

Pt-Co 합금박막 측온저항체 온도센서의 제작 Fabrication of Pt-Co Alloy Thin Films RTD Temperature Sensors

홍 석 우*, 서 정 환*, 노 상 수**, 정 귀 상*

*동서대학교 전자기계공학부

**부산대학교 무기재료공학과

Seogwoo-Hong*, Jeonghwan-Seo*, Sangsoo-No**, Gwiysang-Chung*

*Division of Electrical and Mechanical Engineering, Dongseo University

**Inorganic Material Engineering, Pusan University

Abstract

Platinum-Cobalt alloy thin films were deposited on Al_2O_3 substrate by r.f. cosputtering for RTD temperature sensors. We made Pt-Co alloy resistance patterns on the Al_2O_3 substrate by lift-off method and investigated the physical and electrical characteristics of these films under various conditions (the input power, working vacuum, annealing temperature, thickness of thin films) and also after annealing these films. At input power of Pt : 4.4 W/cm^2 , Co : 6.91 W/cm^2 , working vacuum 0 and annealing conditions of 1000°C and 60 min, the resistivity and the sheet resistivity of thin films were $15 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ and $0.5 \Omega/\square$, respectively. The TCR value of Pt-Co films was measured with various thickness of thin films and annealing temperature. TCR value is gained under condition 3000\AA of thin films thickness and 1000°C of temperature. These results indicate that Pt-Co alloy thin films have potentiality for the wide temperature ranges.

1. 서 론

일상생활뿐만 아니라 모든 산업분야에 있어서 열의 역할이 매우 중요하기 때문에 온도를 정확히 측정하기 위한 노력은 오랫동안 지속되고 있다. 최근 메카트로닉스 산업분야에 고정밀, 고성능, 소형, 고감도 온도센서가 절실히 요구되고 있다. 온도를 측정하는 측온저항체 온도센서는 호환성, 안정성, 감도, 선형성 그리고 사용가능한 온도범위가 넓어 온도센서로 적합하지만, 소형화가 어렵고 기계적 충격이나 진동에 약하며 고가라는 단점이 있다.^{1) 2)} 특히, Pt-RTD는 저항의 온도계수가 크고 직선성이 우수하며, 넓은 온도범위에서도 안정하다. 그러나 일반적으로 순수한 Pt를 사용한 측온저항체는 -200°C 이하의 극저온과 400°C 이상의 온도에서 급격히 감도가 저하되고, 큰 저항값을 갖는 Pt-RTD 제작이 곤란하여 시스템 자체의 구성이 복잡하다. 미량의 불순물이 첨가된 각종 합금은 단위 면적당 큰

저항값을 가지므로써 시스템의 구성이 간단하고, 소형, 경량, 고분해 능력을 갖으며, 재현성이 좋고, 출력특성이 뛰어나기 때문에 합금을 이용한 광대역용 측온저항체 온도센서에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.³⁾ 한편, Pt-Co 합금박막은 순수한 Pt 물질에 Co를 첨가시킴으로써 높은 비저항 특성을 가지기 때문에 소자의 소형화가 가능할 것이고, -200°C 이하의 극저온과 400°C 이상의 온도에서 급격히 감도가 저하되는 Pt-RTD의 단점을 보완할 수 있으며, 또한 큰 저항변화율에 따라 미세한 온도변화의 측정이 가능할 것이다.

따라서, 본 연구에서는 광대역 박막형 측온저항체 온도센서를 개발하기 위해 r.f. 코스퍼트링법에 의한 Pt-Co 합금박막의 두께에 따른 열처리 조건에 따라 박막의 물리적, 전기적 특성을 각각 분석·평가하였다. 그리고 Pt-Co 합금박막의 저항체를 제작하여 박막두께, 열처리 조건과 Co 첨가량에 따른 저항은

도계수(TCR)를 Pt 박막과 비교·분석하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 99.99 % 고순도 Pt, Co 타겟을 사용하여 알루미늄 기판위에 r.f. 코스퍼터링법으로 Pt-Co 합금박막을 증착시켰다. 기판과 타겟의 거리는 약 7 cm이고, 99.99 % 고순도 Ar 가스를 사용했으며 양호한 박막을 얻기 위해 10^{-6} Torr 이하의 초진공을 만든 후 Ar 가스를 주입하여 플라즈마를 발생시켰다. 본 실험에서 조사된 최적증착조건(Pt : 4.4 W/cm^2 , Co : 6.91 W/cm^2 , 진공도 : 10mTorr) 하에서^[4], Pt-Co 합금박막을 3000Å, 7000Å, 10000Å 두께로 증착시켰다. Pt-Co 합금박막의 면저항과 두께는 four-point probe와 α -step을 각각 사용하여 측정했으며, 열처리 온도를 각각 900, 1000, 1100°C로 열처리하여 SEM을 사용하여 합금박막의 결정질과 미세표면구조를 각각 분석하였으며 Pt와 Co의 조성비를 분석하기 위해서 EDS를 이용하여 박막에 첨가된 Co 첨가량을 관찰하였다. Pt-Co 합금박막의 두께 및 열처리 조건에 따른 TCR값을 평가하기 위해 lift-off 방법으로 저항체를 제작한 후, Pt-paste로 Pt-wire를 bonding하여 측정하였다.

