

● 가스센서의 원리와 응용

우리의 생활환경에는 대단히 많은 종류의 위험한 가스가 존재하고 있어 최근 일반가정, 업소,공사장에서 가스사고, 석유콤비나트, 탄광, 화학플랜트 등에서의 폭발사고 및 오염 공해 등이 잇따르고 있다. 인간의 감각기관으로는 위험 가스의 농도를 정량하거나 종류를 거의 판별할 수 없다. 이에 대응하기 위해 물질의 물리적, 화학적 성질을 이용한 가스센서가 개발되어 가스의 누설감지, 농도의 측정 기록, 경보 등에 사용되고 있다.

본 글에서는 가스센서로 가장 많이 사용되고 있는 반도체식 가스센서와 접촉연소식 가스센서의 원리, 구조, 특성에 관해 기술하여 사용자 여러분에게 가스센서를 보다 용이하게 사용할 수 있게 하고자 한다.

특히 가연성 가스감지시 회로 설계상의 주의점과 경보기 설치상의 주의점에 대해서도 기술한다.

■ 반도체식 가스센서

반도체식 가스센서는 세라믹 반도체 표면에 가스가 접촉했을 때 일어나는 전기전도도의 변화를 이용하는 것이 많으며 대부분 대기 중에서 가열하여 사용되는 일이 많아 고온에서 안정한 금속산화물(세라믹스)이 주로 사용된다. 금속 산화물은 반도체의 성질을 나타내는 것이 많고, 이중 금속원자가 과잉(산소 결핍)인 경우에는 n형 반도체, 금속원자가 결핍인 경우에는 p형 반도체가 된다.

이러한 세라믹반도체 중 전기전도도가 크고 용점이 높아서 사용온도 영역에서 열적으로 안정한 성질을 가진 반도체가 센서에 이용되고 있다. 반도체 가스센서는 1) 대부분 유독가스, 가연성가스에 어떤 응답을 나타내어 감지할 수 있는 가스의 종류가 많고, 2) 센서제작이 용이하고 검출회로의 구성이 간단하다는 특징이 있다. 그러나 감지하려는 가스만을 감지할 수 있는 선택성이 우수한 가스센서는 적고 아직도 연구개발 중에 있다. 반도체가스센서의 모재료와 촉매를 여러가지로 바꾸거나 조합하고 센서동작온도를 변경함으로써 선택성을 부여 하기도 한다. 많은 금속산화물(세라믹스)이 가스센서의 연구 대상이 되고 있는데 가장 많이 연구되어 사용중인 것으로는 SnO₂, ZnO, Fe₂O₃ 등이 있다. 여기에서는 SnO₂계 가스센서의 원리와 구조 및 특성에 대해서 기술한다.

■ SnO₂계 가스센서의 원리

SnO₂ 세라믹스가 반도체 특성을 나타내는 것은 결정의 불완전성(nonstoichiometry)에 기인하는데 일반적인 결함(defect)의 종류에는 다음의 3가지가 있다.

- 1) 여분의 원자가 격자사이에 끼여 있는 것(interstitial)
- 2) 주기적 배열을 이루는 원자가 일부 위치에서 존재하지 않는 것(vacancy)
- 3) 구성원자와 다른 원자를 갖는 원자가 일부에 치환되는 것(substituitial)

SnO₂세라믹스는 2의 경우에 해당하며 산소원자가 부족한 oxygen vacancy(Vo)형태이다. 외부로부터 열에너지가 가해지면 전자주게 (donor)로 작용하는 oxygen vacancy의 전자가 전도대(conduction band Ec)로 이동하여 carrier로 작용하는 n-type 반도체의 특성을 나타낸다. 세라믹반도체의 동작온도는 donor level에서 전도대로 이동하는 carrier의 갯수와 이동도를 변화시켜 전기전도도를 변화시키고 또한 가스흡착을 변화시키기 때문에 센서특성을 변화시키는 매우 민감한 요인으로 작용한다.

세라믹반도체 가스센서는 고체의 표면과 기체와의 반응을 이용하는 것으로 기체가 흡착하는 속도와

흡착되는 기체의 선택성은 센서의 동작온도뿐만 아니라 촉매성분과 양, 센서주위의 분위기에 크게 영향을 받는다.

그림 1은 SnO₂입계에서의 전기전도도 변화가 나타나는 과정을 보여준다. SnO₂입자내에는 열에너지가 주어진다면 자유로이 움직일 수 있는 전자가 많이 있다. 여기에 산소기체(O₂)가 흡착하면 이들 자유전자는 입자표면의 산소기체에 포획된다.

따라서 SnO₂ 입자계면(입계)에 전위장벽이 형성되어 입자간의 전기전도도는 낮아진다. 환원성 기체 또는 가연성기체는 산소기체와 만나 산화되기 때문에 이들 기체가 존재하게 되면 SnO₂표면에 흡착되어 있는 산소기체를 제거하게 되고 산소기체에 포획되었던 자유전자는 SnO₂ 입자내로 들어가게 되어 전위장벽은 낮아져 입자간의 전기전도도는 커지게 된다.

결국 산소기체의 흡착량과 탈착량은 센서의 감도를 좌우하게 된다. 기본적으로 산소 흡착량을 많게 하기 위해서는 SnO₂ 분말의 비표면적이 커야하며 산소기체의 흡착이 최대가 되는 온도로 높여주어야 한다. SnO₂ 가스센서에서 사용되는 분말입자는 30나노미터 (1나노미터는 10억분의 1 m)정도이고 표면온도는 350 ~400 °C 정도이다.

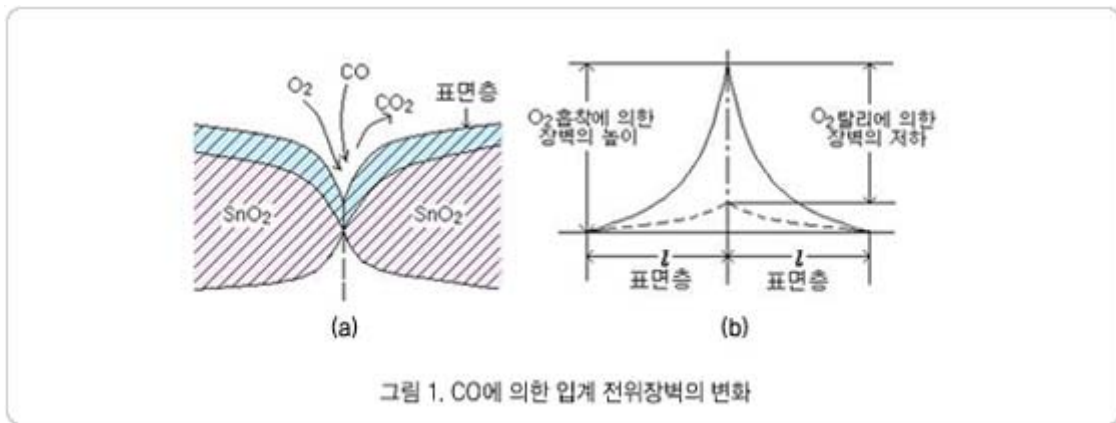
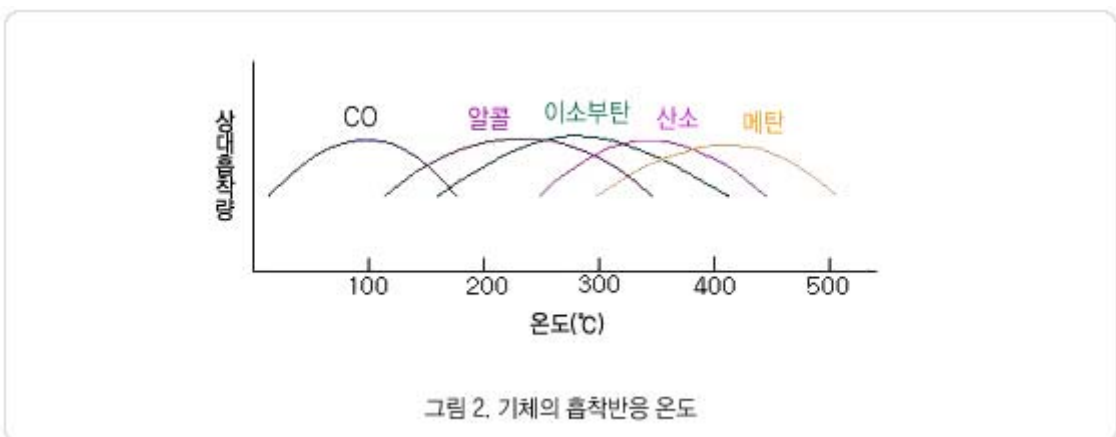


