

# **Az optikai szálak**

**FV szálak mérései, gyártásuk**

# A módusok sorsa

Ha a fényforrás **átmérője** és **NA-ja nagyobb**,  
mint a szálé,  
akkor a fény a szálban háromféle módussal  
terjed:

- . lesugárzó,
- . szivárgó
- . **vezetett**

Méréshez az első kettőtől meg kell szabadulni.

# Lesugárzó & szivárgó módusok

Lesugárzó:

1 méternél rövidebb távolságon kilépnek a magból és kilépnek a héjon át.

Szivárgó:

1000m után “fogynak el”, szivárognak elnyelődnek

# Vezetett módusok

Alapvetően ez a lényeg, ez a hasznos rész.

De:

A vezetett módusok között véletlenszerű csatolások jönnek létre a szálban lévő törésmutató egyenetlenségek és mikrogörbületek miatt.

# Egyensúlyi móduseloszlás

Amikor a lesugárzó és szivárgó módusok lecsengtek, a különféle reakciók eredményeképpen beáll az ún. **egyensúlyi móduseloszlás**, vagy **módusegyensúly**. (kb. 1000m után)

Ez a mérések előfeltétele, elvileg hiteles mérés rövidebb szálon nem végezhető.

# Mivan, ha rövidebb, mint 1km?

## Megoldások:

- 1km hosszú mérőelőtét
- „móduskeverő”: a szálát két feldurvított felület közé szorítjuk, mesterségesen felgyorsítva a keveredési folyamatot
- „módusirtó”: el kell távolítani a védelmet a szálról és ún. immerziós folyadékba kell mártani a szálát. Az ún. héjmódusok hamarabb távoznak.

# Immerziós folyadék

A teljes visszaverődés megakadályozása a rendszer elemei közötti légrés kitöltésével.

Tehát a mérés hitelessége érdekében kifejezetten elő kell segíteni a lesugárzást a folyadékon át.

# A mérések reprodukálhatósága

- homlokfelület minősége:

a Z tengelyre merőlegesnek kell lennie

- kilépésnél nincs gond, mert a vevő diódák fényérzékelő felülete jóval nagyobb szokott lenni, mint a szál keresztmetszete

- a káros réseket immerziós folyadékkal lehet kiküszöbölni



# Csillapítás mérése

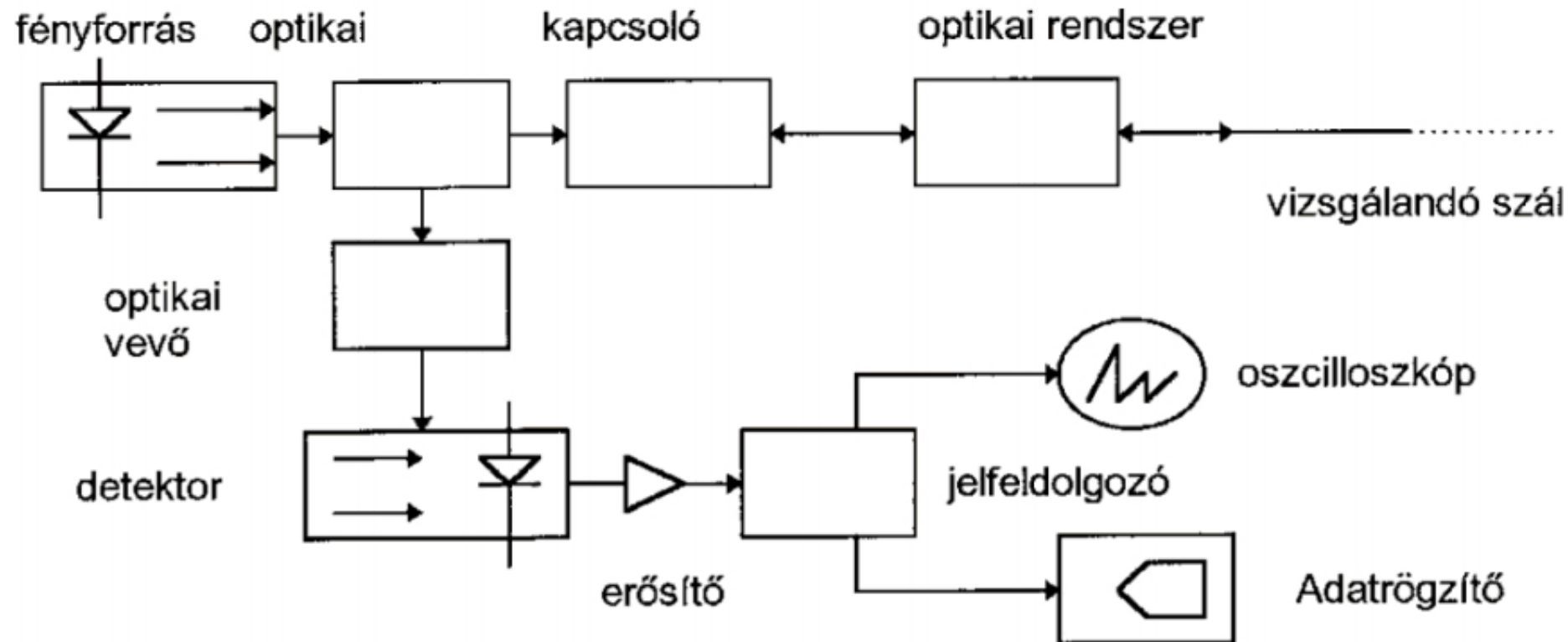
- szintmérés  
(csak ellenőrzéshez)
- visszavágásos mérés
- visszaszórásos mérés  
(kalibrációhoz és pontosabb mérésekhez)

