

# **INTEGROVANÁ OPTIKA: MODERNÍ FOTONICKÉ VLNOVODNÉ STRUKTURY**

(2015-2016)

**Jiří Čtyrský**

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

[ctyrosky@ufe.cz](mailto:ctyrosky@ufe.cz)

## **Osnova**

1. Příklady součástek a struktur integrované optiky
2. Základy teorie planárních a kanálkových vlnovodů
3. Vyzařování z ohybů, vlastní vidy zakřivených vlnovodů.
4. Metody analýzy složitějších vlnovodných struktur
5. Některé významné technologie
6. Zajímavé vlnovodné součástky
7. Mikrorezonátory, křemíková fotonika,  
fotonické krystaly, plazmonika

## Integrovaná optika

### Anotace:

Základní součástky a struktury integrované optiky pro aplikace zejména v optickém sdělování; fyzikální principy jejich funkce; základy teorie, numerického modelování a technologie přípravy.

### Osnova přednášky:

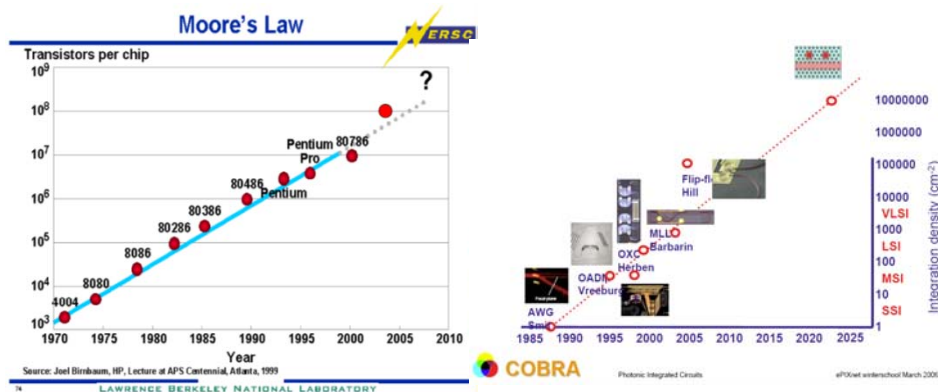
- Úvod. Elektromagnetická teorie planárních a kanálkových vlnodů. Metody výpočtu vlastních vidů. Vyzařování z ohybů. Vlastní vidy zakřiveného vlnovodu.
- Metody „šíření optického svazku“. metoda Fourierovy transformace, metoda rozkladu ve vlastní vidy. Komerční programové soubory.
- Úvod do technologie integrované fotoniky. Skla,  $\text{LiNbO}_3$ , polovodiče  $\text{A}_3\text{B}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ , SOI.
- Metody charakterizace vlnovodných struktur. Vazební hranol a mřížka, vidová spektroskopie. Měření rozložení pole a útlumu ve vlnovodech, grupový index lomu. Využití mikroskopu skanujícího blízkého pole
- Stručný přehled fyzikálních jevů využívaných v integrované fotonice. Termooptické, elektrooptické, akustooptické a nelineární optické jevy, Franzův-Keldyšův jev, jevy v kvantově ohraničených strukturách.
- Pasivní struktury integrované optiky (děliče výkonu, oddělovače polarizace, spektrální de/multiplexory). Dynamické struktury – modulátory, laditelné filtry, konvertory polarizace.
- Struktury s velkým kontrastem indexu lomu, křemíková fotonika, vlnovodné struktury s mikrozónátory.
- Základy teorie fotonických krystalů, vlnovody a mikrozónátory ve fotonických krystalech. Základy „plazmoniky“.

### Literatura:

T. Tamir, ed.: Guided-wave optoelectronics, Springer, 1988  
 D. L. Lee: Electromagnetic Principles of Integrated Optics, John Wiley & Sons, 1986.  
 E.J.Murphy, ed.: Integrated optical circuits and components, Dekker, New York 1999.  
 B. E. A. Saleh, M. C. Teich, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons, 1991.  
 J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N.Winn, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. Princeton University Press, Princeton, 1995 (a další)  
 G. Lifante: Integrated Photonics: Fundamentals, John Wiley & Sons, 2003.  
 K. Okamoto: Fundamentals of Optical Waveguides, Academic Press, 2005.  
 Články v časopisech *Nature Photonics*, *Optics Express*, *Optics Letters*, *J. Lightwave Technol.*, *IEEE Photon. Tech. Lett.* aj.  
<http://www.ufe.cz/cs/fifi>

UFE

## Hustota elektronické × fotonické integrace



Elektronická integrace:  
 $\sim 10^6$  tranzistorů/ $\text{mm}^2$

Fotonická integrace:  
 $\sim 10^2$  elementů/ $\text{mm}^2$

UFE

## Nejvýznamnější oblasti aplikací:

### 1. Optické komunikace

(externí modulátory; spektrální a časové de/multiplexory, „prostorové“ přepínače, filtry, laditelné lasery, konvertory vlnových délek, prvky pro kompenzaci disperze, prvky pro řízení polarizace, ...)

### 2. Informační technologie

(optické spoje mezi počítači, mezi deskami počítače, mezi procesory, uvnitř procesoru, ...)

### 3. Optické senzory

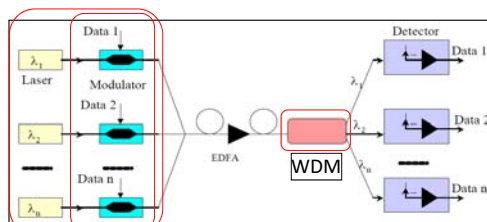
(IO čipy pro optický vláknový gyroskop; senzory fyzikálních, veličin, chemické senzory, biosenzory, ...)

### 4. Zpracování signálů, mikrovlnné aplikace, ...

(spektrální analýza radarových signálů, fázování anténních řad, generování mm vln, ...)

UFE

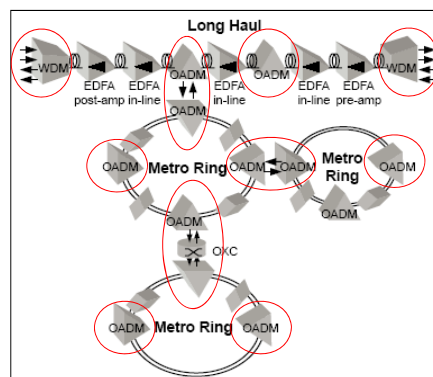
## Aplikace v telekomunikacích



WDM – spektrální de/multiplexor

OADM – začleňovací a vyčleňovací demultiplexor

OXC – optický přepínač



UFE