

화염(火炎)감지기에 대한 고찰

李福永 / 警報試驗室 研究員

— ABSTRACT —

This report is explained about operating principles, characteristics of flame detectors. Flame detector is designed to detect the UV (Ultraviolet) and IR (Infrared) radiation produced by flaming involving carbonaceous materials.

1. 火炎의 성질

火炎의 발생에 의해 생기는 가장 뚜렷한 현상은 발열에 있고 이의 대표적인 이용에는 화력발전소의 Burner가 있다. 이로 미루어 열감응식 화재감지기는 화염감지기의 일종이라하여도 될 것이다.

다음은 빛이 있다.

예전에는 등불, 봉화 등으로 이용되었지만 현재 火炎감지기의 대부분은 이 빛을 이용하고 있다.

그 다음은 연기가 있다.

연기는 연소중에서도 발생하지만, 그 전단계의 혼소중에도 발생하여 이 입자를 이용한 것이 연기감지기로 연소중의 작은 연기입자를 이용한 이온화식감지기와 혼소중의 보다큰 연기입자를 이용한 광전식감지기가 있다.

광전식 연기감지기는 보통 광원으로 근적외선 발광 Diode를 사용하기 때문에 비교적 큰 연기입자에 감응을 하기 쉽다.

그 다음에 화염에서 나오는 물리적 현상으로 소리가 있다.

연소시 가연물의 GAS, 수증기 등이 발생 연소열과 반응하여 파열할때 나는 소리로 찌찍거리며 타는 소리와 이 보다는 낮은 소리로 우웅하는 정도의 소리가 나오고 있다. 이것은 대개 발생음과 같은 진동을 공기중에 주게되어 저주파수의 음이 나오고 있다고 예측되고, 이를 이용한 감지기는 없지만 앞으로 출현 가능성을 가진 것이라 생각된다.

그 다음은 냄새가 있다.

특히, 연소초기의 불완전 연소시에는 각각 가연물 특유의 냄새가 나오고 있어 이런 의미로 GAS감지기

도 화염의 발견에는 유용한 것은 아니지만 화염감지기의 한가지라 생각이 되며 이를 이용한 감지기의 출현을 선진국에서는 연구중에 있다.

그 다음은 CO₂, H₂O, Co등도 발생이 되고 있다.

이상이 화염이 가진 주된 물리적, 화학적 반응이다.

2. 화염감지기의 필요성

화염감지기의 정의를 「화재에 의해 발생하는 화염을 이용하여 자동적으로 화재발생을 감지하여 이를 수신기에 발신하는 것」으로 정의되고 있다.

열감지거나 연기감지기가 유효하게 화재의 감지가 곤란한 건물의 헛간, 창고, 기타 외부의 기류가 유통하는 장소, 건물내부의 대공간과 함께 천정이 높은 장소의 화재를 유효하게 감지하기 위한 감지방식의 필요성이 대두.

3. 화염감지기의 구조, 원리

가. 분 류

(1) 자외선식 SPOT형

화염에서 방사되는 자외선의 변화가 일정량 이상 되었을때, 작동하는 것으로 일국소의 자외선에 의해 수광소자의 수광량 변화에 의해 작동하는 것.

(2) 적외선식 SPOT형

화염에서 방사되는 적외선의 변화가 일정량 이상 되었을때, 작동하는 것으로 일국소의 적외선에 의해 수광소자의 수광량 변화에 의해 작동하는 것.

(3) 자외선, 적외선 병용(並用)식 SPOT형

화염에서 방사되는 자외선 및 적외선의 변화가 일정량 이상 되었을 때, 작동하는 것으로 일국소의 자외선 및 적외선에 의해 수광소자의 수광량 변화에 의해 작동하는 것.

(4) 화염복합식 SOPT형

자외선식 SPOT형의 성능 및 적외선식 SPOT형의 성능을 둘다 갖춘 것.

나. 화염감지기에 사용되고 있는 감지소자는 방사 ENERGY를 전기 ENERGY로 변환하는 소자가 사용되고 있고, 그 감지방식을 원리적으로 대별하면 다음 3종류로 분류된다.

(1) 빛을 조사한 때 고체내에 여기 전자를 진공중에 방출시켜 광전자방사를 이용한 외부광전 효과에 의한것-UV Drum

(2) 빛의 조사에 의해 전기저항의 변화를 이용한 광도전 효과에 의한것-Pbs, Pbse

(3) 빛의 ENERGY에 의해 기전력이 발생하는 것을 이용한 광기전력 효과에 의한 것

-Si 태양전지, Photo transistor.

