

**5**  
**2007**

# JMO

## JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

FINE MECHANICS AND OPTICS



# MESING

**Zakázková měřicí  
a automatizační technika**

**Měřidla, stanice, automaty**  
Měření délek, úchylek tvaru, polohy,  
deformace, síly, momentů,  
povrchových defektů

**Rovnací lisy**

**Kontrolně-technologické linky**

**Dodávky zejména pro automobilový,  
ložiskový, letecký, elektrotechnický,  
plastikářský a textilní průmysl**

[www.mesing.cz](http://www.mesing.cz)

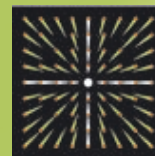




# LASER 2007

## World of **PHOTONICS**

Mnichov, 18. - 21. června 2007



# POZVÁNKA PRO NÁVŠTĚVNÍKY

K NÁVŠTĚVĚ 18. SVĚTOVÉHO VELETRHU A KONGRESU PRO SYSTÉMY,  
KOMPONENTY A APLIKACI OPTICKÝCH A LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍ

## Důvody pro vaši návštěvu:

- Veletrh LASER 07 opět potvrzuje svoji pozici nejvýznamnějšího odborného veletrhu na světě, veletrhu se zúčastní více než 900 vystavovatelů ze 35 zemí na výstavní ploše 35.000 m<sup>2</sup>, očekává se návštěva 25.000 návštěvníků z celého světa.
- Žádný jiný veletrh neprezentuje svět fotoniky tak obsáhle a koncentrovaně, veletrh je tematicky zaměřen na laserové komponenty a laserové výrobní systémy. Nabídka představuje inovativní technologie s konkrétními možnostmi průmyslového využití. Veletrhu se účastní všichni světoví lídři trhu, kteří budou informovat o neomezených možnostech nasazení optických technologií
- Veletrh doprovází informačně velmi hodnotný **World of Photonics Congress** pořádanými ve spolupráci a pod záštitou renomovaných společností a expertů z oboru, [www.world-of-photonics.net](http://www.world-of-photonics.net)

## Veletrhu LASER je určen pro návštěvníky z těchto oborů:

Biotechnologie • Chemie/farmacie • Tisk, reprodukce • Elektrotechnika/elektronika • Energetika • Výroba automobilů • Jemná mechanika • Zpracování a opracování plastů • Letectví a kosmonautika • Strojní výroba • Lékařství • Zpracování a opracování kovů • Optika • Enviromentální kontrola, dohled • Zbrojní a obranný průmysl • Úřady • Služby • Výzkum, vývoj • Zdravotní péče • Obchod • Organizace • Univerzity

## Technologické okruhy veletrhu a oblasti využití:

- |                                  |                       |   |                            |
|----------------------------------|-----------------------|---|----------------------------|
| • Osvětlovací technika           | • Elektronika         | • Řemeslo                                   | • Farmacie                 |
| • Zpracování obrazu              | • Elektrotechnika     | • Plastová technika                         | • Stavba lodí              |
| • Biotechnologie a Life Sciences | • Energetika          | • Letectví a kosmonautika                   | • Sensory                  |
| • Chemie                         | • Automobilová výroba | • Strojírenství                             | • Enviromentální technika  |
| • Datová technika                | • Jemná mechanika     | • Stavební technika                         | • Vojenská technika        |
| • Tisk a reprodukce              | • Výzkum a vývoj      | • Lékařská technika v diagnostice a terapii | • Výroba obráběcích strojů |
|                                  | • Polovodiče          |   |                            |

## Důležité informace:

Bližší informace k veletrhu můžete získat a vstupenky si můžete po registraci zakoupit anebo objednat v našich prodejních kancelářích (objednávky též online na [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz)):

v Brně: EXPO-Consult+Service, spol. s r.o.  
Příkop 4, 604 45 Brno  
tel. 545 176 158, fax: 545 176 159  
[info@expocs.cz](mailto:info@expocs.cz), [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz)

v Praze: Fractal, s.r.o.  
Vinohradská 174, Praha 3, 130 00  
tel. 222 512 000, fax: 222 515 000  
[marketa.uxova@fractal.cz](mailto:marketa.uxova@fractal.cz)

Věříme, že se rozhodnete k návštěvě tohoto prestižního veletrhu. Zajistíme vám kompletní návštěvnícký servis.

ing. Jaroslav Vondruška  
zástupce Messe München pro ČR a SR





## REDAKČNÍ RADA

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

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

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

## JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

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

**Ředitel FZÚ AV ČR:** 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: pelcova@optnw.upol.cz

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

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

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

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

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

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

prof. Ing. Ivo Čáp, CSc., Žilinská univerzita - FPV, Hurbanova 15,

SK - 010 26 Žilina, tel.: +421 415 136 350, e-mail: ivo.cap@fpv.utc.sk

**Tiskne** TYPOservis Holešov, Masarykova 650, 769 01 Holešov,

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

**Inzerce:** redakce, Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,

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

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2007

# JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS  
ROČNÍK 52

5/2007

## OBSAH

|   |          |
|---|----------|
| <b>Optické snímače povrchu přesných strojářských súčiastok</b><br>(J. Bartl, V. Jacko, M. Hain, D. Smutný).....   | 139      |
| <b>Objednávka služeb (LASER 2007)</b> .....   | 144      |
| <b>Nanofotonické realizace šíření plazmonů</b><br>(J. Pospíšil, J. Hrdý, J. Hrdý, jr.) .....  | 145      |
| <b>Vláknové lasery v průmyslovém značení</b> (M. Novák) .....   | 149      |
| <b>Nasazení kamer s vysokým rozlišením v meteorologii</b><br>(J. Zeman, V. Mareš) .....   | 150      |
| <b>Neplánovaná zkouška odolnosti fotovoltaického solárního systému při zatížení větrem</b> (M. Libra, V. Poulek, P. Bican) .....  | 152      |
| <b>Malé světlo s velkým výkonem: LED reflektor s 1 000 lumeny</b> (M. Pávková) .....  | 154      |
| <b>Multisenzorová měřicí technika</b> (Č. Nenáhlo) .....  | 155      |
| <b>Měřicí čočky kolimující rychlou osu (FAC) (red)</b> .....  | 156      |
| <b>Berlínská veletržní společnost rozšiřuje portfolio pořádaných veletrhů Laser Optics Berlin 2008, 17. – 19. března 2008</b><br>(L. Výborná).....                          | 156      |
| <b>Kongres SPIE Europe „Optics and Optoelectronics“</b><br>(P. Tománek).....  | 157      |
| <b>Osmdesátiny RNDr. Ivana Šolce, CSc.</b> (Z. Melich) .....  | 159      |
| <b>Bezkontaktná optická identifikácia rozmerového opotrebenia rezného nástroja s nadväznou reguláciou počas plynulého priebehu sústruženia</b> (R. Krehel', S. Hloch) ..... | 160      |
| <b>O troch metrologických podujatiach</b> (I. Brezina) .....  | 163      |
| <b>Z technické knihovny</b> (I. Brezina, J. Novák) .....  | 165, 167 |
| <b>Veletrh EMO Hannover 2007</b> (O. Hampel).....   | 166      |
| <b>Projekt „Be Your Own Boss“ i v České republice</b><br>(K. Nevřalová) .....   | 168      |

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

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

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

## ADVISORY BOARD

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

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

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

## FINE MECHANICS AND OPTICS

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

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

**Editor:** Jan ŘÍDKÝ

**Managing Editor:** Jaroslav NEVŘALA

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

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

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

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

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

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

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

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

Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2007

# FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

VOLUME 52

5/2007

## CONTENTS

- Surface optical sensors for precise components in engineering industry** (J. Bartl, V. Jacko, M. Hain, D. Smutný)..... 139
- Service order (LASER 2007)** ..... 144
- Nanophotonical realizations of propagation of the plasmons** (J. Pospíšil, J. Hrdý, J. Hrdý, jr.) ..... 145
- Fibre lasers for industrial marking** (M. Novák) ..... 149
- Employment of high definition cameras in meteorology** (J. Zeman, V. Mareš) ..... 150
- Unscheduled wind resistance test of photovoltaic solar system** (M. Libra, V. Poulek, P. Bican) ..... 152
- Tiny light with huge power: 1000 lumens LED reflector** (M. Pávková) ..... 154
- Multisensor measuring technology** (Č. Nenáhlo) ..... 155
- Measuring fast axes collimating (FAC) lenses** (edit.) ..... 156
- Berlin fair society enlarging portfolio of trade-fairs - Laser Optics Berlin 2008, 17 - 19 March 2008** (L. Výborná) ..... 156
- Congress SPIE Europe „Optics and Optoelectronics“** (P. Tománek) ..... 157
- RNDr. Ivan Šolc, CSc.'s eightieth birthday** (Z. Melich) ..... 159
- Optical sensors in the control process of wedge abrading during the turning realizing the correction** (R. Krehel, S. Hloch) ..... 160
- About three metrological events** (I. Brezina) ..... 163
- From technical library** (I. Brezina, J. Novák) ..... 165, 167
- Trade fair EMO Hannover 2007** (O. Hampl) ..... 166
- Project "Be Your Own Boss" also in the Czech Republic** (K. Nevřalová) ..... 168

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

# Optické snímače povrchu presných strojárskych súčiastok

*V súčasnosti v oblasti vývoja meracej techniky v strojárskej výrobe sú preferované požiadavky na kontrolu geometrickej presnosti tvarov, vzájomnej polohy plôch a osí obrábaných súčiastok a okrem toho najmä na to, aby sa meracie operácie vykonávali priamo už pri obrábaní súčiastky, teda v procese výroby. Ide o aktívnu kontrolu kvality výroby spojenú so súčasným riadením obrábacieho stroja. Príspevok sa týka vývoja špeciálnych snímačov na pracovisku autorov, ktoré sú určené na rýchlu kontrolu kvality povrchu presných strojárskych súčiastok. Snímače inštaluje firma Mesing do meracích zariadení pre automobilový a ložiskársky priemysel v Českej a Slovenskej republike.*

**Kľúčové slová:** bezkontaktné metódy, metóda rozptylu, autofokusačná metóda, aktívna kontrola

## 1. ÚVOD

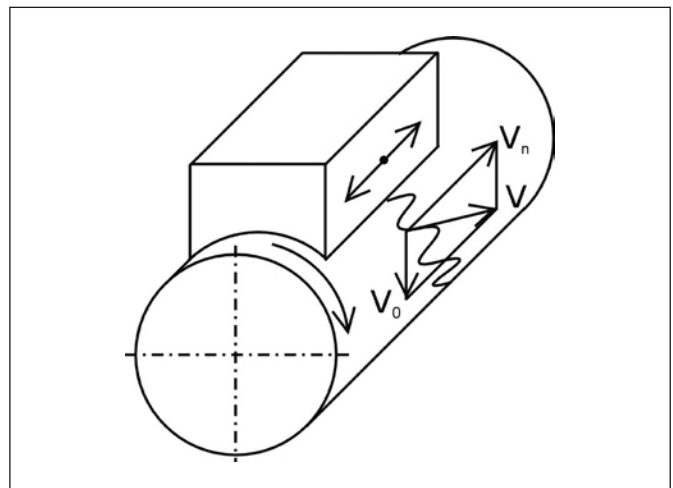
Meranie stavu funkčného povrchu elementov technických zariadení má v modernej výrobe stále väčší význam. Tu hrajú významné postavenie najmä dokonalosť tvaru, vlnitosť a drsnosť povrchu. Tieto parametre určujú funkčné vlastnosti hotového zariadenia. Vznik vibrácií, hluku v prevodoch alebo motoroch sú skoro vždy závislé na vlnitosti povrchu. Drsnosť povrchu vplýva najmä na veľkosť trenia medzi stýkajúcimi sa plochami. Z hľadiska spoľahlivosti a dlhodobej funkčnosti niektorých výrobkov strojárskej produkcie je veľmi dôležitá kontrola kvality ich povrchu a to najmä v najdynamickejšie sa rozvíjajúcom odvetví v Slovenskej republike, výrobe automobilov. Výrobcovia špeciálnych komponent pre automobilový priemysel usilujú o to, aby meranie a kontrola kvality a presnosti produkcie sa uskutočňovala už v procese výroby pri operácii superfinišovania, leštenia či lapovania jednotlivých súčiastok.

Doterajšie metódy na meranie drsnosti a vlnitosti povrchu sú založené na mechanickom snímaní povrchu snímačmi s guľkovým hrotom. Tieto metódy sú v súčasnosti v praxi veľmi rozšírené a odvodené parametre  $R_a$  - stredná aritmetická odchýlka profilu a  $R_q$  - stredná kvadratická odchýlka profilu sa používajú pri charakterizovaní vlastností povrchu podľa ISO 4287-1. Automatizácia a riadenie výrobného procesu však vyžaduje aby meranie vlnitosti a drsnosti povrchu prebehlo počas niekoľkých sekúnd bez porušenia povrchu. Splnenie tejto požiadavky si vynútilo pri týchto aplikáciách používať snímače umožňujúce rýchle meranie, ukladanie a vyhodnotenie nameraných dát, resp. kontrolovaných parametrov výrobku počítačom. Túto požiadavku možno splniť pri použití kontaktných metód s mechanickými a elektromechanickými snímačmi len v obmedzenom rozsahu. Splnenie uvedených požiadaviek je možné použitím optických metód a princípov. V podstate prichádza do úvahy metóda využívajúca rozptyl (difúziu) laserového lúča testovaným povrchom.

K tomu, aby výsledok vedeckého výskumu bola schopná absorbovať prax, je nutné mať medzičlánok, partnera (sprostredkovateľa), ktorý dokáže myšlienku implantovať do formy produktu použiteľného konečným užívateľom. Ústav merania SAV spolupracuje, na základe kontaktov z minulosti, na vývoji meracích zariadení pre strojárske, najmä automobilový priemysel s firmou MESING, Brno. Takéto prepojenie akademického pracoviska, ktoré prevzalo na seba výskum a vývoj snímačov s producentom meracích zariadení, sa stalo zárukou úspešnej implementácie výsledkov výskumu do priemyselnej praxe. Náš príspevok sa týka výskumu a vývoja snímačov na vyšetrenie kvality funkčných plôch presných súčiastok.

## 2. PRÍČINY VZNIKU POVRCHOVÝCH DEFEKTOV

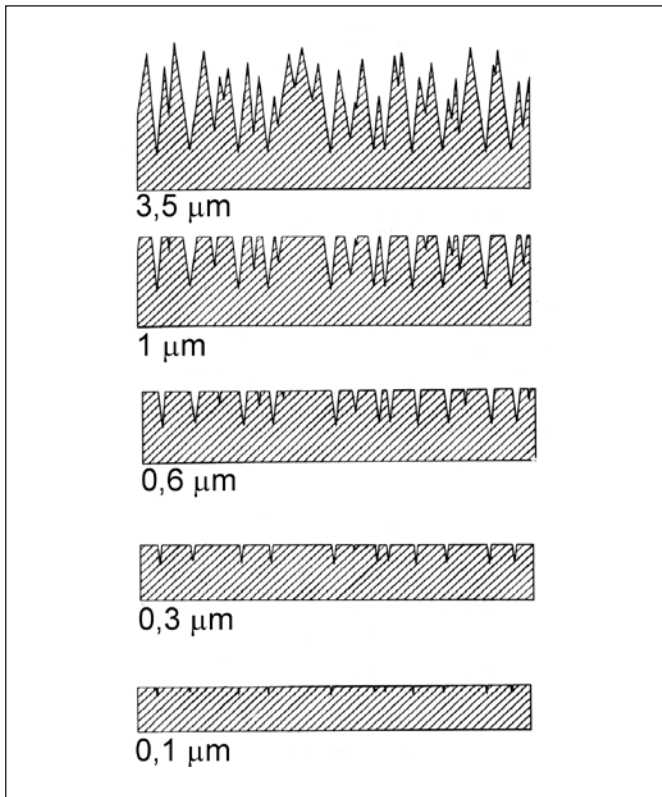
Povrchové defekty ako praskliny, trhlinky môžu mať svoj pôvod už v mikroštruktúre ocele, ktorá súvisí s nerovnomerným rozložením karbidov a karbidickej sieťoviny v materiále. Technologovia metalurgovia pre zabezpečenie požiadavky, že pri prevádzke valivého ložiska pri zvýšenej teplote za 2.500 h nesmie nastať väčšia zmena rozmerov ako 0,015 %, sa snažia dosiahnuť po kalení a popúšťaní optimálnu mikroštruktúru ocele. Avšak najpravdepodobnejšou príčinou vzniku škrabancov, trhliniek, nedoleštených miest treba hľadať v technológii finálneho opracovania povrchu po predchádzajúcom kovaní predkovkov, lisovaní polovýrobov, ťahaní, pretláčaní, sústružení a brúsení pri dokončovacích operáciách, akými sú lapovanie ložiskových guľiek, leštenie páskou, leštenie kladkou a superfinišovanie. Ako je známe z náuky o kovoch [1], pri vysokých stupňoch plastickej deformácie (stupni pretvárania) sa náhodilá orientácia zŕn mení na usmernenú orientáciu - **textúru** „smer vlákien“. So zvyšovaním stupňa pretvárania sa postupne jednotlivé kryštály čím ďalej, tým viac natáčajú jedným smerom tak, aby zaujali vhodnú polohu so smerom pôsobiacej sily. Pri tlaku je to smer kolmý, pri ťahu smer rovnobežný so smerom pôsobiacej sily. Pri výrobe ložiskových krúžkov z rúrok postupovým spôsobom, napr. Hatebur [2] je pretváranie pomerne vysoké, priebeh vlákien je pravidelný a rovnobežný s osou. Najoptimálnejší je však priebeh vlákien rovnobežný s valivou plochou. Najkvalitnejšie povrchy rotačných súčiastok sa dosahujú superfinišovaním. Úber



Obr. 1



materiálu a drsnosť obrobeneho povrchu závisí od pomeru rýchlostí pri superfinišovaní. Ak  $v_o$  je obvodová rýchlosť otáčania obrobku,  $v_n$  rýchlosť pohybu nástroja, potom ich vektorovým zložením je okamžitá rýchlosť  $v$  brúsiaceho, resp. leštiaceho zrna (obr. 1). Maximálny úber materiálu sa dosahuje približne pri rovnosti oboch rýchlostí  $v_o = v_n$ . Najmenšia drsnosť povrchu sa dosahuje pri pomere  $v_n / v_o = 4,5$  až  $5$ . Všeobecne možno povedať, že superfinišovaním sa znižuje vlnitosť povrchu, odchýlka kruhovitosti a drsnosť povrchu (obr. 2). V literatúre [2] sa uvádza, že pri znížení drsnosti funkčných plôch z  $R_a = (1,16-1,32)$   $\mu\text{m}$  na  $R_a = (1,125-0,08)$   $\mu\text{m}$  vzrastie trvanlivosť ložiska na dvojnásobok a hladina vibrácií klesne o 2 dB. Pri ďalšom znížení drsnosti na  $R_a = (0,063-0,04)$   $\mu\text{m}$  sa zvyšuje trvanlivosť ložiska o ďalších 20 % a hladina vibrácií klesne až o 6 dB v porovnaní s  $R_a = (1,16-1,32)$   $\mu\text{m}$ .



Obr. 2 Pokles  $R_a$  pri superfinišovaní

Na dosiahnutie úspor materiálu a energie sa výrobcovia ložísk zameriavajú na technológie, ktoré zabezpečujú nižšie výrobné náklady, ale pritom aj vyššiu kvalitu ložísk prejavujúcu sa predovšetkým zvýšenou trvanlivosťou ložiska. Jednou z takýchto technológií je tvárnenie za studena rozvalcovaním, ktoré zaviedla ako prvá anglická firma Form-Flo. Východiskovým polovýrobkom je rúrka s odvrátnym stredom, ktorá sa po úprave axiálne valcuje. Krúžky sa rozvalcujú aj s drážkami pre kryty a tesnenie. Čas cyklu rozvalcovania krúžku je 8 až 10 sekúnd. Pri tomto výrobnom postupe je priebeh vlákien rovnobežný s valivou plochou ložiska. Základnou podmienkou úspešnosti tohto výrobného procesu je to, aby polovýrobok mal správnu hmotnosť v tolerancii do 2,7 %. Polovýrobok má rovnakú šírku ale menší priemer ako rozvalok. Pri tomto spôsobe tvárnenia vonkajších ložiskových krúžkov sa zväčšuje vonkajší priemer polovýrobku až o 1,25 násobok. Rozvalcovaný krúžok sa bez ďalšej úpravy tepelne spracuje. Pri tangenciálnom valcovaní sa pred tepelným spracovaním brúšia iba čelá [2]. Aj napriek nesporným výhodám technológie rozvalcovania za studena sa môžu vzhľadom na vysoký stupeň pretvárania u niektorých kusov objaviť aj drobné trhlinky. Výrobcovia sa v snahe dodržať kvalitu svojej produkcie usilujú zabezpečiť 100% kontrolu kvality povrchu funkčných plôch.

### 3. SNÍMAČE MIKRONEROVNOSTÍ POVRCHU

Špeciálna veľkosériová výroba si vynucuje rýchlu kontrolu kvality povrchu presných súčiastok. Ložiskový a automobilový priemysel patria k odvetviám strojárstva s najväčšími nárokmi na presnosť výroby a teda prirodzene aj meracej techniky. Rozvoj v uvedených odvetviach sa orientuje, okrem iného, na zisťovanie okom obtiažne viditeľných defektov, akými sú napríklad stopy po vypadnutých zrnách brusiva, vplyv zle nastavených valcovacích nástrojov, škrabancov a únavových trhliniek na funkčných plochách presných súčiastok. Na základe námetu predostretého firmou Mesing sme sa začali intenzívnejšie zaoberať výskumom snímačov na rýchlu kontrolu povrchových defektov presných rotačných súčiastok vyrábaných valcovaním za studena, súčiastok s povrchom upraveným superfinišovaním a leštením. Ide v podstate o detekciu mikronerovností povrchu prevyšujúcich drsnosť povrchu. Automatizácia a riadenie výrobného procesu vyžaduje, aby meranie a kontrola povrchu prebehla za niekoľko sekúnd bez porušenia povrchu snímacou hlavicou. Zabezpečiť rýchle meranie, ukladanie a vyhodnotenie nameraných dát, respektíve nasnímaných parametrov výrobku počítačom, bolo možné splniť iba s použitím bezkontaktných optických metód.

Ako bolo uvedené v publikácii [3], každá technologická metóda opracovania povrchu technických plôch zanecháva nerovnosti, ktoré majú zásadný význam pre funkciu výrobku. Štruktúra povrchu zahrňujúca aj drsnosť bezprostredne ovplyvňuje vlastnosti a chovanie súčiastok v prevádzke, napríklad pevnosť, priebeh opotrebenia, únavové vlastnosti, tuhosť spojenia, kinematické a dynamické väzby povrchov, životnosť a spoľahlivosť funkcie súčiastok. Nerovnosti tvoriace štruktúru povrchu sa vo všeobecnosti delia na:

- nerovnosti základného profilu,
- vlnitosť povrchu,
- drsnosť povrchu.

Strojármi je doposiaľ najviac akceptovanou metódou merania štruktúry povrchu metóda dotyková, založená na posúvaní hrotu po povrchu meranej súčiastky. Metóda ale neumožňuje priebežnú kontrolu štruktúry povrchu vyrábaných výrobkov v reálnom čase. Niektoré optické metódy sú schopné tento nedostatok dotykovvej metódy eliminovať [3]. Prednosťami optických metód sú najmä:

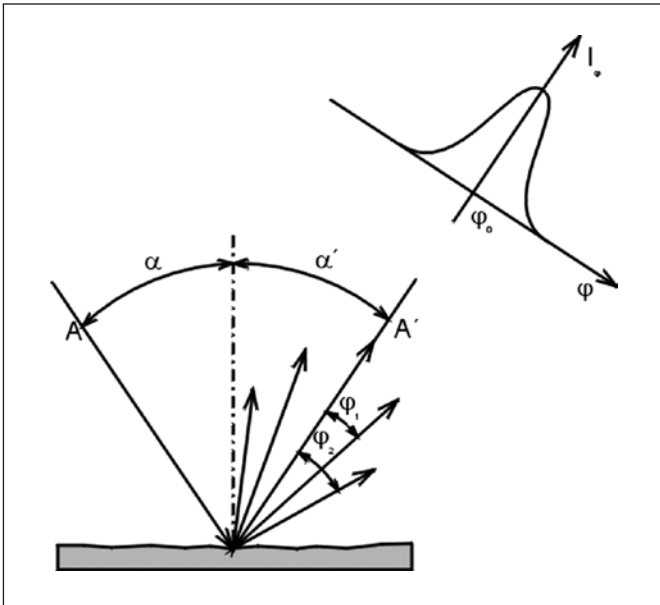
- nevyžadujú mechanický kontakt s povrchom,
- poskytujú výsledky merania takmer okamžite (v reálnom čase),
- v niektorých prípadoch poskytujú informáciu o celej ploche.

Nevýhodou optických metód je to, že vo väčšine prípadov nemajú priamu väzbu na charakteristiky  $R_a, R_q, R_m, R_v, S_m, \Delta_q, \lambda_q, \dots$ , ktoré sú v strojárstve bežne zaužívané a získavajú sa dotykovými profilometrami. V práci [3] autor uviedol tri skupiny metód koherenčnej optiky na meranie drsnosti povrchu v strojárstve:

- metóda snímania poľa koherenčnej zrnitosti (speckle field),
- metóda využíajúca rozdelenie intenzity laserového svetla rozptýleného povrchom (difúzna a difúzna s autofokusáciou),
- metóda strihovej interferometrie.

