

# Cvičenia 04/12

**doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.**

**Ústav telekomunikácií**

**FEI STU Bratislava**

# Chromatická disperzia

Rýchlosť, ktorou sa impulzy optického žiarenia šíria pozdĺž vlákna, závisí od vlnovej dĺžky žiarenia. Takto sa rôzne vlnové dĺžky, ktoré obsahuje optický impulz, dostanú na koniec vlákna v rôznom čase napriek tomu, že sa môžu šíriť po rovnakej dráhe, ako je to v prípade jednomódového vlákna. Výsledkom je rozšírenie impulzu počas jeho šírenia vo vlákne. Príčina rozšírenia impulzu sa nazýva **chromatická disperzia** (intramódová, prípadne spektrálna).

# Materiálová disperzia

***Materiálová disperzia***  $D_{MAT}$  tvorí základnú zložku chromatickej disperzie. Je zapríčinená závislosťou indexu lomu od vlnovej dĺžky optického žiarenia. Praktické zdroje optického výkonu nevysielaajú monochromatické žiarenie, ale žiarenie s určitou spektrálnou šírkou. Jednotlivé vlnové dĺžky z tohto spektra sa šíria rozličnými rýchlosťami, čím sa zväčšuje šírka impulzov šírením sa po vlákne. Rozšírenie impulzov je úmerné spektrálnej šírke impulzu.

# Materiálová disperzia

$$D_{MAT} = -\frac{1}{L} \frac{dt_g}{d\lambda} \quad [ps / (nm \cdot km)]$$

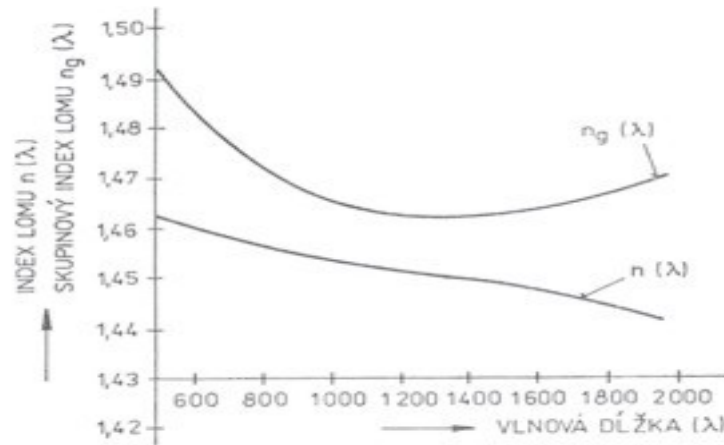
Nulová materiálová disperzia  $D_{MAT}$  pre  $\text{SiO}_2$  je na vlnovej dĺžke 1280 nm. Pridaním prímiesí možno do určitej miery posunúť nulovú disperziu len smerom do vyšších vlnových dĺžok.

Rozšírenie impulzu  $\Delta t_{MAT}$  vplyvom  $D_{MAT}$  je možné vypočítať nasledovne

$$\Delta t_{MAT} = D_{MAT} \cdot \Delta\lambda \cdot L$$

kde  $\Delta\lambda$  je spektrálna šírka zdroja [nm] a  $L$  je dĺžka vlákna [km].

# Materiálová disperzia



Záporná hodnota disperzie informuje, že sa nachádzame vľavo od nulovej disperzie. V tomto prípade zložky spektra s väčšou vlnovou dĺžkou sú rýchlejšie a predbiehajú zložky s nižšou vlnovou dĺžkou.

Na výpočet rozšírenia impulzu sa použije absolútna hodnota disperzie.

# Vlnovodová disperzia

**Vlnovodová disperzia**  $D_V$  je súčasťou chromatickej disperzie. Priemer módového poľa narastá so zväčšujúcou sa vlnovou dĺžkou žiarenia. Plášťom vlákna sa môže šíriť tým viac energie, čím je väčšia vlnová dĺžka žiarenia. Vlnovodová disperzia  $D_V$  sa definuje na jednotku dĺžky ako zmena skupinovej rýchlosti šírenia na zmenu vlnovej dĺžky.

Typická hodnota  $D_V$  pre jednomódové konvenčné vlákno pri vlnovej dĺžke 1300 nm je 2 ps/(nm.km).

