

고정밀 박막 저항체용  $TaN_x$  film에서 Cr interlayer가 film의 저항온도계수 안정화에

## 미치는 영향에 관한 연구

허명수, 천희근, 이진환, 권식철, 조동을

울산대학교 재료공학과

\* 한국기계연구원 박막기술실

## 1. 서론

기존의 저항체의 경우에는 고주파 감쇠를 위한 고저항체( $R_s : \geq 1k\Omega/cm^2$ ) 형성이 어렵고, 저항값의 안정성을 나타내는 저항온도계수(TCR : Temperature Coefficient of Resistivity)의 특성이  $\pm 200ppm/^\circ C$  이상이므로 정밀한 전자전기제품의 회로를 설계함에 있어서는 부적합하다. 따라서 우수한 TCR 특성을 나타내고 고저항체를 형성하기 위한 방법으로는 Multi-layer 효과를 들 수 있으며, 이는 정(正 : Positive)의 TCR 특성을 갖는 도체의 금속을 저항기용 모재와 저항체 사이에 증착하여 TCR 특성을 안정화시키는 방법이다.

본 연구에서는 DC 스퍼터링법을 이용하여 전이금속 화합물중 고정밀, 고저항 저항체 박막으로  $TaN_x$ 를 제조하였을 때 형성될 수 있는 화합물 중  $TaN_{0.1}$ ,  $TaN_{0.8}$ ,  $TaN$  박막의  $R_s$ 과 TCR 특성을 측정하였고,  $TaN_{0.1}$  박막의 박막 저항체로서의 가능성을 검토하였다.  $TaN_{0.1}$  박막의 TCR 특성을 보정시키기 위해서 Cr을 중간층으로 형성하였을 때 이 중간층이  $TaN_{0.1}$  박막의 TCR 특성을 안정화시키는데 미치는 영향을 알아보았으며, 비교 시편으로는  $TaN_{0.8}$ 을 선정하였다.

## 2. 실험 방법

본 실험에 사용한 스퍼터링 장비는 LEYBOLD-HERAEUS 사의 Z-400 모델이며, CERAC사의 Tantalum(99.99%)과 Chromium (99.99%) 타겟을 장착하여 DC 스퍼터링을 하였다. 실험에 사용된 기판은 지름이 4mm이고 길이가 13mm인 원기둥형  $Al_2O_3$ 며, 원기둥 전체에 균일한 박막을 형성하기 위해 Barrel 장치를 고안하여 진공용기내에 설치하였다. 시편을 10% HF용액에서 세척한 다음 DI Water로 수세한 뒤 고압의  $N_2(g)$ 를 이용하여 시편을 건조 하였다. 전처리된 시편을 스퍼터링장비내에 설치된 Barrel장치에 잠입시킨 뒤 초기 진공도를  $3 \times 10^{-5} torr$ 까지 배기한 후 Ar 방전기체를 60sccm을 흘려 작업 진공도를  $2-3 \times 10^{-2} torr$ 로 유지한 다음 DC출력을 타겟에 200W 인가하여 2분간 타겟 표면을 Pre-Sputtering하였다. 그 후 기판온도를  $200^\circ C$ 로 예열한 뒤 Ar 방전기체를 20sccm으로 고정하고, 반응성 가스  $N_2(g)$ 를 1~20 sccm으로 변화를 주면서  $TaN_x$  박막을 기판에 형성하였다. Cr 박막도 위와 동일한 방법으로 증착하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

$TaN_x$  박막은 질소분압의 증가에 따라 그림 1과 같이 화학양론비적으로  $TaN_{0.1}$ ,  $TaN_{0.8}$ 과  $TaN$  등을 형성한다. 그림 2의 (a), (b)는  $TaN_x$  박막의 화합물 형성과정에 따른  $R_s$ 과 TCR 특성을 나타낸 것으로, 이는  $TaN$ 보다  $TaN_{0.1}$ 이 더 안정하다는 것을 의미한다. (a)는  $25^\circ C$ 와  $125^\circ C$ 에서의  $R_s$ 를 측정된 것으로  $25^\circ C$ 에서 Ta,  $TaN_{0.8}$ 과  $TaN$ 의  $R_s$ 는 각각  $35\Omega/\square$ ,  $530\Omega/\square$ ,  $4.5 \times 10^4 \Omega/\square$ 의 값을 가졌으며,  $125^\circ C$ 에서는 각각  $45\Omega/\square$ ,  $470\Omega/\square$ ,  $6.5 \times 10^3 \Omega/\square$ 이었다. (b)는 TCR 특성을 나타낸 것으로  $0^\circ C \sim 150^\circ C$ 까지 온도변화에 따른 Ta,  $TaN_{0.8}$ 과  $TaN$ 의 TCR 특성을 보면 각각  $-40ppm/^\circ C$ ,  $-1100ppm/^\circ C$ ,  $-4500ppm/^\circ C$  값을 갖는다.

