

## A tűzjelzés fizikája

Bellus László

Amióta a tüzek pusztítanak, és amióta létezik a tűz elleni védekezés fogalma, azóta létezik a tűz korai jelzésének igénye is. Az ember pedig amióta csak teheti, szereti a munkáját, arra alkalmas gépekre, berendezésekre bízni.

Kitalálta tehát, megalkotta és jelenleg is folyamatosan tökéletesíti a tűzjelzést, amely arra hivatott, hogy az ember jelenlétét, figyelő tekintetét helyettesítse.

## A tűzjellemzők

A tűz automatikus érzékelésének megoldásakor, a tűz, az égés során jelentkező fizikai jelenségek és keletkező égéstermékek észlelése jöhet szóba. A tűzjellemzők hagyományosan, az információhordozók szerint két csoportba sorolhatók.

### 1. Energia jellegű tűzjellemzők:

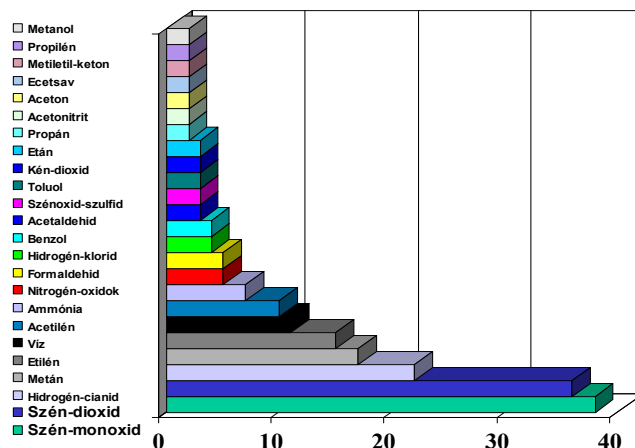
- A láng által kibocsátott sugárzás (fény): infravörös, ultraibolya és látható fény tartományban
- Hő: hőáramlás és hővezetés formában
- Nyomás, nyomáshullám, hang

### 2. Anyagi jellegű tűzjellemzők, égéstermékek:

- Gázok
- Füst: az égés és a hóbomlás során keletkezett szilárd részecskék, aeroszok.

1. Ábra

A tüzek során keletkezett gázok eloszlása



A fentieknek megfelelően tehát a tűzjellemzők érzékelése szerint beszélhetünk:

- Nyomás, nyomáshullám érzékelőkről
- Gázérezékelőkről
- Lángérezékelőkről

- Hőérzékelőkről
- Füstérzékelőkről

A felsorolásból mindjárt az elején kiemelhetjük a nyomásérzékelőket, nem azért mert nem létezik, hanem azért mert az általános tűzjelzésben nem használatosak. A tűzjelzés egy speciális területén, a robbanásérzékelésben fontos szerepük van.

Poros technológiákban a robbanás megindulásakor keletkező hang, vagy nyomáshullám gyorsabban - hangsebességgel - terjed, mint a robbanás láncreakciója. Itt természetesen nem robbanóanyagokról van szó. Ezt a helyzetet kihasználva a robbanás már a kezdeti szakaszban észlelhető és megfelelő gyors beavatkozással a robbanás elfojtható.

Szintén a robbanás elfojtás területén alkalmaznak egy másik ritkán használt érzékelőt, a lángérzékelők egy speciális típusát, a szikraérzékelőt.

E két érzékelő fajtával a továbbiakban nem foglalkozunk a ritkán használatosságuk miatt, ellenben részletesen tanulmányozzuk az ismert, elterjedtebb típusok fizikai működését.

Ha növekvő fontossági sorrendet választunk, akkor elsőként a gázérzékelőket kell megtárgyalnunk.

## Gázérzékelés

Amíg az ipari technológiákban a gázérzékelés nagyon jelentős szerepet játszik addig az általános tűzjelzésben csak a "mostohagyerek" szerepe jut neki. Ennek oka az, hogy laboratóriumi mérések tanúsága szerint, a legtöbb esetben a gázérzékelők lassabban jeleznek, mint a később tárgyalt érzékelő típusok. Ehhez adódik még, hogy eléggé érzékenyek a környezeti változásokra (páratartalom, hőmérséklet), ezért hajlamosak a téves jelzésekre.

Első hallásra ez elegendő ok lenne arra, hogy „kihaljanak”, mint a dinoszauruszok. Hogy ez mégsem történt meg, annak egyik oka az, hogy vannak alkalmazási területek, ahol hatékonyan csak gázérzékelőkkel lehet megoldani a tűzjelzést. A másik ok pedig az, hogy jelenleg is gőzerővel folyik gázérzékelők fejlesztése, és már vannak jelek arra, hogy a „mostoha” jelen helyett a jelentős jövő vár a gázérzékelőkre a tűzjelzés területén is.

A gázérzékelők alkalmazásának legfőbb területe a nagy szén, illetve a hasonló ömlesztett szilárd, poros éghető anyagok tároló és szállító terek védelme. Ezeken a helyeken a por miatt a füstérzékelők nem jöhetnek szóba, a hőérzékelők pedig, amire megszólalnak egy ilyen helyen már elég nagy tűznek kell kifejlődnie. Viszont a gázérzékelőknek jó esélyük van arra, hogy korán észlelni tudjanak egy a szénkupac belsejében meginduló lassú égést is.

Az 1. ábrán látható diagramm a különböző tüzek vizsgálatakor keletkezett gázok gyakoriságának eloszlását mutatja. Látható, hogy a keletkezett égéstermékek között a széndioxidon kívül találhatunk, tovább éghető gázokat, mint a szénmonoxid és mérgező gázokat, mint a hidrogén-cianid, ismertebb nevén a cián, de a szénmonoxid ide is besorolható. Nagyon lényeges információ, hogy az átlagos tüzeknél ez a három gáz, azaz a szénmonoxid, a széndioxid és a cián fordul elő leginkább, tehát a tűzjelzésben igazából elég ennek a három gáznak az észlelésére koncentrálni.

A 2. ábra táblázatának második oszlopában felsorolt három féle gázérzékelési mód fordulhat elő leginkább a tűzjelzésben.

