

# 질소분압에 따른 TaNx 코팅층의 미세조직과 TCR 특성 변화

김선화, 최용락, 한승용, 송규호, 정준혁  
순천향대학교 신소재공학과  
e-mail:marriott@sch.ac.kr

## Microstructure and TCR Properties of TaNx Thin Films Coated under various Ar/N<sub>2</sub> Fraction

Seon-Hwa Kim, Yong-Lak Choi, Seong-Ryong Han,  
Song-Gyu Ho, Jun-Hyuck Jung  
Dept of Materials Engineering, Soonchunhyang University

### 요 약

전기, 전자, 우주, 자동차, 무기 등의 여러 분야에서 응용되고 있는 고정밀, 고저항체 박막인 TaNx 다층박막을 반응성 마그네트론 스퍼터링법으로 제조하여 질소분압에 따른 TCR 특성 변화를 조사하고, XRD와 SEM 관찰을 통하여 미세조직이 전기적 성질에 미치는 영향을 알아보았다. 제조된 TaNx 박막의 전기저항은 질소분율이 증가함에 따라 저온보다 고온에서 전기저항이 감소함을 보여 뚜렷한 (-)TCR 특성을 나타내었다. XRD 분석 결과, Ar/N<sub>2</sub> 비가 0.05에서 TaN 상이 형성되고 0.1에서 우수한 결정성을 나타내었으며, N<sub>2</sub>의 양이 증가할수록 비정질이 형성되었다. 박막의 표면 형상은 미세하고 불연속 아일랜드 형태로 변화하였다.

### 1. 서론

저항체는 전기·전자·우주·자동차·무기분야 등의 모든 산업분야에서 매우 중요한 부품으로서 산업이 고도화됨에 따라 고기능·고정밀 저항체를 요구하게 된다. 이러한 저항체에 사용되는 재료의 요구 특성은 비저항치가 크고, TCR(Temperature Coefficient of Resistivity)이 작아야 하며, 화학적으로 안정하여야 한다. 그러나 기존의 금속박막저항체는 면저항치가 작고, TCR 특성이 나빠서 정밀한 전기·전자부품의 사용으로는 부적합한 단점이 있었다.[1,2] 최근에 새로운 저항체 재료로 각광을 받고 있는 TaNx 박막 저항체는 높은 저항치, 낮은 TCR 및 우수한 재현성 등의 장점을 지녀 세계 각지에서 활발한 연구 대상이 되고 있다. 일반적으로 TaNx

저항체와 같은 전자재료용 박막은 저온에서 증착과정을 수행할 수 있는 스퍼터링법을 사용하는 것이 적합하다.[3,4] 스퍼터링 방법 중의 하나인 반응성 스퍼터링법으로 TaNx을 코팅할 경우 질소의 분압에 따라 Ta, TaN, Ta<sub>2</sub>N, 등의 다양한 화합물이 형성되는데, 이들 화합물들의 종류에 따라 비저항치와 TCR이 변화한다는 연구결과가 있다.[5-7] 그러나 이들 박막 저항체의 미세조직이 TCR 특성에 미치는 영향에 관한 데이터가 부족하며, TCR 특성을 안정시키기 위한 몇몇 방법들이 나와 있지만, 아직까지 만족할 만한 성능을 얻지는 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 TaNx 다층박막저항체를 제조하여 질소분압 변화에 따른 상분석과 미세조직에 관한 조사를 행하고, 박막의 미세조직과 TCR 특성을 안

정시킬 수 있는 Cr층의 영향을 정성적으로 규명하여 보다 성능이 우수한 저항체를 개발할 수 있는 기초 자료를 제공하고자 하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. TaNx/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막시편 제조

TaNx/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 박막코팅은 회로기관용 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 기판을 사용하였으며, 반응성 스퍼터링법으로 Ar을 20sccm으로 고정시키고 N<sub>2</sub>의 양을 0~15sccm까지 변화시키며 TaNx 박막을 제조하였다. 이때의 파워는 120W, 작업진공은 5×10<sup>-3</sup> torr로 유지시켰다,

### 2.2. 전기적 특성 측정

코팅된 박막의 전기적 특성변화를 알아보기 위하여 Sheet Resistance Measurer(SR-1000)을 사용하여 0°C와 100°C에서 전기저항을 측정하였으며, 아래의 DIN 43760 방법으로 TCR을 계산하였다.