# Csillapítás mérése 2.

A vevőn közvetlenül leolvasható a csillapítási szint.

- Mindkét irányban el kell végezni a mérést és átlagolni kell
- 800/1300/1500nm hullámhosszokon szokásos mérni
- biztonsági okokból a jel/szünet arány 1:1000 minimálisan (kitöltési tényező)
- védőtávolság minimum 10cm a szem és a szál között.

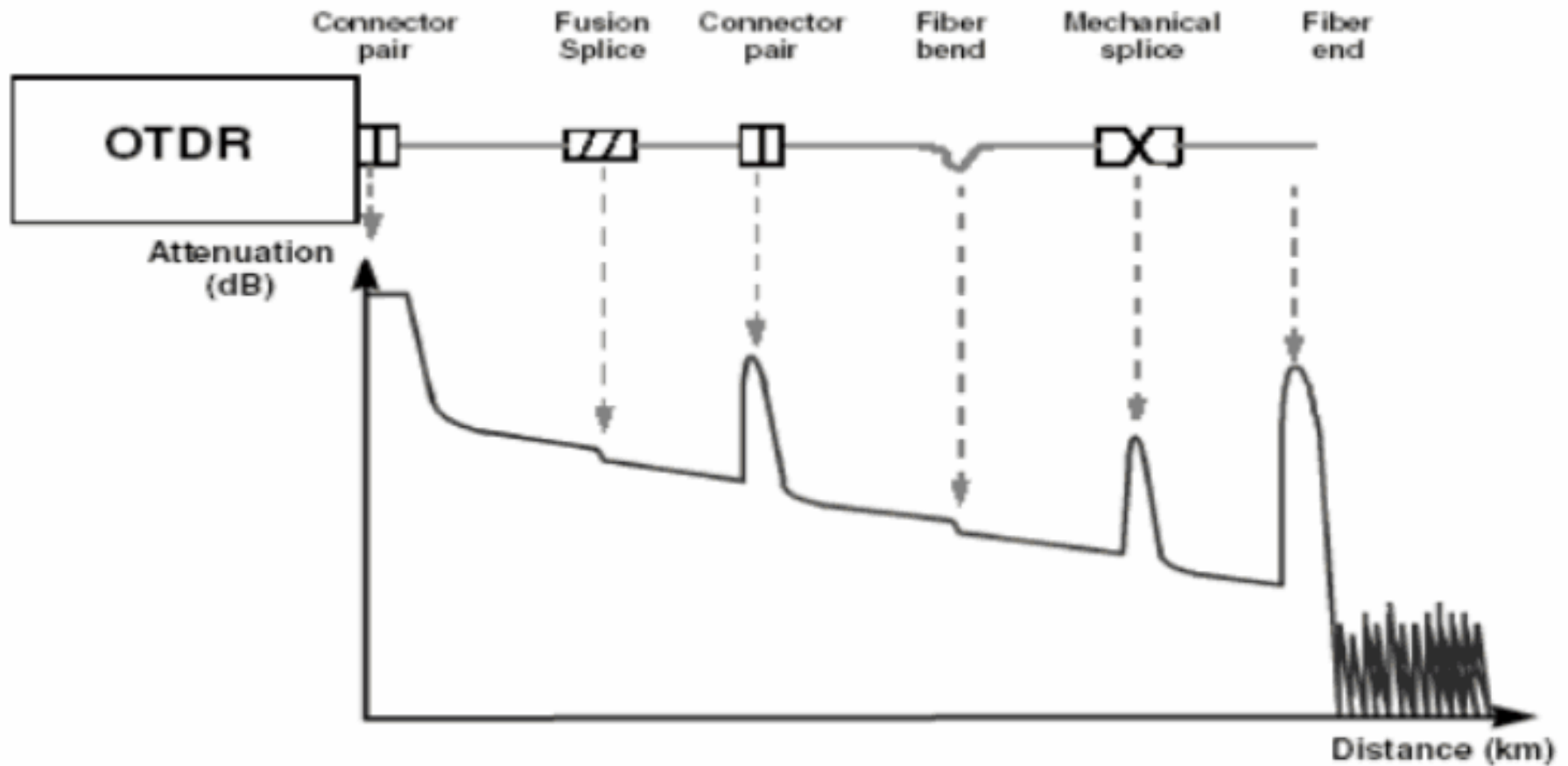
# Visszaszórásos mérés



# Visszaszórásos mérés 2.

- a Rayleigh szóráson alapszik
- a fényforrás és a detektor is azonos oldalon van.
- A betáplált fényimpulzus végighalad a vezetőn, és a hibákon visszaverődik
- A műszer ábrán jelzi ki a fény útját, a kiugró pontok hibákat jeleznek a vezetőben
- Ha homogén a vezető, akkor a jel szintje a vezető hosszában egyenletesen csökken(ne)