그림 2는 각 기체의 흡착반응 온도의 전형적인 예이다. CO는 100°C 이하에서, 온도가 올라감에 따라 수소, 알콜, 이소부탄, 산소, 메탄의 순서로 최대 흡착온도가 나타난다.



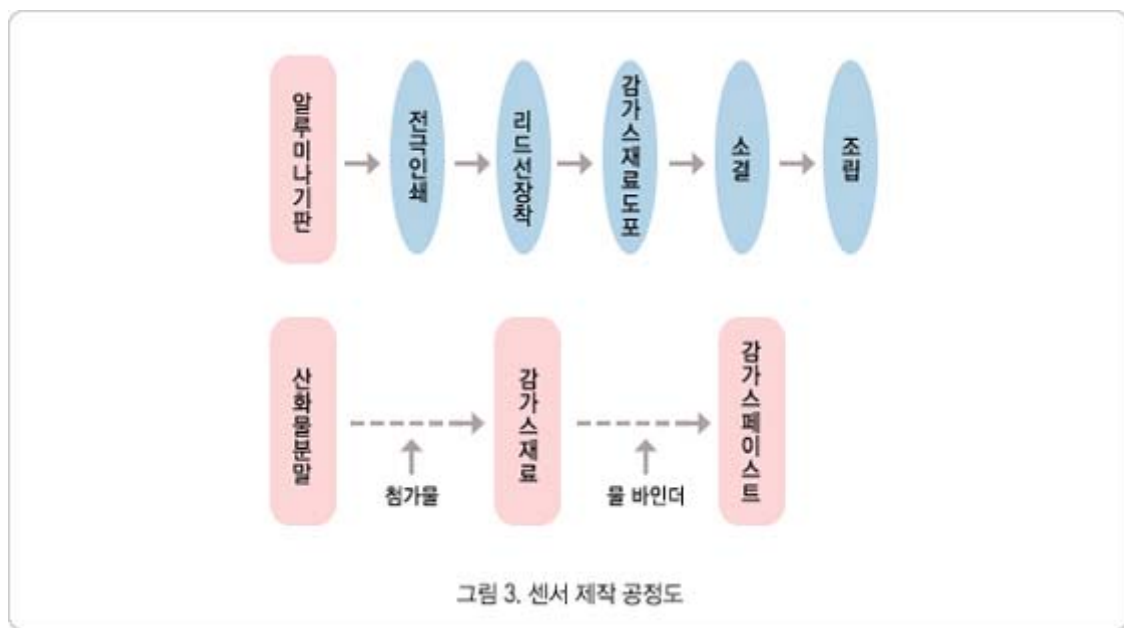
촉매의 작용은 이들 기체의 흡착속도를 빠르게 하고 흡착온도와 양을 변화시키기 때문에 같은 동작온도에서 센서의 응답속도와 감도를 높게 하며 가스 선택성을 부여한다. 가장 많이 사용되는 촉매는 Pd 또는 PdO이고 촉매 양이 적으면 알콜감도가 높고 양이 많으면 메탄가스감도가 높다. 또한 센서의 온도가 낮으면 수소, 알콜 등에 대한 감도가 높고 메탄 감도가 낮다. 온도가 높으면 메탄 감도가 높아진다. 대상가스에 따라 센서의 히터저항을 조정하거나 히터에 인가되는 전압을 조절하면 적절한 가스감

도를 얻을 수 있다. 센서의 수명과 신뢰성을 개선하기 위해 Pd촉매 외에 다른 첨가제를 혼용하여 사용한다.

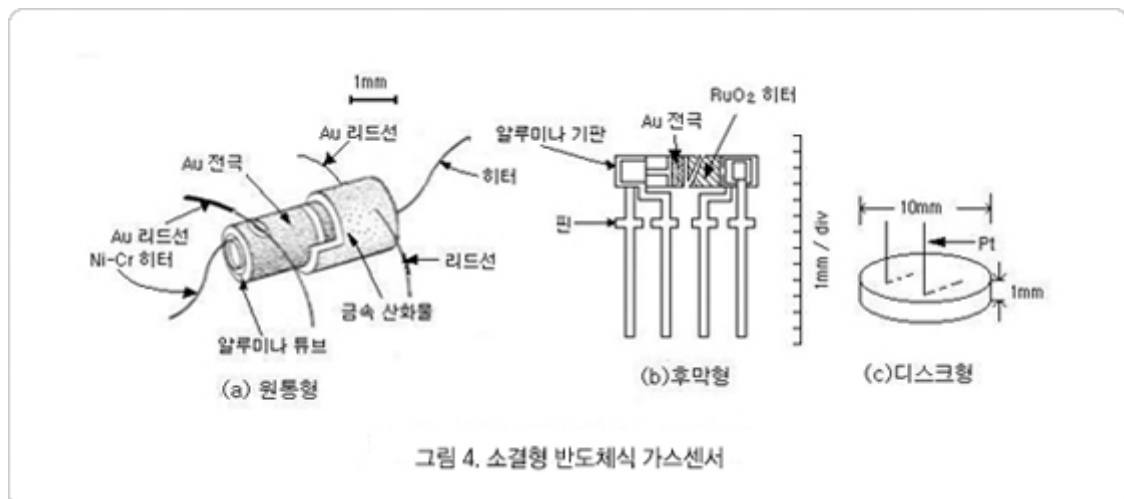
■ 반도체식 가스센서의 구조와 제작법

센서는 형상에 따라 소결형과 박막형으로, 가열방식에 따라 직접가열형과 간접가열형으로 대별된다. 반도체식가스센서는 각종 세라믹 분말에 귀금속촉매를 혼합한 여러가지 형상의 소자가 있지만 대부분 소결형이다.

소결형센서는 그림 3에서처럼 산화물 분말에 소량의 물 등을 가해 혼합해서 만들어지는 감가스페이스트를 전극처리한 알루미늄기판에 도포나 스크린 인쇄등으로 붙인 후 건조하고 고온에서 소결하여 만든다.



센서의 특성은 제작방법, 형상등에도 크게 영향을 받기 때문에 여러가지 형태의 센서가 제안되고 있다. 그림 4는 소결형 센서의 대표적인 형상이다. 그림 4의 (a)는 원통형 알루미늄 기판을 사용하고 원통내에 소자가열용 열선을 내장한 것이고 (b)는 알루미늄평판을 사용하여 Au(금)전극을 형성하여 그 위에 감가스재료를 인쇄하고 같은 면 또는 반대면에 RuO₂ 후막저항체를 인쇄하여 발열체로 사용한 것이다. (c)는 기판을 사용하지 않고 세라믹분말을 디스크상으로 가압 성형하여 소결하였다.