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

R<sub>0</sub> : 0°C에서의 저항

R<sub>100</sub> : 100°C에서의 저항

### 2.3. 상분석 및 미세조직 관찰

코팅층의 상분석을 위하여 Thin film diffractometer를 사용하여 X-선 회절실험을 행하였으며, 미세조직 변화를 알아보기 위하여 주사전자현미경으로 코팅층의 표면을 관찰하였다.

## 3. 결과 및 토의

### 3.1. TCR 측정

그림 1은 Ar을 20 sccm으로 유지시키면서 N<sub>2</sub>의 유입량을 조절하여 Ar/N<sub>2</sub> 분율을 0부터 0.4까지 변화시키면서 20분간 코팅시킨 TaNx 층의 전기저항 및 TCR 변화를 나타낸 것이다. 전기저항을 보면, N<sub>2</sub> 분율이 낮을 경우엔 100°C일 경우보다 상온에서의 전기저항이 낮았으나, Ar/N<sub>2</sub> 분율이 증가하면 100°C에서의 저항값이 더 낮아지는 현상을 나타내었다. 이에 따라 TCR이 네가티브의 특성을 가지며 감소하였으며, Ar/N<sub>2</sub>이 0.05에서 TCR로서 제일 적합한 0에 가까운 값을 나타내었다.

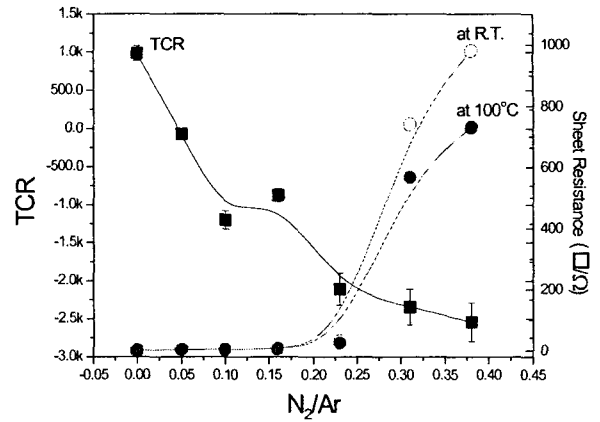


Fig. 1 TCR versus Ar/N<sub>2</sub> fraction of TaNx thin films

### 3.2. XRD 분석

그림 2에 N<sub>2</sub>의 분율을 달리하면서 코팅시킨 TaNx 박막의 XRD 결과를 나타내었다. Ar/N<sub>2</sub> 비가 0인 경우는 Ta 피크만 검출되었으며, 0.05에서 비정질이 혼합된 TaN 피크가 나타났다. Ar/N<sub>2</sub>이 0.1에서 매우 뚜렷한 TaN 상이 형성된 것을 알 수 있으며, N<sub>2</sub>의 양이 증가하면 다시 비정질상이 형성되는 것으로 나타났다.

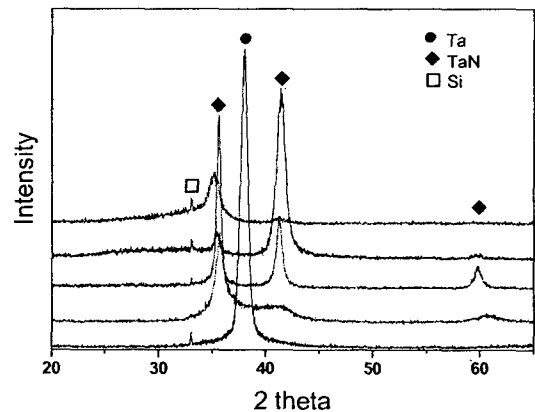
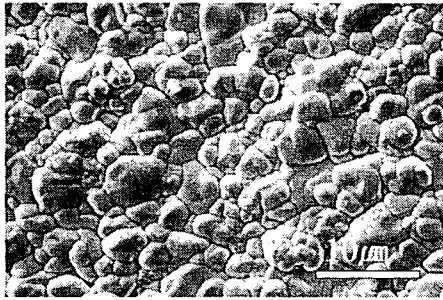


