

Pt-Co 합금박막의 미세발열체 특성

서정환*, 홍석우*, 노상수**, 제우성***, 최영규****, 정귀상*
 *동서대학교 전자기계공학부, **부산대학교 무기재료공학과, 동명정보대학교 정보공학부, 신라대학교 광공학과

Micro Heater Characteristics of Pt-Co Alloy Thin Films

J. H. Seo*, S.W. Hong*, S. S. Noh**, W. S. Che***, Y. K. Chio****, G. S. Chung*
 *Dongseo Univ., **Pusan Nat'l Univ., ***Tongmyong Univ. Infor.Tech., ****Silla Univ.

Abstract - The electrical and physical characteristics of Pt-Co alloy thin films on Al₂O₃ substrate, deposited by r.f. cosputtering respectively, were analyzed with thickness of thin films (1700~10000Å) and increasing annealing temperature (800~1000°C). At input power of Pt : 4.4 W/cm², Co : 6.91 W/cm², working vacuum of 10 mTorr and annealing conditions of 1000 °C and 60 min, the resistivity and sheet resistivity of Pt-Co thin films with thickness of 3000Å was 15 μΩ · cm and 0.5 Ω/□, respectively. The TCR value of Pt-Co alloy thin films was measured with various thickness of thin films and annealing conditions. The optimum TCR value of 3850ppm/°C in temperature range(25~400°C) is gained under conditions 3000Å of thin films thickness and 1000°C of annealing temperature. The thermal characteristics of Pt-Co micro heaters were analysed with Pt-Co RTD integrated on the same substrate. In the analysis of characteristics of Pt-Co micro heaters, the Pt-Co micro heaters with thickness of 3000Å and annealing temperature of 1000°C had a good linearity and temperature is up to 468.2°C with 2.1watts of the heating power.

1. 서 론

최근 실리콘 미세가공기술을 이용한 소형, 경량, 고속 응답 및 대량생산이 가능한 마이크로센서의 연구가 가속화되고 있다. 이러한 센서들중 가스센서, 진공센서, 유량/유속센서 등은 가스분자와 센서물질 사이의 화학적 반응을 출력신호로 이용하게 된다. 이러한 원리에서 센서의 동작온도는 가스의 흡착(adsorption) 및 탈착(desorption) 그리고 확산에 많은 영향을 미치게 되어 센서의 동작 특성(감도, 선택성, 응답시간)을 최적화 시키는데 가장 중요한 요소이므로 일정한 동작온도를 유지하기 위해 미세발열체를 장착하고 있다. 현재까지 실리콘 미세가공기술을 이용한 미세발열체에 관한 연구는 발열체의 물질(SiC 박막^[1], Poly Si^[2], NiFe Alloy^[3], NiCr^[4] 등)에 따라 활발히 진행되고 있는데, 이처럼 마이크로머싱기술로 제작된 미세발열체는 저전력 소비, 정확한 온도제어, 저열적 용량 그리고 센서어레이화를 쉽게 실현할 수 있다.^[5] 특히, 화학적 열적 안정성이 높으며 응답특성이 양호한 백금박막 미세발열체가 널리 사용되지만, 400°C 이상의 온도에서 감도가 저하되고 선형성이 떨어진다. 그러나, 미량의 불순물이 첨가된 각종 합금은 단위 면적당 큰 저항값을 가짐으로써 시스템의 구성이 간단하고, 소형, 경량, 고분해 능력을 갖으며, 재현성이 좋고, 출력특성이 뛰어나다. Pt-Co 합금박막은 순수한 Pt 물질에 Co를 첨가시킴으로써 높은 비

저항 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 연구에서 저자들은 마이크로 열센서용 미세발열체를 평가하기 위해 Pt-Co 합금박막을 이용하여 RTD와 미세발열체를 동일 기판상에 제작하여 r.f. 코스퍼터링법으로 증착한 Pt-Co 합금박막의 두께 및 열처리 조건에 따른 박막의 물리적, 전기적 특성을 각각 분석하였다. 또한, 정확한 Pt-Co 합금박막 미세발열체의 발열 및 전기적 특성을 평가하기 위하여 미세발열체와 온도센서를 동일 기판상에 제작한 후, 합금박막의 두께 및 열처리 조건에 따라 미세발열체의 자체발열과 외부 온도변화에 따른 미세발열체와 온도센서의 저항변화율 그리고 인가전력에 따른 발열체의 발열특성을 각각 비교·분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

