

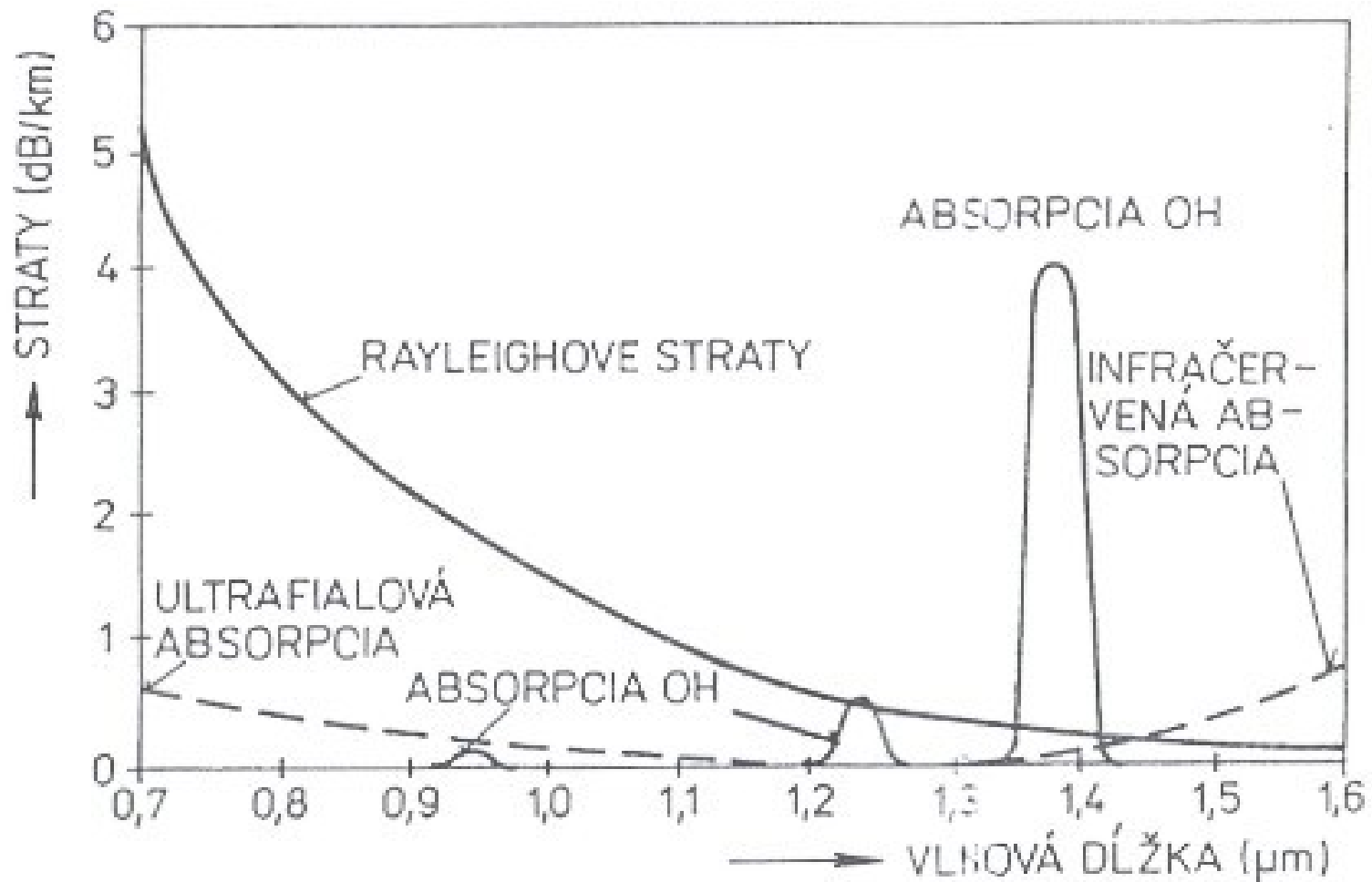
Cvičenia 03/12

doc. Ing. Rastislav RÓKA, PhD.

Katedra telekomunikácií

FEI STU Bratislava

TLMENIE



Rozptyl

Pod ***rozptylom optického žiarenia*** v optickom vlákne sa rozumie odchýlenie od zamýšľaného smeru žiarenia do odlišných smerov.

