

논문 2002-11-3-05

SnO₂-ZnO계 후막센서 구조에 따른 CO 감지 특성

박보석*, 홍광준**, 김호기***, 박진성*

CO Sensing Properties in Layer structure of SnO₂-ZnO System prepared by Thick film Process

Bo-Seok Park*, Kwang-Joon Hong**, Ho-Gi Kim***, Jin-Seoung Park*

요 약

CO 기체 감지 특성을 향상시키기 위해서 3 mol% ZnO를 첨가한 SnO₂와 3mol% SnO₂를 첨가한 ZnO의 적층 형태를 변화시켜 연구하였다. 적층 구조는 단일층, 복층, 그리고 이종층 구조로 후막 인쇄법을 사용하여 제작하였다. SnO₂-ZnO계에서 제 2상은 발견되지 않았다. 전도성은 SnO₂에 ZnO를 첨가하면 감소하고, ZnO에 SnO₂를 첨가하면 증가하였다. 측정 온도증가와 CO 기체 유입으로 전도성은 증가하였다. 단층 및 복층의 후막센서 구조의 감도 향상은 없었으나, SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂/substrate 구조의 이종층 센서의 감도는 향상되었다. 센서 구조에 관계없이 I-V 변화는 모두 직선성을 나타내서 Ohmic 접합 특성을 이루고 있었다.

Abstract

The sensing properties of carbon monooxide were investigated as a function of mixing ratio and the lamination structure of 3mol% ZnO-doped SnO₂ and 3mol% SnO₂-doped ZnO. The lamination structures were fabricated monolayer, double layer, and hetero layer of SnO₂, ZnO, and theirs mixture composition using thick film process. There was no second phase by the reaction of SnO₂ and ZnO. The conductance was decreased by the addition of ZnO in SnO₂, but it was increased with the addition of SnO₂ in ZnO. The conductance was increased with temperature and the inlet of CO. There was no improvement of sensitivity in the structure of mono- and double-layer. The hetero-layer structure, however, of SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂ showed the higher resistivity and the highest sensitivity. Ohmic characteristics was confirmed by the linear properties for I-V measurements.

Keywords : CO sensor, SnO₂-ZnO system, hetero-layer, Electrical property, Ohmic contact.

1. 서 론

반도성 금속산화물 가스 센서의 감지기구는 표면 반응특성, 미세구조, 전도 이동자, 결정입

자 특성 등에 기초를 두고 있다. 반도성 금속산화물 재료 중에서 SnO₂와 ZnO는 환원성 가스에 대한 우수한 감지 물질로서 잘 알려져 있으며, 이들의 복합체에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다⁽¹⁻⁴⁾.

통상 순수한 SnO₂나 ZnO는 낮은 선택성, 긴 시간 안정성, 습기분위기에서 낮은 감도 등의 문제를 야기한다^(1,3-7). 따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해 미세구조 조절용 첨가제⁽⁸⁻¹⁰⁾, 화학반응 조절용 촉매제^(6,8), 두 물질의 다른 성분비혼합에 따른 복합체^(1,7), 각 상의 계면 영향을 이용한 이종층(hetero-layer)^(5,11-14) 센서

* 조선대학교 재료공학과(Dept. of Materials Eng., Chosun university)

** 조선대학교 물리학과(Dept. of Physics., Chosun university)

*** 한국과학기술원 재료공학과(Dept. of Materials Eng., KAIST)

<접수일자 : 2001년 11월 5일>

및 복층(double-layer)^[15] 센서 등의 연구가 진행되어 왔다. 특히 이중층 접합 센서의 경우 감지물질의 두께가 얇을수록 높은 감도를 나타낸다^[5]. 이제까지의 이중층(hetero-layer) 센서의 연구는 벌크 구조에서 주로 연구되었^[5,11~13], 이중층 센서는 계면 결합이 불안정한 것이 문제점으로 제시되었다.

본 연구는 재현성과 제작이 용이하여 양산성이 높은 후막센서 공정을 이용하여 CO 기체 센서의 응용 가능성을 연구한 것으로, 센서 형태를 단일층, 복층, 그리고 이중층 구조로 제작하였고, 특히 이중층 센서에 대해 입경변화, 전기적 특성, CO 감지 특성, 온도 의존성 관점에서 주로 연구하였다.