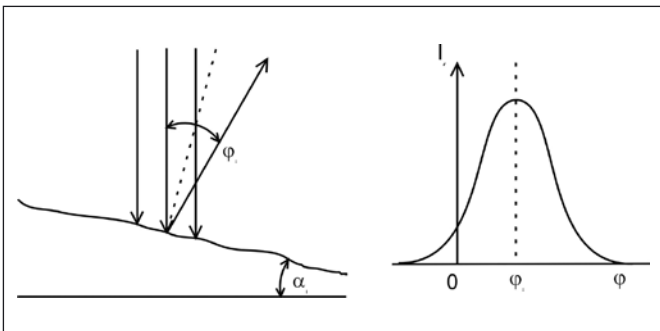
### 4. METÓDA ROZPTYLU SVETELNÉHO ZVÄZKU

Metóda rozptylu je založená na jave, že úzky svetelný zväzok po dopade na pololesklú plochu sa odráža ako rozptyľujúci sa lúč s maximom intenzity v smere, ktorý zodpovedá zákonu odrazu snáheho z optiky  $\alpha = \alpha'$  (obr. 3). Pre hladké, zrkadlovo-lesklé povrchy je rozptyl odrazeného zväzku zanedbateľný a intenzita odrazeného lúča  $I(\alpha')$  je rovná intenzite dopadajúceho lúča  $I(\alpha)$ . So zväčšujúcou drsnosťou povrchu sa rozptyľový zväzok rozširuje a klesá intenzita svetla  $I(\alpha')$  v smere prislúchajúcom uhlu odrazu od zrkadlovej plochy. U jemne drsného (jemne matovaného) povrchu do  $R_a \approx 0,025$   $\mu\text{m}$  sú odrazené lúče málo rozptýlené a rozdelenie intenzity je totožné s rozdelením intenzity v dopadajúcom laserovom zväzku. Pri homogénne drsnom povrchu sú odrazené lúče symetricky rozptýlené pod určitými uhlami  $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_r, \dots, \varphi_n$ , od smeru  $\varphi_0 = 0^\circ$  zodpovedajúceho uhlu odrazu  $\alpha'$  (obr. 3). Líniový detektor žiarenia nachádzajúci sa v rovine kolmej na smer odrazeného zväzku  $A'$  sníma intenzitu rozptýleného svetla ako krivku



Obr. 3

rozdelenia intenzity  $I(\varphi)$ . Meranými hodnotami sú intenzity  $I(\varphi_i)$  pre rôzne hodnoty uhlov  $\varphi_i$ . Krivka rozdelenia intenzity  $I(\varphi)$  takto poskytuje informácie o povrchovej štruktúre povrchu, avšak iba pre povrchy s drsnosťou  $R_a < 0,01 \mu\text{m}$  [4]. S väčšou drsnosťou rastie podiel rozptylu svetla prične k smeru obrábania povrchu a krivky rozdelenia sú širšie. U väčšiny technicky opracovaných povrchov brúsením, honovaním, sústružením, frézovaním je spätné určenie drsnosti povrchu z rozloženia intenzity  $I(\varphi)$  nemožné [4]. Pri kolmom dopade svetelného lúča ( $\alpha = 0^\circ$ ) na homogénne drsný povrch, ktorý nevykazuje odchýlky tvaru (lokálny sklon povrchu), je ťažisko krivky rozdelenia intenzity odrazeného svetla pri  $\varphi_0 = \alpha' = 0^\circ$ . Ak odchýlky tvaru prevyšujú drsnosť povrchu, dochádza k stranovému vychýleniu stredu krivky rozdelenia intenzity  $I(\varphi)$  o uhol  $\bar{\varphi}_i$  (obr. 4). Vlnitosť charakterizuje  $\bar{\varphi}_i = 2 \cdot \alpha_i$  a lokálnu drsnosť  $\varphi_i = 2(\delta_i - \alpha_i)$ .



Obr. 4

Ak zavedieme parameter

$$p(\varphi) = \frac{I(\varphi_i)}{\sum_{-\varphi_{\max}}^{+\varphi_{\max}} I(\varphi_i)}, \quad (1)$$

ukazuje sa, že tvar krivky a amplitúda sú pri rozdelení charakterizovanom parametrom  $p(\varphi)$  nezávislé na druhu materiálu, takže pri oceľovom a bronzovom povrchu pri rovnakej štruktúre drsnosti sa dosiahne rovnaké rozdelenie [4], [5]. Ako ďalší parameter bola zavedená hodnota  $S_N$ , ktorá zodpovedá šírke krivky rozdelenia.

$$S_N = k \cdot \sum_i (\varphi_i - \bar{\varphi})^2 \cdot p(\varphi), \quad (2)$$

kde  $\varphi_i$  je známy uhol rozptylu,  $\bar{\varphi}$  je ťažisko rozdelenia intenzity, ktoré sa vypočíta podľa vzťahu

$$\bar{\varphi} = \sum \varphi_i \cdot p(\varphi), \quad (3)$$

kde  $k$  je zvolená konštanta tak, aby hodnota  $S_N$  mala zmysluplnú hodnotu (napr. pri pravouhlom rozdelení  $S_N = 100$ ). Ako uvádza autor [4], optickú hodnotu  $S_N$  nemožno považovať ako geometrický parameter drsnosti, ale môže byť akceptovaný iba vo vzťahu k hybridným parametrom drsnosti získanými kontaktnými profilometrami (Talysurf - Rank Taylor Hobson, Ltd., SurfTest - Mitutoyo, GmbH., Hommel Tester - Hommelwerke, GmbH.). Takýmito parametrami sú stredný kvadratický sklon profilu  $\Delta q$  a stredný aritmetický sklon profilu  $\Delta a$ , podľa ISO 4287-1, respektíve DIN 4762. Pre vzájomný vzťah optického parametra  $S_N$  a parametra  $\Delta q$  platí približne

$$S_N \approx \Delta q^2. \quad (4)$$

Keďže presné hranice tohoto zjednodušeného modelu nie sú presne definované, v jednotlivých prípadoch sa musí platnosť vzťahu (4) stanoviť empiricky [4], [5].

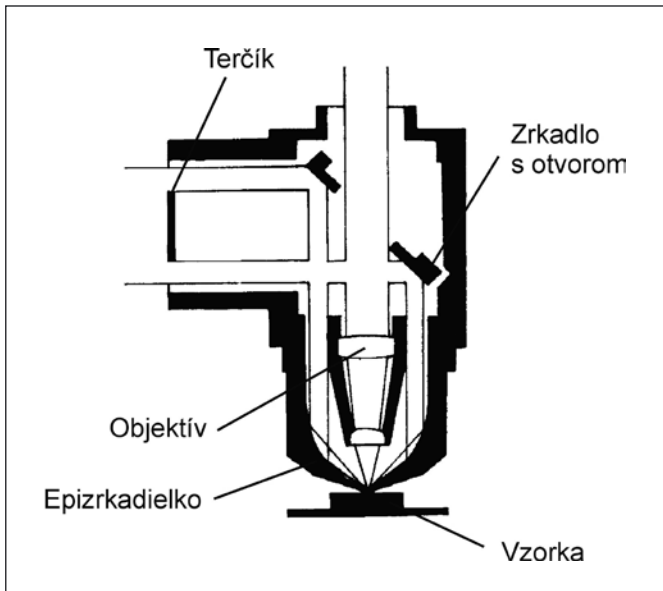
Optické metódy merania mikronerovností a tvarových odchýlok sa ďalej rozvíjajú [6], [7], čomu nasvedčuje aj fakt, že niektoré firmy v súvislosti s rozvojom nanotechnológií aplikujú zdokonalený dynamický autofokusačný systém vyvinutý pre CD a DVD systémy do svojich meracích zariadení. Takými sú napríklad firmy NanoFocus AG, Duisburg alebo Stil S.A., Provence, France [8], [9].

## 5. SNÍMAČE POVRCHOVÝCH DEFEKTOV ÚM SAV

Medzi strojárskú výrobu s dokonalým povrchom pracovných plôch patria koncové mierky a nástavné krúžky. Ich zrkadlový lesklý povrch je opracovaný leštením s drsnosťou pod  $0,01 \mu\text{m}$ . Avšak aj niektoré špeciálne výrobky dennej spotreby musia byť podrobené prísnej kontrole. Takýmito výrobkami sú súčasti ložísk (gulky, valčeky, kuželíky, ložiskové krúžky a hriadele), piesty tlmíčov vozidiel, valcové telieska a piesty vstrekovacích trysiek, elementy vstrekovacieho systému „Common-Rail“, hriadele a puzdrá dvojradových ložísk, otočné čapy a hriadele. V publikácii [1] sa napríklad uvádzajú pre ložiskové krúžky po superfinišovaní tieto najnižšie hodnoty parametrov: drsnosť  $0,05 \mu\text{m}$ , vlnitosť  $0,09 \mu\text{m}$ , ovalita  $1,0 \mu\text{m}$ . U puzdiel a hriadel vysokootáčkových vretien sú tieto hodnoty ešte výrazne nižšie.

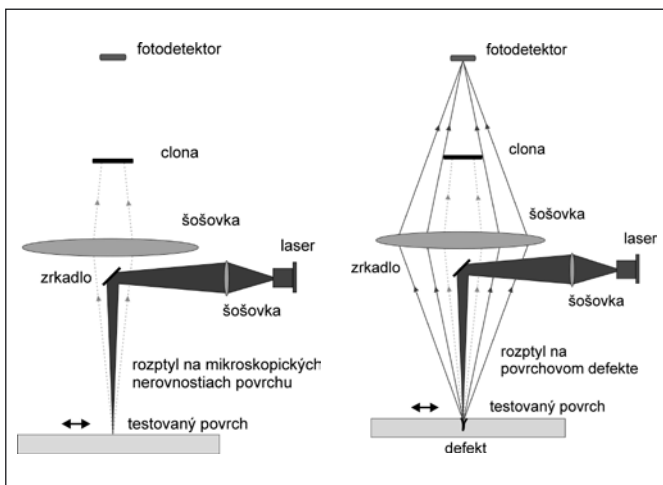
Na základe námetu predostretého firmou Mesing, Brno sme sa začali od r. 2004 intenzívnejšie zaoberať výskumom snímačov na rýchlu kontrolu povrchových defektov presných rotačných súčiastok vyrábaných valcovaním za studena, súčiastok s povrchom upraveným superfinišovaním a leštením. Ako sa ukázalo mikroskopickou analýzou povrchu, niektoré náhodne vybrané súčiastky po opracovaní môžu obsahovať drobné mikrotrhlínky, škrabance a niekedy aj nedoleštené plôšky. Mesing ako výrobca špeciálnej meracej techniky sa podujal problémy kontroly povrchu presných súčiastok v spolupráci s Ústavom merania SAV riešiť.

Pri návrhu konštrukcie snímačov sme vychádzali zo skúseností s realizáciou meracích zariadení na princípe mikroskopu pre nepriehľadné predmety (Auflichtmikroskop). Je známe, že pri vyšetrovaní nepriehľadných predmetov mikroskopom sa používa aj osvetlenie v **temnom poli**. Pri osvetlení v temnom poli je predmet osvetľovaný šikmo dopadajúcimi lúčmi (obr. 5). Zväzok rovnobežných lúčov z osvetľovacieho zariadenia je v strede vyclonený kruhovým terčíkom a svetlo vchádza do mikroskopu medzikružím medzi terčíkom a okrajom tubusu. Okrajové lúče dopadajú na plochu rovinného zrkadla so stredovým otvorom eliptického tvaru. Po odraze od zrkadla s otvorom svetelné lúče dopadajú na plochu dutého epizrkadielka, ktoré sústreďuje lúče do roviny pozorovaného predmetu pred objektív mikroskopu. Keďže tieto lúče dopadajú pod veľkým uhlom na rovinu vzorky, lúče odrazené od dokonale



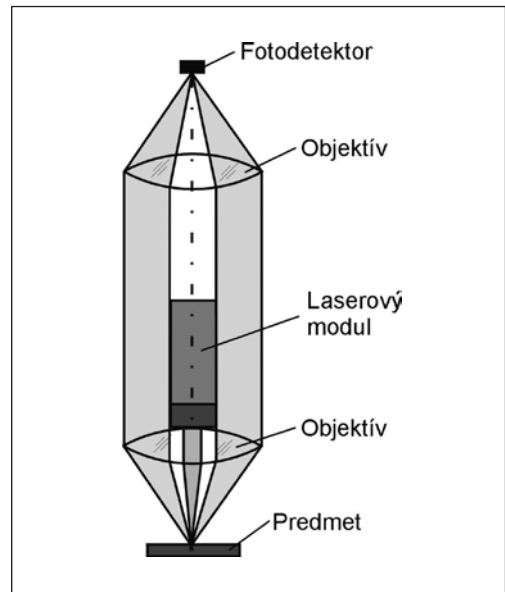
Obr. 5 Schéma osvetlenia v temnom poli

lesklého povrchu (napríklad zrkadla) sa odrazia a nevchádzajú do objektívu mikroskopu. Pri pozorovaní cez mikroskop sa nám takáto lesklá plocha javí ako temné pole. Do objektívu vstupujú len lúče, ktoré vznikajú rozptylom na drsných častiach a škrabancoch lesklej plochy, a tieto časti sa javia ako svetlé. Pri osvetlení vertikálnymi iluminátormi Nachetovym a Beckovým, keď svetlo dopadá takmer kolmo na rovinu preparátu, sú naopak lesklé plochy svetlé a škrabance a drsné plochy tmavé. Výhodou osvetlenia v temnom poli je to, že predmet nie je nežiaduco zjasnený a okrem toho, keďže ide o šikmé osvetlenie, je lepšia rozlíšiteľnosť detailov. Osvetlenie v temnom poli sa využíva v metalurgických mikroskopoch. Uvedený princíp sme použili pri konštrukčnom návrhu snímača povrchových defektov. Toto riešenie sa odlišuje od iných komerčne používaných princípov, ktoré sú založené na aplikácii zákona odrazu, t.j. že uhol snímání odrazeného a rozptýleného laserového zväzku vyšetřovaným povrchom je rovný uhlu dopadu laserového lúča. V nami navrhnutých konštrukciách snímačov sa detekuje iba rozptýlené svetlo šíriace sa v priestore pod inými uhlami ako uhol dopadu a odrazu primárneho lúča (obr. 6). V nami navrhnutom a realizovanom snímači je predmet osvetľovaný laserovým zväzkom vychádzajúcim z pozdĺž osi objektívu a povrch je zobrazovaný lúčmi prechádzajúcimi koncentricky v medzikruží okolo vyclonenej stredovej časti objektívu.



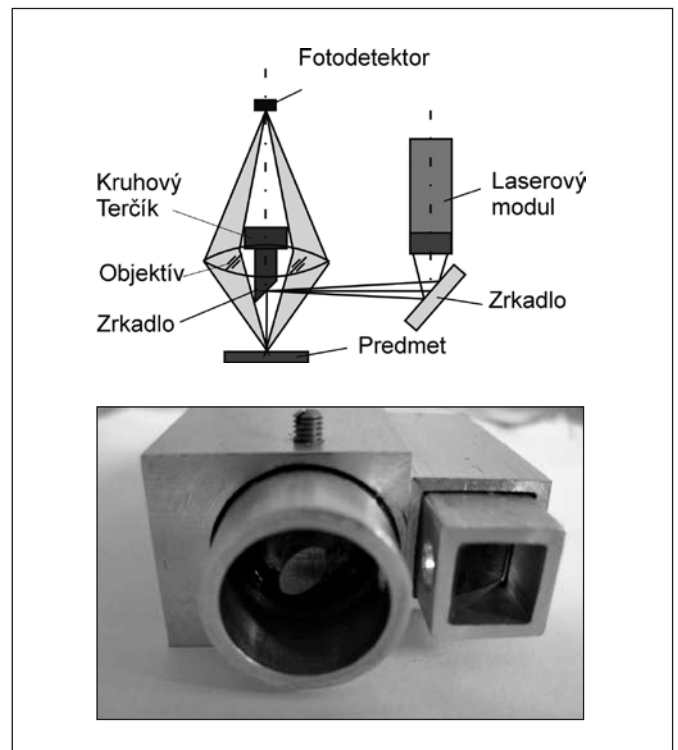
Obr. 6

V najjednoduchšom usporiadaní snímača (obr. 7) sa vychádza z optického systému, v ktorom lúče vychádzajúce z predmetového ohniska jedného z dvoch objektívov prechádzajú ním ako rovnobežné a po prechode druhým objektívom sú skoncentrované do jeho obrazového ohniska, kde je umiestnený fotodetektor. Vzájomná vzdialenosť objektívov v tomto usporiadaní nemá na chod lúčov vplyv. V takomto usporiadaní sa ohniská objektívov stávajú konjugovanými bodmi. Ak do stredu druhého z objektívov umiestnime



Obr. 7

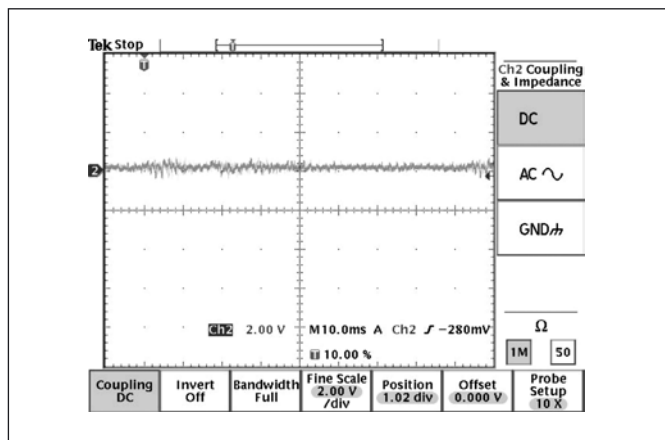
kruhovú clonku (terčik), druhým objektívom prejdú iba okrajové lúče. Ak do prvého objektívu privedieme úzky rovnobežný laserový zväzok, tento bude o prechode prvým objektívom sfokusovaný do jeho ohniska. V najjednoduchšom usporiadaní je laserový modul koncentricky uložený medzi dva objektívy väčšieho priemeru.



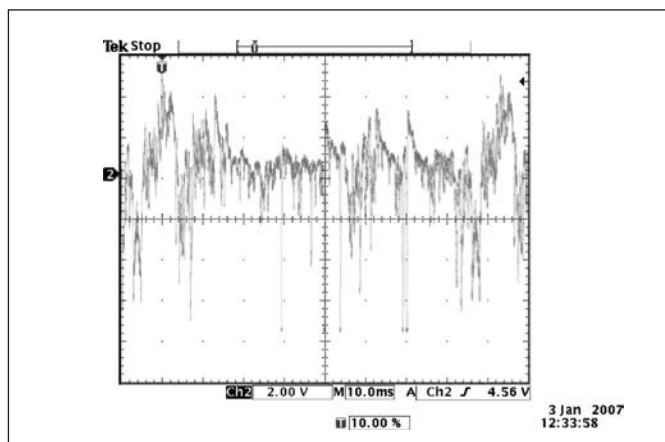
Obr. 8



Počas riešenia bolo zrealizované aj usporiadanie, v ktorom bol skoncentrovaný laserový lúč privedený z boku cez systém dvoch zrkadiel pred objektív tak, že teliesko jedného zo zrkadiel tvorí súčasne aj kruhový terčik objektívu (obr. 8). V tomto usporiadaní sa vyšetrovaný povrch nachádza pred ohniskom objektívu a povrch sa zobrazuje v obrazovej rovine objektívu. Systém musí byť zostavený tak, že najužší laserový zväzok je totožný s rovinou zaostrenia objektívu zobrazujúceho obraz povrchu do obrazovej roviny, v ktorej je umiestnený fotodetektor. Toto usporiadanie je náročné na dokonalé zostavenie optickej časti snímača, ale umožňuje použitie šošovky menšieho priemeru a uložiť snímač do valcovej časti hlavice s menším priemerom. Potom vzdialenosť snímača od meraného povrchu môže byť väčšia ako v predtým uvedenom usporiadaní. Meraná rotačná súčiastka sa počas merania otáča otáčkami stanovenými výrobcom. Signály z fotodetektora sú po spracovaní v elektrických obvodoch snímača privedené k počítaču. Elektronika snímača musí byť prispôbená rozhraniu priemyselného počítača SIMATIC (Siemens). To znamená, že logické úrovne sú prenášané napätím 0-24 V s cieľom zabezpečiť odstup signálu od rušenia. Napájanie snímača je teda 24 V js, elektronika k snímaču má byť podľa požiadavky firmy Mesing 4-kanálová (s možnosťou pripojenia 4 snímačov), snímaný impulz má dobu trvania 5 s. Počítač spracuje dáta prostredníctvom vyvinutého software. Ak je snímač zaostrený na hladký povrch, elektrický signál z fotodetektora zaznamenáva iba šumové pozadie (obr. 9). Ak sa na povrchu nachádzajú lokálne defekty spôsobujúce stranový rozptyl laserového zväzku, v elektrickom signále sa objavia viac alebo menej výrazné píky (obr. 10).



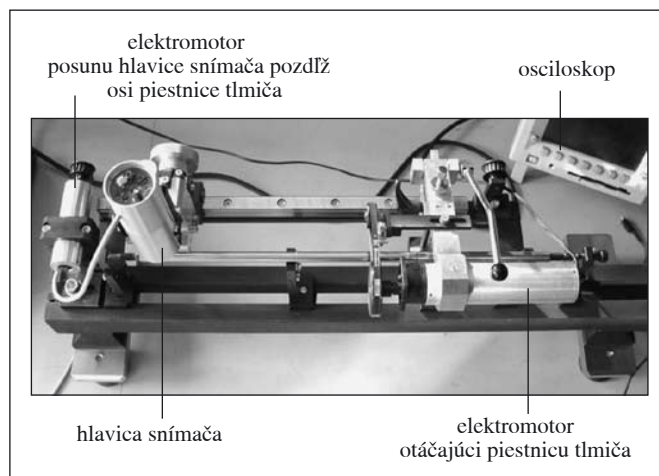
Obr. 9



Obr. 10

## 6. ZÁVER

Ako vyplýva z uvedeného, aj pri najpečlivejšom opracovaní sa na povrchu môžu vyskytnúť povrchové defekty. Nami vyvinuté snímače sú určené na vyhľadávanie defektov. Snímače aplikuje firma Mesing do meracích zariadení (obr. 11) určených pre automobilový a ložiskársky priemysel v Českej a Slovenskej republike.



Obr. 11 Pohľad na merací stand so snímačom ÚM SAV pri kontrole piestnice tmiča pre motorové vozidlá

## Podakovanie

Autori ďakujú Vedeckej grantovej agentúre VEGA za finančnú podporu projektu 2/7081/27 a agentúre Ministerstva priemyslu a obchodu ČR za podporu projektu MPO FI-IMS/97.

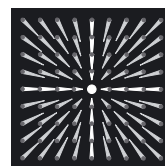
## Literatúra

- [1] VRBENSKÁ, J.- REHÁK, J.: Náuka o kovoch. Edičné stredisko SVŠT, Bratislava 1973, s. 112.
- [2] VASILKO, K. a kol.: Valivé ložiská. Bratislava, Alfa 1998, 547 s.
- [3] TYKAL, M.: Současné možnosti hodnocení a měření drsnosti povrchu. In: Zborník prednášok na XVI. Zhromaždení KZ SR, Žilina, Kalibračné združenie SR, apríl 2002, s. 25-36.
- [4] BRODMANN, R.: Optické měření drsnosti povrchu a rozměru v laboratoři a výrobě. Praha, Media Praha & Oveskon Braunschweig 1988, 35 s.
- [5] BRODMANN, R.- ALLGÄUER, M.: Comparison of light scattering from rough surfaces with optical and mechanical profilometry. *Proc. SPIE 1009* (1988), pp. 111-118.
- [6] PATZELT, S.- PETERS, J. - GOCH, G.: Microtopography Characterization of Optically Smooth and Structured Surfaces. In: Proceedings of the 3rd euspen Int. Conf. - Eindhoven, The Netherlands - May 26th - 30th 2002: pp. 501 - 504.
- [7] PATZELT, S. - SMOLLICH, C. - GOCH, G.: Characterization of optically smooth and structured surface topographies based on monochromatic scattered light techniques. In: 47. International Wissenschaftliches Kolloquium (IWK), 1, 12.1, TU Ilmenau, Germany (Sept. 2002).
- [8] FAN, K. C. - LIN, C. Y. - SHYU, L. H.: The development of a low-cost focusing probe for profile measurement. *Measurement Science and Technology*, **11**, 2000, No. 1, N1-N7.
- [9] AMSTRONG OPTICAL, Ltd., Northamptonshire, UK: Controllers perform noncontact surface profiling. *Europhotonics*, December/ January 2007, p. 50.

RNDr. Ing. Ján Bartl, CSC., Ing. Vlado Jacko, RNDr. Miroslav Hain, Ústav merania SAV, Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava, tel.: +421 259 104 517, e-mail: umerbart@savba.sk  
Ing. Daniel Smutný, MESING, spol. s r.o., Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, tel.: 545 426 211

# OBJEDNÁVKA SLUŽEB

www.expocs.cz ■ fax: 545 176 159



## OBJEDNÁVKA ZLEVNĚNÝCH VSTUPENEK

Uveďte jména osob pro registraci vstupenek:

|                               |    |                                       |    |       |
|-------------------------------|----|---------------------------------------|----|-------|
| 1-denní vstupenka za 868,- Kč | Ks | 2-denní vstupenka za 1.540,- Kč       | Ks | ..... |
| Permanenka za 1.960,- Kč      | Ks | Skupinová (10 os. a více) za 644,- Kč | Ks | ..... |
| Studentská za 448,- Kč        | Ks | Katalog za 560,- Kč                   | Ks | ..... |

Veletrh je povinně registrovaný, je nutné uvést jména osob, pro které jsou vstupenky objednávány. Registrovat se můžete také přes [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz) anebo na [www.world-of-photonics.net/tickets](http://www.world-of-photonics.net/tickets). Zaregistrovaní návštěvníci od nás obdrží mailem anebo poštou tzv. Online-Ticket-Voucher, který si na výstaviště bez čekání vyměníte za personalizovanou vstupenku. Pokud nemáte přístup na internet, odešlete tento formulář faxem. Vstupenky lze na [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz) také platit bezpečně platební kartou. Vstupenky platí na kterýkoliv den veletrhu. Katalog v ceně vstupenky.

## OBJEDNÁVKA ZÁJEZDU NA VELETRH LASER 2007

Naše CK je pojištěná pro případ úpadku podle zákona č.159/1999 SB.

**1. den 19.06.** 02.00 hod. odjezd z Brna z ulice Nádražní naproti hotelu Grand. 04.30 hod. odjezd z Prahy z nám. I. P. Pavlova od Lékařského domu. 05.30 hod. odjezd z Plzně od výstaviště. Předpokládaný příjezd na mnichovské výstaviště v cca 10.00 hod. V 17.00 hod. přesun do komfortního hotelu mimo Mnichov, zde potom volný program, či společná večeře.

