

Bellus László

### **A tűzjelzés fizikája, a tűzjellemzők érzékelése III. – füst**

A tűzjellemzők érzékelésénél a keletkező égéstermék, a füst érzékelése még ma is a legelterjedtebb. Bellus László 2002-ben írt tanulmánya ebből a szempontból sem veszített aktualitásából, sőt az optikai elvű érzékelés fejlesztési eredményei újra áttekintésre érdemessé teszik. Sorozatunk befejező részében a füstérzékelés fizikáját mutatjuk be előrebocsátva, hogy az érzékelés tökéletesítésére ma is jelentős erőfeszítések történnek.

### **Slágerlista**

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.***

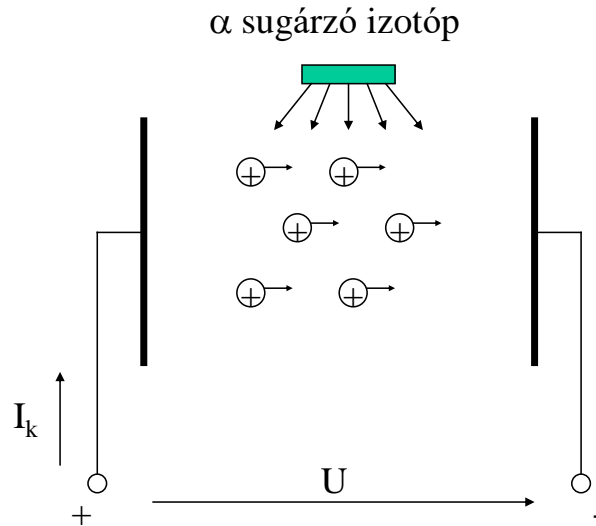
- Ionizációs érzékelés
- Optikai érzékelés
  - fényelnyelésen alapuló érzékelés
  - fényszóródáson alapuló érzékelés
    - infra megvilágítás
    - lézeres megvilágítás

Az érzékelés geometriáját tekintve beszélhetünk pontszerű és vonali érzékelőről. Ebben a sorrendben is megünnözzük végig az érzékelési módszerek ismertetésében.

### **Ionizációs füstérzékelés**

Történeti szempontból az ionizációs érzékelők jelentek meg a legkorábban és mindjárt egy nagyon jó megoldást sikerült találni.

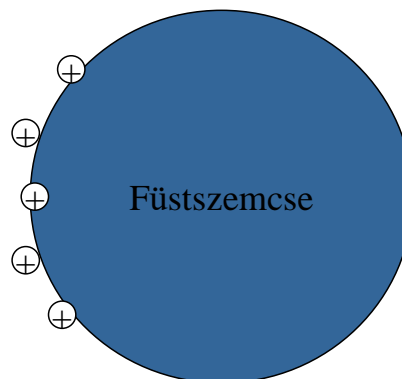
Működési elve az **1. ábrán** követhető nyomon. Az érzékelő kamrában elhelyezett kondenzátor lemezekre feszültséget kapcsolunk, amely áramkörben, normál esetben a feltöltődést követően semmilyen áramvezetést nem mérhetünk, lévén a levegő kiváló szigetelőanyag. Ha viszont az elektródák közötti teret ionizáló 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.



**1. ábra** Az ionizációs füstérzékelők működési elve

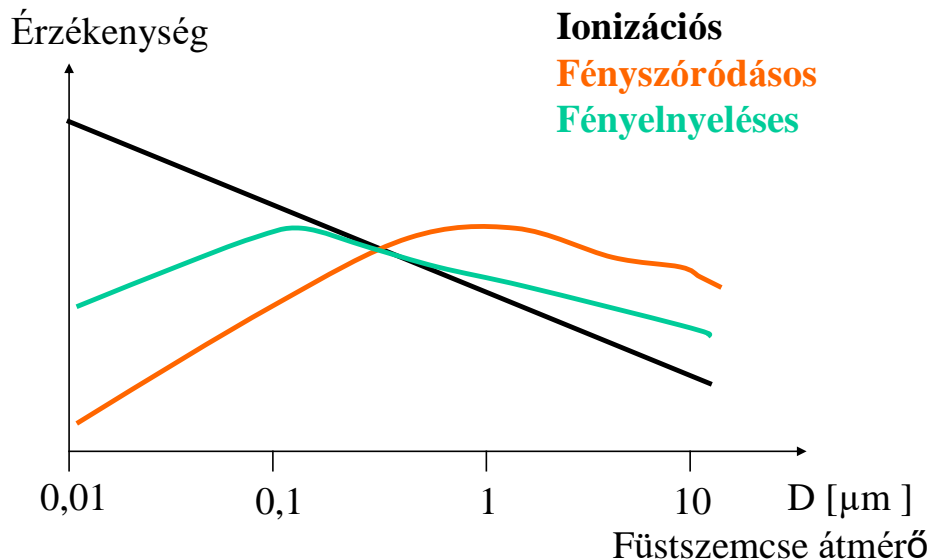
Az ionizált levegő molekulák körülbelül két nagyságrenddel kisebbek a mérőkamrába érkező füstreszcskéknél. Amikor ezek összetalálkoznak, akkor az ionizált molekulák megtapadnak a hozzájuk képest óriási füstreszcsek felületén (**2. ábra**).

