

7-8
2006

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA
FINE MECHANICS AND OPTICS

automatizace hybná síla průmyslu

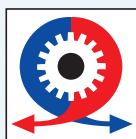
AUTOMATIZACE

Měřicí, řídicí, automatizační
a regulační technika

Těšíme se na Vaši návštěvu!

18. – 22. 9. 2006
Brno – Výstaviště

Společně s MSV



MSV 2006

48. mezinárodní
strojírenský
veletrh

A member of World - F.I.M.A.



Spolupořadatel:



Českomoravská
elektrotechnická asociace

Veletrhy Brno, a.s.
Výstaviště 1
CZ - 647 00 Brno
Tel.: +420 541 152 926
Fax: +420 541 153 044
automatizace@bv.cz
www.bv.cz/automatizace

BVV

**Veletrhy
Brno**

omsr
LIGHTING/LEUCHTEN

výrobno obchodná spolupráca:

OMS s.r.o.

Čáčov 292, 905 01 Senica, Slovenská republika

tel., fax: 00421 34/6574 776, 6574 750, 6574 233

<http://www.oms.sk>, e-mail: oms@oms.sk



CONEKO

1. cena zlatý Leonardo
výstava CONEKO 2006

light+building 2006

stánok OMS
výstava Light+Building Frankfurt 2006



OMS je členom DIALUXu



DIALux
New member of Dialux

CCS - nová RGB technológia



REDAKČNÍ RADA

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

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

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

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

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

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

Odpovědný zástupce vydavatele: Jan ŘÍDKÝ, CSc.

Šéfredaktor: dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA

Adresa redakce v Olomouci (předplatné, nakladatelské služby):

SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc,
tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: pelclova@optnw.upol.cz

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

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

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

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

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

V Slovenské republice rozšiřuje a objednávky přijímá:

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

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

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

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2006

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS
ROČNÍK 51 7 - 8/2006

OBSAH

Nový přístup v návrhu NOLM ako OTDM demultiplexora (D. Grendár, M. Dado, M. Bystrianský, J. Dubovan).....	191
Rozpoznávání záhlavia paketu pomocou TOAD (M. Bystriansky, J. Dubovan, M. Dado, D. Grendár).....	195
Všeobecné aspekty bezpečnosti a označovanie svietidiel značkou CE (P. Horňák).....	198
Kolorimetrické vyhodnocování malých fázových změn vlnového pole (A. Mikš, J. Novák).....	203
Řádkový CCD snímač pro technický spektrometr (L. Bartoněk, J. Keprt).....	209
OPTOMETRIE 2006 (J. Wagner).....	213
Křížový stolek do stolní elektronové svářečky (I. Vlček, M. Zobač).....	214
Topografie povrchu pevných těles pomocí přístroje Form Talysurf (M. Havelková, H. Hiklová, J. Vojtěchovská).....	217
OMS – výrobca svietidiel špičkovej kvality	221
AURA – Světlo ve všech jeho podobách (J. Kolařík).....	222
PHILIPS k službám (P. Horňák).....	222
Světový veletrh sběratelství (jpe)	223
9. bratislavský optický seminár slávnostne (I. Glesk, D. Senderáková).....	224
Z dílny starých mistrů	225
Z technické knihovny (P. Horňák).....	226
Nové přístupy, ktoré špecifikujú kritéria pre svetelný komfort a kvalitu osvetlenia vnútorných pracovných priestorov (P. Horňák).....	227

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 80 Kč včetně DPH

ADVISORY BOARD

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

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

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

FINE MECHANICS AND OPTICS

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

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

Editor: Jan ŘÍDKÝ

Managing Editor: Jaroslav NEVŘALA

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

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

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

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

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

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

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

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

Papers are reviewed.

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2006

FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL
VOLUME 51 7 - 8/2006

CONTENTS

The new approach in the NOLM design as an OTDM demultiplexer (D. Grendár, M. Dado, M. Bystrianský, J. Dubovan).....	191
Optical Packet Header Recognition using Sagnac loop (M. Bystriansky, J. Dubovan, M. Dado, D. Grendár).....	195
Security and CE marking of lighting units - general aspects (P. Horňák).....	198
Phase evaluation using interference of polychromatic light and colorimetric analysis (A. Mikš, J. Novák).....	203
Linear CCD sensor for technical spectrometer (L. Bartoněk, J. Keprt).....	209
Optometry 2006 (J. Wagner).....	213
X-Y stage for electron beam welder (I. Vlček, M. Zobač).....	214
Solid Surface Topography by Form Talysurf Series 2 Instrument (M. Havelková, H. Hiklová, J. Vojtěchovská).....	217
OMS - high quality lamp producer	221
AURA - light in all its appearances (J. Kolařík).....	222
PHILIPS at your disposal (P. Horňák).....	222
Hobby of collecting world trade fair (jpe).....	223
The 9th BRATISLAVA OPTICAL WORKSHOP SOLEMNLY (I. Glesk, D. Senderáková).....	224
From technical library (P. Horňák).....	226
New approaches specifying light comfort criteria and quality of indoor working area illumination (P. Horňák).....	227

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: 80 Kč incl. VAT

Nový prístup v návrhu NOLM ako OTDM demultiplexora

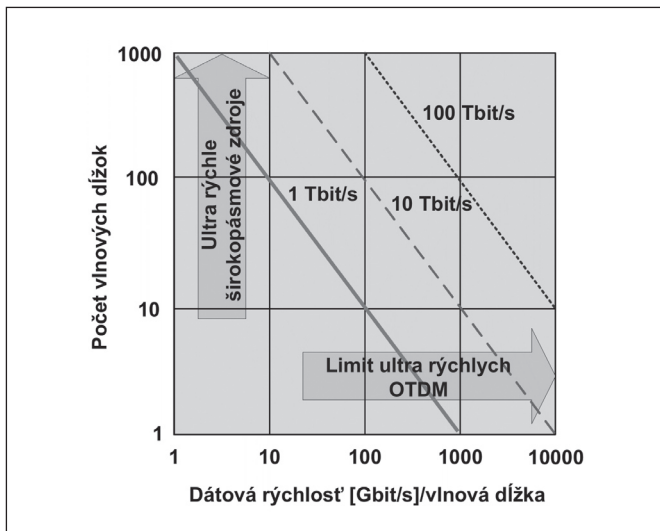
Tento článok opisuje nový pohľad na návrh NOLMu ako OTDM demultiplexora. Prvá časť článku sa venuje teoretickým predpokladom, ďalej nasleduje matematické vyšetrenie zvolenej architektúry na záver sú uvedené simulácie takto navrhnutého demultiplexora.

Kľúčové slová: Nelineárne optické slučkové zrkadlo (NOLM), optický časovo delený multiplex (OTDM), rotácia nelineárnej polarizácie, rotátor, špičkový výkon

1. ÚVOD

Zvýšenie prenosovej kapacity budúcich komunikačných sietí je naďalej významným faktorom ich ďalšieho rozvoja. V súčasnosti môže byť táto úloha splnená len vďaka výhode optických sietí, kde sú použité nasledujúce multiplexné techniky: vlnovo delený multiplex (WDM) a časovo delený multiplex (TDM). Vo WDM systémoch môžeme prenosovú kapacitu zvýšiť zvyšovaním počtu vlnovo delených kanálov a v TDM systémoch zvýšenie prenosovej kapacity zabezpečí zvyšovanie prenosovej rýchlosti v jednotlivých kanáloch. Kapacitu môžeme ďalej zvyšovať použitím nových modulačných formátov alebo pridávaním nových prenosových okien.

Tradičné TDM systémy boli realizované komerčne dostupnou elektronikou s rýchlosťou do 10 Gbit/s. Na realizáciu vyšších kanálových rýchlostí je treba použiť optický časovo delený multiplex (OTDM). Na rozdiel od WDM, kde je multiplex vytvorený združením viacerých, relatívne úzkopásmových kanálov na samostatných vlnových dĺžkach, OTDM multiplexuje kanály v časovej oblasti, ktoré sú potom prenášané na jednej vlnovej dĺžke extrémne vysokou rýchlosťou, obr. 1.



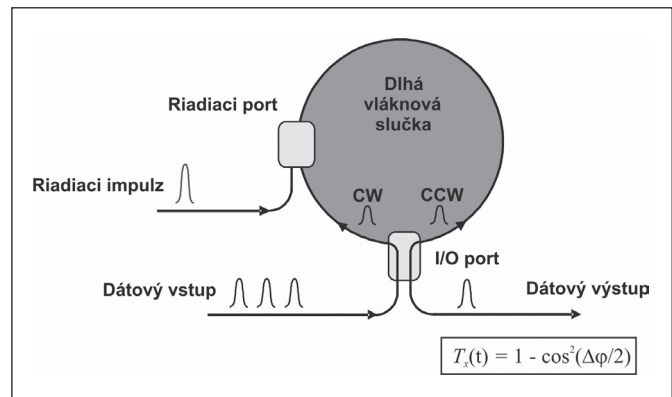
Obr. 1 Porovnanie WDM a OTDM systémov z hľadiska prenosovej rýchlosti

2. NELINEÁRNE OPTICKÉ SLUČKOVÉ ZRKADLO (NOLM)

Vláknový Sagnacov interferometer, tiež nazývaný nelineárne optické slučkové zrkadlo, bol navrhnutý na také aplikácie ako optické spínače, demultiplexory, fázové združovače a módovo blokové vlákňové lasery [1-3].

NOLM, použitý ako ultra rýchly demultiplexor, má veľký potenciál demultiplexovať dáta s rýchlosťou väčšou ako 1 Tbit/s ak pracuje na základe ultra rýchlych Kerrových efektov v optickom vlákne [4]. Jeho nelineárne charakteristiky sa môžu tiež využiť aj na iné plne optické aplikácie akými sú napr. filtrovanie a logické operácie.

NOLM je schematicky znázornený na obr. 2. Sled dátových impulzov, ktorý sa má demultiplexovať, vstupuje do vstupného I/O portu zariadenia a je rozdelený do dvoch proti sebe sa šíriacich sledov impulzov cez 3 dB delič výkonu. Riadiaci impulz je naviazaný



Obr. 2 Principiálna schéma demultiplexora NOLM

do slučky cez riadiaci port a šíri sa v smere pohybu hodinových ručičiek. Podstatou sú slabé nelineárne interakcie medzi riadiacim a dátovým impulzom počas ich vzájomného šírenia pozdĺž slučky. Dátové a riadiace impulzy sú navzájom ortogonálne polarizované a to umožňuje ich vzájomné šírenie sa (ich energia a nosné frekvencie sú rovnaké). Za neprítomnosti riadiaceho impulzu sa NOLM správa ako zrkadlo a signál je vracaný späť na vstup. Ak je nelineárna interakcia dostatočne veľká, tak v dátovom impulze šíriacom sa v smere hodinových ručičiek, sa môže indukovať fázový posun $\Delta\varphi$ (na základe krížovej fázovej modulácie s riadiacim impulzom, ktorý indukuje zmenu indexu lomu Δn) vzhľadom na dátový impulz šíriaci sa proti smeru hodinových ručičiek. Tento fázový posun je daný: $\Delta\varphi = k \cdot \Delta n \cdot L$, kde k je vlnový vektor a L je dĺžka vlákna na ktorej je účinná indukovaná zmena indexu lomu Δn . V deliči potom tieto impulzy interferujú a ak sa $\Delta\varphi$ rovná nepárnemu násobku π , tak sa potom celá energia impulzu objaví na výstupe I/O portu.

3. TEORETICKÉ PREDPOKLADY

Pri návrhu mojej modifikácie konvenčného NOLMu som sa inšpiroval prácou E. A. Kuzina¹ o samospínanom NOLMe (spínanie je zapríčinené výkonom samotného dátového impulzu)

[6]. Podstatou návrhu E. A. Kuzina je využitie rotácie nelineárnej polarizácie vďaka aplikácii krutu vlákna tvoriaceho slučku NOLMu a elementu nazývaného štvrtvlnová doštička zaradeného do slučky a nie vlastná fázová modulácia ako v konvenčnom návrhu. To poskytuje viac stupňov voľnosti z hľadiska nastavovania prenosovej charakteristiky [7].

Na základe nasledujúcich predpokladov môžem tvrdiť, že flexibilita mojej modifikácie pramení z využitia polarizačných efektov. Napr. stupeň interakcie medzi riadiacim a dátovým impulzom, ktorý je spôsobený krížovou fázovou moduláciou (XPM), závisí na relatívnej orientácii polarizácie lúčov. Vďaka nastavovaniu tejto relatívnej orientácie môžem vyladovať vlastnosti charakteristiky spínania. Špecifickou výhodou, týkajúcou sa predovšetkým OTDM aplikácií, je možnosť nastavovať kritický výkon, t.j. taký výkon riadiaceho impulzu, ktorý je potrebný na dosiahnutie maximálneho prenosu ($T = 1$), za predpokladu minimálneho prenosu pri minimálnom výkone riadiaceho impulzu.

V NOLMe spínanom riadiacim impulzom v slučke interaguje riadiaci impulz s časťou dátového impulzu, ktorý sa šíri v tom samom smere, čo má za následok spínanie. Ak je priemerný výkon riadiaceho impulzu dostatočne veľký, tak potom nastáva významná interakcia medzi riadiacim impulzom a časťou dátového impulzu šíriaceho sa opačným smerom. Výsledkom tohto javu je to, že prenos pri akokoľvek malom výkone riadiaceho impulzu nikdy nebude rovný nule a bude závisieť na priemernom výkone riadiaceho impulzu. To prakticky vyúsťuje do prítomnosti presluchu medzi demultiplexovanými a nedemultiplexovanými OTDM kanálmi. Tento nepriaznivý efekt môžeme významne zredukovať a to prostredníctvom vyššie spomínaného nastavovania relatívnej orientácie polarizácie medzi riadiacim impulzom a časťou dátového impulzu šíriaceho sa v protismere. Napr. pre lineárne dvojlomné vlákno a lineárne polarizované lúče pozdĺž hlavnej osi je interakcia medzi proti sebe sa šíriacimi dátovými a riadiacimi impulzmi o 1/3 slabšia, ak sú obe polarizácie kolmé na seba, ako v prípade keď sa tieto impulzy šíria v rovnakom smere za predpokladu, že obe polarizácie sú navzájom rovnobežné.

Praktická operácia vláknového NOLMu sa komplikuje jednak prítomnosťou dvojlomu a tiež optickou aktivitou vybudovanou krutom. Tieto efekty spôsobujú komplikovanú závislosť vlastnej demultiplexnej operácie na polarizácii vstupných impulzov. Veľmi málo článkov sa sústreďuje práve na tento problém, na závislosť prenosu od polarizácie vstupných impulzov [8-9].

Vzájomné pôsobenie medzi vlastným dvojlomom a nelineárnymi efektmi, zahrňujúcimi nelineárny index lomu a nelineárnu eliptickú rotáciu, vedie v slaboj dvojlomných vláknach k polarizačnej nestabilite pozdĺž „rýchlej“ osi. Nevyhnutný krut vlákna má za následok dodatočný kruhový dvojlom, ktorý komplikuje analýzu, ale nemení základný prejav polarizačnej nestability. Niektorí výskumníci použili kruhovo polarizovaný vstup, ktorým poukázali na možnosť tvarovania impulzov, čo je v súlade s polarizačnou nestabilitou.

Polarizačná nestabilita by sa mohla využiť na zlepšenie operácie nelineárnych spínačov, na tvarovanie impulzov ako aj na vytvorenie nových zosilňovačov, ktoré by zväčšili hĺbku modulácie signálu. Naproti tomu by mohla byť takáto polarizačná nestabilita nepriaznivá vo vláknových aplikáciách, ktoré sú pre bezchybný chod závislé na zachovávaní lineárnej polarizácie. Nevyhnutnosťou je, aby sme pochopili polarizačnú nestabilitu z dvoch hľadísk, ako sa môže táto nestabilita využiť v nelineárných aplikáciách a súčasne stanoviť kritické parametre nestability ktorým sa, ak to bude potrebné, môžeme vyhnúť.

4. ODVODENIE VZŤAHOV CHARAKTERIZUJÚCICH ŠÍRENIE IMPULZOV V NOLMe

Prvým krokom bolo teda odvodenie teoretických vzťahov popisujúcich nelineárnu polarizáciu vo vláknach. Ďalším krokom bude

odvodenie vzťahov, ktoré charakterizujú šírenie dvoch impulzov (riadiaceho a dátového) pozdĺž slučky vlákna a ich vzájomnú interakciu počas tohto šírenia.

Uvažoval som Sagnacov interferometer pozostávajúci z dvojlomného vlákna a symetrického deliča (50:50). Pri odvodzovaní týchto vzťahov som vychádzal z nasledujúcich publikácií [10] a [11].

Pre obmedzený priestor uvádzam len mnou odvodené výsledné vzťahy charakterizujúce šírenie sa dátového a riadiaceho signálu slučkou NOLMu:

Dátový signál:

$$\frac{\partial S_1^+}{\partial z} = i \left\{ \frac{hq}{2n} \cos 2\alpha_1 + k_1 \sin 2\alpha_1 \cos 2qz + \gamma_1 P_{IN_1} \left(|s_1^+|^2 + B_1 |s_1^-|^2 \right) + \gamma_1 P_{IN_2} \left(2|s_2^+|^2 + B_1 |s_2^-|^2 \right) \right\} S_1^+ + \left\{ -k_1 \sin 2qz + i \left(-\frac{hq}{2n} \sin 2\alpha_1 + k_1 \cos 2\alpha_1 \cos 2qz \right) \right\} S_1^- \quad (1)$$

$$\frac{\partial S_1^-}{\partial z} = \left\{ k_1 \sin 2qz + i \left(-\frac{hq}{2n} \sin 2\alpha_1 + k_1 \cos 2\alpha_1 \cos 2qz \right) \right\} S_1^+ + i \left\{ \frac{hq}{2n} \cos 2\alpha_1 - k_1 \sin 2\alpha_1 \cos 2qz \right\} + \gamma_1 P_{IN_1} \left(B_1 |s_1^+|^2 + |s_1^-|^2 \right) + \gamma_1 P_{IN_2} \left(B_1 |s_2^+|^2 + 2|s_2^-|^2 \right) \right\} S_1^- \quad (2)$$

Riadiaci signál:

$$\frac{\partial S_2^+}{\partial z} = i \left\{ \frac{hq}{2n} \cos 2\alpha_2 + k_2 \sin 2\alpha_2 \cos 2qz + \gamma_2 P_{IN_1} \left(2|s_1^+|^2 + B_2 |s_1^-|^2 \right) + \gamma_2 P_{IN_2} \left(|s_2^+|^2 + B_2 |s_2^-|^2 \right) \right\} S_2^+ + \left\{ -k_2 \sin 2qz + i \left(-\frac{hq}{2n} \sin 2\alpha_2 + k_2 \cos 2\alpha_2 \cos 2qz \right) \right\} S_2^- \quad (3)$$

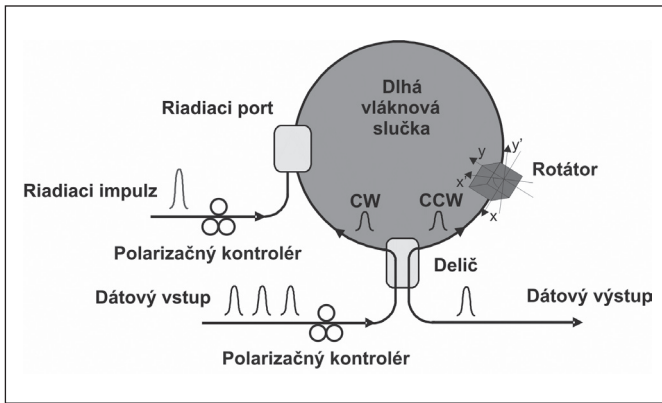
$$\frac{\partial S_2^-}{\partial z} = \left\{ k_2 \sin 2qz + i \left(-\frac{hq}{2n} \sin 2\alpha_2 + k_2 \cos 2\alpha_2 \cos 2qz \right) \right\} S_2^+ + i \left\{ \frac{hq}{2n} \cos 2\alpha_2 - k_2 \sin 2\alpha_2 \cos 2qz \right\} + \gamma_2 P_{IN_1} \left(B_2 |s_1^+|^2 + 2|s_1^-|^2 \right) + \gamma_2 P_{IN_2} \left(B_2 |s_2^+|^2 + |s_2^-|^2 \right) \right\} S_2^- \quad (4)$$

5. VÝSLEDKY SIMULÁCIÍ

Vo svojich simuláciách som vychádzal najmä z horeuvedených vzťahov. Schematické znázornenie môjho modelu je na obr. 3. Simuloval som v programe MATLAB v. 7.0.1 R14 SP1.

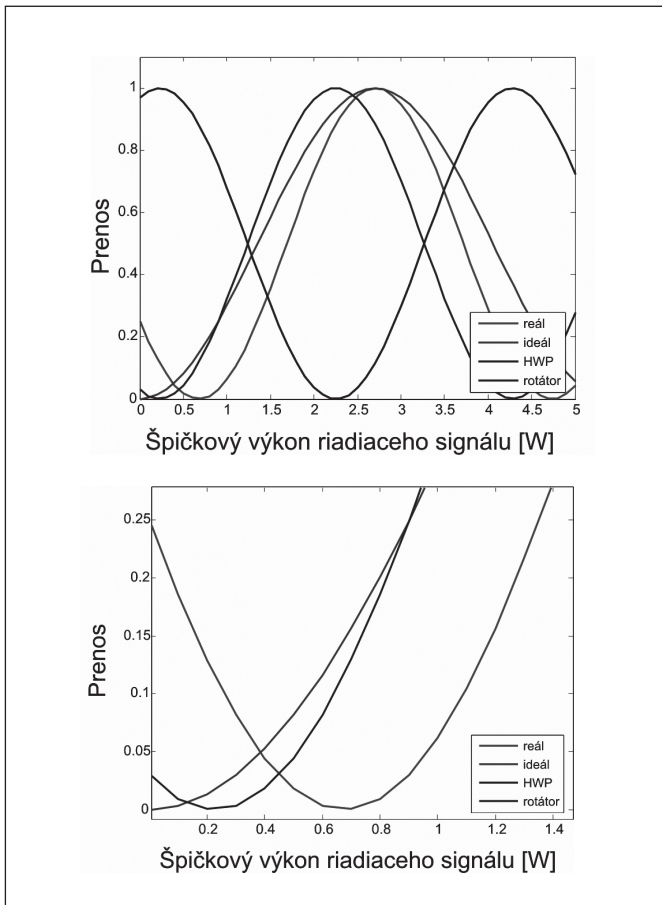
Na obr. 4 je zobrazený výkonový prenos (závislosť prenosu na špičkovom výkone riadiaceho signálu). Slučka NOLMu pozostáva zo štandardného vlákna dĺžky 300 m. Uvažoval som symetrický delič (50:50). Oba signály, dátový aj riadiaci, sú lineárne polarizované a ich uhol vstupnej polarizácie $\psi = 0^\circ$. Vlnová dĺžka dátového signálu $\lambda_s = 1550$ nm a vlnová dĺžka riadiaceho signálu $\lambda_c = 1555$ nm.

¹ Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica A. P. 51 y 216, Puebla, Mexico



Obr. 3 Schéma simulačného modelu

Zelená krivka predstavuje ideálny prípad, t.j. prípad, keď je špičkový výkon riadiaceho signálu rovný nule, tak aj prenos bude nulový. To teda znamená, že medzi demultiplexovaným a nedemultiplexovanými kanálmi na výstupe nie je prítomný žiadny presluch. V skutočnosti však aj za neprítomnosti riadiaceho signálu nastáva presluch, pretože presluch závisí na priemernej hodnote výkonu riadiaceho signálu v slučke a nie na jeho okamžitej hodnote. Červená krivka reprezentuje práve takýto reálny prípad. Ako vidieť z obrázku



Obr. 4 Výkonový prenos č. 1

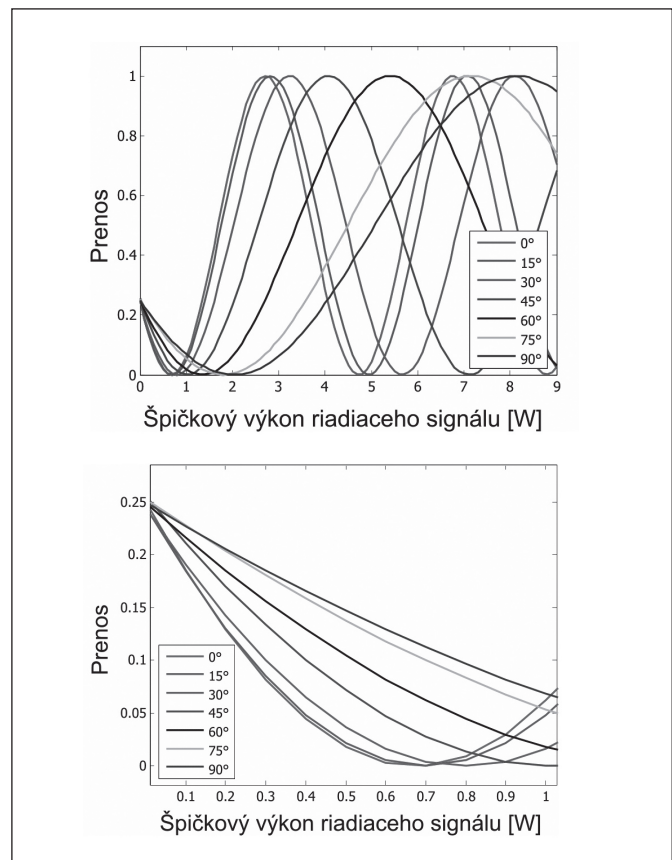
napravo, prenos (takmer 25%) nastáva dokonca aj v prípade, že špičkový výkon riadiaceho signálu je rovný nule. Čierna krivka zase predstavuje prípad, keď do slučky NOLMu (hneď za delič v CCW smere, namiesto rotátora), zaradíme polvlnovú doštičku v zmysle obr. 3. Tento prvok umožňuje otáčať rovinu polarizácie signálu o ľubovoľ-

ný uhol. Navyše však dochádza k fázovému posunu, čo spôsobuje posun charakteristiky. Uhol polvlnovej doštičky α bol nastavený tak, aby polarizácia zložky dátového signálu, šíriaca sa v CCW smere, bola kolmá na polarizáciu riadiaceho signálu ($\alpha = 45^\circ$). Ako je vidieť z obrázka naľavo, v prípade nulového špičkového výkonu riadiaceho signálu je úroveň prenosu bližšie k „úplnému“ prenosu ($T = 1$) ako v reálnom prípade (červená krivka). To teda znamená, že došlo k zmenšeniu presluchu. Prenosovú charakteristiku by sme mohli posunúť späť do počiatočnej pozície kaskádovým zapojením viacerých polvlnových doštičiek. Aby sme sa vyhlili takémuto kaskádovaniu, môžeme použiť namiesto polvlnovej doštičky rotátor. Ten pracuje podobne, ale pri jeho použití nedochádza k fázovému posunu. Modrá krivka predstavuje prenos ak je do slučky zaradený rotátor. Uhol rotátora ($\alpha = 90^\circ$), je znovu nastavený tak, aby bola polarizácia riadiaceho signálu a zložky dátového signálu, šíriaceho sa v CCW smere, navzájom kolmá. Ako vidieť na obrázku napravo, presluch je teda maximálne potlačený a je teraz len asi okolo 3%, čo je približne 8 krát menej ako v reálnom prípade (červená krivka).

Na obr. 4 som zámerné neuviedol simuláciu pre štvrtvlnnú doštičku, pretože tento vlnový retardér konvertuje lineárne polarizovaný vstupný signál na kruhovo polarizovaný a potom teda v slučke interaguje lineárne polarizovaný signál s kruhovo polarizovaným. Za takýchto podmienok však nedochádza k „úplnému“ prenosu a ani k eliminácii presluchu.

Nasledujúci obr. 5 dokumentuje spôsob nastavovania kritického výkonu riadiaceho signálu, pričom je stále splnená podmienka „úplného“ prenosu. Takúto možnosť poskytuje práve rotácia roviny polarizácie riadiaceho signálu.

Slučka NOLMu znovu pozostáva zo štandardného vlákna dĺžky 300 m. Uvažoval som symetrický delič (50:50). Oba signály, dátový aj riadiaci, sú lineárne polarizované, uhol vstupnej polarizácie dátového signálu $\psi = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$. Vlnová dĺžka dátového signálu $\lambda_s = 1550$ nm a vlnová dĺžka riadiaceho signálu $\lambda_c = 1555$ nm.



Obr. 5 Výkonový prenos č. 2

V tomto prípade nie je v slučke zaradený rotátor. Ako je vidno z obrázku napravo, úroveň presluchu bude konštantná (približne 25%) pre akúkoľvek hodnotu kritického výkonu (pre danú konfiguráciu slučky NOLM). Zmenou uhla roviny polarizácie riadiaceho signálu, v rozsahu 0° až 90° , môžeme dosiahnuť minimálnu hodnotu potrebného kritického výkonu ($\psi = 0^\circ$) a taktiež aj maximálnu hodnotu potrebného kritického výkonu ($\psi = 90^\circ$), vid obrázok naľavo. Z toho teda vyplýva, že zväčšovaním uhla roviny polarizácie riadiaceho signálu zvyšujeme (nastavujeme) úroveň kritického výkonu riadiaceho signálu.

6. ZÁVER

V článku bol prezentovaný nový prístup k návrhu OTDM demultiplexora na báze NOLMu, ktorý vylepšuje jeho vlastnosti z hľadiska medzikanálového presluchu (až 8 násobne), a to využitím rotácie nelineárnej polarizácie riadiaceho impulzu. Taktiež boli po prvýkrát odvodené matematické vzťahy popisujúce šírenia sa dátového a riadiaceho signálu slučkou NOLMu.

Táto úloha bola riešená v rámci projektu COST 291.

Literatúra

- [1] J. D. Moores, K. Bergman, H. A. Haus, E. P. Ippen: "Optical switching using fiber ring reflectors", Journal of the Optical Society of America B, vol. 8, str. 594–601, 1991.
- [2] H. C. Lim, F. Futami, K. Kikuchi: "Polarization independent wavelength-shift-free optical phase conjugator using a nonlinear

fiber sagnac interferometer", Photonics Technology Letters, vol. 11, str. 578–580, 1999.

- [3] J. W. Haus, G. Shaulov, E. A. Kuzin, J. Sanchez-Mondragon: "Vector soliton fiber lasers", Optics Letters, vol. 24, str. 376–378, 1999.
- [4] H. Shi, J. Lin: "Theoretical analysis on polarization deviation and switch window optimization in nonlinear optical loop mirror demultiplexer", Journal of Lightwave Technology, vol. 17, str. 2572–2576, 1999.
- [6] E. A. Kuzin, N. Korneev, J. W. Haus, B. Ibarra-Escamilla: "Theory of nonlinear loop mirrors with twisted low-birefringence fiber", Journal of the Optical Society of America B, vol. 18, str. 919–925, 2001.
- [7] O. Pottiez, E. A. Kuzin, B. Ibarra-Escamilla, F. Gutiérrez-Zainos, U. Ruiz-Corona, J. T. Camas-Anzueto: "High-order amplitude regularization of an optical pulse train using a power-symmetric NOLM with adjustable contrast", Photonics Technology Letters, vol. 17, str. 154–156, 2005.
- [8] N. Finlayson, B. K. Nayar, N. J. Doran: "Switch inversion and polarization sensitivity of the nonlinear-optical loop mirror", Optics Letters, vol. 17, str. 112–114, 1992.
- [9] C. Baskev Clausen, J. H. Povlsen, K. Rottwitz: "Polarization sensitivity of the nonlinear amplifying loop mirror", Optics Letters, vol. 21, str. 1535–1537 1996.
- [10] E. A. Kuzin, N. Korneev, J. W. Haus, B. Ibarra-Escamilla: "Theory of nonlinear loop mirrors with twisted low-birefringence fiber", Journal of the Optical Society of America B, vol. 18, str. 919–925, 2001.
- [11] S. F. Feldman, D. A. Weinberger, H. G. Winful: "Polarization instability in a twisted birefringent optical fiber", Journal of the Optical Society of America B, vol. 10, str. 1191–1201, 1993.

Ing. Drahomír Grendár, T-Com, Námestie slobody 6, 817 62 Bratislava, Slovenská republika

tel.: +421 2 58812655, fax: +421 2 53414936, e-mail: drahomir.grendar@t-com.sk

Prof. Ing. Milan Dado, PhD., Ing. Miroslav Bystriansky, Ing. Jozef Dubovan,

Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta, Katedra telekomunikácií, Univerzitná 1, 01 026 Žilina, Slovenská republika

tel.: +421 41 5132202, fax: +421 41 5131520, e-mail: dado@fel.utc.sk, bystriansky@fel.utc.sk, dubovan@fel.utc.sk

Technické pokyny pro autory

Príspevky 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.

