

Optická vlákna a práce s nimi

Ing. Pavel Schlitter
místnost č. 619, 605
tel.: 2435 2102, 2095

Výhody komunikace s použitím optického vlákna

- Enormní šířka pásma
- Malé rozměry a hmotnost
- Elektrická izolace
- Odolnost proti elektromagnetické interferenci a přeslechům
- Bezpečnost přenosu optického signálu
- Nízké ztráty při přenosu

©PS

2

Výhody komunikace s použitím optického vlákna

- Hutnost a flexibilita
- Systémová spolehlivost a jednoznačnost údržby
- Potenciální malé náklady

©PS

3

Enormní šířka pásma

- Optická nosná 10^{13} - 10^{16} Hz, což umožňuje využívat širší přenosová pásma ve srovnání s koaxiálním párem a radiotechnikou
- Dnes se využívají jednokanálové přenosové systémy s 2,5 Gbit/s, či dokonce 10 Gbit/s
- budoucnost je ve WDM (Wavelength Division Multiplexing) - vlnový multiplex

©PS

4

Malé rozměry a váha

- Optická vlákna mají mnohem menší rozměry a hmotnost v porovnání s metalickými páry => snazší zacházení a práce

©PS

5

Elektrická izolace

- Materiály pro výrobu optických vláken jsou dielektrika
- Použití v elektricky hazardních prostředích
- Nemá problém s elektrickým přizpůsobením

©PS

6

Optická vlákna a práce s nimi

Odolnost proti elektromagnetické interferenci a přeslechům

- Neexistuje přeslech mezi jednotlivými vlákny kabelu => možnost využívání optického kabelu v silně rušeném elektromagnetickém prostředí

©PS

7

Bezpečnost přenosu optického signálu

- Optické vlákno nevyzařuje světlo do okolí
- Při vyvázání optického signálu dojde ke snížení přenášeného výkonu => detekce v koncovém zařízení
- Využití zvláště pro bankovníctví, armádu, atd.

©PS

8

Nízké ztráty při přenosu

- Díky vývoji se dnes útlum optických vláken pohybuje v desetinách dB/km
- Umožnění velkých vzdáleností mezi opakovači

©PS

9

Hutnost a flexibilita

- Optická vlákna mají velkou pevnost v tahu, je možné je relativně dobře ohýbat a zkrucovat
- Snadná manipulace, transport a práce s optickými vlákny

©PS

10

Systémová spolehlivost a jednoznačnost údržby

- Malý útlum => delší opakovací úseky => menší počet opakovačů nebo zesilovačů => větší spolehlivost

©PS

11

Potenciální malé náklady

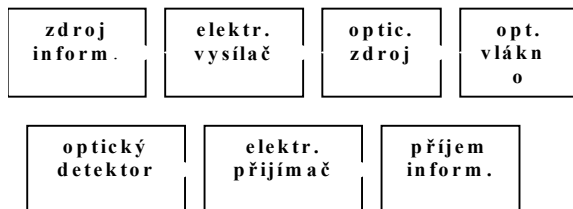
- Dokonale zvládnuta technologie výroby
- Pro výrobu nejsou využívány strategické suroviny
- Poměrně nákladné ostatní optické komponenty

©PS

12

Optická vlákna a práce s nimi

Blokové schéma optoelektrického systému s optickým vláknem



©PS

13

Blokové schéma optoelektrického systému s optickým vláknem

- Elektrický vysílač: elektrický stupeň pro buzení optického zdroje
- Optický zdroj: elektricko-optická přeměna (LED, LD)
- Optické vlákno: optické vlákno, optický kabel
- Optický detektor: PN, PIN, APD, PIN-FET detektor

©PS

14

Blokové schéma optoelektrického systému s optickým vláknem

- Elektrický přijímač: elektrický stupeň buzený detektorem

©PS

15

Ve vláknové optice se využívají tři přenosová okna

- 850 nm - mnohavidová vlákna
- 1300 nm - mnohavidová vlákna (1310 nm - jednovidová vlákna)
- 1550 nm - jednovidová vlákna

