

가스 센서용 마이크로 히터의 표면 마이크로머시닝 기술

이석태, 윤의중¹, 정일용, 이강원, 박형식¹

한국생산기술연구원, 호서대학교¹

Surface Micromachining for the Micro-heater Fabrication of Gas Sensors

Seok-Tae Lee, Eui-Jung Yun¹, Il-Yong Jung, Kang-Won Lee and Hyung-Sik Park¹

KITECH, Hoseo Univ.¹

Abstract : 가스센서용 마이크로 히터 제작에는 표면 마이크로 머시닝 또는 벌크 마이크로머시닝 기술을 이용한다. 표면 마이크로 머시닝에 의한 마이크로 히터(MHP) 구조의 경우, 기판과 박막간의 폭이 좁기 때문에 에칭 공정 후 세정이 잘 이루어지지 않으면 열적 절연이 잘 이루어지지 않아서 히터와 센서의 성능을 저하시키는 원인이 된다. 본 연구에서는 표면 마이크로 머시닝 기술에 의한 가스 센서용 마이크로 히터를 제작한다. SiO₂와 Si₃N₄를 성분으로 하며, 100μm X 100μm 의 면적과 350 nm 의 두께를 갖는 가스 센서용 마이크로 히터를 제작하였다. 이를 위하여 ANSYS를 통한 유한요소해석에 의한 열분포 해석으로 최적구조를 확인하였다. 센서로의 열 전달 효율을 높이기 위해 센서 박막은 히터 위에 적층하였다. 실리콘 표면과 마이크로 히터와의 간격을 에칭 공정을 통하여 2μm로 하였으며, 이 공간에서는 에칭 및 세정 후에 이물질이 깨끗이 세정되지 않고 남아 있거나, 습식 공정 중에 수분의 장력에 의한 열전연성이 나빠질 수 있는 등 단점이 있다. 이는 건식 등방성 에칭 공정을 통하여 해결하였다.

Key Words : Micro-heater, MHP, gas sensor, diaphragm, MEMS, micromachining

1. 서 론

가스센서는 가스 누출여부와 농도측정에 주로 사용되어 왔으며, 향후에는 대체 에너지 분야에서 많은 응용이 있을 것으로 예상된다. 반도체를 기반으로 하는 MEMS 가스 센서는 양산성 및 제조공정이 집적회로(IC) 공정과 호환될 수 있다는 이점과 더불어 신호처리 및 구동회로의 집적이 가능해서 가격을 절감할 수 있기 때문에 전망이 매우 밝다[1]. 가스센서는 히터부, 온도센서부, 감지막부로 이루어지며, 감도와 선택성은 감지막과 동작 온도에 의존한다. 감지막은 금속산화물 반도체인 SnO₂, ZnO, In₂O₃, TiO₂ 등 감지 대상에 따라 달라지며, 감지막에서 가스와의 화학적 반응은 비교적 높은 온도에서 이루어지므로 히터는 대부분의 가스 센서에서 필요로 한다. 히터의 소비전력을 줄이기 위해서는 발열부에서 외부로의 열차단이 잘 되어야 한다. 열적 절연을 이루어지게 하기 위하여 두 가지 형태의 마이크로 히터구조가 실리콘을 기반으로 하는 가스 마이크로 센서용 마이크로 히터에 사용되고 있는데, 그것은 각각 표면 마이크로 머시닝에 의한 마이크로 브리지와 back side etch(또는 front side etch)에 의한 벌크 마이크로 머시닝을 이용한 다이어프램 이다. 표면 마이크로 머시닝 기술은 실리콘 기판을 직접 가공하는 공정없이 기판 위로 센서부를 형성해 가는 기술로서 back side etch에 의하여 제작되는 셀보다 베이스 구조가 견고하다는 장점이 있으나, 단점으로는 실리콘 기판 표면과 마이크로 히터 사이의 좁은 간격을 만드는 과정에서 발생하는 파티클 등의 이물질이 습식에칭 및 습식세정 공정 후에 잔류할 가능성이 많으며, 습식 세정 후에 건조가 충분하지 않으면 잔류 수분에 의하여 기판과 히터 간에 장력이 발생하여 열 절연성을 떨어뜨릴 수 있다.

본 연구에서는 마이크로 히터를 설계, 해석하고 표면 마이크로 머시닝 기술에 의한 가스 센서용 마이크로 히터를 제작한다. 마이크로 히터와 실리콘 기판의 표면 사이의 공간을 만드는 과정에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위하여 습식공정을 쓰는 대신에 건식공정을 적용하였다.

2. 마이크로 히터의 구조

그림 1은 표면 마이크로 머시닝 기술에 의한 마이크로 센서의 단면을 나타내는 구조도이다. 그림 1의 a는 실리콘 기판으로서 센서 셀의 베이스 부이다. 또한 c는 마이크로 히터이며 마이크로 히터 패턴을 SiO₂와 Si₃N₄ 층으로 지지하고 있으며(즉, 마이크로 히터의 베이스 부), 이 마이크로 히터부와 실리콘 기판 사이에는 열적 절연을 위하여 공간 b가 존재한다.

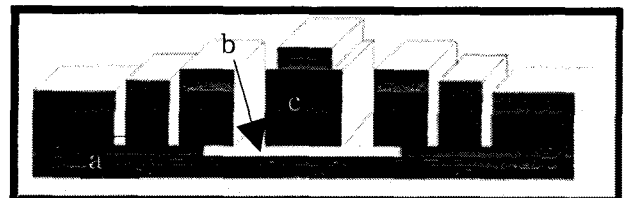


그림 1. 마이크로 히터의 단면도

그림 2는 마이크로 히터의 ANSYS를 이용한 유한요소법에 의한 열분포 해석결과이다.