다. 적외선 SPOT형 감지기의 작동원리별 분류

(1) CO₂ 공명(共鳴) 감지방식

화재에 의해 생기는 화염에서 방사되는 CO₂ 공명 방사량을 감지하는 것 (主1참고)

(2) 다파장 감지방식

적외선 영역의 2이상의 파장성분을 감지하는 것.

(3) 정방사 감지방식

적외선 영역의 일정방사량을 감지하는 것.

(4) Flicker 감지방식

화염에서 방사되는 적외선 영역의 깜박거림 성분을 감지하는 것.

(主1) 공명방사(복사) (共鳴放射 RESONANCE RADIATION)

빛의 흡수와 방사 ENERGY가 같은계에서는 여기(勵起) 상태에서 기저(基底)상태로의 천이에 따른 방출전자를 기저상태에 있는 계가 또다시 흡수하는 것이 가능하고 또한 반대의 경우도 가능하다. 즉 여기상태에서 기저 상태로의 천이(반대경우도 가능)에 따라 방출되는 빛. 이와 같은 방사를 공명방사라함.

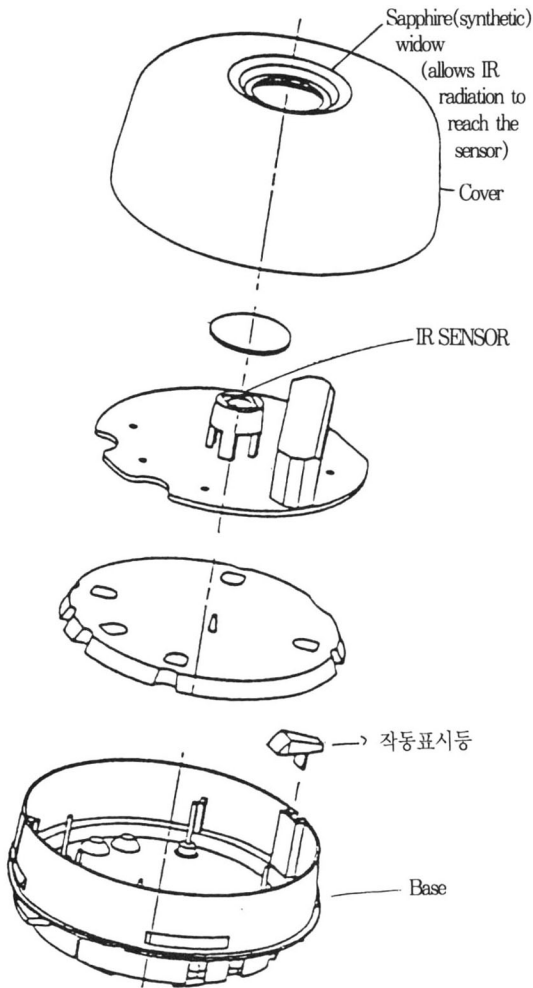


그림 1. IR Flame detector의 구조



화염 (IR) 감지기 전면 (SAPPHIRE WINDOW, PHOTO SENSOR)

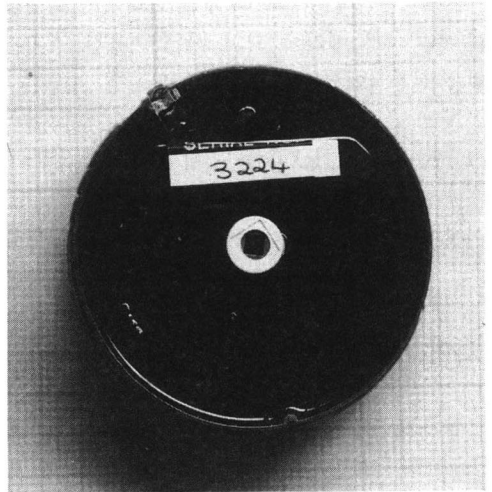
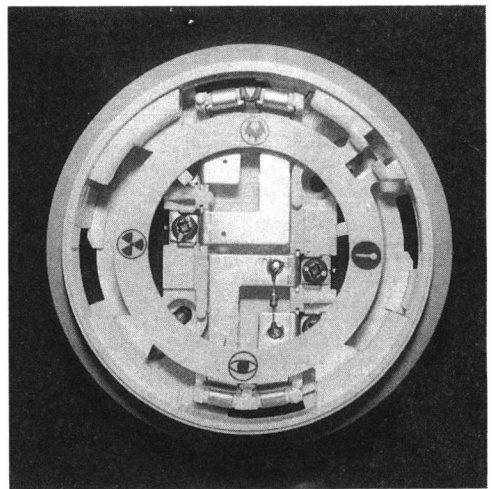


PHOTO SENSOR (IR SENSING)



BASE (FLAME 표시)

라. 작동원리

(1) 자외선식

화재시 화염중에 포함된 자외선(파장 $0.18 \sim 0.26 \mu\text{m}$)를 검출하여 그 검출신호가 일정기간 이상 또는 수회의 Pulse신호를 화재신호로 하여 발신하는 것으로, 자외선 검출관으로 UV Drum을 사용한다. UV Drum은 자외선의 입사에 의해 방전하는 일종의 가스봉입 방전관으로 그림 2처럼 자외선을 투과하는 Glass bulb 또는 석영 Bulb속에 한조의 양극과 음극을 특수 GAS와 함께 봉입한 것이다.

