

악취분별능력을 가진 자동차용 고기능 듀얼타입 집적형 유해가스 유입차단센서 개발

Development of High Sensitive Integrated Dual Sensor to Detect Harmful Exhaust Gas and Odor for the Automotive

정 완 영*, 심 창 현

(Wan-Young Chung and Chang-Hyun Shim)

Abstract : A dual micro gas sensor array was fabricated using nano sized SnO₂ thin films which had good sensitivities to CO and combustible gases, or H₂S gas for air quality sensors in automobile. The already existed air quality sensor detects oxidizing gases and reducing gases, the air quality sensor(AQS), located near the fresh air inlet detected the harmful gases, the fresh air inlet door/ventilation flap was closed to reduce the amount of pollution entering the vehicle cabin through HVAC(heating, ventilating, and air conditioning) system. In this study, to make SnO₂ thin film AQS sensor, thin tin metal layer between 1000 and 2000 Å thick was oxidized between 600 and 800 °C by thermal oxidation. The gas sensing layers such as SnO₂, SnO₂(Pt) and SnO₂(+CuO) were patterned by metal shadow mask for simple fabrication process on the silicon substrate. The micro gas sensors with SnO₂(+Pt) and SnO₂(CuO) showed good selectivity to CO gas among reducing gases and good sensitivity to H₂S that is main component of bad odor, separately.

Keywords : air quality sensor, SnO₂ thin film, micor gas sensor, CO gas sensor, H₂S gas sensor

I. 서론

유해가스 유입차단장치(AQS: Air Quality Sensor)는 차량이 외부공기의 오염도가 높은 지역을 통과할 경우 운전자가 별도의 스위치 조작을 않더라도 자동으로 차량내부의 공간으로 외기유입을 차단하고 다시 외부공기 오염도가 낮은 지역에 들어서면 외기유입모드로 자동전환하는 장치이다. 즉, 공기가 오염된 터널지역을 통과할 때나, 앞차가 심한 매연을 발생할 때 또는 특히 공해가 심한 지역을 지나갈 때에도 AQS 장치에 의해서 항상 쾌적한 운전환경을 유지할 수 있을 뿐만 아니라 운전중 두통, 졸음, 피로의 원인이 되는 유해가스가 근본적으로 차단되기 때문에 탑승자의 건강을 보호할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이러한 기능은 요즘 건강에 대한 관심의 증가와 차량의 고급화 경향에 의해 더 많은 차량에 채택되고 있다. 몇 년전만해도 고급 수입차에 적용되었지만 최근에는 국산미니밴, 중형차에 이어 일부 소형차에 까지 적용이 확대되고 있다.

이러한 AQS 센서로서는 지금까지 후막형 또는 박막형의 SnO₂ 센서가 주로 사용되어오고 있다[1]. 금속산화물 반도체를 이용한 반도체형 가스센서는 이미 1960년대 말에 SnO₂ 세라믹형이 상업화에 성공한 이래 현재까지도 저가형의 가스누출 경보기나 각종 가스의 검출 또는 계측에 사용되어 오고 있다[2-5]. 지금까지 SnO₂, ZnO, WO₃, TiO₂ 등의

금속산화물이 주로 가스센서의 모물질로 사용되어 왔으며 이러한 모물질에 Pt, Pd 등의 소량의 귀금속 촉매가 첨가되거나 또다른 소량의 금속산화물을 혼합하여서 가스에 대한 감도를 향상시키거나 특정가스에 대한 선택성을 향상시키는 방법으로 사용되어 왔다. 이러한 반도체형 가스센서는 폭발성이 있거나 유독성가스인 H₂, CO, CH₄, C₃H₈, C₄H₁₀, C₂H₅OH 등의 환원성가스나 SO_x, NO_x 등의 산화성가스를 검출하는데 사용되고 있다.

최근에는 악취의 원인인 H₂S냄새를 감지하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[6]. 악취는 실외나 실내에서 인체에 직접적인 해를 가하는 것은 아니지만 나쁜 냄새로 인한 인간의 생활에 불편을 주거나 쾌적한 생활을 방해한다. 이러한 악취를 감지하므로써 농촌지역을 지나는 차량내부로 나쁜 냄새가 포함된 공기가 들어오는 것을 차단하든가 실내에서 냄새를 제거하도록 오존 등을 분무하는 등의 처리가 가능하게 되는 것이다. 도로환경에서 차량내부의 공기오염을 일으킬 가능성이 큰 가스로는 CO, 탄화수소가스, NO_x, SO_x 이외에도 농촌지역 등을 통과할 때 나는 악취도 그 요인이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 악취센서를 기존의 환원성 및 산화성 가스센서와 실리콘기판에 집적하여 초소형의 듀얼형 AQS센서를 만들고자 하였다.

II. MEMS기술에 의한 집적형 가스센서 제조

AQS는 보통 환원성가스 또는 산화성가스를 검지하기 위한 가스감지막을 가지는 센서로 구성된다. 즉, 현재까지 자동차에 사용되고 있는 센서는 CO, CH₄ 등의 환원성가스를 감지하는 SnO₂를 모물질로 하는 환원성가스센서와 NO_x, SO_x 등의 산화성 오염가스를 감지하는 SnO₂ 또는 WO₃를

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 3. 2., 채택확정 : 2007. 5. 14.

정완영 : 동서대학교 컴퓨터정보공학부(wychung@dongseo.ac.kr)

심창현 : (주)센스 앤 센서(shim933@hanmail.net)

※ 본 논문은 2004년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성비)으로 학술진흥재단의 협동연구과제(과제번호 : KRF-2004-042-D00129) 지원으로 수행되었음.

