

터널링 자기저항 특성에 따른 Al 산화 배리어에 Nb 첨가 효과 (Effect of Nb-doped Al-oxide barrier on the tunnel magnetoresistance behavior)

박성민*, 이성래

고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-701

1. 서 론

자기터널소자는 최근 고밀도 자기저항 헤드 및 비휘발성 메모리(MRAM)등의 자기저항 특성을 이용한 소자에 응용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 스핀의 터널링 현상이 자기터널소자의 기본적인 현상이기 때문에 터널소자의 특성은 터널 배리어의 특성에 크게 의존한다. 터널배리어로는 지금까지 Al 산화 배리어가 주로 사용되고 있지만 자기터널소자를 실제 소자로서 제작하여 사용하기 위해서는 높은 자기저항비 달성과 접합 소자의 저항제어가 이루어져야 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 Al 산화 배리어의 물성보다 좋은 특성을 갖는 새로운 배리어를 가진 자기터널소자에 관한 많은 연구가 진행되고 있다[2-3]. 본 연구에서는 Al 산화층에 Nb doping하여 Nb 함량에 따라 Nb이 자기저항에 끼치는 영향을 연구하였다.

2. 실험 방법

RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 Si-Oxide 기판 위에 Ta 5/CoFe 17/IrMn 7.5/CoFe 5/Nb_xAl_{1-x} 1.6 + Oxi/CoFe 5/Ta 5(nm) 구조를 가진 터널 접합을 제조하였다. 절연층 형성방법은 Nb 칩을 4~12 개까지 변화시키며 Al 타겟에 붙여 NbAl 합금박막층을 증착한 후에 플라즈마 산화방법을 사용하여 산화시켰다. 접합 면적은 100 μm × 100 μm이고 Metal Shadow mask를 사용하여 자기터널소자를 제작하였다. 각각의 자기터널소자는 3×10⁻⁷ Torr 이하에서 증착을 하였으며 Ar 분압은 2 mTorr로 하여 최적 두께에서 증착하였다. 증착 중 강자성체에 자화용이축을 주기 위하여 약 500 Oe의 자장을 인가하여 증착을 실시하였다. 또한 각 시편은 5×10⁻⁶ Torr, 250 °C의 온도에서 10분간 열처리하였다. Four point probe를 이용하여 자기 및 자기저항 특성을 분석하였고 전류-전압 곡선을 측정하고 Simmon의 방정식에 대입하여 산화막의 barrier height를 계산하였고 AFM을 사용하여 계면평활도를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 Nb 조성에 따른 자기저항비와 저항의 변화를 나타내고 있다. Nb의 칩 개수가 11개일 경우에서 가장 높은 자기저항비 38 %를 얻었으며 저항값도 223 Ω으로 낮아지게 되었다. 이것은 다른 조성일 경우보다 Nb 칩 개수가 11개 일 경우가 Al과 Nb이 합금으로 한 번에 기판에 증착되어 가장 평탄하고 균질하고 결함이 없는 배리어가 형성되었음을 알 수 있다. Fig. 2는 조성에 따른 AFM의 측정 결과로 AlO_x를 절연막으로 사용한 터널접합의 0.24 nm의 경우보다 좋은 0.155 nm의 계면 평활도를 갖고 있는 것을 보여주었다. 이는 조성에 따라 배리어의 계면평활도가 균질해지는 것을 보여주는 것이다.

Fig. 3는 Nb 조성에 따른 barrier height 변화를 나타내고 있다. 위의 실험에서 보면 Nb 함량이 늘어나면서 barrier height가 급격히 낮아지는 경향을 보이며, Nb 칩 개수가 11개일 때 0.845 eV라는 낮은 값을 보여주었다. 이후부터는 다시 barrier height가 증가하는 경향을 보였다. 이것은 barrier height와 가장 밀접한 관계가 있는 Fig. 1의 저항의 변화경향과 비슷함을 보여준다. Nb의 첨가가 Nb이 첨가되지 않은 Al 산화 배리어보다 낮은 barrier height를 가지게 되고 그에 따라 낮은 저항을 갖게 됨을 보여주고 있어 Nb의 조성이 저항과 barrier height에 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 또한 Nb 칩 11개일 경우에 가장 좋은 특성을 보여주어 배리어가 잘 형성됨을 알 수 있다.

4. 결론

MTJ 제작시 Al 산화 배리어에 Nb을 첨가한 NbAlO_x 배리어를 사용한 MTJ를 제작하였다. Al 산화 배리어에 Nb 첨가로 인하여 계면평활도, 자기저항특성이 향상된 것은 첨가된 Nb이 Al 산화 배리어를 더욱 안정화시키는 것 때문으로 판단하고 있으며 이 경우 Nb의 칩 개수가 11개일 경우에 38%의 자기저항비와 223 Ω의 저항을 나타내어 이 경우 가장 좋은 배리어를 형성한다고 볼 수 있다.

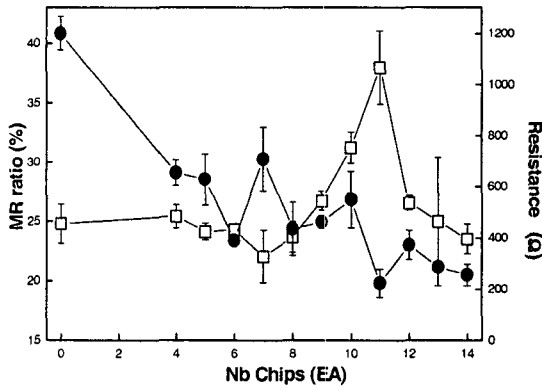


Fig. 1. Changes in the TMR and Resistance as a function of component of Nb for Nb-Al films

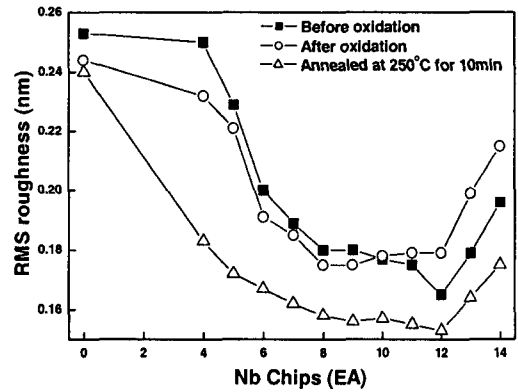


Fig. 2. Changes of roughness as a function of component of Nb for Nb-Al films

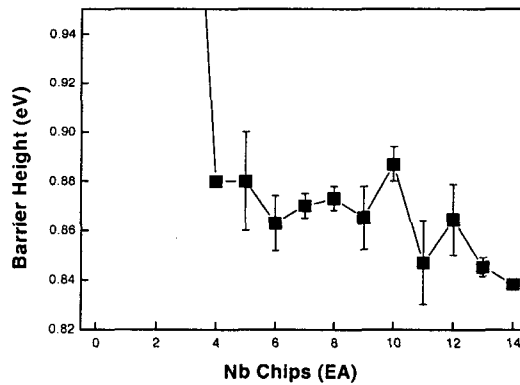


Fig. 3. Changes of barrier height as a function of component of Nb for Nb-Al films after 250°C annealing

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)