

초정밀 다층 Cermet 박막저항체 제조에 관한 연구

허명수 · 최승우 · 천희곤 · 권식철* · 이건환* · 조동울

울산대학교 재료공학과, *한국기계 연구원 박막기술실
(1996년 12월 5일 접수)

A study on the manufacturing of super precision multilayer cermet thin film resistor

M. S. Huh, S. W. Choi, H. G. Chun, S. C. Kwon*, G. H. Lee* and T. Y. Cho

Department of Materials Science and Engineering, University of Ulsan

*Thin Film Lab., Korea Instituted Metal and Machinery

(Received December 5, 1996)

요 약 - DC Magnetron Sputtering 방법으로 원기둥형 Alumina기판 (직경 4 mm, 길이 11 mm) 상에 부(-)의 TCR특성의 TaN_{0.1}(부도체)와 정(+)의 TCR특성의 Cr(금속) 박막두께를 적절히 조절함으로써 초정밀 저항기를 제조하였다. 그리고 면저항(Rs)을 1 kΩ/□수준으로 높이고 보호막을 형성키 위하여 상부에 Ta₂O₅ 막을 입혀 Ta₂O₅/TaN_{0.1}/Cr/Al₂O₃(substrate)의 다층 박막저항체를 제조하였다. 적절한 조건(기판온도, N₂(g), Ar(g)의 유속 등)으로 상기 다층박막내 각 막의 두께를 약 10,100과 500 nm 두께로 증착했을 때, Rs ≈ 1 kΩ/□와 TCR ≈ 20 ± 5 ppm/°C의 초정밀 저항체가 제조되었다.

Abstract - Super precision resistor was manufactured by controlling properly the thickness of TaN_{0.1} (negative TCR) and Cr(positive TCR) deposited on cylindrical alumina substrate (diameter: 4 mm, length: 11 mm). Multilayer thin film resistor of Ta₂O₅/TaN_{0.1}/Cr/Alumina (substrate) was manufactured by depositing of Ta₂O₅ film on TaN_{0.1} film to increase Rs to the level of 1 kΩ/□ and to passivate the film. Super precision resistor with TCR of 20 ± 5 ppm/°C and Rs of 1 kΩ/□ was manufactured by depositing thin layers of about 10 nm Ta₂O₅, 100 nm TaN_{0.1} and 50 nm Cr film under the properly controlled sputtering condition.

1. 서 론

전자제품 제조기술의 향상으로 가정용·공업용 전자·전기제품 등이 고정밀·고품격화됨에 따라 부품들의 다기능, 고품격화를 요구하고 있다. 그 중 많이 사용되고 있는 저항기(Resistor)는 회로내의 잡음 감소, 신호의 지연·증폭, PCB(Print Circuit Board)회로 설계의 간소화 등을 위해 고정밀·고저항화 되어야 한다.

저항기 소자의 저항체를 박막(thin film)화하여 고정밀, 고저항체화하는 방법으로는 열분해법, 전기도금법(electro-plating), 무전해 도금법(electroless-plating), 물리 증착법(physical vapor deposition) 등이 있다. 이들 방법

중 현재 가장 많이 이용되고 있는 박막제조 방법은 스퍼터링법(sputtering)이다. 스퍼터링법을 이용하여 가장 많이 연구되어 온 박막 저항체로는 Ni-Cr, Cu-Mn, Ni-Cr-Si과 Ni-Cr-Al 등이 있으나, 이들 저항체의 경우에는 고주파 감쇠를 위한 고저항체(sheet resistance 이하 Rs; ≥ 1 kΩ/□) 형성이 어렵고, 저항값의 안정성을 나타내는 저항온도계수(temperature coefficient of resistivity : 이하 TCR)가 ± 200 ppm/°C 이상이므로 정밀한 전자·전기제품의 회로를 제조함에 있어서는 부적합하다. 따라서 우수한 TCR 특성을 나타내는 고정밀, 고저항체를 제조하기 위해서는 기존의 저항체(Ni-Cr, Cu-Mn, Ni-Cr-Si 등)보다 높은 비저항값과 우수한 TCR 특성을 갖는 고용점

전이 금속 화합물등이 주목되고 있다[1-3].

TCR이 거의 0에 가까운 초정밀급 저항기는 어떠한 화합물 박막으로도 제조할 수 없으므로 저항기용 소재에 반대의 TCR 특성을 갖는 film층을 형성하여 서로 보완케 하여야 한다. 이런 다층 박막은 하지 film층으로 정(positive 이하 +)의 TCR 특성을 갖는 도체의 저항기용 소재와 부(-)의 TCR을 갖는 부도체 film사이에 증착하여 TCR 특성을 안정화시킨다. 1987년 Hitachi 연구소는 정(positive 이하 +)의 TCR 특성을 갖는 Ni 하지 film층을 증착한 후 Ta₂N film을 형성하여 TCR 특성을 안정화한 뒤 표면을 산화시켜 native Ta₂O₅막을 형성하여 면저항값을 약 2 kΩ/cm²로 증가시켰고, TCR 특성은 ±25 ppm/°C로 안정화 시켰다. 상기의 방법은 현재 많이 연구되고 있는 분야이다[6-8].

