

## 삼원계 산화 배리어를 가진 MTJ의 자기·구조적 성질에 대한 분석 (Analysis of magnetic and structural properties on the magnetic tunnel junction with ternary oxide barrier)

박성민\*, 이성래  
고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-701

### 1. 서론

자기터널접합소자(Magnetic Tunnel Junction)의 응용은 정보소자 및 저장매체에서 많이 이루어지고 있으며 이에 대해 활발한 연구가 또한 진행되고 있다[1]. 자기터널접합소자 내의 스핀의 터널링 현상은 터널 배리어의 특성에 크게 의존한다. 실제 소자로 제작하여 사용하기 위해서는 높은 자기저항비와 접합 소자의 저항제어가 이루어져야 하는데, 이를 위해 기존 Al 산화 배리어를 대신하는 우수한 특성을 갖는 새로운 배리어를 가진 자기터널접합소자에 많은 연구가 진행되고 있다[2-3]. 본 연구에서는 Al 산화층에 Nb+Zr, Zr+Ti을 doping하여 각 원소의 비율에 따른 자기적 특성과 구조적 성질에 중점을 두고 연구하였다.

### 2. 실험 방법

RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 Si-Oxide 기판 위에 Ta 5/CoFe 17/IrMn 7.5/CoFe 5/Zr<sub>x</sub>Nb<sub>y</sub>Al<sub>1-x-y</sub> (Ti<sub>x</sub>Zr<sub>y</sub>Al<sub>1-x-y</sub>)1.6 + Oxi/CoFe 5/Ta 5(nm) 구조를 가진 터널 접합을 제조하였다. 절연층 형성방법은 Nb 칩, Zr 칩 또는 Ti 칩과 Zr칩을 10개로 고정시킨 후 비율을 변화시키며 Al 타겟에 붙여 NbAl 합금박막층을 증착한 후에 플라즈마 산화방법을 사용하여 산화시켰다. 접합 면적은  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 이고 Metal Shadow mask를 사용하여 자기터널접합소자를 제작하였다. 각각의 자기터널접합소자는  $3 \times 10^{-7}$  Torr 이하에서 증착을 하였으며, Ar 분압은 2 mTorr로 고정하여 최적 두께에서 증착하였다. 증착 중 강자성체에 자화용이층을 주기 위하여 약 500 Oe의 자장을 인가하였다. 또한 각 시편은  $5 \times 10^{-6}$  Torr, 50°C씩 온도의 변화를 주며 10분간 열처리하여 열적안정성을 분석하였다. Four point probe를 이용하여 전류-전압 곡선 등의 전기적 특성을 분석하였고,  $V_h$ (half voltage)과  $V_B$ (breakdown voltage)를 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 Nb+Zr 조성변화에 따른 물성의 변화를 나타내고 있다. 자기저항비는 Nb과 Zr의 비가 비슷할수록 낮아졌으며 저항은 Zr 대신 Nb의 첨가가 많아질수록 저항의 감소가 나타났다. 이것은 이전의 Nb 칩을 이용한 NbAl 실험에서와 마찬가지로 Nb이 저항을 낮추는 역할을 하기 때문이다. 또한 Nb과 Zr의 비슷한 비율의 배리어는 입계가 큰 불균일한 배리어를 형성하여 자기 및 전기적 특성을 감소시키는 역할을 하였다.

Fig. 2는 Ti+Zr 조성변화에 따른 물성의 변화를 나타내고 있다. 이 실험 역시 자기저항비는 Ti과 Zr의 비가 비슷할수록 낮아졌으며 저항은 Zr 대신 Ti의 첨가가 많아질수록 저항의 감소가 나타났다. 이것은 앞의 실험과 마찬가지로 Ti가 저항을 낮추는 역할을 하기 때문으로 보이며 역시 Ti과 Zr의 비슷한 비율의 배리어는 입계가 큰 불균일한 배리어를 형성하여 자기 및 전기적 특성을 감소시키는 역할을 하였고 이를 in-plane TEM 사진을 통해 확인하였다.

### 4. 결론

MTJ 제작시 Al 산화 배리어에 Nb+Zr과 Ti+Zr을 첨가한 AlO<sub>x</sub> 배리어를 사용한 MTJ를 제작하였

다. Al 산화 배리어에 두 가지 다른 합금을 첨가하였을 경우 한 가지 원소를 첨가하였을 때보다 낮은 자기적 전기적 특성을 나타나게 되었다. 이는 두 가지 원소가 서로 상충되어 불균질한 혼합상을 나타내게 되었으며 결과적으로 입계가 커져 MTJ 내의 계면평활도 및 계면 내의 결함을 크게 증가시켜 자기적 전기적 특성의 감소가 나타난 것을 알 수 있다.

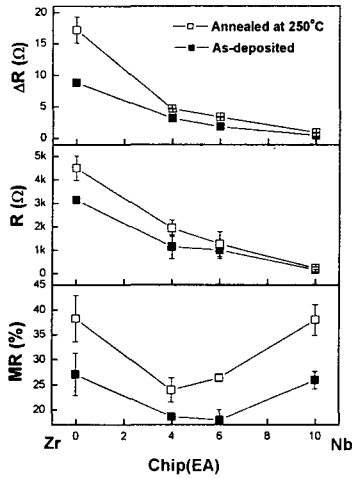


Fig. 1. MR ratio, R and  $\Delta R$  variation as a function of ZrNb concentration.

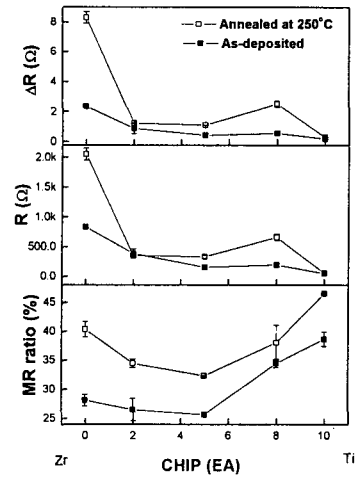


Fig. 2. MR ratio, R and  $\Delta R$  variation as a function of ZrTi concentration.

## 5. 참고문헌

- [1] S. S. P. Parkin, et al. J. Appl. Phys. 85(8), 5828 (1999)
- [2] M. Bibes, M. Bowen, A. Barthélémy, A. Anane, K. Bouzehouane, C. Carrétéro, E. Jacquet, J.-P. Contour, and O. Durand, Appl. Phys. Lett. 82, 3269 (2003)
- [3] T. Dimopoulos, G. Gieres, S. Colis, J. Wecker, Y. Luo, and K. Samwer, Appl. Phys. Lett. 83, 3338 (2003)