

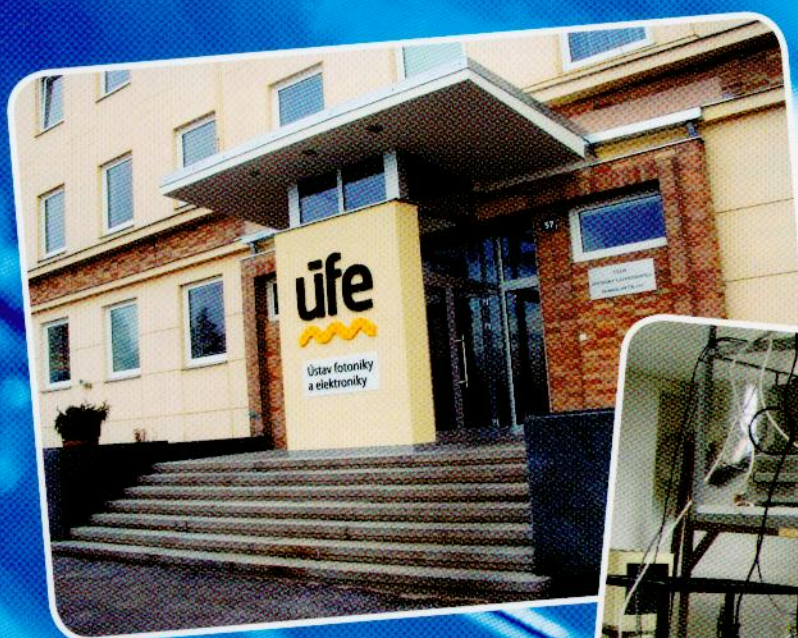
4

2010

JMO

JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA FINE MECHANICS AND OPTICS

**ÚSTAV FOTONIKY A ELEKTRONIKY AKADEMIE VĚD ČR, v.v.i.
INSTITUTE OF PHOTONICS AND ELECTRONICS AS CR, v.v.i.**



www.uře.cz

CHABERSKÁ 57, 182 51 PRAHA 8 - KOBYLISY

Nové trendy v přípravě preforem metodou MCVD

Článek se zabývá pokroky v oblasti přípravy preforem pro tažení optických vláken metodou MCVD. Vychází z historických poznatků při přípravě telekomunikačních vláken, které přispěly k významnému pokroku v oboru, za jehož rozvoj získal K. C. Kao v roce 2009 Nobelovu cenu. Pozornost je soustředěna zejména na nové materiály a vláknové struktury a postupy jejich přípravy z oblasti speciálních vláken pro vláknové zesilovače, lasery a sensory.

Klíčová slova: optické vlákno, preforma, metoda MCVD

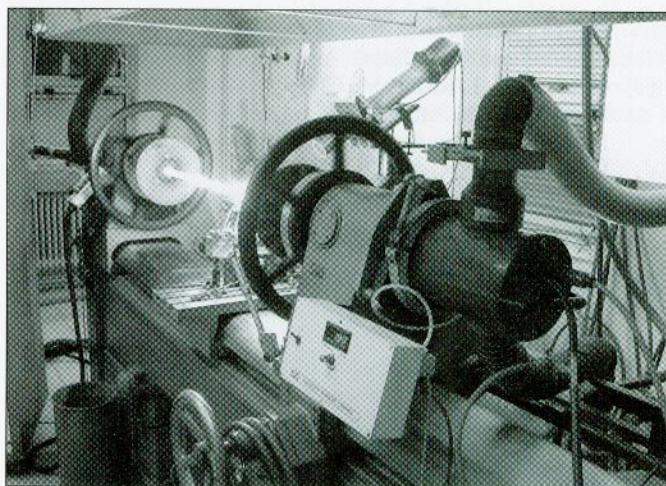
1. ÚVOD

V prosinci roku 2009 získal Nobelovu cenu za fyziku, resp. její polovinu, Charles Kuen Kao za průlomové myšlenky týkající se přenosu světla ve vláknech pro optickou komunikaci. V článku, který vytvořil základ pro Nobelovu cenu [1], K. C. Kao a G. A. Hockham navrhli vlákno z dielektrických materiálů o indexu lomu vyšším než je obklopující okolí jako vhodné přenosové prostředí pro vlny optických kmitočtů. Popsali fyzikální přenosové charakteristiky takového vlákna. K. C. Kao v článku vyjádřil stimulující myšlenku, že je možné připravit vlákno ze skelných materiálů, jehož optické ztráty budou na úrovni 20 dB/km. Jako perspektivní materiál uvedl skelný křemen. Praktické implementaci této myšlenky se věnovalo několik skupin. Skupina vedená R. Maurerem [2] v roce 1972 připravila vlákno s útlumem 20 dB/km, určených K. C. Kaoem jako limit pro optické sdělování. Dalšího pokroku a snížení ztrát na 4 dB/km pak skupina dosáhla záměnou dopantů v křemenném skle [3]. Prakticky ve stejné době pracoval v Bell Laboratories MacChesney se spolupracovníky na další metodě tzv. modifikované depozice z plynné fáze (MCVD) [4]. Tato metoda umožnila dále snížit útlum připravovaných vláken pro telekomunikace a je spolu s výše uvedenými metodami základem dnešních výrobních metod [5, 6].