$TaN_x$  박막의 TCR 특성을 안정화시키기 위해 Multi-layer 효과를 이용하였다. 그림 3의 (a), (b)는 온

Cr과 TaN<sub>0.1</sub>박막의 두께에 따른 Rs와 TCR을 나타낸다. 그림 4는 Cr과 TaN<sub>0.1</sub>을 적층하였을 때의 TCR과 Rs를 나타낸다. 본 실험에서는 Cr박막의 두께가 50nm일 때 TCR값은 약 +300ppm/°C이었으며, 그림 4는 Cr 중간층이 TaN<sub>0.1</sub>박막의 Rs에 미치는 영향을 나타내는 것으로 Cr박막을 50nm두께로 균일하게 증착한 후 TaN<sub>0.1</sub>박막을 증착하였을 때 전기저항 특성에 미치는 영향을 도시하였다. 그림 5는 TaN, TaN<sub>0.8</sub>과 TaN<sub>0.1</sub>의 XPS분석을 나타낸다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 고정밀, 고저항 박막 저항체를 DC Magnetron Sputtering법으로 제조한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 증착한 Tantalum Nitride 화합물 박막으로는 TaN<sub>0.1</sub>, TaN<sub>0.8</sub>, TaN등이 형성되었다.

둘째, 질소유량의 변화에 따른 TaN<sub>0.1</sub>의 형성영역을 조사해 본 결과 질소유량이 1sccm에서 4sccm의 영역까지는 우수한 TCR 특성을 갖는 TaN<sub>0.1</sub>영역이 형성되었다.

셋째, TCR 안정화를 위해 전이금속 중 Cr을 중간층으로 선택하여 연속적인 박막으로 형성하였을 때 TaN<sub>0.1</sub>과의 혼합 효과(Mixing Effect)에 의해 TCR을 20ppm/°C이하로 안정화할 수 있었다.

이상의 연구결과로부터 TaN<sub>0.1</sub>을 제조하였을 때 고정밀, 고저항 박막 저항체로 적용됨에 있어 우수한 TCR 특성을 갖는다.

#### 5. 참 고 문 헌

- 1) 日本, 電波新聞, 10月 24日字, 東京, (1991).
- 2) M.A. Angadi, *J.Mat.Sci.Lett.* 20, (1985), pp. 761-796.
- 3) Kenichi Kobayashi and Hirishi Fujimagari, United States Patent No. 4,734,709, Mar.29, (1988).
- 4) Hisoyuki Yoehara, Yoshihiro Fukuda, and Tatsuo Shirakawa, ISHM'87 Proceedings, (1987), pp. 147-150.