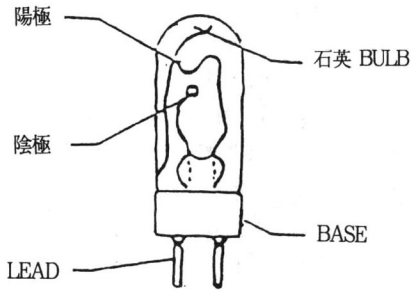


그림2 UV DRUM의 구조

(2) 적외선식

물체가 연소할때는 넓은 범위에 걸친 파장방사가 이루어지고 있다. 적외선 감지기는 이 파장중 특정 파장의 한번 또는 두번이상의 방사량 혹은 특정주파수 등을 받아들여 신호를 발한다. 예로서 연소가스중의 CO₂의 존재에 의한 공명방사라는 2차적 방사가 행해져 파장 4.4 μ m부근에서 방사강도가 급격히 크게 된다. 이 4.4 μ m 부근에서의 Peak시 적외선의 Flicker 현상이 일정시간 이상 계속되든가 또는 일정시간내에 규정이상의 Pulse신호가 존재할 경우 이를 화재신호로 처리하여 발신한다. 이 경우 태양광 등은 이 파장의 1/4이하로 되기에 감지되지 않는다.

(3) 적외선 감지기의 작동순서

1) 적외선 방사가 Narrow band filter를 통해 방사선의 Flicker 성분에 반응하는 광전소자(Pyroelectric sensor)에 도달.

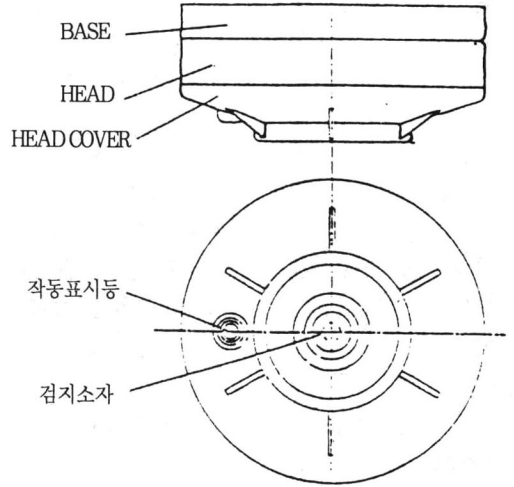


그림3 화염감지기의 외형

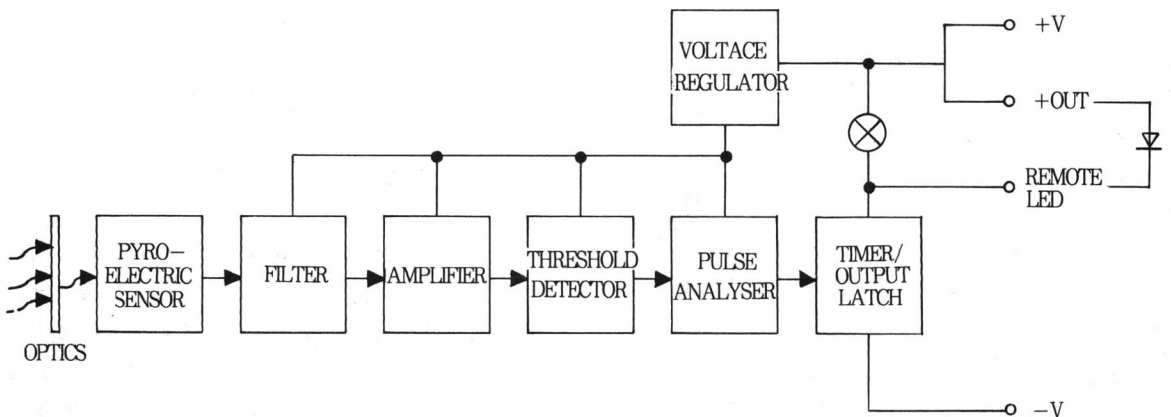
2) 필요한 Flicker 대역을 제외한 주파수를 제거하기 위한 Filter된 전기적 신호는 Threshold detector를 구동시키기 위해 증폭이 된다.

