

논문 96-5-6-02

저온동작용 Co_3O_4 부탄가스 감지 소자(I)

정진환*, 최순돈*

 Co_3O_4 butane gas sensor operating at low temperature (I)

Jin-Hwan Chung*, Soon-Don Choi*

요약

저온에서 동작 가능한 센서를 개발하기 위하여 Co_3O_4 후막 소자를 제조하였다. Co_3O_4 분말은 질산코발트 수용액으로부터 침전하여 얻었으며 binder인 ethylene glycol과 혼합하여 알루미나 기판상에 후막을 인쇄하였다. 제조된 후막에 대해 binder 함량 및 열처리 조건에 따른 부탄가스의 감도 및 회복성을 조사하였다.

동작 온도 250°C 에서 15% ethylene glycol을 함유한 Co_3O_4 분말을 300°C 에서 24시간 동안 열처리한 소자가 부탄 가스에 대하여 최고의 감도를 나타내었다. 감도는 5000ppm 부탄가스에 대하여 1.1 정도로, 동작 온도 $350\sim 400^\circ\text{C}$ 에서 상용 SnO_2 가스 감지 소자의 감도 0.8~0.85와 비교할 때 매우 높았다. 응답 특성은 매우 좋았으나 회복성은 나쁜 것으로 나타났다.

Abstract

In order to develop gas sensor operating at low temperature, thick film Co_3O_4 sensor was fabricated. Co_3O_4 powder was prepared by precipitation from cobalt nitrate solution and the powders containing ethylene glycol as a binder was screen-printed on alumina substrate. Characteristics of sensitivity, response time, and recovery were investigated in terms of binder content and heat treating conditions.

The Co_3O_4 sensor contained 15% ethylene glycol and heat-treated at 300°C for 24hr showed the highest sensitivity at the operating temperature of 250°C . Its sensitivity of 1.1 to 5000ppm butane gas was very high, as compared with 0.8~0.85 at the operating temperature of $350\sim 400^\circ\text{C}$ for a commercial SnO_2 gas sensor. It is found that response time was fast, but recovery was poor for the sensor.

1. 서론

오늘날 실생활에서 가장 광범위하게 사용되고 있는 연료로는 가연성 탄화수소계가스이며 사회가 점점 도시화, 산업화됨에 따라 이러한 가스의 수요가 급증하고 있다. 최근 전국적으로 대도시에도 도시가스 보급이 보편화됨에 따라 가스 누출에 의한 화재 및 폭발 사고의 위험성이 더욱 더 증가하고 있다. 사고로 인한 인명

및 재산상의 재난을 방지하기 위하여 가스 누출 감지 소자의 개발이 활발히 진행되고 있다.

가스 센서는 특정한 기체 성분을 감지 또는 정량화 하는 장치로서 기능 재료 별 분류에 따르면 가스와의 화학 평형 반응에 의하여 기전력을 측정하는 액체 및 고체 전해질 센서, 가스의 연소열에 따른 소자의 온도 상승으로 백금선의 저항 변화를 측정하는 접촉 연소식 센서, 그리고 가스 흡착으로 인한 전기 전도도 변화를 이용하는 반도체 가스 센서 등으로 구분되어진다^[1]. 이중 반도체 가스 센서는 높은 감도를 가지며 저가이고 소형 제작이 가능할 뿐만 아니라 대기 중에서 금속 산

* 영남대학교 금속 및 재료 공학부
(School of Metallurgical and Materials Engineering,
Yeungnam University)
<접수일자 : 1996년 9월 3일>

화물이 지닌 재료의 안정성으로 인해 수명이 긴 것이 장점이다.

현재 가장 많이 이용되고 있는 금속 산화물 반도체 가스 감지 소자는 대기 중의 피검가스와 반도체 재료와의 흡·탈착 현상이나 화학 반응에 따른 전기 전도도의 변화를 이용한 것으로 고감도, 선택성, 빠른 응답성과 장기 안정성 등이 요구된다. 최근에는 산화물 복합체 및 고용체 분말을 이용하여 피검 가스에 대한 감도, 선택성, 안정성을 개선하는 연구가 진행되고 있다^[2-4]. 또한 분말의 입도나 형상에 따라서 감지 특성이 달라지므로 분말의 제조 방법을 달리하여 가스 감지에 적합한 원료 분말 형태를 제조하는 방법도 모색되어지고 있다^[5-6].

널리 알려진 가연성(可燃性)가스 감지 소자 재료로서는 SnO₂가 주성분이며 이 소자는 가연성가스와 접촉에 의한 SnO₂ 표면의 전기 저항의 변화를 측정하여 특정한 가스를 감지한다. 예를 들면 SnO₂를 주성분으로 하는 분말 혼합체를 세라믹 튜브 표면에 소결한 가스 감지 소자는 350~400°C에서^[7] 가연성가스에 접촉시키면 소자 표면에 흡착된 산소 원자가 가스와 반응하여 전기 저항이 변화하게 되어 가연성가스를 감지한다.

