

실리콘 기판상에 제작된 박막형 Pt-RTD의 특성

홍석우, 문경민, 노상수, 정귀상  
 동서대학교 정보통신공학부, 대양전기(주)

The Characteristic of Pt-RTD Fabricated on Si Substrate

Seok-Woo Hong, Kyung-Min Moon, Sang-Soo Noh, Gwi-Sang Chung  
 School of Information and Communication Eng. DongSeo Univ., Deayng Electric Co.

**ABSTRACT** - The electrical and physical characteristics of MgO and Pt thin-films on Si substrate, deposited by rf magnetron sputtering. It were analyzed with annealing condition(1000°C for 120 min) by four point probe,  $\alpha$ -step, SEM and XRD. Until 1000°C of annealing temperature, MgO medium layer had the properties of improving Pt adhesion to SiO<sub>2</sub> and insulation without chemical reaction to Pt thin-films and the resistivity of Pt thin-films was improved. In the analysis of properties of Pt-RTD, TCR value had 3927 ppm/°C and liner in the temperature range of room temperature~400°C.

1. 서 론

최근 실리콘 미세가공기술을 이용한 소형, 경량, 고속응답, 집적화 및 대량생산이 가능한 마이크로센서의 연구가 가속화되고 있다.<sup>[1]</sup> 집적화된 마이크로센서 제작이 필수적으로 온도센서가 요구되며, 현재까지 Si기판상에 온도센서의 제작은 열적·화학적 안정성이 있고, 저항온도계수(TCR)가 크고, 온도에 따른 선형성이 좋은 백금박막형 측온저항체(Pt-RTD)를 Pt/Ti,<sup>[8]</sup> Pt/Cr<sup>[9]</sup>, Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>[10]</sup> 등의 매개층을 이용하여 제작하고 있다.

백금을 이용한 Si기판상 RTD 제작에 있어서 Pt의 SiO<sub>2</sub>에 대한 부착(adhesion)특성이 나쁘기 때문에 이를 해결하기 위하여 일부 금속(Cr, Ti)을 이용하여 백금의 부착특성을 개선시키는 연구가 진행되고 있으나, 금속을 이용할 경우 Pt 박막 결정화를 위한 고온 열처리 과정에서 매개층으로 이용된 금속물질이 백금과 반응하여 백금이 갖는 고유특성을 저하시킬 뿐만 아니라 부착특성을 저하시키는 결과를 가져오게 된다. 백금은 용융점(≈1780°C)이 상당히 높은 물질로 백금 박막이 벌크특성을 갖기 위해서는 1000°C 이상의 고온에서 열처리를 필요로 한다.<sup>[11]</sup> 이처럼 고온에서 백금과 반응없이 부착특성을 개선시키는 매개층으로는 금속물질보다는 유전체물질이 더욱 안정하다.

본 연구에서는 Si기판을 기본으로 고온열처리시 매개층과 백금사이의 반응을 피할 수 있고, 백금의 부착특성을 향상시킬 뿐 아니라, 특히, 마이크로머시닝 기술을 위한 미소패턴 형성이 용이한 MgO 매개층과 화학적·열적 안정성이 높으며 선형적 응답특성이 양호한 백금을 이용하여 측온저항체 온도센서를 제작하였다. 반응성 rf 스퍼터링에 의해 매개층으로 이용된 MgO와 rf 스퍼터링으로 백금박막을 증착하고, 열처리에 따른 이중층의 전기적·물리적 특성을 four point probe,  $\alpha$ -step, SEM 및 XRD로 분석하였다. 그리고 측온저항체 온도센서를 Si기판과 알루미늄기판상에 제작한후 온도에 따른 TCR값을 측정하여 비교·평가하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용된 기판은 비저항이 약 4~5Ωcm, 두께 530μm의 P(100)으로 반도체공정의 기본 세척 공정을 거치고 자연산화막을 제거 시킨 후 열산화막을 3000Å 생장시킨 실리콘을 사용하였다. SiO<sub>2</sub>와 백금박막과의 부착 특성을 개선시키기 위해 MgO 타겟을 이용한 반응성 rf 스퍼터링으로 MgO 박막을 1000Å 증착시켜 매개층으로 이용하였으며, 센서물질인 백금은 고주파 스퍼터링으로 1μm 증착시켰다. 반응성 스퍼터링으로 형성된 MgO박막의 열처리 특성 및 백금박막에 미치는 영향은 quartz tube furnace를 이용하여 N<sub>2</sub> 분위기에서 열처리(1000°C, 120분)를 거친후 four-point probe,  $\alpha$ -step, SEM 및 XRD를 이용하여 분석하였다.

표 1은 MgO와 백금박막의 증착 및 열처리 조건을 각각 나타낸 것이다.

