

새로운 MRAM 스위칭 Architecture: 국소 자기장 스위칭 (New MRAM switching Architecture: Local field switching)

김기원*, 황인준, 조영진, 김광석, 김태완

삼성종합기술원

1. 서론

최근 들어 MRAM의 근본적인 자화반전 문제를 해결하기 위한 방법으로 전류유도 스위칭 (current-driven switching)이 많이 연구되고 있으나, 이를 구현하기 위해서는 큰 전류 밀도를 필요로 하기 때문에 현 시점에서의 MRAM 응용을 위해서는 많은 연구를 필요로 하고 있다. 본고에서는 D/L을 통한 전류를 사용하지 않고, 하부전극(Bottom Electrode, BE)으로부터 MTJ로 흐르는 전류에 의해 직접적으로 형성되는 국소 자기장에 의한 스위칭 방법을 제시한다.

2. 실험방법

0.24 μm 의 디자인 룰의 Si 공정기술을 이용하여 MTJ 소자(MRAM)을 제작하였으며, MTJ의 구조는 TiN (BE, 40 nm)/PtMn (15 nm)/CoFe (1.5 nm)/Ru (0.8 nm)/CoFe (1.5 nm)/AlO/NiFe (3 nm)/Ru (0.8 nm)/NiFe (1.5 nm)/Ta (10 nm)/TiN 이다. MTJ의 모양은 타원형이며 크기는 0.3 x 0.4 μm^2 이다. MTJ 셀은 $V_{\text{bias}}=0.1\text{V}$ 에서 23%의 자기저항비를 보이며, 저항과 넓이의 곱으로 표시되는 RnA값은 대략 70 $\Omega\mu\text{m}^2$ 이다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 국소 자기장 스위칭(local field switching) 방법을 설명하는 개괄도이다. BE를 통하는 전류가 B/L에 수직인 자기장을 형성하는 데, MTJ의 자유층과 BE와의 거리가 ~20nm로 가깝기 때문에 작은 전류로도 충분히 큰 자기장을 형성할 수 있게 된다. 전류에 의해 형성되는 자기장의 효율성을 증가시키기 위해서, MTJ 셀의 자화용이축을 BE 전류에 의한 자기장 방향과 평행하게끔 만든다. 이러한 국소 자기장 스위칭은 BE 전류에 의한 자기장을 이용하기 때문에 MTJ내 자유층에서의 spin transfer torque를 이용하는 current-driven switching과는 완전히 다른 방법이다. 그림 2는 bias voltage에 따른 국소 자기장 스위칭의 과정을 보여주고 있다. 0.3 x 0.4 μm^2 크기의 MTJ셀이 0.5V 근처에서 효과적으로 스위칭되고 있으며, 스위칭과 전류의 방향은 서로 불변의 관계를 보이고 있다. 이러한 결과는 주변의 셀들에 대한 간섭이 없이, 높은 선택성을 지닌 MRAM 셀 어레이를 제작하는 데 있어 국소 자기장 스위칭이 적용될 수 있음을 보여준다.

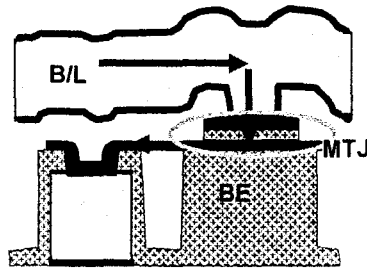


그림 1. 국소 자기장 스위칭(local field switching) 방법을 설명하는 개괄도: MTJ cell은 bottom electrode에 흐르는 전류에 의해 스위칭 된다.

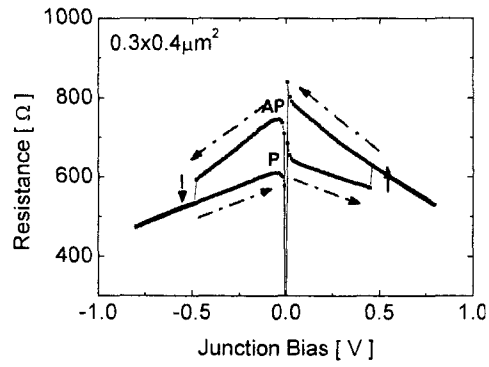


그림 2. 0.5 V 전압을 가해 주었을 때 평형에서 반 평형 상태로 스위치 됨을 보여줌.