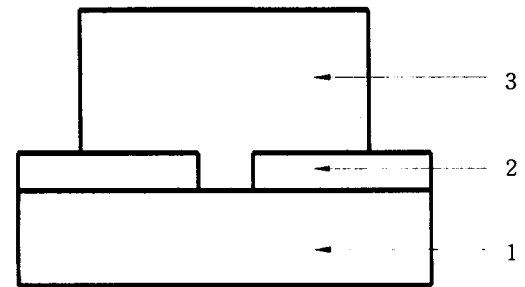
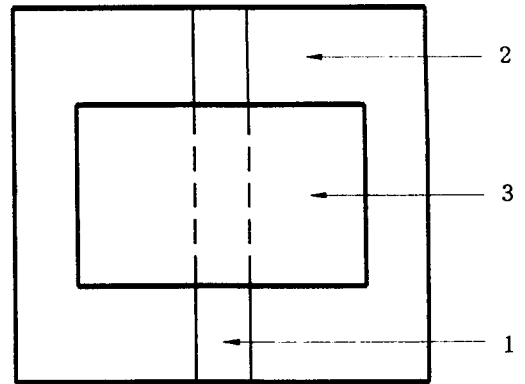
이와 같이 현재 대부분 사용하고 있는 반도체식 가스 감지 소자는 350~400°C의 높은 온도에서만 작동이 가능하며 이 온도로 가열하기 위해서 가정용 전원을 필요로 한다. 이러한 종류의 소자는 가정에서 화재가 발생할 때 전원의 공급이 되지 않아 경보 장치가 작동하지 않을 뿐 아니라 전원이 없는 옥외에서 사용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 배터리에 의해 작동이 가능한 저온용 감지 소자의 개발이 절실하게 요구되고 있다.

본 연구에서는 침전법을 이용하여 제조된 Co₃O₄ 분말로 가스 감지 소자를 구성하여 부탄가스에 대하여 고감도이면서 저온에서 작동 가능한 소자를 개발하고자 한다.

II. 실험 방법

2-1. 원료 분말 제조

Co₃O₄ 분말은 침전법으로 직접 제조하였다. 이 방법은 용액 중에서 금속 원소를 수산화물 형태로 침전시킨 후 이를 하소하여 산화물 분말을 얻는 방법으로 대개



1. Alumina substrate
2. Pt electrode
3. Sensing material

그림 1. 후막형 부탄가스 감지 소자의 구조

Fig. 1. Structure of thick film butane gas sensor

고순도, 고효성의 균일한 미립자 분말을 제조할 수 있다.

증류수에 Co(NO₃)₂·6H₂O 0.05M(29.1g)을 완전히 녹여 2ℓ 수용액으로 만든 후 강하게 교반하면서 pH가 9.5~10 되도록 28%의 암모니아수를 천천히 떨어뜨려 수산화코발트를 침전시켰다. 얻어진 침전물은 증류수로 세척과 여과를 번갈아 2~3회 실시하였다. 이러한 과정을 거쳐 얻은 침전물은 110°C의 대류 오븐기에서 24시간 동안 건조한 다음, 800°C에서 24시간 하소하여 Co₃O₄ 분말을 얻었다. 이 Co₃O₄ 분말은 48시간 동안 ball milling하여 후막형 소자 제조용 분말로 사용하였다.

2-2. 감지 소자 제작

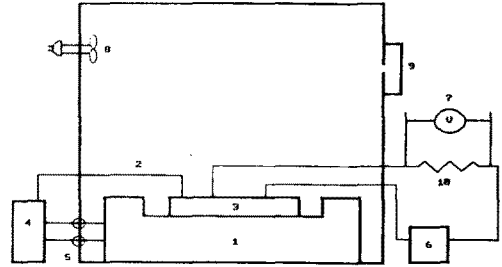
후막형 소자의 제조 공정은 binder 혼합, screen printing, 열처리 순으로 이어진다. 먼저 20mm×8mm×0.4mm 크기의 알루미늄 기판을 trichloro-ethylene, acetone, methyl alcohol 순으로 초음파 세척기 내에서 1시간 동안 탈지하였다. 침전법에 의해 제조된 원료 분말에 소량의 유기질 binder인 ethylene glycol을 첨가하여 무게비로 15%~20% ethylene glycol을 함유한 paste로 만들고 미리 Pt 전극을 형성한 알루미늄 상에 인쇄하였다. 알루미늄 상의 Pt 전극은 ion coater(Eiko IB-5, Japan)를 사용하여 전극 간 거리가 0.5mm 되도록 형성하였다. 인쇄법으로 제조된 후막형 소자는 대기 중에서 110℃에서 24시간 동안 건조시킨 후 열처리 온도와 시간을 변화시키면서 소성하였다. 이러한 공정에 의해 제조된 후막형 부탄가스 감지 소자를 Fig. 1에 나타내었다.

