

8. ELŐADÁS: FÉNYVEZETŐ SZÁLAS OPTIKAI ÉRZÉKELŐK

1. Fotonika: fénytávközlés és üvegszálás optikai hullámvezetők.
2. Fényvezető szálak tulajdonságai.
3. Fényemittáló diódák (LED) és lézerdiodák (LD).
4. Fényvezető szálak érzékelők általános tulajdonságai. Érzékelési mechanizmusok: intenzitás, fázis, polarizáció, hullámhossz és spektrális eloszlás megváltozása. Érzékelő típusok: intrinsic, extrinsic és interferométeres.
5. Intrinsic fényvezető szálak szenzorok.
6. Fényvezető szál alapú interferométeres szenzorok.
7. Extrinsic fényvezető szálak szenzorok.

1

BEVEZETŐ ÁTTEKINTÉS

A jelenlegi legkorszerűbb vezetékcsatlakozási mód az üvegszálás technológia alkalmazása. Az információ fényimpulzusok formájában terjed egy fényvezető közegben (üvegszálon).



Optikai összeköttetés vázlata

2

OPTIKAI HÁLÓZAT FELÉPÍTÉSE

Az optikai átviteli rendszer három komponensből áll:

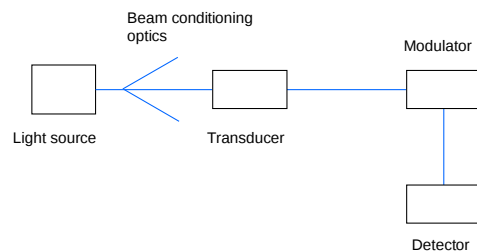
az átviteli közegből (hajszálvékony üveg vagy szilikát) amit egy szilárd fénytörő réteg véd (szintén üveg vagy műanyag),

a fényforrásból (LED vagy lézerdioda),

és az érzékelőből, mely fototranzisztor vagy fotodióda, amelynek vezetési képessége a rájuk eső fény hatására megváltozik

3

Basic Elements of a Fiber Optic Sensor



FÉNYVEZETŐ SZÁLAS ÉRZÉKELŐK ÁLTALÁNOS TULAJDONSÁGAI

Előnyök:

1. Az optikai érzékelők működését sem a rádió-hullámok, sem a villámlás, sem más természetes elektromágneses zavarforrás nem befolyásolja (EMC - electromagnetic compatibility). Nem kell árnyékolás, zavarszűrés, stb.
2. Az érzékelő egyben a jelátviteli csatorna szerves része. Több érzékelő összekapcsolható, a jelek közösen továbbíthatók.

5

FÉNYVEZETŐ SZÁLAS ÉRZÉKELŐK ÁLTALÁNOS TULAJDONSÁGAI

3. A fényvezető szál már a gyártás során beépíthető a vizsgálandó szerkezetbe. A kvarc optikai szál ellenáll szélsőséges viszonyoknak is, kb. 1000 °C-ig sem térfogatát sem súlyát nem változtatja meg. Az érzékelést végző optikai szál beontható pl. betonba, a fémek egy részébe is.

Hátrányok: Általában drágábbak mint az elektromos vagy elektromechanikus érzékelők. Költségnövelő tényező, hogy a fényszál típusú érzékelőket még nem gyártják nagy sorozatban.

6

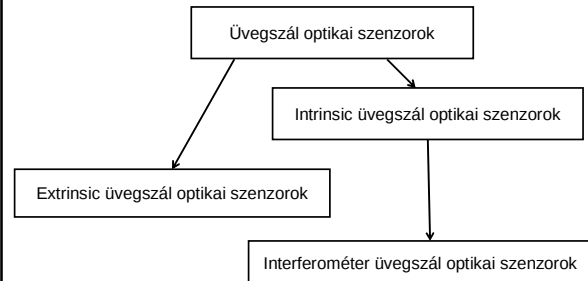
FÉNYVEZETŐ SZÁLAS ÉRZÉKLŐK CSOPORTOSÍTÁSA

Intrinsic: az optikai szál maga az érzékelő, és benne változik az átvitt fény valamelyik paramétere.

