

대기 환경 가스 센서

이 덕 동

경북대학교 전자·전기공학부

I. 서 론

최근 우리사회가 지식기반 사회로 접어들면서 정보통신 기술을 비롯한 첨단기술이 거의 완속되기에 이르고 있다. 그러나 고도산업사회의 협성 과정에서 파생된 환경오염문제를 해결할 수 있는 기술수준은 아직 개발단계에 있다고 볼 수 있다.

환경오염은 크게 대기오염으로 분류될 수 있으며 이중 대기오염은 확산속도가 빠르고 확산범위가 극히 넓은 것으로 알려져 있어 수질오염과 더불어 단시간에 불특정 다수에게 위해를 끼치므로 대중재해발생의 원인이 되고 있다. 이와 같은 대기오염은 그 발생원이 점차 다양화 되어가고 있을 뿐만 아니라 발생량 또한 증가해가는 추세에 있으므로 오염원의 모니터링과 제어가 불가피한 상황이다. 최근들어 인구의 도시 집중화와 인구의 폭증 특히 자동차 사용량의 급속한 증가는 대기의 오염을 더욱 가속화되고 있어 그 문제해결을 위한 기술적 및 정책적 대책마련이 시급하다. 전술한 바 대기오염의 피해를 예방 또는 최소화하기 위해서는 현실적으로 오염원의 연속적인 감

시와 제어가 1차적으로 이루어져야 하고 이를 위해 각종 대기오염원을 신속·정확하고 신뢰성 있게 검지·정량할 수 있는 장치가 필요하게 된다. 이 장치의 핵심은 센서이며 이는 측정시스템의 성능을 좌우한다.

본고에서는 대기환경 제어 및 관리에 이용되는 센서 및 장치에 대해 소개하고자 한다.

II. 대기오염 및 배출원

■ 오염 배출원과 허용기준

대기오염 물질의 배출원에는 고정배출원과 이동배출원이 있다. 고정배출원으로는 주택건물, 산업장, 화력발전소 등이 있으며 이동배출원에는 자동차, 기차, 선박 등이 있다. 이중 고정배출원은 매우 다양하여 정유공장, 화학공장, 금속제련소, 식품공업, 일반제조업 등 열거하기 어려운 정도이다. 현재에는 가정난방 및 산업장과 교통기관 등에서 유해물질인 분진, 일산화탄소, 질소산화물, 아황산가스, 암모니아 및 탄화수소등의 배

〈표 1〉 발생원에 따른 분류

발생 공정	물질 상태	오염 물질
연 소	dust, fume	CO, SO ₂ , NO ₂ , VOC, acid
자 동 차	fume	NO ₂ , HC, CO, VOC
석유정제	dust, mist	SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , CO, Mercaptan
화학공정	dust, mist, fume	SO ₂ , CO, F, VOC
금속제련	dust, fume	SO ₂ , CO, VOC, HCL
식품가공	dust, mist	offensive odor gas

출량이 증가되고 있으며 정부기관의 규제 등으로 일부 감소하는 경향을 보이는 항목도 있으나 이는 일시적인 현상으로 전반적인 유해물질의 연속 모니터링과 제어가 절실히 필요한 실정이다. 이는 연료소비량과 산업자의 수 그리고 자동차 대수의 증가현상에 비례하여 대기오염도가 높아가기 때문이다. 오염원의 배출기준과 환경기준치는 <표 1>과 같다. 이중 CO와 NO₂는 특히 인체에 유독하며 NO₂의 경우 500ppm에서도 즉시 폐수종 증세를 일으켜 1일 이내에 사망하게 된다.

입경이 1 μm 이상이거나 0.01~1 μm 사이에 있는 것으로 이를 입상물질이라 하며 0.01 μm 이하인 것을 기상물질이라 한다. 입상물질에는 dust, fume 및 mist 등이 있다. 화학조성에 따른 오염물질에는 <표 1>에 나타난 바와 같이 질소, 유황, 산소 및 유기화합물과 고체미분말등이 있다. 그리고 발생원에 따른 오염물질은 <표 2>에 나타난 바와 같이 생산 활동이나 제품이용에 따라 다양하게 분류된다. 이 표에서 보는 바와 같이 발생빈도가 높은 오염물질로는 CO, SO₂, VOC 및 NO₂ 등을 들 수 있다.

이들을 측정하는 방법에는 순간측정법과 연속측정법이 있는데 대표적인 몇 가지 오염물질에 대해 요약해서 나타내면 <표 3>과 같다.

