

- [9] J. L. Rayces and X. Cheng, "Numerical Integration of the Profile of Aspheric Surfaces," in *International Optical Design*, Technical Digest (CD) (Optical Society of America, 2006), paper ThB3.
- [10] W. Smith, *Modern optical engineering*, 4th Ed., McGraw-Hill, 2007.
- [11] W. T. Welford, *Aberrations of the Symmetrical Optical Systems*, Academic Press 1974.
- [12] A. Mikš, "Příspěvek k výpočtu optické soustavy s asférickými plochami I", *Jemná mechanika a optika* **11**, č. 1, str. 8. (1966).
- [13] A. Mikš, "Příspěvek k výpočtu optické soustavy s asférickými plochami II", *Jemná mechanika a optika* **11**, č. 2, str. 42 (1966).
- [14] D. P. Feder, "Differentiation of Ray-Tracing Equations with Respect to Construction Parameters of Rotationally Symmetric Optics," *J. Opt. Soc. Am.* **58**, 1494–1505 (1968).
- [15] <https://www.zemax.com/products/opticstudio>
- [16] <http://www.lambdare.com>
- [17] K. Rektorys, *Přehled užité matematiky*, SNTL, 1968.

prof. RNDr. Antonín Mikš, CSc., České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra fyziky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, e-mail: miks@fsv.cvut.cz

Jedná se o vědecký článek

40 let výzkumu optických vláken v Česku zaznělo i na sympoziu SPIE Optics+Optoelectronics

Ústav fotoniky a elektroniky Akademie věd ČR si v roce 2019 připomíná 40 let od zahájení výzkumu technologie optických vláken v Česku. K tématu optiky a optoelektroniky pořádá mezinárodní společnost pro optiku a fotoniku SPIE každý druhý rok sympozium Optics + Optoelectronics. Konalo se v pražském Congress Hotel Clarion ve Vysocanech ve dnech 1. – 4. dubna 2019 a zúčastnilo se ho přes 900 účastníků. Svým rozsahem patří mezi největší a nejvýznamnější pravidelné evropské konference v oblasti optiky a fotoniky. Pracovníci ÚFE letos připravili novinku, specializovaný workshop a následnou exkurzi do laboratoří technologie optických vláken na pražském Suchdole. Významným hostem programu byl Erich Spitz, francouzský fyzik českého původu a čestný předseda sympozia, který připomenul vytažení prvního jednomódového optického vlákna na světě.

Jedním z významných témat sympozia SPIE Optics + Optoelectronics byly vláknové lasery a optická vlákna. Výzkumní pracovníci Ústavu fotoniky a elektroniky Akademie věd ČR (ÚFE) proto uspořádali v rámci sympozia SPIE seminář-workshop na téma technologie optických vláken právě s důrazem na vlákna pro

lasery. Tento seminář byl tematicky navázán na konferenci Micro-structured and Specialty Optical Fibres, které spolupředsedali Kyriacos Kalli, Alexis Mendez a Pavel Peterka. Jak zvýšit účinnost vláknových laserů? Jak generovat nové vlnové délky? Dočkáme se znovuzrození plynových laserů díky laserům s dutými vlákny? Na tyto a další otázky se pokusil odpovědět ve své přednášce *Budoucí trendy optických vláken* Pavel Honzátko, vedoucí týmu Vláknových laserů a nelineární optiky ÚFE. „Vláknové lasery vynikají vysokou elektro-optickou účinností – dokonce až kolem 50 %, vysokým výkonem a kvalitním svazkem, který lze zaostřit na velkou vzdálenost. Proto nacházejí v průmyslu stále širší uplatnění a zkoumá se i jejich využití v oblasti bezpečnosti, např. pro obranu před drony nebo improvizovanými výbušninami. Díky celovláknovému uspořádání, kdy jsou vlákna k sobě spojena sváry, jsou vláknové lasery velmi odolné a takřka bezúdržbové,“ vyzdvihl jejich unikátní vlastnosti Pavel Honzátko.

