

TaN/Al₂O₃ 박막 저항소자 개발에 관한 연구

A study on TCR characteristic of TaN/Al₂O₃ thin film resistors

°김인성, 조영란, 민복기, 송재성

I. S. Kim, Y. R. Cho, B. K. Min, J. S. Song

Abstract

In recent years, the tantalum nitride(TaN) thin-film has been developed for the electronic resistor and capacitor.

In this papers, this study presents the surface profile and sheet-resistance property relationship of reactive-sputtered TaN thin film resistor processed by buffer of Ti and Cr on alumina substrate. The TCR properties of the TaN films were discussed in terms of reactive gas ratio, ratio of nitrogen, crystallization and thin films surface morphology due to annealing temperature.

It is clear that the TaN thin-films resistor electrical properties are low TCR related with it's buffer layer condition. Ti buffer layer thin film resistor having a good thermal stability and lower TCR properties then Cr buffer expected for the application to the dielectric material of passive component.

Key Words : TaN, Resistor, Thin films, TCR, Buffer layer

1. 서 론

저항 소자는 전기·전자·통신 등의 폭넓은 분야에서 인덕터, 커패시터와 함께 사용되는 매우 중요한 수동소자 부품으로써 이동통신과 컴퓨터 등의 전자 산업이 고도화됨에 따라 고기능·고정밀·초소형 부품의 개발이 요구되고 있다. 이러한 고기능, 고정밀 저항체를 개발하기 위해서는 저항체에 사용되는 재료의 특성이 적합해야 하며, 비저항치가 안정하고, 저항온도계수(TCR : temperature coefficient of resistance)가 작아야 한다.

현재 많은 연구가 진행중인 재료로는 TaN_x, Cr-SiO₂, Cr-MgF₂, NiCr이 있지만 그 중에서도 NiCr, TaN 박막저항이 주목을 받고 있다. 그렇지만 기존의 연구는 저항 박막의 제조 조건과 물성분석

에 치중하는 제조 조건에 관련된 연구가 대부분을 차지하고 있다.

본 연구에서는 선형적 TCR 특성을 갖고, 화학적으로 안정한 것으로 알려진 TaN을 알루미늄 기판 위에 Ti, Cr Buffer layer를 두어 박막 저항체를 N₂ 반응성 스퍼터링 방법으로 성장시켰으며, 티타늄 원화층과 반응성 가스 변화에 대한 박막 저항체의 전기적 물성에 대하여 조사하였다.

표 1. 스퍼터링 조건.

Table 1. Sputtering condition.

deposition parameter	condition		
base pressure	less than 3×10^{-6} torr		
working pressure	5×10^{-3} torr		
substrate	Al ₂ O ₃		
target	Ta	Ti	Cr
rf power	200 W	150 W	150 W
sputtering gas	Ar (99.999%)		
reactive gas	N ₂ (99.999%)		

한국전기연구원 전자기소자그룹
(경남 창원시 성주동 28-1 번지,
Fax: 055-280-1590
E-mail : kimis@keri.re.kr

2. 실험

TaN 박막은 $2.7 \times 10^8 \Omega/\square$ 의 저항을 갖는 21×21mm 알루미늄 기판을 10% 불산에 cleaning 한 후 Ar의 유량은 100 sccm으로 일정하게 유지하고 반응성 가스의 양을 MFC(mass flow controller)를

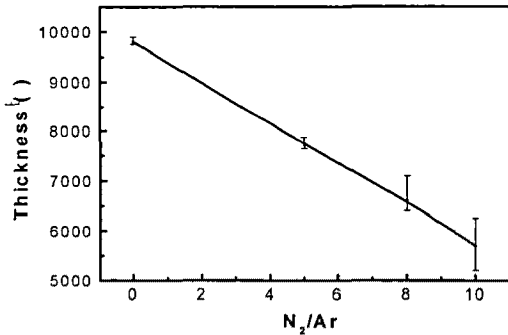
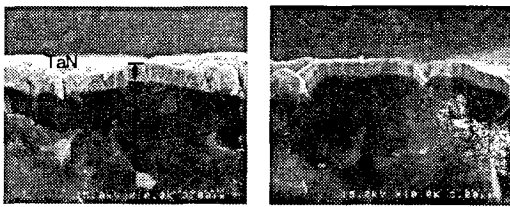
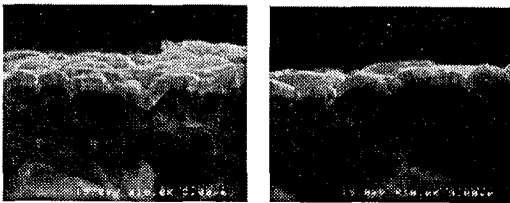


