

**3**  
**2008**

# JMO

## JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA FINE MECHANICS AND OPTICS



A BETTER VIEW OF THE WORLD



**1933**

**me opta**

**2008**

**LEPŠÍ POHLED NA SVĚT**



HISTORIE



SOUČASNOST

75 years  
**meopta**  
1933 - 2008



## REDAKČNÍ RADA

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

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

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

## JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

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

**Ředitel FZÚ AV ČR, v.v.i.:** Jan ŘÍDKÝ, CSc.

**Odpovědný zástupce vydavatele:** prof. RNDr. Miroslav HRABOVSKÝ, DrSc.

**Šéfredaktor:** dipl. tech. Jaroslav NEVŘALA

**Adresa redakce v Olomouci** (předplatné, nakladatelské služby):

SLO UP a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50, 772 07 Olomouc,

tel.: 585 631 576, fax: 585 631 531, e-mail: eva.pelclova@upol.cz

**Adresa redakce v Přerově** (šéfredaktor): Kabelíkova 1, 750 02 Přerov,

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

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

**Vychází:** 10x ročně (z toho 2 čísla jako dvojčísla)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Odborné články jsou lektorovány.

© JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA 2008

# JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA

VĚDECKO-TECHNICKÝ ČASOPIS  
ROČNÍK 53 3/2008

## OBSAH

<b>Historie Meopty</b> .....	67
<b>Paul Rausnitz - zahraniční člen Redakční rady JMO - osmdesátiletý</b> .....	69
<b>55 let vývojových tradic v Meoptě (J. Indruch)</b> .....	69
<b>Principy některých nanofotonických zařízení s kovovými krystaly (J. Pospíšil, J. Hrdý, J. Hrdý, jr.)</b> .....	73
<b>Návrh a realizácia merania technického stavu ložiska pomocou vibrodiagnostického systému (R. Krehel, J. Dobránsky)</b> .....	80
<b>Využitie 3D skenera pri skúmaní topografie tvarovo zložitých súčiastok (K. Monková, S. Hloch)</b> .....	82
<b>Kapacitní čidlo pro měření průchodnosti brambor (F. Kumhála, M. Kroulík, J. Mašek, V. Prošek)</b> .....	87
<b>Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors (A. Knápek, O. Hutař, P. Pfeifer)</b> .....	90
<b>Photonics21 - Evropská technologická platforma (P. Tománek)</b> .....	93
<b>Odešel prof. Ing. Josef Kamarád, DrSc. (V. Šulc, J. Zicha)</b> ..	94
<b>Z technické knihovny (J. Novák)</b> .....	95

Bližší informace o poslání časopisu, pokyny pro autory, obsah časopisu apod. je uveden na internetu:

<http://www.fzu.cz/struktura/casopisy/jemnam/jemname.php>

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

Cena čísla 40 Kč včetně DPH

## ADVISORY BOARD

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

**Members:** Ján BARTL - Inst. of Measurement Science Slovak Academy of Sciences, Bratislava (Slovak Rep.), Zdeněk BOUCHAL - Palacky Univ. (Czech Rep.), Igor BREZINA - Bratislava (Slovak Rep.), Pavol HORNÁK - Slovak Tech. Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav HRABOVSKÝ - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Vladimír CHLUP - Olomouc (Czech Rep.), Lubomír JASTRA-BÍK - Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Pavel KLENOVSKÝ - Czech Metrology Inst., Brno (Czech Rep.), Jiří KRŠEK - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Vojtěch KRŠÁLEK - Tomas Bata Univ. in Zlín (Czech Rep.), Ing. Jan KŮR, Mesing, spol. s r.o., Brno (Czech Rep.), Bohumila LENCOVÁ - Inst. of Scientific Instruments of Czech Academy of Science, Brno (Czech Rep.), Martin LIBRA - Czech Univ. of Agric. Praha (Czech Rep.), Miroslav LIŠKA - Tech. Univ., Brno (Czech Rep.), Zdeněk LOŠTÁK - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Petr LOUDA - Tech. Univ., Liberec (Czech Rep.), František MÁČA, Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Praha (Czech Rep.), Vladimír MATELA - Meopta-optika, s.r.o., Přerov (Czech Rep.), Ing. Monika MÍČHALOVÁ, PHILIPS Slovakia s.r.o., Bratislava (Slovak Rep.), Miroslav MILER - Inst. of Photonics and Electronics of Academy of Sciences, v.v.i., Praha (Czech Rep.) Jan PEŘINA - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Jaromír PIŠTORA - Tech. Univ., Ostrava (Czech Rep.), Jaroslav POSPÍŠIL - Palacky Univ., Olomouc (Czech Rep.), Dagmar SENDEŘÁKOVÁ - Comenius Univ., Bratislava (Slovak Rep.), Petr SCHOVÁNEK - Joint Lab. of Optics of Palacky Univ. and Inst. of Physics of Czech Academy of Science, Olomouc (Czech Rep.), Karel STU-DENOVSKÝ - 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.; Rodney J. SOUKUP, University of Nebraska-Lincoln, U. S. A.; M. C. TEICH, Boston University, U. S. A.; Emil WOLF, University of Rochester, U. S. A.

## FINE MECHANICS AND OPTICS

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

**Director of Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic:** Jan ŘÍDKÝ

**Editor:** Miroslav HRABOVSKÝ

**Managing Editor:** Jaroslav NEVŘALA

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

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

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

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

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

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

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

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

© FINE MECHANICS AND OPTICS 2008

# FINE MECHANICS AND OPTICS

SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL

VOLUME 53

3/2008

## CONTENTS

<b>History of MEOPTA</b> .....	67
<b>Paul Rausnitz – external member of FMO advisory board – eighty years old</b> .....	69
<b>55 years of research tradition in Meopta (J. Indruch)</b> .....	69
<b>Principles of some nanophotonic devices with metallic crystals (J. Pospíšil, J. Hrdý, J. Hrdý, jr.)</b> .....	73
<b>Measurement design of bearing technical condition and its implementation using vibro-diagnostic system (R. Krehel, J. Dobránsky)</b> .....	80
<b>The utilization of 3D scanner at the investigation of parts topography with the difficult shapes (K. Monková, S. Hloch)</b> .....	82
<b>Capacitance sensor for potato throughput measurement (F. Kumhála, M. Kroulík, J. Mašek, V. Prošek)</b> .....	87
<b>Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors (A. Knápek, O. Hutař, P. Pfeifer)</b> .....	90
<b>Photonics21 – European technology platform (P. Tománek)</b> .....	93
<b>Prof. Ing. Josef Kamarád, DrSc. passed away (V. Šulc, J. Zicha)</b> .....	94
<b>From technical library (J. Novák)</b> .....	95

<http://www.fzu.cz/struktura/casopisy/jemnam/jemname.php>

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

Price for single copy: 40 Kč incl. VAT

# HISTORIE MEOPTY

Počátek historie Meopty leží v roce 1933, kdy byla v Přerově založena firma Optikotechna. Počáteční výroba čoček a kondezorů se brzy rozšířila o zvětšovací přístroje, tmelené čočky, jednoduchou optiku, dalekohledy, puškohledy, promítací přístroje a fotografické přístroje Flexaret. V roce 1936 Optikotechna vybudovala nové výrobní prostory pro rozšíření výroby, aby byla schopna pokrýt rychle rostoucí poptávku po svých výrobcích.

Během druhé světové války došlo k pozastavení výroby nevojenských výrobků a Optikotechna byla přinucena dodávat vojenské optické přístroje pro německou armádu.

Po skončení války došlo k přejmenování firmy na národní podnik Meopta. V nadcházejících letech byla navržena a vyvinuta řada nových výrobků, která pomohla vybudovat značku Meopta skvělé jméno po celém světě. Od roku 1971 dochází k výraznému nárůstu vojenské výroby, která dominovala v Meoptě až do roku 1989, kdy byla náhle ukončena. V letech 1989 až 1990 rapidně klesl podíl vojenské výroby z původních 75 % až na 0 %. V roce 1991 Meopta uskutečnila první krok směrem k privatizaci vytvořením akciové společnosti. 21. března 1991 byla Meopta zapsána do obchodního rejstříku u Krajského soudu v Ostravě. V současné době areál Meopty zaujímá plochu 135 000 m<sup>2</sup>. 26 000 m<sup>2</sup> z celkové výrobní plochy 77 000 m<sup>2</sup> představují prostory vybavené nejmodernější vzduchotechnikou.

## Historické mezníky

- 1933** Ing. Alois Beneš založil v Přerově firmu Optikotechna. Jeho spolupracovník Dr. Mazurek zkonstruoval první československý zvětšovací objektiv.
- 1934-1937** Výroba Optikotechny se soustředila na vybavení temné komory (zejména zvětšovací přístroje a objektivy).
- 1937** Optikotechna vybudovala nové výrobní prostory pro rozšíření výroby na předměstí Přerova.
- 1939-1945** Optikotechna byla přinucena dodávat vojenské optické přístroje pro německou armádu (zaměřovače, dalekohledy, periskopy, binokulární dalekohledy, puškohledy).
- 1946** Optikotechna byla přejmenována na národní podnik Meopta.
- 1947-1970** Meopta se stala jedním z největších výrobců zvětšovacích přístrojů na světě a jediným výrobcem kino-projektorů ve střední a východní Evropě.
- 1953** V Přerově byl založen Ústav výzkumu optiky a jemné mechaniky.
- 1971** Výrazný nárůst vojenské výroby pro armády Varšavské smlouvy (až 75 % obratu).
- 1988** Meopta obnovila výrobu puškohledů, pokles vojenské výroby.
- 1990** Podíl vojenské výroby v Meoptě klesl na 0 %, Meopta se začala rozdělovat na dceřiné akciové společnosti.
- 1992** Meopta je plně privatizovaná a zůstává jediným optickým výrobcem v České republice. Stává se dodavatelem největších světových optických firem.
- 2003** Fúzí akciových společností Meopta Přerov, a. s. a Meopta-optika, a. s. je znovu vytvořena po právní, organizační a obchodní stránce jedna společnost.
- 2006** Změna právní formy na Meopta - optika, s.r.o.



## VÝROBNÍ KAPACITY

### Mechanické části

Meopta používá klasické a CNC obráběcí stroje pro výrobu vysoce přesných mechanických komponent. Naše CNC vybavení zahrnuje Steinel BZ 20, Heckler-Koch BA 20, Maho, MOOG, Matra VMC 850A, MATRA JET 32 a HAAS VFO 20HP CNC frézovací stroje, Hyundai Hit 8S, Hyundai Hit 18S, Hyundai 20M, Spinner PD-CNC, Matra FTC-10, Weiller Praktikus a Tarex CNC soustruhy, klasické soustruhy, frézy, brusky, vrtačky a různé lisovací stroje. Lakovna v Meoptě zahrnuje tyto prostory pro masking, lakování a vypalování. Lakování se provádí pomocí enamel, epoxy, polyurethane a jiných laků. Anodizační technologie mají k dispozici širokou škálu konečných úprav pro ocel, hliník a mosaz, včetně zinku, niklu, chromu, cínu, mědi, černých oxidačních vrstev a fosfátování.

### Optické komponenty

Meopta je schopná vyrábět velká množství různých typů optických součástí – sférické čočky, hranoly, hranolové sestavy, rovinné prvky, filtry, zrcátka, atd. Optické součásti z Meopty jsou používány pro laserové, lékařské, vojenské, kosmické a komerční technologie.

Meopta má nejmodernější technologie pro kompletní zpracování optiky, včetně řezání skla, broušení a leštění, fazetování a vrstvení. Meopta používá pro zpracování optiky stroje značek LOH, Schneider, Optotech, Lapmaster a Meopta, čistič stroj Naicotec, vakuové vrstvicí aparatury Balzers a Leybold a mnoho dalších. Pro kontrolu kvality používáme sférické interferometry Zygo, Schneider a Meopta, plano interferometry Zeiss a Moeller Wedel. Antireflexní vrstvy jsou kontrolovány UV spektrofotometri Perkin Elmer, HP a spektrofotometri pro infračervené a viditelné světlo.



## Montáž

Vysoce kvalifikovaní zaměstnanci našeho montážního oddělení mají dlouhodobé zkušenosti s konečnou montáží mnoha druhů optomechanických výrobků pro komerční, průmyslové, lékařské

a vojenské využití. Meopta vyrábí například objektivy (zvětšovací, projekční, skenovací, pro rentgeny, atd.), filmové projektory, puškohledy, spektivy, přístroje pro noční vidění, atd.

# HISTORY OF MEOPTA

Meopta Prerov traces its roots back to the year 1933, when the Optikotechna company was established in Prerov. Initially, Optikotechna produced lenses and condensers, but quickly expanded its product line to include enlargers, composite lenses, single optics, binoculars.

By 1936, Optikotechna established new facilities to accommodate the rapid expansion of its operation necessary to meet the growing demand for its products. During World War II, Optikotechna was forced to surrender control of its production to the German army. After the war, the remaining company was renamed Meopta. A number of new and exciting products were designed and developed, which helped to quickly establish an excellent reputation for the new Meopta brand in world markets. In 1991, Meopta Prerov completed its first step toward privatization when it was established as a jointstock company. At present the major owner of the company is Mr Paul Rausnitz.

## Milestones

- 1933** Building entrepreneur Alois Benes founded Optikotechna company in Prerov, Dr. Mazurek constructed the first Czechoslovak enlarging lens.
- 1934-1937** Optikotechna focused on darkroom equipment (mainly enlargers and lenses).
- 1937** Optikotechna built new facilities for production in suburb of Prerov.
- 1939-1945** Optikotechna supplied military optical equipment for German army (rangefinders, periscopes, binoculars, riflescopes).
- 1946** Optikotechna renamed to Meopta national enterprise.
- 1947-1970** Meopta became one of the biggest enlarger manufacturers worldwide and the only cinema projector manufacturer in Central/East Europe.
- 1953** The Institute for research and development of optic and precision mechanic was established in Prerov.
- 1971** There was a rapid increase of military production for Warsaw Treaty (up to 75 % of total turnover).
- 1988** Meopta renewed riflescopes production, decreasing military production.
- 1990** Meopta became separate subsidiary joint stock companies.

**1992** Meopta fully privatised and remains the only optical enterprise in the Czech Republic. Became a supplier of major optical companies worldwide.

**2003** Meopta companies merged to one law, organization and business subject again.

**2006** Amendment in legal form of the company Meopta-Optika, a. s. to Meopta-Optika, s. r. o.

## PRODUCTION CAPACITIES

### Mechanical Parts

Meopta uses classical and CNC engineering for production of high precision mechanical components. CNC equipment include Steinel BZ 20, Heckler-Koch BA 20, Maho, MOOG, Matra VMC 850A, MATRA JET 32 and HAAS VFO 20HP CNC milling machines, Hyundai Hit 8S, Hyundai Hit 18 S, Hyundai 20M, Spinner PD-CNC, Matra FTC-10, Weiller Praktikus and Tarex CNC lathes, classical lathes, milling machines, grinding machines, drilling machines and various pressing machines. The painting facilities at Meopta include areas for masking, painting, and baking. Painting includes enamel, epoxy, polyurethane and lacquer. Anodizing technologies have available a wide range of finishes for steel, aluminum and brass including zinc, nickel, chrome, tin, copper, black oxide coating and phosphate coating.

### Optical Components

Meopta is capable of producing large quantities of various types of optical elements - spherical lenses, prisms, prism assemblies, plano optics, filters, mirrors etc. Meopta optic elements are used for laser, medical, military, aerospace and commercial technologies.

Meopta has state-of-the-art technology for complete optical processing including glass cutting, sawing, grinding and polishing, edging and shaping and thin film coating. Meopta uses optical machines LOH, Schneider, Optotech, Lapmaster and Meopta, cleaning machine Naicotec, vacuum coating devices Balzers and Leybold and many others. For quality control we use spherical interferometers Zygo, Schneider and Meopta, plano interferometers Zeiss and Moeller Wedel. Antireflection coating is inspected by UV spectrophotometers Perkin Elmer and by spectrophotometers for infrared and visible range.

### Assembly

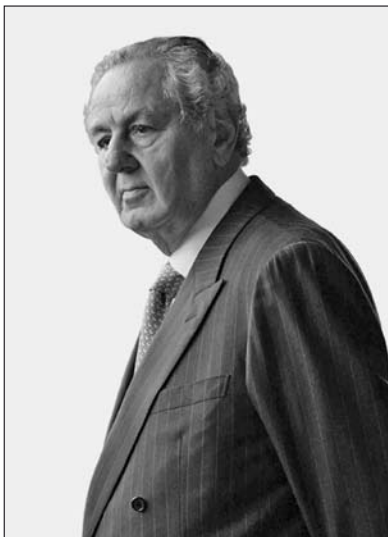
Assembly Highly qualified employees in our assembly departments have longtime experience with final assembly of many types of opto-mechanical products for commercial, industrial, medical and military use. Meopta produces, for example lenses (enlarging, projection, scanning, printing, for x-ray devices etc.), cameras, slide projectors, movie projectors, riflescopes, spotting scopes, enlargers, night vision devices, ophthalmological testing devices, luminometers, surveying laser equipment etc.

# Paul Rausnitz

## zahraniční člen Redakční rady JMO - osmdesátiletý

Paul Rausnitz se narodil 9. 3. 1928 v Jablonci nad Nisou jako třetí, nejmladší syn v rodině lékaře. Za války rodina uprchla před Hitlerem do Polska a v roce 1942 se celá rodina dobrovolně přihlásila do československé armády v Buzuluku. Paul byl zařazen do roty ELEV. Když Paul Rausnitz vstupoval do armády, bylo mu teprve 14 let. Domů se Rausnitzovi vrátili v roce 1945. V roce 1946 se přestěhovali do New Yorku, kde si bratři Valtr, Egon a Paul zakládají firmu VEPRÁ a importují za oceán českou bižuterii. Po roce 1948 je jim však podnik v Jablonci jako emigrantům vyvlastněn, navazují proto obchodní spolupráci s rakouskou firmou SWAROVSKI.

V roce 1998 bratři firmu prodali zpět Swarovským a nechali si jen druhý podnik,



firmu TCI Group, dnes Meopta USA, kde 100 zaměstnanců vyrábí optické součástky. Po sametové revoluci se pan Paul Rausnitz vrací zpět do vlasti a privatizuje optický podnik – Meoptu Přerov, která je bezesporu i díky jeho velkému příspěvku stále významným a prosperujícím podnikem ve svém oboru.

Děkujeme jubilantovi za jeho dlouholetou podporu oboru jemná mechanika a optika v České republice a přejeme mu do dalších let pevné zdraví, duševní svěžest, stále neuctahující elán a optimismus.

*Redakce a Redakční rada časopisu  
Jemná mechanika a optika*

Jaroslav INDRUCH, Meopta-optika, s.r.o., Přerov

## 55 let vývojových tradic v Meoptě

*Článek v krátkosti podkryje historii vývojové základny společnosti Meopta-optika, s.r.o., která v letošním roce slaví 75 let od svého založení, nechá podrobněji nahlédnout do jejího současného procesního zaměření a zmíní se i o dalších záměrech v čase budoucím.*

### 1. POHLED DO HISTORIE

Rozvoj optického průmyslu v České republice je již od svého vzniku úzce spjat se jménem společnosti, jejíž dnešní název je Meopta-optika, s.r.o. Společnost s původním názvem Optikotechna,



Obr. 1 Ilustrační dobové foto budovy ÚVOJM se zachycenou výstavbou v okolí

s.r.o. si brzy po svém založení v r. 1933 získala prioritní postavení v oboru optika a jemná mechanika, a to nejen v rámci tehdejší ČSR. Od výroby čoček a kondenzorů se postupně přecházelo k objektivům, zvětšovacími přístrojům, dalekohledům, kamerám a projektorům. Po 2. světové válce byl podnik obnoven pod novým názvem Meopta. Značka Meopta si postupně vydobyla renomé po celém světě.

Za účelem vytváření výzkumného a vývojového zázemí v daném úzkém specifickém oboru byl v r. 1953 zřízen v bezprostřední blízkosti areálu Meopty Ústav vývoje optiky a jemné mechaniky (ÚVOJM).

Ústav byl v 60. letech 20. stol. transformován do Výzkumné vývojové základny (VVZ). V rámci divizního uspořádání Meopty Přerov, a. s., se v r. 1992 z útvaru VVZ zrodila „divize M1 – vývoj“ a následně v r. 1994 pak vznikla Meopta – vývoj, a. s., jako jedna z několika společností při reorganizaci Meopty Přerov, a. s. na holdingové uspořádání.

V r. 2003 pak došlo ke znovusjednocení všech útvarů, nejprve do společnosti Meopta Přerov, a.s., poté v r. 2004 do Meopta-optika, a.s., a konečně v r. 2006 do dnešní právní formy Meopta-optika, s.r.o. Pracoviště VaV je pak opět pojmenováno jako *divize Vývoj*.



Obr. 2 Foto budovy sídla divize Vývoj z poslední doby

## 2. SOUČASNOST

### 2.1 Všeobecné zaměření

Divize Vývoj společnosti Meopta-optika, s.r.o. je jedním z mála uceleně koncipovaných vývojových pracovišť v oboru jemná mechanika a optika na území ČR. Zajišťuje vývojové a konstrukční práce v oblastech optiky, mechaniky a elektroniky, poskytuje technické konzultace v uvedených oborech pro potřeby společnosti Meopta-optika i pro externí zákazníky.

Zabezpečuje též výrobu funkčních vzorků a prototypů u řešených vývojových projektů, realizaci kusových zakázek a unikátních zařízení, kompletaci přístrojů pro laboratorní využití, výrobu vybraných výrobků malosériového rozsahu. Nezanedbatelnou složkou tržeb jsou opravy a modernizace optických strojů pro externí zákazníky.

Divize Vývoj disponuje odborníky v oblastech optických výpočtů, konstrukce optických systémů, mechanické konstrukce, návrhů elektronických systémů, optických měření a průmyslového designu. Po realizační stránce má společnost odborníky a výrobní kapacity pro kusovou výrobu sférických i rovinných optických elementů, mechanických a strojních součástí, elektronických jednotek a rovněž kapacity pro montáž a justáž.

Kapacity útvaru jsou průběžně využívány jednak pro potřebu technického rozvoje a inovací společnosti Meopta-optika, jednak pro řešení externích zakázek vývojového i výrobního charakteru, a dále pro kusovou nebo malosériovou výrobu nově vyvinutých výrobků.



Obr. 3 Kombinovaný přístroj řidiče CDND-1

Stěžejním zaměřením společnosti zůstává dle dlouhodobé tradice obor 392, tzn. vývoj a konstrukce opticko-mechanických přístrojů k pozorovacím a projekčním účelům, avšak významné místo si díky úspěšně navázané zahraniční spolupráci postupně získaly i laserové osvětlovací a zobrazovací systémy pro *Wafer inspection* mikročipů, přístroje pro laboratorní screeningové použití ve zdravotnictví, hranolové soustavy do výkonných projektorů atd.

### 2.2 Přehled nejvýznamnějších vývojových projektů z poslední doby

#### • Kombinovaný přístroj řidiče CDND-1

Přístroj CDND-1 umožňuje řízení vojenské vozidlové techniky, a to jak ve dne, tak i v noci. Celý přístroj v sobě zahrnuje kombinaci denního a nočního pozorovacího kanálu. Tato koncepce umožňuje vysoký komfort pro řidiče bez nutnosti výměny denního a nočního přístroje.

#### • Řada BD

Nová řada binokulárních dalekohledů Meopta byla vyvinuta na základě dlouholetých zkušeností s vývojem a výrobou puškohledů a pozorovacích dalekohledů. Původní řada je tvořena typy 7x42, 8x42, 10x42, 7x50, 10x50 a 8x56. V současnosti se připravuje sériová výroba nového typu 8x32.



Obr. 4 Binokulární dalekohled Meostar B1 8x32

#### • Red Dot Sight – RDS 25

Jedná se o beztubusový optický zaměřovač, kde objektiv je tvořen polopropustnou zrcadlovou meniskovou čočkou ze skla BK7 a s mnohonásobnými speciálními vrstvami. Přístroj generuje červeně svítící záměrný bod, jehož jas je pomocí fotosenzoru udržován na stabilní hodnotě v závislosti na měnících se světelných podmínkách v pozorovacím prostoru.



Obr. 5 RDS 25



#### • Digiscope

Digitální dalekohledové systémy nedávno řešené za státní podpory z MPO. Výsledkem byly dvě alternativy napojení kompaktního digitálního fotoaparátu na spektiv Meopta, a sice sklápěcí držák a fotografický okulár. Obě varianty umožňují pořizování velmi kvalitních fotografií s nejběžnějšími typy fotoaparátů. Varianta fotookuláru je připravována do OS.



Obr. 6 Fotookulár ke spektivu Meostar S1-75, vyvinuto za příspěvní státní dotace od MPO

#### • Opravy a modernizace optických strojů

Probíhá již několik let ve spolupráci s dílnou strojní údržby. Ročně je modernizováno 6-8 jednoduřelových strojů pro optickou výrobu nejrůznějšího provedení. Nejčastějšími zahraničními partnery jsou CZ Jena a Meopta U.S.A.



Obr. 7 Modernizovaný centrovací stroj DZ 48 v provozu v CZ Jena, s procesem seznamuje pan Jagusch (CZ Jena) pana P. Rausnitze (majitel Meopta-optika, s.r.o.)

