

집적도를 높인 평면형 가스감지소자 어레이 제작기술

정 완 영

동서대학교 인터넷공학부

전화 : 051-320-1756 / 핸드폰 : 016-466-3615

New Fabrication method of Planar Micro Gas Sesor Array

Wan-Young Chung

School of Intenet Engineering, Dongseo University

E-mail : wychung@dongseo.ac.kr

Abstract

Thin tin oxide film with nano-size particle was prepared on silicon substrate by hydrothermal synthetic method and successive sol-gel spin coating method. The fabrication method of tin oxide film with ultrafine nano-size crystalline structure was tried to be applied to fabrication of micro gas sensor array on silicon substrate. The tin oxide film on silicon substrate was well patterned by chemical etching upto 5 μ m width and showed very uniform flatness. The tin oxide film preparation method and patterning method were successfully applied to newly proposed 2-dimensional micro sensor fabrication.

I. 서론

반도체형 가스센서의 가장 큰 단점 중의 하나는 특정한 가스의 감지를 위한 센서임에도 불구하고 여러 가지 가스에 대해 비교적 반응을 많이 한다는 사실이다. 이러한 반도체형 가스센서의 단점을 극복하기 위하여 지금까지는 단일소자의 선택성을 향상시키는 연구가 많이 이루어져 왔다. 그러나 최근에는 다양한 특성을 가지는 센서어레이를 구성하고 이로부터 들어오는 신호를 적당히 처리하여 특정한 가스를 인식하려는

노력이 많이 이루어지고 있다. 이러한 최근의 연구경향은 보다 더 진보되어 가스를 반정량적으로 인식하는 "전자코"의 개발에도 활발한 연구가 이루어지게 하고 있다.

본 연구에서는 이러한 전자코 등에 사용될 수 있는 입력센서어레이로서 더욱 가능성이 높은 집적형 어레이센서에 관해 연구한 내용이다. 실리콘을 이용한 가스센서어레이에서 해결해야할 중요한 기술적인 문제는 (1) 적당한 가스감지박막의 형성과 패터닝, (2) 실리콘 기판에 영향을 주지 않으면서도 원하는 동작온도를 유지할 수 있는 히터의 형성이다. 본 연구에서는 실리콘 기판위에 적당히 다른 온도에서 동작하는 새로운 평면형 형태의 센서어레이제조기법을 제시하고, 동작온도와 저전력 동작을 위해 상업용 유한요소 시뮬레이션인 ANSYS를 사용하여 열해석을 하고 그 설계의 타당성을 보여주려고 한다.

II. OBP 탑재 위성 B-ISDN

2.1 센서어레이의 구조

본 연구에서는 각기 다른 감지특성을 가지는 센서로 이루어지는 센서어레이의 집적도를 높이면서도 그 각기 다른 가스 감지특성을 잘 제어할 수 있는 형태의 소자를 구상하게 되었다. 감지특성이 다른 센서

를 만들기 위해서는 감지박막을 각기 다른 물질로 만드는 방법과 동일한 감지박막을 사용하되 동작온도를 다르게 하는 방법이 있을 수 있다. 이 논문에서는 위의 두가지 방법을 사용하는 고집적도 마이크로 가스센서 어레이를 제작하는 방법을 개발하였다. 또한 전형적인 실리콘 산화막을 사용한 멤브레인이 열적인 안정성이 떨어져서 온도가 동작온도까지 오르내리면서 열스트레스에 의해 쉽게 파손되는 단점을 보완하기 위해 상용의 유리기판을 사용하는 방법을 처음으로 시도하였다.

먼저 본 실험에서는 두께가 125 μm 인 유리판을 기판으로 사용하여 마이크로가스센서를 제작해서 그 특성을 조사했다. 그리고 물리적인 충격이나 장기간의 사용에 의한 소자특성의 열화가 일어나지 않도록 하였다. 열적으로 고립된 멤브레인상의 중앙에 하나의 히터를 배치하고 그 양측면에 여러개의 감지박막을 동일기판면상에 형성함으로써 소자 제조를 단순화하였고, 하나의 히터가 발생시키는 열로써 여러개의 감지박막이 서로 다른 온도에서 각각 동작하도록 하였다. 그림 1은 본 연구에서의 제안된 평면형 마이크로센서어레이의 구조를 보여주고 있다.

