

Lysleder demoforsøg

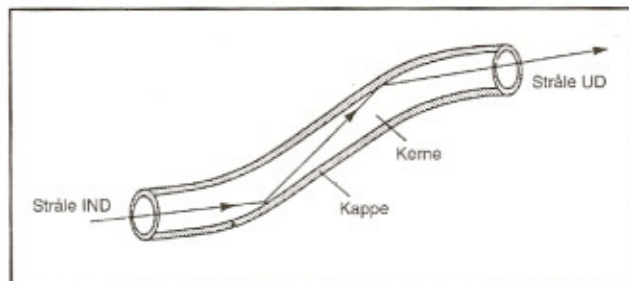
SolData Instruments

Lysleder demo R.wpd

BESKRIVELSE

I dag benyttes optiske fibre i mange teknologiske sammenhænge. De kan anvendes til overførelse af lyssignaler med informationer over kortere eller længere afstande. En enkelt optisk fiber er en glastråd med en meget lille (0,10 mm) diameter. En lyslederfiber kan overføre ca. 2000 telefonsamtaler eller to TV programmer.

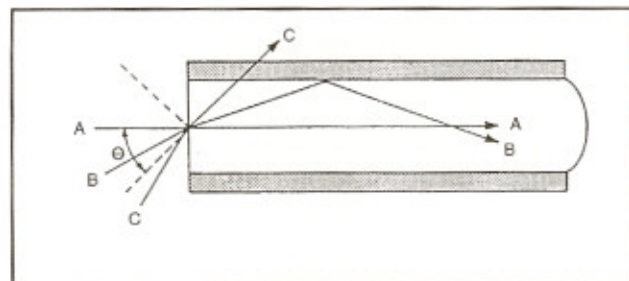
En lyslederfiber består normalt af to forskellige glasarter. I midten er der en *kjerne*, der har et højt brydningsindeks n_1 , med en *kappe*, der har et lavere brydningsindeks n_2 , udenom.



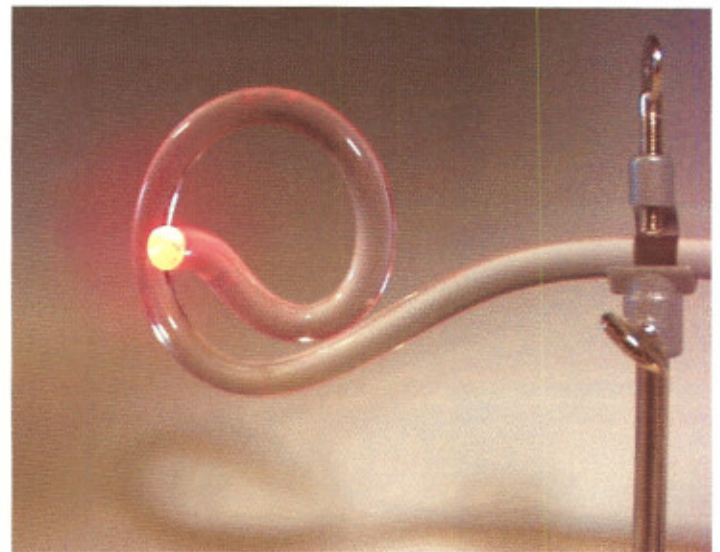
Lysets udbredelse gennem en optisk fiber sker ved totalreflektion pga. kappens lavere brydningsindeks.

Indre refleksion kan også ske, selv om den optiske fiber kun består af én bestemt glasart, men der opnås en række fordele ved at benytte kappen.

Undervejs i fiberen sker der en *dæmpning* af lyset. Normalt måles dæmpningen i decibel pr. kilometer (dB/km).



Den numeriske åbning (NA) er lig med sinus til den halve åbningsvinkel θ . Strålerne A og B transmitteres, men ikke C, der rammer overfladen med en vinkel større end den kritiske vinkel.



Opstil stangen på et stativ. Send en laserstråle ind gennem den ene ende, og læg mærke til de indre refleksioner fra stangens vægge..

Den numeriske åbning (*numerical aperture* = NA) er en meget vigtig egenskab, fordi den beskriver lyslederens evne til at opfange det indfaldende lys. Den numeriske åbning hænger sammen med den maksimale åbningsvinkel θ , og denne sammenhæng belyses i følgende afsnit.