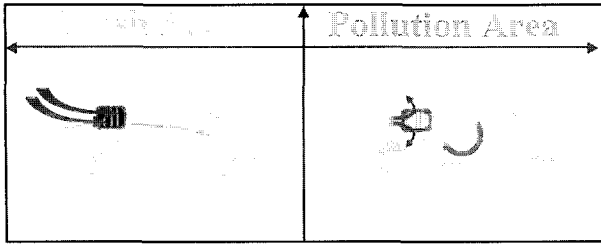


그림 1. 차량내에서의 유해가스유입 차단 장치의 원리.
 Fig. 1. Operating principle of air quality sensor system in automobile.

모물질로 하는 산화성가스센서로 구성된 2가지의 센서를 각각 사용하는 듀얼형 모드나 두가지 감지가스를 동시에 감지할 수 있는 SnO₂의 단일 감지막을 사용해 환원성가스와 산화성가스 모두를 감지하는 방식을 사용하였다.

듀얼형 모드의 AQS를 사용하는 경우에는 환원성오염가스와 산화성오염가스를 각각 검지함으로써 보다 정확하게 오염가스를 측정할 수 있지만 두개의 센서를 사용함으로써 소비전력을 보다 많이 소비하게 되고 시스템의 크기가 커지는 단점을 가지게 된다. 최근에는 MEMS 기술의 발달로 초소형, 저전력의 센서개발이 가능하게 됨으로서 듀얼형 AQS 사용도 늘어나는 추세이다[7-11].

본 연구에서는 MEMS 기술을 이용하여 실리콘을 기판으로 하는 초소형 AQS를 개발하였다. 특히 본 연구에서는 기존의 환원성가스 및 산화성가스센서에 더하여 냄새센서를 하나의 기판에 집적한 AQS센서를 개발하고자 하였다. 본 연구에서 개발한 AQS센서는 CO, CH₄ 등의 환원성가스나 NO_x, SO_x 등의 산화성가스를 검지하기 위한 SnO₂(+Pt)박막과 H₂S, 암모니아가스, 악취 등의 냄새를 검지하기 위한 SnO₂(+CuO)박막으로 구성하였다. 즉, 터널이나 도심지역에서의 오염가스인 CO, CH₄ 등의 환원성가스나 NO_x, SO_x 등의 산화성가스뿐만 아니라 농촌지역, 축산지역 등을 통과할 때 나는 악취도 검지할 수 있게 SnO₂(+CuO)를 감지물질로 하는 악취센서도 동일한 기판에 집적되게 하였다. 이때 SnO₂(+Pt)박막은 환원성가스에 대해서는 박막의 저항이 감소하게 되고, 산화성가스에 대해서는 박막의 저항이 증가하여서 그 가스의 존재유무를 판별하게 된다. 또한 SnO₂(+CuO) 박막은 냄새들에 대해서 박막의 저항이 감소하게 된다.

그림 2는 집적형 MEMS AQS의 제작공정도이다. 제작순서는 다음과 같다.

- ① (100)방향의 두께 270 μ m의 양면 폴리싱된 실리콘웨이퍼 아래위에 LPCVD(저압기상증착) 방법에 의해 2.0 μ m 두께의 Si₃N₄ 저 스트레스 박막(low stress diaphragm)이 증착되었다.
- ② 반응성이온에칭법(RIE, reactive ion etching)에 의해 뒷면의 Si₃N₄ 박이 패터닝되어서 후면 이방성에칭 윈도우(마스크 #1)로 형성되었다.
- ③ KOH 수용액(25wt.%, 85 $^{\circ}$ C)에 의해 기판 뒷면으로부터 아래의 실리콘 벌크가 이방성에칭되어서 상부의 Si₃N₄

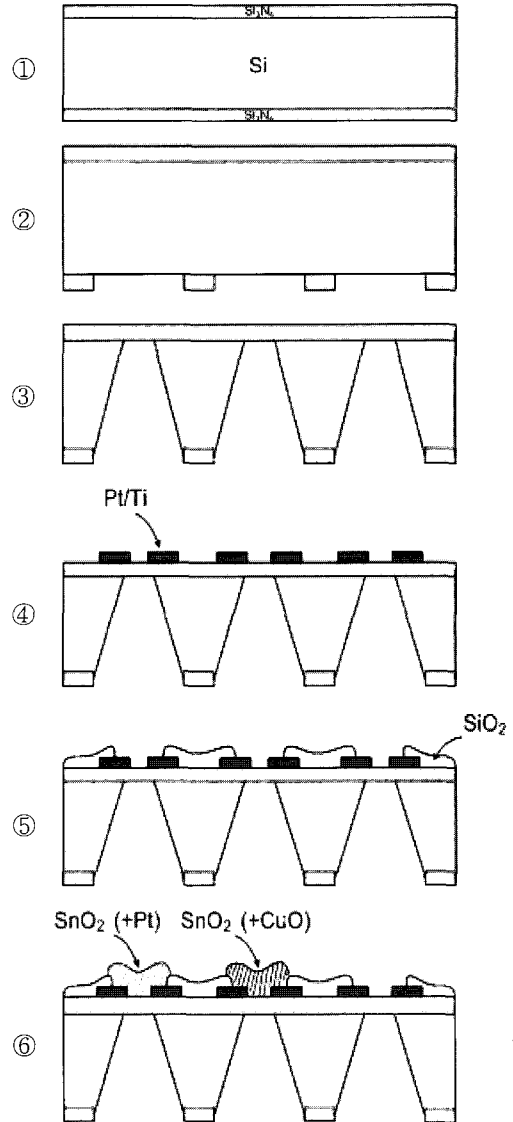


그림 2. 듀얼 MEMS센서 제작공정도.
 Fig. 2. Fabrication process for dual MEMS sensor.

다이하프램만이 남게 된다.