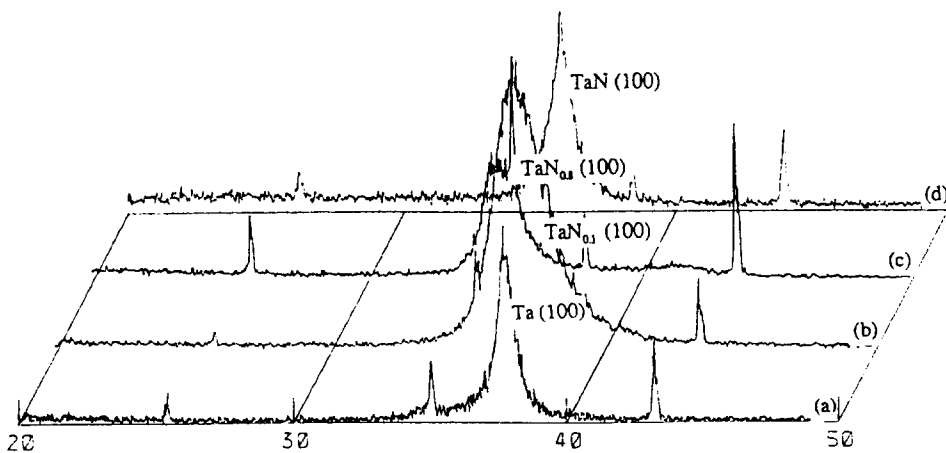


그림 1. 질소분압의 증가에 따른 TaN<sub>x</sub> 박막의 XRD 분석

(a) Ta (b) TaN<sub>0.1</sub> (c) TaN<sub>0.8</sub> (d) TaN

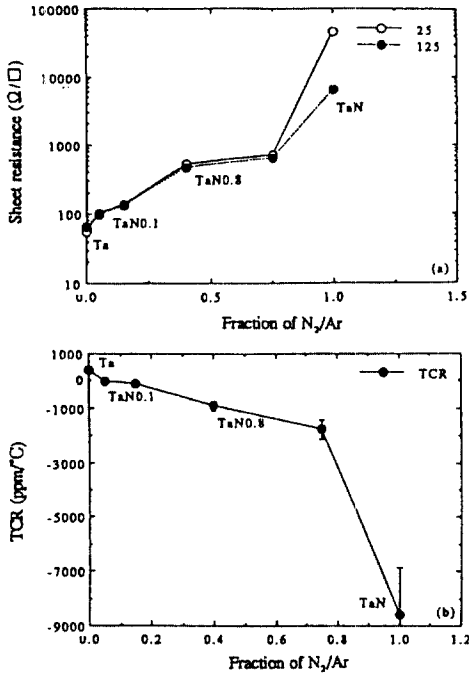


그림 2. 질소분압의 증가에 따른 TaN<sub>x</sub> 박막의 R<sub>s</sub>와 TCR에 관한 결과  
(a) R<sub>s</sub>의 변화량 (b) TCR의 변화량

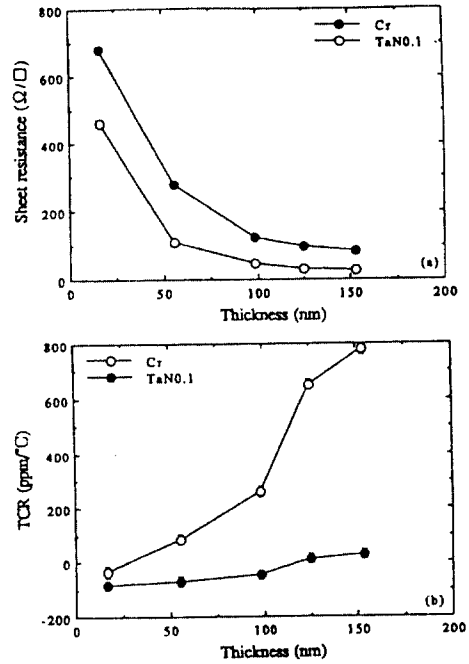


그림 3. Cr 과 TaN<sub>0.1</sub> 박막의 두께변화에 따른 R<sub>s</sub>와 TCR에 미치는 영향  
(a) R<sub>s</sub>의 변화량 (b) TCR의 변화량

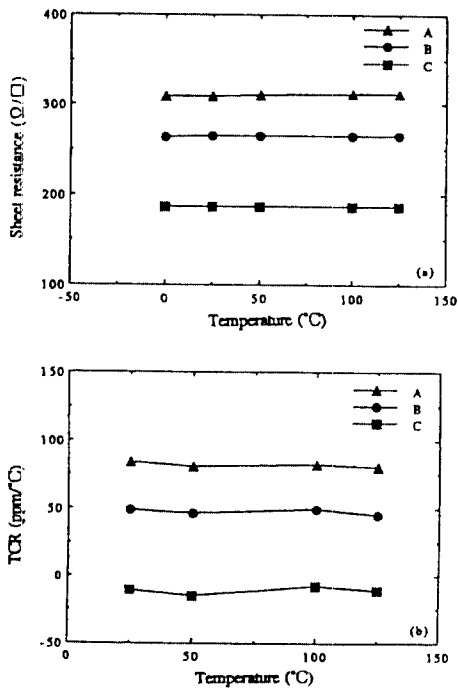


그림 4. Cr interlayer가 TaN<sub>0.1</sub>의 TCR과 R<sub>s</sub>에 미치는 영향  
(a) R<sub>s</sub>의 변화량 (b) TCR의 변화량

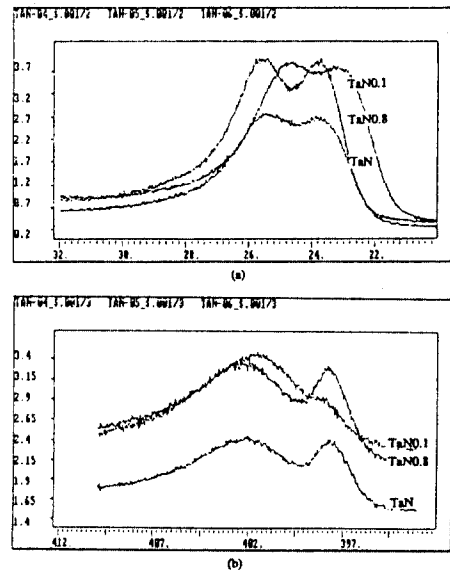


그림 5. TaN<sub>x</sub> film의 XPS 분석  
(a) TaN (b) TaN<sub>0.8</sub> (c) TaN<sub>0.1</sub>