표 1. MgO와 Pt 박막의 증착 및 열처리 조건

증착박막	MgO 박막	Pt 박막
타겟	MgO (2" diameter)	Pt (2" diameter)
기판 온도	상온	상온
스퍼터링 Gas Flow Rate	Ar : 72 sccm O <sub>2</sub> : 8 sccm	Ar : 80 sccm
초기 진공	1×10 <sup>-6</sup> Torr 이하	1×10 <sup>-6</sup> Torr 이하
Working 진공	20 mTorr	5 mTorr
입력 Power 밀도	150 W	90 W
후열처리 조건 (for 120min, in N <sub>2</sub> )	1000°C	1000°C

측온저항체는 photolithography 공정과 lift-off 방법을 이용하여 제작하였다.

그림 1은 실리콘기판상에 제작된 RTD의 패턴사진이다. 제작된 Pt-RTD는 quartz tube furnace를 이용하여 N<sub>2</sub> 분위기에서 1000°C, 120분 열처리를 거친후 그 특성을 분석하였다. SOG (spin-on-glass) 를 spin coating 한후 공기중에서 100°C(30분), 200°C(30분), 400°C(30분)에서 순차적으로 baking하여 보호막으로 이용하였으며 Pt-paste를 이용하여 Pt-wire bonding하였다. 제작된 Pt-RTD의 특성은 대류에 의한 영향을 최소화하기 위해 분위기 가스와 진공도의 제어가 가능한 밀폐시스템 내에서 분석하였다.

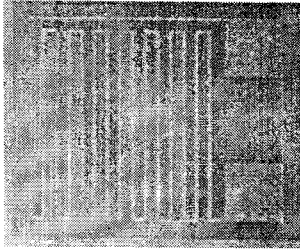
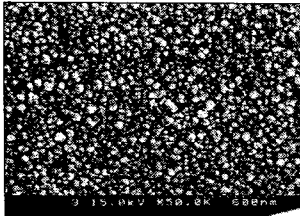


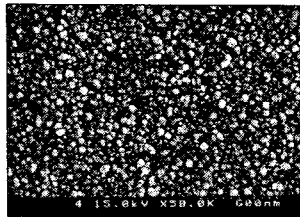
그림 1. 실리콘 기판상에 MgO 박막 매개층을 이용하여 제작된 RTD의 패턴사진.

### 3. 결과 및 고찰

그림 2는 실리콘 기판위에 증착된 MgO 박막의 열처리에 따른 표면 SEM 사진이다. 열처리 전에는 미세패턴 형성이 용이한 비정질 형태이고, 열처리전과 열처리후(1000°C, 120분)를 비교할 때 박막전체가 균일한 표면 특성을 보이고 열처리에 따른 핀홀이나 크랙이 형성되지 않았다. 따라서, 1000°C 열처리 후에도 열처리 전과 같은 부착특성을 얻을 수 있음을 알 수 있다.



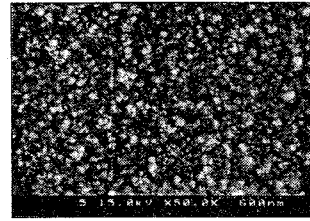
(a)



(b)

그림 2. (a) 열처리 하지 않은, (b) 1000°C, 120분간 열처리한 MgO 박막의 표면 SEM 사진.

그림 3은 MgO 박막위에 증착된 백금박막의 열처리에 따른 표면 SEM 사진이다. 열처리전 표면은 미세패턴 형성에 유리한 균일한 표면 특성을 보이고 있으나, 1000°C, 120분 열처리를 함으로써 결정립이 형성되어 입자들의 경계가 현저하고, 전기적으로 불안한 상태나 구조적으로 갈라진 틈 사이가 밀착됨을 알 수 있다. 열처리전 면저항 및 비저항은 각각 0.324 Ω/□, 32.4 μΩ·cm, 열처리후 면저항 및 비저항은 각각 0.1392 Ω/□, 13.92 μΩ·cm로 측정 되므로 백금 벌크의 비저항 값인 (10.6 μΩ·cm) 가까워 짐을 알 수 있다. 따라서, 열처리를 함으로써 물리적·전기적으로 박막이 개선됨을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 3. MgO 박막위에 증착된 백금박막의 열처리(1000°C, 120분)에 따른 표면 SEM사진.

그림 4는 Pt/MgO 박막의 열처리에 따른 XRD 회절패턴 분석이다. Pt/MgO의 회절패턴에서 열처리 전·후 모두 백금 피크만이 2θ = 39.6° 부근에 두드러지게 나타나는 것을 알 수 있고, 열처리를 함으로써 intensity가 더욱 증가하고 잔여피크가 크게 작아짐을 알 수 있다. 따라서, 열처리후에도 백금박막이 MgO와 반응이 없고 고유의 특성을 가짐을 알 수 있다.

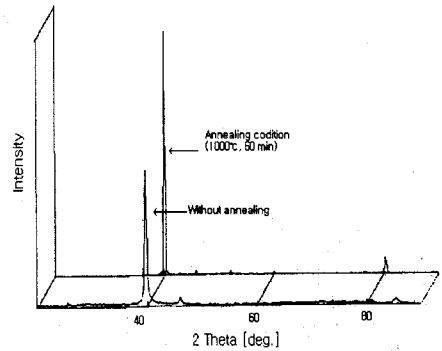
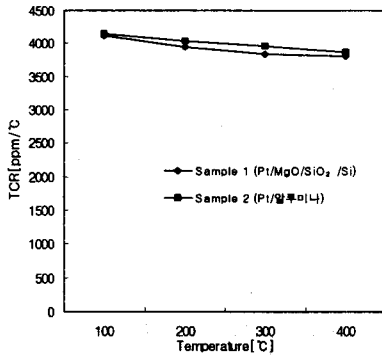


그림 4. Pt/MgO 박막의 열처리에 따른 XRD 회절패턴 분석.