본 연구에서는 DC magnetron 스퍼터링법을 이용하여 고정밀, 고저항 저항체 박막으로 TaN_x film을 제조하였을 때 형성될 수 있는 화합물 중 TaN_{0.1}, TaN_{0.8}과 TaN 박막의 Rs와 TCR 특성을 평가하고, film층의 우선방향을 XRD(X-ray diffraction)를 이용하여 구명한 뒤 저항체의 Rs와 TCR에 미치는 영향을 조사하였다. 제조된 TaN_x박막의 음의 TCR을 보정하기 위하여 정(positive 이하 +)의 TCR을 갖는 Cr 막을 TaN_x와 모재인 alumina사이에 증착하였을 때 이 적층박막의 Rs와 TCR의 관계를 조사하였다. 또한 TaN_{0.1}/Cr 박막 위에 유전체인 Ta₂O₅ 박막을 증착하여 Fig. 1과 같은 저항기를 만들어 TCR을 안정화시키고 Rs값을 변화시키는 현상을 조사하였다.

2. 연구방법 및 이론

본 실험에 사용한 스퍼터링 장비[11]는 자체 제작한 장비이며, CERAC사의 Tantalum (99.99%)과 Chromium (99.99%) 타겟을 장착하여 DC 스퍼터링을 하였다. 사용된 기판[Fig. 1]은 지름이 4 mm이고 길이가 11 mm인 원기둥형 Al₂O₃며, 원기둥 전체에 균일한 박막을 증착하기 위해 스퍼터링 장비내에 barrel 장치를 고안하여 장착하였다.

시편의 전처리에는 초음파 세척기내에서 10% HF용액으로 15 min간 세척한 다음 DI water로 수세한 뒤 고압의 N₂(g)를 이용하여 시편을 건조 하였다. 전처리된 시편을 스퍼터링 장비내에 설치된 barrel장치에 장입시킨 뒤 3×10⁻⁵ torr까지 진공배기한 후 Ar 방전기체를 60 sccm을 흘려 작업 진공도를 2~3×10⁻² torr로 유지한 다음 DC출력을 타겟에 200 W 인가하여 2분간 타겟 표면

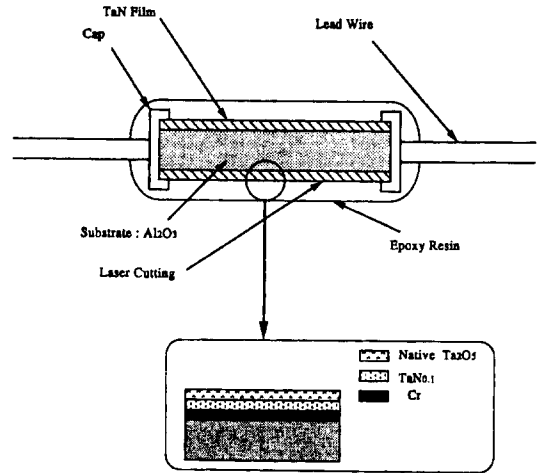


Fig. 1. Schematic diagram of the structure of thin film resistor.

을 pre-sputtering하였다.

TaN_x film을 제조하기 위해 스퍼터링 장비내에 설치된 kanthal선에 전압을 인가하여 기판온도를 200°C로 예열한 뒤 Ar 방전기체를 20 sccm으로 고정 하고, 반응성 가스 N₂(g)를 1~20 sccm으로 변화를 주면서 TaN_x 박막을 기판에 증착하였다.

Cr Film의 증착조건은 모재의 온도를 200°C로 예열한 뒤 Ar 방전기체를 60 sccm로 한 뒤 DC 출력을 타겟에 200 W인가하여 Cr film을 증착하였다.

TaN_x/Cr film의 증착조건은 상기의 두 film 증착 조건을 기준으로하여 두 film의 두께비를 조합하는 방향으로 증착을 하였다. 그후 Rs를 증대 시키기 위하여 TaO_x를 증착하였다. 자세한 증착조건을 Table 1에 나타내었으며, 전체 실험의 공정도는 Fig. 2에 나타내었다.

저항체에서 비저항(ρ)과 온도와의 관계식은 다음과 같다.

$$\rho = \rho_0 [1 + (T - T_0) \alpha + \dots] \quad (1)$$

식 (1)에서 α 는 TCR이며, 독일공업규격 DIN 43760에서는 그 측정식을 0°와 100°C의 범위에서 식 (2)와 같이 정의하였다.

$$\text{TCR} = \frac{R_{100} - R_0}{R_0} \times \frac{1}{100} \times 10^6 \text{ (ppm/}^\circ\text{C)} \quad (2)$$