A keletkezett gázok	Az érzékelés módja
Éghető gázok	Fűtött katalizátoros Félvezetős adszorpció
Mérgező gázok	Félvezetős adszorpció Elektrokémiai cellás

2.ábra

<b>Gázérezékelés módjai</b>	
Keletkezett gázok	Az érzékelés módja
Éghető gázok	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fűtött katalizátoros</li> <li>• Félvezetős adszorpciós</li> <li>• Optikai</li> </ul>
Mérgező gázok	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Félvezetős adszorpciós</li> <li>• Elektrokémiai cellás</li> <li>• Optikai ?</li> </ul>

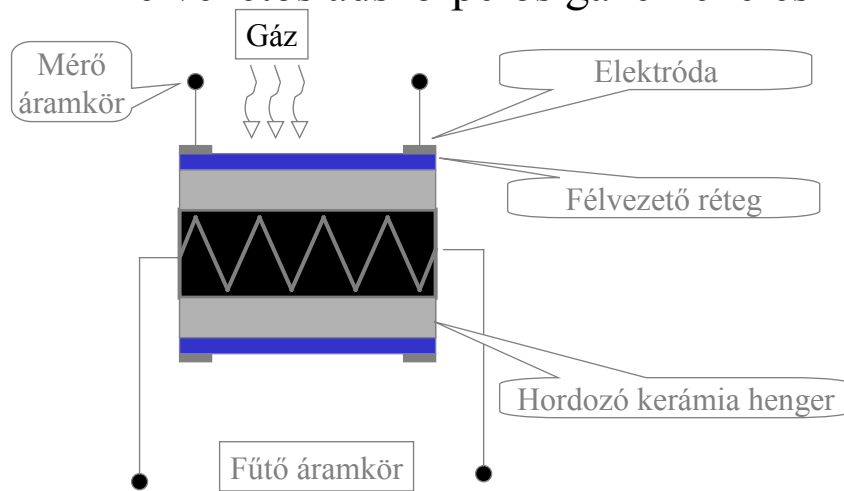
A félvezetős érzékelés mindkét gáztípus érzékelésére alkalmas, kezdjük tehát ezzel az ismerkedést.

### **Félvezetős adszorpciós gázérezékelés**

A működés elve a 3.ábrán követhető nyomon. Egy kerámia henger felületére viszik fel a vékony félvezető réteget. A henger két végén lévő gyűrű elektródára kapcsolt feszültséggel mérhető a félvezető réteg vezetőképessége. Amikor megjelenik az érzéklni kívánt gáz, az a félvezető réteg felületén megkötődik, minek következtében megváltozik a félvezető vezetőképessége. Ez a változás a kapcsolódó mérő elektronika számára érzékelhető jelet biztosít. A kerámia henger belsejében lévő fűtőáramkör a hőmérséklet emelésével növeli a félvezető réteg felületi aktivitását, ezáltal az érzékenységet.

3. számú ábra

## Félvezetős adszorpciós gázérzékelés



### A félvezetős gázérzékelés tulajdonságai:

- Érzékenysége közepes, illetve nagy
- Többféle gázra keresztérzékenységgel rendelkezik, vagyis nem teljesen egyértelmű, hogy milyen gázra „szólal meg” az érzékelő.
- Az érzékenység hő és nedvesség függő
- Az érzékelő jelleggörbéje nemlineáris, ezt a mérőelektronika segítségével kompenzálni kell

### Elektrokémiai cellás gázérzékelés

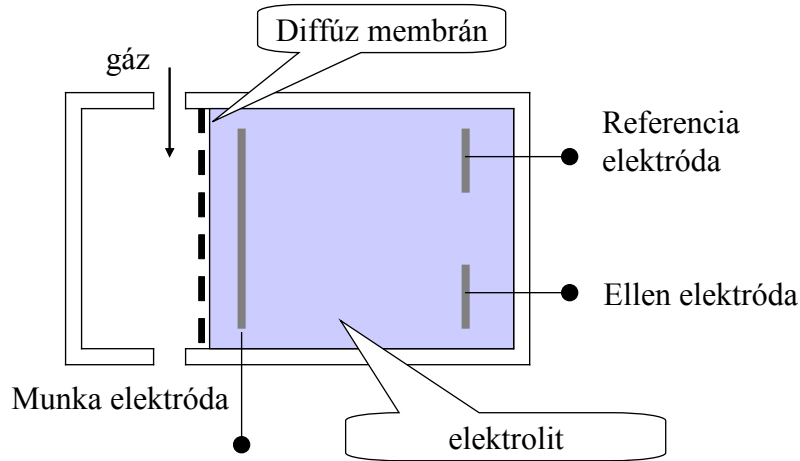
Az elektrokémiai cellás érzékelési mód működési elve hasonló a félvezetőséhez. A lényegi eltérés abban van, hogy más közeg, elektrolit zselé az aminek a vezetőképesség változását figyeljük. Az érzékelő vázlatos felépítése a 4. ábrán látható.

Az érzékelő cella egyikfelét az elektrolit zselé tölti ki, amit egy diffúz membrán választ el a cella nyitott részétől. A membrán feladata az, hogy egyben tartsa az elektrolitot, ugyanakkor lehetővé tegye a cella nyitott része felől érkező gáznak, hogy az be tudjon diffundálni az elektrolit belsejébe. Az elektrolit és a gáz között zajló kémiai reakció eredményeképpen az elektrolit vezetőképessége megváltozik. Ezt a vezetőképesség változást az elektrolitban elhelyezett elektródák segítségével mérni tudjuk. Így a gáz jelenlétét elektronikus jellel konvertáltuk, ezáltal elő is állt a gázérzékelő.

### Elektrokémiai cellás gázérzékelés tulajdonságai:

- A félvezetős érzékeléssel ellentétben, ebben az esetben az elektronika által mérhető jel a gázkoncentrációval egyenesen arányos, azaz lineáris
- Pontos, érzékeny műszer. Sajnos érzékeny a környezeti hatásokra is, ezért hajlamos a téves jelzésekre.
- Az elektrolit egy idő után elhasználódik, előregszik, így az érzékelő rövid élettartamú.
- Reagálási idő: 30÷60 s.

## Elektrokémiai cellás gázérzékelés



4. ábra

### Fűtött katalizátoros gázérzékelés

A működésből adódóan, mint majd látjuk ez az érzékelési mód első sorban az éghető gázok érzékelésére alkalmas.

Az érzékelő elem a néhány milliméter nagyságú pellisztor, vagy más néven gyöngy. Elnevezését az 5.ábrán látható alakjáról és méretéről kapta.

Az alumínium oxid hordozó belsejében platina ellenállásból készített fűtőszál van. A platina ellenállást pontos és lineáris hőmérséklet függése miatt más alkalmazásokban elterjedten használják elektronikus hőmérsékletmérésre. A mi esetünkben is ezt a tulajdonságát használjuk ki.

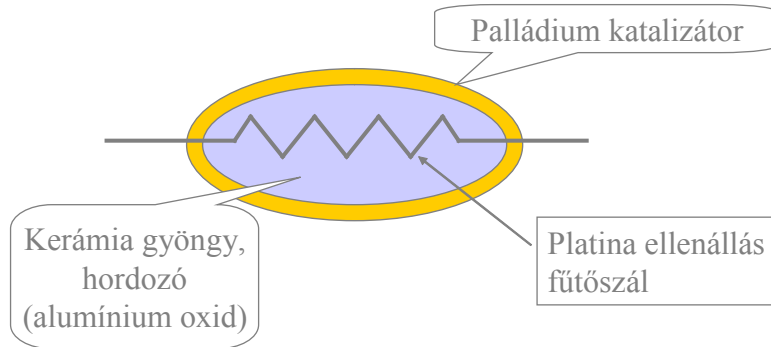
A gyöngy felületére palládium katalizátort visznek fel, amely a platina munkaárama által felmelegített állapotban nagy aktív felületet képez az érzékelni kívánt éghető gázok számára. A katalizátor felületén felgyorsul a gázok oxidációja és ez megemeli az egész pellisztor (gyöngy) hőmérsékletét. A hőmérséklet növekedése megnöveli a platina ellenállását, amely a 6.ábrán mutatott mérőhídba kötve a hőmérséklettel arányos feszültségváltozást okoz a kimeneti kapcsolokon.