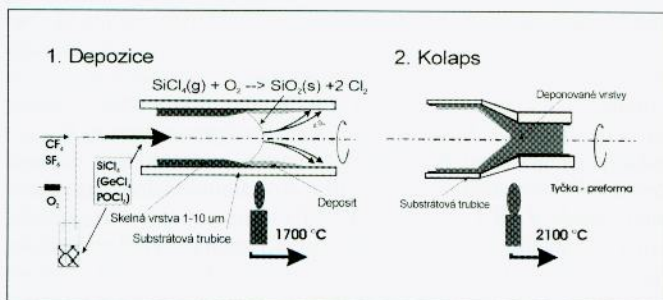
2. METODA MCVD

MCVD slouží k přípravě preforem – tyčí, ze kterých se následně táhne optické vlákno o požadované struktuře. Metoda MCVD vychází z konceptu metod depozice z plynné fáze (CVD, Chemical Vapor Deposition), při kterých jsou páry výchozích látek (SiCl_4) oxidovány za vzniku částic v pevném stavu (SiO_2). Čistota FO-Optipur výchozích látek, u nichž obsah nečistot nesmí přesahovat úroveň ~1 ppm (parts per million, tj. 10^{-6} nebo desetitisíciná procenta), je základním předpokladem pro přípravu nízkoztrátových optických vláken. Při MCVD (Modified CVD) metodě jsou výchozí plynné

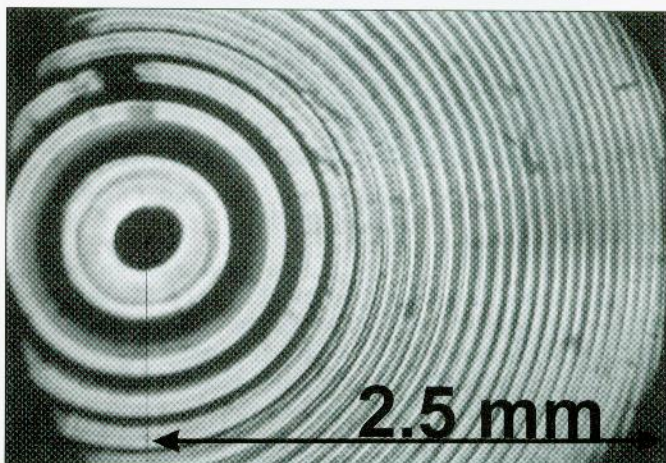
látky oxidovány přímo uvnitř substrátové trubice z kvalitního křemenného skla. Jemné submikronové částice SiO_2 s dopanty vznikající oxidací v horké zóně pohybujícího se hořáku, jsou při každém jeho průchodu podél trubice usazovány na její vnitřní stěnu a následně protavovány do tenkých skelných vrstev (obr. 1). Specifika MCVD metody spočívají v uplatnění termoformáže, kdy jemné částice putují z místa o nejvyšší teplotě (horké zóny hořáku) do místa o nejnižší teplotě (povrch substrátové trubice), jako



Obr. 2 Příprava preformy metodou MCVD (kolaps)



Obr. 1 Princip metody MCVD pro přípravu preforem pro tažení optických vláken (depozice a kolaps)



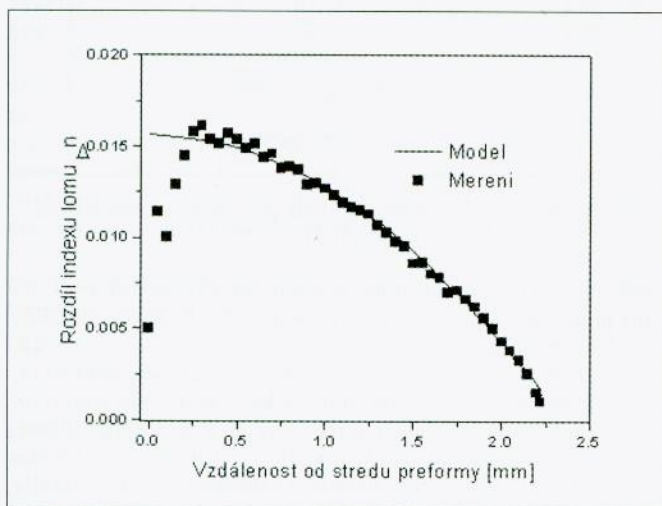
Obr. 3 Foto příčného řezu gradientní preformy