**2. den 20.06.** Po hotelové snídani odjezd na výstaviště a celodenní prohlídka veletrhu, či individuální návštěva centra města (dle volby). Odjezd do Česka v cca 16.00 hod. Předpokládaný návrat do Prahy – 22.00, do Brna asi v 00.30 hod.

### CENA ZÁJEZDU 3.490,- Kč OBSAHUJE:

dopravu kvalitním autobusem, 1x nocleh v komfortním hotelu mimo Mnichov ve dvoulůžkových pokojích, 1x snídaně, cestovní pojištění, průvodce. Kolektivům nad 20 osob poskytujeme možnost vlastního plánování programu zájezdu. Objednávky zasílejte do 01.06.2007. Zájezd se uskuteční při min. počtu 20-ti osob.

### DOPLŇKOVÉ SLUŽBY

- Objednávám večeři (pečené koleno, příloha, pivo) v ceně 356,- Kč
- Objednávám nocleh v jednolůžkovém pokoji - příplatek 450,- Kč

### ZVOLTE PROSÍM MÍSTO ODJEZDU

- z Brna     z Plzně
- z Prahy

## OBJEDNÁVKA INDIVIDUÁLNÍHO UBYTOVÁNÍ

Zajišťujeme ubytování v Mnichově pro jednotlivce i kolektivy. Máme 7 let zkušeností a stovky spokojených zákazníků.

Termín ubytování od ..... do ..... Počet nocí .....

### Typ a počet pokojů

1. Ubytování v jednoduchých penzionech v okolí výstaviště; ceny od cca 25 EUR osoba/noc. Jedná se o vícelůžkové pokoje
2. Střední kategorie hotelů v Mnichově, solidní vybavení, dobrý poměr poloha-cena-rozsah služeb; cena 41-70 EUR osoba/noc.
3. Ubytování v pensionech a hotelích ve vesnicích v okolí nového výstaviště, cena od cca 55 EUR jednolůžkový/noc
4. Luxusní hotely a ubytovací zařízení. Široká nabídka poskytovaných služeb, kvalita a pohodlí; ceny od cca 90 EUR pokoj/noc
5. Jiná kategorie – upřesněte prosím vaše požadavky telefonicky na tel. +420 545 176 160

VPYLNĚTE PROSÍM POŽADOVANÉ ÚDAJE. ÚČASTNÍKA ZÁJEZDU A DATUM NAROZENÍ UVEĎTE POUZE PŘI OBJEDNÁVCE ZÁJEZDU

|                     |   |        |
|---------------------|---|--------|
| Firma:              | Kontaktní osoba:                                    |        |
| Ulice:              | PSČ:  | Město: |
| Pevná linka:        | IČO:  | DIČ:   |
| Mobil:              | E-mail:   |        |
| Fax:                | www:  |        |
| Účastník zájezdu:   | Datum narození (z důvodu uzavření cest. pojištění): |        |
| (Účastník zájezdu): | (Datum narození):                                   |        |
| (Účastník zájezdu): | (Datum narození):                                   |        |

Navštivte obrazovou databázi nabízených hotelů na [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz).  
Veškeré objednávky též online na [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz) - možnost platby kartou.



## Nanofotonické realizace šíření plazmonů

*Článek obsahuje nanofotonickou problematiku realizace šíření plazmonů generovaných excitačním optickým zářením v jednoduchých plazmonových vlnovodech tvořených kovovým nanoproužkem, kovovým nebo polovodičovým nanodrátkem, kovovou nanočásticí nebo lineárním seřazením více elektromagneticky vzájemně vázaných kovových nanočástic. Je hlavně zaměřen k popisu současných základních experimentálních uspořádání pro pozorování a měření energetického přenosu plazmonů s uvedením některých typických grafických závislostí pro kovovou nanočástici Au, dvojici takových nanočástic a pro lineární řetězec více stejných nanočástic Ag.*

### 1. ÚVOD

Šíření plazmonů v nanofotonických systémech patří spolu s jejich vznikem vlivem vnějšího interagujícího excitačního elektromagnetického (optického) záření (obvykle produkovaného laserem), jeho přeměnou v jiné (plazmonové) elektromagnetické (optické) záření, detekcí plazmonů a jejich přístrojovým využitím k fundamentálním problémům nanofotoniky (viz např. [1-7]). Přitom plazmon je v plazmonové nanofotonice chápán jako volná dipólová polohová lineárně polarizovaná oscilace shluku (koncentrace) volných elektronů v nanomateriálu, tj. v látce nebo seskupení látek, jejichž strukturní rozměry (stavební elementy) dosahují jen několika desítek nanometrů. Tato oscilace je vyvolána excitační elektrickou složkou interagujícího (dopadajícího) elektromagnetického (optického) záření a má směr této složky. Jde-li o oscilace volných elektronů v celém objemovém rozsahu nanomateriálu, hovoří se o objemových plazmonech, kdežto oscilacím jen povrchových volných elektronů přísluší povrchové plazmony.

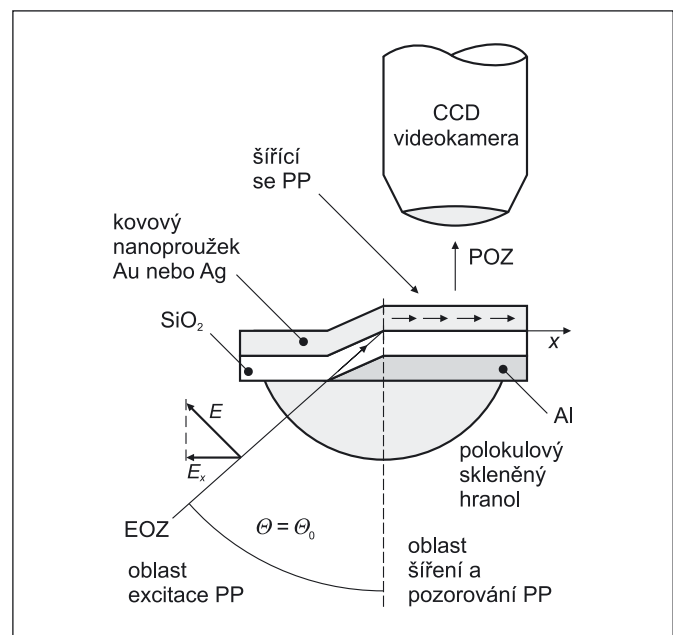
Jsou-li některou z vhodných metod získány počáteční plazmony (viz např. [4-8]), je třeba v nanofotonických zařízeních často zajistit jejich efektivní šíření využitím různých forem plazmonových vlnovodů. Příklady nejjednodušších z nich jsou objasněny v tomto článku. Jde jednak o vlnovod tvořený kovovým nanoproužkem nebo kovovým či polovodičovým nanodrátkem a jednak o vlnovod reprezentovaný jednou kovovou nanočásticí nebo lineárním seřazením (řetězcem) více elektromagneticky (elektricky) vzájemně vázaných kovových nanočástic.

### 2. ŠÍŘENÍ PLAZMONŮ V KOVOVÉM NANOPROUŽKU A KOVOVÉM NEBO POLOVODIČOVÉM NANODRÁTKU

Zjednodušený náčrt možného experimentálního uspořádání pro získání, pozorování a měření jednorozměrného přenosu povrchových plazmonů PP ve zlatém (Au) nebo stříbrném (Ag) úzkém kovovém proužku (nanoproužku) směru  $x$ , referovaného publikací [9], je uveden na obr. 1. Funkční začátek kovového Au nebo Ag proužku tloušťky 70 nm je využitím metody hranolové vazby podle [3,7,8] ovlivněn excitační složkou  $E_x$  intenzity  $E$  interagujícího excitačního optického záření EOZ. Toto záření dopadá pod úhlem dopadu  $\theta$  na začátek (excitační oblast) rozhraní tvořeného dielektrickou vrstvou  $\text{SiO}_2$  tloušťky 50 nm a uvažovaným kovovým nanoproužkem přes usměrňující segment pomocného polokulového skleněného hranolu. Zvolený optimální úhel dopadu  $\theta = \theta_0$ , zajišťující účinnou vazbu (párování) mezi excitačním zářením EOZ a jím produkovanými počátečními plazmony musí vyhovovat podmínce typu (33) z publikace [8]. K nastavení jejich excitační oblasti a oblasti jejich evanescenčního rozšíření v kovovém nanoproužku slouží stínící pro excitační záření nepropustná vrstva hliníku Al o tloušťce 50 nm. Směr  $x$  rozšíření plazmonů na povrchu kovového nanoproužku vlivem jejich vzájemné elektromagnetické vazby je na

obr. 1 znázorněn vodorovnými šipkami. Jejich pozorování a měření je umožněno detekcí produkovaných plazmonových optických vln (plazmonového optického záření) POZ o dimenzích vymezených pouze dimenzemi využitého plazmonového vlnovodu a nikoli jen vlnovou délkou interagujícího excitačního optického záření EOZ. K tomuto účelu může sloužit vhodná CCD videokamera se vstupním objektivem o dostatečně velké numerické apertuře.

Měření byla provedena na Au nebo Ag nanoproužcích o šířkách v rozmezí 1 až 54  $\mu\text{m}$  při využití dominantních vlnových délek  $\lambda = 514, 633$  a 785 nm excitačního optického záření. Experimenty ukázaly, že odpovídající délkové rozsahy vzniklých povrchových plazmonů (definované například v [3,8] a vztažené k poklesu jejich intenzity na  $e$ -tinu maximální hodnoty) se zmenšovaly s poklesem šířky studovaných kovových nanoproužků (zvláště u šířek pod 20  $\mu\text{m}$ ) a zvětšovaly se s rostoucí vlnovou délkou excitačního záření. Například pro  $\lambda = 633$  nm byl u Ag proužku šířky 54  $\mu\text{m}$  zjištěn délkový rozsah plazmonů o hodnotě asi 58  $\mu\text{m}$ , kdežto při šířce 1  $\mu\text{m}$  byl jen několik mikrometrů.



Obr. 1 Náčrt možného uspořádání pro realizaci jednorozměrného šíření a pozorování povrchových plazmonů PP v kovovém nanoproužku Au nebo Ag, excitovaných elektrickou složkou  $E_x$  dopadajícího optického záření EOZ pod účinným úhlem dopadu  $\theta = \theta_0$



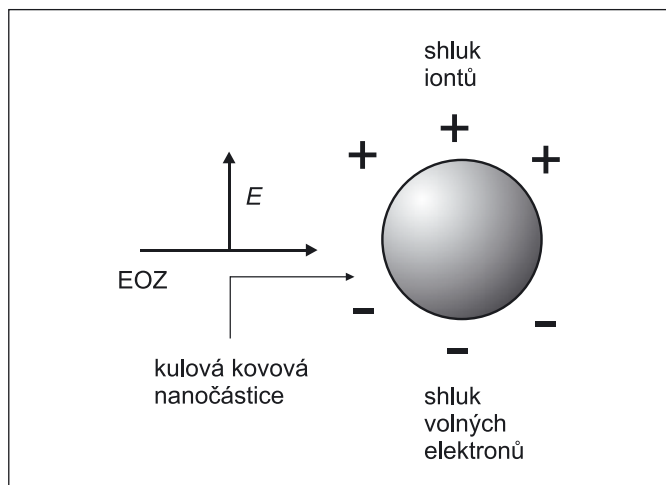
Uspořádání podle obr. 1 lze v podstatě aplikovat i na kovové nanodrátky. V publikaci [10] jsou uvedeny některé výsledky zkoumání šíření povrchových plazmonů nanodrátkem Au nebo Ag o průměru 20 nm a o délkách 1 až 15  $\mu\text{m}$ . Bylo dosaženo délkových rozsahů těchto plazmonů větších než 10  $\mu\text{m}$  při vlnových délkách 532 a 820 nm excitačního optického záření. Též bylo zjištěno, že šíří se povrchové plazmony podél délky nanodrátku podléhaly plazmonového optického záření. Jeho zmírnění bylo dosaženo jen při specifické excitační vlnové délce a upraveném vlnovodém uspořádání v závislosti na materiálu nanodrátku.

Šíření povrchových plazmonů v polovodičových nanodrátkách bylo zkoumáno například autory publikací [11,12]. V příslušném experimentálním uspořádání byl využit speciální excitační ultrafialový laser s integrační kulovou nanodutinou o průměru optické subvlnové délky 200 nm, která zajišťovala dostatečně velký reflexní kontrast optického záření mezi nanodrátkem a jeho pozadím [11]. Proveditelnost tohoto způsobu, referovaná publikací [12], byla ověřena pomocí skenovací optické mikroskopie jak u rovných, tak u zahnutých nanodrátků CdS. Přitom bylo využito reemise fotoluminiscenčního plazmonového záření vlivem absorpce excitačního optického záření daným nanodrátkem. Experimenty ukázaly, že aktivní nanodrátky CdS umožňují efektivní vedení povrchových plazmonů s typickými energetickými ztrátami asi 1 až 2 dB na jedno náhlé nanodrátkové zahnutí.

### 3. ŠÍŘENÍ PLAZMONŮ JEDNOU KOVOVOU NANOČÁSTICÍ

Předpokládáme nyní, že plazmonový vlnovod tvoří jen jedna kovová nanočástice. Šíření plazmonů takovým vlnovodem je chápáno jako jejich rezonanční absorpce (nebo propustnost) v závislosti na dominantní vlnové délce  $\lambda$  interagujícího excitačního optického (obecně elektromagnetického) záření (viz např. [1,2,4,13,14]).

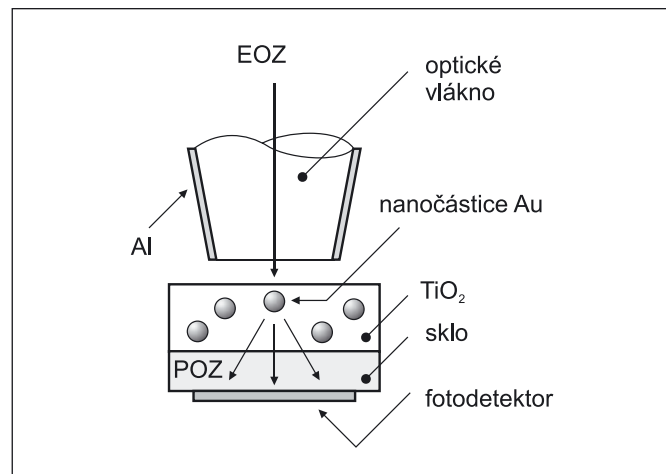
Schematický náčrt na obr. 2 ukazuje jednoduchý případ počáteční excitace dipólové plazmonové oscilace u kulové kovové nanočástice. Elektrické pole o intenzitě  $E$  excitačního optického záření EOZ, dopadajícího na kovovou nanočástici, indukuje lineární polarizaci jejích volných elektronů (volných elektronových shluků) se záporným elektrickým nábojem vzhledem k mnohem těžším kladným iontovým jádrům (kladné iontové mřížce). Jejich čistá nábojová diference, objevující se jen na povrchu kovové nanočástice, vzájemně působí jako direkční (vratná) coulombovská elektrická síla vyvolávající volné dipólové oscilace volných elektronů, tj. plazmony, s vlastní periodou  $T_p$ . Přitom skutečná vlastní perioda a frekvence i energie rezonančních plazmonů závisí na vlnové délce



Obr. 2 Schematický náčrt počátečního rozmístění shluků volných elektronů a nepohyblivých iontů na povrchu kulové kovové nanočástice vlivem elektrické složky  $E$  interagujícího excitačního optického záření EOZ

excitačního optického záření, na koncentraci volných elektronů v kovové nanočástici, na velikosti jejich rozptylu, druhu dielektrika obklopujícího nanočástici a též na její velikosti a tvaru. Ušlechtilé kovy (Au a Ag) mají rezonanční frekvence ve viditelné (světelné) oblasti excitačního elektromagnetického spektra a projevují se obecně u nanočástic (nanokrystalů), jejichž rozměry jsou menší než je vlnová délka excitačního optického záření [1,5,13,14].

Příklad uspořádání pro získání a měření rezonančních plazmonů v kovové nanočástici podle [13] je schematicky uveden na obr. 3. Excitační optické záření EOZ z laseru o kontinuálně nastavitelné vlnové délce ozařuje studovaný tenký vzorek  $\text{TiO}_2$  s nanočásticemi Au kulového tvaru přes kónický (sbíhavý) konec optického vlákna o výstupním průměru 80 nm, které je opatřeno pomocnou reflexní vrstvou Al. Nanočástice o typickém průměru 40 nm a koncentraci 3% byly zapuštěny v dielektrické koloidní gelové  $\text{TiO}_2$  matici o absolutním indexu lomu 2,19 a tloušťce 200 nm. Vzdálenost vzorku  $\text{TiO}_2$  od konce optického vlákna byla 7 nm a tento vzorek byl postupně ozařován fotony o energiích 1,91, 1,94, 2 a 2,11 eV. Detekce optického záření POZ, produkovaného plazmony jedné nanočástice v excitační povrchové oblasti  $750 \times 750 \text{ nm}^2$ , byla provedena křemíkovým fotodetektozem (fotodiodou) přes podložnou skleněnou vrstvu o tloušťce 1 mm. Měření propustnosti vzorku v závislosti na energii dopadajících fotonů ukázalo pro nanočástici Au, umístěnou blízko středu snímávané oblasti, až 12 násobné hlavní rezonanční zvětšení vzhledem k podkladové propustnosti s typickou rezonanční šířkou zhruba o hodnotě 0,16 eV. Vliv elektromagnetické vazby nanočástice s blízkou druhou nanočásticí navíc vedl k rezonanční struktuře o dvou maximech.

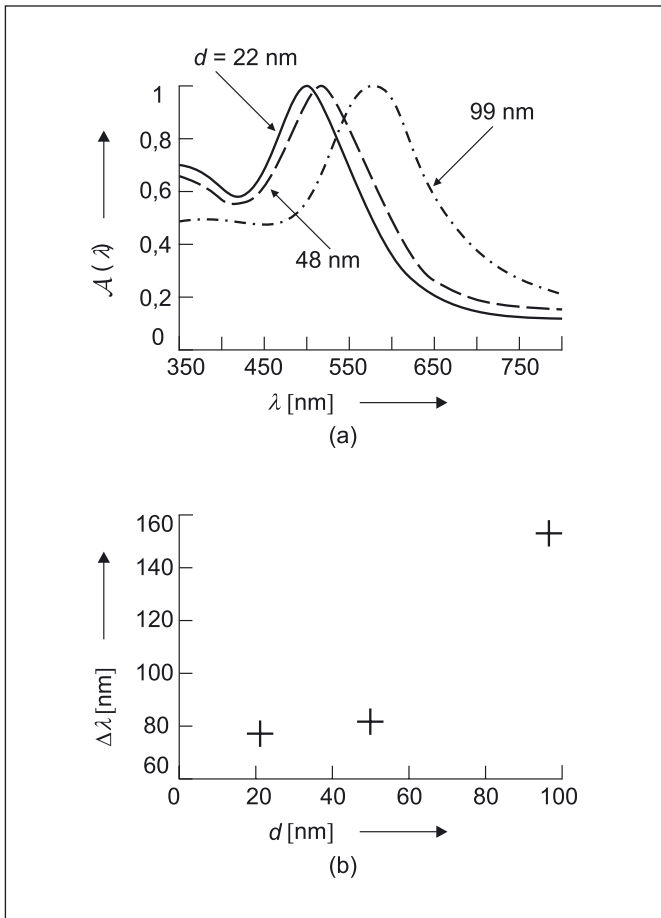


Obr. 3 Příklad uspořádání pro získání a měření rezonance plazmonů v kovové nanočástici Au, ozařené excitačním laserovým optickým zářením EOZ

Jiné měření, referované v publikaci [14], se týká absorpčních optických spekter kulových nanočástic Au o průměrech  $d = 22, 48$  a  $99 \text{ nm}$  umístěných ve vodě. Jejich stejně normované tvary  $A(\lambda)$  jsou znázorněny na obr. 4a a vykazují absorpční maxima pro vlnové délky  $\lambda = 521, 533$  a  $575 \text{ nm}$ . Odpovídající plazmonové spektrální šířky  $\Delta\lambda \approx 78, 82$  a  $150 \text{ nm}$  jsou v závislosti na zmíněných nanočásticových průměrech  $d$  zakresleny na obr. 4b.

### 4. ŠÍŘENÍ PLAZMONŮ LINEÁRNÍM ŘETĚZCEM KOVOVÝCH NANOČÁSTIC

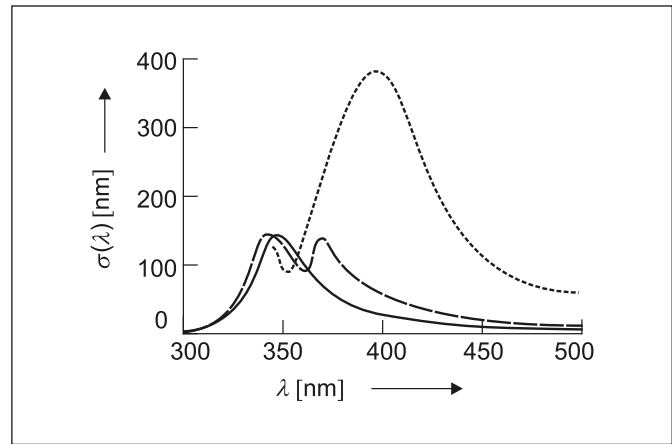
Jestliže je nanofotonický systém tvořen více než jednou kovovou nanočásticí, šíření plazmonů v něm vykazuje další specifické vlastnosti. Ty jsou důsledkem elektromagnetické vazby mezi plazmony všech nanočástic a projevují se mimo jiné změnou spektrální absorpce (nebo propustnosti) a vůbec celé rezonanční struktury nanosystému v závislosti na druhu a směru interagující-



Obr. 4 Normovaná absorpční optická spektra  $A(\lambda)$  kulových nanočástic Au o průměrech  $d = 22, 48$  a  $99$  nm, umístěných ve vodě, podle [14] (a) a odpovídající závislosti jejich rezonančních vlnových šířek  $\Delta\lambda$  na zmíněných nanočásticových průměrech  $d$  (b)

cího excitačního elektromagnetického záření, struktury, druhu, velikosti, tvaru, vzdálenosti, počtu a rozložení nanočástic. Bývají také ovlivněny rozptylem excitačního záření a plazmonů. Jsou též například doprovázeny změnou tvaru pole vystupujícího plazmonového elektromagnetického záření [1,2,4,7,13-16].

Například v publikaci [15] je objasněna struktura blízkého plazmonového optického pole pro lineární řetězec velkého počtu stejných kulových nanočástic Au o průměru  $40$  nm. Následná práce [16] prezentuje výsledky výzkumu plazmonových rezonancí lineárního řetězce válcových nanočástic Ag o průměru  $50$  nm a separaci  $5$  nm pro podélný a příčný směr šíření excitačního lineárně polarizovaného optického záření. Toto záření bylo reprezentováno dominantní vlnovou délkou  $\lambda$  a projevující se rozptýlená forma vzniklého výstupního plazmonového optického záření byla kvantifikována velikostí jejího příčného řezu  $\sigma(\lambda)$ . Zatímco pro jednu nanočástici bylo zjištěno jen jedno rezonanční maximum závislosti  $\sigma(\lambda)$  pro  $\lambda = 344$  nm (viz plná křivka na obr. 5), rezonanční křivka  $\sigma(\lambda)$  systému dvou podélně ozářených stejných nanočástic vykazovala posunutí hlavního rezonančního maxima do hodnoty  $\lambda = 340$  nm při obdobné velikosti maxima jako u jedné nanočástice (čárkovaná křivka na obr. 5). Navíc se očekávaně objevilo vedlejší (druhé) menší rezonanční maximum kolem vlnové délky  $\lambda = 372$  nm jako důsledek elektromagnetické vazby mezi uvažovanou nanočásticovou dvojicí. Dále bylo zjištěno, že interagující excitační optické záření o příčném směru k rozložení zmíněných dvou nanočástic vedlo při ozáření jejich mezery jednak k vedlejšímu rezonančnímu maximum o stejné velikosti jako hlavní maximum pro podélný směr ozáření a jednak k mnohem většímu a širšímu rezonančnímu maximum pro  $\lambda = 380$  nm (tečkovaná křivka na obr. 5).

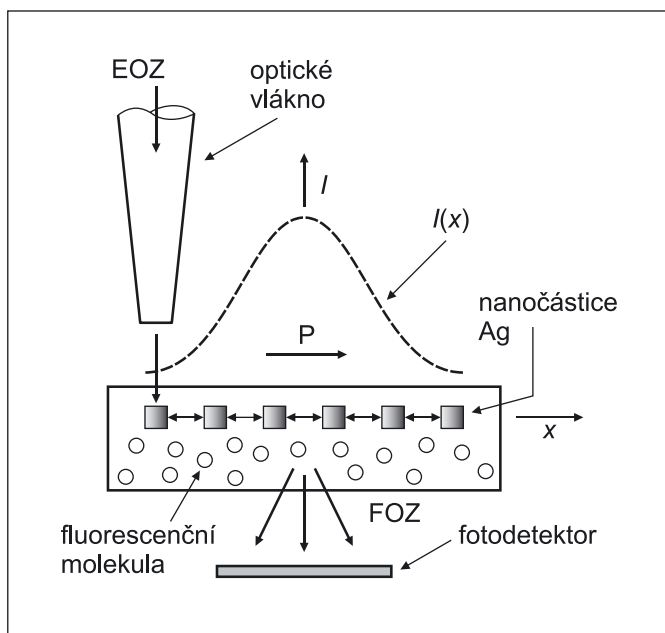


Obr. 5 Rezonanční křivky závislosti  $\sigma(\lambda)$  příčného průřezu rozptýleného plazmonového optického záření na vlnové délce  $\lambda$  excitačního optického záření podle [15] pro jednu kulovou nanočástici Au (plná křivka), podélně ozářenou dvojicí stejných nanočástic Au (čárkovaná křivka) a pro příčné ozáření této dvojice (tečkovaná křivka)

Vzájemně elektromagneticky vázané a za sebou uspořádané kovové nanočástice lze pojímat jako lineární plazmonový vlnovod. Toto pojetí bylo v časové závislosti simulačně i experimentálně studováno v publikaci [17]. Simulační přístup zahrnoval plazmonový přenos lineárním seřazením mnoha stejných kulových nanočástic Au o průměru  $50$  nm a separaci  $\Delta x = 75$  nm vlivem zdrojového elektrického dipólu působícího na první nanočástici. Pro zdrojový elektrický impuls o trvání  $30$  fs, jehož zvolená maximální energie  $2,4$  eV odpovídá rezonanční energii jedné nanočástice a plazmonovému úhlovému vlnočtu  $k = \pi/2\Delta x$ , byla v případě příčné excitace lineárního seřazení devíti nanočástic předpovězena grupová rychlost  $1,7 \cdot 10^7$  m/s šíření plazmonů, zatímco pro podélnou excitaci vycházela hodnota  $5,7 \cdot 10^6$  m/s. Energetický pokles rozložení plazmonů, stanovený monitorováním energetických maxim ve středu každé nanočástice vzhledem k zdrojové energii, měl pro podélnou nebo příčnou plazmonovou excitaci hodnotu  $6$  dB/280 nm nebo  $6$  dB/86 nm. Popsaný způsob též ukázal, že optimalizací geometrie nanočástic lze teoreticky dosáhnout až rychlosti  $0,1c$  energetického plazmonového přenosu (kde  $c$  je rychlost šíření optického záření v odpovídající matici).

