C-08

동작 온도에 따른 sub-micron MTJ의 자화 반전 특성에 관한 연구
(Magnetic switching characteristics of the sub-micron MTJs depending on the operating temperature)

김기원*, 황인준, 조영진, 김태완
삼성종합기술원

1. 서론

현재 광범위하게 연구되고 있는 여러 비휘발성 메모리 소자 중에서 터널자기저항 소자를 이용한 MRAM(Magnetoresistive Random Access Memory)은 비휘발성 특성과 함께 DRAM에 비교될 만한 빠른 속도와 내구성을 가지는 것으로 알려져 있다. 한편, 최근의 고집적화를 위한 MRAM 개발에 있어서는 switching에 관련된 issue가 가장 큰 현안이 되고 있어 박막 구조의 변화나 switching architecture의 측면[1,2]에서 여러 방법들이 연구되고 있다. 본 연구에서는 MTJ cell의 자화 반전에 관한 연구 중 free layer의 물질 종류와 박막 구조에 따른 특성이 동작 온도에 따라 어떻게 변화하는지를 살펴보고자 하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 MTJ의 구조는 TiN / PtMn150 / CoFe15 / Ru8 / CoFe15 / AlO_x / Free Layer / Ta100 / TiN [Å] 이고, 셀의 형태는 0.4um x 0.8um 크기의 타원 모양이다. MTJ 소자의 특성 평가는 외부 자장을 이용한 R-H curve의 측정을 통해 이루어 졌으며, hot chuck을 이용하여 온도를 변화시켰다. 실험 온도의 범위는 25~200 사이에서 25 의 간격으로 측정하였으며, 32개 MTJ cell에 대한 결과를 평균하였다. Free layer는 물질 종류와 구조에 따라서 시편1(CoFeB 30 Å), 시편2(CoFe10/NiFe 30 Å), 시편3(NiFe 30 Å)으로 구분된다.

3. 결과 및 고찰

그림1은 온도에 따른 switching field의 상대적 변화를 나타내고 있다. 시편1(CoFeB 30A)의 경우100 에서 상온대비 5%의 감소를 보이며, 온도에 따른 영향이 가장 작은 것으로 나타났다. 시편2(CoFe 10A/NiFe 30)의 경우에는 온도에 따른 영향이 작은 것으로 나타났으나, 실제 switching에 있어서는 vortex에 의한 non-uniform switching 특성을 보이고 있어서, 시편 1과 동일한 비교를 하는 것에는 다소 무리가 있다고 생각된다. 한편, 이러한 결과로부터 측정된 온도 영역 내에서는 vortex의 형성과 소멸이 온도에 크게 영향을 받지 않는다는 것을 추정할 수 있다. 시편3(NiFe 30A)의 경우에는 온도에 따른 영향이 매우 크게 나타났으며, 100 에서 약 30%의 감소를 보이고 있다. 이는 NiFe의 상대적으로 낮은 큐리 온도(T_c ~ 500)에 따른 M_s값의 변화와 낮은 이방성 상수에 의한 결과로 해석된다.

그림 2는 온도에 따른 TMR 값의 상대적 변화를 보여주고 있으며, 시편1(CoFeB)의 경우가 상대적으로 가장 우수한 것으로 나타났다.

MTJ의 free layer로 사용되는 물질의 종류에 달리하면서, 온도에 따른 switching field와 TMR 값의 상대적 변화를 실험하였다. CoFeB의 free layer가 두 경우에 있어서 상대적인 변화가 가장 적은 것으로 나타났으며, NiFe free layer의 경우에는 실제 동작 온도에 따른 특성 변화를 고려해야만 하는 것으로 결론지을 수 있다.

4. 참고문헌

[1] K. Inomata, *et al.* Magnetic switching field and giant magnetoresistance effect of multilayers with synthetic antiferromagnet free layers , Appl. Phys. Lett. **81**, 310 (2002)

[2] B. N. Engel, *et al.* A 4-Mb Toggle MRAM Based on a Novel Bit and Switching Method , IEEE trans. Mag. **41**, 132 (2005)

그림 1. 온도에 따른 switching field의 상대적 변화.

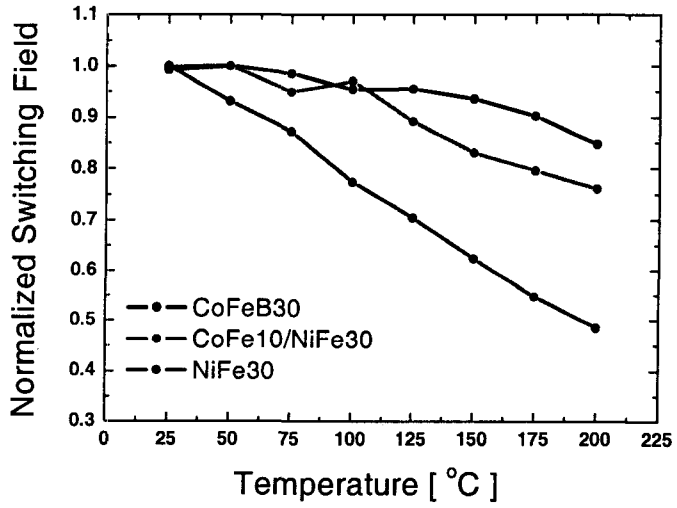
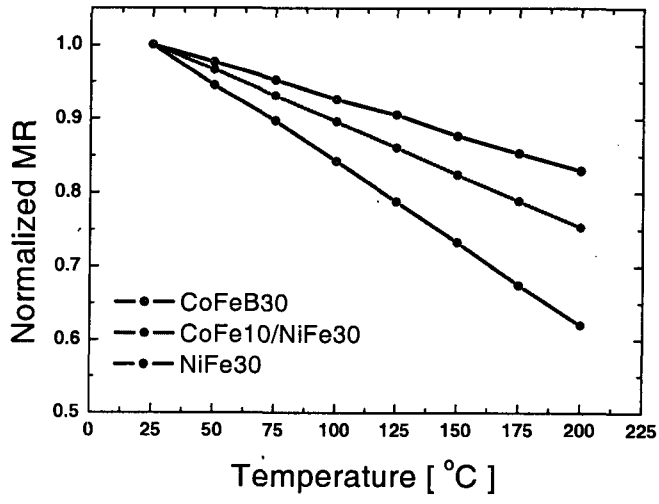
그림 2. 온도에 따른 TMR 값의 상대적 변화