

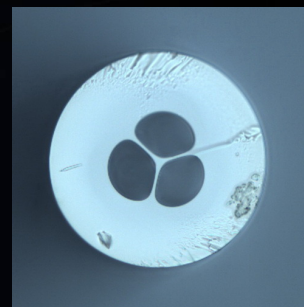
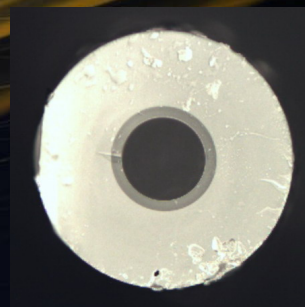
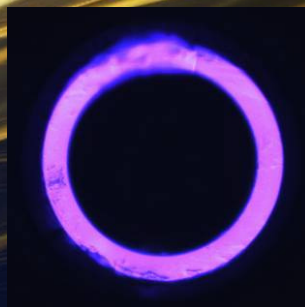
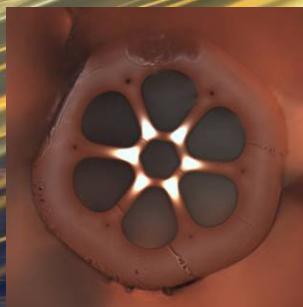
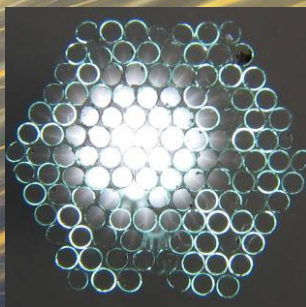


# Kouzlo optických vláken a vláknových laserů

Ústav fotoniky a elektroniky, AVČR, v.v.i.

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

[www.ufe.cz/cs/ivan-kasik-pro-studenty](http://www.ufe.cz/cs/ivan-kasik-pro-studenty)





# Ústav fotoniky a elektroniky AV ČR, v.v.i.



*Prof. Jiří Homola  
Česká hlava 2009*

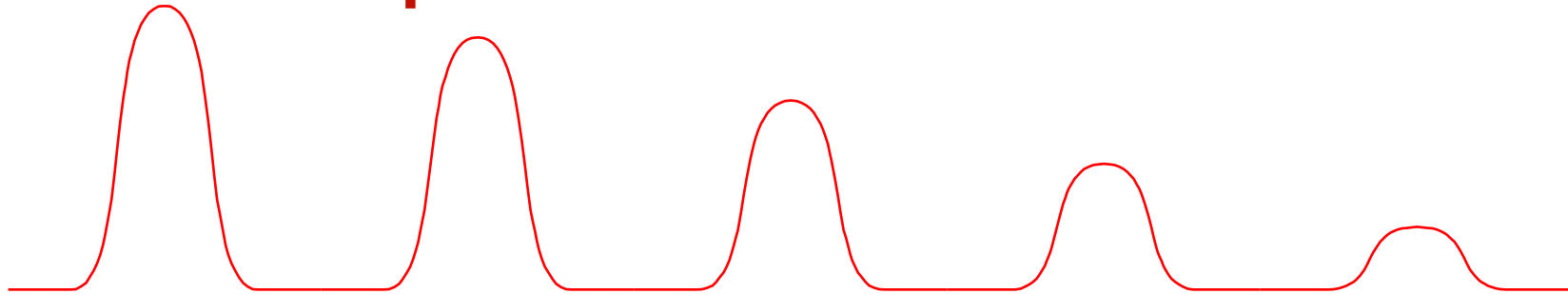


## **ZÁKLADNÍ VÝZKUM: Fotonika**

- vláknové lasery & optická vlákna
- optické biosenzory
- státní etalon času, detekce pole buněk

# Podmínka : čistota materiálu (↓ útlum)

Optické vlákno : dielektrická struktura...



Útlum optických vláken ~0.2 dB/km

- 3 mm okenního skla odpovídají cca 2 km optického vlákna



**Charles K. Kao**

**½ Nobelovy ceny  
2009**



**velmi čisté materiály  
FO Optipur  
obsah nečistot v řádu ppb  
=  $10^{-9}$**



**ČISTÉ TECHNOLOGIE**

# Čistota materiálů



ppm  $\text{Ti}^{3+}$  in  $\text{SiO}_2$

1. Per Analysis – PA (99 - 99,5 %)
2. Semiconductor – PP (99,9995 %)
3. Ultra-pure - FO Optipur / for trace analysis [ppb]

% –  $10^{-2}$

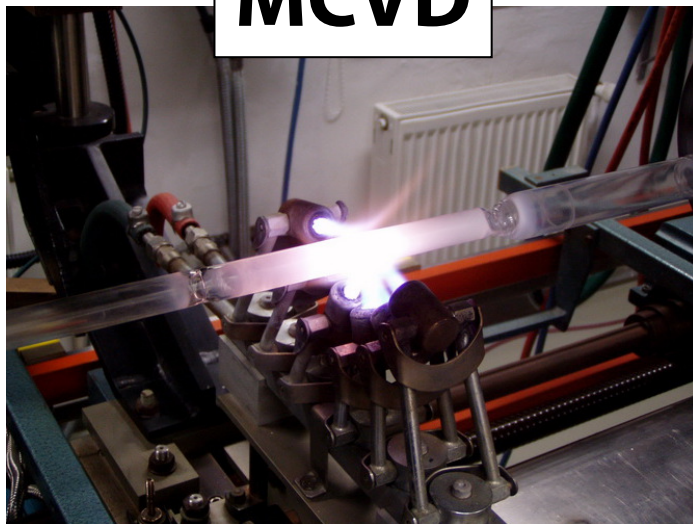
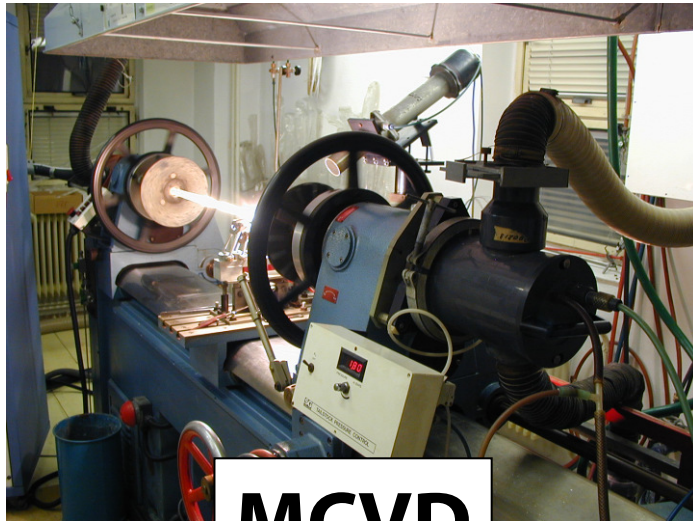
ppm –  $10^{-6}$  (parts per million)