základního mechanismu pro usazování částic. Nastavením průtoku nosného plynu odpařovací nádobou SiCl_4 lze kontrolovat tloušťku deponovaných vrstev, použitím dalších výchozích látek (GeCl_4 , POCl_3 aj.) lze řídit obsah dopantů a index lomu vrstev. V závěru procesu je pak substrátová trubice s nanosenými vrstvami při vysoké teplotě okolo 2100°C vlivem povrchových sil a v důsledku viskózních toků ve skle stažena do tyče (tzv. kolaps, obr. 2). Tímto postupem vznikají z tenkých vrstev objemové vzorky skla – preformy (obr. 3).

Do výzkumu přípravy preforem a optických vláken se zapojilo od roku 1980 i pracoviště, které zpočátku neslo název Společná laboratoř silikátů ČSAV a VŠCHT, posléze Ústav chemie skelných a keramických materiálů (ÚCHSKM) ČSAV. Od roku 1993 je toto pracoviště součástí dnešního Ústavu fotoniky a elektroniky (ÚFE) AVČR, v.v.i.

3. PŘÍPRAVA PREFOREM PRO TAŽENÍ TELEKOMUNIKAČNÍCH VLÁKEN

Do roku 1990 byla pozornost věnována primárně výzkumu technologie přípravy vláken pro telekomunikace. Od roku 1982 byly na laboratorním MCVD zařízení a od roku 1986 i na komerčním zařízení (Arnold, SRN, Special Gas Velká Británie) zkoumány postupy přípravy preforem vláken gradientních (GI, Graded Index). Tento výzkum zahrnoval jak zkušební modely zobecňující rozsahy průtoků výchozích látek, teplot nanášení a zpracování vrstev, kolaps trubice s vrstvami, tak modely teoretické [7]. Jak ukazuje obr. 4, bylo dosaženo uspokojivé shody profilu GI preformy v části, kde má nejkritičtější vliv na přenášenou šířku pásma. Tento vliv byl určen fyzikálním modelováním přenosových charakteristik GI vláken [8]. Výzkum optimálního dopování optického obalu/jádra a vlivu profilu indexu lomu na šířku pásma vedl k přípravě vláken o minimálních optických ztrátách v řádu jednotek dB/km, jak je pojednáno v dalším článku tohoto čísla JMO (V. Matějec et al.). Technologie vypracovaná na základě výzkumu byla převedena do poloproduční výroby v tehdejší VÚSU Sklo-Union Teplice a dodnes je využívána ve firmě Hesfibel v Turecku. Na konci osmdesátých let byla ještě vypracována technologie přípravy preforem pro tažení jednovlákenných vláken, jejichž optické ztráty (útlumy) dosahují minimálních hodnot okolo 0,2 dB/km, což odpovídá poklesu optického výkonu o 4,6% na vzdálenosti 1 km.



Obr. 4 Optimalizace profilu indexu lomu preforem pro tažení gradientních vláken

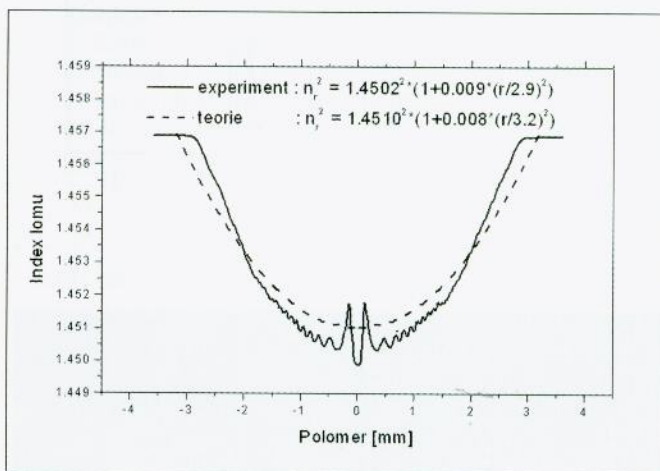
4. PŘÍPRAVA PREFOREM PRO TAŽENÍ VLÁKEN SPECIÁLNÍCH

Zkušenosti získané během výzkumu přípravy a charakterizace vláken pro telekomunikace byly využity v období následujícím po roce 1990, kdy byla pozornost soustředěna na technologii přípravy vláken speciálních. V tomto případě již vlákna neslouží

pouze jako pasivní přenosový prvek v telekomunikačních sítích, ale jako aktivní elementy generující optickou informaci – ve vláknových laserech (zesilovačích) [9] nebo optických vláknových senzorech [10].