Fűtött katalizátoros gázérzékelés tulajdonságai:

- A gázkoncentrációval arányos lineáris jelleggörbéje van
- A mérés ismételhető, hosszú élettartam.
- Az érzékelő abszolút skálán kalibrálható, műszerként használható

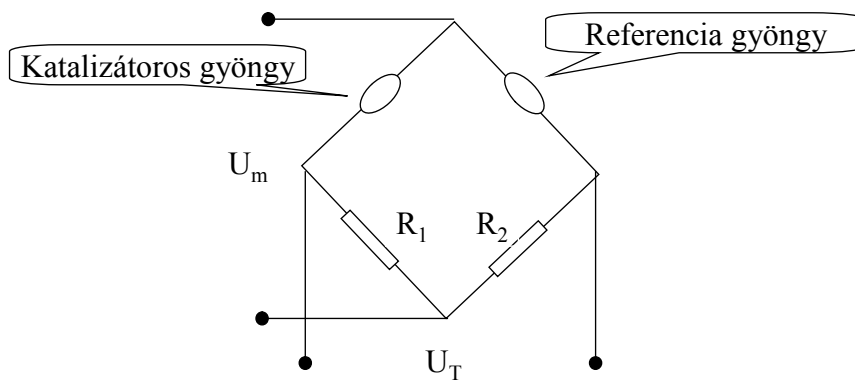
## Fűtött katalizátoros gázérzékelés

- Érzékelő elem: pellisztor (gyöngy) (hot-wire)  
(méret: néhány mm)



5. ábra

## Fűtött katalizátoros gázérzékelés\*



6. ábra

## Optikai gázérzékelés

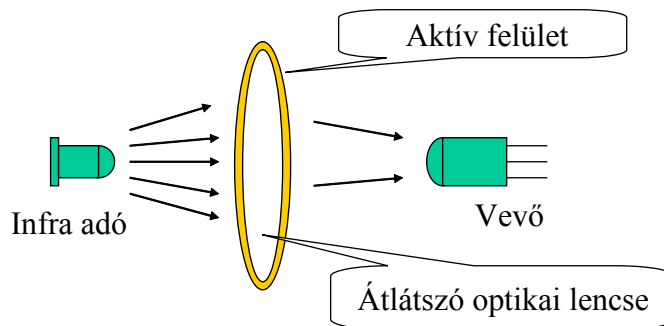
A jelenleg is folyó fejlesztések egyik ígéretes terméke az optikai gázérzékelés. Elvi felépítése a 7. ábrán látható. Az infravörös (LED) adóból és vevőből álló páros egy átlátszó optikai lencsén keresztül „látja egymást”. Az optikai lencse felülete olyan anyagot tartalmaz ami normál esetben szintén átlátszó. Az érzékelni kívánt gázzal kölcsönhatásba lépve viszont

optikai tulajdonságai (színe, átláthatósága) megváltozik, amit az infravörös adó-vevő együttes kiválóan tud érzékelni. A lencsére felvitt aktív réteg kiválasztásával szelektálja a gázokat. Ismereteink szerint egyelőre a szénmonoxid érzékelését dolgozták ki.

Az optikai gázérezékelés jelen pillanatban a „jövő zenéje” kategóriába tartozik. A Bosch cég terméke a fejlesztés fázisán már túl van, jelenleg Németországban tűzvédelmi laboratóriumokban tesztelik. Amennyiben ott megfelel a vizsgálatokon, várható, hogy a magyarországi piacon is hamarosan meg fog jelenni.

Az érzékelő tulajdonságairól eddig nem sokat tudunk, de a működésre vonatkozó előzetes ismereteink alapján jó reménységünk lehet arra, hogy az optikai gázérezékelés kihozza a gázérezékelőket a „mostohagyerek” kategóriából a tűzjelzésben is.

## Optikai gázérezékelés



7. ábra

A tűzérezékelés növekvő fontossági sorrendjét követve a lángérezékeléssel kell folytatnunk.

## Lángérezékelés

Mondani is felesleges, hogy a tüzek leglátványosabb fizikai-kémiai jelensége a lángolás. Természetesen ez a tűzjellemző sem maradhat ki, ha az a feladat, hogy érzékeljük a tüzeket. Azt is azonnal meg kell állapítani, hogy ami szemünk számára a leglátványosabb, az nem igazán használható a tűz érzékelésére, hiszen a látható fény tartományában, az egyébként létfontosságú napfény ezúttal zavaró tényezőként jelentkezik.

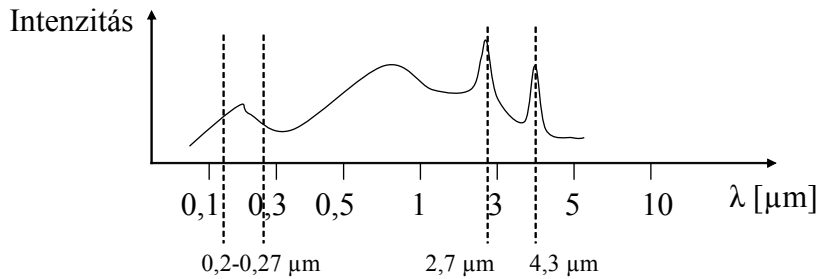
A megoldást természetesen a látható fényen kívüli tartományban keresték és találták meg.

Az 8. ábrán a föld felszínét elérő napfénynek az intenzitás görbáját láthatjuk. Ránézésre azonnal megállapítható, hogy az infravörös (IR) és az ultravioleta (UV) tartományokban jelentő "gödrök" találhatók az intenzitás görbén.

Ha a 9. ábrára tekintünk, a szénhidrogén tüzek fény emissziós ábráján azonnal láthatjuk a természet által felkínált lehetőségeket.

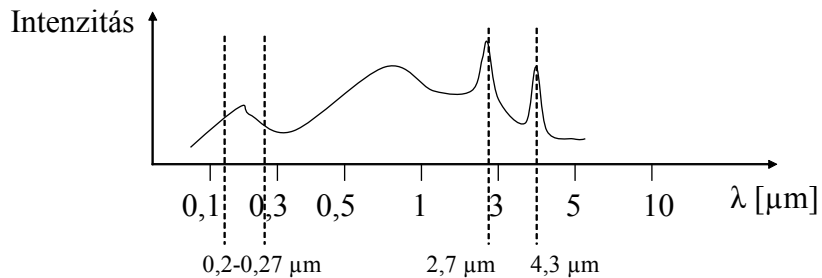
Míg a  $0,3\mu\text{m}$  alatti UV hullámhossznál szinte teljesen megszűnik a napsugárzás intenzitása, addig a szénhidrogének égésekor  $0,2\mu\text{m}$  környezetében éppen egy emissziós csúcsot

találhatunk. A spektrum másik szélén pedig a műszaki emberek részére a természet által ritkán feladott "magas labdát" láthatjuk.



