

수직자기이방성이 구현되는 복합자성박막 비교 및 분석

최준효^{1*}, 김기하¹, 김도균¹, 김영근¹

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

1. 서론

Spin-transfer torque magnetic random access memory (STT-MRAM)은 차세대 메모리 소자로 가장 촉망 받고있는 solid state 자기 저장매체이다. 자기터널접합은 MRAM이 주목 받음에 따라서 그 중요성이 점점 부각되고 있다. 자기터널접합을 실제 메모리 시장에 적용하기 위해서는 열적안정성과 임계전류밀도 두 가지의 중요한 조건이 갖춰져야 한다. 열적안정성은 그 값이 70 이상이 되어야 안정성을 갖췄다고 여겨지고 임계전류밀도는 그 값이 낮을수록 자기터널접합을 효율적으로 사용할 수 있다. 그러나 열적안정성과 임계전류밀도를 동시에 극대화 시키는 것은 이론상 불가능하다. 따라서 열적안정성과 임계전류밀도를 적절히 조절하여 두 조건 모두에 최적화 시키는 것이 필요하다. 이를 구현하기 위하여 기존의 CoFeB 자화층을 바탕으로하는 자기터널저항 구조에서 자기터널접합의 자유 자화층에 FeNiSiB와 CoFeSiB를 삽입하는 방식을 이용하여 포화자화 값을 조절하는 실험을 시행하였다. 자기터널접합의 자성 및 구조적 특성을 측정하기 위하여 vibrating sample magnetometer, X-ray photoelectron spectroscopy와 Auger electron spectroscopy를 사용하였다.

2. 실험방법

FeNiSiB와 CoFeSiB이 삽입된 복합자성박막 시편은 모두 열적 산화 처리를 거친 실리콘 웨이퍼 위에 direct-current 자기스퍼터링 시스템과 radio-frequency 자기스퍼터링 시스템을 통하여 증착되었고 모든 과정은 5×10^{-9} Torr 수준에서 진행되었다. 각 시편의 구조는 Si/SiO₂/Ta 5/복합 수직자기이방성 층/MgO 2/Ta 5 (in nm)이다. 복합 수직자기이방성은 각 시편에 따라 다른 비율을 갖도록 FeNiSiB (0~0.3 nm)/CoFeB (0.4~0.6nm)와 CoFeSiB (0~0.5nm)/CoFeB (0.2~0.6nm)와 같은 구조로 제작 되었다. 제작 된 시편은 모두 섭씨 300도, 4 kOe의 자기장, 1×10^{-6} Torr 에서 1시간 동안 열처리 하였다.

3. 실험결과

VSM 측정 결과 FeNiSiB (0~0.3 nm)/CoFeB (0.4~0.6nm)와 CoFeSiB (0~0.5nm)/CoFeB (0.2~0.6nm)와 구조 모두에서 수직자기이방성이 확인 되었으며, CoFeB의 비율이 낮아짐에 따라 포화자화 값 또한 낮아 짐을 확인하였다. AES 측정 결과로부터 각 복합자성박막의 깊이에 따른 원자 분포를 확인하여 열처리에 의한 확산의 정도가 어느 정도 인지를 확인하였다. 이는 열처리를 거침에도 불구하고 확산에 의하여 결정성이 깨지는 현상이 발생하지 않는 원인을 확인 할 수 있었다.

4. 고찰

본 연구에서는 수직자기이방성을 유지하면서 포화자화 값을 낮추는 복합자성박막을 다양한 두께 및 비율에 따라 제작하였다. VSM의 측정 결과를 통하여 CoFeB의 비율이 낮아짐에 따라 복합자성박막의 포화자화 값이 점점 낮아짐을 확인 할 수 있으며, 이에 불구하고 수직자기이방성은 유지 되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 AES 측정 결과로부터 열처리에 인한 각 원자들의 확산이 FeNiSiB와 CoFeSiB에 의해 저지 됨을 확인하여 좀 더 안정된 결정성을 확보할 수 있음을 확인 했다.

