

INTEGROVANÁ OPTIKA: MODERNÍ FOTONICKÉ VLNOVODNÉ STRUKTURY

Jiří Čtyrský

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

ctyroky@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 vlnovodů. 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, LiNbO_3 , polovodiče A_3B_5 , 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 mikrorezonátory.
- Základy teorie fotonických krystalů, vlnovody a mikrorezonátory 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)

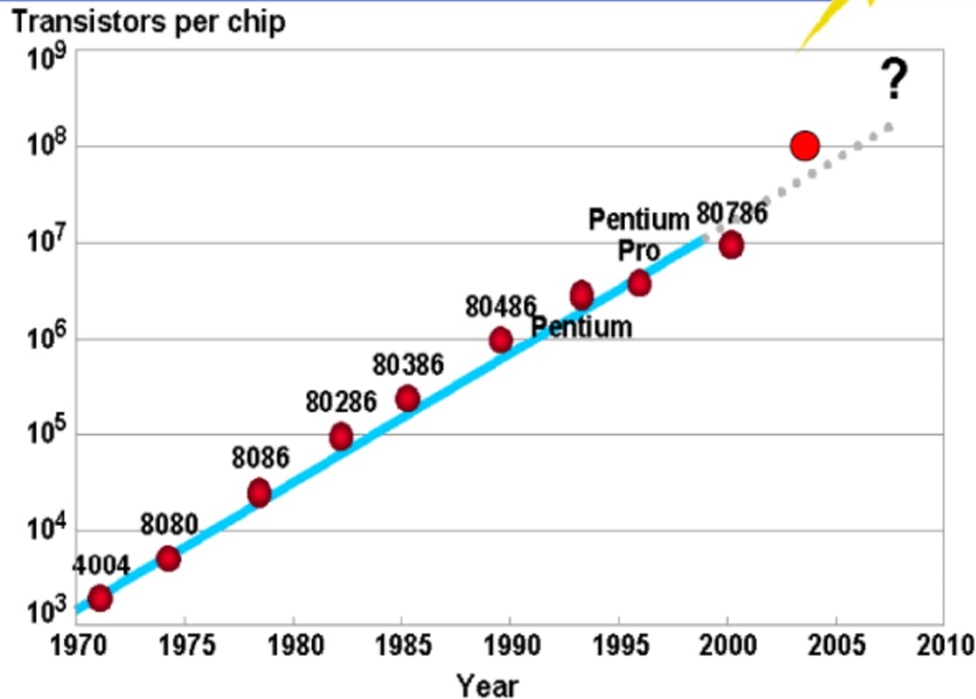
G. Lifante: Integrated Photonics: Fundamentals, John Wiley & Sons, 2003.

K. Okamoto: Fundamentals of Optical Waveguides, Academic Press, 2005.

Cheben, P., Halir, R., Schmid, J.H., Atwater, H.A., Smith, D.R.: Subwavelength integrated photonics. *Nature* 560, 565–572 (2018). Články v *Nature Photonics*, *Optics Express*, *Optics Letters*, *J. Lightwave Technol.*, *IEEE Photon. Tech. Lett.* aj.

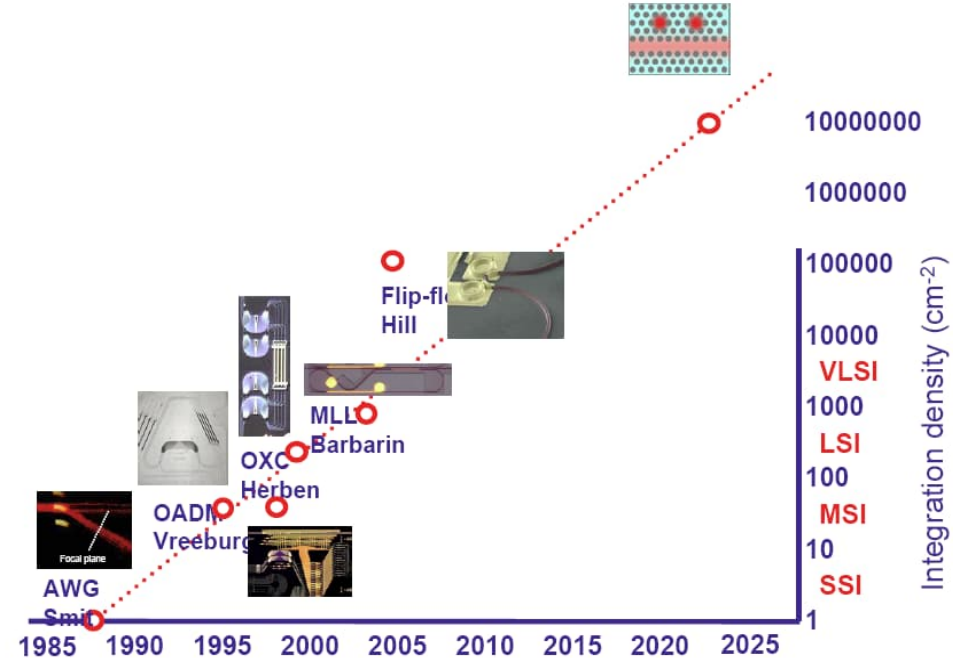
Hustota elektronické × fotonické integrace