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



Amikor egy légy felragad a kamion szélvédőjére, akkor ez a találkozás nem sokat fog változtatni a kamion mozgásállapotán, ugyanígy a füstreszecske 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.

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.



**3. ábra** Az érzékelési módok érzékenysége

Adott tömegű füst akkor tud több ionizált molekulát megkötni, ha ehhez nagyobb felület áll rendelkezésre, vagyis minél apróbb részecskékre van szétarabolva. Ebből egyértelműen következik, hogy ez az érzékelési mód annál érzékenyebb, minél kisebb füstreszecskéket kell érzékelnie. A **3. ábrán** ez jól meg is figyelhető, ahol a különböző érzékelési módok érzékenységét ábrázoltuk a részecske nagyság függvényében. Látható, hogy az ionizációs érzékelő a teljes füst-spektrumot lefedi, de erősen eltérő érzékenységet mutat a különböző méretű részecskékkal szemben.

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 kihaló félben 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***

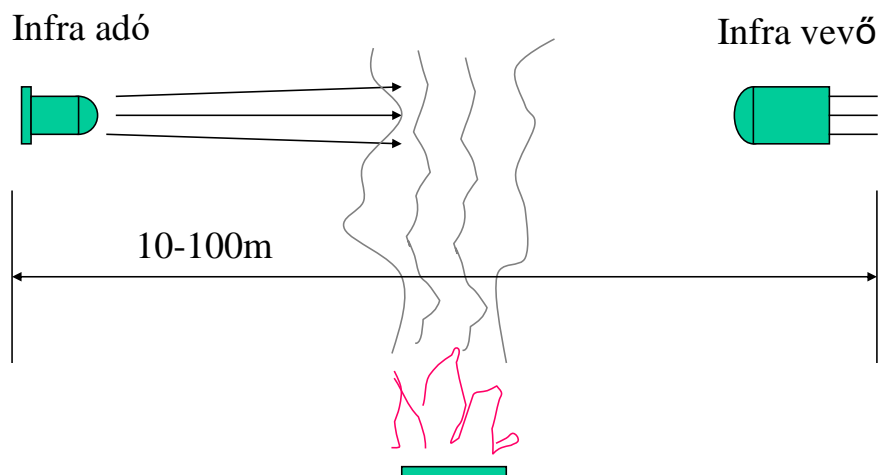
- Kültér
- Alkohol tűz (füst nélküli égés)
- Poros és nedves helyiségek
- Nagy légsebességű helyek (>5m/s)
- Üzemszerűen füst és égéstermék jelenléte
- Oldószeres légterek
- Zsírgőzös légterek
- Üzemszerűen meleg helyiségek
- Induló rosszul égő tüzek (svéltűz) nagyszemcséjű füstje, PVC tűz,

[Az ionizációs érzékelés a cikk írása óta, jogszabályi korlátozások miatt, gyakorlatilag teljesen visszaszorult. \(szerk.\)](#)

### **Fényelnyelésen alapuló optikai füstérzékelés**

Az érzékelés elve a **4. 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 sugarat 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 **3. ábrán** látható érzékenységi görbéje szinte tökéletes, viszonylag egyenletes fogja át az egész érzékelnit kívánt tartományt. Ha ez a módszer pontszerű kivitelben is alkalmazható lenne, nem is kívánhatnánk többet egy füstérzékelőtől, de **4. 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. Ezek az érzékelők a sok téves jelzés

miatt a gyakorlatban nem váltak be. Nem lehetetlen viszont, hogy a jövőben még találkozunk ezzel a megoldással.