그림 1. N₂ 분압비에 따른 박막 두께
Fig. 1. Thickness of TaN thin films as a fraction of N₂/Ar



(a) N₂/Ar=0%

(b) N₂/Ar=5%



(c) N₂/Ar=8%

(d) N₂/Ar=10%

그림 2. N₂ 분압비에 따른 TaN/Al₂O₃ 박막 이미지
Fig. 2. FE-SEM images of TaN/Al₂O₃ thin films as a function of N₂/Ar.

이용하여 5.3, 8.7, 11.1 sccm 변화를 주어 각각 15min 동안 증착하였고 방전 전력은 200 W로 하였다. 완화층으로 사용된 타겟은 Ti, Cr의 2종류이며, Ti과 Cr을 증착시킨 조건은 4 inch 타겟을 사용하

여, 초기진공 3×10^{-6} torr, 증착 시 진공도는 5×10^{-3} torr, 방전전력은 150 W였으며, 각각 약 175 Å, 100 Å로 증착시켰다. 기판의 온도는 상온으로 유지시켰다. α -step과 FE-SEM(field electronic scanning x-ray microscopy)을 이용하여 표면 평균 거칠기(Ra)와 RMS 거칠기(Rq), 두께를 측정하였다. 박막의 전기적 특성을 알아보기 위해 저항과 TCR 측정을 위해 High Voltage Source Measurement Unit (Keithely 237, U.S.A.)을 이용하여 R_{sheet} 를 측정하였으며, 항온조를 이용하여 온도를 상온에서 200 °C까지 승온 시켜가면서 4-point probe 방법으로 표면저항을 측정하여 저항비와 TCR을 계산하였다. 표 1에 박막 제조 조건을 표시하였다.

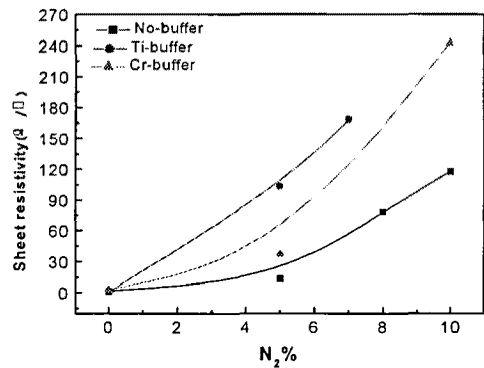


그림 3. N₂ 분압비에 따른 TaN/Al₂O₃박막의 표면저항.
Fig. 3. Sheet resistivity of TaN/Al₂O₃ thin films as a fraction of N₂/Ar.

(a) no-buffer, (b) buffer-Ti, (c) buffer-Cr

3. 결과 및 고찰

반응성 가스의 분압비를 10 %까지 증가시키에 따라 그림 1과 같이 박막의 두께는 다소 선형적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 그러나 박막은 pin hole이나 표면 결함이 없는 양호한 TaN 박막임을 그림 2의 FE SEM 이미지로 확인하였다.

그림 3에 N₂ 분압비에 따른 TaN/Al₂O₃박막의 표면저항 변화를 Ti, Cr 완화층을 달지했을 때에 따라 나타내었다. Ti 완화층과 완화층이 없는 TaN 박막의 표면저항은 질소 반응성 가스의 증가에 비례하여 유사한 증가 추세를 나타내었다. 그러나 Cr 완화층 위에 성장된 TaN 박막 저항체는 표면 저항이 더 큰 것으로 나타났다. Cr 성분이 완화층으로 작용하면서 전기저항이 높은 질화를 가속하여 박막 저항을 증가시킨 것으로 사료된다. 그러므로 반응성

가스의 비율이 증가하면서 질화도는 더욱 증가하여 역시 저항이 증가하는 경향을 보인 것으로 생각된다.