©PS

16

Základní parametry a pojmy

- Útlum optických vláken
- Disperze v optických vláknech
- Numerická apertura

©PS

17

Útlum optických vláken

- $\alpha = \alpha_A + \alpha_R + \alpha_N + \alpha_{MO} + \alpha_O$ [dB/km]
- α_A absorpce
- α_R Rayleighův rozptyl
- α_N rozptyl na makroskopických neregularitách
- α_{MO} rozptyl na mikroohybech
- α_O rozptyl na makroohybech

©PS

18

Optická vlákna a práce s nimi

Disperze v optických vláknech

- Disperze je příčinou zkreslení přenášeného signálu
- Dochází ke zpoždování a rozšiřování impulzů a změně jejich tvaru
- Druhy disperze:
 - materiálová - $n = f(?)$
 - vlnovodná - $v_{sk} = f(?)$

©PS

19

Disperze v optických vláknech

- chromatická – společné označení pro materiálovou a vlnovodnou disperzi
- polarizační vidová - rozdílná rychlost šíření navzájem kolmých složek téhož vidu
- vidová - pouze u mnohavidových vláken - rozdílná doba šíření jednotlivých vidů vláknem

©PS

20

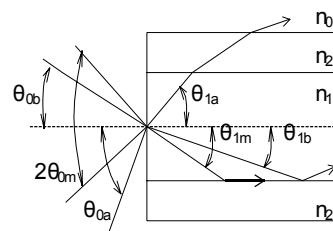
Numerická apertura

- Podmínka pro vedení vln ve vlnovodu je totální odraz paprsku na rozhraní jádro/plášť

©PS

21

Numerická apertura



©PS

22

Numerická apertura

- $NA = \sin \theta_{0m} = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2}$ [-]
- Zavedeme-li $\Delta = (n_1 - n_2)/n_1$ [-]
- Pak $NA = n_1 (\Delta)^{1/2}$ [-]

©PS

23

Vláknové optické vlnovody

- Mnohovidové (Multimode, MM)
 - se skokovou změnou indexu lomu (Step Index, SI)
 - s gradientní změnou indexu lomu (Graded Index, GI)
- Jednovidové (Singlemode, SM)

©PS

24

Optická vlákna a práce s nimi

Mnohovidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu

- Průměr jádra 50 μm nebo 62,5 μm
- Průměr pláště 125 μm
- Značíme 50/125 μm nebo 62,5/125 μm
- Průměr primární ochrany 250 μm
- Útlum 5 až 10 dB/km
- Šířka pásma 50 až 100 MHz.km

©PS

25

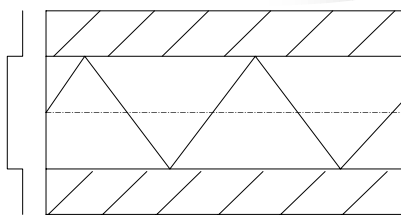
Mnohovidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu

- $NA = 0,2$ (50/125 μm) a $NA = 0,275$ (62,5/125 μm)
- Index lomu jádra n_1
- Index lomu pláště n_2
- $n_1 > n_2$
- Trajektorie paprsků - lomené úsečky

©PS

26

Mnohovidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu



©PS

27

Mnohovidová vlákna s gradientní změnou indexu lomu

- Průměr jádra 50 μm nebo 62,5 μm
- Průměr pláště 125 μm
- Značíme 50/125 μm nebo 62,5/125 μm
- Průměr primární ochrany 250 μm
- Útlum 0,8 až 5 dB/km
- Šířka pásma 0,4 až 1,5 GHz.km

©PS

28

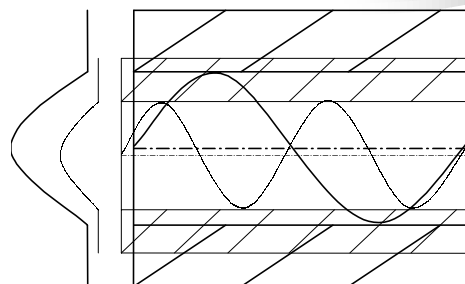
Mnohovidová vlákna s gradientní změnou indexu lomu