여기서 R₁₀₀과 R₀은 각각 100°C와 0°C에서의 저항이다. 본 실험에서는 박막의 전기저항 특성 평가를 Fig. 3에

Table 1. Sputtering Conditions

DC Magnetron Sputtering		Chamber Volume: 10.5 liter
Target	Tantalum, Chromium (99.99%, dia: 67.5 mm, t: 6 mm)	
Distance Between Target and Substrate	5 cm	
Sputtering Gas	Ar (99.999%)	
Reactive Gas	N ₂ (99.999%)	
Temp. of Substrate	200°C	
DC Power	5.67 W/cm ²	
Substrate	Al ₂ O ₃ (dia: 4 mm, t: 11 mm)	
Deposition Condition for Tantalum Nitride & Chromium		
Gas Flow Rate Ratio $Q = \frac{N_2(\text{sccm})}{N_2(\text{sccm}) + Ar(\text{sccm})}$	Ar Gas Flow Rate(f _{Ar})	N ₂ Gas Flow Rate(f _{N₂})
0.0476	20	1
0.0625	20	8
0.0909	20	20
1.0000	20	×
1.0000	60	×

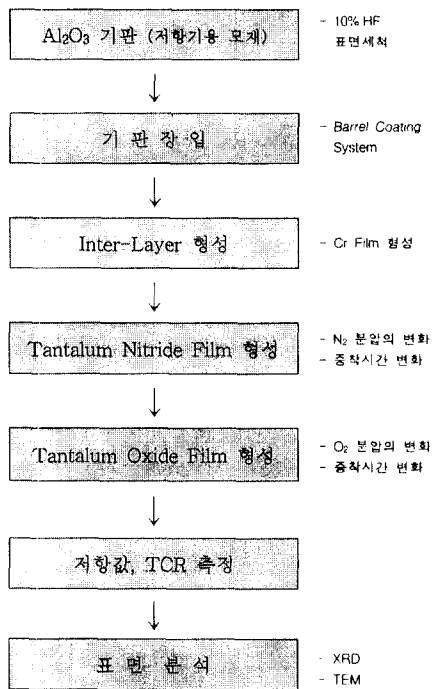


Fig. 2. Flow chart of experimentals.

나타낸 것과 같은 bar-resistor법을 이용하여 측정하였다. 박막이 증착된 저항기용 모재인 Al₂O₃의 양단에 Ni/Cu로 도금된 캡 씌운 후 Ni/Cu로 제작된 리드 선 (lead wire)으로 양단의 캡에 연결하여 시편을 제작하였고, 그

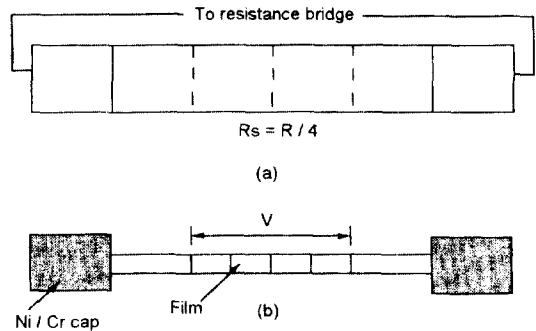


Fig. 3. Bar-resistor.

후 박막의 전기 저항특성 평가를 위해 다음의 장비들을 이용하였다.

Rs는 Datron Instruments의 모델 EIS-47E를 이용하여 제작된 시편의 양단에 12 V의 전압을 인가하여 Rs값을 측정하였으며, TCR특성을 측정하기 위해 온도오차의 범위가 ±1°C인 Japan Electron Co. Ltd.의 모델 DMM-20의 정밀 항온조를 Rs값을 측정하는 장비와 연결한 후 0°C에서 125°C까지의 Rs값 변화량을 측정한 후 식 (3)으로 TCR값을 계산하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 TaN, 박막의 전기적 특성

스퍼터링시 Ar의 유량을 20 sccm으로 일정하게 유지

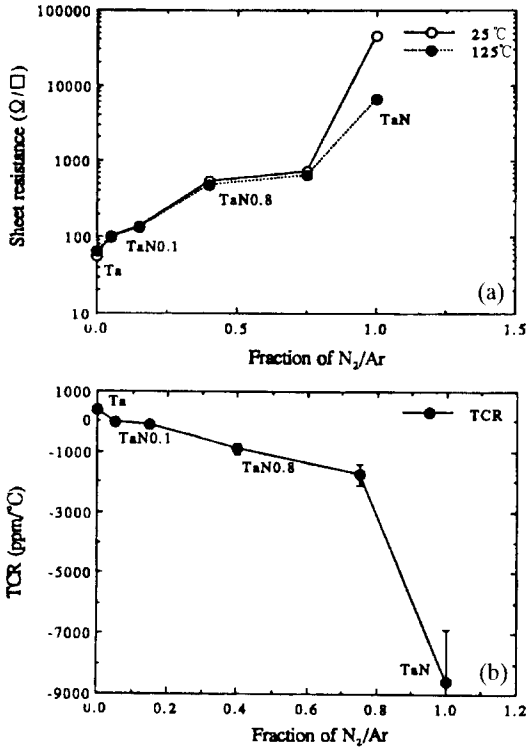


Fig. 4. Relationship between electrical properties and ratio of N₂/Ar (a) Rs versus N₂/Ar (b) TCR versus N₂/Ar.