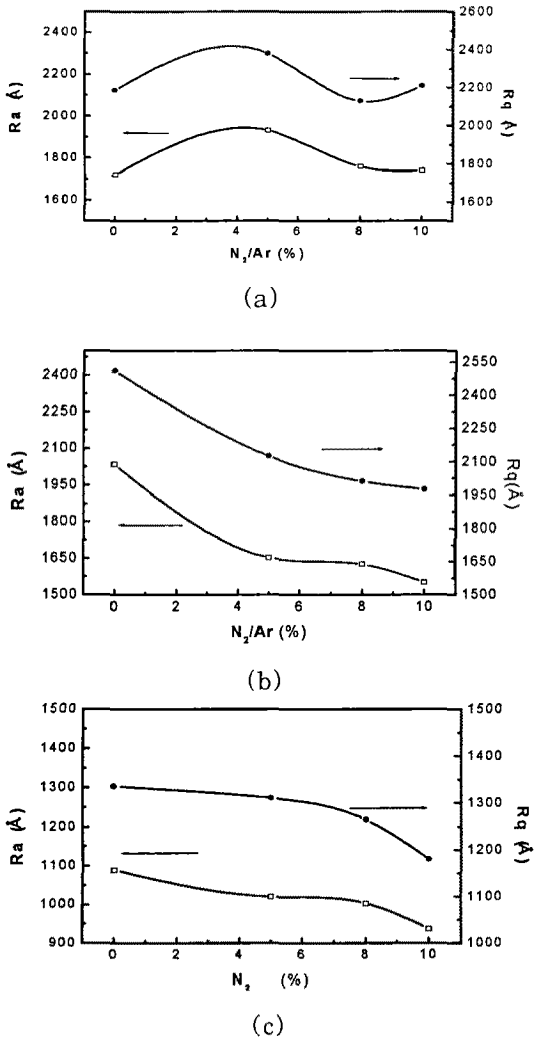


그림 4. N₂ 분압비에 따른 TaN/Al₂O₃ 박막의 Ra-Rq.

Fig. 4. Ra-Rq of TaN/Al₂O₃ thin films as a fraction of N₂/Ar.

(a) no-buffer, (b) buffer-Ti, (c) buffer-Cr

완화층과 반응성 가스를 달리하여 제조된 TaN 박막 저항체를 α -step으로 측정된 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림에서 Ra는 표면 거칠기의 평균값(roughness average)이며, Rq는 박막 표면 거칠기의 RMS(root means square)값이다.

완화층이 없는 TaN 박막은 N₂ 분압비의 증가와

는 관계없이 Ra와 Rq 값이 모두 크게 나타났다. 그렇지만 Ti, Cr 완화층이 존재할 반응성 가스의 분압비가 증가할 수록 표면 거칠기 값은 작아졌다. 특히 Cr 완화층이 존재할 경우 Ra와 Rq 값이 가장 크게 감소하는 것을 알 수 있다.