4.1. Preformy se strukturami pro vláknové senzory

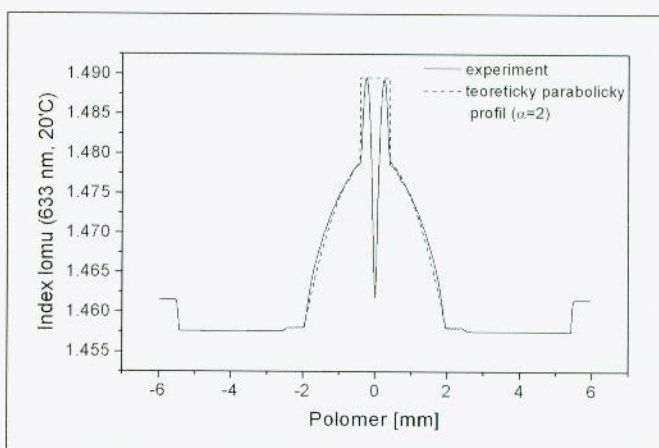
Jako optický hardware vhodný pro vláknově-optické refraktometrické senzory citlivé v širokém rozsahu indexů lomu [11] byla vyvíjena mnohavlákenná vlákna s invertovaným profilem indexu lomu (IGI, Inverted Graded Index). Preformy pro tažení takových vláken citlivých ke změnám indexu lomu pod úrovní křemenného skla ($n_{633} = 1,457$) byly dopovány B_2O_3 nebo fluorem. Bylo dosaženo maximálního poklesu indexu lomu až o -0,007, což je srovnatelné s výsledky předních světových pracovišť [12]. Poměrně dobrou shodu mezi teoretickým návrhem IGI struktury a připravenými preformami ukazuje obr. 5.



Obr. 5 Porovnání teoretického a experimentálního profilu indexu lomu invertované parabolické struktury s indexem lomu jádra nižším než 1,457 (B_2O_3 - SiO_2)

Preformy pro tažení IGI vláken citlivých ke změnám indexu lomu nad úrovní křemenného skla byly dopovány GeO_2 a P_2O_5 s cílem dosažení velkého průměru gradientního jádra a vysoké numerické apertury. Byly připraveny preformy s poměrem průměrů jádro/plášť až 80/125 při dosažení velmi vysoké numerické apertury okolo 0,5, tj. více než u ostatních výzkumných týmů [13].

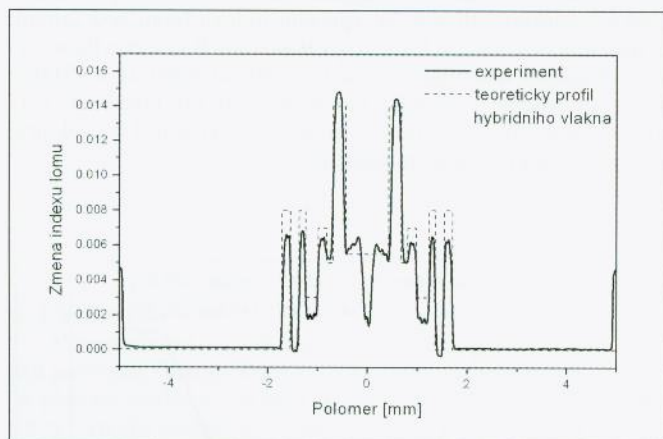
Zkušenosti z procesu depozice MCVD byly využity dále při přípravě speciálních struktur vhodných pro zápis mřížek s dlouhou periodou (LPG, Long Period Grating) [14]. Tyto struktury jsou charakterizovány gradientním profilem indexu lomu v optickém



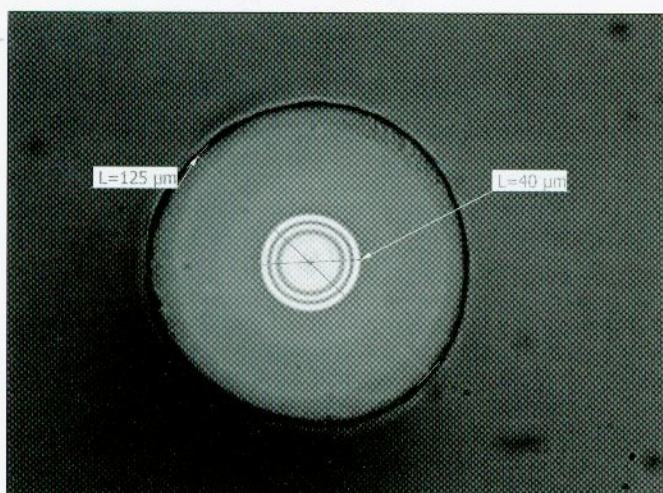
Obr. 6 Preforma s gradientním profilem optického obalu a jednovlákenným jádrem

pláští a jednovídným jádrem (viz obr. 6). Taková speciální vlákna byla navrhována za účelem specifické detekce teploty nebo tlaku [15]. Srovnání mezi teoretickým návrhem gradientní struktury a naměřeným profilem indexu lomu připravené preformy je patrné na obr. 6.