### 2.3 Přehled hlavních obchodních partnerů

Přehled hlavních obchodních partnerů *divize Vývoj* od doby znovuzačlenění do rámce Meopty v roce 2003:

#### • IMMUNOTECH, a.s.

Spolupráce do dubna r. 2005. Předmětem obchodních vztahů byla konstrukce a výroba přístrojů typu luminometr pro screeningová vyšetřování ve zdravotnictví.

#### • MLI, s.r.o.

Spolupráce od května 2005. Plně nahrazuje předchozí obchodní vazbu s firmou IMMUNOTECH, konstrukce a výroba přístrojů typu luminometr pro screeningová vyšetřování ve zdravotnictví.

#### • CZ Jena GmbH, Německo

Pravidelné opravy a modernizace optických strojů, především typu DZ48.

#### • OLYMPUS C&S

Pravidelné dodávky fotoadaptérů různých typů k mikroskopům OLYMPUS.

#### • THOMSON Tubes & Displays S.A., Francie

Vývoj a výroba prototypů objektivů a optických modulů pro osvětlovací systémy. Nevyústilo v opakovanou výrobu, spolupráce ukončena.

#### • AIMPOINT AB, Švédsko

Vývoj a výroba prototypů dalekohledů typu scope, spolupráce pokračuje.

#### • Meopta U.S.A., New York

Především opravy a modernizace optických obráběcích strojů.

Další významní obchodní partneři: BDS, GmbH; PRAMACOM Praha; New Noga Light, Israel; KODAK Israel, Ltd.; Christie DS Canada, Inc.; SIEMENS AG, Erlangen; OLYMPUS C&S aj.

### 2.4 Spolupráce s VŠ

*Divize Vývoj* již několik let udržuje velmi dobré styky s řadou vysokoškolských a vědeckých pracovišť, především za účelem vzájemně prospěšné spolupráce v oblasti výzkumu a vývoje, avšak rovněž se záměrem výchovy mladých, vysokoškolsky vzdělaných pracovníků pro budoucí konstrukční a vývojové potřeby Meopty. Jsou to zejména ČVUT v Praze, UP v Olomouci, SLO UP a FZÚ AV ČR, Olomouc, VUT Brno, ÚPT AV ČR Brno aj.

#### ČVUT v Praze

V současné době je na ČVUT řešeno pro Meoptu několik velmi zajímavých, výzkumně-vývojových projektů, jejichž financování bylo dosud zabezpečováno ze strany ČVUT. Na některé výzkumné projekty byly navrženy společné výzkumné týmy a projekty byly zařazeny do plánu vývoje Meopty.

#### UP v Olomouci

V současné době probíhá přímá vzájemná spolupráce na dvou projektech v programu TANDEM se státní podporou. V prvním případě je příjemcem státní podpory Meopta, ve druhém případě UP v Olomouci. Druhé z pracovišť je pak spolupříjemcem.

#### 1. Systémy pro generaci nedifrakčních svazků a přenos mechanických účinků světla

V průběhu roku 2006 byla na UP Olomouc realizována optická pinzeta s přímou fokusací laserového svazku. Původní konstrukční návrh byl proveden v ÚPT AV ČR v Brně, na UP Olomouc byl návrh modifikován tak, aby bylo možné využít ramene dostupného mikroskopu. Konstrukce byla řešena tak, aby umožnila dostatečnou variabilitu pro součinnost s prostorovým modulátorem světla při dynamické manipulaci částic, která je hlavním úkolem pracoviště UP Olomouc v rámci projektu.

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

Jedná se projekt, jehož výstupem má být realizace multifunkčního měřicího centra, vybaveného přístroji a zařízeními především pro laserové a nízkofotonové aplikace. Projekt se nachází v počátečním stadiu.

## ÚPT AV ČR v Brně

Aktuálně je společně řešen spolu s UP v Olomouci projekt *Systémy pro generaci nedifrakčních svazků a přenos mechanických účinků světla*. ÚPT zde vystupuje jako spolupříjemce státní podpory. Právě na tomto pracovišti probíhá podstatná etapa řešení projektu.

V rámci řešení se konají střídavě na pracovištích v Olomouci, Brně a Meopty četné odborné semináře, které seznamují všechny participující řešitele s komplexním stavem řešení a s novými poznatky. Tyto semináře se tudíž stávají významným zdrojem nových výzkumných poznatků a zkušeností.

## 3. BUDOUCNOST

### 3.1 Identifikace kritických článků v divizi Vývoj

Požadavky na provádění vývojových a inovačních prací neustále rostou. Nikoli jen po stránce kvantitativní, ale především po stránce kvalitativní. Současný kapacitní stav v *divizi Vývoj* dovolí jen s největšími obtížemi zabezpečit provádění prací souvisejících se všemi probíhajícími projekty.

Vedle vlastní tvůrčí konstrukční práce zde totiž dále probíhají činnosti spojené s realizací prototypů, výrobou nebo montáží kusových sérií vybraných přístrojů (nejčastěji objektivy, adaptéry, hranolové soustavy), popř. se zhotovováním unikátních zařízení na zakázku. S těmito aktivitami je spojena výroba mechanických a optických položek, montáž, justáž, kontrola, měření, expedice.

V posledních letech jsou v *divizi Vývoj* kritickými články pomyslného řetězu především tato místa:

- Nedostatek konstrukčních pracovníků s dostatečnou kvalifikací a zkušeností. Zhruba polovina vývojových a konstrukčních kapacit je ve věku 50 let a více.
- Nedostatek pracovníků dělnických profesí, především obráběči kovů a optického skla. Zejména chybí mladší generace. Jádrem tvoří pracovníci kolem 50 let, což je na jedné straně dobré z pohledu jejich zkušenosti, ale současně špatné z hlediska perspektivy.
- Nedostatečné vybavení strojní dílny, zastaralý park, průměrné stáří strojů prototypové dílny je více než 40 let. Přesnější dílce nutně často kooperovat ve výrobě, způsobuje oboustranné problémy, zejména časové skluzy.
- Nedostatečné vybavení optických dílen, zastaralý park, většinu dílců nutně kooperovat ve výrobě. Totální závislost na kapacitní způsobilosti ve výrobě činí největší problémy a skluzy.
- Absence čistých prostor k provádění justážních a měřicích postupů zejména u narůstajícího podílu zakázek pro přesná laserová technologická zařízení. Prozatím řešeno v nouzovém režimu, tj. prováděním ve výrobních montážních prostorách ve „vypůjčeném“ čase. I zde platí v plné míře to, co pro kooperaci optických dílců, tj. absolutní závislost na kapacitní průchodnosti montáže, časté skluzy.

### 3.2 Plán rekonstrukce Divize Vývoj

Především z uvedených důvodů se již delší dobu uvažuje o velkorysé rekonstrukci *Divize Vývoj* na kvalitativně výše koncipované pracoviště *Vývojové centrum* (VaV centrum). Zamýšlená rekonstrukce VaV centra by kromě stavebních a kapacitních dopadů měla mj. řešit i výše nastíněné dlouhodobé problémy.

- Nutné vybudovat moderní vývojové pracoviště s odpovídajícím přístrojovým a technickým zázemím, které by společně s konkurenceschopnými mzdovými podmínkami přilákalo především absolventy z blízkých VŠ. Nutné absolutní navýšení stavu konstrukčních pracovníků.

- Významně rozšířit kapacitní možnosti prototypových dílen, je bezpodmínečně nutné absolutní navýšení počtu dělnických profesí, především obráběčů kovů a optických dělníků.
- Vybavit strojní dílnu odpovídajícím parkem, zbudovat CNC pracoviště.
- Vytvořit nové klimatizované prostory pro montážní dílnu, rozšířit montážní dílnu o pracoviště vytáčených objektivů.
- Vybudovat moderní komplexně koncipované optické centrum k zajištění plné nezávislosti na výrobních kapacitách, snad kromě vakuových napařovacích aparatur.
- Vybudovat nové laboratoře pro laserová měření a montáž vybraných typů výrobků vyžadující definovanou třídu čistoty.
- Vybudovat školicí centrum se zázemím, které bude využíváno též k prohlubování spolupráce s vysokými školami, k systematickému přebírání výsledků výzkumu a základního vývoje s cílem společného překlenutí fáze aplikovaného vývoje až ke konkrétnímu konkurenceschopnému výrobku. Může být rovněž využíváno k pořádání vědeckých seminářů, konferencí, prezentací apod.

Nikoli vedlejším produktem nastíněných reorganizací a rekonstrukcí budou samozřejmě i dílčí stavební úpravy budovy, jak vnějších, tak vnitřních prostor. Vnější úpravy budovy nepochybně přispějí ke zvýšení reprezentativnosti ústavu založeného před 55 lety. Vnitřní dílčí úpravy pak přispějí k smysluplnému uspořádání jednotlivých pracovišť a umožní adaptovat stávající prostory v moderní, klimatizované jednotky s odpovídajícím přístrojovým vybavením a technickým zázemím.

Společným jmenovatelem vyjmenovaných záměrů je zvýšení kvality a efektivnosti prováděných činností, posun k vyšší technologické vyspělosti nových výrobků.

### 3.3 Dotace ze zdrojů Evropské unie

Plán na rekonstrukci sídla *divize Vývoj* nezůstává bohudík pouze v rovině imaginárních přání. Meopta-optika, s.r.o. se hodlá v letošním roce 2008 ucházet o dotaci ze zdrojů Evropské unie v programu *Potenciál*, který je zaměřen právě na podporu zavádění či rozšíření vlastních výzkumných a vývojových kapacit. Principem je vytvoření podmínek pro rychlejší uplatňování výsledků výzkumu a vývoje v oblasti optiky a optomechaniky ve výrobě a zlepšení konkurenční pozici společnosti.

Program *Potenciál* je jedním z jedenácti programů vyhlášených v rámci Operačního programu podnikání a inovace, jehož implementaci zajišťuje v plánovacím období 2007 – 2013 Agentura pro podporu podnikání a investic *CzechInvest*. V případě úspěšnosti projektu může Meopta získat až 40% dotaci z uznatelných nákladů.

V současné době je v Meoptě zpracováván podnikatelský záměr projektu a jsou shromažďovány potřebné informace pro podání předběžné registrační žádosti. Ta bude podána během měsíce března tohoto roku. Na základě posouzení této žádosti pak následně agentura *CzechInvest* bude informovat o výsledku hodnocení. V případě kladného hodnocení bude Meopta vyzvána k podání plné žádosti, kde již budou obsaženy podrobné informace o žadateli a projektu. Lze odhadovat, že tato etapa potrvá do druhé poloviny roku. Na podzim tohoto roku by tedy mělo být jasné, zda Meopta dotaci obdrží, popř. za jakých konkrétních podmínek. Realizace samotného projektu se pak odhaduje na 1,5 roku.

# Principy některých nanofotonických zařízení s kovovými krystaly

*Článek obsahuje přehledný popis principů možných realizací vlnovodového šíření, braggovského odrazu a dvousvazkové interference plazmonových optických záření ve fotonických soustavách obsahujících kovové nanokrystaly se zakázanými energetickými pásy. Tento popis je rozšířen principy detekce optických difrakčních obrazců pomocí skenovací optické mikroskopie ve velmi blízkém optickém poli, které umožňuje jejich superrozlišení.*

## 1. ÚVOD

Nanofotonická zařízení jsou funkční systémy realizované nanofotonickými materiály (fotonickými metamateriály). Tyto materiály (nanomateriály) jsou moderní uměle vyrobené substance (látky), jejichž charakteristické strukturní (stavební) elementy mají rozměry řádu několika desítek nanometrů a tím vykazují zvláštní (neobvyklé) optické vlastnosti. Jejich existence je důsledkem pokroků současných monolitických mikrotechnologií, které poskytují nové možnosti pro miniaturizaci optických (fotonických), elektrooptických a optoelektronických systémů působících v součinnosti s interagujícím vnějším elektromagnetickým (optickým, fotonovým) zářením dokonalých laserů o říditelných časově a prostorově koherentních fotonových tocích a vlnových rozsazích (viz např. knižní publikace [1 - 9]).

Významnou třídu nanofotonických materiálů tvoří tzv. fotonické (nanofotonické) krystaly (krystaly s aktivními fotony). Jde o krystaly s periodickým (mřížkovým) rozložením nanomateriálových elementů kovové, dielektrické, polovodičové nebo smíšené podstaty, kterými se šíří fotony. Výsledná kombinace mikroskopických fotonových rozptylových rezonancí individuálních elementů a Braggův (braggovský) rozptyl fotonů na mřížce těchto elementů je podobná šíření elektronových vln (volných elektronů) v elektronických krystalech (krystalech s aktivními elektrony) a vede tudíž k formování obdobné energetické pásové struktury i pro tyto fotony. Přitom nejvýraznější modifikace fotonového disperzního vztahu (tj. závislosti vlnové délky fotonu na jeho frekvenci) přísluší případům, kdy fotonová energetická pásová struktura vhodně vyrobených fotonických krystalů vykazuje specifické energetické pásy (specifická frekvenční pásma), pro které je šíření fotonů zakázáno (a to nezávisle na směru jejich šíření). Jde o fotonické krystaly se zakázanými propustnými energetickými pásy. Lze je tudíž pojímat jako fotonové polovodiče (polovodiče pro optické záření) [5, 9]. Jsou jedním z významných produktů moderních mikrotechnologií 21. století.

V tomto článku jsou načrtnuty principy některých základních nanofotonických zařízení s kovovými fotonickými krystaly o zakázaných energetických pásách pro šířící se aktivní fotony sdružené s plazmony, tj. pro tzv. plazmonová optická (fotonová) záření. Přičemž plazmony obecně tvoří volné dipólové oscilace shluků (klustrů) volných elektronů v daném nanomateriálu, které jsou excitovány elektrickou složkou interagujícího (dopadajícího) vnějšího elektromagnetického (optického) záření. Jde-li o oscilace jen povrchových volných elektronů, hovoří se o povrchových plazmonech [6, 8 - 12]. Následující sdělení se konkrétně týkají kovového krystalového vlnovodu, kovového krystalového braggovského zrcadla a kovového krystalového dvousvazkového interferometru plazmonového optického záření. Článek též obsahuje matematicky interpretovaný ozařovací model skenovací optické mikroskopie

ve velmi blízkém optickém poli, která umožňuje detekci rozložení optického záření s prostorovým superrozlišením (se subvlnovou prostorovou rozlišovací mezí). Prezentovaná interpretace je založena na lineární teorii přenosu a difrakce prostorového rozložení optického záření.

## 2. KOVOVÝ KRYSALOVÝ VLNOVOD PLAZMONOVÉHO OPTICKÉHO ZÁŘENÍ

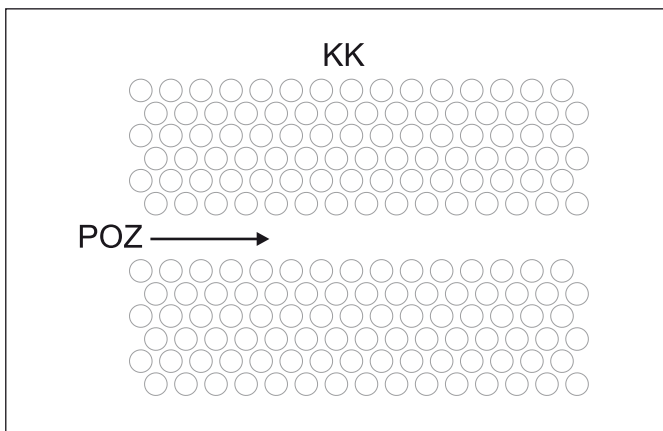
V obvyklých makroskopických optických zařízeních (optických obvodech), obsahujících optické vlnovody (např. optická vlákna), je optické (případně jen světelné) záření v těchto vlnovodech vedeno prostřednictvím jeho totálních odrazů uvnitř materiálu o větším absolutním indexu lomu, než vykazuje obklopující prostředí (pozadí) [13 - 16]. Tento způsob vedení se liší v případech materiálu, jehož účinné vnitřní dimenze jsou zredukovány do mikrometrické nebo nanometrické škály. Vstupující optické záření (fotony) se přemění v různosměrné (rozptýlené) módy obecně o různých energiích (frekvencích). K dosažení vlnovodového účinku je pak možné využít fotonický materiál (krystal) se zakázanými propustnými energetickými (frekvenčními) pásy, který příslušné nedovolené (nepotřebné) módy odstraní (odfiltrují) a zbývající módy zkoncentruje do v něm vyrobených vlnovodových kanálků. Takto upravené materiály jsou základem pro realizace různých integrovaných optických obvodů.

Přehledná matematická teorie vlastností a působení fotonických krystalů se zakázanými energetickými pásy je obsahem například publikací [5, 6, 9]. Stručně lze konstatovat, že výše zmíněný fotonový vlnovodový způsob se liší od méně komplikovaného vedení elektronových svazků v drátových vlnovodech, kde tyto svazky přímo sledují dráhu předepsanou drátem. Vyžaduje totiž splnění přísných výrobních požadavků k zajištění usměrněného a nízkoztrátového přenosu původně různosměrných fotonů při minimalizaci například parazitních optických rezonancí a odrazivosti vlnovodových vazebních elementů, spojek a rozdělovačů v požadovaných optických frekvenčních pásmech. Žádoucí též bývá potlačení jejich počtu.

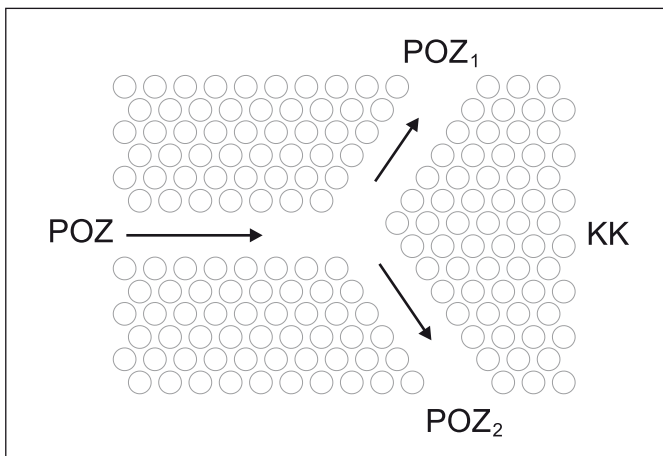
Zmíněný obecný způsob získávání vlnovodových kanálků optického záření ve fotonických krystalech se zakázanými propustnými energetickými pásy lze například podle publikace [17] aplikovat i na plazmony a s nimi sdružená plazmonová optická záření v kovových nanofotonických krystalech (jiné možné kovové vlnovodové systémy s plazmony jsou popsány například v publikacích [2, 5, 6 - 10, 12, 18 - 25]). Příklad kovové krystalové nanostruktury KK s jedním lineárním vlnovodovým kanálkem povrchového plazmonového optického záření POZ podle práce [17] je na obr. 1. Byl zvolen kovový krystal s nanostrukturovanými paralelními zlatými



válcovými elementy (rozptylovači) o jednotné tloušťce 200 nm a periodě 400 nm, které byly uspořádány do řádkových dvojic a v každé dvojici byly vzájemně posunuty o půlperiodu. Jejich plošný soubor (vyznačený na obr. 1 plnými kroužky) reprezentoval dvourozměrnou kovovou mřížku vykazující specifické zakázané propustné energetické pásy a umožňující šíření přítomného plazmonového optického záření jen v technologicky vytvořeném vlnododovém kanálku a jeho potlačení uvnitř krystalu. Toto záření vykazovalo redukovaný vlnový rozsah v porovnání s vlnovým rozsahem optického záření excitujícího plazmony uvnitř krystalu. Například při volbě vlnového rozsahu 780 až 820 nm excitačního optického záření vstupujícího do krystalu, zmíněnému vlnododovému kanálku příslušelo kvazimonofrekvenční povrchové plazmonové optické záření o dominantní vlnové délce 782 nm. Z mnoha existujících složitějších kovových krystalových vlnododových uspořádání je na obr. 2 načrtnut příklad spojení (rozvětvení) tří lineárních vlnododových kanálků s povrchovými plazmonovými optickými zářeními POZ, POZ<sub>1</sub> a POZ<sub>2</sub> v jednom kovovém fotonickém krystalu KK.



Obr. 1 Příklad kovové krystalové nanostruktury KK s jedním lineárním vlnododovým kanálkem povrchového plazmonového optického záření POZ. Plné kroužky reprezentují válcové elementy kovové mřížky fotonického krystalu KK



Obr. 2 Náčrt spojení tří lineárních vlnododových kanálků povrchových plazmonových optických záření POZ, POZ<sub>1</sub> a POZ<sub>2</sub> v jednom kovovém fotonickém krystalu KK

### 3. KOVOVÉ KRYSALOVÉ BRAGGOVSKÉ ZRCADLO PLAZMONOVÉHO OPTICKÉHO ZÁŘENÍ

Princip braggovského zrcadla (odražeče) optického záření OZ je založen na Braggově metodě studia difrakce postupných optických vln na periodicky uspořádaných uzlech (centrech, elementech) obecně trojrozměrného krystalu K, tvořícího trojrozměrnou

pravoúhlu mřížku o periodách (mřížkových konstantách)  $a$ ,  $b$ ,  $c$  a rovnoběžných uzlových rovinách o ekvidistantních vzdálenostech  $d$ , jejím ekvivalentním nahrazením odrazem těchto vln na zmíněných uzlech (viz. např. [13, 14, 26] a obr. 3). Základem této metody je Braggova rovnice

$$2d \sin \vartheta = m\lambda, \quad (1)$$

kde  $\vartheta$  je úhel mezi směrem uzlových (Braggových) rovin a směrem rovnoběžných dopadajících a od uzlových rovin odražených optických paprsků vlny o dominantní vlnové délce  $\lambda$ , vztažený k difrakčnímu (interferenčnímu) maximu  $m$ -tého řádu.

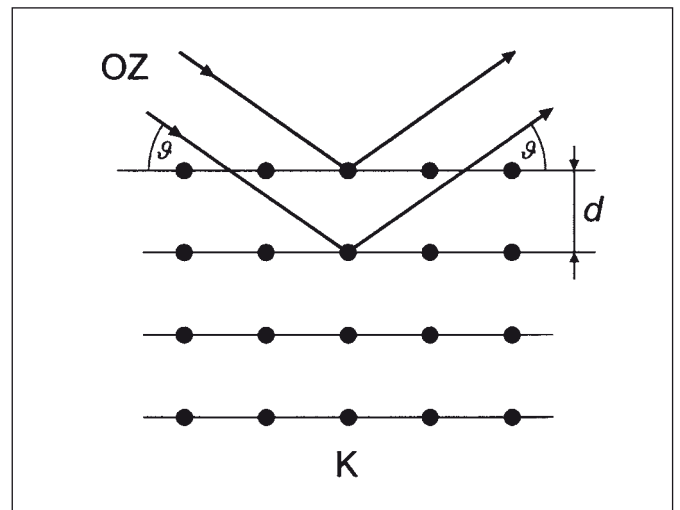
Polohy zmíněných uzlových bodů v trojrozměrném krystalu jsou určeny tzv. Millerovými indexy  $h$ ,  $k$ ,  $l$ , což jsou nesoudělná celá čísla, pro něž platí vztahy

$$m_1 = mh, m_2 = mk, m_3 = ml, \quad (2)$$

v nichž celé číslo  $m$  je největší společný dělitel celých čísel  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$ . Dále lze pro rovnici (1) akceptovat vztah

$$d = \left[ \left( \frac{h}{a} \right)^2 + \left( \frac{k}{b} \right)^2 + \left( \frac{l}{c} \right)^2 \right]^{-1/2}, \quad (3)$$

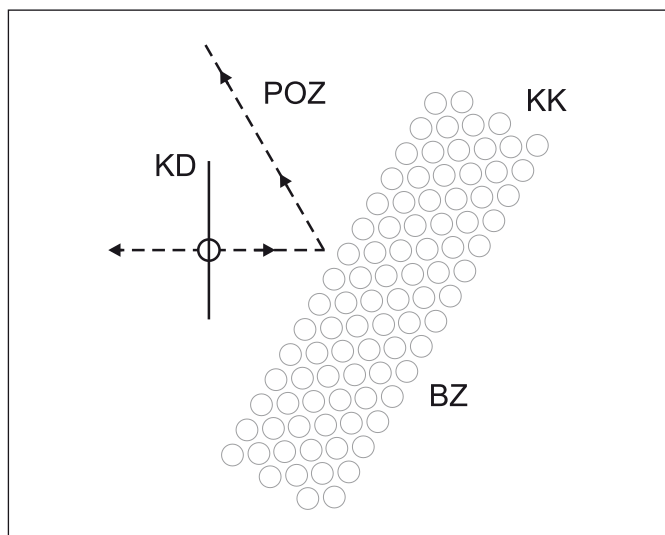
v němž při dvourozměrné alternativě odpadne jeden z jeho členů.



Obr. 3 Náčrt k vysvětlení Braggovy metody studia odrazu optického záření OZ od uzlových elementů krystalové struktury K. Uzlové elementy jsou znázorněny plnými kroužky a jejich vodorovné spojnice tvoří uzlové roviny;  $\vartheta$  je úhel mezi směrem optických paprsků a směrem uzlových rovin

V publikaci [10] je referováno o demonstraci braggovského zrcadla BZ plazmonového optického záření POZ, které využívá nanofotonický kovový krystal KK v uspořádání podle obr. 4. Jeho elementy (uzly), vyznačené plnými kroužky, tvořily stříbrné válcové nanočástice průměru 140 nm, výšky 70 nm a periody 220 nm. Příslušné rovnoběžné uzlové roviny vykazovaly ekvidistantní vzdálenosti  $d = 350$  nm a byly skloněny pod úhlem  $\vartheta = 30^\circ$  vzhledem k délce kovového nanodrátku KD tvořeného stříbrnými válcovými nanočásticemi průměru 200 nm a výšky 60 nm a využitého jako zdroj plazmonů. V souladu s existujícími způsoby produkování šíření plazmonů v kovovém nanodrátku (viz např. [12, 21, 23, 25]) byly drátkové plazmony v uspořádání podle obr. 4 získány prostřednictvím excitačního ozáření kroužkem omezené zdrojové nanodrátkové oblasti zaostřeným optickým zářením o dominantní vlnové délce 750 nm od kontinuálního laseru o výkonu 5 mW.