④ 이후에 Pt(2000 Å)/Ti(200 Å) 이중막이 전자빔 증착법(e-beam evaporation)법에 의해 형성되었다. 이때 아래층의 얇은 막의 Ti층은 히터와 가스감지막의 전극으로 사용될 두꺼운 Pt막이 바닥의 Si₃N₄박막과 접착이 강하게 되게 하기 위한 접착층(glue layer)로 사용되었다. 마스크 #2를 이용하여 lift-off 방식으로 Pt/Ti 이중층이 히터와 가스감지막의 전극으로 패터닝되었다. 가스감지전극 및 히터로서 패터닝이 된 Pt/Ti층은 이후 600 $^{\circ}$ C에서 1시간동안 질소분위기에서 열처리되어 어닐링(annealing)되었다.

⑤ Pt/Ti 전극의 보호를 위해 전극위에 PECVD방법으로 1500 Å 두께의 SiO₂박막이 형성되고, RIE방법에 의해 전극 패드와 감지막전극 부분(마스크 #3)이 에칭되었다.

⑥ 가스감지막으로서 SnO₂(+Pt) 및 SnO₂(+CuO) 박막은 각각 마스크 #4, 마스크 #5의 새도우 마스크(shadow mask)를 놓고 그 위에 금속박막을 형성한 후에 열산화를 650~

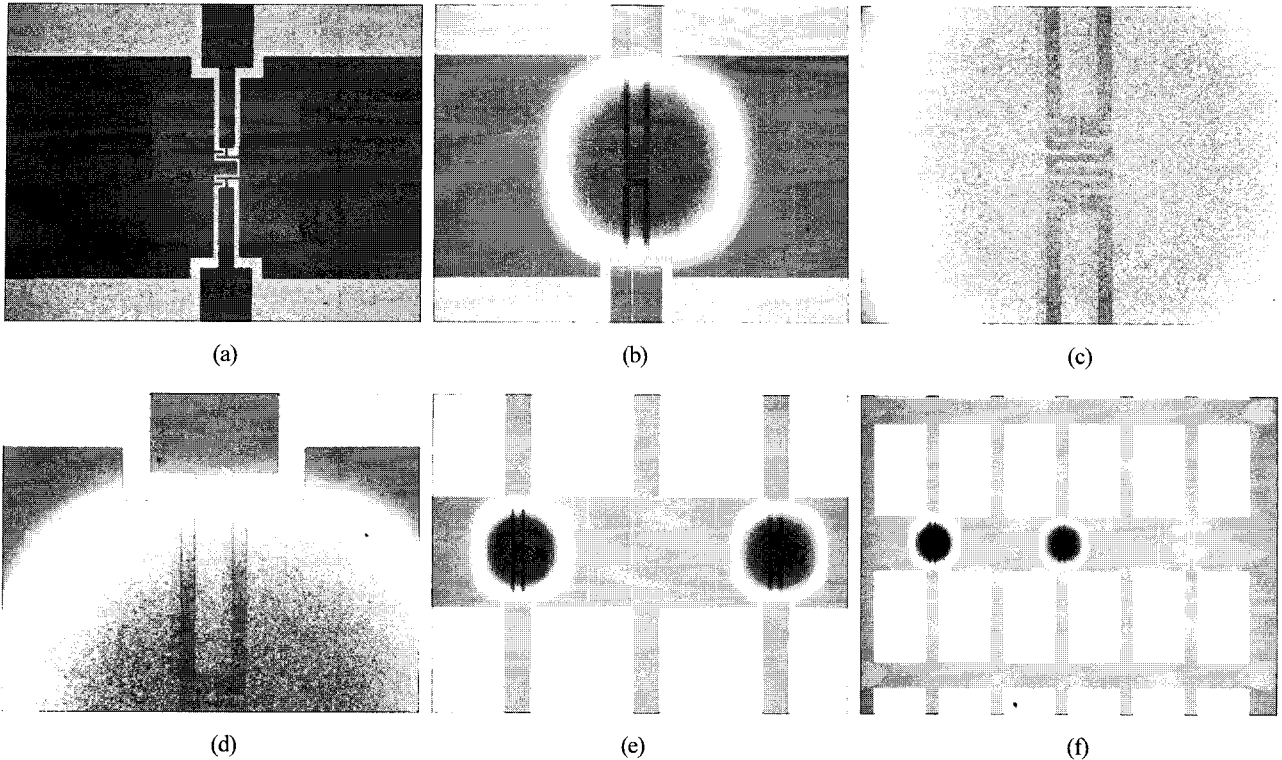


그림 3. 제작된 듀얼 MEMS 센서의 사진.

Fig. 3. Photographs of the fabricated dual MEMS sensor.

750°C에서 하므로써 최종적으로 금속산화물 반도체 가스감지막으로 이루어진 복합형 AQS가 완성되었다. 이렇게 새도우 마스크를 사용하여 각각의 감지박막을 형성하므로써 감지박막을 습식화학에칭이나 lift-off 방식에 의한 에칭 보다 훨씬 간편하게 형성할 수 있었다.

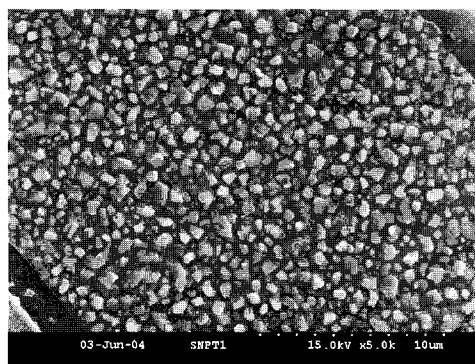
그림 3은 제작된 AQS 센서의 사진을 보여주고 있다. 2개의 감지박막을 가지는 복합 AQS 센서의 소자 크기는 $2 \times 2 \text{mm}^2$ 이다. 그림 3(a)는 $\text{SnO}_2(+\text{CuO})$ 박막이 형성되기 전 단계의 오른쪽 히터, 왼쪽 감지전극을 보여주고 있으며, 사진상의 중앙위치의 정사각형은 아래로부터 이방성 에칭된 다이아프램구조를 보여주고 있다. 그림 3(b)는 스테인레스 새도우마스크 위로 감지박막이 형성된 소자 모습을 보이는 것이다. 그림(e)에서는 $\text{SnO}_2(+\text{Pt})$, $\text{SnO}_2(+\text{CuO})$ 감지막이 형성된 복합형 AQS 모습을 보여주고 있다. 히터의 형태가 다른 것은 $\text{SnO}_2(+\text{Pt})$ 박막은 400°C에서 동작하도록 설계되어 있으며, $\text{SnO}_2(+\text{CuO})$ 감지막은 250°C에서 동작하도록 히터가 설계되어 있기 때문이다. 새도우 마스크를 사용하여 형성된 가스 감지박막은 그 크기가 가스감지막과 히터를 지지하는 다이아프램의 크기보다 약간 작게 형성될 수 있게 하여 다이아프램이 적당한 기계적인 강도를 가질 수 있게 설계하였다(b, c, d).