본 실험에서는 99.99%, 고순도 Pt, Co 타겟을 사용하여 알루미늄 기판위에 r.f. 코스퍼터링법으로 Pt-Co 합금박막을 증착시켰다. 기판과 타겟의 거리는 약 7cm이고, 99.99% 고순도 Ar 가스를 사용했으며 양호한 박막을 얻기 위해 10⁻⁶ Torr 이하의 초기진공을 만든후 Ar 가스를 주입하여 프라즈마를 발생시켰다. 본 실험에서 조사된 최적증착조건(Pt : 4.4 W/cm², Co : 6.91 W/cm², 진공도 : 10mTorr)하에서,^[6] Pt-Co 합금박막을 3000, 7000, 10000Å 두께로 증착시켰다. Pt-Co 합금박막의 면저항과 두께는 four-point probe 와 α-step을 사용하여 측정했으며, 각각 900, 1000, 1100°C로 열처리하여 XRD와 SEM으로 합금박막의 결정질과 미세표면구조를 각각 두께에 따라 분석하였다. 그리고, Pt-Co 합금박막의 두께 및 열처리 조건에 따른 온도센서의 TCR값 및 발열체의 발열특성을 평가하기 위해 그림1과 같이 미세발열체와 온도센서를 동일기판에 lift-off 방법으로 저항체를 제작한 후, 대류에 의한 열전도를 최소화하기 위해 분위기 가스와 진공도의 제어가 가능한 밀폐시스템내에서 미세발열체와 온도센서의 저항변화율 및 인가전력에 따른 발열특성을 측정하였다.

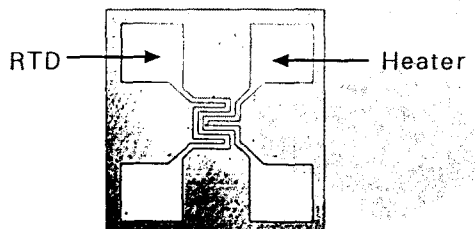


그림1. Pt-Co 합금박막의 미세발열체와 RTD가 집적화된 표면사진

2.2 실험결과 및 고찰

2.2.1 Pt-Co 합금박막 열처리 및 두께에 따른 특성

본 실험에서 Pt-Co 합금박막의 결정화를 위한 증착후 열처리는 quartz tube furnace를 이용하여 N₂가스 분위기에서 행하여졌다. 얇은 금속박막은 내부에 많은 구조적 결함이나 결정입계가 존재하여 전자가 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.^[7-8] 그러나 과도한 열처리를 하게 되면 결정립의 성장에 따른 부분적인 island 형성과 기판위에 박이 없는 부분, 즉 박막이 없는 hole 생성되고 조금씩 커짐에 의하여 박막의 특성이 저하 될 수도 있다.

그림 2은 진공도 : 10 mTorr, 입력 power Pt : 4.4 W/cm², Co : 6.91 W/cm²의 조건에서 Pt-Co 합금박막을 두께 3000, 7000, 10000Å으로 증착한 후, 열처리 온도 1000°C에서 각각 60분간 열처리한 Pt-Co 합금박막의 두께에 따른 미세발열체의 발열특성을 평가하기 위해 온도센서의 TCR값을 상온에서 400°C 까지 각각 측정하여 나타난 것이다.

박막두께가 두꺼워질수록 고온의 열처리에 의해 TCR값은 증가하나 박막두께가 7000Å 이상일때, 1100°C 이상 열처리를 하게되면 Pt의 고유성질을 잃어버려 특성저하가 생겨 선형적인 TCR값을 얻을 수 없었다. 그리고, Pt 박막의 경우 열처리 온도가 증가할수록 TCR값이 증가하였으나 Pt-Co 합금박막의 TCR값보다 상당히 작았으며, 넓은 온도범위에서 TCR값의 선형성이 좋지 못하였다.^[9]

따라서, 박막 두께가 3000Å 열처리 온도가 1000°C 일때, Pt-Co 합금박막의 TCR값은 가장 선형적이고 안정적이었으며 Pt 박막보다 넓은 온도범위에서 TCR값이 일정하였다.

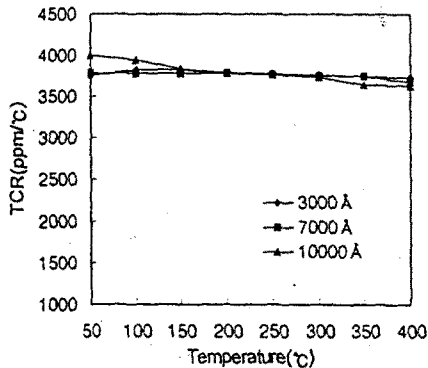


그림 2. Pt-Co 합금박막의 두께에 따른 TCR값 변화 (열처리 온도 : 1000°C, 열처리 시간 : 60분).