# Visszaszórás => OTDR



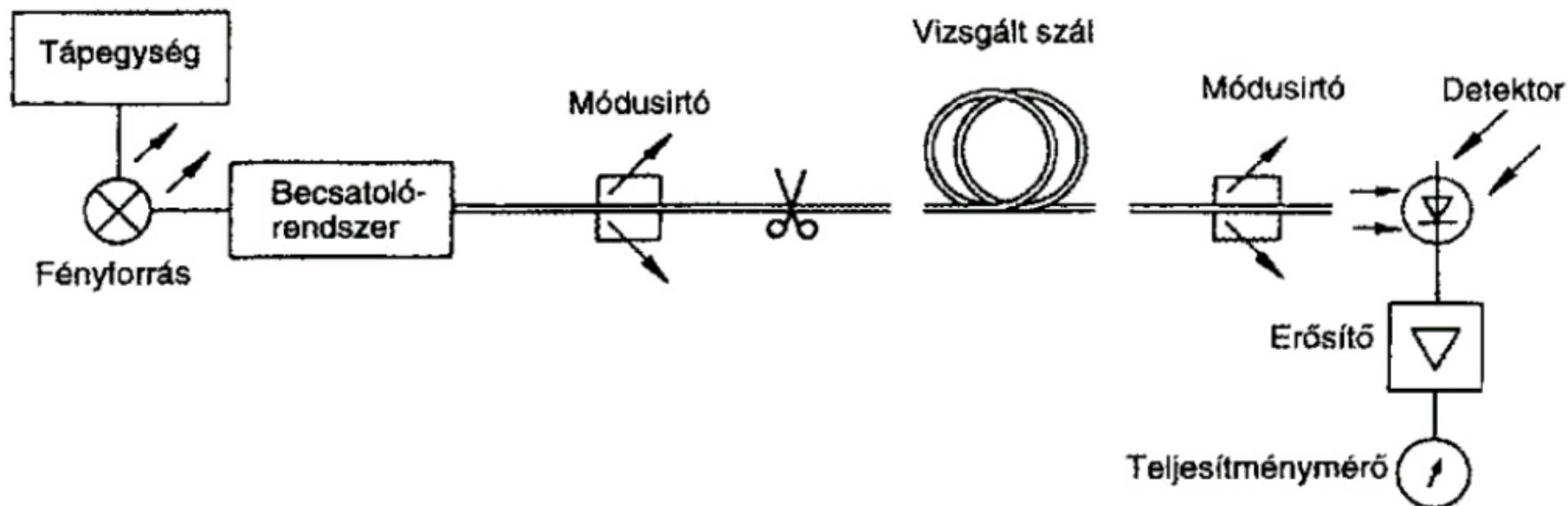
Typical OTDR trace

# Visszavágásos mérés

A visszavágásos módszernél először a szál távolvégén mérjük a  $P_1$  teljesítményt, majd a mérendő szálát a becsatolási körülmények megváltoztatása nélkül  $L$  hosszúságra visszavágjuk ( $L$  jellemzően 1 m), és így is mérünk a szálvégen egy  $P_2$  teljesítményt.

$$\alpha_{(\lambda)} = \frac{10}{L} * \lg \frac{P_2}{P_1} \left[ \frac{dB}{km} \right]$$