전극과 가열용 히터로는 지름 0.1mm의 Pt(백금)선이 사용되며 성형시에 전극 및 히터가 내장된다. 소결형 가스센서에 사용되는 감가스 페이스트는 주원료인 SnO₂분말에 Pt, Pd등의 귀금속촉매를 0.5~5wt% 혼합하고 알루미나 실리카와 물과 약간의 바인더를 가해서 만든다.

이들은 촉매의 분산성, 소자의 기계적강도, 경시특성 등의 개선에 중요한 역할을 한다. 감가스페이스트를 전극형성된 기판에 도포한 후의 소결온도도 센서특성에 큰 영향을 미친다. 소결온도는 대략 400~800°C 범위에 있으며 일반적으로 소결온도가 낮으면 소자의 기계적 강도가 낮아지고 너무 높으면 산화물의 소결이 너무 진행되고 촉매가 열화되어 가스의 검출강도가 낮아지거나 가스선택성이 바뀌는 일이 있다. 그림 4의 (a)는 간접가열형 센서, (c)는 직접가열형 센서의 대표적인 예이다.

박막형 가스센서는 sputtering 법이나 진공증착법으로 제작된다. 기판으로는 마찬가지로 알루미늄이 사용되며 전극은 보통 0.5 mm에서 수mm 정도의 간격으로 Au를 증착한다. 감가스재료, 예를 들어 SnO₂의 경우는 금속Sn을 증착한 후 산화시켜 SnO₂로 하는 방법과 유기주석을 사용해서 제작하는 경우가 있다.

■ SnO₂ 가스센서의 특성

일반적으로 물리, 화학적인 흡착, 탈착이나 화학반응을 이용하는 가스센서는 고온에서 동작되는 것이 많으며 이에 따라 시간의 경과에 따른 특성의 열화가 심하다. SnO₂세라믹스는 다른 물질에 비해 소결이 잘 되지 않기 때문에 사용중 장시간의 고온상태에서도 더 이상의 입계성장이 거의 일어나지 않는다. 이것이 바로 SnO₂가스센서가 다른 물질을 원료로 하는 가스센서보다 수명이 길고 신뢰성이 높은 이유이다. 그러나 센서에 첨가되는 촉매는 대기중의 수분 및 다른 유해가스의 영향으로 장기간 사용시 열화되기 때문에 이에 따른 센서저항 및 감도의 변화가 생긴다. 일반적으로 SnO₂가스센서의 경시변화는 초기에 비해 저항이 작아지고 감도가 예민해지는 경향이 있다.

가스센서가 열화되는 원인으로는 센서 모체가 되는 세라믹반도체의 화학반응에 의한 상변환, 촉매의 물성변화 및 특성열화를 촉진시키는 독극물에 의한 피독, 가스분위기의 장기노출에 의한 센서표면의 에너지의 변화, 그리고 고온동작에 의한 내부구성물의 소결진행에 따른 특성변화 등이 있으며, 이러한 원인들은 물리, 화학적인 처리를 통하여 원상태대로의 회복이 가능한 가역적인 변성과 회복이 불가능한 비가역적인 변성으로 분류된다.

일반적인 실내환경에서 SnO₂ 가스센서의 경시변화는 공기중에서의 센서저항이 작아지고 가스강도가 커지는데 특히 알콜에 대한 감도증진이 심하다. 센서저항이 작아지는 시간과 정도는 센서에 따라 차이가 있어 일률적으로 정할 수는 없지만 대체적으로 3개월 이내에 본래 저항의 30~50% 정도 작아진다. 그리고 이 기간에 전체 경시변화의 90% 이상 진행되고 6개월 후에는 더 이상의 경시변화는 상당히 완만하게 진행되거나 일어나지 않는다. 가스강도가 예민해 지는 정도는 대상 가스에 따라 다른데 알콜, 부탄에 대한 감도증가가 심해서 약 3개월 후에 초기감도의 2~3 배 증진된다. CO 등의 감도증진은 상대적으로 낮다. 가스센서의 감도 선택성은 없으며 여러 가지 가스가 혼재되어 있으면 상승작용을 일으켜 감도가 증가된다. 경시변화에 따른 감도증가도 3개월 정도에 전체의 90%이상 진행된다. 센서의 저항변화나 감도변화는 앞에서도 언급한 바와 마찬가지로 가스와의 접촉이 빈번하게 일어날수록 빨라진다. 고농도의 가연성가스와 접촉한 후에는 일시적으로 저항이 크게 증가하나 시간이 지나면 경시변화가 더 빨리 진행되거나 센서 내부의 균열 등으로 인하여 저항이 커져 있는 경우가 발생한다.

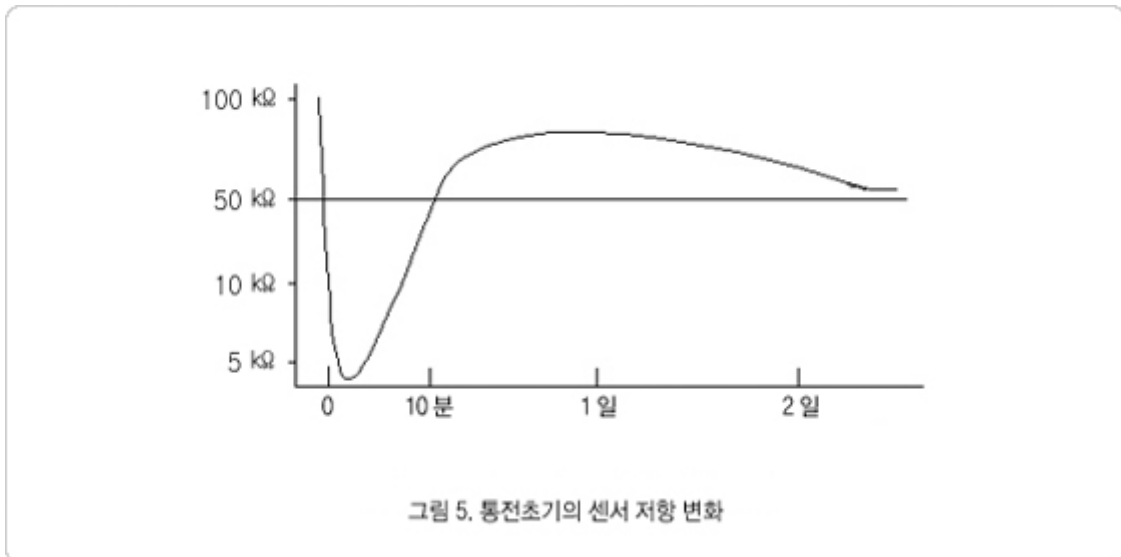
센서의 출력회로에 5V를 가하여 회로를 구성하는 경우에 가스강도와 경시변화를 감안하여 초기출력 전압을 정해야 한다. 가스농도가 심한 것을 대상으로 하는 가스누설감지의 경우에는 0.5V 이하로 유지하고 감지점을 3V이상으로 하여야 경시변화에 따른 출력전압의 증가와 감도증진에 따른 오동작을 막을 수 있으며 더 좋기로는 마이컴으로 저항변화율로 감지하는 것이 바람직하다. 가스농도가 낮은

경우, 환기 목적이나 공기청정기 등에 사용하는 경우에는 감지하고자 하는 가스농도변화량이 매우 적기 때문에 센서의 초기 출력전압을 1.5V 정도로 유지하는 것이 좋다. 0.2V 정도의 작은 출력변화로 가스를 감지하여 공기청정기, 환기장치를 구동하는 경우에 센서의 경시 변화가 진행되거나 주위 온도 습도에 의해 50% 정도의 저항증가 또는 감소가 생겨 1V이상 출력전압이 변동할 수 있기 때문이다. 센서에 연결되는 부하저항을 가변저항으로 하여 센서의 출력전압을 조정하면 장소, 환경, 경시변화 등에 대한 대책이 될 수 있다.

