

# OPTIKAI SZÁLAK

Készítette: *Bagosi Róbert Krisztián*

Szak: *Informatika tanár*

Tagozat: *Levelez*

Évfolyam: *3*

EHA: *BARMAAT.SZE*

H-s azonosító: *h478916*

Napjainkban a távközlés és a számítástechnika elképzelhetetlen lenne az optikai szálak nélkül. Adattovábbítás szempontjából nemcsak nagy adatátviteli sebessége (a jelenlegi – 2007 április – rekord 25,6 Terrabit/s egyetlen szálon keresztül) teszi jóval elnyösebbé az optikai szálakat a rézvezetékekkel szemben, hanem az is, hogy mechanikailag ellenállóbbak, nem zavarérzékenyek, nem sugároznak, védettebbek a lehallgatással szemben, valamint segítségükkel nagyobb távolságok hidalhatók át (akár több száz kilométer).

Már 1966-ban felvetődött a rézvezetékek, illetve az elektromos áram helyettesítésének problémája a telefonos kommunikáció terén. Kezdetben azonban akadályt jelentett az üveg és a beléle készített üvegszál nagy csillapítása (több száz decibel kilométerenként). Az üvegnek több olyan kedvezőtulajdonsága van, ami alkalmassá teszi optikai szálak készítésére:

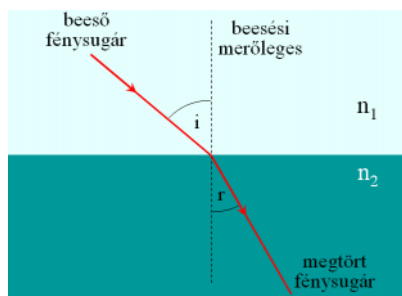
- a megszilárdulása kristályosodás nélkül megy végbe, egy széles hőmérsékleti tartományban, változó viszkozitással, ami lehetővé teszi, hogy szálakat húzzanak beléle;
- a tiszta üveg, főleg a szilikátüveg, optikai szempontból rendkívül átlátszó, köszönhetően a szennyeződések csökkentésének;
- az üvegszál mechanikai ellenállósága megegyezik az ugyanolyan átméretű acélaléval.

Az üvegszál csillapítását sikerült 20dB/km-re lecsökkenteni 1970-ben (ez már alkalmassá tette az üvegszálakat a távközlésben történő felhasználásra), míg 1974-ben 4dB/km-re. A módosított kémiai megkezelésnek köszönhetően rendkívül tiszta üvegek állíthatók elő, melyek csillapítása 0,2dB/km alatt van.

A szilícium-dioxidon kívül más anyagok (üvegek) is alkalmasak optikai szál készítésére. Természetesen újabb anyagokat keresnek, melyek alkalmasak erőtávúként használható szálak készítésére.

Az optikai szálak a fényt a bennük végbemen teljes visszaverődések sorozatának eredményeként továbbítják.

Az új közeg (a közeg olyan anyag, amelyben valamilyen hatás terjed – jelen esetben a fény, vagyis elektromágneses hullám) határához érkező fény egy része behatol az új közegbe, és közben általában megváltozik a terjedésének iránya (1. ábra:  $n_1 < n_2$ ). Ezt a jelenséget nevezzük fénytörésnek. Az irányváltozásnak az az oka, hogy a két közegben különböző a fényterjedési sebessége. A terjedési sebesség megváltozását az okozza, hogy a fény kölcsönhatásba lép a közeg anyagával. Két anyag közül azt, amelyben a fény terjedési sebessége kisebb, optikailag sűrűbbnek, a másikat optikailag ritkábbnak nevezzük. A legritkább közeg nyilvánvalóan a vákuum. A közegeket egy törésmutatónak nevezett mennyiséggel jellemezhetjük (jele:  $n$ , mértékegysége nincs). A közeg abszolút törésmutatója a fény



1. ábra

vákuumbeli és adott közegben mért sebességének hányadosa, vagyis 1-nél mindig nagyobb szám. (A vákuum törésmutatója 1, a levegőé 1,000292.)