III. MEMS 집적형 AQS의 감지박막 특성 및 가스감지특성 분석

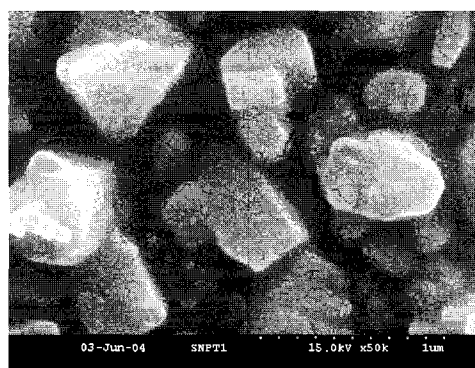
1. $\text{SnO}_2(+\text{Pt})$ 가스센서 소자(element)의 형성 및 감지특성
본 연구에서의 가스감지박막의 형성은 열산화에 의한 방

법을 사용하였다. 열산화법에서는 먼저 금속 Sn막을 1000~2000 Å 형성시키고 그 위에 30 Å 정도의 매우 얇은 촉매박막을 형성한 후에 650~750°C에서 1~3시간 열산화하므로써 금속 또는 산화물 촉매가 가스감지박막에 고르게 분포된 SnO_2 박막을 얻게 된다. 이러한 열산화법에 의한 가스감지박막은 다공성이 높아져서 안정되고 빠른 가스응답특성을 갖게 된다. 그림 4는 1500 Å 두께의 금속 Sn(+Pt)의 표면사진(a, b)과 열산화된 $\text{SnO}_2(+\text{Pt})$ 박막의 표면 사진(c, d)을 보여주고 있다. 아래 5만배 확대된 SEM사진에서 확인할 수 있는 바와 같이 열산화에 의해 산화된 SnO_2 박막의 표면은 박막을 형성하는 입자의 크기가 매우 입체적으로 형성되어 있을 뿐만 아니라 gas와 반응할 수 있는 비표면적이 매우 넓게 형성되어 있음을 확인할 수 있다.

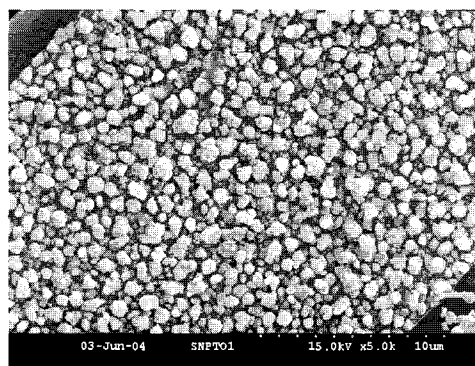
금속산화물 반도체를 이용한 반도체형 가스센서 중에서 가장 많이 사용되는 SnO_2 박막을 형성하는 방법으로는 RF 스퍼터링, e-빔 증착법, 화학기상증착법, 스피닝, 열산화법 등의 여러 가지 방법이 연구되어 오고 있다[3,10]. 이 중에서 열산화법에 의한 가스감지박막은 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째, 먼저 Sn금속박막을 형성한 후에, 산소분위기 또는 산소가 포함된 공기분위기에서 열산화를 하므로써 당초의 금속박막이 부피팽창을 하여 금속산화물 박막인 SnO_2 가 되는 과정에서 다공질의 박막이 만들어지므로 고감도의 가스감지박막이 쉽게 형성되는 장점을 나타내게 된다. 둘째, 마이크로센서를 제조함에 있어서 Sn 박막을 형성할 때에 새도우마스크를 사용하거나 Sn 금속박막을 에칭하는 것에 간단히 패터닝 형성이 가능하다는 장점을 가진다.



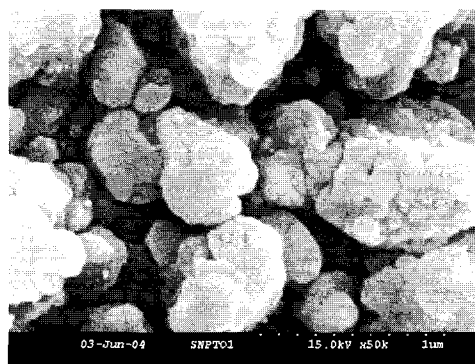
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4. Pt/Sn 1500 Å 두께 박막(a,b)와 열산화된 SnO₂(+Pt)박막(c,d)의 표면 SEM사진.

Fig. 4. SEM photographs of metallic Sn(+Pt) film 1500 Å thick(a, b) and oxidized SnO₂(+Pt) thin film(c,d).

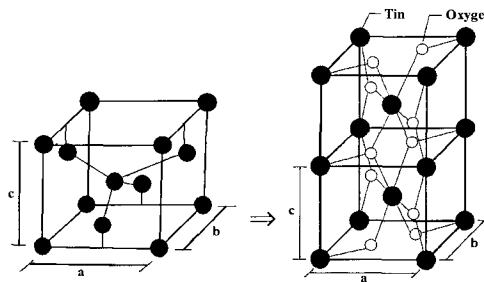


그림 5. Sn 단위셀의 산화에 의한 SnO₂ 단위셀로의 체적 팽창 모형도.