Moore's Law



Source: Joel Birnbaum, HP, Lecture at APS Centennial, Atlanta, 1999

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY



Photonic Integrated Circuits

ePIXnet winterschool March 2006

Elektronická integrace:
~ 10⁶ tranzistorů/mm²

Fotonická integrace:
~ 10² elementů/mm²

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, ...)

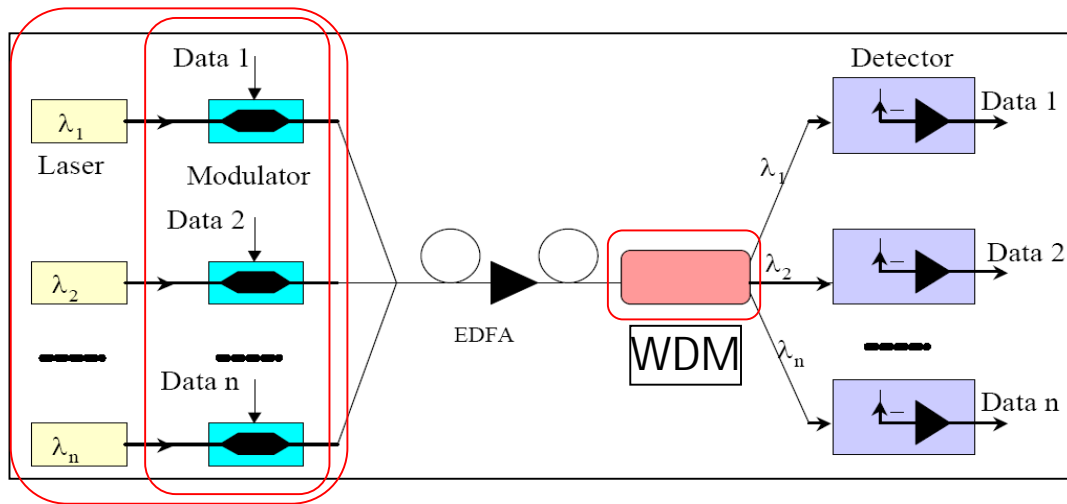
3. Optické senzory

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

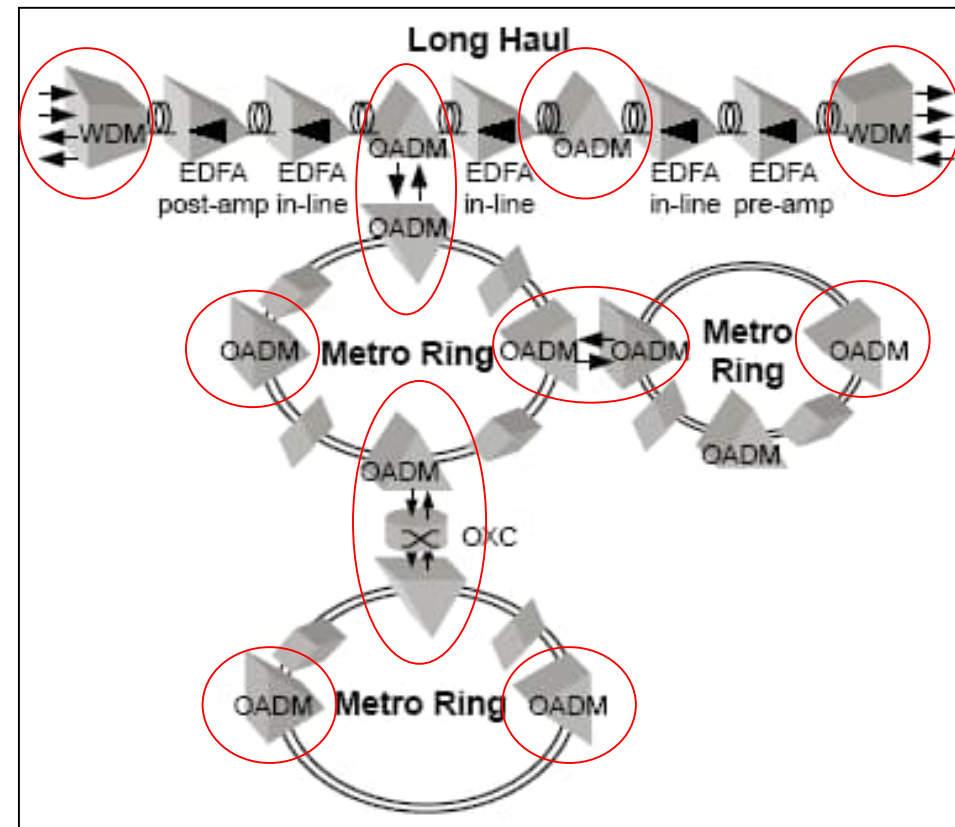
4. Zpracování signálů, mikrovlnné aplikace, ...