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

Rozpoznávanie záhlavia paketu pomocou TOAD

Napriek tomu, že techniky elektronického spínania paketov sú schopné splniť požiadavku na šírku pásma súčasného sieťového prenosu, sú limitované možnosťami inštalovaných elektronických prvkov a nárokmi na prenesené množstvo dát, ktoré rastie každý rok. V elektronických paketovo spínaných sieťach sa optické technológie používajú len na prenos dát z jedného uzla do druhého, kde sa dáta konvertujú do elektrickej podoby, pre potreby smerovania, potom sú spracované a následne pretransformované na konci uzla opäť do optickej oblasti. Prioritou do budúcnosti je aby sme obišli tento konverzný „bottleneck“ a to tak, že sa budú spracovávať signály v plne-optickej podobe. Tento typ dátovej komunikácie, kde sú pakety smerované v optickej oblasti sa nazýva fotonické paketové spínanie alebo sa používa označenie pre sieť ako plne optická.

Kľúčové slová: TOAD, OPS, spínanie, Sagnacova slučka, paket, plne-optický, prepínač, sieť, záhlavie

1. ÚVOD

Základný krok pri vytváraní plne optickej vysielacej cesty je náhrada optoelektronických prepínačov so šírkou pásma v GHz, optickými prepínačmi so šírkou pásma THz. Plne optické prepínače taktiež nevňášajú oneskorenia spojené s optoelektronickou konverziou, a ak je to potrebné môže sa v nich uchovávať fázová informácia nesená optickou nosnou vlnou. Vylúčenie optoelektronického rozhrania tiež znižuje náročnosť hardvéru a chybovosť sieťových uzlov. Do tohto času, vedúcou technológiou pre stavbu fotonických prepínačov bola integrovaná optika. Výroba optických spínacích architektúr s vysokou dimenzovateľnosťou využívajúcich integrovanú optiku je limitovaná niekoľkými faktormi. Preto na rozdiel od elektronických prepínačov, kde veľká prieťahnosť môže byť dosiahnutá práve vysokou dimenzovateľnosťou, v optických spínacích architektúrach je veľká dátová priepustnosť zaručená veľkou šírkou prenášaného pásma.

Druhý krok v kompletizácii plne-optickej cesty je v náhrade elektronického spracovania signálov spojeného so spínaním plne-optickým spracovaním signálov. Tento prístup môže obmedziť pretečenie dát na vstupe fotonického prepínača a redukovat potrebu kontroly pretečenia.

Tretí krok v kompletizácii plne optickej cesty je v eliminácii opto-elektronickej konverzie spojenej s čítaním adresy paketu a použitím na jej mieste plne-optické rozoznanie adresy paketu.

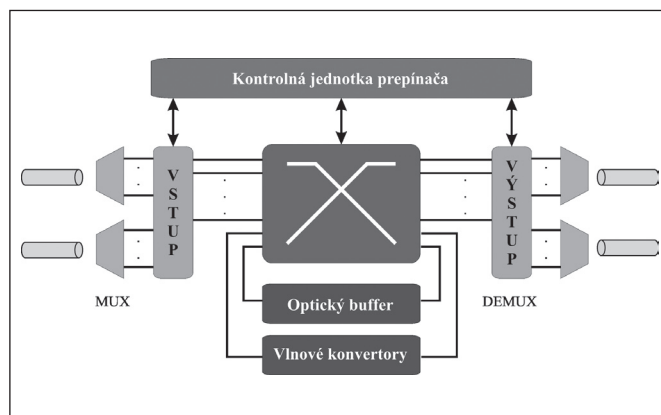
V súčasných vláknových-paketovo optických alebo okruhovo-spínaných sieťach rozpoznanie adresy a smerovanie je riadené elektronickou doménou. Ak prenosové rýchlosti vzrastú je komplikovanejšie vykonávať tieto úlohy pomocou elektroniky. Táto limitácia sa môže odstrániť implementáciou plne optického spracovania adresy a samotného smerovania fotonických paketov. S ohľadom na očakávaný vývoj optických prepínačov, sa spínacie siete budú smerovať na plne optické s optickým spracovaním signálov. So zdokonaľovaním techník spracovania OTDM signálu, je možné konštruovať vysokorýchlostné paketové prepínače bez nutnosti komplikovanej technológie konverzie vlnových dĺžok, ktorá je vyžadovaná v optickom paketovom prepínaní vo WDM sieťach.

2. ARCHITEKTÚRA OPS UZLA

Na obr. 1 je znázornená všeobecná funkčná bloková schéma optického uzla s paketovým spínaním OPS. Architektúra uzla je tvorená sadou multiplexorov a demultiplexorov, vstupného roz-

hrania, priestorovospínanej štruktúry s pridruženými optickými zásobníkmi (napr. optické opožďovacie linky - FDL) a vlnovými konvertormi, výstupného rozhrania a riadiacej jednotky prepínača. OPS uzol pracuje nasledovne: pakety prichádzajú cez vstupné vlákno, sú demultiplexované na jednotlivé vlnové dĺžky a nakoniec pokračujú na vstupné rozhranie. Každý paket sa skladá z užitočnej informácie (payload) a optickej hlavičky (optical header), ktorá sa používa pri smerovaní paketov. Hlavnou funkciou vstupného rozhrania je extrakcia optickej hlavičky z paketu a jej odoslanie riadiacej jednotke prepínača na spracovanie. Riadiaca jednotka vyhodnotí informáciu z hlavičky, určí vhodný výstupný port a vlnovú dĺžku pre paket a následne dá pokyn prepínacej štruktúre na nasmerovanie paketu. Pri smerovaní paketu môže byť potrebné ho vložiť do zásobníka, po dobu detekcie záhlavia alebo ho skonvertovať na inú vlnovú dĺžku. Riadiaca jednotka určí novú hlavičku pre daný paket a odovzdá ju do výstupného rozhrania. Keď paket dosiahne výstupné rozhranie, je k nemu priložená nová hlavička a je odoslaný na výstupnú optickú linku k ďalšiemu uzlu na svojej ceste [1].

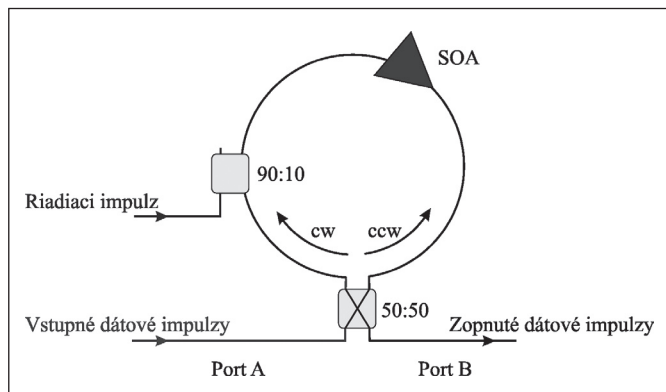
Podľa spôsobu implementácie vyššie spomínaných funkcií prepínania paketov a spracovania hlavičky, OPS siete môžu byť rozdelené do niekoľkých kategórií.



Obr. 1 Architektúra OPS uzla

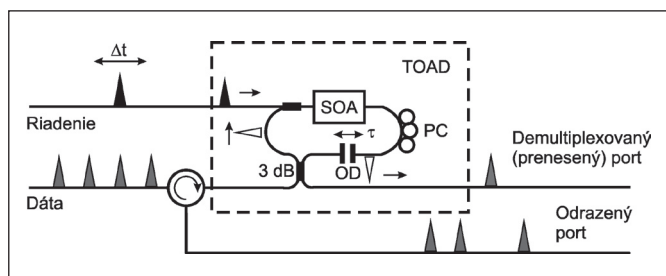
3. VYUŽITIE TOAD PRE ROZPOZNÁVANIE ZÁHLAVIA PAKETU

Podrobnejšie si popíšeme fungovanie Sagnacovej slučky – TOADu na obr. 2. Dátový impulz vstupuje do deliča, kde sa rozdelí v pomere 50:50 na dva impulzy jeden sa šíri v smere pohybu hodinových ručičiek CW a druhý v smere opačnom proti pohybu hodinových ručičiek. Ďalším impulzom, ktorý vstupuje do slučky je riadiaci. Časovú šírku spínacieho okna môžeme meniť vyosením SOA zo stredu slučky. Ak nie je prítomný riadiaci impulz, vstupuje dátový impulz (CW – zložka v smere hodinových ručičiek a CCW – zložka proti smeru hodinových ručičiek) do slučky, prechádza SOA v rôznom čase a interferuje v deliči. Keďže obidva impulzy



Obr. 2 Principiálna schéma terahertzového optického asymetrického demultiplexora

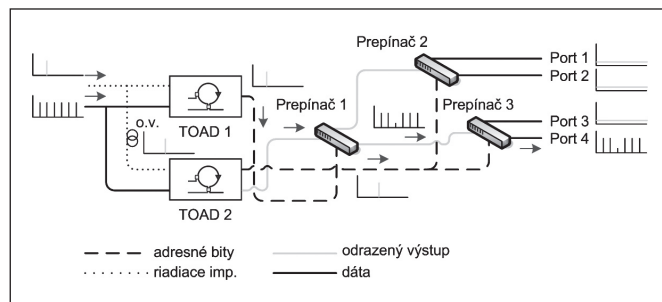
prechádzajú tým istým vláknom, nenastáva medzi nimi fázový posun a dáta sú odrazené späť na odrazený výstup. Spínanie nastane vtedy, ak je prítomný aj riadiaci impulz. Keď je riadiaci impulz injektovaný do slučky, spôsobí saturáciu SOA a tým zmení jeho index lomu, to má za následok, že impulzy, ktoré sa šíria protismerné majú rôznu zmenu fázy, preto sú dáta na deliči odrazené na prenesený výstup. Impulzy, ktoré sa šíria spolu s riadiacim impulzom a ktoré nasledujú tesne za ním, vzdialené maximálne o dvojnásobok optickej dĺžky vyosenia SOA sú prepnuté na prenesený výstup. Všetky nasledujúce dátové impulzy, ktoré prechádzajú zosilňovačom v nesaturovanom stave alebo len pomaly obnovujú zosilňovač a preto sú smerované späť na zdroj. Časové trvanie spínacieho okna je potom určené vyosením SOA zo stredu slučky. Veľkosť spínacieho okna sa skracuje, keď toto vyosenie zmenšíme [2].



Obr. 3 Zapojenie TOAD ako OTDM demultiplexor

4. ZOSTAVENIE SIMULAČNEJ SCHÉMY

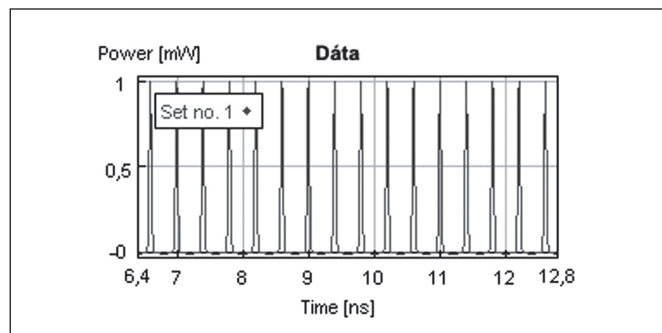
Podrobnejšie si popíšeme skladbu a princíp činnosti podľa blokovej schémy na obr. 4. Skladá sa z dvoch TOAD, ktoré pracujú vo funkcii logického člena AND, a troch priestorových prepínačov. Dátový vstup predstavuje séria za sebou idúcich impulzov (bitov), z ktorých prvé dva predstavujú dvoj-bitové záhlavie paketu. Na riadiace vstupy TOADov 1 a 2 je privedený riadiaci signál, ktorý je



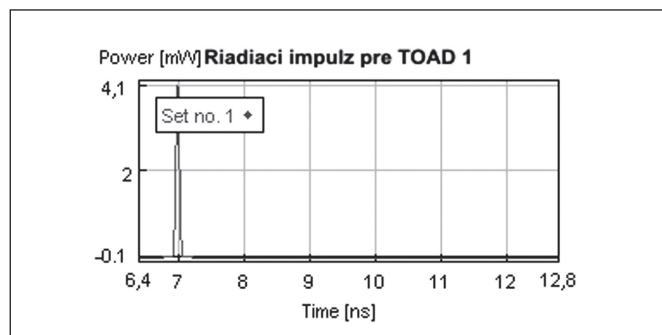
Obr. 4 Blokovaná schéma simulácie

pre druhý TOAD časovo oneskorený o jeden hodinový takt. Tým sa zabezpečí selekcia správneho riadiaceho bitu, pre každý prepínač. Výstup prvého TOADu ovláda prvý prepínač (1), ktorý ďalej smeruje tok na jeden z ďalších dvoch prepínačov (2, 3). Druhý TOAD riadi prepínače 2 a 3, ktoré prepnú dátový tok na príslušný výstupný port. Túto simuláciu sme robili pri prenosovej rýchlosti 2.5 Gbit.s^{-1} , časové okno má veľkosť 6.4 ns, šírka dátových impulzov je 40 ps, riadiaci impulz má šírku 60 ps a SOA, ktorý sa použil v TOAD má rozmery: dĺžka $500 \mu\text{m}$, šírka $3 \mu\text{m}$ a výška 80 nm . Simulácia bola vykonaná pomocou simulačného softvéru VPIphotonics verzia 7.0.1 [3].

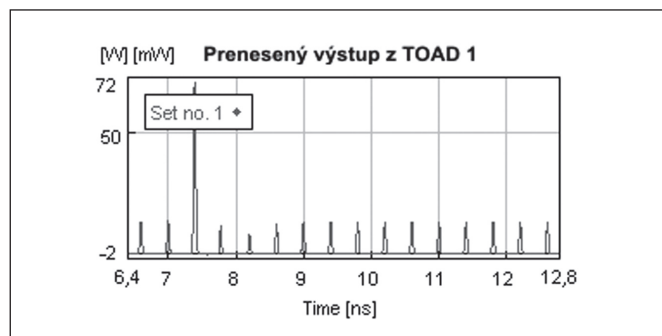
5. VÝSLEDKY SIMULÁCIÍ



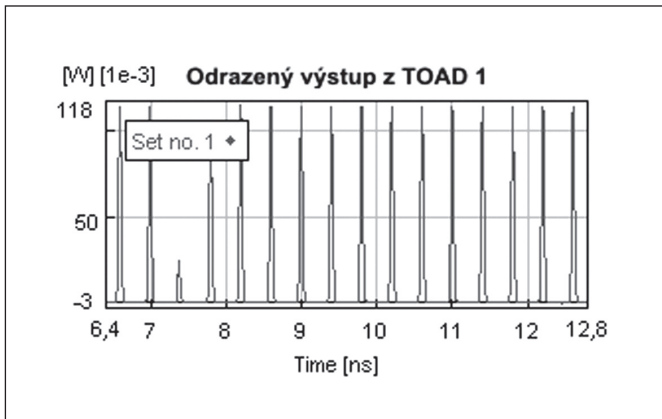
Obr. 5 Dáta privedené na vstup TOADov



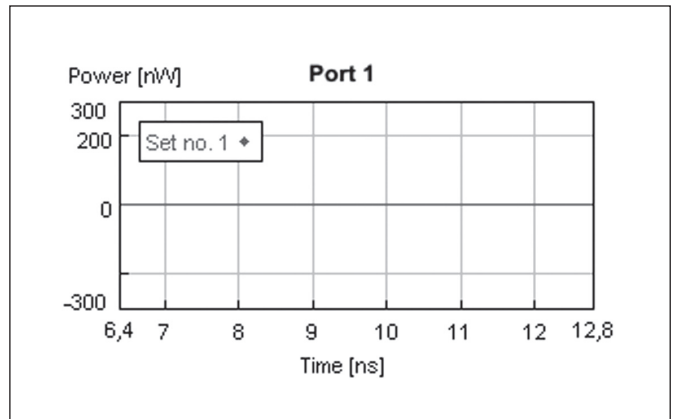
Obr. 6 Riadiaci impulz privedený na vstup TOAD 1



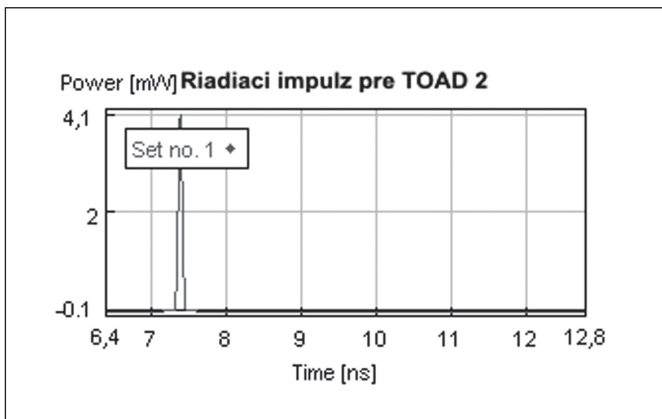
Obr. 7 Prenesený výstup z TOAD 1



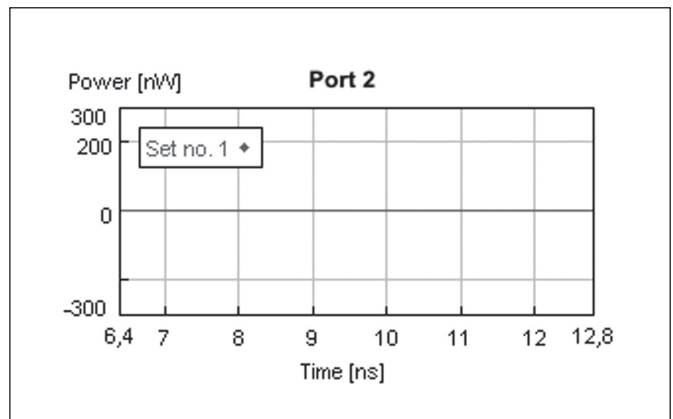
Obr. 8 Odražený výstup z TOAD 1



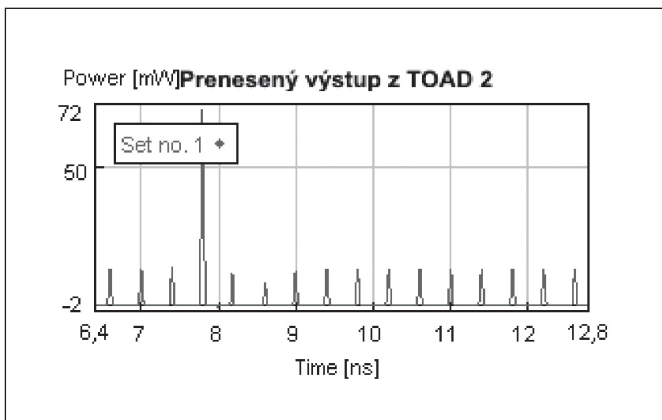
Obr. 12 Výstup na porte 1



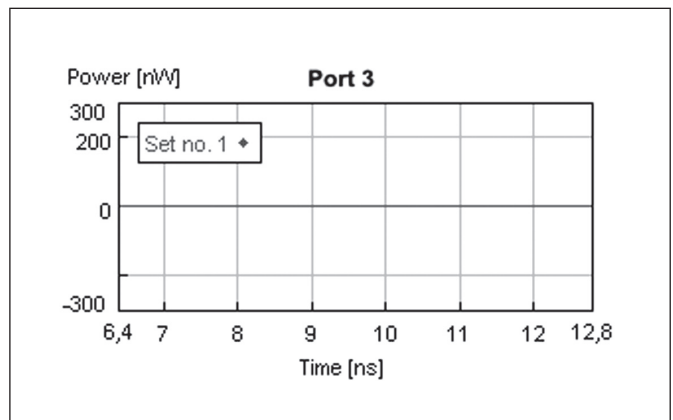
Obr. 9 Riadiaci impulz privedený na vstup TOAD 2



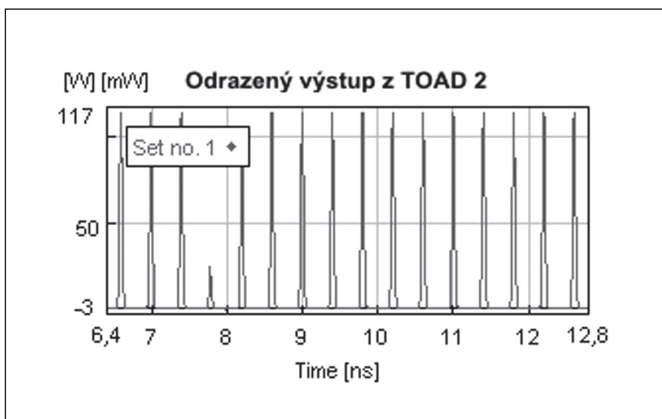
Obr. 13 Výstup na porte 2



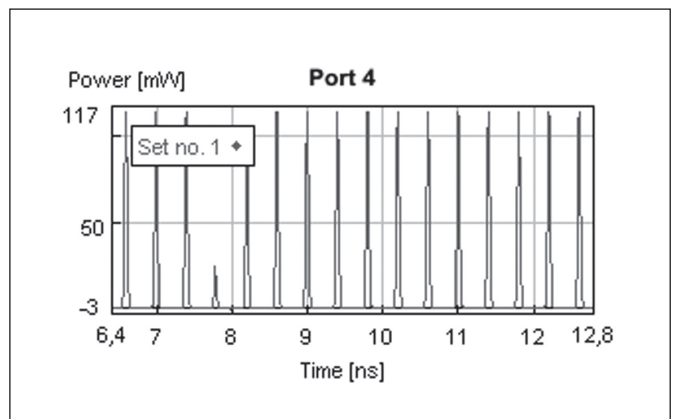
Obr. 10 Prenesený výstup z TOAD 2



Obr. 14 Výstup na porte 3



Obr. 11 Odražený výstup z TOAD 2



Obr. 15 Výstup na porte 4

6. ZÁVER

Na rozpoznanie záhlavia bola použitá Sagnacova slučka, známa pod označením TOAD. Hlavnou výhodou využívania TOADu je jeho možnosť využitia pre demultiplexovanie adresných bitov pri veľmi vysokých prenosových rýchlostiach. Vstupné výkony majú malé hodnoty – rádovo pW, fW. Na simuláciu nelinearit vo vlákne sa používa SOA zanedbateľných rozmerov. V simulácii sa podarilo dosiahnuť rozpoznanie 2 bitov záhlavia paketu pri rýchlosti 2.5 Gbit.s⁻¹ a následné smerovanie paketu, ktorý bol stále v plne optickej podobe bez konverzie optického signálu na elektrický v prípade smerovania, ako to funguje v dnešných optických paketových sieťach.

Táto úloha bola riešená v rámci projektu COST 291.

Ing. Miroslav Bystriansky, Ing. Jozef Dubovan, Prof. Ing. Milan Dado, PhD.,
Žilinská univerzita v Žiline, Elektrotechnická fakulta, Katedra telekomunikácií, Univerzitná 1, 01 026 Žilina, Slovenská republika,
tel.: +421 41 4132202, fax: +421 41 4131520, e-mail: bystriansky@fel.utc.sk, dubovan@fel.utc.sk, dado@fel.utc.sk.
Ing. Drahomír Grendár, T-Com, Námestie slobody 6, 817 62 Bratislava, Slovenská republika,
tel.: +421 2 58812655, fax: +421 2 53414936, e-mail: drahomir.grendar@t-com.sk

Pavol HORŇÁK, FEI STU Bratislava, Slovenská republika

Všeobecné aspekty bezpečnosti a označovanie svietidiel značkou CE

ÚVOD

CE označovanie na základe Vyhlásenia ES o zhode (v zmysle Smernice 93/68/EEC) je povinné a je neoddeliteľnou súčasťou označenia na svietidle pri jeho uvedení na trh ES. Označenie CE symbolizuje zhodu svietidla s príslušnými požiadavkami Spoločenstva kladenými na výrobcu. Označenie CE je potvrdením toho, že svietidlo spĺňa všetky požiadavky smerníc ES, ktoré sa na svietidlo vzťahujú.

Vyhlásenie ES o zhode možno vydať na základe vlastného posúdenia zhody (tam, kde sú všetky požiadavky pokryté harmonizovanými normami; *tento postup sa umožňuje pre svietidlá*) alebo na základe príslušného dokladu autorizovanej alebo akreditovanej skúšobne. V prípade, že sa procesu posudzovania zhody zúčastňuje aj notifikovaný orgán je výrobca povinný pripojiť k označeniu aj identifikačné číslo tohto notifikovaného orgánu. Napríklad držiteľom značky *ENEC* s číslom *21* je *EZÚ*. *EZÚ* je notifikovaným orgánom č. *1014* pre nízkonapäťovú smernicu, elektromagnetickú kompatibilitu a ďalšie Smernice ES.

Tento príspevok uvádza všeobecné ustanovenia medzinárodnej normy IEC 60598-1 Svietidlá. Časť 1: Všeobecné požiadavky a skúšky, ktorú schválila organizácia CENELEC ako európsku normu. Pre typové skúšky v procese posudzovania zhody treba využiť slovenskú verziu normy STN EN 60598-1 alebo českú technickú normu ČSN EN 60598-1.

Smernice ES a Nariadenia vlády SR

NV SR	Smernica ES	Názov	Rozsah
308/2004	73/23/EEC	Nízkonapäťová smernica	Elektrické výrobky, ktoré sa používajú v určitom rozsahu napätia
245/2004	89/336/EEC	Elektromagnetická kompatibilita	Výrobky z hľadiska nežiadúceho elektromagnetického vyžarovania a odolnosť výrobkov voči takému vyžarovaniu

Literatúra

- [1] Bystriansky, M., Dado, M., Odrobiňák, R., Grendár, D: Procesy začlenenia fotonických komunikačných systémov a sietí do navrhnutého koncepčného modelu konvergovanej infraštruktúry (z pohľadu technológií a služieb), Projekt štátneho programu, Žilina, 2006.
- [2] GRENDAŘ, D: Optický časovo delený multiplexor, Minimová práca, Žilinská univerzita v Žiline, Žilina, 2004.
- [3] TUŽIŇČIN, M.: Spínanie paketov na základe informácie záhlavia, Diplomová práca, Žilinská univerzita v Žiline, 2006.

alebo viac oddielov časti 2, potom toto svietidlo musí vyhovovať obom alebo všetkým príslušným oddielom. Poradové číslovanie oddielov časti 2 nemá osobitný význam. Všetky oddiely časti 2 sú samostatné, a preto neobsahujú odkazy na iné oddiely časti 2.

Zoznam oddielov časti 2:

1. *Stacionárne svietidlá na všeobecné používanie*
2. *Zapustené svietidlá*
3. *Svietidlá na osvetľovanie ciest a ulíc*
4. *Prenosné svietidlá na všeobecné používanie*
5. *Širokouhlé svetlomety*
6. *Žiarovkové svietidlá so vstavanými transformátormi*
7. *Prenosné svietidlá do záhrad a na podobné používanie*
8. *Ručné svietidlá*
9. *Svietidlá na fotografovanie a filmovanie (neprofesionálne)*
10. *Prenosné detské svietidlá*
11. *Svietidlá pre akvária*
12. – 16. *Doteraz nepoužité*
17. *Svietidlá na osvetľovanie javísk, televíznych a filmových štúdií (vonkajšie a vnútorné)*
18. *Svietidlá do plavárni a na podobné používanie*
19. *Svietidlá s priestupom vzduchu (bezpečnostné požiadavky)*
20. *Svietiace reťazce*
21. *Doteraz nepoužité*
22. *Svietidlá na núdzové osvetľovanie*
23. *Žiarovkové osvetľovacie systémy na malé napätie*
24. *Svietidlá s obmedzenou teplotou na povrchu*
25. *Svietidlá pre kliniky nemocníc a zdravotníckych zariadení*

Svietidlá sa skúšajú pri teplote okolia od 10 °C do 30 °C. Svetidlá sa skúšajú v dodanom stave, nainštalované ako na zvyčajné používanie podľa montážnych pokynov výrobcu. Svetelný zdroj nie je vložený, ak to nie je potrebné na skúšanie. V prípade radu podobných svietidiel výrobca musí dodať svietidlo so všetkými doplnkami, ktoré predstavujú najnevýhodnejšiu kombináciu z hľadiska skúšania.

Norma STN EN 60598-1 a oddiely časti 2 obsahujú dôležité názvy, ktoré sa vzťahujú na svietidlá:

- *základné svietidlo* (najmenší súbor zostavených častí, ktorý spĺňa požiadavky niektorého z oddielov časti 2 normy STN EN 60598-1);
- *kombinované svietidlo* (svietidlo skladajúce sa zo základného svietidla kombinovaného s jednou alebo niekoľkými časťami nahraditeľnými inými časťami alebo používané v rozličných kombináciách s inými časťami vymieňanými buď ručne, alebo použitím nástrojov);
- *polosvietidlo* (jednotka podobná svetelnému zdroju s integrovaným predradníkom, ale konštruovaná na využitie vymeniteľného svetelného zdroja alebo zapaľovacieho zariadenia);
- *svietidlo do sieťovej zásuvky* (svietidlo s integrovanou vidlicou, ktorá je prostriedkom na nainštalovanie svietidla i na pripojenie elektrického napájania);
- *svietidlo pripevňované príchytkou* (integrálna zostava svietidla a pružnej príchytky, ktorá jednoduchým úkonom rukou zabezpečuje svietidlo v náležitej polohe na jeho podkladovej ploche);
- *obyčajné svietidlo* (svietidlo s ochranou proti náhodnému dotyku so živými časťami, ale bez osobitnej ochrany proti prachu, pevným predmetom alebo vlhkosti);
- *svietidlo na všeobecné používanie* (svietidlo, ktoré nie je konštruované na osobitný cieľ);
- *stacionárne svietidlo* (svietidlo, ktoré sa nedá ľahko premiestniť z jedného miesta na druhé buď preto, lebo sa dá oddeliť len s použitím nástroja, alebo preto, že je určené na používanie mimo ľahkého dosahu; všeobecne sú stacionárne svietidlá skonštruované na trvalé pripojenie na napájanie, ale môžu sa pripájať aj pomocou vidlic alebo podobného zariadenia);
- *zapustené svietidlo* (svietidlo, určené výrobcom na úplné alebo čiastočné zapustenie do podkladovej plochy);

- *nastaviteľné svietidlo* (svietidlo, ktoré má hlavnú časť otáčateľnú alebo pohybovateľnú pomocou kĺbov, zdvíhacích alebo spúšťacích zariadení, výsuvných rúrok alebo podobných zariadení);
- *prenosné svietidlo* (svietidlo, ktoré sa počas normálneho používania môže premiestniť z jedného miesta na druhé, pričom je pripojené na napájanie);
- *svietidlo do ťažkých podmienok* (svietidlo vhodné na používanie pri ťažkých podmienkach).

2. TRIEDENIE SVIETIDIEL

Svietidlá sa triedia podľa druhu ochrany pred elektrickým prúdom, podľa stupňa ochrany pred vniknutím prachu, pevných predmetov a vlhkosti a podľa materiálu podkladových plôch.

2.1. Triedenie podľa druhu ochrany pred úrazom elektrickým prúdom

Svietidlá sa triedia podľa druhu ochrany pred elektrickým prúdom do triedy 0, triedy I, triedy II a triedy III. Každé svietidlo má len jedno zatriedenie:

- *svietidlo triedy 0 (len obyčajné svietidlá)*: svietidlo s ochranou pred úrazom elektrickým prúdom založenou na základnej izolácii, ktoré nemá prostriedky na pripojenie prístupných vodivých častí, ak také sú, na ochranný vodič stáleho elektrického rozvodu; v prípade porušenia základnej izolácie ochrana závisí od prostredia;
- *svietidlo triedy I*: svietidlo s ochranou pred úrazom elektrickým prúdom založenou nielen na základnej izolácii, ale aj na ďalších prostriedkoch na pripojenie prístupných vodivých častí na ochranný (uzemňovací) vodič v stálom elektrickom rozvode, t. j. takých prostriedkoch, ktoré znemožnia, že prístupné vodivé časti by sa stali živými v prípade porušenia základnej izolácie;
- *svietidlo triedy II*: svietidlo s ochranou pred úrazom elektrickým prúdom založenou nielen na základnej izolácii, ale aj na ďalších bezpečnostných opatreniach, ako je dvojité izolácie; nemá ochranné uzemnenie ani nezávisí od podmienok nainštalovania;
- *svietidlo triedy III*: svietidlo, v ktorom sa ochrana pred elektrickým prúdom zakladá na napájaní bezpečným malým napätím a v ktorom nevzniká vyššie napätie ako bezpečné malé napätie; *svietidlo triedy III* nesmie byť vybavené prostriedkami na ochranné uzemnenie.

POZNÁMKY

- *základná izolácia*: izolácia živých častí, ktorá je základnou ochranou pred úrazom elektrickým prúdom;
- *prídavná izolácia*: samostatná izolácia navyše použitá okrem základnej izolácie, aby chránila pred úrazom elektrickým prúdom v prípade porušenia základnej izolácie;
- *dvojitá izolácia*: izolácia skladajúca sa zo základnej a prídavnej izolácie;
- *zosilnená izolácia*: sústava jedinej izolácie živých častí, ktorá chráni pred úrazom elektrickým prúdom v rovnakej miere ako dvojitá izolácia;
- *bezpečné malé napätie (SELV)*: napätie, ktoré neprevyšuje efektívnu hodnotu 50 V striedavého prúdu medzi vodičmi alebo medzi vodičom a zemou v obvode, ktorý je izolovaný od napájacej siete takými prostriedkami, ako je bezpečnostný oddeľovací transformátor alebo menič s oddelenými vinutiami.

