

## 자유층의 종횡비와 재료의 변화에 따른 $0.4 \times 0.8 \mu\text{m}^2$ 자기터널접합의 스위칭

유일상<sup>a</sup>, 김영근<sup>a,\*</sup>, 김태완<sup>b</sup>

<sup>a</sup>고려대학교 재료공학부

<sup>b</sup>삼성종합기술원 PE Lab

### Switching of $0.4 \times 0.8 \mu\text{m}^2$ MTJs with various freelayer materials and aspect ratios

Ilsang Yoo<sup>a</sup>, Young Keun Kim<sup>a,\*</sup>, and Taewan Kim<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Korea University

<sup>b</sup>Samsung Advanced Institute of Technology

#### 1. 서론

차세대 비휘발성 메모리로 활발히 연구개발 중인 MRAM은 DRAM에 상응하는 고집적화를 위해 여러 가지 리소그래피 공정이 도입되고 있다 [1]. 이러한 공정들을 통해 얻은 MTJ 셀 종횡비의 미세한 차이에 의해서 자화반전이 가능한 자기장 범위의 변화가 생길 수 있으며, 현재 MRAM의 상용화에 가장 큰 걸림돌이 되고 있는 스위칭에 영향을 미치게 된다. 셀의 종횡비뿐만 아니라, 자유층에 사용한 재료의 특성에 따라서 자기저항곡선의 변화도 생길 수 있다 [2]. 본 연구에서는 재료의 포화자화, 일축이방성에너지, 비저항 등을 독립적으로 변화시킨 전산모사를 통해 이런 자기저항 특성의 경향성을 분석하였다.

#### 2. 실험방법

다자기도메인 모델을 사용하여 CoFe 1.5/ Ru 0.8/ CoFe 1.5/ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.0/ 자유층 (nm) 구조를 갖는 합성형 자기터널접합(MTJ)에 대해 Landau-Lifschitz-Gilbert 식을 통해 각 자성층의 자화거동과 이로 인한 자기저항곡선을 계산하였다. 자성박막의 크기는 종횡비에 따라 2.0인  $0.40 \times 0.80 \mu\text{m}^2$ , 1.9인  $0.40 \times 0.76 \mu\text{m}^2$  와 2.1인  $0.40 \times 0.84 \mu\text{m}^2$  에서 각각 계산하였으며, 자유층은 CoFeB 3.0, CoFe 0.3/NiFe 3.0, CoTb 3.0 nm 인 경우에서 전산모사를 실시하였으며 각각은 Type A, B 그리고 C로 정의하였다. 각 자유층의 포화자화값은 1,050, 845, 330 emu/cm<sup>3</sup>, 일축이방성에너지는 20,000, 30,000, 16,500 erg/cm<sup>3</sup> 로 설정하였다. 또한 증착시의 자기플롭에 의해 하부에 위치한 CoFe층의 고정 방향이 증착자장방향에 대해 약 12° 기울어져있다고 가정하였다. 자기저항곡선을 계산한 외부 자기장의 범위는 -250 Oe 에서 250 Oe 까지 순환시켰고, 셀의 각 모서리는 전식각에 의한 둥근 모양을 가정하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

Fig 1.은 Type A, B 그리고 C 구조인 MTJ 셀의 종횡비에 따라 계산된 자기저항곡선이다. 각각의 그래프는 종횡비를 1.9에서 2.1로 변화할 때의 보자력 변화를 보여주고 있다. 그래프를 비교해 보면, Type C의 종횡비 변화에 따른 보자력 변화가 가장 작다. 자화 반전에 직접적인 영향을 미치는 보자력의 값은 Type C가 가장 크지만, 다른 재료들에 비해 우수한 각형비를 가짐을 알 수 있다. 다른 재료보다 상대적으로 작은 포화 자화값의 Type C에서는, 외부 자기장에 민감한 자화반전이 가능하다는 것을 확인할 수 있다. Fig. 2에서는 자화반전의 자기장에 대한 의존도를 보여주고 있다. 이 Asteroid 곡선에서의 특징은 형상이방성에 의해서 자화곤란 축으로의 반자장 값이 자화용이 축에서의 값보다 훨씬 크기 때문에, 이를 극복하기 위해 더 큰 자기장이 가해진다는 점이다. 이 때문에 Asteroid 곡선 상에서 자화곤란 축에서의 자기장이 훨씬 크다. 또 다른 특이한 점은, 자화용이 축의 25에서 40 Oe