Existuje niekoľko druhov rozptylu optického žiarenia v celom optickom spektre, jeden však nemožno odstrániť - ***Rayleighov rozptyl***.

Zapríčiňujú ho náhodné malé zmeny hustoty materiálu v jadre vlákna na vzdialenosti okolo jednej desatiny vlnovej dĺžky žiarenia prenášaného vláknom.

Rozptyl

1.vlastnosť - žiarenie sa rozptyľuje na všetky smery rovnako.

2.vlastnosť - straty spôsobené týmto rozptylom sú nepriamo úmerné vlnovej dĺžke žiarenia podľa vzťahu

$$\alpha_s = \frac{R}{\lambda^4}$$

kde α_s je koeficient strát rozptylom, R je Rayleighov koeficient a λ je vlnová dĺžka prenášaného žiarenia.

V každom prípade Rayleighov rozptyl predstavuje bariéru tlmenia, ktorú nemožno prekonať. Udáva teda minimálne možné tlmenie vlákna.

Absorpcia

Pomocou mechanizmu **absorpcie** sa optické žiarenie zmení na tepelnú energiu, ktorá zahrieva vlákno.

Pod vlnovou dĺžkou 1300 nm sa objavuje tzv. **ultrafialová absorpcia** (jej príspevok k celkovým stratám vlákna je však zanedbateľný).

Pri vlnovej dĺžke vyše 1300 nm sa začína uplatňovať **infračervená absorpcia**, ktorá je zvlášť významná pri vlnovej dĺžke nad 1600 nm. Zabráňuje prenosu žiarenia s väčšími vlnovými dĺžkami vláknom.

Absorpcia

V súčasnej modernej výrobe optických vlákien v prakticky sterilnom prostredí zostávajú jediným znečisťovateľom **hydroxylové ióny (OH)**, ktoré kmitajú a tým spotrebúvajú energiu žiarenia a spôsobujú straty.

Hoci vlnová dĺžka 2730 nm je už nad pásmom prenosu, vyššie harmonické kmitania 950, 1240 a 1380 nm zasahujú aj do prenosového pásma vlnových dĺžok 700 až 1600 nm a pri vlnových dĺžkach spôsobujú nárast tlmenia vlákna už pri nízkych koncentráciách hydroxylových iónov.

Ohyb

Mikroohyb je zapríčinený náhodnými mikroskopickými odchýlkami od priamej menovitej polohy vlákna. Na rozdiel od MM vlákien, straty v SM vláknach závisia od vlnovej dĺžky žiarenia - straty sa zvyšujú s narastajúcou vlnovou dĺžkou.

Makroohyb je zakrivenie vlákna viditeľné voľným okom. V SM vlákne je vplyvom makroohybu základný mód čiastočne vyžiarený do plášťa. Pretože priemer módového poľa sa zväčšuje s vlnovou dĺžkou žiarenia, budú aj straty makroohybom prudko narastať s narastajúcou vlnovou dĺžkou optického žiarenia.

Koeficient tlmenie vlákna

Celkový koeficient tlmenia α sa vypočíta zo súčtu jednotlivých prispievateľov

$$\alpha = \alpha_s + \alpha_a + \alpha_b$$

Optický výkon

Ak sa do vlákna na jeho začiatku naviaže nejaký **optický výkon**, potom pozdĺž vlákna klesá exponenciálne a vo vzdialenosti bude

$$P_L = P_0 \cdot 10^{-\frac{\alpha \cdot L}{10}}$$

kde P_L je výkon vo vlákne vo vzdialenosti L [W], P_0 je výkon na začiatku vlákna [W], α je koeficient tlmenia vlákna [dB/km] a L je dĺžka vlákna [km].

