

MgO 자기터널접합을 이용한 전류인가 자화 스위칭 소자의 제작

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

¹한국과학기술연구원 스핀트로닉스 연구단

²한국기초과학지원연구원 나노물성팀

³고려대학교 응용물리학과

1. 서론

스핀전달토크 (Spin Transfer Torque) [1-2] 에 의한 자화스위칭소자를 자기메모리에 이용하기 위하여 CoFeB/MgO /CoFeB 기반의 자기터널접합이 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 MgO 기반 자기터널접합 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 자기터널접합을 제작하였다. 자기터널접합의 구조는 Sub/ Ta / CuN / Ta / PtMn / CoFe / Ru / Ref. / MgO / CoFeB / Ta / CuN / Ru (nm) 로 구성되어 있다. 제작된 자기터널접합은 웨이퍼 내에서 균일한 자기저항비 및 RA (저항과 면적의 곱)을 보였다. 두 층의 resist를 사용한 이빔리쓰그래피 공정과 이온빔 식각을 통해 130 nm × 60 nm 크기를 가진 타원모양의 자기터널접합 기둥 소자를 제작하였다. 절연층 및 상부전극 형성을 통해, cross-geometry 구조를 가지도록 나노터널접합 소자를 제작하고, 소자의 저항을 4-단자 방식으로 측정하였다. 자기저항비를 자기장의 함수로 측정함으로써 자기저항곡선을 얻었고, DC 전류를 변화시키며 자기저항을 측정함으로써 전류인가 자화스위칭을 관찰하였다. 또한, DC 전압을 가한 상황에서 자기저항 곡선을 측정하여 자화반전이 일어나는 자기장 값을 측정하는 방식으로 자화반전스위칭에 대한 phase-diagram을 얻었다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 외부 자기장을 변화시켜가며, 나노자기터널접합소자의 저항을 측정한 자기저항곡선을 나타내었다. 자유자성층과 고정자성층이 평행 또는 반평행 상태로 반전됨에 따라, 이 소자는 매우 깨끗한 자화반전 특성을 보여 주고 있으며, 110%의 자기저항비와 4 $\Omega\mu\text{m}^2$ 의 RA를 나타내었다.

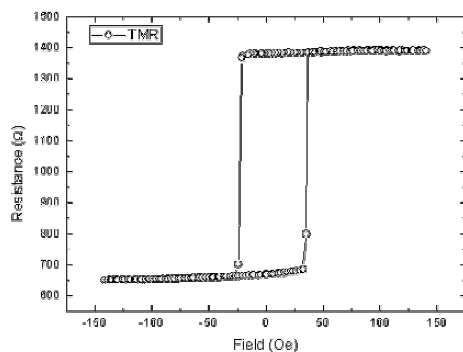


Fig. 1. 자기저항 곡선.

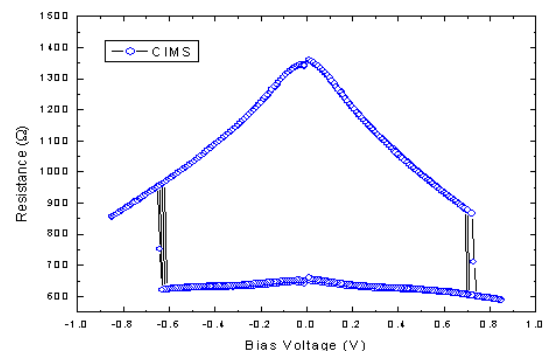


Fig. 2. 전류인가 자화 스위칭 곡선

Fig. 2는 소자의 전류인가 자화스위칭 특성을 보여 주고 있다. 이 소자는 자기저항곡선에서와 같이 110 %의 자기저항비를 나타내었다. 자화반전이 일어나는 전압 값으로부터 임계전류밀도 값을 계산하였다. 임계전류밀도 값은 각각 $+1.74 \text{ MA/Cm}^2$ (0.7V), -1.57 MA/Cm^2 (-0.63V)이다. 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.

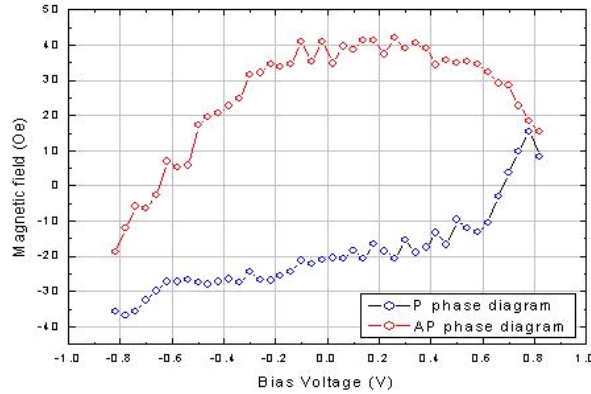


Fig. 3. 소자의 phase-diagram.

Fig. 3은 위 소자에서 자화반전이 일어나는 자기장 값을 인가한 DC 전압의 함수로 나타낸 것이다. 이 그림에서 자화반전 자기장이 0이 되는 지점이 두 개 있는데, 이 지점은 Fig. 2에서 측정된 임계 전압과 일치한다. DC bias를 변화시켜 주면서 자기터널접합에서 자화반전이 일어나는 자기장의 변화를 살펴보면, 자기터널접합에서 인가 전압이 스핀전달토크의 크기에 미치는 영향에 대하여 알 수 있다.

4. 결론

MgO 기반 자기터널접합을 기반으로 두 층의 resist를 사용한 이빔리소그래피 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).