

자유층의 크기와 종횡비에 따른 기하학적 결함에 대한 자화 반전 거동의 의존성

이슬기*, 임상호

고려대학교 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1

현재 MRAM(Magnetic random access memory)을 상용화를 시키고 기존의 기록매체와 경쟁시키기 위하여 계속적으로 자기셀의 크기를 줄여나가면서 고밀도를 이룩하기 위해 노력하고 있다. 하지만 이 과정에서 셀의 크기가 감소함에 따라 탈자장(self-demagnetization)은 증가되어 자화 반전에 필요한 자장도 커지게 된다. 또한 열적 안정성, 자화 반전 거동의 문제점도 제기되고 있다. 이러한 문제에 대한 중요한 해결책은 자유층에 있다. 현재 MRAM을 구성하고 있는 MgO 기반 자기터널 집합체(Magnetic tunnel junction : MTJ)의 자유층 구조로는 단일막 또는 교환결합을 하는 3층 구조가 사용되고 있다. 나노크기의 자기셀에서는 자구구조가 복잡하고 누화현상(cross-talk)이 일어난다는 문제점 때문에 flux-closure 등으로 비교적 안정한 자구구조를 갖는 교환결합 3중막이 주목받고 있다. 이에 따라서 나노크기 셀에서의 두 가지 종류의 자유층에 대한 열적 안정성[1, 2] 및 자화 반전 거동[3, 4]에 대한 비교 연구가 끊임없이 진행되고 있다.

자기셀의 크기가 점점 감소함에 따라 셀을 제작하는 데에 있어서 여러 공정상의 불완전성 때문에 형상을 완벽하게 조절하기가 힘들고 또한 셀의 가장자리에서 생기는 기하학적인 결함 등을 완전하게 없애는 것이 어렵다. 최근 수 백 나노크기를 갖는 두 가지 종류의 자유층에 기하학적인 결함이 있는 경우에 대한 자화 반전 거동이 simulation[3]과 실험[4]을 통하여 확인되었다. 단일막의 경우에는 자화 반전을 할 때, 스핀이 vortex 거동을 보이며 R-H loop에 kink(준안정상태)를 나타낸다. 이를 통하여 단일막은 자화 반전 시 기하학적인 결함에 대해 치명적인 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 이에 반하여, 교환결합 3중막의 경우에는 단일막의 경우보다 비교적 안정된 스핀 배열을 가지며 결함에 대해 덜 의존적임이 밝혀졌다.

본 연구에서는 두 가지 종류의 자유층의 기하학적 결함에 대한 의존성을 셀의 크기와 종횡비를 다양하게 변화시켜가면서 알아본다. 셀의 크기가 감소하는 상황에 맞추어 수 십 나노크기의 셀에서 결함이 끼치는 영향력을 살펴보고 수 백 나노크기의 셀과 비교하여 본다. 또한 종횡비를 다양하게 변화시켜 형상과 결함과의 관계를 고찰하여 본다. Micromagnetics simulation을 이용하여 R-H loop를 그려봄으로써 자화 반전 거동을 비교, 분석하고자 한다.

참고문헌

- [1] C. W. Han, S. H. Lim, J. Phys. D. 42, 0405006 (2009).
- [2] J. K. Han, J. H. NamKoong, S. H. Lim, J. Phys. D. 41, 232005 (2008).
- [3] Y. J. Lee, J. -G. Zhu, M. J. Kao, Y. H. Wang, M. J. Tsai, J. MMM, 310, 2671-2673 (2007).
- [4] Y. H. Wang, W. C. Chen, Y. H. Chen, K. H. Shen, Y. J. Lee, C. C. Hung, C. M. Chen, H. H. Hsu, W. S. Chen, D. C. Liou, M. J. Kao, L. C. Wang, C. H. Lai, W. C. Lin, D. D. Tang, M. J. Tsai, J. Appl. Phys. 97, 10C923 (2005).