그림 1은 Pt-Co 합금박막 측온저항체 온도센서의 표면사진이다



그림 1. Pt-Co 합금박막 측온저항체 온도센서의 표면사진.

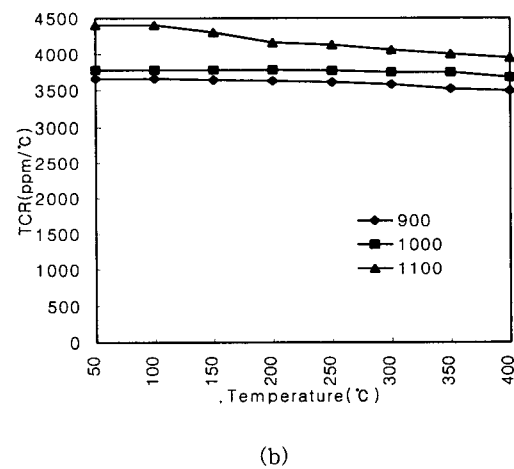
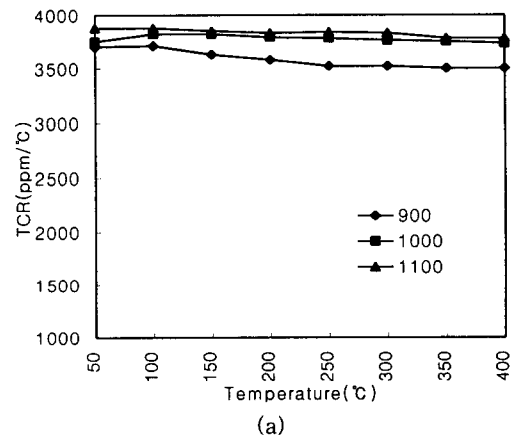
3. 실험결과 및 고찰

3.1 Pt-Co 합금박막의 열처리 및 두께에 따른 특성

본 실험에서 Pt-Co 합금박막의 결정화를 위한 증착후 열처리는 quartz tube furnace를 이용하여 N_2 가스 분위기에서 행하여졌다. 얇은 금속박막은 내부에 많은 구조적 결함이나 결정입계가 존재하여 전

자가 산란되고 또한 박막표면 자체도 산란의 커다란 영향이 되어 전기적으로 불안한 구조를 갖게 되는데, 열처리를 함으로써 전기적으로 불안한 상태나 구조적으로 갈라진 틈 사이가 밀착되어 비틀림들이 줄어들고 결정립 크기가 커짐에 따라 단결정 성장을 촉진시켜 전기적으로 안정된 박막을 얻을 수 있다.^[5-6] 그러나 과도한 열처리를 하게 되면 결정립의 성장에 따른 부분적인 island 형성과 기판위에 막이 없는 부분, 즉 박막이 없는 hole 생성되고 조금씩 커짐으로 인하여 박막의 특성이 저하 될 수도 있다.

그림 2는 진공도 : 10 mTorr, 입력 power Pt : 4.4 W/cm^2 , Co : 6.91 W/cm^2 의 조건에서 Pt-Co 합금박막 두께 3000, 7000, 10000Å으로 증착한 후, 900, 1000, 1100°C에서 각각 60분간 열처리한 Pt-Co 합금박막 측온저항체 온도센서의 두께에 따른 TCR 값을 상온에서 400°C 까지 각각 측정하여 나타낸 것이다.



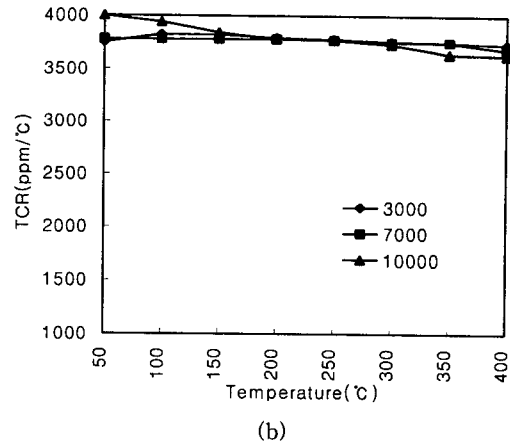
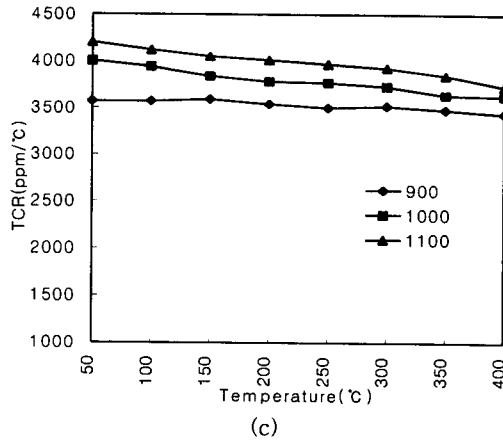


그림 2. (a) 두께 3000Å, (b) 7000Å, (c) 10000Å 일 때 열처리 온도에 따른 TCR값 변화.