Fig. 5. Schematic diagram for volume expansion of SnO₂ from thermal oxidation of metallic tin.

화학기상증착법이나 스피닝에 의해 형성된 SnO₂박막을 패터닝하기 위해서는 HI 수용액을 사용하여 약 80°C에서 습식에칭이 되어야한다. 셋째, SnO₂에 촉매물질로 소량의 Pt, Pd 등의 귀금속 촉매나 다른 종류의 금속산화물을 첨가하게 되는데, 두꺼운 Sn 금속막위에 수십 Å 두께의 귀금속 촉매 또는 다른 금속막을 입힌 후 열산화하므로써 쉽게 작은 입자 모양의 귀금속 촉매 또는 다른 금속산화물이 분포된 SnO₂ 박막을 형성할 수 있다는 장점을 가지고 있다[11].

따라서 본 연구에서는 열산화법을 이용한 SnO₂ 가스감지 박막을 마이크로센서 제조에 이용하였다. 그림 5는 금속 Sn의 결정구조가 520°C 이상의 고온에서 SnO₂로 변화할 때의 체적변화를 보여주고 있다. 금속 Sn의 결정구조는 테트라고날구조로 결정 하나의 셀안에 4개의 Sn 원자를 가지게 된다.

이 Sn 단위셀이 산화가 되면 2개의 단위셀을 가진 또 다른 테트라고날구조의 SnO₂의 구조로 결정의 모양이 변화하게 된다. 즉, SnO₂의 테트라고날 구조에서는 하나의 결정셀 안에 2개의 Sn 원자를 가지는 구조로 변화하게되기 때문에 하나의 Sn 테트라고날 결정셀이 2개의 테트라고날구조의 SnO₂ 결정셀로 변화하게 되는 것이다. 이때 금속 Sn 테트라고날의 단위셀의 크기는 5.8312 Å × 5.8312 Å × 3.1819 Å이며, SnO₂ 테트라고날 단위셀의 크기는 4.737 Å × 4.737 Å × 3.185 Å이다. 금속 Sn과 산화물 SnO₂의 원자밀도는 각각 3.7 × 10²² cm⁻³과 2.7 × 10²² cm⁻³이 된다. 이렇게 되면 열산화에 의해서 약 32%의 부피팽창이 이루어지는 결과로 나타나게 된다[12].

이러한 산화에 의한 부피팽창이 가스감지막으로서의 박막의 특성을 개선시키는 효과를 가져온다. 즉, 매우 치밀한 구조의 Sn 금속박막이 우선 형성되고 이어서 약 700°C의 산소 또는 공기분위기에서 산화되므로써 가스감지박막으로 우수한 성능을 가지는 다공성의 박막구조로 변화하게 되는 것이다.

그림 6은 두께 2000 Å의 Sn 금속박막을 공기분위기, 700°C에서 1시간동안 열산화한 박막의 XRD 패턴이다. 이 그림에서 Sn 결정에 의한 피크는 전혀 찾아볼 수 없고, 완전히 SnO₂ 박막에 의한 XRD 피크만 나타남으로서 열산화처리후에 박막이 완전히 산화되었음을 확인할 수 있다.

그림 7은 30 Å 정도의 Pt 박막이 형성된 여러 두께의 Sn

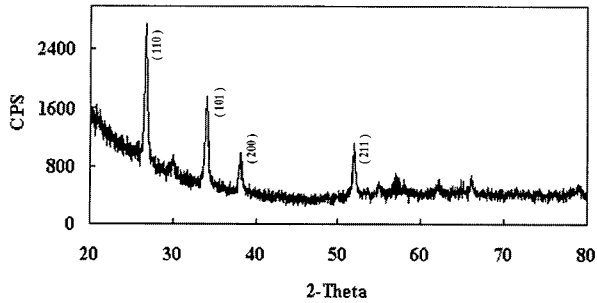
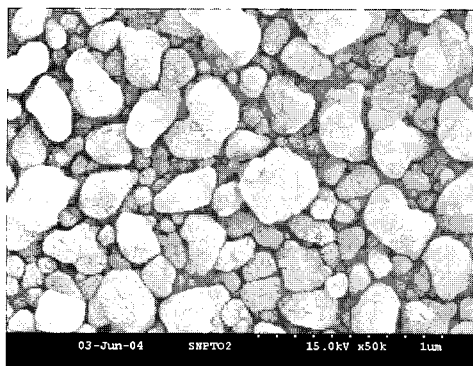
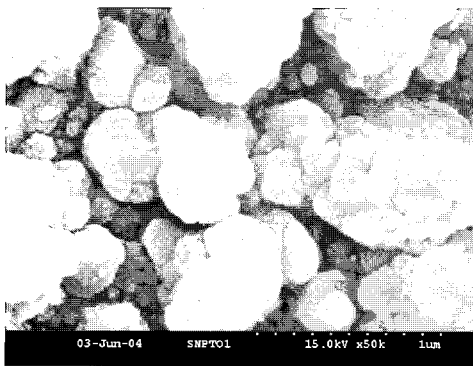


그림 6. Sn 금속 박막을 700°C에서 1시간 열산화한 박막의 XRD패턴.

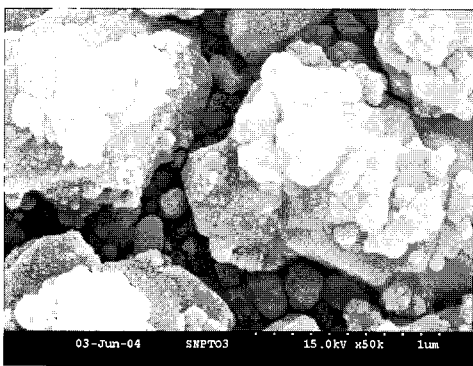
Fig. 6. XRD pattern of the thin oxidized Sn film at 700°C for 1 hr.