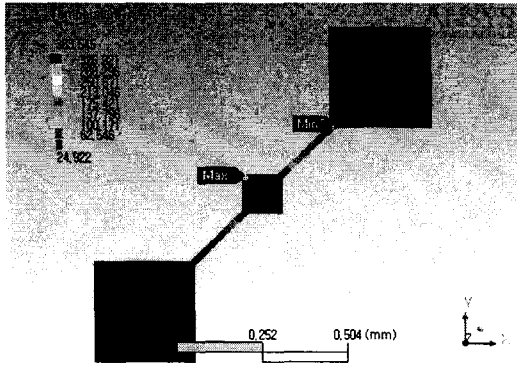


그림 2. 마이크로 히터의 열분포 해석

폴리 실리콘에 phosphorus를 950℃에서 20분간 확산하여 Rs값이 20~25 Ω/cm^2 가 되고 두께 350nm, 면적이 100 $\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 가 되는 폴리 실리콘 히터를 만든다. 이때 히터 패턴의 폭은 20 μm 이다. 전극을 통하여 5mW의 전력을 공급하여 히터 중심부에서 약 325 $^{\circ}\text{C}$ 를 얻었으며, 히터 전체에 고른 열분포를 얻었으며 전극부에 대한 열적 절연성이 우수한 구조라는 것을 알 수 있었다.

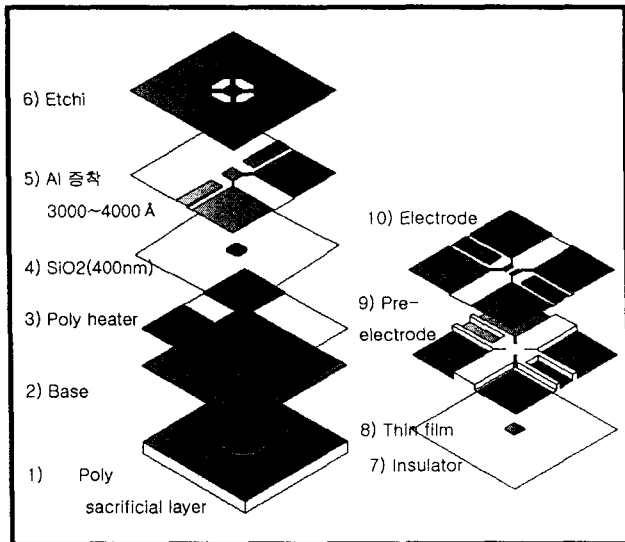


그림 3. 히터 공정도.

그림 3은 가스 센서를 제작하기 위한 공정도이다. SiO_2 가 증착된 N-type의 실리콘 웨이퍼 위에 폴리 희생층을 만든 후, 가스센서의 base 부($\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2$)를 준비하고 그 위에 히터를 형성한다. 형성된 히터위에 온도센서부(Al 프로파일)와 가스 감지부(ZnO)를 만든다. 그림 3의 6번 공정(Etch)을 통하여 히터 구조물의 형성 및 그림 1의 b에서 나타낸 히터와 기판간에 약 2 μm 의 공간을 만든다.

3. 히터구조물 형성기술

그림 1의 b에서 나타낸 기판과 히터구조물 간의 열적

절연을 위한 좁은 공간을 만드는 과정에 이방성 Wet 에칭을 쓰는 경우[2], 그림 4의 (a-a,b)와 같이 잔류물이 존재할 가능성이 높아져 열적 절연성 파괴의 원인이 된다. 따라서 본 연구에서는 이를 방지하기 위하여 등방성 건식 에칭기법을 적용한다. 그림 4의 (b)에서와 같이 건식 에칭결과 잔류물이 제거되어 우수한 열적 절연성을 얻는다.



(a) 열전연성 파괴원인 (b) 열전연성 양호

그림 4. 히터-기판 간의 에어 갭에 발생하는 잔류물

4. 결론

본 연구에서는 표면 마이크로 머시닝 기술에 의한 가스 센서용 마이크로 히터를 제작한다. SiO_2 와 Si_3N_4 를 성분으로 하며, 100 $\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 의 면적과 350 nm의 두께를 갖는 가스 센서용 마이크로 히터를 제작하였다. ANSYS를 통한 유한요소법으로 열분포 해석에 의한 최적구조를 확인하였다. 센서로의 열 전달 효율을 높이기 위해 센서 박막을 히터 위에 적층하였다. 실리콘 표면과 마이크로 히터와의 간격은 에칭공정을 통하여 2 μm 로 하였으며, 이방성 습식 공정 후에 잔류물의 영향에 의한 열전연성이 나빠질 수 있는 문제는 등방성 건식 에칭을 통하여 해결하였다.

감사의 글

본 연구는 산학협력중심대학 연구사업의 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Yaowu Mo, Yuzo Okawa, Motoshi Tajima, Takehito Nakai, Nobuyuki Yoshiike and Kajuki Natukawa. "Micro-machined gas sensor array based on metal film micro heater", Sensors and Actuators B, Vol. 79, pp175-181(200).
- [2] Philip C. H. Chan, Gui-zhen Yan, Lie-yi Sheng, Rajnishi K. Sharma, Zhenan Tang, Johnny K. O. Sin, I-Ming Hsing and Yangyuan Wang, "An Integrated Gas Sensor Technology Using Surface Micro-machining", IEEE, pp.543-pp.546(2001).