Z rovnice môžeme vypočítať tlmenie vlákna vo vzdialenosti L

$$\alpha \cdot L = 10 \cdot \log \frac{P_0}{P_L}$$

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 druhy fyzikálne odlišiteľných disperzií:

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

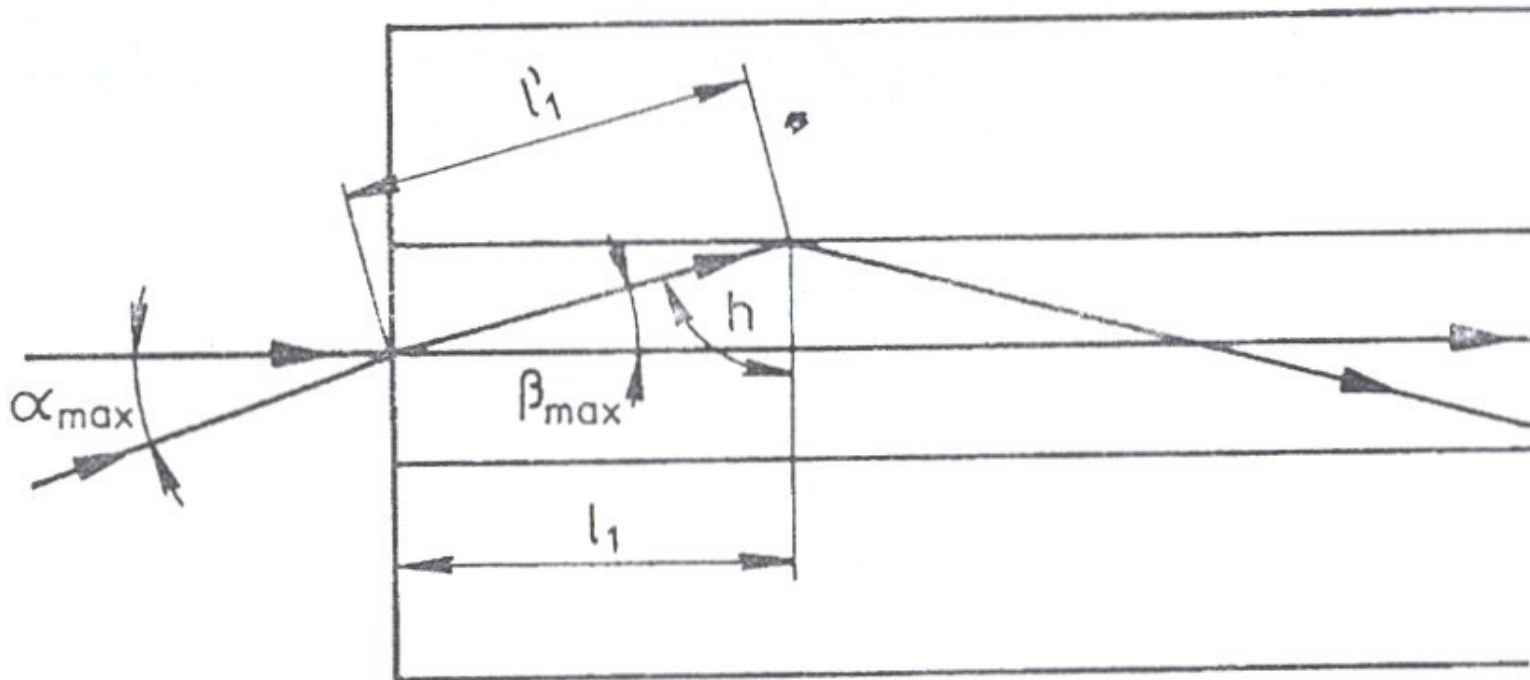
Chromatická disperzia sa ďalej rozdeľuje na materiálovú disperziu, vlnovodovú disperziu a profilovú disperziu.

Módová disperzia

Módová disperzia spôsobuje rozšírenie impulzu optického žiarenia vplyvom rozličných dráh módov v mnohomódovom vlákne. Pri teoretickom rozboře 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



$$D_M = \frac{\Delta t_M}{L} \quad [ns / km]$$

Módová disperzia

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

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

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

a po nevyhnutných úpravách

$$\Delta t_M = L^m \cdot \frac{NA^2}{2 \cdot n_1 \cdot c}$$

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

Módová disperzia

Odvođený vzťah predstavuje teoretickú hranicu rozšírenia impulzu. Hornú hranicu rozšírenia impulzu možno zaznamenať len na veľmi krátkych vláknach. Na dlhších vláknach sa vplyvom konverzie (premeny) módov rozšírenie impulzu oproti hornej teoretickej hranici zmenší. Dĺžka vlákna, pri ktorej sa dosiahne ustálené rozloženie módov, závisí od kvality samotného vlákna i od spôsobu vybudenia vlákna.

