

# 세라믹 센서의 현상과 장래동향 (가스센서와 습도센서를 중심으로)

기술해설 2

## Phenomena and Trends in Ceramic Sensors (Centrally gas and humidity sensors)

박춘배, 송민중  
(Choon-Bae Park, Min-Jong Song)

**Key Words(중요용어)** : Gas sensor(가스센서), Humidity sensor(습도센서), Catalytic reactions(촉매반응), Surface charge(absorption/description mechanism(표면전하 (흡착/탈착기구), Porosity ceramics(다공성 세라믹), NTC thermistor(부온도계수 서미스터).

### 1. 서 론

인류는 지금 2차석기 시대를 맞이하고 있으며 이 시대는 인공으로 만들어지는 돌인 세라믹이 단순히 용기나 도구로 사용되는 것 이외에 정보화 사회에 있어서 기술의 관건이 될 지능소자로서 사용되고 있다. 세라믹은 내열성, 내식성, 내마모성이라는 특성으로 인해 많이 이용되어 왔지만 이러한 특성이 외에도 전자적 기능, 광학기능, 화학기능 등 '두뇌'도 우수한 재료라 할 수 있다. 더구나 세라믹은 인간을 대신하여 감지하는 것이 가능한 각종 센서로서도 폭넓게 이용되고 있다.

인간에 있어서 눈, 코, 귀, 혀, 피부 등 오감이 센서이며, 눈은 물체를 식별하는 것으로 빛을 검출하고, 귀는 소리를 듣는 것으로 압력과 음파를 검출하고, 코는 냄새로 가스나 온도를 검출하고, 혀는 맛으로 미각을 검출하고, 피부는 촉각에 의한 압력, 온도, 습도를 검출하며, 인간의 오감에 대응되지 않는 것으로 세라믹 센서는 자기장을 감지할 수 있다. 이와같이 센서는 용도에 따라 수많은 센서가 개발되어 그 종류가 대단히 많기 때문에 모든 센서에 대해서 기술한다는 것은 어렵다.

그러므로 여기서는 센서중에서 기본적인 가스센서와 습도센서에 대해 소개하기로 한다.

### 2. 반도체형 세라믹 가스센서

가스센서에 대한 연구는 오래전부터 이루어져 왔으며 현재 많은 종류의 가스센서가 실용화되어 있다. 이들 방법은 주로 검출소자의 표면에서 검출 대상 가스의 화학적 검출, 그리고 이것에 동반하는 소자재료의 화학적 변화를 전기신호로 변환하는 것이다.

검출원리에 따라 반도체형, 고체전해질형, 전기화학형, 접촉연소형 가스센서등으로 분류할 수 있으며, 표 1에 주로 사용된 가스센서를 나타냈다.

최근에는 수정진동형과 표면탄성파(Surface Acoustic Wave, SAW)를 이용한 센서, 광섬유를 이용한 센서등이 개발되었다.

반도체형 가스센서는 일정한 분위기하에서 반도체 소자의 전기저항과 일함수등의 변화를 이용해서 특정의 화학적 성분을 검출하거나 일정한 양으로 조절하는 센서이다. 가연성 가스가 주된 대상물이지만 산소, 수증기, 이산화질소와 같은 흡착력이 강한 산화성 가스도 검출할 수 있다. 여기서 반도체형 가스센서의 가연성 가스센서에 대하여 센서의 원리와 구조, 특성 및 기구등에 대해 고찰한다.

#### 2-1. 반도체 가스센서의 원리

기체성분이 반도체의 표면에 흡착한다든지, 또는 미리 흡착해 있던 산소 등과 같은 흡착가스와 반응할때 흡착분자와 반도체 표면과의 사이에 전자수수가 일어나고 반도체의 도전율과 표면전위등이 변화한다. 또 고온이 되면 기상분자와의 상호작용은 반도체 내부에 까지 진행되고 산화물 내부의 결합농도가 영향을 받아서 도전율이 변화한다. 이것이 반도체형 가스센서의 검출원리이다. 반도체 가스센서의 실용소자는 일반적으로 다결정으로 이루어진 소결체 소자이기 때문에 입계가 갖는 큰 저항은 소자전체의 도전율에 영향을 미치고, 산소흡착과 함께 입계의 양측에 발생한 공간전하층의 두께가 검출가스와의 상호작용에 의해 변화하여 소자의 전기저항이 변화한다.

#### 2-2. 반도체 가스센서의 구조 및 기구

센서소자를 제작하는데는 반도체 재료를 소결한

표 1. 가스 센서의 분류

Table 1. Classification of gas sensors.

