapírů a filmů 3. místo na světě, hned po firmách KODAK a FUJIFILM. Nástup digitálních technologií je však stále razantnější a proto některé firmy stojí před otázkou, zda se spojit s jinou firmou nebo tento trh raději opustit a věnovat se jiným aktivitám.

Firma CANON představila novinku v digitálních jednookých zrcadlovkách – model EOS30D s tělem z hořčíkové slitiny. Navazuje tak na úspěšný model EOS20D, který byl vylepšen a doplněn novými funkcemi. Je osazen snímačem CMOS s rozlišením 8,2 Mpixelů. Jen pro zajímavost, firma CANON je v současnosti jediný výrobce snímačů CMOS s velikostí čipu 24 x 36 mm (osazen v modelech EOS1Ds Mark II a EOS5D). Hledáček se zvětšením 0,9x pokrývá 95 % záběru. LCD panel s úhlopříčkou 2,5“ pokrývá 100 % záběru. Citlivost lze nastavit v rozsahu ISO 100 – 1 600.

Novinkou v řadě CANON IXUS je model Digital IXUS 800 IS, viz. obr. 1. Jak už je u řady IXUS zvykem, viz. literatura [3], mají nezaměnitelný stylový design. Přístroj má CCD snímač s rozlišením 6 Mpixelů a 4násobný optický ZOOM. Je vybaven optickým stabilizátorem obrazu, který umožňuje mimo jiné fotografování v interiérech bez použití blesku. Kromě hledáčku má 2,5“ LCD displej s 15ti úrovněmi jasu.



Obr. 1 Digitální fotoaparát CANON Digital IXUS 800 IS

V oblasti videokamer nabízí firma CANON celou řadu produktů od amatérských až po profesionální. Zastavme se u modelu CANON XM2, obr. 2. Jedná se o zařízení určené pro náročné amatéry i profesionály. Je osazena třemi 1/4“ CCD snímači s rozlišením 470 000 pixelů. Dokonalou ostrot, vysoké rozlišení a potlačení barevných odchylek zaručuje použití fluoritových čoček v objektivu. Kamera má 20násobný optický a 100násobný digitální ZOOM. Samozřejmostí je stabilizátor obrazu. Nad objektivem se nachází směrový mikrofon se třemi frekvenčními režimy. Kamera má řadu ovládacích prvků běžných pro profesionální zařízení.



Obr. 2 Videokamera CANON XM2

Firma OLYMPUS předvedla řadu novinek. V digitálních zrcadlovkách řady E zasluhuje pozornost model E-330, obr. 3. Nabízí živý náhled (live preview) na 2,5“ LCD displej se širokým pozorovacím úhlem 160 stupňů a umožňující náhled i pod přímým slunečním světlem. Živý náhled je umožněn přidáním dalšího snímacího čipu, který přenáší informace přímo do LCD displeje. Displej se dá naklápět od těla přístroje, což ocení zejména zájemci o makrofotografie pořizované blízko země nebo fotoreportéři fo-



Obr. 3 Digitální zrcadlovka OLYMPUS E-330

tící v davu s přístrojem nad hlavou. Model navazuje na předchozí E-500, ale místo CCD snímače má CMOS čip s rozlišením 7,5 Mpixelů. Duální slot na paměťové karty umožňuje používat CF/Microdrive a xD-Picture Card. Přístroj má zabudovaný výklopný blesk. Jako ostatní zrcadlovky OLYMPUS je i E-330 vybaven ultrazvukovým antiprachovým filtrem (Supersonic Wave Filter). Ten dokáže odstranit mechanické nečistoty z CCD snímače automaticky při každém zapnutí přístroje.

Na stánku firmy OLYMPUS jsme mohli vidět také fotoaparát HASSELBLAD. Dne 8. března 2006 uplynulo 100 let od narození zakladatele firmy Victora Hasselblada (1906 – 1978). Firma k tomuto jubileu připravila omezenou sérii 500ks středofornátového přístroje HASSELBLAD 503CWD, obr. 4, s digitální stěnou, na které je podpis zakladatele. Model 503CWD navazuje na osvědčený model 503CW, literatura [4]. Nový model je osazen digitální stěnou s CCD snímačem s rozlišením 16,6 Mpixelů a CF kartou s kapacitou 1 GB (lze na ní tedy uložit asi 45 obrázků). Přístroj je vybaven objektivem Carl Zeiss Planar CFE 2,8/80.



Obr. 4 Středofornátová kamera HASSELBLAD 503CWD

Firma HASSELBLAD nabízí také největší senzor v digitální stěně CFH s rozlišením 39 Mpixelů. Jeho fyzické rozměry jsou 36,7 x 49,0 mm. Jeden snímek pořízený tímto snímačem pak ve formátu RAW zabírá uctyhodných 78 MB. Stěnu lze použít pro kamery HASSELBLAD řady H2 anebo s adaptérem H2 i na jiné značky přístrojů.

Firma FUJIFILM pojmula svůj stánek na výstavě netradičně. Byl tvořen fotbalovým hřištěm na kterém si návštěvníci mohli vyzkoušet dát gól do branky. Komu se to podařilo dostal se do slosování o zajímavé ceny spojené s blížícím se mistrovstvím světa ve fotbalu v SRN. A jaké novinky firma nabídla? Na loňský úspěšný model digitálního fotoaparátu FinePix F10, literatura [4], letos navázal model FinePix F11. Nový model má větší rozlišení LCD monitoru – 153 000 pixelů. Zabudovaný RP II (Real Photo II) procesor byl proti předchozímu doplněn o AE algoritmus, který umožňuje při expozici nastavit mód A (Aperture) nebo S (Shutter). Nastavením upřednostníme nastavení clony anebo expozice, podle typu snímání záběru.

Další novinkou v oblasti digitálních kompaktních je model FUJIFILM FinePix V10, obr. 5. Čím přístroj zaujme na první pohled je 3“ TFT LCD displej s rozlišením 230 000 pixelů, který zabírá celou zadní stěnu přístroje. Při této velikosti displeje je na něm možné naráz zobrazit až 30 obrázků ve vyhledávacím režimu. Je osazen Super CCD snímačem s rozlišením 5,1 Mpixelů. Rozměry přístroje jsou 83x63,5x23,3 mm a hmotnost 155 g (bez baterie). Použitý objektiv FUJINON má 3,4násobný optický ZOOM (F2,8



Obr. 5 Digitální fotoaparát FUJIFILM FinePix V10

– 5,5/6,3 – 21,6 mm). Citlivost lze nastavit až do ISO 1 600. Přístroj má i novou funkci N&F. Po její aktivaci dojde při jediném stisknutí spouště ke dvojí expozici. Nejprve se exponuje záběr v režimu Natural Light a vzápětí Flash, tedy s bleskem. Funkci ocení zejména fotografové, kteří pořizují momentky a při zhoršených světelných podmínkách nemají čas na rozhodování jaký režim nastavit. Z obou exponovaných záběrů se pak vybere ten lepší a druhý se smaže.