III. 측정방법

대기오염물질은 그 형태, 화학조성 및 발생원에 따라 여러 가지로 분류될수 있다. 형태에 따른 오염물질은 입자의 크기에 따라 분류하는 것으로

■ 검지관법

검지관법은 대기중의 공기를 관속으로 흡입시켜 흡입구 표면에 삽입한 유리관 내의 약품이 변

<표 2> 오염원의 환경기준치 및 배출허용치

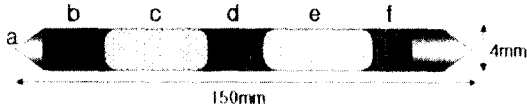
대기 성분	정상 농도	환경 기준치	배출허용치
CO ₂	0.033% ± 0.001	~ 350 ppm	5,000 ppm
CO	—	8 ppm (1개월 평균치)	400 ppm
CH ₄	2.0 ppm	10 ppm (1시간 평균치)	200 ppm
N ₂ O	0.5 ppm ± 0.1	1.0 ppm (1시간 평균치)	—
NO ₂	—	0.15 ppm (1시간 평균치)	250 ppm
SO ₂	0~1 ppm	0.15 ppm (1시간 평균치)	1,800 ppm
NH ₃	극미량	—	250 ppm
O ₃	0.07 ppm	0.1 ppm (1시간 평균치)	—

<표 3> 주요 오염물질의 측정법

형태	오염 물질	순간 측정	연속측정법	적산측정법
기체	CO	검지관법	가스센서, 자동측정기록계	—
	O ₃	요드측정법	가스센서, 오존미터	—
	NO, NO ₂	Salzman법, 검지관법	가스센서, 자동측정기록계	—
	SO ₂ , SO ₃	로자닌-모르마린법, 검지관법	가스센서, 자동측정기록계	알카리여지법
	CO ₂	NDIR	NDIR, 음향법	—
	H ₂ S	검지관법	가스센서, 자동측정기록계	산화아연 연통법
입자	강한 분진	페트리접시법	—	테포지트게이지, 다스트자법
	부유분진	디지털분진계	자동측정기록계	—



〈그림 1〉 검지관용 가스채취기
 A. 검지관 절단기 B. 검지관 연결구
 C. 피스톤 손잡이 D. 고정장치
 E. 배기구 F. 흡입속도 조절구



〈그림 2〉 검지관의 모양
 a. 흡입구 b. 면마개 c. 실리카겔층
 d. 검지제층 e. 실리카겔층 f. 면마개

색되는 양으로 특정가스의 오염정도를 간단히 알아볼 수 있는 방법이다. 〈그림 1〉은 검지관용 가스 채취기의 모양을 보인 것이다. 그리고 B의 위치에 삽입하는 검지관의 모양을 보면 〈그림 2〉와 같다.

그림에서와 같이 검지관 내부는 여러가지 층이 연결되어 있고 변색되는 색깔의 종류에 따라(비색법)가스의 농도범위를 알 수가 있다. 이 방법으로 CO, NO₂, SO₂ 및 N₂S의 농도범위를 측정할 수 있다.

■ Saltzman법

Saltzman법은 NO₂를 포함하는 공기를 N(1-나프틸)에 틸렌디아민2 염산 및 sulfanic acid, 초산 등을 포함하는 흡수액에 통과시키면 적색의 아조염류가 생성되므로 이를 흡광광도법에 의해 낮은 농도(수 ppb~수 ppm)의 질소산화물을 측정할 수 있는 방법이다. 채취한 시료공기를 흡수액에 통과시키면 적색으로 변하고 변색된 상태로 20~30분간 방치한 후 흡광도를 측정한다. 이때 흡광도가 1이 되는 표준용액의 ml수를 구하고 이것에 4를 곱한 것을 검량계수 M으로 한다. M은 흡수액 10ml가 흡광도 1을 나타내는데 필요한 NO₂의 농도는

$$\text{흡광도} \times \frac{M}{V}$$

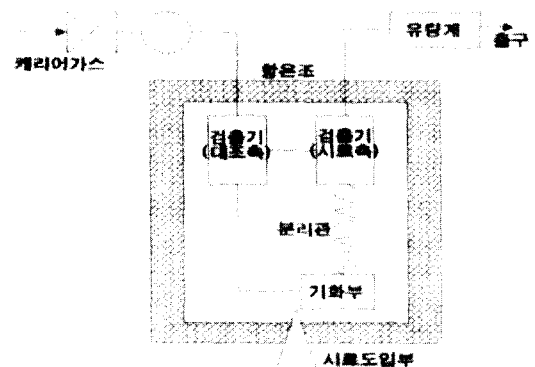
에 의해 구하며 V는 흡입한 시료공기의 양이다.

■ Rosaniline-Formalin법

이 방법은 아황산가스의 미량측정법으로 이용되고 있는데 염화제2수은과 염화나트륨의 혼합액인 0.1M 4염화제2수은 나트륨을 흡수액으로 사용한다. 이 흡수액은 아황산가스를 포집하여 2염화아황산 제2수은 이온을 만들고 P-rosaniline 용액과 포름알데히드용액을 가하면 아황산가스의 양에 따라 적자색의 산을 생성하기 때문에 이 색을 흡광광도로 정량하는 것이다.