명칭	주요 특성	대표적 센서 재료	검출가스	
반도체 가스센서	전기 저항식	표면 제어형	SnO <sub>2</sub> , ZnO, In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , WO <sub>3</sub> , V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 귀금속중간계, 유기탄도체, 금속프탈로시아닌, 안트라센	가연성가스, Cl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> , CO, NO <sub>2</sub>
		벌크 제어형	γ-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , α-Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Ln <sub>1-x</sub> Sr <sub>x</sub> CoO <sub>3</sub> , Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , SrSnO <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , SnO <sub>2</sub> , CoO, CoO-MgO, MnO	가연성가스 O <sub>2</sub> (공연비)
	비전기 저항식	다이오드 정류작용	Pd/Cds, Pd/TiO <sub>2</sub> , Pd/ZnO <sub>2</sub> , Pt/TiO <sub>2</sub> , Au/TiO <sub>2</sub> , Pd/MOS	H <sub>2</sub> , CO, SiH <sub>4</sub>
		트랜지스터 특	Pd, Pt 또는 SnO <sub>2</sub> 를 게이트로 하는 MISFET	H <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, NH <sub>3</sub>
고체 전해질 센서	평형 기전력	CaO-ZrO <sub>2</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ThO <sub>2</sub> , KAg <sub>4</sub> I <sub>5</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ZrO <sub>2</sub> , PbSnF <sub>4</sub> , β-알루미나, Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , LaF <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub> , 할로젠, SO <sub>2</sub>	
	혼성 전위	CaO-ZrO <sub>2</sub> , Zr(HPO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O, 유기고분자 전해질막	CO, H <sub>2</sub>	
	전해 전류	C CaO-ZrO <sub>2</sub> , YF <sub>3</sub> , LaF <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	
	단락 전	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , nH <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> , CO	
전기화학식 가스센서	정전위 전해전류	가스투과막+귀금속캐소드+귀금속애노드	CO, NO, SO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	
	갈바니 전지전류	가스투과막+귀금속캐소드+비금속애노드	O <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S	
촉매연소식 가스센서	연소열(전기저항)	Pt선조+촉매(Pd-, Pt-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CuO)	가연성가스	
수정발진식 센서	공진 주파수	도포막(아민, 왁스, 계면활성제, Pd, Au 등) + 수정진동자	SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , 산화제, CO, 불화연	

다든가, 또는 절연 기판상에 박막이나 후막을 형성하는 방법이 일반적이다. 그림 1은 각종 반도체 가스센서 소자의 구조를 나타낸 것이다. 그림 1(a)의 소결체 소자는 실용센서에서도 가장 많이 사용되고 있는 소자로서 산화물 반도체 및 바인더를 혼합한 페이스트를 덩어리 모양으로 형성하여 귀금속 전극을 매입한 후, 진조시켜 700°C 정도의 온도에서 소결하여 얻는다. 그림 1(b)의 박막 소자는 절연체 기판상에 산화물 반도체 및 전극을 스퍼터로 증착(두께 수천 Å)한 것이다. 이 소자는 막두께 등이 비교적 고정밀도로 제어되어 양산성에 있어서는 우수하지만 막 작성조건에 따라 성질이 상당히 변한다. 그림 1(c)의 후막소자(두께 수십 μm)는 산화물을 포함한 페이스트를 스크린 인쇄법으로 절연기판상에 인쇄 도포한 후 건조, 소성하여 얻으므로 생산성에 있어서는 우수하다. 이 밖에도 그림 1(d)와 같은 다층구조를 이루는 소자나 그림 1(e)와 같은 감응막히터, 온도, 측정 포로브를 실리콘 칩위에 집합시킨 집적형 소자도 제안되고 있다.

실제 소결체 소자나 박막소자의 경우, 흡착가스와 반도체사이의 전자 수수와 전기저항과의 관련

은 미세구조에 의존한다. 소자가 독립된 입자의 집합체인 경우 전자 수수는 입계를 통한 전하이동을 규제하는 전위장벽의 높이에 영향을 준다. 그림 2는 반도체 가스센서의 입계간 전위장벽 모델로서 SnO<sub>2</sub> 소자의 경우 입계로 산소흡착에 의해 전위장벽이 저하되고 전기저항도 감소하는 것이다.

일반적으로 가연성가스 검출용 재료는 n형 반도체인 SnO<sub>2</sub>와 ZnO가 사용된다. 이들의 산화물은 그 자체로는 화학반응성이 높지 않기 때문에 화학반응성이 낮은 기체성분으로 그대로 적용할 수 없다. 그래서 Shaver와 Loh이 귀금속의 촉매효과를 발견한 이래 거의 모든 센서에 Pd나 Pt와 같은 귀금속이 촉매제로 첨가되게 되었다. 귀금속의 촉매작용은 촉매체에 의해서 가연가스가 환성화되어 흡착산소 종류와 산화반응이 촉진되기 때문이라고 여겨지고 있다. 또 첨가제와 반도체와의 반응기구에 대해서는 그림 3에서 나타낸것 처럼 2종류가 제안되었다.

그림 3(a)는 귀금속으로부터 반도체로의 Spillover효과이다. 즉 반도체 쪽으로 이동한 수소원자가 귀금속 위에서는 흡착한 탄화수소중의 수소원