Vypracované modely procesu byly dále využity při přípravě hybridních kvazijednovídných struktur (obr. 7). Takové struktury jsou navrhovány za účelem spojení funkcí optických vláken jako přenosových médií a zároveň detekčních prvků [16]. Příčný řez vytaženého a zalomeného vlákna je na obr. 8.



Obr. 7 Profil indexu lomu preformy pro tažení hybridního vlákna



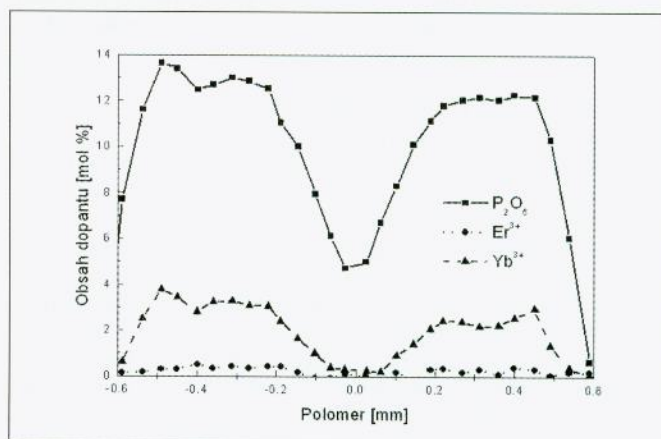
Obr. 8 Mikrofoto příčného řezu hybridního vlákna

4.2. Preformy dopované prvky vzácných zemin

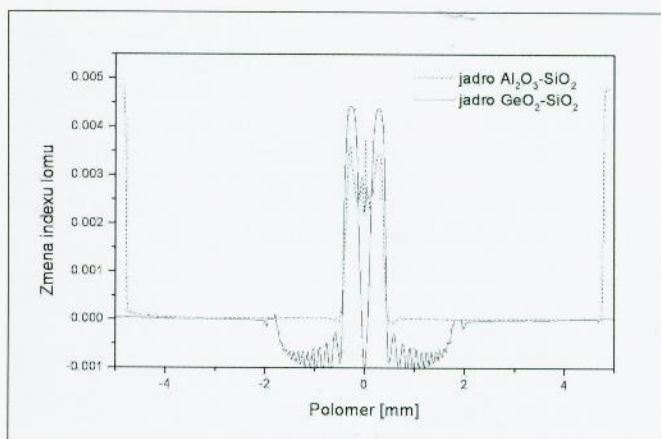
Potřeba přípravy vláken pro vláknové lasery a zesilovače dopovaných ionty vzácných zemin (RE, Rare-Earth) [17] přinesla primárně nutnost materiálového řešení, které by zamezilo fázové separaci vzácných zemin v matrici čirého křemenného skla. V souladu se světovým trendem byla vlákna vedle iontů vzácných zemin postupně ko-dopována Al_2O_3 , P_2O_5 , společně Al_2O_3 a P_2O_5 nebo Sb_2O_3 [18, 19, 20]. Tyto dopanty, schopné kompenzovat díky své struktuře silné pole iontů RE, umožnily podstatné zvýšení jejich koncentrace v jádře vláken až na úroveň desítek tisíc ppm, aniž by se tvořily shluky (clusters) RE a tím se snižovala úroveň zesílené spontánní emise (ASE, Amplified Spontaneous Emission). Nejprve byly připravovány preformy dopované ionty erbia emitujícími na vlnové délce 1550 nm. Posléze byly podmínky zobrazeny pro přípravu preform dopovaných v jádře současně ionty erbia a ytterbia [21], což umožňovalo efektivní čerpání na vlnové délce 1064 nm pomocí konvenčních YAG laserů. Vlákna vytažená z těchto preform byla použita pro sestavení solitonového zdroje s vysokým opakovacím kmitočtem v řádu stovek GHz. V současné době jsou intenzivně studována vlákna dopovaná ionty thulia s emisí v oblasti

S-pásma [22, 23], vhodná pro zvyšování kapacity sítě přístupem WDM (Wavelength Division Multiplexing). Problematice vláknových laserů a zesilovačů je speciálně věnován další příspěvek (Peterka et al.). Pro dosažení nelineárních vlastností byla vlákna dále dopována Bi_2O_3 [24, 25] a v současné době je v souladu se světovým trendem [26] pozornost věnována přípravě vláken s nanostrukturovaným jádrem [27]. U těchto vláken se očekává další zvýšení úrovní ASE.