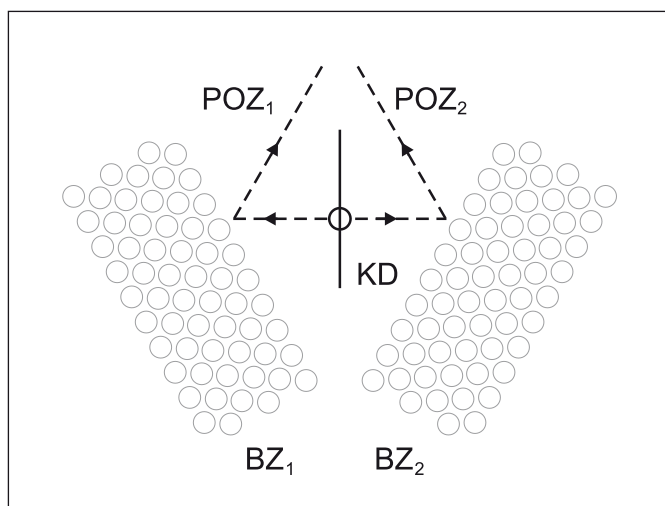
Vzniklé čárkovane vyznačené plazmonové optické záření POZ o dominantní vlnové délce  $\lambda = 610$  nm, odražené od krystalu KK, prakticky splňovalo pro zmíněné hodnoty  $d$ ,  $\vartheta$  a  $\lambda$  Braggovu podmínku (1) při dosažené odrazivosti asi 90% a zanedbatelné krystalové propustnosti asi 10%.



Obr. 4 Znárodnění principu braggovského zrcadla BZ plazmonového optického záření POZ, tvořeného skloněnou kovovou krystalovou nanostrukturou KK válcových elementů vyznačených plnými kroužky. Laserová excitační oblast plazmonů ve zdrojovém kovovém nanodrátku KD je vyznačena prázdným kroužkem

#### 4. KOVOVÝ KRISTALOVÝ DVOUSVAZKOVÝ INTERFEROMETR PLAZMONOVÉHO OPTICKÉHO ZÁŘENÍ

V souladu s publikací [10] lze nanofotonickým uspořádáním dvou kovových krystalových braggovských zrcadel  $BZ_1$  a  $BZ_2$  podle obr. 5 získat dvě koherentní plazmonové optické vlny, které mohou být základem dvousvazkového interferometru těchto vln. Obě zrcadla jsou skloněna symetricky vzhledem k rozložení kovového nanodrátku KD, jehož prázdným kroužkem vymezená oblast vnějšího excitačního laserového záření působí jako zdroj plazmonů



Obr. 5 Náčrt možného nanofotonického uspořádání k získání dvou koherentních plazmonových optických vln  $POZ_1$  a  $POZ_2$  pomocí dvou symetricky skloněných kovových krystalových braggovských zrcadel  $BZ_1$  a  $BZ_2$  vzhledem ke kovovému nanodrátkovému zdroji plazmonů KD, který je ozářen laserovým excitačním zářením o průřezu vyznačeném prázdným kroužkem

produkujících zmíněné koherentní plazmonové optické vlny při splnění braggovských podmínek typu (1). Koherence těchto vln je zajištěna jejich fázovou koordinovaností, tj. splněním všech běžných optických podmínek koherence uvedených například v publikacích [13, 14, 16, 26].

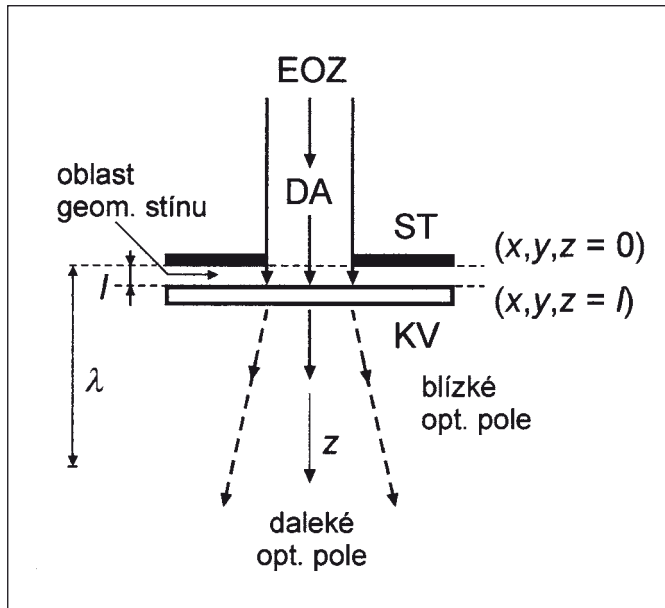
#### 5. MIKROSKOPOVÉ DETEKTORY ROZLOŽENÍ PLAZMONOVÉHO OPTICKÉHO ZÁŘENÍ S PROSTOROVÝM SUPERROZLIŠENÍM

Lokální detekce plazmonů a s nimi sdruženého plazmonového optického záření POZ, produkovaného excitačním optickým zářením EOZ dopadajícím na daný kovový nanomateriálový vzorek KV, se obvykle realizuje buď přímo pomocí vhodného fotodetektoru, či vhodné CCD digitální videokamery, nebo nepřímo monitorováním fluorescenčního optického záření od fluorescenčních molekul obalujících zmíněný vzorek (viz např. [8, 12, 21 - 25]). Tyto klasické detekční přístupy bývají však nepříznivě ovlivněny projevující se difrací excitačního optického záření vlivem excitačního ozářovače vzorku KV (ozářovací optické zobrazovací soustavy) nebo difrací plazmonového optického záření na výstupu vzorku KV vlivem plazmonového kolektoru (kolekční neboli sběrné optické zobrazovací soustavy). Tyto difrakce vnášejí omezení v detekčním prostorovém rozlišení vzorku KV a limitují i volbu minimální dimenze nanofotonických prvků a zařízení. Lze je však účinně redukovat a tím detekční přístupy zjemnit a zpřesnit na základě vhodné modifikované skenovací optické mikroskopové detekční soustavy v uspořádání se subvlnovým excitačním optickým ozářením EOZ vzorku KV nebo se subvlnovou kolekční plazmonového optického záření POZ vystupujícího ze vzorku KV v podmínkách zobrazení v blízkém a hlavně velmi blízkém optickém poli.

Zatímco běžné optické zobrazení (běžné optické zobrazovací techniky) v dalekém optickém poli přísluší vzdálenostem  $l$  zobrazovací (ozářovací) nebo kolekční kruhové difrakční apertury (objektivu) od vzorku, které nejsou menší než je dominantní vlnová délka  $\lambda$  daného optického (včetně světelného) záření ( $l \geq \lambda$ ), jeho mikroskopová alternativa s blízkým nebo velmi blízkým optickým polem se týká vzdáleností  $l < \lambda$  nebo  $l \ll \lambda$ . Přitom k dosažení subvlnové prostorové délkové rozlišovací meze  $\rho_m$  (tj. meze menší než  $\lambda$ ) daného vzorku (preparátu) je potřebná subvlnová apertura (apertura o poloměru  $a < \lambda$  nebo lépe  $a \ll \lambda$ ). Odpovídající superrozlišení (subvlnová rozlišovací schopnost) vyhovuje nerovnosti  $1/\rho_m > 1/\lambda$  nebo lépe  $1/\rho_m \gg 1/\lambda$  [27 - 36]. Zmíněné superrozlišení je z hlediska elektromagnetické teorie analyzováno například v publikacích [37 - 40]. Lze však k němu přistoupit i z praktičtějšího hlediska lineární teorie přenosu a difrakce prostorového rozložení optického záření, včetně teorie Fourierovy transformace. Příslušné matematické prostředky jsou například ve 4. kapitole publikace [16].

Základem mnoha existujících rozdílných uspořádání optické mikroskopie v blízkém nebo velmi blízkém optickém poli s různými formami (alternativami) jejího ozářovacího, kolekčního či kombinovaného transmisního nebo reflexního působení, shrnutými například v publikaci [32], může být principiální ozářovací difrakční model podle prací [27,28,31,33], který je schematicky znázorněn na obr. 6. Spočívá ve využití nepropustného rovinného stínítka ST s kruhovou difrakční aperturou (kruhovým otvorem) DA o subvlnovém poloměru  $a \ll \lambda$ , na kterou kolmo dopadá předpokládané rovinné (o rovinných vlnoplochách) monofrekvenční (kvazimonofrekvenční) optické záření o dominantní vlnové délce  $\lambda$  a jí prochází. Stínítka (kruhová clona) je paralelně umístěno v bezprostřední (subvlnové) vzdálenosti  $l \ll \lambda$  od vstupního povrchu ozářeného vzorku KV, o němž je vzhledem k zaměření tohoto článku předpokládáno, že je kovové krystalové podstaty. Takto se realizuje jeho optické ozáření ve velmi blízkém optickém poli, zajišťující interakci optického záření se vzorkem ještě před jeho výraznou difrací (kdy se prakticky projevuje jen geometrický stín apertury, nezávislý na  $\lambda$ ). Tím se dosáhne daleko lepšího rozlišení (superrozlišení) vzorku, než při jeho ozáření prostřednictvím větších hodnot

a l. Se zřetelem k následnému vzniku (excitaci) plazmonů v ozáření kovového vzorku KV lze na něho dopadající optické záření též pojímat jako excitační optické záření se zvoleným označením EOZ. Přitom opačný chod optického záření od KV k DA v modelu podle obr. 6 přísluší jeho kolekční (detekční) alternativě.



Obr. 6 Principiální ozařovací difrakční model skenovací optické mikroskopie ve velmi blízkém optickém poli ( $l \ll \lambda$ ), poskytující superrozlišení kovového vzorku KV při jeho ozáření excitačním optickým zářením EOZ přes kruhovou difrakční aperturu DA

Tvrzení, uvedená v předcházejícím odstavci, dostatečně vyplývají z možné aplikace lineární a prostorově translačně invariantní (izoplanatické) teorie šíření difraktovaného rovinného monofrekvenčního (harmonického) postupného optického záření (vlnění) EOZ v paraxiální aproximaci volným prostorem mezi rovinou ( $x, y, z = 0$ ) uvažované kruhové difrakční apertury DA a paralelní vstupní rovinou ( $x, y, z = l$ ) ozářeného vzorku KV. V rámci tohoto přístupu a příslušného pomocného náčrtu na obr. 7 lze difrakční aperturu přiřadit kruhově (bodově) symetrickou transmisní aperturní funkci typu

$$p(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{(uvnitř apertury o poloměru } a) \\ 0 & \text{(vně apertury).} \end{cases} \quad (4)$$

Pak při vstupní komplexní amplitudě  $U(x, y)$  na aperturu kolmo dopadajícího rovinného optického záření o dominantní vlnové délce  $\lambda$  ve směru souřadné osy  $z$  je odpovídající komplexní amplituda  $f(x, y)$  tohoto záření bezprostředně za aperturou dána obecným vztahem

$$f(x, y) = U(x, y)p(x, y). \quad (5)$$

Vzniklý difrakční obrazec v paralelní rovině ( $x, y, z = l$ ) za aperturou je vystižitelný rozložením jeho optické intenzity

$$I(x, y) = |g(x, y)|^2, \quad (6)$$

kde  $g(x, y)$  je příslušná výstupní komplexní amplituda reprezentující buď Fresnelovu difrakci (difrakci vln v konečnu, neboli vln se zakřivenými vlnoplochami) nebo Fraunhoferovu difrakci (difrakci vln v nekonečnu, neboli s rovinnými vlnoplochami) [13, 14, 16, 26].

Vykazuje-li vstupní optická vlna homogenní intenzitu

$$I_{\text{vst}} = |U(x, y)|^2 = \text{konst.}, \quad (7)$$

pak v rámci výhodně zvolené Fresnelovy difrakce (Fresnelovy aproximace difrakce) a čistě prostorových úvah lze funkci (5) chápat jako superpozici různých ideálních bodových zdrojů (delta funkcí) optického záření, z nichž každý generuje dílčí paraboloidní postupnou vlnu o vlnové délce  $\lambda$  a úhlovém vlnočtu  $k = 2\pi/\lambda$ . Vlna vycházející z bodu ( $x', y'$ ) roviny ( $x, y, z = 0$ ) o komplexní amplitudě  $f(x', y')$  produkuje vlnu, jejíž komplexní amplituda v bodě ( $x, y$ ) výstupní roviny ( $x, y, z = l$ ) je  $f(x', y')h(x - x', y - y')$ . Přitom  $h(x, y)$  je optická funkce impulzové amplitudové odezvy vlného prostoru mezi rovinami ( $x, y, z = 0$ ) a ( $x, y, z = l$ ), která při platnosti Fresnelovy aproximace (pro malou vzdálenost) vyhovuje vztahu (viz např. [16])

$$h(x, y) = h_l \exp\left[-ik \frac{x^2 + y^2}{2l}\right], \quad (8)$$

kde  $i$  je imaginární jednotka a

$$h_l = \frac{i}{\lambda l} \exp(-ikl) \quad (9)$$

představuje normovací konstantu úměrnosti. Jde o obecně komplexní funkci, jejíž absolutní hodnota udává tvar rozložení optického obrazu (difrakčního obrazce) ideálního předmětového bodu při volbě normovací podmínky

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |h(x, y)| dx dy = 1. \quad (10)$$

Spojité součty všech příspěvků  $f(x', y')h(x - x', y - y')$  tvoří dvourozměrnou konvoluci

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x', y')h(x - x', y - y') dx' dy' = \\ = h_l \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x', y') \exp\left[-i\pi \frac{(x - x')^2 + (y - y')^2}{\lambda l}\right] dx' dy'. \quad (11)$$

Tu lze při platnosti vztahů (5) až (7) přepsat na intenzitní tvar

$$I(x, y) = \frac{I_{\text{vst}}}{(\lambda l)^2} \\ \times \left| \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x', y') \exp\left[-i\pi \frac{(x - x')^2 + (y - y')^2}{\lambda l}\right] dx' dy' \right|^2. \quad (12)$$

Z něho a jeho ekvivalentní alternativy

$$I(\xi, \eta) = \\ = I_{\text{vst}} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(\xi', \eta') \exp\left\{-i\pi \left[ (\xi - \xi')^2 + (\eta - \eta')^2 \right] \right\} d\xi' d\eta' \right|^2 \quad (13)$$

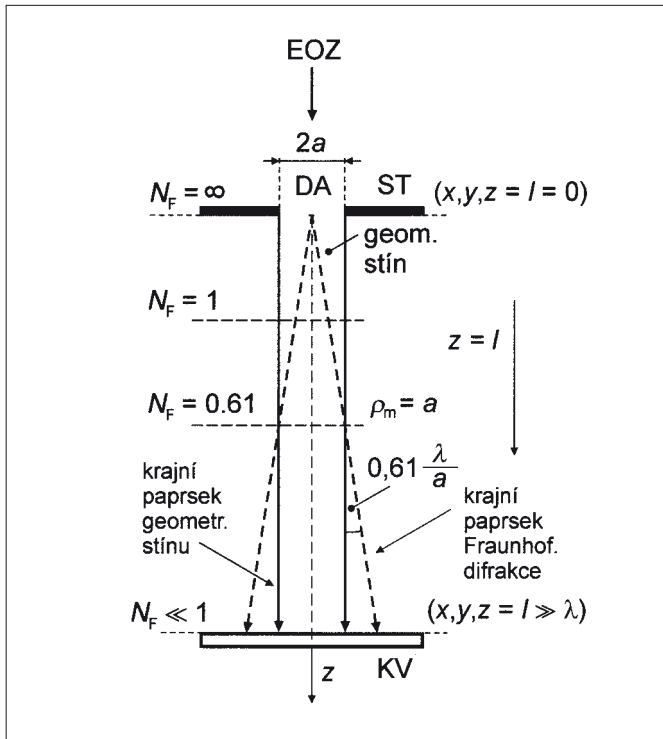
pro zavedené normované souřadnice

$$\xi = \frac{x}{(\lambda l)^{1/2}}, \xi' = \frac{x'}{(\lambda l)^{1/2}}, \eta = \frac{y}{(\lambda l)^{1/2}}, \eta' = \frac{y'}{(\lambda l)^{1/2}} \quad (14)$$



a normovanou hodnotu  $a/(\lambda l)^{1/2}$  poloměru  $a$  aperturní funkce (4) vyplývá, že výsledné kruhově symetrické rozložení optické intenzity  $I(x, y)$  nebo  $I(\xi, \eta)$ , reprezentující Fresnelův difrakční obrazec od zdrojového bodu  $(x', y', z = 0)$  v lokální (dílčí) rovině  $(x, y, z = l)$  pomocného náčrtu na obr. 7, závisí na příslušné hodnotě Fresnelova čísla

$$N_F = \frac{a^2}{\lambda l}. \quad (15)$$



Obr. 7 Pomocný náčrt ozařovacího difrakčního uspořádání k interpretaci náhrady lokální šířky Fraunhoferova difrakčního obrazce šířkou geometrického stínu difrakční apertury DA

Některá lokální rozložení (12) optické intenzity  $I(\rho)$  difrakčních obrazců od kruhové apertury (4) konstantního poloměru  $a$  pro několik velikostí Fresnelova čísla (15), odpovídajících různým vzdálenostem  $z = l$  od apertury DA, jsou uvedena na obr. 8. Přitom je využito radiální délkové souřadnice

$$\rho = (x^2 + y^2)^{1/2}. \quad (16)$$

Z výpočtů a experimentů vyplývá, že na velmi malých vzdálenostech  $l \rightarrow 0$ , kdy  $N_F \gg 1$ , je Fresnelův difrakční obrazec  $I(\rho)$  prakticky omezen geometrickým stínem apertury, neboť hodnoty  $I(\rho)$  vně geometrického stínu jsou zanedbatelné tím více, čím je  $l$  menší (viz např. případ pro  $N_F = 1$  na obr. 8). V mezním případě, kdy  $l = 0$  a  $N_F = \infty$ , funkce  $I(\rho)$  prakticky přesně kopíruje tvar aperturní funkce (4). Tyto závěry jsou důsledkem toho, že konvoluce (12) a (13) prakticky odpovídají jen širší kruhové funkci  $p(x, y)$  nebo  $p(\xi, \eta)$ , reprezentující geometrický stín apertury. Jestliže se zvětší vzdálenost  $l$  (tj. zmenší-li se  $N_F$ ), pak Fresnelovo difrakční rozložení  $I(\rho)$  je určeno kompletní konvolucí (12) nebo (13). Přitom projevující se malé oscilace, zmenšující se s poklesem hodnoty  $N_F$ , jsou přídatným difrakčním důsledkem vlnové podstaty optického záření (viz např. grafy pro  $N_F = 1$  a  $N_F = 0,61$  na obr. 8). Pro značně velkou vzdálenost  $l \gg \lambda$  (teoreticky pro  $l = \infty$ ) a tudíž pro velmi malou hodnotu  $N_F \ll 1$  (teoreticky pro  $N_F = 0$ ) se již projevuje jen Fraunhoferova aproximace difrakce a vzniká Fraunhoferův difrakční obrazec v dalekém optickém poli, jehož intenzita je určena

kvadrátem absolutní hodnoty Fourierovy transformace aperturní funkce (4) a v souladu například s publikací [16] splňuje relaci

$$I(\rho) = I_0 \left[ \frac{2J_1(2\pi a \rho / \lambda l)}{2\pi a \rho / \lambda l} \right]^2. \quad (17)$$

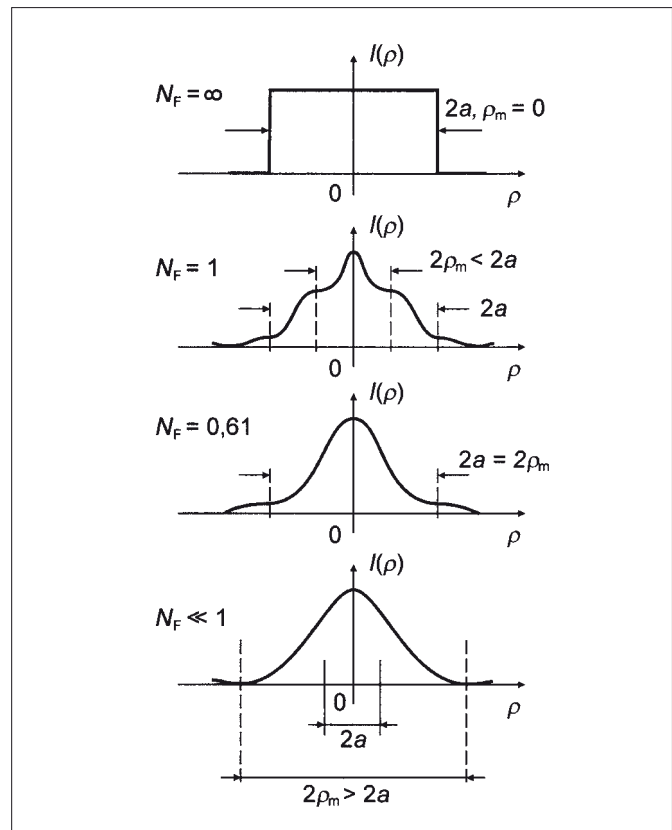
V ní člen

$$I_0 = I_{\text{vst}} \left( \frac{\pi a^2}{\lambda l} \right)^2 \quad (18)$$

reprezentuje maximální intenzitu rozložení (17) v jeho centrálním bodě ( $x = 0, y = 0, z = l$ ), v němž též platí  $\rho = 0$ . Znak  $J_1(\cdot)$  označuje Besselovu funkci prvního druhu a prvního řádu argumentu v závorce [13, 14, 26, 41, 42] a veličina

$$v_\rho = \frac{\rho}{\lambda l} = (v_x^2 + v_y^2)^{1/2} \quad (19)$$

udává radiální délkovou prostorovou frekvenci ve směru  $\rho$  (obecně vystihující počty harmonických spektrálních složek v délkové jednotce).



Obr. 8 Některá lokální rozložení  $I(\rho)$  optické intenzity Fresnelovy difrakce na kruhové apertuře o poloměru  $a$  pro směr radiálních délkových souřadnic  $\rho$  a pro vyznačené hodnoty Fresnelova čísla  $N_F$ ;  $\rho_m$  jsou odpovídající lokální radiální délkové rozlišovací meze pro Fraunhoferovu difrakci

Rozložení (17), známé jako Airyho difrakční obrazec a znázorněné například v publikacích [13, 14, 16, 26] a na obr. 8 pro  $N_F \ll 1$ , je tvořeno centrálním světlým kruhovým Airyho diskem o radiálním délkovém poloměru

$$\rho_m = 0,61 \frac{\lambda l}{a}, \quad (20)$$

příslušnému první nulové hodnotě funkce (17), který je koncentricky obklopen slabě světlými (v tomto článku zanedbávanými) kruhovými prstenci. Jemu odpovídá radiální úhlový poloměr (úhlová divergence)

$$\alpha_m = \frac{\rho_m}{l} = 0,61 \frac{\lambda}{a}. \quad (21)$$

V souladu s běžně využívaným Rayleighovým kritériem rozlišovací meze dvou zobrazených bodů o stejné optické intenzitě lze prakticky tyto body ještě rozlišit, když délková vzdálenost středů jejich Airyho disků je rovna jejich poloměru  $\rho_m$  (viz např. [13,26]). Lze tedy vztahy (20) a (21) též běžně pojímat jako vyjádření radiální délkové a úhlové rozlišovací meze Airyho difrakčního disku (Fraunhoferova difrakčního obrazce). Jejich reciproké hodnoty  $1/\rho_m$  a  $1/\alpha_m$  udávají příslušná radiální rozlišení (radiální rozlišovací schopnosti).