(a) 1000 Å



(b) 1500 Å



(c) 2000 Å

그림 7. SnO₂(+Pt) 박막의 표면 고배율 SEM사진.

Fig. 7. High resolution SEM photographs of SnO₂ (+Pt) thin films.

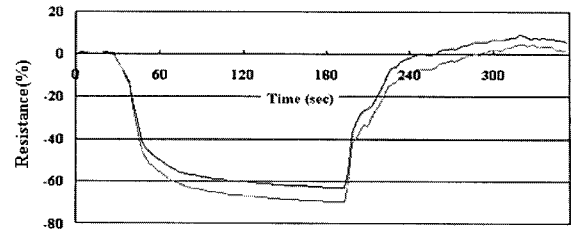


그림 8. SnO₂(+Pt) 박막의 100ppm CO에 대한 응답곡선.

Fig. 8. Response curves of SnO₂(+Pt) thin film for 100ppm CO.

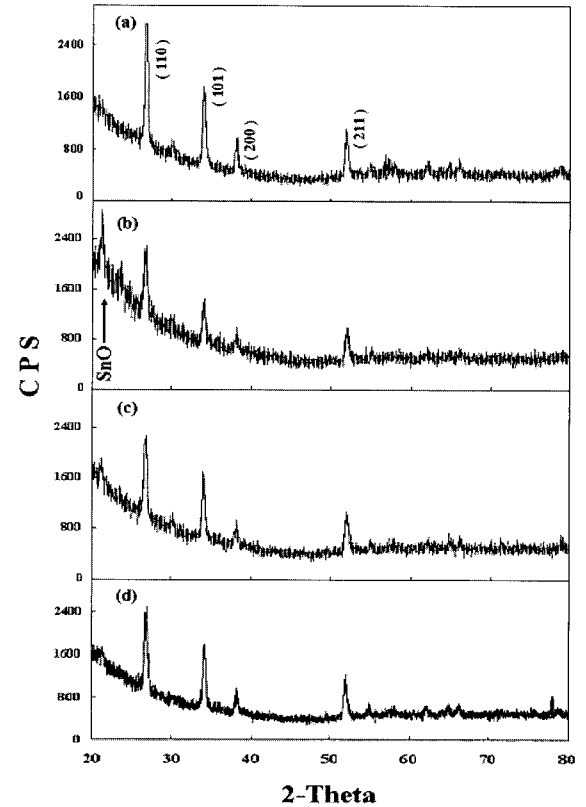


그림 9. 각각 600, 650, 700°C에서 열산화 한 SnO₂(+CuO) 박막의 XRD패턴.

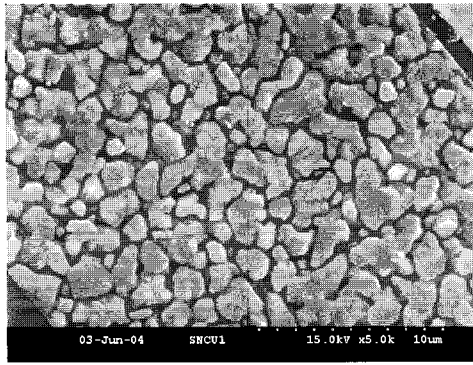
Fig. 9. XRD patterns of SnO₂(+CuO) thin films oxidized at 600, 650 and 700°C.

박막을 700°C에서 1시간 동안 열처리한 SnO₂(+Pt) 박막의 동일배율의 표면 SEM사진이다. 두께가 두꺼워질수록 금속 산화막의 표면의 2차 입자의 크기가 커지는 것을 확인할 수 있다.

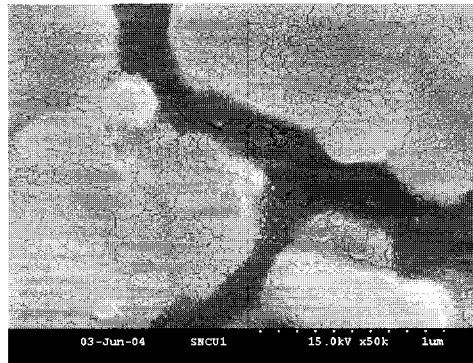
그림 8은 1500 Å 두께의 Sn막을 산화한 SnO₂(+Pt) 가스 감지소자의 CO 100ppm에 대한 응답곡선을 보여주고 있다. 90%정도의 저항변화를 보이고 있으며 안정되게 회복특성을 나타내고 있다.

2. SnO₂(+CuO) 가스센서소자(element)의 형성 및 감지특성

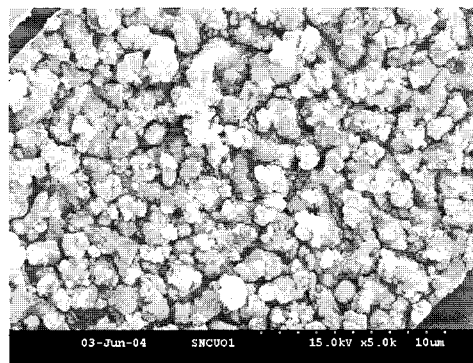
그림 9에서 확인할 수 있는 바와 같이 고온에서 열산화할수록 박막을 구성하는 결정입자의 크기가 증가되어서 가스에 대한 감도가 감소함을 알 수 있었다.