Účastníci akce Optical Fiber Technology Workshop a případně další účastníci sympozia SPIE měli možnost nahlédnout do laboratoře technologie optických vláken ÚFE. Exkurze ukázala nejmodernější směry výzkumu speciálních optických vláken a také připomněla čtyřicetiletou historii od zahájení výzkumu technologie



Obr. 1a, b, c Momentky z akce Optical Fiber Technology Workshop (SPIE Optics + Optoelectronics 2019), na třetím obrázku je Ivan Kašík z ÚFE, který workshopu předsedal

optických vláken v Československu v roce 1979. První nízkoztrátové vlákno se tehdy podařilo vyrobit již během dvou let od zahájení výzkumu na zařízení, které bylo sestrojeno převážně z domácích součástek. Svou roli v tom jistě sehrála technická vyspělost a zkušenost českých sklářů, vždyť sklářství je u nás tradičním oborem. V současnosti je tato laboratoř v České republice unikátní a patří mezi pouhých několik desítek pracovišť, kde umí připravit speciální optická vlákna pro vláknové lasery. Vyvíjená speciální optická vlákna a vláknová zařízení z ÚFE se využívají v řadě dalších výzkumných pracovišť u nás i ve světě, a také v průmyslu.

Dnes už si skoro ani nepřipouštíme, že optická vlákna byla zpočátku opomíjený vynález, který však později dokázal změnit svět, zejména v oblasti telekomunikací, zvláště po zavedení internetu. Vytažení úplně prvního jednomódového vlákna na světě



Obr. 2 Exkurze v laboratoři technologie optických vláken ÚFE na pražském Suchbale



Obr. 3 Erich Spitz, čestný předseda sympozia SPIE Optics+Optoelectronics a spoluautor prvního jednomódového optického vlákna pro přenos informací spolu (vlevo) s Ivanem Kašíkem z ÚFE, předsedou semináře Optical Fibre Technology Workshop během exkurze v laboratoři technologie optických vláken



Obr. 4 Na sympoziu SPIE Optics+Optoelectronics 2019 před zásadní přednáškou prof. Philipa Russella, vynálezce fotonických krystalových vláken. Zleva: Pavel Peterka, Philip Russell, Kyriacos Kalli, Erich Spitz

připomněl Erich Spitz, čestný předseda sympozia a dlouholetý ředitel výzkumu ve francouzské firmě Thales. Počátky optických vláken tak nesou československou stopu, protože Erich Spitz pochází z Československa, odkud v padesátých letech emigroval. Vedl jednu ze dvou laboratoří na světě, ve které se výzkumu optických vláken pro telekomunikace začátkem šedesátých let 20. století její vědci věnovali. Z aktuálního výzkumu firmy Thales pak zmínil koherentní kombinaci vláknových laserů pro aplikace v energetice a medicíně, na které firma Thales spolupracuje s týmem Gérarda Mourou, nositele Nobelovy ceny za fyziku v roce 2018 za svůj přínos k vynálezu metody generování velmi intenzivních ultrakrátkých optických pulzů (metoda CPA, Chirped Pulse Amplification). Čerstvý nobelista Gérard Mourou přijal pozvání na sympozium SPIE ve Vysočanech, ve své plenární přednášce vyzdvihl význam vláknových laserů a jejich koherentní kombinace právě pro použití jím rozvíjené metody zesilování intenzivních ultrakrátkých optických pulzů. Erich Spitz v šedesátých letech provedl první úspěšný pokus s přenosem obrazu jediným mnohamódovým optickým vláknem. Takový systém pro přenos obrazu by přinesl revoluci v endoskopech pro medicínu a nyní patří k velmi aktuálním tématům výzkumu. Mezi vůdčí světové odborníky v tomto oboru patří také Tomáš Čížmár se svým týmem z Ústavu přístrojové techniky Akademie věd ČR v Brně. Rovněž jeho přednáška na sympoziu zazněla. Další přednášky workshopu byly tutoriální zaměřené na technologii výroby optických vláken (Prof. Laetitia Petit z University of Tampere ve Finsku) a vláknových součástek (Prof. Kyriacos Kalli z Kyperské univerzity).

Obsáhlejší článek s ohlédnutím za minulostí výzkumu technologie optických vláken a zejména s představením současného výzkumu vláknových laserů a technologie optických vláken v ÚFE připravujeme pro jedno z podzimních čísel časopisu JMO. Pořádání semináře Optical Fiber Technology Workshop bylo podpořeno z programu Světlo ve službách společnosti Strategie AV21.