

DALŠÍ VLASTNOSTI OPTICKÝCH VLÁKEN

- **VIDOVÁ DISPERZE V SI A GI VLÁKNECH**
- **OHYB VLÁKEN**

VIDOVÁ DISPERZE V SI A GI VLÁKNECH

SI vlákna

Přenos energie světlovodem se uvažuje tak, že každý paprsek přenáší jen určitou diferenciální část, a že dva sousední paprsky se liší o diferenciální úhel $d\vartheta$. Potom celková energie na výstupu světlovodu je dána sumou jednotlivých příspěvků. Je však zapotřebí brát v úvahu rozdílné doby šíření, vzhledem k rozdílným optickým drahám – vidová disperze.

Pro zpoždění osového paprsku platí $\tau_0 = \frac{L}{c} n_1$, kde L je délka světlovodu.

Zpoždění šikmého paprsku je $\tau = \frac{\tau_0}{\cos \vartheta}$

Rozdíl mezi zpožděním osového a kosého paprsku je tedy

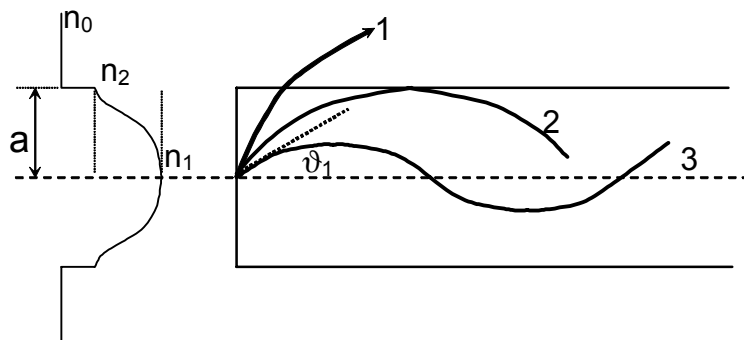
$$\Delta\tau_0 = \tau_0 \left(\frac{1}{\cos \vartheta} - 1 \right)$$

Tento rozdíl je maximální pro kritický (mezní) úhel dopadu, tj.,

$$\Delta\tau_c = \frac{L}{c} n_1 \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right)$$

Gradientní (GI) vlákna

Mnohem menší rozptyl grupového zpoždění τ_0 ve srovnání s SI vlákny mají gradientní světlovody, v nichž se index lomu mění spojitě od maximální hodnoty uprostřed k minimální na rozhraní s okolním prostředím. Na obrázku je znázorněn jednak průběh indexu lomu, jednak tři typické paprsky, které reprezentují vlny šířící se světlovodem.



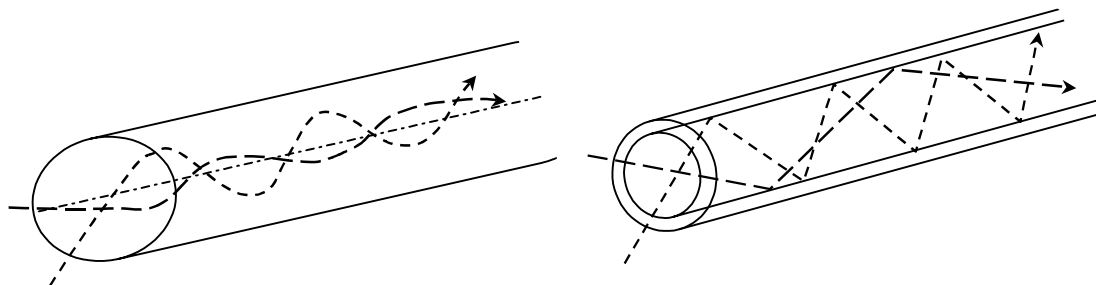
Gradientní světlovod

Vidovou strukturu mají pouze vlny, pro něž platí,

$\vartheta_1 < \arccos n_2 / n_1$ kde n_2 je minimální hodnota indexu lomu na rozhraní. Paprsek, který dosáhne **hranice** jádra se buď lomí zpět do jádra – lomený paprsek (je-li splněna podmínka pro totální odraz na rozhraní jádro – plášť $\arccos \frac{n_2}{n_1} < \vartheta_1 < \arccos \frac{n_0}{n_2}$) nebo projde do vnějšího prostoru – prostorový (vyzářený) paprsek $\vartheta_1 > \arccos \frac{n_0}{n_2}$.

Další vlastnosti optických vláken

Lomené a prostorové paprsky zhoršují přenosové vlastnosti. Snahou je budít především osově paprsky. To předpokládá užití takových zdrojů, které mají odpovídající vyzařovací směrové diagramy. Pro názornost je na obrázku naznačen průběh průchodu paprsků vláknem GI a SI.