K přímému experimentálnímu zkoumání energetického přenosu plazmonů byl autory publikace [17] využit speciálně vyvinutý vlnovod tvořený lineárně seřazenými stejnými nanočásticemi Ag tyčového (hranolového) tvaru o objemu  $90 \times 30 \times 30$  nm<sup>3</sup>. Vzájemná vzdálenost těchto nanoelementů byla  $50$  nm a pro zvětšení jejich vzájemné elektromagnetické vazby byla zvolena stejná orientace jejich dlouhých os, kolmá k jejich seřazení. Ke snadnějšímu zkoumání a detekci energetického přenosu plazmonů byly zmíněné nanoelementy smíchány s pomocnými kulovými molekulami vhodné fluorescenční polystyrénové látky, které byly rozmístěny náhodně podél diskutovaného plazmonového vlnovodu.

Náčrt principu detekce energetického šíření plazmonů ve směru  $x$  vlnovodu s lineárním seřazením nanočástic Ag již zmíněného hranolového tvaru ve směsi s fluoreskujícími kulovými molekulami je uveden na obr. 6. Laserové excitační optické záření EOZ z kónického optického vlákna ozařuje první nanočástici vlnovodu při její rezonanční vlnové délce  $570$  nm. Vzniklý plazmon se vlivem elektromagnetické vazby mezi nanočásticemi rozšíří podél délky vlnovodu a fotodetektozem jsou snímány příslušné lokálně závislé intenzity vzniklých dílčích fluorescenčních optických záření FOZ, které v souhrnu poskytují jejich souměrné výsledné rezonanční rozložení  $I(x)$ . Toto rozložení a jeho šířka, vztažená k polovině jeho maxima, jsou přiměřeny charakteristikami plazmonového rozšíření v uvažovaném vlnovodu. Výsledky experimentů podle [17] vedly k souměrným poklesům  $6$  dB /  $(195 \pm 28)$  nm v polovině maxima tohoto rozložení a k odpovídajícímu délkovému rozsahu  $0,5$   $\mu$ m plazmonového rozšíření.



Obr. 6 Náčrt principu detekce energetického šíření plazmonů  $P$  podél směru  $x$  vlnovodu s lineárně seřazenými nanočásticemi Ag čtvercového průřezu, smíchanými s náhodně rozmístěnými kulovými fluorescenčními molekulami. Vzájemná elektromagnetická vazba mezi nanočásticemi je znázorněna vodorovnými obousměrnými šipkami a šíření fluorescenčního optického záření FOZ od místa maxima jeho rezonančního rozložení intenzity  $I(x)$  do fotodetektoru vyznačují jednosměrné šipky. Excitační optické záření je označeno EOZ

## 5. ZÁVĚR

Přínosem článku je objasnění některých možných základních experimentálních uspořádání pro realizaci, efektivní rozšíření, pozorování a měření přenosu plazmonů v jednoduchých plazmonových vlnovodech. Tato uspořádání a prezentace některých typických grafických závislostí doplňují současné znalosti o šíření plazmonů vytvořených excitačním optickým zářením v nanosystémech. Toto šíření patří k důležitým jevům moderní plazmonové nanofotoniky s využitím v přiměřeně miniaturizovaných optických, elektrooptických a optoelektronických zařízeních. Článek vznikl v rámci spolupráce na řešení Výzkumného záměru FZÚ AV ČR číslo AVOZ 10100522.

## Literatura

- [1] Kerker M., *The Scattering of Light and other Electromagnetic Radiation*. Academic Press, New York 1969.
- [2] Bohren C. F., Huffman D.R., *Adsorption and Scattering of Light by Small Particles*. J. Wiley and Sons Inc., New York 1983.
- [3] Raether H., *Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings*. Springer – Verlag, New York 1988.
- [4] Kreibich U., Vollmer M., *Optical Properties of Metal Clusters*, Vol. 25. Springer – Verlag, Berlin 1995.
- [5] Guozhong C., *Nanostructures and Nanomaterials*. World-Scientific Publ., London 2004.
- [6] Busch K., Powell A., Röhlig C., Schön G., Weissmüller J. (Eds.), *CFN Lectures on Functional Nanostructures*, Vol. 1. Springer – Verlag, Berlin 2005.
- [7] De Los Santos H. J., *Principles and Applications of Nano-MEMS Physics*. Springer – Verlag, Dordrecht 2005.
- [8] Pospíšil J., Hrdý J., Hrdý J., jr., Nanofotonické metody vzájemných přeměn optických záření a plazmonů v rozhraní dielektrika a kovu. *Jemná mech. a optika*, roč. 52, 2007, č. 3, str. 74 - 78.
- [9] Lamprecht B., Krenn J. R., Schider G. et al., Surface plasmon propagation in microscale metal stripes. *Appl. Phys. Lett.*, Vol. 79, 2001, No. 1, pp. 51-53.
- [10] Dickson R.M., Lyon L. A., Unidirectional plasmon propagation in metallic nanowires. *J. Phys. Chem. B*, Vol. 104, 2000, pp. 6095-6098.
- [11] Huang M. H., Mao S.I., Feick H. et al., Room-temperature ultraviolet nanowire nanolasers. *Science*, Vol. 292, 2001, pp.1897-1899.
- [12] Barrelet C.J., Greytak A.B., Lieber C. M., Nanowire photonic circuit elements. *Nano Lett.*, Vol. 4, 2004, No. 10, pp. 1981-1985.
- [13] Klar T., Perner M., Grosse S. et al., Surface-plasmon resonances in single metallic nanoparticles. *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 80, 1998, No. 19.
- [14] Link S., El-Sayed M.A., Shape and size dependence of radiative, non-radiative and photothermal properties of gold nanocrystals. *Int. Rev. Phys. Chem.*, Vol. 19, 2000, No. 3, p. 409.
- [15] Krenn J. R., Dereux A., Weeber J. C. et al., Squeezing the optical near-field zone by plasmon coupling of metallic nanoparticles. *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 82, 1999, No. 12, pp. 2590-2593.
- [16] Kottmann J. P., Martin O. J. F., Plasmon resonant coupling in metallic nanowires. *Optics Express*, Vol. 8, 2000.
- [17] Maier S.A., Kik P.G., Sweatlock L.A. et al., Energy transport in metal nanoparticle plasmon waveguides. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, Vol. 77, 2003, pp. T7.1.1-T7.1.12.



# Vláknové lasery v průmyslovém značení

## 1 LASEROVÉ ZNAČENÍ

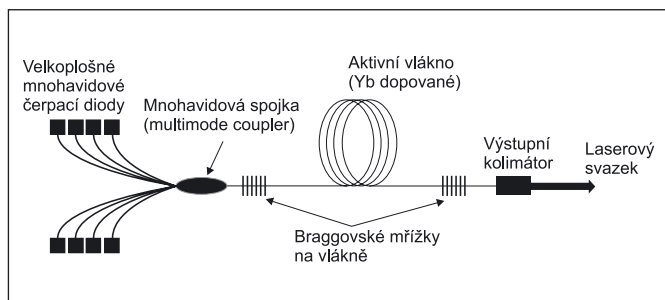
Laserové značení v průmyslu je v dnešní době hojně používanou metodou pro značení všech typů dostupných materiálů. Oproti jiným metodám značení nabízí vysokou produktivitu a zejména flexibilitu (čárové kódy, 2D data-matice, libovolná vektorová grafika...). Dalšími výhodami jsou rychlost, přesnost, bezkontaktní proces a žádný spotřební materiál jako jsou např. chemikálie.

## 2 VLÁKNOVÝ LASER

Na značení kovů a plastů se hlavně používá Q-spínaných Nd:YAG laserů s vlnovou délkou 1 064 nm a výkony do 100 W. Nicméně v poslední době se situace značně mění, kdy na trh přichází nová, lepší a silně progresivní technologie – *vláknové lasery (VL)* nabízející oproti klasickým Nd:YAG systémům nesporně mnoho výhod, které logicky plynou přímo z jejich konstrukce.

### 2.1 Konstrukce

Na obr. 1 je schematický náčrt vláknového laseru. Základem laseru je několik metrů aktivního optického vlákna dopovaného ytterbiem (Yb). Místo zrcadel, které jsou vždy přítomny u klasického Nd:YAG laseru, zde slouží tzv. braggovské mřížky (periodické struktury vytvořené přímo na optickém vlákne). Aktivní vlákno je buzeno čerpacími diodami, jejichž budicí zařízení je do vlákna přivedeno přes mnohovidovou spojku (MM coupler). Tato architektura typu *vlákno-vlákno* odstraňuje potřebu použití optických povrchů (zrcadla) a jiných mechanických prvků, které vždy způsobují dodatečné ztráty, jsou citlivé na změnu teploty a vyžadují pravidelnou údržbu a seřízení. Nyní toto vše odpadá a výsledkem je *robustní, ultrakompaktní monolitický systém nevyžadující žádnou údržbu*.



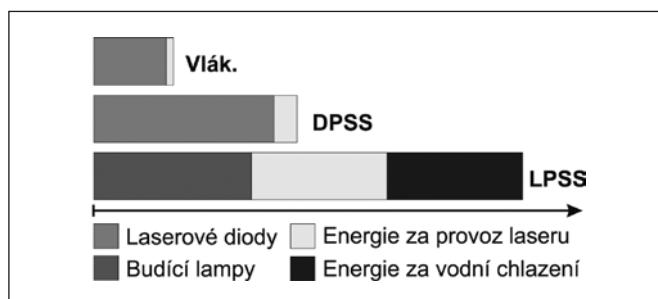
Obr. 1 Schematický náčrt vláknového laseru

### 2.2 Výhody

Pro koncového zákazníka je pak u VL nespornou výhodou až *4x delší životnost* budicích diod oproti Nd:YAG laserům. Důvodem je možnost použití velkoplošných mnohovidových diod původně vyvinutých pro telekomunikační průmysl, jejichž projektovaná životnost je až *100 000 hodin*.

Současně VL vyznačuje velmi *kvalitní laserový svazek* ( $M^2 < 1,4$  pro 20W laser), což umožňuje fokusaci svazku do velmi malého bodu (vysoká plošná hustota výkonu). Tak lze značit/gravírovat i „náročné“ materiály s použitím nízkovýkonového laseru (typicky 10-20 W). Současně malá stopa svazku umožňuje značení velmi jemných struktur (např. datamatice velikosti 1x1 mm).

Využití čerpacího zařízení je u VL výrazně lepší a zajišťuje vyšší *účinnost* – až 25% převod el. energie na laserové záření. Proto stačí laser chladit pouze vzduchem a zcela tak odpadá potřeba vodního chlazení. Díky dlouhé životnosti, bezúdržbovosti a nízké spotřebě el. energie tak VL představuje zdroj s *nejnižšími provozními náklady* ze současně dostupných značících průmyslových laserů (viz obr. 2).



Obr. 2 Porovnání provozních nákladů vláknového (Vlák.), diodami buzeného Nd:YAG (DPSS) a lampami buzeného Nd:YAG (LPSS) laseru

### 2.3 Značící systém

Díky výhodám, které VL nabízí, je tedy nasnadě použít VL jako zdroj záření ve značícím laserovém systému. *LAO průmyslové systémy s.r.o.* je jednou z prvních firem v ČR nabízející průmyslový laserový značící systém na bázi vláknového laseru (viz obr. 3) spolu se všemi výhodami z toho vyplývajícími. Celý systém je velmi kompaktní a navíc laserové záření je přivedeno k rozmtací hlavě pomocí optického vlákna délky 3-5 m, což velmi usnadňuje integraci do výrobní linky.



Obr. 3 Laserový značící systém Lao-Shine Fibre

## 3 ZÁVĚR

Již během minulého roku začaly vláknové lasery díky svým výhodám získávat stále větší podíl na trhu oproti klasickým Nd:YAG systémům a v budoucnu lze dále předpokládat rostoucí dominanci této moderní technologie, která jde ruku v ruce s obecným trendem miniaturizace a zvyšování efektivity elektricko-optických zařízení.

## Nasazení kamer s vysokým rozlišením v meteorologii

*Obrázky krajiny ve vysokém rozlišení snímané ekvidistantně po několika minutách dávají jak meteorologicky, tak biologicky zajímavé časové řady dat o místních poměrech pro které teprve začínáme hledat využití. Článek se zabývá popisem fotoboxu používaného při měřicích stanicích projektu Hydronet.cz, v rámci kterého se i takováto data přenášejí on-line přes internet.*

### ÚVOD

V některých vědních oborech se dosud nevyužívá běžně komerčně dostupná technika s vysokým rozlišením a velkou rychlostí sběru dat. Na trhu jsou přitom velmi přesné a rychlé přístroje, pro které se ale mnohdy dosud nenašlo dostatečné průmyslové a vědecké využití. Příkladem jsou třeba kamery vysokého rozlišení, které zvláště v režimu dlouhodobých měření mají velice málo praktických aplikací. Jednu z prvních aplikací klasických kamer pro fyzikální měření jsme použili v rámci projektu Hydronet.cz.

V rámci tohoto projektu jsme realizovali několik exteriérových kamer s vysokým rozlišením, které sbírají meteorologicky zaměřené snímky s časovým krokem 3 min již nepřetržitě po dobu několika let. Pro účely projektu by sice byla vhodnější zařízení podobná profesionálním digitálním kamerám, která ovšem nejsou vybavena displejem, hledáčkem, bleskem a různými tlačítky vyžadujícími obsluhu, tato zařízení se ale u nás ještě stále neprodávají. I tato zařízení jsou přitom již ve světě vyráběna sériově, vzhledem k absenci nepotřebných dílů uvedených výše jsou ale podstatně levnější než klasické profesionální kamery.

### EXPERIMENT

V uvedeném projektu proto používáme starší typy poloprofesionálních a profesionálních fotoaparátů značek Olympus, Nikon a Agfa, které lze zajistit za sníženou cenu. Podmínkou je ovšem možnost jejich dálkového ovládání přes počítač pod OS Linux, vlastní ovládání fotoaparátů přitom zajišťují programy GPhoto2 a PhotoPC.

Protože vždy není možné umístit počítač v bezprostřední blízkosti kamery, nepoužívá se u některých i novějších typů fotoaparátů komunikace přes běžně rozšířené rozhraní USB, ale komunikace pomocí standardní sériové linky RS-232, která umožňuje bez problémů oddálit kameru od ovládacího počítače řádově až o kilometry. Zajímavé je, že tuto komunikaci s počítačem umožňují i fotoaparáty, u kterých to výrobce neuvádí a mnohdy dokonce i popírá (např. Nikon CoolPix 8700).

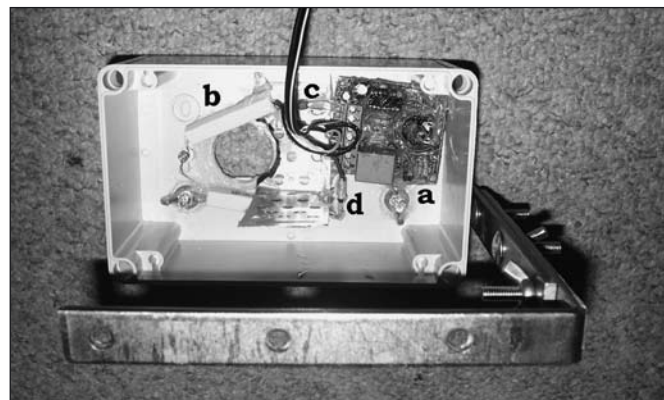


Obr. 1 Ukázka plastové krabice, ve které je umístěn fotoaparát. Dobře je vidět otvor, ve kterém bude umístěn polarizační filtr

U venkovních kamer v extrémních klimatických podmínkách je třeba zaručit standardní podmínky provozu, což vyžaduje jistá technická opatření (např. osada Jizerka, která se vyznačuje nejvyšší vlhkostí a největšími mrazy v ČR s ročními srážkami 1800 mm a 10x ročně teploty pod  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Vrbatova bouda – vítr nad 130 km/h 10x ročně, průměrná relativní vlhkost vzduchu 90 %).

Základem zařízení je plastová krabice s IP67 (obr. 1). V ní je vplepen kvalitní polarizační filtr HOYA nebo B&W bez obruby, dostatečného průměru (35 – 55 mm), aby při širokoúhlých záběrech nedocházelo k vinětaci.

V mnohých lokalitách je navíc nutné kamery vyhřívat, což činíme termostatem s  $10\Omega$  rezistory rozmístěnými na měděném mezikruží obepínajícím polarizační filtr. Na obr. 2 je vidět detail umístění tohoto termostatu (a), rezistorů (b), teplotního čidla (c) a tepelné ochrany (d)



Obr. 2 Krabice připravená k instalaci fotoaparátu; a - termostat, b -  $10\Omega$  rezistory, c – teplotní čidlo, d – tepelná ochrana.



Obr. 3 Fotoaparát umístěný v krabici, upevněn je pomocí stativového šroubu

chránící box před případným přehřátím. Problém vyhřívání kamer lze někdy s výhodou řešit využitím ztrátového výkonu jejího napájecího zdroje, pokud je tento umístěn též ve fotoboxu. Fotoaparát je v krabici upevněn pomocí uhelníku, na fotoaparátu se přitom využije běžný závit určený pro stativ (*obr. 3*).

K lepení krabice je nutno používat silikon určený pro elektro-techniku, neboť ze sanitárního silikonu se vylučuje kyselina octová, která reaguje s elektronikou fotoaparátu. Průchod kabelu krabici je řešen použitím vějířovité průchodky s krytím taktéž IP 67.

Protože krabice (fotobox) ani těsnění nechrání kameru před vlhkostí na 100 %, jsou v ní umístěny také malé nádoby se silikagelem, který absorbuje zbytkovou vlhkost a dodatečně tak kameru chrání. Po umístění a zakrytí kamery jsou spoje utěsněny izolační a mechanicky odolnou lepenkou. Konečná úprava vnějšího povrchu boxu s důrazem na největší ochranu je řešená maximálním vyhlazením a snahou o co nejtenčí přechod mezi krabici a polarizačním filtrem. Stříšky ani různá stínění před povětrnostními vlivy se neukázaly být účelné, neboť na nich vzniká námraza.

## ZÁVĚR

Jedna ze zkušeností, kterou jsme při online publikování meteorologických snímků učinili, je to, že snímky ve vysoké kvalitě publikované na internetu jsou pro většinu lidí názornějším zdrojem o momentální meteosituaci než grafy meteorologických veličin publikovaných na stejných stránkách.

Dalším poznatkem bylo, že se tyto obrázky mohou využívat nejen při zjišťování současné meteosituace, ale že je možné je využívat i v jiných vědních oborech. Některé snímky jsou například využívány ornitology pro sledování hnízdění, odletů a přiletů některých druhů ptáků, pro botaniky byla zase zajímavá možnost sledování počátku a průběhu vegetačního období rostlin. V průběhu zimy je navíc možné



Obr. 4 Pohled z kamery na Lysé hoře, západní Krkonoše. Jaro



Obr. 5 Pohled z kamery na Lysé hoře, západní Krkonoše. Léto



Obr. 6 Pohled z kamery na Lysé hoře, západní Krkonoše. Podzim

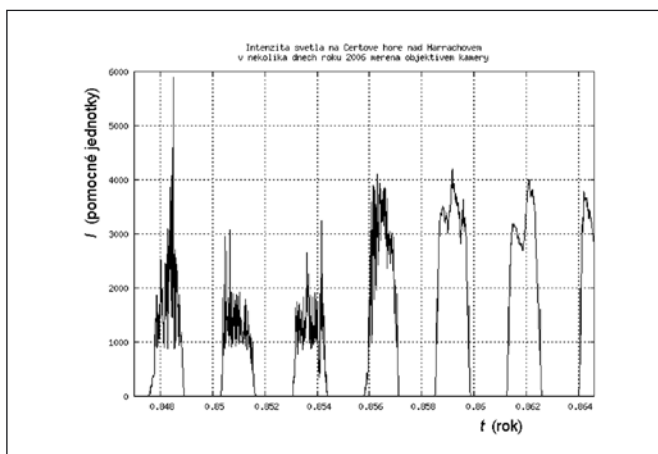


Obr. 7 Pohled z kamery na Lysé hoře, západní Krkonoše. Zima

sledovat rozložení nulové izotermy v krajině, což je možné také využít například v botanice. Příklady těchto snímků jsou na obrázcích 4, 5, 6 a 7. Jednotlivé záběry získané z kamery umístěné na Lysé hoře v západních Krkonoších zobrazují postupně jaro, léto, podzim a zimu.

Při extrémních událostech jako jsou povodně či vichřice, kdy většinou přestávají fungovat veškeré běžně používané snímače (které ani nejsou často v těchto vysokých hodnotách kalibrovány, nebo jsou dokonce zničeny) se nepřímé určování těchto veličin z fotozáznamu ukazuje být vhodné, byť je pouze nepřímé.

Poměrně přehledným zdrojem informací o intenzitě slunečního záření v poli záběru jsou EXIF informace u každého snímku, jejichž praktický význam může být například i pro odhad užitečnosti solárních panelů v místě (*viz graf na obr. 8*).



Obr. 8 Možné využití nepřímého měření z kamery. Intenzita světla měřená objektivem kamery, Čertova hora nad Harrachovem



## Neplánovaná zkouška odolnosti fotovoltaického solárního systému při zatížení větrem

### ÚVOD

Před několika lety jsme na stránkách časopisu *Jemná mechanika a optika* popisovali unikátní a patentovanou konstrukci automatického pohyblivého stojanu fotovoltaických (PV) panelů [1], který sleduje pohyb po obloze a natáčí panely stále kolmo ke směru záření. Poté jsme v práci [2] referovali o provedených životnostních zkouškách prováděných jak v naší laboratoři, tak v aerodynamickém tunelu ve Výzkumném a zkušebním ústavu leteckém v Praze-Letňanech. Od té doby jsme konstruovali řadu solárních (PV) systémů s použitím uvedeného pohyblivého stojanu a výsledky jsme pravidelně publikovali v tomto časopisu i v jiném odborném tisku (např. [3]).

I na Technické fakultě ČZU v Praze jsme již testovali různé solární PV systémy. V roce 2006-2007 to byl systém s nominálním výkonem  $P_{\max} = 500 \text{ W}_p$  na obr. 1. Ve dnech 18. – 19. ledna 2007 byl náš systém neplánovaně podroben zkoušce odolnosti proti zatížení větrem, když se přes Prahu přehnala vichřice síly orkánu a v této zkoušce obstál.



Obr. 1 Solární PV systém s nominálním výkonem  $P_{\max} = 500 \text{ W}_p$  instalovaný a testovaný na Technické fakultě ČZU v Praze

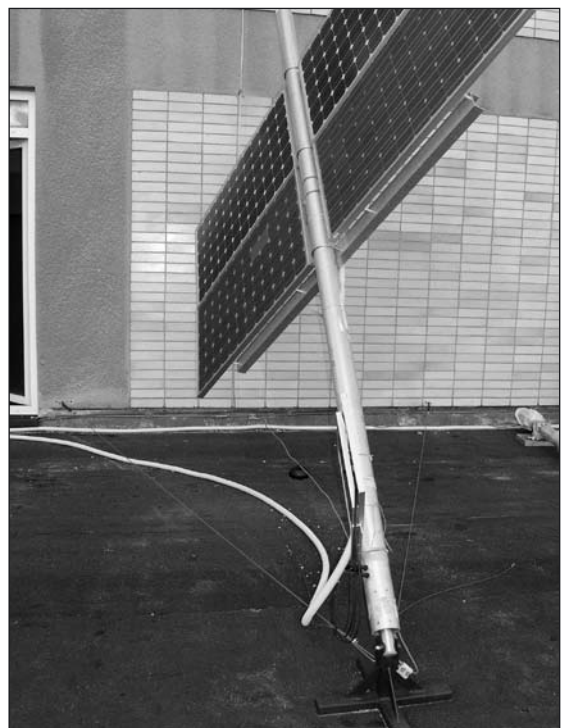
### EXPERIMENTÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ

Začátkem roku 2006 jsme na Technické fakultě ČZU v Praze konstruovali a instalovali solární PV systém, který zahrnoval pět PV panelů na bázi monokrystalického křemíku, z nichž čtyři byly umístěny na automatickém pohyblivém stojanu typu TRAXLE™ [1,3], který natáčí panely neustále kolmo ke směru dopadajícího slunečního záření. Dva PV panely byly standardní konstrukce čínské výroby s nominálním výkonem  $P_{\max} = 110 \text{ W}_p$  a dva PV panely byly oboustranné [3] ruské výroby s nominálním výkonem  $P_{\max} = 100 \text{ W}_p$ . Jeden PV panel čínské výroby s nominálním výkonem  $P_{\max} = 110 \text{ W}_p$  byl umístěn na pevný stojan jako srovnávací. Pro připojení systému k síti jsme použili měniče OK4E-100 (NKF-Electronics, obr. 4), které měnily stejnosměrný elektrický proud z PV panelů na střídavý a datový výstup na počítač umožňoval měření okamžitého výkonu i množství vyrobené energie v místních podmínkách Prahy 6 - Suchbátka.