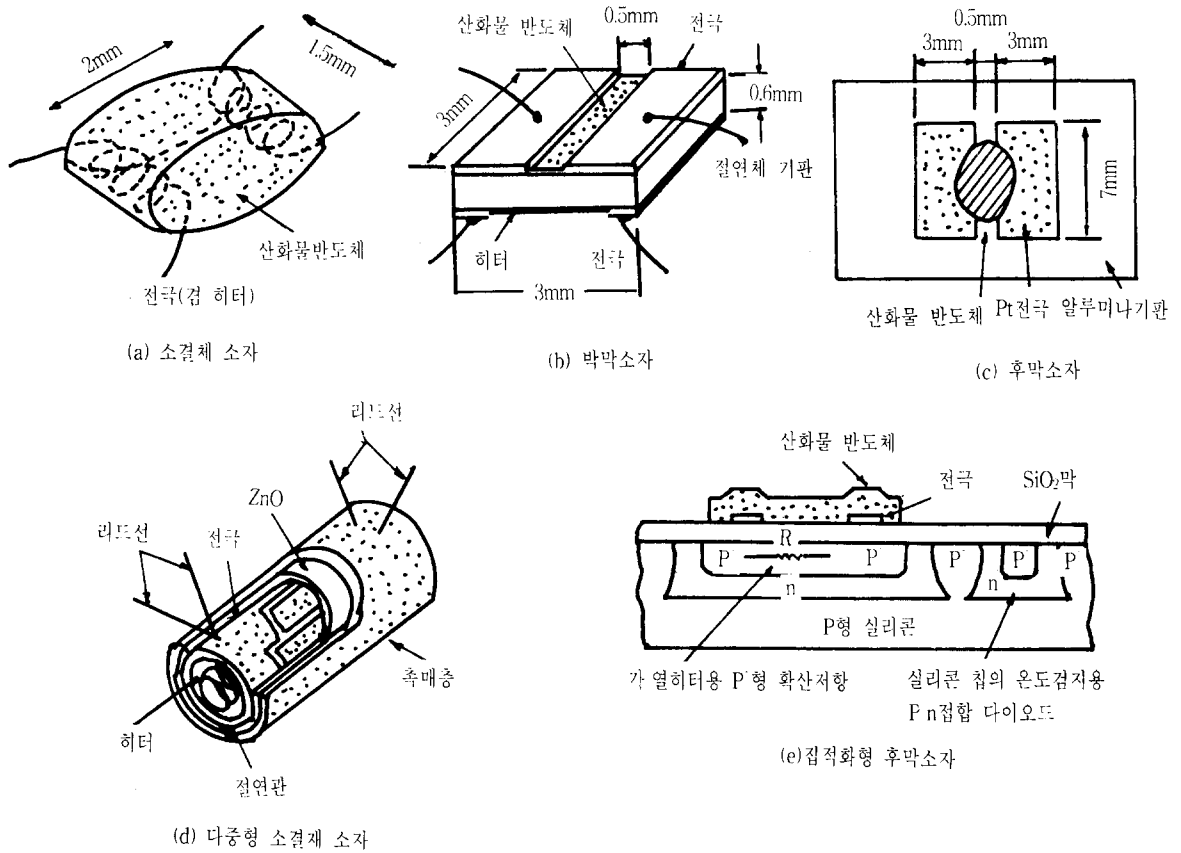


그림 1. 각종 반도체 가스센서

Fig. 1. Gas sensor in various kinds of semiconductor.

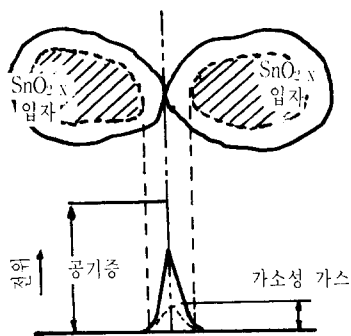


그림 2. 반도체 가스센서의 입간전위장벽 모델

Fig. 2. Potential barrier model of each grain boundary in gas sensor of semiconductor.

자는 쉽게 해리(解離)된다. 해리 흡착된 수소는 귀금속에서 튀어나와 반도체 표면으로 이동한다. 그림 4(b)는 금속-반도체사이의 직접적인 전자수

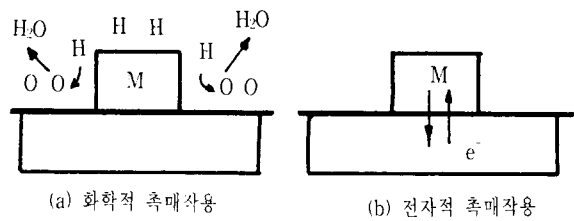


그림 3. 반도체 가스센서에 대한 귀금속의 촉매작용

Fig. 3. The catalyst action of noble metals for gas sensor of semiconductor.

수로 인해 반도체 표면상의 전자분포에 편차가 생겨서 반도체의 저항에 영향을 미치는 전자적 촉매작용도 생각할 수 있다.

또, SnO<sub>2</sub>센서는 장시간 사용하면 저항변화가 일어나고 안정성이 나빠지는 결점을 갖고 있다. 이에 관해서 Re와 V를 첨가하면 SnO<sub>2</sub>가스센서가 상

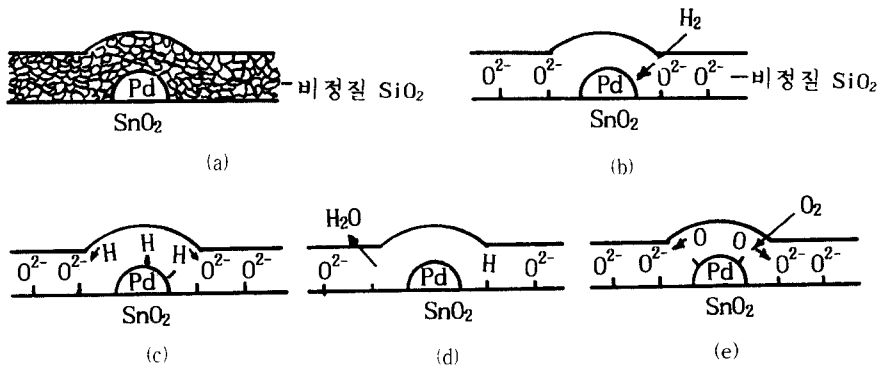


그림 4. 반도체 가스센서의 수소가스 검출기구  
 Fig. 4. Detector mechanism of hydrogen gas in gas sensor of semiconductor.

시간 사용 가능하고, 고온내구성도 지극히 향상된다는 보고가 있다.

반도체형 가스센서에서 검출가스의 선택성은 비정질의 SiO<sub>2</sub>를 박막으로 코팅해서 선택적으로 수소만을 검출하는 반도체형 센서가 개발되고 있다.