하고 N₂ 분압비인 N₂/Ar을 0부터 1까지 변화를 시키면서 증착시간을 각각 10 min으로 하였을 때 N₂함량의 증가가 모재 Al₂O₃ 위에 증착되는 TaN_x층의 Rs와 TCR 변화에 미치는 영향을 보면 Fig. 4와 같다. Fig. 4 (a)는 25°C와 125°C에서의 Rs값을 나타내고, (b)는 TCR의 변화량을 나타낸다.

25°C에서 N₂/Ar비가 0, 0.4와 1.0으로 증가함에 따라 Rs값은 35 Ω/□, 530 Ω/□와 약 4.5×10³ Ω/□ 값을 나타내었으며, 오차범위는 약 6.5%이다. Rs값의 안정성을 평가하기 위해 항온조의 온도를 125°C로 올렸을 때는 Rs값이 45 Ω/□, 470 Ω/□와 약 6.5×10³ Ω/□의 변화를 보였으며, 이 값들의 오차범위는 약 6.5%정도 였다. 상기의 결과를 검토하여 보면 다음과 같다. N₂/Ar의 비가 0일 때는 Rs값이 온도가 25°C에서 125°C로 증가함에 따라 약 28.6%증가 하였다. 이는 N₂/Ar비가 0일 때는 스퍼터링시 순수한 Ta가 모재위에 증착되었으며 Ta film은 금속박막으로써의 Rs특성을 나타내었기 때문이다. Fig. 4(b)는 0°C에서 125°C까지의 평균 TCR 변화를 나타낸 것으로 Fig. 4(a)의 결과를 확인할 수 있다.

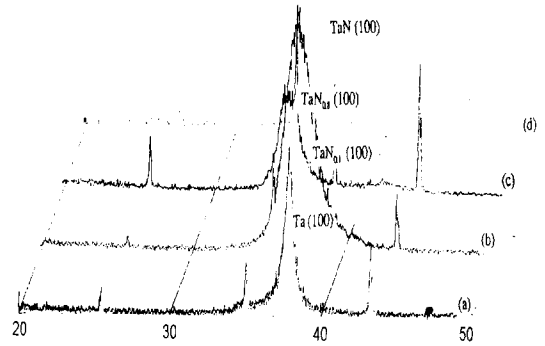


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of TaN_x films on Al₂O₃ at Ar flow rate (20 sccm) (a) N₂: 0 sccm (b) N₂: 1 sccm (c) N₂: 8 sccm (d) N₂: 20 sccm.

TCR의 변화에서도 N₂/Ar 비가 0에서 1로 변화됨에 따라 +478±30 ppm/°C에서 -8760±1850 ppm/°C로 떨어졌다. 이는 N₂/Ar비가 증가함에 따라 도체 금속인 Ta film에서 부도체인 TaN_x의 화합물 형성으로 증착층의 조성이 변화됨에 따라 금속성 Ta film이 부도체인 TaN_x로 변화되기 때문이다.

Fig. 5는 Fig. 4의 실험조건으로 증착한 시편의 XRD 자료이다. N₂/Ar비가 0, 0.05, 0.4와 1의 조건에 해당하는 시편의 X-선 회절 피크로서 JCPDS카드로 검색하였을 때 Ta(100), TaN_{0.1}(100), TaN_{0.8}(100)과 TaN(100)의 회절 피크를 보였으며, 각각의 조건에서 우선방향(Preferred Orientation)을 갖고 있다는 것을 확인 할 수 있었다. N₂/Ar비가 증가함에 따라 TaN_{0.1}(100), TaN_{0.8}(100)과 TaN(100)의 우선방향을 가졌으나, TaN_{0.1}에서 TaN으로 변할수록 우선방향의 크기가 감소하였다. Fig. 5(d)는 질소유량 20 sccm로 제작한 TaN박막의 X-선 회절피크로서 우선방향성의 크기가 타 시편에 비하여 작은 것으로 보아 다음과 같은 내용을 알 수 있다. 첫째 200°C의 온도범위에서는 TaN을 결정화시키기에 부적합하여 비정질의 TaN 박막을 형성하였을 것으로 사료되며, 둘째 질소분압이 높은 경우에는 TaN의 결정 격자사이에 있는 질소원자들이 고용된 상태로 나타나기 때문으로 사료된다.

3.2 전체압력(Ar+N₂)의 증가에 따른 TCR 변화

Fig. 4에서 N₂/Ar비가 0.5에서 1로 증가될 경우 film내 N 함량증가로 인하여 film은 큰 부(-)의 TCR값을 갖는다. 이를 증명하기 위해 다음과 같은 조건에서 실험을 실시하였다. Fig. 6은 N₂/Ar비를 1로 고정하고 flow rate