사이의 구간에서 세 종류의 재료가 상호간 유사한 거동을 한다는 점이다. Type B의 경우, 자화 곤란 축으로의 외부자기장이 커질 경우 각형비가 상당히 떨어지면서 완전한 Asteroid 곡선을 얻기가 어려웠다.

#### 4. 결론

작은 포화 자화값을 가지는 물질을 자유층으로 사용한 MTJ 셀은 종횡비에 따른 자기저항곡선의 변화가 최소였고, 각형비가 우수하였다. 다른 CoFe 계열의 자유층의 거동과는 달리 자화 곤란 축으로 더 작은 자기장의 범위에서 Asteroid 곡선을 얻을 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

- [1] E. Chen, B. Schwarz, C. J. Choi, W. Kula, J. Wolfman, K. Ounadjela, S. Geha *J. Appl. Phys.* 93, 8379 (2003)
- [2] Dan Wei, C. K. Ong, Zheng Yang *J. Appl. Phys.* 87, 3068 (2000)

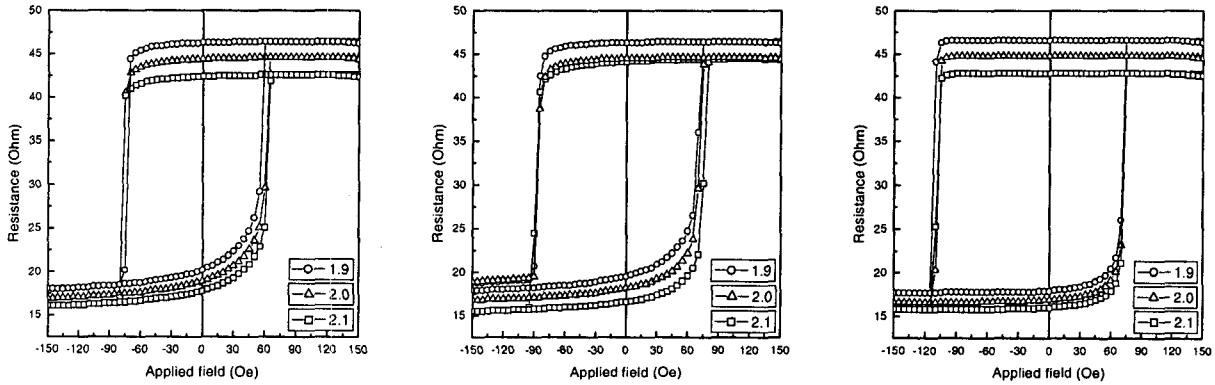


Fig. 1. Type A (CoFeB), B (CoFe/NiFe), C (CoTb)의 종횡비에 따른 자기저항곡선

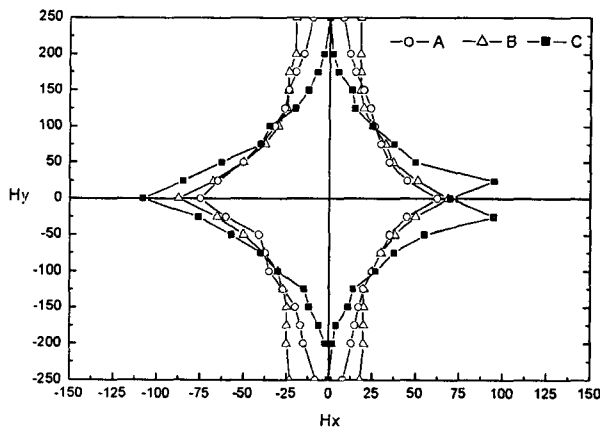


Fig. 2. Type A, B, C의 Asteroid 곡선 ( $H_x$ 는 자화용이 축방향의 자기장)