3) Threshold detector와 Pulse Analyser는 Flicker의 주파수와 진폭특성을 분석한다.

4) 분석된 Flicker 신호가 정해진시간, 양 이상이면 OUT Latch가 Trigger되고 작동표시등이 점등된다.

5) 신호선으로부터 증가된 전류는 수신반을 정보조건으로 만든다.

6) 모든 회로의 부품은 공급전압의 변동에 독



립적으로 고감도 조건을 갖도록 내부 Voltage regulator에 의해 전압을 공급받는다.

다. Flicker 특성

불꽃으로부터의 방사선은 시간에 따라 변화되고 이 Flicker는 모든 불꽃에 대해 정도차이가 있어 기타 적외선원과 불꽃사이의 선별에 이용되고 있다. 보통 적외선 화염감지기에 사용되는 Flicker 주파수 범위는 모든 화재시 고감도로 적용할 수 있는 1~10Hz 영역에 있다.

바. 탄소성분을 포함하는 불꽃과 기타 광원의 Spectrum

파장 4.4μm 부근에서 불꽃강도가 Peak치에 달하는데 이는 불꽃에서 CO₂의 형성으로부터의 결과로 탄소성분 불꽃의 특징이다. (CO₂ 공명방사)

이 대역에서는 태양광이나 Filament광원의 방사선 강도는 상대적으로 낮다는 것을 알 수 있다. 적외선 화염감지기에 사용되는 Optical filter는 보통 4.2~4.7μm의 적외선만을 통과시키고 이 영역에서 불꽃에 대한 감도를 고감도로하고 기타 다른 광선원에 대해서는 저감도 특성을 갖는다.

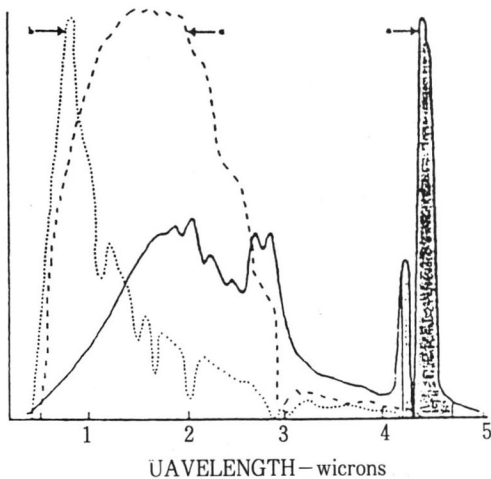


그림 4. Spectrums of a) Typical Carbonaceous Fire b) Solar Radiation at Ground Level c) Tungsten Filament Lamp

사. 시야각과 감시거리

화염감지기는 화재검출기능상 여타의 감지기와는 감지구역의 개념이 다르다.

열감지기 혹은 연기감지기는 화재에 의해 생기는 구획된 부분마다에 설치한다. 이것은 열감지기 혹은 연기감지기가 축열, 축연에 의해 감지하기 위해 열 혹은 연기의 대류를 방해하는 것이 있다면 화재감지에 지장을 초래하게 되기 때문이다. 그러나 화염감지기는 화염을 직접 감지하기 때문에 벽이나, 보 등으로 구획된 부분이 어느만큼 있어도 화재에 의해 생긴 화염을 감지가능한 위치에 설치하면 된다. 바꾸어 말하면 화염감지기는 화재가 발생한 부분을 감시하고 있기 때문이다. 그래서 화염감지기의 감지가능한 영역은 시야각과 공칭감시거리의 조합으로 결정한다.

시야각이라 함은, 화염감지기가 감시가능한 경계구역의 각도를 말하여 공칭감시거리가 시야각 0도의 위치에서 측정된 거리이므로 시야각과 공칭 감시거리와의 관계는 다음 그림처럼 Conical 형태로 된다.