II. 실험 방법

SnO₂(Aldrich, 99.9 %)분말과 ZnO(Aldrich, 99+ %)분말을 3 mol%비로 각각 정량하여 SnO₂-3mol%ZnO(SnO₂·3ZnO)와 ZnO-3mol%SnO₂(ZnO·3SnO₂)로 혼합하였다. 유기용액(vehicle)은 용질로는 Ethyl cellulose(Aldrich, 48%)를, 용매로는 α -Terpineol(Kanto, 95%+)과 2-ethyl Acetate(Kanto, 97%+)를 사용하여 제조하였고, 분말과 유기용액(vehicle)을 three-roll 혼합기로 균일 혼합하여 인쇄용 잉크(paste)를 제조하였다.

후막 시편은 실크 스크린 프린팅 법을 이용해서 Fig. 1의 구조로 각각 제조하였다. 기판재료는 5 mm×5 mm크기의 알루미나(96%) 기판을 사용하였고, 기판 위에 Ohmic 특성과 접착성을 고려하여 Au를 인쇄하여 전극으로 사용하였다. 시편 구조는 Fig. 1과 같이 후막 인쇄 방법을 조합해서 3가지 구조로 제작하였다. Fig. 1의 (a)와 같은 단층(mono-layer) 구조는 각각의 조성을 한번만 인쇄한 후막센서 구조이고, (b)는 복층구조(double-layer)로 각각의 조성을 순차적으로 인쇄하여 상층부가 하층부를 완전히 덮는 구조로 나타낸 것이며, (c)는 서로 일부만 겹치는 이중층(hetero-layer) 구조로 후막센서를 제조한 것이다. 인쇄된 후막은 800℃에서 3시간동안 열처리하였다. 기판 전극에 백금선(Pt wire)을 연결시켜 인입선(lead wire)을 형성시켰다.

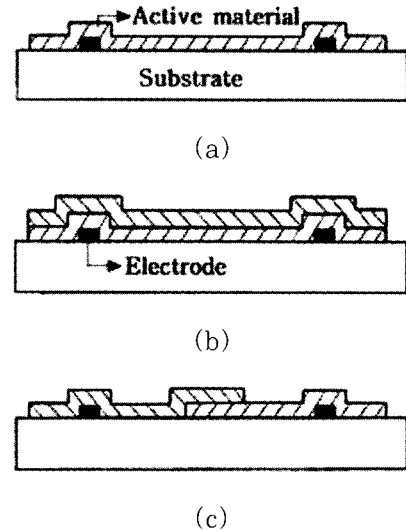


그림 1. 센서구조 (a) 단층, (b) 복층, (c) 이중층.
Fig. 1. Sensor structures for (a) mono-layer, (b) double-layer and (c) hetero-contact.

열처리분말의 상분석과 감지막의 미세구조는 XRD와 SEM으로 분석 하였다. 전기전도성은 700℃에서 10분간 어닐링 한 후, 200~700℃ 구간에서 승온시키면서 측정하였다. 측정 중의 분위기는 99.9999 %의 고순도 Air와 공기로 적정(air balanced)한 99.9999 %의 500 ppm CO 기체를 사용하였고, MFC(Mass flow controller)를 사용하여 유량과 농도를 제어하였다. 계측기로는 HP34401A를, 전류-전압 공급기(power supply)로는 HP6023A를 시편에 연결한 Fig. 2의 자동 계측시스템을 사용하였다.

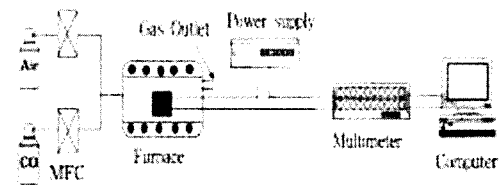


그림 2. 전기적 성질 측정용 계측 시스템 도면.
Fig. 2. Block diagram to measure electrical properties.

III. 결과 및 고찰

1. 물성 분석

SnO₂는 격자상수가 $a=4.74 \text{ \AA}$, $c=3.19$

A인 tetragonal 상의 rutile 구조를 가지고, 융점(1630°C)이하에서 상전이가 없는 단일상을 갖고 있다. ZnO는 격자상수가 a=3.25 Å, c=5.21 Å인 hexagonal 상의 wurtzite 구조를 가지고, 융점은 1975°C이다^[16].