**ppb –  $10^{-9}$  (parts per billion) : content of impurities acceptable in FO Optipur materials**

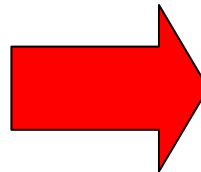
**Ultra-čisté technologie - CVD !**



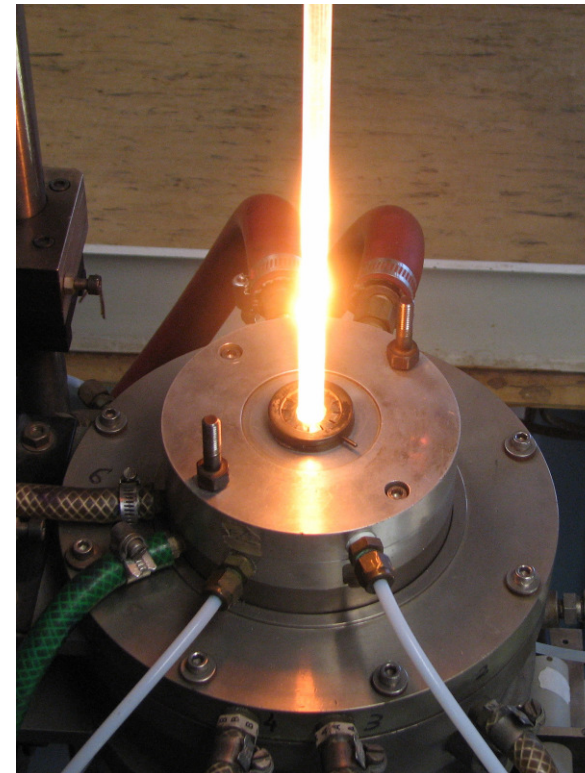
# Příprava optických vláken



preforma

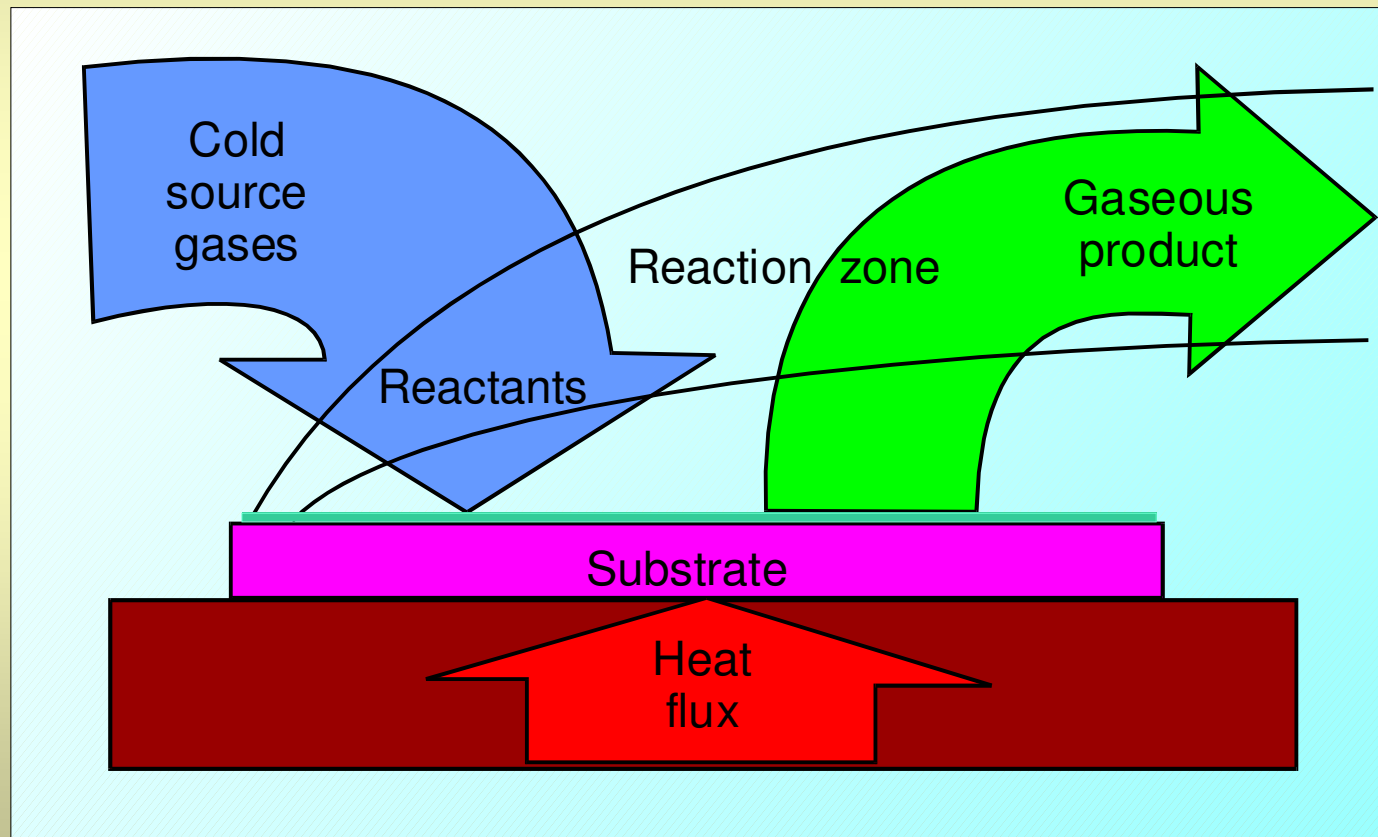
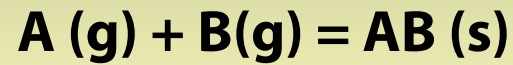