2.2. Triedenie podľa stupňa ochrany pred vniknutím prachu, pevných predmetov a vlhkosti

Svietidlá sa triedia podľa čísla IP triediaceho systému. Podrobnosti pozri v norme IEC 60529. Označenie udávajúce stupne ochrany sa skladá z písmen IP, za ktorými nasleduje dvojčíslicie, ktoré má tento význam:

- 0 až 6 – prvá číslica dvojčíslicia, vyjadrujúca stupeň ochrany osôb proti dotyku alebo priblíženiu k živým častiam a proti dotyku s pohybujúcimi sa časťami, ktoré sú vnútri krytu, a ochrana zariadenia proti vniknutiu pevných cudzích telies;

- 0 až 8 – druhá číslica dvojčísla, vyjadrujúca stupeň ochrany zariadenia vnútri krytu proti škodlivému vnikaniu vody.

Čísla IP sú základným označením na svietidlách, ale v prípade potreby sa okrem čísel IP môžu použiť aj symboly.

2. 3. Triedenie podľa materiálu podkladovej plochy, na ktorú je svietidlo určené

Svietidlá sa musia triediť podľa toho či vyhovujú na priamu montáž na normálne horľavú plochu vrátane prípadu, ak sú v prvom rade určené na toto použitie, alebo sú vhodné len na montáž na nehorľavé plochy.

POZNÁMKY

- *nehorľavý materiál*: materiál, ktorý nie je schopný podporovať horenie (také materiály môžu byť: kov, sadra a betón);
- *normálne horľavý materiál*: materiál s teplotou vzplanutia najmenej 200 °C, ktorý sa pri tejto teplote nedeformuje, nepovoľuje alebo nemäkne (príkladmi sú drevo a materiály na báze dreva s hrúbkou väčšou ako 2 mm);
- *lahko horľavý materiál*: materiál, ktorý sa nedá zatriediť ani ako normálne horľavý, ani ako nehorľavý.

2. 4. Triedenie podľa oblasti používania

Svietidlá musia byť zatriedené podľa toho, či sú určené do normálnych podmienok, alebo do ťažkých podmienok.

3. OZNAČOVANIE SVIETIDIEL

Na svietidle musia byť okrem značky CE zreteľne a trvanlivo uvedené tieto údaje:

- značka pôvodu (môže to byť ochranná známka, značka výrobcu alebo názov zodpovedného dodávateľa);
- menovité napätie vo voltoch (na svietidlách so žiarovkami sa vyznačí, len ak je menovité napätie iné ako 250 V);
- menovitá najvyššia teplota prostredia t_a , ak je iná ako 25 °C;
- označenie stupňa ochrany pred vniknutím prachu, pevných predmetov a vlhkosti číslom IP (ak sa na určité časti svietidiel vzťahujú odlišné čísla IP, menšie číslo sa vyznačí na typovom štítku svietidla a vyššie číslo sa vyznačí osobitne na príslušnej časti);
- typové číslo výrobcu alebo typový údaj;
- menovitý príkon alebo údaj určujúci svetelný zdroj uvedený na údajovom liste svetelného zdroja alebo typ (typy) svetelného zdroja, na ktorý je svietidlo skonštruované; ak príkon samotného zdroja nestačí, uvedie sa aj počet svetelných zdrojov a ich typ;
- výstražné upozornenie vyjadrujúce vhodnosť alebo nevhodnosť na priamu montáž svietidla na normálne horľavé plochy, alebo vhodnosť montáže svietidla do normálnych horľavých plôch alebo na normálne horľavé plochy, ak je svietidlo vybavené tepelne izolačným materiálom;
- údaje o špeciálnych svetelných zdrojoch, ak sú potrebné (napríklad na takých svietidlách, v ktorých sa používajú vysokotlakové sodíkové výbojky s vnútorným zapaľovacím zariadením);
- symbol *studeného svetla*, ak taký svetelný zdroj s dichroickým reflektorom môže nepriaznivo ovplyvniť bezpečnosť;
- pripájacie svorky musia byť jasne označené alebo inak identifikované, aby bolo jasné, ktorý vývod sa pripája na živú stranu napájania;
- symbol *najmenšej vzdialenosti od osvetľovaného objektu*, ak je potrebný, pri svietidlách, ktoré by mohli prehrievať osvetľovaný objekt, napríklad použitým typom svetelného zdroja, tvarom reflektora, nastaviteľnosti montážnych prvkov alebo umiestnením montáže;
- na svietidlách so skleneným ochranným krytom sa uvedie text: *prasknutý ochranný kryt vymeniť*;
- najvyšší počet svietidiel, ktoré sa môžu navzájom prepojiť, alebo maximálny celkový prúd, ktorý sa má viesť spájacími článkami inštalovanými na slučkové napájanie.

POZNÁMKA – *Preslučkovanie* je spôsob pripojenia napájacej siete na dve alebo viac svietidiel, pri ktorom sa použije na privedenie i odvedenie každého napájacieho vodiča tá istá svorka.

Okrem uvedeného označenia sa na svietidle, na vstavaných predradníkoch alebo v návode výrobcu dodávanom so svietidlom musia uviesť všetky podrobnosti potrebné na zabezpečenie správnej montáže, správneho používania a správnej údržby. *Písomné pokyny týkajúce bezpečnosti musia byť v jazyku prijateľnom v krajine, v ktorej sa zariadenie má namontovať.*

4. VŠEOBECNÉ KONŠTRUKČNÉ POŽIADAVKY NA SVIETIDLÁ

Svietidlá, v ktorých sú súčiastky alebo časti určené ako vymeniteľné, musia sa skonštruovať tak, aby mali dostačujúci priestor umožňujúci výmenu týchto súčiastok alebo častí bez ťažkostí a bez ovplyvnenia bezpečnosti.

Priestory na vodiče musia byť hladké a bez ostrých hrán a podobných nedostatkov, ktoré by mohli spôsobiť odieranie izolácie vodičov. Také časti, ako kovové poistovacie skrutky, nesmú prečnievať do priestorov na vodiče.

Požiadavky na elektrickú bezpečnosť integrálnych objímok sú také isté ako tie, ktoré sa vzťahujú na svietidlo ako celok s objímkou a svetelným zdrojom v náležitej polohe, úplne zmontované ako na normálne používanie.

POZNÁMKA – *Integrálna súčiastka* je nevymeniteľnou časťou svietidla a nedá sa skúšať oddelene od svietidla.

Vodiče sa môžu pripojiť na integrálne objímky akýmkoľvek spôsobom, ktorý zabezpečí spoľahlivé elektrické spojenie počas používania objímky.

Vo viaczdrojových svietidlách s trubicovými žiarivkami nesmie výmena jednej zo žiariviek ovplyvniť bezpečnosť ostatných žiariviek.

Ak sú svietidlá vybavené pripájacími vodičmi, ktoré vyžadujú osobitnú svorkovnicu na spojenie s napájacími káblami, musí byť na túto svorkovnicu dostatočný priestor vnútri svietidla alebo v škatuli, ktorá sa dodáva so svietidlom, alebo ju výrobca špecifikuje. Táto požiadavka platí na svorkovnicu pripájajúce vodiče s menovitými prierezmi vodičov neprevyšujúcimi 2,5 mm².

V prenosných svietidlách a pri stacionárnych svietidlách triedy 0, triedy I a II, ktoré sa často nastavujú, musí sa zabrániť, aby sa kovové časti stali živými časťami od uvoľneného vodiča alebo skrutky.

Spínače sa musia primerane dimenzovať. Pripevňujú sa tak, aby boli poistené proti otáčaniu a nemohli sa odstrániť rukou.

Izolačné obloženia, návlčky a podobné časti sa musia skonštruovať tak, aby sa držali spoľahlivo vo svojej polohe po namontovaní spínačov, objímok, svoriek, vodičov a podobných súčastí.

Skrutky a mechanické spojenia, ktorých porušenie môže spôsobiť, že sa svietidlo stane nebezpečným, musia vydržať mechanické namáhanie, ktoré sa vyskytuje pri normálnom používaní.

Svietidlá musia mať potrebnú mechanickú pevnosť a musia byť skonštruované tak, aby boli bezpečné po takom hrubom zaobchádzaní, aké možno očakávať pri normálnom používaní.

Mechanické závesy musia mať primerané koeficienty bezpečnosti. Hmotnosť svietidiel zavesených na ohybných kábloch alebo šnúrach nesmie prevýšiť 5 kg. Nastavovacie mechanizmy, napríklad kľby, spúšťacie zariadenia, nastaviteľné ramená alebo teleskopické rúrky musia sa skonštruovať tak, aby nestláčali, nezvierali, nepoškozovali káble a šnúry, alebo ich neskrúcali o viac ako 360° okolo pozdĺžnej osi počas prevádzky.

Kryty, tienidlá a podobné časti musia byť primerane vzdialené od všetkých tých ohrievaných častí svietidla, ktoré môžu zohriať ich materiál na teplotu vzplanutia. Nesmú sa použiť materiály, ktoré prudko horia, napríklad celulóza.

Vo svietidlách označených symbolom *F* nesmie nadmerná teplota, ktorá môže vzniknúť, následkom poruchy súčiastky, prehriať podkladovú plochu.

Svietidlá chránené pred kvapkami, dažďom, postriekaním a prúdmi vody musia byť skonštruované tak, aby mohla účinne odtecť voda, ak sa nahromadí vo svietidle, napríklad otvorením jedného alebo viacerých otvorov. Vodotesné svietidlá nesmú byť vybavené odtokom.

Železné časti svietidiel chránených pred kvapkami, dažďom, postriekaním a prúdmi vody, železné časti vodotesných a ponorných svietidiel, ktorých hrdzavením sa svietidlo môže stať nebezpečným, musia sa primerane chrániť proti hrdzaveniu.

Zapaľovače používané vo svietidlách musia byť elektricky zlučiteľné s pridruženým predradníkom v svietidle.

Svietidlá, v ktorých sú halogénové žiarovky bez integrálneho vonkajšieho obalu, musia byť vybavené ochrannou clonou. Časti priestoru svetelného zdroja musia byť konštruované tak, aby čiastočky rozbitého svetelného zdroja nemohli zhoršiť bezpečnosť svietidla. Všetky otvory vo svietidle musia byť vytvorené tak, aby sa čiastočky rozbitého svetelného zdroja nemohli dostať priamou cestou mimo svietidla vrátane zadnej časti zapusteného svietidla.

Svietidlá nesmú mať také prídavné dielce k svetelným zdrojom, ktoré by mohli spôsobiť prehriatie alebo poškodenie svetelného zdroja, jeho päťice alebo objímky, svietidla alebo prídavných dielcov. Príkladmi prídavných dielcov na žiarovky, ktoré by nemuseli spĺňať tieto požiadavky, sú miskové zrkadlové reflektory, reflektory okolo žiaroviek a pod.

Svietidlá s halogenidovými výbojkami nesmú vyžarovať nadmerné ultrafialové žiarenie.

Svietidlo nesmie mať ostré hrany, ktoré by mohli v priebehu jeho inštalácie a pri normálnom používaní alebo normálnej údržbe, spôsobiť používateľovi rizikový stav.

5. VONKAJŠIE A VNÚTORNÉ VODIČE

Svietidlá musia byť vybavené jedným z týchto prostriedkov na pripojenie na napájanie:

- stacionárne svietidlá: svorky; vidlice na zasunutie do zásuviek; pripájacie vodiče; neoddeliteľné ohybné káble alebo šnúry; adaptéry na svietidlový prípojnicový rozvod; spotrebičové zásuvky;
- obyčajné prenosné: neoddeliteľné ohybné káble alebo šnúry; spotrebičové zásuvky;
- ostatné prenosné: neoddeliteľné ohybné káble alebo šnúry;
- svietidlá inštalované: adaptéry alebo konektory na prípojnice;
- polosvietidlá: svietidlá s Edisonovým závitom alebo bajonetová päťica.

Aby sa dosiahla primeraná mechanická pevnosť, nesmie byť menovitý prierez vodičov, ktoré sú zvyčajne mimo svietidla menší ako:

- 0,75 mm² pri obyčajných svietidlách;
- 1,0 mm² pri ostatných svietidlách.

Na vnútorné vodiče dodávané so svietidlom sú používané vodiče s vhodnými rozmermi, vhodného typu, s menovitým prierezom najmenej 0,5 mm²; menovitá hrúbka ich izolácie musí byť najmenej 0,6 mm. Vodiče musia byť izolované materiálom schopným vydržať napätie a najvyššiu teplotu, ktorými sa vystavuje pri normálnom používaní bez takého znehodnotenia, ktoré by mohlo ovplyvniť bezpečnosť náležite nainštalovaného svietidla pripojeného na napájanie.

Vnútorné vodiče musia byť umiestnené alebo chránené tak, aby sa nemohli poškodiť ostrými hranami, nitmi, skrutkami a podobnými súčiastkami alebo pohybujúcimi sa časťami spínačov, kĺbov, zdvíhacích a spúšťačích mechanizmov, teleskopických rúrok a podobných častí. Vodiče sa nesmú skrúcať okolo svojej pozdĺžnej osi viac ako o 360°.

Ak vnútorné vodiče vychádzajú von zo svietidla a konštrukcia svietidla je taká, že vodiče môžu byť namáhané, vzťahujú sa na ne požiadavky na vonkajšie vodiče. Požiadavky na vonkajšie vodiče neplatia na tie vnútorné vodiče obyčajných svietidiel, ktoré sú vonku zo svietidla v dĺžke menej ako 80 mm.

6. POŽIADAVKY NA OCHRANNÉ SPOJENIE

Tie kovové časti svietidiel triedy I, ktoré sú prístupné na nainštalovanom svietidle alebo na svietidle otvorenom na výmenu svetelného zdroja, vymeniteľného štartéra alebo na čistenie a ktoré

sa môžu stať živými v prípade poruchy izolácie, musia byť trvalo pripojené na ochrannú svorku alebo ochranný kontakt. Tie kovové časti svietidla, ktoré sa môžu stať živými v prípade poruchy izolácie a nie sú prístupné po namontovaní svietidla, ale môžu prísť do styku s podkladovou plochou, musia byť trvalo a spoľahlivo pripojené na ochrannú svorku. Ochranné spojenie musí mať malý odpor. Spojenie musí byť náležite zabezpečené proti náhodnému uvoľneniu.

Ak sa svietidlo triedy I dodáva s pripojenou ohybnou šnúrou, musí mať táto šnúra ochrannú žilu zeleno-žltej farby; zeleno-žltá žila ohybného kábla alebo sa musí pripojiť na ochrannú svorku svietidla; ak je na šnúre vidlica, tak na ochranný kontakt vidlice. Nijaký vnútorný ani vonkajší vodič označený zeleno-žltou kombináciou farieb sa nesmie pripojiť na iné ako ochranné svorky.

7. OCHRANA PRED ÚRAZOM ELEKTRICKÝM PRÚDOM

Svietidlá musia byť skonštruované tak, aby ich živé časti neboli prístupné, keď je svietidlo namontované a pripojené ako na zvyčajné používanie a otvorené tak, ako je potrebné na výmenu svetelných zdrojov alebo vymeniteľných štartérov, i keď tento úkon nemožno urobiť rukou. Ochrana pred úrazom elektrickým prúdom musí sa zachovať pri všetkých spôsoboch a polohách namontovania na zvyčajné používanie, ak sú dodržané obmedzenia uvedené v montážnych pokynoch výrobcu, a pri všetkých nastaveniach nastaviteľných svietidiel. Ochrana sa musí zachovať aj po odstránení všetkých častí, ktoré sa dajú odstrániť rukou, okrem svetelných zdrojov a niektorých častí objímok. Pri prenosných svietidlách ochrana pred úrazom elektrickým prúdom musí ostať zachovaná aj vtedy, keď sa pohyblivé časti svietidiel dajú do najnevýhodnejšej polohy nastaviteľnej rukou. Kryty a iné časti poskytujúce ochranu pred úrazom elektrickým prúdom musia mať primeranú elektrickú pevnosť a musia byť spoľahlivo zabezpečené, aby sa pri zvyčajnom zaobchádzaní neuvolnili.

8. ODOLNOSŤ PROTI VNIKUTIU PRACHU, PEVNÝCH PREDMETOV A VLHKOSTI

Kryt a plášť svietidla musí poskytovať ochranu pred vniknutím prachu, pevných predmetov a vlhkosti v takej miere, ktorá je v súlade so zatriedením svietidla a dvojjčíslia IP vyznačenom na svietidle.

9. IZOLAČNÝ ODPOR A ELEKTRICKÁ PEVNOSŤ

Svietidlá musia mať primeraný izolačný odpor a elektrickú pevnosť. Meranie izolačného odporu a elektrickej pevnosti elektrických predmetov má preukázať vhodnosť použitých izolačných materiálov.

10. POVRCHOVÉ CESTY A VZDUŠNÉ VZDIALENOSTI

Povolené povrchové cesty a vzdušné vzdialenosti vo svietidlách sú založené na stupňoch znečistenia a kritériách izolácií.

11. SKÚŠKY TRVANLIVOSTI A TEPELNÉ SKÚŠKY

V podmienkach, ktoré predstavujú cyklické zohrievanie a ochladzovanie v prevádzke (*skúška trvanlivosti*), sa svietidlo nesmie stať nebezpečným ani predčasne neschopným prevádzky.

V podmienkach predstavujúcich normálnu prevádzku (*tepelná skúška*) nesmie nijaká časť svietidla (vrátane svetelného zdroja), napájací vodič vnútri svietidla ani podkladová plocha dosiahnuť takú teplotu, ktorá môže nepriaznivo ovplyvniť bezpečnosť. V podmienkach, ktoré predstavujú abnormálne podmienky prevádzky (tam, kde sú aplikovateľné, ale nepredstavujú poruchu alebo nesprávne používanie svietidla), teplota nijakej časti svietidla nesmie prekročiť hodnoty podľa tejto normy.

12. ODOLNOSŤ PROTI PÔSOBENIU TEPLA, ÚČINKOM POŽIARU A PLAZIVÝM PRÚDOM

Do normy sú začlenené požiadavky súvisiace s odolnosťou určitých častí z izolantu proti pôsobeniu tepla, proti účinkom plameňa i proti zapáleniu a proti plazivým prúdom vo svietidlách.

13. SKRUTKOVÉ SVORKY

Svorky majú rozličné konštrukcie a tvary. Patria k nim aj nasledujúce typy skrutkových svoriek používaných v svietidlách:

- *zdiarková svorka*: svorka, v ktorej sa vodič zavádza do otvoru alebo dutiny, kde sa zovrie pod driek skrutky alebo skrutiek; zvierajúca sila môže pôsobiť priamo driekom skrutky alebo cez vloženú zvierajúcu súčiastku, na ktorú tlačí driek skrutky;
- *hlavičková svorka*: svorka, v ktorej sa vodič zovrie pod hlavu skrutky; zvierajúca sila môže pôsobiť priamo hlavou skrutky alebo cez vloženú súčiastku, napríklad cez podložku, prítlačnú doštičku alebo prostriedok proti vyšmyknutiu;
- *svorníková svorka*: svorka, v ktorej sa vodič zovrie pod maticu; zvierajúca sila pôsobí priamo maticou vhodného tvaru alebo cez vloženú súčiastku, ako napríklad cez podložku, prítlačnú doštičku alebo prostriedok proti vyšmyknutiu;
- *príložková svorka*: svorka, v ktorej sa vodič zovrie pod príložku pomocou dvoch alebo viacerých skrutiek alebo matíc;
- *svorka na káblové oká*: skrutková alebo svorníková svorka určená na zovretie káblového oka alebo prípojnice pomocou skrutky alebo matice;
- *plášťová svorka*: svorka, v ktorej sa vodič zovrie pomocou matice proti dnu drážky v svorníku so závitom; vodič sa zvierajúca sila pôsobí priamo maticou, centrálnym kolíkom, ak je matica plášťová, alebo rovnako účinnými prostriedkami na prenášanie tlakovej sily z matice na vodič vnútri drážky.

Svorky sú určené prednostne na pripojenie jediného vodiča, ale pre veľký rozsah vodičov, ktoré má každá svorka zovrieť, môžu byť svorky v niektorých prípadoch vhodné na zovretie dvoch vodičov s rovnakým menovitým prierezom menším, ako je maximálna hodnota, na ktorú je svorka skonštruovaná. Určité typy svoriek, najmä zdiarkové svorky a plášťové svorky, možno použiť na preslučkovanie, keď treba spojiť dva vodiče alebo viac vodičov s rovnakým alebo nerovnakým menovitým prierezom alebo zložením. Prijaté je číselné triedenie svoriek založené na rozsahu menovitých prierezov vodičov, ktoré sa do svorky môžu pripojiť. Svorky sa môžu použiť na vodiče s menšími rozmermi, ako je určený menovitý rozsah, ak sa vodič zvierajúca sila pôsobí priamo maticou, centrálnym kolíkom, ak je matica plášťová, alebo rovnako účinnými prostriedkami na prenášanie tlakovej sily z matice na vodič vnútri drážky.

14. BEZSKRUTKOVÉ SVORKY A ELEKTRICKÉ SPOJE

Požiadavky sa vzťahujú na:

- *bezskrutkové svorky*: súčasti na spojenia v elektrických obvodoch mechanickými prostriedkami bez skrutiek;
- *trvalé spoje*: spoje skonštruované na jednorázové spojenie s tým istým vodičom (napríklad ovíjaním alebo stlačením vodiča);
- *rozoberateľné spoje*: spoje, v ktorých sa upravené prírody alebo vodiče môžu niekoľkokrát pripojiť a odpojiť (napríklad kolík alebo, plochý kolík s dutinkou alebo niektoré pružinové svorky).

POZNÁMKY

- *upravené prírody*: vodiče vybavené pomocnými súčiastkami zvyčajne natrvalo spojenými s vodičom;
- *neupravené vodiče*: vodiče bez osobitnej úpravy alebo pomocných súčiastok; izoláciu však možno odstrániť, aby sa odkryl vodič.

Svorky a spoje musia vydržať mechanické, elektrické a tepelné namáhanie, ktoré sa vyskytuje pri zvyčajnom používaní. Výrobcovia musia určiť rozmer alebo rozmery vodičov, na ktoré je súčiastka konštruovaná a druh vodiča, napríklad s plným alebo so zloženým jadrom.

15. PRÍLOHY

V tejto norme sú:

Normatívne prílohy:

- **A** Skúška na určenie, či vodivá časť je živou časťou, ktorá môže zapríčiniť zasiahnutie elektrickým prúdom
- **B** Skúšobné svetelné zdroje
- **C** Abnormálne podmienky v obvode
- **D** Bezprievanový kryt
- **E** Určenie prírastkov teploty vinutia metódou zmeny odporu
- **F** Určenie odolnosti medi a zliatin medi proti koróznemu praskaniu
- **P** Požiadavky na ochranný štít proti ultrafialovému žiareniu ako ochranné vybavenie svietidiel s halogenidovými výbojkami
- **ZA** Normatívne odkazy na medzinárodné normy a príslušné európske normy
- **ZB** Osobitné národné podmienky

Informatívne prílohy:

- **J** Vysvetlenie čísel IP stupňov ochrany (krytia)
 - **K** Meranie teploty
 - **L** Návod na praktické konštruovanie svietidiel
 - **M** Návod na prevod z tabuľky 9 uvedenej v norme IEC 60598-1 do tabuľky 11.1 Určenie povrchových ciest a vzdušných vzdialeností
 - **N** Vysvetlenie označenia svietidiel symbolom *F*
 - **Q** Skúška zhodnosti počas výroby
 - **R** Bibliografia
 - **ZC** Odchýlky **A**
 - **NA** Porovnanie európskej normy s normou IEC 60598-1
 - **NB** Triedenie materiálov podkladovej plochy svietidla podľa stupňa horľavosti (uvádza sa v STN 73 0823)
- kde prílohy **ZA**, **ZB** a **ZC** pridala organizácia CENELEC a prílohy **NA** a **NB** sú národné prílohy.

ZÁVER

Na záver treba povedať, že splnenie požiadaviek na vzorke na typovú skúšku nezabezpečuje súlad celej produkcie svietidiel s požiadavkami medzinárodnej normy IEC 60598-1. Za súlad produkcie s požiadavkami zodpovedá výrobca a okrem typového skúšania svietidla má využiť aj kontrolné skúšky a zabezpečenie kvality.

Kolorimetrické vyhodnocování malých fázových změn vlnového pole

Měření malých fázových rozdílů v optice se nejčastěji provádí interferometrickými metodami a na základě deformace interferenčních proužků můžeme určit změnu fáze vyšetřovaného vlnového pole. Při malých hodnotách změny fáze bývá problematika vyhodnocování značně obtížná a je nutno mít k dispozici finančně velmi nákladná měřící zařízení. V práci je navržena jednoduchá metoda, využívající interference polychromatického záření. Změna fáze se v interferenčním poli projeví změnou barvy. Každé barvě můžeme přiřadit určitou hodnotu změny fáze a pomocí kolorimetrických metod vyhodnotit. Metoda je vzhledem ke své jednoduchosti vhodná pro praktické využití v řadě oblastí vědy a techniky jako je např. oblast topografie ploch, měření drsnosti ploch, testování optických soustav a mikroskopie.

1. ÚVOD

S problematikou určení fáze vlnového pole se setkáváme v řadě oblastí vědy a techniky. Například v optické výrobě patří k základním úkolům určení odchylek tvaru vyráběných ploch optických prvků od jejich nominálního tvaru. Tyto odchylky vznikají v důsledku nedokonalosti technologického procesu výroby těchto ploch. Každá vyráběná plocha má na výkrese předepsáno s jakou přesností má být vyrobena a úkolem kontroly je pak zjistit, zda vyrobená plocha tyto požadavky splňuje, tj. zda je vyrobena v rámci povolených výrobních tolerancí. Klasickým způsobem se to zjišťuje nejčastěji tak, že vyrobená plocha je srovnávána s plochou vyrobenou o řád přesněji, které se říká kalibr. Kalibr se opatrně přiloží na měřenou plochu a při vhodném osvětlení jsou vidět interferenční proužky z jejichž tvaru lze usuzovat na kvalitu měřené plochy [1,3,4,5,6,8,9]. Výroba kalibrů je však dosti náročná jak časově tak i finančně a pro každou hodnotu poloměru křivosti sférické plochy musí být vyroben kalibr. Dále může dojít při procesu měření k poškrábání měřené plochy kalibrem a naopak. Bylo proto snahou pracovníků v oblasti optiky realizovat hodnocení tvaru vyráběných ploch bezkontaktní metodou. To lze provádět pomocí vhodně konstruovaných interferometrů a to buď Fizeauova typu nebo Twyman-Greenova typu [1,3,4]. S rozvojem CCD senzorů a piezoelektrických posuvů se u těchto interferometrů přešlo od vizuálního hodnocení k plně automatickému vyhodnocování tvaru optických ploch pomocí vhodných matematických algoritmů umož-

ňujících určit fázi vyšetřovaného vlnového pole na základě měření intenzity interferenčního pole vzniklého interferencí vyšetřovaného vlnového pole s referenčním vlnovým polem [10-21].

Další oblastí, v které se setkáváme s problematikou vyhodnocování fáze vlnového pole, je oblast optické mikroskopie, kde jde zejména o měření optických a jiných vlastností pozorovaného předmětu. Podrobný přehled těchto metod je uveden v knihách [1,2,3,4]. Také v oblasti topografie ploch a drsnosti ploch má problematika vyhodnocování fáze vlnového pole velký význam [1,2,3].

Při malých hodnotách změny fáze, tj. pro dráhové rozdíly menší než $\lambda/8$, kde λ je vlnová délka světla, bývá problematika vyhodnocování dosti obtížná a je nutno mít k dispozici značně nákladná měřící zařízení jakými jsou např. interferometry Fizeauova typu od firmy ZYGO nebo Twyman-Greenova typu od firmy FISBA, které využívají monochromatické záření. Cílem práce je navržení jednoduché metody a odvození teoretických vztahů pro určení fáze vlnového pole, využívající interference polychromatického záření [1,2,4,8,9]. Změna fáze se v interferenčním poli projeví změnou barvy. Každé barvě můžeme přiřadit určitou hodnotu změny fáze a následně pomocí kolorimetrických metod [7,9,23] vyhodnotit. Metoda je vzhledem ke své jednoduchosti vhodná pro praktické využití v oblasti vědy a techniky jako je např. oblast testování optických prvků a soustav, topografie ploch, měření drsnosti ploch a optické mikroskopie. Pokud je nám známo, nebyly námi získané vztahy dosud nikde publikovány.

Tabulka 1 Barevné podněty $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ pro spektrální barvy

λ	\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}	x	y	λ	\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}	x	y
380	0,001	0,000	0,007	0,174	0,005	580	0,916	0,870	0,002	0,512	0,487
400	0,014	0,000	0,068	0,173	0,005	600	1,062	0,631	0,001	0,627	0,372
420	0,134	0,004	0,646	0,171	0,005	620	0,854	0,381	0,000	0,691	0,308
440	0,348	0,023	1,747	0,164	0,011	640	0,448	0,175	0,000	0,719	0,281
460	0,291	0,060	1,669	0,144	0,030	660	0,165	0,061	0,000	0,730	0,270
480	0,096	0,139	0,813	0,091	0,133	680	0,047	0,017	0,000	0,733	0,267
500	0,005	0,323	0,272	0,008	0,538	700	0,011	0,004	0,000	0,735	0,265
520	0,063	0,710	0,078	0,074	0,834	720	0,003	0,001	0,000	0,735	0,265
540	0,290	0,954	0,020	0,230	0,754	740	0,001	0,000	0,000	0,735	0,265
560	0,595	0,995	0,004	0,373	0,624	760	0,000	0,000	0,000	0,735	0,265

2. VNÍMÁNÍ A MĚŘENÍ BAREV

Dopadá-li světlo určitého spektrálního složení do oka, vzniká v mozku barevný vjem, barva. Světlo je charakterizováno světelným tokem, který je mírou účinnosti světla při vyvolání vjemu jasu, vlnovou délkou, jíž odpovídá vjem barvy zvaný tón a čistotou, jíž odpovídá sytost. Subjektivní barevné vjemy můžeme vyjádřit číselnými hodnotami, které přesně vystihují barvu. Podle normy Mezinárodní osvětlovací komise (CIE) z roku 1931, vzniklé na základě měření velkého počtu pozorovatelů, se předpokládá, že oko vnímá třemi orgány, jejichž citlivost k barvám je vyjádřena barevnými podněty (trichromatickými členiteli) $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ spektrální barvy vlnové délky λ . Barevnými souřadnicemi (trichromatickými souřadnicemi) příslušné spektrální barvy nazýváme veličiny [23,26]

$$x = \frac{\bar{x}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}}, \quad y = \frac{\bar{y}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}}, \quad z = \frac{\bar{z}}{\bar{x} + \bar{y} + \bar{z}}. \quad (1)$$

Protože platí $x + y + z = 1$, stačí k definici barvy znát jenom dvě z těchto veličin. Barevné podněty spolu s barevnými souřadnicemi, v závislosti na vlnové délce světla, jsou uvedeny v *tabulce 1* [23,25,26]. Každá skutečná barva je určena souřadnicemi (x,y) v tzv. diagramu chromatičnosti [7,23,24]. Tyto barvy jsou aditivní směsí z barev spektra.

Při určování barevných souřadnic zdroje světla postupujeme tak, že určíme barevné podněty (trichromatické složky) X, Y, Z tohoto světla ze vztahů

$$X = \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda)W(\lambda)d\lambda, \quad Y = \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda)W(\lambda)d\lambda, \quad (2)$$

$$Z = \int_0^{\infty} \bar{z}(\lambda)W(\lambda)d\lambda,$$

kde $W(\lambda)d\lambda$ je tok světla pro vlnovou délku λ zkoumaného zdroje světla. Barevné souřadnice (trichromatické souřadnice) pak jsou

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}, \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad z = \frac{Z}{X + Y + Z}. \quad (3)$$

Předměty vidíme pomocí světla které odráží nebo které jimi prochází. Barva jimi odraženého nebo propuštěného světla závisí na barvě světla, jež na ně dopadá. Jako normy pro měření barvy světla

odraženého nebo propuštěného předmětem byly přijaty tři zdroje světla, které se získají zvláštním uspořádáním žárovek a selektivně absorbujících roztoků: zdroj A (přibližně žárovka 300 W), zdroj B, jehož světlo odpovídá přímému slunečnímu světlu a zdroj C, jehož světlo vystihuje rozptýlené denní světlo. Spektrální rozdělení energie $W(\lambda)$ světla těchto zdrojů, které se blíží světlu absolutně černého tělesa při teplotách 2856 K (A), 4874 K (B) a 6774 K (C) je uvedeno v *tabulce 2* [23,25,26]. V důsledku velkých fluktuací přirozeného denního světla, doporučila CIE řadu D zdrojů s barevnými teplotami 5500 K (D_{55}), 6500 K (D_{65}) a 7500 K (D_{75}). Zdroj D_{65} představuje průměrné denní světlo a jemu odpovídající spektrální rozdělení energie $W(\lambda)$ je uvedeno v *tabulce 2*.