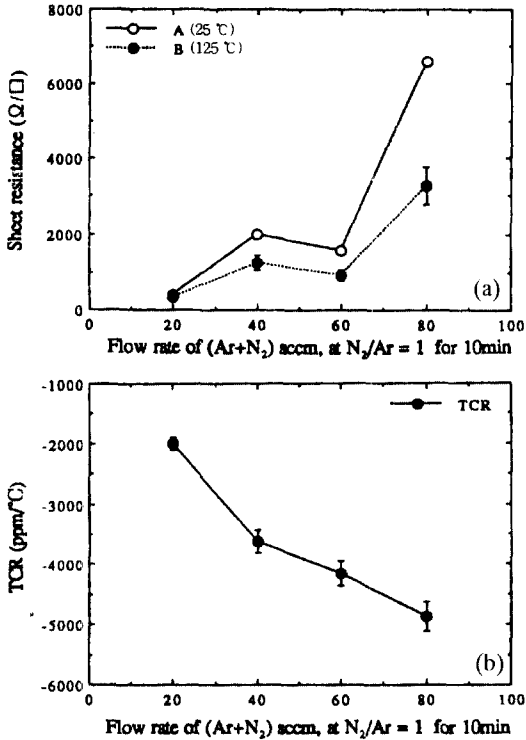


Fig. 6. Relationship between electrical properties and total flow rate of (Ar+N₂) at N₂/Ar=1 (a) Rs versus flow rate of Ar+N₂ (b) TCR versus flow rate of Ar+N₂.

(Ar + N₂)를 20, 40, 60 그리고 80 sccm으로 증가하여 N₂분압이 증가함에 따라 film층에 N원자 침입에 의한 전도전자의 산란에 미치는 영향을 Rs와 TCR을 기준으로 하여 나타낸 것이다.

Fig. 6(a)는 Table 1의 증착조건에서 증착시간을 10 min으로 하였을 때 Rs값의 변화량을 나타낸 것이다. 전체 flow rate를 20, 40, 60 그리고 80 sccm으로 증가시킴에 따라 25°C에서 Rs값을 측정하였을 때 약 409 Ω/□, 1991 Ω/□, 1580 Ω/□ 그리고 6585 Ω/□으로 증가하였다. 반면 125°C에서 Rs를 측정하였을 때는 약 302 Ω/□, 1251 Ω/□, 922 Ω/□ 그리고 3275 Ω/□로 떨어졌다. 이때 각 시편에서의 Rs 값의 오차 범위는 약 10%정도 되었다.

Fig. 6(b)는 0°C에서 125°C구간에서의 TCR변화량을 나타낸 것으로 유량증가에 따라 TCR값은 약 -2001에서 -4867 ppm/°C로 변화했다.

위와 같이 Rs값과 TCR이 크게차이가 나는 이유는 다음과 같이 두가지로 생각할 수 있다. 첫째 Ar + N₂의 증

가로 인한 스퍼터링된 Ta원자의 기체분산효과로 인해 TaN의 증착율이 떨어져 film층의 두께가 상대적으로 차이가 나기 때문이다.

10 min간 증착한 위의 시편을 -step으로 두께를 측정하여 본 결과 flow rate가 20, 40, 60 그리고 80 sccm인 경우 두께는 기체분산효과로 인하여 약 263, 494, 455 그리고 430 nm이었다. 실험을 통하여 알고있는 두께와 Rs값을 식(4)에 대입하여 보면 flow rate 증가에 따른 film의 비저항값은 약 107, 984, 718 그리고 2831 μΩ·cm 이었다.

$$R_s = \rho \frac{l}{wd} = \frac{\rho}{d} \quad (4)$$

여기서 는 film의 비저항, l은 길이, w는 넓이, 그리고 d는 박막의 두께이다. 즉 면저항은 박막의 두께에 반비례 한다. 따라서 film 형성시 전체 압력의 증가에 따른 두께의 변화에 의한 영향도 있지만 ρ값의 차이가 생기는 것으로 보아 두께변화 이외의 다른 인자 즉 film의 구성성분의 영향이 있는 것으로 사료된다.

둘째, N₂ + Ar의 flow rate가 증가함에 따라 질소압 P_{N₂}가 증가하므로 Sieverts law에 의하여 TaN, film내에 고용화된 N원자가 증가하여 전도전자의 움직임을 방해하는 산란인자로 작용하고 자유전자 수를 줄이는 역할을 하기 때문으로 사료된다.

Fig. 7은 전체압력의 증가에 따른 XRD 회절 피크로 모든 상기의 조건에서 TaN(100)을 형성하였으나 상대적인 피크 세기와 크기로 보았을 때 전체압력이 증가함에 따라 film층내에 결정립보다는 비결정립을 형성한 것으로 사료되며, 이는 N의 침입에 의한 영향과 P_{N₂}가 증가하므로써 film의 결정성이 퇴화되어 결정입계에 의한 산란이 크게 증가한다. 이로 인하여 결정입계에 의한 비저항 ρ_{GB}가 증가하기 때문으로 사료된다. 따라서, 격자에 침투한 N원자는 TCR을 저하시키는 주요 인자로 작용한 것으로 사료된다.

3.3 Cr중간층이 TaN, film의 TCR과 Rs에 미치는 영향

박막저항체의 TCR 특성을 안정화 시키기 위해 TaN_x 박막의 부(-)의 TCR을 정(+의) TCR특성을 갖는 금속(Cr)으로 보완하는 multi-layer효과[2]를 이용하였다.

