

Lift-off법에 의한 RTD의 제조

The fabrication of RTD via Lift-off process

원종각, 김종성*

Jongkak Won, Jongsung Kim*

Abstract

RTD temperature sensor is a thermoresistor which uses the liner dependence of the resistance of the sensing material on the temperature, and has good stability and sensibility, so it can be used in highly precise temperature measurement. In this study RTD sensor was fabricated using Pt thin film. The Pt thin film was deposited on alumina using DC-Sputter, and annealed with various temperature. Through the experiments of XRD, AFM, 4-point probe, the surface structure of the thin film with annealing conditions and their effects on the electrical resistance were investigated. RTD with serpentine pattern was fabricated using Lift-off and resistance-temperature characteristics were studied.

Key Words(중요용어) : Lift-off, RTD, Negative Wall, Soaking, TCR

1. 서론

최근 전자산업의 발전에 따라 각종 전자 부품과 소자에 사용되는 다양한 센서가 연구 개발되고 있다.¹⁾ 이중 산업 기기에 가장 많이 사용되는 열감지 온도센서는 대부분 온도에 따라 전기적 저항이 변하는 귀금속 후막재료를 감지막으로 사용하고 있다. 그러나 금속 후막은 온도가 높아질수록 저항의 증가가 직선성을 나타내지 않기 때문에 사용 온도범위가 짧은 단점이 있다.²⁾ 박막 센서는 상대적으로 낮은 생산단가와 반도체 산업에서 이용되는 기술³⁾을 응용한 높은 생산성과 같은 이유로 많은 관심을 받고 있다. 현재 센서시장은 후막형 센서가 그 주류를 이루고 있지만, 앞으로 전자 산업이 발달됨에 따라 박막형 센서가 더욱 많이 사용되어질 것이다. 특히 다양하고 복합적이며 소형화된 반도체식 박막형 센서가 중요시하고 있는데⁴⁾ 그 중에서 RTD 온도센서는 소자의 온도변화에 따른 저항값의 변화를 이용한 센

서로서 실용화되어 있는 온도센서 중에서 가장 안정도가 높으며, 감도가 좋아 고정밀 온도계측이 가능하다. 본 연구에서는 박막형 온도센서인 Pt RTD (Resistance Temperature Detector)를 Lift-off법을 이용하여 제조하고 온도-저항의 특성을 조사하였다.

2. 실험

본 연구에서는 알루미늄 기판 상에 양성감광제를 코팅하고, Pt sputtering 후 패턴성형을 하는 lift-off법을 이용해 RTD 소자를 제조하였는데, Fig. 1에 그 방법을 도시하였다. 단면 가공된 알루미늄 기판 (Al_2O_3 , $1cm \times 1.5cm$)을 tetrachloro-ethylene, 아세톤, 메탄올, 에탄올, DI water에 각각 20분간 세척한 후에 $90^\circ C$ 에서 30분간 건조하였다. Shipley사의 양성감광제(AZ 1518)를 스핀코팅 한 후 $90^\circ C$ 에서 30분간 softbake를 실시하였다. Negative wall 형성을 위해 이를 toluene에 soaking 한 후 노광(Altech), 현상(AZ 351), hardbake를 실시하여 serpentine pattern을 완성하였다. 형성된 PR패턴 위에 D.C. sputtering법으로 Pt를 증착하였다^{5),6)}. 이때 power는 $420V \times 0.24A$, working pressure는 $8 \times 10^{-3} torr$ 이고 5분 동안 증착하였다. 이를 아세톤에 담근 후 초음

* : 경원대학교 화학공학과
(경기도 성남시 수정구 복정동 산65)
Fax : 031-750-5363
E-mail : jskim@mail.kyungwon.ac.kr)

파를 가해 lift-off를 실시하여 Pt의 serpentine pattern을 완성하였다. tubular furnace로 700°C에서 열처리 후 온도-저항값을 측정하여 TCR (Temperature Coefficient of Resistance) 값을 계산하였다. 박막의 두께는 α -step(Tensor)으로 측정하였고, 열처리에 따른 박막의 표면구조와 sheet resistance는 AFM (Atomic Force Microscopy, Park Scientific Instruments), XRD, 4-point probe (Changmin Tech)를 이용하여 조사하였다.