# Vlnodová disperzia

Pretože sa hodnota vlnodovej disperzie  $D_V$  pripočítava k hodnote materiálnej disperzie  $D_{MAT}$ , jej praktickým dôsledkom je posunutie bodu nulovej hodnoty chromatickej disperzie  $D_{CH}$  doprava na vyššiu vlnovú dĺžku.

Posunúť bod nulovej disperzie  $D_{CH}$  doľava nie je možné.

# Profilová disperzia

**Profilová disperzia  $D_P$**  - na rozdiel od vlnovodovej disperzie nie sú závislosti zmien indexov lomu plášťa a jadra od vlnovej dĺžky rovnaké.

## Hierarchia disperzií a spôsob ich sčítania

$$D_{CH} = D_{MAT} + D_V + D_P$$

$$\Delta t_{CH} = \Delta t_{MAT} + \Delta t_V + \Delta t_P$$

$$D = D_M + D_{CH}$$

$$\Delta t^2 = \Delta t_M^2 + \Delta t_{CH}^2$$



# OPTICKÁ A ELEKTRICKÁ ŠÍRKA PÁSMA OPTICKÝCH VLÁKIEN

Všeobecnú závislosť šírky pásma možno matematicky vyjadriť takto

$$H = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} = 3 \cdot \left( \frac{f}{B} \right)^2$$

kde ***H*** je prenosová funkcia, ***P1*** je výkon nemodulovaného signálu v mieste merania, ***P2*** je výkon modulovaného signálu v mieste merania, ***f*** je modulačná frekvencia a ***B*** je šírka prenášaného pásma.

# OPTICKÁ A ELEKTRICKÁ ŠÍRKA PÁSMA OPTICKÝCH VLÁKIEN

Pod optickou šírkou prenášaného pásma optického vlákna sa rozumie modulačná frekvencia, pri ktorej nastáva na konci vlákna pokles výkonu o 3 dB pod hodnotu tlmenia optického vlákna.

Optická šírka prenášaného pásma sa nesmie zameniť s elektrickou šírkou prenášaného pásma vlákna. Problémy vznikajú preto, že optické žiarenie vo fotodetektoroch premieňa optický výkon na elektrický prúd a nie na elektrický výkon. Dôsledkom toho ***optická a elektrická šírka***

# OPTICKÁ A ELEKTRICKÁ ŠÍRKA PÁSMA OPTICKÝCH VLÁKIEN

Pre vzájomnú závislosť medzi optickou a elektrickou šírkou pásma možno odvodiť nasledovný vzťah

t.j. optická šírka pásma je približne ako elektrická šírka pásma nameraná na detektore optického žiarenia alebo opačne, elektrická šírka pásma je približne optickej šírky pásma.

# OPTICKÁ A ELEKTRICKÁ ŠÍRKA PÁSMO OPTICKÝCH VLÁKIEN

Šírkou pásma sa rozumie , pri ktorej sa  
amplitúda impulzu svojej  
pôvodnej hodnoty.

V tomto prípade treba najprv určiť podľa vzťahu

$$\Delta t = \sqrt{\Delta t_2^2 - \Delta t_1^2}$$

$$\Delta t = \sqrt{\Delta t_M^2 + \Delta t_{CH}^2}$$

Potom platí vzťah

$$B_{opt} = \frac{0,44}{\Delta t}$$

Ak je v [ns], optická šírka pásma je v [GHz].

# Závislosť šírky prenášaného pásma od dĺžky optického vlákna

Závislosť šírky pásma vlákna od dĺžky vlákna sa môže aproximovať pomocou podľa vzťahu

$$b = B \cdot L^\gamma = \text{konšt.} \quad \frac{B_1}{B_S} = \left( \frac{L_S}{L_1} \right)^\gamma$$

kde  $B$  [MHz] je šírka pásma vo vzdialenosti  $L$  [km],  $B_1$  je požadovaná šírka pásma pre prenosový systém s celkovou dĺžkou opakovacieho úseku  $L_1$ .

Na začiatku vlákna  $B$  a pre veľké dĺžky  $B$ .

# Závislosť šírky prenášaného pásma od dĺžky optického vlákna

Voľba  $\gamma$  závisí od kvality vlákna – pre menej kvalitné vlákno treba voliť bližšie k 0,5 a pre kvalitné vlákno bližšie k 1.

Čím je vlákno menej kvalitné, tým skôr nastane ustálené rozloženie módov a opačne.

**dĺžkový faktor**

**faktor rozloženia módov**