4. ábra Fényelnyelésen alapuló optikai füstérzékelés

#### *A vonali füstérzékelők alkalmazási lehetőségei*

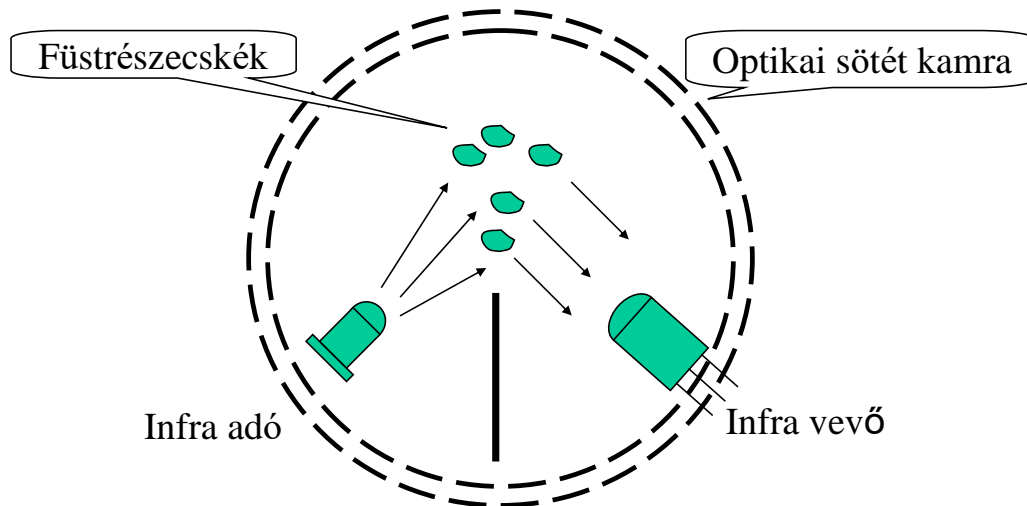
- Magas belső terek, osztott mennyezet
- Tágas csarnokok, átriumok
- Műemlékek, szerelhetetlen mennyezet
- Korrozív környezet, karbantarthatatlan (tűzjelző érzékelők szempontjából), akadályokkal teli ipari épületek
- Látható füstképződés (PVC, gumi, olaj, fa, szénhidrogének folyadéktüzek)
- Kábel alagutak

#### *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



**5. ábra,** Fényszóródáson alapuló optikai füstérzékelés

Jelenleg a füstérzékelők, sőt a tűzjelző érzékelők „best-sellere” a pontszerű optikai érzékelő. Működési elvének megértéséhez az **5. 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 vakuvál időnként bevillantánánk és figyelnénk, hogy mi látható. Ha a levegő tiszta, akkor a vakuzás ellenére is csak sötétséget láthatunk. Ezzel szemben, ha a terembe füst, vagy köd jut, akkor azonnal érzékeljük a 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 érzéklni tudja. A részecskék a vevő számára annál inkább láthatók minél nagyobbak és minél világosabbak. A **3. 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 érzékeli. 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.

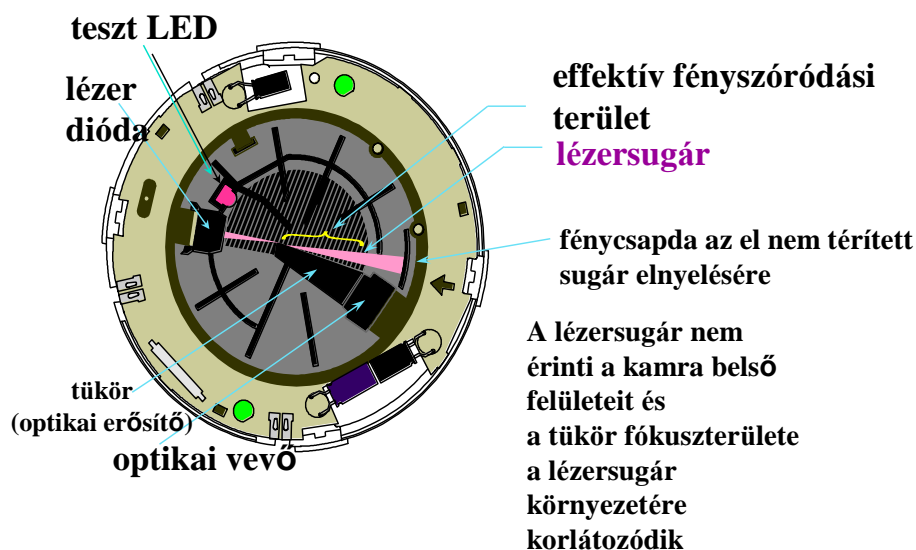
### *Fényszóródásos optikai füstérzékelők ajánlott alkalmazásai*

- 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**



### 6. ábra Lézeres optikai füstérzékelés

A működési elve ugyanaz, mint az előzőleg ismertetett optikai érzékelőnek, csupán a lézeres megvilágítás miatt kissé változik a kivitelezés. Egy megoldási mód a **6. 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 kissetemes 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, alkalmazhatósága*

- Rendkívül nagy érzékenység (0.01-1 %/m)
- Tiszta terek, stratégiai fontosságú helyek védelme (bevetés irányítási központ, telefonközpont, számítógéptermekek, 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.

#### **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** = gázérzékelő (chemical)

Ha visszatekintünk a 3. 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 hőérzékelés pedig „*gratis*” szinte mindegyik összeállításban szerepel. Újdonság az optikai gázérzékelés (**OC, OTC**) megjelenése a kombinált érzékelőkben.



## **Aspirációs (légbeszívásos) füstérzékelés**

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 „tiszta 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 őrnagy  
főosztályvezető-helyettes  
BM OKF Műszaki Biztonsági Engedélyezési Főosztály  
20002