Předpokládejme nyní, že světlo zdroje prochází optickou soustavou (např. filtrem, objektivem apod.) mající spektrální propustnost $T(\lambda)$ pro vlnovou délku λ , potom hodnoty barevných podnětů určíme ze vztahů

$$X = \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda)T(\lambda)W(\lambda)d\lambda, \quad Y = \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda)T(\lambda)W(\lambda)d\lambda, \quad (4)$$

$$Z = \int_0^{\infty} \bar{z}(\lambda)T(\lambda)W(\lambda)d\lambda.$$

Necháme-li bílé světlo procházet dvěma optickými soustavami majícími spektrální propustnosti $T_1(\lambda)$ a $T_2(\lambda)$, pak výsledná propustnost je dána vztahem $T(\lambda) = T_1(\lambda)T_2(\lambda)$.

Všimněme si nyní pojmu bílé světlo (achromatické světlo). Neexistuje jediná definice bílého světla. Za bílé světlo se nejčastěji považuje světlo zdroje C, D_{65} nebo izoenergetické světlo E o barevných souřadnicích $x = 1/3$, $y = 1/3$ (bod chromatičnosti izoenergetického světla). Náhradní vlnová délka (převládající vlnová délka), charakterizující barevný tón barvy, je vlnová délka, ve které spojnice bílého bodu s bodem znázorňujícím danou barvu protíná křivku spektrálních barev. Sytost barvy je definována jako vzdálenost bodu znázorňujícího danou barvu od bílého bodu, vyjádřená v procentech vzdálenosti bílého bodu od spektrálního bodu měřené na spojnici uvažovaného bodu s bodem bílým. Sytost jakékoliv spektrální barvy je 100% a sytost bílého světla je nulová. Jasnost barvy je dána velikostí složky Y . Jas daného barevného podnětu se vypočítá ze vztahu $L = 683Y$ (cd. m^{-2}). Doplnkové (komplementární) barvy jsou dvě barvy, jejichž sečtením dostaneme bílé světlo. Pro zdroj C jsou převládající vlnové délky $\lambda_1 > \lambda_2$ doplnkových barev dány vztahem $(\lambda_1 - 565,52) (497,78 - \lambda_2) = 223,02$.

Tabulka 2 Spektrální rozdělení energie $W(\lambda)$ pro normalizované zdroje světla

W(λ)									
λ	A	B	C	D ₆₅	λ	A	B	C	D ₆₅
380	9,79	22,40	33,00	49,96	580	114,44	101,00	97,80	95,79
400	14,71	41,30	63,30	82,75	600	129,04	98,00	89,70	90,01
420	21,00	63,20	98,10	93,43	620	143,62	99,70	88,10	87,70
440	28,70	80,80	121,50	104,86	640	157,98	102,20	87,80	83,70
460	37,82	88,30	123,10	117,81	660	171,96	105,00	87,90	80,21
480	48,25	95,20	123,90	115,92	680	184,43	103,90	84,00	78,28
500	59,86	94,20	112,10	109,35	700	198,26	99,10	76,30	71,61
520	72,50	89,50	96,90	104,79	720	210,36	92,90	68,30	61,60
540	85,95	96,90	102,10	104,41	740	221,66	86,90	61,50	75,09
560	100,00	102,80	105,30	100,00	760	232,11	84,70	58,10	46,42

3. VYJÁDŘENÍ FÁZE VLNOVÉHO POLE POMOCÍ BAREVNÝCH SOUŘADNIC

Abychom vyjádřili hodnotu fáze vlnového pole pomocí barevných souřadnic, využijeme k tomuto účelu polarizační interferometrii. Princip polarizační interferometrie je založen na interferenci polarizovaných paprsků [1,2,3,4,8,9]. Nejsnáze toho dosáhneme pomocí dvojlomných optických prvků [1,2,8] umístěných mezi polarizátorem a analyzátozem. Pro normovanou intenzitu světla prošlého touto optickou soustavou pak platí [1,2,4,8,9]

$$I(\alpha, \beta, u, v, \lambda) = \cos^2(\beta - \alpha) - \sin 2\alpha \sin 2\beta \sin^2 \frac{\varphi(u, v, \lambda)}{2}, \quad (5)$$

kde α je úhel mezi směrem kmitů propuštěných polarizátorem a jedním z hlavních směrů dvojlomného prvku, β je úhel mezi směrem kmitů propuštěných analyzátozem a jedním z hlavních směrů dvojlomného prvku, u a v jsou pravouhlé souřadnice vyšetřovaného bodu interferenčního pole, λ je vlnová délka světla a $\varphi(u, v, \lambda)$ je fázový rozdíl interferujících vlnových polí, platí

$$\varphi(u, v, \lambda) = \frac{2\pi}{\lambda} \delta(u, v, \lambda), \quad (6)$$

kde $\delta(u, v, \lambda)$ je dráhový rozdíl interferujících vlnových polí. Volíme-li vzájemnou polohu polarizátoru a analyzátozu tak, aby jejich propustné směry byly navzájem kolmé tj. $\beta - \alpha = \pi/2$ a úhel $\alpha = \pi/4$, potom má vztah (5) pro intenzitu I tvar

$$I(u, v, \lambda) = \sin^2 \frac{\varphi(u, v, \lambda)}{2} = \sin^2 \frac{\pi \delta(u, v, \lambda)}{\lambda}. \quad (7)$$

Hodnoty barevných podnětů v bodě o souřadnicích (u, v) pak určíme ze vztahů

$$\begin{aligned} X(u, v) &= \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda) W(\lambda) I(u, v, \lambda) d\lambda, \\ Y(u, v) &= \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda) W(\lambda) I(u, v, \lambda) d\lambda, \\ Z(u, v) &= \int_0^{\infty} \bar{z}(\lambda) W(\lambda) I(u, v, \lambda) d\lambda. \end{aligned} \quad (8)$$

Barevné souřadnice (trichromatické souřadnice) pak jsou

$$\begin{aligned} x(u, v) &= \frac{X(u, v)}{X(u, v) + Y(u, v) + Z(u, v)}, \\ y(u, v) &= \frac{Y(u, v)}{X(u, v) + Y(u, v) + Z(u, v)}, \\ z(u, v) &= \frac{Z(u, v)}{X(u, v) + Y(u, v) + Z(u, v)}. \end{aligned} \quad (9)$$

Jak je z těchto vztahů patrné, jsou barevné podněty závislé na dráhovém rozdílu $\delta = \delta(u, v, \lambda)$ a můžeme tedy na základě jejich hodnot tento dráhový rozdíl určit, známe-li jeho závislost na vlnové délce světla λ . Položme nyní

$$\delta = \delta_0 + \delta_A(u, v, \lambda), \quad (10)$$

kde δ_0 je konstantní člen a $\delta_A(u, v, \lambda)$ je funkcí souřadnic a vlnové délky světla λ . Volíme-li např. $\delta_0 = 565$ nm, pak pro $\delta_A = 0$ bude mít interferenční pole purpurovou barvu. Pro nenulovou hodnotu δ_A v některém místě interferenčního pole dojde ke změně této purpurové barvy a to i pro velmi malé hodnoty δ_A . Proto se této barvě také říká „citlivá barva“ [1,2], neboť okem můžeme snadno rozpoznat i velmi malé hodnoty δ_A . Různé způsoby experimentálního uspořádání je možno najít v knihách [1,2].

Uvažujme nyní případ, kdy člen δ_A je kvadratickou funkcí vlnové délky světla λ , potom platí

$$\delta_A = \delta_A(u, v, \lambda) = A(u, v) + B(u, v)\lambda + C(u, v)\lambda^2. \quad (11)$$

Předpokládejme nyní, že δ_A vyjadřuje malou změnu dráhového rozdílu a platí tedy $\delta_A \ll \delta_0$. Za tohoto předpokladu potom můžeme přibližně psát

$$\begin{aligned} \sin^2 \frac{\pi \delta}{\lambda} &= \sin^2 \frac{\pi(\delta_0 + \delta_A)}{\lambda} \approx \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \\ &+ \frac{\pi \delta_A}{\lambda} \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} + \left(\frac{\pi \delta_A}{\lambda} \right)^2 \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda}. \end{aligned}$$

Dosadíme-li sem za δ_A vztah (11), potom užitím vztahu (7) obdržíme

$$\begin{aligned} I &= \sin^2 \frac{\pi \delta}{\lambda} \approx \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda + B + C\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} + \\ &+ \pi^2(A/\lambda + B + C\lambda)^2 \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda}, \end{aligned} \quad (12)$$

kde jsme pro jednoduchost označili $I = I(u, v, \lambda)$, $\delta = \delta(u, v, \lambda)$, $A = A(u, v)$, $B = B(u, v)$ a $C = C(u, v)$.

Uvažujme nejprve případ, kdy intenzita světla I je lineární funkcí dráhového rozdílu δ_A . Tento případ nastane, když ve vztahu (12) zanedbáme poslední člen. Platí tedy

$$I \approx \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda + B + C\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda}$$

Dosadíme-li nyní tento vztah do vztahů (8) dostáváme pro hodnoty barevných podnětů v bodě o souřadnicích (u, v) vztahy

$$\begin{aligned} X(u, v) &= \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \left[\sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda + B + C\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \right] d\lambda, \\ Y(u, v) &= \int_0^{\infty} \bar{y}(\lambda) W(\lambda) \left[\sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda + B + C\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \right] d\lambda, \\ Z(u, v) &= \int_0^{\infty} \bar{z}(\lambda) W(\lambda) \left[\sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda + B + C\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \right] d\lambda. \end{aligned} \quad (13)$$

Jak je ze vztahů (13) patrné, můžeme z nich určit funkce $A(u, v)$, $B(u, v)$ a $C(u, v)$ známe-li hodnotu δ_0 , spektrální rozdělení energie $W(\lambda)$ světla zdroje a změříme-li hodnoty barevných podnětů $\bar{X} = X(u, v)$, $\bar{Y} = Y(u, v)$, $\bar{Z} = Z(u, v)$ v bodě o souřadnicích (u, v) . Vztahy (13) představují soustavu tří lineárních rovnic pro tři neznámé A , B a C a můžeme je upravit na maticový tvar, platí

$$\mathbf{H}\mathbf{x} = \mathbf{y}, \quad (14)$$

kde

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \\ Z_1 & Z_2 & Z_3 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix}, \quad \mathbf{y} = \begin{pmatrix} \bar{X} - X_0 \\ \bar{Y} - Y_0 \\ \bar{Z} - Z_0 \end{pmatrix}.$$

přičemž

$$\begin{aligned} X_0 &= \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \quad X_1 = \pi \int_0^{\infty} \frac{\bar{x}(\lambda) W(\lambda)}{\lambda} \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_2 &= \pi \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \quad X_3 = \pi \int_0^{\infty} \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \lambda d\lambda. \end{aligned} \quad (15)$$

Vztahy pro Y resp. Z získáme záměnou $\bar{x}(\lambda)$ za $\bar{y}(\lambda)$ resp. $\bar{z}(\lambda)$ v předchozích vztazích. Řešení soustavy rovnic (14) můžeme maticově zapsat jako

$$\mathbf{x} = \mathbf{H}^{-1} \mathbf{y}. \quad (16)$$

Jak je ze vztahů (15) patrné, pro danou hodnotu δ_0 a spektrální rozdělení energie $W(\lambda)$ světla zdroje se vypočítaná inverzní matice \mathbf{H}^{-1} a veličiny X_0, Y_0 a Z_0 nemění. Vztah (16) nám tedy umožňuje vypočítat hodnoty funkcí $A = A(u, v)$, $B = B(u, v)$ a $C = C(u, v)$ v bodě (u, v) .

Zabývejme se nyní případem, kdy *intenzita světla I je kvadratickou funkcí dráhového rozdílu δ_A* . Podle vztahu (12) tedy platí

$$I = \sin^2 \frac{\pi \delta}{\lambda} \approx \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda + B + C\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} + \pi^2(A/\lambda + B + C\lambda)^2 \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda}.$$

Dosažením do (8) dostáváme pro hodnoty barevných podnětů v bodě o souřadnicích (u, v) vztahy

$$\begin{aligned} X &= X_0 + AX_1 + BX_2 + CX_3 + A^2X_{11} + B^2X_{22} + \\ &+ C^2X_{33} + ABX_{12} + ACX_{13} + BCX_{23}, \\ Y &= Y_0 + AY_1 + BY_2 + CY_3 + A^2Y_{11} + B^2Y_{22} + \\ &+ C^2Y_{33} + ABY_{12} + ACY_{13} + BCY_{23}, \\ Z &= Z_0 + AZ_1 + BZ_2 + CZ_3 + A^2Z_{11} + B^2Z_{22} + \\ &+ C^2Z_{33} + ABZ_{12} + ACZ_{13} + BCZ_{23}, \end{aligned} \quad (17)$$

Pro koeficienty ve vztazích (17) platí

$$\begin{aligned} X_0 &= \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_1 &= \pi \int_0^\infty \frac{\bar{x}(\lambda) W(\lambda)}{\lambda} \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_2 &= \pi \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_3 &= \pi \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \lambda d\lambda, \\ X_{11} &= \pi^2 \int_0^\infty \frac{\bar{x}(\lambda) W(\lambda)}{\lambda^2} \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_{22} &= \pi^2 \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_{33} &= \pi^2 \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \lambda^2 d\lambda, \\ X_{12} &= 2\pi^2 \int_0^\infty \frac{\bar{x}(\lambda) W(\lambda)}{\lambda} \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda, \\ X_{13} &= 2\pi^2 \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} d\lambda = 2X_{22}, \\ X_{23} &= 2\pi^2 \int_0^\infty \bar{x}(\lambda) W(\lambda) \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} \lambda d\lambda. \end{aligned} \quad (18)$$

Vztahy platící pro Y resp. Z získáme záměnou hodnot $\bar{x}(\lambda)$ za $\bar{y}(\lambda)$ resp. $\bar{z}(\lambda)$ v předchozích vztazích. Jak je ze vztahů (18)

patrné, pro danou hodnotu δ_0 a spektrální rozdělení energie $W(\lambda)$ světla zdroje se hodnoty uvedených koeficientů nemění.

Vztahy (17) nám umožňují vypočítat hodnoty funkcí $A = A(u, v)$, $B = B(u, v)$ a $C = C(u, v)$ v bodě (u, v) . Výpočet však není jednoduchý, neboť je nutno řešit soustavu nelineárních rovnic. To je možno provést několika způsoby. Exaktní řešení získáme např. tak, že z třetí rovnice (17) vypočítáme $C = C(A, B)$ (řešením kvadratické rovnice pro C) a toto řešení dosadíme do první a druhé rovnice (17). Získáme tak dvě rovnice v proměnných A a B . Mají-li mít tyto rovnice společné řešení např. B , potom se musí resultant těchto rovnic rovnat nule. Vypočteme-li tedy tento resultant a položíme-li jej roven nule, dostaneme rovnici pro proměnnou A . Řešením této rovnice získáme hodnoty proměnné A . Zpětným dosazením pak získáme hodnoty proměnných B a C . Tento postup je sice exaktní, ale výpočty jsou velmi zdlouhavé a komplikované. Mnohem jednodušší je pro výpočet A, B a C užít některou z optimalizačních metod [24]. Abychom to mohli provést, definujme si funkci, jejíž minimum máme nalézt, ve tvaru

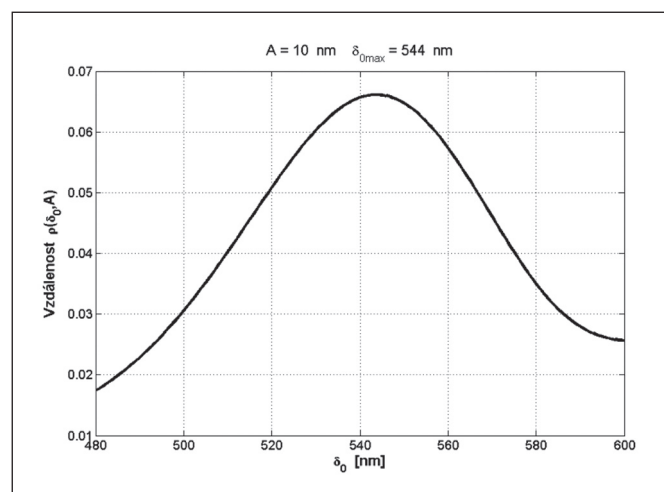
$$g(A, B, C) = (X - \bar{X})^2 + (Y - \bar{Y})^2 + (Z - \bar{Z})^2, \quad (19)$$

kde $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ jsou změřené hodnoty barevných podnětů v bodě o souřadnicích (u, v) a $X(A, B, C), Y(A, B, C)$ a $Z(A, B, C)$ jsou pravé strany rovnic (17). Užitím optimalizačních metod na funkci $g(A, B, C)$ získáme požadované hodnoty A, B, C . V případě větších fázových rozdílů, kdy je kvadratická aproximace málo přesná, aplikujeme optimalizační proces na funkci (19) s tím rozdílem, že $X(A, B, C), Y(A, B, C)$ a $Z(A, B, C)$ vypočítáme ze vztahů (7), (8), (10) a (11). Daný problém je tím řešen.

Zabývejme se nyní problémem závislosti vzdálenosti dvou bodů v diagramu chromatičnosti na dráhovém rozdílu δ_0 . Jsou-li $x(\delta_0, \delta_A)$ a $y(\delta_0, \delta_A)$ trichromatické souřadnice bodu v diagramu chromatičnosti odpovídající dráhovému rozdílu $\delta = \delta_0 + \delta_A$, $x(\delta_0, 0)$ a $y(\delta_0, 0)$ trichromatické souřadnice bodu odpovídající dráhovému rozdílu $\delta = \delta_0$, potom pro vzájemnou vzdálenost těchto bodů v diagramu chromatičnosti platí

$$\rho(\delta_0, \delta_A) = \sqrt{[x(\delta_0, 0) - x(\delta_0, \delta_A)]^2 + [y(\delta_0, 0) - y(\delta_0, \delta_A)]^2}. \quad (20)$$

Jak je ze vztahu (20) patrné, závisí tato vzdálenost na hodnotách δ_0 a δ_A . Pro danou hodnotu δ_A bude existovat taková hodnota $\delta_0 = \delta_{0\max}(\delta_A)$, kdy bude tato vzdálenost nabývat maximální hodnoty. Na obr. 1 je znázorněna závislost δ_0 na dráhovém rozdílu $\delta_A = A = 10$ nm. Jak je z obrázku patrné, bude vzdálenost bodů $\rho(\delta_0, \delta_A)$ maximální pro $\delta_0 = 544$ nm.



Obr. 1 Graf závislosti $\rho(\delta_0, \delta_A)$ pro $\delta_A = A$

Hodnotu δ_{0max} , pro kterou má vzdálenost $\rho(\delta_0, \delta_A)$ maximální hodnotu, najdeme z podmínky pro extrém

$$\frac{\partial \rho(\delta_0, \delta_A)}{\partial \delta_0} = 0.$$

Na obr. 2 je uveden graf závislosti optimálního dráhového rozdílu δ_{0max} na dráhovém rozdílu $\delta_A = A$. Závislost δ_{0max} na dráhovém rozdílu A můžeme přibližně vyjádřit lineárním vztahem

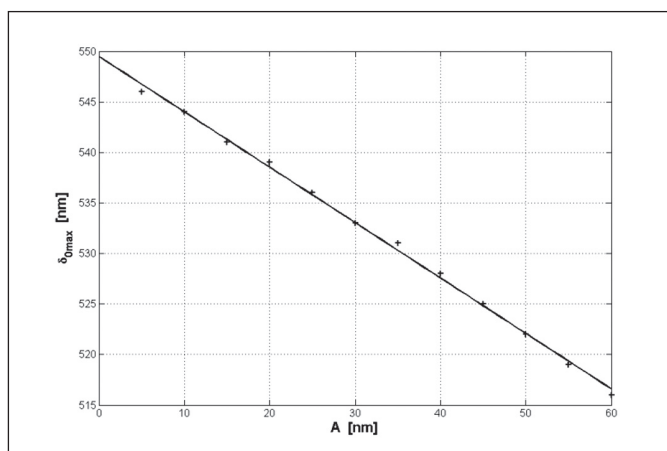
$$\delta_{0max} = -0,54825 A + 549,48,$$

kde hodnota A je uvedena v nm. Tento vztah je dostatečně přesný pro $A \in \langle 0, 50 \rangle$.

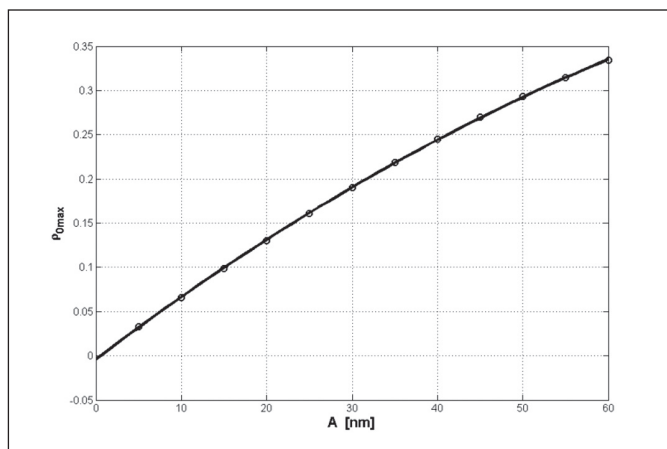
Na obr. 3 je znázorněna závislost maximální vzdálenosti bodů $\rho_{0max} = \rho(\delta_0 = \delta_{0max}, \delta_A = A)$ v diagramu chromatičnosti na dráhovém rozdílu A . Závislost ρ_{0max} na dráhovém rozdílu A můžeme přibližně vyjádřit ve tvaru

$$\rho_{0max} = -0,00002758 A^2 + 0,0073 A - 0,00398,$$

kde hodnota A je uvedena v nm. Tento vztah je dostatečně přesný pro $A \in \langle 0, 50 \rangle$.



Obr. 2 Vliv dráhového rozdílu A na optimální dráhový rozdíl δ_{0max}



Obr. 3 Vliv dráhového rozdílu A na vzdálenost bodů $\rho_{0max}(\delta_0, \delta_A)$ v diagramu chromatičnosti pro optimální dráhový rozdíl δ_{0max}

4. PŘÍKLADY VÝPOČTU

Příklad 1: Ukažme si nyní na jednoduchém příkladě užití výše uvedené metody. Pro hodnotu dráhového rozdílu $\delta_0 = 0,545 \mu\text{m}$ a pro zdroj A mají matice \mathbf{H} a \mathbf{H}^{-1} následující tvar

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} -26,6 & -17037 & -1,0814e+007 \\ -12,988 & -8333,7 & -5,2956e+006 \\ 22,313 & 10165 & 4,6409e+006 \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{H}^{-1} = \begin{pmatrix} -185,02 & 376,75 & -1,2175 \\ 0,70665 & -1,4386 & 0,0049994 \\ -0,00065827 & 0,0013398 & -4,8815e-006 \end{pmatrix}.$$

Veličiny X_0, Y_0, Z_0 pak nabývají hodnot

$$X_0 = 1381,9 \quad Y_0 = 633,2606 \quad Z_0 = 1203,8$$

Volíme-li dále $A = 10 \text{ nm}$, $B = 0$ a $C = 0$ tj. $\delta_A = 10 \text{ nm}$, potom barevné podněty X, Y a Z nabývají následujících hodnot

$$X = 1141,9 \quad Y = 562,8533 \quad Z = 1432,0$$

a pro hodnoty trichromatických souřadnic dostáváme

$$x = 0,3640 \quad y = 0,1794 \quad z = 0,4565$$

Referenční pole pak bude mít následující hodnoty: $A = 0$, $B = 0$ a $C = 0$. Těmto hodnotám odpovídají trichromatické souřadnice

$$x_0 = 0,4253 \quad y_0 = 0,2041 \quad z_0 = 0,3705$$

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že došlo k výrazné změně hodnot trichromatických souřadnic. Vypočítejme si nyní vzdálenost

$$\rho(\delta_0, \delta_A) = \sqrt{[x(\delta_0, 0) - x(\delta_0, \delta_A)]^2 + [y(\delta_0, 0) - y(\delta_0, \delta_A)]^2}$$

těchto bodů v diagramu chromatičnosti, dostáváme

$$\rho(\delta_0, \delta_A) = 0,0661,$$

což je hodnota dobře měřitelná.

Příklad 2: Uvažujme nyní pro praxi nejdůležitější případ, kdy ve vztahu (12) položíme $B = C = 0$. Platí tedy

$$I = \sin^2 \frac{\pi \delta}{\lambda} \approx \sin^2 \frac{\pi \delta_0}{\lambda} + \pi(A/\lambda) \sin \frac{2\pi \delta_0}{\lambda} + \pi^2 (A/\lambda)^2 \cos \frac{2\pi \delta_0}{\lambda}. \quad (21)$$

Vztahy (17) se pak zjednoduší na tvar

$$\begin{aligned} X &= X_0 + A X_1 + A^2 X_{11}, \\ Y &= Y_0 + A Y_1 + A^2 Y_{11}, \\ Z &= Z_0 + A Z_1 + A^2 Z_{11}. \end{aligned} \quad (22)$$

Tabulka 3 Koeficienty kvadratické aproximace pro zdroj A a $\delta_0 = 545 \text{ nm}$

X_0	X_1	X_{11}	Y_0	Y_1	Y_{11}	Z_0	Z_1	Z_{11}
1381,9	-26,5963	0,2565	633,2606	-12,9870	0,2930	1203,8	22,2889	0,0602

Ukažme si nyní s jakou přesností aproximují naše vztahy hodnoty barevných podnětů X, Y, Z . Koeficienty aproximace podle vztahů (18) jsou uvedeny pro zdroj světla A a pro dráhový rozdíl $\delta_0 = 545$ nm v *tabulce 3*. Výpočty barevných souřadnic x a y a jejich chyb δx a δy jsou uvedeny pro zdroj světla A a pro dráhový rozdíl $\delta_0 = 545$ nm v *tabulce 4*.

Tabulka 4 Přesnost kvadratické aproximace pro zdroj A a $\delta_0 = 545$ nm

A[nm]	$x_{\text{přesný}}$	$y_{\text{přesný}}$	x_{aprox}	y_{aprox}	δx [%]	δy [%]
10	0,3640	0,1794	0,3639	0,1794	0,04	0,04
30	0,2519	0,1651	0,2485	0,1690	1,32	0,77
50	0,1889	0,1949	0,1774	0,1909	6,06	2,04
100	0,2077	0,3155	0,1690	0,3012	18,6	4,52

Jak je z tabulky 4 patrné, je kvadratická aproximace zcela vyhovující pro dráhové rozdíly $A \leq 50$ nm. Přesné hodnoty souřadnic $x_{\text{přesný}}$ a $y_{\text{přesný}}$ získáme ze vztahů (7), (8) a (3), přibližné hodnoty x_{aprox} a y_{aprox} pak ze vztahů (18) a (3).

Příklad 3: Ukažme si nyní jaké hodnoty dráhového rozdílu A dostaneme z našich přibližných vztahů (18), dosadíme-li do nich za X, Y a Z přesné hodnoty odpovídající dráhovému rozdílu $\delta_A = A$ pro zdroj světla A a pro dráhový rozdíl $\delta_0 = 545$ nm. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v *tabulce 5*, kde $A_{\text{přesný}}$ je hodnota dráhového rozdílu dávající hodnoty barevných podnětů X, Y a Z . A_x, A_y a A_z jsou hodnoty dráhového rozdílu vypočtené z první, druhé a třetí rovnice (18), řešením příslušných kvadratických rovnic.

Tabulka 5 Přesnost kvadratické aproximace pro zdroj A a $\delta_0 = 545$ nm

$A_{\text{přesný}}$ [nm]	A_x [nm]	A_y [nm]	A_z [nm]	δA_x [%]	δA_y [%]	δA_z [%]
10	9,982	9,977	9,969	0,17	0,23	0,31
30	29,22	30,60	29,24	2,60	1,99	2,54
50	40,01	50,33	46,72	20,0	0,66	6,54

Jak je z tabulky 5 patrné, je přesnost vypočtených hodnot dráhového rozdílu vyhovující, je-li dráhový rozdíl $A \leq 50$ nm.

5. ZÁVĚR

V práci byla navržena jednoduchá metoda vyhodnocení malých fázových změn vlnového pole, využívající interference polychromatického záření. Změna fáze se v interferenčním poli projevuje změnou barvy. Každé barvě můžeme přiřadit určitou hodnotu změny fáze a tuto změnu pak pomocí kolorimetrických metod vyhodnotit. Je provedena podrobná teoretická analýza vyšetřované problematiky a jsou odvozeny vztahy, umožňující vypočítat hodnotu fáze v jednotlivých bodech interferenčního pole. Z provedené teoretické analýzy plyne, že pro změnu fáze vlnového pole menší než 50 nm, je zcela vyhovující kvadratický model, který umožňuje velmi snadno vypočítat změnu fáze řešením kvadratické rovnice. Metodu lze použít i v případě, že změna fáze vlnového pole je závislá na vlnové délce světla. Pro změnu fáze vlnového pole větší než 50 nm je možno tuto změnu vypočítat užitím optimalizačních metod. Metoda je vzhledem ke své jednoduchosti vhodná pro praktické využití v řadě oblastí vědy a techniky jako je např. oblast topografie ploch, drsnost ploch a mikroskopie.

Práce byla vypracována v rámci projektu MSM6840770022 Ministerstva školství ČR a grantu GA ČR 103/03/P001.

Literatura

- [1] Francon, M.: *Optical Interferometry*, Academic Press, N. Y. 1966.
- [2] Francon, M.- Mallick, S.: *Polarization Interferometers: Applications in Microscopy and Macroscopy*, Wiley-Interscience, N.Y. 1971.
- [3] Malacara, D.: *Optical Shop Testing*, John Wiley & Sons, N. Y. 1992.
- [4] Born, M.- Wolf, E.: *Principles of Optics*, Pergamon Press, N. Y. 1964.
- [5] Mikš, A.: Interferometrické metody vyhodnocování sférických ploch v optice. In: Jemná mechanika a optika. 2001, roč. 46, č. 1, s. 29-35.
- [6] Mikš, A.: *Aplikovaná optika 10*, Vydavatelství ČVUT, Praha 2000.
- [7] Jiráček, M. - Mikš, A. - Opočenský, V. - Růžek, J. - Scheufter, P. - Spěvák, M. - Stýblo, P. - Urban, M.: *Technické základy fotografie*. Komora fotografických živností, Praha 2002.
- [8] Strouhal, Č. - Novák, V.: *Optika*, JČMF, Praha 1919.
- [9] Fuka, J. - Havelka, B.: *Optika*, SPN, Praha 1961.
- [10] Creath, K.: *Progress in Optics* Vol. XXVI, E. Wolf, Ed., Elsevier Science Publisher, Amsterdam 1988.
- [11] Groot, P.: *Applied Optics* 34, 4723-4730 (1995).
- [12] Larkin, K. G. - Oreb, B. F.: *J. Opt. Soc. Am. A* 9, 1740-1748 (1992).
- [13] Schwider, J.: *Progress in Optics* Vol. XXIX, E. Wolf, Ed., Elsevier Science Publisher, Amsterdam 1990.
- [14] Novák, J.: Five-step phase-shifting algorithms with unknown values of phase shift. *Optik*. 2003, Vol. 114, No. 2, p. 63-68.
- [15] Novák, J.: Analýza víceokrových algoritmů pro metodu elektrooptické holografie. *Jemná mechanika a optika*. 2003, roč. 48, č. 4, s. 108-113.
- [16] Novák, J.: Analysis of Phase Evaluation Algorithms in an Interferometric Method for Static Deformation Measurement. *Acta Polytechnica*, Vol. 42, No. 4, 2002, p. 35-41.
- [17] Novák, J.: New Phase Shifting Algorithms Insensitive to Linear Phase Shift Errors. *Acta Polytechnica*, Vol. 42, No. 4, 2002, p. 51-56.
- [18] Novák, J.: Víceokrové algoritmy nezávislé na lineární chybě fázového posuvu. *Jemná mechanika a optika*. 2002, roč. 47, č. 11-12, s. 348-352.
- [19] Novák, J.: Analýza chyb při měření deformací metodou elektro-optické holografie. *Jemná mechanika a optika*. 2000, roč. 45, č. 6, s. 166-170.
- [20] Mikš, A. - Novák, J.: Interferometric method for deformation measurement of structures in industry. *Proc. of SPIE* Vol. 5036, SPIE 2002, p. 20-24.
- [21] Novák, J. - Mikš, A.: Comparison of multiframe phase-shifting algorithms with unknown value of phase shift. *Proc. of SPIE* Vol. 5144, SPIE 2003, p. 86-95.
- [22] McCamy, C.S.: Simulation of Daylight for Viewing and Measuring Color. *Color Res. Appl.*, 19, pp. 434-445 (1994).
- [23] Malacara, D.: *Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications*. SPIE Vol. No.: PM105 (2004).
- [24] Gill, P. E., Murrey, W.: *Numerical Methods for Constrained Optimization*. Academic Press, N.Y. 1974.
- [25] <http://www.cie.co.at/framepublications.html>.
- [26] <http://www.cvrl.org/>

Prof. RNDr. Antonín Mikš, CSc., katedra fyziky, Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice.

tel: 224354948, fax: 233333226, e-mail: miks@fsv.cvut.cz

Ing. Jiří Novák, PhD., katedra fyziky, Stavební fakulta ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice.

tel: 224354435, fax: 233333226, e-mail: novakji@fsv.cvut.cz

Řádkový CCD snímač pro technický spektrometr

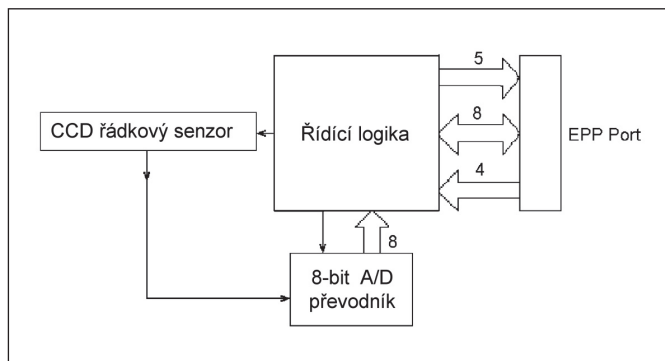
V tomto článku je popsána konstrukce rozhraní řádkového CCD snímače ILX511 vhodného pro snímání obrazové informace, například ve spektroskopii, který obsahuje 2048 efektivních pixelů s velikostí $14 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ při ultravysoké citlivosti. Komunikace snímače s počítačem je realizována pomocí standardního paralelního rozhraní osobního počítače v módu EPP bez nutnosti další přídavné technické podpory. Kontinuita přenosu dat je zajištěna programovým přerušením, čímž je možné dosáhnout nízké pořizovací ceny. Verifikace vzniklé řádkové CCD kamery je demonstrována na příkladě snímání optického spektra rtuťové výbojky.