즉, SiO<sub>2</sub>-Pd(1mol%)-Pt(1mol%)-Sb(1mol%) 센서소자를 열처리하면 Pt와 Pd는 비정질의 SiO<sub>2</sub>로 피막이 입혀지고, 또한 SnO<sub>2</sub>표면은 100Å 두께의 SiO<sub>2</sub>로 피막이 입혀진다. 소자의 미세구조 및 표면구조를 고찰해 보면, 그림 4와 같은 수소검출 기구를 생각할 수 있다. 그림 4(a)소자의 표면은 SiO<sub>2</sub> 위에 분산된 Pd를 두께 100Å 이하의 비정질의 SiO<sub>2</sub>가 덮고 있다. 그림 4(b)수소분자만 신속히 SiO<sub>2</sub> 입자 사이를 통과한다. 그림 4(c)Pd위에 도달한 수소분자는 해리후 표면산소 O와 반응한다. 그림 4(d)H<sub>2</sub>O를 생성할때 전위장벽이 적혀져서 소자의 저항치가 내려가지만 빈 흡착측에는 다시 수소가 흡착해서 소자의 저항은 한층 저하한다. 그림 4(e)Pd를 사이에 두고 O<sup>2-</sup> 형성이 일어나 저항치는 원래의 값으로 되돌아간다. 이상과 같이 SiO<sub>2</sub>가 필터의 역할을 해서 수소만을 투과시키기 때문에 센서의 수소 선택성이 향상되었다고 생각할 수 있다.

### 3. 반도체형 세라믹 습도센서

세라믹, 고분자막 등 새로운 재료를 사용한 습도센서의 연구개발이 이루어 지면서부터 많은 종류의 분위기와 수증기량에 따라서 전기저항 또는 전기용량이 변화하는 2단자 소자가 주류를 이루고 있다고 생각된다. 사용하는 감습재료는 전해질, 세라믹 그리고, 유기고분자막 등 광범위 하지만, 특히 세라믹 습도센서는 물리적, 화학적으로 비교적

안정하기 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다. 세라믹 습도센서의 감습기구는 물리흡착에 의한 이온전도를 이용하는 형과 화학흡착수에 의한 반도체의 전자전도도를 이용한 형태 그리고, 건조한 공기와 습한 공기의 열전도율이 다르다고 하는 물리적 특성을 작동원리로하는 서미스터의 절대온도의 센서를 응용한 형태로 분류된다. 이에 대한 세라믹 감습특성을 간략히 살펴본다.

#### 3-1. 이온전도형 세라믹의 감습특성

감습특성은 사용하는 세라믹자체의 임피던스, 요컨대, 상대습도 약 0% 또는 진공중에서 전자 또는 정공에 의한 임피던스 및 미세구조 즉, 소결체의 표면적, 미세기공분포 등에 크게 의존한다.

다공질 세라믹스는 다른 많은 다공질재료와 같이 기공을 통해서 수증기를 흡수해 입자표면위에 응축한다. 수증기의 응축은 협소(neck)부에서 일어나기 쉽고 소량의 수증기는 협소부에서 화학흡착해 수산기를 형성한다. 이 물의 해리흡착에 의해 proton이 공급되고 proton은 site에서 site로 hopping에 의해 이동한다.

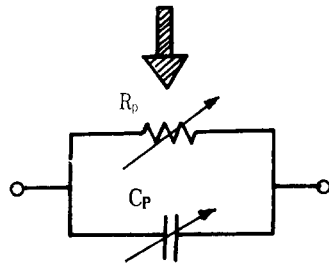
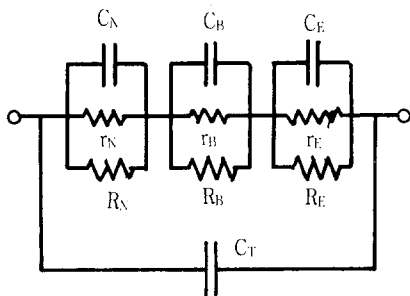
수증기 농도가 높아지면 수증기는 수산기 위에 물리흡착을 함으로서 물의 다분자층을 형성한다. 따라서 전극간의 등가 유전율은 급격히 증대하고 전기용량이 상대습도의 증가와 함께 증대한다. 또 유전율의 증가는 물의 해리에너지를 떨어뜨리고, 물의 해리를 촉진하며 이온전도의 주체를 이루는 proton농도가 증대되어 전기저항은 급격히 감소한다.

그리고 고습도의 분위기에서 협소부 이외의 입자표면 전 영역에 흡착해서 그의 전극간에 똑같은 전해질층이 형성된다. 이 전해질층의 형성은 전극사이의 직류전압을 인가한 경우 전극과 세라믹 피

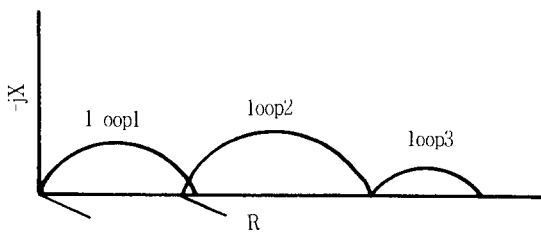
막 표면에 비가역적인 이온의 이동으로 분리가 일어난다. 또한, 미세 구조의 제어 즉 기공율 및 미세기공분포를 제어함에 따라 습도특성을 바꿀 수 있다.

그림 5는 이온 전도형 세라믹 습도 센서의 전기적 등가회로이다. 저항  $R_A$ ,  $R_B$  및  $R_E$ 는 각각 소결체의 협소부 피막부 및 전극 자체의 저항을 포함하는 전극-피막사이의 접촉 저항에서 전자 또는 정공의 이동에 근거한 것이다.