■ 센서의 초기 동작 특성

SnO₂가스센서에 전원을 가해서 계속 통전하는 상태와 중간에 전원을 off 했을 때 센서 특성은 많은 차이를 낸다. 그림 5는 센서에 전원을 인가할 때 센서의 저항 변화를 나타낸다. 전원을 인가하면 센서 온도가 급격히 올라가게 되고 반도체인 센서의 저항은 급격히 작아진다. 온도가 올라가면서 산소기체가 흡착되고 이에 따른 전도대의 자유전자가 산소기체에 포획되면서 센서 저항은 커지게 된다. 센서 저항은 바로 평형저항(청정공기중의 저항Rs)에 도달하여 안정을 이루지 못하고, 일반적으로 Rs값보다 커졌다가 천천히 평형저항을 찾아간다. 이를 센서의 과도특성이라 한다. 초기 통전시 저항이 작아졌다가 Rs값 부근에 도달하는 데 걸리는 시간은 1 ~ 5 분 정도소요되며 저항이 커졌다가 Rs값 부근에 도달하는 시간은 48시간이상 소요된다. 무통전 방치기간이 오래되면 이에 소요되는 시간은 늘어나게 된다.

센서입자표면에 흡착된 H₂O 는 물리흡착을 이루기 때문에 120°C 이상으로 가열하면 쉽게 탈착되지만 무통전 시간이 길어지면 H₂O 가 H⁺ 와 OH⁻ 이온으로 해리하여 H⁺ 는 SnO₂ 의 O 원자와 ,OH⁻ 는 Sn원자와 화학결합하게 된다. 화학결합된 OH⁻ 이온은 센서저항을 증가시키게 되는데 화학흡착된 OH⁻ 이온의 탈착에는 높은 열에너지와 긴 시간이 요구되기 때문에 높아진 센서저항이 평형저항에 도달하기 까지 걸리는 시간은 무통전방치 시간이 길수록 오래 걸리고 히터가열온도가 높을수록 짧게 걸린다. 이러한 이유 때문에 센서사용시 1분에서 5분정도의 초기 지연회로가 필요하며 정확한 설정값을 얻기 위해서는 2일 이상의 충분한 aging을 한 후 설정하여야 한다.



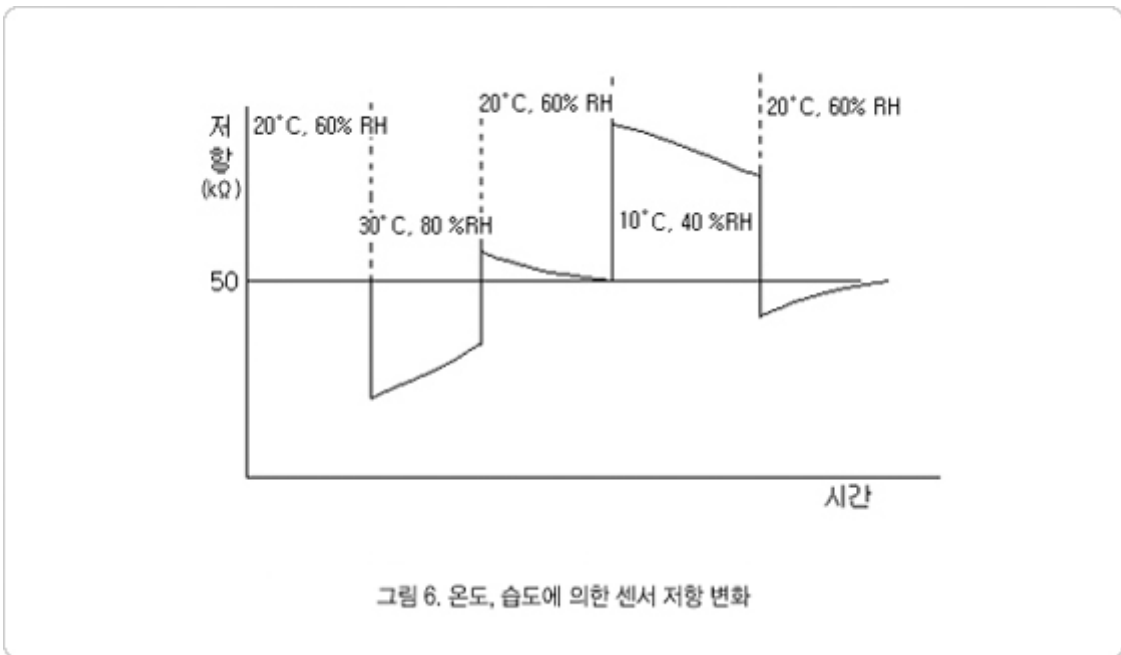
■ 온도, 습도의 영향, 바람의 영향, 기압의 영향

전원이 계속 인가되는 상태에서 주위온도와 습도가 달라지면 센서의저항값과 가스감도는 큰변화를 나타낸다.

그림 6은 온도, 습도가 변할 때 나타나는 전형적인 센서저항 변화이다. 반도체 센서이기 때문에 고온인 경우 센서 저항은 낮아지고 저온인 경우 센서저항이 커지는 것은 쉽게 이해가 간다. 고온 고습의 경우 온도증가와 함께 수분인 H₂O 가 일종의 가스로 작용하기 때문에 고온고습상태 초기에는 센서 저항은 상당히 낮아진다. 그러나 시간이 경과함에 따라 H₂O 는 H 이온과 OH 이온으로 해리하기 때문에 센서저항은 점차 커지게 된다. 고온고습상태에서 원래의 온도 습도 상태로 갑자기 복귀하게 되면 초기에는 원래의 센서저항값보다 커져 있게 되며 시간경과후 원래저항값을 찾게 된다. 이는 고온 고습상태에서 흡착된 OH 이온 때문이다.

고온고습상태가 저온저습상태보다 OH 이온의 평형흡착농도가 크기 때문에 장시간의 고습상태는 센서 저항의 증가를 가져 온다. 저온저습의 경우는 고온고습의 변화와 정반대의 변화를 나타낸다. 일반사용 조건에서 H₂O 의 반응은 가스로서의 반응이 빠르기 때문에 고온다습한 날에 센서는 민감하고 저온건조한 날에는 둔해지게 된다. 센서에 바람이 불게 되면 센서표면온도가 내려가기 때문에 센서저항이 심하게 바뀌게 된다.