Firma FUJIFILM nezůstala nic dlužna ani své pověsti výrobce zpracovatelských zařízení, kde má na co navazovat, literatura [1]. V řadě digitálních minilabů Frontier byla představena novinka – model 500. Umí zpracovávat jak klasická tak digitální média až do formátu 20,3 x 30,5 cm. Proti svým předchůdcům má nižší spotřebu energie (271 kWh/měsíc), zabírá menší plochu (1,34 m<sup>2</sup>) a má nižší objem emise oxidu uhličitého.

S digitálními fotoaparáty značky SAMSUNG jsme se mohli seznámit na stánku firmy SOLID CZECH. Svými parametry zaujal digitální SLR fotoaparát Pro815, obr. 6. Je osazen čipem s rozlišením CCD snímače 8 Mpixelů a kromě elektronického hledáčku na boku přístroje jsou k dispozici 3,5“ TFT LCD hlavní displej s rozlišením 235 000 pixelů na zadní stěně a 1,44“ TFT LCD náhledový (stavový) displej na horní straně přístroje s rozlišením 115 000 pixelů. Fotoaparát je držitelem dvou rekordů. Dodává se s nejdelším zabudovaným ZOOM objektivem na světě a to 15násobným. Fotoaparáty SAMSUNG používají objektivy



Obr. 6 Digitální SLR fotoaparát SAMSUNG Pro815

Schneider-Kreuznach, literatura [1], v tomto případě model Schneider-Kreuznach  $f = 7,2 - 108 \text{ mm}$  (ekvivalent  $35 \text{ mm}$  filmu  $f = 28 - 420 \text{ mm}$ ). Zároveň je osazen Li-Ionovou baterií s největší výdrží na světě ( $7,4 \text{ V} - 1,9 \text{ Ah}$ ).

Firma SOLID CZECH také nabízí širokou škálu pouzder a brašen značky CASE LOGIC a to nejen na kamery a fotoaparáty, ale také na notebooky, CD a MP3 přehrávače a jejich příslušenství, obr. 7. Vše v moderním designu a z odolných materiálů, které spolehlivě ochrání svůj obsah.



Obr. 7 Brašna na fotoaparát s příslušenstvím CASE LOGIC

Příjemným překvapením byla návštěva stánku firmy RAY-FILM. Našli jsme tady širokou nabídku inkjetových fotolesklých papírů v nejrůznějších gramážích i formátech, samolepící etikety včetně CD etiket, vinné etikety na lahve, holografické fólie, vizitky aj. V rámci produktu VYTISKNI SI je k dispozici CD ROM s programem zaměřeným na nejrůznější praktické aplikace. A pokud by snad zákazník v katalogu firmy nenašel tu svoji aplikaci, firma je připravena vyrobit požadovanou zakázku na míru podle individuálního zadání.

Na stánku firmy LIBEREK jsme mohli vidět samoobslužné kiosky firmy MITSUBISHI. Mezi nimi zaujal kiosk KIOSK 9000, obr. 8. Kromě klasických funkcí na zpracování digitálních fotografií nabízí i funkci mobilní zábavy. Jedná se např. o stahování JAVA her, obrázků a vyzváněcích melodií do mobilních telefonů s možností prohlédnutí nebo poslechu vybraných aplikací před zakoupením. Služba je organizována tak, že zákazník zadá na displeji kiosku model svého mobilního telefonu a zobrazí se mu aktuální nabídka služeb pro jeho telefon. Po vybrání a vyzkoušení zvolené aplikace si ji teprve zákazník stáhne do svého telefonu.

Na stánku firmy NORITSU jsme mohli vidět digitální termosublumační tiskárnu IP-64, obr. 9. Tiskárna má rozlišení 334 dpi a umožňuje tisk formátů  $127 \times 89 \text{ mm}$ ,  $152 \times 102 \text{ mm}$ ,  $127 \times 178 \text{ mm}$  a  $152 \times 204 \text{ mm}$ . Rychlost tisku je od 127 obr./hod. u největšího formátu až po 300 obr./hod. u nejmenšího formátu. Zařízení lze připojit k PC přes USB 2.0 port.

Firma EPSON na svém stánku kromě klasického portfolia tiskáren předvedla i datové projektoři. A mezi nimi zaujal projektor EPSON EMP-TWD1, obr. 10. Umožňuje nejen sledovat filmy



Obr. 8 Samoobslužný kiosk MITSUBISHI KIOSK 9000



Obr. 9 Digitální termosublumační tiskárna NORITSU IP-64



Obr. 10 Projektor EPSON EMP-TWD1

nebo televizi, ale také hrát hry nebo poslouchat hudbu. Má světelný výkon 1 200 ANSI lumenů a čtyři přednastavené režimy jasu a kontrastu. Velikost projekční plochy je 30 – 300“ při vzdálenosti 0,73 – 7,75 m. Přehrávat lze DVD, CD a MP3. Má zabudované reproduktory 2x 10W Stereo DD (Direct Drive).

Dnes už není tak jednoznačná volba mezi střední třídou digitálních zrcadlovek a kompaktem v segmentu high end jako tomu bylo v minulosti. Některé rozdíl se začínají stírat. Přesto zůstává několik základních diferencí. Výhodou zrcadlovek je větší plocha snímače, což zároveň znamená nižší šum a větší dynamiku. Díky tomu zrcadlovka lépe vykreslí detaily v místech s nedostatkem nebo naopak přebytkem světla. Větší plocha snímače na druhou stranu znamená menší hloubku ostrosti a tedy musíme více clonit, než v případě kompaktu. Kompakt je vybaven jediným pevným objektivem. U zrcadlovek můžeme objektiv měnit podle potřeby, což je výhoda. Snímky z kompaktu mají většinou poměr stran 4 : 3 a proto se při zpracování v minilabu musí upravit na formát 3 : 2. U zrcadlovek tento problém nenastává. Ceny nejlevnějších zrcadlovek a high end kompaktních se dnes už značně přiblížily. Kompakt je zpravidla lehčí a skladnější, u zrcadlovky musíme mít po ruce výměnné objektivy, které zaberou více místa. Závěrečná volba je tedy na nás. Vždy bude záležet na tom, jaký bude hlavní účel použití přístroje a které parametry upřednostníme.