또  $C_T$ 는 전극간의 부유용량을 포함한 감습체의 용량이고 진공중 또는 상대 습도 약 0%에서 등가회로는  $C_T$ 과  $R_A$ ,  $R_B$  그리고  $R_E$ 의 직렬저항의 병렬회로로 표현할 수 있다. 따라서 전기저항식 센서



(a) 세라믹 습도센서의 등가회로

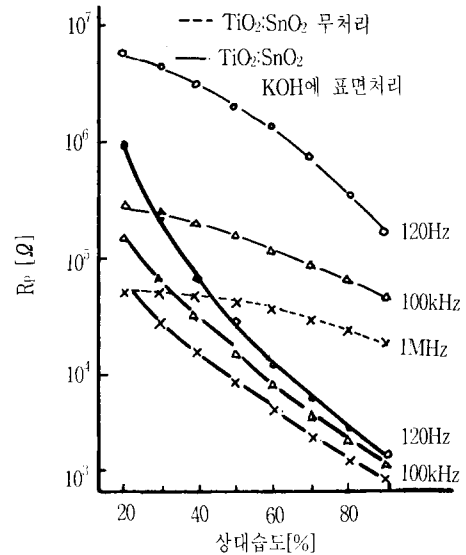


(b) 복소임피던스 곡선

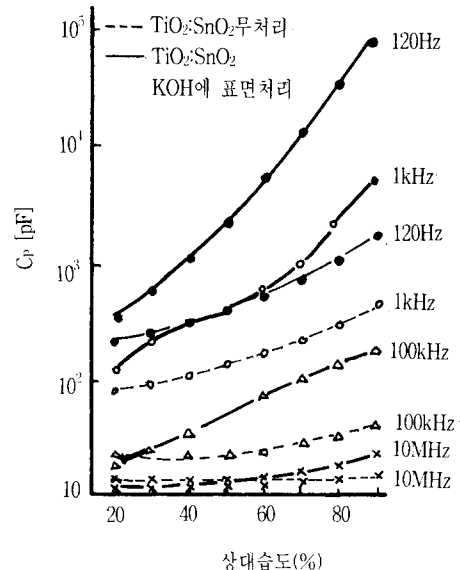
그림 5. 세라믹 습도 센서의 등가회로와 주파수 특성

Fig. 5. Equal circuit and frequency characteristics in humidity sensor of ceramics.

에서 실용 계측 범위  $10^1 \sim 10^7$ 을 만족시키려면 원칙적으로  $R_A+R_B+R_E$ 의 값이  $10^7 \Omega$  이하로 하는 것이 바람직하다. 그러기 위해서는 감습체의 전극면적 및 두께의 선택, 미세구조의 제어 그리고 가장 중요한 것은 감습 세라믹 재료의 선택이다. 이 경우 반도체 세라믹의 반도체성을 적극적으로 이용한다.



(a) 병렬전기용량  $R_p$ 의 감습특성



(b) 병렬전기용량  $C_p$ 의 감습특성

그림 6.  $TiO_2 : SnO_2$  습도 센서의 감습특성

Fig. 6. The sensitivity humidity characteristics in humidity sensor of  $TiO_2$  vs.  $SnO_2$ .

지, 혹은  $Al_2O_3$ 와 같은 절연물과 가까운 소재에 알칼리 금속을 첨가함에 따라 저습도 영역은 물론 고습도 영역에 걸친 전 영역에 센서소자의 저항변화가 가능하게 된다. 또 저항  $R_s$ ,  $R_B$  및  $R_{E2}$ 는 각각 흡수부에서 모관응축수(毛管凝縮水), 피막(bark)표면흡착수 그리고 전극 전해질층사이의 페러데이(faraday)저항이고  $C_B$  및  $C_{E2}$ 는 각각 모관응축수 및 전극-전해질층사이의 전기 이중층의 전기용량이다. 그림 5(b)는 그림 5(a)의 등가회로의 복소임피던스로 복소평면상에 3개의 loop가 보이는 경우를 나타내고 있다. loop 1은 환화시간이 짧은 흡착수 즉, 모관응축수를 나타내고, loop 2는 환화시간이 긴 흡착수 즉, 표면흡착수를 나타내며, loop 3은 전극계면의 시정수에 기인한 것이다.

그림 6(a), (b)는 각각 n형 반도체 세라믹인  $TiO_2:SnO_2$ 의 복합산화물(몰비 1:1)을 감온체로한 경우의 병렬저항  $R_p$  및 병렬용량  $C_p$ 의 감습특성이다.

그림 7은 주파수 1KHz에서 측정한 병렬저항  $R_p$ 와 병렬용량  $C_p$ 의 누적된  $R_p \cdot C_p$  시정수의 습도 특성을 나타낸 것으로 Y축은 상대습도 20% 시정수에서 측정된 것이다.  $R_p \cdot C_p$ 시정수는 물을 포함하는 감습세라믹의 저항율  $\rho$ 와 유전상수  $\epsilon$ 의 곱과 거의 같고 전극을 부착하는 방법, 감습체의 두께에 무관한 값이 되고 있다.