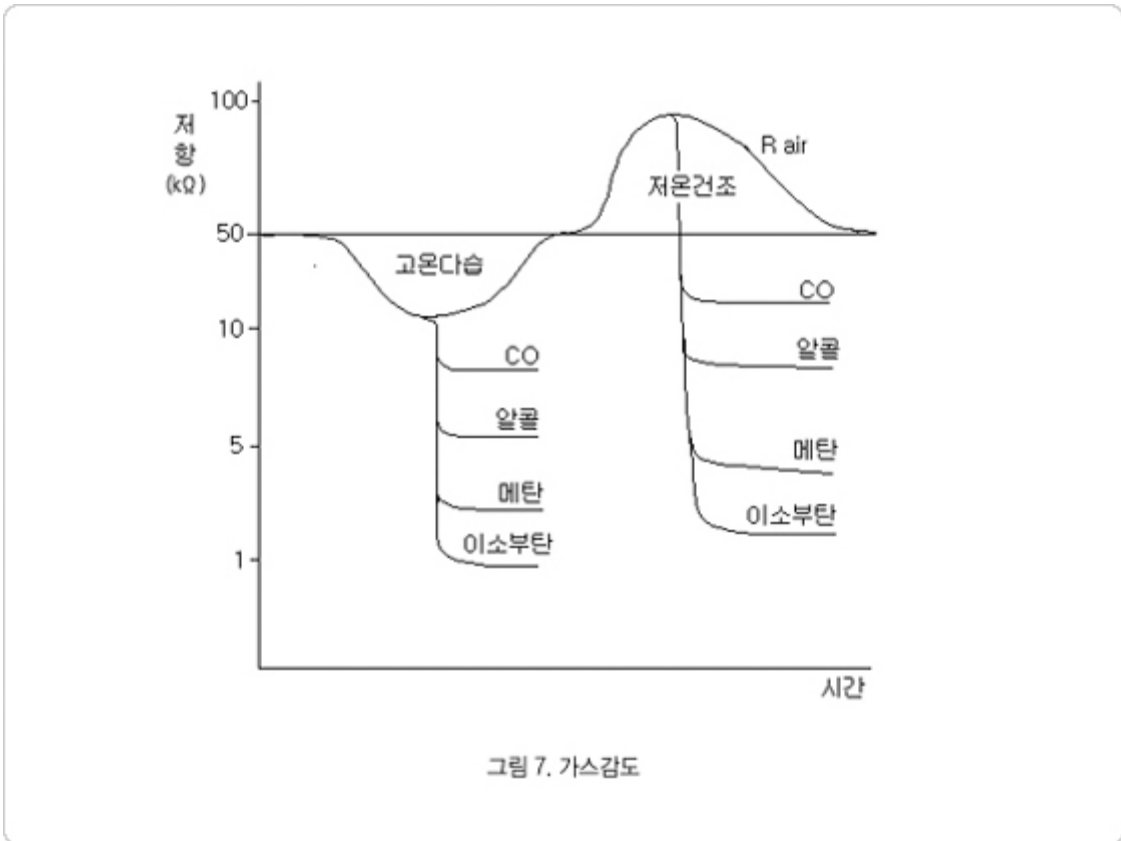
특히 갑자기 비바람이 불거나 차고 건조한 바람이 불게 되면 센서저항은 비상하게 커지게 된다. 비가 오기 전의 저기압상태에는 센서저항은 낮아지고 비가 온 후 날이 화창하게 개일 때는 센서저항은 크게 높아진다. 그래서 한국의 경우 봄과 가을에 센서저항변화가 심하게 나타나며 여름철에는 전반적으로 낮은 상태를 보인다



■ 가스감도 변화

SnO₂계 반도체식 가스센서의 가스감도의 전형적인 경향을 그림 7에 나타내었다. 가스감도는 가스종의 센서저항 R_s (gas)/대기종의 센서저항 R_s (air)로 정의된다. 반응은 수초에서 수십 초 내에 이루어지며 저항은 급격히 저하한다. 각 가스에서의 저항변화율이 다르기 때문에 사용목적에 따라 적절하게 설정하여 사용한다.

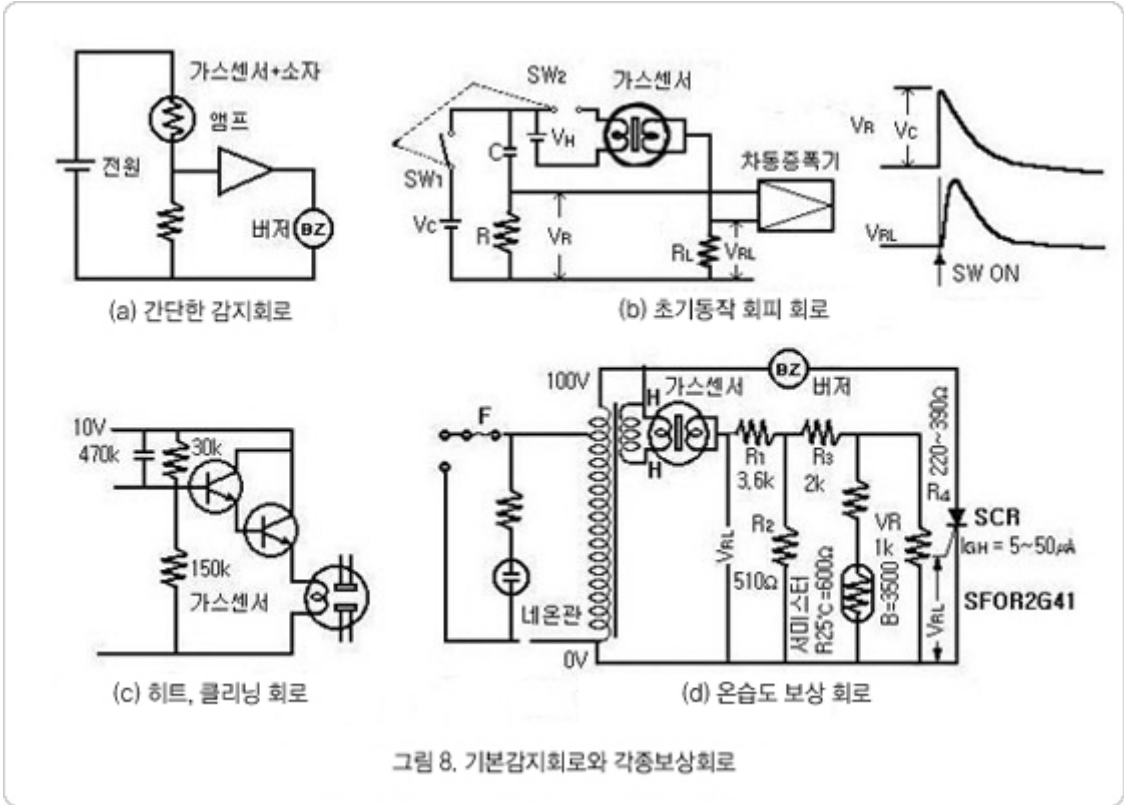
잡가스, 유해가스등의 환기와 전자렌지의 조리에는 낮은 저항변화율 값에, 가연성가스는 저항변화율이 매우 크기 때문에 높은 저항변화율 값에 설정한다. 저온건조한 경우 센서의 저항 변화값은 고온다습한 날의 저항변화율보다 크지만 가스종의 저항값은 고온고습한 날의 저항값이 작다.



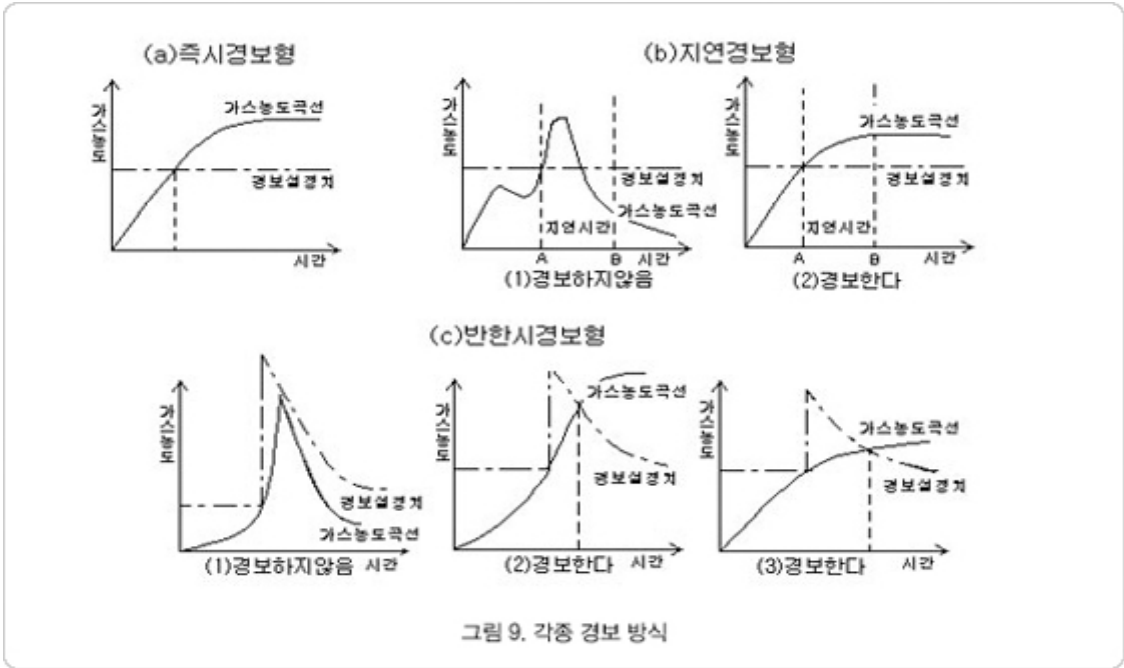
KGS 101, KGS 102는 원통형의 SnO₂를 주원료로 하는 반도체식센서로서 바람의 영향, 온도, 습도의 영향, 경시변화 등을 최소화하면서 센서의 기계적, 화학적 내구성이 우수한 센서이다. 전자렌지의 자동조리용, 공기청정기, 자동환기, 가스경보기 등에 오랜 기간 다수의 업체에서 사용되고 있다.

