

**NiFeSiB을 자유층으로 이용한 자기터널접합의 자화 스위칭 연구**  
(MAGNETIZATION SWITCHING OF NiFeSiB FREE LAYERED MAGNETIC TUNNEL JUNCTIONS)

전병선<sup>1\*</sup>, 김유송<sup>1</sup>, 황재연<sup>2</sup>, 이장로<sup>2</sup>, 김태완<sup>3</sup>, 김영근<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

<sup>2</sup> 숙명여자대학교 물리학과, 서울시, 140-742

<sup>3</sup> 삼성종합기술원, 수원시, 440-600, P. O. Box 111

### 1. 서론

자기터널접합은 고밀도 자기저항 헤드와 비휘발성 MRAM 응용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 비록 자기터널접합이 출력 신호가 크지만, 고집적 Gb급 MRAM을 위해서 풀어야할 몇 가지 문제가 존재한다. 그 중 하나는 큰 스위칭 전류가 필요하다는 것이다. 최근 본연구실은 NiFeSiB를 자유층으로 사용한 합성형 반강자성체 구조를 고안해내었다. 합성형 반강자성체 구조를 사용함으로써, 우리는 자유층과 고정층간의 정자기적 커플링 에너지와 작은 Writing 전류에 따른 자유층에서의 정자기적 에너지를 줄일 수 있었다. 본 연구에서는 NiFeSiB layer의 자기적 특성과 스위칭 특성을 연구하였다.

### 2. 실험방법

Cell 구조는 Ta 45/Ru 9.5/NiFeSiB (or NiFe or CoFe or NiFeSiB SAF) 7/Ru 5 (in nm)로, 초기진공도는  $5 \times 10^{-8}$  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  $10 \times 10$ 에서  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 까지 형상비는 1로 다양하게 제작하였다. 열처리는 부가적인 열처리 장비로 옮긴 후 2시간 동안  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $5 \times 10^{-4}$  Torr, 300 Oe의 자장 하에서 실시하였다. 박막 구조 특성은 X-선 회절 분석기를 사용하여 나타내었고, 자기 이력 곡선은 시료 진동형 자속계를 통해 분석하였다. Cell 스위칭 자장과 도메인 반전을 측정하기 위해서 SMOKE(surface magneto-optic Kerr effect) 측정과 마이크로자기적 시뮬레이션을 병행하여 산출하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

우리는 자기터널접합에 NiFeSiB layer를 사용하기 전에, Si/SiO<sup>2</sup> 기판 위에 성장시킨 30 nm 두께의 NiFeSiB 단막층의 마이크로구조와 자기적 이력 곡선을 분석하였다. Fig. 1은 XRD 패턴을 통해 증착직후와 열처리후의 결정성 성장을 보여준다. Fig. 3은 다양한 물질의 자유층을 이용한  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$  cell의 자기적 스위칭을 보여준다. NiFeSiB와 NiFe의 단일 자유층에서의 자화 반전은 가해지는 자장이 6 Oe 되었을 때 이루어진다. 이는 CoFe으로부터 측정한 60 Oe와 비교하여 매우 작다. 자화 방향은 NiFeSiB와 NiFe cell의 반전방향에 따라 두 모서리 양극단에서 거의 균일하게 회전한다. 대조적으로 CoFe cell에서 임시적으로 자벽이 소자 가운데 형성되어, 자벽의 회전과 함께 자화반전이 일어난다. 자벽의 존재는 CoFe cell에서 보다 큰 스위칭 자장을 야기시키는 것으로 생각된다. NiFeSiB 2/Ru 0.5/NiFeSiB 5 nm 합성형 반강자성체 자유층으로 구성된 cell에서의 자화반전은 2 Oe의 자장에서 이뤄진다. 전에 언급한 것처럼, 합성형 강자성체 구조가 중간에 Ru와 같은 비자성층

을 삽입하여 강자성층을 분리시켜 정자기적 커플링 에너지를 줄이기 때문에 이와 같이 작은 스위칭 자장을 가진다. NiFeSiB 와 NiFe 단층막에서는 자력이 완벽하게 자화반전이 일어나기 전에 형성되기 때문에, 더 높은 스위칭 자장이 필요하다.