Tažení



# Ultra-čisté TECHNOLOGIE

## CVD - Chemical Vapor Deposition

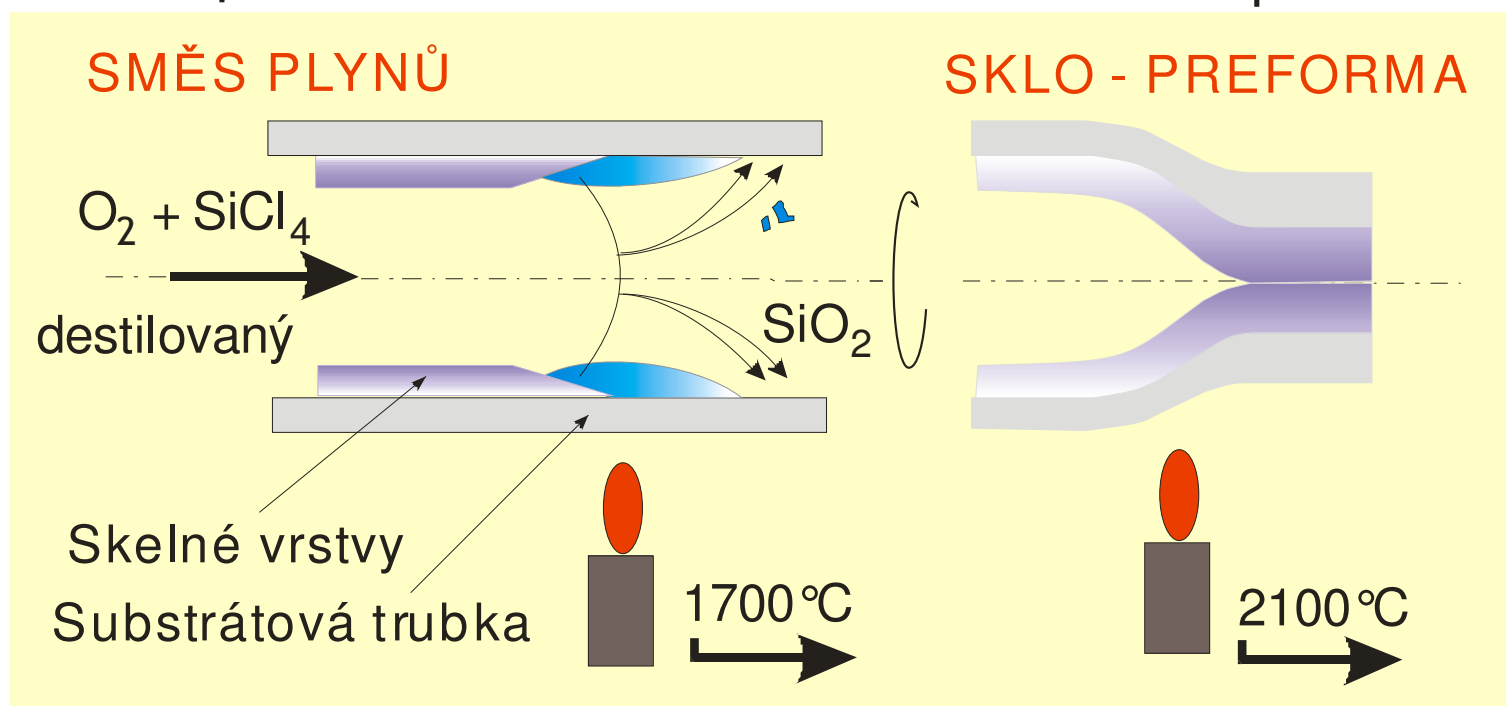


# Ultra-čisté technologie : preforma

## MCVD – Chemical Vapor Deposition

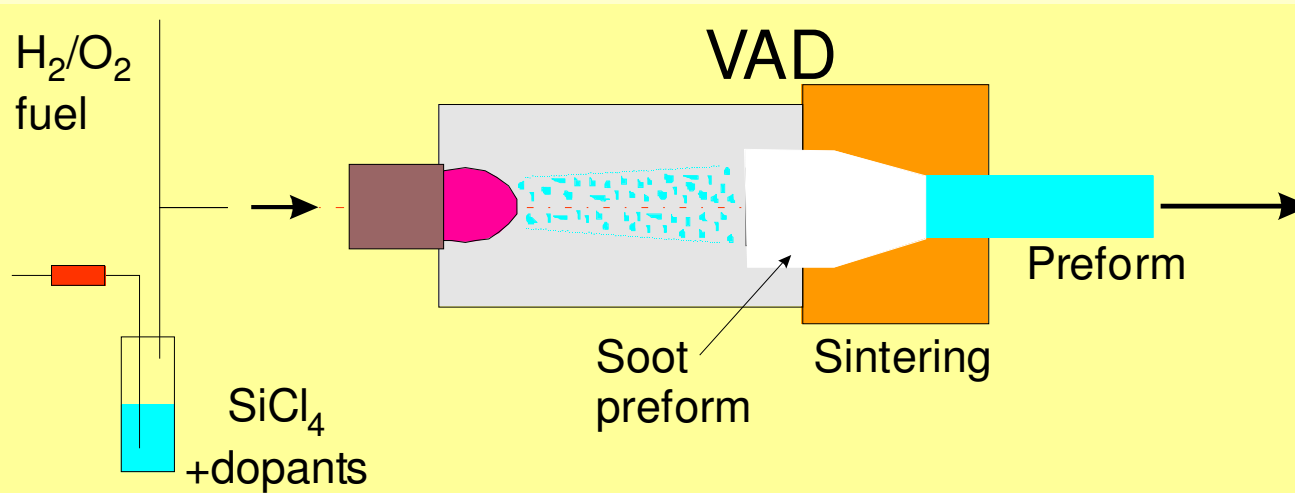
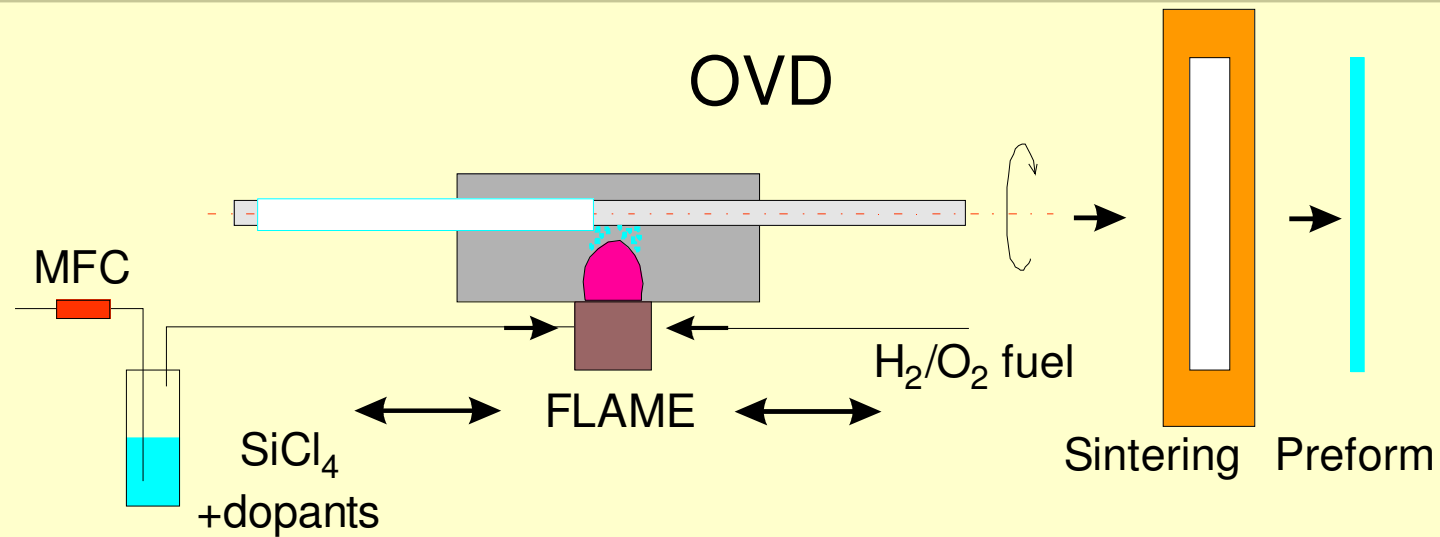
1. Depozice vrstev

2. Kolaps



- Postupná depozice **tenkých skelných vrstev** (tloušťka 1-10  $\mu m$ ) na vnitřní stěnu trubice => **preforma (tyčka)**
- **Vysoká čistota** ( $\sim 10^1$  ppb nečistot), **vysoká přesnost** ( $>1\%$ )

