

## 백금 미세발열체를 이용한 유량센서의 제작

노 상 수, 정 귀 상  
 동서대학교 전자기계공학부

## The Fabrication of Flow Sensors Using Pt Micro Heater

Sang-Soo Noh, Gwi-Sang Chung

Division of Electronics and Mechanical Engineering, Dongseo university

## Abstract

Pt thin films flow sensors were fabricated by using aluminum oxide films as medium layer and their characteristics were investigated after annealing at 600°C for 60min. Aluminum oxide improved adhesion of Pt thin films to SiO<sub>2</sub> layer without any chemical reactions to Pt thin films under high annealing temperatures. Output voltages increased as gas flow rate and gas conductivity increased because heat loss of heater, which was integrated with a sensing resistor in the flow sensor, increased. Output voltage of flow sensor fabricated on membrane structure was 101mV at O<sub>2</sub> flow rate of 2000sccm, heating power of 0.8W while flow sensor fabricated on Si substrate without membrane had output voltage of 78mV under the same conditions.

## 1. 서 론

가스의 유량, 유속의 측정과 제어는 일상생활 및 산업 여러분야에서 핵심적인 기술중의 하나이며, 최근에는 에너지 절약기술이나 각종 첨단 기술에서 그 필요성이 급증히 증가하고 있다.<sup>1)</sup> 유량센서에는 여러종류가 있으며 유체 역학적인 현상을 이용하여 유속을 측정하는 역학적 유량센서와 유속을 열에너지의 변동이라는 이차적인 변환에 의해 측정하는 열형 유량센서의 형태로 크게 나눌 수 있다. 열형 유량센서에서 발열저항체를 이용하는 마이크로 박막 유량센서는 열선유량계의 원리를 반도체 웨이퍼에 구현한 것으로 열선유량계보다 쉽게 제작이 가능할 뿐만 아니라 가격, 크기, 강도에서 월등히 뛰어나다. 이러한 센서는 유량의 속도와 방향을 동시에 측정할 수 있는 단계에서 속도, 방향, 유체의 종류, 압력등 다변수 측정 수준에 이르기까지

폭넓게 보고되고 있으며 특히, 기존의 발달된 마이크로 일렉트로닉 기술과 마이크로머시닝 기술을 이용하여 지능형 차의 고기능 흐름센서도 최근에 등장하고 있다.<sup>2)</sup>

백금은 화학적, 열적 안정성이 높으며 선형적 응답특성이 양호하여 일반적으로 고온을 취급하는 센서분야에 많이 응용되고 있다.<sup>3, 4)</sup> Si기판을 기본으로하는 센서의 응용에서 백금박막의 SiO<sub>2</sub>층에 대한 부착특성을 저하로 일부 금속물질(Ti, Cr)을 매개층으로 이용하는 연구가 진행되고 있다.<sup>5, 6)</sup> 그러나 이처럼 금속을 이용할 경우 백금박막의 결정화를 위한 고온 열처리 과정에서 매개층으로 이용된 금속물질이 백금과 반응하여 백금이 갖는 고유특성을 저하시킬 뿐만 아니라 백금박막의 부착특성을 저하시키는 결과를 가져오게 된다. 이처럼 고온에서 백금과의 반응을 피하면서 부착특성을 개선시키는 매개층으로 금속물질보다 유전체물질이 보다 안정하다.

본 연구에서는 센서와 외부와의 열적차단을 위하여 전기 화학적 식각정지법으로 형성된 멤브레인 구조상에 반응성 스퍼터링으로 증착된 알루미늄산화막을 매개층으로 이용한 백금박막 유량센서를 제작하였다. 유체의 종류, 유량 및 센서의 동작온도에 따른 유량센서의 응답특성을 비교·분석하였다.

## 2. 센서의 제작

본 연구에서는 N-type epi.(불순물 농도 : 10<sup>14</sup>cm<sup>-3</sup>)층이 10μm 성장된 P-type(불순물 농도 : 10<sup>14</sup>~10<sup>15</sup>cm<sup>-3</sup>) (100) Si 기판을 기본세척 공정을 거치고 자연산화막을 제거시킨 후, 열산화막을 4000Å 성장시켜 이용하였다. SiO<sub>2</sub>와 백금박막의 부착특성을 개선시키기 위해 알루미늄 타겟을 이용한 반응성(O<sub>2</sub> : Ar = 1 : 1) 스퍼터링으로 알루미늄산화막을 1000Å 증착시켜 매개층으로 이용하였고 감지물질인 백금박막은 DC 마그네트론 스퍼터링으로 3000Å 증착시켰다. 그리고 열손실을 줄이기 위한 외부와의 열적차단을 위