2-3. 가스 감지 특성 측정

Fig. 2는 부탄가스 감지 특성을 측정하는 장치의 개략도이다. 순수 내용적이 10ℓ인 측정 용기의 가스 주입구는 silicon rubber로 만들어졌으며, 주입된 가스의 농도를 균일하게 하기 위해 소형의 fan을 용기 상단에 배치하였다. 소자 부분의 온도는 copper-constantan 열전대를 사용하여 측정하였으며, temperature controller(Omega CN8000)로 동작 온도를 정밀히 조절하였다. 또한 DC power supply(Lambda, LK352 - FM)를 사용하여 소자에 정전압을 공급하였다.

열처리된 소자는 측정 용기 내에서 측정 온도와 동일한 온도에서 5V의 직류 전압을 공급하여 3~4일간 안정화 처리를 하였다. 안정화 처리를 거친 소자의 부탄가스에 대한 감도를 조사하기 위하여, 측정 용기 상단부의 가스 주입구로 가스를 주입한 뒤 fan을 작동시켜 가스를 균일하게 분포시키고 기록계(Rikadenki, R-02)와 multimeter(Fluke, 8085A)로 소자의 저항 변화를 측정하였다. 예비 실험으로 동작 온도를 200℃와 250℃ 두 온도에서 소자의 가스 감지 특성을 측정하여 보았다. 그러나 200℃에서는 초기 저항이 너무 높고 감도가 극히 낮은 반면, 250℃에서는 초기 저항이 안정되고 높은 감도를 보였다. 따라서 본 실험에서는 동작 온도를 250℃로 고정하였다.

측정된 저항의 변화는 다음 식에 의해 감도(S)로 표시하였다.



- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1 : Heater | 6 : Power supply |
| 2 : Thermocouple | 7 : Multimeter |
| 3 : Sensor | 8 : Fan |
| 4 : Controller | 9 : Gas inlet |
| 5 : Power line | 10 : Standard resistance |

그림 2. 감지 특성 측정을 위한 장치도

Fig. 2. Schematic diagram for measurements of gas sensing characteristics

$$S = \frac{Rg - Ra}{Ra}$$

여기서 Ra 는 가스 주입 전의 소자 저항이며 Rg 는 가스 주입 후의 소자 저항이다. 이와 같은 형태의 감도 식은 n형 반도체 탄화수소계가스 감지 소자에 많이 사용되며, 이 식을 사용할 때 이미 알려진 상용 SnO₂ 소자의 감도와 직접 비교가 가능하다. 환원성가스를 주입할 때 p형 반도체인 Co₃O₄는, 소자 저항이 감소하는 n형 반도체와는 달리, 소자 저항이 증가하므로 n형 반도체 감지 소자에 대한 감도식에서 분자의 $Ra - Rg$ 대신 $Rg - Ra$ 를 사용하였다.

2-4. 감지 소자 재료의 특성 분석

침전법으로 제조된 수산화코발트는 하소 시간이나 온도에 따라 수산화물이 미분해된 수산화물 상태로 존재하거나 CoO 또는 Co₃O₄로 분해한다. 따라서 가스 감지 특성을 측정하기 전에 제조된 분말의 상을 확인할 필요가 있다. 분말의 상확인 및 입자의 크기를 결정하기 위해 X-선 회절 분석기(Rigaku Co., Japan)를 이용하였다. 이때 사용한 X-선은 Cu K α 이다.

제조된 분말의 형상 및 응집 정도는 TEM(Hitachi S-600, Japan)으로 관찰하였다. TEM 관찰용 시편을 준비하기 위하여 초음파 세척기 내에 미량의 Co₃O₄ 분말을 넣은 후 24시간 동안 분산하였다. 이 때 사용한

분산액은 iso-propyl alcohol이다.

알루미나 기판 상에 형성시킨 후막의 열처리 조건에 따른 표면 형상과 후막의 두께는 SEM(Hitachi S-2500C, Japan)으로 관찰하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

3-1. 원료 분말 및 후막 소자의 재료 특성

Fig. 3은 침전법으로 제조된 Co_3O_4 분말의 X-선 회절 시험 결과이다. 제조된 분말의 XRD pattern에서 관찰된 peak는 JCPDS 자료와 비교할 때 Co_3O_4 상이었다. Aukrust와 Muan^[8]에 따르면 대기 중 900°C 부근 혹은 그 이상에서 하소할 때는 CoO 상이 얻어지며 그 이하 온도에서는 Co_3O_4 상이 얻어진다고 하였다. 따라서 800°C , 24시간에서 하소할 때 Co_3O_4 형태의 코발트 산화물이 얻어지는 하소 조건임을 알 수 있다.