# Další CVD technologie

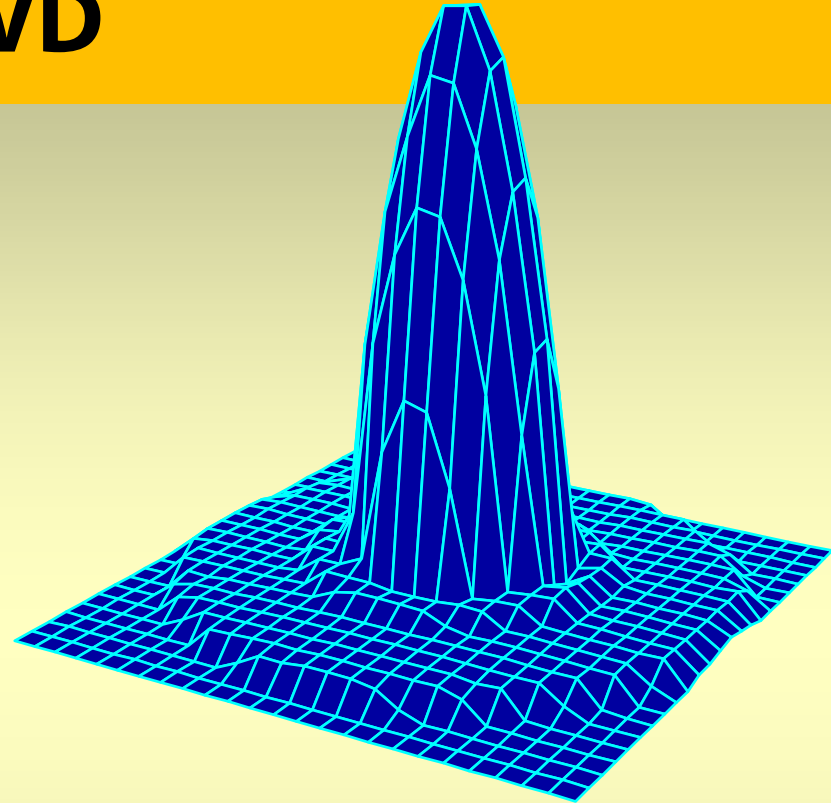




# MCVD



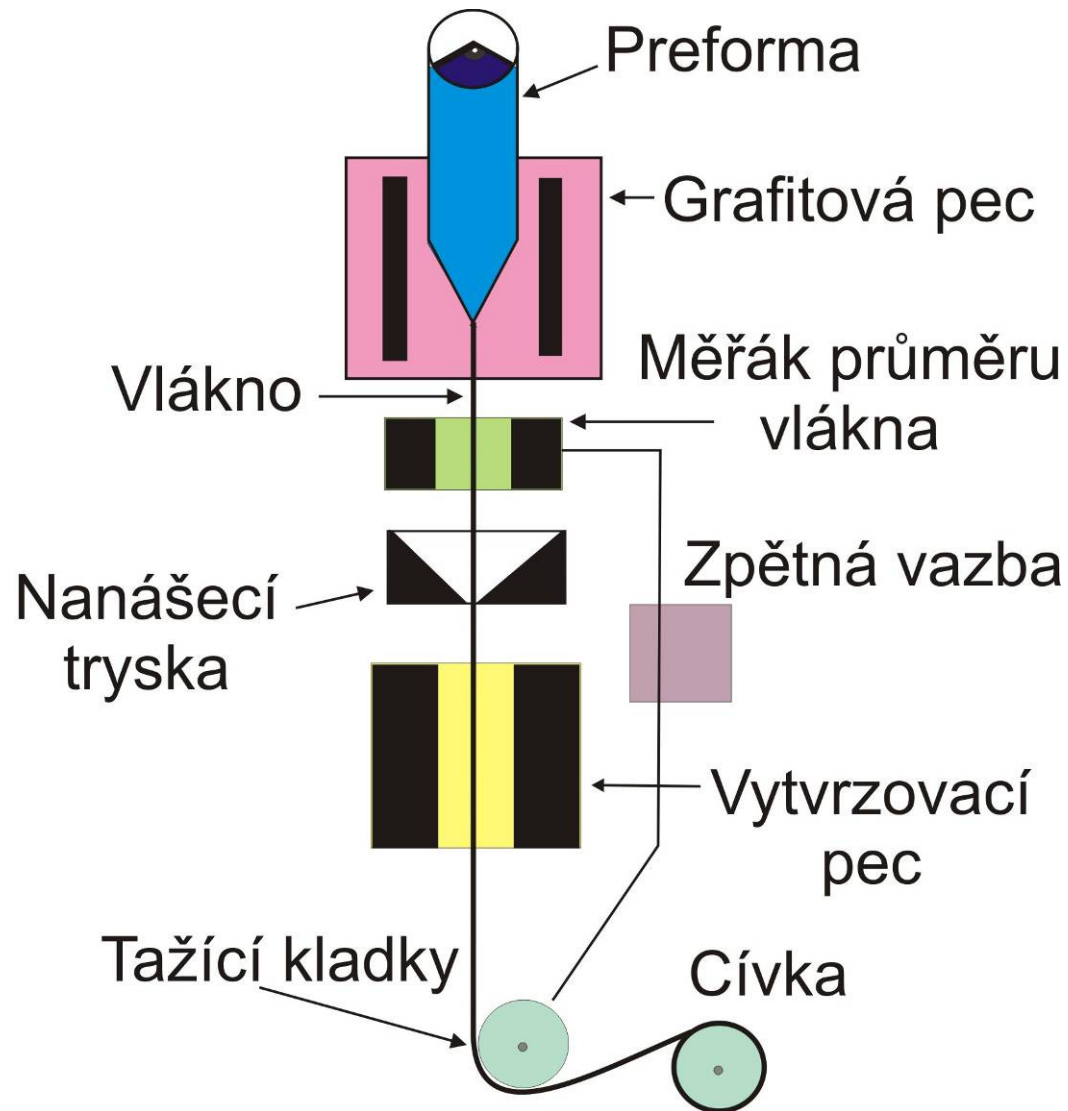
Microfoto řezu preformy



Tomografie profilu indexu lomu preformy

- High purity material due to FO-Optipur purity starting materials.
- High quenching rate ranging from  $10^2$  to  $10^3$  °C/s.

# Tažení optického vlákna z preformy

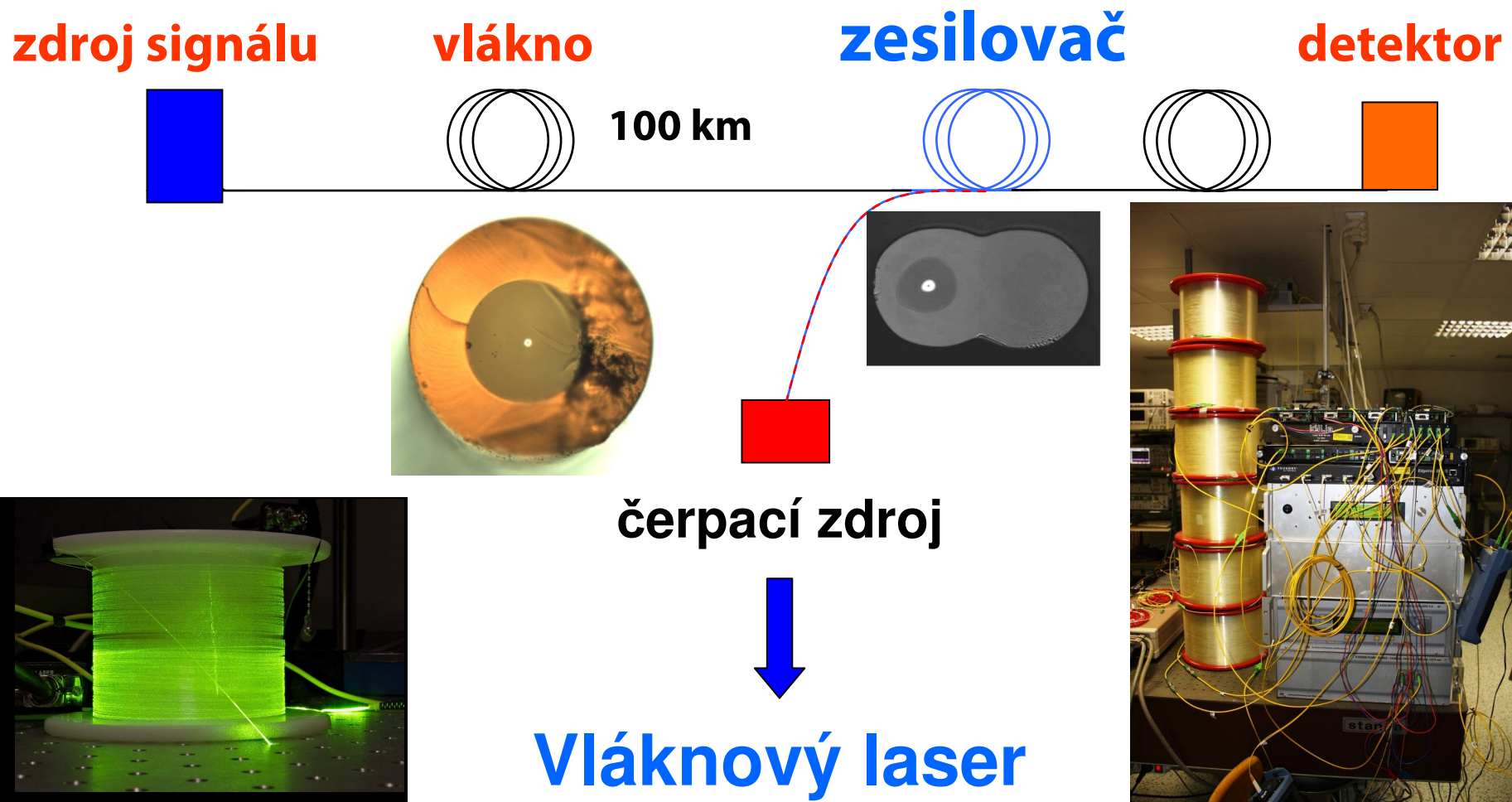


- Průměr  
80-1000  $\mu\text{m}$
- Teplota  
1800-2000 $^{\circ}\text{C}$
- ne textil
- ne termoizolace