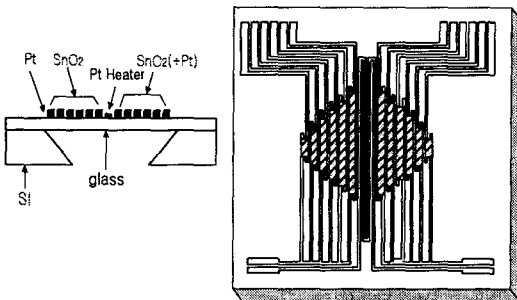


그림 1. 평면형 마이크로센서 어레이의 구조

2.2 센서제조공정

먼저 본 실험에서는 두께가 125 μm 인 코닝 7740 유리판을 기판으로 사용하여 마이크로가스센서를 제작해서 그 특성을 조사했다. 그리고 물리적인 충격이나 장기간의 사용에 의한 소자특성의 열화가 일어나지 않도록 하였다. 열적으로 고립된 멤브레인상의 중앙에 하나의 히터를 배치하고 그 양측면에 여러개의 감지박막을 동일기판면상에 형성함으로써 소자 제조를 단순화하였고, 하나의 히터가 발생시키는 열로써 여러개의 감지

박막이 서로 다른 온도에서 각각 동작하도록 하였다.

그림2에 마이크로가스센서의 제작 공정 순서도를 나타내었다. 제작 공정은 다음과 같다.

- (a) 센서 제작을 위한 기판으로 두께가 125 μm 인 코닝 7740 유리판을 사용하였다. 이 유리기판은 열팽창 계수가 실리콘 지지대와 비슷하여 양극 접합에 용이한 장점이 있다.
- (b) 유리기판을 초기 세척한 후 전면에 r.f. 마그네트론 스퍼터를 이용하여 in-situ로 Ti를 0.03 μm , Pt를 0.23 μm 두께로 연속하여 증착하였다. 여기서 Ti층은 Pt와 절연물층간의 접착성을 좋게 하기 위한 것이다.
- (c) 마스크 #1을 이용하여 Pt를 습식식각(식각액 = 70HCl : 10HNO₃ : 80H₂O, 85 $^{\circ}$ C)해서 Pt 히터와 감지전극을 형성하였다.
- (d) 마스크 #2를 이용하여 열증착기로 증착된 1,500 Å Sn을 lift-off법으로 감지막 패턴을 형성하였다.
- (e) 증착된 Sn을 650 $^{\circ}$ C에서 3시간 동안 산소분위기에서 열산화시켜서 SnO₂ 로 변화시켜서 가스 감지박막이 되게 하였다.
- (f) 또한 히터의 한쪽에 있는 감지막에만 반응성을 향상시키거나 순수한 SnO₂ 박막과의 가스감지 특성의 차별화를 위해, 이온증착기로 Pt를 30 Å 초박막으로 증착한 후, 600 $^{\circ}$ C에서 30분간 질소분위기에서 열처리함으로써 귀금속층에 Pt가 표면위부에 고립된 미세 섬형식으로 분포된 SnO₂(+Pt) 감지박막을 형성함으로써 코닝 7740 유리판에 마이크로가스센서어레이의 주요 구성요소들을 형성하였다.

코닝 7740 유리판에서 히터, 전극, 감지박막이 형성된 면적은 3 \times 5mm²이다. 감지막의 크기는 히터와 가까운 쪽에서부터 살펴보면 가로 폭은 100 μm 로 동일하지만, 세로 길이는 1600, 1300, 1000, 700, 400, 100 μm 로 다르게 설계하였다. 이는 전체적으로 중앙에 위치한 히터에 의해 감지박막에서 균일한 온도가 유지되는 영역이 중앙히터로부터 떨어질수록 좁아지기 때문에 가급적 감지영역을 넓히면서도 감지박막의 동작온도를 균일하게 유지하기 위한 설계에서 비롯되었다. 마이크로머시닝된 실리콘 지지대에 양극접합이 될 소자의 전체 크기는 9 \times 7mm²이다.