Extrinsic: a szál csak hullámvezetőként szolgál, hogy elvigye a fényt az érzékelőkhöz, és utána visszavigye a detektorhoz. A fény valamelyik jellemzője akkor a szálon kívül változik.

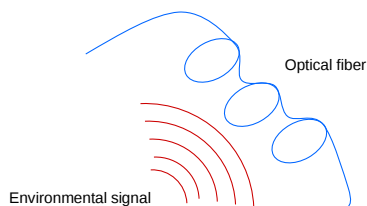
7

FÉNYVEZETŐ SZÁLAS ÉRZÉKLŐK CSOPORTOSÍTÁSA



8

INTRINSIC FÉNYSZÁL OPTIKAI SENZOR



Intrinsic üvegszál szenzorok néhány fontosabb típusa:

Mikrodeformáción alapuló szenzor
Fekete test szenzorok
Elosztott paraméterű szenzorok
Polarizációs szenzorok

INTRINSIC FÉNYSZÁL OPTIKAI SENZOR

Mikrodeformáción alapuló szenzorok:

A szál meghajlítása vagy más deformációja a benne terjedő fényt csillapítja.

Alacsony ár, viszonylagos egyszerűség.

Kis linearitás, rossz dinamikus tulajdonságok.

Fekete test szenzorok:

A hőmérséklet emelkedésekor az objektum által kisugárzott fény spektruma eltolódik, illetve egy adott hullámhosszon megváltozik a fény intenzitása. A színképtolódásból a hőmérséklet meghatározható. A szenzor a reflektált, vagy az emittált fényt méri.

10

INTRINSIC FÉNYSZÁL OPTIKAI SENZOR

Elosztott paraméterű szenzor:

Egy fizikai paraméternek az üvegszál mentén történő folytonos (elosztott), vagy véges számú mérőpontban (kvázi-elosztott) történő érzékelése szükséges.

A szenzorok a Rayleigh-, vagy a Raman szórás, illetve módus csatolás (külső hatás az egymódusú fényvezetést többmódusúvá alakítja) elvén működnek.

Polarizációs szenzor:

Az üvegszál polarizációs hatásán (pl. ketős törés) alapul. A környezeti hatások megváltoztatják a szálon terjedő fény polarizációs jellemzőit.

11

FÁZSIMODULÁLT FÉNYSZÁL OPTIKAI ÉRZÉKLŐK: INTERFEROMÉTEREK

Conventional fiber optic interferometers

❖ Two beam interferometer:

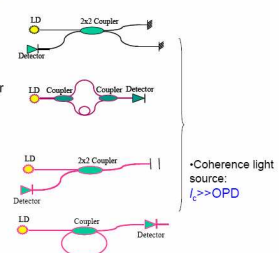
➤ Michelson interferometer

➤ Mach-Zehnder interferometer

❖ Multi-beam interferometer

➤ Fabry-Perot interferometer

➤ Ring interferometer



❖ Properties: high sensitivity compared to intensity based sensors

12

FÁZISMODULÁCIÓ

Az átvitt fény fázisa az optikai úthossz változása miatt megváltozik. Oka: geometria úthossz és/vagy a törésmutató megváltozása, melyet az érzékelendő folyamat (pl. hőmérsékletváltozás, nyomásváltozás, kémiai hatás, stb.) hoz létre.

Optikai intenzitás az interferométerben (φ a fázisváltozás)

$$I = I_0 \cos^2(\varphi/2)$$

Egymódusú fényszál esetén az intenzitás maximális, ha $\varphi = 2\pi n$, illetve minimális ha $\varphi = (2n + 1)\pi$ (n egész szám).

13

FÉNYSZÁL ALAPÚ INTERFEROMÉTER ÉRZÉKELŐK

Interferométer alapú szenzorok érzékenysége nagy, de mérési tartományuk korlátozott (ekvivalens hossz maga a hullámhossz). Drágák is.