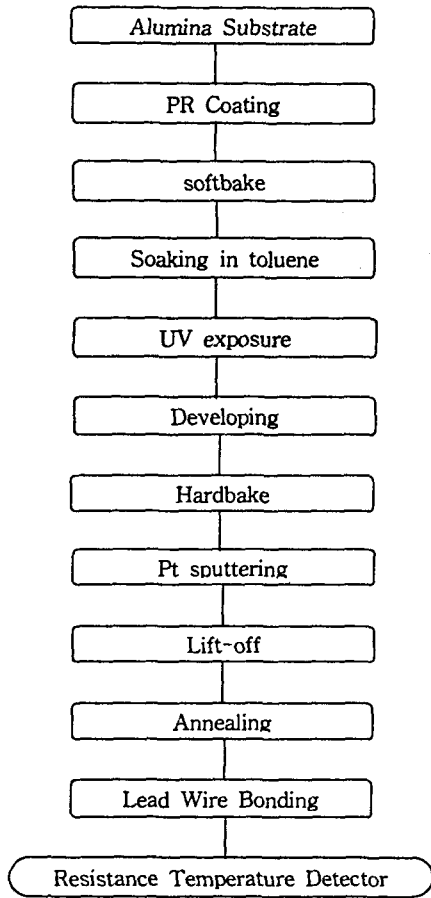


Fig. 1. RTD 제조 공정 순서도
Fig. 1. Flow chart for RTD fabrication

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 증착된 Pt의 annealing 온도 변화(1시간)에 따른 sheet resistance와 resistivity를 보여준다. 열처리 온도가 500°C에서 700°C까지는 sheet resistance가 줄어들고, 800°C에서 다시 올라가고 900°C에서 다시 작아지고 있다. 700°C에서 sheet resistance가 가장 작게 나타난 것은 결정이 가장 안정한 상태로 생각이 되어지고, 800°C에선 결정 성장

에 의해 island가 형성됨에 따라 sheet resistance가 다시 증가한 것으로 보인다.

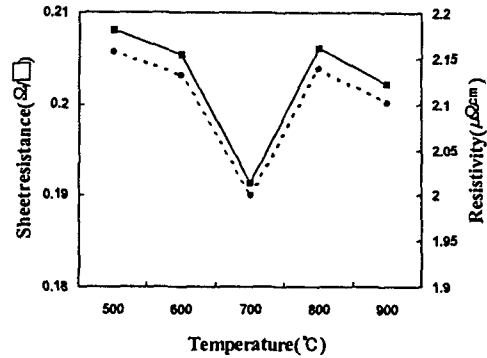


Fig. 2. 온도 변화에 따른 열처리 공정 후 면저항과 저항률
Fig. 2. The effect of annealing temperature on the sheet resistance and resistivity.

Fig. 3은 Pt 박막을 N₂ 가스 하에서 1시간동안 온도를 증가하면서 열처리 한 후의 XRD pattern을 보여준다. 그림은 $2\theta = 39.7^\circ$ 에서 FCC Pt crystal에서 볼 수 있는 Pt(111) reflection peak를 보여준다. 또한 온도가 증가함에 따라 peak intensity도 증가함을 알 수 있다. 따라서 본 실험에서 증착된 Pt 박막은 FCC Pt 단결정과 유사한 구조로 (111)면에 선택적으로 성장하고 있음을 알 수 있다.