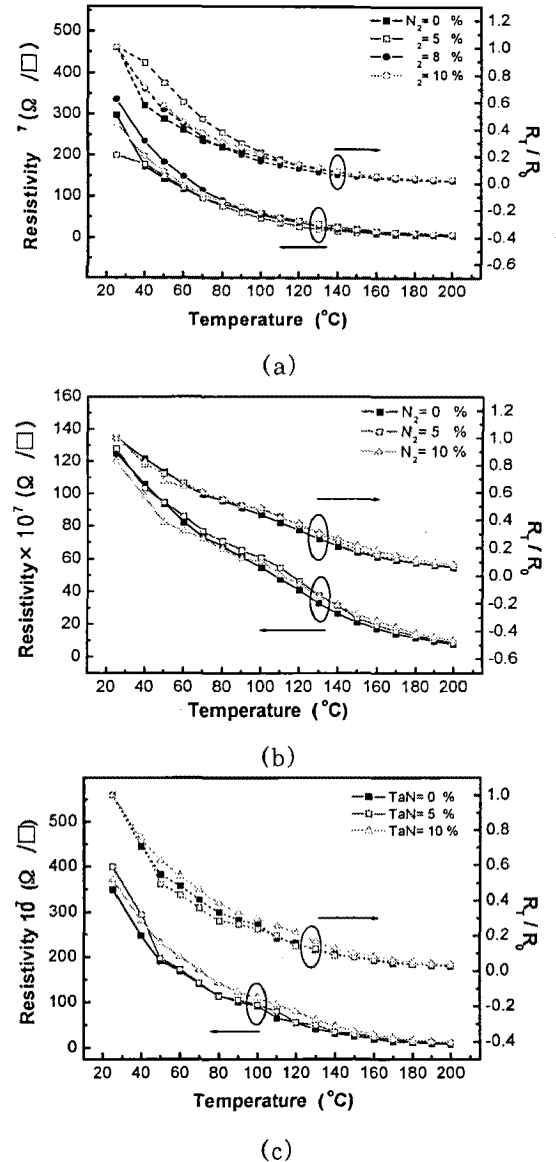


그림 5. N₂에 따른 TaN/Al₂O₃ 박막의 저항-저항비

Fig. 5. Resistivity and Temperature characteristic of a TaN/Al₂O₃ thin films resistor as a fraction of N₂/Ar.

(a) no-buffer, (b) buffer-Ti, (c) buffer-Cr

이것은 완화층의 성장률에 따른 박막 표면의 거칠기가 상대적으로 박막의 두께 증가로 인해 감소하는 것으로 보인다.

그림 5에 상온에서 200 °C까지 승온했을 때 변화되는 저항비를 나타내었다. 저항비는 4-point probe 방법으로 측정된 후 온도를 승온 시켜가면서 다시 측정된 저항값을 초기 저항값으로 나누어준 값이다. 온도-저항 계수인 TCR로 표시하지만 순수한 박막의 저항 변화를 관찰하기 위하여 저항비로 계산하여 표시하였다. 저항비는 반응성 가스와 Cr, Ti 완화층과 관계없이 온도의 증가에 따라 일정하게 감소하는 경향을 보였다.

4. 결 론

완화층을 갖는 TaN 저항체는 반응성 가스가 증가함에 따라서 표면 거칠기 값이 작게 나타났으며, 완화층이 없는 TaN 저항체는 반응성 가스와 무관하게 거칠기 값이 크게 나타났다. TaN 박막저항의 표면저항 값은 거칠기에 지배적인 영향을 받는 것으로 조사되었으며, 또한 완화층을 두는 경우 박막 저항체의 표면 저항이 대체로 감소하였다. 저항비는 반응성 가스와 완화층에 관계없이 온도의 증가에 따라 일정하게 감소하는 경향을 보였으며, (-) TCR 특성을 나타내어 알루미늄 위에 성장시킨 TaN 박막 저항의 티타늄 완화층은 낮은 저항 영역의 저항체 적용이 가능하고, 반응성 가스의 함량으로 높은 저항 영역의 저항체 제조가 가능함이 조사되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Yong-Lak/The Effect of the Processing Conditions on the Electrical Resistivity of Tantalum Nitride Thin Film Coated by the Reactive Sputtering/Korea Journal of Materials Research Vol 7, No 12 (1997)
- [2]. M. A. Angadi, J. Mat. Sci. Lett. 20, 761-796(1985)
- [3]. Kenichi Kobayashi and Hirishi Fujimagari, United states Patent No. 4, 734, 709, Mar. 29 (1988)
- [4] Schiller, U, Heisig, K, Steanefellder, and J. Strumpf, Thin Solid films 63, 369, (1979)
- [5] Lewis E. Hollander, and Patricia L. Castro, J. Appl. Phys., 33, 12(1962)34219