

Cvičenia 09/12

doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.
ÚMIKT
FEI STU Bratislava

323_05 - Pedagogika - PRS - 30
Apríl 2019

DISPERZIA

Disperzia vlákna je limitujúcim faktorom prenosovej rýchlosti. Čím je disperzia väčšia, tým menšia prenosová rýchlosť sa môže na prenos použiť. Na celkovú disperziu vlákna prispievajú dva základné druhy fyzikálne odlišiteľných disperzií:

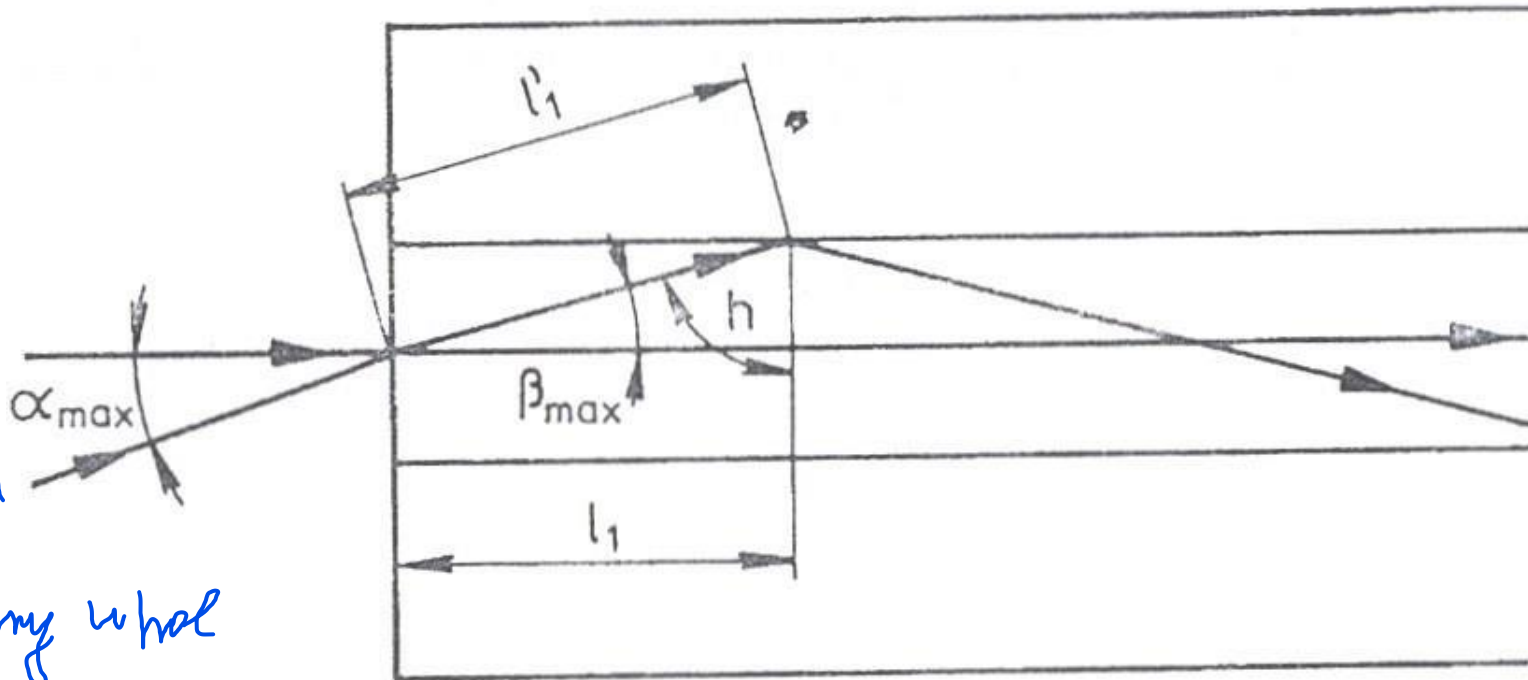
- **módová** (intermódová, mnohomódová),
- **chromatická** (intramódová, spektrálna).

Módová disperzia

Módová disperzia spôsobuje rozšírenie impulzu optického žiarenia vplyvom rozličných dráh módov v mnohomódovom vlákne. Pri teoretickom rozbere sa pritom predpokladá ideálny zdroj žiarenia, ktorý vysiela monochromatické žiarenie (jedna λ).

Mnohomódové vlákna sú charakterizované módovou disperziou najčastejšie v jednotkách [ns/km]. V prípade jednomódových vlákien je módová disperzia nulová.

Módová disperzia



maximálny uhol

$$\alpha_{\max} \neq \beta_{\max}$$

$$D_M = \frac{\Delta t_m}{L} \quad [ns/km] \quad 10^{-9} s$$

$$\Delta t_m = t_{\max} - t_{\min}$$

Módová disperzia

Módová disperzia D_M nastáva vplyvom rôzne dlhých dráh módov šíriacich sa vo vlákne. Najväčší rozdiel dráh je medzi módom pod kritickým uhlom h a osovým módom.