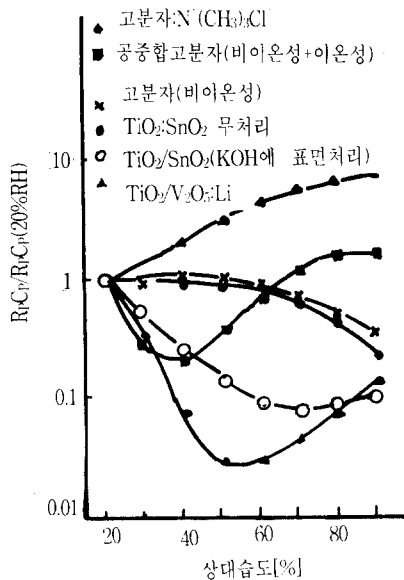


그림 7.  $R_p \cdot C_p$ 시정수의 습도 특성  
Fig. 7. Humidity characteristics of  $R_p \cdot C_p$  time constant.

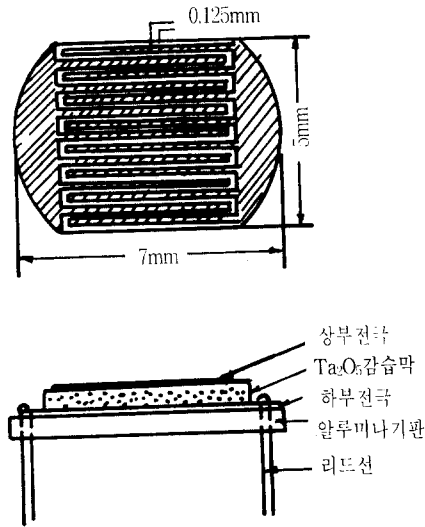


그림 8. 세라믹 전기 용량식 습도 센서의 구조  
Fig. 8. Structure of humidity sensor in electric capacity type of ceramics.

일반적으로 이온 전도형 감습소자는 특히 고온 고습도에서 표면 수산기의 양이 시간과 함께 증가해서 결과적으로 소자의 전기저항이 증가함으로써 어느시간이 경과하면 그 값은 포화된다.

### 3.2. 유전체형 세라믹의 감습특성

세라믹의 반도체성을 이용하지 않고 오히려 그의 역으로 세라믹의 뛰어난 유전성, 절연성을 응용한 예로서 전기용량식 습도센서가 있다. 그림 8에 나타난 소자는 알루미나 기판상에 Pt전극을 전자빔 증착으로 붙이고, 뒷면에 스크린 인쇄법으로  $TiO_2:TiO_2$ (몰비 9:1) 페이스트를 도포하여 약 1200°C에서 2시간 소성한 후, 전극으로 납을 증착한다.

그림 9는 이 소자의 감습특성으로  $Ta_2O_5$ 에  $TiO_2$ 을 혼합한 것은 감습막을 보다 다공질화 함으로서 전기용량을 증가시키기 위한 것이다. Proton 전도를 이용하는 이온전도형 세라믹 감습소자는 세라믹에 반도체보다도 전수성의 다공질 세라믹이 감습체로서 바람직하고 반대로 전기용량식 감습소자는 다공질 세라믹이 더욱 바람직한 감습체라고 생각할 수 있다.

### 3.3. 반도체형 세라믹의 감습특성

세라믹의 반도체성을 이용하는 반도체형 습도센서는 화학 흡착수에 의한 반도체의 전자 전도도의 변화를 응용하는 형태이다.

이 경우, 화학흡착된 물은 환원성 가스와 같이

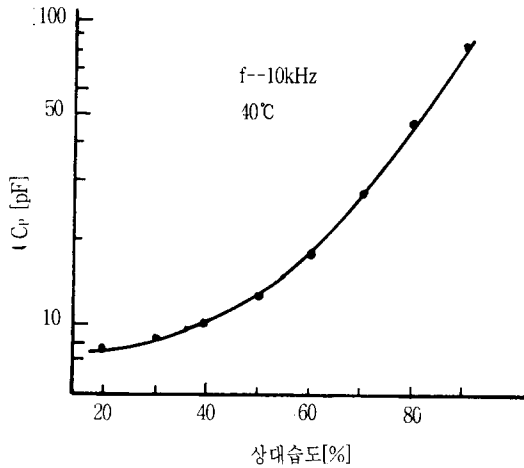


그림 9. 전기용량의 습도 특성  
Fig. 9. Humidity characteristics of electric capacity.

반도성 금속산화물 표면에 대해서 도너로서 작용한다. 즉, 물의 화학흡착에 의해 n형 반도체에서는 도전율이 증가하고, 반대로 p형 반도체에서는 감소한다. 반도체형 센서는 위에서 언급한 특성을 이용하기 때문에 통상 300°C 이상의 고온에서 작동시킨다. 따라서 이온전도형 세라믹 습도센서에서 보이는 표면수산기 증대에 의한 전기저항의 증가 등의 경시변화는 없고, 고온 고습과 같은 심한 조건 하에서 연속적으로 사용이 가능하다.