1. ÚVOD

Měření světelné intenzity je otázka stále velmi aktuální. Současný trend měření je ve spolupráci se systémem pro zpracování dat. Schéma zapojení měřicího zařízení pro snímání průběhu intenzity je založeno na použití vhodného obrazového detektoru, jehož signál je úměrný intenzitě světla. Získaný signál je dále digitalizován a pomocí počítačového rozhraní přenesen a uložen do paměti hostitelského počítače pro další zpracování. Celé zařízení může být například konstruováno ve formě vhodného adapteru, který je umístěn do počítače. Uvedené zařízení vyrábí například firma Heureka Messtechnik GmbH Köln GERMANY (<http://www.eureca.de>) která, mimo jiné, nabízí řádkovou kameru typu LSO-2048SH1-8EPP v příslušné cenové relaci.

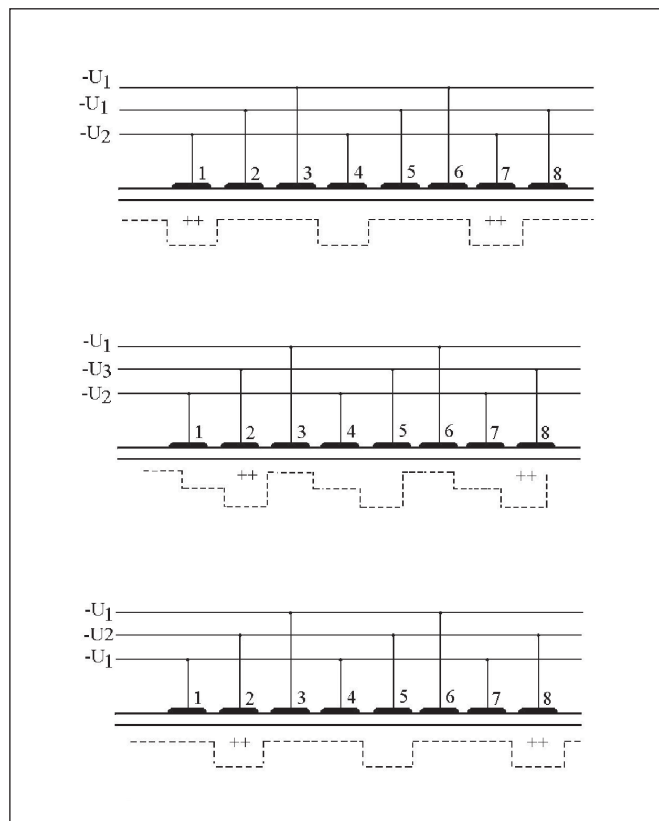
2. PRINCIP NÁBOJOVĚ VÁZANÝCH STRUKTUR (CHARGE COUPLE DEVICES)

Nábojově vázané struktury (CCD) jsou senzory v pevné fázi, které byly objeveny v roce 1969 a ve srovnání s vakuovou snímačící elektronikou mají především malou hmotu, vysokou životnost a spolehlivost a také jednoduchou technologii výroby. Jsou tvořeny řadami jednoduchých struktur MIS (kov - izolátor - polovodič) vytvořených na běžném polovodičovém substrátu tak, že pásy kovových elektrod senzoru vytvářejí řádky (1D) nebo matice (2D). Pro příklad přenosu náboje uvažujme například obvod s 8 elektrodami, kde na každou třetí je přiveden řídicí impuls. Vhodným přepínáním těchto impulsů (napětí) dochází k posunu náboje, jak je ilustrováno na obr. 2a), 2b), 2c).



Obr. 1 Obecné blokové schéma zařízení pro řádkové snímání intenzity světla ve spojení s osobním počítačem

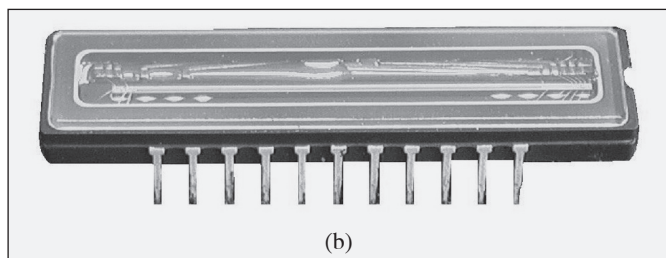
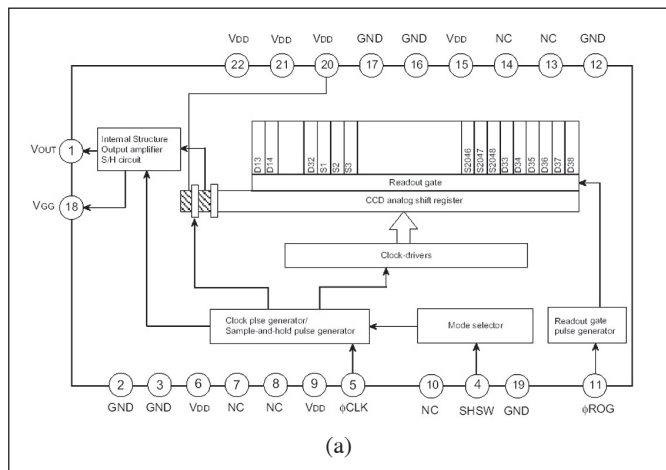
V našem případě (obr. 1), byl za vstupní snímač vybrán CCD detektor ILX511 od firmy Sony, jehož signál byl dále konvertován 8bitovým A/D převodníkem AD9280 od firmy Analog Device. Celé zařízení včetně rozhraní EPP je řízeno logikou realizovanou logickým obvodem MM74HC14 od téže firmy. Celá realizace je ovlivněna požadavkem nízké pořizovací ceny a žádných přídavných knihoven, což je zajištěno využitím standardního paralelního rozhraní osobních počítačů (součást PC) přepnuté do módu EPP-IEEE-1284 (Extended Parallel Port – PC typu Pentium a výše) což umožňuje rychlost přenosu 500KB/s až 2MB/s při plných 8 bitech, které je dosaženo vhodným hardware obsaženým v portu, který byl původně užíván pro tiskárny [2] a využitím systémového přerušování operačního systému pro získání kontinuálního přenosu celého řádku. Pro ověření funkčnosti bylo provedeno skenování spektra rtuťové lampy.



Obr. 2 a) Zachování informace v člancích 1, 4, 7; b) Přesun informace ve CCD struktuře; c) Zachování informace v člancích 2, 5, 8

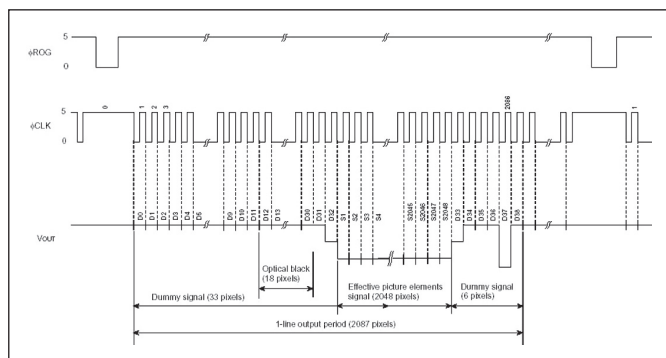
3. POPIS CCD ŘÁDKOVÉHO SENZORU ILX511 (SONY)

ILX511 je typ CCD řádkového obrazového snímače určeného pro snímání proužkových kódů v ručních skenerech a optických měřicích zařízeních (viz obr. 3a, 3b)



Obr. 3 a) Vnitřní blokové schéma obvodu ILX511;
b) Plastické provedení obvodu ILX511

Obvod obsahuje výstupní zesilovač, S/H obvod, CCD analogový posuvný registr a generátor hodinových impulsů. Množství efektivních pixelů ILX511 je 2048 s velikostí $14 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ při ultravysoké citlivosti. Plastové provedení obvodu mikročipu má 22 pinů DIP, maximální hodinová frekvence přenosu je 2MHz. Průběh signálů obvodu ILX511 je na obr. 4.



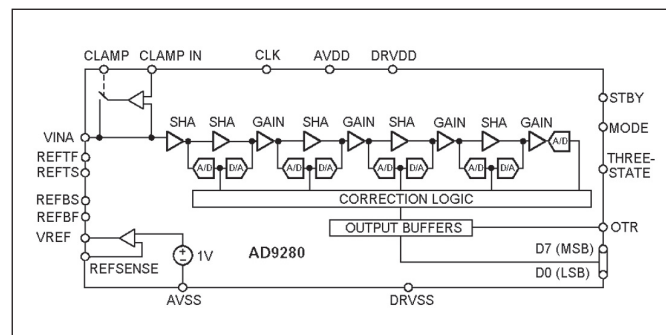
Obr. 4 Časový diagram obvodu ILX511 v S/H módu

Firma SONY průběžně nahrazuje typ ILX511 novými senzory například typem ILX554A s prvkem velikosti $14 \mu\text{m} \times 56 \mu\text{m}$, ale princip zapojení zůstává stejný [1].

4. PŘEVODNÍK AD9280

AD9280 je monolitický analogově digitální převodník od firmy Analog Device s jednoduchým napájením, 8bitovým kvantováním a rychlostí 32 MSPS analogově-číslicových převodů a napěťovým

normálem (obr. 5). Užívá mnohostupňovou diferenciální zřetězující architekturu v 32 MSPS rychlostech přenosu dat se zárukou nechybějícího žádného kódu při plném operačním rozsahu teplot.

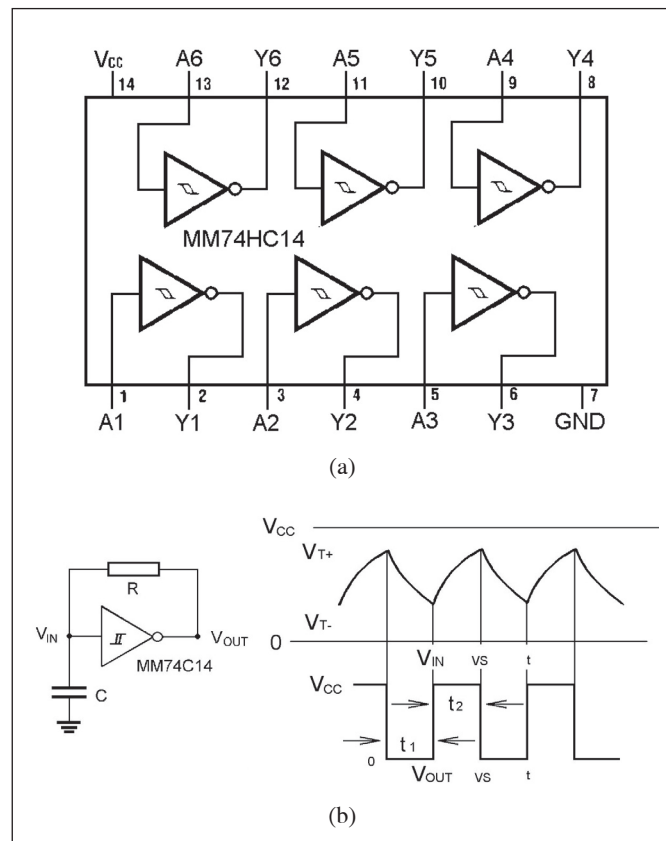


Obr. 5 Blokový diagram obvodu AD928

Má znamenitý dynamický výkon a jednotlivé hodinové vstupy jsou užity pro ovládání všech vnitřních konverzních cyklů. Digitální výstupní data jsou generována ve výstupním formátu dvojkového kódu. AD9280 je ideální pro nízko energetické ovládání při velmi vysokých rychlostních aplikacích. Je specifikován pro průmyslové užití při rozsahu teplot ($-40^\circ\text{C} +85^\circ\text{C}$). (<http://www.analogovy.com>).

5. LOGICKÝ OBVOD MM74HC14

MM74HC14 (šestice Schmittových klopných obvodů) využívá rozšířenou křemíkové hradlové technologie CMOS pro dosažení nízkého ztrátového výkonu a vysoké šumové odolnosti. Všechny vstupy jsou chráněny před poškozením statickým výbojem vnitřní diodou. Obvod MM74HC14 je užit pro realizaci generátoru časového přerušení a realizaci logické sítě celého zařízení (obr. 6).



Obr. 6a) Blokové schéma obvodu MM74HC14; b) Konstrukce oscilátoru pomocí obvodu MM74HC14

Časový průběh navrženého oscilátoru s malou spotřebou můžeme popsat relací (1).

$$t_1 \approx RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}, \quad t_2 \approx RC \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}}, \quad (1)$$

kde $t_1 + t_2 = T$ znamená dobu periody oscilátoru, R a C značí odpor a kapacitu oscilátoru a V_{T+} , V_{T-} , V_{IN} a V_{OUT} popisují maxima a minima z napětového rozsahu v analogové a digitální formě (viz i obr. 6b). Dále můžeme odvodit vzorec (2) pro frekvenci

$$f \approx \frac{1}{RC \ln \frac{V_{T+}(V_{CC} - V_{T-})}{V_{T-}(V_{CC} - V_{T+})}}. \quad (2)$$

Pro praktické aplikace můžeme popsat frekvenci Schmittova spouštěcího obvodu výrazem

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,67RC} \quad (3)$$

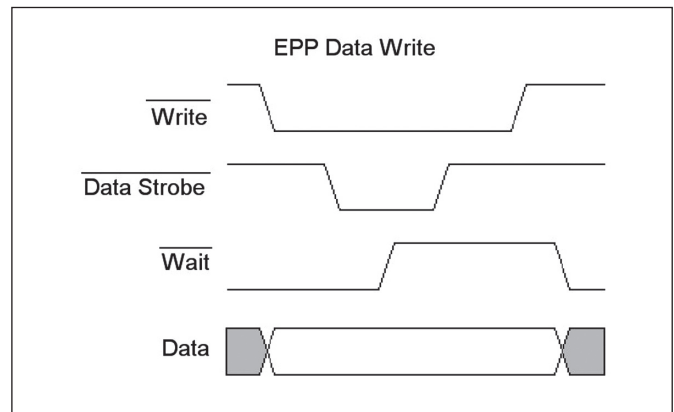
Další informace je možno získat na <http://www.fairchildsemi.com/pi/MM/MM74HC14.html>.

6. REALIZACE POČÍTAČOVÉHO ROZHRANÍ PRO ILX511

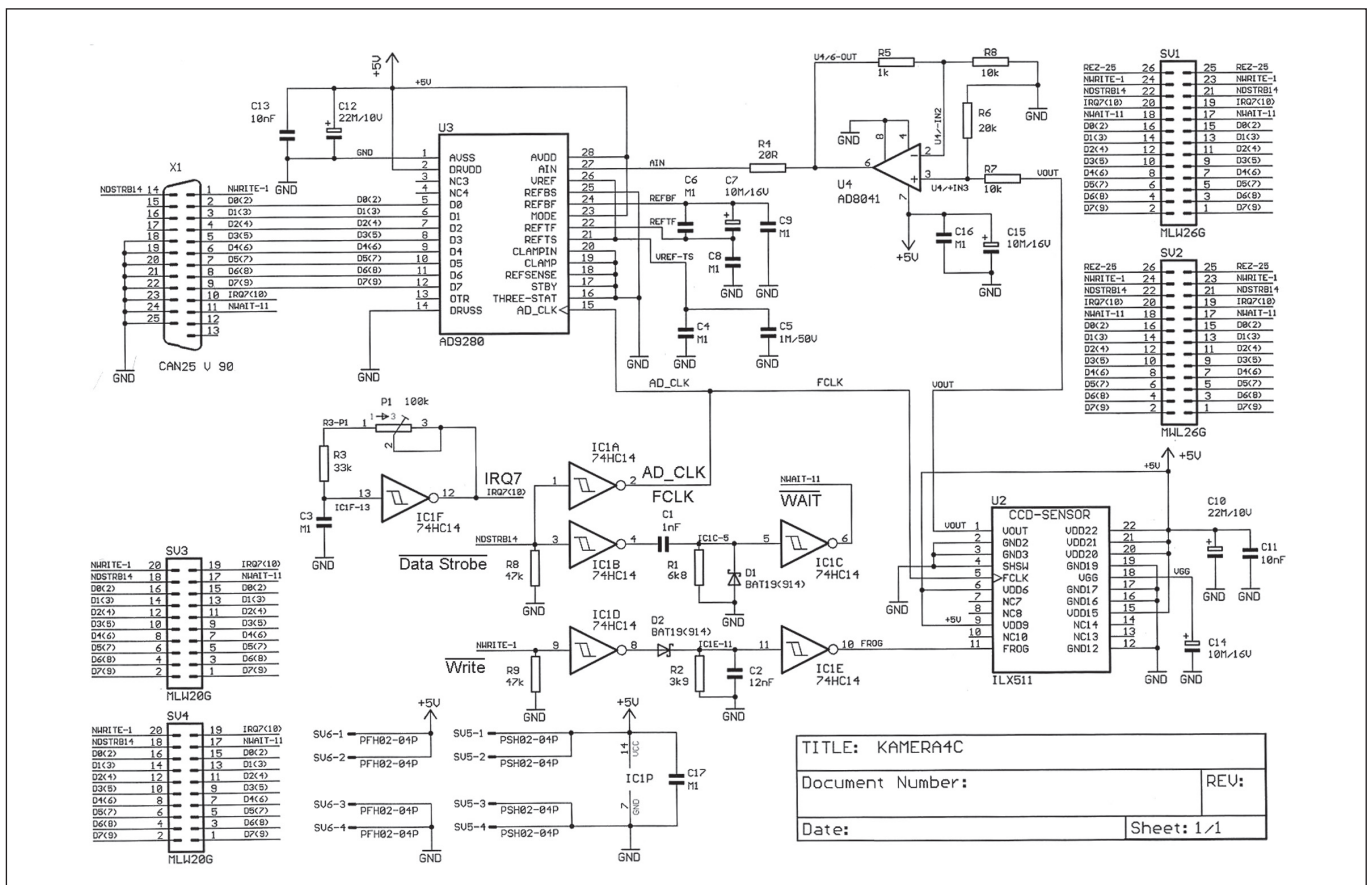
Naším cílem bylo postavit zařízení, které umožní funkce rozhraní, při konstrukční jednoduchosti, velké rychlosti, snadné implementaci do hostitelského počítače a nízkou kupní cenu. Při návrhu je také nutno vzít do úvahy, že celý přenos jednoho řádku musí být realizován spojitě, bez přerušení, což operační systém osobního počítače nemusí respektovat (refresh paměti atd.). Zajištění je

v našem případě realizováno užitím modifikovaného programového přerušení IRQ7 [3], které je snadno zpřístupněné z paralelního rozhraní a které při požadavku obsluhy snímače provede zákaz všech přerušení celého systému po dobu uskutečnění přenosu. Jak je patrné z následujících výpočtů blokovácí čas přerušení pro jeden řádek je předimenzován na dvojitou hodnotu 0,0022 s, která nemůže ovlivnit chod počítače a přitom velmi jednoduchým a elegantním způsobem řeší požadavek kontinuity přenosu z periférie.

Většina senzorů nové generace jako ILX511 z rodiny Sony, mohou být řízena jen dvěma signály [4]. Snímací impuls signál FROG je užíván pro vzorkování a hodinový fázový signál FCLK je užíván pro nábojové posuny. Z těchto požadavků je možné generovat FPROG a FCLK pro řízení CCD snímacího zařízení a ve stejnou dobu použít jej pro řízení přenosu dat. EPP protokol je dobře přizpůsobený pro tyto cíle, umožňuje vysokorychlostní handshaking



Obr. 8 Rozšířený paralelní port – cyklus zápisu dat



Obr. 7 Detailní návrh ILX511 rozhraní PC s převodníkem typu AD9280

a je snadno přístupný v architektuře dnešních osobních počítačů. Všechny další procesy jsou pak synchronizovány s těmito signály [4]. Přenos signálu V_{OUT} z ILX511 na vstup převodníku AD9280 a přizpůsobení impedance je zajištěno zesilovačem AD8041 160 MHz fy Analog Device.

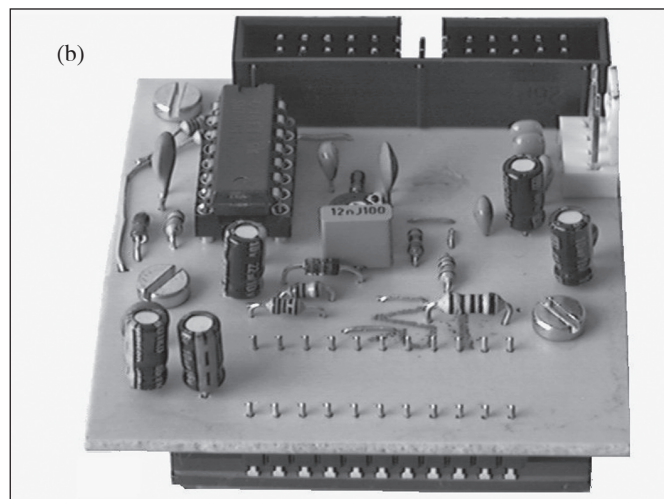
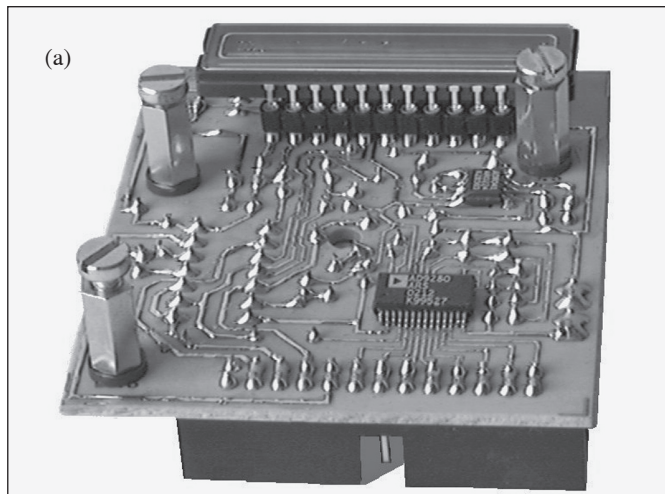
Schéma na obr. 7 obsahuje řádkový CCD senzor ILX511, zesilovač AD8041, rychlý A/D převodník AD9280, generátor časových impulsů a logiku která je realizována šesti Schmittových invertorů 74HC14s. Celý obvod je napájen 5 V z odděleného zdroje.

Řídicí signál \overline{Write} popsáný v „Data Write Cycle“ módu EPP (obr. 8), generuje signál FPROG pomocí zpoždění [4]. Ze signálu Data Strobe je odvozen signál AD_CLK a FCLK, které slouží současně jako pixelové hodiny pro operaci posuvu obvodu ILX511 a spouštěcí signál analogo-digitální konverze převodníku AD9280. Během Data Strobe signálu, analogový CCD signál je vzorkován použitím vnitřního sample-and-hold obvodu v ILX511 (umožní to uzemnění pinu SHSW obvodu ILX511) s výstupem V_{OUT} pinu a digitalizovaný pomocí obvodu AD9280. Číslicová data z analogového-digitálního výstupu na D_0-D_7 jsou přenášeny do počítačové paměti během signálu \overline{Wait} , který je generován obvodovými prvky IC1B, IC1C, C1, R1, a D1. Perioda vzorkování pixelů je přímo úměrná periodě signálu Data Strobe a může být přizpůsobena modifikováním hodnot $R1/C1$ časové konstanty. V současné implementaci EPP protokolu je vzorkovací perioda pixelů omezena na minimum $\approx 0,5 \mu s$. Jak bylo uvedeno výše, užití korespondenční metody pro přenos jednotlivých hodnot pixelů není možné, protože perioda signálu \overline{Write} závisí na softwarovém toku. Modifikované přerušení IRQ7 řeší tuto situaci a pomocí nastavitelného oscilátoru IC1F produkuje řádkový čtecí signál. Z programového hlediska, kód pro přenos všech pixelů řádku může být popsán formou vlastního přerušení:

```
{
disable();                               /*makro pro zákaz přerušení*/
outportb( adr_port+4, 255 );             /*generování signálu FROG*/
for( k = 0; k <= 2088; k++)              /*získání hodnot pixelů
                                         i neplatných*/
* (row+k) = inportb(adr_port+4 );        /*uložení 2088 dat do pole row*/
enable();                                 /*makro pro umožnění přerušení */
}
```

7. REALIZACE ŘÁDKOVÉ KAMERY

Navržené schéma bylo překresleno do formy tištěných spojů pomocí programu typu Eagle 4.1. Získané spoje byly vyleptány na destičku s Cu vrstvou velikosti 6 cm x 5 cm a osazeny komponenty a konektory (obr. 9a, 9b).



Obr. 9a) Pohled na vrchní stranu kamery; b) Zadní strana kamery s konektory

Napájecí napětí $5 V_{ss}$ je realizováno pomocí nezávislého zdroje, nebo je možné využít napájení z hostitelského počítače. V současné implementaci EPP protokolu je perioda snímáčního impulsu pixelů nastavena na minimum $0,5 \mu s$ ($R1/C1$ obr. 7) tak, že na 2088 vzorcích řádku je čas $2088 * 0,5 \mu s = 0,001044 s$ / řádek. V našem případě čas přerušení pro jeden řádek nastaven na dvojitou hodnotu v souladu s aplikací vzorce (3)

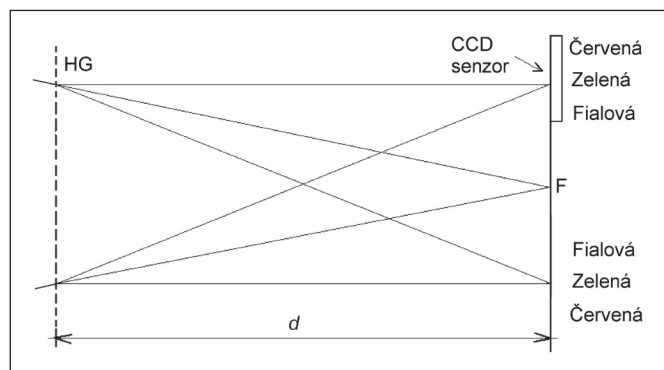
$$0,67R_3C_3 = 0,68 * 33 \cdot 10^3 * 100 \cdot 10^{-9} = 0,0022 s, \quad (4)$$

takže snímací frekvence řádků je

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{0,67R_3C_3} = \frac{1}{0,0022} = 454,54 \text{ řádků / s.} \quad (5)$$

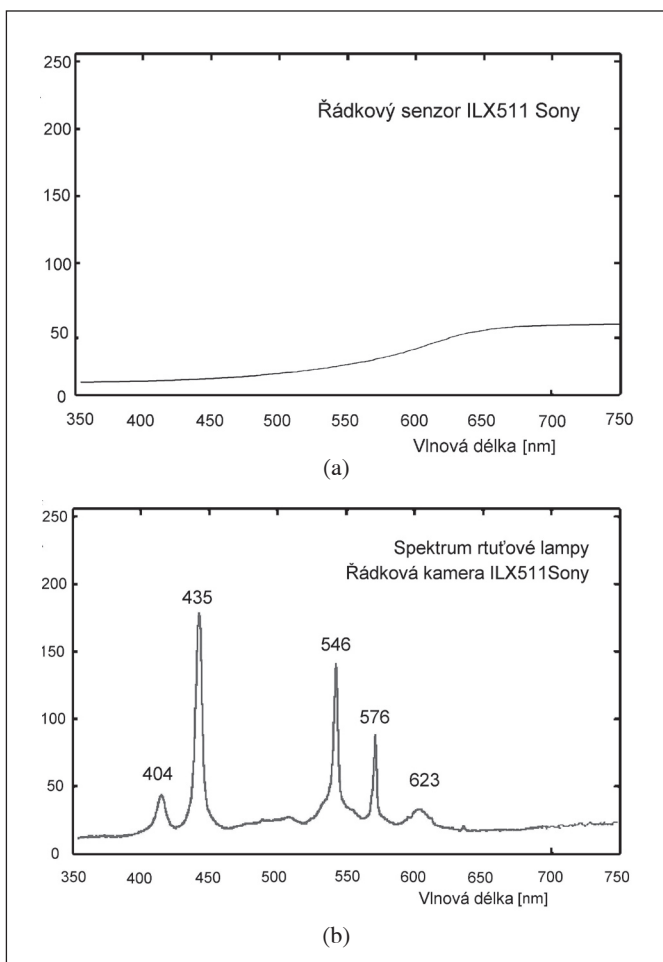
8. UŽITÍ CCD ŘÁDKOVÉHO SENZORU VE SPEKTROSKOPII

Jako příklad užití řádkového CCD snímače můžeme demonstrovat jeho aplikaci ve spektroskopii. Dáme-li průhlednou holografickou mřížku (HG) do sbíhavého svazku světla (obr. 10) můžeme vidět na stupnici (v ohnisku roviny F sbíhavého paprsku) spektrum světla (duhy) ve viditelné oblasti v rozsahu od fialové a modré přes zelenou a žlutou k oranžové a červené [5].



Obr. 10) Difrakce sbíhavého svazku světla na holografické mřížce (HG)

Ze záznamu spektra wolframové žárovky (obr. 11a) je jasné, že lineární senzor ILX511 je velmi citlivý zvláště v oblasti červené barvy. Pro zajištění stejné citlivosti intenzity přes celé spektrum je nezbytné korigovat citlivost senzoru vhodnou funkcí realizovanou např. programem. Na obr. 11b je názorný příklad počítačově upraveného spektra rtuťové lampy, která byla získána podle obr. 11a.



Obr. 11a) Spektrum wolframové žárovky;
b) Spektrum rtuťové lampy

9. ZÁVĚR

Navržené rozhraní CCD detektoru ILX511 (Sony) může být spojeno s osobním počítačem (IBM PC) pomocí rozšířeného paralelního rozhraní EPP-IEEE-1284 tak, že žádná další technická podpora ani knihovny nejsou potřebné. Pomocí navržené komunikace je možno dosáhnout velmi krátké časy pro přenos celého řádku ($t > 0,001044$ s). Pro jeho jednoduchost, vysoký kmitočet a nízkou cenu se hodí uveřejnění zapojení k řadě technických aplikací (například technický spektrometr).

Tento příspěvek vzniknul za podpory Výzkumného centra UP Olomouc (projekt MŠMT ČR č. 1M06002).

Literatura

- [1] EURECA Messtechnik GmbH, Am Feldgarten 3D-50769 Köln, GERMANY, <http://www.eureca.de/>.
- [2] B. Kainka, B.: Využití rozhraní PC, měření, řízení a regulace pomocí standardních portů PC, HEL Ostrava, 1993.
- [3] Z. Kadlec : Průvodce nitrem BIOSu, Grada, 1996.
- [4] R. Stojanovic : Acquire And Control Linear CCD Sensors Using EPP Protocol. Electronic Design, March 20, 2000.
- [5] L. Bartoněk, J. Keprt : The use of CCD image line sensor in video and computer systems, Acta Univ. Palacki. Olomuc, Fac. Rer. Nat. (2001-2002), Phys. 40-41 (2001-2002), 85-98.