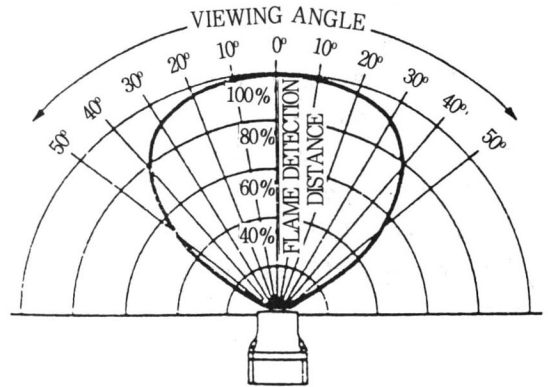
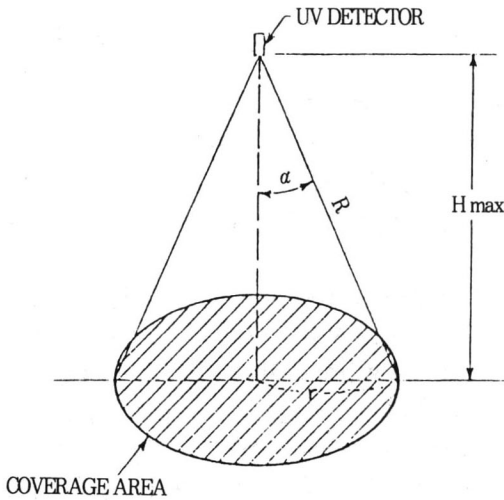


그림 5. Flame Detection Distance vs Viewing Angle

아. 감지구역

1) 수직설치의 예

상기 이론식에서 Hmax는 실제 쉽게 측정하기가 어렵고 최대감시영역을 유지키 위해서는 동작점사, 광투과량의 청소 등 번거로움이 있게 되어 실질적으로는 높이가 줄어들어 감지구역이 적어지게 된다. 이런 의미에서 실제 감지구역은 (실제 설치높이 H에



$$H_{max} = R \cdot \cos \alpha$$

$$r = H_{max} \cdot \tan \alpha$$

$$A_{max} = \pi \cdot H_{max}^2 \cdot \tan^2 \alpha$$

R : 시야각 2α 에서의 감지거리

α : 시야각의 1/2

Hmax: 최대설치높이

대하여) $A_c = \pi \cdot H^2 \cdot \tan^2 \alpha$ 가 된다.

예를 들어 $H = h_{max}/2$ 라면 감지구역은 1/4로 줄어들게 된다.

4. 화염감지기의 설치에 관하여

가. 설치기준

1) 화염감지기는 천정 또는 벽에 설치한다.

2) 방화대상물의 도로의 용도 이외의 부분에 설치하는 경우.

감지기는 벽에 의해 구획된 구역마다에 감시공간(당해구역의 바닥면에서 높이 1.2m까지의 공간을 말함)의 각 부분에서 당해 감지기까지의 거리가 공칭 감시거리 범위내가 되도록 설치한다.

3) 방화대상물의 도로용도의 부분에 설치하는 경우 감지기는 도로의 각 부분에서 당해 감지기까지의 거리가 공칭감시거리 범위내가 되도록 설치한다.

4) 감지기는 장애물 등에 의해 유효하게 화재발생을 감지하지 못하는 것이 없도록 설치할 것.

5) 감지기는 일광을 받지 않도록 설치할 것. 또는 감지장애가 생기지 않도록 차광판 등을 설치할 것.

나. 화염감지기 사용이 가능한 장소

1) 감지기를 설치할 구역의 천정등의 높이가 15m이상 20m 미만의 장소.

2) 감지기를 설치할 구역의 천정 등의 높이가 20m 이상인 장소.

3) 특정 방화대상물의 지하층, 무창층, 및 11층 이상의 부분.

다. 화염감지기를 설치하지 않아도 되는 장소

1) 부식성가스가 발생할 우려가 있는 장소.

2) 현저하게 고온이 되는 장소.

3) 주방 기타 평상시에 연기가 체류하는 장소.

4) 연기가 다량 유입할 우려가 있는 장소.

5) 결로가 발생할 장소.

6) 수증기가 다량으로 체류하는 장소.

7) 불을 사용하는 설비로서 화염이 노출되도록 설치되어 있는 장소.

8) 기타 감지기의 기능에 지장을 줄 우려가 있는 장소.

라. 설치에 관한 운용

1) 설치상의 취급에 관하여

장애물 등에 의해 유효하게 화재발생을 감지하지 못하는 것은 감지장애가 되고 또한 바닥면에서 높이 1.2m를 초과하는 장애물 등이 설치되어 있는 것을 말함.

가) 감시공간을 초과하는 장애물등이 있는 경우

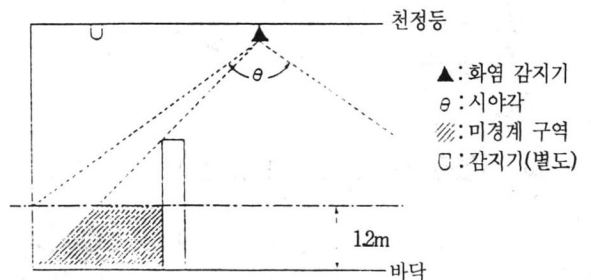


그림 6. 감시공간을 초과하는 장애물 등이 있는 경우

감시공간내에 일정폭의 미경계 구역에는 미경계구역을 경계하는 별도의 감지기 설치가 필요.