Interferométer elrendezések:

Sagnac-interferométer
Mach-Zender-interferométer
Michelson-interferométer
Fabry-Perot-Interferométer

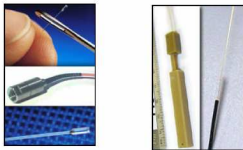
14

FÁZISMODULÁCIÓS (INTERFEROMÉTERES) SZENZOR ALAKLAMZÁSOK

❖ Multi-beam fiber Interferometers

• Application of Fabry-Perot interferometers

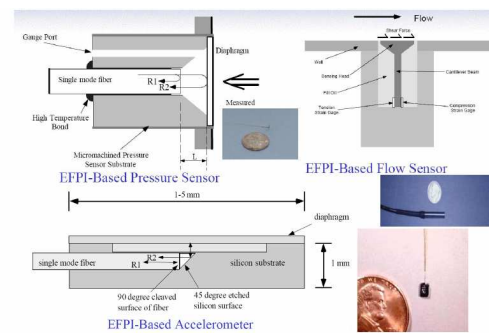
• Low finesse FP interferometers: widely used as sensors for mechanical parameter measurements (acoustic pressure, strain, displacement, vibration)



pressure and strain sensors from Fiso in Canada

15

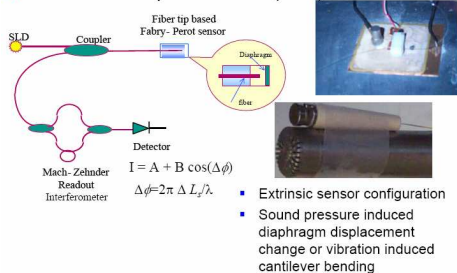
MECHANIKAI MENNYISÉGEK



16

HANGNYOMÁS, REZGÉS ÉRZÉKLEÉS

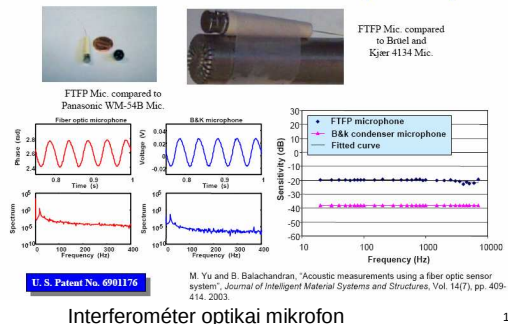
❖ Low coherence fiber-optic interferometer (LCFOI)



17

REZGÉS (AKUSZTIKUS) ÉRZÉKELÉS

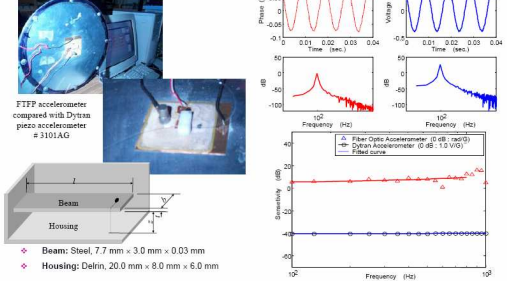
Low coherence interferometer based fiber optic Microphone



18

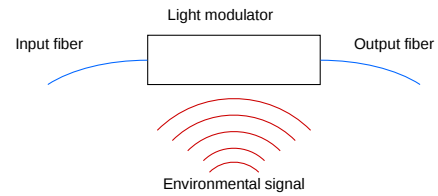
FÉNYSZÁL GYORSULÁSÉRZÉKELŐ

Fiber Optic Accelerometer



19

EXTRINSIC FÉNYSZÁL OPTIKAI SZENZOR



EXTRINSIC FÉNYSZÁL OPTIKAI SZENZOR

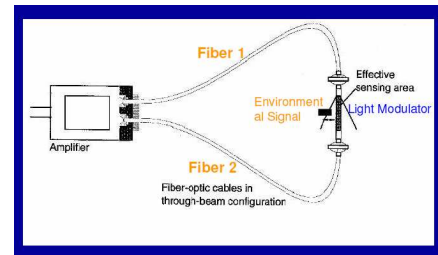
Extrinsic fényszál szenzor:

Az üvegszál mint hullámvezető a fénysugarat egy "fekete dobozba" vezeti, ahol a környezeti hatásokra a fény valamely paramétere megváltozik. A fekete doboz tartalmazhat optikai elemeket (p. tükör, lencse, stb.) gáz- és folyadék cellákat, és egyéb szerkezeteket, ami optikai fénynyalábot hoz létre, modulál, vagy átalakít. Ezt a jelet a szál elvezeti további

Tehát a fény valamelyik jellemzője a szálon kívül változik meg.

21

EXTRINSIC SZÁLOPTIKAI ÉRZÉKELŐ: ELVI FELÉPÍTÉS



22

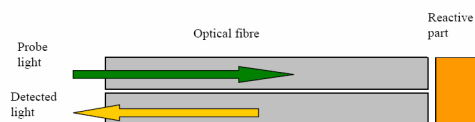


Figure 1.9: Extrinsic fibre-optic sensor with two optical fibres.

23

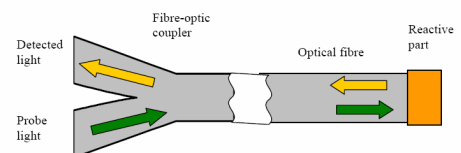
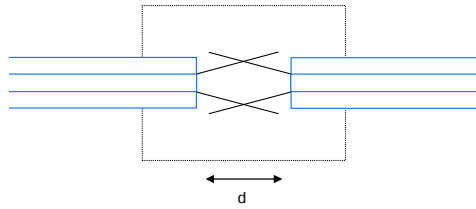


Figure 1.10: Extrinsic fibre-optic sensor with splitting of original optical fibre

24

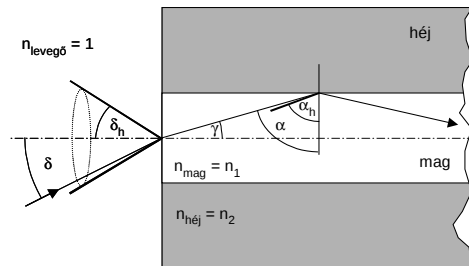
Closure and Vibration Sensors Based on Numerical Aperture



Távolság és rezgés érzékelés száloptikás eljárásL

25

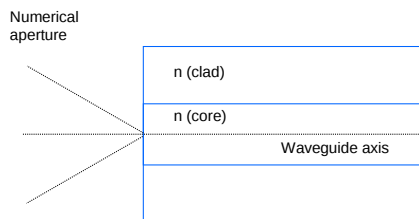
NUMERIKUS APERTÚRA ÉS AKCEPTANCIASZÖG



Akceptanciaszög (δ), az ezen belül a szál végére beeső fénysugarat a szál "befogja".

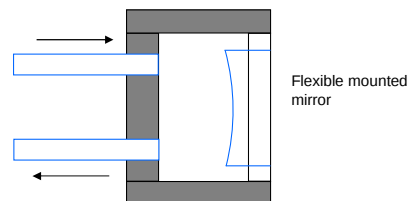
26

NUMERIKUS APERTÚRA



27

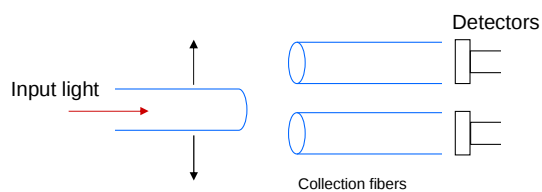
Closure and Vibration Sensors Based on Numerical Aperture



Flexibilis rögzítésű tükör: kis elmozdulások és kis amplitudójú rezgések érzékelése

28

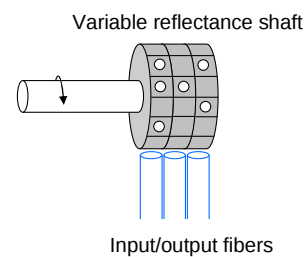
Translation Sensor Based on Numerical Aperture