■ 가스 크로마토 그래프 분석법

가스 크로마토 그래프는 미량의 가스성분을 분석하는데 유용한 장치이다. 이 방법은 적당한 충전제가 충전되어 있는 분리관 또는 칼럼내에 시료를 적당한 캐리어 가스로 보내면 시료의 각 성분은 그 충전제에 의한 흡착성 또는 용해성의 차이에 따라 분리관내의 이동속도의 차이를 일으켜 분리가 된다. 이와 같이 충전제 사이를 통과하는 유체의 성분을 분리하는 방법을 크로마토 그래프법이라 한다. 분리되어 용출하는 성분은 차례로 분리관 출구에 접속된 검출기에 들어간 후 외부로 방출된다. 검출기로서 각 성분을 검출하고 시간적으로 성분량을 기록하면 각 성분에 대응하는 일련의 피크를 얻을 수가 있다 〈그림 3〉은 가스



〈그림 3〉 가스 크로마토 그래프의 예시

크로마토의 예를 도시한 것이다.

■ 적외선 흡수 분석법

2중 이상의 원자로 된 분자에 적외선을 조사하면 그 분자의 종류에 따라 특정 파장에 대한 흡수가 일어나므로 분자 고유의 흡수스펙트럼이 얻어진다. 이와 같은 흡수스펙트럼의 측정에 의한 가스분석방법을 적외선 분석방법이라 한다. 적외선 흡수분석법에는 분산 방식과 비분산 방식이 있는데 전자는 빛을 분사시켜 임의의 파장을 선택할 수 있도록 회절격자나 프리즘을 이용한다. 이 방식은 여러 성분을 분산시켜 한꺼번에 측정 가능하나 복잡한 광학계를 구현해야 한다는 문제점이 있다. 그러므로 특정 가스를 분석하는데는 광학계의 구조가 간단한 비분산 방식이 주로 이용된다. 비분산 방식은 적외선을 광학 필터나 가스흡광형 필터로 단색화시켜 광원에서 검출기까지의 광전달 효율이 좋을뿐 아니라 셀 내부를 경면 처리함으로써 반사에 의한 유효거리를 증가시켜 검출감도의 증가가 비교적 용이해진다.

적외선 스펙트럼 분석법을 이용하면 가스에 대한 선택성이 높아지고 온도, 습도 등 환경인자의 영향을 감소시킬 수 있어 현재 각종 가스 농도측정에 이 방법이 많이 쓰이고 있다.

■ 반도체법

반도체법은 금속 산화물 반도체를 이용하여 공기중 가스성분을 검지하고 정량하는 방법으로 소형 경량화의 가능성, 경제성 및 빠른 검출속도 등의 장점 때문에 1970년대 이후 이 방법이 크게 관심을 끌고 있다. 반도체법은 적당한 첨가제를 사용함으로써 특정 가스에 대한 선택성을 부여할 수 있으나 상당수의 가스에 대해서는 우리가 요구하는 정도의 높은 선택성을 주지 못한다는 점과 온도, 습도 등 환경인자에 의한 영향이 작지않다는 점 등의 문제점이 있다.

■ 접촉연소식, 고체전해질식 기타

위에 열거한 가스측정 방법 이외에 접촉연소식과 고체전해질식이 있다. 접촉연소식은 금속선의

저항변화를 이용한 것으로 주로 가연성 가스인 탄화수소계의 검지와 정량을 목적으로 사용되고 있다. 그리고 고체 전해질식은 가스농도변화에 따른 고체전해질의 기전력 변화를 이용하는 것으로 최근 이에대한 연구가 다각도로 진행되고 있다. 이 방식으로 산소, 탄산가스, 산화질소 등의 농도측정을 위한 장치로서 흥미를 끌고 있다.

IV. 오염 가스 측정용 센서 및 장치

본 절에서는 <표 1>에 나타낸 오염가스 및 분진의 측정을 위한 센서 또는 장치에 대해 기술하기로 한다.

■ CO가스 측정용 센서

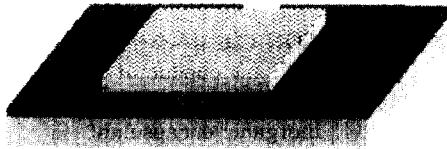
(1) 반도체법

CO가스 측정방식으로 금속 산화물에 모재로 사용한 반도체식 센서가 널리 이용되고 있는데 이는 낮은 농도영역에서 비교적 높은 감도와 빠른 응답속도 및 경제성 등의 장점을 갖기 때문이다. CO가스는 공기중에 미량 포함되어도 인체에 심각한 영향을 끼치는 유독가스로서 200ppm농도 분위기에서 두통을 일으켜서 800ppm에서 2시간 내에 실신하게 되며 3,000ppm에서 즉시 사망하는 것으로 알려져 있다. 따라서 저 농도에서 양호한 감도가 요구된다.