Požadavek dopování vláken ionty vzácných zemin přinesl požadavek na nový technologický proces, protože vhodné výchozí látky (AlCl_3 , SbCl_3 , RECl_3 , $\text{RE}(\text{NO}_3)_3$) jsou v takovém případě obvykle



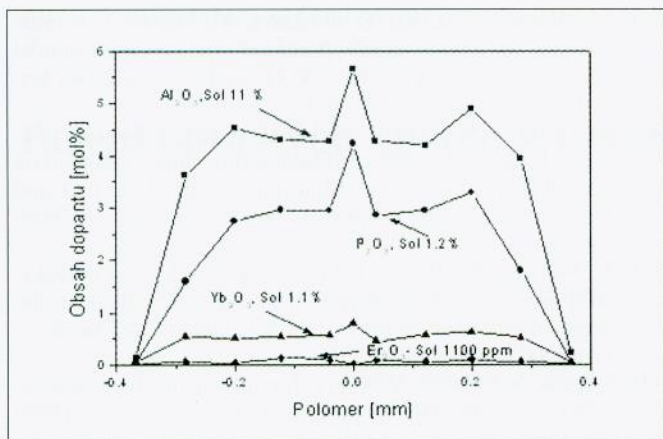
Obr. 9 Koncentrační profil preformy dopované P_2O_5 a $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}$ připravené metodou solution-doping



Obr. 10 Profil indexu lomu preform pro tažení jednovídných vláken dopovaných Al_2O_3 nebo GeO_2

pevné látky. Bylo proto nutné metodu MCVD modifikovat, na čemž pracovala řada pracovišť po celém světě. V dřívějším ÚŘE, dnes ÚŘE byla primárně rozvíjena metoda dopování z roztoku, jejíž modifikacemi [28, 29] bylo dosaženo obsahu dopantů Al_2O_3 okolo 10 mol% [30], 15 mol% P_2O_5 a RE^{3+} až 40 000 ppm (obr. 9) a základní útlumy vláken sníženy na úroveň do 100 dB/km. Dopování jádra oxidem hlinitým vedlo k odstranění centrálního provalu (dípu) na profilu indexu lomu a vzhledem k tomu, že profily koncentrací RE jsou podobné profilu koncentrace oxidu hlinitého, umožnilo to soustředění RE okolo osy jádra (obr. 10).

Paralelní rozvoj metody sol-gel na pracovišti umožnil přípravu dopovaných vláken kombinací postupů MCVD a sol-gel, kdy vrstva jádra byla namísto depozicí z plynné fáze připravena nanášením z roztoku. Při tomto postupu byl nejprve připraven sol obsahující polysiloxanové řetězce (oxid křemičitý) a koloidní částice dopantů (oxid hlinitý, oxid fosforečný). Sol byl nanesen na vnitřní stěnu křemenné trubice metodou namáčení („dip-coating“). Vrstva gelu vznikla na stěně tvorbou trojrozměrné sítě z řetězců a částic solu



Obr. 11 Koncentrační profil preformy s jádrem $\text{Er}^{3+}/\text{Yb}^{3+}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ připravené kombinací metod MCVD a sol-gel

byla vysušena, čímž byla získána porézní vrstva, která byla dále tepelně zpracována při teplotách do 600 °C. Opakováním tohoto procesu nanášení byla zvýšena tloušťka celkové nanášené vrstvy, která byla poté slinuta za podmínek podobných jako při metodě dopování z roztoku. Tím byly připraveny preformy pro tažení jednoválcových vláken (obr. 11) o parametrech srovnatelných s preformami připravovanými postupem solution-doping [31, 32, 33].

Výzkum rovněž prokázal, že vlastnosti jádra preformy, tj. zejména obsah dopantů, závisí na tloušťce nanášené vrstvy. Pokud tato tloušťka poklesla pod hranici 5 μm , obsahy dopantů byly v důsledku interakce vrstev se substrátovou trubicí nižší. Výsledky metodologických výzkumů byly celkově shrnuty v publikacích např. [34, 35, 36].

5. ZÁVĚR

K.C. Kao dal svou prací zásadní impuls pro výzkum a vývoj optických vláken, jednoho z nejdůležitějších prostředků moderní komunikace. Lze říci, že výzkum optických vláken není uzavřenou kapitolou, ani jeho význam nepoklesl, neboť stále se zvyšující požadavky na rychlejší přenos většího počtu informací stimulují výzkum nových vláknových struktur jak pro telekomunikační linky, tak zdroje záření, tj. vláknové lasery. Samostatnou kapitolu ve výzkumu pak reprezentují vláknové senzory. K tomuto výzkumu přispělo za 30 let své existence i pracoviště (SLS, ÚCHSKM) ÚFE, na jehož půdě bylo dosaženo řady původních výsledků zahrnující např. preformy pro tažení speciálních vláken pro senzory, vláknové lasery a zesilovače. Tyto výsledky a zejména získané zkušenosti výzkumného týmu dávají dobrý předpoklad pro implementaci nových fyzikálních principů (např. nelineární optické jevy) i nových metod přípravy, jako je využití nanočástic v nových typech preform pro tažení optických vláken, a pokračování takového výzkumu i v budoucnosti.