Zatímco samotný celý volný prostor mezi rovinami ( $x, y, z = l = 0$ ) a ( $x, y, z = l \gg \lambda$ ) uspořádání podle obr. 7 vykazuje výslednou radiální délkovou rozlišovací mez (difrakční limit) rovnou  $\lambda$  a rozlišovací schopnost  $1/\lambda$  [16], přítomnost difrakční apertury DA vede k jejich změněným lokálním hodnotám  $\rho_m$  a  $1/\rho_m$ , které v souladu se vztahy (20) a (15) závisí na poměru  $a/\lambda$ , a tedy i na  $N_F = a^2/\lambda l$ . V dokumentujících grafech na obr. 8 svislé čárkované úsečky v kladných a záporných bodech (20) vymezují efektivní lokální (díleč) šířky  $2\rho_m$  Fraunhoferova difrakčního obrazce v závislosti na zvolených hodnotách  $N_F$ . Tam, kde se čárkované úsečky kryjí s hranicemi geometrického stínu reprezentovanými plnými úsečkami, platí (viz též obr. 7)

$$\rho_m = a \quad (22)$$

a tudíž též platí

$$N_F = \frac{a^2}{\lambda l} = 0,61. \quad (23)$$

Takže k tomu, aby se dosáhlo náhrady lokální šířky (lokální rozlišovací meze) Fraunhoferova difrakčního obrazce šířkou (poloměrem) překrývajícího geometrického stínu apertury DA, nezávislou na vlnové délce  $\lambda$  optického záření, a možnosti umístění vzorku KV do tohoto stínu podle modelu na obr.6, je potřebné, aby lokální Fresnelova čísla typu (15) a odpovídající vzdálenosti  $z = l$  byly v dovolených mezích

$$0,61 \leq N_F \leq \infty, \quad (24)$$

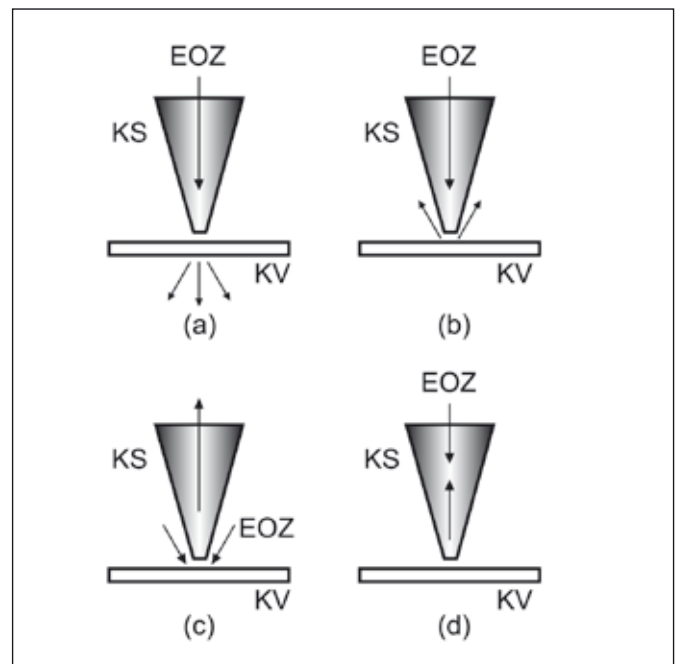
$$0 \leq l \leq \frac{a^2}{0,61\lambda}. \quad (25)$$

Přitom požadovanou subvlnovou délku  $l$  a lokální subvlnovou rozlišovací mez (20) zajišťuje volba subvlnové hodnoty  $a$ . Mezní hodnota  $l = 0$  přísluší dotyku objektů DA a KV.

V konkrétních realizacích subvlnové (superrozlišující) skenovací optické mikroskopie, vyplývajících z principiálního ozařovacího difrakčního modelu na obr. 6, může být difrakční apertura DA například realizována kruhovou aperturou o subvlnovém poloměru  $a$  na konci vhodné skenovací kuželové sondy, jíž prochází ozařovací optické záření z přiměřeného vláknového optického vlnovodu (viz např. [5, 8, 27, 31, 32]). Přitom je možné rovnocenně použít ozařovací aperturu sondy ve velmi blízkém (subvlnovém) optickém poli a detektor v dalekém optickém poli, nebo naopak kolekční aperturu detektoru ve velmi blízkém optickém poli při homogenním ozáření vzorku v dalekém optickém poli. V prvním případě požadované rozlišení vzorku zajišťuje poloměr  $a$  ozařovací apertury, kdežto v druhém případě poloměr  $a$  kolekční apertury. Jejich působení se též řídí vztahy typů (4) až (25) při využití dovoleného principu záměnnosti chodu optických paprsků. Také je třeba při úvahách

o rozlišovací mezi kolekčního sondování plazmonového optického záření ze vzorku KV přihlídnout k tomu, že toto záření má jiný (redukovaný) vlnový rozsah než je vlnový rozsah ozařovacího optického záření. Tento rozdíl je důsledkem možné odlišnosti disperzních vztahů pro tato záření [7 - 9, 11, 18].

Existují nejméně čtyři základní způsoby aperturního působení skenovací kuželové sondy KS ve skenovací optické mikroskopii. Jde například o ozařovací transmisní způsob podle obr. 9a, kdy sonda prostřednictvím dopadajícího optického záření EOZ ozařuje vzorek KV kolmo a ze vzorku vystupující obecně rozptýlené optické (plazmonové) záření je detektorem kolektorováno a zpracováno, ozařovací reflexní způsob podle obr. 9b, kdy sonda ozařuje vzorek kolmo a od vzorku odražené a rozptýlené optické záření podléhá detekční kolekcii a zpracování, kolekční reflexní způsob (obr. 9c), při němž vnější zdroj optického záření ozařuje vzorek šikmo a detekční sonda působí jako kolektor kolmé složky odraženého a rozptýleného optického záření, a nakonec o kombinovaný ozařovací a kolekční reflexní způsob, kdy je sonda využita jak k ozáření vzorku, tak i ke kolekcii odraženého optického záření (obr. 9d).



Obr. 9 Příklady základních způsobů aperturního působení skenovací kuželové sondy KS v superrozlišující optické mikroskopii. Jde o ozařovací transmisní způsob (a), ozařovací reflexní způsob (b), kolekční reflexní způsob (c) a o kombinovaný ozařovací a kolekční reflexní způsob (d)

Realizované soustavy skenovací optické mikroskopie v blízkém a velmi blízkém optickém poli obecně nedosahují předpokládaných přesných teoretických hodnot subvlnové rozlišovací meze, neboť jejich působení více nebo méně ovlivňují různé doprovodné okolnosti. Ty jsou například dány zvolenou konstrukcí a optickou konfigurací zařízení, kvalitou a druhem skenovací sondy a detektoru, druhem a vlastnostmi optického záření a vlastnostmi, geometrií, dimenzí a hrubostí povrchu skenovaného vzorku a též zvoleným vyhodnocovacím postupem [31, 32, 36]. Významné je též zajištění dostatečné účinnosti přenosu optického výkonu, která klesá s poměrem  $(a/\lambda)^6$  [31], a precizního nastavování poloh a pohybu skenovací sondy pomocí vhodné zpětnou vazbou říditelného pohybového zařízení (nosiče) [36]. Z dostupných pramenů (viz např. [5, 8, 9, 27 - 34]) vyplývá, že lze při sondážní apertuře o realizovatelných poloměrech  $a \approx 3$  až 100 nm reálně dosáhnout radiálních délkových rozlišovacích mezí  $\rho_m \approx 3$  až 20 nm.

## 6. ZÁVĚR

Se zřetelím k tomu, že lze pomocí kovových nanokrystalů se zakázanými energetickými pásy realizovat různá miniaturní fotonická zařízení se specifickými optickými vlastnostmi, je pozornost v tomto přehledném článku speciálně zaměřena k popisu principu šíření plazmonového optického záření vlnovodovým kanálkem vyrobeným v kovovém krystalovém monokrystalu, jeho odrazu na kovovém krystalovém braggovském zrcadle a využití dvou takových zrcadel pro dvousvazkový interferometr plazmonových optických záření. Provedená přídatná aplikace lineární teorie přenosu a difrakce na ozařovací nebo kolekční část skenovací optické mikroskopie v blízkém a velmi blízkém optickém poli pak ukázala, že lze výhodně dosáhnout prostorového superrozlišení konfigurací optických difrakčních obrazců.

Článek souvisí s Výzkumným záměrem FZÚ AV ČR č. AVOZ 10100522.

## Literatura

- [1] Bohren C.F., Huffman D. R., *Adsorption and Scattering of Light by Small Particles*. J. Wiley and Sons Inc., New York 1983.
- [2] Kreibich U., Vollmer M., *Optical Properties of Metal Clusters*, Vol. 25. Springer – Verlag, Berlin 1995.
- [3] Jha S.S., *Properties in Optoelectronics*. World Sci. Publ. Comp., Singapore 1995.
- [4] Mitin V.V., Kochelap V.A., Strosio M.A., *Quantum Heterostructures – Microelectronics and Optoelectronics*. Cambridge Univ. Press, New York 1999.
- [5] John S., Toader O., Busch K., *Encyclopedia of Science and Technology*, Vol. 12. Academic Press, Berlin 2001.
- [6] Sakoda K., *Optical Properties of Photonic Crystals*. Springer – Verlag, Berlin 2001.
- [7] Guozhong C., *Nanostructures and Nanomaterials*, Chap. 8.4.3. World Sci. Publ. Comp., London 2004.
- [8] De Los Santos H.J., *Principles and Applications of NanoMEMS Physics*, Chap. 5. Springer – Verlag, Dordrecht 2005.
- [9] Busch K., Powell A., Röhthig C., Schön G., Weissmüller J. (Eds.), *CFN Lectures on Functional Nanostructures*, Vol. 1. Part: The curious optical properties of photonic crystals. Springer – Verlag, Berlin 2005.
- [10] Krenn J.R., Ditzbacher H., Schider G. et al., Surface plasmon micro – and – nanooptics. *J. Microscopy*, **209**, 2003, 167 - 172.
- [11] Pospíšil J., Hrdý J., Hrdý J., jr., Nanofotonické metody vzájemných přeměn optických záření a plazmonů v rozhraní dielektrika a kovu. *Jemná mech. a optika*, **52**, 2007, č.3, 74-77.
- [12] Pospíšil J., Hrdý J., Hrdý J., jr., Nanofotonické realizace šíření plazmonů. *Jemná mech. a optika*, roč. **52**, 2007, č. 5, 145 - 148
- [13] Fuka J., Havelka B., *Optika*. SPN, Praha 1961.
- [14] Born M., Wolf E., *Principles of Optics*. Pergamon Press, New York 1964.
- [15] Pospíšil J., *Základy optiky I*. Vyd. UP, Olomouc 1983.
- [16] Saleh B.E.A., Teich M.C., *Fundamentals of Photonics*. J. Wiley and Sons Inc., New York 1991 (český překlad: *Základy fotoniky*, svazky 1 až 4. Matfyzpress, Praha 1994 - 1996).
- [17] Bezhevolnyi S.I., Erland J., Leosson K. et al., Waveguiding in surface plasmon polariton band gap structures. *Phys. Rev. Lett.*, **26**, 2001, No. 26, 3008-3011.
- [18] Raether H., *Surface Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings*. Springer – Verlag, New York 1988.
- [19] Takahara J., Yamagishi S., Taki H. et al., Guiding of a one-dimensional optical beam with nanometer diameter. *Optics Lett.*, **22**, 1997, No. 7, 475 - 477.
- [20] Klar T., Perner M., Grosse S. et al., Surface-plasmon resonances in single metallic nanoparticles. *Phys. Rev. Lett.*, **80**, 1998, No. 19.
- [21] Dickson R. M., Lyon L.A., Unidirectional plasmon propagation in metallic nanowires. *J. Phys. Chem. B*, **104**, 2000, 6095-6098.
- [22] Lamprecht B., Krenn J.R., Schider G. et al., Surface plasmon propagation in microscale metal stripes. *Appl. Phys. Lett.*, **79**, 2001, No. 1, 51 - 53.
- [23] Huang M.H., Mao S.I., Feick H. et al., Room-temperature ultraviolet nanowire nanolasers. *Science*, **292**, 2001, 1897-1899.
- [24] Maier S.A., Kik P.G., Sweatlock L.A. et al., Energy transport in metal nanoparticle plasmon waveguides. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, **77**, 2003, T7.1.1 - T7.1.12.
- [25] Barrelet C.J., Greytak A.B., Lieber C.M., Nanowire photonic circuit elements. *Nano Lett.*, **4**, 2004, No. 10, 1981-1985.
- [26] Pospíšil J., *Základy vlnové optiky, část A*. Vyd. UP, Olomouc 1992.
- [27] Syngé E.H., A suggested method for extending the microscopic resolution into the ultramicroscope region. *Phil. Mag.*, **6**, 1928, 356.
- [28] Syngé E.H., An application of piezoelectricity to microscopy. *Phil. Mag.*, **13**, 1932, 297.
- [29] Ash E.A., Nicholls G., Super-resolution aperture scanning microscopy. *Nature*, **237**, 1972, 510 - 512.
- [30] Betzig E., Isaacson M., Lewis A., Collection mode near-field scanning optical microscopy. *Appl. Phys. Lett.*, **51**, 1987, 2088 - 2090.
- [31] Butler D.J., Nugent K.A., Roberts A., Kearney P.D., Imaging of near-field diffraction patterns with sub-wavelength resolution in optical regime. *SPIE Proc.*, **1556**, 1991, 19-27.
- [32] Pohl D.W., Scanning near-field optical microscopy. In: *Advances in Optical and Electron Microscopy*. Academic Press, London 1991.
- [33] Cline J., Barshatzky H., Isaacson M., Resolution in near-field optical imaging. *SPIE Proc.*, **1639**, 1992, 2-11.
- [34] Dunn R.C., Near-field scanning optical microscopy. *Chem. Rev.*, **99**, 1999, 2891 - 2927.
- [35] Pohl D.W., Near-field optics and surface plasmon polaritons. In: S. Kawata (Ed.), *Near-Field Optics and Surface Plasmon Polaritons*. Springer-Verlag, Berlin 2001, 1 - 3.
- [36] Kubínek R., Vůjtek M., Mašláň M., *Mikroskopie skenující sondou*. Vyd. UP, Olomouc 2003, 106 - 113.
- [37] Bethe H.A., Theory of diffraction by small holes. *Phys. Rev.*, **66**, 1944, 163 - 182.
- [38] Bouwkamp C.J., On Bethe's theory of diffraction by small holes. *Philips Res. Rep.*, **5**, 1950, 321-332.
- [39] Bouwkamp C.J., On the diffraction of electromagnetic waves by small circular disks and holes. *Philips Res. Rep.*, **5**, 1950, 401 - 422.
- [40] Roberts A., Electromagnetic theory of diffraction by a circular aperture in a thick, perfectly conducting screen. *J. Opt. Soc. Am.*, **A4**, 1987, 1970 - 1983.
- [41] Angot A., *Užitá matematika pro elektrotechnické inženýry*. SNTL, Praha 1960.
- [42] Rektorys K. a kol., *Přehled užití matematiky*. SNTL, Praha 1981.

Prof. RNDr. Ing. Jaroslav Pospíšil, DrSc., RNDr. Jan Hrdý, Ph.D. a Ing. Jan Hrdý, jr., katedra experimentální fyziky PřF Univerzity Palackého a Společná laboratoř optiky Univerzity Palackého a FZÚ AV ČR, Tř. 17. listopadu 50a, 772 09 Olomouc. Tel.: 585 634 283, e-mail: pospis@prfnw.upol.cz



# Návrh a realizácia merania technického stavu ložiska pomocou vibrodiagnostického systému

**Kľúčové slová:** vibrácie, vibrodiagnostika, ložisko, porucha, meranie

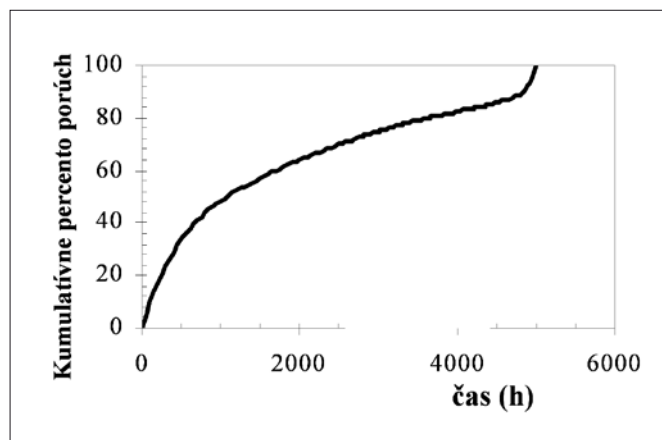
## ÚVOD

Technická diagnostika je jedným z nových trendov, zasahujúcich stále podstatnejšie do výroby a najmä do prevádzky strojných zariadení. S jej názvom bývajú často neopodstatnene spojené jednoduché kontrolné úkony a zariadenia, ktorých výstupy nie sú nositeľmi diagnostickej a prognostickej informácie o sledovanom objekte. Namiesto pojmu kontrola sa tu používa pojem diagnostika bez kvalitatívneho odlíšenia oboch úrovní údržby. Optimálna organizácia prevádzky strojov je zameraná na prevenciu ich poškodenia a nie na opravu poškodených zariadení – represiu. Toto je možné realizovať na základe objektívnej znalosti ich technického stavu. Podstata technickej diagnostiky je založená na fundovanom výbere diagnostických parametrov, miest a režimov sledovania a na správnej reakcii užívateľa na ich zmenu. Výsledkom musí byť informácia dovoľujúca predpovedať stav objektu, správne lokalizovať zdroj poškodenia a identifikovať detail, ktorý tento stav spôsobil. Zariadenia tohto druhu ešte stále nedozreli na masové rozšírenie z viacerých dôvodov, z ktorých uvedieme len dva. Jedným je cena takéhoto systému vzhľadom na cenu zariadenia, ktoré chráni. Druhým je nepripravenosť, presnejšie neprepracovanosť diagnostických aplikácií pre všetky typy strojov do takej miery, aby sa vyplatilo vytvoriť aplikačný softvér takéhoto systému pre neschopnosť alebo neochotu investovať do tejto oblasti financie, alebo čas. [4].

## STRATÉGIA ÚDRŽBY STROJOV

- prevádzka stroja do jeho poruchy – predstavuje kritické riadenie údržby (vysoké náklady, nečakaný výpadok, môže byť výhodná pri využívaní dosluhujúcich strojov, ktoré sa nemajú ďalej opravovať a využívať)
- preventívna údržba strojov – periodická odstávka a repasia stroja (plánuje sa odstavenie stroja aj náhradných dielcov, vymieňajú sa však aj dielce, ktoré by ešte boli prevádzkyschopné)
- prediktívna údržba (condition monitoring) – údržba založená na priebežnom monitorovaní technického stavu, pričom zásah (oprava) sa vykonáva cielene iba na uzle, ktorému hrozí poškodenie – takýto spôsob údržby vykazuje v čase preukázateľne najnižšie náklady [1].

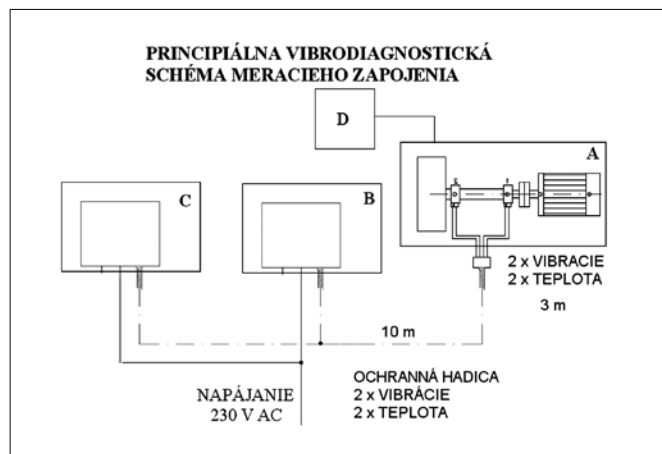
V praxi sa spoľahlivosť udáva ako počet porúch na jednotku času počas sledovaného obdobia (nazýva sa poruchovosť alebo intenzita porúch). Predpokladajme, že pri zisťovaní spoľahlivosti nejakého výrobku budeme postupovať nasledovným spôsobom: budeme pozorovať početnú skupinu identických výrobkov (pri skúškach alebo v prevádzke), kým u všetkých nedôjde k poruche a pre každý výrobok zaznamenáme čas vzniku poruchy  $t_i$ . Keď vynesieme celkový počet porúch (v kumulatívnych percentách) proti času, získame distribučnú krivku rozdelenia pravdepodobnosti vzniku poruchy,  $F(t)$  - typický príklad je znázornený na obr. 1 [2].



Obr. 1 Distribučnú krivku rozdelenia pravdepodobnosti vzniku poruchy

## POPIS MERACIEHO ZARIADENIA

Meranie pomocou vibrodiagnostického zariadenia OKTALON bolo zamerané na analýzu vibrácií generovaných meraným zariadením obsahujúcim ložisko typu 22224 MVE. Na konkrétnu frekvenčnú analýzu bol súčasne použitý aj frekvenčný analyzátor. Meracie body boli na ložiskách a meranie vibrácií pomocou akcelerometrov prebiehalo pri prevádzkových otáčkach motora. Meranie v danom rozsahu otáčok bolo uskutočnené pri troch rôznych nesymetriách záťažového hriadeľa. Merací reťazec použitý na meranie, spracovanie a analýzu vibrácií bol navrhnutý tak, ako to ukazuje obr. 2.



Obr. 2 Principiálna schéma meracieho vibrodiagnostického pracoviska

## POPIS HLAVNÝCH KOMPONENTOV SYSTÉMU

- A – generátor vibrácií (vybrodiagnostické merané zariadenie) obsahujúci merané ložisko typu 22224 MVE.
- B – OKTALON (modulárny, multiparametrický merací systém) je určený pre trvalé sledovanie mechanických vibrácií a stavu mechanického systému.
- C – frekvenčný analyzátor umožňuje frekvenčnú analýzu dát získaných meraním. Taktiež umožňuje grafické zobrazenie priebehu a výsledkov meraní pomocou dataprojektora, obsahuje modul slúžiaci na komunikáciu s PC.
- D – snímače vibrodiagnostického signálu (piezoelektrické akcelerometre).

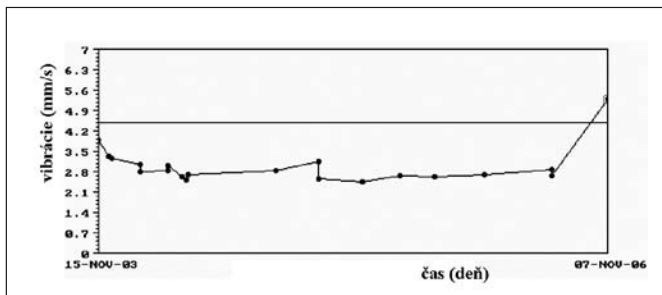
OKTALON je modulárny - multiparametrický merací systém určený pre trvalé sledovanie mechanických vibrácií a posudzovanie stavu valivých ložísk. Je zostrojený na princípe neuronových sietí typu LonWorks s otvorenou architektúrou.

Meranie, vyhodnocovanie a ukladanie nameraných hodnôt do pamäte je vykonávané v automatickom režime. Tieto hodnoty sa porovnávajú s nastavenou úrovňou poplachov - alarmov.

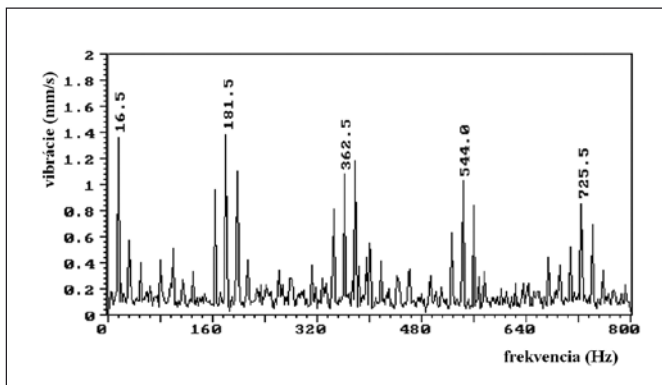
Komunikácia a prenos údajov do PC a vizualizačného programu je možná pomocou dvojlinky protokolom LonTalk (do 2500 m), rozhraním RS 232 alebo modemom (v pevnej telekomunikačnej sieti, alebo mobilnej GSM sieti). Merací systém OKTALON je vyrobený zo štandardných „inteligentných“ modulov typu LonWorks na báze procesorov Echelon. Všetky použité komponenty sú vyvinuté pre prácu v ťažkom priemyselnom prostredí. Vyznačujú sa vysokou spoľahlivosťou prevádzky, odolnosťou proti rušeniu a mimoriadne priaznivým pomerom výkon - cena.

## VÝSLEDKY MERANIA

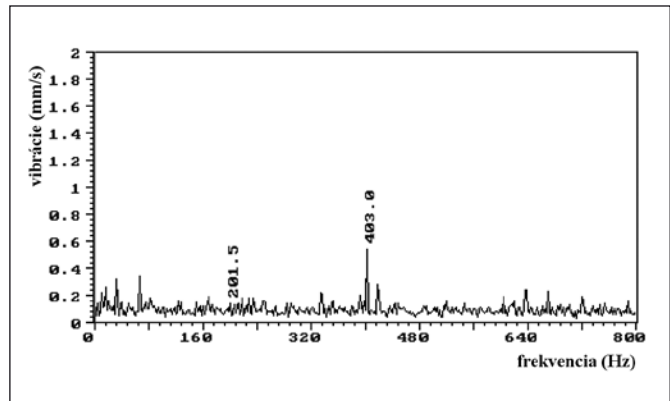
Výsledkom merania sú grafické závislosti (obr. 3, obr. 4, obr. 5) mechanických vibrácií na čase a taktiež FFT spektra v závislosti na funkčnom stave ložiska. Meranie hodnoty vibrácií v závislosti na čase prebiehalo meraním rýchlosti výchylky aktívneho povrchu meraného komponentu. Meranie FFT, čiže frekvenčného



Obr. 3 Meranie vibrácií (posledné meranie ukázalo nárast sumačnej hodnoty vibrácií nad doporučenú hranicu Alarm 1 – výstraha)



Obr. 4 FFT Spektrum – (0,5 – 10 kHz), frekvencia 181,5 Hz a násobky ukazujú poškodené ložisko 22224 MVE – vnútorný krúžok



Obr. 5 FFT Spektrum – (0,5 – 10 kHz), vyhovujúci prevádzkový stav ložiska

spektra, bolo realizované pomocou frekvenčného analyzátoru, a to pri prevádzkových otáčkach motora tak, že sa na začiatku meralo plne funkčné ložisko a následne ložisko poškodené. Z nameraných dát boli programom vygenerované grafické závislosti. Zo závislosti je vidieť, že poškodením ložiska vzniká podstatná zmena vibrácií. Táto zmena je charakteristická zvýšením vibrácií.