널리 알려진 바와 같이 CO가스의 발생원이 다양하므로 CO센서의 수요가 높고 이에 따라 경제성이 높은 CO계측기가 여러 가지 형태로 상용화되고 있으며 계측기 구현에 있어서 핵심적인 소자인 센서도 다양한 형태의 것이 개발되고 있다. 가장 전통적인 형태로는 벌크형과 튜브형이 있는데 튜브형 소자를 <그림 4>에 나타내었다. 이 센서는 감도가 높고 감응 속도가 빠르면 소자가 견고하다는 특징을 갖고 있다. CO가스가 소자 표면에서 반응하면 저항값이 낮아지고 낮은 농도범위에서 대체로 선형성을 유지한다. 이 밖에 후막형과 박막형 그리고 마이크로형이 있는데 그 구



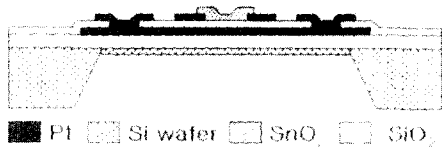
〈그림 4〉 튜브형 CO 센서



(a)



(b)



■ Pt □ Si wafer □ SnO₂ □ SiO₂

(c)

〈그림 5〉 (a) 후막형, (b) 박막형 및 (c) 매크로형 CO센서

조를 〈그림 5〉에 나타내었다.

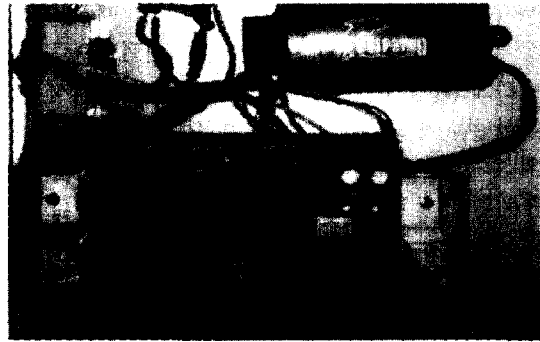
(2) 검지관법

CO가스농도를 특정하는 간단한 방법으로 검지관법이 있다. 검지관은 〈그림 2〉에 보인 바와 같이 내경이 4mm이고 길이가 15mm인 유리관에 길이가 30mm인 실리카겔층(흰색), 약 15mm 길이의 검지제층(황색) 및 25mm의 실리카겔층의 순으로 채우고 유리관의 양측을 솜마개로 고정시켜 봉입한 것이다. CO농도에 따라 검지제의 색이 달라지는데 농도에 따른 비색표를 〈표 4〉에 나타내었다.

검지관법은 CO농도 범위를 신속히 알아보는

〈표 4〉 CO 농도 비색표

표준색	황	녹황	황녹	녹	녹청	청
CO농도 (ppm)	0	100	200	300	600	1000



〈그림 6〉 CO가스계측기 내부구조

데 매우 편리하나 측정시마다 유리관을 교체해야 한다.

(3) 비분산 적외선법

비분산 적외선을 이용하여 CO가스를 계측하는 방법이 현재 널리 이용되고 있다. 앞서 말한 바와 같이 이 방법은 흡광필터로 단색화된 파장을 적외선 센서에서 검지하는 것으로 CO가스의 경우 흡수 파장이 약 460 μ m이다. 적외선 계측기의 하드웨어는 전원공급부, 광원부, 검출부 및 신호 처리부로 구성되면 시스템의 내부를 〈그림 6〉에 나타내었다. CO흡수는 CO₂나 CH가스에 비해 적게 일어나므로 출력신호를 크게 하기 위해 가스 셀의 길이를 증가시키는 방법을 쓰고 있다. 적외선법의 장점은 선택성과 안정성이 높다는 점이며 문제점으로 용량이 크고 단가가 높다는 점을 들 수 있다.

■ CO₂가스 측정용 센서

(1) 비분산 적외선법

비분산 적외선법은 CO₂가스농도를 측정하기 위한 가장 보편적인 방법으로 알려져 있다. 일반적으로 적외선 영역은 파장이 0.8~35 μ m 범위

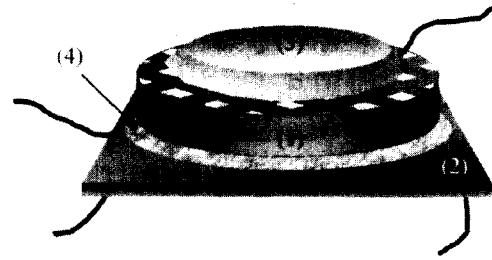
의 장파장 영역으로 근적외선(0.8~2.5 μm), 중 적외선(2.5~7.69 μm) 및 원적외선(7.69~35 μm)으로 분류된다. 기체분자의 구성원자는 진동 상태에 있으며 이 진동에너지의 양자가 원자간 결합세기와 원자들의 질량에 의해 정해지므로 분자종류에 따라 고유한 에너지 값을 가진다. 또한 분자는 보다 높은 진동상태로 여기될 때 자기진동에너지에 해당하는 에너지만을 선택적으로 흡수하게 된다. 따라서 대기중의 오염가스 역시 독특한 적외선 흡수 스펙트럼을 갖는다. CO₂의 적외선 흡수파장은 4.25 μm이며 이 파장영역만을 투과하는 필터를 사용함으로써 CO₂농도에 따른 흡수정도를 적외선센서를 통해 알 수가 있다.