Z doprovodných akcí Interkamery letos návštěvníky mezi jinými akcemi zaujala výstava makrofotografií Milana Blšáka. Na vystavených dílech, vše ve velkých vkusně adjustovaných formátech, byla vidět mravenčí práce, která pořízení snímků předcházela. Autor se této oblasti věnuje dlouhodobě a dosáhl v ní už řady úspěchů nejen doma, ale i v zahraničí. Jeho snímky nás zavádějí do kouzelného světa přírody a ukazují nám nový pohled na živé i neživé objekty, které míváme a nemáme přitom o nich ani tušení. V letošním roce autor vydává knihu svých makrofotografií pod názvem „Příběhy (ne)obyčejné makrofotografie“, která si jistě najde zájemce nejen v řadách fotografů.

A jak si stojí dnešní mobilní telefony vybavené digitálním fotoaparátem? U nových modelů není zabudovaný fotoaparát s rozlišením 2 Mpixels už žádnou výjimkou. Trendem také je, že nové mobilní telefony podporují paměťové karty. Některé mobilní telefony mají dokonce 2 objektivy. Jeden zepředu a druhý zezadu. Zdá se vám to zbytečné? Nikoliv. Objektiv na druhé straně než je obrazovka je určený na klasické focení, případně video. A ten obrácený k vám je samozřejmě na videotelefonování, aby druhý účastník viděl, s kým hovoří. Doba videotelefonování už na sebe nenechá určitě dlouho čekat. Svůj nástup chystá také příjem TV signálu v mobilu. Na společném standardu se již dohodly firmy NOKIA a SONY ERICSSON a bude jím DVB-H (norma na přenos digitálního TV signálu na přenosné přijímače).

A jaký bude další vývoj? Necháme se překvapit opět za rok.

#### Literatura

- [1] Křížek, M.: Ohlédnutí za výstavou Interkamera '97, JMO, č. 9, FZÚ AV ČR, Praha, 1997, ss. 264 – 269.
- [2] Křížek, M.: Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2001, JMO, č. 6, FZÚ AV ČR, Praha, 2001, ss. 203 – 207.
- [3] Křížek, M.: Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2003, JMO, č. 8-9, FZÚ AV ČR, Praha, 2003, ss. 244 – 248.
- [4] Křížek, M.: Ohlédnutí za výstavou Interkamera 2005, JMO, č. 6, FZÚ AV ČR, Praha, 2005, ss. 188 – 191.

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

---

## Český komitét pro optiku ICO informuje – výsledky voleb do ČKO – ICO pro funkční období 2006 - 2010

V říjnu a listopadu 2005 proběhly řádné volby do ČKO – ICO pro funkční období od 1. 1. 2006. Z devatenácti kandidátů nominovaných dle volebního řádu ČKO – ICO byli ve volbách zvoleni:

1. Hrabovský Miroslav, prof. RNDr. DrSc. – SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc
2. Vrbová Miroslava, prof. Ing. CSc. – FJFI ČVUT, Praha
3. – 4. Čtyroky Jiří, prof. Ing. DrSc. – ÚŘE AV ČR, Praha
3. – 4. Miler Miroslav, doc. RNDr. DrSc. – ÚŘE AV ČR, Praha
5. Chlup Vladimír, RNDr. – podnikatel, Olomouc
6. Tománek Pavel, prof. RNDr. CSc. – FEL VUT, Brno
7. Pištora Jaromír, prof. Ing. CSc. – VŠB – TU, Ostrava
8. – 9. Klíma Miloš, prof. Ing. CSc. – FEL ČVUT, Praha

8. – 9. Kucharski Maciej, Mgr. CSc. – Praha
10. – 11. Jedlička Miroslav, Ing. CSc. – Čs. spol. pro fotoniku, Praha
10. – 11. Liška Miroslav, prof. RNDr. DrSc. – FS VUT, Brno

Dne 19. 4. 2006 proběhlo úvodní zasedání nově zvoleného výboru ČKO – ICO, na kterém bylo zvoleno vedení ČKO – ICO v tomto složení:

- předseda – prof. Ing. Jaromír Pištora, CSc., VŠB – TU, Ostrava
- místopředseda – doc. RNDr. Miroslav Miler, DrSc., ÚŘE AV ČR, Praha
- sekretář – prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc., SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc

# Na závěr veletrhu HANNOVER MESSE 2006

## HANNOVER MESSE 2006 potvrdil hospodářský rozmach

- Na veletrhu vzniklo okolo 4 milionů obchodních kontaktů
- Vystavovatelé hodnotí pozitivně budoucnost odvětví
- Špičkoví politici z Německa a ze zahraničí využívají veletrh k prosazování hospodářské politiky
- Úspěšná prezentace Indie jako partnerské země
- HANNOVER MESSE 2006 dosáhl všech vytyčených cílů

Po pěti veletržních dnech HANNOVER MESSE (24. - 28. dubna 2006) opět prokázal svou významnou úlohu barometru hospodářského rozmachu a naplnil vysoká očekávání 5 175 firem ze 66 zemí. Zákazníci byli s veletrhem maximálně spokojeni a budoucnost svého odvětví hodnotí jako nejlepší za poslední tři roky.

Jürgen R. Thumann, prezident Spolkového svazu německého průmyslu (BDI): „Všechny dotazníkové akce uskutečněné v minulých dnech dokládají, že v německé ekonomice zavládla pozitivní nálada. Každý, kdo letos navštívil veletrh HANNOVER MESSE, to určitě pocítil. Nyní je na vládě, aby využila současnou atmosféru důvěry. Klima pro uskutečnění reformy nebylo v této zemi nikdy tak příznivé. Jestli se má stát toto hospodářské zotavení trvalým jevem, je čas jednat.“

Za nejnovějšími inovacemi průmyslu investičních statků prezentovanými na výstavní ploše 154 800 m<sup>2</sup> netto přijelo 155 000 odborných návštěvníků. V průměru jeden návštěvník veletrhu kontaktoval 25 vystavovatelů, celkem se tak uskutečnilo okolo čtyř milionů kontaktů. Podíl návštěvníků ze zahraničí dosáhl rekordních 44 300, tedy 30 % z jejich celkového počtu. Vystavovatelé byli s cílenou poptávkou zahraničních návštěvníků velmi spokojeni.