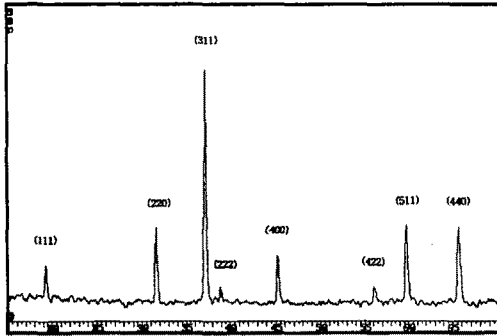


그림 3. Co_3O_4 분말의 X-ray 회절 패턴

Fig. 3. XRD pattern of Co_3O_4 powders

Fig. 4는 800°C 에서 24시간 동안 하소한 Co_3O_4 분말을 24시간 동안 초음파 세척기로 분산시켜 TEM으로 관찰한 사진이며, 분말 형상은 약간의 각형을 가진 타원에 가까운 분말임을 알 수 있다.

입자의 크기는 X-선 회절 시험을 통해 얻어진 XRD pattern으로부터 구하였다. Co_3O_4 의 (111), (220), (311), (222), (400), (422), (511), (440) 면에 해당하는 peak의 FWHM(full width half maximum)을 Scherrer's equation^[9]에 대입함으로써 입자의 평균 크기를 계산하였다. 그러나 peak의 broadening은 입자 크기와 분말의 결정성에 의해 일어날 수 있으므로 결정성에 의한 broadening 항을 제거하기 위하여

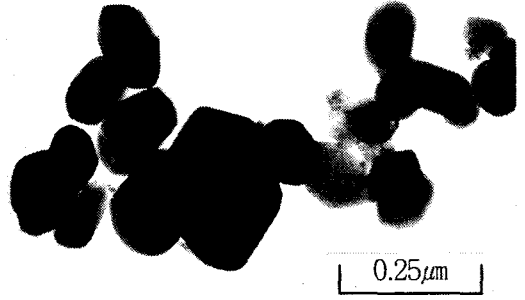


그림 4. 800°C 에서 24시간 하소한 Co_3O_4 분말의 TEM 사진

Fig. 4. TEM photograph of the Co_3O_4 powders calcined at 800°C for 24hr

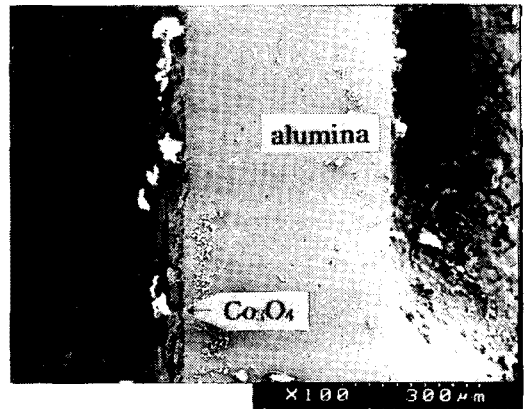


그림 5. 알루미나 기판 상에 형성된 후막의 단면

Fig. 5. Cross-section of Co_3O_4 thick film sensor

Bragg's 식 $\lambda = 2d \sin \theta$ 의 양변을 θ 와 d 에 대해 편·미분하여 $\Delta d/d$ 가 0에 수렴하는 조건에서 얻어지는 $\cos \theta \cdot \Delta \theta$ 의 값을 결정성이 제거된 반가폭으로 하여 외삽법을 이용하여 입자의 크기를 구하였다. 이와 같은 방법으로 구한 Co_3O_4 의 입도는 512\AA 이었다.

Fig. 4의 TEM 사진으로부터 구한 분말의 평균 입도가 약 1500\AA 이고 X-ray 분석에서 구한 입도는 512\AA 이다. X-ray 분석은 최소결정 크기를 나타내고 TEM은 응집된 입자를 나타내므로 이 분말의 응집성은 그리 크지 않음을 알 수 있다.

한편, Pt 전극이 입혀진 알루미늄 기판 상에 screen printing한 감지 물질의 후막 두께를 알아보기 위하여 SEM을 이용하였다. Fig. 5에서 보여지는 바와 같이 $40\mu\text{m}$ 안팎의 고른 두께를 가진 후막이 형성되었음을 알 수 있다.