Poděkování

Výzkum je podporován Grantovou agenturou České republiky, grant č. 102/10/2139.

Literatura

- [1] K.C. Kao, G.A. Hockham, Dielectric-fibre surface waveguides for optical frequencies, Proc. IEE, 113, No.7, July 1966, 1151-1158.
- [2] D.B. Keck, P.C. Schultz, Method of producing optical waveguide fibers, US patent 3,711,262.
- [3] D.B. Keck, R.D. Maurer, P.C. Schultz, On the ultimate lower limit of attenuation in glass optical waveguides, Appl. Phys. Lett. 22 (1973) 307.

- [4] J.B. McChesney, New technique for preparation of low-loss and graded-index optical fibers, Proc. IEEE 62 (1974) 1280.
- [5] S.E. Miller, A.B. Chynoweth, Optical fiber telecommunications, Academic Press, Orlando USA, 1979.
- [6] J.M. Senior, Optical fiber communications: principles and practice, Pearson Education 2008, 169-216.
- [7] V. Matějec, Z. Choc, Fyzikálně chemický model procesu MCVD, Sb. Opt. Komunikace, Ed. C. Anderle, ČSVTS, str. 54-55, 1986.
- [8] M. Karasek, Calculated bandwidth of perturbed multimode optical fibers, Studies in Electrical and Electronic Engineering (1986) 297-299.
- [9] E. Desurvire, The golden age of optical fiber amplifiers, Physics Today, 1994, 28, překlad M. Chomát, Čs. časopis pro fyziku, 44 (1994) 183-191.
- [10] I. Kasik, V. Matejec, M. Chomat, M. Hayer, D. Berkova, Optical fibres for optical sensing, Optical chemical sensors, Dordrecht: Springer, 2006, 59-76.
- [11] I. Kasik, V. Matejec, M. Chomat, M. Hayer, D. Berkova, J. Mrazek, J. Skokankova, Silica-based optical fibres with tailored refractive-index profiles in the region of 1.46-1.52 for evanescent-wave chemical detection, Sensors and Actuators: B 107 (2005) 93-97.
- [12] J. Kirchhof, S. Unger, B. Knappe, P. Kleinert, A. Funke, About the fluorine chemistry in MCVD, Cryst. Res. Technol 22 (1987) 495-501.
- [13] M.E. Likhachev, M.M. Bubnov, S.L. Semenov, V.F. Khopin, M.Y. Salganskii, A.N. Gur'yanov, E. M. Dianov, Optical losses in single-mode and multimode fibres heavily doped with GeO_2 and P_2O_5 , Quantum electronics 34 (2004) 241-246.
- [14] M. Chomat, D. Berkova, V. Matejec, I. Kasik, J. Kanka, R. Slavik, A. Jancarek, P. Bittner, Responses of a long-period gratings fabricated in a graded-index optical fiber to temperature and refractive-index changes, Materials Science and Engineering C 26 (2006) 457-461.
- [15] F. Todorov, M. Chomat, D. Berkova, J. Ctyroky, V. Matejec, I. Kasik, Sensitivity characteristics of long-period gratings written with a CO_2 laser in fiber with parabolic-index cladding, Sensors Lett. 7 (2009) 1-5.
- [16] P. Siska, J. Skapa, V. Vasinek, F. Hanacek, I. Kasik, Optical fiber sensor based on redistribution of power among several guided modes, Proc. SPIE 7356, Optical Sensors 2009, 73561G-1 - 73561G-7.
- [17] I. Kasik, O. Sysala, J. Gotz, Dopování křemenných vláken netradičními dopanty, Ceramics 36 (1992) 169-179.
- [18] V. Matejec, I. Kasik, M. Pospisilova, Preparation and optical properties of silica optical fibers with an Al_2O_3 -doped core, J. Non-Cryst Solids 192&193 (1995) 195-198.
- [19] V. Matejec, I. Kasik, M. Hayer, D. Berkova, M. Chomat, J. Skokankova, Fabrication of silica optical fibers doped in the core with aluminium oxide and rare-earth elements by using xerogels, Roumanian J. of Chemistry 47 (2002) 1233-1239.
- [20] M. Pospisilova, P. Adamek, P. Peterka, V. Kubecek, I. Kasik, V. Matejec, Influence of Si-Al-Ge-Sb matrices on Tm^{3+} excitation levels, Materials Science Forum IV 587-588 (2008), 293-297.
- [21] I. Kasik, V. Matejec, M. Pospisilova, J. Kanka, J. Hora, Silica optical fibers doped with Yb^{3+} and Er^{3+} , Proc. SPIE 2777 - ALT 95 (1995) 71-79.
- [22] W. Blanc, P. Peterka, B. Faure, B. Dussardier, G. Monnom, I. Kasik, J. Kanka, D. Simpson, G. Baxter, Characterization of thulium-doped silica-based optical fibre for S-band amplification, Proc. SPIE 6180 - Photonics Prague (2005) 61800V. 1-61800V. 6.
- [23] P. Peterka, I. Kasik, V. Matejec, W. Blanc, B. Faure, B. Dussardier, G. Monnom, V. Kubecek, Thulium-doped silica-based optical fibers for cladding-pumped fiber amplifiers, Optical Materials 30 (2007) 174-176.