#### 4. 결론

결론적으로, 비정질 NiFeSiB 자유층의 자화 스위칭 특성을 실험하였다. NiFeSiB는 CoFe 보다 낮은 포화자화를 가지고 있다. 반면에 NiFe 보다 높은 자기이방성을 가지고 있다. 이 특성은 스위칭 자장을 줄이는데 효과적이라고 알려져 있다. 그리고 NiFeSiB 합성형 반강자성체 자유층 구조는 그 값을 보다 감소시키는 결과를 나타내었다.

#### 5. 참고문헌

- [1] J. S. Moodera, L. R. Kinder, T. M. Wong, and R. Meservey, *Physics Review Letters* 74, 3273 (1995)
- [2] S. S. P. Parkin, C. Kaiser, A. Panchula, P. M. Rice, B. Hughes, M. Samant, and S-H Yang, *Nature Materials* 3, 862 (2004)
- [3] B. S. Chun, I. S. Yoo, Y. K. Kim, J. Y. Hwang, J. R. Rhee, T. W. Kim, and W. J. Park, *Applied Physics Letters* 88 (2005) in press
- [4] H. Van den Berg, W. Clemens, G. Gieres, G. Rupp, W. Schelter, and M. Vieth, *IEEE Transactions on Magnetics* 165, 524 (1997)
- [5] K. R. Coffey, B. A. Gurney, D. E. Hein, H. Lefakis, D. Mauri, V. S. Speriosu, and D. R. Wilhoit, *US Patent* 5583725 (1996)

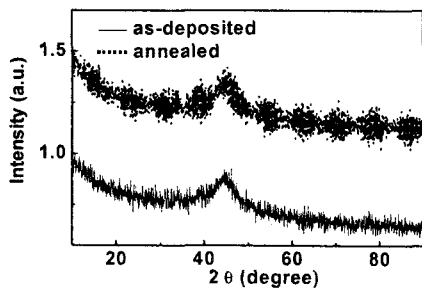


Fig. 1. 30nm 두께의 NiFeSiB 박막의 XRD 패턴

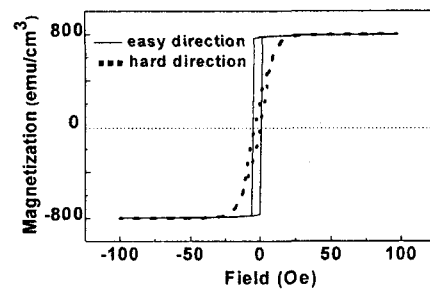


Fig. 2. 30nm 두께의 NiFeSiB 박막의 자화 곡선

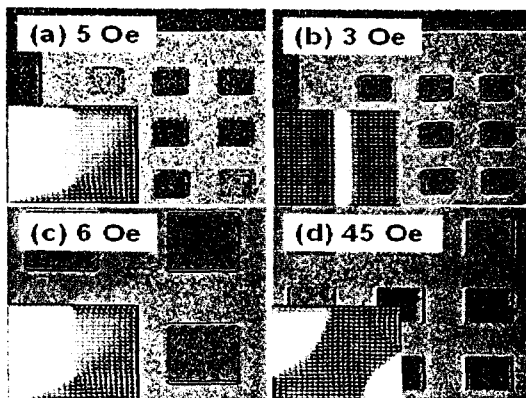


Fig. 3. SMOKE로 측정된 스위칭 특성과 시뮬레이션 데이터(삽입물) : (a) NiFeSiB 단일막, (b) NiFeSiB 합성형 반강자성체 구조, (c) NiFe 단일막, (d) CoFe 단일막. 표시된 인가자장 값은 각각의 스위칭 시작점보다 약간 작다. 4 자구 ((a), (c)), 2 자구(b), 자벽(d) 구조는 완전하게 자화반전이 일어나기 전에 형성되었다.