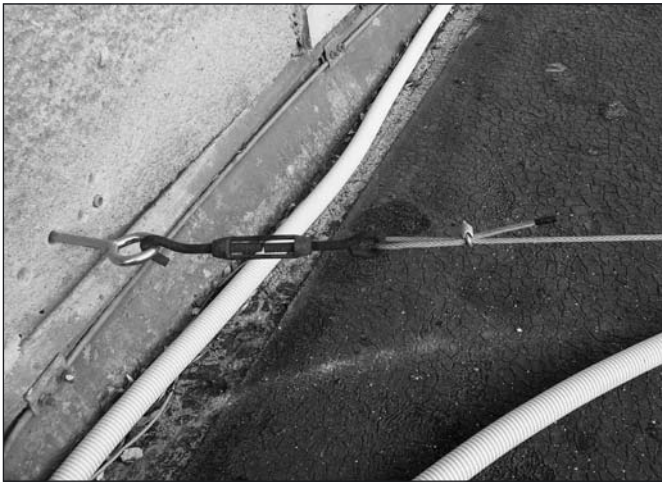
Uchycení horního konce pohyblivého stojanu je vidět na obr. 2, k připevnění ke stěně sloužily plastové hmoždinky. Uchycení dolního konce je vidět na obr. 3, dolní konec byl pouze položen na zemi a proti pohybu byl zajištěn ocelovými lankami napnutými do tvaru V. Detail napnutí lanka je vidět na obr. 4, napínací háčky byly rovněž uchyceny ke stěně pomocí plastových hmoždinek.



Obr. 2 Uchycení horního konce pohyblivého stojanu



Obr. 3 Uchycení dolního konce pohyblivého stojanu

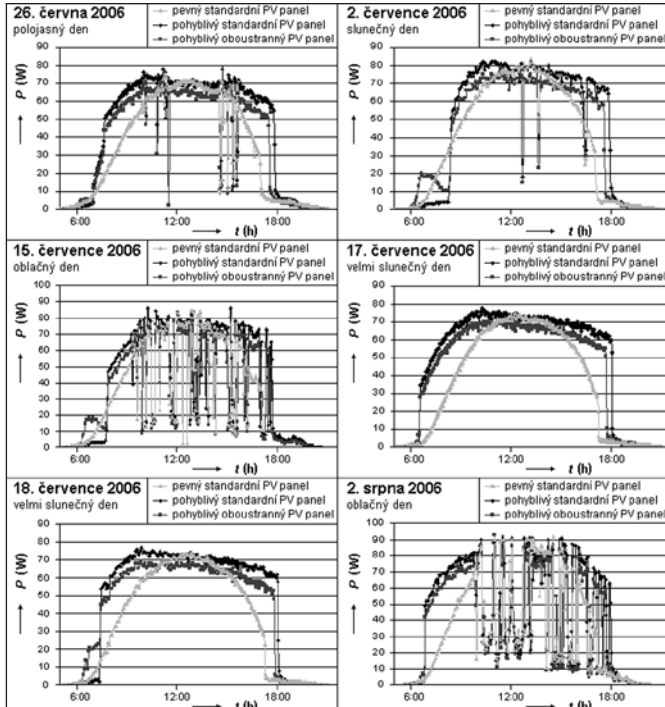


Obr. 4 Detail uchycení dolního konce pohyblivého stojanu napívacím hákem

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Na obr. 5 je závislost okamžitého výkonu na čase pro zmíněné dva stejné PV panely standardní konstrukce (pevný a pohyblivý) během vybraných dní roku 2006. Pro zajímavost je vynesena tato závislost i pro oboustranný panel, ale jeho nominální výkon byl menší, jak je výše uvedeno. Potvrdilo se předpokládané navýšení množství vyrobené energie během slunečních dní přes 30 % v případě pohyblivého PV panelu. Takové navýšení jsme naměřili již dříve na jiných systémech [3]. Množství vyrobené energie odpovídá ploše pod grafem, neboť je dáno integrálem

$$E = \int_{\Delta t} P \cdot dt, \text{ kde } P \text{ je okamžitý výkon a } t \text{ je čas. Prudký pokles}$$



Obr. 5 Závislost okamžitého výkonu na čase pro PV panely během vybraných dní roku 2006

výkonu večer je způsoben stěnou budovy. Na křivkách odpovídající oboustrannému panelu bývá v ranních hodinách vidět pík odpovídající dopadu záření na zadní stranu PV panelu před jeho reorientací k východu. Ráno totiž bývá PV systém otočen k západu, kde ukončil činnost večer předchozího dne a teprve energie ranního slunečního záření ho otočí k východu [1,3].

Ve zmíněných dnech 18. – 19. ledna 2007 vichřice překračovala rychlost větru 100 km.h<sup>-1</sup> ve směru JZ během odpoledne 18. ledna, noci a dopoledne 19. ledna. Maximální síly dosáhla vichřice večer 18. ledna ve 20:20 hod. a rychlost větru byla 162 km.h<sup>-1</sup> ve směru 230° (JZ). Údaje jsou převzaty z meteorologické stanice Praha-Karlov.

Zařízení montovaná ve venkovních prostorech musí vyhovovat bezpečnosti i co se týče odolnosti proti větru. Mezinárodní norma ČSN P ENV 1991-2-4 „Zásady navrhování a zatížení konstrukcí, část 2-4 Zatížení konstrukcí větrem“ se zabývá odolností konstrukcí proti působení větru. Na teritoriu celé Evropy se i v nejhorsích podmínkách počítá s běžným větrem v přízemní vrstvě do rychlosti  $v = 160 \text{ km.h}^{-1}$ . Náš automatický stojan je proti působení větru chráněn samosvorným převodem s maximálním kroutícím momentem  $M = 500 \text{ N.m}$ , jeho konstrukce je dimenzována tak, aby s rezervou odolala silám větru o rychlosti do  $v = 160 \text{ km.h}^{-1}$ .

Podle práce [4] pro sílu, kterou působí vítr o rychlosti  $v$  při hustotě vzduchu  $\rho$  na rovinnou obdélníkovou plochu  $S$  orientovanou

kolmo ke směru proudění, platí  $F = c_x S \rho \frac{v^2}{2}$ . Zde  $c_x$  je součinitel

odporu vzduchu, který pro rovinnou obdélníkovou plochu  $S$  orientovanou kolmo ke směru proudění o srovnatelných délkách stran obdélníka má hodnotu 1,18. Obr. 1 byl pořízen během vichřice, orientace systému je tedy vidět a směr větru byl v tomto pohledu zleva doprava. Plocha panelů byla orientována téměř kolmo ke směru větru. Výpočet ukazuje, že síly působící na systém byly při maximální síle vichřice až 5450 N ve směru kolmém k pohyblivé ose. Během vichřice nebyl poškozen ani mechanismus se samosvorným převodem uvnitř rotační osy, ani uchycení celého systému.

## ZÁVĚRY

Na Technické fakultě ČZU v Praze byl zkonstruován a testován solární PV systém s automatickým pohyblivým stojanem unikátní konstrukce typu TRAXLE™. Systém s pohyblivým stojanem vykazoval v průběhu roku 2006 přírůstek množství vyrobené energie přes 30 % v porovnání se systémem s pevným stojanem. Výsledky našich experimentů velmi dobře souhlasí s teoretickými výpočty [3].

Na ČZU v Praze připravujeme instalaci mnohem většího solárního systému opatřeného navíc hřebenovým koncentrátorem slunečního záření [3]. U tohoto systému očekáváme ještě větší navýšení množství vyrobené energie. Přírůstek množství vyrobené energie snižují cenu této energie.

Konstrukce našeho PV systému vyhověla i z hlediska zatížení větrem. Během vichřice síly orkánu 18. – 19. ledna 2007 nedošlo k žádnému poškození.

Více informací a obrázků našich zařízení je možno najít například na internetové adrese <http://www.solar-trackers.com>.

Práce probíhá v rámci výzkumného záměru MSM 6046070905.

## Literatura

- [1] V. Poulek, M. Libra, *Zařízení pro orientaci kolektorů solární energie*, Jemná mechanika a optika, 42, 11-12, (1997), str. 354-357
- [2] M. Libra, V. Poulek, *Životnostní zkoušky pohyblivého, fotovoltaického, solárního systému nové konstrukce*, Jemná mechanika a optika, 44, 4, (1999), str. 119-120,
- [3] Libra, M., Poulek, V., *Solární energie, fotovoltaika - perspektivní trend současnosti i blízké budoucnosti*, kniha - vydala Česká zemědělská univerzita v Praze, (2006)
- [4] F. M. White, *Fluid Mechanics*, Mc. Graw-Hill, inc., (1994)



# Malé světlo s velkým výkonem: LED reflektor s 1 000 lumeny

Osram, dceřiná společnost firmy Siemens, vyvinula malý LED reflektor, který vůbec poprvé dosahuje výkonu přesahujícího 1 000 lumenů. Je jasnější než padesátiwattová halogenová žárovka a hodí se tak pro nejrůznější světelné aplikace. Reflektor Ostar Lighting LED, uvedený v létě tohoto roku na trh, nabídne dostatečné osvětlení pro stůl i z výšky dvou metrů. Jeho malé rozměry také umožňují vznik zcela nových svítidel.

Lumen (lm) je jednotkou měření množství světla vyzařovaného světelným zdrojem. Například šedesátiwattová běžná žárovka vyzařuje 730 lm, zatímco padesátiwattová halogenová žárovka má výkon zhruba 900 lm. Aby odborníci firmy Osram u malého reflektoru Ostar Lighting LED dosáhli výkonu 1 000 lm, museli použít důmyslný systém pro vysokou hustotu balení čipů. Díky němu se výzkumníkům podařilo do malého krytu jednotky zaintegrovat šest vysoce výkonných světelných LED čipů, z nichž každý měří pouhý jeden čtvereční milimetr. Tyto rozměry tak umožňují velmi koncentrovaný celkový zdroj světla na malé ploše.

V současnosti se v různých oblastech používají odlišné typy LED, například jako osvětlení pozadí displejů mobilních telefonů či ve směrových, brzdových a potkávacích světlech automobilů. Důvody využití jsou jasné: diody jsou velmi malé a potřebují malé množství energie, protože účinně přeměňují elektřinu ve světlo. Reflektor Ostar Lighting LED například produkuje 75 lumenů na watt při provozním proudu 350 miliampérů. Tedy mnohem více než žárovka, která na světlo proměňuje pouze zlomek elektřiny, jejíž zbytek se ztrácí ve formě tepelné energie. LED diody navíc neobsahují žádné olovo či rtuť a jsou tak velmi přátelské k životnímu prostředí. Jejich životnost je také až desetkrát delší než doba používání běžných žárovek.

V minulosti však byly LED diody pro osvětlení místností nevhodné, neboť nebyly dostatečně jasné. Reflektor Ostar Lighting LED je dalším krokem k jejich použití i pro tyto účely. Společnost Osram již supermarketu Migros ve švýcarském kantonu St. Gallen dodala 18 000 LED diod Golden Dragon, které mají nižší výkon než jednotky Ostar Lighting. Tyto LED diody nevyzařují ani UV paprsky, ani teplo, což znamená, že nemají téměř žádný negativní dopad na choulostivé potraviny, jako je mléko, maso, ovoce a zelenina.

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

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

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

Kontakt: Michaela Pávková, PR & Communication Manager, Evropská 33a, 160 00 Praha 6, tel.: +420 233 036 260, fax: -1709, e-mail: [michaela.pavkova@siemens.com](mailto:michaela.pavkova@siemens.com)

## Technické pokyny pro autory

**Příspěvky se přijímají v elektronické formě.**

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

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

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

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

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

### **Pokyny k předávání příspěvku**

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

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

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

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

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



# MULTISENZOROVÁ MĚŘICÍ TECHNIKA

Mezinárodní seminář *Měřicí technika pro kontrolu jakosti*, který se pořádá každoročně v jarních měsících v Plzni, je spojený s rozsáhlou výstavou měřicí techniky. Ta přináší řadu zajímavých novinek a vývojových trendů, které najdou uplatnění zejména ve strojírenství a automobilovém průmyslu, resp. na ně navazujících průmyslových odvětvích. Jedním z těchto trendů je rozvoj multisenzorové souřadnicové měřicí techniky.

Ještě v nedávné době převládaly v oblasti optické dimenzionální techniky měřicí mikroskopy a projektoři. Právě měřicí mikroskop lze označit za předchůdce multisenzorových přístrojů a souřadnicových měřicích strojů vůbec. Jako senzor sloužilo u měřicího mikroskopu lidské oko. Operátor „najížděl“ při měření na jednotlivé měřené body kontrolovaného objektu nitkovým křížem na měřeném objektu a odečítal příslušné souřadnice na měřítkách přístroje. Nevýhodou byla mj. skutečnost, že operátor ovlivňoval výsledek měření svými osobními chybami (subjektivní měření). Měřicí projektor pracoval na podobném principu jako měřicí mikroskop. K určitému zlepšení u něj došlo v sedmdesátých letech, kdy lidské oko bylo nahrazeno elektronickým okem, resp. hranovým čidlem, což byl první optoelektrický senzor použitý u projektorů. Ve spojení s CNC řízením došlo začátkem osmdesátých let k dalšímu zlepšení, které umožnilo automatizovat měření.

Předpokladem pro zavedení moderní souřadnicové měřicí techniky a tím i multisenzorových strojů byl vývoj metod automatického zpracování a analýzy obrazu a nové druhy senzorů, zejména laserové senzory. U multisenzorových souřadnicových měřicích strojů se začaly používat při snímání měřených prvků jak dotykové, tak optické metody. Tyto měřicí stroje pronikají rychle do strojírenských kontrolních technologií a do reprodukčního procesu. Na plzeňském semináři bylo možno letos získat informace o těchto strojích od několika firem (Werth Messtechnik, Mitutoyo, Mahr, Schut Geometrical Metrology a další).

V tomto článku chceme upozornit na zajímavý měřicí stroj z oblasti multisenzorové měřicí techniky. Jde o **multisenzorový souřadnicový měřicí stroj Werth Video Check HA** (výrobce Werth Messtechnik, Německo) s měřicími rozsahy  $X = 800$  mm,  $Y = 400$  mm a  $Z = 200$  mm. Rozlišitelnost ve všech třech souřadnicích je  $0,01$   $\mu$ m. Jako charakteristiku přesnosti stroje uvádíme jeho mezní dovolené chyby (MPE), jak je udává jeho výrobce. Chyby uvádíme v obecném tvaru a pro názornou představu je vyčíslujeme pro jmenovité délky  $L = 50$  mm a  $L = 200$  mm:

| Mezní dovolená chyba MPE            | MPE pro $L = 50$ mm | MPE pro $L = 200$ mm | Poznámka                |
|-------------------------------------|---------------------|----------------------|-------------------------|
| $MPE_{E1} = (0,25 + L/900)$ $\mu$ m | 0,30 $\mu$ m        | 0,47 $\mu$ m         | Jednosměrné měření (1D) |
| $MPE_{E1} = (0,30 + L/900)$ $\mu$ m | 0,55 $\mu$ m        | 0,72 $\mu$ m         | Obousměrné měření (1D)  |
| $MPE_{E2} = (0,70 + L/600)$ $\mu$ m | 0,78 $\mu$ m        | 1,03 $\mu$ m         | Měření v rovině (2D)    |
| $MPE_{E3} = (1,5 + L/500)$ $\mu$ m  | 1,6 $\mu$ m         | 1,9 $\mu$ m          | Měření v prostoru (3D)  |

Poznámka:  $L$  je měřená délka v milimetrech  
Uvedené hodnoty MPE platí za předpokladu, že teplota prostředí, ve kterém je měřicí stroj instalován, leží v rozmezí  $(20,0 \pm 0,1)$  °C.

Nepřekročení mezních dovolených chyb uvedených v tabulce lze zaručit jen při velmi dobrých teplotních podmínkách okolí stroje. Dokonce i minimální místní a časové kolísání teploty ovlivní výrazně přesnost výsledků měření. Metrologické zachycení výkyvů teploty menších než 0,1 K by nebylo na mnoha místech souřadnicového měřicího stroje a zvláště na měřené součásti realizovatelné. Musíme si uvědomit, že i chyby vzniklé při vlastním měření teploty jsou způsobovány rozlišením a nejistotou teploměru při jeho kalibraci, vedením tepla v místě kontaktu apod. Dále tu je zbytková chyba způsobená nezjistitelnými teplotními gradienty. Kompenzace teploty by byla proto u této třídy měřicích strojů málo účinná. Chce-li se využít uváděná přesnost měření v plném rozsahu, je nutná temperace měřených součástí a měřicího stroje v rozsahu 0,1 K. Nejistoty měření přitom nepřekročí 2  $\mu$ m. Má-li se integrovat měřicí stroj do výrobního procesu, je nutné jej umístit do buňky s redukováním kolísáním teploty.

Stroj Werth Video Check HA je portálový stroj, vybavený vzduchovým vedením. Portál i lože jsou z granitu. Měřicí stroj využívá různé druhy dotykových i bezdotykových senzorů. Jde především o senzor zoom, který spojuje velkou flexibilitu s vysokou přesností. CNC řízení pohybů umožňuje nasadit skenovací senzory, především laserové (princip Foucault). Zvláštností je dotykový senzor Werth Fasertaster - WFT, založený na použití světelného vlákna a CCD kamery. Senzor umožňuje měřit velmi malé průměry a tenkostěnné předměty s minimální přitlačnou silou. Je tvořen optickým vláknem, na jehož konci je skleněná kulička o průměru min. 10  $\mu$ m. Vláknem prochází světlo, které kuličku rozsvítí. Tento světelný bod sleduje shora CCD kamera, která vyhodnocuje polohu bodu při dotyku s měřenou součástí. Přitlačná síla je vytvářena pouze pružností ohybu vlákna (řádově  $\mu$ N). Uvedené senzory se mohou zapojovat postupně při jediné měřicí operaci. S multisenzorovým strojem Werth Video Check HA se mohou čeští metrologové seznámit v Českém metrologickém institutu, laboratořích primární metrologie v Praze, kde je přístroj instalován od loňského podzimu a je využíván především při kalibraci jednorozměrných artefaktů (čárková skleněná měřítka), dvojrozměrných optických kalibrů i třírozměrných artefaktů (např. tetraherdon s koulemi) a k pokrytí potřeb průmyslu ČR. Měřicí stroj bude využíván i při mezinárodní spolupráci, např. v rámci projektu EU Nano cmm.

Multisenzorové souřadnicové měřicí stroje dosáhly velké dokonalosti a patří k nejpřesnějším optickým měřicím strojům. Jaký bude jejich další vývoj? Snahou výrobců měřicí techniky je snižování dosud relativně vysokých nákladů na zaškolování operátorů a na tvorbu kontrolních plánů a příslušných programů. Při návaznosti měřených hodnot na data CAD bude stále více aktivit přesouváno od operátora na počítač. V oblasti senzorů jsou vývojové práce orientovány na zvyšování citlivosti proti vlivům kontrolovaných obrobků (povrch, barva) a integraci softwarových modulů. U vláknového snímače se orientuje vývoj na třírozměrové použití a umožnění měřit také drsnost, resp. texturu povrchu. A samozřejmě průběžný úkol zvyšování přesnosti měření, což je podmíněno stále se zužujícími výrobními tolerancemi v mikro-technologie a nanotechnologii a náročnými požadavky norem pro posuzování shody nebo neshody se specifikací (ISO 14253-1). Ostatně stav vývojových prací v oblasti multisenzorové techniky budou moci posoudit účastníci příštího semináře *Měřicí technika pro kontrolu jakosti*, a to 18. a 19. března 2008 v Plzni.

Čeněk Nenáhlo, dipl. tech.

Kontakt: Čeněk Nenáhlo, dipl. tech., Česká metrologická společnost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1, tel.: 221 082 254

## Měřicí čočky kolimující rychlou osu (FAC)

V průmyslové výrobě se rychle rozšiřuje využívání diodových laserových systémů. Zvláště výhodné jsou jejich aplikace ve zpracování materiálů jakým je svařování plastů nebo selektivní pájení, pro čerpání laserů nebo v lékařské technice. Vyžaduje se kolimace silně divergentních výstupních svazků laserových diod v „rychlé ose“ pomocí cylindrických čoček. Firma FISBA OPTIK vyrábí ve velkém čočky kolimující rychlou osu, které se vyznačují vysokou a stálou kvalitou.

Čočky FAC jsou ve FISBA podrobeny přísným kontrolním postupům, aby byla zajištěna jejich stálá kvalita během výrobního procesu. Zákazník má k dispozici výsledné naměřené údaje, které mu pomáhají udržet stabilní pracovní prostředí, takže nemusí provádět vstupní kontrolu, čímž si snižuje náklady.

Ohnisková vzdálenost, zadní ohnisková vzdálenost, zbytková divergence a propustnost jsou nejdůležitější měřené veličiny, protože jsou základem pro následné zabudování čoček do celku, aby bylo dosaženo žádoucí kvality stopy v ohnisku. Navíc jsou ve FISBA testovány další parametry, jakým je prohnutí horizontální linie spojující emitery (smile), čelo vlny a antireflexní vrstva.

Pro kontrolu kvality cylindrických čoček byla ve FISBA zkonstruována řada měřicích přístrojů. Kromě interferometrů, spektrálních fotometrů a mechanických měřicích zařízení je k tomuto účelu používán také anamorfní kolimační systém.

Kolimační systém byl v podniku vyvinut výslovně pro prověřování FAC čoček. Pomocí diodového laseru měří ohniskovou vzdálenost, zadní ohniskovou vzdálenost a zbytkovou divergenci.

Tímto způsobem mohou být čočky FAC blíže určeny v podmínkách blízkých pracovním. Měřicí zařízení lze rovněž použít v sestavě čoček FAC.

Hlavním prvkem měřicího zařízení je anamorfní kolimátor, který přenáší zvětšený obraz kolimovaného světla na digitální obrazový senzor. Kolimátor pracuje v obou směrech, v rychlé i pomalé ose, s různým zvětšením v každé ose, a tím zajišťuje nejvyšší rozlišení pro rychlou osu.

Použitá polohovací jednotka dovoluje nastavit přesnou pozici čočky. Je vybavena přísavným držákem, který zabraňuje poškození čočky při jejím pohybu během zkoušení. Jako zdroj světla je používán diodový laser požadovaný zákazníkem.

Pro zpracování obrazu je nasazen CMOS senzor s 12 bitovým rozlišením stupňů šedi. To je nezbytné pro přesné změření celé laserové stopy, zvláště okrajových proužků. Softwaroví vývojáři firmy FISBA navrhli speciální program pro zpracování obrazu, který detekuje tuto stopu a provádí další analýzu.

Softwarová aplikace převádí obraz laserového svazku do hlavního okna. Každá stopa laserového záření je automaticky zjištěna a je zaznamenána její poloha. Výběrem určité stopy získá uživatel příslušné naměřené údaje, které obsahují

- zbytkovou divergenci výstupního svazku,
- polohu stopy,
- zda se laserová stopa nachází v přípustných mezích.

Naměřené údaje jsou uloženy do protokolu měření celého laserového modulu.

Tímto měřicím zařízením se rovněž určuje odstup (offset) laserových stop a tzv. smile. Ohnisková vzdálenost čočky FAC je zjištěna pomocí definovaného přemístění čočky před diodový laser a opakovaným výpočtem polohy stopy. Tato informace je rovněž zanesena do protokolu měření.



Ediční poznámka:

Firma FISBA OPTIK AG, založená téměř před padesáti lety, je jedním z předních světových dodavatelů optických systémů a high-tech produktů pro průmyslovou výrobu: výkonových diodových laserů, interferometrické metrologie a optických součástek podle zadání zákazníků.

red.

## Berlínská veletržní společnost rozšiřuje portfolio pořádaných veletrhů Laser Optics Berlin 2008, 17. – 19. března 2008

V roce 2008 se bude konat poprvé na berlínském výstavišti odborný veletrh Laser Optics Berlin, veletrh a kongres optických technologií a jejich dalšího využití. Šest minulých ročníků veletrhu proběhlo v berlínské čtvrti jménem Adlershof, na poslední z nich se přijelo informovat 2 180 odborných návštěvníků o novinkách optických technologií na mezinárodním trhu, které zde představilo na 130 vystavovatelů.

### Oblasti prezentované na veletrhu

- Jemná mechanika a optika
- Laserová technika
- Elektrotechnika a elektronika
- Laboratorní technika a chemie
- Medicínská a farmaceutická technika

- Letecká technika
- Bezpečnostní technika
- Průmyslové zhotovování
- Vývoj a výzkum

Paralelně k veletrhu se koná světoznámý kongres, jehož se účastní experti z celého světa. Výzkum a věda zaujímají na kongresu nejpodstatnější část celého konceptu.

Další informace na [www.laser-optics-berlin.de](http://www.laser-optics-berlin.de) nebo u zastoupení veletržní společnosti Messe Berlin v České republice, u Česko-německé obchodní a průmyslové komory, Václavské nám. 40, 110 00, Praha 1. Na tel.: 221 490 310, -345 nebo e-mail: [messe1@dtihk.cz](mailto:messe1@dtihk.cz).

Lenka Výborná

# Kongres SPIE Europe „Optics and Optoelectronics“

Jak se mohli čtenáři dozvědět z třetí strany obálky JMO č. 1/2007 a účastníci kongresu přímo na místě, proběhla ve dnech 16. – 19. dubna 2007 v Pražském kongresovém centru největší optická akce v historii československé a české optiky, kongres **Optics and Optoelectronics**, pořádaný SPIE Europe. Na organizaci a na jeho programovém obsahu i chodu se značnou mírou podíleli i členové České sekce SPIE, České a slovenské společnosti pro fotoniku, Fyzikálního ústavu České akademie věd a dalších organizací.

Zahraniční účastníci, z nichž většina byla v Praze poprvé, se začali sjíždět už v sobotu 14. dubna, aby profitovali ze skvělého počasí, které o víkendu panovalo, k prohlídce krás Prahy. Registrace účastníků probíhala díky zkušenosti organizátorů ze SPIE plynule, takže bylo možné zahájit v pondělí 16. dubna kongres dle plánu přesně v 8.30.

Po krátkém úvodním slově prof. Pavla Tománka (zastupujícího zde nejen Českou sekci SPIE, ale i velmi aktivní Českou a slovenskou společnost pro fotoniku a Národní komitét ICO), který poděkoval polským kolegům prof. Tomasz Wolinskému a Leszkovi Jaroszewiczowi za uspořádání prvního kongresu stejného jména ve Varšavě v r. 2005 a za jejich podporu při přípravě této akce, předal prezident SPIE prof. Brian Culshaw diplom SPIE Fellow Prof. Wacławu Urbanczykovi z Wrocławské polytechniky. Poté již mohlo začít odborné dění kongresu.