SnO₂에 3 mol%의 ZnO를 혼합한 것 (SnO₂·3ZnO)과 3 mol% SnO₂를 혼합한 ZnO(ZnO·3SnO₂) 화합물을 800°C/3h 열처리 후의 XRD 결과를 Fig. 3에 도시했다. SnO₂·3ZnO 경우는 ZnO peak는 관찰할 수 없었지만, ZnO·3SnO₂ 경우는 첨가제인 SnO₂ peak가 존재한다. 이것은 SnO₂ 혹은 ZnO 매질에 대한 첨가제의 고용도 차이, SnO₂와 ZnO의 X-선 회절 강도의 차, 혹은 두 상간의 공융(eutectic melting)에 기인한 입계 및 표면에서 액상 형성 가능성 차에 기인한 것일수 있다. 또한 SnO₂와 ZnO의 중간 화합물로 Zn₂SnO₄가 보고되고 있으나^[1,5], 이는 1000°C 이상의 온도에서 고온 장시간의 소결로 가능해서 Zn₂SnO₄ 상 생성 가능성은 없고, 실험에서도 확인되지 않았다.

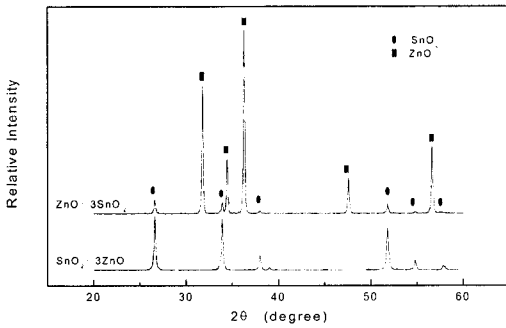


그림 3. SnO₂·3ZnO의 800°C/3h 소성 후의 X선 회절 패턴.

Fig. 3. XRD patterns of SnO₂·3ZnO and ZnO·3SnO₂ samples fired at 800°C for 3h.

SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂의 800°C/3h 열처리 전후의 입경을 Fig. 4에 도시했다. SnO₂·3ZnO의 경우는 입자크기가 0.2 μm로 매우 미세하였으나, ZnO·3SnO₂ 경우는 약 1.0 μm 크기였으며, 두 조성에 대해 800°C/3hrs 열처리 전후의 입경 차이는 거의 없었다. 그리고 ZnO 단일 조성의 경우는 800°C 열처리로 약간의 입자 성장이 관찰되었으나 3 mol% SnO₂를 혼합한 경우는 입자 성장이 없어서 ZnO에 대해 SnO₂가 입자성장 억제제로 작용함을 알 수 있다. 그러나

SnO₂ 경우는 혼합 유무에 관계없이 입자 크기의 변화가 없어서 800°C의 온도는 입자성장의 구동력이 충분하지 않은 것으로 해석된다.

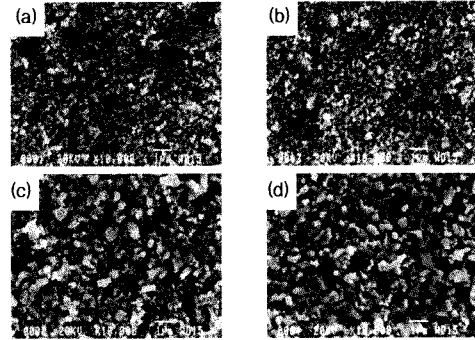


그림 4. 800°C/3h 열처리 전후의 미세구조: (a) SnO₂·3ZnO 소성 전, (b) SnO₂·3ZnO 소성 후, (c) ZnO·3SnO₂ 소성 전, (d) ZnO·3SnO₂ 소성 후.

Fig. 4. Microstructures before and after heat-treatment at 800°C/3h; (a) SnO₂·3ZnO before, (b) SnO₂·3ZnO after, (c) ZnO·3SnO₂ before and (d) ZnO·3SnO₂ after.

SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂/substrate 구조의 이중접합 센서의 단면 사진과 위에서 본 평면 사진을 각각 Fig. 5의 (a)와 (b)에 도시했다. 두 단면 및 평면 그림 모두에서 SnO₂·3ZnO 조성과 ZnO·3SnO₂ 조성간에 분리각 확인한 이중층(hetero-layer) 구조의 후막(thick film) 센서 구조가 확인된다.