5. 결론

본 연구에서 포화자화 조절이 가능한 수직자기이방성 구조의 자기터널접합을 만들 수 있도록 복합자성박막 내부의 다양한 비율로 수직자기이방성 층의 CoFeB에 FeNiSiB와 CoFeSiB를 삽입하는 방식을 시도하였다. 여러 분석을 통하여 각 복합자성박막 시편들의 수직자기이방성 확보 및 포화자화 값이 조절됨을 확인하였으며 기존 CoFeB 구조에서 유도된 결정성 또한 유지됨을 확인하였다. 포화자화 값이 낮아짐에도 수직자기이방성이 유지되고 또한 포화자화 값을 조절 할 수 있는 방법은 앞으로 MRAM 구현에 도움이 될 것이다.

6. 참고문헌

- [1] S. Ikeda, K. Miura, H. Yamamoto, K. Mizunuma, H. D. Gan, M. Endo, S. Kanai, J. Hayakawa, F. Matsukura and H. Ohno, Nature Mater. 9, 721 (2010)
- [2] W. J. Kim, J. H. Jeong, Y. Kim, W. C. Lim, J. H. Kim, J. H. Park, H. J. Shin, Y. S. Park, K. S. Kim, S. H. Park, Y. J. Lee, K. W. Kim, H. J. Kwon, H. L. Park, H. S. Ahn, S. C. Oh, J. E. Lee, S. O. Park, S. Choi, H. K. Kang, C. Chung, IEDM Tech, Dig. 24.1.1 (2011)
- [3] A. V. Khvalkovskiy, D. Apalkov, S. Watts, R. Chepulskii, R. S. Beach, A. Ong, X. Tang, A. Driskill-Smith, W. H. Butler, P. B. Visscher, D. Lottis, E. Chen, V. Nikitin and M Krounbi, J. Phys. D: Appl. Phys. 46, 139601, (2013)
- [4] D. K. Kim, J. U. Cho, B. S. Chun, K. H. Shin, K. J. Lee, M. Tsunoda, M. Takahashi and Y. K. Kim, Appl. Phys. Letters, 101, 232401 (2012)

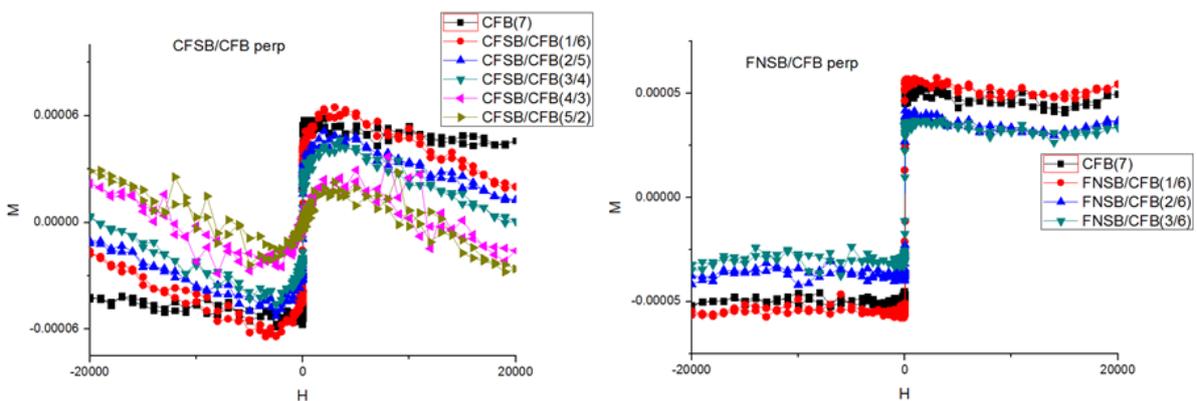


Fig 1. CoFeSiB (左)와 FeNiSiB (右)가 삽입된 복합자성박막의 수직방향 VSM 이미지