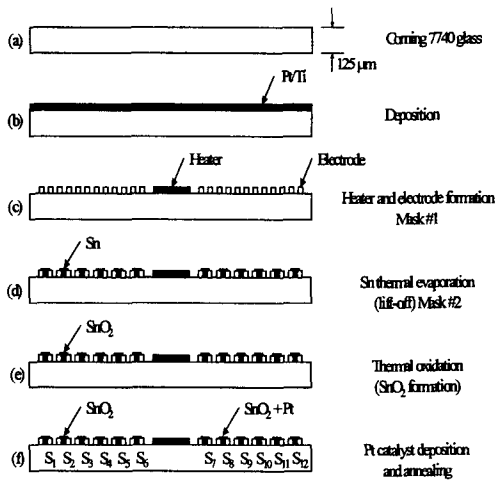


그림 2. 마이크로가스센서 어레이의 공정순서도

2.3 센서의 열해석

열해석은 전체소자의 형태가 완전대칭인 것을 가정하여서 전체 어레이 소자의 1/4만에 대해 수행되었다. 이는 전체적인 해석을 위한 복잡성을 방지하기 위함이다. 그림 3은 본 연구에서의 전형적인 FEM 모델을 보여주고 있다. 열해석의 정밀성 향상을 위해 해석 단위가 되는 셀을 나누는 메쉬간격을 다양화하였다. 즉, 가스감지박막이나 히터가 있는 부분은 세밀하게 메쉬형태가 되게 하였고 그에 반하여 실리콘 벌크 등의 부분은 메쉬의 형태가 커지도록 하였다.

III. 결과 및 고찰

마이크로 센서의 감지막 어레이를 위한 히터의 위치를 실리콘벌크에 의한 열차단과 그에 따르는 저전력화의 필요성에 의해 열절연막(유리기판) 중앙에 두도록 설계하였다. 즉, 센서어레이가 위치하는 부분의 열고립을 위해 실리콘 위쪽으로부터 이방성에칭에 의해 실리콘 벌크 부분이 에칭되었다. 에칭 후에 얇은 유리기판이 놓이고 그 이전에 이 유리기판에는 히터의

양쪽에 각각 6개의 완전 대칭형 감지박막 어레이가 형성되어 있게 된다. 센서어레이(감지박막 어레이)의 열분포를 확인하기 위해 중앙의 히터를 500℃ 까지 가열한 다음에 각 감지박막의 온도를 조사한 결과를 그림 4에 보였다. 지금까지 연구되고 있는 실리콘을 기판으로 하는 마이크로가스센서에서, 히터로부터 실리콘 기판으로 열전달을 방지하기 위한 구조로 사용된 것은 주로 실리콘질화막, 실리콘산화막, 질화막과 산화막의 샌드위치구조, PSG막 등이 히터와 감지박막의 지지막으로 사용되고 그 아래부분의 실리콘 벌크는 이방성에칭되는 구조를 취하였다. 이러한 구조에서 가장 문제가 되는 것은 가스감지막의 동작을 위해서는 감지막의 온도가 약 300~500℃로 올려야 한다는 것이다. 이렇게 동작온도를 올렸다가 내렸다가 되풀이되거나 고온에서 장시간 동작할 경우에 히터와 감지박막을 지지하는 산화 또는 질화박막은 열스트레스에 의해 그 수명이 비교적 짧은 것으로 보고되고 있다. 이러한 열스트레스에 대한 저항력을 증대시키는 것이 이 마이크로센서의 상용화에 중요한 요인이 되고 있다. 본 연구에서는 실리콘기판의 벌크에 의한 열전달 방지와 가스감지박막의 가열을 위한 두가지 목적에 열스트레스로부터의 안정성 향상을 위해 얇은 유리기판위에 히터와 감지막을 형성하고 그 유리기판을 실리콘 기판에 붙여서 사용하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 지금까지 시도된바 없는 본 연구에서 처음 시도되는 방법이다.

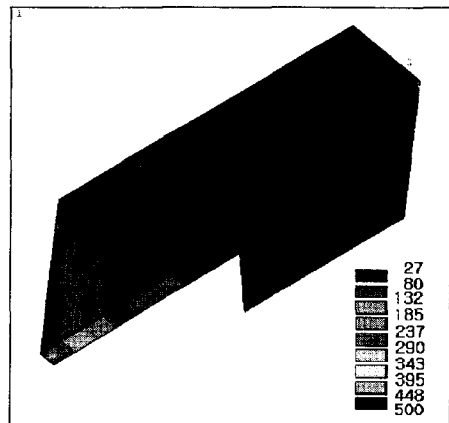
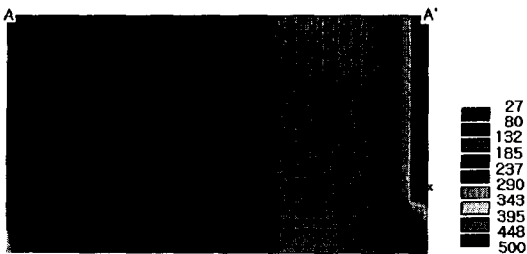