# Použití optických vláken



# Speciální vlákna pro telekomunikace : vláknové lasery a zesilovače

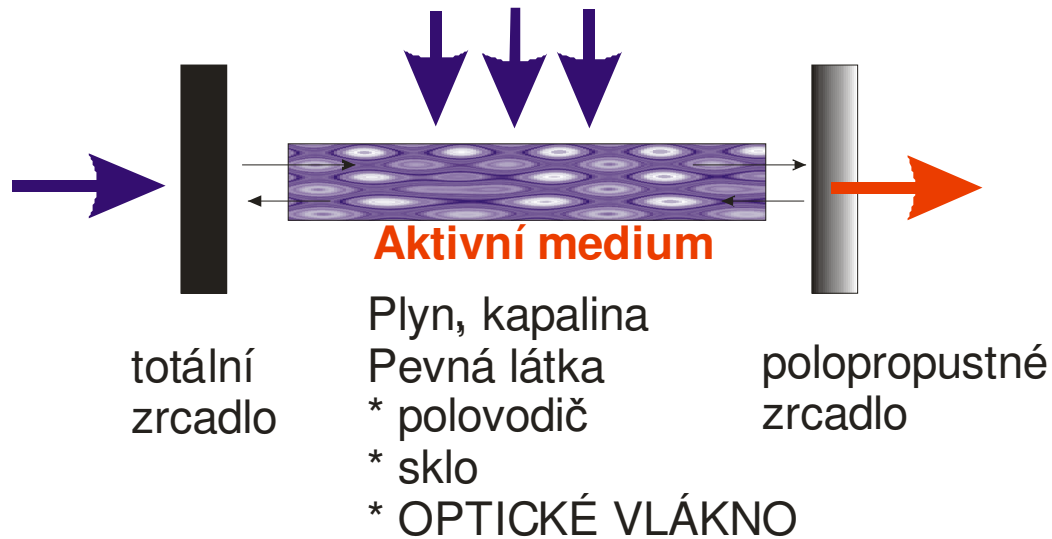




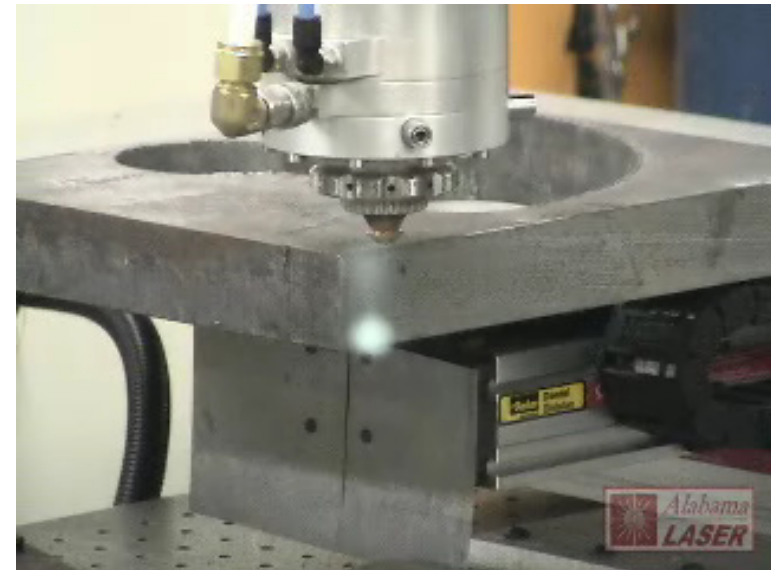
# Vláknové lasery

-telekomunikace

-s vysokým výkonem

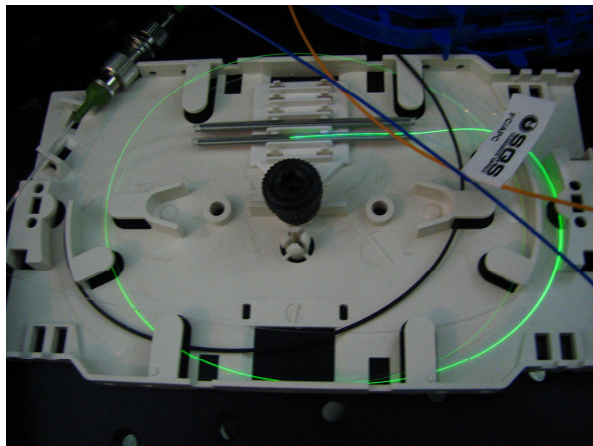


Svařování a řezání < 2kW



Intenzita světla

Slunce	63 MW/m <sup>2</sup>
O. vlákno	12.7 GW/m <sup>2</sup>



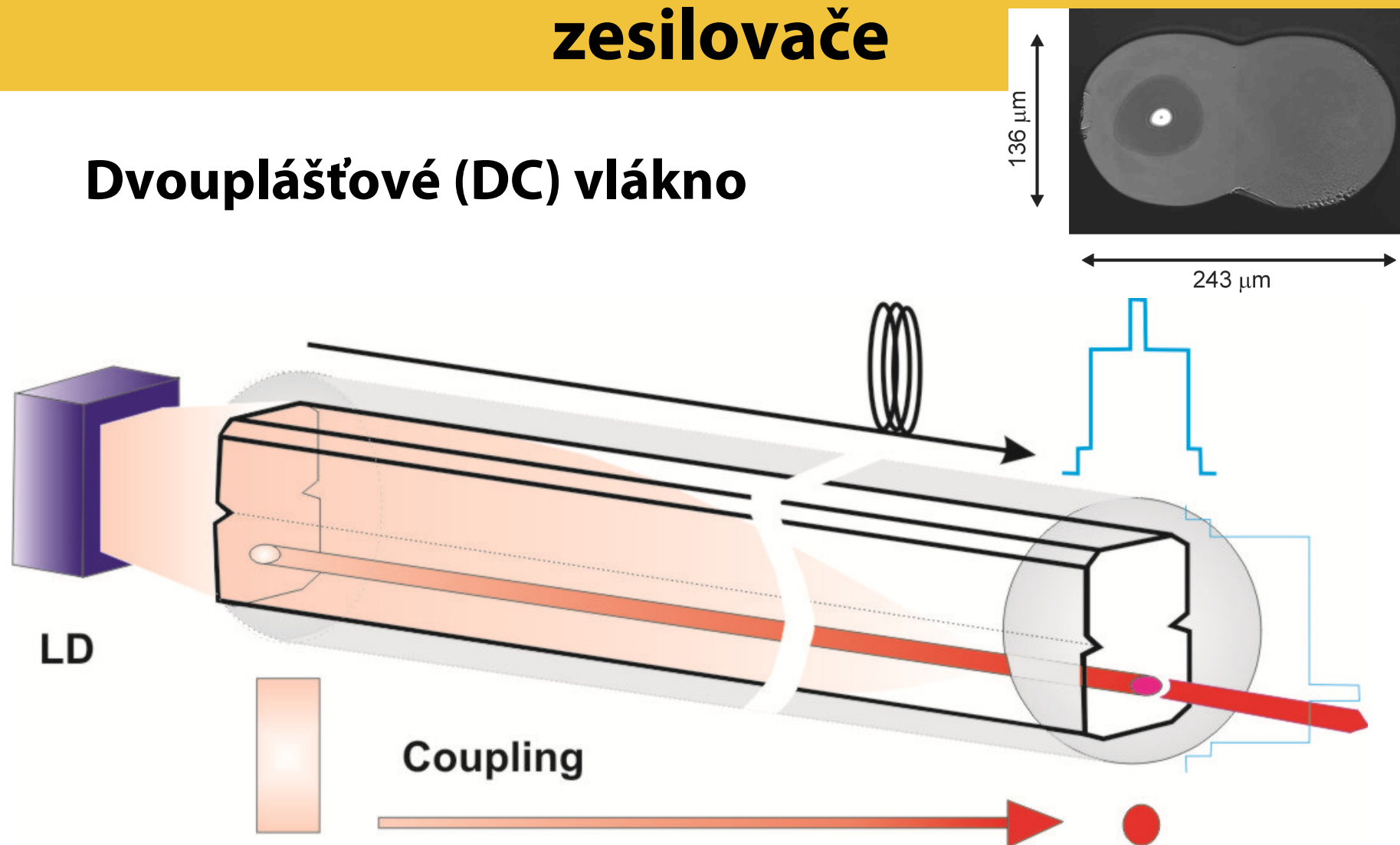
Er- fiber laser



PALS

# Speciální vlákna pro vláknové lasery a zesilovače

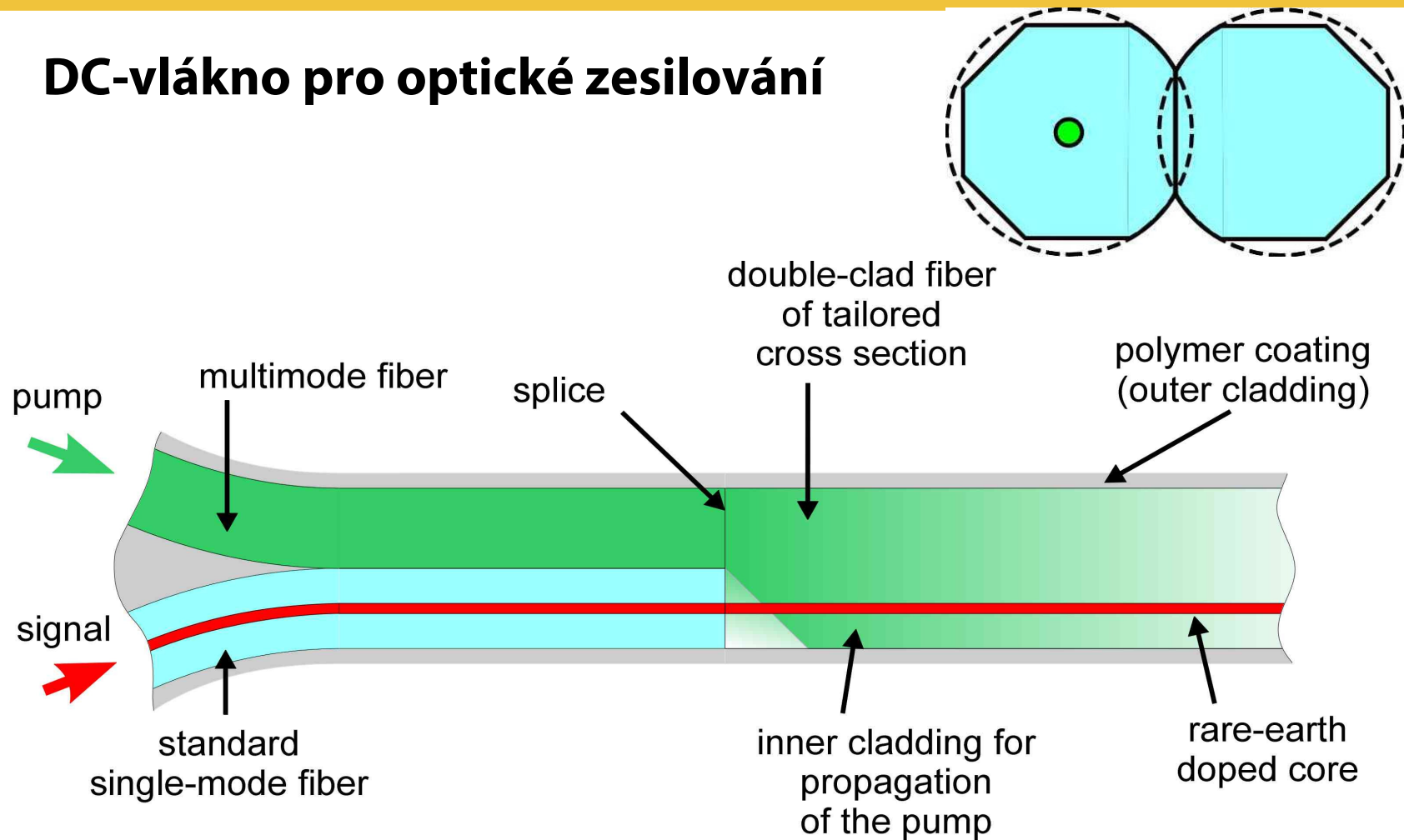
