

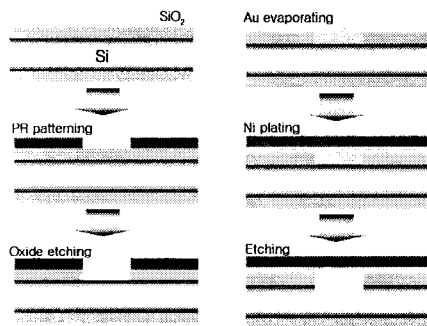
마이크로 가스센서를 이용한 H₂ 가스 감지특성에 관한 연구

이 의 식, 이 주 헌, 이 병 옥, 김 창 교
 순천향대학교 정보기술공학부

A study on hydrogen gas sensing characteristics using micro gas sensor

Eui-Sik Lee*, Joo-Hun Lee, Byoung-Wook Lee, Chang-Kyo Kim
 School of Information Techology Engineering, Soonchunhyang University

요약 - MEMS 기술을 이용하여 마이크로 H₂ 가스센서를 제작하고 마이크로 히터의 열적 특성과 H₂ 가스 농도 변화에 따른 마이크로 가스센서에 대한 감도를 분석하였다. 마이크로 가스센서의 전압 인가에 따른 히터의 온도는 1.0V에서 250~280℃의 고온 특성을 보였으며, 동작 온도 250℃에서 H₂ 가스는 SnO₂/V₂O₅/Pd의 감응물질을 도포한 센서의 반응이 우수한 특성을 확인하였다. 동작 온도 250℃ H₂ 농도 5000ppm의 조건에서 SnO₂/V₂O₅/Pd의 감응물질을 도포한 가스센서에서 H₂ 흡착 반응 시간은 3sec이고 탈착 반응 시간은 8-10sec의 결과를 보였다.



1. 서 론

가연성 가스 또는 유해 가스의 감지를 위해 사용되는 다양한 방식의 가스센서 중에서 반도체 방식의 가스센서가 가장 발전된 형태이며 그 중에서도 MEMS 기술을 이용하여 실리콘 웨이퍼로 제작하는 마이크로 가스센서가 저전력, 저가격 등의 획기적인 장점으로 인하여 주목을 받고 있다.[1-2] 마이크로 가스센서가 가스를 감지하기 위해서는 동작 특성상 해당 가스의 감도가 높은 온도로 내부에 형성된 히터를 이용하여 감지부를 가열해야 한다. 본 연구에서는 기존의 마이크로 가스센서의 대표적 모델인 박막형 모델과는 구조가 다른 실리콘 구조를 위에 감지부를 형성하는 방식의 기둥구조형 마이크로 가스센서(Pillars type micro gas sensor)를 연구대상으로 하였으며, 마이크로 히터의 열적 특성과 H₂ 가스의 농도 변화에 따른 마이크로 가스센서의 감도에 관하여 연구하였다.[3-5]

2. 본 론

2.1 소자 제작

반도체식 가스센서의 기관 재료로는 N형 <100> 방향의 4인치 실리콘 웨이퍼를 이용하였다. 실리콘 웨이퍼의 양면에 1μm 두께의 산화막(SiO₂)을 열산화 방법에 의해 형성하였다. 전극과 히터를 위한 패턴은 노광공정(photolithography) 공정에 의해 형성되었다. 전해도금을 위한 Seed layer로서 전극과 히터의 패턴위에 Au층을 E-beam evaporator 방법을 이용하여 증착하였다. Ni막을 전해도금 방법으로 형성한 후에 Au층을 식각하였다. 그림 1은 마이크로 가스센서의 제작 공정을 보여주고 있다. 마이크로 가스센서는 동일 평면 상에 마이크로 히터와 전극이 위치하고 있다. 마이크로 히터와 전극은 금속만으로 구성되어있고, 전극은 마이크로 히터 안쪽에 위치하고 있다. 감지물질은 섀도우 마스크를 이용하여 스크린 프린트(screen-print)법으로 도포하였다.

그림 1. H₂ 가스센서의 제작 순서도
 Fig. 1. Flow chart of the fabrication for H₂ gas sensor.

그림 2(a)는 H₂ 가스센서의 FE-SEM 사진이며, 그림 2(b)는 마이크로 히터판의 발열을 마이크로 스코프로 촬영한 사진을 보여주고 있다. 마이크로 가스센서의 전체 크기는 1mm×1mm 이다. 마이크로 히터의 폭은 20μm이며, 두께는 6μm 이다.

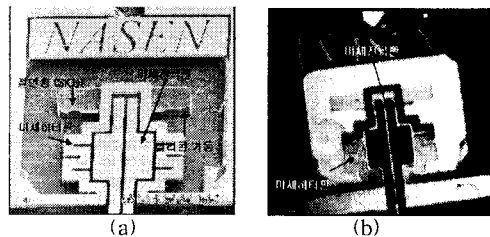


그림 2. 완성된 H₂ 가스센서의 FE-SEM 사진과 마이크로 히터의 발열 사진
 Fig. 2. The fabricated H₂ sensor FE-SEM Image and photograph of micro heater.