Fig. 8의 (a)와 (b)는 Cr과 TaN_x박막의 두께 변화에 따른 Rs 와 TCR 값의 변화량을 나타낸다. Cr film이 금속임에도 불구하고 20 nm 이하의 두께에서 부의 TCR 특

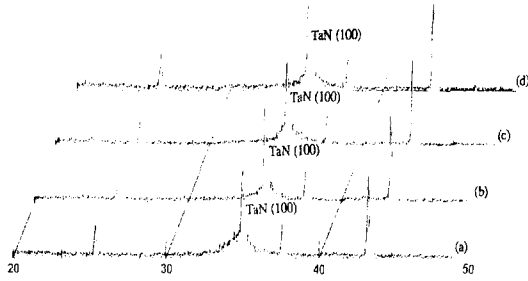


Fig. 7. X-ray diffraction patterns of TaN, films on Al₂O₃ at Ar flow rate of (Ar+N₂) (a) 20 sccm (b) 40 sccm (c) 60 sccm (d) 80 sccm.

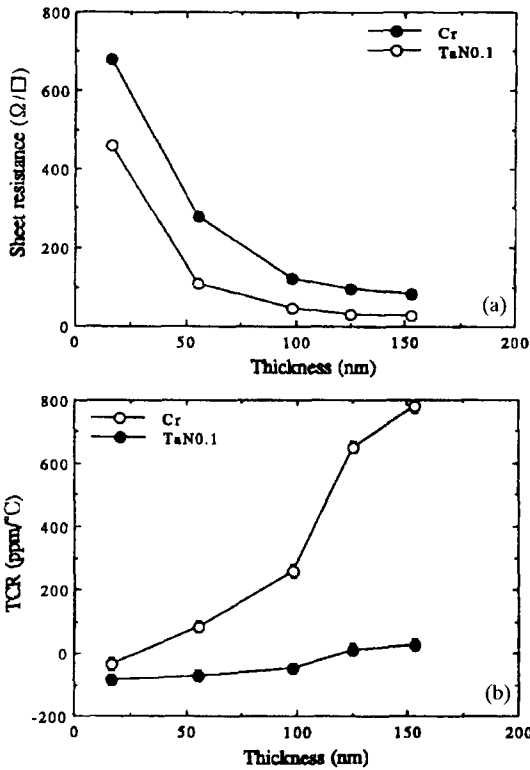


Fig. 8. Relationship between electrical properties and thickness of Cr and TaN_{0.1} (a) Rs versus thickness (b) TCR versus thickness.

성을 갖는 것은 불연속 박막인, 아일랜드 (Islands)의 형태로 되어 있기 때문이며, 이는 M.A. Angadi가 실험한 내용과 일치하고 있다[4]. TaN_{0.1}의 경우에는 약 120 nm의 두께까지 부(-)의 TCR 특성을 나타내었는데, 두께가 150 nm로 증가하였을 때는 약 20 ppm/°C의 정(+)의 TCR 특성을 나타내었다. Fig. 8(b)에서 Cr박막의 두께

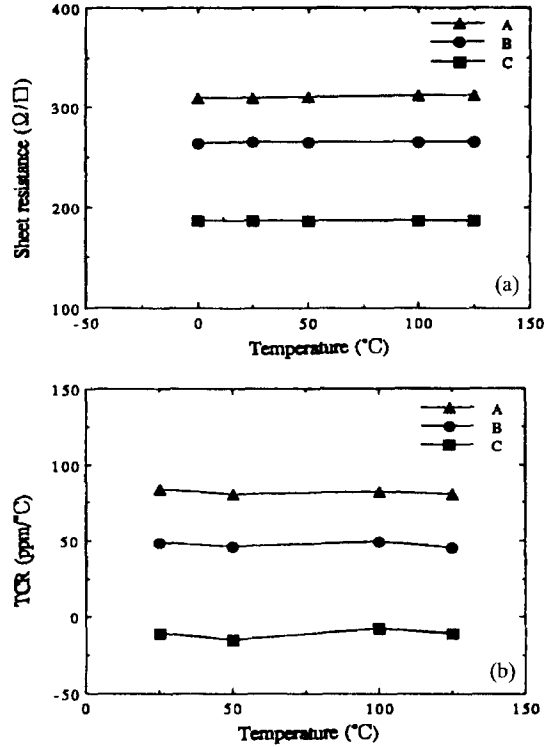


Fig. 9. Relationship between electrical properties and thickness of TaN_{0.1}/Cr (A; 20 nm/50 nm B; 60 nm/50 nm c; 100 nm/50 nm) (a) Rs versus temperature (b) TCR versus temperature.

가 50 nm일 때 TCR값은 약 +100 ppm/°C 이었으며, 이는 연결된 film을 형성하였다는 것을 의미한다.