Prof. Tománek, jeden z předsedů (dalšími byli prof. Miroslav Hrabovský a prof. Hugo Thienpont z Vrije Universiteit Brussel – předseda SPIE Europe. Čestným předsedou kongresu byl Ing. Karel Jungwirth, DrSc., ředitel Fyzikálního ústavu AV ČR) zahájil první plenární jednání s přednáškami významných světových optiků na aktuální témata.

V první přednášce prof. Sir John B. Pendry z Blackettovy laboratoře z Imperial College v Londýně přednesl skvělý a velmi názorný úvod do problematiky metamateriálů a jejich možných aplikací v zobrazování předmětů bez stínů či vytvoření neviditelného pláště „Metamaterials provide a cloak of invisibility“.

Prof. Iam Choon Khoo z Pensylvánské státní univerzity poté ve svém příspěvku „Liquid crystalline metamaterials with low-loss tunable negative-zero-positive refractive index in the terahertz-optical region“ hovořil o výzkumu a využití metamateriálů vyrobených na bázi kapalných krystalů. Ukázal, že je možné snížit ztráty (tj. imaginární část indexu lomu), přičemž se hodnota indexu lomu může plynule měnit od záporných do kladných hodnot v terahertzové až optické oblasti v závislosti na změně permitivity dvojlomných kapalných krystalů.

Druhou polovinu plenárních přednášek řídil prof. Hugo Thienpont a uvedl Prof. Concitu Sibiliu z Univerzity La Sapienza z Říma s přehledovou přednáškou „Non-linear and quantum optics with photonic band gap structures“, tj. tématu, na kterém spolupracuje i se skupinou olomouckých optiků. Prof. Sibilina nastínila teoretický rozbor nelineárních kvadratických interakcí v 1-D fotonických strukturách se zakázaným pásem, což může vést ke konstrukci nových fotonických součástek včetně nových světelných zdrojů.

Poté vystoupil očekávaný, ale v programu neuvedený prof. Theodor W. Hänsch z Planckova institutu pro kvantovou optiku a Univerzity Ludwiga Maximiliana v Mnichově, který po počátečních peripetích s nekompatibilním neposlouchajícím počítačem „zopakoval“ svou nobelovskou přednášku „A passion for precision“. Tímto vystoupením zahájil svůj velmi únavný den, který kulminoval večerním slavnostním aktem – předáním nejvyššího ocenění Akademie věd ČR. Ve své přednášce ukázal vývoj měření času a podíl svého pracoviště na této problematice - od rozšíření technik frekvenčních hřebínek do krajních oblastí ultrafialového světla a ultrakrátkých pulsů.



Prof. Hänsch a jeho „Vášň pro přesnost“

Závěrem dopoledních plenárních témat byl prakticky orientovaný příspěvek dr. Ronana Burgesse z oddělení fotoniky Evropské komise z Bruselu „Photonics at work in Framework programme 7“, v němž ukázal cíle programu v oblasti fotoniky, možnosti financování a zapojení pracovišť do evropské spolupráce. Nastínil i možnost, jak více zapojit pracovní kolektivy z nově přijatých členských zemí (včetně České republiky) do této kooperace.

Jednotlivé konference se rozjely naplno v pondělí odpoledne. Na všechny se podařilo získat špičkové odborníky a mnohá vystoupení byla vzrušující a velmi inspirující, což se projevovalo také v hojných diskusích. Největší zájem účastníků byl o konference Optické senzory (92 příspěvků), Nelineární optika a její aplikace (41), Vlákná s fotonickými krystaly (35) a Metamateriály (28). Tyto konference trvaly 3 dny. Další – Aplikace čítání fotonů (19), Kvantová optika a kvantová kryptografie (16), Adaptivní optiky pro laserové systémy a další aplikace (21), Poškození VUV, EUV a rentgenové optiky (29) byly přece jen specifičtější a trvaly 2 dny.

Ve všech konferencích se podařilo získat skvělé řečníky, takže odborná úroveň byla dle hodnocení předsedajících jednotlivých konferencí asi o 30 % vyšší než bývá na podobných akcích obvyklé.



Prof. Pendry chystá svou přednášku o neviditelném plášti z metamateriálů. Přítel českých optiků prof. Bertolotti (za ním) napjatě poslouchá





Předsedové kongresu prof. Thienpont (vpravo) a prof. Tománek

Doufám, že se předsedové konferencí pochlapí a příští číslo JMO přinese podrobnější informace o jednotlivých konferencích. Věřte, že je s čím seznámit čtenáře.

Ale nejen vědou živ je vědec. Proto byla součástí kongresu v pondělí a úterý i výstava 10 obrazů s optickými motivy dr. Jitky Brúnové-Lachman, která vytvořila i neformální logo pro kongres s motivy Petzvalova objektivu. Vzpomněla tím 200. výročí Petzvalova narození (1807). Já jsme si vybavil, že ke 125. výročí JČMF v r. 1987 vyšla příležitostná poštovní známka, na níž je i Petzvalův portrét. Motivy této známky byly vzpomenuty na začátku konference a staly se součástí neformálního loga. Malířka však byla tentokrát velmi aktivní i organizačně a v den zahájení kongresu proběhla, při příležitosti odpoledního přijetí prof. Hänsche předsedou Akademie věd prof. RNDr. Václavem Pačesem, DrSc., vernisáž výstavy jejích obrazů ve vestibulu Akademie věd na Národní třídě. Měl jsem přislíbeno, že pro prof. Hänsche namaluje jako překvapení obraz vyjadřující myšlenky jeho objevu „frekvenčního optického hřebínku“. Bylo to opravdu překvapení a prof. Hänsch byl vskutku dojat. Hudební doprovod vernisáže obstaral, po skvělém úvodním slově čestného předsedy Akademie věd prof. Zahradníka, Komorní soubor Akademie věd, jehož členem je i čelný představitel kongresu a české optiky a fotoniky prof. Ing. Jiří Čtyroký, DrSc. Poté byl Prof. Hänsch na slavnostním večeru v Mramorovém sále Michnova paláce vyznamenán čestnou medailí Akademie věd ČR *De scientia et humanitate optime meritis*.

Současně s ním byl oceněn, při příležitosti 10. výročí činnosti výkonného laseru PALS při Fyzikálním ústavu AV, Machovou medailí Akademie věd ČR dr. Gérard Jamelot z Univerzity Paris Sud za zásluhy o rozvoj tohoto pracoviště Akademie věd (PALS – člen konsorcia LASERLAB-EUROPE).

Podatřený slavnostní večer pak zakončila recepce účastníků kongresu v přízemí Michnova paláce. Mnohá neformální jednání účastníků byla zahájena právě tam, protože jinak bylo jednání jednotlivých konferencí velmi pracovní.

Na konec několik čísel, která dokreslují úspěšnost akce. Za 4 dny kongresu, který sestával z 9 konferencí, odeznělo 5 plenárních přednášek na vysoce aktuální témata, 43 zvaných přednášek, 232 sdělení a bylo prezentováno 98 posterů. Z původně přihlášených 416 vědců (z toho českých a slovenských 48) se nakonec dostavilo 403. Vůbec malá absence byla charakteristickým znakem kongresu. Jen 3 % přihlášených příspěvků bylo zrušeno pro absenci. Nebývá také zvykem, aby se akce zúčastnili téměř všichni členové programových výborů jednotlivých konferencí. Na odborné výstavě se podílelo 13 vystavovatelů. Na výborné organizaci kongresu se podílely pracovnice SPIE Europe Karin Burger a Alexandra (Alex) Pulchart.

O významu akce hovoří i fakt, že se jí, kromě ředitele Fyzikálního ústavu Ing. Karla Jungwirtha, DrSc., čestného předsedy kongresu, zúčastnily špičky SPIE – prezident SPIE prof. Briana Culshawa, výkonný ředitel SPIE dr. Eugene Arthurs a vedoucí akcí SPIE paní Janice Walker. To mělo za následek, že v zákulisí probíhalo jednání o místě dalšího kongresu, který má být pravidelně organizován každé dva roky v zemích střední a východní Evropy, v dubnu 2009. Kandidáti jsou Vilnius, Kijev a Sofia. Po diskusi, v níž zástupci SPIE vyslechli argumenty pro i proti, bylo dohodnuto, že o místě konání rozhodnou složky SPIE v brzké době.

Dle závěrečného hodnocení účastníků byli téměř všichni nadšeni jak odbornou úrovní kongresu, tak i přijetím a organizací. Proto patří dík předsedům kongresu všem, kteří se na této práci aktivně podíleli.



Prof. Culshaw předává ocenění SPIE Fellow prof. Urbanczykovi z Wroclawi, jednomu z organizátorů Česko-polsko-slovenských konferencí o optice

## Osmdesátiny RNDr. Ivana Šolce, CSc.

Pan Ivan Šolc, nekonvenční a výjimečný člověk a fyzik, se narodil 20. května 1927 v rodině známých turnovských lékařů. Již jako gymnaziální student a začínající radioamatér - OK1 JSI - se pokoušel vyrobit piezoelektrické krystalové výbrusy. Krystaly optické i piezoelektrické ho potom provázely celým životem - jeho odborné fyzikální práce úzce navazují na tradici turnovského kamenářství a brusičství.

Po maturitě studoval na Karlově universitě aplikovanou fyziku a také astronomii. Jako student třetího ročníku byl požádán, aby založil piezoelektrickou laboratoř v tehdejší Výzkumném ústavu pro elektrotechnickou fyziku. Na popud významného astronoma Dr. Antonína Bečváře se rozhodl z existujících piezokrystalických destiček sestavit Lyotův úzkopásmový filtr pro pozorování slunečních protuberancí a chromosféry. Tyto práce ho vedly k objevu nového typu úzkopásmového dvojlohně polarizačního filtru, který Dr. Šolc označuje jako filtr řetězový, ve světové literatuře je tento filtr nazýván filtrem Šolcovým (Solc Birefringent Filter). Šolcův filtr má význam především pro astronomická pozorování, laserové aplikace a jeho stavby se využívá ve vláknové optice. Šolcův filtr je dodnes hojně citován a neustále se o něm objevují nové práce. Náročnost zhotovení těchto filtrů měla velký vliv na technologii opracování v turnovských podnicích, kde se tyto filtry realizovaly, ať to byly Turnovské brusírny, nyní Dias, Monokrystaly, nyní Preciosa Crytur, Dioptra a Vývojová optická dílna Astronomického ústavu ČSAV - nyní Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i. - Vývojová optická dílna v Turnově. Toto je též výčet pracovišť, na kterých Dr. Šolc v letech 1955 až 1992 pracoval.

Ivan Šolc originálně vyřešil kolorimetrické vyhodnocování krystalových dozimetřů - na tyto přístroje byly v Turnově postaveny nové podniky Dioptra a Monokrystaly. V Dioptrě odborně vedl skupinu realizující složité optické soustavy pro synchrotron v Serpuchově. Na přání astronomů Dr. Šolc vyvinul originální technologii výroby rentgenových objektivů užitím galvanoplastiky, o několik let dříve, než se těchto metod začalo používat celosvětově. Nutno se ještě zmínit o tom, že Dr. Šolc vždy pomáhal sklařství a bižuterii



- oborům, které na turnovsku a jablonecku živi množství lidí - lze jmenovat například optimalizaci geometrie šperkového výbrusu, nové typy tenkovrstvých náparů, spojování kapilár teploměrů, měření parametrů balotiny, konstrukci silničních odrazek, konstrukci nových typů brýlových čoček. V krátkém sdělení není možné obsáhnout vše, co Dr. Šolc v optice vykonal. Jeho více než 200 publikovaných prací je inspirujících, originálních, mnohdy v dobrém slova smyslu provokujících. Desítky odborných článků publikoval v našem časopise Jemná mechanika a optika, další s fyzikální problematikou v Časopise pro fyziku, přispěl do několika monografií. Je též autorem více než dvou desítek patentů. Byl školitelem několika aspirantů. V nedávné době napsal několik zajímavých knížek popularizujících fyzikální problematiku. Svoji odbornou erudici a široký všeobecný rozhled vždy úspěšně uplatňoval a dosud uplatňuje i v oblastech zdánlivě od-

lehlých, například datování paleolitu metodou pískovcových oblin, ohlas v antropologii a lékařství má jeho rovnice typové invarianty. Vedle své odborné práce vedl mládež, a to jako cvičitel v Sokole, v astronomickém a též v radioamatérském kroužku. Byl zpěvákem spolku Dvořák a také zde hrál v orchestru na basu. Uvádím pouze výčet některých jubilejních aktivit, který na jediného člověka je úctyhodný.

Radostné je, že Ivan je stále takový, jakého jsme vždy znali: člověk, z kterého číší láska k jiným lidem, upřímný křesťan - český bratr, člověk velmi skromný, milý, který snad ve svém životě nikoho nezarmoutil, člověk rozdávatel optimismus a nápady, stále něco kutící a tvořící, člověk, který má stále zájem i o optiku, kde nám mladším umí dobře poradit a přijít se zajímavým nápadem.

Dovolím si popřát Dr. Ivanovi Šolcovi jménem jeho spolupracovníků a známých k jeho životnímu jubileu do dalších let pevné zdraví a mnoho radosti.

*Dr. Zbyněk Melich  
Oddělení optické diagnostiky  
ÚFP AV ČR, v.v.i., Turnov*

### Optické struktury, detekční systémy a související technologie pro nízkofotonové aplikace

K tomuto tématu se dne 16. května 2007 v Přerově, pod záštitou vedení Meopty - optika, uskutečnil první společný seminář věnovaný prezentaci vybraných výsledků řešitelských pracovišť University Palackého v Olomouci, Meopta - optika s. r. o. Přerov a Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky projektu Výzkumné centrum 1M 06002, dosažených v období (03 - 12/2006). Za jedním stolem se tak, po infor-

mativních přednáškách řešitelů projektu v diskuzi hovořilo o konkrétních dopadech a využití výsledků nejen pro další vědecká bádání, ale i pro průmyslové využití a to v oblasti technologií, měření a výrobové.

Konkrétnější informace - odborné články k tomuto tématu, budeme postupně zveřejňovat v našem odborném časopise.

*(red)*

## Bezkontaktná optická identifikácia rozmerového opotrebenia rezného nástroja s nadväznou reguláciou počas plynulého priebehu sústruženia

*Príspevok popisuje vývoj nového konceptu rezných nástrojov používajúcich optické snímače pre meranie rozmeru obrobeného povrchu v sústružníckych operáciách. Na základe skúšobných meraní bol zvolený optický snímač, ktorého rozboru je venovaná ďalšia časť práce. Základnou myšlienkou nepriameho merania opotrebenia rezného nástroja je snímanie vzdialenosti obrobku počas obrábania.*

**Kľúčové slová:** monitorovanie stavu nástroja, sústruženie, optický snímač.

### ÚVOD

Vedľa induktívnych a kapacitných senzorov sa k bezdotykovému zisťovaniu objektov automatizačnej techniky používajú vo veľkej miere optoelektronické senzory. Jedným z dôvodov sú stále sa zmenšujúce rozmery a stále stúpajúce výkonové schopnosti. Používajú sa predovšetkým tam, kde je potrebný väčší dosah. Vzdialenosť medzi senzorom a snímaným objektom môže u veľkých induktívnych a kapacitných senzorov dosahovať najviac dĺžku 100 mm. Oproti tomu môžu byť pomocou optoelektronických senzorov zisťované objekty, ktoré sú vzdialené niekoľko metrov, a pritom rozmery týchto senzorov sú oveľa menšie ako rozmery induktívnych a kapacitných senzorov.

Avšak v súčasnosti nachádzajú širšie uplatnenie aj vo výrobných technológiách. V príspevku je opísaný princíp takéhoto optického snímača. So zvyšovaním kvality jednotlivých technických prvkov v štruktúre riadiacich systémov sa logicky zvyšujú aj nároky pri meraní procesných veličín. Súčasný meracie zariadenia preto musia byť schopné pracovať s adekvátnymi metrologickými a prevádzkovými vlastnosťami, čo sa spravidla dosahuje uplatnením mikropočítača v štruktúre meracieho kanála. V procese merania rozmerového opotrebenia rezného nástroja nachádzajú uplatnenie optické snímače pracujúce na princípe jednocestnej závery.

U jednocestných svetelných závor sú vysieláče a prijímače montované proti sebe v optickej osi. Ak je nejakým predmetom prerušená priama cesta svetla medzi vysieláčom a prijímačom, zmenia sa elektrické vlastnosti prijímacieho tranzistora (prípadne prijímacej diódy).

Tato zmena je elektronikou vyhodnotená ako objekt rozpoznateľný a je signalizovaná zmenou stavu výstupného stupňa. Vysieláč s prijímačom vytvárajú svoj vysielací a prijímací kužeľ a jeho šírka závisí na uhlu otvorenia optiky a býva v rozmedzí od  $\pm 1,3^\circ$  do  $\pm 10^\circ$ . Vysieláč s prijímačom musia byť montované tak, že sa prijímač nachádza v osi vysielacieho kužeľa. Potom sú dosiahnuté najväčšie prevádzkové rezervy (príjem svetla z vysieláča je v tomto prípade najväčší). Pri nastavovaní vysieláča a prijímača je treba vziať do úvahy skutočnosť, že ich mechanická os nemusí byť zhodná s optickou osou (v dôsledku montážnych a výrobných tolerancií) [9].

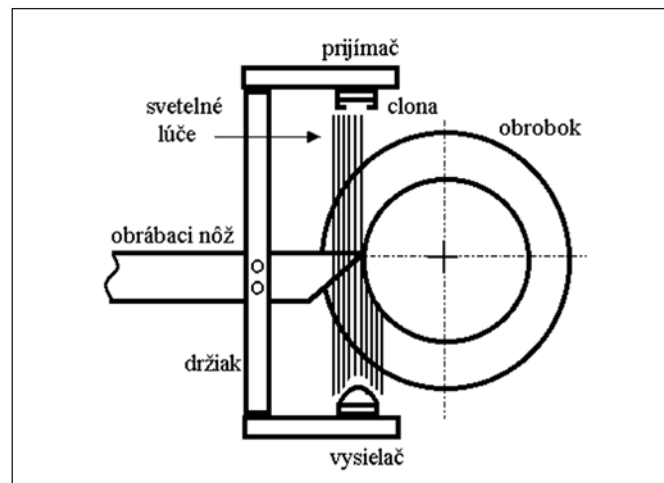
### POPIS MERACIEHO ZARIADENIA

Na základe doteraz známych veľmi dobrých vlastností optických snímačov overených meraním bolo rozpracované meranie rozmerového opotrebovania nástroja pomocou optického snímača. Z nich vyplýva, že optické snímače pracujúce so zmenou dopadajúceho svetelného výkonu majú charakteristiku závislosti, medzi dopadajúcim svetelným výkonom  $\Phi$  a elektrickým odporom na určitom vyhovujúcom intervale, lineárnu.

Pri meraní rozmerového opotrebovania rezného nástroja optickým snímačom sa môžu použiť dva spôsoby v súvislosti s umiestnením prijímača a vysieláča svetelného lúča:

Spôsob merania rozmerového opotrebovania rezných nástrojov je význačný tým, že zmena rozmeru obrobku sa prejaví zmenou veľkosti dopadajúceho svetelného výkonu na prijímaciu časť snímača.

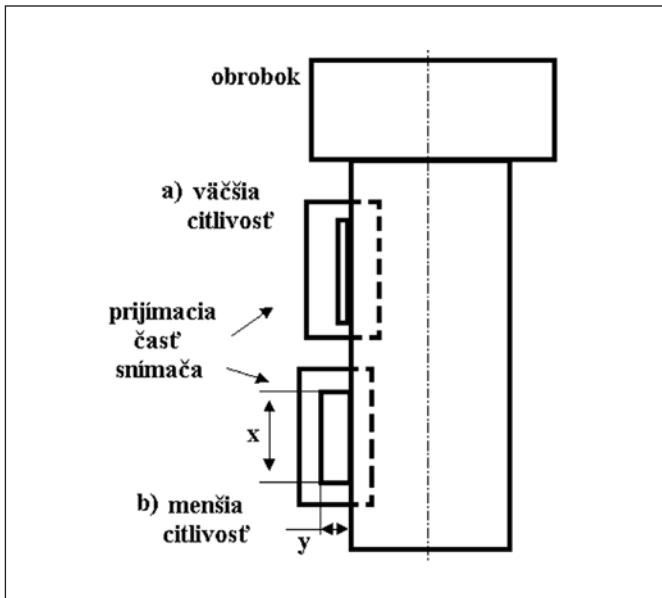
Snímač pozostáva z vysieláča infračerveného svetelného lúča a prijímača tvoreného fotocitlivým prvkom. Svetelný lúč je vysielaný smerom k svetelnému prijímaču, pričom v určitom mieste svojej dráhy je z časti tieneny obrábanou plochou obrobku. Z toho dôvodu k prijímaču prichádza iba časť svetelného lúča, ktorej veľkosť závisí od veľkosti tieniacej plochy obrobku, čiže od veľkosti priemeru obrobku. Pri postupnom opotrebovaní nástroja sa tento priemer zväčšuje. Na obr. 1 je možné vidieť konštrukčné usporiadanie jednotlivých častí senzora.



Obr. 1 Optický snímač umiestnený na nožovom držiake

Výhodnou vlastnosťou optických senzorov je možnosť mechanického nastavenia citlivosti zmenou priečných rozmerov lúča. Zvolil som nastavenie citlivosti na strane prijímača zmenou šírky vstupnej časti otvoru pomocou clony. Clona je tvorená kovovou doskou umiestnenou na vstupe prijímača. V nej je vopred vytvorený otvor s rozmermi omnoho väčšími ako sú potrebné pre snímanie, pretože tento otvor je prekryvaný clonkou s nastaviteľnou polohou podľa potreby. Princíp dosiahnutia dostatočnej citlivosti spočíva v rozmeroch clonky  $x, y$  (obr. 2).





Obr. 2 Zmena citlivosti snímača zmenou rozmerov clonky  $x, y$

Čím je rozmer clonky  $x$  väčší a rozmer  $y$  menší, tým je citlivosť snímača väčšia. Z toho vyplýva, že ak by teoreticky rozmer clonky  $y$  mal nekonečne malú hodnotu, tak citlivosť snímača by bola nekonečne veľká. A tiež ak by rozmer  $x$  mal nekonečne veľkú hodnotu, tak by citlivosť dosahovala nekonečne veľké hodnoty. Obtiažnosť by však spočívala v nastavení prechádzajúceho lúča voči obrobku. Koeficient citlivosti  $K_s$  pre túto štrbinu je možné vyjadriť pomerom  $K_s = \frac{x}{y}$ .

Pri riešení úlohy mohli byť použité dva princípy jednodostejnej svetelnej závery. Druhý spôsob realizácie snímača by mohol byť založený na princípe odrazu svetelného lúča od prekážky, čiže reflexný optický snímač. Z praktického hľadiska bol by tento spôsob realizácie snímača výhodnejší, avšak veľkosť odrazeného svetelného výkonu by závisela aj od drsnosti povrchu obrobku a tým by vznikal poruchový faktor v meraní.

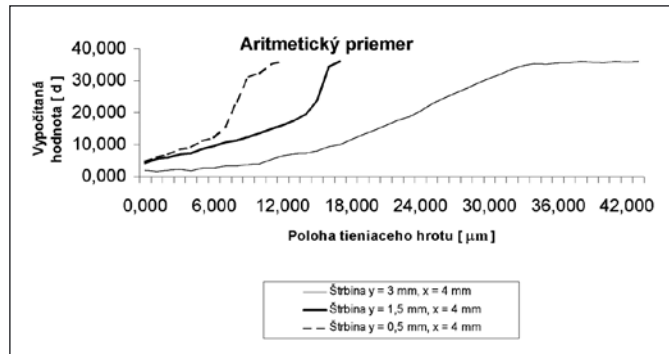
### POSTUP A PODMIENKY MERANIA

Jedným z parametrov, ktorý charakterizuje otupenie nástroja, je jeho rozmerové opotrebovanie. Dovoľené opotrebovanie sa pohybuje v rozmedzí 0,06 až maximálne 0,15 mm. Táto hodnota je pre nás smerodajná a z nej sa vychádza pri overovaní správnosti funkcie snímača.

Ako modelové zariadenie bola použitá špeciálne upravená a uchytená mikrometrická skrutka, s ktorou bolo možné dosiahnuť posuv sledovaného bodu 1  $\mu\text{m}$ .

Snímač sa pevne upevnil na stôl. Ako náhrada obrobku s meniacim sa priemerom zapríčineným opotrebovaním nástroja nám poslúžila mikrometrická skrutka upevnená posuvne smerom kolmo na lúč senzora. Pomocou pohybovej skrutky sa prisunie pohyblivý hrot nahradzujúci obrobok k lúču tak, aby ho do určitej miery tienil. Tento bod sa nastaví ako východzí bod a odčíta sa hodnota z mikrometrickej skrutky a súčasne z ručičkového mikroampérmetra. Potom sa pohyblivý tieniaci hrot oddialí a znovu sa v druhom meraní prisunie do tej istej polohy ako v predchádzajúcom meraní. Takto sa zopakuje 10 meraní pri rovnakej polohe pohyblivého tieniaceho hrotu. Merania prevedieme pri 10 polohách hrotu a zhodnotíme výsledky. Postupne sme merali hodnotu prúdu tečúceho mikroampérmetrom pri rôznych hodnotách východzej polohy tieniaceho hrotu. Grafické závislosti jednotlivých charakteristických hodnôt a ich vzájomné porovnanie je uvedené v grafe na obr. 3.

Z nameraných hodnôt je vidieť, že závislosť meraného prúdu na polohe tieniaceho hrotu je v určitom meranom rozsahu takmer lineárna.