# Visszavágásos mérés 2.

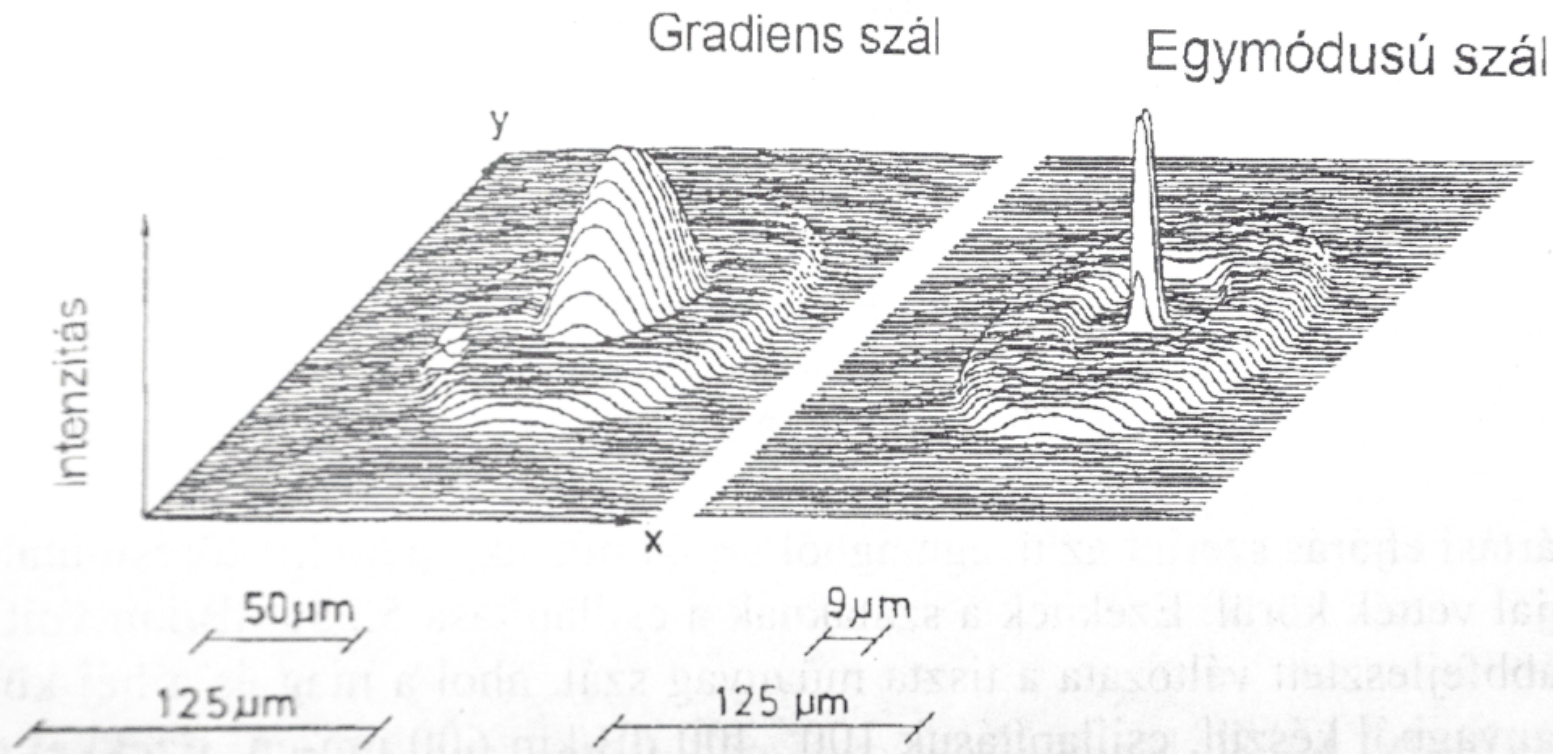


# Közelítéri fényeloszlás mérése

- a fényintenzitás keresztmetszetbeli eloszlását értik alatta
- halogén fényforrás, héjmódusokat kiszűrik, túlsó végén mikroszkóp, vagy videoanalizátor esetleg fényképezőgép
- az aszimmetria mindig hibára utal (átmérőhiba, excentritás, ovalitáshiba).