Az IR érzékelő félvezetős fényelem szénhidrogén tüzek 2,7 és 4,3  $\mu\text{m}$ -es sugárzási csúcsára van hangolva. A napfény intenzitásának ugyanitt minimuma van.

8. ábra



Az IR érzékelő félvezetős fényelem szénhidrogén tüzek 2,7 és 4,3  $\mu\text{m}$ -es sugárzási csúcsára van hangolva. A napfény intenzitásának ugyanitt minimuma van.

9. ábra

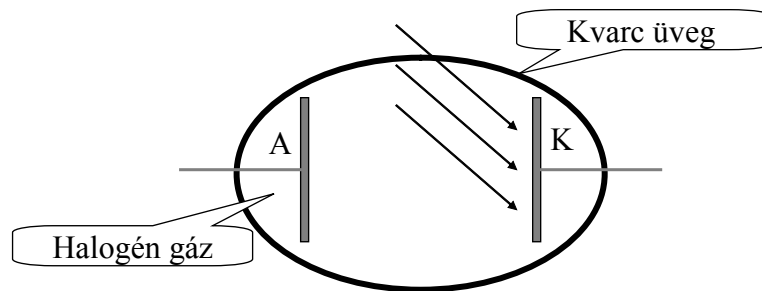
2,7 és 4,3 $\mu\text{m}$  környezetében a napfény spektrumában intenzitás minimumot, míg ugyanitt a szénhidrogén emissziós görbén egy-egy csúcsot találhatunk az IR tartományban. Természetesen a "felkínált" lehetőségeket kihasználva, ezekben a tartományokban működnek az:



### Infravörös (IR) és Ultraibolya (UV) lángérzékelők.

Az IR érzékelőkben az érzékelést a háztartási eszközök sokaságában is használt infravörös sugárzásra érzékeny félvezetős eszközök professzionális változata végzi. A megfelelő hullámhosszra való hangolás az optikai kiegészítőkkel történik, az érzékelő fejhez kapcsolt elektronika pedig a jelfeldolgozást, illetve a tűzjelző rendszerhez való csatlakozást teszi lehetővé.

A infravörös tartományú érzékelést egy un. UV cső segítségével oldották meg. Az UV cső egy halogén gázzal töltött kvarcüvegből áll, amelyben két elektróda van elhelyezve egymással szemben. Vázlatos felépítése a 10. ábrán látható.



0,3  $\mu\text{m}$  alatti UV érzékelés

A rövid hullámhosszú ( kozmikus sugárzás) tartomány zavaró hatását ki kell szűrni. Az érzékelési tartomány határait az üveg (alsó) szűrése és a katód (felső) anyaga határozza meg.

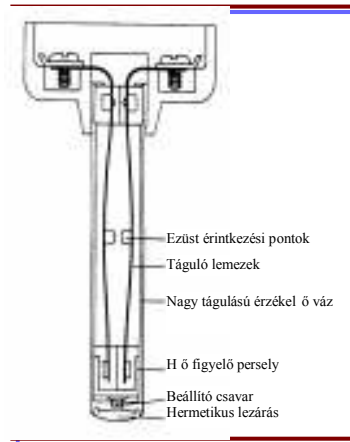
10.ábra

Normál esetben a két elektróda között nem lehet átvezetés. A katód felületére olyan anyagot visznek fel, amely 0,3 $\mu\text{m}$  alatti hullámhosszú UV sugárzás hatására elektronokat emittál, amelyek által elektromos vezetés indul a két elektróda között.

Itt zavaró tényezőt jelent a nagyfrekvenciájú kozmikus sugárzás, melyet a kvarc búra segítségével lehet kiszűrni.

#### ***A lángérzékelők alkalmazási területei:***

- Gyors, lángfázissal kezdődő tüzek (folyadék tüzek, oldószeres technológiák, festő alagutak)
- Kültéri tüzek észlelése (farakatok, folyadék tartály tüzek)
- Ahol a jelzési késedelem nem megengedhető (anyagszállító csatornák, hangárok, nagy csarnokok)



11. ábra

#### ***A lángérzékelők alkalmazásának korlátai:***

- Láng nélküli tüzek (pl. svéltűz)
- Takart tűzforrás
- Sűrű füstképződés (pl. PVC)
- hegesztés, szikra, villámlás érzékenység (UV érzékelőnél)
- korrozív környezet
- Nagy páratartalom, gőz (főleg UV- nél)
- Magas környezeti hőmérséklet

## **Hőrzékelés**

*A tűzjelzésben a hőérzékelőknek két csoportja van:*

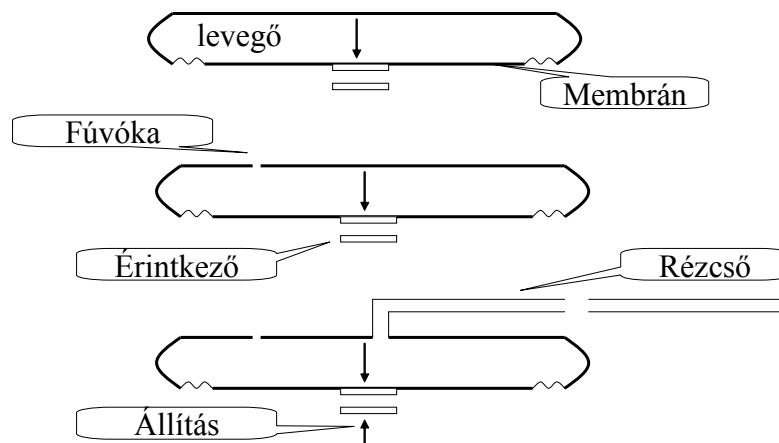
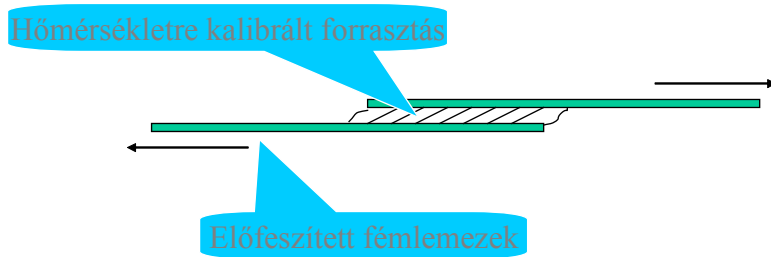
- Maximál hőérzékelő, küszöbérték hőérzékelő
- Hősebesség érzékelő: 8-10-12°C/min hőmérsékletnövekedésre jelez

A küszöbérték hőérzékelés magától értetődő, az érzékelő a kívánt hőmérsékletnél jelzést ad. A hősebesség érzékelő nem egy hőmérséklet értéknél ad jelzést, hanem akkor, amikor a hőmérséklet emelkedésének a mértéke meghalad egy beállított értéket. Egy normál helyiségben 8-10-12°C/min hőmérsékletnövekedést semmilyen szokásos fűtő berendezés nem képes előidézni. Ha ilyen hőnövekedés mégis előfordul, az minden valószínűség szerint csak egy nem kívánatos tüzeset lehet.