TEORI

Betragt først overgangen fra omgivelserne med brydningsindeks n (oftest luft, hvor $n \approx 1,00$) gennem glasfiberoverfladen. Er strålens indfaldsvinkel θ , og sættes brydningsvinklen inde i fiberen til θ_1 , gælder:

$$n \cdot \sin \theta = n_1 \cdot \sin \theta_1$$

ifølge Snells brydningslov, idet vi har benyttet, at kernens brydningsindeks er lig med n_1 . Hvis strålen fortsætter og rammer $n_1 \rightarrow n_2$ -overgangen mellem kernen og kappen med den kritiske vinkel θ_1 , så er indfaldsvinklen til denne overgang $90^\circ - \theta_1$, og

$$n_1 \cdot \sin (90 - \theta_1) = n_1 \cdot \cos \theta_1 = n_2$$

Desuden kan vi udnytte, at

$$\sin^2 \theta_1 + \cos^2 \theta_1 = 1$$

og finder hermed, at

$$n \cdot \sin \theta = \sqrt{n_1^2 - n_1^2 \cdot \cos^2 \theta_1} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Størrelsen $n \cdot \sin \theta$ betegnes *numerisk åbning* (NA) analogt med teorien for mikroskopet.

Bemærk, at det er en stor fordel at forsyne lysledere med en kerne og en kappe for at sikre, at spejlinger sker internt. Hvis spejlinger skulle ske ved glas-luftovergangen på lyslederens overflade, vil urenheder og ridser på overfladen forårsage betydelige lystab fra glasfiberen.

Eksempel 1:

Betragt en lysleder, der skal modtage lys fra luft ($n \approx 1$), og hvor kernens brydningsindeks $n_1 = 1,58$ og kappens brydningsindeks $n_2 = 1,51$. Beregn lyslederens numeriske åbning:

$$NA = \sin \theta = \sqrt{1,58^2 - 1,51^2} = 0,4651$$

hvormed $\theta \approx 27,7^\circ$.

Eksempel 2:

Hvis omgivelserne var vand ($n \approx 1,33$) i stedet for luft, vil $\theta \approx 20,5^\circ$.

Øvelse 1:

Hvis kernens brydningsindeks $n_1 = 1,58$ find maksimumsværdien for n_2 , hvis den numeriske åbning $NA \geq 0,5$, svarende til en åbningsvinkel $\theta \geq 30^\circ$. Antag, at $n = 1,00$ svarende til luft.

LYSOPSAMLING

Jo større den numeriske åbning, jo større åbningsvinklen, jo mere lys kan en lyslederkabel opsamle. Man kan vise, at for praktiske værdier for NA (dvs. for små åbningsvinkler), er den opsamlede lyseffekt proportional med $(NA)^2$.

For små vinkler gælder, at $NA \approx \theta$. Betragt en lyslederkabel, der belyses af lys fra en halvkugle med centrum i punktet, hvor den optiske akse forlader lyslederen. Kun lys, der rammer akse med vinkler θ eller derunder inden for en kegle omkring akse kan opsamles.

For små vinkler er keglens bundareal proportional med θ^2 og dermed med $(NA)^2$. Størrelsen af NA har således stor betydning for, hvor god en lysleder er til at opsamle lys, der kommer fra forskellige retninger.

DEMOFORSØG

Opstil plexiglasstangen i et laboratoriestativ, og anbring en laser, således at laserstrålen rammer stangens endeflade. Lyset undergår interne refleksioner, og man kan se lyset forlade den anden ende af stangen trods flere kraftige bøjninger.

Demonstrationen bliver bedre, hvis den kan gennemføres i et lokale, hvor lyset kan dæmpes. Hvis en He-Ne laserstråle benyttes, kan man tydeligt se strålens zig-zag bane gennem plexiglasstangen.

Bemærk, at plexiglasstangen har ensartet brydningsindeks (altså har ikke en kerne og kappe), således at lys ikke vil kunne transmitteres over længere afstande med en sådan lysleder.

Fordi de indre refleksioner sker ved en overgang, hvor $n_1 = 1,5$ og $n_2 = 1,0$, bliver den numeriske åbning meget stor:

$$NA = \sin \theta = \sqrt{1,5^2 - 1^2} = 1,12$$

således at alle mulige indfaldsvinkler er mulige. Prøv efter!

SolData Instruments

att: Frank Bason, Ph.D.
soldata@soldata.dk