Értelmezhetjük a két közeg relatív törésmutatóját is, ami a második közegnek az elsőre vonatkoztatott törésmutatója, mely a terjedési sebességekkel illetve az abszolút törésmutatókkal az alábbi képlettel fejezhető ki:

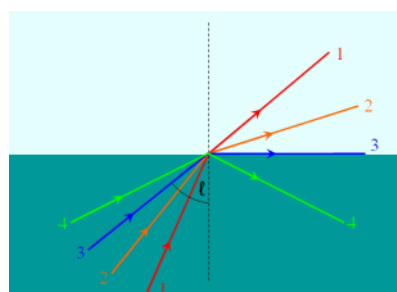
$$n_{2,1} = \frac{c_2}{c_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

A fénytörés két törvénnyel írható le:

**I.** A beeső fénysugár, a beesési merleges és a megtört fénysugár egy síkban van.

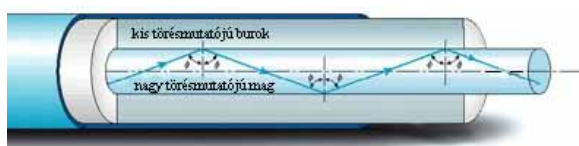
**II.**  $n_1 \cdot \sin i = n_2 \cdot \sin r$ , ahol az  $i$  és az  $r$  a beesési, illetve a törési szögek.

Ha a fény nagyobb törésmutatójú anyagból lép át kisebb törésmutatójúba, a törési szög a beesési szögnél nagyobb. Ezért ha a beesési szöget növeljük, elérhetünk egy olyan beesési szög értéket (amit határszögnek nevezünk –), amelyhez  $90^\circ$ -os törési szög tartozik, azaz a fény már nem lép be az új közegbe, hanem a határfelületen halad tovább. Ha ennél is nagyobb a beesési szög, akkor fény a határfelületről visszaverődik és a visszaverődés törvényének megfelelően visszaverődik (2. ábra). Mivel ilyenkor a fény nem lép át az új közegbe, 100%-a visszaverődik, a jelenséget teljes visszaverődésnek nevezzük.



2. ábra

Az optikai szálak egy központi magból és az azt körülvevő, a mag törésmutatójánál kisebb törésmutatójú burokból (héjból) állnak (3. ábra). A fény a magban teljes visszaverődések sorozatának eredményeként terjed. Bár a szál belsejében a fény egyenes vonal mentén terjed, ha a szál elhajlik, a beesési szög még mindig nagyobb marad mint a határszög, így a teljes visszaverődések létrejötté miatt a fény a szál másik végén lép ki.



3. ábra

Az optikai szálakat több szempont szerint osztályozhatjuk (pl.):

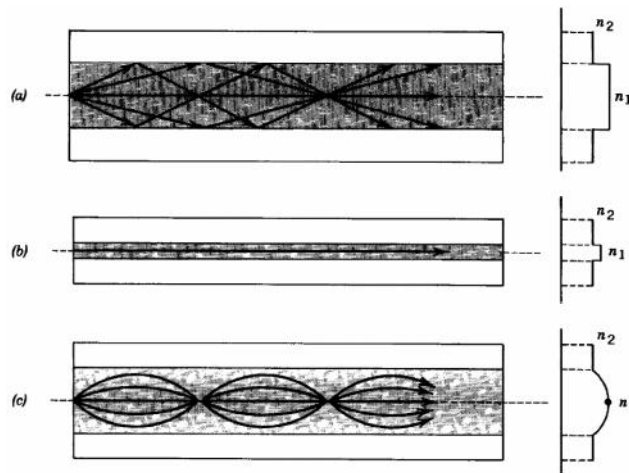
- törésmutató profil (index) alapján:
  - lépcsős index (step index): a határ a mag és a héj között hirtelen átmenet ;
  - folytonosan változó index, gradiens index (graded index): a mag törésmutatója folyamatosan csökken a tengelytől a héj felé haladva.