*Az érzékelés módja szerint beszélhetünk:*

- Bimetálos
- Olvadó (wood) fémes
- Membrános táguló légkamra

- Elektronikus
- Hőérzékelő kábel hőérzékelőkről.



13. ábra

A **bimetálos** hőérzékelés elve azon alapul, hogy két különböző hőtágulású fém egymáshoz rögzítve hő hatására elmozdulást produkál, ami felhasználható elektromos kontaktus létesítésére. Az elmozdulás a hőmérséklettel arányos, így kalibrálható a kapcsolási hőmérséklet. A bimetálos hőérzékelés egy fajta megoldása a 12. ábrán látható.

Az **olvadó (wood) fémes** hőérzékelés elvének megértéséhez az 13. ábra ad segítséget. Két egymáshoz képest előfeszítet fémlemez össze van forrasztva olyan forrasztó anyaggal, amelyiknek olvadáspontja az ötvözet alkotóinak arányával hőmérsékletre van kalibrálva. Jelenleg leggyakrabban ezzel a megoldással a sprinkler szórófejek indító szerkezetében találkozhatunk, de létezik még olyan wood-fémes hőérzékelő drót amellyel oltórendszert indítanak.

### **Táguló léghkamrás hőérzékelés**

Az érzékelő lelke egy membrán lemezzel lezárt lapos korong. Hőmérséklet hatására a kamrában lévő levegő felmelegszik és kitágul, ez a membránt kifelé mozdtítja. Az elmozdulás itt is egy elektromos kontaktust hoz létre, s máris kaptunk egy küszöb hőérzékelőt.

Ha kamra falába fúrunk egy megfelelően méretezett lyukat, abban a pillanatban eszközünk átváltozik hősebesség érzékelővé. A lassú hőmérséklet változásra ugyanis így nem tud reagálni a membrán, mivel a nyomás lassú növekedése a fűvókán keresztül le tud fűjni. Ezzel szemben egy intenzív hőmérsékletnövekedéssel járó túlnyomást már nem képes elvezetni fűvóka, így a membrán kimozdul és jelzést ad.

Ha a kamrát kiegészítjük egy hosszú rézcsővel, akkor máris egy vonali hőérzékelőhöz jutottunk. A vonali érzékelő annyit tesz, hogy az érzékelés a védett térnek nem egy pontján, hanem egy vonal mentén történik. A rézcső mentén bárhol felmelegszik a környezet, azonnal nyomásnövekedés lép fel a kamrában. Ha egy ilyen érzékelő kamrát megfelelő elektronikával kiegészítünk, egy nagyon jó, állítható érzékenységű tűzjelző eszközt kapunk.

### **Termisztoros hőérzékelés**

Ez a hőérzékelési mód található meg leggyakrabban a mai tűzjelző rendszerekben. A termisztor egy olyan félvezető elem, amelynek vezetőképessége egy bizonyos hőmérsékleten drasztikusan megváltozik. Az ellenállás változás irányától függően nevezik a termisztor NTC-nek, vagy PTC-nek (vagyis negatív, vagy pozitív termikus karakterisztikájúnak). A karakterisztika töréspontját, vagyis, hogy az milyen hőmérsékleti értéknél legyen, a félvezető elem gyártásakor a szennyezés mértékével határozzák meg.

A termisztorok alkalmazása általában a 14. ábrán látható hídkapcsolásban alkalmazzák. Ha a referencia termisztor helyén egy közönséges ellenállás van, akkor küszöb hőérzékelőről beszélhetünk. Ha a referencia termisztor egy zárt kamrában van elhelyezve, akkor egy hősebesség érzékelőt kapunk. Lassú hőmérsékletváltozásra a zárt termisztor is át tudja venni a környezeti hőmérsékletet csakúgy mint a mérő termisztor. Gyors hőnövekedésre viszont a zárt referencia termisztor nem tudja követni a környezet hőmérsékletének változását, a mérőhíd egyensúlya kibillen, a kiértékelő elektronika számára érzékelhető jelet, azaz tűzjelzést ad.

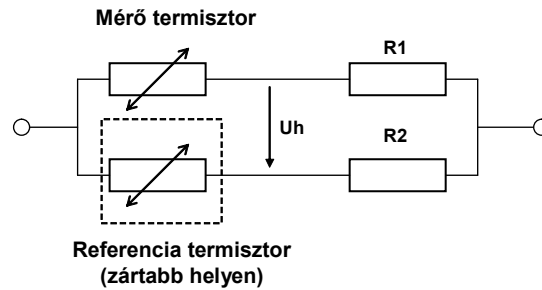
### **Hőérzékelő kábelek**

A vonali hőérzékelés egy másik módja a hőérzékelő kábelek alkalmazása.

Ezekből is kétféle van

- Hőre olvadó szigetelésű kábel: a szigetelés megolvadása zárlatot okoz, ezzel ad jelzést Ez az úgynevezett „egyszer használatos” megoldás.
- Termisztor szigetelésű kábel (NTC, PTC) működése azonos az előzőekben ismertetett termisztoros elektronikus hőérzékeléssel.

A hőérzékelőket rendszerező táblázat a 15. ábrán látható.



14. ábra

	Pontszerű	Vonali
Maximál hőérzékelő	Bimetálos Olvadó (wood) fémes Membrános Elektronikus	Hőérzékelő kábelek (elektronikus és olvadó szigetelésű) Membrános rézcsöves
Hősebesség érzékelő	Elektronikus Membrános	Membrános rézcsöves

15. ábra

*A hőérzékelők alkalmazási területei:*

- Várhatóan nagy hőnövekedéssel járó tüzek
- Nagy páratartalom, gőz
- Korrozív, poros környezet
- Üzemszerűen 60°C-nál magasabb környezeti hőmérséklet

- Ahol üzemszerűen a technológiából adódóan füst, égéstermék van jelen

#### ***A hőérzékelők alkalmazásának korlátai:***

- Rosszul égő, parázsló, kis hőnövekedéssel járó un. svéltüzek
- Menekülési utak
- Nagy belmagasság
- Ha nem lehet a mennyezetre szerelni az érzékelőt
- Klimatizált terek

### **Füstérzékelők**

A tűzjelzésben a "slágerlista" élén kétség kívül a füstérzékelők állnak. A különböző tüzek során keletkezett füstben három nagyságrendet átfogó (0,01-10 $\mu$ m) különböző méretű szilárd aeroszolok bomlástermékek, korom részecskék találhatók. A méreten túl az érzékelés szempontjából lényeges a füst részecskék fényelnyelési, illetve fényvisszaverő képessége, vagy egyszerűbben fogalmazva, bizonyos érzékelési módoknál nem mindegy, hogy a füst fekete, vagy fehér. A tüzek füstjeit tehát szemcseméretükkel és színükkel jellemezhetjük.

Füstérzékelésre az alábbi módokat fejlesztették ki.