3-2. 소자의 감지 특성

Co_3O_4 원료 분말을 사용하여 제작한 후막형 가스 감지 소자는 원료 분말의 특성, binder 함량, 열처리 조건, 동작 온도에 따라 가스 감지 특성이 변화한다. 소자의 부탄가스에 대한 감도를 측정하기 위하여 1000ppm 단위로 5000ppm까지 가스를 주입하며 소자의 저항 변화를 측정하였다. 이 때 작동 온도는 250°C 로 고정하였다.

측정된 감도에 대해 binder 함량, 열처리 온도 및 시간에 따른 Co_3O_4 후막 소자의 가스 감지 특성을 고찰하여 보았다.

3-2-1. Binder 함량에 따른 효과

먼저 binder로 물과 ethylene glycol을 사용하여 보았다. 그러나 물을 binder로 사용했을 경우에는 소자의 초기 저항이 너무 높고 부탄가스에 대한 감도가 극히 낮을 뿐 아니라 균일한 후막을 형성하기 어려웠고 후막의 강도도 약하였다. 이는 Co_3O_4 분말의 흡습성이 강해 열처리 후 분말간의 응집성이 나빠졌을 뿐 아니라 분말과 알루미늄 기판과의 밀착성도 나쁘게 하기 때문인 것으로 생각되어진다. 그러므로 이후로 밀착성이 좋은 ethylene glycol만을 binder로 사용하였다.

Co_3O_4 분말에 ethylene glycol을 무게 비로 15%, 20%, 그리고 25%를 첨가하였다. 15% 미만의 ethylene glycol을 첨가하였을 때는 용액 성분인 ethylene glycol 양이 너무 적어 screen printing할 정도의 유동성을 갖지 못하였으며, 20%를 초과하여 첨가하였을 때는 지나치게 유동성이 커 균일한 후막의 형성이 불가능하였다. 따라서 Co_3O_4 감지 물질에 첨가되는 binder의 양을 15%와 20%로 제한하여 감도 특성 실험을 실시하였다.

300°C 에서 24시간 열처리한 Co_3O_4 후막 소자의 binder 함량에 따른 가스 감도 특성을 Fig. 6에 나타내었다. 15% ethylene glycol을 첨가할 때에 가장 높은 감도를 나타내었다. Ethylene glycol은 Co_3O_4 분말의 점결제로 사용될 뿐 아니라 일부 성분이 기포 상태로 증발하여 Co_3O_4 분말의 표면적을 증가시키는 작용도

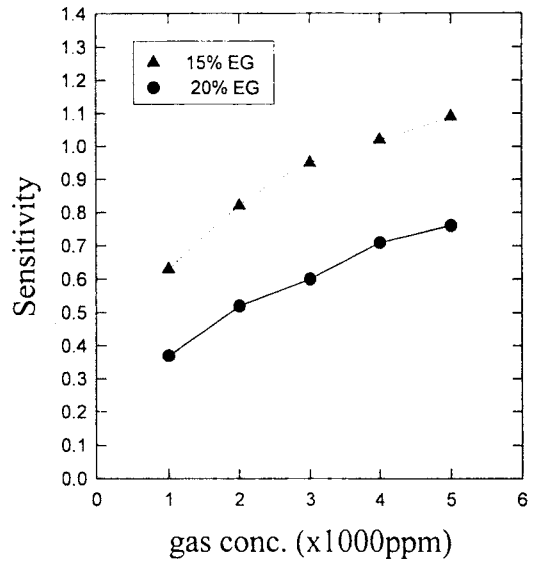


그림 6. 300°C 에서 24시간 동안 열처리한 Co_3O_4 후막 소자의 ethylene glycol 함량에 따른 감도 특성

Fig. 6. Effect of the ethylene glycol content on the sensitivity of Co_3O_4 thick film sensors heat-treated at 300°C for 24hr.

한다. 그러나 ethylene glycol 함량이 15%에서 20%로 커질수록 가스 감도가 낮아지므로 이 binder는 다른 경우와 마찬가지로 다량 첨가하면 가스 감도에 악영향을 미침을 알 수 있다.

Ethylene glycol을 15% 첨가할 때 5000ppm 부탄가스 농도에서 감도는 동작 온도 250°C 에서 1.1에 이른다. 보통 상용 SnO_2 소결체 감지 소자¹⁰⁾의 감도가 Co_3O_4 보다 높은 동작 온도인 $350\sim 400^\circ\text{C}$ 에서도 0.8~0.85인 것과 비교하면 이 Co_3O_4 물질은 부탄가스에 대해 감지 능력이 뛰어난 것을 알 수 있다.