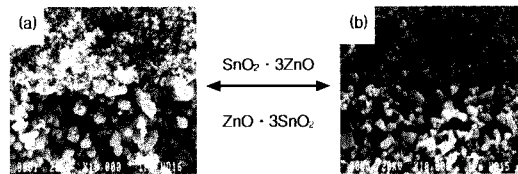


그림 5. SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂ 이중층의 (a) 단면과 (b) 윗면의 계면구조.

Fig. 5. Interlayer images of (a) the cross section and (b) the top of hetero-layer structure of SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂.

2. 전기적 성질

SnO₂는 비화학양론성이 산소공공(V_O^{••})에 기인하고, ZnO는 Zn 침입(Zn_i^{••})에 기인해서 모두 전자에 의한 n-type의 전기적 성질을 나타내는 것으로 알려져 있다^[1,3,5,6]. 또 Sn⁴⁺와

Zn²⁺의 이온 반경은 각각 7.1 nm와 7.4 nm로 이온반경이 비슷해서 상호간 격자 치환이 가능하다⁽¹⁶⁾.

단일 조성의 SnO₂와 ZnO, 그리고 각각에 3 mol% 씩을 혼합한 SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂ 조성의 온도에 따른 전도성의 변화를 Fig. 6에 도시했다. SnO₂·3ZnO 경우는 단일 조성의 SnO₂에 비해서 전기전도성이 감소했고, ZnO·3SnO₂ 경우는 단일조성의 ZnO에 비해서 전도성이 증가했다. SnO₂에 ZnO를 첨가한 경우 Zn_{Sn}^{''} 상태가 되고, 전기적 중성을 이루기 위해 홀(hole)농도 증가 혹은 전자농도 감소가 발생해서 전기전도성은 감소한다. 반면에 ZnO에 SnO₂를 첨가하면 Sn_{Zn}^{''} 상태가 되고, 전자 생성을 통해 전기적 중성을 이룰 수 있어서 전도 이송자(conduction carrier)인 전자 농도를 증가시켜 전기 전도도를 증가시킨다. 이에 대한 결합식은 식 (1), (2)와 같이 나타낼 수 있다.

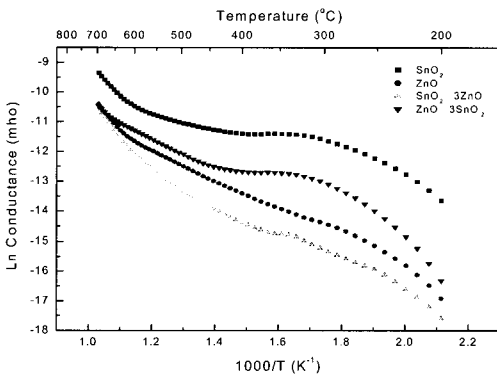
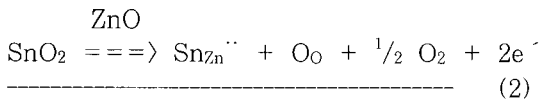
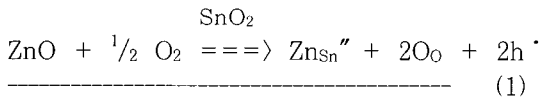


그림 6. 단층 구조의 공기 중에서 측정 온도에 따른 전기전도성 변화.

Fig. 6. Electrical conductance as a function of measuring temperature for the mono-layer in air.

전도성 변화율은 SnO₂·3ZnO가 ZnO·3SnO₂ 보다 크다. 이것은 매질에 대한 첨가제의 치환율, 초기의 결합구조, 결합농도, 그리고

이들의 전하상태 등과 관련된 결과로 생각된다.

SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂의 단층(Fig. 1(a)) 및 복층(Fig. 1(b)) 구조의 온도에 따른 전도성 변화를 Fig. 7에 도시했다. 복층 구조의 전도성은 기판 위의 Au 전극과 맞닿은 하부 조성에 전적으로 지배된다. SnO₂·3ZnO/ZnO·3SnO₂/substrate 구조의 전도성은 ZnO·3SnO₂/substrate의 전도성과 유사하였고, ZnO·3SnO₂/SnO₂·3ZnO/substrate 구조의 전도성은 SnO₂·3ZnO/substrate 전도성 값에 가깝게 나타났다. 복층 구조가 단층 구조보다 저온부에서 전도성이 큰 이유는 복층 구조의 두께 증가에 기인한 것으로 추정된다. 250 ppm의 CO 분위기에서의 전도성은 공기 중의 전도성보다 증가했고, 온도에 따른 선형성도 증가했다.