한 멤브레인 제작은 전기화학적 식각정지법으로 TMAH 25 wt.%/IPA 17 vol.%/Pyrazine 0.1g 수용액에서 인가전압 3V로 Si를 이방성 식각하였다.<sup>[7]</sup> 알칼리 이온에 의한 오염이 없는 TMAH(Tetramethyl Ammonium Hydroxide) 용액에 IPA(Isopropyl Alcohol)를 첨가하면 식각률이 감소한다. 그러나 Pyrazine을 첨가하면 식각률도 증가하게 되고 식각표면의 평탄도도 개선되는 효과가 있다.<sup>[8]</sup> 그림 1은 제작된 센서의 평면 및 단면도를 도식적으로 나타낸 것이다. 센서는 발열부와 감지부의 저항체로 이루어져 있으며 서로 매우 근접하게 위치해 있고 발열체의 발열온도에 감지부가 충분히 동작할 수 있도록 감지부 저항체가 발열부 저항체의 주위를 둘러싸도록 설계·제작하였다.

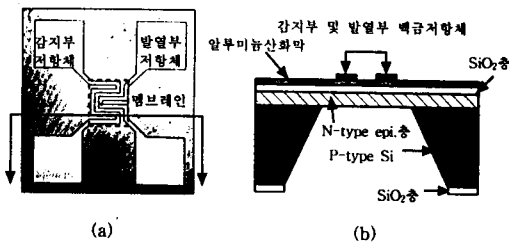


그림 1. 제작된 마이크로 박막 유량센서의 (a)평면도 및 (b)단면도.

### 3. 결과 및 고찰

제작된 센서는 그림 2(a)와 같은 구조로 장착된 유체의 흐름에 대한 출력특성을 평가하였다. MFC를 이용하여 유량을 정확히 제어하였으며 실험상의 오차를 최소화하기 위해 10회 이상의 측정후 각 결과를 산출하였다. 그림 2(b)와 같은 유량의 흐름에 대한 전기적인 신호를 얻기 위해 유량센서내의 저항체와 외부의 저항을 브릿지구조로 연결하였다.

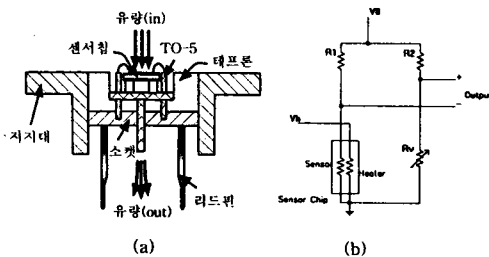


그림 2. 제작된 센서의 (a)홀더와 (b)전기적 출력신호를 얻기위한 브릿지회로.

그림 3(a)에 A, B는 멤브레인 제작하기전의 Si기판을 이용한 미세발열체의 발열특성과 멤브레인상에 제작된 미세발열체의 발열특성을 각각 나타내고 있다. 멤브레인상에 제작된 미세발열체는 우수한 외부와의 열적차단 특성으로

인가전력 1.2watts에 340℃ 정도의 뛰어난 발열특성을 나타내고 있다. 그림 3(b)는 발열체의 인가전력(0.3~0.8W)에 따른 유량센서의 출력특성을 나타낸 것이다. 발열체 인가전력이 클수록 센서의 동작온도가 높아짐에 따라 산소의 동일 유량에 대해 보다 높은 출력전압이 나타남을 알 수 있다. 이처럼 마이크로 열센서에서 센서의 동작온도는 출력특성에 큰 영향을 미치는 결정적인 요소로 발열체의 발열특성이 센서 성능을 크게 좌우함을 알 수 있다.

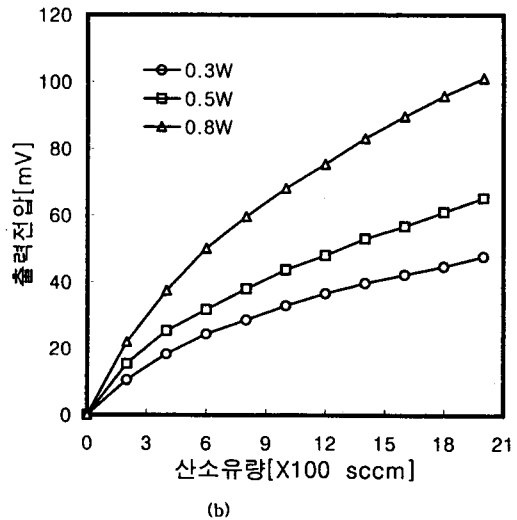
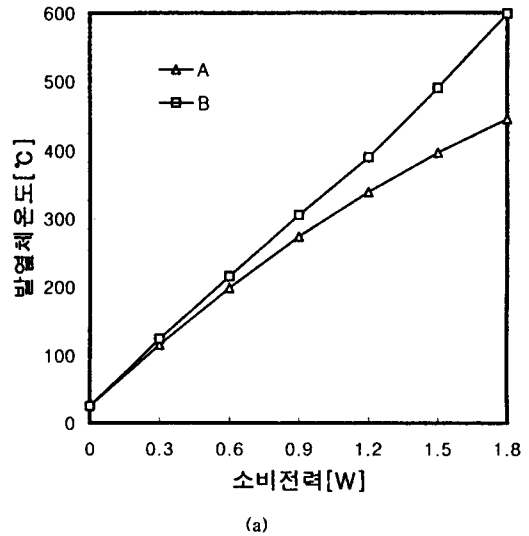