박막두께가 두꺼워질수록 고온의 열처리에 의한 TCR 값은 증가하나 박막두께가 7000Å 이상일 때 1100°C 이상 열처리를 하게 되면 Pt의 특성저하가 생겨 선형적인 TCR 값을 얻을 수 없었다.

그림 3은 열처리 온도에 따른 TCR값을 나타낸 것이다. 열처리 온도가 높아지면 TCR값이 커짐을 알 수 있다. 하지만 1000°C까지 열처리를 하게 되면 TCR 값이 증가 하나 1000°C 이상의 열처리에서는 Pt의 고유성질을 잃어버려 갑자기 TCR값이 커지고 선형성이 없어짐을 그림 2, 그림 3을 통해서 알 수 있다. 따라서 박막 두께가 3000Å 이고 1000°C에서 열처리했을 때 가장 선형적이고 안정된 TCR값을 얻을 수 있었다.

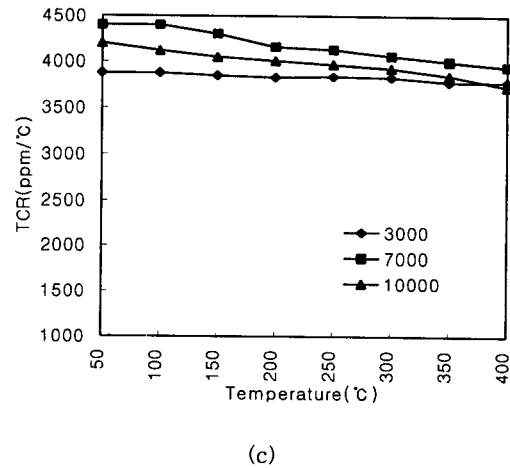
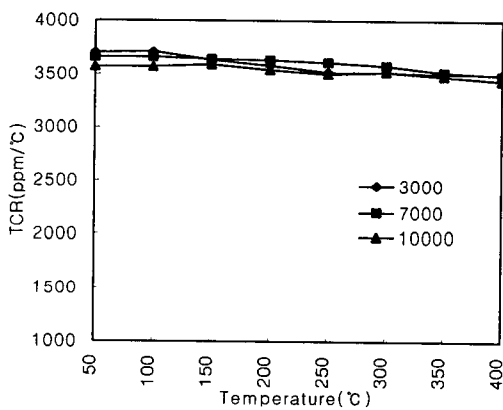
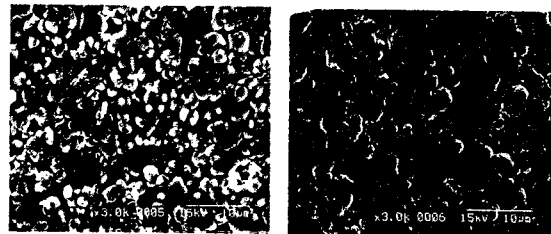


그림 3. (a) 열처리 900°C, (b) 1000°C, (c) 1100°C 일 때 두께에 따른 TCR값 변화.



3.2 Pt-Co 합금박막의 물리적 특성

그림 4는 3000Å 두께로 증착 된 Pt-Co 합금박막의 열처리전, 900, 1000, 1100°C에서 60분간 열처리를 거친 박막의 미세표면 상태를 나타낸 SEM 표면



(a)

(b)

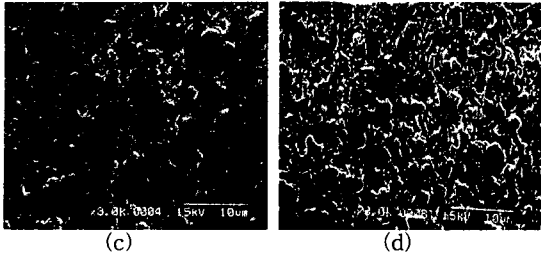


그림 4. (a) 열처리를 하지 않은, (b) 900°C, (c) 1000°C, (d) 1100°C에서 60분간 열처리를 거친 Pt-Co 합금박막의 SEM 표면사진.