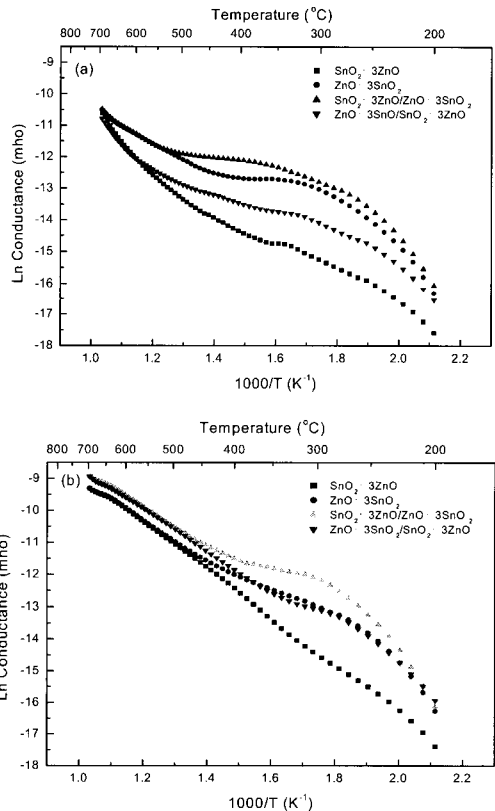


그림 7. 단층과 복층 센서구조의 측정 온도에 따른 전기전도성 변화; (a) 공기 중에서, (b) 250 ppm CO 중에서.

Fig. 7. Electrical conductance as a function of measuring temperature for sensor structure of mono - and double-layer structure (a) in air and (b) in 250 ppm CO.

SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂의 단층 및 일부만 겹치는 이중층 접합(Fig. 1(c)) 구조의 온도에 따른 전도성 변화를 단층구조와 비교해서 Fig. 8에 도시했다. 공기 중의 복층 접합(Fig. 7(a))과 비교해서 전도성 감소가 나타남을 Fig. 8(a)에서 알 수 있다. 복층보다 이중층 접합 경우는 두께 증가 영향이 적고, 고 저항인 SnO₂·3ZnO이 직접적으로 한쪽 전극에 접촉되어 있어서 전도성이 이중층 접합으로 감소했다. 250 ppm CO 분위기에서 이중층 접합 후막센서의 전도성은 공기 중보다 증가하여 ZnO·3SnO₂ 쪽으로 이동했음을 Fig. 8(b)에서 알 수 있다. 복층 센서(Fig. 7)와 비교해서 이중층 접합 센서의 공기중의 전도성(저항)은 낮고(높고) CO 분위기에서는 전도성은 크게 높아져서, 전도성 혹은 저항 변화율이 크고, 이것이 감도(sensitivity) 향상으로 나타날 수 있다.

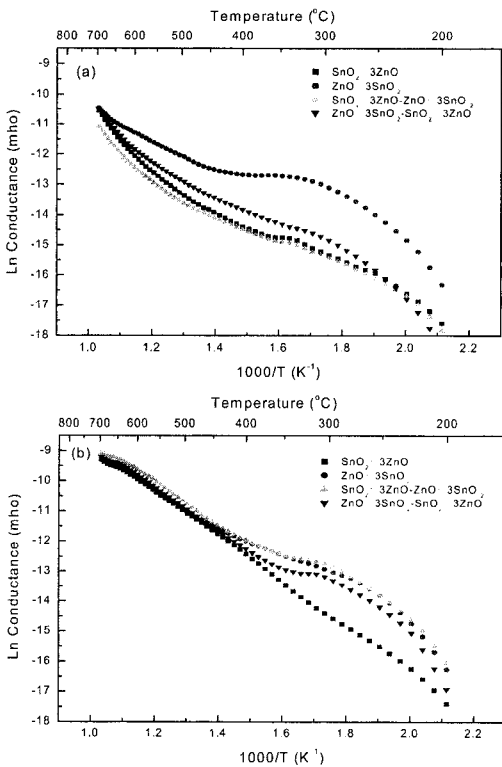


그림 8. 단층과 이중층 센서구조의 측정 온도에 따른 전기전도성 변화; (a) 공기 중에서, (b) 250 ppm CO 중에서.

Fig. 8. Electrical conductance as a function of measuring temperature for sensor structure of mono - and hetero-layer structure (a) in air and (b) in 250 ppm CO.