그림 3. 인가전력에 따른 (a)발열체의 발열특성 및 (b)유량센서의 출력특성.

그림 4는 동일 유량의 흐름에서 사용된 가스의 종류에 따른 유량센서의 출력특성을 나타낸 것이다. 실험에 이용된 가스는 산소(O<sub>2</sub>), 질소(N<sub>2</sub>) 그리고 아르곤(Ar)으로 300K에서 열전도도가 각각 0.0266(W/cm·°C), 0.0259(W/cm·°C) 그리고 0.0177(W/cm·°C)이다. 열전도도가 비슷한 산소와 질소의 유량의 경우 출력전압이 별 차이가 없었으나 열전도도가 다소 떨어지는 아르곤 유량의 경우에는 출력전압이 다소 떨어짐을 알 수 있다. 본 실험에서 본 구조의 유량센서는 가스의 종류를 감지하기 위한 가스센서의 직접적인 응용이 가능함을 확인할 수 있었다.

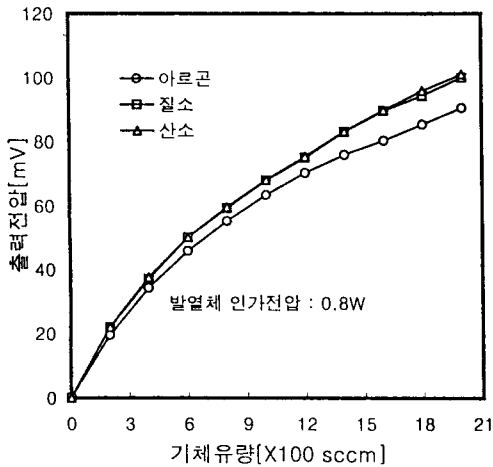


그림 4. 가스종류에 따른 유량센서의 출력특성.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 반응성 스피터링으로 증착된 알루미늄산화막을 매개층으로 한 백금박막 유량센서를 제작하였다. 제작된 유량센서를 quartz tube furnace를 이용하여 N<sub>2</sub> 분위기에서 600°C, 60분 열처리를 거친 후 그 특성을 분석·평가하였다. 반응성 스피터링으로 증착된 매개층으로 이용된 알루미늄산화막은 600°C 열처리 과정에서 백금과 반응없이 백금의 부착특성을 개선시켰다. 유체의 종류 및 유량, 센서 제작에 이용된 기관의 구조에 따른 유량센서의 출력특성 분석결과, 열전도도가 높은 유체일수록 그리고 유량의 양이 클수록 센서내의 발열체로부터 뺏앗는 열량이 많아져 출력특성이 크게 나타났다. Si기판상에 제작된 유량센서는 발열체 인가전력 0.8W, 산소유량 2000sccm에서 78mV 정도의 출력전압이 나타났으나, 멤브레인 구조상에 제작된 유량센서는 외부와의 열적차단 특성이 개선됨에 따라 Si기판의 열전도에 의한 외부로의 열손실을 최소화할 수 있어 동

일조건에서 출력전압 101mV 이상의 높은 출력특성을 나타내었다.

#### 5. 참고논문

- [1] M. Esashi, Transducer' 91, 34 (1991).
- [2] B. W. van Oudheusden & A. W. van Herwaarden, Sensors & Actuators A, 21-23, 425 (1990).
- [3] G. S. Chung & S. S. Noh, Korean Sensors Society, 6, 2, 81 (1997).
- [4] G. S. Chung, S. S. Noh, Y. K. Choi & J. H. Kim, Korean Sensors Society, 6, 5 400 (1997).
- [5] W. Y. Chung, C. H. Shim, S. D. Choi & D. D. Lee, Sensors and Actuators B, 20, 139 (1994).
- [6] S. H. Yi, I. C. Suh & Y. K. Sung, Korean Sensors Society, 5, 5, 67 (1996).
- [7] 박진성 & 정귀상, 센서기술학대회 (1997).
- [8] G. S. Chung & J. S. Park, KIEE (in press).