3-2-2. 열처리 조건에 따른 효과

가스 감도에 가장 많은 영향을 미칠 것으로 예상되는 열처리 온도를 300°C , 500°C , 그리고 800°C 로 하여 가스 감도의 영향을 알아보았다. 이때 열처리 시간은 24시간으로 고정하였다. 열처리 온도가 300°C 이하일 때는 동작 온도 250°C 에서 소자를 장기간 사용할 때 소결이 계속 진행되어 감도 특성이 달라질 수 있으며, 800°C 이상 열처리할 때는 Co_3O_4 일부가 CoO 로 변태될 가능성이 있으므로 열처리 온도는 $300\sim 800^\circ\text{C}$ 로 제

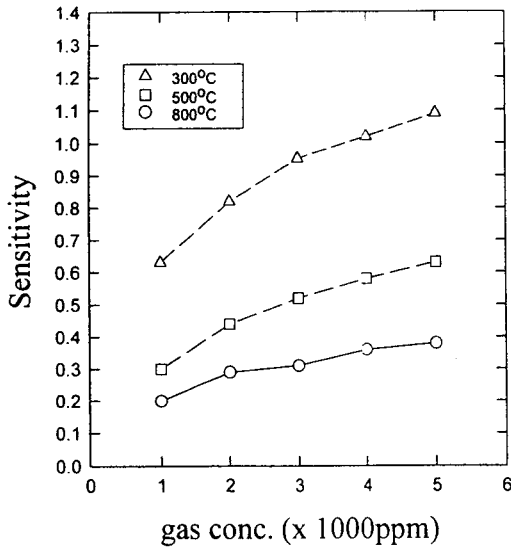


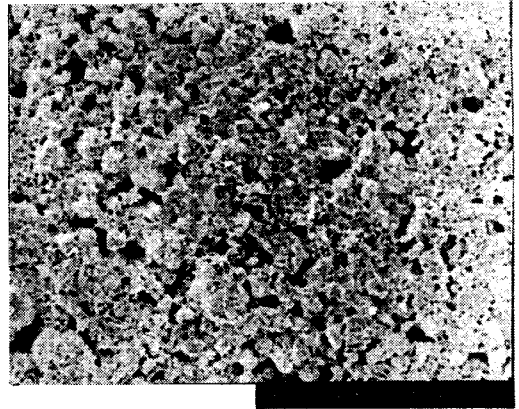
그림 7. 15% ethylene glycol을 함유한 Co_3O_4 후막 소자의 열처리 온도에 따른 감도 특성 (열처리 시간: 24 시간)

Fig. 7. Effect of heat treating temperature on the sensitivity of Co_3O_4 thick film sensors with 15% ethylene glycol (heat treating time : 24hr)

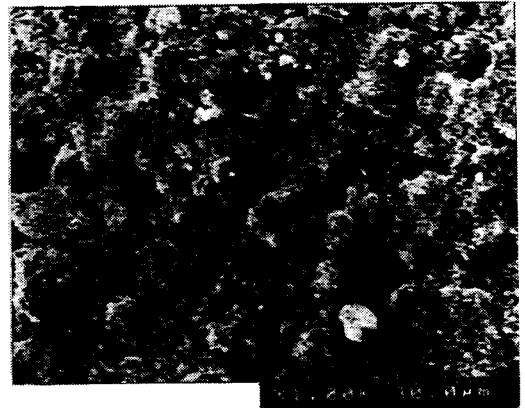
한하였다. 측정된 감도는 Fig. 7에 나타내었으며, 300°C에서 가장 큰 감도를 나타내었다.

Fig. 8은 300°C와 800°C에서 24시간 동안 열처리한 소자의 표면의 형상 변화를 나타낸 사진이다. 300°C에서는 열처리 과정 중 기공의 수축이나 소멸이 아주 적게 일어나 비표면적이 아주 커 우수한 감도를 나타내고 있다. 반면 800°C에서는 온도가 너무 높아 소자의 소결이 과잉으로 진행되었을 뿐 아니라 작은 기공 부근의 물질이 큰 기공 쪽으로 이동하여 작은 기공은 없어지고 큰 기공은 더욱 성장하는 과잉 소결 양상을 보이고 있다. 이러한 이유로 800°C에서는 분말의 응집이 너무 많이 일어나 후막 내의 표면적이 감소함으로써 가스에 대한 감도가 낮아진 것으로 생각되어진다.

열처리 시간에 따른 가스 감도의 영향을 알아보기 위하여 열처리 온도를 300°C로 고정하고 열처리 시간을 24시간, 72시간, 그리고 240시간으로 하여 감도를 측정하였다. 최소 열처리 시간을 24시간으로 한 것이 이 시간 이하로 열처리하였을 경우 분말의 기계적 강도가 약할 뿐 아니라 동작 온도 250°C에서 장시간



(a)



(b)

그림 8. Co_3O_4 후막 소자의 열처리 온도에 따른 표면 SEM 사진

Fig. 8. SEM photographs of the surface of Co_3O_4 thick film sensors heat-treated at the following temperatures: (a) 300°C, (b) 800°C

사용할 경우 계속적으로 소결이 일어나 감도 특성이 변할 가능성이 있기 때문이다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 최고의 감도는 주어진 온도 300°C에서 24시간 열처리한 소자임을 알 수 있다. 열처리 시간이 길어짐에 따라 감도가 감소했으며 72시간 이상 열처리할 때 감도의 감소 폭은 작아졌다. 이 물질의 감지 반응은 표면 제어 반응이며 표면적이 클수록 감도가 증가하므로 300°C에서 72시간 이상 열처리할 때 Co_3O_4 표면 분말의 응집이 이미 상당히 일어났음을 간접적으로 추측할 수 있다.