Doc. Ing. Luděk Bartoněk, Ph.D., katedra experimentální fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, Česká republika, tel.: 585634291, fax: 585224047, e-mail: barton@risc.upol.cz

RNDr. Jiří Keprt, DrSc., Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu AV ČR v Olomouci, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, Česká republika, tel.: 585631507, fax: 585224047, e-mail: keprt.j@optnw.upol.cz

OPTOMETRIE 2006

Společenstvo českých optiků a optometristů ve spolupráci s katedrou optiky Univerzity Palackého v Olomouci pořádá ve dnech 7. – 8. října 2006 v Olomouci vzdělávací kongres s názvem OPTOMETRIE 2006. Náplní kongresu je soubor přednášek, které přinesou nejnovější poznatky z oboru. Spektrum přednášek zahrnuje jednak širší problematiku z pohledu na péči o zrak přednášejícího Světové rady optometrie a dále česká národní specifika v oboru optometrie. Specializované odborné přednášky jsou z oblastí, ve kterých má optometrista kompetence a navazujících témat. V programu je vytvořen prostor pro diskuzi k výměně poznatků a zkušeností s výkonem tohoto nelékařského zdravotnického povolání.

Kongres má atribut vzdělávací. V roce 2004 byl přijat zákon 96/2004 Sb., který definuje postavení optometristy v systému zdravotní péče v České republice. S tímto zákonem souvisí několik dalších legislativních norem, které kromě jiného definují činnosti optometristy, nutnost a systém jeho celoživotního vzdělávání. Účastníci tohoto kongresu získají kromě nových poznatků i kredity, které optometristé potřebují pro opakované vydání osvědčení Ministerstvem zdravotnictví ČR jako nutnou podmínku pro výkon svého povolání.

Úplné informace, program konference a registrační formulář budou zveřejněny během měsíce července 2006 na internetových stránkách Společenstva českých optiků a optometristů www.scoo.cz.

RNDr. Jaroslav Wagner, Ph.D., katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Tř. 17. listopadu 50, 772 00 Olomouc, e-mail: wagnerj@pefnw.upol.cz

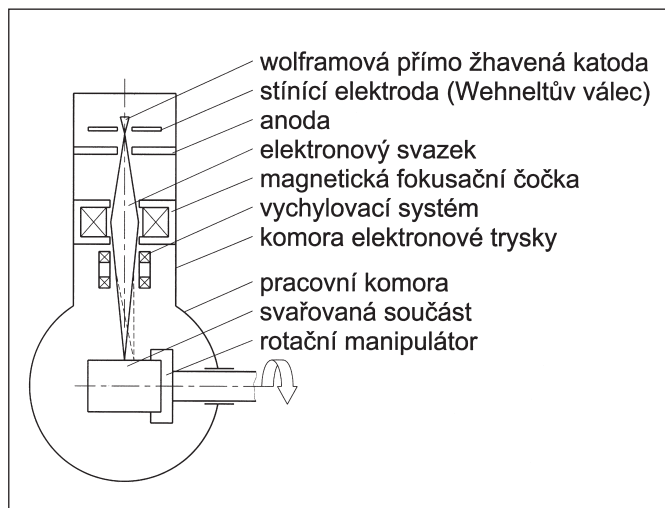
Křížový stolek do stolní elektronové svářečky

Článek popisuje konstrukci křížového stolku do stolní elektronové svářečky. Stolek je tvořen dvěma shodnými moduly, které umožňují lineární pohyb v rozsahu 50 mm. Tyto moduly jsou spojeny tak, že je možno nastavit jejich vzájemný úhel a posunutí. Pro konstrukci vedení přímočarého pohybu je využito komerčního kuličkového vedení. Pohybový šroub je vyroben ze závitové tyče M 5 a je přes pevnou spojku poháněn krokovým motorem. Posuv lineární jednotky je 2,5 μm na jeden krok motoru 0,9°. Nosnost stolku je asi 4 kg. Pro programové řízení stolku z počítače byla využita univerzální řídicí jednotka, která byla vznikla v rámci vývoje elektroniky stolní elektronové svářečky. Pro usnadnění tvorby aplikací byly vytvořeny softwarové ovladače, které byly začleněny do vývojového prostředí Delphi.

Klíčová slova: Křížový stolek, elektronová svářečka

1. ÚVOD

Na našem pracovišti je řadu let používána stolní elektronová svářečka [1] v uspořádání podle obr. 1. Toto zařízení využívá elektronový svazek k místnímu ohřevu svařovaných součástek v místě jejich styku na takovou teplotu, kdy dochází k místnímu roztavení materiálu součástí a vzniku svaru. Celý proces probíhá ve vakuu. Problematika elektronového svařování je rozsáhlá, zájemce může najít více informací např. ve [2].



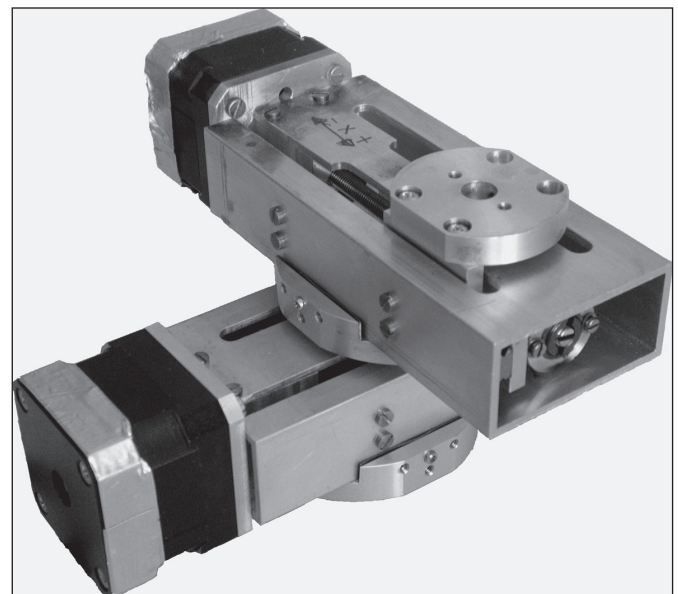
Obr. 1 Schematické uspořádání elektronové svářečky

Místo dopadu elektronového svazku je možné měnit buď vychylováním svazku pomocí elektromagnetického pole vychylovacích cívek nebo pohybem svařované součásti a nebo kombinací obou metod. Vhodný způsob závisí na charakteru svařovaných součástek, tvaru svaru, vlastnostech materiálu a dalších aspektech. Pro nejčastěji prováděné obvodové svary válcových součástek vystačíme s jednouchým rotačním manipulátorem a nehybným (nevychylovaným) svazkem. Pro složitější případy, například excentricky umístěné čelní kruhové nebo tvarové svary, je třeba složitější zařízení. V minulosti nebylo výjimkou konstruovat pro tyto případy speciální jednoúčelové manipulátory, případně speciální elektroniku. S rozvojem moderních počítačem řízených systémů se ve stále větší míře uplatňují univerzálnější zařízení, mezi které patří i manipulátor popisovaný v tomto příspěvku.

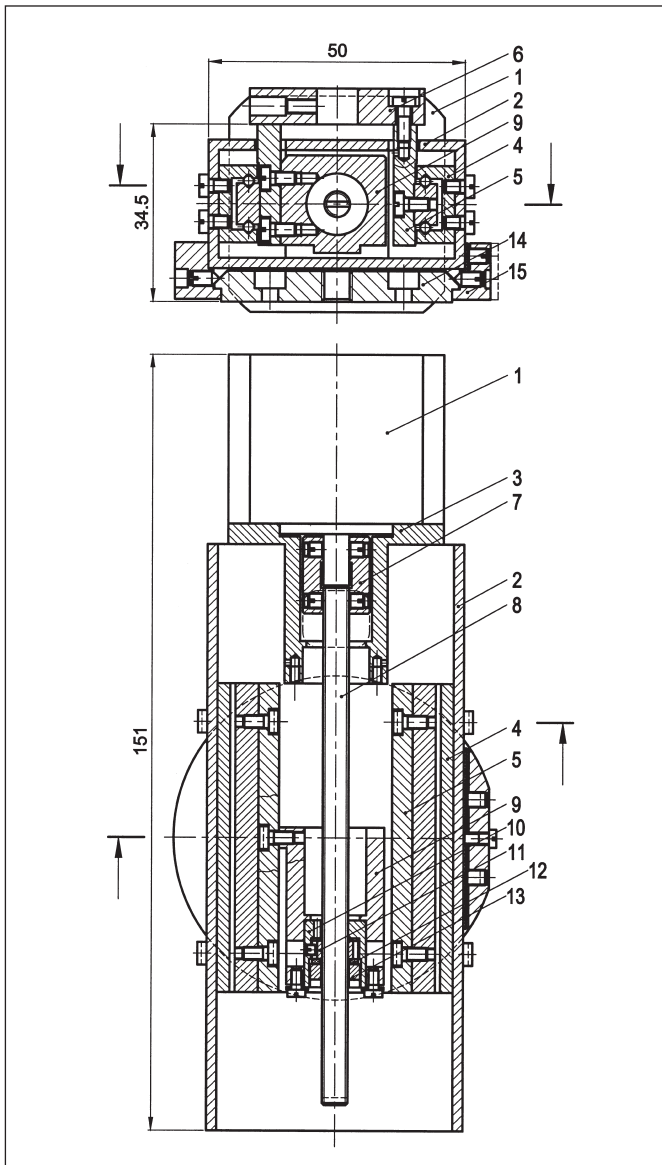
Abychom dosáhli určité modularity, rozhodli jsme se křížový stolek vytvořit spojením dvou samostatných lineárních pohonů. Rozhodujícím hlediskem pro konstrukci byly dané rozměry vakuové komory pro umístění svaru. Komora má válcový tvar s průměrem 235 mm a délkou 154 mm. Protože se nám nepodařilo vybrat žádnou vhodnou komerční lineární jednotku, rozhodli jsme se ji zkonstruovat s maximálním využitím kupovaných dílů (lineární vedení, pohybový šroub apod.). Mechanické konstrukci je věnována druhá část článku. Řízení stolku a elektronické části je věnována třetí část.

2. MECHANICKÁ KONSTRUKCE STOLKU

Celkový pohled na křížový stolek je na obr. 2. Jak je vidět i z obr. 3 (poz. 2), nosný rám jedné lineární jednotky je tvořen uzavřeným hliníkovým profilem obdélníkového tvaru s rozměry 50×25×2 mm. Profil je tuhý, přesný a částečně chrání vedení a pohybový šroub před nečistotami. Použitý obdélníkový profil umožňuje upnout lineární jednotku v drážce spojovacího dílu stolků (poz. 14 a 15) v libovolné poloze. Krokový motor (poz. 1) je k rámu (poz. 2) připevněn prostřednictvím příruby (poz. 3).



Obr. 2 Zkonstruovaný křížový stolek

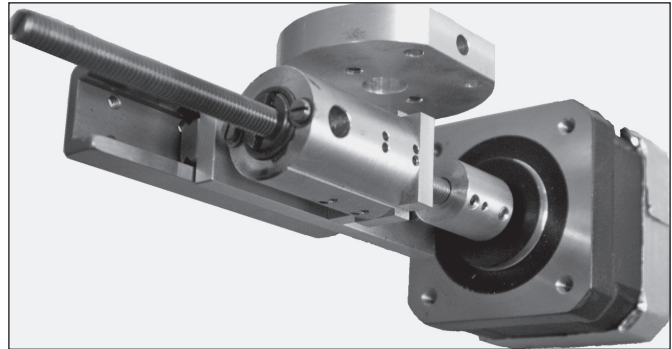


Obr. 3 Axiální a radiální řez lineární jednotkou: 1 krokový motor, 2 rám stolku, 3 příruba motoru, 4 kuličkové lineární vedení, 5 bočnice stolku, 6 upínací deska, 7 spojka, 8 šroub, 9 držák matice, 10 pouzdro matice, 11 matice, 12 pružná podložka, 13 stavěcí šroub, 14 čep, 15 základna

Celková délka rámu včetně motoru je 151 mm. Do dutiny rámu jsou přišroubována komerční lineární kuličková vedení s celkovou délkou 60 mm a zdvihem 50 mm. Horní lineární jednotka je osazena jen jedním vedením. Zatížení kuličkových vedení je spíše statické, a tak můžeme nosnost lineární jednotky odhadovat podle maximálních zatěžovacích momentů uváděných výrobcem asi na 6 kg (nosnost jednotky s jedním vedením je snížena asi na 4 kg). Odchylka přímočarosti pohybu uváděná výrobcem je maximálně 4 μ m. Upínací deska (poz. 6) případně čep spojovacího dílu (poz. 14) je s vedením spojen prostřednictvím lišt (poz. 5), které procházejí drážkami v rámu (poz. 2).

Lineární pohyb je vyvozován pomocí šroubu a matice. Pohybový šroub (poz. 8) je vyroben z běžné závitové tyče M 5 a je přes pevnou spojku (poz. 7) poháněn krokovým motorem (poz. 1) s vymezenou axiální vůlí. Na volném konci má šroub drážku pro šroubovák k ručnímu ovládní pohybu stolku (při montáži, poruše apod.). Uvnitř pouzdra matice (poz. 10) je další díl se závitkem (poz. 11), a tak je možné v matici pomocí stavěcího šroubu (poz. 13) a pružné podložky (poz. 12) vymezit axiální vůli. Otáčení

matice (poz. 11) vůči pouzdru matice (poz. 10) je znemožněno červíkem M 2. Při sledování pohybu stolku světelným mikroskopem nebyla při reverzaci patrná vůle. Celek matice je k pohyblivé části jednotky připevněn prostřednictvím držáku (poz. 9), na kterém je možné čtyřmi radiálními řezy vytvořit strukturu pružných kloubů, která umožní naklápění a příčný pohyb matice k zajištění plynulého chodu při případném házení pohybového šroubu. V případě vyšších požadavků na přesnost pohybu manipulátoru je možné stávající pohybový šroub a matici nahradit kuličkovým šroubem s maticí beze změny konstrukce. Uspořádání pohyblivých částí lineárního stolku je dobře viditelné i na obr. 4.



Obr. 4 Pohled na pohyblivé části lineární jednotky

Spojení dvou lineárních jednotek do křížového stolku je provedeno spojovacím dílem, který tvoří čep (poz. 14) a základna s drážkou (poz. 15). Jednotky lze v drážce základny posouvat a otáčením základny okolo čepu nastavovat vzájemný úhel. Např. natočením jednotek do jedné osy můžeme získat dvojnásobný zdvih 100 mm, ale samozřejmě přijdeme o možnost pohybu ve druhé ose.

3. ŘÍZENÍ STOLKU

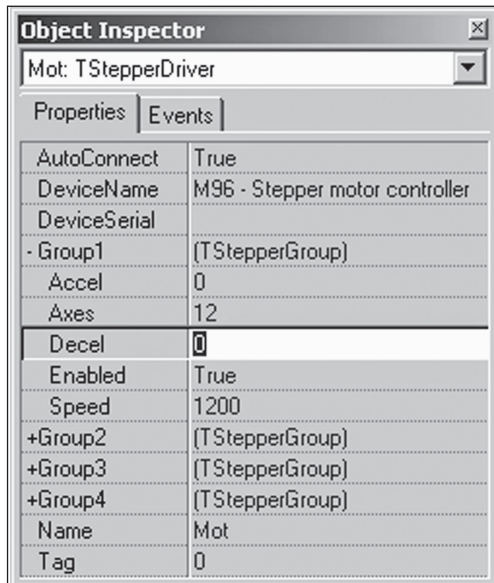
Jak již bylo uvedeno, k pohonu křížového stolku byly použity krokové motory. Důvody, které k tomuto rozhodnutí vedly, jsou ve stručnosti tyto: možnost vynechat mechanickou převodovku, protože motor má dostatečně velký kroutící moment i při malých otáčkách; nepotřebnost systému pro odměřování polohy při použití bezvůlového šroubu a využití přirozené schopnosti krokových motorů pootočít výstupní hřídel o definovaný úhel; poměrně jednoduchý elektronický řídicí systém (například ve srovnání se servo pohony).

Pro popisovaný stolek jsme zvolili standardní typ dvoufázového motoru s krokem 0,9° s přírubou NEMA17 se statickým kroutícím momentem 0,22 Nm. K řízení jsme se rozhodli použít kombinaci komerčních výkonových budících stupňů a vlastní mikroprocesorové jednotky. Zvolené budiče jsou střídačového typu pracující jako řízené proudové zdroje s možností mikrokrokování. Dosahují vysoké účinnosti konverze a při použití dostatečně velkého napájecího napětí se značně potlačí vliv vlastní indukčnosti vinutí motoru a zlepší se dynamické vlastnosti systému.

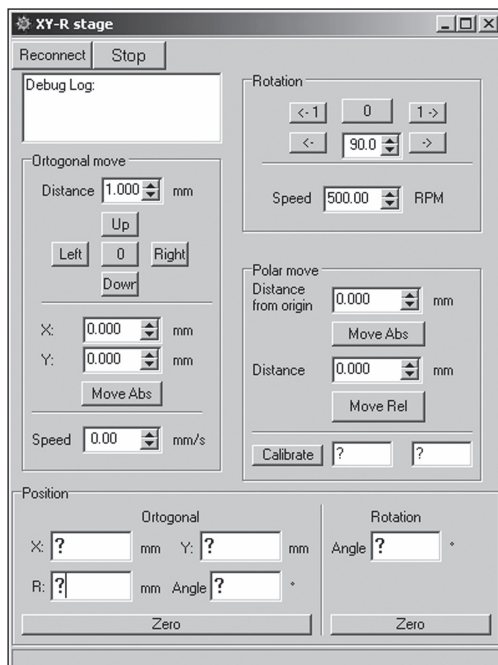
Mikroprocesorové řízení vlastní konstrukce bylo zvoleno proto, že shodné moduly jsou využity i v dalších elektronických jednotkách elektronové svářečky. Jde o stavebnicový mikropočítačový systém tvořený modulem obsahujícím mikrokontrolér se základními periferními obvody a rozšiřujícími moduly různého určení (komunikační interface, převodníkové moduly, výkonové stupně apod.). Jednotlivé moduly mají podobu desek plošných spojů (DPS) formátu malé Eurokarty (160×100 mm). Tyto desky jsou umístěny do standardní 19" skříně, vzájemně propojení zajišťuje propojovací rošt, tvořený taktéž DPS. Popis základního mikroprocesorového modulu byl publikován v [3]. Koncepce umožňuje sestavit řídicí systém pro téměř libovolný počet os.

Základní ovládací program pro mikroprocesorovou jednotku byl napsán v jazyce C a vykonává jednoduché pokyny jako např.: přesun z bodu do bodu, změna rychlosti pohybu a zrychlení,

provedení odečtu polohy apod. Systém umožňuje nastavit řadu parametrů, mimo jiné určit, které osy mají být navzájem svázané a které nikoliv. Ve svázaných osách lze pak vykonávat koordinovaný pohyb, v případě křížového stolku například pohyb danou rychlostí po přímce v libovolném směru.



Obr. 5 Dialogové okno vývojového prostředí Delphi pro nastavení parametrů komponenty „TStepperDriver“, která byla vytvořena pro ovládání obecného manipulátoru



Obr. 6 Dialogové okno jednoduché aplikace pro manuální ovládání manipulátoru (v uvedeném případě rozšířeného o stupeň umožňující rotaci vzorku)

Vlastní pokyny pro vykonání požadovaného pohybu stolku jsou zmíněné jednotce zaslány v kódované formě (popsané tzv. komunikačním protokolem) prostřednictvím rozhraní USB 2.0. Lze ji tedy připojit k běžnému osobnímu počítači. Pro usnadnění vývoje aplikací byly vytvořeny softwarové ovladače, které zbavují programátora potřeby znát do detailu komunikační protokol a práci s hardwarem. Tyto ovladače byly navíc začleněny do vývojového prostředí Delphi [4] ve formě nevizuální komponenty umožňující interaktivní konfiguraci systému (viz. obr. 5) a pomocí intuitivních uživatelských funkcí naprogramovat požadované chování manipulátoru. Dialogové okno jednoduché aplikace pro manuální ovládání stolku je na obr. 6.

4. ZÁVĚR

Článek popisuje konstrukci křížového stolku do stolní elektronové svářečky. Stolek je tvořen dvěma shodnými moduly, které umožňují lineární pohyb v rozsahu 50 mm. Odchylka přímočarosti pohybu použitých kuličkových vedení je maximálně 4 μm . Pro pohon pohybového šroubu se závitem M 5 jsme použili krokové motory bez převodovky (velký kroutící moment při malých otáčkách). Posuv stolku na jeden krok motoru $0,9^\circ$ je 2,5 μm . Nosnost stolku je asi 4 kg. Pokyny pro vykonání požadovaného pohybu stolku jsou mikroprocesorové jednotce vlastní konstrukce zaslány v kódované formě prostřednictvím rozhraní USB 2.0 z osobního počítače. Pro usnadnění tvorby aplikací byly vytvořeny softwarové ovladače, které byly začleněny do vývojového prostředí Delphi.

Funkčnost manipulátoru byla během jeho provozu ověřena na následujících aplikacích: polohování přípravku s větším množstvím svařovaných dílů, polohování obrobku při mikroobrábění elektronovým svazkem [5], polohování sondy při měření průběhu magnetického dipólového pole ve Wienově filtru a polohování Faradayovy klece při studiu proudového profilu elektronového svazku.

Z praktických zkušeností vyplynulo, že bude vhodné doplnit lineární modul krytem, který by lépe zabraňoval padání nečistot drážkami v rámu. Manipulátor bude také vhodné doplnit snímači koncových poloh.

Tato práce byla podporována výzkumným záměrem číslo Z20650511.

Literatura

- [1] DUPÁK, J., VLČEK I., ZOBACĀ M.: Electron gun for computer-controlled welding of small components. Vacuum 62 (2001), s. 159–164. ISSN 0042-207X.
- [2] MELEKA A. H.: Electron-beam Welding : Principles and Practice. Published by McGRAW-HILL Publishing Company Limited for The Welding Institute. London 1971.
- [3] ZOBACĀ M.: Rozvoj aparatury pro mikroobrábění elektronovým svazkem. In PDS 2004: Sborník prací doktorandů prezentovaných na Seminári oddělení Elektronové optiky. Ed. MÜLLEROVÁ, I. Brno: Ústav přístrojové techniky AV ČR, 2005, s. 57–60. ISBN 80-239-4561-0.
- [4] Borland® Delphi® [online]. ©1994 – 2005. Dostupné z <http://www.borland.cz/products/delphi/index.html>.
- [5] DUPÁK L.: Studium interakce elektronového svazku s materiálem při mikroobrábění. Diplomová práce, Brno, 2005.

Topografie povrchu pevných těles pomocí přístroje Form Talysurf

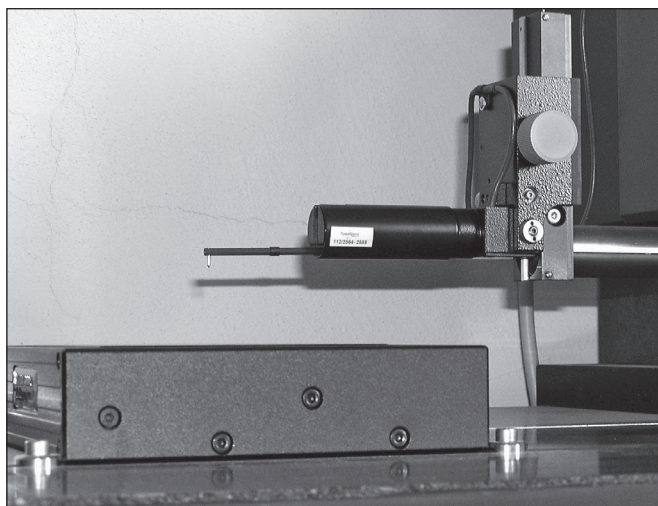
Form Talysurf Series 2 představuje hardwarový i softwarový nástroj pro mapování povrchů pevných těles s mimořádnou rozlišovací schopností. Pomocí nového zapojení indukčního snímače lze za určitých okolností dosáhnout ve vertikálním směru rozlišení až 0,6 nm, měření lze provádět s krokem 0,25 μm a to pro rozsahy měření od 0,1 mm do 120 mm. Tyto schopnosti řadí přístroj k zařízením, která mohou být využita nejen ve strojírenské metrologii, ale i pro proměřování optických či elektronických povrchů, tloušťek tenkých vrstev nebo pomocí 3D zobrazení názorně a přesně vykreslit i velmi jemnou povrchovou strukturu.

Klíčová slova: drsnost (roughness), vlnitost (waviness), tvar (form)

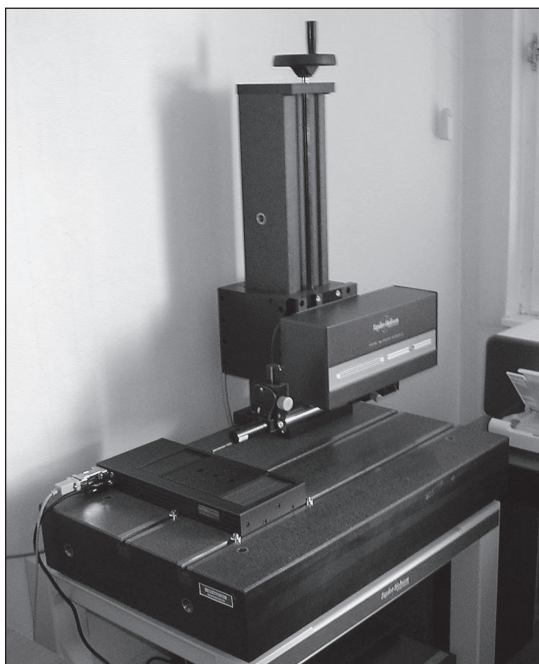
1. ÚVOD - POPIS PŘÍSTROJE

Topografie povrchu pevných těles - průmyslových komponent, strojních součástí a technických členů - je velice důležitá při specifikaci jejich funkce. Selhání komponent je ve většině případů zapříčiněno buď narušením povrchu již ve výrobě průmyslovým zpracováním nebo postupnými změnami mechanických vlastností povrchu v důsledku opotřebení. Důležitou roli proto hraje kontrola jakosti vyrobených součástí, která je podmíněna kvalitní metrologií, konkrétně tvaru, vlnitosti a drsností jejich povrchů. Měřicí přístroje, kterých je k tomuto účelu vyvinuta celá řada, lze rozdělit na bezkontaktní (využívající interferometrie, laserového fokusovaného záření apod.) a kontaktní, které pomocí hrotu snímají povrch tělesa. K nim přísluší i kontaktní profilometr Form Talysurf Series 2 firmy Taylor Hobson.

Form Talysurf Series 2 představuje hardwarový a zároveň softwarový nástroj pro kontaktní, induktivní měření tvaru, vlnitosti a drsnosti povrchů pevných těles [1]. Naše konfigurace je vhodná pro měření přibližně rovinných předmětů, jelikož maximální vertikální rozsah - zdvih měřicího raménka s hrotem - (v ose z) je 0,8 mm. Pro následnou analýzu, což je vyhodnocení parametrů drsnosti, vlnitosti nebo přímosti povrchu, přístroj řízený programem ULTRA Surface



Obr. 1 Konfigurace přístroje

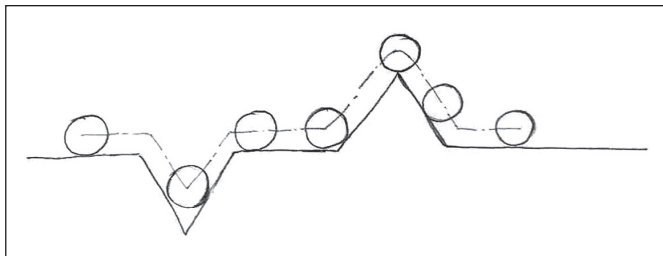


V5.0.1 sejme pomocí hrotu profil povrchu ve směru osy x v rozsahu 0,1 mm – 120 mm. K dispozici jsou i posuvy ve směru osy y (měření více řezů vedle sebe), čímž dostaneme názorný trojrozměrný obraz povrchu. K vyhodnocení trojrozměrného obrazu pak slouží program 3D Surface Topography Software Talymap V2, který je rovněž součástí naší softwarové vybavy.

Celé zařízení je umístěno na antivibračním stole a je spolehlivě možno na něm měřit v rozsahu teplot 15 až 30 $^{\circ}\text{C}$ a při relativní vlhkosti 10 až 80 %.

Jak již bylo uvedeno, náš přístroj je kontaktní profilometr, snímání povrchu se tedy uskutečňuje hrotem, který přejíždí po určené dráze. Hrot je tak jediným aktivním kontaktem mezi přístrojem a povrchem a je proto velmi důležitou částí systému. Jeho rozměry a tvar jsou faktory, které mají zásadní vliv na informace, jež přístroj shromažďuje. Zde užívaný hrot je jeden z doporučených standardní normou ISO pro měření drsnosti, konický hrot s vrcholovým úhlem 90 $^{\circ}$ a sférickým vrcholem o poloměru 2 μm . Pro takové hroty se vždy volí co nejtvrďší materiály s nízkým koeficientem otěru, v přístrojích Talysurf jsou z diamantu. Hrot je umístěn na raménku indukčního snímače a vyvážený tak, aby síla, kterou se hrot opírá o povrch, byla jen nezbytně nutná k tomu, aby při měření hrot neztratil ani na okamžik kontakt s měřeným povrchem. Konkrétně by zde neměla být podle výrobce větší než 2 mN.

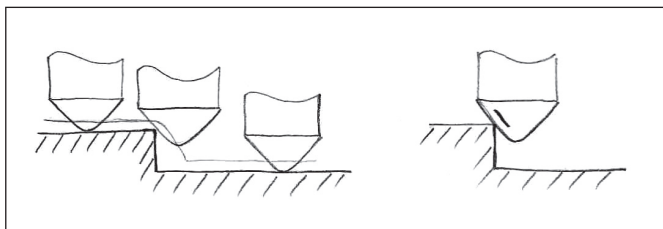
Přesnost získaných parametrů kontrolovaného povrchu závisí do značné míry na tom, jak věrně může hrot zkopírovat tvar a veškeré nerovnosti povrchu. Vzhledem k rozměrům nerovností a rozměrům hrotu je schopen dostat se téměř do všech míst. Přesto někdy dochází k situacím, ve kterých nemůže být zkopírování povrchu zcela věrné. Dobře si to ukážeme na jednoduchém obrázku (obr. 2).



Obr. 2 Kopírování povrchu tělesa hrotem

Kroužek představuje koncovou kuličku hrotu o daném poloměru, čerchovaná čára dráhu středu hrotu. Je zřejmé, že hrot nemůže vždy proniknout až na dno všech prohlubní či dokonce prasklin a také to, že vrcholy ostřejších výčnělků zaznamená jako plošší i když se správnou výškou. Ke kompenzaci těchto situací ovšem velmi dobře slouží algoritmy obsažené v programovém zpracování načtených dat, kromě toho, pokud bereme jako nejdůležitější parametr drsnosti povrchu R_a , z dlouhodobých zkušeností lze zodpovědně říci, že výsledek není tímto nepřesnostmi prakticky ovlivněn. Pokud bychom ovšem za rozhodující brali např. parametr R_v , který závisí na přesném proměření prohlubní a sklonu jejich stěn, pak by bylo nutno v některých případech pro měření zvolit přístroj s jiným tvarem hrotu.

Jiná situace nastává, je-li sklon nerovnosti větší, než vrcholový úhel hrotu (obr. 3). V takovém případě je při pohybu hrotu v kontaktu s povrchem po nějakou dobu boční část hrotu a ne jeho vrchol, a výsledkem pak bude profil s nesprávným sklonem nerovnosti. Ze zkušenosti víme, že k takovým situacím prakticky nedochází při měření drsnosti, ale může k nim dojít, měříme-li například dno jamek s kolmými stěnami, odchylky tvaru nebo rozměry schodků, kalibrovaných otvorů apod.