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

Aplikace v telekomunikacích



- WDM – spektrální de/multiplexor
- OADM – začleňovací a vyčleňovací demultiplexor
- OXC - optický přepínač



POČÁTKY INTEGROVANÉ OPTIKY

THE BELL SYSTEM TECHNICAL JOURNAL

DEVOTED TO THE SCIENTIFIC AND ENGINEERING
ASPECTS OF ELECTRICAL COMMUNICATION

Volume 48

September 1969

Number 7

Copyright © 1969, American Telephone and Telegraph Company

Integrated Optics: An Introduction

By STEWART E. MILLER

(Manuscript received January 29, 1969)

This paper outlines a proposal for a miniature form of laser beam circuitry. Index of refraction changes of the order of 10^{-2} or 10^{-3} in a substrate such as glass allow guided laser beams of width near 10 microns. Photolithographic techniques may permit simultaneous construction of complex circuit patterns. This paper also indicates possible miniature forms for a laser, modulator, and hybrids. If realized, this new art would facilitate isolating the laser circuit assembly from thermal, mechanical, and acoustic ambient changes through small overall size; economy should ultimately result.

ZÁKLADNÍ SOUČÁSTKY

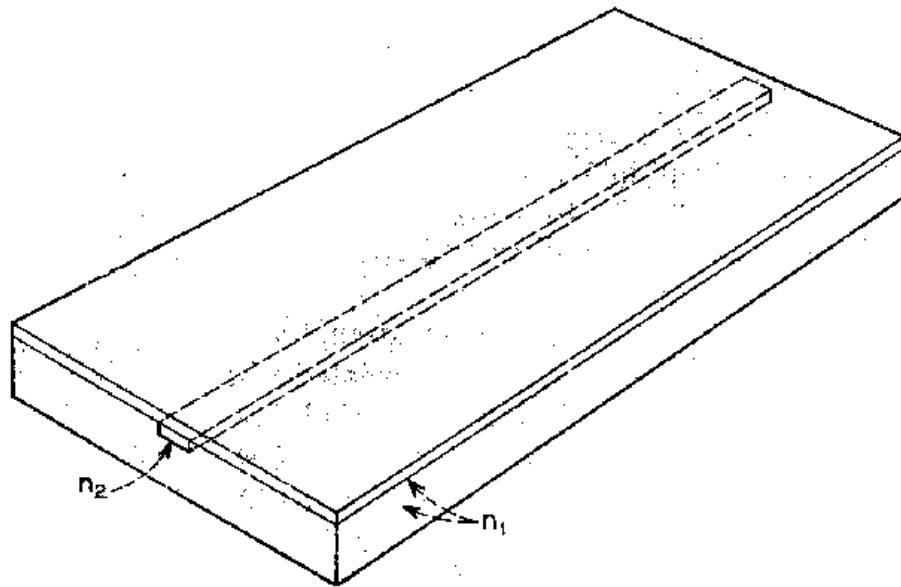


Fig. 2 — Planar waveguide formed using photolithographic techniques.

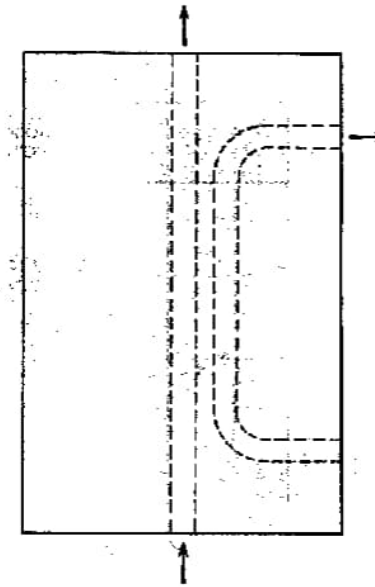


Fig. 6 — Directional coupler type hybrid.