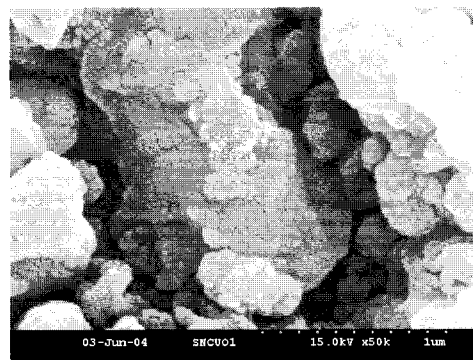
(a)



(b)

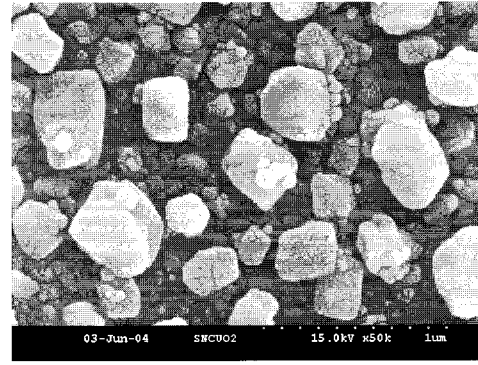


(c)

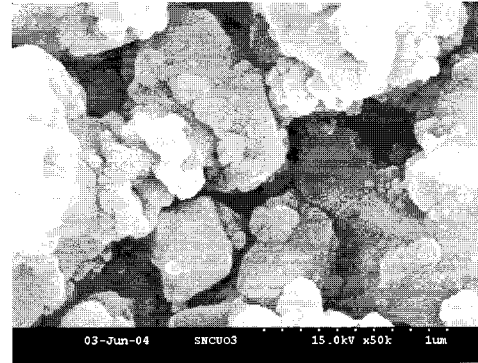


(d)

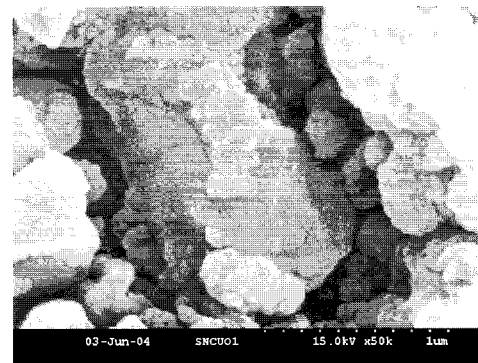
그림 10. 2000 Å 두께의 Cu/Sn 박막의 표면사진(a,b)과 산화된 SnO₂(+CuO) 박막의 표면사진.
Fig. 10. SEM photographs of metallic Cu/Sn film 2000 Å thick(a, b) and oxidized SnO₂(+CuO) thin film(c,d).



(a) 1000 Å



(b) 1500 Å



(c) 2000 Å

그림 11. SnO₂(+CuO) 박막의 표면 SEM사진.
Fig. 11. SEM photographs of SnO₂(+CuO).

그림 10은 SnO₂(+CuO) 박막의 표면 SEM사진이다. 5만배를 SEM사진에서는 가스감지막의 표면이 매우 다공성이고 거친것을 확인할 수 있다.

그림 11은 다양한 두께의 Cu/Sn 박막을 열산화한 SnO₂(+CuO) 박막의 고배율 표면 SEM사진이다. 그림 7의 SnO₂(+Pt) 박막에 비해서 2차입자의 크기가 더욱 커져있는 것을 확인할 수 있다. 첨가된 Pt 귀금속 촉매나 CuO 산화물이 SnO₂로의 열산화과정에서 박막표면의 표면 형태 변화에 큰 영향을 준 것을 확인할 수 있다. 각종 가스에 대한 감도는 이러한 표면구조의 형태나 촉매의 크기 및 분포에 의해 결정되는 것으로 추측된다.

그림 12는 SnO₂(+CuO) 박막의 5ppm의 H₂S(악취)에 대한 반응특성을 여러개의 동일한 공정에 의한 가스감지센서를

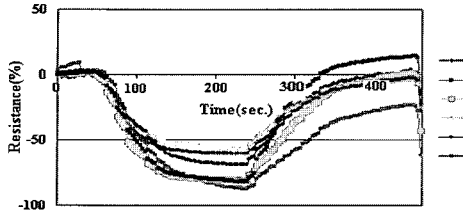


그림 12. SnO₂(+CuO)박막의 5ppm H₂S에 대한 가스응답특성.
Fig. 12. Gas response curves of SnO₂(+CuO) thin film for 5ppm H₂S.

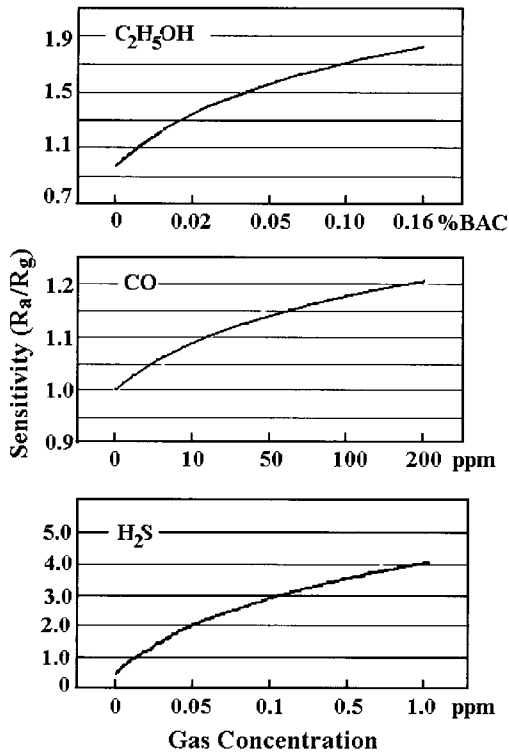


그림 13. SnO₂(+CuO) 박막의 알코올, CO 및 H₂S가스에 대한 선택성.
Fig. 13. Gas selectivity properties of SnO₂(+CuO) thin film to H₂S, C₂H₅OH and CO.

사용하여 측정된 가스응답곡선을 보인 것이다.