## Dvouplášťové (DC) vlákno



\* P.Peterka, V. Matějec, I. Kašík : Cz Pat. 301215 , 2009

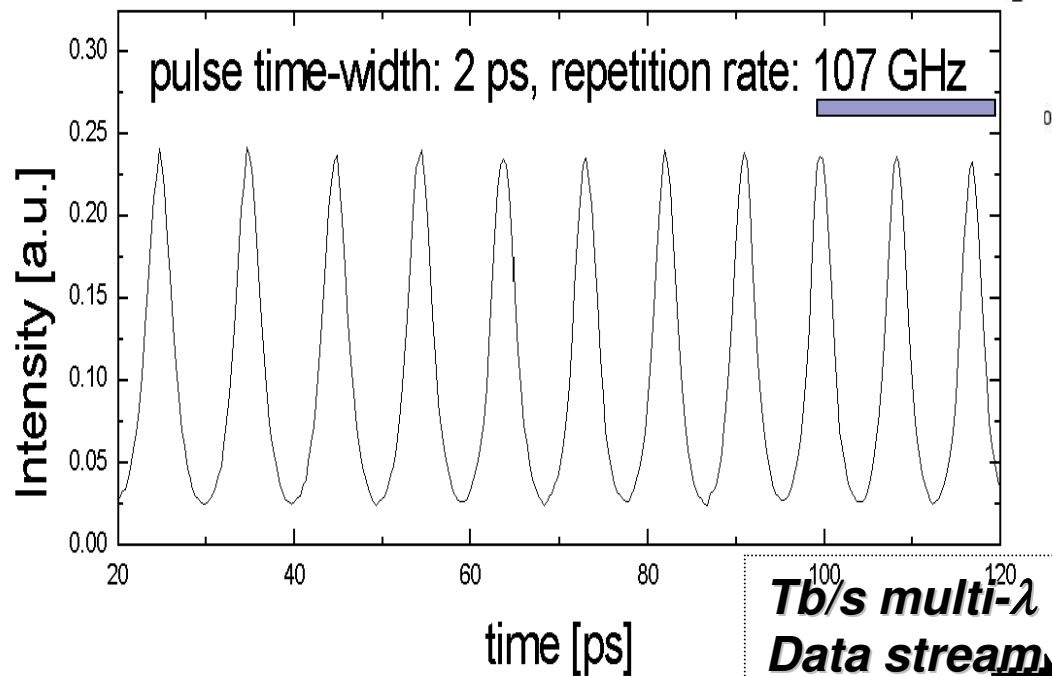
# Speciální vlákna pro vláknové lasery a zesilovače

## DC-vlákno pro optické zesilování



# TDM

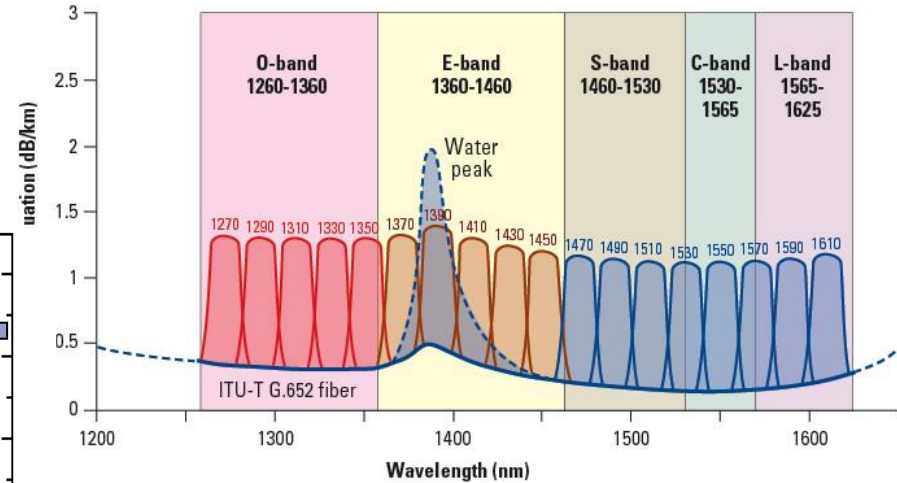
## Time Division Multiplexing (TDM)



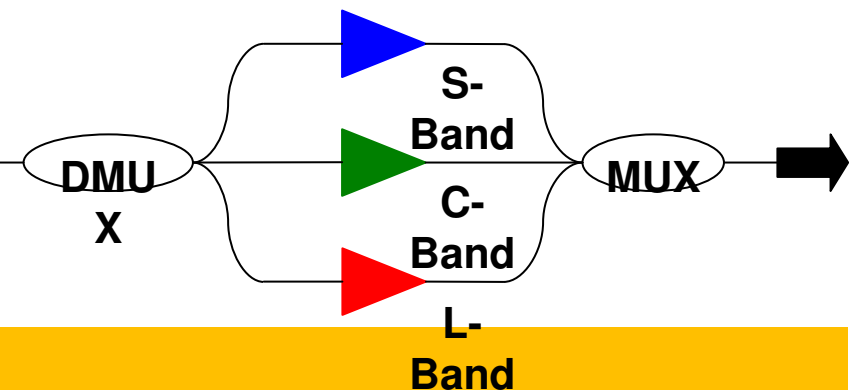
\*I.Kašík, J. Kaňka, V. Matějec., 1997

# WDM

CWDM wavelength grid as specified by ITU-T G.694.2



## Wavelength Division Multiplexing (WDM)

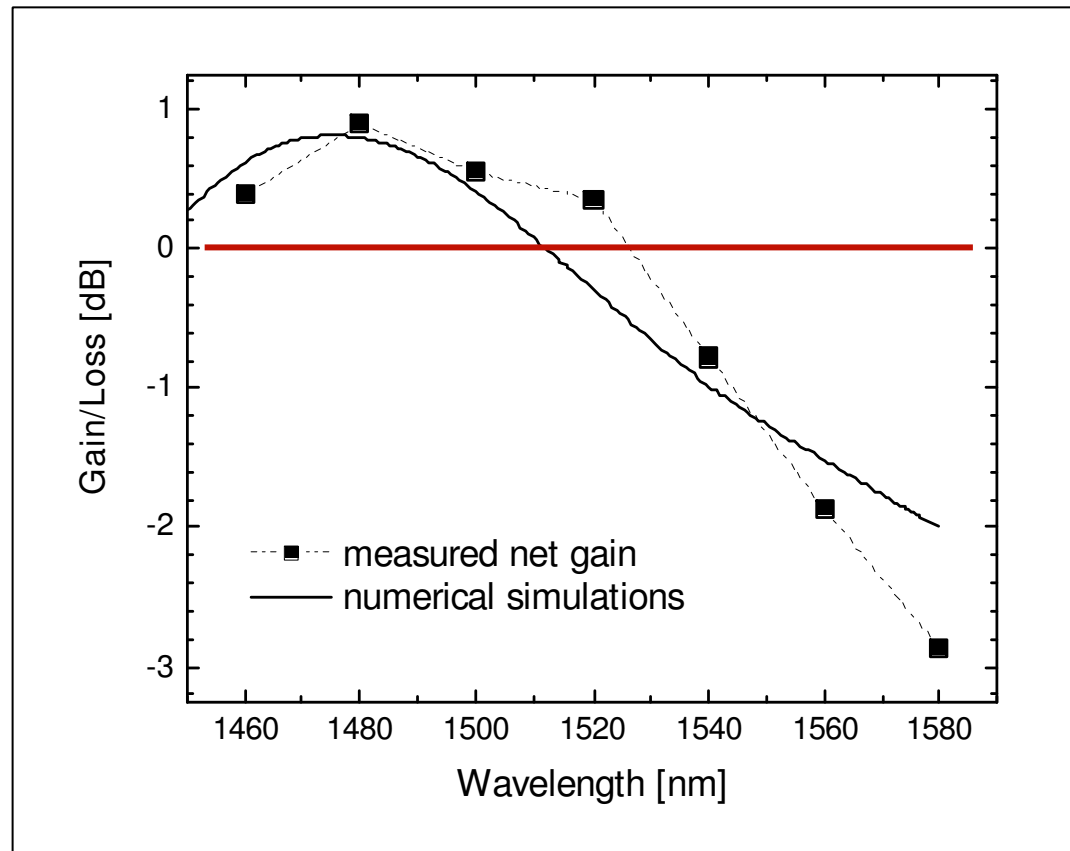


Kouzlo optických vláken a ...