(2) 고체 전해질 방식

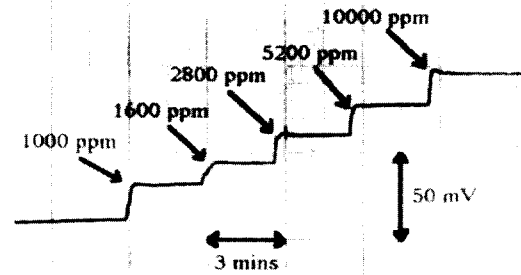
NASICON을 주재료하고 알카리 탄산염을 보조전극으로 사용한 고체전해질 소자 CO₂에 대한 감지효과가 있음이 알려진 후 소형화가 가능한 CO₂검지용 소자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 일본 규슈대학에서 NASICON 결정체 위에 백금망 또는 금망을 부착하고 그 위에 Li₂CO₃-BaCO₃의 보조전극물질을 용착시킨 소자를 개발하였으며 이는 습도에 영향이 없으면서 CO₂에 대해 양호한 감도와 빠른 응답속도를 나타내어 주목을 끌고 있다. 이 소자의 구성은 다음과 같다.

air, Pt|NASICON|Pt+carbonate, CO₂+air

이는 종래의 보조 전극 물질인 Na₂CO₃에 BaCO₃를 혼합하여 습도에 대한 영향을 배제시킨 소자구조이다. 이 소자의 동작온도는 400°C 정도이다. 이밖의 물질로서 경북대에서 개발한 LISICON소자가 있는데 이는 Na이온을 Li이온으로 대체시킨 것으로 300°C 정도의 비교적 낮은 동작온도에서 CO₂에 대해 양호한 감도를 나타낼 수 있음이 실증되고 있다. <그림 7>은 LISICON CO₂감지소자의 구조를 나타낸 것이다. 이 소자는 CO₂농도에 따른 출력의 직선성이 우수하고 NASICON소자에 비해 감도는 유사하나 보조전극에 결합제를 첨가한 소자의 경우 안



<그림 7> LISICON CO₂ 감지소자의 구조
 (1) Li⁺ ionic conductor (2) Al₂O₃
 (3) Alkali metal carbonate
 (4) Inorganic encapsulant
 (5) Au electrode (6) Heater(Pt)



<그림 8> LISICON 소자의 CO₂가스에 대한 시간응답특성

정도가 높은 것으로 알려져 있다. <그림 8>는 LISICON CO₂센서의 시간응답특성을 나타낸 것이다.

■ NO_x 측정법 및 센서

NO_x는 자동차엔진, 보일러 등 연소장치와 같은 연료의 고온 연소과정에서 배출되는 유해가스로서 NO₂, NO, N₂O, NO₃, N₂O₄ 및 N₂O₅ 등 여러 가지 조성의 산화질소를 포함한다. NO₂의 경우 3ppm, NO의 경우 25ppm 정도 함유된 공기중에서도 인체의 호흡기 및 신경계통에 치명적인 손상을 입힌다. 따라서 수 ppm 정도의 NO_x를 측정할 수 있는 센서가 요구되고 있다.

(1) Saltzman법

이 방법은 NO₂를 포함한 공기를 N(1-나프틸) 에칠레디아민 이산화염 및 설파닌산, 초산을

포함한 흡수액 중에 통과시키면 적색의 아조(azo)염료가 생기게 되므로 이것을 흡광도법에 의해 측정하는 것이다. 이 방법을 이용하면 대기 중의 NO₂농도 수 ppb에서 5ppm 정도의 농도를 측정할 수가 있다. NO의 경우 이를 KMnO₄ 용액을 넣은 버블러 속을 통과시켜 NO₂로 만든 후 측정한다. NO₂가 시약용액과 통과후 15분이내에 변색이 나타나며 다른 가스에 대해서는 색의 변화를 거의 일으키지 않는다. 이때 흡광도가 1이 되는 표준용액의 체적과 이 체적의 4배를 M(ml단위)이라 하고 흡입된 공기의 양(1 단위)을 V라 할 때 다음식에 의해 NO₂농도를 구한다.

$$\text{NO}_2\text{농도 (ppm)} = \text{흡광도} \times \frac{M}{V}$$

이 방법은 NO₂를 측정하는 수동식의 기초적인 방법으로서 시료채취, 흡광도 측정 및 계산의 과정을 거쳐 농도 측정이 이루어진다. 이와 유사한 방법으로 Jacob-Hochheiser법이 있는데 이 때는 흡수액을 NaOH와 n-부틸알콜의 혼합액을 사용한다.