그림 13은 SnO₂(+CuO) 박막의 CO 및 알코올가스에 대한 H₂S가스에 대한 선택성을 보여주는 것이다. 제작된 SnO₂(+CuO)박막은 알코올이나 CO 가스에 대하여 매우 높은 가스선택성을 보이는 것으로 나타났다. 각 가스에 대한 선택성 측정에서 사용된 가스농도는 유해정도나 통상농도측정 영역을 고려하여 결정하였다.

IV. 결론

자동차 내부로 유독성가스의 인입을 방지하기 위해 자동차 외부공기 인입구에 설치되는 AQS센서를 개발하였다. AQS가 악취분별능력을 가질 수 있도록 하기 위해 마이크로센서 유형의 실리콘 듀얼타입 집적형 유해가스 유입차단

센서를 개발하였다. 독성가스인 CO와 냄새의 주성분인 H₂S를 동시에 감지하기 위한 복합센서로서, 실리콘 기판위에 SnO₂(+Pt) 감지박막과 SnO₂(+CuO) 감지박막을 동시에 가지는 듀얼형 마이크로 어레이 가스센서가 설계되어 제작되었다. 가스감지박막은 다공성의 안정된 특성을 나타내도록 금속 Sn 박막을 형성한 후에 열산화시키는 공정에 의해 제작되었으며, 마이크로센서에서의 감지박막 패터닝의 어려움을 극복하기 위해 금속마스크를 사용하는 새도우 마스크 공법에 의해 간편한 공정으로 감지박막의 형성될 수 있었다.

제작된 듀얼형센서는 그 크기가 2×2mm²로서 소형의 구조로서 SnO₂(+Pt) 박막이 CO와 같은 환원성가스에 대하여 우수한 감도를 나타내었으며, SnO₂(+CuO) 박막은 1ppm의 H₂S가스에 대해서는 감도 4의 감지특성을 나타내었다. 비록 응답시간이 빠르지는 않지만 가스 감응특성이 안정되고 이러한 저농도에 대해 우수한 가스감지특성은 나타내는 것은 본 연구에서 사용된 금속 Pt/Sn 또는 Cu/Sn 박막의 열산화방법이 오염공기 및 악취 검지를 위한 차량용 차단센서를 위한 유용한 마이크로센서 제작기술임을 나타내고 있는 것으로 보여진다.

참고문헌

- [1] <http://www.sensormag.com/resources/businessdigest/sbd0201.shtml>, "Sensor industry developments and trends," Sensors, 2001.
- [2] D.-S. Lee, "SnO₂-based sensor arrays for monitoring combustible gases and volatile organic compounds," *Ph.D. dissertation*, Kyungpook National University, pp. 114-127, 2000.
- [3] W.-Y. Chung and J.-W. Lim, "Patterning of thin tin oxide films with nano-size particle for 2-Dimensional micro gas sensor array," *Current Appl. Phys.*, 3, pp. 413-416, 2003.
- [4] N. Yamazoe, N. Miura, in: S. Yamauchi(ed.), *Chemical Sensor Technology* vol. 4, Kodansa, Tokyo, pp. 19-42, 1993.
- [5] 정완영, 김태용, 서용수, 다단계 온도 감지박막을 가진 영역 흐름측정용 마이크로 흐름센서, 제어·자동화·시스템공학논문지, vol. 12, no. 1, pp. 85-92, 2006.
- [6] M. Ando, S. Suto, T. Suzuki, T. Tsuchida, C. Nakayama, N. Miura, N. Yamazoe, "H₂S-sensitive thin film fabricated from hydrothermally synthesized SnO₂ sol," *J. Mater. Chem.*, vol. 4(4), pp. 631-633, 1994.
- [7] J. S. Suehle, R. E. Cavicchi, M. Gaitan, and S. Semancik, "Tin oxide gas sensor fabricated using CMOS micro-hotplates and in-situ processing," *IEEE Electron Device Letters*, vol. 14, pp. 118-120, 1993.
- [8] V. Demarne and A. Grisel, "A new SnO₂ low power temperature deposition technique for integrated gas sensors," *Sensors and Actuators B*, vol. 15-16, pp. 63-67, 1993.
- [9] W.-Y. Chung, J.-W. Lim, D.-D. Lee, N. Miura, Noboru

Yamazoe, Thermal and gas-sensing properties of planar-type micro gas sensor, *Sensor and Actuators B*, vol. 64, pp. 118-123, 2000.

[10] W.-Y. Chung, Y.-S. Lee, and D.-D. Lee, "Indium oxide thin film sensor by sol-gel method for ozone monitoring," *J. of Materials Science Letters*, vol. 22, pp. 907-909, 2003.

[11] W.-Y. Chung, C.-H. Shim, S.-D. Choi, and D.-D. Lee, "Tin oxide micro sensor for LPG monitoring," *Sensors and Actuators B*, vol. 20, pp. 139-143, 1994.

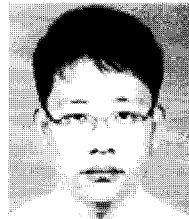
[12] W.-Y. Chung, Design and Fabrication of Micro Gas Sensors with a Metal Oxide Sensing Layer, *Ph.D. dissertation*, Kyushu University, Japan, pp. 45-63, 1998.



정완영

1987년 경북대 전자공학과 졸업. 1989년 동 대학원 석사. 1998년 일본 규슈대학 박사. 1993년~1999년 세명대학교 전자공학과 조교수. 1999년~현재 동서대학교 컴퓨터정보공학부 부교수. 디자인 & IT전문대학원 원장. 관심분야

는 가스센서, 실리콘센서, 유비쿼터스 센서네트워크, 유비쿼터스 헬스케어.



심창현

2003년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 현재 (주)센스 앤 센서 대표이사. 관심분야는 가스센서, MEMS 센서, 임베디드시스템, 센서응용시스템, 차량용 제어시스템.