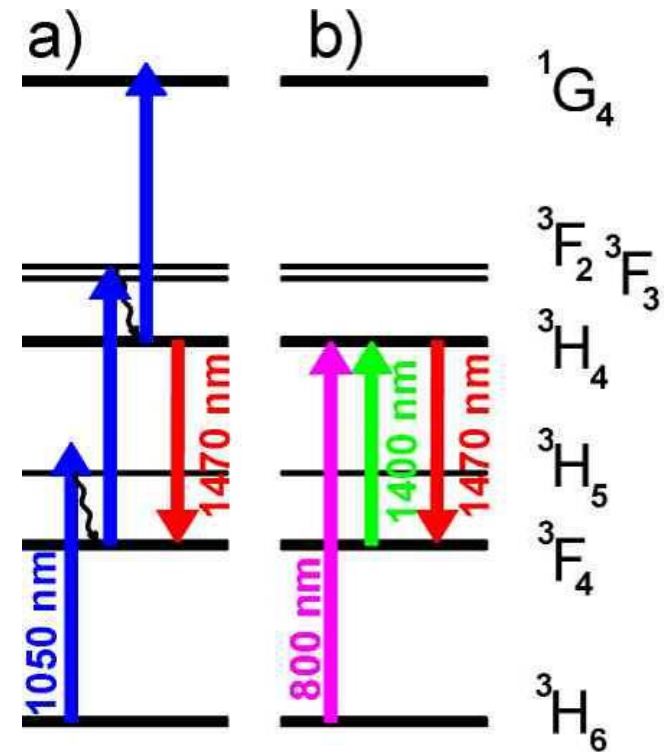


# Tm<sup>3+</sup> -dopovaná vlákna

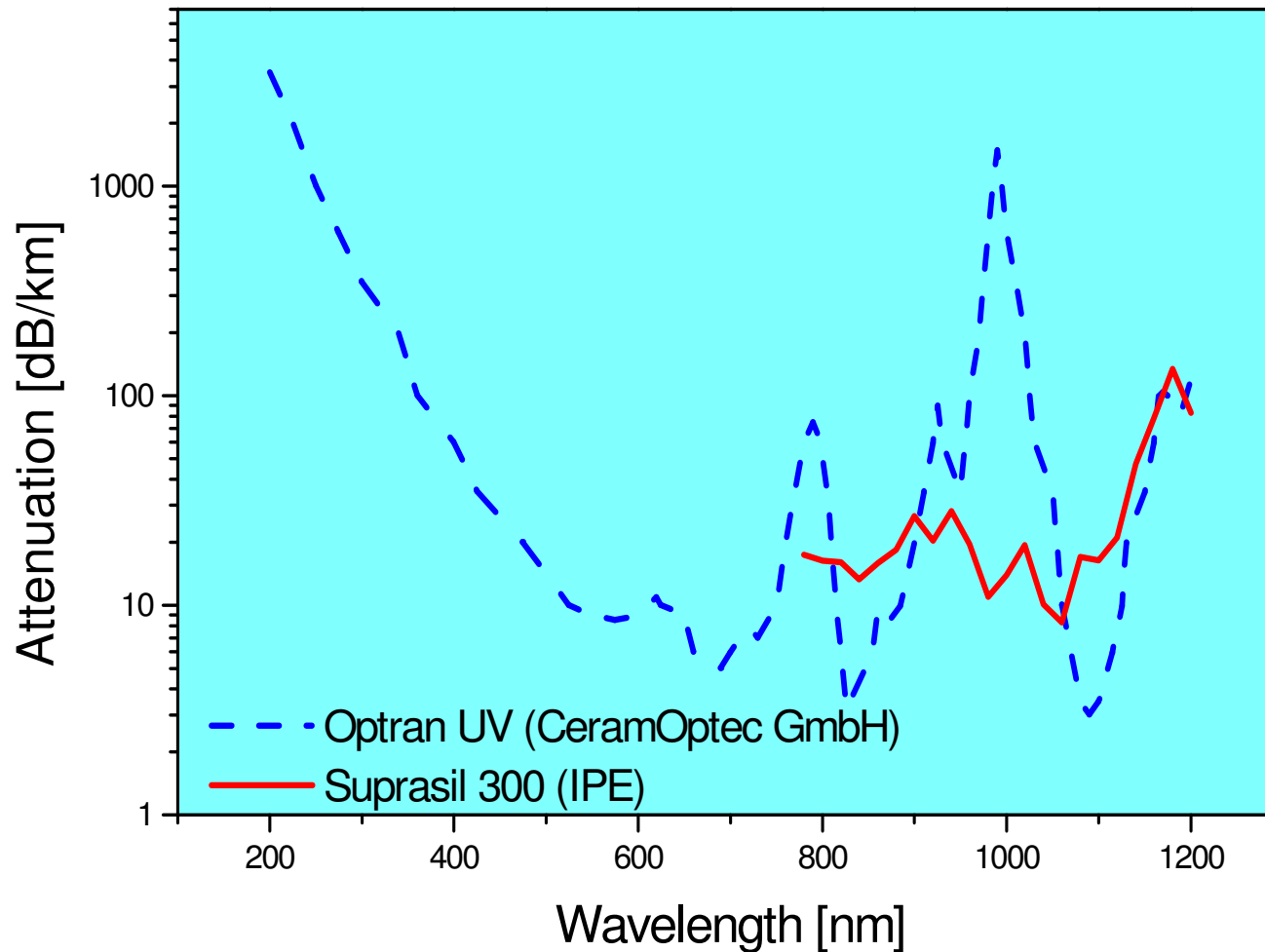
- Goal: zesílení v **S-pásmu** - WDM



\*P.Peterka

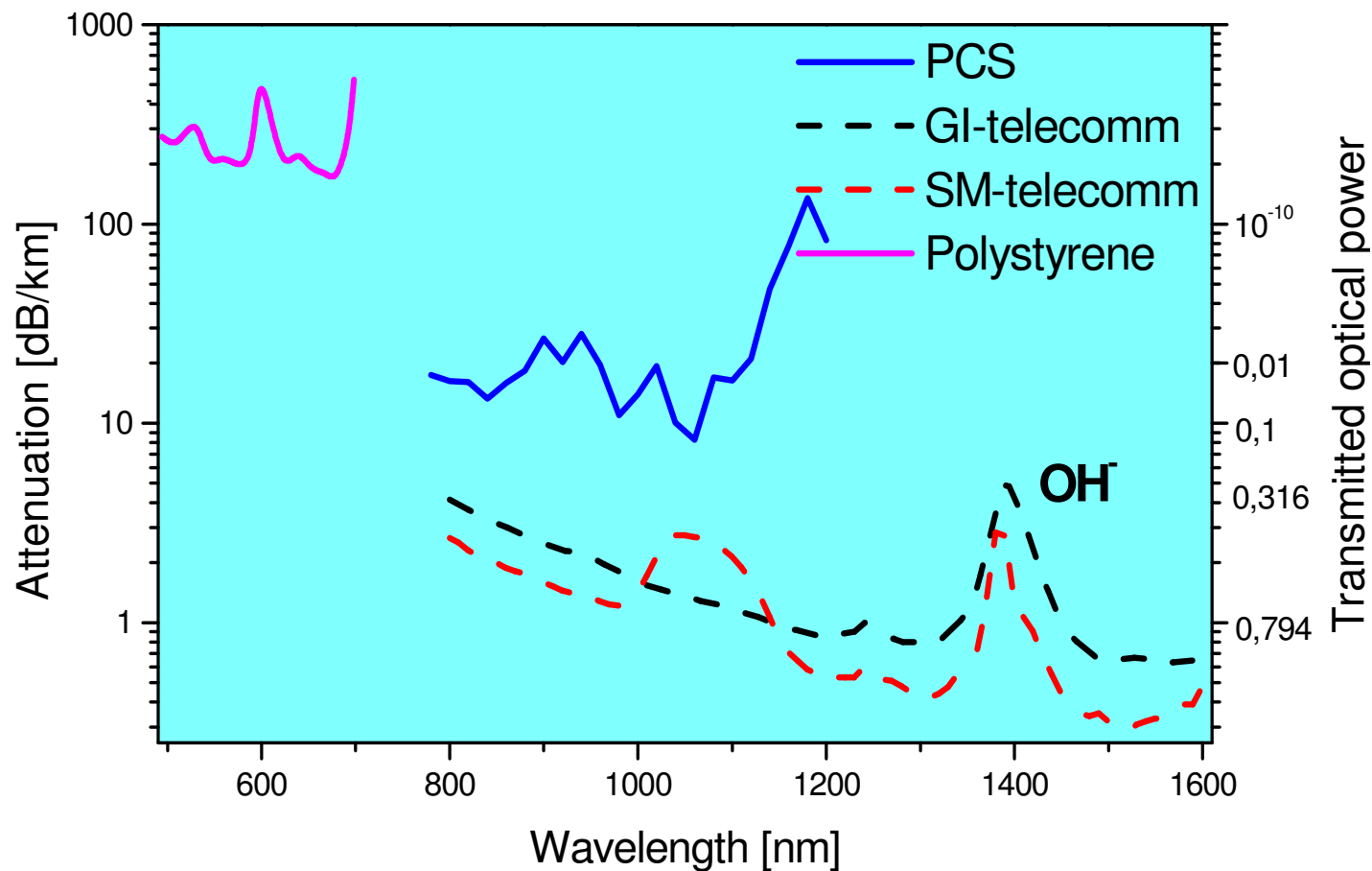


# Reminder: OPTICAL FIBRES – Materials - UV



- silica fibres - SUPRASIL  $n_{200\text{ nm}} = 1.55$  [[ceramoptec.de](http://ceramoptec.de), [OceanO](http://OceanO), [IPE](http://IPE) ...]
- planar silica, crystalline  $\text{CaF}_2$  ( $\text{MgF}_2$ ) – [[edmundoptics](http://edmundoptics), [technicalglass](http://technicalglass) ...]

# Reminder: OPTICAL FIBRES – VIS/NIR

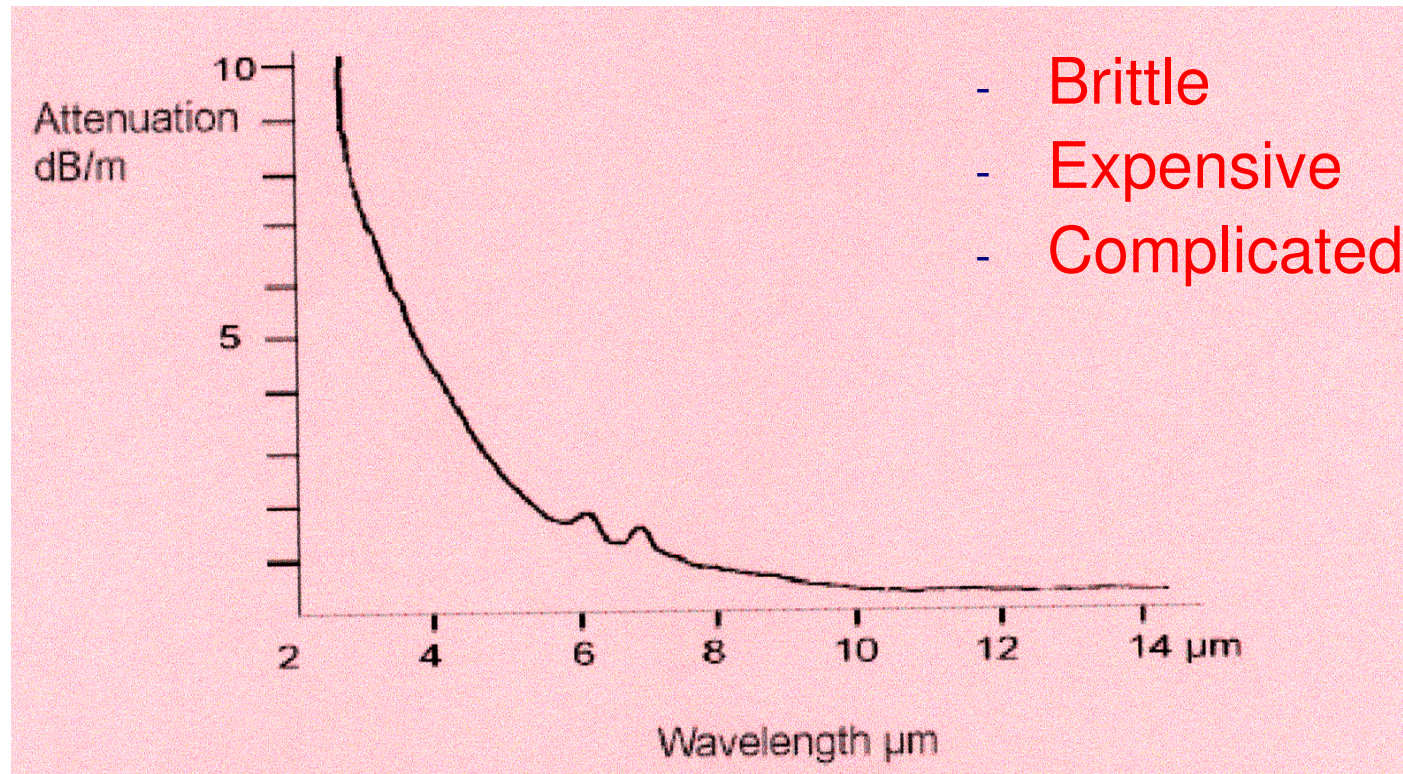


Silica  $n_{633} = 1.457$  & doped silica  $n_{633} = 1.45-1.50$  [corning, lucent, ocean\_o, IPE]

Glass (silicate - Simax, Vycor, Pyrex)  $n_{588} = 1.5-1.95$  [schott, LiFaTec.de, IPE...]

Plastic  $n_{588} = 1.5-1.6$  [mitsubishi.com, luceat.it, unlimited-inc.com...]

# Reminder : OPTICAL FIBRES – IR



- fluoride glasses [[univ-rennes1.fr](http://univ-rennes1.fr) ...] (up to ~4 μm)
- **sapphire** [CRYTUR] (up to ~4 μm)
- silver-halides  $\text{AgCl}_x\text{Br}_{1-x}$  (up to 15 μm)
- chalcogen glasses (Se,  $\text{As}_2\text{S}_3$ ,  $\text{As}_2\text{Se}_3$ ...) [[oxford-electronics](http://oxford-electronics.com), [orc.soton.ac.uk](http://orc.soton.ac.uk)] (< 20 μm)