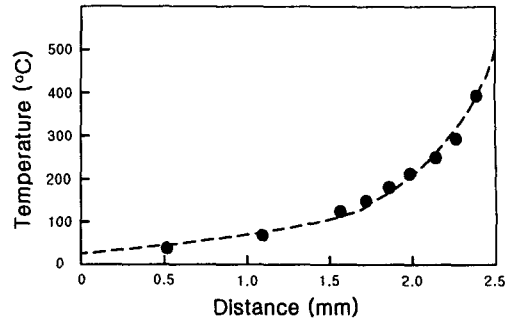
그림 3 히터가 온도 500℃ 일때의 전형적인 센서어레이(전체의 1/4)의 온도분포.

또한 히터의 온도가 동일한 상태에서 각 센서감지박막 어레이의 온도분포를 조사하여 그림 5에 요약하였다. 그림 4에서 대부분의 온도기울기가 얇은 유리기판에서 이루어지며 실리콘 기판 자체의 온도는 열해석에서 대입한 실온인 27°C를 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 즉 센서어레이의 구조에서 가장 중앙에 위치한 히터를 중심으로 대칭 형태로 위치한 가스감지박막의 온도는 히터로부터 멀어질수록 온도가 낮아지지만 유리기판을 지지하는 실리콘벌크의 온도는 실온이라는 사실을 확인할 수 있었다. 제조된 센서어레이는 히터에 공급하는 전력(전압)의 크기에 따라 히터의 온도가 결정된다. 중앙히터의 온도가 500°C가 되도록 공급전력이 조절되었을 때의 12개의 감지막 중에서 한쪽편에 있는 6개 감지박막의 온도는 395에서 160°C로 비교적 선형적인 온도분포를 가지고 있는 것으로 나타났다. 즉, 중앙히터에 가장 근접된 감지막의 온도가 395°C이고 센서어레이의 가장 바깥쪽의 감지막의 온도가 160°C로 나타났다.

그림 5에는 125µm 두께의 얇은 유리기판의 온도 단면 분포도를 보이고 있다. 기판의 단면에서 500~27°C의 분포로 완전한 선형적으로 온도가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이렇게 실리콘 기판의 벌크로의 열전달이 전혀 없으므로 해서 센서어레이소자 자체의 전력소모를 감소시킬 수 있게 된다. 얇은 유리지지기판의 온도분포 열해석은 추후 센서 감지막의 지지 다이아프램 설계에 귀중한 자료가 될 것으로 예상된다.



(a)



(b)

그림 4. 중앙의 히터의 온도가 500°C일때, 각 감지박막이 온도분포도를 보여주는 시뮬레이션 결과.

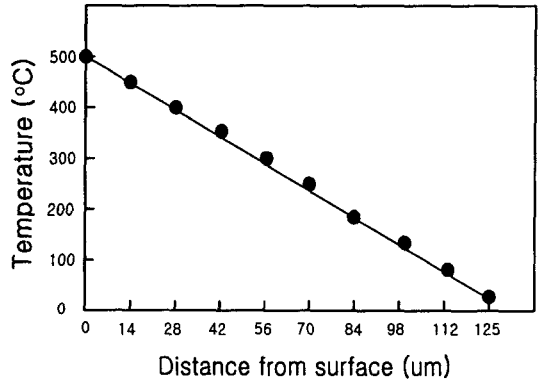


그림 5. 유리기판의 뒷면에서(히터의 바로 위의 장소) 가장 하단으로의 평면온도 분포 시뮬레이션 결과(수직으로 온도가 크게 변화함을 알수있다).

IV. 결론

본 연구에서 실리콘 마이크로 가스센서의 장기 열적 안정성 확보를 위한 새로운 기술인 유리기판 접합기술이 소개되었다. 또한 중앙에 히터를 두고 가스감지박막을 배열하는 새로운 고집적 센서어레이기술이 적용되어 성공적으로 고집적 마이크로 가스센서 어레이가 제작될수있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 지역대학 우수과학자 지원사업(No.R05-2002-000-01505-0)의 결과로서 이루어진 것입니다.