## ZÁVER

Toto meranie bolo zamerané nielen na návrh optimálneho riešenia pre monitorovanie, reguláciu a diagnostiku prevádzkových stavov ložísk, ale taktiež na analýzu signálu, ktorý generujú pri správnej činnosti a v poruchovom stave. Návrh obsahoval dve alternatívy riešenia zariadení na diagnostiku závad ložísk. Z uvedených dvoch alternatív bola vybraná jedna, ktorá sa najviac osvedčila pri praktickom meraní a vyhovovala aj z ekonomického hľadiska. Na vybranej alternatíve bolo možné najefektívnejšie poukázať na vibrácie generované vplyvom poškodenia ložiska, ale súčasne aj iné možné poruchy, ako napríklad nesymetrickosť záťaže, nesúosovosť hriadeľa, ale aj vysokofrekvenčné vibrácie generované inými komponentmi meraného zariadenia. Bol vybraný merací systém Oktalon, a to pre jeho viacúčelové využitie a možnosť zobrazovania výsledkov na počítači. Taktiež obsahuje zabudovaný alarm so signalizáciou v prípade prekročenia povolených hodnôt vibrácií. Z technického hľadiska je možné použiť frekvenčnú analýzu na diagnostikovanie technického stavu meraného zariadenia.

## Literatúra

- [1] FABIAN, S.: ČSN 010641, ST SEV 3944-82 Spoľahlivosť v technike, Plánovanie pozorovaní, UNM Praha, 1986.
- [2] FABIAN, S.: Spoľahlivosť zložitých výrobných systémov. Elfa s.r.o. Košice 1997. ISBN 80-7099-301-4.
- [3] FRONC V., KLÚČIK J.: Mikrokontroléry ATMEL s jádrom 8051, Ben, ISBN 80-7300-008-3.
- [4] NAIR, R., DANAI, K., MALKIN, S.: Turning process identification through force transients, *ASME Journals of Engineering for Industry*, Vol. 114, February 1992, pp. 1-7.
- [5] NEMEC, P.: *Elektrické mērení*, Praha: SNTL, 1986, 256 s.
- [6] ORABY, S., E. HAYHURST, D., R.: Development of models for tool wear relationships in metal cutting, *International Journal Mechanical Science*, Vol. 33, No. 2, 1991, pp. 125-138.
- [7] ORABY, S., E.: Monitoring of turning operations via force signals, Part 1: *Recognition of different tool failure forms by spectral analysis*, *WEAR* 184, 1995, pp. 133-143.
- [8] PIRČ, V., BUŠA, J.: *Numerické metódy*, Košice, 1998, ISBN 80-88786-80-0, 111s.

- [9] RUIDER, P.: Krokové motory, firemná literatúra MEZ Náchod.  
[10] ŘEZÁČ, K.: ROBOTIKA.CZ, Aktualizované 28-10-2005 [cit. 01-05-2007]. Dostupné na adrese: <http://robotika.cz/articles/steppers/cs>.

Recenzent: Prof. Ing. Emil Ragan, CSc.

Tento článok bol písaný v rámci projektu Vývoj, realizácia a overenie technického systému pre bezkontaktnú optickú identifikáciu a nadväznú korekciu rozmerového opotrebenia výrobného nástroja počas plynulého priebehu výrobných operácií č. 1/0562/08 I 5 I na FVT.

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

Ing. Jozef Dobránsky, PhD., Katedra prevádzky technologických systémov, FVT TU Košice so sídlom v Prešove, Štúrova 31, 080 01 Prešov, tel.: 00 421 51/7722604, e-mail: [dobransky.jozef@fvt.sk](mailto:dobransky.jozef@fvt.sk)

Katarína MONKOVÁ, Katedra navrhovania technologických zariadení, Fakulta výrobných technológií, TU v Košiciach, Prešov  
Sergej Hloch, Katedra prevádzky technologických systémov, Fakulta výrobných technológií, TU v Košiciach, Prešov

## Využitie 3D skenera pri skúmaní topografie tvarovo zložitých súčiastok

*Pri vzniku výrobku sa z myšlienky stáva realita vo forme prototypu, ktorý sa využíva na testovanie a simulovanie správania sa výrobku v reálnych podmienkach výroby pri pôsobení nielen konštantných, ale i náhodných vplyvov. Ak je tento prototyp vyrobený bez podpory počítačovej a digitálnej techniky, najviac je tvarovo zložitý, potom sa veľkým problémom stáva efektívnosť jeho sériovej výroby s následným dosiahnutím opakovanej presnosti i kvality finálneho výrobku. Využitie 3D skenera pri skúmaní topografie už existujúcich reálnych súčiastok so zložitým tvarom je jednou z možností riešenia tohto problému.*

### 1 ÚVOD

Výrobok vo väčšine prípadov vzniká na základe presne definovaných parametrov a rozmerov získaných buď podľa predstáv konštruktéra v spolupráci s technologom, alebo na základe výkresovej dokumentácie. Všetka práca je už dnes vykonávaná pomocou prostriedkov výpočtovej techniky, pričom základom pre návrh a výrobu konkrétnej súčiastky sa stáva 3D model, pomocou ktorého je možné

- vytvoriť v relatívne krátkom čase výkres súčiastky v 2D formáte,
- analyzovať vlastnosti súčiastky (povrch, objem, hmotnosť, prierezové moduly, momenty zotrvačnosti...), definovať hmotnostné a geometrické charakteristiky reálneho komponentu i celej zostavy,
- vykonať rôzne typy analýz (od napäťovej až po tepelnú),
- simulovať priebeh obrábania s výstupom CL dát, ktoré definujú polohy nástroja pri obrábaní a rezné podmienky,
- pomocou postprocesora preložiť tieto údaje do NC programu pre konkrétny riadiaci systém zvoleného NC (CNC) stroja,
- vyrobiť súčiastku s dostatočnou presnosťou, opakovateľnosťou a kvalitou.

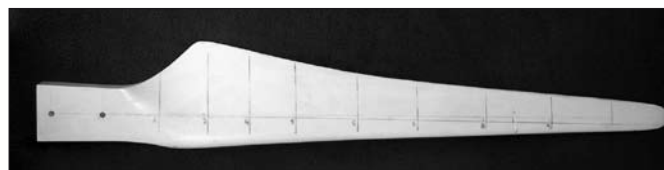
Vytvorenie 3D modelu umožňuje tiež predvídať konfliktné situácie nielen pri obrábaní jednotlivých súčiastok, ale aj pri ich zostavovaní do podzostáv a zostáv, čoho následkom je redukcia času prípravy pre výrobu daného výrobku, zníženie nákladov a zvýšenie kvality výroby daného produktu. Jedna namodelovaná súčiastka sa tak môže stať základom pre jej jednoduché zmodifikovanie a následné vytvorenie ďalších typovo podobných súčiastok, napr. v rámci skupinovej technológie. Výhody počítačového 3D modelovania dnes využíva mnoho firiem a podnikov, avšak takto koncipované modely sú zväčša vytvárané na základe už existujúcej výkresovej

dokumentácie, pričom pri navrhovaní novej súčiastky sa vychádza z rozmerových požiadaviek, ktoré sú presne definované, teda rozmery sú dané. Problémy však nastávajú, ak súčiastka už existuje, je tvarovo zložitá, tvorená všeobecnými plochami, no nie sú k dispozícii žiadne parametre, ktoré popisujú a definujú jej topografiu. V takomto prípade prichádzajú do úvahy iné možnosti získania údajov o geometrii výrobku a jednou z nich je aj využitie 3D skenera.

### 2 KREOVANIE 3D MODELU SO ZLOŽITÝM POVRCHOM

Ako už bolo spomenuté, príprava 3D modelu na základe výkresu alebo inak definovaných rozmerov v prostredí CAD/CAM systémov je pomerne jednoduchá a jednoznačná. Problém nastáva, ak rozmery fyzického modelu nie sú známe a plochy, ktoré ho tvoria, sú tvarovo zložené. Tieto plochy nie sú teda na prvý pohľad definovateľné ani ako plochy rovinné, guľové, kuželové, resp. iné typy jednoduchých povrchov, ani ako plochy, ktorých tvar v priestore je popísaný exaktnými rovnicami, čo môže nastať v týchto prípadoch:

1. Ručne vyrobený prototyp (napr. drevený prototyp listu vrtule veternej elektrárne vyrobený ručnou lamináciou z epoxidovej živice a sklenenej textílie nanášaním do delenej formy - obr. 1).



Obr. 1 Drevený ručne vyrábaný prototyp listu vrtule





a) Pohľad spredu	b) Pohľad zozadu	c) Časť šablóny pre navíjanie vinutia rotora elektromotora
Šablóna pre navíjanie vinutia statora elektromotora		

Obr. 2 Prototyp vyrobený čiastočne mechanizovaným spôsobom a čiastočne ručným spôsobom

2. Prototyp vyrobený čiastočne mechanizovaným spôsobom a čiastočne ručným spôsobom, napríklad brúsením do protišablóny (obr. 2).

3. Hotový výrobok zložitého tvaru, u ktorého z rôznych príčin nie je k dispozícii technická dokumentácia (strata, znehodnotenie).

V uvedených prípadoch sa prioritou stáva získanie údajov o polohe bodov alebo kriviek definujúcich tvar prototypu, čo je možné dosiahnuť viacerými spôsobmi. Jedným z nich je aj využitie 3D skenera. Na obr. 3 je zobrazený laserový 3D skener LPX 250 so softvérom Dr. PICZA 3 a tiež jeho technické parametre.



#### Technické parametre

Veľkosť stola	priemer 254 mm
Max. plocha skenovania	Rotačné skenovanie: priemer 254 mm x výška 406,4 mm
	Plošné skenovanie: šírka 230 mm x výška 406,4 mm
Scanning pitch	Rotačné skenovanie: na obvode od 0,2° do 60°, vo výške od 0,2 mm do 406,4 mm
	Plošné skenovania: v šírke od 0,2 mm do 230 mm, vo výške od 0,2 mm do 406,4 mm
Max. hmotnosť predmetu	5 kg
Laser	Vlnová dĺžka: 600 - 700 nm
	Výkon: max. 1mW
	Max. prenik do okolia: 0,39 $\mu$ W
	Šírka pulsu: 350 $\mu$ s
	Frekvencia pulsu 2857 Hz
čidlo	Bezkontaktné laserové čidlo
Metóda skenovania	Spot-beam triangulation
Rýchlosť skenovania	Otáčanie stolu: 15 ot/min
	Rotácia hlavy: 7,5 ot/min
	Posun hlavy: 50 mm/sec
Rozhranie	sériové RS-232C
Napájanie	vyhradne AC adaptér (DC + 19V/2,1A)
Rozmery (Š x H x V)	528 x 431 x 742 mm
Hmotnosť	32 kg
Pracovné prostredia	teplota 10 - 40°C vlhkosť 35 - 80 % (bez kondenzácie)

Obr. 3 Laserový 3D skener a jeho technické parametre

Pri samotnom skenovaní súčiastok je potrebné vyriešiť viacero problémov, akými sú napríklad:

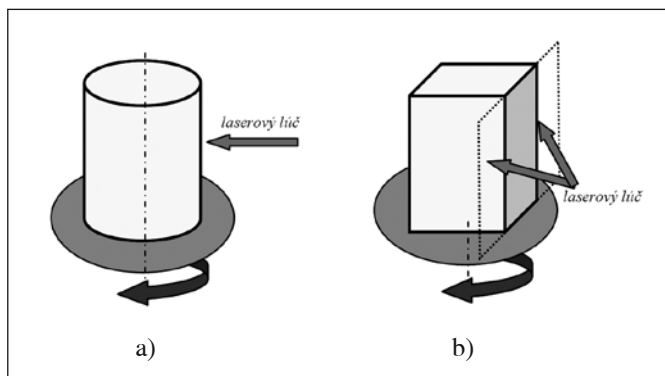
Reflexný povrch reálnej súčiastky (obr. 2a, obr. 2b), ktorý spôsobuje, že laserový lúč sa odráža a povrch nie je možné zoskenovať. V takomto prípade je potrebné súčiastku matniť, napr. striekaním (obr. 2c), nie však čiernou farbou, pretože tá by lúč pohlcovala.

Kombinácia konkávných a konvexných plôch na jednej súčiastke, pri ktorých laserový lúč nie je schopný zachytiť povrch ako celok. Riešením je opakované skenovanie objektu v rôznych polohách a následné zjednotenie čiastkových povrchov s odstránením nežiaducich častí.

Veľkosť, príp. hmotnosť skenovaného objektu vzhľadom na technické parametre skenera, podobne ako v prípade prototypu listu vrtule veternej elektrárne (obr. 1). Tento nedostatok je možné odstrániť rozrezaním na minimálny počet častí. Dôležité je dodržať rovnobežnosť rezov a tým zachovať rovnakú polohu jednotlivých častí prototypu v smere osi z.

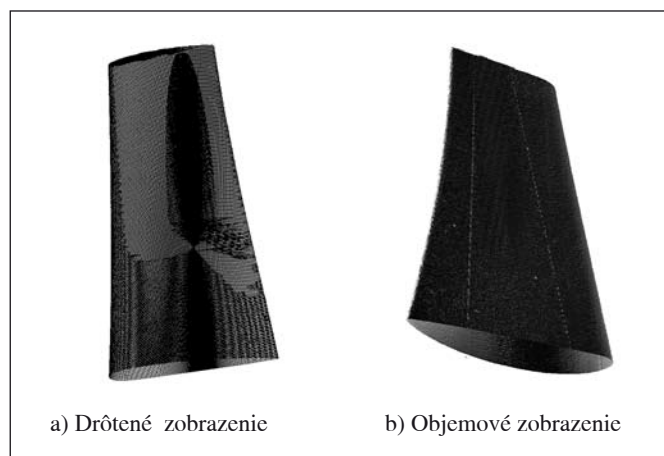
Skenovanie je možné vykonať v dvoch rôznych nastaveniach pohybu laserového lúča:

- Rotačné, pri ktorom sa tanier s modelom otáča okolo osi z a laserový lúč sa pohybuje v rovine xy po obvodě súčiastky, obr. 4a)
- Rovinné – z 2, 3, 4 alebo 6 strán, obr. 4b)



Obr. 4 Princíp rotačného a rovinného skenovania

Podľa zadania hustoty skenovacej siete sú povrchové plochy súčiastky skenerom spracovávané v rôzne dlhých časových intervaloch. Napríklad skenovanie s mriežkou 0,2 x 0,2 mm trvalo na počítači s 1 GB pamäte RAM a s rýchlosťou procesora 2 GHz približne 6 hodín. Pri navolení hustejšej mriežky skenovaných bodov nebol počítač, ktorý spracovával údaje zo skenera, schopný získať informácie spracovať. Objemové, resp. drôtové zobrazenie naskenovaných súčiastok v prostredí softvéru Dr. PICZA 3 je na obr. 5 a obr. 6.

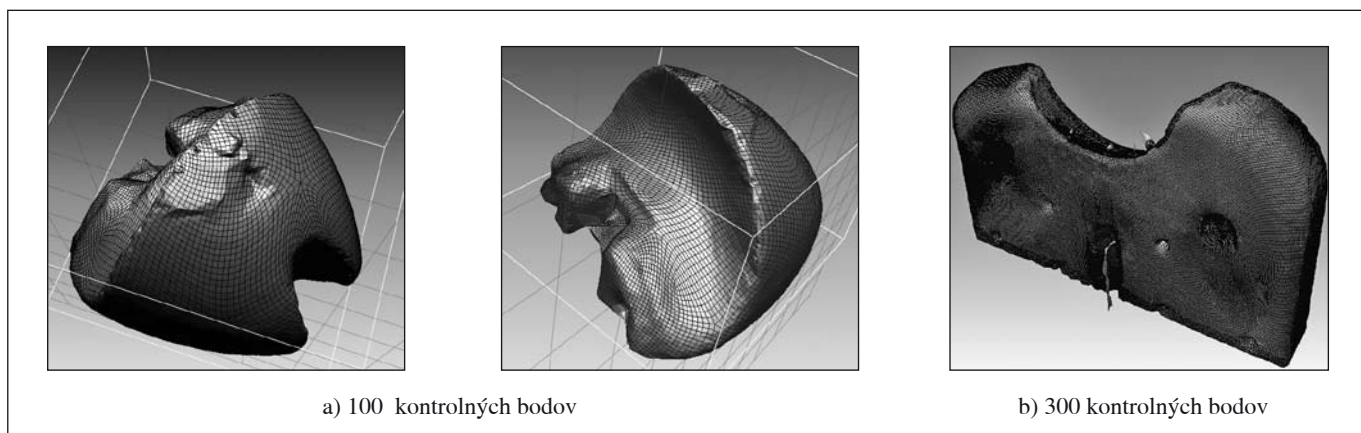


Obr. 5 Naskenovaná dolná časť listu vrtule veternej elektrárne



Obr. 6 Naskenovaná bočná časť navíjacej šablóny vinutia rotora elektromotora

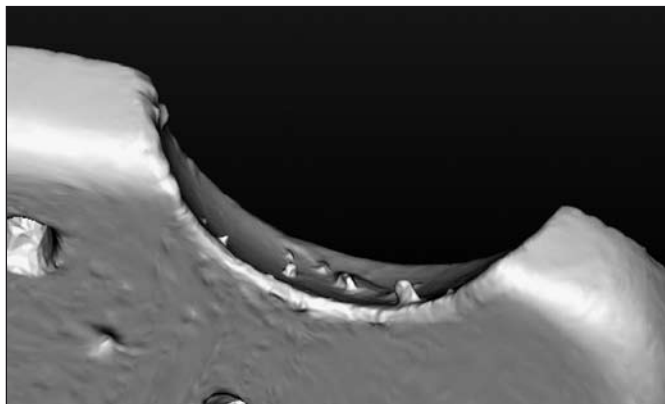
Súbor vytvorený v softvéri Dr. PICZA je potrebné exportovať do nového súboru s formátom \*.pix a následne importovať do softvéru PIXFORM. Uvedený programový prostriedok umožňuje preložiť cez zhuk (mriežku) naskenovaných bodov jednu tvarovo zložitú plochu, pričom presnosť prekrytia závisí od počtu zvolených kontrolných bodov. Aj v tomto prípade bola dosahovaná presnosť obmedzená možnosťami výpočtovej techniky používanej pri spracovaní údajov. Pokryvanie povrchu polygonálnou plochou so 100 kontrolnými bodmi trvalo počítaču asi 2 hodiny (obr. 7a), pri ploche s 300 kontrolnými bodmi - asi 3 hodiny (obr. 7b).



Obr. 7 Polygonálne plochy v prostredí PIXFORM

Geometrické údaje popisujúce vytvorenú plochu bolo potrebné pre ďalšie spracovanie opäť vyexportovať vo formáte IGES, STEP alebo STL a importovať do CAD/CAM systému.

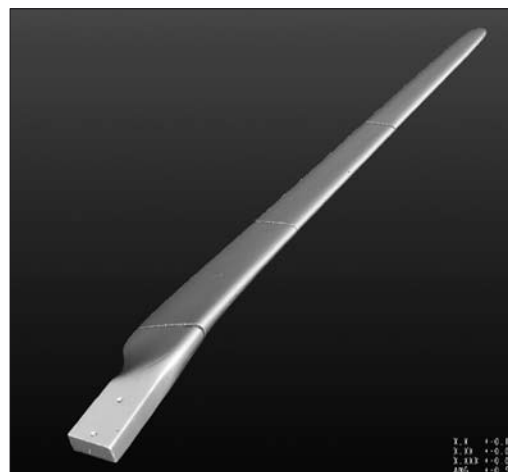
Získaný geometrický popis naskenovaného objektu však zvolený CAD/CAM systém ProEngineer neakceptoval ani ako objem - solid, ani ako plochu - surface a na jeho základe nebol schopný vygenerovať CL dáta pre vytvorenie NC programu. Takto transformovaný model najviac v dôsledku zdĺhavého a nepresného prenosu údajov zo skenera do CAD/CAM systému (aj vplyvom nedostatočného hardvérového vybavenia) nebol hladký a preto vzniknuté nerovnosti (obr. 8), bolo potrebné pri vytváraní vlastného 3D modelu vyhladiť.



Obr. 8 Nerovnosti vzniknuté na ploche listu

Rozmerovo a geometricky nedefinované plochy sa už na prvý pohľad javili ako zložité a spôsob namodelovania takýchto plôch v CAD/CAM systéme základnými postupmi (extrude, revolve, sweep, blend, ...) bol pri všetkých skenovaných súčiastkach takmer nemožný. Pri kreovaní samotného 3D modelu s požadovanou dostatočnou presnosťou (0,01 – 0,05 mm) v prostredí zvoleného CAD/CAM systému bolo potrebné vyriešiť viacero problémov. Napríklad pri vytváraní listu vrtule veternej elektrárne to bolo zostavenie jednotlivých importovaných častí do správnej vzájomnej polohy tak, aby vytvorili komplexný celok. Importovaný geometrický objekt popisujúci list vrtule ako celku je zobrazený na obr. 9.

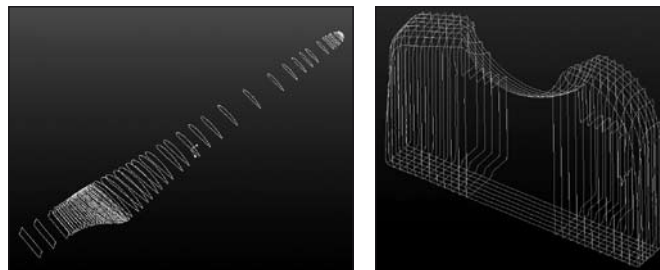
Na importovaných plochách jednotlivých súčiastok boli vytvorené pomocné krivky, ktoré sa stali základom pre kreovanie 3D modelov v prostredí ProEngineera. (obr. 10)



Obr. 9 Zostava dielov listu vrtule veternej elektrárne v prostredí CAD/CAM systému ProEngineer

Medzi krivkami boli „vytiahnuté“ plochy, ktoré tvorili hranicu pre vyplnenie „materiálom“ tak, aby vznikli buď objemové 3D modely (ako v prípade navíjacích šablón pre vinutie statora i rotora elektromotora - obr. 11a, b) alebo škrupinový model (v prípade listu vrtule veternej elektrárne - obr. 11c).

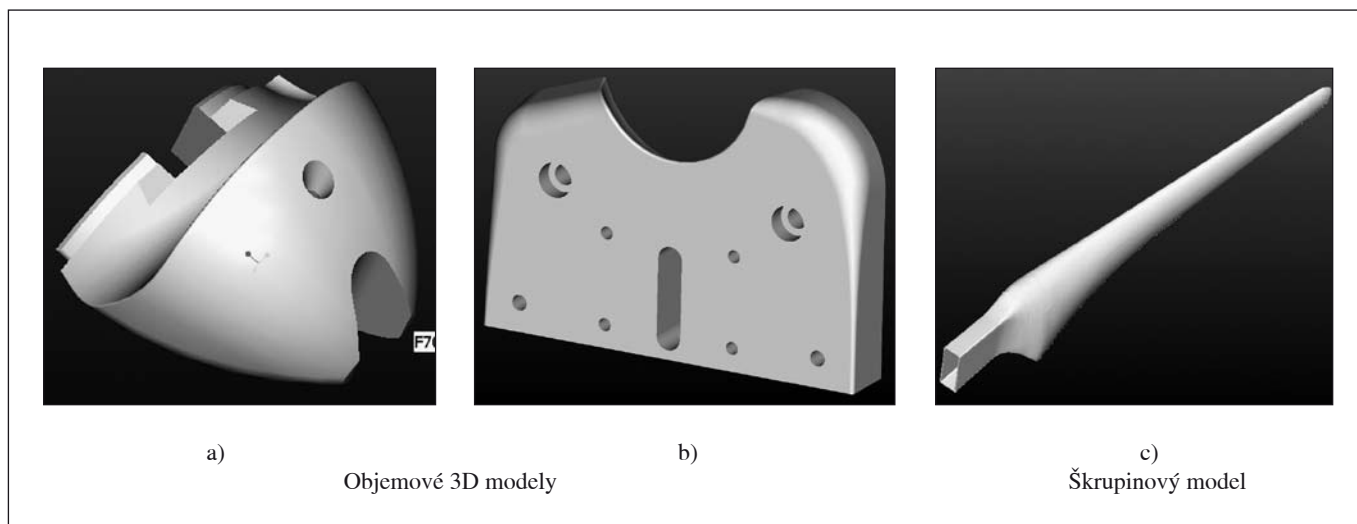
Keďže 3D modely boli kreované už ako vlastné prvky systému ProEngineer, geometrické údaje sa stali čitateľné aj pre CAM oblasť systému a na ich základe bolo možné vygenerovať nielen CL dáta potrebné pre výrobu súčiastky na NC stroji (obr. 12a), ale vykonať aj rôzne typy analýz, ku ktorým patrí napr. výpočet objemu modelu, určenie polohy ťažiska vzhľadom k zvolenému súradnicovému



a)

b)

Obr. 10 Pomocné krivky vytvorené v CAD/CAM systéme na základe skenovaných modelov



a)

b)

c)

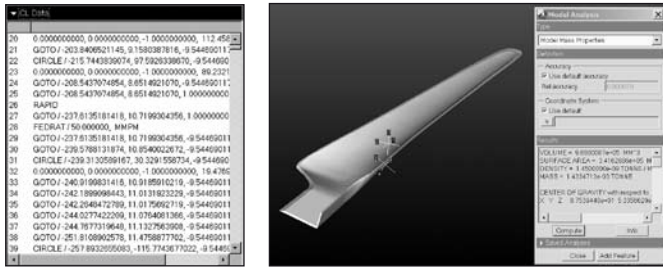
Objemové 3D modely

Škrupinový model

Obr. 11 Definitívne 3D modely



systému a tiež výpočet hmotnosti na základe zadanej hustoty materiálu. Tieto výpočty by boli v prípade tvarovo zložitej plochy, ktorá nie je bližšie analyticky definovateľná, len veľmi ťažko realizovateľné, resp. boli by veľmi nepresné (obr. 12b).