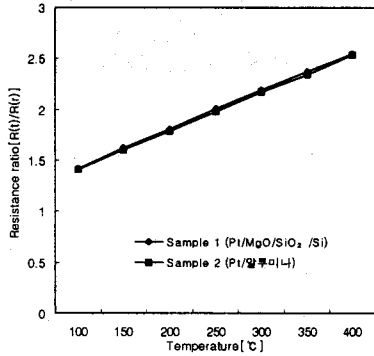
그림 5는 Pt-RTD의 온도에 따른 TCR값 및 저항 변화율을 각각 나타낸 것이다. 저항 변화율은 질소 분위기인 furnace에서 상온에서 400°C까지의 온도범위에서 측정하였다. Sample 1은 실리콘 기판위에 Pt/MgO 박막을 Sample 2는 알루미늄 기판상에 백금을 증착하여 제작한 Pt-RTD이다. MgO 박막을 매개층으로 사용하여 제작된 RTD특성이 알루미늄 기판상에 제작된 RTD와 거의 비슷한 값의 TCR값을 얻었으며 (a)에서 Sample 1 RTD의 TCR값은 백금 벌크에 가까운 3927 ppm/°C의 평균값을 가지며 TCR값의 표준편차를 분석한 결과 1°C당 0.7 ppm/°C로 매우 선형성이 좋은 특성을 얻었다. (b)는 (a)의 TCR값을 저항변화율로 나타낸 것이다. 온도변화에 따른 저항변화율이 거의 직선에 가깝고 선형성이 양호함을 알 수 있다.

## 5. 참고문헌

- [1] P. M. Sarro, "Sensor technology strategy in silicon", *Sensors and Actuators A*, 31, 138-143, 1992.
- [2] J. Franz, et. al., "A Silicon Microvalve with Integrated Flow Sensor", *The 8th Inter. confer. on Solid-State Sensor & Actuators, Euro. 9*, 6, 25-29, 1995.
- [3] G. S. Chung, et. al., "The Study on Formation of Platinum Thin Films for RTD Temperature Sensors", *KIEEME*, 9, 911-917, 1996.
- [4] W. Y. Chung, et. al., "Tin oxide microsensor for LPG monitoring", *Sensors and Actuators B*, 20, 139-143, 1994.
- [5] S. H. Lee, et. al., "A thermal properties of micro hot plate and the characteristics of Pt/Cr bilayers due to annealing temperature", *Korean Sensors Society*, 5, 5, 69-77, 1996.
- [6] G. S. Chung, et. al., "The Fabrication of Pt Micro Heater Using Aluminum Oxide as Medium Layer and Its Characteristics", *Sensor & Materials*, 10, 5, 251-261, 1998.
- [7] G. S. Chung, et. al., "The study on characteristics of platinum thin film RTD temperature sensors with annealing conditions", *Korean Sensors Society*, 6, 2, 1997.



(a)



(b)

그림 5. 실리콘 및 알루미늄기판상에 각각 제작된 Pt-RTD의 온도에 따른 (a) TCR값 및 (b) 저항 변화율.

## 4. 결 론

본 연구에서는 반응성 스퍼터링 및 고주파 마그네트론 스퍼터링으로 각각 증착된 매개층 MgO 박막과 백금박막의 이중층을 열처리에 따른 전기적, 물리적 특성을 분석하였으며, 매개층으로 이온성 산화물인 MgO 박막을 이용하여 Si기판과 알루미늄기판상에 각각 제작하여 Pt-RTD의 특성을 비교·평가하였다.

반응성 스퍼터링으로 형성된 매개층 MgO 박막은 백금과 화학적 반응없이 백금의 실리콘에 대한 부착특성을 개선시켰으며 1000°C의 열처리 조건에서도 완벽한 절연 특성을 보였다. 따라서, MgO 박막을 매개층으로 증착된 백금박막을 열처리 온도를 1000°C 이상 할 수 있어서 백금의 단결정성을 증가시켜 면저항 및 비저항이 개선되었고, 이를 four point probe,  $\alpha$ -step, SEM, 및 XRD 통해 알 수 있었다.

MgO 박막을 매개층으로 Pt-RTD 제작시 백금이 갖은 고유특성인 온도에 따른 큰 저항 변화율과 직선성을 가졌고, 또한 백금 벌크의 TCR값인 3950 ppm/°C에 가까운 값을 얻었다. 따라서 마이크로머시닝기술에 의한 집적화된 열형 마이크로센서 및 액츄에이터 제작시 유용하게 사용될 수 있을 것이다.