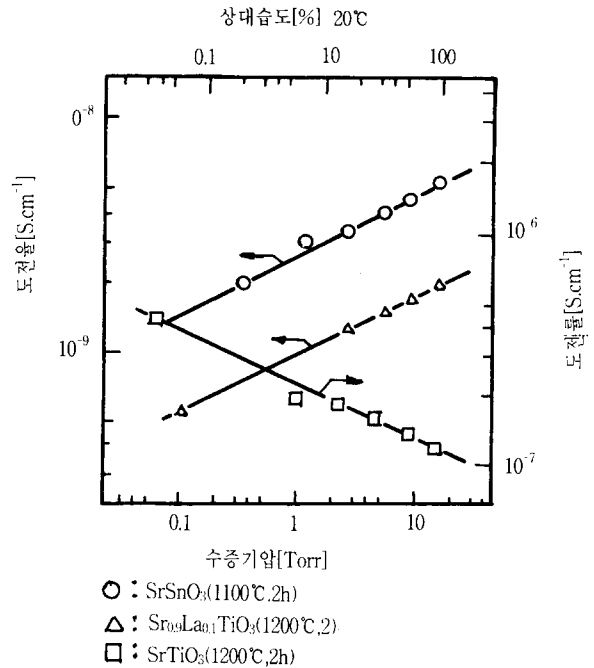
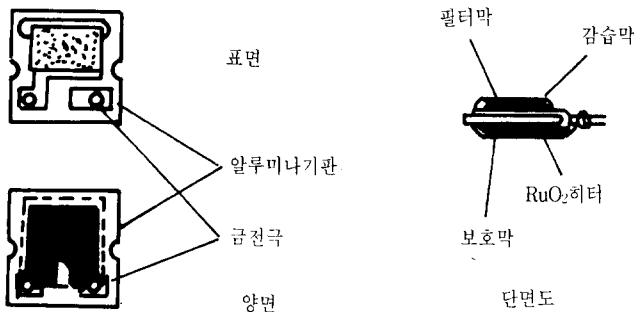
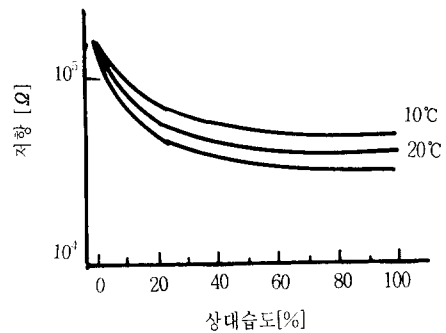


그림 10. ABO계 세라믹 유전율의 수증기압 의존성  
Fig. 10. Dependence on the vapor pressure dielectric constant ceramics of ABO system.



(a)반도체형 후막 습도센서의 구조



(b) 감습특성

그림 11. 반도체형 후막 습도센서의 구조와 감습 특성  
Fig. 11. Structure and sensitivity humidity characteristics in thickness humidity sensor of semiconductor type.

페로브스카이트형( $A^2B^1O_3$ )의 산화물에서는 300-400°C에서 전도율  $\sigma$ 의 수증기 분압  $P_{H_2O}$ 의 의존성은  $\sigma = \sigma_0 P_{H_2O}^\alpha$ 로 나타낼 수 있다. 여기에서  $\alpha$ 는 수증기압 1Pa일때의 소자전도율이며,  $\alpha$ 는 정수이다. 이 값이 큰 소자는 감습특성이 좋고 그림 10에서 나타난 식료에서는  $SrTiO_3$  소자만 부족한  $\alpha$  값

이 되고 있다. 이것은 이 물분자가 반도체 표면에 도너로서 화학흡착하는데 열기전율 및 수소 또는 산소를 흡착시킬때 소자의 도전율 변화의 측정결과에서,  $SrTiO_3$ 소자는 p형 반도체성을 나타내기 때문이다. 결국 p형 반도체 피막 표면의 정공이 물의 화학흡착으로 발생하는 전자와 재결합해서 정공 농도가 감소하기 때문이라고 생각할 수 있다.

그림 11(a)는 알루미늄 기판의 양면에 각각 감습막( $SrO_2 + \alpha Al_2O_3 + TiO_2$ )과  $RuO_2$  막을 스크린인쇄로 제조하고 소성후 감습막 위에 Pt와  $MnO_2$ 를 포함한  $Al_2O_3$  필터를 코팅한 센서는 360°C에서 작동하도록 산화 Ru히터 전류를 제어하고 있다. 그림 11(b)는 감습특성으로 각 분위기 온도에 있어서 전기저항의 변화를 나타내고 있다.

다공성 세라믹의 수분흡착에 의하지 않는 물리적 특성을 이용한 절대 습도센서인 NTC 서미스터는 전이금속 산화물을 이용한 반도체 세라믹 소결체이고 표면을 유리로 피복함에 따라 고온(150

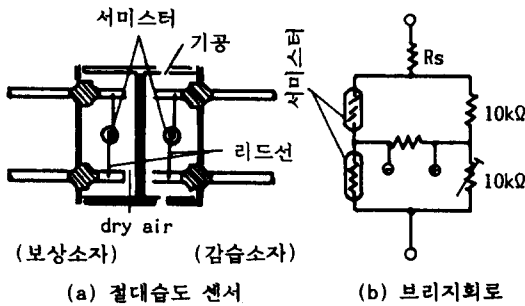


그림 12. 절대습도 센서 구조와 브리지회로  
Fig. 12. Structure and bridge circuit of absolute humidity sensors.

200°C)에서 안정하게 동작한다. 서미스터에 전류를 흘리면 자기가열에 의해 저항치는 감소하고 전압이 있는 값에서 극대가 되며, 더욱 전류를 흘리면 전압은 감소한다. 이 서미스터를 습기가 있는 분위기에 두면 습한 공기중에서는 열전도율이 좋기 때문에 서미스터의 온도가 내려가 저항치는 상승한다.

그림 12은 서미스터의 절대 습도 센서의 응용을 나타낸 것으로 센서부의 구조와 측정에 사용하는 브리지회로이다.

