

전류인가 자화 스위칭을 위한 나노 사이즈의 자기터널접합 소자의 제작

정구열^{1,3*}, 안치의¹, 최경민¹, 신일재¹, 민병철¹, 박승영², 조영훈², 이공원³, 신경호¹

¹한국과학기술연구원 나노융합소자센터, ²한국기초과학지원연구원 나노물성팀

³고려대학교 응용물리학과

1. 서론

스핀전달토크(Spin Transfer Torque)에 의한 자화스위칭소자를 자기메모리(Magnetic Random Access Memory)에 이용하기 위하여 CoFeB/ MgO /CoFeB 기반의 자기터널접합이 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 STT-MRAM의 구현에 있어 필수 요소인 나노 사이즈의 터널 접합을 만들기 위해 HSQ/PMMA 두 개의 이빔 레지스터를 이용하여 MgO 기반STT-MARM 소자를 구조를 나노 크기로 패터닝하여 전류인가 자화반전소자를 제작하고, 자기장 및 전류를 소자에 인가함에 따라 소자의 자기저항이 어떻게 변화하는지 조사하였다.

2. 실험방법

스퍼터링 방법을 이용하여 MgO 기반의 자기터널접합 박막을 제작하였다. 증착된 자기터널접합은 Photo resister를 위용한 포토 리소그래피 방법과, 두 층의 resist를 사용한 이빔리소그래피 공정, 이온빔 식각을 통해 130 nm x 60 nm 크기를 가진 타원모양의 자기터널접합 기둥 소자를 제작하였다. 100 nm 사이즈 나노 접합을 제작하기 위해 HSQ/PMMA 두층의 E-beam resister를 이용하여 마스크를 만들고 이온빔 식각 후 절연층을 증착하고 lift-off 방법을 이용하였다. 절연층 및 상부전극 형성을 통해, cross-geometry 구조를 가지도록 나노터널접합 소자를 제작하고, 소자의 자기 저항을 4-단자 방식으로 측정하였다. DC 전류를 변화시키며 자기저항을 측정함으로써 전류인가 자화스위칭을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 HSQ/PMMA 두층의 resister를 이용하여 형성한 나노 사이즈의 소자의 모습이다. 이 소자는 자유 자성층과 고정자성층이 평행 또는 반평행 상태로 반전됨에 따라, 이 소자는 매우 깨끗한 자화반전 특성을 보여주고 있으며, 139%의 자기저항비와 $20\Omega\mu\text{m}^2$ 의 RA를 나타내었다. 그림 2는 위의 방법으로 제작된 나노 사이즈의 자기 터널 접합($\text{Co}_6\text{Fe}_6\text{B}_2$ (5 nm)/ MgO (1.1 nm)/ $\text{Co}_6\text{Fe}_6\text{B}_2$ (3 nm)) 소자의 전류인가 자화스위칭 특성을 보여 주고 있다. 이 소자는 자기저항곡선에서와 같이 139%의 자기저항비와 $4\sim 5 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ 의 임계전류밀도 값을 갖는다. 이 결과로부터 이빔 리소그래피 방법과 이온빔 식각 방법을 통해서 나노 사이즈의 패턴 공정이 잘 이루어졌음을 알 수 있다. 이 소자는 스핀전달토크를 이용한 자기메모리용 자기터널접합 소자로 이용하기에 적합한 특성을 보이고 있다.

나노 사이즈의 터널 접합은 작은 크기와 lift-off 과정의 어려움 때문에 소자의 제작이 쉽지 않았었다. 하지만 두층의 resist를 사용한 이빔리소그래피 공정을 이용하여 효과적인 소자의 제작이 가능하였다.

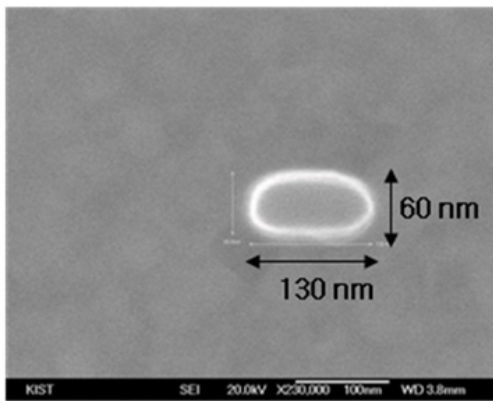


Fig. 1. SEM image of a nanoscale MTJ

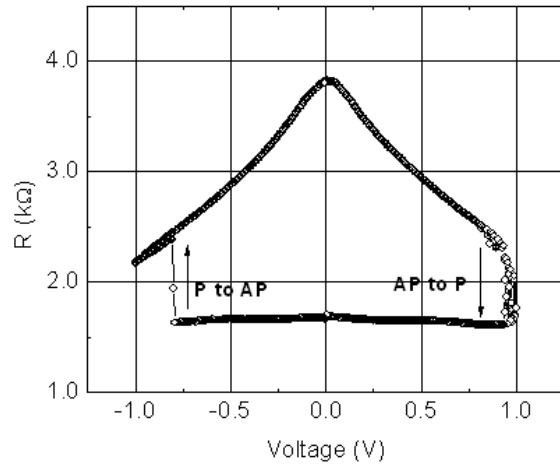


Fig. 2. Current induced magnetization switching in a patterned MgO-based MTJ

4. 결론

MgO 기반 자기터널접합을 기반으로 두 층의 resist를 사용한 이빔 리쓰그래피 공정과 이온빔 식각을 적용하여 전류인가 자화반전소자를 제작한 결과, 자기메모리용 자화반전소자로 이용하기에 적합한 자기저항비, RA, 임계전류밀도 특성을 얻을 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] C. Slonczewski, JMMM 159 L1 (1996).
- [2] L. Berger, PRB 54 9353 (1996).
- [3] J. Hayakawa et. al., JJAP 45 L1057 (2006).