- $NA = 0,2$ (50/125 μm) a $NA = 0,275$ (62,5/125 μm)
- Index lomu jádra n_1
- Index lomu pláště n_2
- $n_1 > n_2$
- Trajektorie paprsků - zakřivení odpovídá sinu, což umožňuje dosažení větší šířky pásma

©PS

29

Mnohovidová vlákna s gradientní změnou indexu lomu



©PS

30

Optická vlákna a práce s nimi

Jednovidová vlákna

- Průměr jádra 4 až 8 μm
- Průměr pláště 125 μm
- Průměr primární ochrany 250 μm
- Útlum 0,35 dB/km při 1310 nm
a 0,23 dB/km při 1550 nm
- Šířka pásma 100 GHz.km

©PS

31

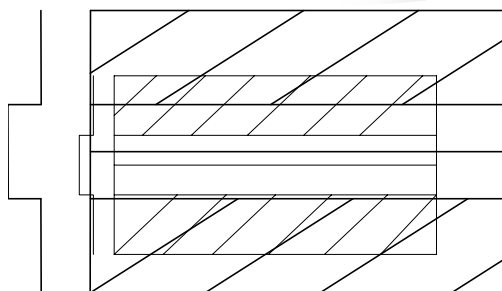
Jednovidová vlákna

- $\text{NA} = 0,12$ až $0,13$
- Index lomu jádra n_1
- Index lomu pláště n_2
- $n_1 > n_2$
- Šíří se pouze jediný paprsek - osový

©PS

32

Jednovidová vlákna



©PS

33

Výhody jednovidových vláken oproti mnohovidovým

- Menší útlum
- Menší disperze
- Přenos na delší vzdálenosti
- Větší šířka přenosového pásma

©PS

34

Výhody mnohovidových vláken oproti jednovidovým

- Větší hodnota $\text{NA} \Rightarrow$ snadnější navazování světla do vlákna
- Možnost budit pomocí LED
- Snadnější spojování vláken

©PS

35

Výroba optických vláken

- Vytvoří se preforma - tyčinka z SiO_2 s příměsemi – např. 1 m dlouhá a např. 15 mm v průměru
- Tažení z preformy - zahřívání plamenem
- Zpětná kontrola
- Opatřování ochrannými vrstvami
- Navíjení na bubny

©PS

36

Optická vlákna a práce s nimi

Optické kabely

- Skládají se až ze 144 optických vláken
- Nejčastější počty vláken jsou: 6, 8, 12, 16, 24, 36, 48, 64, 96, 120, 144
- Nutná ochrana proti vlhkosti - gely
- Ochrana proti mechanickému poškození - tuhá ochrana, pokládka do ochranných trubek, ochrana kevlarom - proti brokům

©PS

37

Optické kabely

- Výrobní délky nejčastěji 2, 4 nebo 6 km
- Spojování v kabelových spojkách - nutná ochrana proti vlhkosti a dalším vlivům
- V každé kabelové spojce je nutné spojit všechna vlákna - nejčastěji svařením pomocí svářečky optických vláken
- Další možnost spojení vláken je konektory

©PS

38

Optické kabely - možnosti instalace

- Kombinovaná zemní lana - na stožárech vvn - energetika
- Ochranné trubky v zemi - nejčastěji
 - zafukování - kompresory - max. 1 km
 - zatahování - vnitřní strana trubky musí klouzat - nebezpečí mechanického poškození

©PS

39

Literatura a další informace

- Schlitter, M.: Telekomunikační vedení. Doplnkové skriptum, ČVUT 1988
- Sýkora, J.: Přednášky z Telekomunikačního vedení, zimní semestr 2000/2001
- Boháč, L.: Přednášky z Optických komunikací
- Schlitter, P.: veškeré dílo

©PS

40