2.2.2 Pt-Co 합금박막의 물리적 특성

그림 3는 3000Å 두께로 증착 된 Pt-Co 합금박막의 열처리전, 900, 1000, 1100°C에서 각각 60분간 열처리를 행한 박막의 미세표면상태를 나타낸 SEM 사진이다.

열처리 온도가 증가함에 따라 선명한 입자들의 경계가 현저하여 전기적으로 불안한 상태나 구조적으로 갈라진 틈 사이가 밀착됨을 알 수 있다. 열처리 온도가 증가할수록 그 특성이 더욱 두드러져 1000°C 열처리 조건에서 결정립이 완전히 동치쳐서, 물리적, 전기적으로 상당히 양호한 합금박막을 얻을 수 있었다.

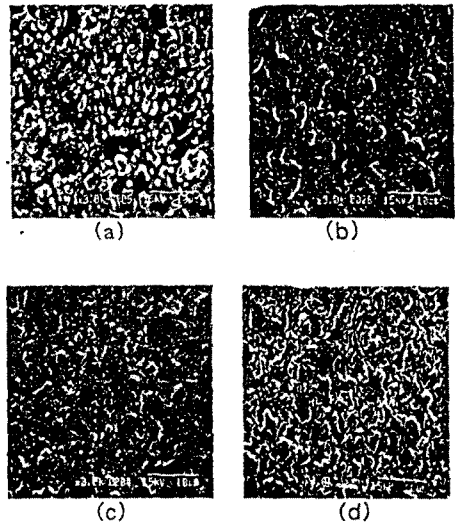


그림 3. 두께가 3000Å인 Pt-Co 합금박막의 열처리 온도 (a) 열처리를 하지 않은, (b) 900°C, (c) 1000°C, (d) 1100°C에 따른 SEM 표면사진(열처리 시간 : 60분).

그림 4는 10000Å 두께로 증착된 Pt-Co 합금박막의 열처리전, 900, 1000, 1100°C에서 각각 60분간 열처리를 행한 박막의 미세표면상태를 나타낸 SEM 사진이다. 두께 3000Å 박막과 비교할때 열처리 온도 1000°C까지는 비슷하나 1100°C 이상에서는 island가 형성되었다. 따라서 Pt의 고유성질을 잃어버려 TCR값이 갑자기 증가한 것으로 생각된다.

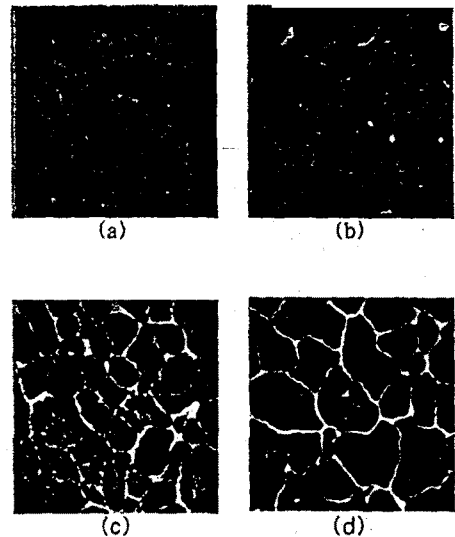
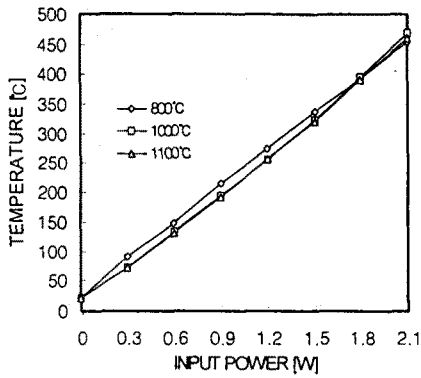


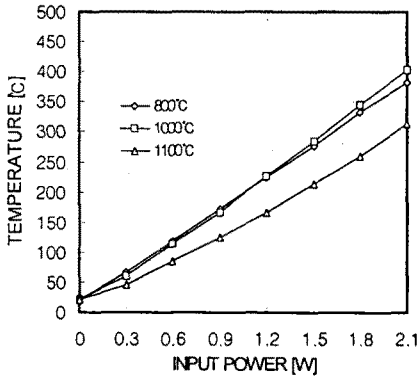
그림 4. 두께가 10000Å인 Pt-Co 합금박막의 열처리 온도 (a) 열처리를 하지 않은, (b) 900°C, (c) 1000°C, (d) 1100°C에 따른 SEM 표면사진(열처리 시간 : 60분).