센서 구조에 따른 공기와 CO 분위기에서의 감도 변화율을 Fig. 9에 도시했다. 감도는 공기 중의 저항값과 CO 250 ppm에서의 저항 값의 변화율로 정의했다. 단층 및 복층의 후막센서 구조의 감도값은 첨가제가 없는 SnO₂가 전체적으로 가장 좋고, 각각을 3mol%를 첨가한 경우의 단층 센서구조(Fig. 1(a))나 복층 센서구조(Fig. 1(b))들의 감도가 떨어져서 이들 구조의 장점은 없었다. Fig.9(b)는 이중층 접합 센서의 감도를 Fig. 9(a)에서 가장 우수했던 SnO₂와 ZnO에 대해서 비교한 것이다. 전체적으로 이중층 접합 센서의 감도가 우수하였으며 SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂/substrate 구조가 보다 좋게 측정되었고, 550°C에서 최대 감도를 나타내었으며 이후는 감소하였다.

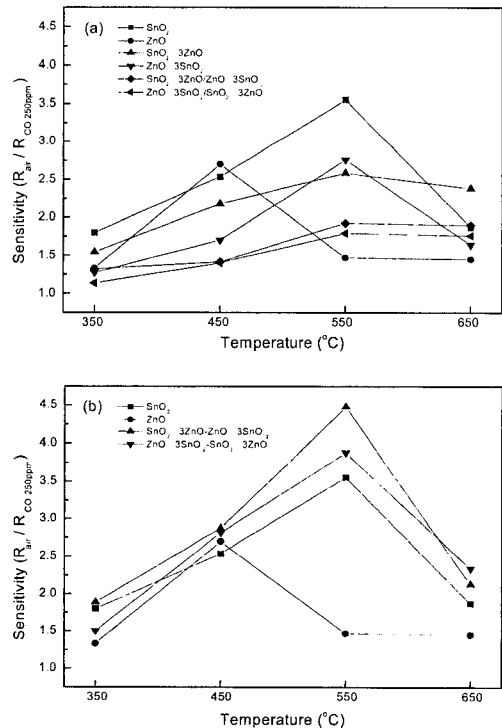


그림 9. 센서구조와 작동온도에 따른 감도변화; (a) 단층과 복층, (b) 단층과 이중층.

Fig. 9. Sensitivity variation as a function of operating temperature and sensor structure of (a) mono - and double-layer and (b) mono- and hetero- layer.

Ohmic 특성 확인을 위한 I-V 특성을 Fig. 10에 도시했다. Fig. 1(c)와 같은 구조로 제작

한 이중층 접합센서는 electrode/SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂/electrode 순서로 접합이 구성되어 있기 때문에 각각의 접촉 부위에서 Ohmic 접촉이 안되어 센서특성 해석에 오류를 초래할 수 있다. 즉 전극과 센서물질 혹은 SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂ 간에 Ohmic 결합이 안되면 정류 작용으로 인해 I-V 측정시 인가전류 혹은 인가전압의 세기 및 방향에 따라 변화율이 직선성을 상실하게 된다. 이중층 접합 후막센서의 I-V 측정 결과는 +/-10 V 범위에서 제작순서 및 측정 중의 공기 및 CO의 분위기에 무관하게 직선성을 유지해서 Ohmic 특성을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 Ohmic 특성은 단층, 복층의 구조에서도 관찰되었다.

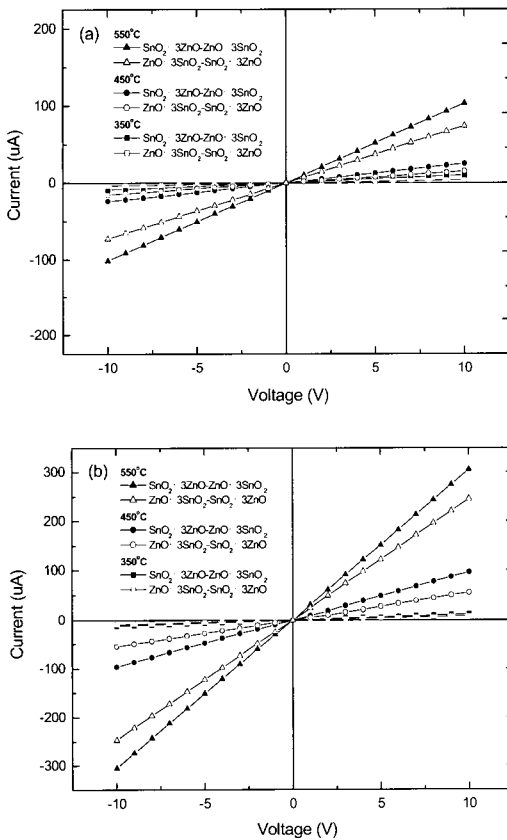


그림 10. 이중층 센서의 이단자 I-V 특성; (a) 공기 중에서, (b) 250 ppm CO 중에서.