Fig. 9의 (a)와 (b)는 0~150°C사이에서 50 nm의 일정한 Cr 중간층 상에 TaN_{0.1}박막의 두께변화에 따른 Rs와 TCR변화를 나타내었다. 50 nm 두께의 Cr 박막위에 TaN_{0.1}을 20, 60 그리고 100 nm의 두께로 증착하였을 때를 살펴보면 Rs값은 0°C에서 각각 300 Ω/□, 270 Ω/□과 180 Ω/□의 값을 가지며, Rs값의 오차범위는 약 7%이다. 이때 TaN_{0.1}보다 50 nm의 Cr 중간층을 형성 하였을 때 Rs값이 증가한 것은 Cr박막이 50 nm일때의 Rs값이 약 350 Ω/□이기 때문이다.

Fig. 9(b)는 TCR특성을 나타낸 것으로 50 nm Cr위에 TaN_{0.1}층이 20 nm, 60 nm, 그리고 100 nm로 적층됨에 따라 약 80 ppm/°C, 50 ppm/°C 와 -20 ppm/°C로 TCR특성이 안정화되는 것은 정(+)의 TCR특성인 Cr층이 부(-)의 TCR특성을 갖는 TaN_{0.1}층의 두께 증가로 인하여 부(-)의 TCR이 증가하기 때문이다. Cr 상부층의 TaN_{0.1}의 두께를

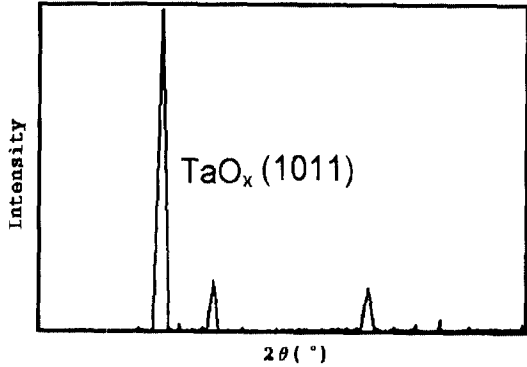


Fig. 10. X-ray diffraction pattern of Ta₂O₅ films on Glass.

조절하여 TCR은 약 -20 ppm/°C까지 제어되었다. 이 현상으로 상부 층의 TCR이 하부 층의 TCR보다 전체의 TCR에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 0°C~100°C의 온도범위에서 Cr 중간층이 TaN_{0.1}의 TCR에 미치는 영향을 보면 다음과 같다. 구간 온도변화에 따른 TCR의 특성이 거의 일정하였으며 각 조건에서의 그래프 기울기는 약 75×10⁻⁶, 47×10⁻⁶와 18×10⁻⁶이다.

3.4 Ta₂O₅ 박막의 형성

TaN_{0.1}/Cr박막의 저항온도계수 특성을 안정화 시키고, 높은 면저항값을 부여하기 위해 TaN_{0.1}/Cr박막의 혼합효과(Mixing Effect)에 유전체인 Ta₂O₅ 박막의 전기저항 특성이 잘 혼합된 MCI구조를 형성하였다.

유전체인 Ta₂O₅박막을 TaN_{0.1}/Cr박막위에 증착하였다. Fig. 10은 TaN_{0.1}/Cr박막위에 Ta₂O₅ 박막을 증착하였을 때의 결정 방향을 나타내는 X-선 회절피크로 Ta₂O₅ (1011) 우선방향을 갖는다. Fig. 11과 12는 TaN_{0.1}/Cr박막 위에 증착된 Ta₂O₅박막이 TaN_{0.1}/Cr박막의 전기저항 특성에 미치는 영향을 나타내는 결과로서 Ta₂O₅박막의 두께를 10 nm, 20 nm, 40 nm로 증착 하였을때 Fig. 11은 그에 따른 면저항값의 변화를 나타낸다. 두께가 증가함에 따라 면저항값이 1 kΩ/□, 0.45 kΩ/□, 0.25 kΩ/□으로 감소하였다. 또한 저항온도계수 특성은 Fig. 12와 같이 Ta₂O₅ 박막을 약 10 nm 증착하였을 때 20±5 ppm/°C의 안정한 저항 온도계수특성을 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 고정밀, 고저항 박막 저항체를 DC Magnetron Sputtering법으로 제조한 결과 다음과 같은 결과

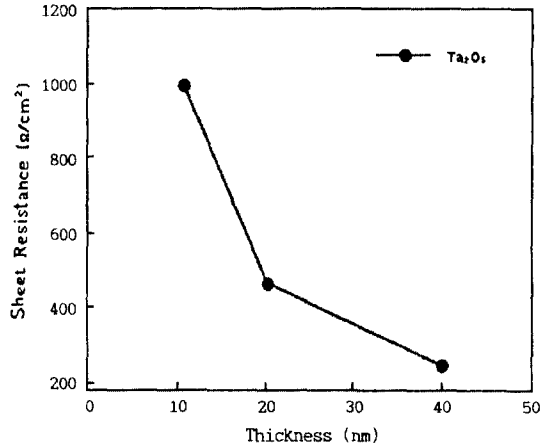


Fig. 11. Relationship between sheet resistance and thickness of Ta₂O₅ films on TaN_{0.1}/Cr multilayer film.