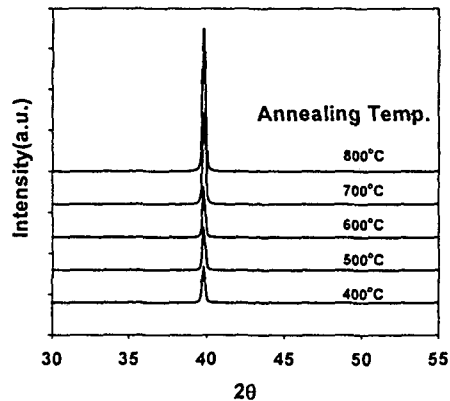
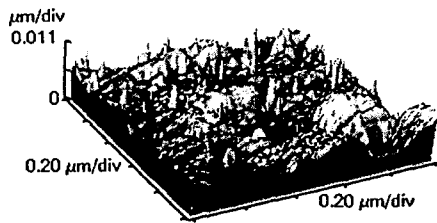


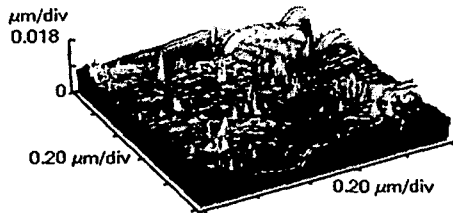
Fig. 3. 증착된 Pt박막의 열처리에 따른 XRD 패턴
Fig. 3. X-ray diffraction pattern of Pt film with various annealing temperatures.

Fig. 4는 Pt 박막의 AFM 사진을 나타내었다. 열처리 온도가 500, 600, 700, 800°C일 때 Rms roughness는 각각 20.31nm, 18.24nm, 17.86nm 그리고 18.29nm였다. 700°C에서 가장 낮은 roughness를 보이는데 이는 sheet resistance 실험 결과와도 일치

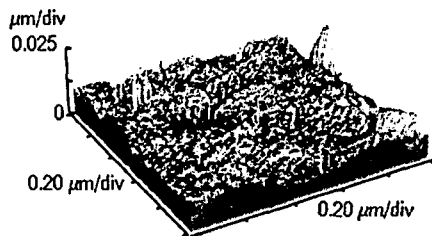
하였다. 즉 700℃ 부근에서 가장 낮은 저항과 양질의 박막을 얻을 수 있었다. 따라서 RTD sample 제조시 annealing 온도를 700℃로 고정하였다.



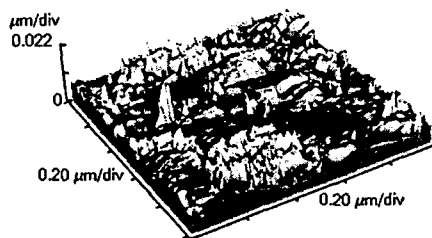
(a) 500℃



(b) 600℃



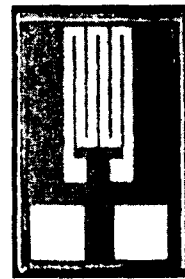
(c) 700℃



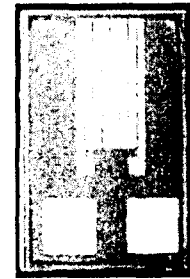
(d) 800℃

Fig. 4. 열처리에 따른 Pt 박막의 AFM 사진
Fig. 4 AFM image of Pt thin film with various annealing temperature

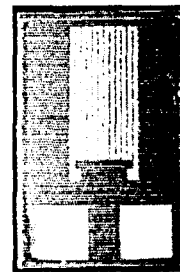
Fig. 5는 developing 후의 serpentine pattern을 보여준다. 현상용액은 Shieply사의 AZ-351과 DI water를 1:4로 혼합하여 사용하였고 상온에서 수분 내에 현상이 되었다. rpm이 2500일 때가 3000보다 패턴이 좋게 나타나고, 색깔도 원색깔을 거의 유지하였다. Lift-off process를 통하여 올바른 이미지를 얻기 위해서는 기판상의 PR이 negative wall를 형성하는 것이 중요하다. 이를 위해 toluene에 온도와 시간을 변화시키면서 코팅된 PR을 soaking 하였다. Soaking 후 노광, 현상, lift-off 실험을 통해 패턴을 형성한 후 현미경 또는 육안관찰로 최적 조건을 산출하였다.