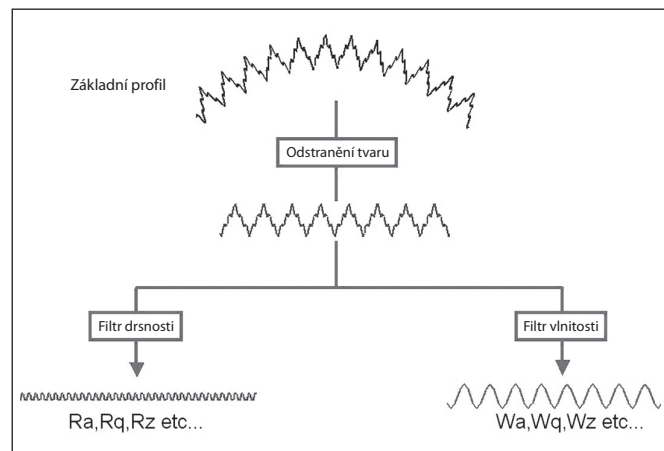


Obr. 3 Kopírování povrchu tělesa hrotem

Nyní se vrátíme k popisu přístroje. Na opačném konci raménka s hrotem, kolmo na podélnou osu raménka, je připevněn kovový váleček, který se pohybuje ve dvou prstencových magnetech a mající tedy funkci kotvy magnetu. Pohyb kotvy je převáděn na elektrický signál cívkou snímače a tento signál je dále zesílen a zpracován elektronicky ještě před tím, než je zpracován pro digitalizaci. Díky unikátnímu zapojení dochází k mimořádnému zvětšení poměru mezi rozsahem měření a jeho rozlišením. Zatímco u jiných srovnatelných zařízení tento poměr bývá přibližně 1000:1, u přístrojů Talysurf dosahuje poměr velikosti více jak 64 000:1. Proto v základních údajích o možnostech přístroje lze najít následující hodnoty rozlišení: pro měření v největším vertikálním rozsahu (osa z), tj. 0,8 mm, je rozlišení 16 nm, pro střední rozsah 0,16 mm je rozlišení 3 nm a v nejmenším rozsahu 0,033 mm může

rozlišení v ose z dosáhnout téměř neuvěřitelné hodnoty 0,6 nm. Tyto údaje je třeba ještě doplnit informací o kroku, po kterém se odečítají hodnoty ve směru osy x. Pokud hrot projíždí po dráze dlouhé nejvýše 30 mm, pak jsou hodnoty odečítány po 0,25 mikrometrech. Při delších úsecích je odečítací krok velký 0,5 μ m. Dále pak lze odvodit, že přístroj je schopen ve směru osy x detekovat spolehlivě trhliny či prolákliny již od šířky 270 nm. Mapujeme-li plochu nějakého povrchu, můžeme si zvolit krok měření i ve směru osy y už od hodnoty 1 μ m.

2. PARAMETRY



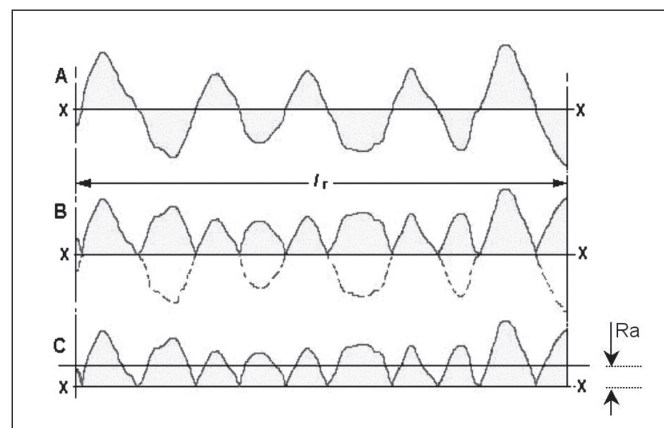
Obr. 4 Schéma postupu zpracování dat při analýze drsnosti nebo vlnitosti

Z načtených a posléze digitalizovaných údajů není již pro software přístroje problém spočítat libovolné parametry jak drsnosti, tak vlnitosti a přímosti (viz. obr. 4), takže jich uživatel nabízí několik desítek. Stačí si pak už jen vybrat takové, které potřebujeme v konkrétní aplikaci. Pro ilustraci uvádíme alespoň definice a výpočty nejužívanějších parametrů drsnosti, jak je užívá též výrobce přístroje, aby bylo zřejmé, že se tyto definice neliší od definic parametrů, jak se běžně užívají už několik desetiletí [2].

Parametry drsnosti mají prefix R, parametry vlnitosti W, parametry přímosti P. Dělíme je na amplitudové, definované souřadnicemi z (vertikální směr), *distanční*, definované ze souřadnic x (směr měření) a *hybridní*, ty jsou kombinací předchozích.

Parametr R_a (1) (W_a , P_a - počítají se stejně, liší se základní délkou l) je amplitudový, je definován jako střední aritmetická odchylka profilu v rozsahu základní délky l_r (viz. obr. 5).

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y(x_i)| \quad (1)$$



Obr. 5 Náznorná definice parametru R_a

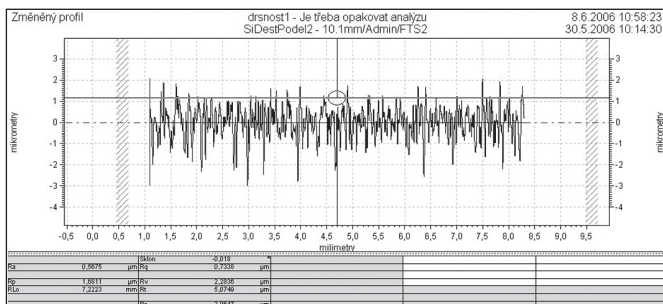
Dalším z nejčastěji používaných amplitudových parametrů je R_q (2), někdy značen jako RMS. Je definován jako střední kvadratická odchylka profilu.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |y^2(x)| dx} \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y^2(x_i)} \quad (2)$$

V nabídce parametrů jsou i takové, které se užívají jen ve speciálních případech, např. parametr RHSC užívaný někdy v automobilovém průmyslu pro cylindrické povrchy, parametr R_{pc} používaný v tiskařském průmyslu pro výběr správného papíru pro tisk, resp. správného určení optimální hustoty barev a inkoustů pro daný papír. Z dalších uvedme ještě alespoň parametr R_{dq} , užívaný pro extrémně hladké povrchy optické nebo elektronické, kde jsou důležité i velmi malé změny na povrchu. Výrobce udává ná přesnost stanoveného amplitudového parametru je 2 % + 4 nm, což je ve shodě s normou ISO.

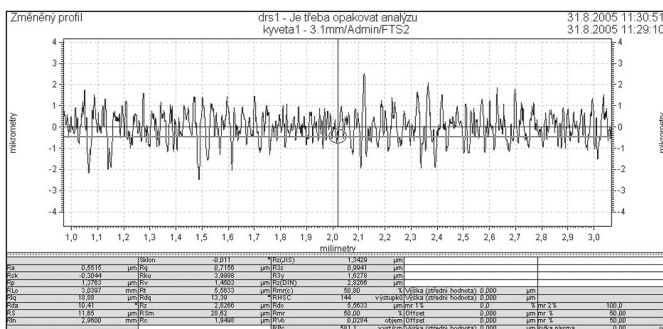
3. PŘÍKLADY 2D MĚŘENÍ

V závěrečných kapitolách uvádíme pro názornost několik konkrétních příkladů měření společně s ukázkami možných výstupů umožňujících získat velmi přesnou představu o konkrétním povrchu. Na obr. 6 vidíme analýzu drsnosti křemíkové desky, která byla vyrobena z monokrystalu Si metodou Czochralského a rozřezána na drátové pile AWSM 3800.2a. Měření, dále neupravovaný povrch zůstává na deskách po řezání pomocí drátěné osnovy. Jako řezný roztok byl použit SiC (práškový karbid křemíku s částicemi velikosti 7 – 15 μm) rozptýlený v oleji, se kterým vytváří suspenzi. Desky jsou určeny jako polotovary pro výrobu fotovoltaických článků a komponent pro elektroniku.



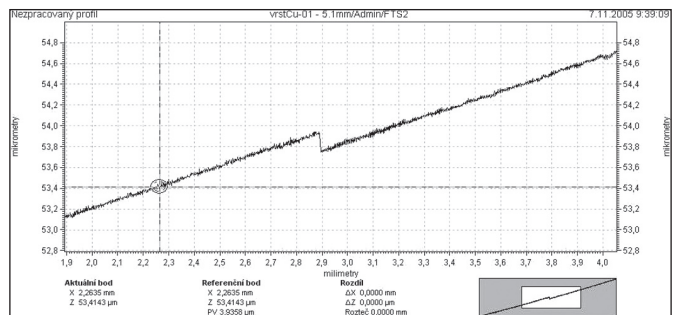
Obr. 6 Analýza drsnosti křemíkové destičky

Pro srovnání ještě uvádíme analýzu drsnosti povrchu skleněné matice na obr. 7. Povrch matice byl opracován klasickou technologií broušení pomocí volného brusiva. Kvalita povrchu odpovídá velmi jemnému broušení značenému podle DIN 3140 √√√√ nebo podle ISO 10110 0,5^G.



Obr. 7 Analýza drsnosti skleněné matice

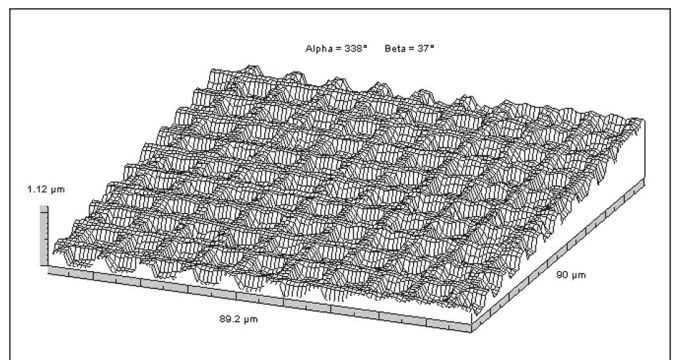
Další obrázek 8 je ukázkou toho, jak lze s pomocí přístroje Talysurf změřit tloušťku tenké vrstvy. Na obr. 8 je náměr vzorku skla s napařenou vrstvou mědi, pomocí funkce zoom, referenčního a aktuálního bodu je možno odečíst jejich vzdálenost - tloušťku napařené vrstvy.



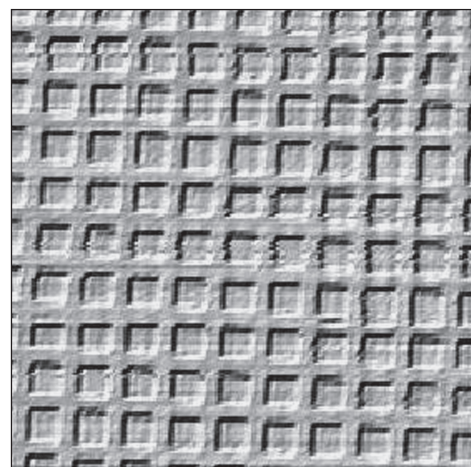
Obr. 8 Náměr přechodu Cu vrstva – sklo

4. PŘÍKLADY 3D MĚŘENÍ

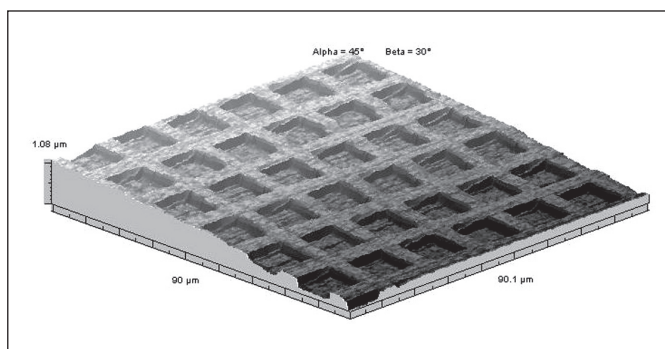
Pro ukázkou 3D měření jsme zvolili měření dvou oblastí povrchu kalibru používaného pro AFM mikroskop s předem definovanou strukturou se známými rozměry. První dva obrázky (obr. 9 a obr. 10) jsou postupně axonometrický a fotosimulační obrázek první oblasti, obr. 11 a obr. 12 totéž pro druhou oblast. Jedná se o oblasti s vnořenými hranoly o výšce 240 nm, s podstavou o hraně 6,2 μm (10,2 μm), mezery mezi hranolky jsou 4,8 μm (2,8 μm).



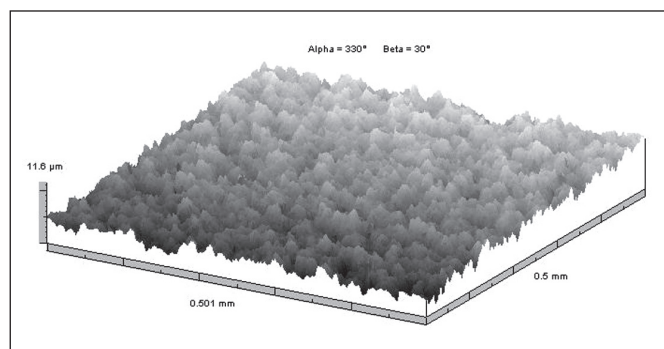
Obr. 9 Axonometrický obrázek oblasti AFM kalibru s vnořenými hranoly o výšce 240 nm, s podstavou o hraně 6,2 μm, mezery mezi hranolky jsou 4,8 μm



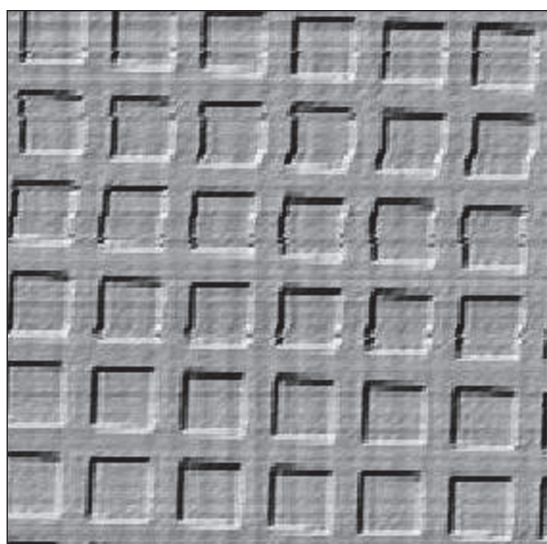
Obr. 10 Fotosimulační obrázek oblasti AFM kalibru s vnořenými hranoly o výšce 240 nm, s podstavou o hraně 6,2 μm, mezery mezi hranolky jsou 4,8 μm



Obr. 11 FOTOSIMULAČNÍ AXONOMETRICKÝ OBRÁZEK OBLASTI S VNOŘENÝMI HRANOLY O VÝŠCE 240 nm, S PODSTAVOU O HRANĚ 10,2 μm, MEZERY MEZI HRANOLKY JSOU 2,8 μm



Obr. 13 3D ZOBRAZENÍ POVrchU Si DESTIČKY



Obr. 12 FOTOSIMULAČNÍ OBRÁZEK OBLASTI AFM KALIBRU S VNOŘENÝMI HRANOLY O VÝŠCE 240 nm, S PODSTAVOU O HRANĚ 10,2 μm, MEZERY MEZI HRANOLKY JSOU 2,8 μm

Na obr. 13 uvádíme 3D zobrazení povrchu Si destičky (která je uvedena již v příkladech 2D měření) pomocí spojitěho axonometrického obrazu.

5. ZÁVĚR

Profilometr Form Talysurf je špičkový přístroj, umožňující měřit tvar, vlnitost a drsnost, při určité konfiguraci s neuvěřitelným rozlišením 0,6 nm. Pomocí softwaru Talymap lze snadno vyhodnotit např. tloušťku napařené vrstvy, hloubku vrypu, skutečnou plochu povrchu, objem výčnělků a prohlubní povrchu nebo provádět různá distanční měření.

Práce vznikla za podpory projektu „PierreAuger Observatory“ (projekt MŠMT ČR – INGO č. 134) a také Výzkumného centra – Optické struktury, detekční systémy a související technologie pro nízkofotonové aplikace (projekt MŠMT ČR č. 1M06002).

Literatura

- [1] Exploring Surface Texture, a fundamental guide to the measurement of surface finish, published by Taylor Hobson Limited, England, 2003.
- [2] Bumbálek B., Odvody V., Ošťádal B.: Drsnost povrchu, SNTL, Praha, 1989.

Mgr. Martina Havelková, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, tel.: 585 631 506, e-mail: martina.havelkova@upol.cz
 RNDr. Helena Hiklová, Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a Fyzikálního ústavu Akademie věd ČR, Tř. 17. listopadu 50a, 772 07 Olomouc, tel.: 585 631 506, e-mail: helena.hiklova@upol.cz
 Mgr. Jana Vojtěchovská, katedra fyzikální chemie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, Tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, tel.: 585 634 423, e-mail: jvojtechovska@volny.cz

OMS – výrobca svietidiel špičkovej kvality

Firma OMS spol. s r.o. patrí k popredným európskym výrobcam svietidiel. Výrobný program firmy pokrýva všetky základné segmenty trhu so svietidlami od interiérových, kancelárskych, priemyselných až po exteriérové svietidlá.

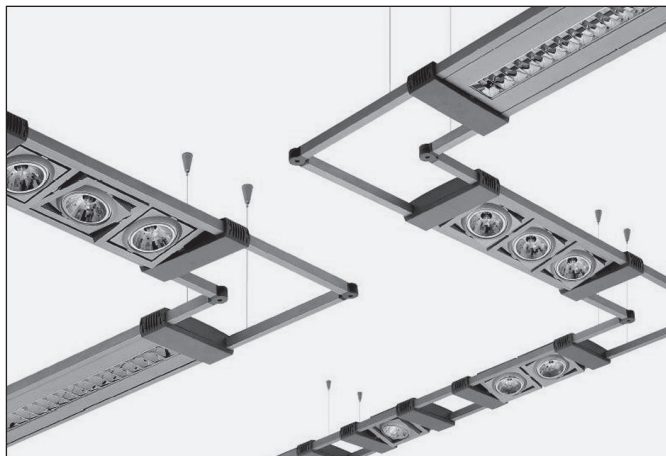
Snahou spoločnosti je dosiahnuť optimálny pomer medzi kvalitou a cenou ponúkaných výrobkov. Tomuto cieľu je podriadené všetko úsilie, na poli výskumu, výroby i marketingu. V roku 2005 a 2006 spoločnosť investovala nemalé finančné prostriedky do moderných technológií vo vývoji a výrobe.

V snahe poskytnúť svojim zákazníkom maximálnu technickú podporu bolo v roku 2005 uvedené do prevádzky nové svetelnotechnické laboratórium. Základom technologického vybavenia laboratória je goniofotometer RIGO 801. Plne automatizovaný goniofotometer umožňuje meranie rozloženia svetelného toku a overovanie jasú svetelných zdrojov a svietidiel. Údaje z prístroja umožňujú pripraviť pre projektantov všetky dáta potrebné pre riešenie projektov v súlade s platnými normami. K dispozícii sú krivky svietivosti, účinnosť, tabuľky UGR a iné. Tieto údaje môžu byť uložené do známych formátov (EULUM-DAT, IES, TM14, CALCULUX ...).

Ďalším nemenej významným krokom bolo zakúpenie automatickej linky Salvagnini, ktorá vďaka svojej flexibilitě umožní veľmi rýchle a do detailu splniť aj najnáročnejšie zákaznivé požiadavky. Linka IDEAL LINE zabezpečuje kvalitnú povrchovú úpravu vyrobených svietidiel. Znižovanie prevádzkových nákladov vo veľkosériovej výrobe je dosahované procesom automatizácie, ktorý zaručuje zníženie času potrebného na výrobu svietidla, pružnosť výroby, schopnosť využitia štandardných komponentov a dosahovaním bezchybných výsledkov. Toto všetko je integrované v novom robotizovanom pracovisku pre zapájanie svietidiel. Unikátny design zapájacej hlavice umožňuje vykonávať všetky operácie potrebné pre pospájanie jednotlivých komponentov v svietidle, až po konečný test funkčnosti svietidla. Jednoduché programovanie robotov Kawasaki dovoľuje ľahko a rýchlo zmeniť schému zapojenia svietidla.

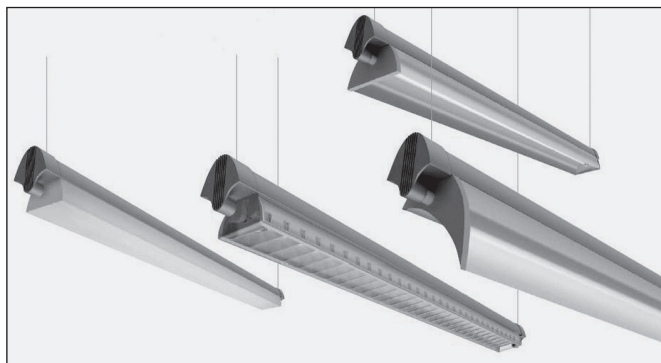
V súčasnej dobe je predaj svietidiel nemysliteľný bez technickej a marketingovej podpory. Aj tu zaznamenala spoločnosť významný pokrok vpred. Od roku 2006 spoločnosť ponúka databázu svojich produktov v DIALUXe – jednom zo svetovo najrozšírenejších programov na výpočet osvetlenia. Týmto sa zaradila medzi najväčších výrobcov svietidiel, ktorých databázy svietidiel sú prístupné v tomto voľneštriteľnom programe.

Na podporu svojich obchodných aktivít sa firma v tomto roku zúčastnila dvoch významných výstav. Prvou z nich bolo CONE-CO, orientované predovšetkým na domácich zákazníkov, kde bol prezentovaný predovšetkým štandardný sortiment.



Obr. 1

Druhou akciou bola najprestížnejšia výstava svietidiel a osvetľovacej techniky v Európe – Light and building vo Frankfurte. OMS tu na ploche 600 m² predstavila úplne nové rady svietidiel, ktoré sa na trh dostanú v priebehu tohto roku. Za zmienku stojí predovšetkým systém VARIO, umožňujúci realizovať všetky požiadavky projektantov na dosiahnutie kvalitného osvetlenia (obr. č. 1). Svojím charakteristickým designom zaujme aj nová séria svietidiel AVANT (obr. č. 2). Samostatnú kapitolu tvorí v súčasnej dobe veľmi populárne tzv. RGB osvetlenie, prostredníctvom ktorého je možné meniť farebný tón cez celé farebné spektrum. Rada CCS, ktorá využíva tento princíp, umožňuje realizovať zaujímavé interiéry v duchu myšlienky „Interiér, to je predovšetkým svetlo“. (obr. č. 3)



Obr. 2



Obr. 3

Záverom treba dodať, že horespomenuté aktivity sú len časťou širokého komplexu činností, ktorými chce spoločnosť OMS naplniť svoj hlavný cieľ a tým je spokojnosť zákazníka.

Navštívte naše stránky na www.oms.sk

AURA – Světlo ve všech jeho podobách

Již od roku 2004 vydává společnost Philips Česká republika svůj magazín s názvem Aura. Divize Osvětlení rozesílá pravidelně zdarma Auru architektům, designérům, projektantům, světelným technikům a dalším „milovníkům světla“ svůj časopis jako direct mail. Cílem tohoto magazínu není jen podpora prodeje světelných zdrojů společnosti Philips, ale hlavně všeobecná osvěta o problematice světla pro širokou veřejnost.

Naším čtenářem je specialista na světelnou techniku, ale i každý, kdo si uvědomuje, že světlo není jen tak samozřejmé a automatické. Vždyť umělý světelný zdroj není pouze jakási žárovka nebo zářivka. Je to celá řada nejrůznějších výrobků, které mají vždy jasné specifikace, výhody a nevýhody, odlišují se použitím v různých aplikacích a tak dále. A to vůbec nemluvíme o zdrojích pro speciální použití, např. pro optické přístroje.

Světlo je všude kolem nás, od východu slunce až po jeho západ, současně se kolem nás rozplývá i z obrovského počtu umělých světelných zdrojů. Ale ta zdánlivá samozřejmost není tak jednoduchá. Vždyť jaký průlom pro člověka představovalo ovládnutí ohně. Vedle zdroje tepla tento objev představoval i zdroj světla! Prodloužení dne a bezpečná orientace v noci, to dnes pro nás již neplní otevřený oheň, ale právě umělé světelné zdroje. Jenže těch je obrovské množství typů s různou kvalitou světla a hlavně s různým

použitím. Nevhodně zvolený světelný zdroj může poškodit váš zrak, znepříjemnit pobyt v místnosti nebo nepřiměřeně zvýšit náklady. Naopak vhodně zvolený typ osvětlení zvýší produktivitu práce, sníží provozní náklady a podpoří vaši náladu. A právě orientaci v této někdy až džungli vám zjednoduší Aura.

Dočtete se v ní o charakteristikách světla, o základních požadavcích na světelné soustavy z hlediska norem, doporučíme vám vylepšení vašeho stávajícího osvětlení z hlediska zrakové pohody, spolehlivosti i snížení celkových nákladů na osvětlení. Na příští rok chystáme rozšíření projektu Aura o interaktivní prvky jako je setkání čtenářů, školení v oboru světelné techniky, exkurze do továren a samozřejmě i soutěže o atraktivní ceny! Proto budu velice rád, jestliže o Auru vy i vaši přátelé projevíte zájem. Stačí poslat vaše kontaktní údaje na mail: info@bpublishing.cz a Aura se již brzy objeví i ve vaší schránce. Zaslání i magazín samotný je naprosto ZDARMA a neváže se na něj jakákoliv další nabídka nebo povinnost.

Budu velice rád, jestliže si Auru přečtete a napíšete nám také vaše reakce, náměty či komentáře. Pro vaši informaci si můžete starší čísla Aury prohlédnout na stránce www.lighting.philips.cz. Aura momentálně vychází v české i slovenské mutaci, takže se velice těšíme i na nové čtenáře ze Slovenska. Přeji všem hodně dobrého světla!

Ing. Jiří Kolařík, Market Segment Manager Philips Česká republika, s.r.o., BU Lamps, Šafránkova 1, 155 00 Praha 5
tel.: 233 099 372, e-mail: jiri.kolarik@philips.com

PHILIPS k službám

Bratislava sa od roku 1990 z architektonickej stránky výrazne zmenila. Samotné mesto možno rozdeliť na dve časti. Bytové budovy, celý komplex obchodov, administratívne budovy i univerzitné mestiečko, kultúrne i športové zariadenia, výstavné a kongresové centrum INCHEBA EXPO Bratislava a, prirodzene, lesík v mestskej časti Bratislava - Petržalka. K najvýznamnejším urbanistickým celkom Bratislavy na druhom brehu Dunaja patrí nové sídlo parlamentu v susedstve starobylého Bratislavského hradu, sídlo slovenských prezidentov, radnica, veľké verejné budovy i ambasády, múzeá, galérie i pamiatkové objekty, najdiskutovanejší pamätník Čechov a Slovákov, opera i ďalšie zaujímavé divadlá, koncertné siene i nočné podniky, zoológická záhrada, hotely, reštaurácie i kaviarne, školy všetkých typov, knižnice, obchodné haly, nemocnice, štadióny, rozhlasové, televízne i filmové štúdiá, Dóm sv. Martina a ďalšie kostoly, symbolický cintorín na Slavíne, niekoľko staníc i letisko atď. Súčasťou Bratislavy sú aj budované cesty – predovšetkým lamačský dopravný uzol, včítane tunela Sitiny a užívané mosty (Starý most, Nový most, prvý diaľničný most – Prístavný a ďalší diaľničný Most Lafranconi alebo najväčší oblúkový most na celom úseku Dunaja Apollo). Nemožno opomenúť ani riečnu dopravu, ktorá spája mesto s významnými svetovými metropolami – Viedňou a Budapešťou. Treba však uviesť, že Bratislave chýbali staviteľia ako F. Mansart alebo prefekt mesta Paríž – G. Haussmann, či veľký znalec umenia a významný štátnik G. Pompidou. Preto sa nedalo zabrániť živelným riešeniam a živelnému rastu hlavného mesta Slovenska. Až primátor A. Ďurkovský sa rozhodol znovu menovať hlavného architekta Bratislavy. Od 3. apríla je v tejto funkcii profesor Š. Šlachta. Profesor v odbore architektúry na Vysokej škole výtvarných umení v Bratislave a prezident Spolku

architektov Slovenska si sám stanovil niekoľko kľúčových úloh, medzi ktoré patrí:

- iniciovať koncepciu systémovej premeny sídlisk na mesto;
 - ovplyvňovať rozvoj mesta v celku i v detailoch;
 - vypracovať koncepciu riešenia panorámy mesta a výškových dominant;
 - vytvoriť koncepciu usporiadania vstupov do mesta;
 - významné investície riešiť verejnými súťažami.
- Zaujímavosťou je aj to, že by chcel vytvoriť:
- architektonickú radu mesta;
 - systém spolupráce s architektmi mestských častí;
 - systém spolupráce s architektmi miest Viedne, Györu, Brna a ďalších.

Hlavné mesto Slovenska však potrebuje nielen kvalitných architektov a urbanistov, ale aj investorov, projektantov osvetlenia a pracovníkov prevádzky i údržby osvetlenia rôznych vonkajších objektov. Na túto skutočnosť upozornila spoločnosť PHILIPS (viď. monika.michalova@philips.com). Pre architektov, urbanistov a projektantov osvetlenia pripravila *Svetelné show* v Bratislave (13. júna) a v Košiciach (15. júna). Pre tento cieľ (na aplikácie osvetlenia mestských centier) využili predstavitelia spoločnosti PHILIPS vysokokvalitné produkty s technológiou LED (Light emitting diode). Súčasťou tejto akcie v Bratislave boli prezentované nielen modelové riešenia osvetlenia skupiny PHILIPS, ale aj informácie o najdôležitejších vlastnostiach LED. Verím, že prostredníctvom spolupráce spoločnosti PHILIPS s architektmi mestských častí si budeme môcť pozrieť podobné aplikácie aj v našom meste pri slávnostných príležitostiach.

Prof. Ing. Pavol Horňák, DrSc.

Světový veletrh sběratelství



Devátý mezinárodní veletrh SBĚRATEL 2006 a s ním souběžný třetí ročník veletrhu ATIKVARIÁT PRAHA 2006 se budou konat ve dnech 15. až 17. září 2006 v levém křídle Průmyslového paláce Výstaviště v Praze-Holešovicích na celkové užité výstavní ploše přes 5000 m².

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

Z roku na rok se také zvyšuje počet vystavovatelů i návštěvníků. Naposledy loni na něm vystavovalo 230 firem a sběratelů ze 35 zemí, navštívilo jej přes 12 500 návštěvníků. Každý třetí návštěvník strávil na veletrhu víc než jeden den. Z Prahy bylo 44 % návštěvníků, mimopražských 39 % a ze zahraničí 17 %, především ze sousedního Slovenska, Německa, Polska a Rakouska, ale i ze Švýcarska, Běloruska, Irska, Austrálie a jiných zemí. Pozoruhodné je, že asi třetina ze všech návštěvníků byli technici z nejrůznějších oborů.

Exponáty s odbornou literaturou a příslušenstvím budou opět rozděleny do pěti hlavních oborů. V každém oboru budou na veletrhu přítomni soudní znalci, kteří bezplatně ohodnotí návštěvníkům přinesené sbírky či jednotlivé exponáty. Hlavní obory veletrhu jsou:

- **Telefonní karty** – tuzemské i zahraniční. Mezi vystavovateli budou obchodníci a sběratelé např. z Číny, Turecka, Maďarska, Rumunska, Ruska, Francie, Slovenska a samozřejmě i od nás. Čínský Telecom vydal k pražskému SBĚRATELI vlastní telefonní kartu.
- **Filatelie** – známky, celiny, kašety, historické pohlednice. V tomto oboru se zúčastní např. poštovní správy OSN, Slovenska, Německa, Běloruska, Švýcarska, Austrálie, Irska, České republiky a dalších zemí. Mezi obchodníky se objeví řada nových či staronových tvář, především z Velké Británie a ze zámoří. Poprvé



se na veletrhu účastní jedna z největších filatelistických anglických firem Hammers of London, Filatelia Simona z Argentiny aj. Česká pošta vydává k veletrhu zvláštní příležitostní razítko, dopisnici a R-nálepku. V neděli 17. září 2006 na akci Den OSN bude na stánku České pošty k dispozici další speciální razítko OSN.

- **Numizmatika** – mince, medaile a řády, papírová platidla. Zde bude opět silné zastoupení mincoven z nejrůznějších zemí. Velkými expozicemi se účastní Česká mincovna a dále mincovny Rakouska, Slovenska, Rumunska, Velké Británie, Kanady, Švýcarska a dalších zemí. Sběratele mincí a bankovek osloví i dalších asi 30 obchodníků.
- **Mineralogie** – minerály, drahé kameny, šperky z přírodních materiálů, fosílie. Vedle tradičních vystavovatelů letos přibudou noví s rozsáhlou nabídkou produktů, především z exotických zemí.
- **Ostatní sběratelství** – mnohá překvapení. V tomto oboru nebude chybět rozsáhlá expozice Klubu sběratelů kuriozit, který soustřeďuje sběratele netradičních oborů.

Veletrh knih, starých tisků a grafiky ATIKVARIÁT PRAHA 2006 se bude konat ve stejné hale, avšak opticky oddělený, s jiným uspořádáním stánků a jinou grafikou. Loni se na něm představilo několik největších a nejznámějších antikvariátů z Prahy, jiných českých měst a také ze zahraničí. Letos se očekává zvýšení jejich počtu, který přiláká další návštěvníky, aby si vybrali z rozsáhlé nabídky hodnotných českých i cizojazyčných knih, gramofonových desek, CD, starých pohlednic, grafiky, map, atlasů, průvodců, učebnic, odborných knih a mnohého dalšího.