Na letošním veletrhu se zájem soustředil na Indii jako partnerskou zemi. Vyvrcholením její účasti byla návštěva indického premiéra Manmóhan Singhy při zahájení veletrhu. Jednání řady špičkových politiků z Německa i ze zahraničí prokázala vedoucí pozici veletrhu HANNOVER MESSE v celosvětovém dialogu politiky a ekonomiky.

### Partnerská země Indie ve správný okamžik na správném místě

Úspěšná prezentace Indie jako oficiální partnerské země na veletrhu HANNOVER MESSE 2006 je příslibem dlouhodobého povzbuzení bilaterálních obchodních vztahů mezi národy, obzvláště s Německem jako hostitelskou zemí. Indie úspěšně demonstrovala pozoruhodnou sílu svého průmyslu na výstavní ploše více než 13 000 m<sup>2</sup>. Celkem se prezentace partnerské země zúčastnilo 343 indických vystavovatelů. S průběhem veletrhu a s mnoha navázanými kontakty, které významně ovlivní budoucí obchodní vztahy a zahraniční investice, byli vysoce spokojeni.

Dvoudenní návštěva indického premiéra Manmóhana Singhy podtrhuje klíčový význam veletrhu HANNOVER MESSE pro Indii, asijský stát, kde probíhá hospodářský boom. Předsedu vlády doprovázela delegace dvaceti federálních ministrů a státních tajemníků, mezi nimiž byli rovněž Kamal Nath, ministr obchodu a průmyslu, Kapil Sibal, ministr výzkumu a technologie, Dr. Ashvini Kumar, ministr průmyslu a okolo 800 dalších zástupců indické vlády a průmyslu. Prezentace Indie jako partnerské země veletrhu Hannover Messe vzbudila velký zájem mezinárodních médií i veřejnosti.

### Veletrh přitahuje prominentní politiky

Příležitostí pro hospodářsko-politické diskuse na veletrhu HANNOVER MESSE 2006 byla také návštěva spolkové kancléřky Angely Merkelové. Veletrh jako výběrové fórum navštívilo celkem 54 německých ministrů a státních tajemníků a jako vždy velký počet zahraničních delegací. Mezi významnými hosty byli rovněž vrcholní představitelé a zástupci průmyslu ze zemí jako jsou Ruská federace, Japonsko, Nigérie, Egypt, Rumunsko a Turecko. K prominentním

hostům mezinárodní politiky letos například patřili Dimitrij Medvedev, první místopředseda vlády Ruské federace, Okil Gabjubulevič Okilov, předseda vlády Republiky Tádžikistán, Dr. Edmond Daukuro, ministr ropného hospodářství a přírodních zdrojů Nigérie, Ali Koskun, ministr průmyslu a ochodu Turecké republiky.

### Koncepce veletrhu se osvědčila

Veletrh HANNOVER MESSE 2006 má po rozsáhlé reorganizaci výstavních oblastí opět jasný tematický profil a je solidním základem pro prezentaci špičkových technologií průmyslových odvětví. Letošní přehlídka upevnila nejen své vedoucí postavení nejvýznamnějšího technologického veletrhu světa, ale i svou pozici mezi konkurencí.

Předseda Rady vystavovatelů, Dietmar Harting, veletrh na závěr pozitivně zhodnotil: „Svou mezinárodností a vysokým počtem zahraničních odborných návštěvníků je pro vystavovatele letošní veletrh HANNOVER MESSE ještě atraktivnější. Další prohloubení stěžejní oblasti průmyslové automatizace, rozšíření vrcholného tématu energetika a zvolení Indie partnerskou zemí přispělo k úspěchu veletrhu HANNOVER MESSE jako technologické události roku.“

Veletrh HANNOVER MESSE letos poskytl domov deseti vedoucím mezinárodním již zavedeným odborným veletrhům: INTERKAMA<sup>+</sup>, Factory Automation, Energy, Digital Factory, Subcontracting, MicroTechnology a Research & Technology. Součástí veletržního programu se nově staly veletrhy Industrial Building Automation, Pipeline Technology a Industrial Facility Management & Services.

Průmyslová automatizace, energetika, průmyslové subdodávky, služby, výzkum a technologie budoucnosti zde byly prezentovány v jedinečné celosvětové koncentraci jako klíčové technologie mezinárodního průmyslu.

K vrcholným událostem patřila nová prezentace „Robotics World“ a premiéra nového ústředního kongresu o energii „World Energy Dialogue“. Zúčastnilo se ho přes 500 mezinárodních odborníků z průmyslu, energetického hospodářství, výzkumu a politiky.

### Velké mezinárodní zastoupení vystavovatelů

Na veletrh letos z celkového počtu 5 175 vystavovatelů přijelo 2 322 zahraničních firem ze 66 zemí – je to o 5 % více než v roce 2004. Ve srovnání s rokem 2004 se rovněž rozšířila výstavní plocha obsazená zahraničními firmami, a to o cca 45 250 čtverečních metrů, které představují nárůst plochy o více než 20 %, což je dokladem, že zahraniční účast na veletrhu HANNOVER MESSE má stoupající tendenci.

Největší počet vystavovatelů letos měla partnerská země Indie (343 vystavovatelů), dále Čína (250 vystavovatelů), Itálie (210 vystavovatelů), Švýcarsko (138 vystavovatelů) a Turecko (103 vystavovatelů).

Kvalitu a mezinárodnost odborných návštěvníků obzvláště chválili odborní návštěvníci z evropských zemí. Jejich nálada byla optimistická a byl znát výrazný hospodářský rozmach. I pro většinu středoevropských a východoevropských vystavovatelů zůstává HANNOVER MESSE povinným termínem. Řadě firem se podle jejich zpráv na závěr veletrhu zaplnily knihy zakázek a už nyní si pro příští rok rezervují veletržní stánky.