■ 기본 감지회로와 각종 보상회로, 경보 방식

그림 8 (a)는 가장 간단한 감지회로이다. 그러나 통상의 감지시에는 몇 가지 보상회로가 들어 간다. 그림(b)는 초기동작회피회로이다. 반도체식가스센서는 무통전 상태에 있던 것을 통전상태로 하게 되면 통전 개시 때 부저가 울리거나 불필요한 동작을 하게 된다. 그래서 CR회로의 충전 특성을 이용하여 통전초기의 불필요한 동작을 피한다. 저항 R의 양끝에는 초기값이 V_c이고, 그후 CR의 시상수로 지수함수적으로 감소하는 전압 V_R 이 나타난다. 이 전압에서 초기동작할 때 R_L에 나타나는 오보전압 V_{RL}을 차등증폭기를 사용해서 없애게 되어 있다. 그림(c)는 가열크리닝 회로의 예이다. 이것은 휴대형가스검출기처럼 통전을 시작한 후 즉시 가스검출을 하려는 경우 가스검출 직전에 단시간 큰 전압을 인가 하여 소자를 가열함으로써 흡착해 있던 잡다한 가스나 수증기를 제거하는 회로이다. 그림(d)는 주위분위기에 의한 센서출력변화를 보상하기 위한 회로이다. 온도가 낮은 경우에 출력전압 V_{RL}은 작아지고 고온다습으로 되면 V_{RL}은 커진다. 이를 보상하기 위해 Thermistor를 사용하여 보상한다.



다음에 경보 방식에 대해 기술한다. 가스농도가 어떤 설정값을 넘었을 때 경보 또는 동작을 내는 방법에는 그림 9와 같이 (a)즉시경보형, (b)지연경보형, (c)반한시경보형 등의 방식이 있다. 즉시경보형은 가스농도가 설정값 이상이 되면 즉시 경보하는 경우이며 접촉연소식의 경우에 많이 사용된다. 지연경보형은 지연시간을 두어 지연시간 이후에도 계속 가스농도가 나타날 경우만 경보하며 지연시간내에 잠시 설정값을 넘었더라도 경보를 내지 않는다. 즉시형보다 경보는 늦지만 가스렌지의 정화미스를 했을 때나 조리시의 일시적인 알콜증가등과 같이 가스누출이 아니고 일시적으로 높은 농도의 가스가 순간적으로 달았을 때는 경보를 내지 않는 잇점이 있다. 반한시경보형은 지연시간을 두고 농도가 급격히 증가하면 즉시경보하고 농도증가가 느리면 지연경보하는 경우이다. 요즈음은 마이크로회로기술의 발달로 초기동작회피, 각종 보상, 경보방식의 설정 등을 자유로이 조절할 수 있어 여러가지 이용이 기대되며 오동작을 피할 수 있으리라 생각된다.



■ 접촉연소식 센서

반도체식센서가 기체와 고체간의 흡착, 탈착으로 인한 전기전도도의 변화를 이용하는 것과 달리접촉연소식센서는 가연성가스와 산소와의 반응열(연소열)을 전기신호로 변환하는 방식으로 수증기나, 온도, 습도 및 다른 잡가스의 영향을 적게 받기 때문에 가연성가스경보기에 가장 많이 사용된다.

■ 접촉연소식 센서의 원리

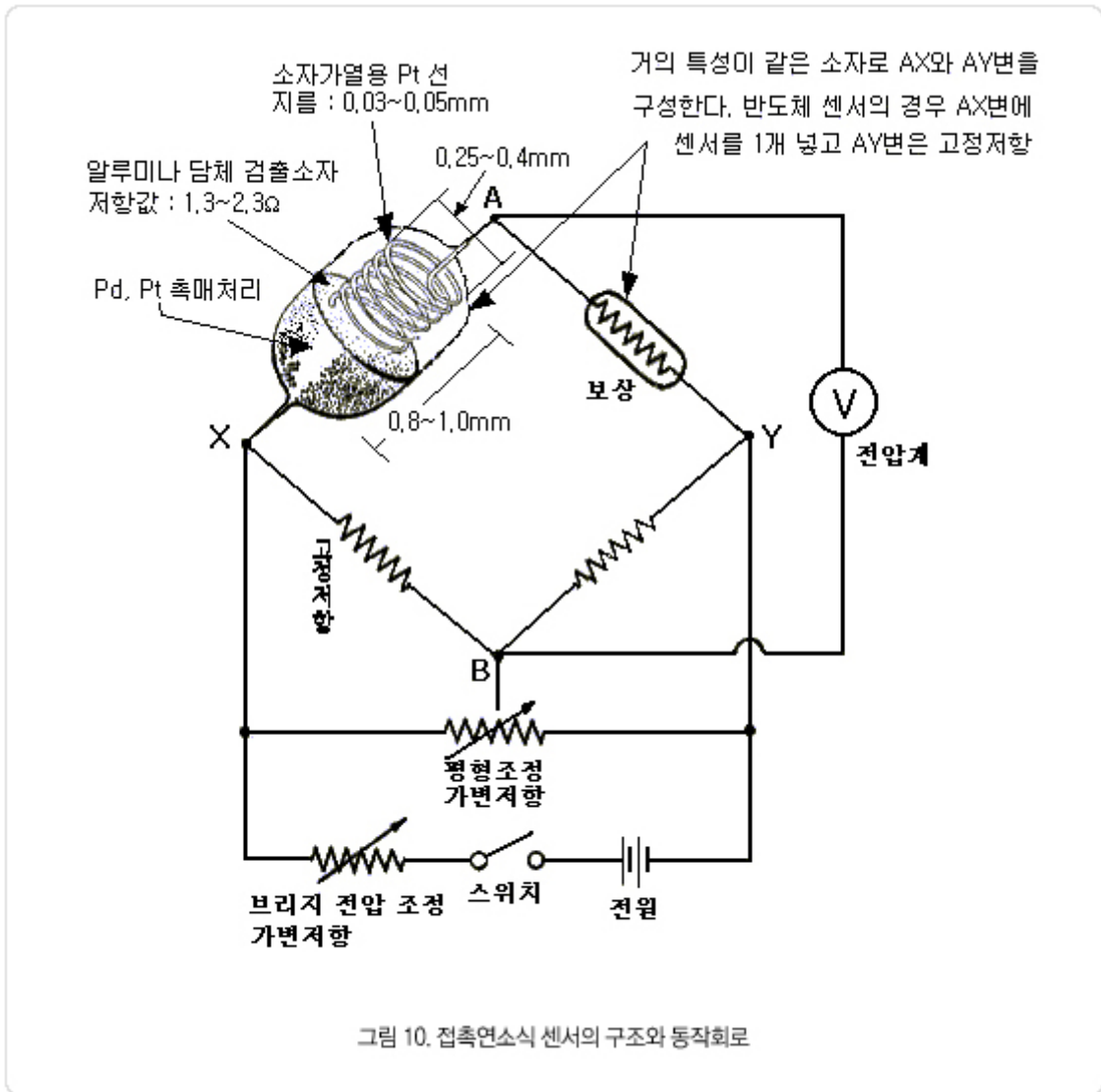
가연성 가스가 산소와 반응하면 반응열이 생긴다. 접촉연소식 가스센서는 이 반응열을 전기신호로 변환해서 감지하는 방식이다. 금속의 경우 온도가 상승하면 저항값은 커진다. 대부분의 가연성 가스는 탄화수소이며 이들 가스가 완전히 산화되어 H₂O와 CO₂로 될 때 발열량은 가장 크다. 가스의 완전 산화는 저온에서는 일어나기 어렵고, 일어나더라도 그 반응속도는 대단히 늦다. 반응속도를 높이기 위해 완전 산화를 촉진하는 촉매를 사용하는데 완전산화반응을 하게 하기 위해서는 산소가 충분히 존재하여야 한다.