- Kiszámíthatóak ismeretlen szál adatai is belőle (geometriai méretek, esetleg törésmutató)



# Köztér mérés eredménye



2.22. ábra Köztér mérés eredménye

# FV szál és kábel gyártása

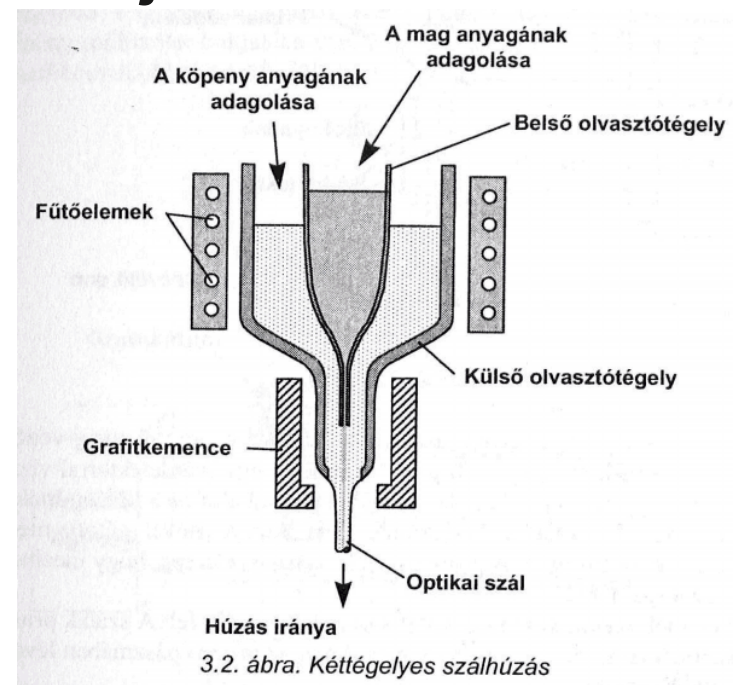
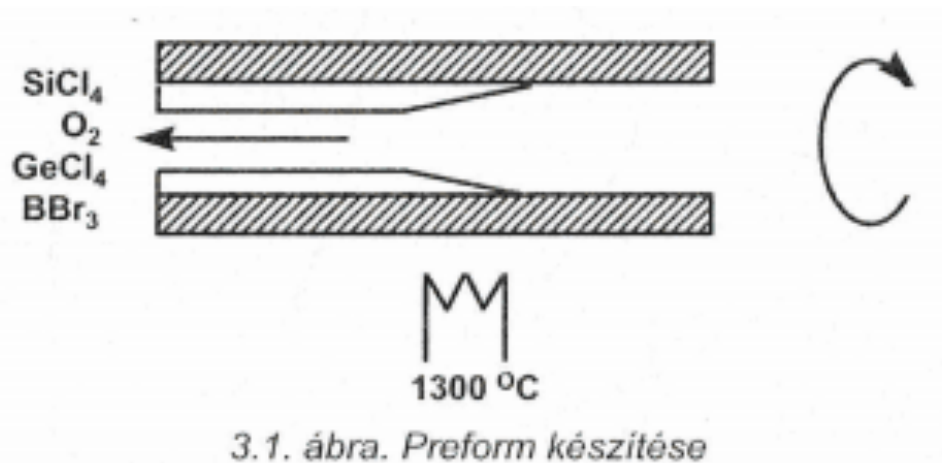
## FV gyártási lépései:

1. előforma (preform) gyártása
2. szálhúzás
3. védelem készítése
4. szálak egyesítése kábellé
5. külső védelem és teherviselő szerkezet kialakítása

# Szálhúzás - régen

Mára már meghaladott eljárások:

- szálhúzás tömbből
- kettős tengelyes / tégelyes eljárás



# Szálhúzás tömbből

A „**csőben rúd**” technológia során a nagyobb törésmutatójú mag részt üvegcsőbe helyezik (tehát két szilárd előforma a kiindulási anyag), melegítés ill. húzás hatására alakul ki a köpennyel körülvett üvegszál.

A „csőben rúd”, hátránya, hogy a kétféle üveg határfelületén szennyeződések lehetnek.

# Kettős tégelyes / tengelyes

- nincs szilárd előforma
- kétféle olvad üveg koncentrikusan összevezetve
- lehetséges GI szál készítése is
- lassú => tömeggyártásban nem elég termelékeny (gazdaságosság)
- 5 - 50dB/km
- lehet **műanyag** is: 100-400dB/km @1550nm!

# Modern eljárások

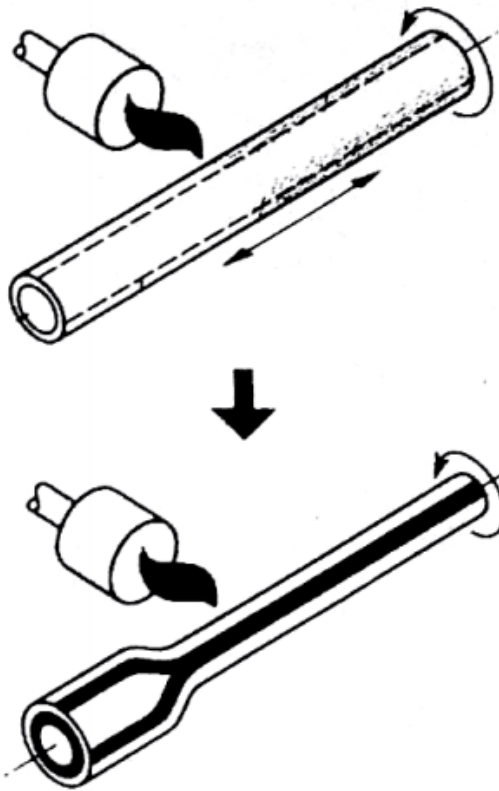
Chemical Vapour Deposition

Kémiai gőzfázisú anyagleválasztás

Fajtái:

- MCVD (modified)
- PCVD (plasma activated)
- OVD (Outside Vapour Deposition)
- VAD (Vapour Axial Deposition)