Význam veletrhu HANNOVER MESSE jako brány na mezinárodní trhy podtrhuje také silná asijská účast vystavovatelů. Čínští vystavovatelé, po Indii jako partnerské zemi druhá nejsilnější skupina zahraničních vystavovatelů ze zahraničí, jsou se svou účastí na veletrhu velmi spokojeni.

## Návštěvníci z celého světa

Veletrh HANNOVER MESSE 2006 dosáhl 30procentním podílem zahraničních návštěvníků nový vyšší stupeň mezinárodního renomé a dále rozšířil svou působnost na mezinárodním poli. Ve srovnání s rokem 2004 přijelo výrazně více návštěvníků ze Severní Ameriky (o 25 %) a z východní Asie (o 26 %). Stejně potěšitelné je, že stoupl počet návštěvníků z Turecka (o 41 %). Jako stěžejní téma letošního veletrhu HANNOVER MESSE byla mimořádným magnetem pro publikum energetika. O výrobu energie a zásobování se zajímalo o 45 % více odborníků než v roce 2004. O přenos, distribuci, akumulaci a přeměnu energie bylo o 18 % více zájemců. O 39 % stoupl počet návštěvníků zajímajících se o oblast obnovitelných energií. I v této oblasti budoucnosti se upevnilo postavení veletrhu HANNOVER MESSE jako prvořadé události odvětví.

Návštěvníci veletrhu letos rovněž věnovali více času. Průměrná délka návštěvy veletrhu stoupla na 1,8 dnů (v roce 2004 1,6 dnů).

## HANNOVER MESSE 2007

Program veletrhu HANNOVER MESSE 2007 zahrnuje 13 vedoucích veletrhů: Industrial Automation a INTERKAMA+, Factory Automation a Industrial Building Automation, Motion, Drive & Automation, Energy, Pipeline Technology, Subcontracting, Digital Factory, MicroTechnology, Surface Technology a Powder Coating Europe, ComVac, Research & Technology a nový odborný veletrh FM Solutions věnovaný snadnému řízení a údržbě.

## Automation

I v následujícím roce bude automatizace stěžejním veletržním tématem. Na veletrhu HANNOVER MESSE 2007 budou v celé

své šíři představeny velké trendy jako je Wireless Automation, průmyslová komunikace, integrace výrobních a obchodních procesů a z ní plynoucí požadavky na bezpečnostní technologie.

## Energie

Stěžejním tématem veletrhu HANNOVER MESSE 2007, který se zaměří na optimalizaci účinnosti energie v celém energetickém řetězci tvorby hodnot, bude ekonomicky a ekologicky citlivé spojení různých druhů energií budoucnosti cestou integrace konvenční a obnovitelné výroby energie.

## Subdodávky a služby

Průmyslové subdodávky a služby jsou hnací silou inovace a účinnosti. Představují rámec inovací produktů a jsou jako zdroje rozhodující pro optimalizaci výrobních a obchodních procesů. V této významné oblasti jsou novými impulzy inovované materiály a spojovací technika.

## Technologie budoucnosti

Na veletrhu HANNOVER MESSE 2007 budou jako klíčové technologie 21. století rovněž představeny mikrosystémová technika, nanotechnologie a optické technologie. V následujících letech jako průřezové technologie pozitivně ovlivní mnoho průmyslových oblastí a zajistí další růst.

Veletrh HANNOVER MESSE 2007 se bude konat 16. - 20. dubna.

Ing. Eva Václavíková, výhradní zastoupení DEUTSCHE MESSE AG, HANNOVER v ČR, Myslbekova 7, 169 00 Praha 6

## Z technické knihovny

**RATAJCZYK, E.: Współrzędnościowa technika pomiarowa. (Súradnicová meracia technika). 1.vyd., Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005, 356 s., ISBN 83-7207-543-3**

Významný poľský metroológ a pedagóg Prof. Ratajczyk sa v svojej monografii zaoberá aktuálnymi problémami súradnicových meraní. Hoci je kniha koncipovaná ako príručka pre študentov strojárskych špecializácií, môže byť dobre využiteľná i v praxi. Text je bohaty ilustrovaný a čo treba zvlášť oceniť, súpis použitej literatúry je veľmi obsažný (228 prameňov).

Úvodná kapitola obsahuje základné poznatky o súradnicových meraniach (geometrické základy, súradnicový systém, koncepcia snímacích hláv a ich kalibrácia, režimy práce so súradnicovými meracími strojmi). Rozsiahla 2. kap. sa zaoberá konštrukciou súradnicových meracích strojov (SMS), ich základnými parametrami a charakterizovaním podľa štyroch základných typov (portálový, mostový, stojanový a výložníkový).

Stručná 3. kap. pojednáva o meracích systémoch v SMS. Autor ich popisuje v rozdelení na tri základné kategórie: inkrementálne, kódové a interferenčné. Ďalšia kap. diela podáva rozsiahle informácie o konštrukcii snímacích systémov (dotykových i bezdotykových), ako aj údaje o ich metrologických parametroch a metódach atestácie. V podstate tu však ide o zisťovanie chýb, t.j. o kalibráciu!

5. kap. sa zaoberá matematickým popisom typických meracích úloh, riešených s pomocou SMS a prehľadom viacerých programov (CALYPSO, HOLOS, QUINDOS a pod.), ktoré sa bežne aplikujú v praktických prípadoch merania. Nadväzná 6. kap. stručne popisuje súradnicové meracie roboty, automaty a tzv. meracie centrá (sú to vlastne vysokovýkonné SMS, spravidla umiestnené v uzavretých kabínach, umožňujúce komplexné merania s relatívne malými neistotami).

Posledná kap. rozoberá problematiku správnosti SMS a príslušné metódy na jej určenie. Žiaľ, v tomto prípade ide vlastne o kalibráciu SMS, čo však autor explicitne terminologicky nevyjadril! Uvedené sú tu hlavné zdroje chýb SMS, analytické metódy ich determinácie a materializované etalóny pre kalibráciu SMS (stupňové koncové mierky, guľové pravítko, priestorové telesá a pod.).

Obsažné dielo, vhodné aj vzhľadom na jazykovú príbuznosť pre všetkých českých a slovenských metroológov, pracujúcich v oblasti súradnicových meraní.