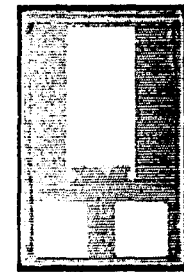
(a) 0.4mm



(b) 0.3mm



(c) 0.2mm



(d) 0.1mm

Fig. 5. 현상 후의 RTD 패턴

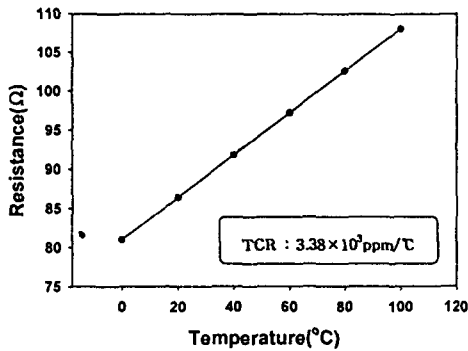
Fig. 5 The serpentine pattern RTD after developer

Fig. 6은 lift-off법을 이용하여 제조된 RTD와 그 온도-저항 특성을 보여준다. 아세톤용액 속에서 초음파를 가하여 PR이 있는 부분을 lift-off 하여 최종적으로 RTD 소자를 완성하였다. 온도를 변화시키면서 저항값을 측정하였는데, 그림은 제조된 소자의 저항이 온도에 따라 선형적으로 변하는 것을 보여준다. 따라서 제조된 소자는 매우 직선적인 특성을 갖는 온도센서로 사용 가능함을 보여준다. 측정된 온도-저항 값으로부터 TCR(Temperature Coefficient of resistance)을 계산하였다. TCR 값은 0℃와 10 0℃ 사이의 저항값의 상대적 변화량으로 정의된다⁷⁾. 본 실험에서 제작된 RTD의 TCR값은 $3.38 \times 10^3 \text{ppm}/\text{℃}$ 이었다. 이는 RTD의 산업규격인 $3.85 \times$

$10^3 \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 에는⁸⁾ 못 미쳐 앞으로의 해결과제로 남아 있다.



(a)



(b)

Fig. 6. 제조된 RTD와 온도에 따른 저항 특성
Fig. 6. The fabricated RTD and its resistance-temperature variation

4. 결론

Lift-off법을 이용하여 온도-저항소자인 RTD를 제작하였다. Sputtering에 의해 증착된 Pt는 FCC 단결정과 유사한 구조를 가지며 (111)면에 선택적으로 성장함을 보여주었다. 700°C로 열처리를 하였을 때, 가장 낮은 저항과 양질의 박막이 되었다. Lift-Off process에서 solvent에 의한 soaking이 매우 중요한 변수로 작용하였으며 제작된 소자의 저항값은 온도의 변화에 선형적으로 변화하였다. 본실험에서 제조된 RTD 소자의 TCR 계수는 $3.38 \times 10^3 \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 였다.

참고문헌

- 1) Okamura, K., "Sensa Katsuyou Zue Bukku", Ohmsha, Ltd., 1997
- 2) Whang, K., "Sensor Technology", Kijeon, Seoul, 1994
- 3) Sachse, H.B., "Semiconducting Temperature

Sensors and their Applications", John Wiley & Sons, New York, 1975

- 4) "Ceramic Sensors", Compiled from Ceramic Abstracts Database, The American Ceramic Society, Inc., Ohio, 1991.
- 5) George G. Collins, Cary W. Halsted, "Process Control of the Chlorobenzene Single-step Liftoff Process with a Diazo-Type Resist", IBM J. Res. Develop. 26, No. 5, 1982.
- 6) R. M. Halverson, M. W. MacIntyre and W. T. Mottsiff, "The Mechanism of Single-step Liftoff with chlorobenzene in a Diazo-Type Resist", IBM J. Res. Develop. 26, No. 5, 1982
- 7) Diehl, W. and Koehler, W., "Resistance Element for Control in Science and Industry", American Institute of Physics, New York, 1982
- 8) International Electrotechnical Commission, "Industrial Platinum Resistance Thermo-meter Sensor", Publication 751, Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Geneva, 1983, Amendment No. 1, 1986