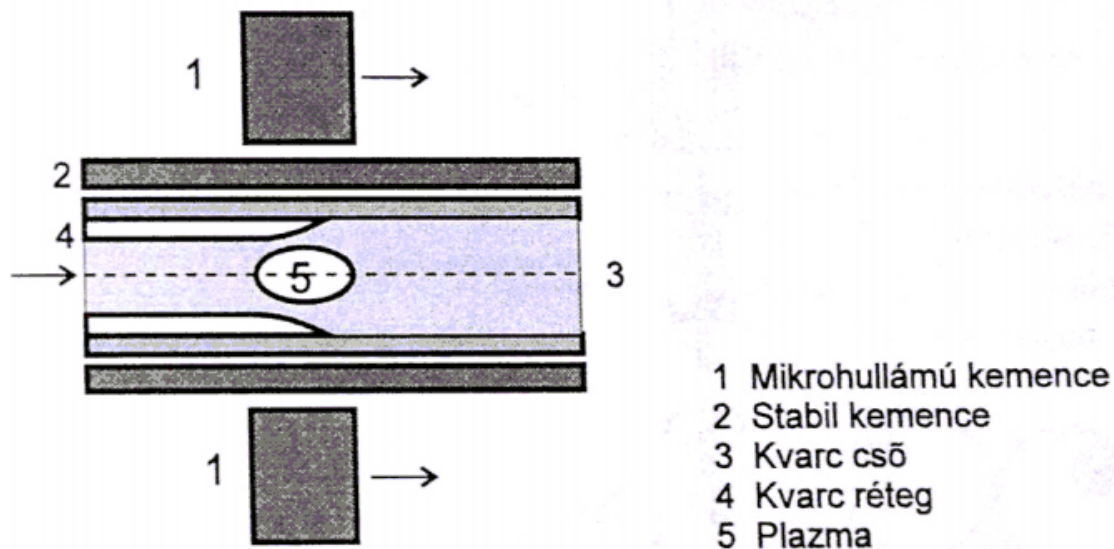
# MCVD preform gyártás



1. karcüveg cső (ez lesz a héj)
2. forgatják és hevítik
3. belül gázkeveréket áramoltatnak + külső hevítés => fehér korom rakódik ki
4. odébb gázláng hevít izzásig, kvarcsezemcsék ráolvadnak a belső falra
5. a gázösszetétel rétegenként változik => MM/GI
6. ha kész, 2000 fokig hevítik, a cső összeroskad 1cm átm. rúddá (preform)

# PCVD preform gyártás

- Philips találmány

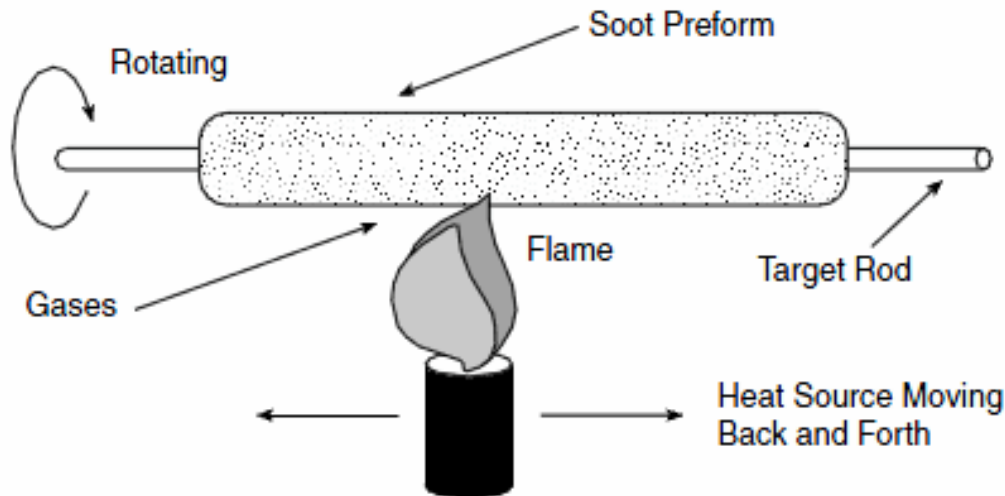


2.26. ábra PCVD eljárás

1. kvarccső 1000°C
2. 8-10cm/s haladó kisnyomású plazmagömb
3. Vékony SiO<sub>2</sub> rétegek => több száz réteg => MM/GI

