

비정질 NiFeSiB을 이용한 이중배리어 자기터널접합의 인가전압 의존성

전병선^{1*}, 고승필¹, 황재연², 이장로², 김태완³, 주재선⁴, 김영근¹
¹고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713
²숙명여자대학교 물리학과, 서울시, 140-742
³삼성종합기술원, 수원시, 440-600, P. O. Box 111
⁴성균관대학교 공동연구센터, 수원시 440-746

1. 서론

자기터널접합은 높은 자기터널저항비를 가져 고밀도 재생헤드와 비휘발성 MRAM 등의 응용으로 많은 관심을 받고 있다. 그렇지만 몇가지 해결해야할 기술적인 문제를 가지고 있는데, 그중 하나는 인가전압의 증가에 따른 자기저항비의 감소이다. 이 현상은 잘 알려져있지 않지만, 바이어스, 자기적 결합, 매그논의 여기 등에 의해 전도도가 증가하는 것으로 보인다. 이 문제를 해결하기 위해 이중 배리어 구조를 도입하였다. 이중 배리어 구조도 몇가지 문제점이 있는데, 결정질 자유층 위의 터널배리어를 균일하고 평탄하게 제조하기 어렵다는 것이다. 본 연구실은 결정질 CoFe 대신에 비정질 NiFeSiB으로 대체하여 인가전압에 따른 자기저항비 감소를 줄이고자 한다.

2. 실험방법

Cell 구조는 Si/SiO₂/Ta 45/Ru 9.5/IrMn 10/CoFe 7/AlO_x/free layer 7/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 10×10에서 100×100 μm²까지 형상비는 1로 다양하게 제작하였다. 열처리 는 부가적인 열처리 장비로 옮긴 후 2시간 동안 200 °C, 5×10^{-4} Torr, 300 Oe의 자장 하에서 실시 하였다. 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

CoFe 7, NiFeSiB 7, CoFe 3.5/NiFeSiB 3.5, NiFeSiB 3.5/CoFe 3.5의 다양한 자유층 구조를 준비하고 비교하였다. 자유층 구조에 따른 DMTJ의 구조적, 자기수송적 특성은 Table 1.에 요약하였다. 비정질 NiFeSiB 자유층을 사용하여 낮은 보자력과 표면 거칠기를 획득하였다. 그리고 TEM 이미지를 통해 확인하였다. 또한 I-V 곡선을 통해 normalized TMR ratio를 측정하여, NiFeSiB DMTJ가 인가전압에 의한 자기저항비 감소가 가장 적다는 것을 확인하였다. CoFe/NiFeSiB 자유층 구조의 DMTJ에 관련하여 한가지 재미있는 특징은 증착순서가 특성을 결정하는데 있어 중요한 요소라는 것이다. NiFeSiB layer를 증착후 CoFe를 증착한 것보다 반대의 경우가 더 균일한 top 터널배리어를 가진다. 이는 AFM과 TEM 이미지를 통해 확인하였다.

4. 결론

비정질 NiFeSiB을 사용하여 터널배리어와 자유층간의 표면 거칠기를 개량하였다. 그 결과, NiFeSiB DMJT가 CoFe을 사용한 DMTJ보다 더 평탄하고 균일하였다. 이러한 부드러운 표면은 interlayer coupling field와 인가전압 의존도를 줄여준다.

5. 참고문헌

- [1] S. Colis, G. Gieres, L. Bär, and J. Wecker, Appl. Phys. Lett., 83, 948 (2003).
- [2] B. S. Chun et al., Appl. Phys. Lett., 87, 082508 (2005).

TABLE 1. 다양한 자유층 구조를 사용한 DMTJ의 물리적인 특성

Free Layer Structure (nm)	Roughness (nm)	Resistance (ohm)	TMR Ratio (%)	V_h (V)	V_{bd} (V)
CoFe 7	0.35	250	29	0.7	1.3
NiFeSiB 7	0.17	860	27	1.1	2.0
CoFe 3.5/NiFeSiB 3.5	0.30	280	28	0.8	1.5
NiFeSiB 3.5/CoFe 3.5	0.22	770	27	1.0	1.8

V_h = half voltage, V_{bd} = breakdown voltage

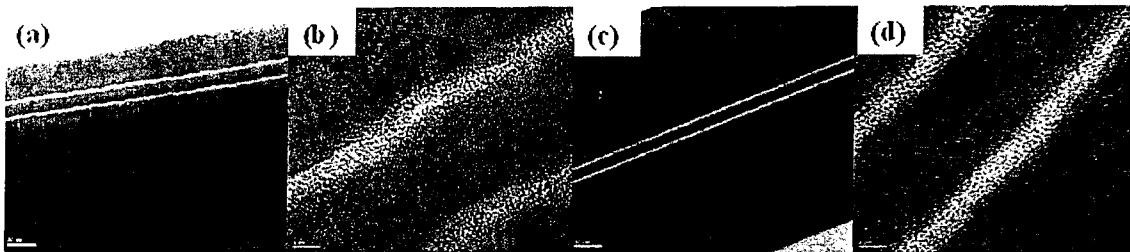


Fig. 1. (a), (b) CoFe 3.5/NiFeSiB 3.5 and (c), (d) NiFeSiB 3.5/CoFe 3.5 (in nm) 자유층 구조를 사용한 DMTJ의 HRTEM 이미지.

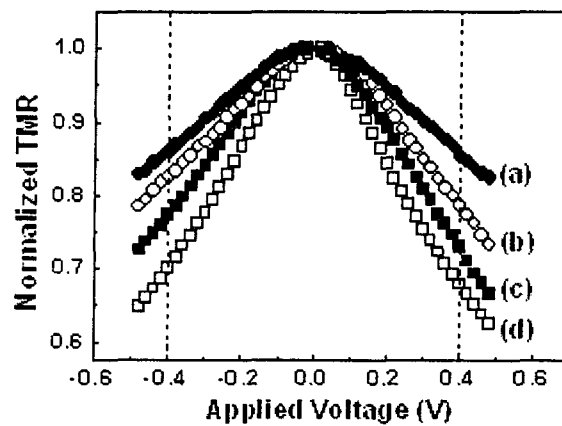


Fig. 2. (a) NiFeSiB 7, (b) NiFeSiB 3.5/CoFe 3.5, (c) CoFe 3.5/NiFeSiB 3.5, and (d) CoFe 7 (nm) 자유층 구조 DMTJ의 인가전압에 따른 자기저항비