- refractive indexes  $_{2-20\mu\text{m}} \sim 2 - 2.5 \gg$  silicate glasses [LiFaTec]



# SUMMARY

1. **Fiber technology : preparation of structures of high preciseness (<1%) from materials of ultra-high purity (impurities in ppbs only).**
2. **Fiber preparation in two steps : preform preparation and fiber drawing. (M)CVD technique (preform) makes possible to prepare multilayered tailored structures of suitable level of purity.**
3. **Fibers conventional (passive) and specialty (active).**
4. **Research of optical fibers (CR) :**



# Literatura

- **J. M. Senior** : *Optical fiber communications - Principle and practise*, Pearson Education Limited, Harlow, England, 2009.
- **A. Mendez, F.T. Morse** : *Specialty optical fibers handbook*, Elsevier Science & Technol, USA, 2006.
- **J. Schrofel, K. Novotný** : *Optické vlnovody*, SNTL, 1986
- **Saaleh**, *Fotonika* (1 - 4), Matfyzpres
- **S. R. Nagel, J. B. McChesney, K. L. Walker** : An overview of the **MCVD** process and performance, IEEE J. Quantum Electron. QE-18 (1982) 459-477
- Československý časopis pro fyziku 1/2010, 4-5/2010, 1/2011
- Jemná mechanika a optika 55 (2010)
- Sdělovací technika 3/2011