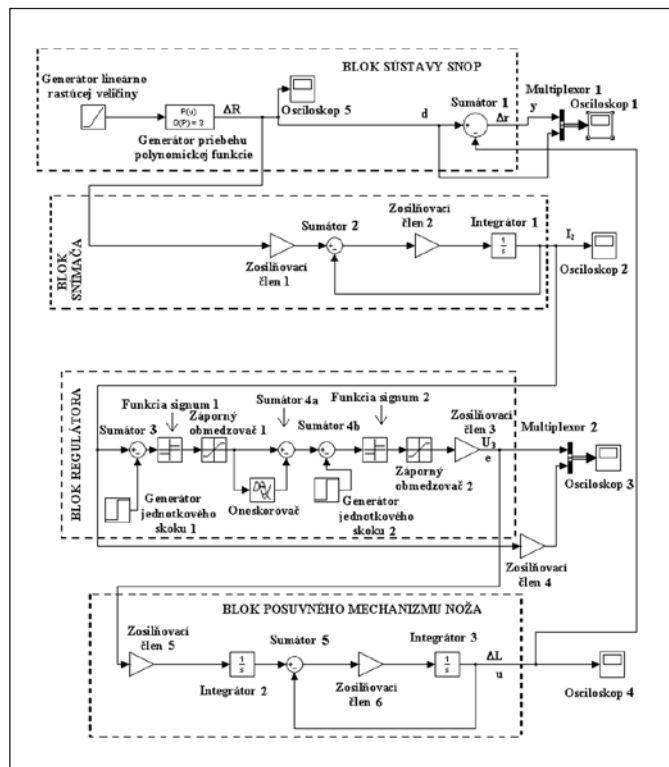


Obr. 3 Grafická závislosť aritmetického priemeru výchylky ručičky mikroampérmetra na polohe tieniaceho hrotu pri šírkach štrbiny tieniacej clony 0,5 mm, 1,5 mm a 3 mm

Grafická závislosť (obr. 3) aritmetického priemeru výchylky ručičky mikroampérmetra na polohe tieniaceho hrotu pri šírkach štrbiny tieniacej clony 0,5 mm, 1,5 mm a 3 mm preukázala linearitu na určitej oblasti merania, čo je možné výhodne využiť pri meraní.

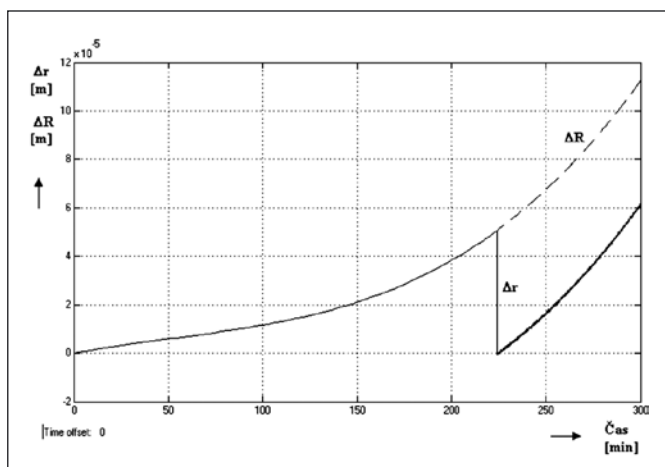
### Konkrétne riešenie korekcie rozmerového opotrebovania rezného nástroja

Celkový simulačný model (obr. 4) vznikne spojením dielčích častí, pričom sa parametre jednotlivých členov nastavujú na požadované hodnoty.



Obr. 4 Model simulácie korekcie opotrebovania rezného nástroja v jednom bode

Na obr. 5 je výsledný priebeh regulácie so správne nastavenou dĺžkou trvania riadiaceho impulzu 2,52 s. Pričom platí  $\Delta r = \Delta R - \Delta L$ , kde  $\Delta r$  je zmena polomeru obrobku,  $\Delta R$  – zmena polohy hrotu nástroja,  $\Delta L$  – posuv hrotu nástroja počas priebehu korekcie.



Obr. 5 Priebeh výstupu z osciloskopu 1

## ZÁVER

Pre danú problematiku merania opotrebovania nástrojov bolo potrebné spomedzi všetkých možných riešení nájsť to najvhodnejšie. Najviac prichádzali do úvahy kapacitný snímač, tenzometrický snímač, indukčný snímač, vibračný snímač a optický snímač. Počas riešenia tejto problematiky som overil funkčnosť všetkých uvedených typov snímačov (počnúc od návrhu zapojenia, voľby typu a parametrov súčiastok, voľby obvodových a stabilizačných parametrov, praktickú konštrukciu plošného spoja a osadenie súčiastok, nastavenie a oživenie obvodu, overenie funkčnosti obvodu v aktívnom stave), čo mi zabralo zhruba 80 % všetkého času vynaloženého na riešenia tejto problematiky. Pri overovaní snímačov sa najviac osvedčil optický snímač z dôvodu svojej vysokej citlivosti a odolnosti voči rušivým vplyvom.

Nevhodnosť ostatných typov snímačov bola z rôznych dôvodov. Kapacitný snímač bol príliš rušený zmenou izolačných vlastností prostredia. Indukčný snímač mal nedostatočnú citlivosť a bol podstatne rušený parazitným elektromagnetickým poľom. Tenzometrický snímač bol náchylný na preťaženie deformačnými silami a piezoelektrický potreboval citlivý vysokofrekvenčný zosilňovač s pásmovopriepustným filtrom, ktorého parametre sú podstatne ovplyvnené rušivými javmi. Snímanie opotrebovania nástroja vo frekvenčnej oblasti vibrácií je však pomerne nepresné, pretože výsledok závisí aj od presnosti nastavenia sústavy obrábania.

Skúšky merania rozmerového opotrebovania rezného nástroja a merania drsnosti obrobenej povrchu vykonané v modelových podmienkach, aj v samotnom procese obrábania, sa ukázali veľmi užitočné a sľubujú v praxi značný ekonomický prínos. Veľkou

výhodou snímača je jeho konštrukčná jednoduchosť, odolnosť voči väčšine rušivých vplyvov, jednoduchá údržba a nízke náklady na výrobu.

Jednou z ďalších možností uplatnenia snímača je použiť ho pri kontrole rozmerov súčiastok, čo by malo určité výhody, pretože ide o bezkontaktný spôsob merania. Ďalej by sa dal tento snímač plikovať v procese obrábania pri automatickom riadení, ako aktívny prvok pre dodržanie presnosti rozmeru súčiastky.

## Literatúra

- [1] BÉKÉS, J.: Automatizované výrobné systémy a priemyselné roboty, *Strojárska ročenka*, Bratislava, 1987, 3020511, s. 239-252.
- [2] BOKUČAVA, G., VASILKO, K.: *Technológia automatizovanej výroby*, Prešov: FVT TU v Košiciach, 2003, 310 s, ISBN 80-7099-980-2.
- [3] GRÖBER, H.: *Grundgesetze der Wärmeübertragung*, Berlin: 1963, 264 s.
- [4] HANUŠ, B., HERNYCH, M.: Regulátor s poddajnou spätnou väzbou. *Automatizace*, č. 8, 1998, str. 467.
- [5] HRAŠKO, P., PUZJAK, I.: *Elektrotechnika*, Praha: 1983, SNTL, 314 s.
- [6] HOFMANN, D.: *Priemyselná meracia technika*, Berlín, 1986, 566 s, ISBN 80-05-00139-8.
- [7] JELÍNEK, P.: Indukční snímače, *Automatizace*, Vol. 45/7/ 2002, Praha, s. 746-749.
- [8] KONDAŠEVSKIJ, V.: *Automatická kontrola rozmerov pri obrábaní*, Praha: 1954, SNTL, 247 s.
- [9] MARTINEK, R.: *Senzory v priemyselnej praxi*, Praha: BEN, 2004, 192 s, ISBN 80-7300-114-4.
- [10] POPPEOVÁ, V.: *Monitorovanie opotrebovania rezných nástrojov*, Žilina: EDIS, 2001, 121s, ISBN 80-7100-700-5.
- [11] ŠTURCEL, J., MIŠEJE, M., KAMENSKÝ, M.: Spracovanie údajov v senzorových systémoch. *AT&P JOURNAL*, č. 8, 2002, str. 52.
- [12] VASILKO, K., BOKUČAVA, G.: *Technológia zmeny rozmerov - štvorjazyčne*. FVT TU v Košiciach, 2005, 86 s., ISBN 80-8073-300-7
- [13] www.prometheus.sk  
Recenzent: Prof. Ing. Emil Ragan, CSc.

*Tento článok bol písaný v rámci projektu Experimentálne skúmanie zóny rezania pri vŕtaní a frézovaní nehrdzavejúcich ocelí. VTP 1/3173/06 na FVT.*

Ing. Radoslav Krehel, PhD., Katedra prevádzky technologických systémov, FVT TU Košice so sídlom v Prešove, Štúrova 31, 080 01 Prešov, Slovenská republika, tel.: 00 421 51/7722604, e-mail: krehel.radoslav@fvt.sk

Ing. Sergej Hloch, PhD., Katedra prevádzky technologických systémov, FVT TU Košice so sídlom v Prešove, Štúrova 31, 080 01 Prešov, Slovenská republika, tel.: 00 421 51/7722604, e-mail: hloch.sergej@fvt.sk

# O TROCH METROLOGICKÝCH PODUJATIACH

## ÚVOD

V posledných dvoch mesiacoch (marec a apríl 2007) sa v Českej republike a na Slovensku konali semináre a konferencie, týkajúce sa problematiky merania, meracej techniky, kalibrácie meradiel a súvisiacich otázok metrologickej legislatívy. Pre odbornú verejnosť je zrejme dôležité, aby boli informácie z týchto podujatí k dispozícii aj pre tie subjekty, ktoré nemali možnosť participovať na spomenutých podujatiach.

V ďalšom texte si dovoľíme reprodukovať najdôležitejšie informácie o týchto podujatiach, s akcentom na novinky, ktoré by boli zaujímavé pre metrologickú komunitu ako v ČR, tak aj v SR.

## 16. MEZINÁRODNÝ SEMINÁŘ „MĚŘICÍ TECHNIKA PRO KONTROLU JAKOSTI“

Tradičná akcia Českej metrologickej spoločnosti (ČMS) sa konala v Plzni (13. – 14. 3. 2007); s účasťou vyše 170 participantov a výstavkou meradiel a meracích zariadení (vyše 40 vystavovateľov). S potešením možno konštatovať, že aj náš časopis „Jemná mechanika a optika“ bol pri tom!

Z prednesených príspevkov na tomto seminári považujeme za účelné sa zmieniť o nasledovných:

V svojom úvodnom referáte **A. Šafařík – Pštroz** (predseda ÚNMZ Praha) informoval prítomných o zásadných strategických zámeroch českej metrológie, o vývoji a aktivitách v oblasti metrologickej legislatívy, ako aj o tendenciách v rámci európskych metrologických inštitúcií.

Odborný program započal prednáškou **I. Rozkošného** (NIKON Praha), ktorý predstavil meradlá fy. NIKON. Potom sa **R. Kadlčík** (Prima Bilavčík, Uh. Brod) zaoberal v svojom vystúpení otázkami viacsňmačových súradnicových strojov (SMS fy. WERTH). V konvenčne ladenom príspevku **P. Heral** (GALIKA Praha) podal prehľad o celej palete výrobkov firmy z oblasti súradnicovej meracej techniky.

**J. Palán** (PALSTAV Vrchlabí) sa zaoberal v svojom vystúpení interpretáciou ustanovení normy ISO 10012:2002 a požiadavkami pri analýze meracích systémov (zaujímavé sú hlavne kritické poznámky pre proces merania, spôsobilosť procesu, úvahy o neistotách výsledkov merania a informácie o intervaloch zhody). O kalibrácii momentových kľúčov a skrutkovačov referoval **J. Gális** (Schatz AG., Remscheid, SRN), ktorý akcentoval dôležitosť správneho momentu pri skrutkových spojeniach, ktoré majú podstatný vplyv aj v automobilovej výrobe.

Priestorové kvalitatívne hodnotenie povrchov (textúry) je v súčasnosti aktuálne najmä v oblastiach strojárskych výroby. Tejtó téme sa venoval v svojom príspevku **Z. Novák** (IMECO Brno), ktorý podrobne objasnil metódy merania parametrov povrchu (drsnoty apod.) s pomocou nových prístrojov fy. Taylor Hobson Ltd.

**R. Brábníková** (Gamin s. r. o., Ostrava) sa v svojej prednáške zaoberala metrologickými aspektami hodnotenia kvality povrchových úprav; ďalšie dva príspevky zástupcov fy. MESING Brno (**L. Ošlejšek** a **D. Smutný**) sa zaoberali sortimentom meradiel, potrebných pri kalibrácii koncových mierok, číselníkových odchýlkomerov a kalibrov, ako aj meradiel na kontrolu povrchových vád (aplikovaných najmä v automobilovom a ložiskovom priemysle).

O novinkách vo vybavení pre súradnicovú metrológiu na pracovisku ČMI Praha referoval **V. Zelený** (ČMI Praha), ktorý sa zamerl na objasnenie a možnosti nového súradnicového meracieho stroja (SMS) (ide o multislňmačový SMS, umožňujúci merania aj na nie úplne tuhých objektoch!).

**Š. Hrivna** (TOPMES Praha) prezentoval v svojom vystúpení nový program TOPMES T-DMIS, ktorý je určený na zdokonalenie programového vybavenia starších SMS. Bola podaná podrobná charakteristika tohto programu a stručný postup modernizácie (upgrade) SMS priamo na pracovisku užívateľa SMS.

Kamerový systém METRONOR (určený najmä na súradnicové merania v zlievarenstve) predstavil **M. Suchomel** (DEOM Praha). Ďalšie dva príspevky zástupcov fy. Prima Bilavčík Uh. Brod (**M. Minařík** a **D. Daněk**) boli venované meradlám parametrov drsnoty povrchu a súradnicovému meraciemu stroju spoločnosti FARO Technologies Inc. (ktorý umožňuje meranie netradičným spôsobom – napr. priamo na obrábacom stroji, resp. v mobilnej aplikácii na časti trupu lietadla).

O meraní priemerov súčiastok (vonkajších i vnútorných) referoval **M. Staník** (STOTZ Feinmesstechnik Gerlingen, SRN), ktorý poukázal na možnosti využitia pneumatických princípov. Meradlá tejto firmy sú vhodné hlavne pri sledovaní príslušných rozmerov v sériovej a hromadnej výrobe (dosahované neistoty merania sú menšie ako 0,001 mm).

Význačný rakúsky odborník a pedagóg **P. H. Osanna** (TU Wien) predniesol referát, zameraný na meraciu techniku v produkčnom procese a jej súvis s managementom kvality. Autor sa zaoberal podrobne aspektami merania v strojárstve, meraním pre zabezpečenie kvality produkcie, ako aj otázkami vývoja moderných metód merania (hlavne vo sfére nanotechnológií).

**F. Baloun** (Škoda Steel s. r. o. Plzeň) sa zaoberal v svojej prednáške tematikou merania v kusovej výrobe. Poukázal pri tom na viaceré problémy, súvisiace s kalibráciou meradiel, určením neistoty, resp. s požiadavkami zákazníkov. Z príspevku vyplýva, že nie vždy zákazník voči kalibračnému laboratóriu dokáže kvalifikovane stanoviť svoje požiadavky.

Kvalifikácia metrológov a technických kontrolórov je závislá nielen na štruktúre a kvalite vzdelávacieho procesu, ale aj na vhodnom edukačnom programe. **Č. Nenáhlo** (ČMS Praha) informoval vo svojom vystúpení účastníkov seminára o vzdelávacích akciách ČMS, ktoré majú zabezpečiť trvalé zvyšovanie kvalifikácie metrológov a technických kontrolórov v ČR. Príspevok je doplnený podrobnejšou špecifikáciou požadovaných znalostí pre obe kategórie (metrológ, tech. kontrolór).

Záverom k tomuto podujatiu je potrebné uviesť, že odborná úroveň prezentovaných príspevkov sa oproti predošlému semináru zvýšila, program bol dodržiavaný v prijateľnej tolerancii a grafická úroveň zborníka znesie aj prísne kvalitatívne kritériá.

Záverom k tomuto semináru si dovoľíme vyjadriť uznanie organizátorom, predovšetkým odb. garantovi Č. Nenáhlovi, ako aj predsedovi ČMS p. Zd. Tůmovi a obetavej tajomníčke ČMS Ivanke Vidimovej.

## 26. ZHROMAŽDENIE KALIBRAČNÉHO ZDRUŽENIA SR

Pravidelná akcia Kalibračného združenia SR sa konala v Nitre (18. – 19. 4. 2007). Účasť neprevýšila 70 participantov, ale program doplnilo niekoľko firiem, vyrábajúcich meracie zariadenia, resp. poskytujúce služby pre kalibračné laboratóriá.

Z prednesených príspevkov uvedieme stručný výber:

**F. Drozda** (Q-TEST plus s. r. o. Bratislava) vo vstupnom referáte oboznámil účastníkov s problematikou akreditácie laboratórií a problémami certifikácie, resp. posudzovania (auditu). Veľmi zaujímavý príspevok o podnikateľskej etike, predniesla **H. Čierna** (Ekonomická fak. UMB, Banská Bystrica), ktorá poukázala na dôležitosť personálnych vzťahov a súvisiace tendencie (napr. pri získavaní talentovaných spolupracovníkov, pri stratégii získavania klientov, pri stabilizácii dodávateľov atď.).

O koncepcii štátnej politiky v oblasti metrológie a súvisiacich aktivitách Úradu pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR (ÚNMS SR) referoval **I. Mikulecký** (ÚNMS SR). V svojom vystúpení sa zamerl hlavne na zásadné úlohy, ktoré by sa mali v rezorte ÚNMS riešiť (zdokonalenie metrologickej legislatívy, metodické predpisy, metrologické vzdelávanie, popularizácia metrológie apod.).



Problematikou kalibrácie v oblasti hmotnosti sa zaoberal vo svojom obsiahlom vystúpení **R. Spurný** (SMÚ Bratislava), ktorý najprv vysvetlil rad základných pojmov o neistotách, chybách a o kalibrácii a ďalej uviedol príklad kalibrácie elektronických váh. Tomuto príspevku však možno vytknúť, že čiastočne propagoval aplikáciu len jednej série meraní pri kalibrácii (stará metrologická zásada hlási: „Jedno meranie – žiadne meranie“!).

O novelizácii kalibračných postupov pre dĺžkové meradlá (posuvky, mikrometrické meradlá, koncové mierky, číselníkové odchýlkomery a valcové kalibre) prednášal **M. Jakab** (VSS Košice). Dôvodom novelizácie je vek pôvodných postupov (cca 10 rokov), ako aj snaha o zosúladienie (harmonizáciu) s podobnými dokumentami, používanými v iných štátoch Európskej únie. V súvislosti s týmito aktivitami bolo zdôraznené, že voľba kalibračných bodov v rámci stupnice meradla je výlučne vecou zákazníka, ktorý kalibráciu meradla objedná.

**J. Bartl** (ÚM SAV Bratislava) oboznámil poslucháčov s metódami tzv. „rýchlej kontroly“ jemnomechanických súčiastok, na základe výsledkov výskumu a vývoja na vlastnom pracovisku, v spolupráci s brnenskou spoločnosťou MESING. **I. Brezina** (LMA Bratislava) stručne informoval o minuloročnom XVIII. kongrese IMEKO (konal sa v dňoch 17. – 22. 9. 2006 v Rio de Janeiro – Brazília) a podrobnejšie podal analýzu príspevkov z kongresu, ktoré sa tematicky zaoberali kalibráciou meradiel, resp. medzilaboratórnymi porovnávaniami.

V záverečnej prednáške podujatia **F. Drozda** (Q-TEST plus s. r. o. Bratislava) objasnil zásadné prvky, ktoré majú vplyv na bezpečnosť a ochranu informácií v kalibračných a skúšobných laboratóriách. Túto prednášku možno chápať ako úvod do problematiky riadenia informačnej bezpečnosti na spomenutých pracoviskách.

Zborník z tohto podujatia obsahuje všetky spomenuté prednášky (rozsah: 90 strán); snáď by sa bolo treba v budúcnosti vyvarovať textov vo forme „powerpointových“ vyobrazení, čo podľa nášho názoru znižuje kvalitu zborníka!

### 33. FÓRUM METROLÓGOV

Hotel „Permon“ na Podbanskom hostil v dňoch 23. – 24. 4. 2007 vyše 60 slovenských metroológov na pravidelnej akcii, ktorej program avizoval predbežne 11 prednášok, zameraných na aktuálne problémy.

Najdôležitejšie referáty z tohto fóra si dovoľíme charakterizovať v nasledovnom texte:

Úvodný referát **J. Orlovského** (predseda Slov. metrologickej spoločnosti – SMS) sa zaoberal činnosťou SMS za predošlý rok ako aj perspektívou na ďalšie obdobie do budúceho Zjazdu SMS (mal by sa konať v termíne 8. – 9. 10. 2007).

Vlastný odborný program započal tematicky zameraním na snímače a prevodníky tlaku (v technologických procesoch) a na neinvazívne metódy merania krvného tlaku. Oba tieto referáty predniesol **P. Farár** (SMÚ Bratislava).

O snímačoch vlhkosti vzduchu referovala **A. Masaryková** (SMÚ Bratislava) a o meradlách a meraní rýchlosti prúdenia vzduchu prednášala **O. Novanská** (SHMÚ Bratislava), ktorá sa tiež dotkla problematiky kalibrácie anemometrov. **J. Bartl** (ÚM SAV Bratislava) sa venoval v svojom vystúpení otázkam kontaktného a bezkontaktného merania teploty – spomenul aj špecifické problémy infračervenej termografie a uviedol niekoľko príkladov z praxe.

Overovanie taxametrov nie je vôbec jednoduchou záležitosťou. Tejto problematike sa venoval **P. Benkó** (SLM Bratislava), ktorý prezentoval novú metódu, založenú na aplikácii snímača „Correvit“. Nový postup zvyšuje efektívnosť procesu kalibrácie a v konečnom dôsledku kvalitu overovania taxametrov.

**L. Michaeli** (TU Košice) ako reprezentant Slov. komitétu IMEKO, podal stručný report o XVIII. svetovom kongrese IMEKO – informoval o odbornom programe, ako aj o zmenách v organizačnej štruktúre a o plánovaných podujatiach pre nasledujúce obdobie (do XIX. kongresu v r. 2009 v portugalskom Lisabone). Uviedol tiež údaje o činnostiach jednotlivých technických komitétov, ktoré sa v budúcnosti majú rozšíriť.

V stručnom referáte **J. Palán** (PALSTAT Vrchlabí) predstavil svoju firmu, jej možnosti a paletu služieb pre metroológov – zákazníkov z rôznych oblastí priemyselnej praxe.

Generálny riaditeľ SMÚ Bratislava **S. Ďuriš** vystúpil s prednáškou o postavení SMÚ v štruktúrach EURAMET. Ide o novú organizáciu, založenú na báze bývalého EUROMET-u. Autor tohto príspevku akcentoval integrovaný výskum v rámci EÚ, zameranie na tzv. „multidisciplinárnu metrologiu“, ako aj na viaceré aspekty bezpečnosti (produktovody, ochrana práce, technologické procesy, letová prevádzka apod.).

Otázky uvádzania na trh určených meradiel boli obsahom referátu **I. Mikuleckého** (ÚNMS SR Bratislava), v ktorom sa pertraktovali aj problémy metrologickej legislatívy v Európskej únii (starý a nový prístup). Podrobné prehľady aktuálnych legislatívnych dokumentov sú uvedené na s. 66 – 74 zborníka (Metrologické listy, 30, 2007, č. 1). Ďalšie podrobnosti k tejto problematike možno získať na [http://www.normoff.gov.sk/page.php?item\\_index=344](http://www.normoff.gov.sk/page.php?item_index=344).

Kolektívnu prácu autorského kolektívu z Ústavu merania SAV Bratislava a spoločnosti MESING s. r. o. Brno uviedol v svojom vystúpení **J. Bartl** (ÚM SAV Bratislava). Prednáška bola orientovaná na problematiku kontroly povrchu strojárskych súčiastok s pomocou špeciálnych snímačov. V poslednom referáte podujatia autor tohto referátu oboznámil poslucháčov s viacerými aspektami výberu vhodnej referenčnej hodnoty pri medzilaboratórných porovnávaníach (kategorizácia druhov porovnávaní, metodika voľby referenčnej hodnoty, príklady z literatúry apod.).

Zborník z 33. Fóra metroológov je tradične vydaný vo forme časopisu „Metrologické listy“, roč. 30, č. 1/2007 v rozsahu 106 strán. Tu sú uverejnené všetky príspevky, uvedené v predošlých riadkoch, ako aj zaujímavý príspevok o novom digitálnom tlačidlomv auskultačnom sfígmomanometri (autori: D. Hupka, P. Lednár a J. Skákala), určenom na neinvazívne meranie krvného tlaku. Ďalej je potrebné kvitovať, že program podujatia bol (na rozdiel od minulých) striktné dodržiavaný, hlavne vďaka dôslednému vedeniu zo strany predsedajúceho **J. Bartla** (ÚM SAV Bratislava).

### ZÁVER

Hodnotiac súhrnne všetky tri akcie, spomenuté v predošlom texte, možno konštatovať, že ako v Českej republike, tak aj na Slovensku dochádza ku kvalitatívne vyššej úrovni poskytovaných metrologických informácií (čo je hlavne dôležité pre metroológov – praktikov). Nezanedbateľnou je aj skutočnosť, že na akciách tohoto zamerania majú výrobcovia meradiel bezprostrednú možnosť osloviť perspektívnych zákazníkov a tým uľahčiť prípadné obchodné kontakty.

Igor Brezina

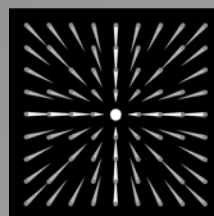


LASER 2007

World of PHOTONICS

18. VŮDČÍ SVĚTOVÝ VELETRH A KONGRES  
PRO KOMPONENTY, SYSTÉMY A APLIKACI  
OPTICKÝCH A LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍLIGHT  
AT WORKNOVÉ  
VÝSTAVIŠTĚ  
MNICHOV  
18.-21. ČERVNA 07

www.world-of-photonics.net



## Z technické knihovny

**Messtechnik für Mikro- und Nano- Engineering. (Meracia technika pre oblasť mikro- a nanoinžinierstva). VDI – Berichte 1950, VDI Verlag Düsseldorf 2006, 248 s., ISBN 3-18-091950-7, cena: 58,00 EUR**

Zborník z konferencie (29. – 30. 11. 2006) v Erlangene (pod záštitou odb. garanta prof. dr. A. Weckenmanna) obsahuje texty 22 prednášok, členených do piatich tematických okruhov. Nesporné je, že v poslednom období sa problematike nanotechnológií a nanometrológie venuje v odborných kruhoch zvýšená pozornosť. Konferencia v Erlangene dokazuje v rámci publikovaných príspevkov v zborníku, že oblasť meraní v nanosfere predstavuje perspektívny smer výskumu a záujmu pre budúce aplikácie.