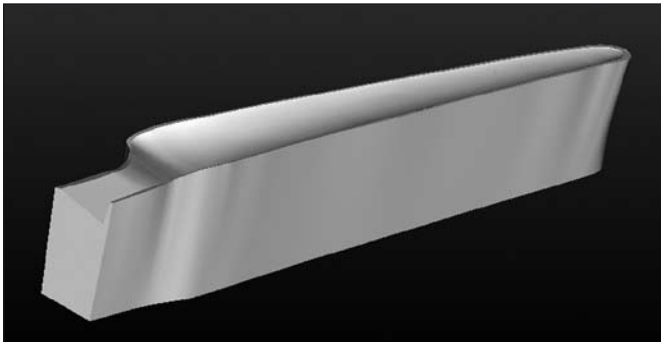


b) CL dáta

a) Analýza geometrických a hmotnostných charakteristík 3D modelu

Obr. 12 Príklady využitia 3D modelu

Ďalším využitím a následnou aplikáciou digitalizácie údajov pomocou 3D skenera je možnosť navrhnuť negatívny tvar plochy, napríklad sa môže jednať o tvar formy pre výrobu listu vrtule veternej elektrárne pri zvolenej technológii liatia pod tlakom, ktorá umožní výrobu v dostatočnej opakujúcej sa presnosti a množstve, čím sa zvýši produktivita a kvalita práce (pri nahradení ručnej práce strojom), skráti sa čas potrebný na výrobu formy a zároveň sa znížia náklady na výrobu samotnej veternej elektrárne a návratnosť investícií vzrastá. Príklad jednej z častí negatívnej plochy vhodnej na návrh formy pre liatie pod tlakom je na obr. 13.



Obr. 13 Jedna z častí negatívnej plochy listu vrtule pre vytvorenie formy

## ZÁVER

Automatizácia výroby je jednou z hlavných cieľov dnešnej doby, čo je dané rýchlym rozvojom informačných technológií a následnou aplikáciou počítačovej podpory vo všetkých oblastiach výroby.

Tvorba NC programov a celková výroba s využitím CNC strojov je dnes už nevyhnutnosťou každej firmy, ktorá chce so svojimi výrobkami uspieť na trhu a ďalej sa rozvíjať.

Výhody vytvoreného 3D modelu sú nesporné. Automatické generovanie CL dát umožňuje veľmi jednoducho pomocou postprocesora vytvoriť NC program vhodný pre konkrétny riadiaci systém zvoleného NC/CNC stroja.

Ručná výroba listov prototypov je namáhavá a zdĺhavá. Najviac, napríklad pri výrobe prototypu listu vrtule veternej elektrárne, tvrdnutie živice trvá dlhú dobu a pri samotnej výrobe pracovník vdychuje množstvo škodlivých prachových pár, ktoré unikajú do ovzdušia.

Navrhnutou technológiou a využitím počítačovej techniky sa dosiahne vyššia produktivita práce, zvýši sa presnosť výroby a tým aj kvalita výrobku, skráti sa priebežný čas, čím sa znížia celkové investičné náklady, čo je cieľom každého výrobcu.

Z uvedeného vyplýva, že vhodné použitie moderných metód, prostriedkov, či technológií a ich vzájomná kombinácia, umožní výrazne ušetriť čas dodania nevyhnutných dielov, znížiť množstvo investícií viazaných v zásobách a znížiť finančnú náročnosť na ich zaobstaranie.

## Literatúra

- [1] ČUBOŇOVÁ, N. – SALAJ, J. – URIČEK, J.: *Obrábanie v systéme Pro/Engineer*, Žilina, EDIS ŽU, 2000, ISBN 80-7100-620-3.
- [2] DÚBRAVČÍK, M.: *Prostriedky digitalizácie*, In: Transfer inovácií 8/2005, 2005, str. 52-54, ISBN 80-8073-461-5.
- [3] KRATOCHVÍL, Jiří: *Zvyšovanie jakosti soustružení s využitím CAD/CAM Esprit*. In: WORKSHOP Fakulty strojní 2005. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 2005, s. 60 + sborník na CD. ISBN 80-248-0750-5.
- [4] MEDVEČKÝ, Š. a kol.: *Konstruovanie so systémom Pro/ENGINEER*, Žilina, ES ŽU, 1997, ISBN 80-7100-450-2.
- [5] MONKA, P. Teoretické vzťahy najvyššej nerovnosti profilu. *Výrobné inžinierstvo*, 2-3 / 2003, II. ročník, pp. 20-21, ISSN 1335-7972-01.
- [6] MONKOVÁ, K.: *Modelujeme v ProENGINEERi – verzia ProE 2001*, Prešov, Pešron s.r.o., Prešov, 2007, ISBN 978-80-969763-0-0.
- [7] MONKOVÁ, K. - PAŠKO, J.: *Využitie CAD/CAM systému pri určovaní momentu zotrvačnosti tvarovo zložitých súčiastok*, In: Zborník konferencie INFOTECH 2007 – Moderní informační a komunikační technologie ve vzdělávání, Olomouc, Česká republika, 11. 9. 2007, VOTOBIA Olomouc, 2007, s. 758 - 761, ISBN 978-80-7220-301-7.
- [8] MURČINKOVÁ, Z.: *Flexibilné inžinierstvo s využitím CAD/CAM systémov*, In: Nové smery vo výrobnom inžinierstve 2002, 6. medzinárodná vedecká konferencia, Prešov, 13. - 14. 6. 2002, Prešov, TU-FVT, 2002. s. 343-346, ISBN 80-7099-828-8.
- [9] VALÍČEK, J. Analysis and Interpretation of Signals from Topography Surface Created by Abrasive Water Jet. In: *Transactions of the Universities of Košice*, 2006, No. 4, p. 11-14, ISSN 1335-2334.
- [10] SODOMKA, L., VALÍČEK, J., WYSLYCH, P., KUŠNEROVÁ, M.: *Základy fyziky pro aplikace*. 1. vyd. Adhesiv, Liberec, 2007, 315 s. ISBN 978-80-254-0153-8.
- [11] VALÍČEK, J., PÁLENÍKOVÁ, K., HLAVÁČEK, P., KUŠNEROVÁ, M., WYSLYCH, P.: Criterial proposal for evaluation of surface texture created by the abrasive waterjet. In 8th International Scientific Conference on Technology Systems Operation, Prešov, 21-23 November 2007. Edit. by S. Hloch. Prešov, Slovak Republic, 2007, p. 262-266. ISBN 978-80-8073-900-3.
- [12] MAXIM, V., MILLY, D.: MODELING A NONLINEAR SWITCHED RELUCTANCE MOTOR USING PSpice, International Conference on Electrical Drivers and Power Electronics, Proc. ED&EP, October 18-20, 1994, The High Tatras, Slovakia, Vol. 2, pp. 287 – 289.

Ing. Katarína Monková, PhD., Katedra navrhovania technologických zariadení, Fakulta výrobných technológií, TU v Košiciach so sídlom v Prešove, Štúrova 31, 080 01 Prešov, Slovenská republika, tel.: 051 7723796, fax: 051 77 33 453, e-mail: monkova.katarina@apeiron.eu  
 Ing. Sergej Hloch, PhD., Katedra prevádzky technologických systémov, Fakulta výrobných technológií, TU v Košiciach so sídlom v Prešove, Štúrova 31, 080 01 Prešov, Slovenská republika, tel.: 051/7723504, fax: 051/7733453, e-mail: hloch.sergej@fv.t.sk

## Kapacitní čidlo pro měření průchodnosti brambor

*Hlavní náplní této práce bylo zjistit vhodnost kapacitního čidla pro měření okamžité průchodnosti bramborových hlíz. Údaje o okamžité průchodnosti mohou sloužit k tvorbě výnosových map. Bylo navrženo laboratorní měřicí zařízení skládající se z pásového dopravníku a kapacitního čidla. Bylo zjištěno, že kapacitní čidlo, tak jak bylo použito při našich experimentech, je vhodné pro měření průchodnosti bramborových hlíz. Nejlepší koeficienty determinace závislosti údajů z čidla na průchodnosti byly vypočítány pro mocninnou funkci ( $R^2 = 0,99$ ). Na základě dosažených výsledků lze použité kapacitní čidlo doporučit k provozním měřením.*

**Klíčová slova:** sklízecí brambor, měření průchodnosti, mapování výnosů, kapacitní čidlo

### 1. ÚVOD

Cílem hospodaření na půdě, dnes běžně označovaným jako precizní zemědělství, je dosáhnout vyšší ziskovosti z pozemku jeho lepším obděláváním. Za tímto účelem je ale nutné shromažďovat velké množství dat. Indikátory prostorové a časové úrodnosti pole jsou výnosové mapy. Pro jejich získávání během sklizně jsou nezbytné výnosové monitory. Z tohoto důvodu byla v posledním desetiletí právě výnosovým monitorům věnována poměrně značná pozornost, která byla zaměřena především na měření výnosů zrnin. Ty jsou dnes už také poměrně hojně používány.

Zároveň byly samozřejmě vyvíjeny také výnosové monitory pro další plodiny, ty ale stále nejsou v praxi dostatečně rozšířeny. Výsledky pokusů s mnohými z nich, které slouží k mapování výnosů brambor, jsou popsány v odborné literatuře. DeHaan et al. [1] použili systém založený na vážení části dopravníku brambor ve sklízecí s obchodním názvem HarvestMaster. Vážicí kladky tohoto systému nahradily dvě kladky dopravníku brambor ve sklízecí Grimme 1700. Autoři uvádějí, že po kalibraci celý systém pracoval s chybou do 5%. Ehlerst and Algerbo [2] podali přehled různých možností měření okamžité průchodnosti brambor ve sklízecí. Podle autorů byla testována především čidla radiační, čidla vážicí dopravník ve sklízecí nebo jeho část, čidla optická a čidla nárazová.

Gonigeni et al. [5] vyvinuli optický systém pro zjišťování průchodnosti a zralosti topinambur. Při stacionárních laboratorních měřeních dosahoval tento systém při měření průchodnosti koeficientu determinace  $R^2 = 0,96$ . Ovšem jakmile se topinambury pohybovaly po dopravníku sklízecí, koeficient determinace významně klesl ( $R^2 = 0,91$ ). Hofstee a Molena [6] testovali systém měření okamžité průchodnosti brambor založený na principu strojového rozeznávání hlíz (machine vision). Ze závěrů jejich práce vyplynulo, že dvou-rozměrná informace (2D) o rozměrech bramborové hlízy má dobrou vypočítací schopnost a lze z ní určit s dobrou přesností hmotnost hlízy. Chyba jejich měření se pohybovala mezi 4 až 5%. Pro měření v laboratorních podmínkách byly použity brambory bez příměsí. Následně oba autoři [7] zkoušeli podobný systém pro určování hmotnosti bramborových hlíz v případě jejich částečného znečištění. V laboratorních podmínkách dosahovali přesnosti s chybou pod 1%, ovšem jen za předpokladu, že se podařilo dobře určit střed hlízy, čehož ovšem bohužel nebylo dosaženo u všech hlíz.

Persson et al. [12] testovali jiné optické čidlo pro určování výnosu bramborových hlíz. Čidlo se skládalo z řady svítivých (LED) diod, které v infračerveném spektru záření osvětlovaly naproti umístěnou kameru. Hlízy brambor padající z dopravníku přerušovaly toto záření a z údajů z kamery bylo možno určit jak jejich počet, tak objem. V polních podmínkách dosahoval tento systém koeficientu determinace  $R^2 = 0,95$ .

Byly ovšem vyvinuty i další systémy rovněž vhodné pro mapování výnosů brambor, založené např. na principu kumulativního vážení odvozního prostředku (Godwin a Wheeler [4], Saldana [13]). Ty se ovšem v praxi potýkají s nepřesnostmi způsobenými velkým rozsahem měření a vibracemi vznikajícími při jízdě. Rovněž organizace práce s podobnými systémy měření není optimální.

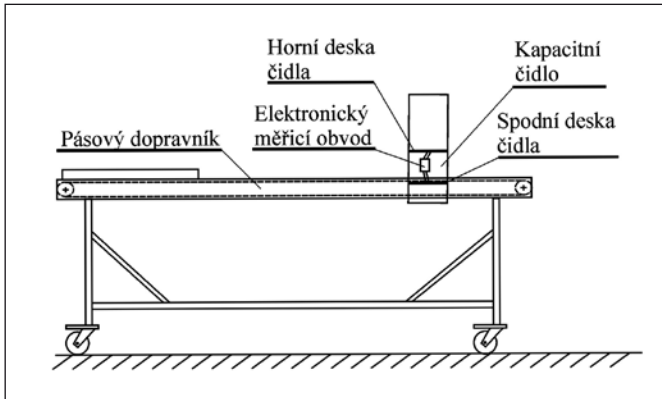
Poměrně levnou cestou k určování různých vlastností rostlinných materiálů přitom může být použití kapacitní metody měření. Funkce kapacitních čidel je založena na známém principu, že dielektrické vlastnosti kondenzátoru závisí na tom, jaký je poměr hustoty materiálu a vzduchu mezi jeho deskami. Kapacitní čidlo tak může být použito například k určování vlhkosti rostlinných materiálů (Lawrence et al. [9], Eubanks a Birrell [3], Osman et al. [11] etc.). Stafford et al. [14] použili kapacitní čidlo rovněž k měření okamžité průchodnosti zrna na sklízecí mlátičce. Martel a Savoie [10] použili kapacitního čidla k určování průchodnosti řezanky v odhazové koncovce sklízecí řezačky. Kumhála et al. [8] použili kapacitní čidlo pro určování průchodnosti pícnin. Čidlo pracovalo na frekvenci 27 MHz a výsledky měření ukázaly na relativně silnou závislost údajů z kapacitního čidla na průchodnosti pícnin. Dosažované koeficienty determinace se pohybovaly v okolí  $R^2 = 0,95$ .

Z uvedeného literárního přehledu vyplývá, že na jedné straně je sice známo poměrně dost systémů pro mapování výnosů brambor a že jsou stále průběžně zkoumány, ale na druhé straně jejich přesnost stále není dostačující a v praxi nejsou používány. Navíc některé systémy mohou narážet na legislativní omezení (radiometrický systém) a princip práce některých systémů je poměrně složitý (machine vision). Výhodou kapacitních čidel, která jsou rovněž používána pro určování některých vlastností rostlinných materiálů, je naopak jejich jednoduchost a poměrně nízká cena. Z uvedených důvodů bylo hlavní náplní této práce otestovat vhodnost kapacitního čidla pro měření průchodnosti brambor.

### 2. MATERIÁL A EXPERIMENTÁLNÍ METODA

Kapacitní čidlo původně vyvinuté za účelem měření okamžité průchodnosti pícnin (Kumhála et al., [8]) bylo upraveno pro měření průchodnosti bramborových hlíz. Čidlo se skládá ze dvou nerezových desek z 2 mm tlustého plechu o délce 830 mm a šířce 260 mm. Obě desky byly namontovány na rám z plexiskla ve vzdálenosti 180 mm od sebe. Právě vzdálenost desek byla základní odlišností konstrukce čidla pro brambory od konstrukce čidla pro pícniny, kde byla použita vzdálenost desek 300 mm. Vnitřní část desek byla odizolována nalepením plastových desek o tloušťce 1 mm. Plastové desky měly stejné rozměry jako desky nerezové.

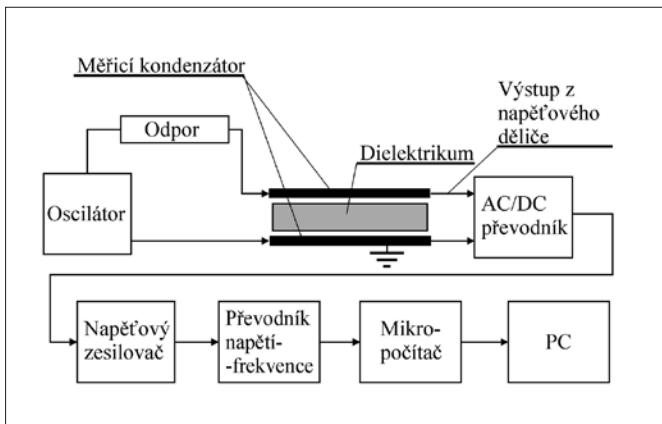
Pro účely měření bylo čidlo namontováno na pásový dopravník. Jednalo se o pásový dopravník s gumotextilním pásem typu ND2 133, jehož výrobcem byla STS Pacov. Celková délka dopravníku je 5,1 m a šířka dopravního pásu 490 mm. Čidlo bylo na dopravník umístěno tak, že jeho spodní nerezová deska byla zasunuta pod gumotextilní pás. Střed pásu byl uprostřed délky spodní nerezové desky. Kondenzátor byl umístěn ke konci dopravníku. Jeho vzdálenost od začátku dopravníku byla 4,05 m. Uspořádání měřicí aparatury je na obr. 1.



Obr. 1 Uspořádání měřicí aparatury pro měření okamžité průchodnosti bramborových hlíz kapacitním čidlem

Kondenzátor byl napájen střídavým proudem z oscilátoru přes odpor. Tento odpor tvořil společně s kondenzátorem díky jeho reaktanci napěťový dělič. Výstupní napětí napěťového děliče záviselo na kapacitě měřicího kondenzátoru a ta se měnila podle množství materiálu, který se nacházel mezi jeho deskami v důsledku měnící se permitivity. Permitivita prostředí mezi deskami měřicího kondenzátoru se měnila v závislosti na poměru vzduchu a měřeného materiálu. Výstupní střídavé napětí z napěťového děliče bylo poté převedeno na napětí stejnosměrné v AC/DC převodníku a následně zesíleno v zesilovači. Toto zesílené stejnosměrné napětí bylo v zářítí převedeno na frekvenci v elektronickém měřicím zařízení vyvinutém rovněž v naší laboratoři. Výstupní frekvence byla přímo úměrně závislá na naměřeném napětí. Frekvenční pulsy z převodníku byly načítány po dobu 0,5 s pomocí jednočipového mikropočítače a získané výsledky byly každou 0,5 s posílány přes port RS 232 do PC a tam ukládány do datového souboru pro následné zpracování. Kondenzátor a celý oscilační obvod pracoval na frekvenci 27 MHz. Schéma zapojení měřicího obvodu je na obr. 2.

Pro měření průchodnosti byly použity brambory získané sklížením při sklizni v roce 2007, které byly zbaveny cizích příměsí.



Obr. 2 Blokové schéma zapojení elektronické části měřicí aparatury pro měření okamžité průchodnosti bramborových hlíz kapacitním čidlem. Oscilátor pracoval na frekvenci 27 MHz

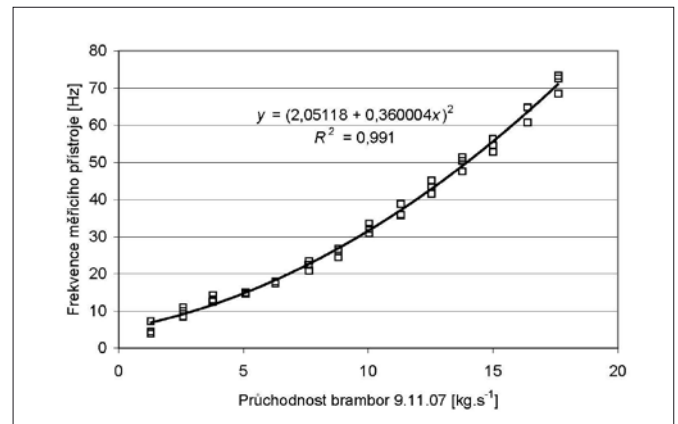
Jejich čistota byla ve srovnání s čerstvě sklizenými bramborami lepší, obsah hlíny byl maximálně do 2 %. Brambory nebyly nijak tříděny, byly proto zastoupeny všechny jejich velikostní frakce, tak jako při reálné sklizni. Vlhkost bramborových hlíz byla zjišťována standardní metodou a pohybovala se okolo 80 %.

Vlastní měření probíhalo tak, že předem odvážené množství brambor bylo co nejrovnoměrněji rozprostřeno na pásový dopravník před kapacitní čidlo. Poté byl spuštěn pásový dopravník. Bramborové hlízy narovnané na dopravníku prošly mezi deskami kondenzátoru a vypadly za dopravníkem do přepravky. Rychlost pohybu dopravníku nastavená z výroby byla 0,85 m.s<sup>-1</sup>. Na dopravník bylo rozprostřeno množství materiálu od 5 kg do 70 kg při prvním dnu měření a od 5 do 80 kg při druhém dnu měření. Množství materiálu bylo postupně zvyšováno po 5 kg. Protože doba průchodu na dopravníku narovnaného materiálu čidlem byla 4 s, odpovídalo měřené množství přibližně průchodností od 1,2 do 20 kg.s<sup>-1</sup>. Při každém měření bylo vzhledem k času odečtu 0,5 s získáno 8 údajů, které byly uloženy do datového souboru k dalším výpočtům. Měření pro každou nastavenou průchodnost materiálu bylo opakováno nejméně třikrát. Měření proběhla ve dvou dnech, 9. 11. 2007 a 12. 11. 2007. Všechny naměřené hodnoty byly posléze zpracovány tabulkovým procesorem Microsoft Excel. Tentýž program byl použit pro konstrukci grafů. Pro vyhodnocení statistických závislostí byl použit program Statgraphics.

### 3. VÝSLEDKY A DISKUSE

První série měření s kapacitním čidlem upraveným pro měření průchodnosti brambor se uskutečnila 9. 11. 2007. Vlhkost hlíz brambor při prvním měření byla 81,6 %. Hlavním cílem těchto měření bylo zjistit, zda námi navržená měřicí aparatura vyhovuje pro naše účely měření a jak se bude čidlo při měření s bramborovými hlízami chovat. Nejprve byla na dopravník narovnána hmotnost 30 kg bramborových hlíz. To představovalo přibližně rovnoměrné zaplnění dopravníku bramborami v jedné vrstvě. Čidlo reagovalo na toto množství brambor dobře. Posléze byla hmotnost procházejících hlíz zvyšována postupně po 5 kg až na 70 kg, což odpovídalo průchodnosti 17,6 kg.s<sup>-1</sup>. Protože celá měřicí aparatura pracovala dobře, bylo naopak množství materiálu snižováno od 30 kg až po 5 kg, což odpovídalo průchodnosti 1,27 kg.s<sup>-1</sup>. Při takto malé průchodnosti se jednalo o rozmístění bramborových hlíz na dopravníku s hustotou přibližně 1 hlíza na čtverec o hraně 150 mm. I při takto řídkém zaplnění dopravníku hlízami však čidlo hlízy bezpečně zaznamenalo a průchodnost určilo.

Všechny získané hodnoty údajů čidla v závislosti na průchodnosti brambor byly vyneseny do grafu v programu Microsoft Excel. Výsledný graf je na obr. 3. Proti všem očekáváním bylo z naměřených hodnot na první pohled patrné, že získaná závislost údajů z kapacitního čidla na průchodnosti materiálu není lineární. Program Microsoft Excel ve své obecné uživatelské verzi nenabídl vhodnou závislost popisující získaná data. Proto byl za účelem získání popisu



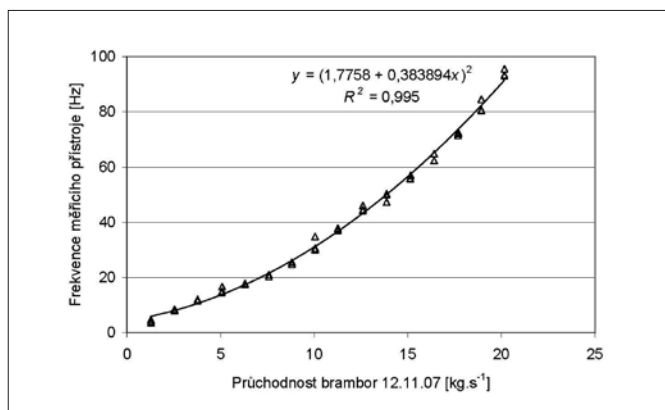
Obr. 3 Závislost výstupní frekvence zařízení měřicího kapacitního kondenzátoru prostřednictvím napěťového děliče na průchodnosti bramborových hlíz. Měření ze dne 9. 11. 2007



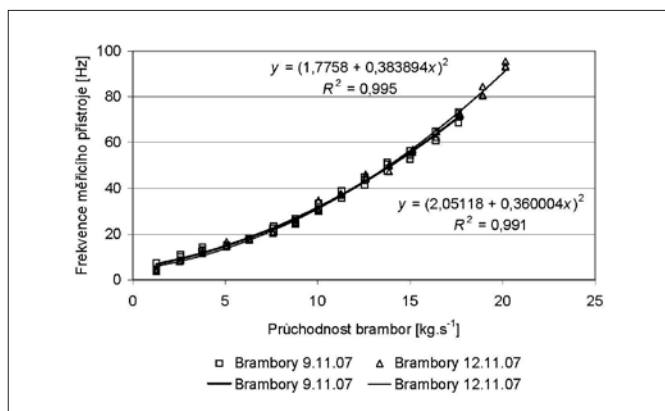
této závislosti použit statistický program Statgraphics. Ten jako nejhodnější popis získané závislosti nabídl rovnici  $y = (a + bx)^2$ . Výsledný koeficient determinace pro tuto závislost byl  $R^2 = 0,991$ .