사진이다. 열처리 온도를 증가함에 따라 선명한 입자들의 경계가 부드러워져 전기적으로 불안한 상태나 구조적으로 갈라진 틈 사이가 밀착됨을 볼 수 있고, 열처리 온도가 증가할수록 그 특성이 더욱 두드러져 1000°C 열처리 조건에서 결정립이 완전히 뭉쳐져서 물리적, 전기적으로 상당히 양호한 합금박막을 얻을 수 있었다.

그림 5은 EDS로 Pt와 Co의 조성비를 분석한 결과, Co 첨가량에 따른 Pt-Co 합금박막 저항체의 TCR 변화를 나타낸 것이다. Co 첨가량이 증가할수록 전기적으로 안정한 박막이 형성되어 TCR값이 더욱 증가되고 있음을 알 수 있다.

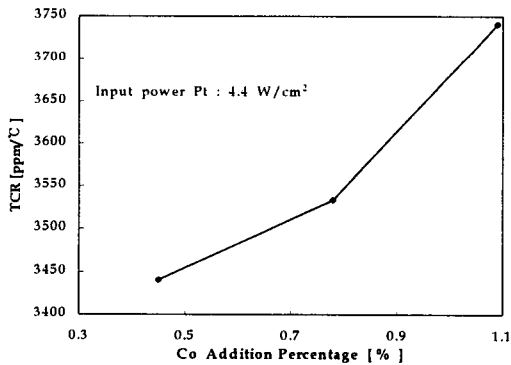


그림 5. Co 첨가량에 따른 Pt-Co 합금박막 온도센서의 TCR값 변화.

4. 결론

본 연구에서는 Pt-Co 합금박막을 99.99% 고순도 Pt, Co 타겟을 이용하여 Al₂O₃기판위에 r.f. 코스퍼터링법으로 증착하였다. 최적증착조건하에서 형성된 Pt-Co 합금박막의 두께 및 열처리 온도에 따른 전기적, 물리적 특성을 α -step, SEM을 이용하여 분석하였다. 그리고, lift-off 방법으로 제작된 Pt-Co 합금박막 측온저항체의 특성을 열처리 조건과 Co 첨가량에 대한 특성을 분석하였다. Pt-Co 합금박막 증착

후 열처리 온도가 높을수록 결정립이 성장하여 전기적으로 물리적으로 안정된 박막을 얻을 수 있었다. 박막두께 3000Å, 열처리 온도가 1000°C일 때 비저항 및 면저항이 각각 15 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, 0.5 Ω/\square 로 측정되었다. 그러나, 1100°C 60분 그 이상 시간에 대한 열처리는 결정립 성장에 따른 부분적 island 형성으로 비저항값이 다소 증가함을 알 수 있었다. SEM을 이용한 열처리 효과 분석에서 열처리 온도가 증가할수록 Pt-Co 합금박막의 물리적 특성이 개선되었으며, 열처리조건 : 1000°C, 60분, 박막두께 : 3000Å 가장 안정된 특성을 갖는 박막을 얻을 수 있었다. Lift-off 방법에 의해서 제작된 Pt-Co 합금박막 측온저항체의 TCR값은 박막두께 3000Å일 때 열처리 온도가 증가할수록 개선되었으며 열처리조건 : 1000°C, 60분에서 가장 안정됨을 알 수 있었다. 또한, Co 첨가량이 증가할수록 TCR값이 증가하였다. 따라서, 본 연구를 통하여 Pt-Co 합금박막을 이용한 소형, 경량, 고분해 능력을 갖는 광대역용 측온저항체 온도센서로서의 가능성을 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] G. C. M Meijier and C. H. Voorwinder, A Novel BiCMOS Signal Processor for Pt-100 Temperature Sensors with Microcontroller Interfacing, Sensors and Actuators. A, vol.25, pp. 613-620, 1991.
- [2] G. S. Chung, S. S. Noh, The Study on Characteristics of Platinum Thin Film RTD Temperature Sensors with Annealing Conditions, Korean Sensors Society, vol. 6, no. 2, pp. 81-86, 1997.
- [3] T. Shiratori, K. Mistsui, K. Yangishawa, S Kobayasi, Temperature, its Measurement and Control in Science and Industry 5, Schooley, J. F.(ed) ; New York : American Institute of Physics, Part 1, pp. 839-843, 1982.
- [4] G. S. Chung, S. S. No, The Study on Deposition and Characteristics of Pt-Co Alloy thin Films for RTD Temperature Sensors, Korea Sensors Society, vol.7, no.1, pp. 45-49, 1998.
- [5] H. Yongde, C. Lujin, L. Hong, G. Shuping, NTC Thermally Sensitive Powder Materials for Thick-Film Thermistors, Sensors and Actuators A, vol.35, pp. 269-272, 1993.
- [6] P. Ciureanu, Thin Film Resistive Sensors, Institute of Physics Publishing, pp. 214-252, 1991.