나) 장애물등이 감시공간내에 있는 경우

감시공간내에 설치된 높이 12m이하의 물건에 의해 차단되는 부분은 감지장애가 없는 것으로 간주함.

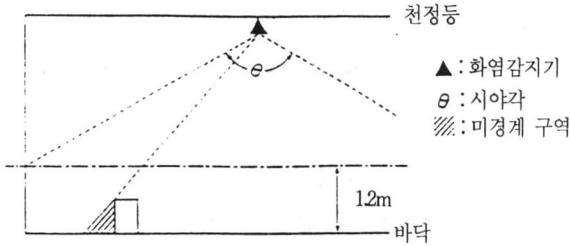


그림 7. 장애물등이 감시공간내에 있는 경우

2) 헛간, 기타 외부의 기류가 유통하는 장소 또는 천정 등의 높이가 20m 이상되는 장소로서 당해 장소가 용도상 가연물품의 비치가 거의 없어 화재발생의 위험이 현저히 적은 장소 또는 화재발생시 연소확대의 우려가 현저하게 적다고 인정되는 경우는 감지기 설치를 면제한다.

3) 지하층, 무창층, 또는 11층이상이라도 화염감지기대신 고감도의 열감지기를 설치할 수 있다.

4) 화염감지기 설치장소의 예

적용 장소	구체적인 예
고천정 건물	극장, 영화관, 체육관, 창고 등
발화성 화재발생이 용이한 장소	위험물창고, 주유소, 인쇄공장, 도장작업소, 기계실 등
상시기류가 유통하는 장소	Platform, 주차장, 로비 등
방화에 대하여 엄중한 경계를 필요로 하는 장소	백화점, 시장, 중요문화재, 미술관, 박물관 등
중요물품 보관실	계산기·DATA실, film 자료실 등

5. 화염감지기의 문제점 및 발전

화염감지기의 가장 큰 분야는 연소기에서의 불꽃의 유무검출용으로 많이 제조되고 있으며 크기는 화력발전소에서 적게는 가정용 가스기구에까지 사용되

고 있다. 이들의 대부분은 자외선을 이용하고 있다.

최초로 화염감지기가 나온 것을 1950년경 미국에서였다고 하며 이것은 불꽃의 가시광이 반짝거림을 이용한 것으로 소위 Flicker형이었다.

Flicker형 화염감지기는 얼마후 자취를 감추었지만 가시광에서 반짝거리는 것은 아주 많아서 오보가 많았다.

그래서 근적외선의 반짝거림형이 나오게 되었는데 이 근적외선을 사용한 이유는 감지소자로서 원적외선이나 중적외선의 검지소자는 오랜기간에 걸쳐 실용화되는데 비해 근적외선의 것을 일찍 실용화되어 사용케 되었다. 그러나 태양광의 반사나 인공광의 반짝거림을 가지각색으로 방사가 행해져 오보가 많았다.

대체로 검지소자로서 중요한 것은 SN비(Signal과 Noise의 비)가 큰 것이 좋으며 한번의 반짝거림형에서 곤란한 점은 급속하게 큰 불꽃으로 되었을 때에 포화현상을 일으켜 일정 출력밖에 없게 되어 반짝거림을 알지 못하게 된다는데 있다.

이런 이유로 반짝거림형보다 앞선것이 불꽃에서 방사되는 자외광(Ultra Violet)을 이용한 화염감지기로 미국의 Honeywell사가 상품화 시켰다.

UV형은 지금까지는 다량으로 제작되고 현재도 이방식은 세계적으로 사용되고 있다. 이것은 검지소자의 가격이 안정되고, 비교적 감도는 높지만 짧은 파장의 UV를 이용하기 때문에 고감도로 하여도 조건이 있어서 연기나 액체, 개체의 부유물(에어졸)에 의해 UV가 흡수되므로 감도에 대한 신뢰성이 적고 또한 Noise라는 전기적인 빛이나 arc용접, X선, 우주선, 형광등으로부터의 고ENERGY의 전자, 전파 등에도 감지하기 때문에(강도에도 의하지만) 오보가 많다. 또한 투과창의 더러워짐에 약해 감도가 나빠지기 때문에 항상 검사 및 빈번하게 창을 닦아야 하는 보수의 곤란 등이 지적되고 있다. 그리고 검지소자에 진공관을 사용하고 있는 것이 많아서 진공관 특유의 경년변화의 문제점이 있다.