Fig. 2 X-ray diffraction pattern of TaNx thin films

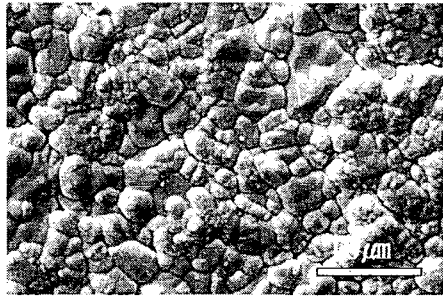
### 3.3. 미세조직 관찰

그림 3은 N<sub>2</sub> 분율이 증가하면서 변화하는 TaNx 박막의 표면 미세조직 사진이다. N<sub>2</sub> 없이 Ta만 코

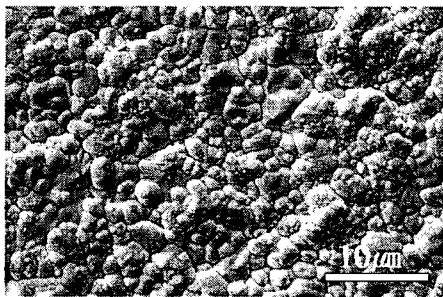
팅시켰을 경우에는 약 3~5 $\mu\text{m}$  크기의 균일한 결정립을 가진 치밀한 표면조직이 형성되었으나, N<sub>2</sub>의 양이 증가함에 따라 표면이 거칠어지면서 1 $\mu\text{m}$ 이하의 미세하고 불연속 아일랜드형태의 입자들이 성장하였다.



(a) Ar/N<sub>2</sub>=0



(b) Ar/N<sub>2</sub>=0.2



(c) Ar/N<sub>2</sub>=0.3

Fig. 3 Secondary electron micrographs on morphology of TaNx thin films

#### 4. 결론

반응성 스퍼터링법으로 TaNx 박막 저항체를 코팅하고, 전기적 성질과 미세조직을 관찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TaNx 박막 저항체의 전기저항은 본 실험의 제조 조건에서 Ar/N<sub>2</sub>이 0.1 이상에서 저온보다 고온에서 전기저항이 감소함을 보였다.

2. TaNx 저항체의 TCR은 네가티브 특성을 가지고 감소하였으며, Ar/N<sub>2</sub> 0.1에서 0에 가까운 값을 나타내었다.

3. X-선 회절 실험 결과, 비정질, Ta, TaN의 상이 형성되었고, Ar/N<sub>2</sub>이 증가할수록 비정질이 생성되는 것으로 나타났다.

4. 코팅층의 미세조직은 Ar/N<sub>2</sub>의 비율이 높아짐에 따라 TaNx의 부피분율이 증가하면서 입자의 모양이 미세해지고, 불연속 아일랜드 형태로 변화하였다.

#### 참고문헌

- [1] Kenichi Kobayashi and Hirishi Fujimagari, United States Patent No. 4,734,709, Mar. 29, (1988)
- [2] Hisoyuki Yoenhara, Yoshihiro Fukuda, and Tatsuo Shirakawa, ISHM'87 Proceeding, (1987), pp. 147~150
- [3] R.F. Bunshah, "Deposition Technologies for Films and Coating", Noyes Pub., Park Ridge, 1982, Ch.1
- [4] K.D.Leaver and B.N.Chapman, *Thin Films*, Whkeham Publication, London, (1971), pp. 29~38.
- [5] Yoichi Murayama, *J.Vac.Sci.Technol.*, Vol.12, No.4, July/Aug, (1975)
- [6] 허명수 : TaNx/Cr Cermet 적층박막의 비저항 및 저항온도계수에 관한 연구, 석사학위논문 (1993)
- [7] Y.L.Choi,, S.H.Kim, *Korean Journal of Materials Research*, Vol. 7, No. 12 (1997) pp. 1052~1057