Fig. 10. Two-probe I-V characteristics of hetero-layer sensors measured (a) in air and (b) in 250 ppm CO.

SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂ 이중층 접합 구조의 감도 특성 향상은 SnO₂에 ZnO 3 mol%를 첨가시키므로서 SnO₂·3ZnO의 저항증가 혹은 전도 이동자 감소가 나타나고, 환원성 기체가 유입되면 전도이동자 농도가 증가해서 전기적 저항 변화율이 커지므로서 나타난 결과이다. 그러나 단층 및 복층구조 특히, 저항이 가장 큰 SnO₂·3ZnO와 비교해서도 이중층 접합 후막센서 구조의 감도가 우수한 것은 저항변화 이외의 센싱기구가 존재함을 의미한다. SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂ 접촉계면에서 미소한 에너지 장벽이 존재하고 이것이 환원성 기체 유입시 감도 향상에 기여할 수 있을 것이다^(5,11~14). 복층 구조에서도 SnO₂·3ZnO와 ZnO·3SnO₂의 접촉계면은 존재할 수 있으나 전하 이동 경로가 한층에 한정될 수 있어서 계면 특성이 무시되어 감도 향상이 없다고 할 수 있다.

IV. 결론

SnO₂분말과 ZnO분말을 3 mol%비로 각각 칭량하여 SnO₂-3mol% ZnO와 ZnO-3mol% SnO₂로 혼합한 조성의 단층, 복층, 이중층 접합을 갖는 후막센서 물질 및 센싱 특성은 다음과 같다.

SnO₂와 ZnO에 각각의 조성을 3 mol%씩 첨가한 조성에서 제 2상 형상은 확인할 수 없었다. 800°C/3hrs 열처리 후의 SnO₂-3mol% ZnO 입자 크기는 0.2 μm 이하이고, ZnO-3mol% SnO₂ 경우는 약 1.0 μm 크기이었다. SnO₂-3mol% ZnO와 ZnO-3mol% SnO₂를 순차적으로 인쇄하여 두 조성이 분리 접촉된 이중 접합 센서 구조를 형성할 수 있다.

SnO₂는 ZnO 혼합으로 전기전도성이 감소하고, ZnO는 SnO₂혼합으로 전기전도성이 증가한다.

복층 구조의 전도성은 기판 위의 Au 전극과 맞닿은 하부 조성에 지배되며, CO 분위기에서의 전도성은 증가했다. 단층 및 복층의 후막센서 구조의 감도 향상은 없으나, SnO₂·3ZnO-ZnO·3SnO₂/substrate 구조의 이중접합 센서의 감도가 우수하였다. I-V 변화는 모든 센서 구조에서 직선성을 나타내서 Ohmic 접합 특성을 이루고 있었다.