Elmozdulás érzékelés: két detektor jelének aránya, illetve különbsége

29

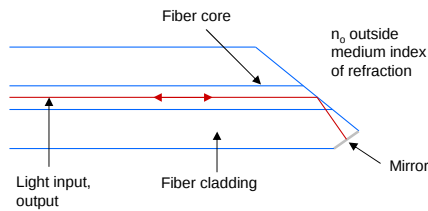
Rotary Position Based on Reflectance



Száloptikás szöghelyzet indikátor, kódtárcsával

30

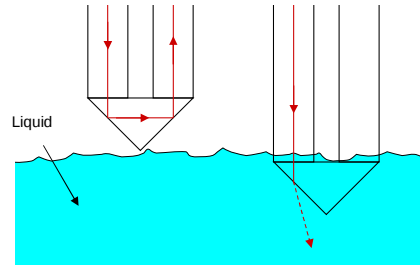
Critical Angle Pressure/Index of Refraction Measurement



Fiber sensor using critical angle properties of a fiber for pressure/index of refraction measurement via measurements of the light reflected back into the fiber.

31

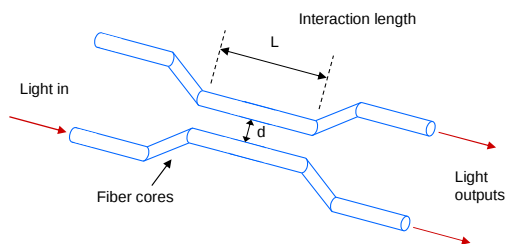
Liquid Level Sensor Based on Total Internal Reflection



Liquid level sensor based on total internal reflection detects the presence or absence of liquid by the presence or absence of a return light signal.

32

Evanesence Based Sensors



Confinement of a propagating light beam to the region of the fiber cores and power transfer from two closely placed fiber cores can be used to produce a series of fiber sensors based on evanescence. The figure illustrates two fiber cores that have been placed in close proximity to one another. For single mode optical fiber this distance is on the order of 10 to 20 microns.

33

SPEKTRUMON ALAPULÓ ÉRZÉKELES

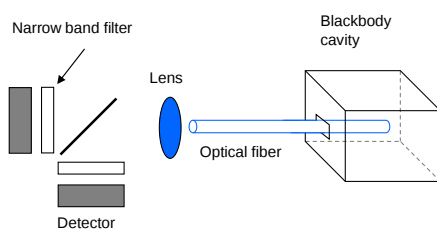
Self referenced intensity sensors based on dual wavelengths

Fiber optic sensors based on spectral response

- »Blackbody radiation
- »Absorption/fluoreence
- »Dispersive elements - gratings and etalons

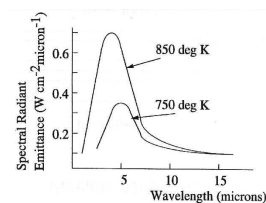
34

FEKETE TEST SUGÁRZÁS SZENZOR



35

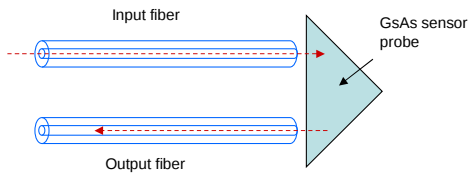
FEKETE TEST SUGÁRZÁS SZENZOR



A blackbody cavity is placed at the end of an optical fiber. When the cavity rises in temperature it starts to glow and act as a light source. Detectors in combination with narrow band filters are then used to determine the profile of the blackbody curve and in turn the temperature. This type of sensor has been successfully commercialized and has been used to measure temperature to within a few degrees C. The performance and accuracy of this sensor is better at higher temperatures and falls off at temperatures on the order of 200 degrees C because of low signal to noise ratios.

36

Variable Absorption Probes



Fiber optic sensor based on variable absorption of materials such as GaAs allow the measurement of temperature and pressure.