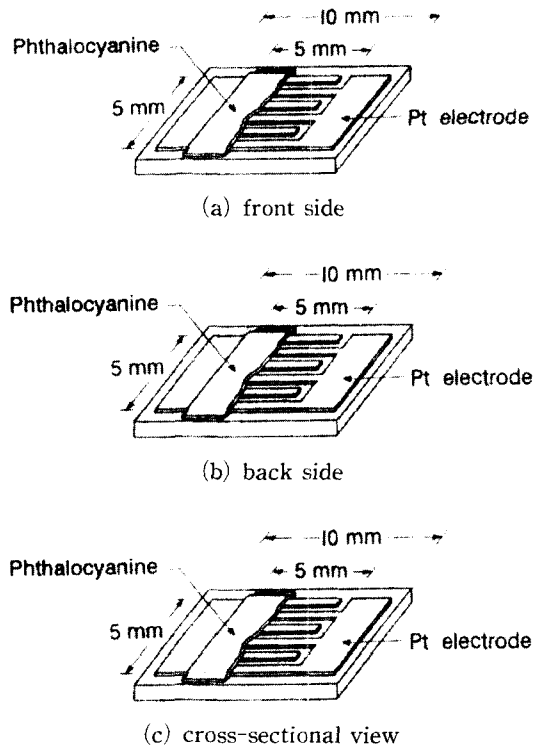
(2) 검지관법

이는 NO₂의 양을 신속하고 간단히 측정할 수 있는 방법이나 정확도가 낮다는 문제가 있다. NO₂의 존재여부를 신속히 알아보는 데는 편리하게 이용될 수 있다.

(3) 반도체법

반도체식 NO_x센서로는 여러 가지가 제안되고 있으나 최근 WO₃를 모물질로 하는 소자가 큰 흥미를 끌고 있다. 그리고 SnO₂ 역시 저농도 영역에서 민감한 감도를 나타내는 것으로 알려져 있다. WO₃는 산소공공 즉 O이온공공 또는 격자간 W원자에 의해 n형 반도체 특성을 나타낸다. WO₃에 첨가되는 물질로는 SnO₂와 TiO₂가 있는데 Pt-SnO₂-WO₃ 소자가 감도가 높고 반응속도가 빠르다는 보고가 있다.

한편 프탈로시아닌(Pc) 박막이 NO₂에 대해 선택성과 감도가 높은 것으로 알려져 있어 이에

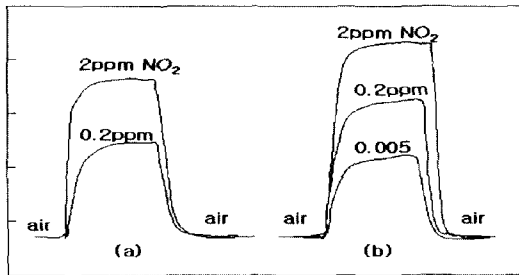


<그림 9> Pc를 이용한 박막센서의 구조

대한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 보통 Pc에 금속 또는 수소를 치환시킨 CoPc, CuPc, PbPc 및 H₂Pc 등 다양한 Pc물질이 감지소재로 이용되고 있으며 이 중 특히 CuPc와 PbPc가 NO₂에 대한 감도와 선택성이 높은 것으로 알려져 있다. <그림 9>는 PbPc 박막 NO_x센서의 구조를 나타낸 것이다. 이 구조의 센서는 동작온도 190°C 정도에서 60%의 감도를 나타낼 수 있다.

(4) 고체전해질식 NO_x센서

NASICON을 기본을 한 고체전해질 센서가 NO₂에 대해 민감한 감도를 가짐이 일본 규슈대 연구진에 의해 밝혀졌다. 이 소자의 특징은 보조전극으로 NaNO₂-Li₂CO₃의 혼합층을 이용한 것으로 NO₂의 농도가 0.05ppm 미만에서도 잘 동작하는 소자로 주목받고 있다. 그 구조는 CO₂ 소자와 같으며 NaNO₂ 및 NaNO₂-Na₂CO₃를 보조전극으로 사용한 고체전해질 소자의 저농도



〈그림 10〉 (a) NaNO₂ 및 (b) NaNO₂-NaCO₃ 보조전극 소자에 대한 NO₂ 반응의 순시특성

NO₂에 대한 응답신호를 보이며 〈그림 10〉과 같다.

이 소자는 가스농도에 대한 출력의 대수값이 거의 완벽한 직선성을 나타내고 출력 감도가 높아 안정도를 개선함으로써 환경측정용 고체전해질 소자로 기대된다.