그래서 UV형의 결점을 보완키 위해 불꽃에서 발생하는 적외선(INFRA RED)에 의해 탄산가스 분자의 공명방사라는 현상으로 특히 4.4 μ m 부근에서 강하게 방사가 일어나는 것을 이용하고 있다. 이 방식은 연기나 에어졸, 창, 더러워짐 등에 강하지만 고가인

단점이 있다.

UV형과 IR형에 있어서 연기가 발생된 때에도 감지하는가 어떤가의 비교시험을 하였으나, 적은 연기가 증가하면 UV형은 급속하게 감도가 저하되지만 IR형은 파장이 길기 때문에 연기의 영향을 받지 않는다. 다만 파장 $4.4\mu\text{m}$ 정도를 이용한 것은 고온의 회색방사(예로 고온의 Stobe, 물체, 인간의 체온 등)에 오보가 있다.

미국은 반도체 수광소자의 발달과 함께 UV/IR형이라는 것을 만들어 상품화하고 있는데 이것은 불꽃 이외의 것에서 UV를 방사하는 것 중에는 $4.3\mu\text{m}$ 의 IR을 방사하는 것은 적고, 거꾸로 $4.3\mu\text{m}$ 를 방사하는 고온의 회색방사물체(Stobe 같은것) 중에는 UV를 방사하는 것이 적기 때문에 그 두가지 현상을 이용하여 UV와 IR의 두현상이 존재할때만 불꽃으로 판단하는 것에 의해 오보를 적게한 것이다. 지금도 미국, 일본 등 여러나라에서도 사용되고 있지만 이것은 오보는 적지만 연기나 창외의 더러움에 약하다는 결점은 피하지 못하고 있다.

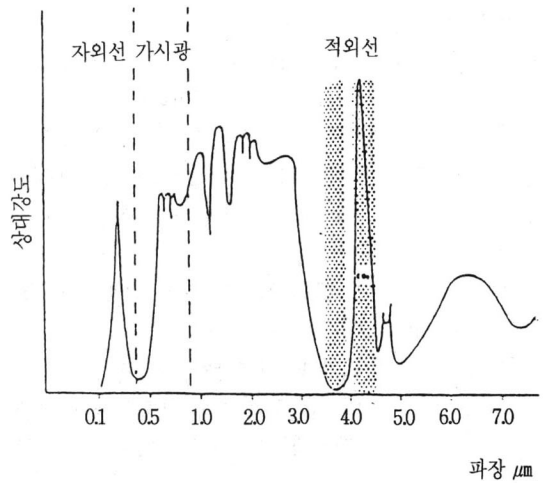


그림9 가솔린의 연소와 방사파장

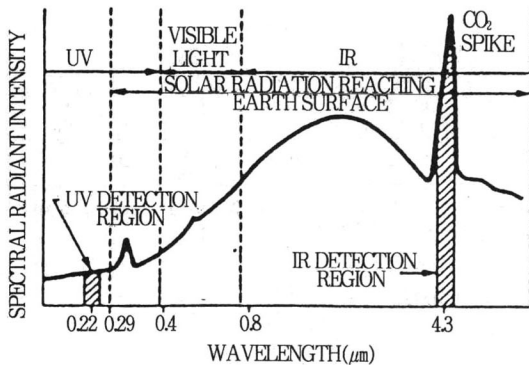


그림8 TYPICAL HYDROCARBON FIRE EMISSION SPECTRUM SHOWING DETECTION REGIONS OF UV/IR DETECTOR

그래서 UV/IR형의 결점을 없애기 위해 출현한 것이 IR/IR형으로 이는 불꽃에서 방사되는 IR에는 $4.3\mu\text{m}$ 영역에서 강한 방사가 있고 동시에 그 근방 $3.8\mu\text{m}$ 정도에서는 거의 방사가 없어 $4.3\mu\text{m}$ 와 $3.8\mu\text{m}$ 의 방사차를 취하게 되면 불꽃의 존재를 알게 된다.

태양광, 혹은 Stobe처럼 고온 물체에서는 $4.3\mu\text{m}$ 의 방사는 있지만 $3.8\mu\text{m}$ 에서도 같은 강도의 방사가 존재하여 그 차는 거의 "0"이 되게 된다.