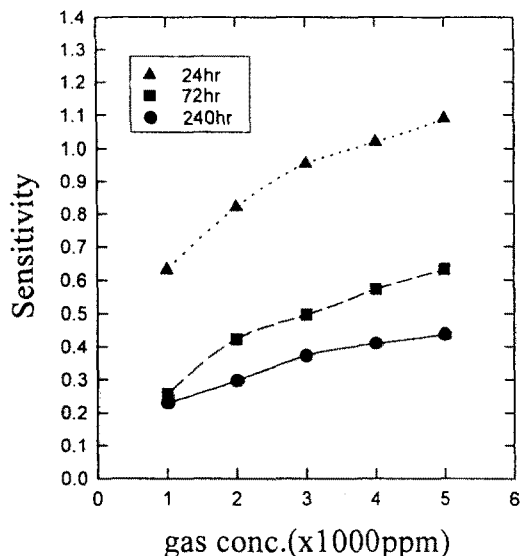


그림 9. 열처리 온도 300°C에서 열처리 시간에 따른 Co_3O_4 후막 소자의 감도 특성

Fig. 9. Effect of heat treating time on the sensitivity of Co_3O_4 thick film sensors at 300°C

상용으로 많이 이용되는 SnO_2 가 600°C 이상에서야 소결이 가능한 사실과^[11] 비교할 때 Co_3O_4 는 300°C에서도 약간의 물질 확산이 이루어진 것으로 추측된다.

3-2-3. 응답 및 회복 특성

Fig. 10은 Co_3O_4 후막 소자의 부탄가스에 대한 응답 특성을 조사한 것이다. 열처리 조건은 300°C, 24시간이었고 binder로 ethylene glycol을 15% 첨가한 소자이다. 가스를 주입함과 동시에 즉시 반응하였고 주입 시점에서 측정할 때 평형에 이르기까지의 소요 시간은 5초 이내로 즉각 반응하였다.

가스 배기 후 처음의 저항값으로 돌아오는 데는 약 2~3분 가량 소요된 반면 부탄가스가 공기보다 무거운 점을 감안 강제 배기 시에는 1분 이내에 회복이 가능하였다.

Co_3O_4 감지 소자에 대해 부탄가스 주입 후 감도를 측정하고 측정 용기 내의 가스를 제거한 다음 연속해서 감도를 측정한 결과를 Fig. 11에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 연속 측정시 소자의 회복이 거의 이루어지지 않았다. 이는 Co_3O_4 가 p형 반도체이고 동시에 환원성가스에 대해선 강력한 환원제 역할을 하여