37

OPTÓD/OPTRÓD

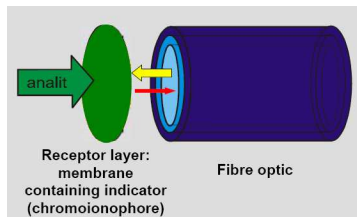
Optód: Hasonlít az elektródra, de optikai elven működik. Általában két optikai szálból áll (be-kimenet). Működése az optódvégén elhelyezett anyagok által előidézett spektrális változásokon, vagy az emittált fény jellemzőinek változásán alapul.

Az optódvégén elhelyezett indikátor színváltozása miatt a reflektált fény spektruma megváltozik a gerjesztéshez képest - abszorpció változáson alapuló optód

Fluoreszcencián alapuló: az optródok anyaga szekunder fényt emittál, mely a gerjesztő fénysugártól eltérő tulajdonságokat mutat. Ennek környezeti hatásokra történő spektrális változásait lehet az érzékelőkben felhasználni. Kemilumineszcencián vagy biolumineszcencián alapuló érzékelőkben nincs szükség gerjesztő fényforrásokra, a katalizált fényemissziót lehet érzékelésre használni.

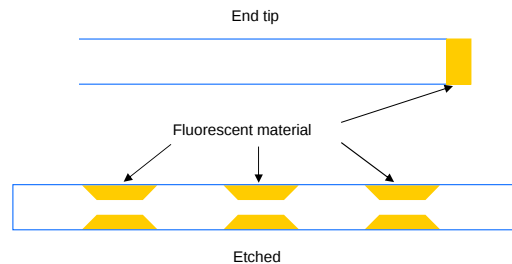
38

OPTÓD ELVE



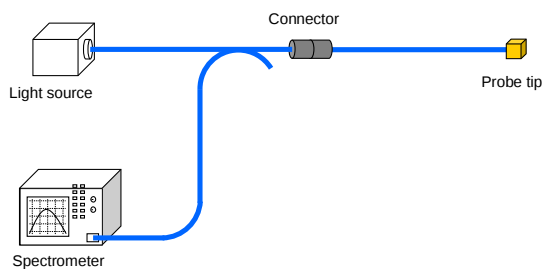
39

Fluorescent Probes



40

Absorption/Fluorescent Systems



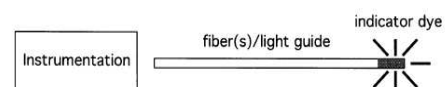
41

Fiber-Optic pH Probes

often referred to as optrodes
most sophisticated pH sensors
indicator dye at the tip of a light guide
Challenge and dependency of fixing dye at tip
Advantage:

Usable in electrically noisy environment
New methods and techniques developed in recent years
Two main methods:

- Absorption optrodes
- Fluorescent indicator optrodes



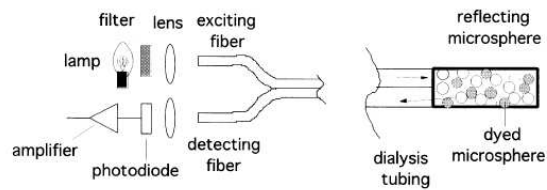
Absorption Optrodes Principle

Measure the change in intensity of the light returned from the fiber tip

Two fibers necessary

Measurement at two wave lengths (one for reference)

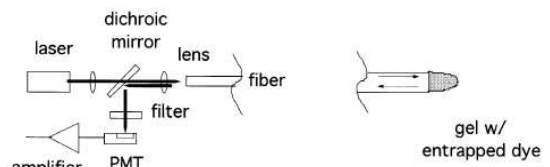
Ratio of the scattered intensities at the two wavelengths is related to the pH



Fluorescent Indicator Optrodes

single fiber to both interrogate and collect signal-carrying light
amount of fluorescent pH indicator at the fiber tip must be maximized

due to the relatively small light intensities, the detector is typically a photomultiplier tube rather than a photodiode



VÉGE