따라서 촉매표면의 산소가 과잉으로 되는 촉매가 바람직하며 촉매로는 p형반도체세라믹과 Pd, Pt 등의 촉매가 완전산화반응에 효과적이다. 반응속도를 높이는 데는 촉매를 사용하는 것과 함께 반응계의 온도를 높이는 것도 효과적이다. 결국 접촉연소식센서는 촉매를 균일하게, 될수록 많이 담지할 수 있는 다공질세라믹스를 담체로 하고 이 담체 속에 금속열선을 내장한다. 금속열선에 전원을 인가하여 담체를 가열하고 가스가 가열된 담체에 접촉하면 연소반응이 일어난다.

연소반응에 의하여 담체의 온도가 상승하고 담체내의 금속열선의 온도도 상승한다. 이에 따라 열선의 저항값이 변화하는데 그 변화값 ΔR 은 온도변화 ΔT 에 비례하고, ΔT 는 가연성가스의 농도와 반응열에 비례한다. 접촉연소식센서를 열선이 내장되어 있어 열선식 센서라 부르기도 한다.

■ 접촉연소식 센서의 구조 및 동작회로

접촉연소식 센서의 구조와 기본동작회로는 그림 10과 같다. 큰 저항값 변화를 얻기 위해 지름 0.03 - 0.05 mm의 Pt선을 내경 0.25 - 0.4 mm의 코일상으로 한다. Pt선 코일을 알루미늄 담체로 덮고 이 표면에 촉매를 분산시켜 0.5 - 1.0 mm 크기의 bead로 만든다. Pt나 Pd 귀금속촉매를 담지하는 경우 함침법이 일반적이다. 예를 들면 백금의 경우 염화백금산용액에 알루미늄을 담그고 건조 후 500 - 800°C 에서 소성하여 Pt-Al₂O₃ 를 조제한다. 또는 알루미늄 분말이나 알루미늄졸과 Pd촉을 습식혼합한 후 건조 소성하여 조제하기도 한다.



기본동작회로는 그림에서 보듯이 브릿지 회로이다. 센서소자는 300 - 600°C 로 가열되고 있다. 센서의 온도, 습도에 따른 변화를 보상 하기 위해 거의 특성이 같지만 연소반응이 일어나지 않는 소자로 감지센서와 직렬로 연결한다. 가스가 접촉하면 감지센서만이 연소반응하여 저항이 커지게 되므로 브리지평형 전압이 깨지게 된다.

접촉연소식센서의 특성은 가스농도에 비례하여 출력전압이 직선적으로 증가하며 불연성가스인 잡가스에 영향을 받지 않는 잇점이 있지만 습도의 영향을 받고 또 너무 고농도인 가스는 검출할 수 없다. 접촉연소식센서 사용시 특히 유의할 점은 전압변동이 거의 없어야 한다는 것이다. 접촉연소식의 오동작, 부동작의 원인은 전압변동에 의한 브리지의 불평형에 기인하는 경우가 많다. 그림 11은 전압변동에 따른 가스감도변화를 보이고 있다.

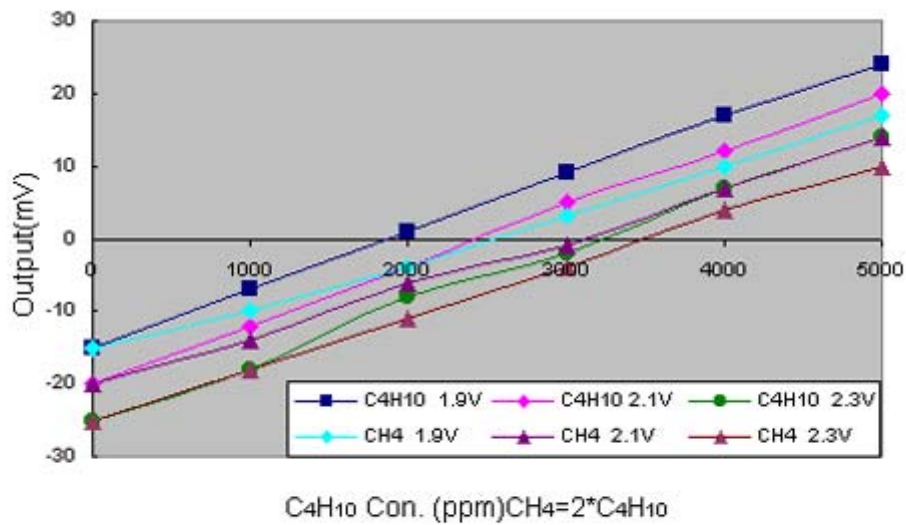


그림 11. 접촉연소식 센서의 감도 (KGS501)

전압이 낮아지면 저농도에서, 전압이 높아지면 고농도에서 경보하게 된다. 접촉연소식센서는 기본적으로 연한 백금선의 저항변화를 이용하기 때문에 충격에 약하다. 또한 촉매의 연소를 이용하므로 장기간의 사용시 촉매의 열화로 인해 연소반응이 약해져 감도가 점차 저하된다. 라이타가스(부탄가스)의 고농도접촉은 촉매를 열화시키기 때문에 주의하여야 한다. 그렇지만 이들에 대한 문제를 최소화한 센서가 개발되었다. Sensing Element를 Glass Micro Fiber로 감싼 형태로 두드리거나 떨어뜨려도 백금선이 늘어나거나 끊어지는 일이 거의 없어 휴대용 가스감지기에 적합하다. KGS 601과 KGS 701이 이에 해당한다. 특히 KGS 701은 H2S로 인한 감도저하를 없앴으며 Silicone Poisoning에 강한 센서로서 소비전력이 0.23W(3V, 76mA)로 배터리로 장시간 사용이 가능하고 가스 폭발의 위험이 있는 곳에서 사용이 가능한 방폭형구조이다.