*Průchod paprsků vláknem:
proměnný index lomu (GI*

vlákno s pláštěm (SI)

Snahou při konstrukci gradientního vláknového vlnovodu je zejména omezit vidovou disperzi, tj. dosáhnout toho, aby vyšší vidy šířící se vlnovodem pod úhlem ϑ blízkým k meznímu úhlu ϑ_c měly pokud možno shodnou konstantu šíření β s osovými vidy, u nichž $\vartheta \rightarrow 0$. Z tohoto požadavku vzešlo mnoho druhů profilů indexu lomu, jejichž chování vzhledem k přenosu signálu má své výhody i nevýhody. (exponenciální profil, profil $1/\cosh^2 r$, parabolický profil, ...)

Další vlastnosti optických vláken

Velmi dobré vlastnosti z tohoto hlediska má světlovod, jehož index lomu se mění parabolicky pro $r < a$ jako

$$n^2 = n_1^2 \left[1 - 2\Delta \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right], \text{ kde } \Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Díky prodloužení doby průchodu dochází k rozptylu grupového času (zpoždění nejpomalejšího a nejrychlejšího vidu při jednom kmitočtu – vidová disperze)

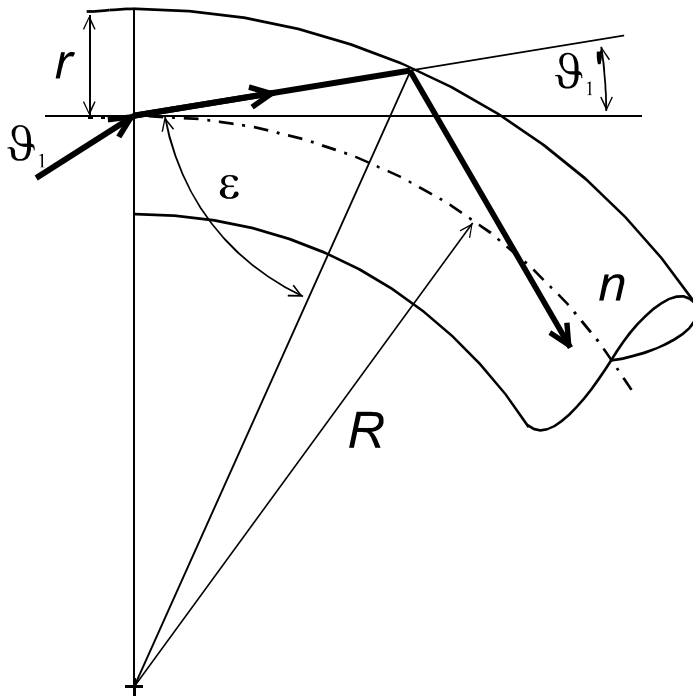
$$\Delta\tau_c = \frac{L}{2c} n_1 \left(1 - \frac{n_2}{n_1} \right)^2 - \text{GI}$$

$$\Delta\tau_c = \frac{L}{c} n_1 \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) - \text{SI}$$

Mnohem menší rozptyl $\Delta\tau_c$ (než v případě vláken SI) můžeme v tomto případě objasnit, budeme-li uvažovat rychlost vln pohybujících se podél paprsků. Paprsek, který leží v meridiánové rovině (viz. obr.), tj. paprsek 3 má v blízkosti osy menší rychlost, při vzdalování od osy jeho rychlost stoupá. (Střední rychlost paprsků, které svírají různé úhly ϑ s osou je potom přibližně stejná.)

Při stejné vlnové délce se šíří gradientním světlovodem polovina vidů ve srovnání s SI světlovodem.

OHYB VLÁKNA



Odvození poměrů v zakřiveném vlákně

Na rozhraní ohnutého vlákna dopadá paprskový svazek pod jiným úhlem než na rozhraní přímého. Podle obrázku je možné uvést následující vztahy:

$$\frac{\sin \varepsilon}{\sin(\vartheta_1' + 90^\circ)} = \frac{R}{R+r} \quad \left(\sin \varepsilon = \cos \vartheta_1' \frac{R}{R+r} \right)$$

Poněvadž $\frac{\sin \vartheta_1'}{\sin \vartheta_1} = n$ $\cos \vartheta_1' \geq \frac{1}{n}$, lze ukázat, že $\sin \varepsilon \geq \frac{1}{n}$

$$\frac{\sin \varepsilon}{\sin \vartheta_1' \cos 90^\circ + \cos \vartheta_1'} = \frac{R}{R+r} \quad \text{a po úpravách} \quad \frac{R}{r} \geq \frac{1}{\sqrt{n^2 - 1} - 1}$$

Poměr R/r závisí na indexu lomu vlákna podle tabulky:

n	1,31	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
R/r	∞	8,47	4,02	2,67	2,01	1,62	1,37