Po předběžném vyhodnocení naměřených dat ze dne 9. 11. 2007 bylo rozhodnuto zopakovat měření se stejným materiálem ještě jednou. Bylo to především z toho důvodu, aby se potvrdila nebo vyvrátila námi získaná mocninná závislost a také proto, abychom zjistili, jaká je opakovatelnost popsaných měření. Druhé měření proběhlo na stejné měřicí aparatuře ve srovnatelných podmínkách se stejným materiálem dne 12. 11. 2007. Průchodnost materiálu byla nyní postupně zvyšována od 5 kg brambor rozprostřených po dopravníku ( $1,27 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ) po 5 kg až po 80 kg ( $20,16 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ ). To bylo o 10 kg více, než při prvním dnu měření a bylo to téměř maximální množství bramborových hlíz, které bylo ještě možno na dopravník narovnat. Výsledný graf je na obr. 4. Jak je z obrázku patrné, mocninná závislost údajů z kapacitního čidla na průchodnosti bramborových hlíz byla potvrzena a výsledný koeficient determinace dosahoval hodnoty  $R^2 = 0,995$ , což byl dokonce lepší výsledek ve srovnání s předchozím měřením.

Pro vizuální porovnání opakovatelnosti měření byla nakonec data z obou měřicích dnů vynesena do jednoho grafu, který je na obr. 5. Jak je z obrázku jasně patrné, obě získané křivky mají téměř identický průběh. Znamená to, že byla potvrzena mocninná závislost a že opakovatelnost měření byla velmi dobrá. Otázkou však stále zůstává, zda je získaná závislost skutečně mocninná, nebo



Obr. 4 Závislost výstupní frekvence zařízení měřicího kapacitu kondenzátoru prostřednictvím napětového děliče na průchodnosti bramborových hlíz. Měření ze dne 12. 11. 2007



Obr. 5 Porovnání měření průchodnosti bramborových hlíz kapacitní metodou ze dne 9. 11. 2007 a 12. 11. 2007

zda se v daném intervalu měření nejedná pouze o část jiné křivky. Na základě výsledků těchto měření je třeba patrně doporučit hlubší teoretický rozbor činnosti kapacitního čidla, zvláště při jeho různém zaplnění materiálem. Z praktického hlediska jsou ovšem získané koeficienty determinace natolik významné, že je možno doporučit testování kapacitního čidla při sklizni v polních podmínkách.

#### 4. ZÁVĚR

Na základě výsledků uskutečněných měření lze konstatovat, že kapacitní čidlo, tak jak bylo použito při popsaných měřeních, je vhodné pro určování okamžité průchodnosti bramborových hlíz. Závislost údajů z čidla na okamžité průchodnosti však není lineární. Chování kapacitního čidla proto zasluhuje hlubší teoretický rozbor. Dosahované koeficienty determinace pro mocninnou závislost  $y = (a + bx)^2$  byly však natolik vysoké, že lze doporučit otestování čidla v provozních podmínkách.

**Poděkování:** Příspěvek vznikl v rámci řešení a za podpory výzkumného záměru MŠMT pod označením MSM 6046070905.

#### Literatura

- [1] DeHaan, K. R., Vessey, G. T., Holmstrom, D. A., MacLeod, J. A., Sanderson, J. B., Carter, M. R.: Relating potato yield to the level of soil degradation using a bulk yield monitor and differential global positioning systems. *Computers and electronics in Agriculture* 23, 1999, s. 133-143.
- [2] Ehlert, D., Algerbo, P. - A.: Yielding mapping with potatoes. *Landtechnik*, Vol. 55, No. 6, 2000, pp. 436-437.
- [3] Eubanks J. C., Birrell S. J.: Determining moisture content of hay and forages using multiple frequency parallel plate capacitors. ASAE paper No. 01-1072, ASAE, 2001, St. Joseph, Michigan, USA, 14 p.
- [4] Godwin, R. J., Wheeler, P. N.: Yield mapping by mass accumulation rate. ASAE Paper No. 971061, ASAE, 1997, St. Joseph, Michigan, USA, 14 pp.
- [5] Gonigeni, S., Thomasson, J. A., Wooten, J. R., White, J., Thompson, P. G., Shankle, M.: Image-based sweetpotato yield and grade monitor. ASAE Paper No. 021169, ASAE, 2002, St. Joseph, Michigan, USA, 16 p.
- [6] Hofstee, J. W., Molena, G.J.: Machine vision based yield mapping of potatoes. ASAE Paper No. 021200, ASAE, 2002, St. Joseph, Michigan, USA, 10 p.
- [7] Hofstee, J.W., Molena, G.J.: Volume estimation of potatoes partly covered with dirt tare. ASAE Paper No. 031001, ASAE, 2003, St. Joseph, Michigan, USA, 12 p.
- [8] Kumhála, F., Kvíz, Z., Kmoch, J., Prošek, V.: Dynamic Laboratory Measurement with Dielectric Sensor for Forage Mass Flow Determination. *Res. Agr. Eng.* Vol. 53, No. 4, 2007, s. 149-154.
- [9] Lawrence K. C., Funk D. B., Windham W.R.: Dielectric moisture sensor for cereal grains and soybeans. *Transaction of ASAE* Vol. 44, No.6, 2001, s. 1691-1696.
- [10] Martel, H., Savoie, P.: Sensors to measure forage mass flow and moisture continuously. ASAE Paper No. 991050, ASAE, 1999, St. Joseph, Michigan, USA, 19 p.
- [11] Osman, A. M., Savoie, P., Grenier, D., Thériault, R.: Parallel-plate capacitance moisture sensor for hay and forage. ASAE Paper No. 021055, ASAE, 2002, St. Joseph, Michigan, USA, 10 p.
- [12] Persson, D. A., Eklundh, L., Algerbo P. - A.: Evaluation of an optical sensor for tuber yield monitoring. *Transaction of the ASAE*, Vol. 47, No. 5, 2004, s. 1851-1856.
- [13] Saldana, N., Cabrera, J.M., Serwatowski, R.J., Gracia, C.: Yield mapping system for vegetables picked up with a tractor-pulled platform. *Spanish Journal of Agricultural Research*, Vol. 4, No. 2, 2006, s. 130-139.
- [14] Stafford J.V., Ambler B., Lark R.M., Catt J.: Mapping and interpreting the yield variation in cereal crops. *Computers and Electronics in Agriculture* Vol. 14, No. 1, 1996, s. 101-119.

Doc. Dr. Ing. František Kumhála, Ing. Milan Kroulík, Ph.D., Ing. Jirí Mašek, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, katedra zemědělských strojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha-6 Suchdol, e-mail: kumhala@tf.czu.cz  
Václav Prošek, Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, katedra využití strojů, Kamýcká 129, 165 21 Praha-6 Suchdol

# Wide-band low noise preamplifier design for the purposes of testing of pyroelectric infrared sensors

Alexandr Knápek

Brno University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Communication,  
Department of Physics, Technická 8,  
616 00 Brno, Czech Republic  
mail: xknape03@stud.feec.vutbr.cz

Otakar Hutař, Petr Pfeifer

TYCO Fire & Integrated Solutions, s. r. o.  
Novohradská 994/163, 1421 Praha 4  
Branch: TYCO Safety Products, Evropska 873,  
664 42 Modřice, Czech Republic  
mail: ohutar@tycoint.com, ppfeifer@tycoint.com

*In this paper, a theoretical approach of a wideband preamplifier using a high-end operation amplifier OPA847 will be presented. This device is designed to be used for a low noise, wide band measuring. The level of optimization is based on a noise model for the electrical part of the receiver. During the process of amplifier designing, all the noise components have been investigated separately, using operational amplifiers models. Although this preamplifier was designed to serve for the purposes of flame sensors evaluate, it can be also used to other purposes requiring wide band amplifier with low noise, under only a minimal modification.*

**Keywords:** wideband, low noise, preamplifier, flame detectors

The infra-red radiation, that is necessary for our measurements purposes, is produced by the flaming fires involving carbonaceous materials. These sources are placed on various segments of IR spectrum. In Fig. 1 [4] the spectrum ranges of such typical radiation sources can be seen.

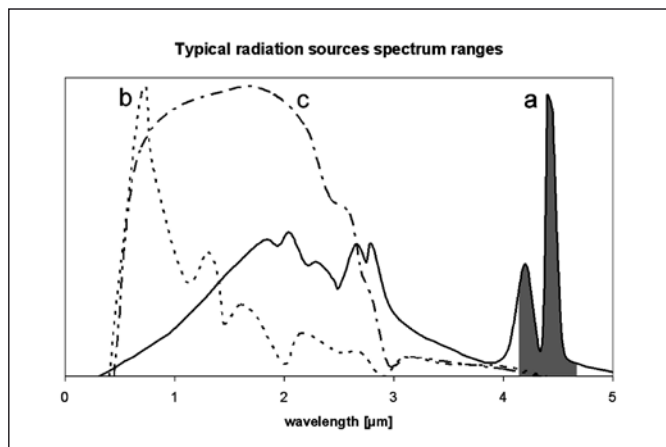


Fig. 1 (a) shows the spectrum of typical carbonaceous materials, (b) the spectrum of the radiation of the sun and (c) that of tungsten filament lamp

There is a large peak in the flame output that is located at wavelengths in the region of  $4.45 \mu\text{m}$ . This peak is an integral part of carbonaceous flames spectrum. It is originated from the formation of carbon dioxide in the flame. It should not be omitted, that the radiation from the sun and from the filament lamp is relatively low in this region. In order to guarantee accurate radiation classification, most of the detectors use optical filters that transmit infra-red between  $4.3 \mu\text{m}$  and  $4.6 \mu\text{m}$  (shown shaded in fig. 1 (a)).

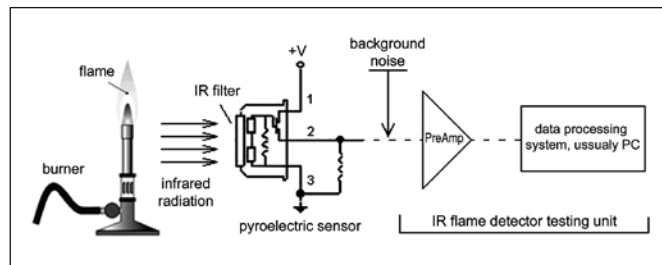


Fig. 2 Block schematic diagram of the sensor testing installation

The infra-red detector is excited by a radiation wave and transmits the electronic pulse into the preamplifier. It is observed, that the preamplifier is the most critical part. The preamplifier should amplify the input signal with a minimal noise in the entire required frequency band. Because of such low wavelength required, it is necessary to reach the ultrasonic band. In this paper we concentrate on the preamplifier in order to obtain the best signal to noise performance.

## 1. PREAMPLIFIER DESIGN APPROACH

A few possible solutions for performance optimization are available [1]:

- The best way to reach optimal parameters is to use the amplifier with lowest noise components specified by a manufacturer. If an operational amplifier is used, the corresponding datasheet will indicate the voltage and current noise spectral.
- Increasing amplifier input impedance maximizes the input signal, so the signal generated by the sensor is not dampened. Other approach is to apply matching circuits, so the signal cable or the sensor impedance is best matched for minimum reflections of band flatness. But this requirement usually calls for high input impedance, which generates more noise.

- Minimize the noise figure. The noise figure is expressing the signal-to-noise ratio degradation while signal is passing the amplifier electronics. Again, as can be seen from a further investigation, this method also has some shortcomings like signal source noise increase is reflected as the noise figure improvement.
- It is necessary to lower preamplifiers output noise, taking all possible noise into account sources influences. However, there is a need to separate the sources of noise which cannot be modified or which would degrade the signal performance.

## 2. THE NOISE MODEL

When developing the noise model, either in an analytical form or be modeled, it is useful to use some circuit oriented software like Microcap. Although that the Microcap modeling seems to offer the easiest and closer to reality approach, we decided to use the analytical model, since in such a case noise contributors can be analyzed separately, cutting out the sources level of which cannot be modified or controlled. For this purpose we have been used pre-developed analytical noise model [1], incorporating both sensor and electronics units.

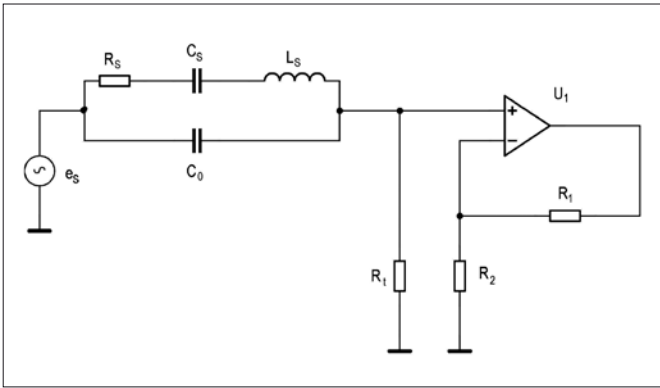


Fig. 3 Electrical equivalent of the circuit noise to be modeled [1]

The noise spectral density of the input resistance  $R_t$

$$e_T^2 = 4kTR_t \quad (6)$$

where  $k = 1.380658 \cdot 10^{-23}$  [J/C] - Boltzmann constant,  $T$  is the absolute ambient temperature.

The sensor noise spectral density is determined by the real part of the sensor impedance

$$e_s^2 = kT Z_s \quad (7)$$

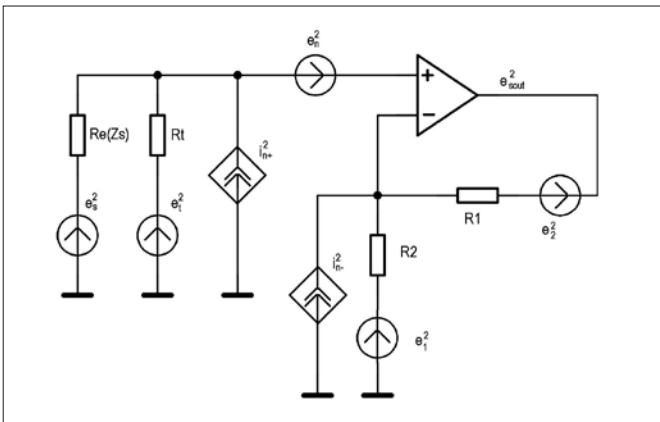


Fig. 4 Noise model circuit [1]

The feedback circuit resistors contribute to the noise densities

$$e_1^2 = 4kTR_1; \quad e_2^2 = 4kTR_2. \quad (8)$$

With the amplifier noise gain

$$G = R_1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (9)$$

we get the equation for the output noise density calculation:

$$e_{sout}^2 = G^2 \left| \frac{R_t}{R_t + Z_s} \right|^2 e_s^2 + G^2 \left| \frac{Z_s}{R_t + Z_s} \right|^2 e_T^2 + G^2 \left| \frac{R_t Z_s}{R_t + Z_s} \right|^2 i_n^2 + G^2 e_n^2 + (G-1)^2 e_1^2 + e_2^2 + R_2^2 i_{n-}^2. \quad (10)$$

## 3. THE NOISE ANALYSIS

The next step is to do the noise analysis - in order to evaluate the importance and influence of circuit parameters, where it is necessary to investigate equation of 6 components. Major interest is focused on the operational amplifier internal noise voltage source. The simplest approach would be to minimize this parameter, by choosing an appropriate amplifier. In addition to that, this member has the simplest expression. The operation amplifier OPA847 has been chosen for its lowest voltage noise, from the family of compatible similar low noise operation amplifiers. We start analysis using those parameters which do not interfere with other components of noise generation. Since the feedback circuit is not influencing the input components (the sensor and the input resistor) noise, we analyze these components first of all. In order to be able to neglect the  $R_1$  and  $R_2$  noise, their voltage spectral density has to be 1/3 (less than 5%) of that of contributed by  $e_n$ .

Let's solve the components for this requirement, from the equation (10) [1], the maximum  $R_1$  value for  $R_1$  thermal noise exclusion is calculates as

$$e_1^2 = \frac{G^2 e_n^2}{3^2} \Rightarrow R_{1max} = \frac{G^2 e_n^2}{3^2 4kT(G-1)^2}. \quad (11)$$

The maximum  $R_1$  value for  $R_2$  thermal noise exclusion is

$$e_2^2 = \frac{G^2 e_n^2}{3^2} \Rightarrow R_{1max} = \frac{G^2 e_n^2}{3^2 4kT(G-1)^2}. \quad (12)$$

The maximum  $R_1$  value for exclusion of the amplifier current noise in- generated voltage when loaded by  $R_1$  and  $R_2$  parallel connection is

$$R_2^2 i_{n-}^2 = \frac{G^2 e_n^2}{3^2} \Rightarrow R_{1max} = \frac{G e_n}{3 i_{n-} (G-1)}. \quad (13)$$

It can be proved that the reasonable gain value to use in calculations is about 100. The calculations results reflect all the assumptions and equations 11, 12 and 13, they are presented in Table 1. The last two columns summarize the values recommended for  $R_1$  and  $R_2$ , in subsequent calculations we will be using the lowest values:  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ .

The next object for analysis should be the component which cannot be modified, e.g. sensor. Only sensor noise spectral density component  $e_{sout}^2$  at the amplifier output with the gain 100. In order to reduce the complexity, the input resistance  $R_t$  is taken to be close to infinity.

The output noise can be calculated by integrating component  $e_{sout}^2$  over a frequency range. The value obtained represents the noise RMS (root mean square) value at the amplifier output [7]:

$$E_{esRMS} = \sqrt{\int_{f_1}^{f_2} e_{sout}^2 df}. \quad (13)$$



Tab. 1 – Calculation results for OPA847 op-amp,  $R_1$  and  $R_2$  are set for 20dB gain

Operation Amplifier	Input voltage noise [nV/√Hz]	Bandwidth [GHz]	Slew rate [V/μs]	$R_{1,max}$ [Ω]	$R_1$ [Ω]	$R_1$ [Ω]	$R_1$ [Ω]	$R_2$ [K Ω]
OPA847	0.85	3.9	950	10	610	140	10	1

In such a way we have the ability to analyze noise RMS at the amplifier output behavior versus the input resistance  $R_i$ . From the signal propagation analysis it can be computed that the input resistance  $R_i$  is desired to be over 10 times of the sensor  $R_s$ . Therefore  $R_i = 10R_s$  values for best signal performance. The noise from a resistor is proportional to its resistance and temperature. It is important not to operate resistors at elevated temperatures in high gain input stages. Lowering resistance values also reduces thermal noise.

This time we see that it makes sense to increase the  $R_i$  value further above  $10R_s$ , so the  $R_i$  thermal noise component can become negligibly low. This behavior could be explained by damping of the thermal noise source voltage by a lower impedance of the sensor circuit. Taking the same integral over the frequency range calculate the current noise source in the generated voltage contribution to the noise RMS.

#### 4. PREAMPLIFIER CIRCUIT DESIGN

The OPA847 combines very high gain bandwidth and large signal performance with an ultra-low input noise voltage ( $0.85\text{nV} \cdot \sqrt{\text{Hz}}$ ) while using only 18mA supply current.

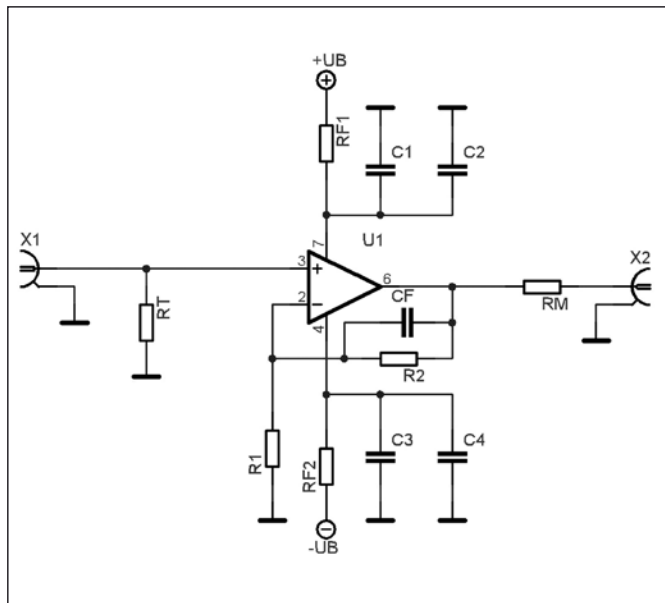


Fig. 5 illustrates the final main block amplifier design approach in the non-inverting configuration. Its bandwidth should be limited up to 1 MHz, because of the electron affinity in the  $\text{LiTaO}_3$  crystal. This could be done by adding parallel capacitor to the  $R_2$  resistor. For such wide band a gain of 20 dB would be ideal [1].

The combination of very low input voltage and current noise, along with a 3.9 GHz gain bandwidth product, make the OPA847 an ideal amplifier for wideband trans-impedance applications. In the next figure you can see preamplifier design approach. [13]

In the fig. 5 you can see final main block amplifier design approach in the non-inverting configuration. Its bandwidth should be limited up to 1 MHz, because of the electron affinity in the  $\text{LiTaO}_3$  crystal. This could be done adding parallel capacitor to the  $R_2$  resistor. For such wide band a gain of 20dB would be ideal [1].

Amplifier of this design should guarantee first-rate SNR (signal noise ratio) behavior in wide bandwidth that should be optimal for the detectors measuring exercises. This paper shows only the basic theoretical part that could be developed in to the more complicated blocks and devices.

#### CONCLUSION

The designed amplifier should guarantee first-rate SNR behavior in wide bandwidth which should be optimal for the detectors measuring exercises. This paper shows only the basic theoretical part which could be developed in to the more complicated blocks and devices. This device will be used further in pyroelectric sensors research.

#### ACKNOWLEDGMENTS

Author would like to thanks the TYCO Safety Products, who provided support and encouragement throughout the pursuit of this project. In particular: RNDr. Otakar Hutař, CSc. for general guidance and professional support and also to Ing. Petr Pfeiffer for his assistance in designing electronic parts of this work.

#### References

- [1] L. Svilainis, Design of a low noise preamplifier for ultrasonic transducer, Signal processing department, Kaunas University of technology, Studentu str. 50, LT-51368 Kaunas, Lithuania
- [2] R. Mancini, Op Amps For Everyone, Design Reference, Texas Instruments 2002, SLOD006B
- [3] Yanez Y., Garcia – Hernandez M. J., Salazar J., Turo A., Chavez J. A. Designing amplifiers with very low output noise for high impedance piezoelectric transducers. NDT&E International. 2005. Vol. 38. P. 491 - 496
- [4] 800 series documentations, Eltec publication 17A-02-F, Issue 3, 8/2004, Tyco Int.
- [5] OPA847 Datasheet, Texas Instruments Corporation, April 2006, SBOS251D

# Photonics21 - Evropská technologická platforma

Českou a slovenskou optickou komunitu (zejména výrobní) by mohla zajímat následující informace:

V posledních letech vznikly v Evropské unii Evropské technologické platformy (ETP), mezi něž se na jedno z předních míst řadí Photonics21, jejíž třetí valná hromada se konala ve dnech 5. - 6. prosince 2007 v Bruselu.

Co to jsou technologické platformy: jedná se o nové mechanismy navržené s cílem dosáhnout synergie průmyslu a vědy v rámci Evropské unie. Jsou zaměřeny na definování priorit, časových rámců a rozpočtu pro výzkum, technologie a rozvoj určitého počtu strategicky významných otázek s vysokým sociálním dopadem na Evropskou unii jako celek, i na její jednotlivé národní a regionální programy. Na počátku 2007 bylo těchto platforem celkem 34 a v současné době pokrývají všechny důležité oblasti technologií, které se jeví klíčovými pro evropský růst a konkurenceschopnost.

Přítom každá ETP sdružuje relevantní investory, hledá konsensus společného náhledu a vytváří Strategické výzkumné programy – Strategic Research Agenda (SRA).

Jejich prioritním cílem je klíčová role v lepším provázání výzkumných aktivit EU s potřebami průmyslu. Pokrývají celý ekonomický řetězec a zajišťují, aby znalosti generované výzkumem byly transformovány do nových technologií a procesů a finálně do tržních výrobků a služeb. Reálně tedy poskytují příležitosti kombinovat tvorbu trhu a technologický rozvoj.