*I. Brezina*

**NEUMANN, H. J. a kol.: Präzisionsmesstechnik in der Fertigung mit Koordinatenmessgeräten. (Meranie vo výrobe na súradnicových meracích strojoch). 2. uprav. vyd., Expert Verlag, Renningen 2005, 516 s., ISBN 3-8169-2535-9, cena: 69,00 EUR**

Druhé vydanie zdarilej monografie o súradnicovom meraní v časovom období jedného roka svedčí o tom, že ide o veľmi aktuálnu problematiku. Hlavný autor v spolupráci so svojimi 16 spoluautormi v tejto knihe podáva súhrnne poznatky, ktoré by mali pomôcť všetkým praktikom v priemysle, ktorí sa zaoberajú meraniami na súradnicových meracích strojoch.

Dielo je členené do piatich kapitol, bohaty ilustrované (321 obrázkov) a v jednotlivých kapitolách doplnené aj relevantnými literárnymi odkazmi.

Prvá kap. je akýmsi úvodom do problematiky – podaný je tu prehľad o vývoji súradnicovej metrologie a stav podľa súčasných noriem a smerníc. V kap. 2 je podaný stručný náčrt základov súradnicových meraní (snímače, optické a dotykové metódy, meranie v rámci zvyšovania kvality etc.).



V 3. kap. sú podrobne uvedené postupy výpočtov pre neistoty pri súradnicových meraniach. V tejto kap. je však uvedená aj stať (nie veľmi vhodne) o kalibrácii veľkých súradnicových meracích strojov – táto problematika snáď mala byť podrobne diskutovaná v osobitej kapitole!

Rozsiahla 4. kap. sa zaoberá rôznymi aspektami použitia súradnicových meracích strojov (aplikácie v automobilovom priemysle, pri meraní mikroproduktov, parametrov ozubení, pri náhrade viacrozmerových špeciálnych meradiel a pod.). Táto kapitola je zvlášť vhodná pre praktikov, ktorí denne pracujú so súradnicovými meracími strojmi.

Posledná kap. monografie je koncipovaná trochu netradične: predovšetkým sú tu podané zásady pre výber vhodného súradnicového meracieho stroja (pre praktikov zaujímavé informácie!), ďalej sa autori zaoberajú výchovou metrologov pre danú oblasť a napokon je v závere publikovaná stať veľmi atypická v takejto knihe: humoristické texty, majúce súvis s meraním a špeciálne s meraním na súradnicových meracích strojoch.

Recenzentovi neostáva nič inšie, než odporúčať túto monografiu všetkým technikom a inžinierom, ktorí sa denne „potýkajú“ s problematikou súradnicových meraní. Určite tu nájdú množstvo užitočných informácií pre svoju každodennú prácu!

*I. Brezina*

### **Nenáhlo, Č.: Měření vybraných geometrických veličin. Česká metrologická společnost, Praha 2005, 209 s.**

Z „rodiny“ geometrických veličín zaujímajú dominantné miesto veličiny dĺžka a rovinný uhol. Meraniu týchto dvoch veličín je venovaná príručka významného českého metrologa. Dielo je koncipované vo forme učebného textu, určeného hlavne pre účastníkov akcií Českej metrologickej spoločnosti.

Príručka je členená na 7 oddielov, pričom obsahuje i zoznam skratiek, vecný register a stručný zoznam literatúry (20 prameňov).

V 1. oddieli autor veľmi prístupnou formou uvádza čitateľa do problematiky všeobecnej metrologie, aby ho tak pripravil na štúdium ďalších partií príručky. Uvedené sú tu základné poznatky o spomenutých geometrických veličinách, ako aj zodpovedajúce informácie o meradlách na meranie dĺžok a uhlov. Ďalej sú podané znalosti o chybách merania a zásady pre dosiahnutie správnych výsledkov meraní. Praktický význam má stať, zaoberajúca sa návodom na vhodné podmienky práce v metrologických a kontrolných laboratóriách (pracoviskách). Záverom oddielu je stručný slovník najdôležitejších termínov z danej metrologickej oblasti.

Názov 2. oddielu celkom nevystihuje jeho obsah, pretože tu nejde tak o vlastný proces merania, ale skôr o meradlá (počnúc jednoduchými mierami, cez meracie prístroje až po komplikované meracie systémy, napr. typu súradnicových meracích strojov). Nechýbajú tu však veľmi užitočné poznatky o toleranciách dĺžkových a uhlových rozmerov. Záver oddielu je venovaný tzv. kontrolnému náradiu (primeriavacie platne, pravítka atď.).

Ďalší oddiel je tematicky zameraný na veľmi aktuálnu metrologickú oblasť: meranie odchýlok tvaru, polohy, parametrov drsnosti a vlnitosti. Hoci ide o veľmi obsiurnu problematiku, autor sa vypořádaval s ňou veľmi elegantne – uviedol len podstatné veci, bez zbytočných detailov (ktoré si samozrejme záujemca o hlbšie poznatky musí naštudovať v príslušnej literatúre). Ďalej v tomto odd. sú state o meraní parametrov závitov a ozubení a zmienka o niektorých špecifických druhoch meraní (meranie parametrov valivých ložísk, resp. meranie veľkých dĺžok).

V oddieli 4 nájdeme všetko dôležité, čo sa týka meraní v rámci kontroly kvality výroby. Autor sa zmieňuje nielen o procesnej stránke výroby, ale aj o automatizácii merania vo výrobných procesoch, určovaní parametrov obrábacích strojov (ale termín „kontrola presnosti“ považujeme za nie veľmi vhodný, pretože „presnosť“ sa nepoužíva ani v medzinárodnom metrologickom slovníku VIM!), ako aj o meraniach v rámci štatistickej regulácie procesov (interesantné sú aj odseky o spôsobilosti meradiel a kontrolných procesov).

Mimoriadne aktuálna problematika kalibrácie dĺžkových a uhlových meradiel je obsahom oddielu 5. Všeobecné zásady pre kalibráciu by si však vyžadovali doplnenie o pravidlá pre voľbu vhodných etalónov, resp. aj pre voľbu vhodného kalibračného kroku. V tejto časti príručky sa spomína aj kontrola meradiel, pričom nie je explicitne vysvetlený rozdiel obsahu pojmu voči pojmu „kalibrácia“. Zásada jednotnosti a správnosti (pre meradlá) by mala byť trochu modifikovaná („presnosť“ je vágny pojem, ktorý nemá oporu v oficiálnej metrologickej terminológii!). Záver tohto oddielu tvoria veľmi užitočné poznatky a praktické skúsenosti autora, týkajúce sa údržby a opráv meradiel.