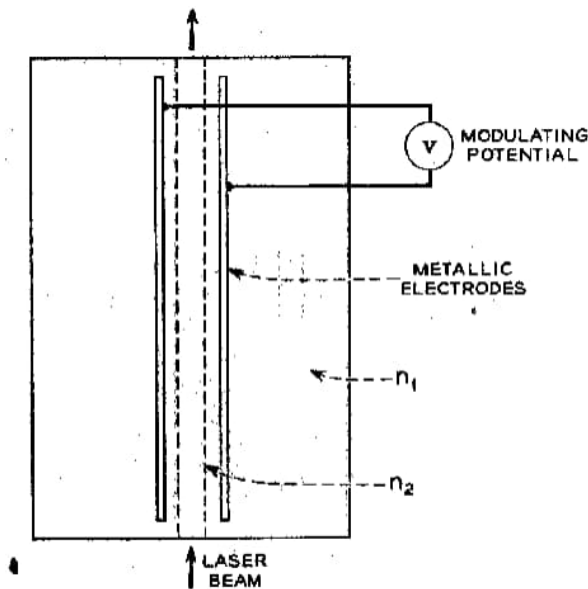


Fig. 5 — Phase modulator.

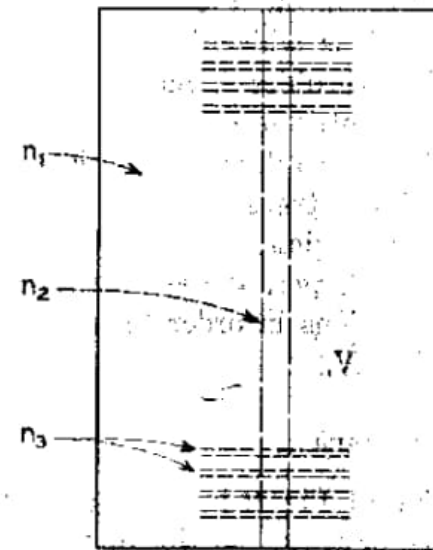


Fig. 3 — Resonator using planar waveguide.

Bends in Optical Dielectric Guides

By E. A. J. MARCATILI

(Manuscript received March 3, 1969)

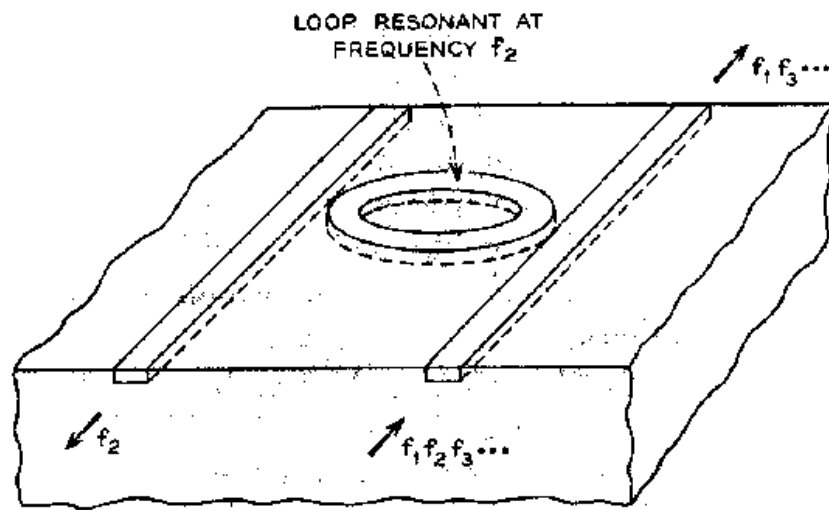


Fig. 1 — Channel dropping filter (ring type).

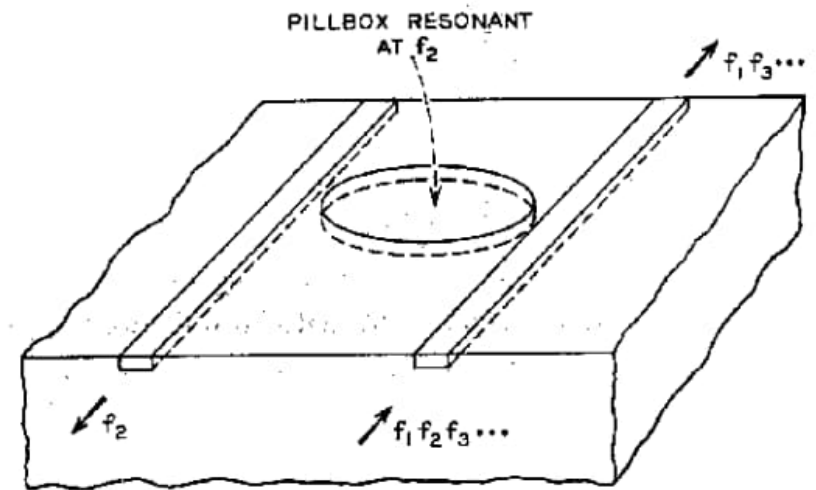


Fig. 12 — Channel dropping filter (pillbox type).