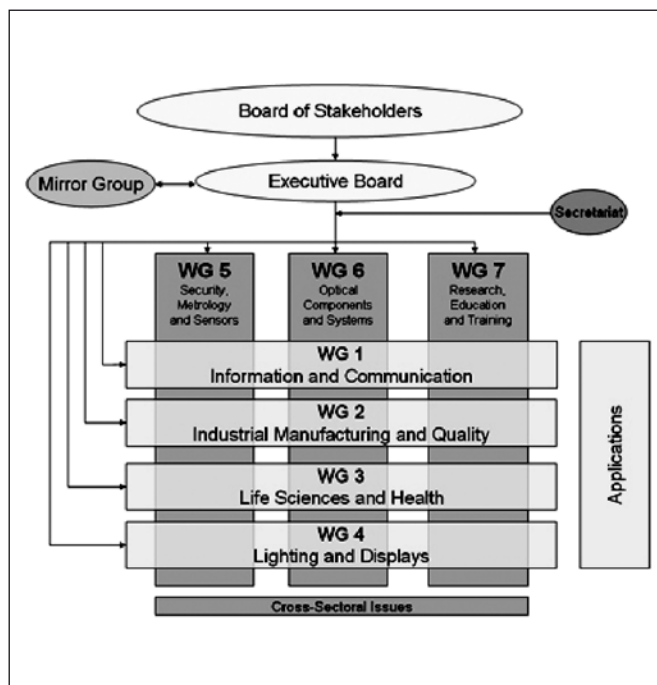
Navíc ETP hrají významnou úlohu ve vytváření specifických pracovních programů v rámci 7. RP Evropské unie.

## Co to je Photonics21

Photonics21 je dobrovolná nezisková asociace průmyslových podniků a investorů v oblasti fotoniky v Evropě. Sdružuje většinu hlavních evropských výrobců ve fotonice a relevantní investory vědecko-technického rozvoje v Evropě. Při příležitosti valné hromady v Bruselu bylo oznámeno, že jejich počet dosáhl 900 z 32 zemí. Česká republika je zde zastoupena jen nepatrně, ve výroční zprávě je vzpomínán jen OSRAM v oblasti osvětlování a v adresáři několik jedinců z Akademie věd a univerzit (zástupcem České republiky v Mirror group je Ing. Jiří Homola, CSc. z ÚFE AV Praha, spolupracovníkem v 5. pracovní skupině Bezpečnost, metrologie a senzory prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc. z FEKT VUT v Brně).

Cílem EPT Photonics21 je dosáhnout, aby se Evropa stala hlavním světovým hráčem ve fotonice v následujících oblastech:

1. Informace a komunikace
2. Průmyslová výroba a kvalita
3. Přírodní vědy a zdraví
4. Osvětlení a displeje
5. Bezpečnost, metrologie a senzory
6. Optické součástky a systémy
7. Výzkum, vzdělávání a školení.



Organizační struktura je tvořena čtyřmi horizontálními skupinami směřujícími k aplikacím a třemi vertikálními skupinami směřujícími k propojení výsledků (viz obrázek).

Na valné hromadě byl novým prezidentem platformy zvolen Martin Götzeler, generální ředitel společnosti OSRAM.

Jednou z prioritních aktivit plánovaných na rok 2008 je výraznější zapojení podniků a vědců zemí střední a východní Evropy do evropské fotoniky. Zde se naskýtá šance pro největšího českého výrobce v oboru – Meoptu Přerov.

Více informací o činnosti tohoto sdružení, včetně možnosti zapojení do činnosti platformy a přihlášky, naleznete na <http://www.photonics21.org>. Na této stránce je možné stáhnout zajímavé publikace „Photonics in Europe“ a „Photonics21 Strategic Research Agenda“.

*Pavel Tománek*

Kontakt: prof. RNDr. Pavel Tománek, CSc., Ústav fyziky FEK VUT v Brně, Technická 8, 616 00 Brno, e-mail: tomanek@feec.vutbr.cz

# Odešel prof. Ing. Josef Kamarád, DrSc.

Dne 19. ledna 2008 zemřel prof. Ing. Josef Kamarád, DrSc., jeden z řady děkanů naší fakulty a prorektorů ČVUT v Praze.

Narodil se 7. prosince 1922 v Modřanech a svoji strojařskou kariéru začal vyučením v oboru „nástrojař“ u firmy Bratři Vinopalové v Modřanech, kde se vyráběly již před druhou světovou válkou rentgeny, letecké přístroje založené na gyroskopech poháněných proudem vzduchu, zatáčkoměry, umělé horizonty, dále pak přístroje založené na principu aneroidových a tlakoměrných bubínků, rychloměry, výškoměry, variometry, atd. Po znárodnění v roce 1948 přešla firma do koncernu Mikrotechna. Ta vyslala Josefa Kamaráda na studium do kurzu pro přípravu pracujících na vysoké školy na Hrubé Skále u Turnova, kde složil maturitu jako absolvent dělnických kurzů (ADK) v roce 1949. V téže roce byl zapsán na fakultu strojního inženýrství, kterou dokončil v roce 1953 diplomovou prací pod vedením profesora Hajna ve specializaci Přesná mechanika, která byla nově založena. J. Kamarád byl téhož roku přijat spolu J. Podzimkem jako první z Hajnových interních vědeckých aspirantů.

Výuka přesné mechaniky a optiky potřebovala s ohledem na rozvoj optiky, kterou zavedl a přednášel optik RNDr. Alois Mazurek, specialistu pro obor optických materiálů, zejména skel. Tímto směrem byl tedy školen Josef Kamarád. Vědeckou aspiranturu dokončil v říjnu 1959 obhajobou disertační práce s tématem Broušení a leštění optických skel.

Jako odborný asistent prof. Hajna začal pracovat od roku 1956, přednášel a cvičil ve všech formách studia denního, večerního i dálkového.

Pro další výzkumnou a vědeckou práci získal spoluprací s Meoptou Přerov základní vybavení optické dílny a laboratoře, optický broušící a lešticí stroj, optická skla ze skláren v Kamenickém Šenově, goniometr pro měření vlastností optických skel (indexů lomu, dispersí), mikroskopy apod. Prováděl rozsáhlá granulometrická měření brusných a lešticích prostředků (oxidu hlinitého, karborunda, oxidu železitého a chromitého) ve spolupráci s podniky Karborundum Benátky a Optické sklárny Kamenický Šenov.

Dále pracoval na výzkumech opracování skel a dokončovacím opracování kovů, v té době se začaly již intenzivně rozvíjet tzv. diamantové technologie. Zpracoval výsledky do habilitační práce s názvem: Vliv technologických činitelů při lapování kovů. Tu obhájil v roce 1961 a byl jmenován a ustanoven docentem pro obor Technologie přesné mechaniky.

V roce 1963 pak byl ustanoven školitelem vědeckých aspirantů a od 1. února 1972 byl jmenován profesorem.

Roku 1981 obhájil doktorskou disertační práci s názvem: Kinetické poměry broušících a lešticích strojů. Dosáhl tím vědecké hodnosti DrSc.

Jako všichni Hajnovi spolupracovníci se J. Kamarád věnoval též konstrukci přístrojů. Přednášel, připravoval a vedl konstrukční cvičení, diplomové práce a později vyškolil řadu vědeckých aspirantů. Ale hlavním zaměřením jeho práce zůstává technologie optické výroby a materiály pro přesnou mechaniku a optiku.

Významná je literární a publikační činnost prof. Kamaráda, z níž vyjímáme:

## Skripta:

- Kamarád, Podzimek, Šulc: Vybrané stati z přesné mechaniky, ČVUT 1955.
- Mazurek, Šulc, Kamarád: Technologie přesné mechaniky a optiky III., ČVUT 1962.

- Kamarád, čtyři díly: Technologie přesné mechaniky, ČVUT 1962.
- Kamarád, Bumbálek: Laboratorní cvičení I. Pro studijní obor Přesná mechanika a optika, ČVUT, 1964.
- Kamarád: Laboratorní cvičení II., pro studijní obor Přesná mechanika a optika ČVUT 1966.
- Kamarád: Materiály pro přesnou mechaniku a optiku, ČVUT 1971.

## Kniha:

- Kamarád, Podzimek, Otáhal, Šulc: Základní kvalifikační učebnice Přesná mechanika a optika, Vydavatelství Práce 1974.

## Skripta:

- Kamarád: Technické tabulky pro výpočty a konstrukci přístrojů přesné mechaniky a optiky I. A II. Praha ČVUT 1976.

## Skripta spolu s VUT Brno:

- Kamarád, Sládek: Základy přesné mechaniky I. Praha, ČVUT 1984, 1987

## Skriptum:

- Kamarád: Základy přesné mechaniky II. ČVUT 1985, 1988

## Kniha:

- Glézl, Kamarád, Slimák: Přesná mechanika, Vydavatelství Alfa Bratislava 1992

J. Kamarádovi se podařilo využít praktických zkušeností z výroby strojů a přístrojů získaných ve válečných letech a transformovat je do podoby vhodné pro vysokoškolskou výuku.

V rámci akademické dráhy vykonával prof. Kamarád významné funkce na ČVUT, počínaje vedením katedry přesné mechaniky a optiky od roku 1966, dále byl roku 1966 až 1973 prorektorem ČVUT a od 1. 10. 1973 pod dobu pěti let děkanem Strojní fakulty ČVUT.

Byl také předsedou komise pro obhajobu kandidátských disertačních prací FSI. Na ministerstvu školství pracoval jako člen komise expertů CSR pro strojírenství.

Během výkonu uvedených funkcí spoluorganizoval projekt celoživotního atestačního vzdělávání inženýrů podle vzoru atestací lékařů. Dále se mu podařilo, aby katedra jazyků Strojní fakulty ČVUT (jako jediná z technických fakult) měla akreditaci pro výkon Státních zkoušek z angličtiny, ruštiny, němčiny a španělštiny. Zajímavé je také to, že i v 70. letech bylo jedním z jeho hlavních úkolů získávat dostatečný počet studentů pro studium strojního inženýrství.

Zasloužil se o vznik poradního orgánu děkanů strojních fakult, který připravoval koncepci výuky a studijní programy. Po dvě desetiletí byl členem Redakční rady časopisu Jemná mechanika a optika, členem vědeckých rad Fakulty strojní ČVUT, Vědecké rady ČVUT, Slovenské vysoké školy technické v Bratislavě a Metrologického ústavu Československé republiky.

V roce 1972 byl vyznamenán vědeckou radou ČVUT zlatou Felberovou medailí, potom v roce 1975 zlatou medailí za rozvoj ČVUT a v roce 1982 dostal Státní vyznamenání za zásluhy o výstavbu.

Prof. Kamarád se významným způsobem zasloužil o rozvoj oboru Přesné mechaniky a optiky, který v 70. a 80. letech procházel vrcholem své existence. Patřil ke skupině prvních asistentů prof. Hajna, zakladatele oboru na vysokých školách a vtiskl nesmazatelnou pečeť do charakteru výuky přesné mechaniky a optiky.

Čest jeho památce.

*doc. Ing. Vratislav Šulc, CSc., doc. Ing. Josef Zicha, CSc.*



**Poon T. C., Kim T.: Engineering Optics with MATLAB. World Scientific Publishing, Singapore 2006. 1. vydání, 249 stran, ISBN: 981-256-872-7, 34.00 USD**

Autoři této publikace se pokusili o vytvoření vysokoškolské učebnice pro studenty oboru optoelektroniky, která by pomocí předkládaných příkladů usnadňovala přechod mezi teorií a praktickou aplikací teoretických poznatků na řešených jednodušších inženýrských problémech. Tomu odpovídá i název této knihy.

Knihy je rozčleněna na deset kapitol a čtyři dodatky, které se zabývají základními partii aplikované optiky a moderními optickými měřicími metodami. Teoretický výklad a příklady jsou doplněny schematickými obrázky a přehledným věcným rejstříkem. Každá z kapitol knihy začíná stručným teoretickým úvodem do probírané problematiky, ve kterém jsou vysvětleny základní pojmy a uvedeny potřebné vzorce pro výpočet nejrůznějších fyzikálních a geometrických veličin. Dále pokračuje výklad vždy demonstrací použití uvedených teoretických vztahů na řadě řešených praktických i školských příkladů.

Úvodní kapitola se zabývá geometrickou optikou v paraxiálním prostoru, zejména základními zobrazovacími rovnicemi geometrické optiky a jejich použitím při výpočtech parametrů jednoduchých optických prvků a soustav. Ve druhé kapitole autor rozebírá problematiku optického zobrazení se zaměřením na primární aberace optických soustav a základy difrakční teorie zobrazení. Třetí a čtvrtá kapitola poté stručně popisuje vlastnosti zdrojů světla, osvětlovacích optických soustav a detektorů optického záření. Pátá kapitola se zabývá optickými systémy pro měření spektrálních vlastností materiálů. V šesté kapitole jsou uvedeny stručně základy radiometrie a bezkontaktních metod pro měření teploty. Sedmá kapitola se poté zaměřuje na problematiku optických a akustooptických skenerů. V osmé a deváté kapitole jsou probírány základy optických systémů pro bezkontaktní měření vzdáleností, geometrických rozměrů, tvaru povrchů a rychlosti proudění. Poslední, desátá kapitola je věnována vnímání a měření barev. Čtyři dodatky knihy obsahují tabulky vybraných fyzikálních konstant a materiálových parametrů, které jsou potřebné pro výpočet předložených příkladů.

Publikace jako celek se snaží především spojit teorii s praktickou aplikací na příkladech, kterých je v knize velký počet, a jednoduchým způsobem ukázat možné použití teoretických vztahů. Jsou zde kombinovány jak některé klasické partie aplikované optiky, tak problematika moderních optických metod pro měření a analýzu nejrůznějších fyzikálních veličin v praxi. Nicméně kniha vzhledem k tomu, že předkládaná problematika je vysvětlena pouze velmi stručně a výsledné vztahy jsou uvedeny naprosto bez odvození a bez potřebného kontextu, bude asi těžko sloužit jako dobrá učebnice aplikované optiky. Je jí možno využít studenty optiky a souvisejících oborů pouze jako podpůrnou studijní literaturu, kde lze nalézt množství jednodušších příkladů, často vázaných na praktické použití optiky a optických jevů v nejrůznějších oblastech vědy a techniky.

*J. Novák*

**Porter J., Queener H., Lin J., Thorn K., Awwal A.A.S.: Adaptive Optics for Vision Science: Principles, Practices, Design and Applications. Wiley-Interscience, New York 2006. 1. vydání, 624 stran, ISBN: 978-0471679417, 124.00 USD**

Oblast tzv. adaptivní optiky je velmi perspektivní částí optiky, která zejména v posledních dvou desetiletích prodělává obrovský rozvoj, jenž je značnou měrou způsoben rychlým vývojem moderních optických a optoelektronických prvků, detektorů a počítačové techniky. Adaptivní optika jako vědní obor se především zabývá takovými optickými prvky a systémy, jejichž parametry můžeme měnit a jejich změnou tak aktivně ovlivňovat tvar vlnoplochy, jež je těmito systémy transformována. První systémy adaptivní optiky byly konstruovány v sedmdesátých letech 20. století, což bylo stimu-

lováno řešením problémů adaptivního odstranění poruch dopadající vlnoplochy v důsledku náhodného působení nehomogenity zemské atmosféry při pozorování pozemními astronomickými dalekohledy, jejichž rozlišovací schopnost je těmito poruchami limitována. Nicméně v následujících letech se postupně začalo využívat fungujících principů, prvků a systémů adaptivní optiky i v jiných oborech, jako např. u laserových měřicích systémů pracujících v zemské atmosféře, soustav výkonných laserů a systémů pro fokusaci laserového záření. V neposlední řadě dochází zejména od devadesátých let dvacátého století k výraznému rozvoji systémů adaptivní optiky v oblasti aktivní korekce zobrazovacích vad lidského oka a jiných zobrazovacích optických soustav, k čemuž přispívá zejména rapidní rozvoj moderních senzorů tvaru vlnoplochy. Tyto senzory umožňují dynamicky určovat aberace lidského oka s vysokou přesností a následně provádět korekci zraku. S pomocí adaptivní optiky je poté možno získávat při vyšetření obraz sítnice oka s nebývalým rozlišením.

Tato publikace se snaží co nejkompaktněji postihnout vývoj problematiky adaptivní optiky v oblasti oftalmologie a optometrie. Autoři knihy se tak pokusili shrnout jak teoretické, tak praktické poznatky této vědecké oblasti a vytvořit tak jednu z prvních souhrnných prací na toto téma. Publikace je rozdělena na osmnáct kapitol a jeden dodatek. Jednotlivé kapitoly, jež jsou psány předními světovými odborníky v daném oboru, jsou poté rozčleněny tématicky do pěti hlavních částí. Kniha je vhodně doplněna obrázky schematického i aplikačního charakteru, velmi podrobným věcným rejstříkem, rozsáhlým seznamem odborné literatury, slovníkem odborných výrazů a tabulkou používaných symbolů.

V úvodní kapitole je podrobně popisován vývoj problematiky adaptivních optických systémů se zaměřením na oblast vizuálního pozorování lidským okem a oftalmologie. Druhá část knihy, jež zahrnuje celkem sedm kapitol, se velmi podrobně zabývá především teoretickými aspekty měření tvaru vlnoplochy a její adaptivní korekce. Jsou zde podrobně probírány aberace lidského oka jako zobrazovacího systému a možnosti jejich diagnostiky. Dále pak jsou popisovány z hlediska teoretického i aplikačního jednotlivé prvky adaptivních optických systémů, vyhodnocovací algoritmy pro korekci vlnoplochy a jsou uvedeny konkrétní aplikace adaptivní optiky v této oblasti. Třetí část publikace je zaměřena na problematiku lidského oka. Jsou zde podrobně popsány vlastnosti sítnice lidského oka a strategie pro dosažení zobrazení sítnice s vysokým rozlišením použitím oftalmoskopů s adaptivním optickým systémem. Ve čtvrté části knihy jsou diskutovány metody, přístroje a postupy pro korekci vad lidského oka. Jsou zde též uvedeny základy metod oční chirurgie a metody kvantitativního hodnocení kvality zobrazení. V poslední části publikace se poté autoři věnují aplikacím konkrétních adaptivních optických systémů v oblasti oční optiky. Jedná se zejména o nejrůznější adaptivní oftalmologické přístroje. Součástí knihy je též dodatek obsahující standardy Americké optické společnosti (Optical Society of America) pro klasifikaci aberací.

Recenzovaná kniha je jednou z prvních souhrnných odborných publikací, které na toto téma byly vydány. Jsou zde popsány jak teoretické základy adaptivních optických systémů a metod, tak aplikace těchto postupů do oční optiky. Grafické zpracování publikace je na velmi dobré úrovni, vykládaná problematika je vhodně doplněna schémata a fotografiemi. Na konci každé kapitoly je vždy uveden rozsáhlý seznam doporučené odborné literatury, jež podrobně popisuje danou problematiku a kde lze nalézt podrobnější informace. Přehledný věcný rejstřík umožňuje snadné vyhledávání požadovaných hesel. Ačkoliv je publikace primárně věnována odborníkům v dané oblasti vědy, může sloužit velmi dobře i ostatním zájemcům z řad odborníků i studentů optiky a optometrie, kteří se chtějí dozvědět více o aplikacích adaptivní optiky.

*J. Novák*

# CONTENTS

History of MEOPTA ..... 67

Paul Rausnitz – external member of FMO advisory board – eighty years old ..... 69

55 years of research tradition in Meopta (J. Indruch) ..... 69  
This article deals with a brief historical reveal of the research and development base in Meopta-optika, s.r.o., celebrating this year a 75<sup>th</sup> anniversary of its foundation, allows to look in detail into its present professional concentration and refers also about its future intentions.

Principles of some nanophotonic devices with metallic crystals (J. Pospíšil, J. Hrdý, J. Hrdý, jr.) ..... 73

The present article contains a survey-description of principles of possible realizations of waveguiding propagation, Bragg's reflection and two-beam interferometry of plasmonic optical radiations in systems containing photonic bandgap metallic nanocrystals. Such a description is extended by principles of detection of optical diffraction patterns under exploitation of the very near-field scanning optical microscopy that enables their super-resolution.

Measurement design of bearing technical condition and its implementation using vibro-diagnostic system

(R. Krehel, J. Dobránský) ..... 80

The utilization of 3D scanner at the investigation of parts topography with the difficult shapes (K. Monková, S. Hloch) ..... 82

When the product originates, the idea transforms to the reality as a prototype, which is used for the testing and simulation of product behaviour in real manufacturing conditions at the influence both constant and stochastic events. If this prototype is produced without of computer and digital devices, extra if the part is difficult in shape, then the effectivity and quality of batch production becomes the substantial problem. The utilization of 3D scanner at the investigation of parts topography with the difficult shapes is the one of the possibilities of this problem solution.

Capacitance sensor for potato throughput measurement (F. Kumhála, M. Kroulík, J. Mašek, V. Prošek) ..... 87

The main aim of this work was to evaluate the possibility of the use of a capacitance sensor for potato tuber throughput measurement. This can be useful for yield maps creation. The laboratory equipment consisted from conveyor belt and parallel plate capacitance sensor was designed and constructed for that purpose. It was found out during our experiments that capacitance sensor used by us was suitable for the purpose of potato throughput measurement. The best coefficients of determination were calculated for power function ( $R^2 = 0,99$ ). On the base of results achieved it is possible to recommend the test of mentioned capacitance sensor under real field conditions.

**Keywords:** potato harvesters, throughput measurement, yield mapping, capacitance sensor

Photonics21 – European technology platform (P. Tománek) ..... 93

Prof. Ing. Josef Kamarád, DrSc. passed away (V. Šulc, J. Zicha) ..... 94

From technical library (J. Novák) ..... 95

## ANOTACE

Širokopásmový nízkošumový předzesilovač pro zkoušení pyroelektrických infračervených senzorů

(A. Knápek, O. Hutař, P. Pfeifer) ..... 90

V tomto příspěvku bych rád přiblížil teoretický postup návrhu širokopásmového předzesilovače, využívajícího moderní integrovaný předzesilovač OPA847, který je určen pro nízkošumová měření. Stupeň optimalizace je založen na šumovém modelu pro elektrickou část přijímače. Během návrhu zesilovače byla každá šumová složka zkoumána zvlášť s využitím modelu operačního zesilovače. Přestože byl tento předzesilovač navržen pro účely měření detektorů plamene. Může být s výhodou využit všude jinde, kde je vyžadován širokopásmový, nízkošumový předzesilovač a to jen s minimálními úpravami.

**Klíčová slova:** širokopásmový, nízkošumový, předzesilovač, detektor plamene.

Meopta - optika, s. r. o. si dovoluje informovat odbornou veřejnost, že při příležitosti 75. výročí zahájení průmyslové optické výroby v Přerově bude pořádána dvoudenní celostátní odborná konference, zaměřená na moderní směry optiky,

## Optika a jemná mechanika 2008,

která se bude konat 24. a 25. září 2008  
v Kongresovém sále hotelu Jana v Přerově.

### Organizační garant:

Mgr. Michaela Dlouhá  
Michaela.Dlouha@meopta.com  
Tel.: 585 243 245  
Mob.: 739 244 540

### Odborný garant:

RNDr. Zdeněk Lošťák  
Zdenek.Lostak@meopta.com  
Tel.: 585 243 333  
Mob.: 731 439 361





**ZVEME VÁS  
K AKTIVNÍ ÚČASTI**

# FOR INDUSTRY

**7. MEZINÁRODNÍ VELETRH STROJÍRENSKÝCH TECHNOLOGIÍ**

**SOUBĚŽNĚ SPECIALIZOVANÉ VELETRHY:**

## FOR LOGISTIC

**1. MEZINÁRODNÍ VELETRH DOPRAVY, LOGISTIKY, SKLADOVÁNÍ A MANIPULACE**

## FOR WASTE

**3. MEZINÁRODNÍ VELETRH NAKLÁDÁNÍ S ODPADY, RECYKLACE,  
PRŮMYSLOVÉ A KOMUNÁLNÍ EKOLOGIE**

**15. – 17. 4. 2008**

**PRAŽSKÝ VELETRŽNÍ AREÁL LETŇANY**

ABF, a.s., Václavské nám. 29, 111 21 Praha 1,  
tel.: 222 891 264-6, fax: 225 291 199, e-mail: forindustry@abf.cz, www.abf.cz





**AMPER - jednotka Vašeho úspěchu**

# AMPER 2008

16. mezinárodní veletrh elektrotechniky a elektroniky

**1. - 4. 4. 2008**

Pražský veletržní areál Letňany

**WWW.AMPER.CZ**

Elektronické prvky a moduly  
Zařízení pro výrobu a rozvod elektrické energie  
Elektroinstalační technika  
Vodiče a kabely  
Pohony a výkonová elektronika  
Měřicí a zkušební technika  
Automatizační, řídicí a regulační technika  
Osvětlovací technika  
Elektrotepelná technika  
Systémová technika budov  
Informační systémy  
Stroje, zařízení, nářadí a pomůcky pro elektroniku a elektrotechniku

- Mezinárodně uznávaný veletrh elektrotechniky a elektroniky s tradicí největší události roku ve střední a východní Evropě
- Odborníci a obchodníci z 23 evropských i zámořských zemí
- Nejnovější výroby a technologie, které představí 700 firem
- Konference a prezentace o aktuálních tématech
- Soutěž o nejpřínosnější exponát veletrhu „Zlatý Amper 2008“
- Prostor pro úspěšná jednání a navazování nových obchodních vztahů

**Nová zasilací adresa:** TERINVEST, spol. s r.o., Americká 27, 120 00 Praha 2, tel.: +420 221 992 100,  
fax: +420 221 992 139, e-mail: [amper@terinvest.com](mailto:amper@terinvest.com), [www.terinvest.com](http://www.terinvest.com)