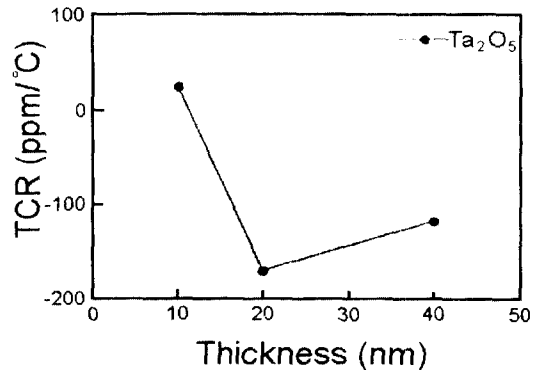


Fig. 12. Relationship between TCR and thickness of Ta₂O₅ films on TaN_{0.1}/Cr multilayer film.

를 얻을 수 있었다.

첫째, 증착한 Tantalum Nitride 박막에는 화합물 TaN_{0.1}, TaN_{0.2}, TaN등이 형성되었다. 이들 화합물 중 X-선 회절 분석으로 보아 TaN_{0.1} (100)의 우선방향이 매우 큼을 알 수 있었다.

둘째, Ar유량을 20 sccm으로 일정하게 유지한 후 질소유량의 변화에 따른 TaN_x의 형성영역을 조사해 본 결과 질소유량이 1 sccm에서 4 sccm의 영역까지는 약 -40 ppm/°C범위의 TCR특성을 갖는 TaN_{0.1}이 형성 되었다.

셋째, TCR 안정화를 위해 Cr을 기판과 TaN_x의 중간층으로 두께 약 50 nm의 박막을 형성하고 약 100 nm의 TaN_{0.1} 박막을 형성했을 때 보완 효과에 의해 TCR을 -20 ppm/°C 이내로 안정화시킬 수 있었다.

넷째, Rs를 증가시키고 보호막을 형성키 위하여

TaO_x를 TaN_x/Cr위에 상부층으로 박막을 형성 하였을 때 TaN_{0.1}과의 보완 효과에 의해 Rs를 1 kΩ/□ 이내로 향상시킬 수 있었다.

이상의 연구결과로부터 TaN_{0.1}이 TaN 보다 고정밀, 고저항 박막 저항체로서 우수한 전기적 특성을 가지며, Cr중간층 형성으로 TCR을 안정화시키고, TaO_x박막으로 Rs를 증가시킴으로 인하여 고정밀 다층 저항체 박막을 형성할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 한국과학재단 연구비 지원(과제 번호: 941-0800-037-2)에 의한 결과의 일부입니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 日本, 電波新聞, 10月 24日号, 東京, (1991).
2. Leon Maissel and Reinhard Glang, Handbook of Thin Film Technology, McGraw-Hill, (1970), pp. 18-1~18-25.
3. K. D. Leaver and B. N. Chapman, Thin Films, Whkeham Publication, London, (1971), pp. 29~38.
4. M. A. Angadi, J. Mat. Sci. Lett. 20, (1985), pp. 761~796.
5. Kenichi Kobayashi and Hirishi Fujimagari, United States Patent No. 4,734,709, Mar. 29, (1988).
6. Hisoyuki Yoehara, Yoshihiro Fukuda, and Tatsuo Shirakawa, ISHM'87 Proceedings, (1987) pp. 147~150.
7. Milton Ohring, The Materials Science of Thin Films, Academic Press, (1992), pp. 451~464.
8. Yoichi Murayama, J. Vac. Sci. Technol., Vol. 12, No. 4, July/Aug, (1975).
9. J. S. Dugdale, "The Electrical Properties of Metals andAlloys", Arnold, London, (1977).
10. P. Ettmayer and A.Vendl, Transition Metal Nitrides, McGraw-Hill, pp. 49~55, (1972).
11. Milton Ohring, The Materials Science of Thin Films, Academic Press, (1992), pp. 101~132.
12. Leon Maissel and Reinhard Glang, Handbook of Thin Film Technology, McGraw-Hill, pp. 13-1~13-12, (1970).
13. Kasturi L. Chopra, Thin Film Phenomena, McGraw-Hill, pp. 328~433, (1969).
14. E. O. Ristolainen, J. M. Mlarius, A. S. Korhonen, and V. K. Lindroosa, J. Vac. Sci. Technol., A4(4), pp. 303~315, (1987).
15. Leon Maissel and Reinhard Glang, Handbook of Thin Film Technology, McGraw-Hill, pp. 13-4~13-7, (1970).
16. 平尾英紀, 日本國特許, No. 昭60-107364, Jun. 12, (1985).
17. "Elektrische Temperaturaufnehmer", DIN 43760, Deutsche Electrotechnische Kommission in DIN and VDE, Berlin, (1987).
18. Kwang-Hwa Kim, "A Study on TiN deposition in the discharge plasma under electric cross magnetic field and its electrical characteristics", Pusan National Univ., pp. 88~107, (1992).
19. 中山惠次, 井上淳一, 日本國特許 No. 平1-291401, Nov. 24, (1987).