Prehľad o doterajšom vývoji a perspektívach meracej techniky do najbližšej budúcnosti je podaný v oddieli 6. Záverečný oddiel 7 obsahuje predovšetkým apel autora na čitateľov, týkajúci sa potreby ďalšieho vzdelávania v tejto oblasti geom. veličín.

Príručku možno odporúčať všetkým strojárskym metrologom, ale najmä začínajúcim, ako základný text pre porozumenie podstaty problematiky merania dvoch význačných geometrických veličín.

*I. Brezina*

## **SPIE/CS – spoločnosť optiků informuje**

### **Nabízíme k prodeji následující sborníky SPIE:**

Proceedings of SPIE  
**XV International Symposium on Gas Flow, Chemical Lasers, and High-Power Lasers**  
Chair/Editor: Jarmila Kodymová  
Organized by: Institute of Physics of Academy of Sciences (Czech Republic)  
with the participation of Institute of Plasma Physics of Academy of Sciences (Czech Republic)  
30 August-3 September 2004, Prague, Czech Republic  
Vol. 5777, Part One of Two Parts

Cena: pro členy SPIE/CS 500,- Kč/ks + poštovné  
pro ostatní 800,- Kč/ks + poštovné

### **Microwave and Optical Technology 2003**

Jaromír Pištora, Kamil Postava, Technical Univ. of Ostrava (Czech Republic); Miroslav Hrabovský, Palacký Univ. Olomouc (Czech Republic); Banmali S. Rawat, Univ. of Nevada  
11-15 August 2003, Ostrava, Czech Republic  
Vol. 5445

Cena: pro členy SPIE/CS 200,- Kč/ks + poštovné  
pro nečleny SPIE/CS 500,- Kč/ks + poštovné

Sborník lze objednat u pí Kučerové v knihovně SPIE/CS na adrese: SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc, tel.: 585 631 504, fax: 585 631 531, e-mail: kucerove@prfnw.upol.cz  
Prodej sborníku proběhne do vyčerpání zásob v pořadí dle došlých žádostí.

# CONTENTS

**The Story of the Hubble Space Telescope** (L. Lejček) ..... 127  
The review of the 16 years history of the Hubble Space Telescope is presented. After the correction of its spherical aberration Hubble Space Telescope becomes very important and successful astronomical apparatus on the Earth orbit. In the course of those 16 years the Telescope obtained many results. A few of them are presented in this review as examples of Hubble Space Telescope activities.

**Light-tight boxes for Zeiss photo-micrographic apparatuses** (Z. Žižka, J. Gabriel)..... 131  
In this paper we present an approved leakage remedy process for older models of Carl Zeiss Jena photo-micrographic apparatuses. They include three models of light-tight boxes suitable for photo-micrographic apparatuses with telescopic focusing prism (model No. 1), with fixed focusing prism (model No. 2) and a special photo-micrographic apparatus for the microscope Zeiss Fluoval 2 with firmly mounted photo-eyepiece in trinocular body tube and focusing dioptric adjustable eyepiece (model No. 3). Examples of light-tight boxes used for taking pictures of micro-organism are also presented.

**HUMUSOFT** ..... 133

**Novell approach to the solution of optical fibre dispersion effects** (M. Kyselák) ..... 134  
In this article for the communication via monomode optical fibres we describe the possibilities of dispersion effects reduction. Characteristics of microstructural fibres with honeycomb cladding are presented together with their advantages. Then the way of present optical data cabling employment is demonstrated for STM-256 optical communication. Modern communications require always higher bit rates and the present cabling is not ready for the arrival of new link standards. The infrastructure for high video signal transmission can serve as a sufficient example.

**Konica Minolta bets on printing technolog** ..... 137

**Measurement of dispersion of the group refractive index for the ordinary and extraordinary waves in a quartz crystal by white-light spectral interferometry** (L. Knyblová, P. Hlubina, D. Ciprian) ..... 138  
In this paper, a white-light spectral interferometric technique is described which is employed for a direct measurement of the group refractive index dispersion for the ordinary and extraordinary waves in a quartz crystal over the wavelength range from 500 to 830 nm. This technique utilizes a dispersive Michelson interferometer with the quartz crystal

of known thickness to record a spectral interferograms and to measure the equalization wavelength as a function of the displacement of the interferometer mirror. The displacement is measured from the reference position, which corresponds to a balanced nondispersive interferometer. The measured dispersion characteristics are in good agreement with theory. We also determined precisely the thickness of the crystal from the slope of linear dependence of the measured mirror displacement on the group refractive index given by the dispersion relation.

**Optical calculations in Meopta-optika, s. r. o., Přerov** (V. Svoboda) ..... 144

**Professor Adolf Lohmann's 80<sup>th</sup> birthday** (P. Pavlíček) ..... 147

**Interkamera 2006 - retrospection of exhibition** (M. Křížek) ..... 149

**The Czech Committee for Optics informs - ČKO - ICO election results for the term of office 2006 - 2010**..... 152

**Trade fair HANNOVER MESSE 2006 conclusion**  
**HANNOVER MESSE 2006 verifies an economic boom** ..... 153

**From technical library** (I. Brezina) ..... 154

**SPIE/CS – society of opticians informs**..... 155

**SPIE/CS library acquisition**..... 156

## ANOTACE

**Povlakování v malé firmě versus povlakování na zakázku** (T. Cselle)..... 141  
Článek se věnuje zásadní otázce, zda je možné připravovat kvalitně a ekonomicky speciální tvrdé povlaky i v malých a středních firmách, kde je minimum zkušeností s povlakovacími PVD technologiemi. Autor si postupně klade deset otázek, které ho vedou k závěrečnému shrnutí. Pro firmy, které chtějí být na světové špičce ve své oblasti (většinou se týká výrobců nástrojů), je využití vlastních povlakovacích kapacit dalším nástrojem pro zvýšení konkurenceschopnosti. Výhody spočívají v minimalizaci výrobních termínů, v produkci nových vlastních typů vrstev, ve snížení přepravních a jiných logistických nákladů, udržení technologie úprav i s ohledem na případné negativní vlivy uvnitř firmy a také v možnosti vydělávat na povlacích. Podmínkou je zajištění komplexního řešení povlakovací technologie s kapacitou zaměřenou na potřeby malých a středních firem a s možností vlastního vývoje.