Rozšírenie impulzu Δt_M - rozdiel maximálneho a minimálneho času šírenia sa módu a po

nevyhnutných úpravách $L[\text{km}], c[\text{km/s}]$

$$m \in \langle 0, 1 \rangle$$

$m=1$ MM51 do 1 km
MM61 do 10 km

$$\Delta t_M = L^m \cdot \left(\frac{NA^2}{2n_r \cdot c} \right)$$

MM51 nad 1 km
 $m=0.5$ MM61 nad 10 km

NA - numerická apertúra
 n_r - index lomu jadra $n_r > 1$
 c - rýchlosť svetla

Chromatická disperzia

Chromatická disperzia zapríčiňuje rozšírenie impulzu tým, že nijaký skutočný zdroj optického žiarenia nevysiela len jednu vlnovú dĺžku, ale širšie alebo užšie spektrum vlnových dĺžok.

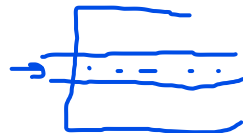
Módová disperzia

Disperzia SM vlákien je charakterizovaná len chromatickou disperziou v jednotkách [ns/(nm.km)] alebo častejšie v jednotkách [ps/(nm.km)].

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

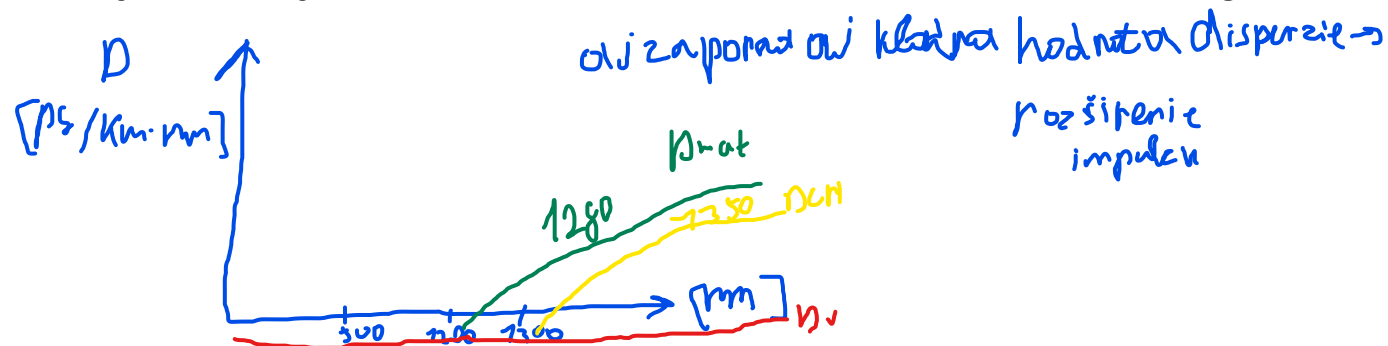
1 mód = 1 trasa \Rightarrow veľká vlnová dĺžka λ



Materiálová disperzia

chromatická disperzia (intramódová, prípadne spektrálna).

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 dĺžky z tohto spektra sa šíria rozličnými rýchlosťami, čím sa zväčšuje



Materiálová disperzia

šírka impulzov šírením po vlákne. Rozšírenie impulzov je úmerné spektrálnej šírke impulzu.

Nulová materiálová disperzia D_{MAT} pre 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 Δt_{MAT} vplyvom D_{MAT} je možné vypočítať nasledovne

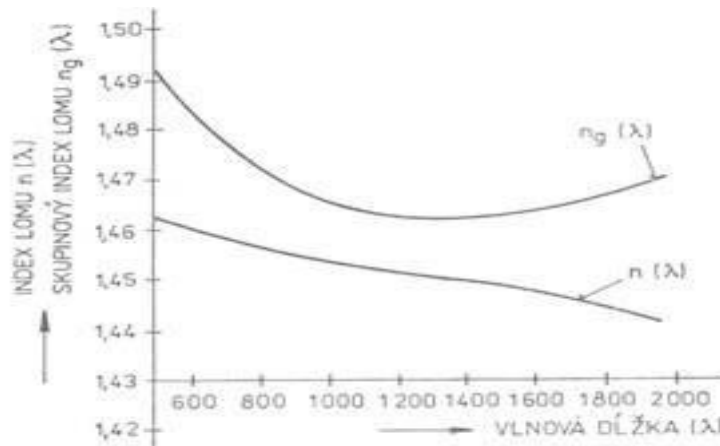
$$D_{MAT} = -\frac{1}{L} \frac{d\tau_g}{d\lambda} [\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{nm})]$$

$$\Delta t_{MAT} = D_{MAT} \cdot \Delta \lambda \cdot L [\text{ps}]$$

Materiálová disperzia

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

Ľuboš astislavóka



Záporná hodnota disperzie informuje, že sa nachádzame vľavo od nulovej disperzie. Teda v

Materiálová disperzia

tomto prípade zložky s vyššou ω sú rýchlejšie, predbiehajú zložky s nižšou ω .

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).

Vlnovodová disperzia

Pretože sa hodnota vlnovodovej disperzie D_V pripočítava k hodnote materiálovej 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

$$\begin{aligned} D_{CH} &= D_{nat} + D_v + D_p & D_c &= D_m + D_{CH} \\ \Delta t_{CH} &= \Delta t_{nat} + \Delta t_v + \Delta t_p & \Delta t_c &= \Delta t_m + \Delta t_{CH} \end{aligned}$$