- terjedés alapján:
  - egymódusú (monomódusú): a szálban egyszerre csak egy fénysugár terjed;
  - többmódusú (multimódusú): a szálban egyszerre több fénysugár terjed.

Az egymódusú, lépcsős index szálak magjának átmérője  $8\div 10\mu\text{m}$  (4/b. ábra).

A többmódusú lépcsős index optikai szálak esetében a magátmérő nagyobb, mint az egymódusú szálak esetében. Ezen szálakban a fénysugarak a különböző értékek beesési illetve visszaverési szögek miatt különböző hosszúságú utakat tesznek meg (4/a. ábra), ami miatt különböző időben érik el a szál végét, ezért az impulzusok szélessége megnövekszik. Ezt a jelenséget módusdiszperzióknak nevezzük, mely korlátozza az ilyen típusú optikai szál teljesítményét.

Ez a diszperzió csökkenthető lépcsős index szálak használatával, melyek esetében a fénysugarak nem teljes visszaverést szenvednek el, hanem elhajlanak a magban (4/c. ábra). A lépcsős index optikai szálakban a kisebb beesési szöggel érkező, nagyobb utat megtevé fénysugarak nagyobb sebességgel haladnak, ugyanis a legkisebb törésmutatójú részében haladnak a szálban, így késésük lecsökken a rövidebb utat megtevé fénysugarakhoz képest (így az impulzusok szélessége csökkenthető). A 4. ábra jobb oldalán a törésmutatók értéke van ábrázolva, a szál átmérőjének függvényében.



4. ábra

Napjainkban a lépcsős index szálakat szabványos méretekben gyártják: 8/125, 50/125, 62,5/125, 85/125, 100/140 (mag/héj átmérő). Ezen típusú optikai szálak nagy tisztaságú  $\text{SiO}_2$ -ből készülnek, melynek a törésmutatóját például Titán vagy Germánium hozzákeverésével érik el. A mag törésmutatója  $1,44\div 1,46$ , míg a héj törésmutatója ennél  $0,5\div 2\%$ -kal kisebb.

A felhasznált fény, amellyel az adatokat továbbítják az optikai szálakban az infravörös tartományba esik ( $0,8\div 2\mu\text{m}$ ), mert a nagyobb hullámhosszakon kisebb a csillapítás és az anyagfüggő diszperzió, tehát így nagyobb átviteli távolság és sáv szélesség érhető el, mint más hullámhosszúságú fény felhasználásával.

A hullámhossz-osztásos multiplexálást alkalmazva (Wavelength Division Multiplexing - WDM), az egy szál által elbírta sávszélességet Tbit/s-os tartományba lehet feltornászni. Ezt úgy érik el, hogy egy szálban több, különböző hullámhosszú fényt továbbítanak. A WDM multiplexereket és demultiplexereket arra használják, hogy a kapcsolat minden végénél a különböző hullámhosszakat keverjék és szétválasszák. A közönséges WDM (coarse WDM, CWDM) technikánál csak néhány hullámhosszt használnak. A CWDM egyik alkalmazása az egy szálon való kétirányú kommunikáció. A DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing), azaz a sűrű hullámhossz osztásos multiplexálás esetén általában több mint 8 fényablakot alkalmaznak adó és vevő oldalon. A 16, 40 és 80 ablakos rendszerek az általánosan elterjedtek. Matematikailag 111 ablak lehetséges egyetlen optikaiszál-páron a ma használt hullámhosszakkal.

## Felhasznált irodalom

- Gerencsér András, *Elektronikus kommunikáció*
- C t lin Agheorghiesei, *Transmiterea informa iilor prin fibre optice (Információk továbbítása optikai szálakon keresztül)*
- Dumitru en ulescu, Lucia en ulescu, *Fibre optice (Optikai szálak)*
- <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/hir/cikk/feny.html>
- <http://www.mozaik.info.hu/mozaweb/Feny/>
- <http://www.bjkmf.hu/bszemle/elektro110403.html>