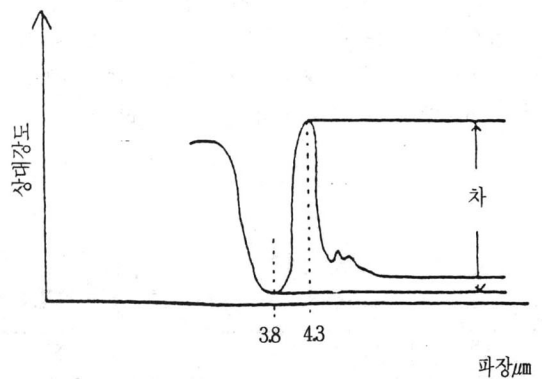


그림 10 불꽃의 방사량 차이

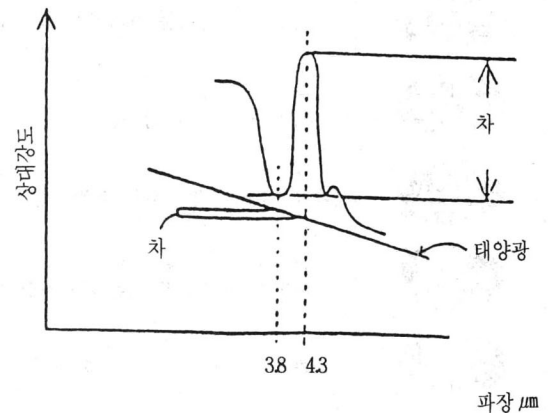


그림 11. 태양광과 불꽃이 공존시의 방사량 차이

IR/IR형의 장점을 더욱 강조한 것이 3과장형으로 전술한 2과장에 4.3 μ m의 Peak치 부근의 파장 3개를 이용한 것으로 신뢰도가 높아진 것이다.

이 IR/IR형의 단점은 공기중의 탄산가스에 의해 4.3 μ m가 흡수되기 때문에 그다지 장거리(예로 1000m 정도의 불꽃)의 불꽃 검출이 곤란하고 실용상 50~100m 정도가 있다.

특수한 용도에는 500m 정도의 불꽃 검출을 IR/IR형으로 실용화되고 있는 예도 있다.

현재로서는 이 IR/IR형 화염감지기가 가장 우수하다고 선진국에서 인정되고 있는데 검지소자에 사용되는 Selen화 납의 제작방법이 어려운 단점을 가지고 있다.

최근에는 이에 대용한 열전대를 사용한 것이 쓰이고 있고 이것은 감도는 나쁘지만 넓은 파장대에 걸쳐 일정한 감도를 유지하고 있다는 특성이 있다. 이것은 박막(薄膜)을 사용하여 열전대를 많이 나열한 것으로서 박막으로 이루어져 응답이 빨리 얻어지고

실용가능한 단계까지 이르고 가격도 안정되고, 신뢰도도 나쁘지 않기 때문에 일본에서는 이의 연구와 상품화에 노력하고 있다. 가정의 화염감지기로서는 Burner의 Pilot용의 불꽃이 꺼질때에 GAS를 중지시키는 감지기가 있고 이 구조는 Switch를 돌려 30초정도 누른후 놓으면 불이 꺼지지 않는다고 GAS 기구에 기재되어 있지만 이것은 열전대에서 나오는 10mV정도의 전압으로 전자석을 흡인시키는 구조로 되어 있어 불꽃의 열을 사용하고 있는 것이다.

이상과 같이 오보가 거의 없는 IR/IR형 감지기는 사용중 검사가 자동방식으로 되어 있어 성능적으로는 우수하나 가격이 비교적 고가로서 이 이유중 첫째는 시장이 적어 양산효과가 거의 없는 점과 사용되는 수광소자가 고가인점이다.

이후 과제는 가격인하와 광대한 건물(dome), 무인창고 등 특수한 건물에 대한 불꽃의 검지방법으로 이 분야는 아직 발전의 여지가 많다고 생각된다.

<FLK 인증 흐름도>

절 차	주 요 사 항	비 고
인증품목 공 고	○시험소 품질인증 전문위원회에서 인증기준 제정 ○협회시험소 정간물 등에 공고 및 관련업체에 홍보	전문위원회는 제품분야별로 구성
인증신청	○신청서, 신청제품 사내규격, 품질보증계획서 등 관련서류 제출	
계약체결	○관련 서류 검토 ○계약(예치금 수납)	인증비용은 실비 사후 관리비용은 제품 공장도가격의1/100범위
공장심사	○공장심사기준에 의거 신청제품 6개월간의 관리실적으로 실시	
인증시험	○공장에서 시험용 시료 채취 ○시험소, 제조공장 또는 지정시험기관에서 시험	
인 증	○품질인증심의회회의 검토를 거쳐 인증여부 결정	인증심의회회는 관련 전문 가로 구성
사후관리	○상호협의를 의하여 인증마크, 라벨 등 사용 ○인증유지조건에 따라 사후관리	