## Přírůstky knihovny SPIE/CS

- |      |  |      |   |
|------|--|------|---|
| 1071 | Three-Dimensional Image Capture and Applications VI (19-20 January 2004, San Jose, California, USA)<br>Vol. 5302                     | 1075 | Optical Pattern Recognition XV (15-16 April 2004, Orlando, Florida, USA)<br>Vol. 5437   |
| 1072 | Complex Dynamics Fluctuations, Chaos, and Fractals in Biomedical Photonics (25 January 2004, San Jose, California, USA)<br>Vol. 5330 | 1076 | Visual Information Processing XIII (15-16 April 2004, Orlando, Florida, USA)<br>Vol. 5438   |
| 1073 | Fiber Lasers: Technology, Systems, and Applications (26-28 January 2004, San Jose, California, USA)<br>Vol. 5335                     | 1077 | Sixth International Conference on Vibration Measurements by Laser Techniques: Advances and Applications (22-25 June 2004, Ancona, Italy)<br>Vol. 5503 |
| 1074 | High-Power Diode Laser Technology and Applications II (26-27 January 2004, San Jose, California, USA)<br>Vol. 5336                   | 1078 | Interferometry XII: Techniques and Analysis (2-3 August 2004, Denver, Colorado, USA)<br>Vol. 5531   |



## Company profile

Meopta – optika, s. r. o. is a world wide supplier of very high accurate optical elements – spherical lenses, prisms, prism assemblies, plano optics, filters, mirrors etc. made as individual elements or mounted in the optical systems like oculars, objectives etc. Meopta optical elements are used for laser, medical, military, aerospace and commercial technologies.

One of our portfolios is the production of Sport Optics.

This line offers a wide range of high quality riflescopes and spotting scopes. Really sophisticated riflescope lines are designed with user in mind and are easy to use in the field or at the range, offer superior edge-to-edge optical quality and the guarantee to be fog proof and water proof for the life of the product.

In addition Meopta – optika, s. r. o. is one of the leader in optoelectronic systems for application in semiconductor industry. Our systems are used in wafer detections systems applied in visible and Deep UV light scanning systems.

We have very large mechanical capabilities production including surface treatment (anodizing, galvanization, painting) and heat treatment (hardening, annealing, tempering).

### **Our big strength is research and development:**

- More than 50 skilled engineers for design of optical systems, mechanical parts and devices
- Experience with wide range of opto-mechanical and opto-electronical products and applications
- Optical systems calculations, MTF calculations, tolerance analysis, development of thin film coating
- State-of-the-art PRO/Engineer CAD/CAM system
- Art design specialist
- Prototype workshop
- Testing laboratory – all types of testing – optical, mechanical, environmental, lifetime

Meopta – optika, s. r. o.  
Kabelíkova 1  
CZ-750 02 Přerov  
Czech Republic

Tel.: +420 581 241111, 242672  
Fax: +420 581 242222, 204729  
<http://www.meopta.com>  
e-mail: [meopta@meopta.com](mailto:meopta@meopta.com)

### Contact person:

Mr. Alois Bell, SBU Manager  
(e-mail: [alois.bell@meopta.com](mailto:alois.bell@meopta.com))  
Mr. Libor Grygar, Trade Manager  
(e-mail: [libor.grygar@meopta.com](mailto:libor.grygar@meopta.com))

## Profil společnosti

Meopta-optika, s. r. o. je světový dodavatel vysoce high tech - přesné optiky – sférické čočky, hranoly, hranolové sestavy, filtry, zrcátka, atd., ať již jako individuální prvky nebo prvky montované do optických systémů jako jsou okuláry nebo objektivy atd. Optické prvky z Meopty jsou používány pro laserové, lékařské, vojenské, kosmické a komerční technologie.

Jedním z našich portfolií je výroba sportovní optiky.

Tato řada nabízí širokou škálu vysoce kvalitních puškohledů a pozorovacích dalekohledů. Důmyslná řada puškohledů je navržena s ohledem na potřeby uživatele a je vhodná pro jakékoliv využití, nabízí dokonalejší optickou kvalitu, co se týče ostrosti a přesnosti hran, a záruku odolnosti proti zamlžení a voděodolnosti po celou dobu životnosti výrobku.

Navíc je Meopta – optika, s. r. o. jedním z vedoucích firem v oblasti optoelektronických systémů pro aplikaci v polovodičovém průmyslu. Naše systémy jsou používány na inspekci v polovodičovém průmyslu a uplatněny v scanovacích systémech ve viditelné a UV oblasti.

Disponujeme velmi rozsáhlými výrobními kapacitami výroby včetně povrchových úprav (anodizace, galvanizace, nátěry) a tepelných zpracování (kalení, žíhání, propouštění kovů).

### **Výzkum a vývoj:**

- více než 50 zkušených inženýrů pro design optických systémů, mechanických částí a zařízení
- zkušenosti s širokým okruhem optomechanických a optoelektronických produktů a aplikací
- kalkulace optických systémů, kalkulace MTF, analýzy tolerance, vývoj vrstvení tenkých vrstev
- nejmodernější PRO/Engineer CAD/CAM systém
- specialista uměleckého designu
- dílna pro výrobu prototypů
- testovací laboratoř – všechny typy testů – optické, mechanické, environmentální, testy životnosti

Meopta – optika, s. r. o.  
Kabelíkova 1  
750 02 Přerov  
Česká republika

Tel.: +420 581 241111, 242672  
Fax: +420 581 242222, 204729  
<http://www.meopta.com>  
e-mail: [meopta@meopta.com](mailto:meopta@meopta.com)

### Kontaktní osoby:

Alois Bell, SBU Manažer – optika, mechanika  
(e-mail: [alois.bell@meopta.com](mailto:alois.bell@meopta.com))  
Libor Grygar, Manažer prodeje  
(e-mail: [libor.grygar@meopta.com](mailto:libor.grygar@meopta.com))



Meopta - optika, a.s.

# A Better View of the World

Worldwide producer of high quality optical elements

- optical components (lenses, prisms, plano optics, filters, mirrors etc.)
- optoelectrical systems
- optomechanical systems
- oculars
- objectives
- specialized technical equipment

Meopta - optika, a.s.

Kabelikova 1, 750 02 Prerov, Czech Republic

Phone: +420 581 242672, Fax: +420 581 242222

E-mail: [meopta@meopta.com](mailto:meopta@meopta.com), [www.meopta.com](http://www.meopta.com)