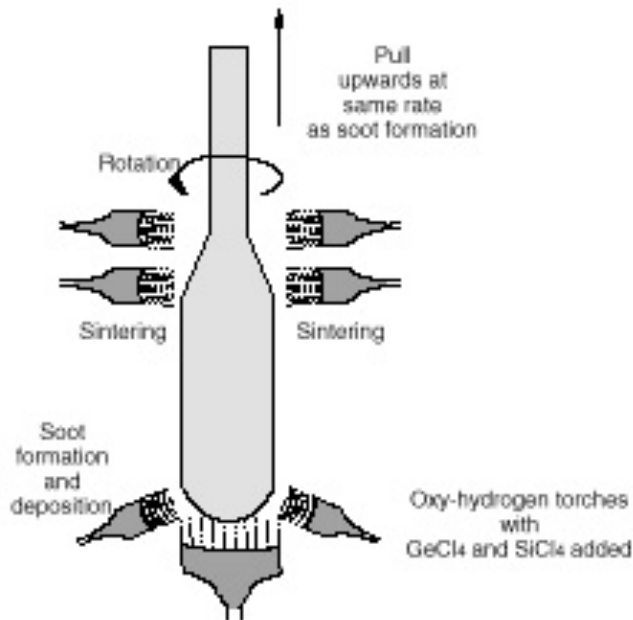


# OVD preform gyártás



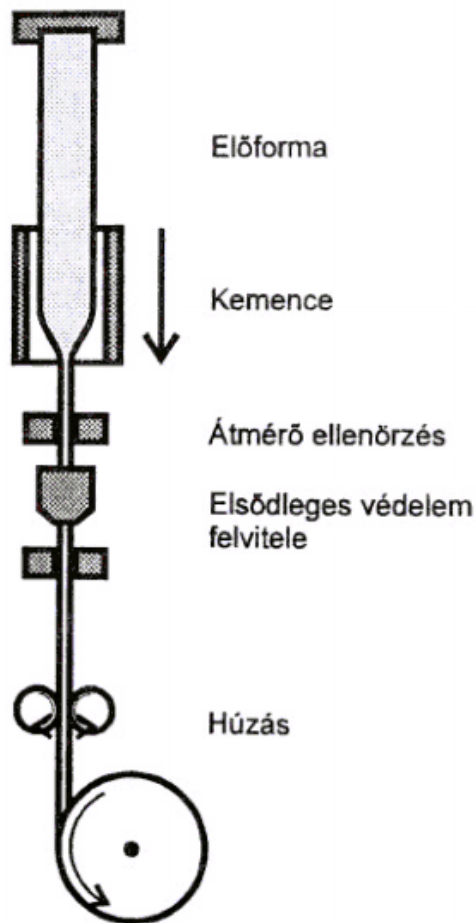
1. 1m hosszú kerámiarúd, gázégővel vízszintes tengelyű forgatás közben melegítik
2. Adalékok a gázlángon keresztül
3. Fehér korom a külső felületen
4. Ha a rétegek kész vannak, kiveszik a kerámia rudat
5. újramelegítés =>  $1400 - 1600^{\circ}\text{C}$  => összeroskad üvegrúddá
6.  $1000^{\circ}\text{C}$ -on tárolják a szálhúzásig

# VAD preform gyártás



- a tűske függőleges tengelyű és akörül forog
- a preform tengelyirányban növekszik
- itt is gázégőn át adalékolnak
- nagy előnye, hogy nem keletkezik lyuk a tűske közepében

# Szálhúzás



- kiindulás: előforma
- a húzótorony tetején “kályha” (2000°C)
- steril környezet kell!
- a szálhúzása után azonnal viszik fel a védelmet
- megszilárdulás után húzópróba
- pontosan előfeszített tárcsákon átvezetve csévélik fel újra

2.28. ábra Szálhúzás