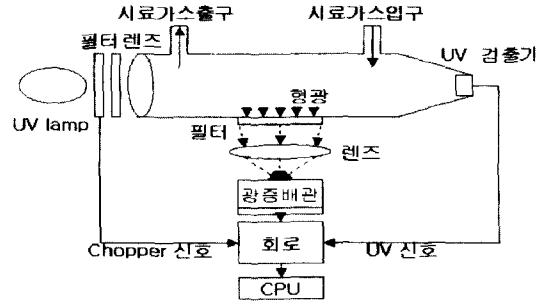
■ SO_x 측정법 및 센서

(1) 자외선 형광법

이 방법은 자외복사선의 흡수에 의해 생성되는 SO₂형광을 측정하는 것이다. SO₂는 340~390 nm, 250~320 nm 및 190~230 nm의 파장영역에서 빛을 흡수하는 것으로 알려져 있다. 이 중 190~230 nm의 파장영역이 방해가스에 대한 영향이 적으므로 SO₂측정에 많이 이용된다. SO₂검출기는 UV램프, 광학필터렌즈, UV검출기, 광증배관, 반응관 및 chopper와 CPU 등으로 구성된다. UV선을 SO₂에 조사하면 그 분자가 여기하게 되고 이때 발생한 형광광도를 전자증배관으로 감지 증폭하고 CPU단에서 신호를 처리하여 농도지시를 하게 된다. 이 경우 시표의 온도, 유속 등이 측정되어야 한다.

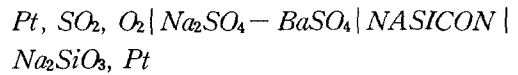
(2) 고체전해질식 센서의 이용

NASICON셀을 이용하여 공기 중 SO₂함량을 측정할 수 있다. 그 구조는 CO₂ 및 NO_x 측정용 소자와 유사하나 보조전극물질로서 Na₂SO₄와 BaSO₄ 혼합물질이 SO₂ 감지에 효과적인 반응을 나타내는 것으로 보고되고 있다. NASICON



〈그림 11〉 SO₂ 검출기의 광학시스템부

SO₂ 센서의 구성은 다음과 같다.



여기서 Na₂SiO₃는 기준전극물질이며 동작온도는 450~500°C 정도이고 출력전압과 SO₂농도의 대수치가 양호한 비례관계를 나타낸다.

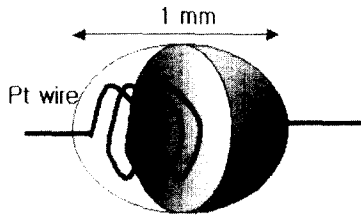
■ CH계 가스센서

(1) 비분산 적외선법

CH계 가스는 3.3 μm 정도 파장영역에 해당하는 진동에너지가 가지므로 이 파장영역의 강도를 측정함으로써 CH계 가스의 농도를 알 수 있다. 그 구조와 원리는 CO₂, CO의 경우와 같으며 이 파장영역만 통과시키는 필터를 사용하여야 한다. CH계 측정기는 CO₂나 CO와 함께 3-gas 측정용 계기로 함께 구현될 수 있으며 셀의 길이와 셀 내부면의 반사율을 높임으로써 감도를 증가시킬 수 있다.

(2) 반도체식 측정

금속산화물인 SnO₂, Co₃O₄, Fe₂O₃, TiO₂ 등을 모재로 하고 여기에 귀금속 또는 산화물 첨가제를 적용함으로써 CH계 가스에 민감한 반응을 하는 소자를 얻을 수 있다. 이 방법은 폭발성한(CH₄: 50000 ppm, C₄H₁₀: 15000 ppm)의 1/10선인 1,500~5,000 ppm정도에서 높은 감도를 나타내는 반도체소자를 이용하는 것으로 소형·경량이며 경제적으로 빠른 반응속도를 가짐을 특징으로 한다.



〈그림 12〉 접촉연소식 센서

(3) 접촉연소식 센서

접촉연소식센서는 가연성가스인 CH계 가스가 400°C 정도의 온도로 가열시킨 백금선의 표면에 산화됨에 따라 백금선의 저항이 변함을 이용하는 것으로 산화반응을 촉진시키기 위해 감마알루미나에 귀금속 촉매를 첨가한 비드(bead)를 결합시킨 구조를 이용한다. 〈그림 12〉은 접촉연소식 센서의 구조를 보인 것이다.

이 센서는 장기사용에 따른 백금선과 비드간의 박리현상이 문제가 되고 있으나 CH계 가스에 대한 선택성이 뛰어나고 출력의 직선성이 우수하다는 등의 장점이 있으므로 계측기용으로 많이 이용되고 있다. 측정회로에는 이와 같은 감지소자와 촉매를 담지시키지 않은 기준소자를 함께 사용한다.