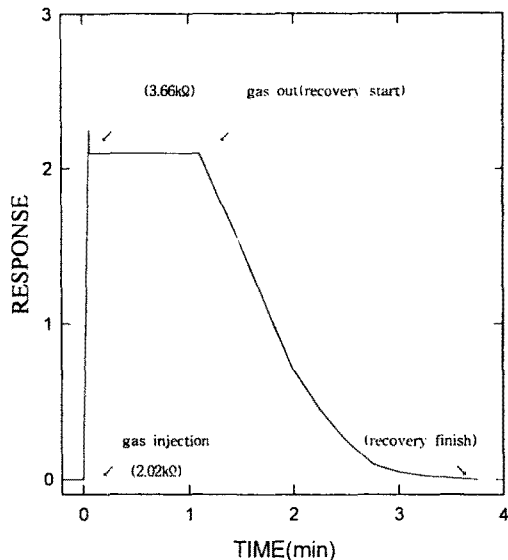


그림 10. 부탄가스에 대한 응답 특성

Fig. 10. Response characteristics of the Co_3O_4 sensor to butane gas

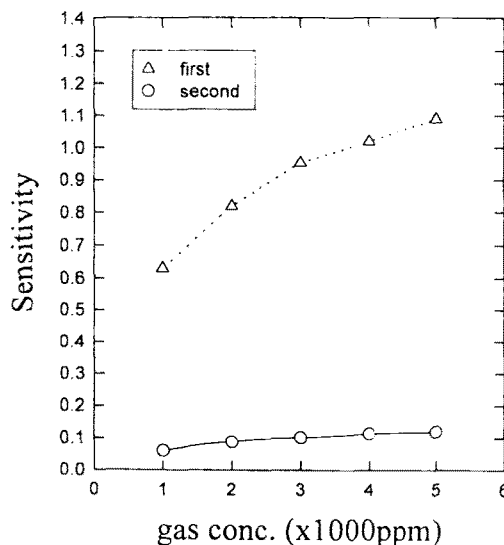


그림 11. 연속 측정 시 Co_3O_4 후막 소자의 회복 특성

Fig. 11. Recovery of Co_3O_4 thick film sensors on the consecutive measurements

조성변화 혹은 산소결손 등에 의해 물질 상태가 변화하였기 때문으로 생각된다. 즉, Co_3O_4 내 격자 산소는 부탄가스와의 반응에 참가하여 부탄가스의 환원제로서

역할하므로써 Co_3O_4 에서 일부 CoO 로 변화하고 부탄가스를 제거 후에는 이미 변화된 일부 산화물 CoO 가 다시 Co_3O_4 로 복원되기 위해 시간이 걸리기 때문이다.

IV. 결론

침전법에 의해 얻어진 Co_3O_4 분말로부터 후막 감지 소자를 제작하여 부탄가스에 대한 감도, 응답성 및 회복성 등의 가스 감지 특성을 알아보았다. 동작 온도 250°C 에서 소자의 열처리 온도, 열처리 시간, binder 함량 등을 변화시킨 소자의 감도를 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) Co_3O_4 감지 소자는 감도에 있어서는 기존의 SnO_2 소자에 비하여 동작 온도가 낮음에도 불구하고 상당히 우수한 값을 나타내어 저온용 부탄가스 감지 소자로서의 사용 가능성을 보여 주었다.

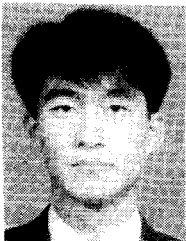
(2) 동작 온도 250°C 에서 최고의 감도를 나타내는 Co_3O_4 분말 소자의 제조 조건은 15% ethylene glycol를 함유한 Co_3O_4 를 300°C 에서 24시간 열처리하는 것이다.

(3) Co_3O_4 감지 소자는 응답 속도가 빠른 반면 회복성은 5000ppm 부탄가스에 대해 연속측정시 감도 차이가 0.8로 좋지 않은 것으로 나타났다.

참고문헌

- [1] 김영해 저, "가스 센서와 그 응용", 기전 연구사, p10, 1992.
- [2] J. F. McAleer, P. T. Moseley, J. O. W. Norris, D. E. Williams, and B. C. Tofield, "Tin oxide gas sensors - Part II. The role of surface additives", J. Chem. Soc., Faraday Trans. I, 84(2), pp.441 - 457, 1987.
- [3] Y. S. Shen, X. C. He, B. Q. Li, X. Q. Liu, C. G. Jin, and X. Shen, "Preparation, structure and gas sensing properties of SnO_2 -ZnO complex oxide", Proc. 3rd Int. Meet. on Chem. Sensors, Cleveland, USA, pp.35 - 38, 1990.
- [4] M. Takano, M. Sakai, "Characterization of CH_4 gas sensor material of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ - SnO_2 ", Proc. 2nd Int. Meet. on Chem. Sensors, BORDEAUX, France, p.263, 1986.
- [5] C. O. Xu, Y. Tamaki, N. Miura, and N. Yamazoe, "Grain size effects on sensitivity of porous SnO_2 - based elements", Sensors and Actuators B, 3, pp 147 - 155, 1991.
- [6] Li Peide, "A new CH_4 sensor without noble metals", Proc. 2nd Int. Meet. on Chem. Sensors, BORDEAUX, France, p. 270, 1986.
- [7] H. Okamoto, H. Obayashi, and T. Kedo, Solid State Ionics, vol 1, p.319, 1980.
- [8] E. Aukrust and A. Muan, Trans. AIME, 230, p.379, 1964
- [9] B. D. Cullity, "Elements of X - ray diffraction", 2nd edit., Addison - Wesley, pp102-103, 1978.
- [10] Figaro Engineering Inc., "Figaro Gas Sensor", p.51, 1992.
- [11] 이상기, 최순돈, 김규호, "가스감지 소자의 감지 특성(I)", 한국 전기전자 재료 학회지, 23(3), pp224-232, 1990.

著 者 紹 介



정진환

1968년 12월 7일생. 1995년 2월 영남대학교 금속공학과 졸업(공학사). 1995년 3월~현재 영남대학교 대학원 금속공학과 석사과정.

최순돈

『센서학회지제4권 제1호』 논문95-4-1-06, p.42 참조.
현재 영남대학교 금속 및 재료공학부 교수