

CoFe/NiFeSiB/CoFe 자유층 이중터널배리어 구조에 대한 연구

김유송^{1*}, 전병선¹, 황재연², 김순섭², 이장로², 김태완³, 김영근¹

¹고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

²숙명여자대학교 물리학과, 서울시, 140-742

³삼성종합기술원, 수원시, 440-600, P. O. Box 111

1. 서론

MRAM은 스핀 분극 현상을 이용한 비휘발성 차세대 메모리 중 하나로 각광받고 있다. 그러나 몇 가지 기술적인 문제점이 있는데, 그중 하나는 인가전압의 증가에 따른 자기저항비의 감소이다. 본 연구실에서는 이중 배리어 구조를 도입하였다. 이중 배리어 구조에서는 인가전압이 두 배리어로 양분되어 자기저항비 감소가 줄어들게 된다. 이중 배리어 구조도 몇 가지 문제점이 있는데, 결정질 자유층 위의 터널배리어를 균일하고 평탄하게 제조하기 어렵다는 것이다. 그래서 비정질 강자성체인 NiFeSiB를 도입하여 균질의 상층 터널배리어를 제조하였으나, 저항값이 높고 자기저항비가 낮았다. 본 연구실은 CoFe t_1 /NiFeSiB t_2 /CoFe t_1 자유층구조를 도입하여, 균일하고 평탄한 터널배리어를 획득하면서 저항값을 낮추고 자기저항비를 높이고자 하였다.

2. 실험방법

Cell 구조는 Si/SiO₂/Ta 45/Ru 9.5/IrMn 10/CoFe 7/AlO_x/CoFe t_1 /NiFeSiB t_2 /CoFe t_1 /AlO_x/CoFe 7/IrMn 10/Ru 60 (in nm)로, 초기진공도는 5×10^{-8} Torr 이하로 유지하였고 six-target DC magnetron sputtering system을 이용하여 제작하였다. 한 방향으로 자기이방성을 일으키기 위해 100 Oe의 자기장을 증착하는 동안 걸어주었다. 광-리소그래피 패터닝 과정과 이온빔 에칭을 사용하여 접합을 제작하였다. 샘플의 크기는 10×10 에서 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 까지 형상비는 1로 다양하게 제작하였다. 열처리는 부가적인 열처리 장비로 옴긴 후 2시간 동안 200 °C, 5×10^{-4} Torr, 300 Oe의 자장 하에서 실시하였다. 필름의 마이크로구조는 HRTEM으로 확인하였고, 표면거칠기는 AFM으로 분석하였다. 자기터널접합의 전자기적 특성을 측정하기 위하여 외부 자기장을 걸어줄수 있는 4-point probe station 을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1.을 보면 CoFe/NiFeSiB/CoFe 구조의 자유층을 사용하여 보자력은 유지하면서 자기저항비는 증가시켰고, 저항값도 줄어들었다. 그러나 Interlayer coupling field (H_i)는 증가하였다. H_i 는 자유층과 고정층 사이의 커플링 자기장과 정자기적인 Néel coupling field 때문에 생겨난다. 본 연구실은 자유층 중간의 NiFeSiB 의 두께가 감소할수록 표면거칠기와 H_i 가 증가하는 것을 AFM과 TEM으로 확인하였다. Fig. 2.는 morphology를 확인하기 위한 TEM 이미지이다. NiFeSiB의 두께가 두꺼울수록 Top 터널배리어의 표면이 균일해진다. 이는 비정질 NiFeSiB이 충분히 두꺼울 경우, 결정질인 CoFe의 columnar growth를 억제하여 더 균일한 표면을 얻게 되는 것이다. 표면 거칠기는 (a) 0.30, (b) 0.22로 TEM 데이터와 일치한다. I-V 곡선을 통해 인가전압에 따른 자기저항비 감소를 측정하였다. 이 결과도 표면 거칠기가 낮을수록 자기저항비 감소는 줄어들었다.

4. 결론

우리는 NiFeSiB DMTJ를 제작하였다. NiFeSiB DMTJ는 낮은 보자력과 H_i 를 가지나 높은 저항값과 낮은 자기저항비를 가지고 있다. 그래서 우리는 부분적으로 자유층의 NiFeSiB을 CoFe으로 대체하였다. 그 결과, 저항값을 낮추고 자기저항비를 높였다. 그러나 H_i 는 증가하였다. 앞으로 CoFe의 두께를 조절하여 H_i 를 줄이는 연구가 필요하다.

5. 참고문헌

- [1] Zhang, P. M. Levy, A. Marley, and S. S. P. Parkin, Phys. Rev. Lett. 79, 3744 (1997).
- [2] M. S. Song, B. S. Chun, Y. K. Kim, I. J. Hwang and T. W. Kim, J. Appl. Phys. 97, 10C917 (2005).
- [3] S. Colis, G. Gieres, L. Bär, and J. Wecker, Appl. Phys. Lett., 83, 948 (2003).

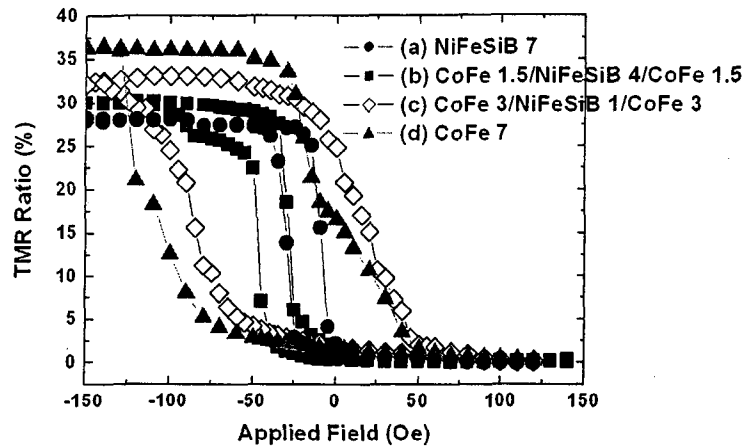


Fig. 1. (a) NiFeSiB 7, (b) CoFe 1.5/NiFeSiB 4/CoFe 1.5, (c) CoFe 3/NiFeSiB 1/CoFe 3, (d) CoFe 7 (in nm)를 자유층으로 사용한 이중 터널배리어 자기터널접합의 R-H 곡선

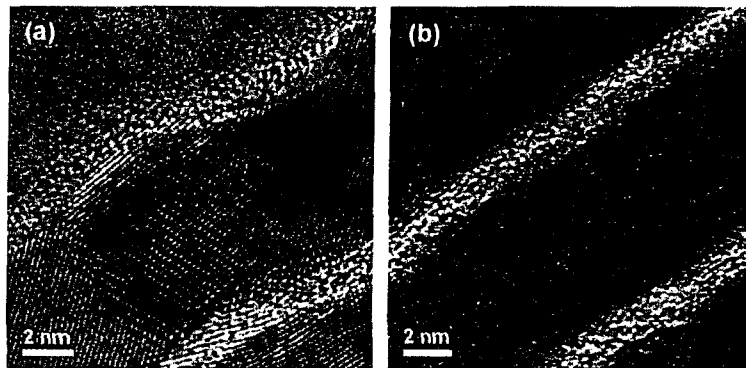


Fig. 2. (a) CoFe 3/NiFeSiB 1/CoFe 3, (b) CoFe 2/NiFeSiB 3/CoFe 2 (in nm)를 자유층으로 사용한 이중터널배리어 자기터널접합의 cross-section HRTEM 이미지