- ***Ionizációs érzékelés***
- ***Optikai érzékelés***
  - ***fényelnyelésen alapuló érzékelés***
  - ***fényszóródáson alapuló érzékelés***
    - ***infra megvilágítás***
    - ***lézeres megvilágítás***

***Az érzékelés geometriáját tekintve beszélhetünk pontszerű és vonali érzékelőről.***

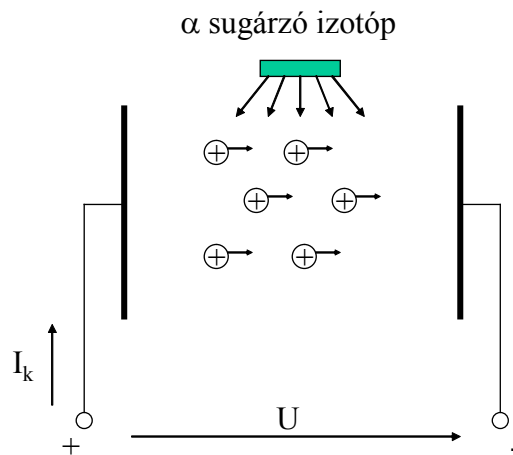
Ebben a sorrendben is megyünk végig az érzékelési módszerek ismertetésében.

### **Ionizációs füstérzékelés**

Történeti szempontból az ionizációs érzékelők jelentek meg a legkorábban és mindjárt, mint majd látni fogjuk egy nagyon jó megoldást sikerült találni.

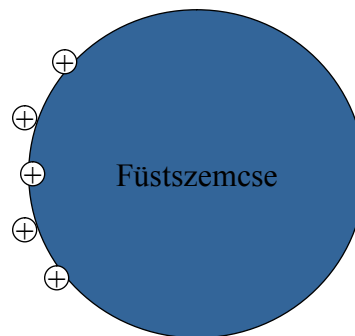
Működési elve az **16. ábrán** követhető nyomon. Az érzékelő kamrában elhelyezett kondenzátor lemezekre feszültséget kapcsolunk, amely áramkörben, normál esetben a feltöltődést követően semmilyen áramvezetést nem mérhetünk, lévén a levegő kiváló szigetelőanyag. Ha viszont az elektródák közötti teret ionizáló sugárzással megbombázzuk, akkor a levegő molekulákról elektronok szakadnak le, negatív és pozitív töltéshordozókkal telik fel az eddig szigetelő légtér, így megindulhat a kamraáram. ez a nyugalmi kamraáram folyik mindaddig, míg meg nem érkeznek a füst részecskék.

Az ionizált levegő molekulák körülbelül két nagyságrenddel kisebbek a mérőkamrába érkező füst részecskékénél. Amikor ezek összetalálkoznak, akkor ionizált molekulák megtapadnak a hozzájuk képest óriási füst részecskék felületén (**17. ábra**). Amikor egy légy felragad a kamion szélvédőjére, akkor ez a találkozás nem sokat fog változtatni a kamion mozgásállapotán, ugyanígy a füst részecske mozgását sem fogják túlságosan befolyásolni a felületére tapadt ionizált levegő molekulák, utóbbiak viszont nem tudnak tovább részt venni a nyugalmi kamraáramot biztosító töltésáramlásban. Ez azt jelenti, hogy az érzékelő kamrába érkezett füst miatt lecsökken a kamraáram, ami a kiegészítő elektronika segítségével egyértelműen jelzi a füst jelenlétét.



16. ábra

- Az ionizált levegő részecskék megtapadnak a füstszemcsék felületén
- Füst jelenlétében a kamraáram lecsökken.
- A kamra áram lecsökkenhet a nagy légáramlástól is.

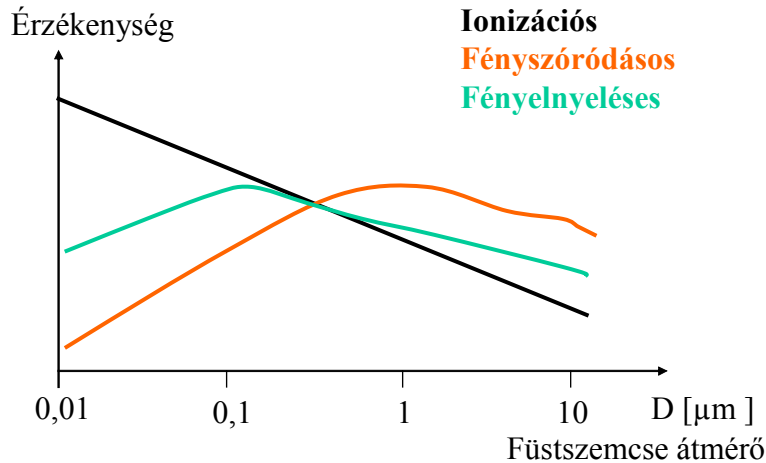


17. ábra

Fontos megjegyezni, hogy a nagy légáramlás is ki tudja fűjni az ionizált levegőt az érzékelő kamrából, ami szintén a kamraáram lecsökkenéséhez, vagy megszűnéséhez vezet. Ebben az esetben az érzékelő téves jelzést ad, tehát nagy légsebességű (>5m/s), huzatos helyeken nem alkalmazható.

Adott tömegű füst akkor tud több ionizált molekulát megkötni, ha ehhez nagyobb felület áll rendelkezésre, vagyis minél apróbb részecskékre van szét darabolva. Ebből egyértelműen következik, hogy ez az érzékelési mód annál érzékenyebb, minél kisebb füst részecskéket kell

érezkelnie. A 18. ábrán ez jól meg is figyelhető, ahol a különböző érzékelési módok érzékenységet ábrázoltuk a részecske nagyság függvényében. Látható, hogy az ionizációs érzékelő a teljes füst-spektrumot lefedi, de erősen eltérő érzékenységet mutat a különböző méretű részecskékkel szemben.



18. ábra

Az ionizációs érzékelőkben leggyakrabban használt izotóp az amerícium Am 241.

A levegő molekulák ionizálását 33,3 kBq intenzitású  $\alpha$  sugárzás végzi, egy  $\alpha$  részecske energiája 5,5 MeV. Az Am 241-nek az  $\alpha$  sugárzás mellett 0,06 MeV  $\gamma$  sugárzása is van. Ez a csekély  $\gamma$  sugárzás az oka, hogy ionizációs érzékelő egyre inkább kiháló félbe van, egyre inkább kiszorul a piacról. Ugyanis, amíg az  $\alpha$  sugárzás hatása néhány centiméter távolságban gyakorlatilag megszűnik, de akár egy papírlappal is leárnyékolható, addig a  $\gamma$  sugárzás nagy áthatoló képességű úgynevezett „kemény” sugárzás. E miatt az ionizációs érzékelők karbantartása, szállítása, tárolása, speciális előírások betartása mellett engedélyezett és akkor még nem is beszéltünk az elhasznált érzékelők megsemmisítésének költségeitől. Az izotópot tartalmazó érzékelők kezelésével járó hátrányok miatt több neves cég már teljesen lemondott az ionizációs érzékelők gyártásáról, helyette a környezetre veszélytelen optikai érzékelőket ajánlják.

