

터널 접합에서의 Al_2O_3 산화막에 Hf 첨가가 자기저항에 미치는 영향

한국과학기술원 재료공학과 박 병 국, 임 우 창*, 배 지 영, 이 택 동

Effect of Hf layer insertion in the Al_2O_3 barriers on magnetoresistance in magnetic tunnel junctions

Dept. of Materials Sci. & Eng. KAIST, B. G. Park, W. C. Lim*, J. Y. Bae, and T. D. Lee

1. 서론

Magnetic tunnel junction은 최근 자기저항 헤드나 MRAM용 소자로 사용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2]. 이 터널 접합에서 강자성체를 분리하는 절연층의 성공적인 형성이 접합 제조의 가장 중요한 공정중의 하나이다[3]. 절연층은 균질하고 pinhole이 없으며, 절연층 내부에 disorder나 defect가 없어야 한다. Jansen과 Moodera[4]에 의하면 절연층 내부나 절연층과 자성층의 계면에 불순물이 있을 경우는 터널 접합의 특성을 심각하게 열화 시킨다고 보고하였다. 반면에 절연층에 Fe를 첨가하여 자기저항의 증가되는 것도 보고되었다[5]. 본 연구에서는 절연층에 Hf을 첨가하여 자기저항에 미치는 영향을 연구하였다. HfO_x 는 다른 어떤 산화물보다 높은 생성열을 가지고 있기 때문에 고온에서 산화물을 안정화 시키는 역할을 할 수 있고, 또는 절연층 내에 유효한 불순물을 감소시킬 수 있다는 기대로 연구를 수행하였다.

2. 실험방법

DC magnetron sputtering system을 이용하여 열산화막이 200nm 존재하는 Si 기판위에 $\text{Hf}(5\text{nm})/\text{NiFe}(8\text{nm})/\text{IrMn}(20\text{nm})/\text{CoFe}(4\text{nm})/\text{barrier}/\text{CoFe}(3\text{nm})/\text{NiFe}(15\text{nm})$ 구조를 가진 터널 접합을 제조하였다. 절연층 형성방법은 Al 또는 Al/Hf/Al 층을 증착한 후에 ozone 분위기에서 산화시켰다. Hf 층은 Al 층의 가운데 첨가하였으며 전체 절연층의 두께는 1.4nm로 유지하였다. 접합 면적은 $100\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 이고 Si shadow mask를 이용하여 터널 접합을 제조하였다. 열처리는 $250^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ 범위에서 진공 중에서 약 50분간 수행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 1은 절연층이 Al_2O_3 (a)와 Al-Hf-Al 산화물(b)인 터널 접합의 각 열처리 온도에 따른 자기저항 곡선을 나타내고 있다. 열처리 전의 접합의 경우는 두 조건 모두 약 23%의 자기저항을 보이고 있고 300°C 열처리 시에는 자기저항이 증가하고 그 이상의 온도에서 자기저항이 감소하는 경향을 보인다. Hf 층을 첨가한 절연층의 경우는 300°C 열처리 후에 자기저항이 약 38%로 증가하였고 350°C 에서도 감소는 하지 만 약 28%의 자기저항비를 보여주고 있다. 이러한 자기저항비는 Al_2O_3 를 절연막을 사용한 터널접합의 경우보다 훨씬 높은 자기저항비와 열적 안정성을 보여주고 있다.

그림 2는 절연막의 총 두께는 약 1.3 ~ 1.4 nm로 유지하고 첨가하는 Hf 층의 두께를 변화하면서 제조한 터널 접합의 자기저항의 열처리 결과이다. 각 조건에서 Hf의 두께는 그림에 표시되어 있으며 그래프에서 가장 밑의 네모형상은 전체가 HfO_x 인 접합의 결과를 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 Hf이

첨가되었을 경우 Hf 없는 Al_2O_3 보다 높은 자기저항비를 보여주고 있으며 역시 높은 온도의 열처리 후에도 높은 자기저항비를 유지하고 있음을 나타낸다.

Hf 첨가가 자기저항 증가를 보이는 원인을 분석하기 위해서 터널 접합의 온도의존도와 인가 전압 의존도를 분석하였으며 그 결과로부터 본 연구팀은 Hf을 절연층에 첨가했을 경우 절연층의 불안정성을 감소시켜 자기 저항이 증가하는 것으로 판단하고 있다.

4. 참고 문헌

- [1] S. S. P. Parkin, et al. J. Appl. Phys. **85**(8), 5828 (1999).
- [2] P. P. Freitas, S. Cardoso, R. Sousa, W. Ku, R. Ferreira, V. Chu, J. P. Condo, IEEE Trans. Magn. **36**(5), 2796 (2000)
- [3] J. S. Moodera, E. F. Gallagher, K. Robinson, J. Nowak, Appl. Phys. Lett., **70**, 3050(1997)
- [4] R. Jansen and J. S. Moodera, Phys. Rev. B **61**(13), 9047(2000)
- [5] R. Jansen and J. S. Moodera, Appl. Phys. Lett. **75**(3), 400(1999)

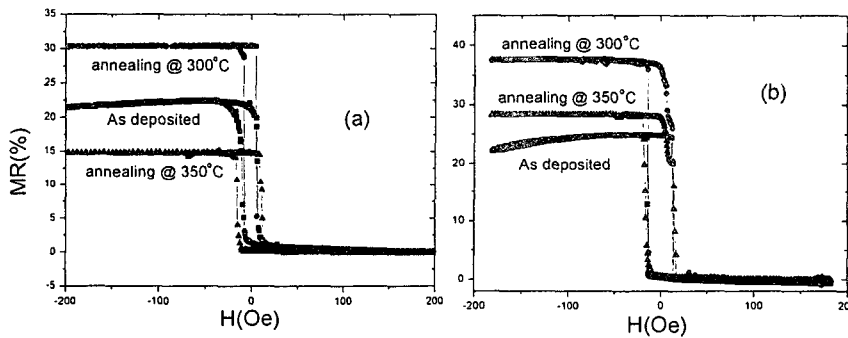


Figure 1. TMR curves for as deposited junctions and the same junctions after annealing at 300°C, 350°C The curves correspond to junctions with Al oxide(a) and those with Hf inserted barrier(b).

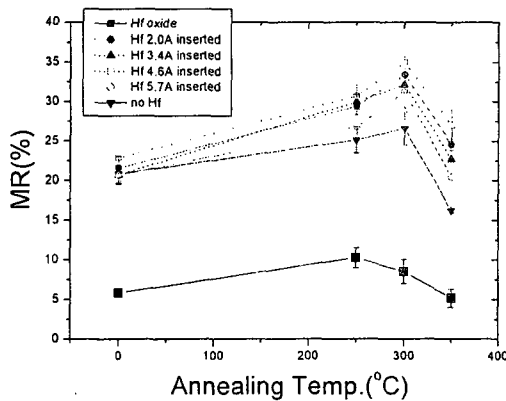


Figure 2. The dependence of tunnel magnetoresistance on annealing temperature with different Hf layer thickness. Hf layer thickness in the barrier was varied from 0.2 to 1.4 nm and the total barrier thickness was 1.3-1.4 nm