2.2 실험장치 및 측정방법

마이크로 히터의 온도에 따른 발열 특성을 보기 위하여 열화상 카메라로 마이크로 히터의 표면을 측정하였다. 기체 상태로 존재하는 H₂ 가스를 온도와 농도, 감도 특성을 확인하기 위하여 테스트 박스 내부에 센서를 고정 시키고 가스를 주입하였다. 가스의 유량과 농도는 MFC를 이용하여 조절하였으며, 주입된 가스의 저항 변화를 Labview 프로그램을 통하여 실시가 모니터링 하였다.[5-6]

2.3 실험 결과 및 고찰

그림 3은 실제 가스센서의 발열을 열화상 카메라로 촬영한 것으로 인가 전압을 1V 주었을 때 가스센서의 주요부에서 250℃ 고온을 나타내고 있다. 열화상 분석 그래프를 통해 마이크로 히터에서 발열되는 열이 실리콘 하부로 방사되지 않음을 확인하였으며, 마이크로 히터의 열이 감응물질에 전달되어 220-230℃의 고온을 유지하고 있음을 확인하였다.

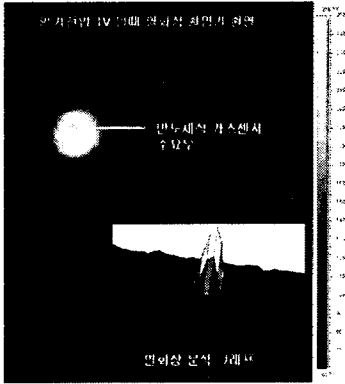


그림 3. 반도체식 H₂ 가스센서 1.0V 인가전압을 주었을때 열화상 카메라로 촬영
Fig. 3. IR Image of micro H₂ gas sensor.

그림 4는 마이크로 히터부에 1.5V의 인가 전압을 주었을 때의 발열상태를 나타내고 있으며, 가스센서에서 측정되는 온도가 650℃임을 확인하였다. 이것은 반도체식 가스센서가 1.5V의 낮은 구동전압으로 고온 동작이 가능할 수 있음을 알 수 있다. 650℃의 고온에서는 미세히터판과 전극판을 지지하는 실리콘 하부로 다소 열 손실이 발생되고 있음이 확인할 수 있었다.

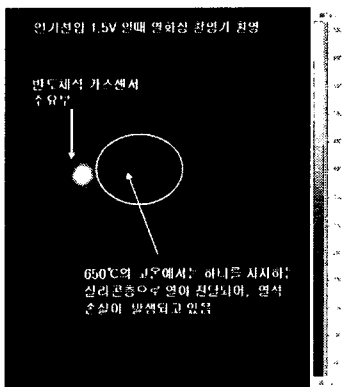


그림 4. 반도체식 H₂ 가스센서에 1.5V 인가전압을 주었을때 열화상 카메라로 촬영
Fig. 4. IR Image of H₂ gas sensor.

그림 5는 전압 인가에 따른 가스센서용 마이크로 히터의 온도측정 그래프로서 0.5V에서 55-66℃ 온도를 보였으며, 1.0V에서 250-280℃, 1.5V에서 667-700℃의 높은 동작 온도를 확인할 수 있었다.

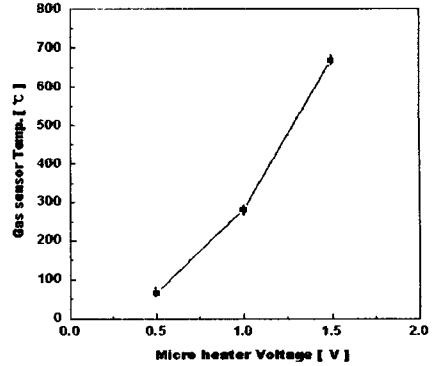


그림 5. 마이크로 히터 인가 전압에 따른 가스센서의 발열 그래프
Fig. 5 Change in heater voltage for input voltages.

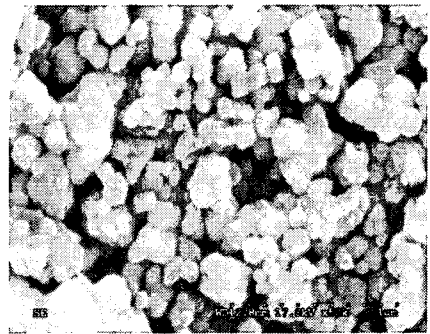


그림 6. 감지물질 SnO₂를 소결 후 촬영한 사진
Fig. 6. FE-SEM Image of SnO₂ sintering.

그림 6은 감지물질과 첨가제를 일정 비율로 배합하여 600℃에서 4시간 동안 소결 시킨 후, FE-SEM으로 촬영한 사진이며, 감지물질의 입자 크기는 100nm 정도로 확인되었으며, 가스 감지에 있어서 감지물질의 다공성과 적당한 소결(sintering)이 되었음을 확인하였다.