***Az ionizációs füstérzékelők ajánlott alkalmazásai:***

- Teljes füstspektrum, főként az apró szemcsék észlelése
- Nyílt lángfázisú tüzek (szénhidrogén, folyadék) korai észlelése
- Menekülési útvonalak
- Nagy értékek védelme (adatfeldolgozók, telefonközpont)
- Irodák
- Ajtó-, ablak-, füstcsappantyú vezérlések

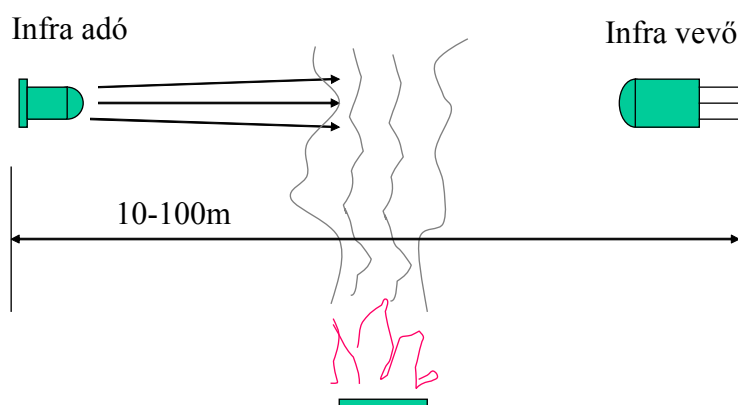
***Az alkalmazás korlátai:***

- Kültér
- Alkohol tűz (füst nélküli égés)



- Poros és nedves helyiségek
- Nagy légsebességű helyek (>5m/s)
- Üzemszerűen füst és égéstermék jelenléte
- Oldószeres légterek
- Zsírgőzös légterek
- Üzemszerűen meleg helyiségek
- Induló rosszul égő tüzek (svéltűz) nagyszemcséjű füstje, PVC tűz,

### Fényelnyelésen alapuló optikai füstérzékelés



**19. ábra**

Az érzékelés elve a 19. ábrán jól látható. Infravörös fény bocsát ki az adóval szemben van elhelyezve az infra érzékelő. Az adó és a vevő közé került füst elnyeli az infravörös sugárzást, a vevő érzékeli az intenzitás csökkenését, így jelezni tudja a füst jelenlétét. Az infra sugár hőáramlás okozta optikai torzítás is eltérítheti, így bizonyos esetekben hőérzékelőként is alkalmazható. Az ábrán elvi felépítésben látható vonali érzékelő a laboratóriumi vizsgálatok szerint az egyik legérzékenyebb füstérzékelő. A 18. ábrán látható érzékenységi görbéje szinte tökéletes, viszonylag egyenletes fogja át az egész érzékelné kívánt tartományt. Ha ez a módszer pontszerű kivitelben is alkalmazható lenne, nem is kívánhatnánk többet egy füstérzékelőtől, de 19. ábrán az is látható, hogy az adó és vevő tipikusan legkisebb távolsága 10 méter. Ennél nagyobb mértékű közelítés jelentős mértékben növeli az összeállítás zavarérzékenységét, ezzel a téves jelzések előfordulását. Bár volt olyan gyártó amelyik próbálkozott a fényelnyeléses módszer pontszerű érzékelőben való alkalmazásával, de az említett műszaki problémát nem sikerült kiküszöbölni, a sok téves jelzés miatt a gyakorlatban nem váltak be. Nem lehetetlen viszont, hogy a jövőben még találkozunk ezzel a megoldással.

#### ***A vonali füstérzékelők alkalmazási lehetőségei:***

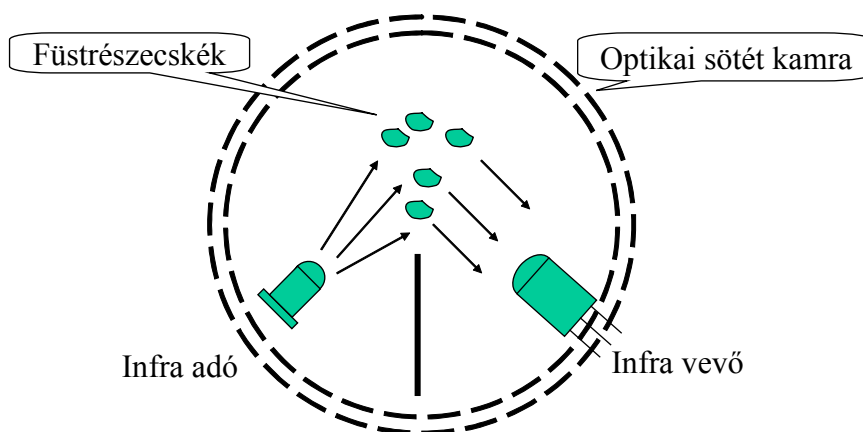
- Magas belső terek, osztott mennyezet
- Tágas csarnokok, átriumok
- Műemlékek, szerelhetetlen mennyezet

- Korrozív környezet, karbantarthatatlan (tűzjelző érzékelők szempontjából), akadályokkal teli ipari épületek
- Látható füstképződés (PVC, gumi, olaj, fa, szénhidrogének folyadéktüzek)
- Kábel alagutak

#### **Alkalmazási korlátok:**

- Alkohol tüzek
- Kültér
- poros füstös közegben (takarítható védő-üveggel megoldható)
- Nem látható füst esetén
- Páratartalom >90%(érzékelő párasodó „szeme” miatt)
- Magas környezeti hőmérséklet
- Közvetlen meleg levegő befúvásnál

### **Fényszóródáson alapuló optikai füstérzékelés**



20. ábra

Jelenleg a füstérzékelők, sőt a tűzjelző érzékelők „best-sellere” a pontszerű optikai érzékelő. Működési elvének megértéséhez az 20. ábra nyújt segítséget. Egy optikai sötétkamrában úgy van elhelyezve az infravörös tartományban működő adó és vevő (érzékelő), hogy közvetlenül „nem látják” egymást. Ahhoz hasonló, mintha egy optikailag abszolút fényelnyelő burkolattal ellátott terembe egy vakuval időnként bevillantánánk és figyelnénk, hogy mi lázható. Ha a levegő tiszta, akkor a vakuzás ellenére is csak sötétséget láthatunk. Ezzel szemben, ha a terembe füst, vagy köd jut, akkor azonnal érzékeljük füstrészecskékről visszaverődő fényt. Olyan, mint az autóvezetés éjszakai ködben.