2.2.3 Pt-Co 합금박막 미세발열체의 발열특성

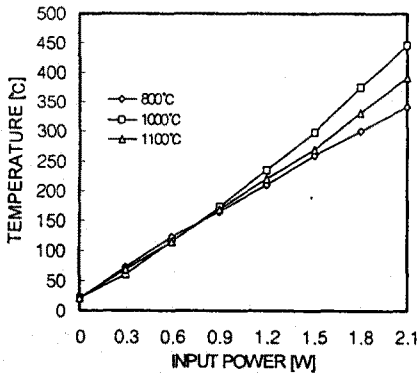
그림 5는 Pt-Co 합금박막의 두께(3000, 7000, 10000Å) 및 열처리 온도(900, 1000, 1100°C) 그리고 인가전력에 따른 발열체의 발열특성을 나타낸 것이다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. Pt-Co 합금박막의 열처리 온도에 따른 두께 (a) 3000A, (b) 7000A, (c) 10000A일때 발열특성

그림 5에서 알수있듯이 두께 3000A, 열처리 온도 1000°C에서 발열특성이 가장 우수하였으며, 선형적이고 높은 출력 특성을 얻을수 있었다. 그리고, 발열체의 열적차단이 우수하여 2.1watts에서 약468.2°C의 발열 특성을 나타내었으며 열처리 온도가 1000°C 이상에서는 그 특성이 저하되는 것을 알수 있었다. 두께 10000A, 열처리 온도 1000°C일때, 비교적 양호한 발열특성을 나타내었으나, 열처리 온도 1100°C에서는 Pt 고유성질을 잃어버려 특성이 저하되었다. 박막의 두께가 두꺼울수록 발열특성이 저하되었는데, 이것은 저항이 작은 것에 기인한 외부로의 열손실 때문이라 생각된다.

그리고, Pt 박막 미세발열체의 발열특성은 인가전압이 증가할수록 선형성이 저하되었으나, Pt-Co 합금박막 미세발열체의 발열특성에서는 그 특성이 상당히 개선되었음을 알수 있었다.⁽⁶⁾

3. 결 론

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 분석하였다. Pt-Co 합금박막은 열처리 온도가 높을수록 결정립이 성장하여 전기적, 물리적으로 안정된 박막을 얻을 수 있었다. 박막두께 3000A, 열처리 온도가 1000°C 일때 비저항 및 면저항은 각각 15 μΩ·cm, 0.5 Ω/□로 측정되었다. 그러나, 1100°C, 60분 그 이상의 열처리에서는 결정립 성장에 따른 부분적 island 형성으로 비저항값이 다소 증가함을 알 수 있었다. 열처리 온도가 증가할수록 Pt-Co 합금박막의 물리적 특성이 개선되었으며, 열처리 조건 : 1000°C, 60분, 박막두께 : 3000A에서 가장 안정된 특성을 갖는 박막을 얻을 수 있었다. 최적조건에서 제작된 Pt-Co 합금박막 RTD는 온도범위(25 ~ 400°C)에서 가장 안정적이었고 또한, Pt-Co 합금박막 미세발열체의 발열특성도 가장 선형적이었으며 인가전력 2.1 watts에서 약 468.2°C의 발열 특성을 나타내었다. 따라서, 본 연구를 통하여 Pt-Co 합금박막을 이용한 RTD와 미세발열체를 동일 기판상에 집적화하여 소형, 경량, 고분해능력을 갖으며, 재현성이 좋고, 출력특성이 우수한 마이크로 열센서에 응용하고자 한다.

V. 참고문헌

- [1] T. Homma, et. al., Sensors & Actuators, A, 40 (1993)93.
- [2] M. A. Gajda, et. al., Sensors & Actuators, A, 49(1995)1.
- [3] U. Dibbern, et. al., Sensors & Actuators, B, (1990)63.
- [4] A. Qiu, et. al., The 8th Int. Conf. on Solid States Sensors & Actuators, 130-C2(1995)520.
- [5] D. Mutschall, et. al., Trans. EUROSENSORS IX, 57-PA6(1995)256.
- [6] G. S. Chung, et. al., Korea Sensors Society, 7(1998)45.
- [7] H. Yongde, et. al., Sensors and Actuators A, 35(1993)269.
- [8] P. Ciureanu, Thin Film Resistive sensors, Institute of Physics Publishing, (1991)214.
- [9] G. S. Chung, et. al., Korea Sensors Society, 6(1997)81.