Pro oba veletrhy platí společná vstupenka, denní za 60 Kč, zlevněná za 20 Kč. Přes loňské trestní oznámení pro diskriminaci mužů mají ženy a mládež do 18 let vstup na veletrhy opět zdarma. Pro veřejnost je otevřeno od 10 do 18 h, v neděli do 16 h.

Další informace lze najít na internetových adresách: www.sběratel.info a www.antikvariátpraha.cz nebo na adrese pořádající agentury Progres Partners Advertising s.r.o., Opletalova 55, 110 00 Praha 1, tel.: 224 213 905, fax: 224 218 312, e-mail: sberatel@ppa.cz a antikvariát@ppa.cz.

(jpe)

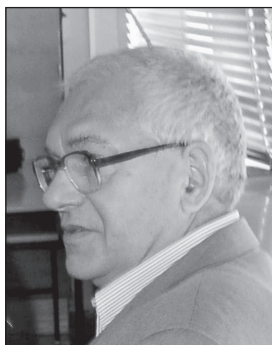


9. BRATISLAVSKÝ OPTICKÝ SEMINÁR SLÁVNOSTNE

Koncom mája 2006 sa stretli zúčastníci zo Slovenska v Bratislave, v priestoroch FMFI UK, na 9. bratislavskom optickom seminári.

Založenie tradície organizovania BOS je prejavom dlhoročnej spolupráce Ústavu merania SAV a bývalej Katedry optiky FMFI UK, a zviditeľnenie organizačnej práce RNDr. Karola Karoviča, DrSc. a profesora RNDr. Antona Štrbu, CSc.

Cieľom BOS je poskytnúť možnosť neformálnych stretnutí členov optickej komunity Slovenska, prezentovania a diskutovania ukončených, alebo priebežne, či aktuálne riešených problémov. BOS môže byť aj príležitosťou prezentovania sa niektorého pracoviska. Napriek svojmu názvu nie je vždy miestom konania Bratislava. Hostiteľom BOS už bola napr. Katedra technickej fyziky Žilinskej Univerzity. Stretnutia môžu byť aj zdrojom inšpirácie pre vedeckú činnosť na pracoviskách. Termíny BOS nie sú plánované, ale napríklad môžu byť určené aktuálnou ponukou odborných príspevkov. Tento posledný, v poradí už 9. BOS, bol iniciovaný pracovnou návštevou profesora P. R. Prucnala na FMFI UK v Bratislave. Prítomnosť prof. P. R. Prucnala na Slovensku bola výsledkom už 15-ročnej spolupráce medzi laboratóriom *Lightwave Communications Laboratories* na Univerzite v Princetone a bývalou Katedrou optiky (dnes oddelenie optiky KEF) Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského.



RNDr. K. Karovič, DrSc.
z ÚM SAV, spoluzakladateľ
BOS



Prof. P. R. Prucnal pôsobí na Katedre elektrického inžinierstva Univerzity v Princetone, USA. Je zakladajúcim riaditeľom inštitútu *Princeton's Center for Photonics and Optoelectronic Materials*, spoluautorom vyše 200 článkov vo vedeckých časopisoch a držiteľom viacerých patentov. Za svoju vedecko-pedagogickú činnosť obdržal od SPIE Medailu Rudolfa Kingslake. Je považovaný za zakladateľa vednej oblasti *Optical code division multiple access*, v ktorej bolo do dnešnej doby na svete publikovaných viac ako 1000 vedeckých článkov. Prof. P. R. Prucnal je editorom knihy *“Optical Code Division Multiple Access: Fundamentals and Applications.”*

Počas 15 rokov trvania tejto spolupráce, profesor P. R. Prucnal navštívil dvakrát FMFI UK a viaceré jej pracoviská a predniesol niekoľko pozvaných prednášok na domácich a zahraničných konferenciách organizovaných vtedajšou Katedrou optiky. Spolupráca prispela aj k experimentálnemu vybaveniu laboratória katedry.

Vo vedeckej oblasti spolupráca vyústila do dlhodobého pracovného pobytu profesora Ivana Gleska na Univerzite v Princetone, vyše 70 spoločných publikácií do odborných časopisov a vyše 100 konferenčných príspevkov na domácich a zahraničných konferenciách. Spolupráca taktiež viedla k významným objavom, ktoré vyústili do fundamentálnych publikácií v oblasti plne optického spracovania optických dát - *“Terahertz optical asymmetric demultiplexer (TOAD)”*, či experimentálnej demonštrácii - *“All-optical demultiplexing of TDM data at 250 Gbps”*. Ďalšími dôležitými spoločnými plodmi vzájomnej spolupráce sú výsledky v oblasti využitia plne optického ultra rýchleho spracovania optických dát v oblastiach *“100 Gigabit/sec photonic packet switching based on all-optical signal processing”*, *“100 Gbit/sec optical multiprocessor interconnects”*, a v neposlednom rade *“Holographic-Bragg filters”*, ktoré sú dôležité predovšetkým pri aplikáciách v oblasti Optical CDMA.



Stretnutia a diskusie (I. Glesk, J. Bartl, K. Karovič)

Program 9. BOS bol nasledovný:

- All-Optical Signal Processing – Progress and Applications (Professor P. R. Prucnal, Princeton University)
- Vzájomné pôsobenie femtosekundových impulzov s mikro- a nanoštruktúrnym materiálom (I. Bugár, ILC)
- Naše poznatky o fotorefraktívnom jave v LiNbO_3 (I. Turek, N. Tarjányi, Žilinská Univerzita)
- Fotonické štruktúry v prírode - optické vlastnosti niektorých predstaviteľov triedy Inseta (I. Martinček, D. Pudiš, Žilinská Univerzita)

Úvodná časť 9. BOS začala slávnostne. Otvorenia sa zúčastnil aj dekan FMFI UK, doc. RNDr. Ján Boďa, CSc. ktorý odovzdal profesorovi P. R. Prucnalovi pamätnú zlatú medailu fakulty, ktorú mu udelil pri príležitosti 15. výročia ako ocenenie tejto vzájomnej spolupráce.

Pamätnú zlatú medailu fakulty taktiež udelil a odovzdal aj profesorovi Antonovi Štrbovi, CSc., dlhoročnému pracovníkovi, pedagógovi a akademickému funkcionárovi, ktorý sa toho roku dožíva 65 rokov.

Profesor Štrba, po absolvovaní Univerzity Komenského, začal pôsobiť ako pedagóg, na Prírodovedeckej, neskôr Matematicko-



P. R. Prucnal, I. Glesk, A. Štrba – chvíle oddychu (Valtice)

-fyzikálnej fakulte, teraz Fakulte matematiky, fyziky a informatiky, Univerzity Komenského v Bratislave. Počas svojho dlhodobého pedagogicko-vedeckého pôsobenia na Univerzite Komenského prispel nemalou mierou k rozvoju optiky a fyziky laserov a to nielen na našej Alma Mater ale nesporne i v celoslovenskom meradle.

Ako dlhoročný vedúci Katedry experimentálnej fyziky, neskôr Katedry optiky, prispel k napredovaniu týchto pracovísk v optike nie len po odbornej ale aj pedagogickej stránke. Stál pri zrode študijného smeru *Optika a optoelektronika*, dnes *Optika a lasery*. Na podnet svojho učiteľa a kolegu, doc. RNDr. Stanislava Kolníka, CSc., stál už koncom 60-tych rokov minulého storočia pri presmerovaní výskumu oddelenia z akustiky na nelineárnu optiku, ktorá sa stala predmetom záujmu s nástupom laserov pri interakcii laserového žiarenia s hmotou. Sformoval prvý kolektív na Slovensku, zameraný vo vedecko-výskumnej aj pedagogickej činnosti na modernú optiku, ktorý v rámci ČSFR spolupracoval s UP v Olomouci na riešení vtedajších úloh ŠPZV, koordinovaných profesorom J. Peřinom.

Velkou mierou sa zaslúžil a prispel k rozvoju spolupráce so zahraničnými Univerzitami, najmä Štátnou Univerzitou v Jerevane a v poslednom desaťročí s Univerzitou v Princetone. Táto dlhoročná spolupráca bola významným prínosom ako pre vedeckú prácu kolektívu, tak aj pre experimentálne vybavenie bývalej Katedry optiky.

Profesor A. Štrba významne prispel aj ku vzniku Matematicko-fyzikálnej fakulty Univerzity Komenského (1980), kde v prvých rokoch jej zrodu pôsobil ako akademický funkcionár vo funkcii prodekana fakulty, neskôr ako prorektor Univerzity Komenského.

Profesor A. Štrba patrí k nevelkej skupine pedagogických pracovníkov FMFI UK, ktorých vedecko-pedagogická práca vyústila do celoštátnej učebnice pre vysoké školy a niekoľkých vysokoškolských učebných textov - skript. Počas svojho dlhoročného vedecko-pedagogického pôsobenia vychoval nemalú radu významných a uznávaných odborníkov a pedagógov a to nie len v celoslovenskom, ale i medzinárodnom merítke.

Profesor A. Štrba je spolueditorom viacerých medzinárodných konferenčných zborníkov SPIE, členom vedeckých a pedagogicko-vedeckých komisií na rôznych úrovniach, členom Redakčnej rady JMO. Za svoju dlhoročnú vedecko-pedagogickú prácu získal viaceré vyznamenania a ocenenia.

K životnému jubileu srdečne blahoželáme a prajeme pevné zdravie a veľa síl a optimizmu do ďalších rokov,

Ivan Glesk, Dagmar Senderáková



Prof. RNDr. Anton Štrba, CSc.

Redakce a redakční rada časopisu *Jemná mechanika a optika* u příležitosti letošního životního jubilea prof. Antona Štrby děkuje jubilantovi za jeho dlouholetou a obětavou práci pro časopis JMO a do dalších let mu přeje hodně zdraví, životní pohodu a pracovní úspěchy jak v pedagogické, tak vědecké práci.

*Redakce a Redakční rada časopisu
Jemná mechanika a optika*

Z dílny starých mistrů

(28. pokračování)



- Ke zhotovení černého matového laku pro kovové díly, kupř. pro fotoaparáty je třeba černý anilin, který je rozpustný v amylacetátu a nejjemnější lampovou černí. Do 500 ccm bezbarvého zaponového laku se vmísí 25 – 30 g černého anilinu a stejné množství lampové černě. Při silném a častém protřepávání se barvivo rozpustí v 6 až 8 dnech při dobře rozptýlené černi. Následuje prolisování laku jemným tkanivem. Lak se uchovává v dobře uzavřené láhvi a před upotřebením musí být dostatečně protřepaný.
- Stříbrný nátěr na dřevě, papíru i kovu – musivní stříbro - se vytvoří tak, že legura, sestávající ze 3 dílů cínu, 3 dílů vizmutu a 1 1/2 dílu rtuti se rozmělní na jemný prášek. Vzniklá stříbrná hmota v prášku se použije k falešnému stříbření. Aby se kovům, zejména mědi a mosazným předmětům dodal vzhled podoby stříbra, tyto se nejdříve vyleští. Potom se umíchá vyrobený prášek se šestinásobným množstvím kostního popela a přidá se tolik vody, aby vznikla kaše a tou se natírají kovy pomocí na úzko příříznutého korku. K potažení papíru touto stříbrenkou, potírá se tento bílkem nebo fermeží a následně stříbrenkou štětcem, jak je obvyklé u běžných barevných nátěrů. Pozn.: **Musivní stříbro**, cín, vizmut a rtuť, jemně rozetřený prášek s tmelem a natřený na papír (= postříbřený papír v obchodě). V malířství to byl prášek z amalganu, rozmíchaný ve fermeži. **Musivní zlato** – siričkový Sn₂, tvoří zlatožluté lesklé šupinky – používá se jako bronzová barva.

- Bezbarvý lak na kovy tvoří směs 125 g Sandaraku, 200 g 96% alkoholu, 200 g kafra a 35 g benátského terpentýnu. Pozn.: **Sandarak** je pryskyřice jehličnanu zeravu (jižní Španělsko). Ve starověku byl používán k balzamování, dnes k výrobě speciálních laků a tmelů.

Meško, D. – Katuščák, D. – Findra, J. a kolektív: **Akademická príručka. České, upravené vydání. Překlad: Krčmová, M. a Miloševičová, K. Vydavatelství Osveta, Martin 2006, 484 s. ISBN 80-8063-219-7**

Po úspešných dvoch slovenských vydaniach Akademickkej príručky (2004 a 2005) ponúkajú autori uvedené dielo čitateľom aj v českom preklade prof. Krčmovej a Dr. Miloševičovej. Kniha je určená stredoškolským a vysokoškolským študentom všetkých typov a úrovni štúdia, ich pedagógom, školiteľom, konzultantom, oponentom rôznych typov prác, atestantom, doktorantom, vedeckým pracovníkom a odborníkom z praxe. Predkladaná knižná publikácia obsahuje stovky užitočných rád, skúseností, odporúčaní pre študentský život, akademickú i profesionálnu kariéru, vrátane množstva informácií o normovaných činnostiach a metodologických postupoch súvisiacich s prípravou rôznych druhov najmä písaných prác.

V jednotlivých kapitolách nájdete:

1. hlavné zásady **výstavby textu** (vymedzenie pojmu text, modelové štruktúry textu, odborný text – základné požiadavky na autora textu, obsahová a formálna výstavba odborného textu);
2. základy **rétoriky** (príprava na rečnícke vystúpenie, reč tela, praktické rady, zlozvyky rečníka v mimike a gestike, minislovník odborných výrazov z rétoriky);
3. ako pripraviť **abstrakt** (typy abstraktov, vlastný abstrakt, rozsah abstraktov, praktické rady);
4. čo má obsahovať **kazuistika** (štruktúra kazuistiky, praktické rady);
5. ako pripraviť **posterovú prezentáciu** (príprava plagátu, úvodný nadpis, textová časť, grafické riešenie, používanie písma, používanie farieb, ilustrácie, materiál na plagát, technické spracovanie plagátu, vlastná plagátová prezentácia, praktické rady);
6. ako pristupovať k **prednáške** (príprava prednášky, vlastná prednáška, začiatok/jadro/záver prednášky, diskusia k prednáške, praktické rady);
7. základné pravidlá prípravy **premietanej obrazovej prezentácie** (prezentácia s priesvitkami, prezentácia s PowerPointovými diapositívmi, úvodný diapositív, textová časť, používanie písma, používanie farieb, ilustrácie, animovaný obraz, zvuk, videozáznam v PowerPointe, technická príprava/spracovanie, praktické rady);
8. čo si treba uvedomiť pred napísaním **vedeckého a odborného článku** (stratégia publikovania v časopise, výber časopisu, požiadavky na kvalitné vedecké písanie, príprava vlastného článku, praktické rady, filozofia publikovania, príčiny neakceptovania článku na publikovanie, niektoré etické poznámky a redakčné spracovanie článku);
9. ako pripraviť **elektronické publikovanie**;
10. ako sa publikujú **školské, záverečné a kvalifikačné práce, vedecký a odborný článok** (referát, práca SOČ, ŠVOČ, seminárna, bakalárska, diplomová, rigorózna, dizertačná, atestačná, habilitačná práca, charakter písomnej práce, prípravná fáza, základné požiadavky na napísanie práce, formálna stránka úpravy práce, znaky, písmo, jazyk, papier, okraje, normalizovaná strana, formát a rozsah práce, číslovanie častí, odstavcov, pododstavcov, hlavné časti práce – predná časť, jadro práce, súčasti príslušných častí jadra práce, ostatné náležitosti hlavného textu, koncová časť, úprava seminárnej práce a referátu v škole);
11. charakteristiky **jednotlivých druhov prác** (seminárna, ročníková práca, práca SOČ, ŠVOČ, bakalárska, diplomová, rigorózna, dizertačná, habilitačná práca, vysokoškolská učebnica, vedecká a odborná monografia, zborník, technické normy, výskumné správy, patentové dokumenty, konferenčné materiály, auto-referát dizertačnej práce, digitálne dokumenty, vedecké práce zverejnené na internete);
12. ako **citovať a pracovať s bibliografickými odkazmi** (citát, citácia alebo citovanie, záznam v zozname bibliografických odkazov, schémy bibliografických odkazov, odkazy na informačné pramene v elektronickej podobe, elektronické monografie, elektronické databázy, počítačové programy, elektronické časopisy, ako citovať v záverečnej, bakalárskej, diplomovej, dizertačnej, habilitačnej, špecializačnej a inej školskej práci, príklady bibliografických odkazov na elektronické dokumenty);
13. kritéria pre **hodnotenie a obhajobu písomných prác** (hodnotenie seminárnej/ročníkovej práce, práce SOČ, ŠVOČ, hodnotenia bakalárskej, diplomovej, dizertačnej práce, obhajoba bakalárskej, diplomovej, dizertačnej práce, praktické rady pre obhajobu);
14. ako sa orientovať v **indexových časopisoch, citačných indexoch a impakt faktore** (index SCI, impakt faktor, hodnotiaci proces pri zaraďovaní časopisu medzi indexové – karentové, problémy citovanosti, kategórie ohlasov, recenzia, zdroje informácií o ohlasoch, zásadné indikátory vedy pre ISI, eurofaktor);
15. ako pripraviť **vydanie knižnej monografie v zahraničí**;
16. ako pristupovať k ochrane autorských práv – **copyright** (niektoré paragrafy autorského zákona, elektronické informačné zdroje a autorské práva, autorské právo a školské, záverečné a kvalifikačné práce);
17. ako pristupovať k **etickým otázkam pri prezentovaní práce** (autorstvo práce, redundantná publikácia, plagátorstvo, povinnosti vydavateľa, vzťahy s médiami, redakčné otázky a činnosti, opatrenia pri porušení etických noriem, ochrana práv pacientov na súkromie, konflikt záujmov, dôvernosc, etika publikovania);
18. ako zvládnuť **komunikačné zručnosti pri prezentácii** (verbálna a neverbálna komunikácia, technické pomôcky, praktické rady);
19. ako pristupovať k **vizuálnej – grafickej podstate prezentácie**;
20. ako organizovať **odborné podujatie** (príprava a priebeh odborného podujatia, vycestovanie do zahraničia na odborné podujatie, modely/príklady rozličných kongresových materiálov, základný slovensko – anglický kongresový slovník);
21. ako pripraviť **curriculum vitae** (životopis ako súčasť žiadosti o prijatie do zamestnania, praktické rady, sprievodný/motivačný list k žiadosti o prijatie do zamestnania, referencie, špecifiká informácií v životopisoch a sprievodných/motivačných listoch v niektorých krajinách, návrh životopisu prezentovaný Európskou komisiou – euroživotopis, príklady formátov životopisov);
22. ako sa pripraviť na **pracovný pohovor** (hľadanie pracovného miesta, príprava na pracovný pohovor, vizuálna stránka pohovoru, vlastný pracovný pohovor, praktické rady);
23. základy **akademickej etiky a etikety** (všeobecné o pravidlách spoločenského správania – slušnosť, zdvorilosť a takt, spoločenská významnosť, písomná komunikácia, správanie k hendikepovaným, spoločenské faux pas, akademické slobody a práva, povinnosti a práva študenta na akademickej pôde, akademická česťnosť, etiketa na univerzite, akademické ceremonie a obrady, komunikácia na univerzite – telefonovanie, etiketa SMS, elektronická a neelektronická komunikácia, obliekanie na univerzite);
24. rady **na cestu do zahraničia** za prácou, štúdiom, poznávaním, na odborné podujatie (doklady, víza, financie, poistenie, doprava a dopravné prostriedky, ubytovanie, zákony, zvyklosti, náboženstvo, politika, kultúra, bezpečnosť a bezpečnostné opatrenia, stravovanie a pitie – vody, nápoje, oblečenie na cestách, počítače, internet, telefonovanie, fotografovanie, filmovanie na cestách, zdravie a zdravotné riziká – infekčné choroby)

a očkovanie, hmyz, ochorenia z potravín, hnačka cestovateľov, pásmová choroba, morská choroba, horská/výšková choroba, zaťaženie organizmu v lietadle, lekárnica, príprava na cestu v skratke – mesiace až hodiny pred cestou, potreby na cestu). Akademická príručka obsahuje široké spektrum odporúčaní z okruhu získavania a spracovania odborných informácií a prezentovania výsledkov práce v hovorenej, písanej alebo kombinovanej podobe a to predovšetkým v zhode s normami vedeckej komunikácie u nás i v zahraničí. Kniha je z hľadiska rozsahu, obsahu a formy ojedinelá v priestore Slovenska a Česka, čo treba vziať do úvahy, ak by sme chceli autorom vyčítať nedostatky či nepresnosti. Za túto činnosť patrí poďakovanie autorskému kolektívu zloženému z viacerých inštitúcií Slovenska. Akademickú príručku v knižnej podobe možno si objednať na stránkach internetového kníhkupectva www.martinus.sk.

P. Horňák

Heinz, R.: Grundlagen der Lichterzeugung – von Glühlampen bis zum Laser (Základy výroby svetla – od žiarovky po laser). 1. vyd. HIGHLIGHT Verlag, Rülthén 2004, 125 s., ISBN 3-937873-00-7

Monografia vedúceho školiaceho strediska *Philips Lighting Academy (PLA)* podáva v stručnej forme súbor poznatkov o výrobe

svetla. Kniha je koncipovaná ako príručka, ktorá má poskytnúť praktikom súbor informácií o zdrojoch svetla a ich hodnotení podľa rôznych hľadísk. V 1. kap. sa hovorí o žiarení, fyziológii videnia, svetelnotechnických pojmoch a jednotkách, ako aj farebných vlastnostiach svetla. Po všeobecnej časti nasleduje historický vývoj žiaroviek. 3. kap. obsahuje state o halogénových žiarovkách, o použití regeneračného cyklu vo volfrámových žiarovkách. Ďalšia kap. je venovaná nízkotlakovým výbojkám. Ide o bežne používané žiarivky, nízkotlakové sodíkové výbojky a indukčné výbojky. 5. kap. prináša informácie o vysokotlakových ortuťových výbojkách, halogenidových výbojkách a vysokotlakových sodíkových výbojkách. 6. kap. obsahuje historický vývoj a najnovšie trendy v oblasti LED (Light emitting diode). Sú to cenné informácie o najdôležitejších vlastnostiach LED. 7. kap. je o optických kvantových generátoroch (laseroch). Tu sú opísané tuhé lasery (kryštálové a sklené), polovodičové, plynové i kvapalinové a možnosti ich použitia.

Kniha je doplnená kódovým označením svetelných zdrojov a podrobným vecným registrom. Početné ilustrácie v texte prispievajú k dobrej zrozumiteľnosti monografie. Zoznam literatúry (celkove 11 prameňov) poskytuje čitateľovi zdroj informácií pre hlbšie štúdium problematiky svetelných zdrojov.

P. Horňák

Nové prístupy, ktoré špecifikujú kritéria pre svetelný komfort a kvalitu osvetlenia vnútorných pracovných priestorov

Rakúska svetelnotechnická spoločnosť (www.ltg.at) pripravuje pre projektantov ďalšie školenie k problematike osvetlenia vnútorných pracovných miest, ktoré sa bude konať v dňoch 12. a 13. októbra 2006 vo Viedni. Program školenia s vyučovacím jazykom nemeckým je nasledovný:

12. októbra

- Príhovor (Schmutzer a Müller, LTG)
- Základy svetelnej techniky; Termíny a definície (Grieshofer, Siteco)
- Svetelné zdroje (Seibert, Osram)
- Príslušenstvo svietidiel (Mathis, Tridonic Atco)
- Projekt osvetlenia I; Kritéria pre návrh osvetlenia (Klaus, Trilux Leuchten),
- Projekt osvetlenia II; Nová verzia DIALux 4.1 (Fritthum, Philips Licht)
- Návrh osvetlenia vnútorných pracovných priestorov (Wichtl, AUVA)
- Energetická náročnosť prevádzky osvetľovacej sústavy (Brandstätter, ÖBB-Infrastruktur Betrieb)
- O inžinierskych programoch podľa EN 1838
Núdzové osvetlenie (Wagner, Zumtobel Licht)

- Aplikácie svietiacich diód – LED (Geiginger, LEDON)
- Diskusia
- Projekt osvetlenia miestnosti (Könst, Vasko + Partner)

13. októbra

Návšteva svetelného štúdia firmy:

1. skupina:

- Xenon Light (Buchta)
- Zumtobel Licht (Schach)

2. skupina:

- Osram (Aue)
- Philips (Müller)

Účastnícky poplatok je 550 € + 20 % DPH. Ďalšie informácie získate na hannes.schmutzer@zumbobel.com.

Prof. Ing. Pavol Horňák, DrSc.

The new approach in the NOLM design as an OTDM demultiplexer

(D. Grendár, M. Dado, M. Bystrianský, J. Dubovan)..... 191
This paper describes a new vision on the NOLM design as an OTDM demultiplexer. The first part of the paper discusses theoretical presumptions, next part consists of the mathematical investigation of a chosen architecture, and the final part presents the simulations of the proposed demultiplexer.

Optical Packet Header Recognition using Sagnac loop

(M. Bystriansky, J. Dubovan, M. Dado, D. Grendár) 195
Even though, the techniques of electronic packet switching are able to meet bandwidth requirement of today's network traffic, they are limited by abilities of installed electronic parts and demand for transferred data rate, which grows each year. The optical technology used in electronic packet switched networks is used only for point-to-point data transfers, where data are converted to electric domain for routing purposes, than they are processed and converted back to optical domain at the end of the node. The priority of networks evolution is to remove this conversion bottleneck and to process data in all-optical domain. Such a network which process data in all-optical domain is called the photonic network or the all-optical network.

Keywords: TOAD, OPS, switching, Sagnac Loop, packet, all-optical, switch, network, header

Security and CE marking of lighting units - general aspects

(P. Horňák) 198

Phase evaluation using interference of polychromatic light and colorimetric analysis (A. Mikš, J. Novák) 203

Measurements of very small phase changes in optical measurement techniques are usually performed by interferometric methods that are based on evaluation of interference patterns that correspond to a phase change of the investigated wave field. If values of the phase change are small, it is difficult to determine accurately the phase values, and one needs very expensive measurement systems. Our work presents a simple method for evaluation of small phase variations that uses the interference of polychromatic light. The phase change affects the color of the interference pattern, and color of the interference pattern corresponds to a specific phase change that can be evaluated using colorimetric analysis. The colorimetric phase evaluation method is described and analysed in our work. The proposed method offers accurate results and it is suitable for practical utilization in various fields of optical testing.

Linear CCD sensor for technical spectrometer

(L. Bartoněk, J. Kepřt) 209
This paper presents a way for practical use of the CCD linear sensor for scanning of light in some optical applications (spectroscopy). Number of effective pixels is 2048. Pixel size is 14 μm x 200 μm ultra-high sensitivity. Communication of the equipment (detector

CCD) with computer is realized by the help of a parallel interface of a personal computer (PC) without additive interface card. Continuity of data transmission is secured with help of programmatic break. Verification of the linear CCD camera is demonstrated on detection of the optical spectrum of the mercury lamp.

Optometry 2006 (J. Wagner) 213

X-Y stage for electron beam welder (I. Vlček, M. Zobač).... 214

This paper describes an X-Y stage for electron beam welder. This stage consists of two identical linear actuators, 50 mm travel each. The connection of actuators is variable, mutual angle and offset can be adjusted. Off-the-shelf linear ball bearings allow stage load up to 4 kg. Precise small stepper motors drive directly motion-screws through rigid clutches. The movement resolution is 2.5 μm . The stepper motors are controlled by programmable electronic unit. A user-friendly software interface for Delphi was created to make development of applications rapid and easy.

Solid Surface Topography by Form Talysurf Series 2 Instrument (M. Havelková, H. Hiklová, J. Vojtěchovská)..... 217

An instrument Form Talysurf series 2 is mechanical „contact“ inductive profilometer. Instrument is controlled by Ultra software, it incorporates calibration and measurement functions too. It includes roughness analyze and counting of the roughness (waviness and form) parameters of measured profile.

3D measurements are analyzed via PC using the TalyMap software. The package includes data manipulation tools such as high-resolution zooming, filtering, levelling by least square line removal, symmetries, rotations, threshold setting and cylindrical, spherical or polynomial form removal, profile extraction. Parameter sets include area and volume, counting and sorting, roughness and waviness in both 2D and 3D and automatic step height calculation. Data presentation tools include photo-realistic images in full color, meshed axonometric projections and contour diagrams.

OMS – high quality lamp producer 221

AURA – light in all its appearances (J. Kolařík) 222

PHILIPS at your disposal (P. Horňák) 222

Hobby of collecting world trade fair (jpe)..... 223

The 9th BRATISLAVA OPTICAL WORKSHOP SOLEMNLY (I. Glesk, D. Senderáková)..... 224

From technical library (P. Horňák) 226

New approaches specifying light comfort criteria and quality of indoor working area illumination

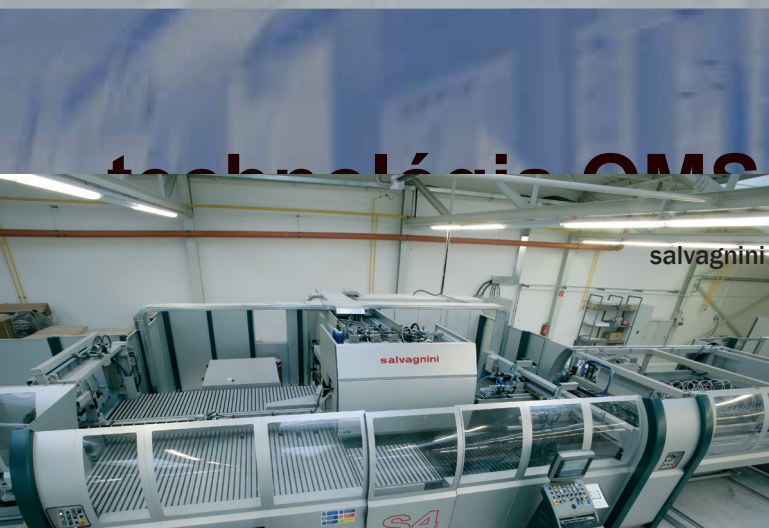
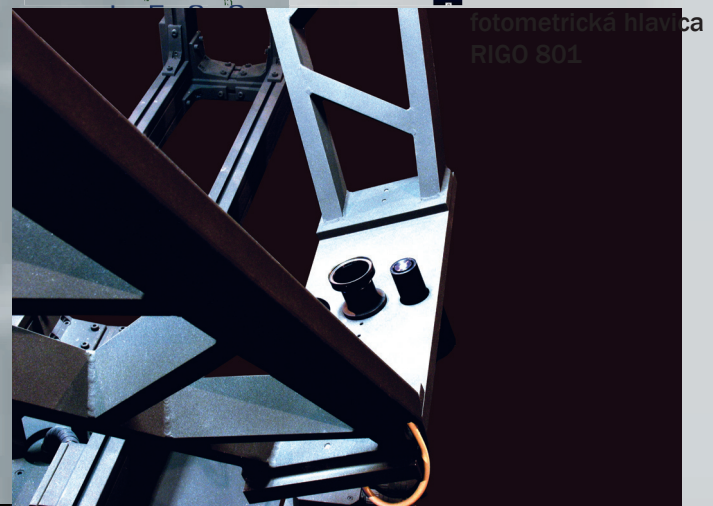
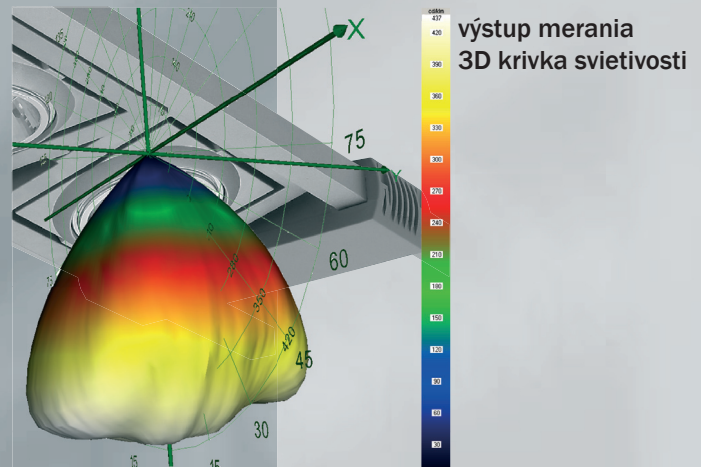
(P. Horňák) 227

omsr

LIGHTING/LEUCHTEN

vývoj a meranie:

OMS s.r.o.
Dojč , 906 02 Dojč, Slovenská republika
tel., fax: 00421 34/6574 776, 6574 750, 6574 233
<http://www.oms.sk>, e-mail: development@oms.sk



AURA

Magazín
nejen o světle
pro partnery a přátele
společnosti Philips

Mojmír Ranný: O světle v prostoru
Chodba není tmavá jeskyně
Italské Treviglio dostalo nový kabát

PHILIPS

Magazín Aura zasílá všem přátelům světla společnost Philips.

Více informací naleznete na str. 222 časopisu JMO.