Tehát, ha az érzékelő kamrába füst kerül, akkor az infra adó által szolgáltatott fény a füstrészecskékről visszaverődve az érzékelőbe jut, amely a kiegészítő elektronika segítségével a füst jelenlétét érzékelni tudja. A részecskék a vevő számára annál inkább láthatók minél nagyobbak és minél világosabbak. A 18. ábrán látható érzékenységi görbén látható is az érzékelés fizikájából adódó különbség. A kis méretű részecskék érzékelése az eddig tárgyalt módszereknél jelentősen gyengébb, a nagyszemcséjű füstöket viszont mindkettőnél jobban

érzékel. A kisszemcsés tartományban adódó gyenge érzékenység kiküszöbölésére többféle módszerrel próbálkoztak a fejlesztők. Az egyik a később tárgyalt lézeres érzékelő, a másik az adott összeállításban az érzékenység növelése, arra alkalmas alkatrészek alkalmazásával és az elektronika teljesítményének növelésével. Ezzel a módszerrel az érzékelési görbe az egész füst-spektrumban feljebb csúszik, tehát az alsó tartományban, ami a cél volt, nő az érzékenység. A felső tartományokban viszont jelentkezik a módszer hátránya, vagyis a túlérzékenység, ami a téves jelzések valószínűségét növeli. További lehetséges módszer a kettős megvilágítású ( $O^2$ ) érzékelő kamra létrehozása.

***Fényszóródásos optikai füstérzékelők ajánlott alkalmazásai:***

- Parázsló tüzek
- Műanyag tüzek
- Jól látható füstképződés
- Menekülési utak
- Légcsatorna érzékelők
- Nagy értékek védelme (adatfeldolgozók, telefonközpont)
- Nagyobb légáramlású helyek

***Alkalmazási korlátok:***

- Alkohol tüzek
- Poros korrozív környezet
- Kis szemcséjű nem látható füst esetén
- Fekete füst esetén
- Nagy páratartalom > 90%, gőz
- Magas környezeti hőmérséklet
- Nagyfrekvenciás tér jelenlétében

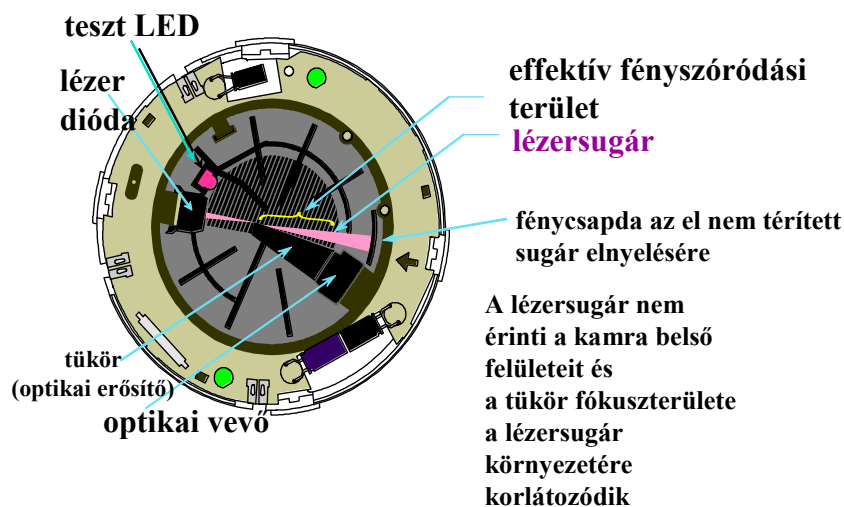
**Lézeres optikai füstérzékelő**

A működési elve ugyanaz, mint az előzőleg ismertetett optikai érzékelőnek, csupán a lézeres megvilágítás miatt kissé változik a kivitelezés. Egy megoldási mód a **21. ábrán** látható. A lézer koherens fénynyalábja jóval kisebb területet világít be mint az infa LED, így a szórt fény ereje is jóval kisebb, ezért tükörrel, optikai erősítővel kell segíteni az érzékelést. A lézer nagyobb frekvenciája miatt a kisszemcsés tartományban növekszik az érzékenység az egyszerű optikai érzékelőhöz képest. Az alkalmazott optikai erősítő miatt pedig a tartomány többi részén is megnő az érzékenység.

***A lézeres optikai füstérzékelő tulajdonságai, alkalmazhatóságai:***

- Rendkívül nagy érzékenység (0.01-1 %/m)
- Tiszta terek, stratégiai fontosságú helyek védelme (bevetés irányítási központ, telefonközpont, számítógépterem, félvezetőgyártás, stb.)
- A lézeres megvilágítás miatt a kis szemcsékre nagyobb az érzékenysége, mint az infrás optikai érzékelőknek
- Nagy érzékenységet igénylő aspirációs (légbeszívásos) tűzjelző központok érzékelője.

A lézeres optikai füstérzékelő hátránya, hogy ára többszöröse az egyszerű optikai érzékelőnek, így igazán nem lehet versenytársa a széleskörű alkalmazásban, viszont ahol igény a nagy érzékenység ott előnnyel indul az egyéb érzékelőkkel szemben.



21. ábra

## Kombinált érzékelők

A többféle érzékelési mód kombinálásának célja:

- a teljes érzékelési spektrum lefedése
- a téves jelzések kiszűrése
- az alkalmazott kiértékelő processzor és algoritmus segítségével minél korábbi megbízható tűzjelzés adása

Kombinációs lehetőségek:

- IT, OT, IOT, O<sup>2</sup>T, OC, OTC, ahol:
  - I = ionizációs
  - O = optikai
  - T = hő (termikus)
  - C = gázérezkelő (chemical)

Ha visszatekintünk a 18. ábrára, akkor láthatjuk, hogy az ionizációs és a szóródásos optikai érzékelők kombinációjával, függvényeik burkoló görbéje érzékelési szempontból kiküszöböli a két módszer hátrányait és szinte tökéletes érzékelőt lehet előállítani, de rögtön visszakaptuk az izotópok kezelésével együtt járó hátrányokat is.

Az O<sup>2</sup>T jelű kombinációban alkalmazzák a kettős megvilágítást, a hőérezkelés pedig „gratis” szinte mindegyik összeállításban szerepel. Újdonság az optikai gázérezkelés (OC, OTC) megjelenése a kombinált érzékelőkben

## Aspirációs (légbeszívásos) füstérezkelés

Az aspirációs érzékelők érzékelési módszerben nem jelentenek újat, újdonságot a mintavétel módja jelenti. Egy, a tűzjelző központba épített szivattyú és a hozzá kapcsolt perforált csőhálózat segítségével a védett térből levegő mintát vesz. Az alkalmazott érzékelőtől is

függően a rendszer érzékenysége nagyon nagy, a vonali füstérzékelőhöz hasonlóan, és nagyon korai tűzjelzést tesz lehetővé.

***Aspirációs füstérzékelés alkalmazásai:***

- Adatfeldolgozó-, számítógép- és telefonközpontok
- Magas és bonyolult belső terek védelme
- Állványos magas raktárak közbenső szintekre kiterjedő védelme
- Ipari „tisztá terek”
- Közmű alagutak
- Tokozott (szekrényekbe zárt) villamos berendezések
- Ahol az induló tüzek korai felismerése szükséges
- Műemlékek
- Hűtőházak

***Alkalmazási korlátok:***

- Alkohol tüzek
- Külterek
- Nem látható füst
- Üzemszerűen poros, füstös környezet

Bellus László tűzoltó alezredes