

Spin transfer effect in spin-valve pillars of [CoFe/Pd]₂ free layer

이재철^{1,2*}, 천우기³, 신경호², 최석봉³, 이경진⁴, 유천열¹
 1인하대학교 물리학과, 인천광역시 남구 용현동 253
 2한국과학기술연구원, 서울특별시 성북구 하월곡동 39-1
 3서울대학교 물리학과, 서울특별시 관악구 신림동 산56-1
 4고려대학교 재료공학과, 서울특별시 성북구 안암동

1. Introduction

스핀 필터(thick FM layer)에 의해 분극 된 전자가 free layer(thin FM layer)를 자화 반전 시키는 CIMS(current induced magnetization switching)는 Slonczewski 와 Berger가 발표한 이후 많은 연구가 진행 중에 있다[1,2]. 이 개념은 MRAM(magnetic random access memory)에 아주 유용하게 쓰일 수 있지만 높은 critical current density(J_c)가 하나의 문제가 되고 있다. 단자구 모델에 의하면 J_c 를 결정하는데 정자기 에너지에 의한 면내 이방성에 영향을 크게 받는다[3]. 본 연구는 수직 이방성을 보이는 [CoFe/Pd] 다층박막을 free layer로 사용해 면내 이방성을 감소시켜 J_c 의 변화를 보고자 하였다. I-R curve에서 J_c 의 변화뿐만 아니라 AP->P switching과 P->AP switching이 역전되는 물리적으로 흥미로운 결과를 얻을 수 있었다.

2. Experiments

나노 크기의 소자를 만들기 위해 wet etching을 이용한 stencil process를 사용하였다. Lift-off 공법으로 하부전극을 제작하였고, 그 위에 절연층 SiO₂ (100 nm)를 시편 전체에 증착하였다. 하부 전극(25 μm) 보다 작은 pattern(10 μm) 을 하부전극 안에 만든 후 ion-milling 으로 SiO₂ 를 약 50 nm etching 하고 platinum(Pt) stencil mask 를 증착하여 절연층의 두께를 50 nm 로 줄였다. electron-beam lithography 와 ion-milling 공정을 통해 100×200 nm² 크기의 pattern 을 형성하고 불산 용액에 적정시간 처리함으로써 소자가 형성될 template를 만들었다. 마지막으로 structure 구조, [Ta(5 nm)/IrMn(1 nm)/CoFe(6 nm)/Cu(6 nm)/CoFe(1 nm)/Pd(0.8 nm)/CoFe(1 nm)/Pd(0.8 nm)]와 상부전극(Cu)을 증착함으로써 nano-pillar 를 완성하였다[4]. [CoFe/Pd]다층박막의 두께는 수직이방성과 수평이방성을 보이는 경계 영역에서 결정하였다[5].

3. Results and discussions

상온에서 MR curve를 측정해 Fig. 1에 나타내었다. Pd를 사용했음에도 불구하고 MR ratio 가 0.9% 로 비교적 높은 값을 보인다. MR curve에서 보이는 step들은 pinned layer의 불규칙한 모양에 의한 것으로 생각된다. Fig. 2는 외부 자기장을 바꾸어 가며 측정한 I-R curve의 결과이다. 외부 자기장의 크기에 따라 다양한 switching 특성을 보이는데, 예를 들어 90 Oe 에서 측정한 Fig. 2(a)는 upper free layer와 down free layer가 각각 다른 switching current를 보인다. 외부 자기장을 점차 줄임에 따라 두 switching이 합쳐지고 간격이 좁아지다가 결국엔 AP->P switching과 P->AP switching이 역전되는 현상을 보인다. 외부 자기장과 switching current와의 관계를 규명하기 위해서는 random telegraph noise등의 이론적 해석이 필요하다.

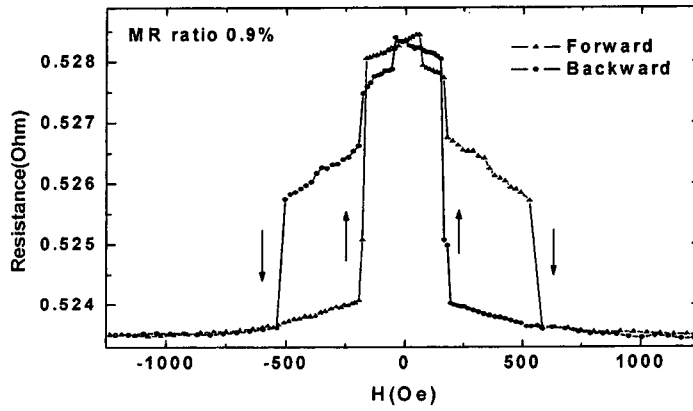


Fig 1. MR curve of Ta(5)/CoFe(6)/Cu(6)/CoFe(1)/Pd(0.8)/CoFe(1)/Pd(0.8) nano-pillars.

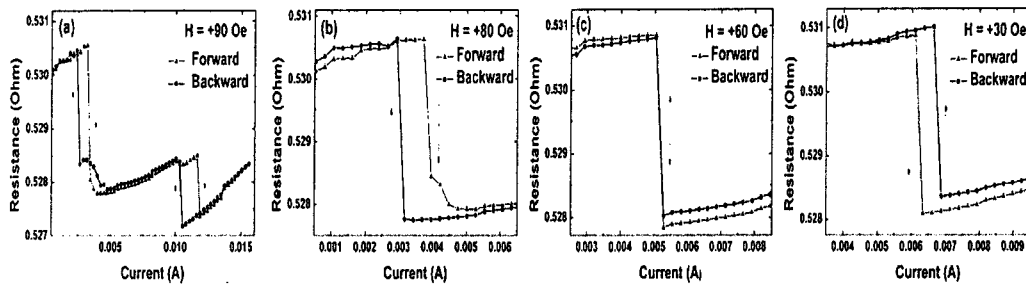


Fig 2. I-R curve as a function of the external magnetic field.

4. References

- [1] J. C. Slonczewski, J. Magn. Magn. Mater, **159**, L1-L7 (1996).
- [2] L. Berger, Phys. Rev. B **54**, 9353 (1996).
- [3] J. Z. Sun, J. Magn. Magn. Mater, **202**, 157 (1999).
- [4] J. C. Lee, M. G. Chun, and W.H. Park, C. Y. You, S. B. Choe, W. Y. Yung and K. Y. Kim
J. Appl. Phys, **99**, 08G517 (2006).
- [5] Yunfei Ding, J. Appl. Phys. **97**, 10J117 (2005).