두개의 유리피복을 하고있는 칩형 서미스터를 한쪽은 건조한 공기를 밀봉한 캔(can)에 넣어 보상 소자로 하고 다른 쪽은 구멍이 빈 캔에 넣어 감습소자로 하고 있다. 브리지 출력을 0으로 조정해 두고, 다음에 절대습도센서를 습한 공기중에 두면 감습소자가 들어있는 캔속에 습한 공기가 들어간다. 이때 건조한 공기와 습한 공기의 열전도율에 차이가 있기 때문에 서미스터로부터 방출되는 열량의 차를 만들고 감습소자의 저항이 변화한다. 이렇게 해서 생긴 감습소자의 저항변화를 브리지 회로에서 불평형 전압으로 도출할 수 있다. 이 절대 습도 센서의 출력특성을 그림 13에 나타낸다.

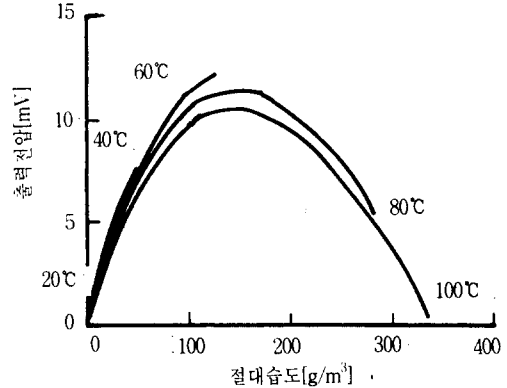


그림 13. 절대습도 센서의 출력 특성  
Fig. 13. Output characteristics of absolute humidity sensors.

출력특성은 주위온도에 의존하고 약 140g/m<sup>3</sup>에서 최대치를 가지는 포물선 곡선이 된다. 이 센서는 건조한 공기와 습한 공기의 열전도율이 다르다고 하는 물리적 특성을 동작원리로 하고 있기 때문에 응답시간이 짧고 히스테리시스가 없으며, 오염이 있는 분위기 속에서도 안정하게 작동한다.

#### 4. 결 론

센서의 재료는 세라믹과 유기막이 제안되어 실용화되고 있으나, 열적 안정성과 소자제작의 간편성을 고찰한다면 현 시점에서는 세라믹 반도체가 가장 적절하다고 생각된다.

최근에 세라믹 반도체를 사용한 가스센서에 대해서 가연성 가스, 산소, 수증기 이외에도 대상이 되는 가스종류가 증가하고 있다. 또 세라믹 반도체형 가스센서에서는 금속과 반도체와의 접합면에 있어서 일함수의 변화를 이용한 다이오드형 센서와 FET형 센서도 개발중에 있다.

한편, 감습센서의 대부분은 흡수성 고체를 감습제로 하고 있으며, 습도검지는 외계와 평형상태에 있는 흡착수에 의한 고체의 물성변화를 전기적 신호로 변환시킴으로서 이루어진다. 상온 작동형 뿐만 아니라 고온도 영역에서 작동하는 습도센서들의 요구도 높아지고 있어 고온·중온도 영역에 적합한 센서의 연구와 개발도 진행되고 있다.

최근 센서의 진보가 현저해짐에 따라 소형화나 기능화에 대한 요구가 높아지고 있으며 인간의 오감에 필적하는 지능 센서도 가까운 장래에 개발될 것이다.

#### 참 고 문 헌



- 1) T. Seiyama, A. Kato, K. Fujishi and M. Nagatani : Anal. Chem, 34, pp. 1502 (1962)
- 2) P. H. Shaver : Appl. Phys. Lett., 11, pp. 255 (1967)
- 3) Y. Okayama : Proc. 6th sensors Symposium, pp. 101 (1986)
- 4) W. Göpel, J. A. Anderson, D. Frankel, M. Jaehmig, K. Phillips, J. A. Schafer and G. Roeker : Surf. Sci., 139, pp. 333 (1984)
- 5) Y. Shimizu, Y. Fukuyama, C. Yu and H. Arai : Sensors and Actuators, 14, pp. 319 (1988)
- 6) J. H. Anderson and G. A. Park : J. Phys. Chem, 72, 10, pp. 3662 3668 (1986)
- 7) M. Egashira, Y. Shimizu and Y. Takao : Chem. Lett., pp. 389 (1988)
- 8) Y. Shimizu, Y. Takao and M. Egashira : J. Electrochem. Soc., 135, pp. 2539 (1988)
- 9) T. Yamamoto and K. Murakami : Materials science Monographs, 38C, High Tech Ceramics, Elsevier, pp. 2147 2154 (1987)
- 10) T. Yamamoto and H. Shimizu : North Holland, Amsterdam, 22/23, pp. 827 838 (1985)
- 11) S. Mokude and H. Futata : 2nd Int. Meet. Chem. Sensors. (Bordeaux), pp. 349 (1986)

저자소개



**박준배**

1950년 11월 1일생. 1973년 2월 조선대학교 전기공학과 졸업. 1976년 8월 동대학원 전기공학과(석사). 1990년 2월 전남대학교 대학원 전기공학과(공학박사). 1991년 1월-1992년 1월 미국 미시시피주립대학 교환교수. 1994년 현재 원광대학교 전자재료공학과 교수.

학교 전자재료공학과 교수.



**송민중**

1963년 8월 10일생. 1989년 2월 원광대학교 전기공학과 졸업. 1991년 동대학원 전기공학과(석사). 1993년 현재 홍익대학교 대학원 전기제어 공학과 박사과정. 원광대학교 전자재료공학과 시간강사.

■ 11월호의 기술해설 제목과 저자는 다음과 같으니 많은 참조 바랍니다.

제 목	저 자	소 속
광전소자의 전자물성과 유기재료	나용준 조장연 박태희	광주전자(주) 반도체 광주전자(주) 반도체 원광 대학교 재료공학과
고체 전해질의 임피던스 측정법	구할분	전남대학교 전기공학과