Texty prednášok vo všetkých piatich tematických okruhoch reprezentujú aktuálnu tematiku: referujúci podali v svojich príspevkoch nielen výsledky aktuálneho výskumu, ale aj viaceré vízie a zábery do budúcnosti.

V prvom okruhu sú zahrnuté všeobecne koncipované príspevky, zaoberajúce sa etalónmi, kalibráciou a súvisiacimi otázkami výpočtu neistôt. Druhý okruh príspevkov je venovaný technike nanomerania a tiež partikulárnym problémom súradnicovej meracej techniky v nanooblasti.

Tretí okruh článkov sa koncentruje na otázky snímačov (senzorov) pre mikrometrológiu. Zvlášť zaujímavý je tu príspevok, týkajúci sa merania mikroštruktúr na súradnicových meracích strojoch, vybavených viacnásobnými snímačmi. Štvrtý okruh príspevkov je venovaný mikro- a nano- meracej technike.

Posledný tematický okruh príspevkov obsahuje 5 článkov so zameraním na rôzne aspekty nano- a mikromerania (napr. o analýze nanodrsnosti, o charakterizácii ložísk v jemnej mechanike, o meracej technike pre optimalizáciu stratégií merania mikroozubení).

Zborník je nesporne významným zdrojom najaktuálnejších odborných informácií o problematike merania vybraných geometrických veličín v mikro- a nanooblasti. Nemal by preto chýbať v žiadnej knižnici súčasného kvalifikovaného „geometrického“ metrológa!

*I. Brezina*

**Gross, H.: Handbook of Optical Systems - Fundamentals of Technical Optics. John Wiley & Sons, New York 2005, 848 s., ISBN 3-527-40377-9, cena: 385 USD**

Aplikovaná optika je oborem, ktorý je značne rozsáhlý a zahŕňa obrovské množstvo teoretických a experimentálnych poznatkov z mnoha technických oblastí. Mnohé metódy a prístroje v rôznych oblastiach ľudského viedenia používajú rôzne optické a optoelektronické prvky a optika sa tak v súčasnosti stáva interdisciplinárnu vedou. Je teda zjavné, že vytvoriť veľmi dobrú encyklopediu optiky tak, aby obsahovala všetky dôležité teoretické partie a zároveň poskytovala prehľad súčasných meracích metód a prístrojov, ktoré sú využívané v praxi, je dosť obtížny úkol. Väčšina optických inžinierov by jstě ráda uvítala takovú encyklopediu, ktorá by nabízela jak teoretický tak praktický pohľad na danou problematiku. Mnoho autorov v minulosti sa pokúšalo podať komplexný pohľad na oblasť optiky s väčším či menším úspechom. Autoři této publikace se pokusili o vytvoření rozsáhlé encyklopedie aplikované optiky, která by poskytovala dostatečně podrobný přehled jak teoretických tak praktických aspektů současné technické optiky. Tato kniha, která se zabývá základy technické optiky, je pouze první částí z připravované šestidílné encyklopedie.

*(Pokračování na straně 167)*

# Veletrh EMO Hannover 2007



Veletrh EMO Hannover 2007 se bude konat od 17. do 22. září 2007. Jedná se o světově největší veletrh s obráběcími stroji s nejširší mezinárodní účastí. EMO představí

všechny technologie využívané při zpracování železa, např. stříhací a tvarovací stroje tvořící základ průmyslové produkce, přesné obráběcí stroje, ošetření povrchů, software a řídicí jednotky pro celou škálu výrobních technologií, automatizační systémy a komponenty, systémy pro měření, testování a řízení kvality, stroje a systémy pro přípravu nástrojů a forem, atd. Návštěvníci veletrhu EMO přichází především z oblasti strojírenství, stavebnictví, výrobců automatizačních systémů a jejich subdodavatelů, automobilového průmyslu a jejich subdodavatelů, leteckého průmyslu, přesné mechaniky a optiky, lodářství, zdravotnické techniky, výroby nástrojů a forem, lehkého strojírenství, atd.

V současnosti se na veletrh EMO Hannover 2007 přihlásilo již více než 1 530 vystavovatelů ze 36 zemí. Navíc přichází stále další rezervace a zájemci o účast na tomto veletrhu a celková čistá rezervovaná výstavní plocha tak nyní dosahuje 142 000 m<sup>2</sup>. Stávajících 25 vystavovatelů z České republiky si k dnešnímu datu objednalo výstavní plochu o rozloze více než 1 900 m<sup>2</sup>.

„Výstavy EMO mají v branži obráběcí a tvářecí techniky dominantní postavení a umožňují přímou konfrontaci nejvyspělejších strojírenských produktů a zároveň i nejperspektivnějších vývojových trendů v tomto oboru. Firmy, které se veletrhů EMO nezúčastňují nemají prakticky šanci se v této komoditě na světových trzích prosadit. Na výstavu EMO v Hannoveru se velmi odpovědně připravují i čeští výrobci obráběcích strojů a příslušenství,“ řekl Zdeněk Holý, ředitel Svazu strojírenské technologie.

Obráběcí stroje mají v české ekonomice důležitý význam jak z hlediska produkce, tak exportu. Podle údajů Svazu strojírenské technologie dosáhlo odvětví obráběcích strojů v roce 2006 v České republice rekordních ukazatelů a celkového objemu výroby ve výši 373,6 mil. EUR. To představuje nárůst o 18,9 % oproti roku 2005, což řadí český průmysl obráběcích strojů světově na 15. příčku. Významný růst v roce 2006 zaznamenal i export, který dosáhl celkového objemu 390,4 mil. EUR, což je nárůst o 21,3 % oproti roku 2005 a 13. pozice ve světovém měřítku. Import v průběhu roku 2006 vzrostl o 4 % na 356 mil. EUR a dostal se světově na 19. pozici.

„Naše společnost je pravidelným účastníkem této největší světové přehlídky novinek v oboru obráběcích strojů, která se koná pod názvem EMO ať už v Německu nebo v Itálii. V letošním roce se tohoto prestižního veletrhu zúčastníme na rekordní ploše 350 m<sup>2</sup>. Mezi největší světovou elitou v oboru obráběcích strojů připravujeme představení tří novinek. Nejprestižnější místo v naší expozici bude mít ve světové premiéře osmivřetenový soustružnický automat,“ dodal k letošní účasti Michele Tajariol, generální ředitel zlínské společnosti TAJMAC-ZPS.

## Informace pro české vystavovatele na EMO Hannover 2007

Přihlášky pro vystavovatele jsou k dispozici v kanceláři zastoupení Deutsche Messe v Praze. E-mailová adresa pro vyžádání přihlášky a dalších informací: info@hf-czechrepublic.com. Vystavovatelům jsou k dispozici typové stánky se základním vybavením. Minimální výstavní plocha je 20 m<sup>2</sup>. Podrobnější informace jsou k dispozici na <http://www.hf-czechrepublic.com/6090>.

## Možnost čerpání finančního příspěvku na nájemné výstavní plochy ze strany Ministerstva průmyslu a obchodu ČR

Finanční příspěvek bude poskytován plošně všem vystavovatelům ve stejné výši 100 % podle pronajatého počtu m<sup>2</sup> čisté výstavní plochy, maximálně do výše 75 000,- Kč na jednoho vystavovatele.

O finanční příspěvek si každý vystavovatel požádá u realizační firmy a současně zašle na MPO „Předběžnou žádost o poskytnutí finančního příspěvku na nájemné výstavní plochy na mezinárodním veletrhu“, která je rovněž umístěna na internetových stránkách MPO <http://www.mpo.cz/dokument26192.html>.

## Informace pro české návštěvníky EMO Hannover 2007

Čeští zájemci o návštěvu veletrhu EMO Hannover 2007 mají možnost předprodeje vstupenek v kanceláři zastoupení Deutsche Messe v Praze a vstupenky je také možné objednat na e-mailové adrese info@hf-czechrepublic.com. Podrobnější informace o tom jak se na EMO Hannover 2007 dopravit, seznam cestovních kanceláří organizujících návštěvu veletrhu, informace o leteckém spojení Praha – Hannover, a informace o možnostech ubytování jsou k dispozici na <http://www.hf-czechrepublic.com/6666>.

## Zastoupení Deutsche Messe AG, Hannover

Deutsche Messe AG patří k vedoucím pořadatelům veletrhů na světě. Základem aktivit je pořádání mezinárodních vedoucích odborných veletrhů na výstavišti v Hannoveru a na vybraných výstavištích v zahraničí. Tématické zaměření se soustřeďuje na oblast investic. Společným znakem veletrhů je vysoký stupeň mezinárodnosti na straně vystavovatelů i návštěvníků.

Ing. Eva Václavíková, výhradní zastoupení v České republice Deutsche Messe AG, Hannover, Myslbekova 7, 169 00 Praha 6 tel. +fax: 220 510 057, 220 517 837, 220 516 218, 220 514 284 email:info@hf-czechrepublic.com www.hf-czechrepublic.com

## Svaz strojírenské technologie

Zájmové sdružení Svaz strojírenské technologie - SST - působí v České republice od roku 1990, sdružuje kolem 40 významných výrobních a dodavatelských organizací, které se zabývají převážně výrobou a dodávkami obráběcích a tvářecích strojů, dřevoobráběcích strojů, nástrojů a měřidel, hydraulických prvků a agregátů. Politických vězňů 1419/11, P.O. BOX 837, 113 42 Praha 1 tel. (ústředna): +420 234 698 111 tel. ředitel: +420 224 211 623 fax: +420 224 214 789, +420 224 214 963 e-mail: svaz@sst.cz, <http://www.sst.cz/>

Ondřej Hampl, Mmd Corporate, Public Affairs&Public Relations Consultants, Nitranská 6, 101 00 Praha 10, tel.: (+420) 224 251 555, fax: (+420) 224 254 364, e-mail: hampl@mmd.cz



## Z technické knihovny

Má podle autorů sloužit jako základ pro ostatní díly. Další části této encyklopedie se budou zabývat fyzikální teorií optického zobrazování, vadami optického zobrazování a korekcí optických soustav, podrobným přehledem rozličných optických přístrojů a experimentálních metod v průmyslové metrologii a základy moderní fyzikální optiky. Výhodou této knihy je to, že autor pracuje přímo v optickém průmyslu a má tedy vztah jak k teoretické tak praktické stránce technické optiky.

Publikace je tématicky rozdělena na šestnáct kapitol. Je velmi vhodně doplněna barevnými obrázky a fotografiemi a velmi podrobným rejstříkem. Každá kapitola je poté doplněna podrobným seznamem odborné literatury, týkající se probíraného tématu. Jde o encyklopedickou příručku, která má za účel poskytnout optickému inženýrovi podrobný výklad dané problematiky společně s potřebnými vztahy pro výpočty.

Po úvodní kapitole je v knize popisována problematika paraxiálního zobrazování v optice a jeho použití při optických výpočtech a návrzích optických soustav. Třetí kapitola se zabývá oblastí interakce optického záření na rozhraní dvou různých prostředí. Zejména jsou diskutovány nejrůznější aspekty odrazivosti, propustnosti a absorpce záření na rozhraní dielektrických a vodivých optických materiálů. Čtvrtá kapitola se plně věnuje fyzikálním vlastnostem a technickému popisu nejrůznějších materiálů používaných v optickém průmyslu pro výrobu optických prvků. Pátá kapitola je zaměřena na výpočetní metody sledování paprsku různými typy optických prvků a materiálů. V šesté a sedmé kapitole jsou podrobně popsány základy radiometrie, energetických vlastností optických soustav a vlastností různých druhů zdrojů optického záření. Osmá kapitola se zabývá základy technologie detektorů optického záření a problematikou zpracování elektronických signálů. V deváté kapitole knihy jsou popsány základy fotometrie, zrakového vnímání a měření barev v různých barevných systémech. Další dvě kapitoly jsou zasvěceny podrobnějšímu teoretickému popisu optických soustav a vysvětlení jednotlivých primárních aberací optických soustav. Ve dvanácté kapitole jsou podrobně uvedeny základy vlnové teorie optického záření a jsou diskutovány zejména oblasti difrakce záření a základů difrakční optického zobrazování. Následující tři rozsáhlé kapitoly jsou zaměřeny na popis fyzikálních vlastností a aplikací některých základních optických prvků jako jsou např. planoparalelní desky, hranoly, děliče svazku, optické filtry, difrakční mřížky, prvky s asférickými plochami, gradientní optické prvky, difrakční prvky a fázové modulátory, optická vlákna apod. Poslední kapitola knihy je zaměřena na základní přehled optických měřicích a kontrolních metod, které se používají běžně v optickém průmyslu.

Kniha je výbornou příručkou technické optiky. Jednotlivé části knihy zahrnují široké spektrum nejrůznějších témat od základů geometrické a vlnové optiky až po moderní optické měřicí metody v průmyslu. Výborně je též provedeno grafické zpracování publikace. Na konci každé kapitoly je vždy uveden seznam doporučené odborné literatury, jež podrobně popisuje danou problematiku a kde lze nalézt detailnější vysvětlení a odvození nežli v této příručce. Přehledný věcný rejstřík umožňuje poté snadné vyhledávání požadovaných hesel. Jelikož je tato kniha první částí šesti dílné encyklopedie, lze jen doufat, že i ostatní díly si udrží kvalitu zpracování a obsahu jako se to podařilo zde. Publikaci je možno vřele doporučit jako výbornou příručku optickým inženýrům, vědeckým pracovníkům i studentům, kteří se problematikou technické optiky zabývají nebo se s ní chtějí podrobněji seznámit.

J. Novák



# LASER 2007 World of PHOTONICS

18. VŮDČÍ SVĚTOVÝ VELETRH A KONGRES  
PRO KOMPONENTY, SYSTÉMY A APLIKACI  
OPTICKÝCH A LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍ

## LASER JE NÁSTROJ BUDOUCNOSTI.

Laser a laserové systémy dnes skýtají nejvýznamnější inovační potenciály ve výrobě pro **efektivní produkci, vysoce optimalizované procesy, a tím stoupající produktivitu**. Laser znamená globální vývoj, na který se od roku 1973 specializuje veletrh **LASER. World of Photonics** – vůdčí světový a jediný veletrh v oboru. Najdete zde – obsáhle a se zaměřením na praxi – všechny informace, trendy a výrobky pro nasazení laserových technologií ve vaší produkci. Krátce: „light at work“.

Toto vše činí z veletrhu **LASER. World of Photonics** nejdůležitější obchodní a komunikační platformu pro všechny lídry trhu, manažery s rozhodovací pravomocí a uživatele. Stejně tak, jako pro vás.

Využijte již nyní výhod online registrace a objednejte si zlevněné vstupenky na [www.world-of-photonics.net](http://www.world-of-photonics.net)

EXPO-Consult + Service, spol. s r. o.

Příkop 4, 604 45 Brno

Tel. 545 176 158, Tel./Fax 545 176 159

[info@expocs.cz](mailto:info@expocs.cz), [www.expocs.cz](http://www.expocs.cz)

# CONTENTS

- Surface optical sensors for precise components in engineering industry** (J. Bartl, V. Jacko, M. Hain, D. Smutný)..... 139  
The present development of measuring technique in engineering industry emphasizes an inspection of components, particularly their precise geometrical shapes, a mutual orientation of their surfaces and axes and in addition it requires to meet these measuring demands right within the production process. Such an active production quality management is taking place together with a working machine control. This article deals with special sensors developed in the authors' workplace that are specified for a rapid surface quality control of precise engineering components. The firm Mesing installs these sensors into measuring devices used in the Czech and Slovak automobile or bearing industries.  
Keywords: contactless technology, scattering method, autofocus method, active control
- Service order (LASER 2007)**..... 144
- Nanophotonical realizations of propagation of the plasmons** (J. Pospíšil, J. Hrdý, J. Hrdý, jr.)..... 145  
The article contains nanophotonical problems of realization of propagation of the plasmons formed by an excitation optical radiation in simple plasmonic waveguides created by a metallic nanostripe, metallic or semiconducting nanowire, metallic nanoparticle or linear chain of more metallic nanoparticles, coupled electromagnetically. It is directed especially to description of contemporary basic experimental arrangements for observing and measuring the energetic transport of plasmons together with introduction of some typical graphic dependences for a metallic nanoparticle Au, couple of such nanoparticles and for a linear chain of more identical nanoparticles Ag.
- Fibre lasers for industrial marking** (M. Novák) ..... 149
- Employment of high definition cameras in meteorology** (J. Zeman, V. Mareš)..... 150  
Landscape high resolution pictures taken regularly in several minute intervals present from both meteorological and biological point of view a valuable sequential information of local conditions, the use of which is only started to look for. This article is concerned with a photobox description, the device used in measuring stations of Hydronet.cz project, its output data are spread on-line via internet.
- Unscheduled wind resistance test of photovoltaic solar system** (M. Libra, V. Poulek, P. Bican)..... 152
- Tiny light with huge power: 1000 lumens LED reflector** (M. Pávková)..... 154
- Multisensor measuring technology** (Č. Nenáhlo)..... 155
- Measuring fast axes collimating (FAC) lenses** (edit.) ..... 156
- Berlin fair society enlarging portfolio of trade-fairs - Laser Optics Berlin 2008, 17 – 19 March 2008** (L. Výborná)..... 156
- Congress SPIE Europe „Optics and Optoelectronics“** (P. Tománek) ..... 157  
Prague Congress Centre hosted more than 400 scientists from 24 countries, which have taken part in SPIE Europe International Congress on Optics and Optoelectronics (16-19 April 2007). They answered to the invitation, and the most important optical event ever organised in the Czech Republic has been born. The excellent and exciting plenary talks on Hot topics in Optics were followed by successful nine conferences on Metamaterials, Nonlinear optics and Applications, Photon Counting applications, Quantum optics and Quantum Cryptography, Adaptive optics for Laser Systems and Other Applications, Optical Sensors, Damage to VUV, EUV and X-Ray Optics and Photonic Crystal Fibers. The importance of the Congress was enhanced by the lecture of Prof. Theodor Hänsch, Nobel Prize Winner 2005.
- RNDr. Ivan Šolc, CSc.'s eightieth birthday** (Z. Melich)..... 159
- Optical sensors in the control process of wedge abrading during the turning realizing the correction** (R. Kreheř, S. Hloch)..... 160  
This paper describes the development of a new concept of cutting tools using optical sensors for the measurement of tooled surface extent in the turning operations. After examinational measurements optical sensor was selected and its analysis is dedicated the another part of this work. The basic idea of indirect measurement of cutting tool abrasion is scanning the distance of a component during the cutting.
- About three metrological events** (I. Brezina)..... 163
- From technical library** (I. Brezina, J. Novák) ..... 165, 167
- Trade fair EMO Hannover 2007** (O. Hampl) ..... 166
- Project “Be Your Own Boss” also in the Czech Republic** (K. Nevřalová)..... 168

## Projekt „Be Your Own Boss“ i v České republice



Britská podnikatelská iniciativa a město Stoke on Trent společně řídí realizaci projektu spolufinancovaného programem Evropské unie Leonardo da Vinci.

V průběhu realizace mezinárodního projektu dojde k vytvoření a zavedení kurzu pro začínající podnikatele v sedmi evropských zemích. Kurz využívá zkušeností ze vzdělávání a poradenství budoucím a začínajícím podnikatelům ve Velké Británii, Dánsku, Řecku, Bulharsku, Litvě, Polsku a České republice.

Zástupci partnerských organizací se schází na pravidelných seminářích konaných v jednotlivých partnerských zemích. Cílem dvoudenních jednání je korigovat postup vývoje kurzu a jeho pilotní testování. Poslední jednání se konalo v dubnu 2007 v Polsku. Do České republiky zavítá mezinárodní delegace až v roce 2008.

Program Leonardo da Vinci podporuje mezinárodní spolupráci v oblasti odborného vzdělávání a mimo jiné i vzdělávání a poradenství na podporu podnikání.

Kontakt v České republice: Euroface Consulting s.r.o., Ing. Kateřina Nevřalová, tel.: 777 011 717, e-mail: management@euro-face.cz

## Vláknové/Nd:YAG/CO<sub>2</sub>

Značení  
Gravírování  
Svařování  
Řezání  
Vrtání

Obráběné materiály

Kovy  
Plasty  
Dřevo  
Tkanina  
Sklo



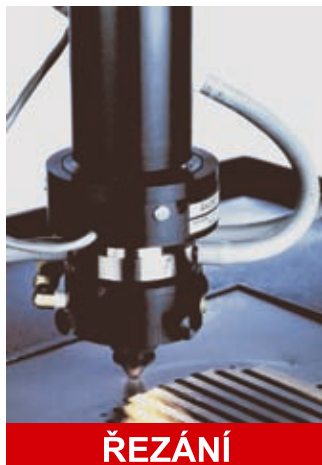
Výkon laseru 5-150W. Široký výběr přídatných zařízení a automatizačních prvků: otočné stoly, rotační jednotky, dopravní pásy. Zákaznická a OEM provedení, integrace do výrobních linek.

## PRŮMYSLOVÉ KOMPLEXNÍ LASEROVÉ TECHNOLOGIE +15 LET ZKUŠENOSTÍ V LASEROVÝCH TECHNOLOGIÍCH

STANDARDNÍ SYSTÉMY - ZÁKAZNICKÁ ŘEŠENÍ NA MÍRU -AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY  
INTEGRACE - PŘÍSLUŠENSTVÍ - SERVIS - SPOTŘEBNÍ MATERIÁL - NÁHR. DÍLY - ŠKOLENÍ



**SVAŘOVÁNÍ**



**ŘEZÁNÍ**



**ZNAČENÍ**



**VRTÁNÍ**

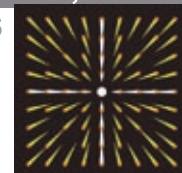
**LAO**

PRŮMYSLOVÉ SYSTÉMY, S.R.O.

YOUR COMPETENT PARTNER FOR LASER SOLUTIONS



Na Floře 1328/4, 143 00 Praha 4, tel.: 241 046 800  
e-mail: laser@lao.cz, www.lao.cz



LASER 2007  
World of PHOTONICS

**NAVŠTIVTE NÁS NA VÝSTAVĚ LASER 2007,  
18.6. -22.6.07, MNICHOV - HALA B3, STÁNEK 617**





...tradice a zkušenosti

## Komplexní zpracování plechů pomocí CNC technologií

### Laserové řezání plechů na řezacím stroji Trumatic L3050 a jiných

- z měkkých ocelí do tl. 25 mm
- z nerez ocelí do tl. 20 mm
- z hliníku do tl. 12 mm
- z mosazi do tl. 5 mm a jiné

### Navazující a dokončovací operace

- svařování metodou MIG/MAG a TIG
- CNC ohraňování
- vrtání a závitování
- různé povrchové úpravy

### Laserový popis a značení

**LASER-TECH, spol. s r. o.**, Vejdovského 1102/4a, CZ 772 11 Olomouc

Tel.: +420 585 225 361, +420 585 208 830, Fax: +420 585 225 360, E-mail: [laser-tech@laser-tech.cz](mailto:laser-tech@laser-tech.cz), [www.laser-tech.cz](http://www.laser-tech.cz)

### LASER-TECH, spol. s r.o.

je moderní, dynamicky se rozvíjející česká firma, která již více než 15 roků podniká v oblasti aplikací laserových technologií, především ve strojírenské výrobě.

Největší objem prací společnosti LASER-TECH, spol. s r.o. představují v současné době výrobní kooperace v oblasti laserového řezání plechů. Za dobu své existence přijala řádově desítky tisíc objednávek a poskytla tyto služby tisícům spokojených zákazníků jako LASER JOB SHOP. K zákazníkům patří nejen české firmy, ale i řada firem německých, rakouských, francouzských, švýcarských, britských, slovenských a dalších, a tak se jednotlivé komponenty zhotovené společností LASER-TECH, spol. s r.o. dostávají do mnoha zemí světa.

Firma je držitelem certifikátu systému řízení kvality dle standardu ISO 9001:2000 pro oblasti laserového zpracování materiálu včetně navazujících a dokončovacích operací.

### Nabízíme vám kvalitní zpracování plechu CNC technologiemi na moderních strojích firmy TRUMPF – krátké dodací lhůty a velmi příznivé ceny

Ke kooperačnímu laserovému řezání plechů slouží především tři laserové řezací systémy a to laserový řezací stroj Trumatic L3050 s plynovým CO<sub>2</sub> laserem o výkonu 5000 W, laserový stroj Trumatic LY2500 s pevnolátkovým Nd:YAG laserem o výkonu 800 W - oba od firmy TRUMPF a laserový stroj Laserblade s CO<sub>2</sub> laserem o výkonu 2500 W od britské firmy ELECTROX.

V oblasti komplexního zpracování plechů společnost LASER-TECH, spol. s r.o. dále nabízí navazující kovoobráběcí a zámečnické práce, např. ohýbání na CNC-ohraňovacím lisu TrumaBend V85S od firmy TRUMPF, vrtání a řezání závitů aj. Při svařování metodami MIG/MAG a TIG jsou používány nejmodernější svařovací agregáty firmy FRONIUS. V kooperaci může zajistit prakticky všechny běžné povrchové úpravy dílců.

Laserové řezání plechů je běžně zajišťováno z materiálu dodaného společností LASER-TECH, spol. s r.o., která nabízí také zajištění dopravy hotových výrobků k zákazníkovi zpravidla do 24 hodin po dokončení výroby.

Společnost LASER-TECH, spol. s r.o. pružně reaguje na požadavky zákazníků. Je schopna v oblasti laserového řezání zajistit kusovou výrobu i desetitisícové série s termínem dodání od několika hodin do několika dnů. Pro zajištění výroby součástí na NC řízených strojích vám pracoviště CAD/CAM zajistí komplexní zpracování výkresů, příp. jiných předloh. Lze použít i vámi předaná data ve formátu DWG, DXF a CDR.

Společnost LASER-TECH, spol. s r.o. také zakoupila od firmy ELECTROX laserový popisovací systém Scriba II D40 a vybudovala nové pracoviště, které je využíváno pro zakázkovou činnost především v oblasti průmyslového popisu a značení.

**Zveme vás k návštěvě našeho pracoviště laserových technologií a komplexního zpracování plechů v Olomouci. Máte možnost využít mnohých předností laserových technologií při realizaci vašeho výrobku a dosáhnout tak jeho vysoké kvality při zachování příznivé ceny.**