■ 오존측정센서

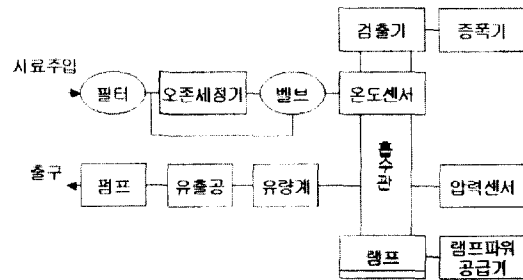
(1) 자외선 흡수법

요오드화 칼륨법은 정확도는 높으나 측정시간이 길어서 현시적인 값을 얻는데는 부적합하다. 자외선 흡수법은 단시간에 오존농도를 정확히 측정하는데 적합하다. 오존측정의 정확도를 높이기 위해 분광기가 하나의 파장(단색화)에서 작동되어야 한다. 오존 검출기의 주요부분은 UV검출기, 수은램프, 창 및 검출기본체로 구별된다. UV 검출기로서 253.7nm의 자외선에 대해 감도가 안정성이 있는 것은 사용해야 하며 일본 하마마쓰사의 센서를 제품의 일례로 들 수 있다. 이 회사 제품의 모델에 따른 반응스펙트럼과 복사감도 및 암전류를 나타내면 〈표 5〉와 같다.

오존측정을 위한 램프의 선정에 있어 253.7 nm의 방출간도가 양호한 것을 사용하여 검출기

〈표 5〉 UV센서의 특성

모델	반응스펙트럼 (nm)	최대반응 파장 (nm)	복사감도 at 165 nm	암전류 (pA)
R5756	160-200	165	3 mA/W	2
R1228	185-320	240	20 mA/W	1
R765	160-320	240	20 mA/W	1
R1107	185-320	240	15 mA/W	2



〈그림 13〉 오존 분석기의 개략도

본체의 셀의 재료와 길이에 유의하여야 한다. 〈그림 13〉은 오존 분석기의 전체시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.

(2) 반도체 오존센서

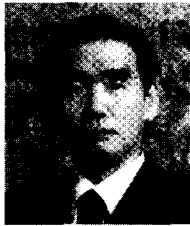
최근 In₂O₃를 주물질로한 박막형 반도체 오존센서가 일본의 뉴코스모스사에서 개발된 바 있다. 이 센서로서 0.1ppm 정도의 오존측정이 가능하며 습도의존성도 낮은 편이다. In₂O₃ 박막에 ammonium cerium nitrate를 포함시킴으로써 반응속도향상을 기할 수 있고 SiO₂층을 증착함으로써 선택성을 높일 수 있다는 보고가 있다. 반도체 오존센서는 소형·경량이며 경제적이기 때문에 앞으로 오존모니터링 소자로서 실용화가 기대된다.

V. 결 론

지금까지 대기환경측정 주요항목인 CO, HC, CO₂, NOx, SO_n 등의 측정방법 및 관련센서에

대해 개괄적으로 기술하였다. 대기오염은 단시간에 불특정 다수인에게 심각한 피해를 끼치는 것으로 이를 정확하고 신뢰성 있게 그리고 신속히 검지·정량화하여 그로 인한 피해의 사전예방 또는 최소화를 기하는 일은 현 산업사회가 풀어나가야 할 최대의 현안과제가 되고 있다. 종래의 대기환경측정장치 및 센서 중 측정시간, 측정과정 및 성능 등의 면에서 일반 보급용으로 이용하기에는 어려운 점이 있다. 따라서 앞으로 환경기술 개발사업과 병행하여 대기환경보호의 대중적 참여에 효율적으로 이용될 수 있는 고성능의 경제적인 측정장치 및 센서개발사업의 전개가 필요한 것으로 생각된다.

저자 소개



李德東

1942년 12월 21일생, 1962~1966 경북대학교 물리학, 1972~1974 경북대학교 대학원 전자공학(석사), 1978~1984 연세대학교 대학원 전자공학(박사), 1974~현재 : 경북대학교 전자공학과 교수, 1979~1980 : Standford Univ. 교환교수, 1981~1982 : Cornell Univ. 교환교수, 1987~1988 : 산업대학원 교무과장, 1989~1990 : 대한전자공학회, 반도체 재료 및 부품위원장, 1991~1993 : 경북대 전자공학과의장, 1991~1995 : 센서기술연구소, 연구본부장, 협력본부장, 1995~1997 : 경북대 전자기술연구소장, 1998~현재 : 산업자원부, 기술 기획 평가위원, 1998~현재 : 한국재료학회 평의원, 한국진공학회이사, 1998~현재 : 대한전자공학회 평의원, 1998~현재 : 한국센서학회 부회장, 2000~현재 : 경북대 공과대학장, 2001~현재 : 한국공학한림원 정회원, <주관심 분야 : 가스센서 및 대기환경모니터링>