- [24] V. Matejec, I. Kasik, M. Hayer, D. Berkova, M. Chomat, J. Skokankova, Fabrication of silica optical fibers doped in the core with aluminium oxide and rare-earth elements by using xerogels, *Roumanian J. of Chemistry* 47 (2002) 1233-1239
- [25] M. Makowska, I. Kityk, J. Berdowski, V. Matejec, I. Kasik, A. Mefleh, Nonlinear optical phenomena in the $Al_2O_3 - P_2O_5$, Er- and Yb-doped silica glasses, *Pure and Appl. Opt.* 2 (2000) 43-47.
- [26] S. Moon, A. Lin, B.H. Kim, P.R. Watekar, W-T. Han, Linear and nonlinear optical properties of the optical fiber doped with silicon nano-particles, *J. Non-Cryst. Solids* 354 (2008) 602-606.
- [27] O. Podrazky, I. Kasik, M. Pospisilova, V. Matejec, Use of nanoparticles for preparation of rare-earth doped silica fibers, *Physica Status Solidi C* 6 (10) (2009) 2228-2230.
- [28] O. Sysala, I. Kasik, I. Spejtkova, Preparation of preforms and optical fibres containing aluminium by the solution doping method, *Ceramics* 35 (1991) 363-367.
- [29] I. Kasik, V. Matejec, J. Kanka, P. Peterka, P. Honzatko, A. Langrova, Using aerosol-based techniques and solution-doping for fabrication of optical fiber lasers, *Roumanian J. of Chemistry* 47 (2002) 1241-1245.
- [30] I. Kasik, V. Matejec, J. Kanka, P. Honzatko, Properties and fabrication of ytterbium-erbium co-doped silica fibres for high power fiber lasers, *Pure and Appl. Opt.* 7 (1998) 457-465.
- [31] V. Matejec, I. Kasik, D. Berkova, M. Hayer, J. Kanka, Sol-Gel fabrication and properties of silica cores of optical fibers doped with Yb^{3+} , Er^{3+} , Al_2O_3 , or TiO_2 , *J. Sol-Gel Sci. & Technol.* 13 (1998) 617-621.
- [32] M. Hayer, V. Matejec, D. Berkova, I. Kasik, J. Kanka, P. Peterka, P. Honzatko, Effect of high-temperature treatment on optical properties of silica films doped with Al_2O_3 , P_2O_5 and rare-earth elements, *J. Sol-Gel Sci. and Technol.* 19 (2000) 293-296.
- [33] V. Matejec, M. Hayer, J. Mrazek, I. Kasik, O. Podrazky, M. Pospisilova, Performance of the sol-gel method for the preparation of optical fibers, *Revue Roumaine de Chimie* 52 (10) (2007) 991-998.
- [34] I. Kasik, V. Matejec, New ways for influencing thermoforetic efficiency in the MCVD process, *J. Aerosol. Sci.* 26 (1995) 399-406.
- [35] V. Matejec, I. Kasik, M. Chomat, Chapter 13: Fundamentals and performance of the MCVD aerosol process, *Aerosol chemical processes in the environment*, Levis 2000, 271-296.
- [36] V. Matejec, I. Kasik, D. Berkova, M. Hayer, M. Chomat, Z. Berka, A. Langrova, Properties of optical fiber preforms prepared by inner coating of substrate tubes, *Ceramics* 45 (2001) 62-69.

Dr. Ing. Ivan Kašík, tel.: 220 922 391, e-mail: kasik@ufe.cz

Ing. Vlastimil Matějček, CSc., Ing. Ondřej Podrazký, PhD., Ing. Pavel Peterka, PhD., Ing. Jan Mrázek,
Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i., Chaberská 57, 182 51 Praha 8 - Kobylisy

Technické pokyny pro autory

Příspěvky se přijímají v elektronické formě.

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

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

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

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

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

Pokyny k předávání příspěvku

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

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

Soubory je možno dodat na disketě nebo CD. Ke každému příspěvku připojte seznam všech předávaných souborů a u každého souboru uveďte pomocí jakého software byl vytvořen.

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