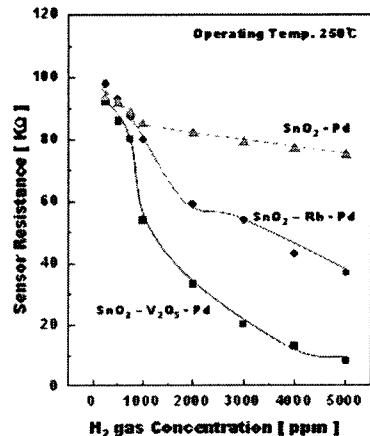


그림 7. H₂ 가스 농도 변화에 따른 그래프
Fig. 7. Change of H₂ gas concentration.

그림 8. 가스 농도에 변화에 따른 센서 감도 그래프

3. 결 론

MEMS 공정 기술을 이용하여 H₂ 가스센서를 초소형화 하였다. 열전달 해석을 통해 제작된 마이크로 히터에서 동작 온도 200°C 이상의 고온을 낮은 전압으로 발열시켰다. 일정온도, 가스의 변화량 및 촉매물질에 따른 H₂ 가스 변화 측정 실험에서 SnO₂/V₂O₅/Pd를 도포한 H₂ 가스 센서의 감도가 우수함을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 기초천연연구원의 지원에 의해 중기과제(R-2003-B-108)로 수행되었음을 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] G. Yan, Z. Tang, P. C.H Chan, J. K.O. Sin, I-M. Hsing and Y. Wang, Sensors and Actuators B, Vol. 86, pp. 1-11, 2002.
- [2] Kousuke Ihokura and Joseph Watson, The stannic oxide Gas Sensor, CRC Press, Boca Raton, 1994
- [3] I Lundstrom, M. S. Shivaraman, C. Svensson, and L. Lundkvist, "Hydrogen sensitive MOS field-effect transistor", Appl. Phys. Lett. 26, pp. 55-57, 1975.
- [4] W. P. Kang, Y. Gurbuz, J. L. Davidson and D. V. Kerns, "A new hydrogen sensor using a polycrystalline diamond-based Schottky diode", J. Electrochem. Soc. Vol. 141, pp. 2231-2234, 1994.
- [5] W. P. Kang, and C. K. Kim, "performance and detection mechanism of a new class of catalyst(Pd, Pt of Ag)adsorptive oxide(SnOx or ZnO)insulator semiconductor gas sensor", Sensor and Actuators B, Vol. 22, pp. 47-55, 1994.
- [6] C. K. Kim, J. H. Lee, Y. H. Lee, N. I. Cho and W. P. Kang, "hydrogen sensing characteristics of Pd-SiC Schottky diode operating at high temperature", Journal of Electronic Materials, Vol. 28, No. 3, 1999.

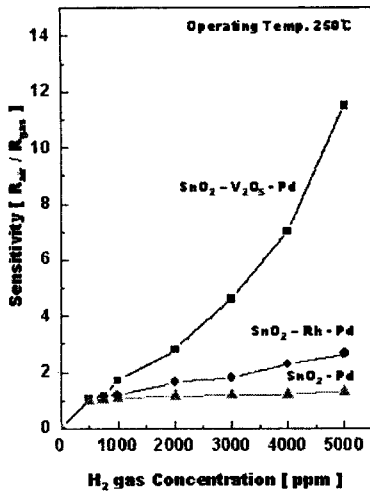


Fig. 8. Change in sensitivity with H₂ concentration.

그림 7과 8은 동작 온도 250°C에서 H₂ 가스 농도 변화에 따른 저항 및 감도 측정 그래프로서 SnO₂/V₂O₅/Pd의 감지물질을 도포한 센서의 반응이 매우 우수함을 확인할 수 있었다.

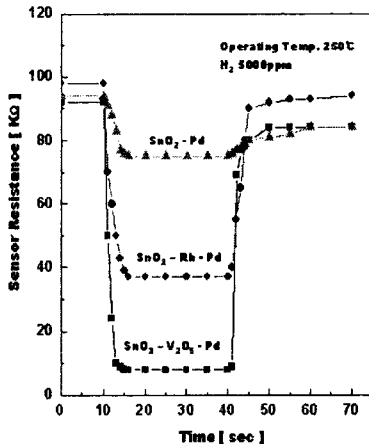


그림 9. 동작온도 250°C에서 H₂ 가스의 흡,탈착 반응속도

Fig. 9. Repeatable response and recover upon turning the H₂ gas on/off.

그림 9는 동작온도 250°C에서 H₂ 농도 5000ppm의 흡수 및 탈착 반응 속도를 나타내고 있으며, SnO₂/V₂O₅/Pd의 감응물질을 도포한 가스센서에서 H₂ 흡착시간은 3초이고 탈착 반응 시간은 8-10분 정도 소요됨을 확인하였다.