V. 참고 문헌

- [1] J. H. Yu, G. M. Choi, "Electrical and CO gas sensing properties of ZnO-SnO₂ composites," *Sens. Act. B*, vol. 52, pp. 251~256, 1998.
- [2] H. Nanto et al., "Doping effect of SnO₂ on gas sensing characteristics of sputtered ZnO thin film chemical sensor," *Sens. Act. B*, vol. 35~36, pp. 384~387, 1996.
- [3] T. W. Kim, U. S. Choi, S. T. Jun, "The Changes of CO Gas Sensing Properties of ZnO and SnO₂ with Addition TiO₂," *Kor. J. Mater. Res.*, vol. 8(4), pp. 312~316, 1998.
- [4] J. H. Yu, G. M. Choi, "Selective CO gas detection of CuO- and ZnO-doped SnO₂ gas sensor," *Sens. Act. B*, vol. 75, pp. 56~61, 2001.
- [5] J. H. Yu, G. M. Choi, "Electrical and CO gas-sensing properties of ZnO/SnO₂ hetero-contact," *Sens. Act. B*, vol. 61, pp. 59~67, 1999.
- [6] K. Ihokura and J. Watson, "The Stannic Oxide Gas Sensor - Principles and Applications," CRC Press, Boca Raton, FL, 1994.
- [7] D. H. Yoon, J. H. Yu, G. M. Choi, "CO gas sensing properties of ZnO-CuO composite," *Sens. Act. B*, vol. 46, pp. 15~23, 1998.
- [8] W. Fliiegel, W. Fliiegel, G. Behr, J. Werner and G. Krabbes, "Preparation, development of microstructure, electrical and gas-sensitive properties of pure and doped SnO₂ powders," *Sens. Act. B*, vol. 18-19, pp. 474~477, 1994.
- [9] W. Liu, X. Cao, Y. Zhu and L. Cao, "The effect of dopants on the electronic structure of SnO₂ thin film," *Sens. Act. B*, vol. 66, pp. 219~221, 2000.
- [10] I. S. Bae et al., "Properties of Fe₂O₃-doped SnO₂ Oxides for CO Sensor," *The Kor. Sens. Soc.*, vol. 10(4), pp. 16~25, 2001.
- [11] J. H. Yu, G. M. Choi, "Current-voltage characteristics and selective CO detection of Zn₂SnO₄ and ZnO/Zn₂SnO₄, SnO₂/Zn₂SnO₄ layered-type sensors," *Sens. Act. B*, vol. 72, pp. 141~148, 2001.
- [12] S. J. Jung, H. Yanagida, "The characterization of a CuO/ZnO hetero contact-type gas sensor having selectivity for CO gas," *Sens. Act. B*, vol. 37, pp. 53~60, 1996.
- [13] K. K. Baek, Harry L. Tuller, "Atmosphere sensitive CuO/ZnO junctions," *Solid State Ionics*, vol. 75, pp. 179~186, 1995.
- [14] N. Yamazoe, J. Tamaki, N. Miura, "Role of hetero-junctions in oxide semiconductor gas sensors," *Mater. Sci. Eng. B*, vol. 41, pp. 178~181, 1996.
- [15] Wei Wang, Shengyue Wang, Xiaoren Pan, "Deposition and characterization of zinc oxide and tin oxide ultrafine particle bilayer thin films," *Thin Solid Films*, vol. 345, pp. 212~216, 1999.
- [16] Robert C. Weast, "CRC Handbook of Chemistry and Physics," CRC Press, FL, pp. B-140, 144, 195, F-157, 1986~1987.

 著 者 紹 介

**박 보 석**

1975년 2월 11일생.
 2002년 2월 조선대학교 재료
 공학과 졸업(공학사).
 2002년~현재 조선대학교 재료
 공학과 석사과정 재학중.
 주관심 분야 : SnO₂, ZnO 후

막 가스센서.

**홍 광 준**

1952년 5월 18일생
 1977년 2월 조선대학교 물리
 학과 졸업(이학사)
 1982년 2월 전북대학교 대학
 원 물리학과 졸업(이학석사)
 1991년 8월 전북대학교 대학

원 물리학과 졸업(이학박사)

1980년 3월 ~ 현재 조선대학교 물리학과 교수
 주관심 분야 : 고체물리(반도체, 광센서, 태양전
 지)

**김 호 기**

1968년 한양대학교 요업공학
 과 졸업
 1974년 독일 Erlangen
 University(석사)
 1979년 독일 Erlangen
 University(박사)

1969~1970 요업기술원 연구원

1981~1983 Firmengruppe Roederstein
 (독일), 연구개발부장

1995~1998 KAIST 신기술창업지원단 소장

1996~현재 KAIST EMDEC 소장

1999~현재 전자부품연구원 이사

1983~현재 KAIST 교수

주관심 분야 : 전자세라믹스, 박막재료, 2차전
 지

**박 진 성**

1985년 2월 연세대학교 세라
 미공학과 졸업

1987년 2월 한국과학기술원
 재료공학과 졸업(공학석사)

1990년 2월 한국과학기술원
 재료공학과 졸업(공학박사)

1990년 1월 - 1993년3월: 삼성전자반도체 연
 구소 선임연구원

1998년 1월 - 12월 : 미국 CISM(Center
 for Industrial Sensor and Measurement)
 객원연구원

1993년 3월 조선대학교 재료공학과 교수

주관심 분야: 센서기술&재료, 전자세라믹스, 반
 도체 재료