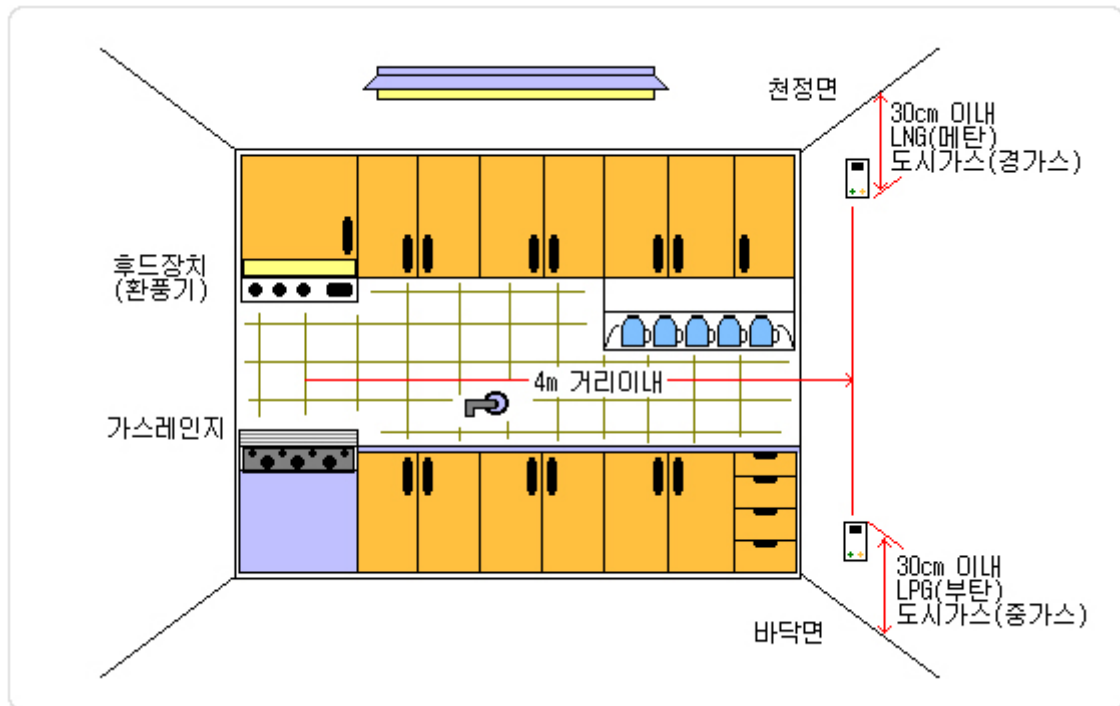
음식물조리시 발생하는 김도 센서를 쉽게 열화시킨다. 따라서 촉매의 열화요인이 많은 장소는 피해야 한다. 촉매담체의 기계적 강도가 약하기 때문에 진동에 약하다. 사용시 이러한 점에도 특히 유의하여야 한다. 감지부분과 보상부분의 온도차이 변화에 따른 저항변화를 이용하기 때문에 두 부분의 한부분만 바람, 수분등에 의해 온도가 변화하면 오동작 및 부동작이 일어날 수 있다.

■ 가스경보기 사용상의 주의점

가스는 공기보다 가벼운 가스의 그룹과 무거운 가스의 그룹으로 대별된다. 따라서 공기보다 가벼운 가스를 감지할 때는 천장면에서 30cm이내에, 공기보다 무거운 가스의 경우는 바닥면에서 30cm 이내에 설치한다. 또 도시가스가 실내에서 누설된 경우 폭발 농도까지 될 때까지는 상당한 시간을 요하며 가스가 상승 또는 강하하면서 수평방향으로 확산하는 성질이 있으므로 실내에서 가스의 흐름을 차단하는 것이 없으면 가스경보기는 가스기구나 가스설비까지의 수평거리가 4m이내인 곳에 설치한다.

가스센서의 특성은 다른 잡가스, 수증기, 온도 및 습도에 영향을 받기 때문에 경보기 설치시에는 다음과 같은 설치장소는 피해야 한다.

1. 연소기구의 바로 위 및 배기, 온기, 연기 등이 직접 닿을 우려가 있는 장소
2. 부엌설비, 가구등에 가려 가스가 유통하기 어려운 장소
3. 급기구나 환기팬 등의 부근으로 외기에 의해 누설가스가 희석될 우려가 있는 장소
4. 주위 온도 또는 복사에 의해 경보기의 주위 온도가 50°C 이상, 또는 -20°C 이하로 되는 장소
5. 욕실처럼 물이 튀거나 물방울이 불기 쉬운 장소
6. 싱크대위
7. 빌딩등의 보일러실처럼 야간은 전원을 끊거나 사용시만 전원을 넣는 장소
8. 옥외



국내의 주방이나 거실 구조상 가스렌지와 싱크대가 나란히 한쪽면을 차지하기 때문에 이 면에서 뒤로, 또는 거실 쪽으로 2 - 4m 떨어진 위치가 바람직하다. 그러나, 현재 국내에서 설치된 가스경보기의 설치 위치는 대부분 상기 1, 3, 4, 5, 6등의 장소에 설치되어 있어 경보기가 제기능을 발휘하지 못하고 오동작을 일으키는 일이 많다.

국내 음식이 외국 음식과 달리 발효식품이어서 조리시 알콜성분이 많이 발생하여 오동작 요인이 많기는 하지만 상기 설치주의사항을 반드시 지킨다면 오동작을 크게 줄이면서도 장기간 신뢰성 있게 사용할 수 있다. 또 오동작을 회피하기 위해 고농도 영역에 경보값을 설정하여 사용하는데 센서 특성상 고농도 영역에서는 출력값이 포화되기 때문에 가스가 상당량 누설되어도 감지하기 어렵다.

접촉연소식센서를 채용하는 경보기는 수증기 또는 조리시의 잡가스에 대한 반응에는 강하지만 이러한 유해 가스가 센서의 촉매를 열화시키기 때문에 점차 감도가 둔해져 제 기능을 발휘하지 못한다. 이 문제를 개선하려면 외부전압변동시에도 정전압을 정확히 유지하고 설정농도치를 낮게하고 상기 설치 주의사항을 유의하여 경보기를 설치한다면 경보기수명을 보다 연장하고 보다 정밀하며 신뢰성 있게 가스누설을 감지할 수 있다. 안전을 위해서는 3년정도에 가스경보기를 교체하는 것이 좋다.

이제까지 반도체식 가스센서와 접촉연소식 가스센서의 원리와 동작특성에 대해 알아보았다. 센서를 원재료에서부터 최종제품까지 생산하면서 기존에 사용되고 있는 센서, 주로 일본에서 수입하는 센서의 문제점과 센서사용상의 문제점도 많이 알게 되었지만 이 글에서는 생략하기로 한다. 지금까지 10년 넘게 가스센서와 응용제품의 개발에 종사해 오면서 나름대로 깨달은 센서의 여러가지 특성과 문헌에 나온 내용, 그리고 센서를 판매하면서 각기 다른 많은 사용자들의 경험 등을 종합하여 정리해 보았지만 아직 미비한 점이 많다.

가스폭발사고뿐만 아니라 환경오염을 일으키는 유해한 잡가스의 자동환기, 일산화탄소중독사고의 예방등에 가스센서의 사용이 증가 일로에 있으나 정확한 센서특성을 모르고 사용하게 되면 제기능을 발휘하지 못하는 제품이 되고 만다. 그동안은 대부분의 센서를 고가로 수입하여 사용하여 왔으나 근년 품질이 우수하면서도 값이 비교적 저렴한 센서들이 국산화되어, 사용하는데 있어 기술적으로나 경제적으로나 많이 유리하다. 반도체식센서의 거동을 파악하여 실내의 오염을 감지하여 자동으로 환기하는 인공지능 자동환기시스템도 개발하여 현재 분양중인 대부분의 아파트에 채택되고 있다. 저전류 접촉연소식센서도 개발하였으며, 접촉연소식센서를 채용하는 가스누설경보기도 생산하기 시작하였다. 가스보일러 등에서 발생하는 폐가스 중독사고를 방지하는 CO 감지기도 개발하였으나 국내 여건상 보급이 활발하지 못하다.

이 글이 센서 사용자 또는 가스센서를 연구하는 분들께 조금이나마 도움이 되고 가스사고 예방과 쾌적한 생활환경을 만드는데 약간의 기여라도 되었으면 한다.