

The Property enhancement of nano-pillar structure for spin transfer magnetization switching using improved fabrication process

강찬희^{1,2*}, 이재철^{2,4}, 유천열⁴, 최석봉³, 이경진¹, 신경호², 임상호¹

1. 고려대학교 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1
2. 한국과학기술연구원 나노소자연구센터, 서울특별시 성북구 하월곡동 39-1
3. 서울대학교 물리학과, 서울특별시 관악구 신림동 산56-1
4. 인하대학교 물리학과, 인천광역시 남구 용현동 253

1. Introduction

1999년 Slonczewski는 분극된 전자의 spin torque에 의해 자화 반전이 일어나는 CIMS(Current Induced Magnetization Switching)를 보고했다. 그 이후 많은 연구가 진행 중에 있다[1]. CIMS는 일반적으로 tri-layer nano-pillar(FM/NM/FM)구조 에서 나타난다[2]. 본 연구진은 나노미터 크기의 template를 wet etching 공법으로 만들어 그 안에 원하는 구조를 증착하는 stencil process를 이용했다[3]. 기존의 stencil process는 상부 전극과 하부 전극의 edge 부분에서 완벽한 절연을 위해 절연층(SiO₂)의 두께를 100 nm 이상 유지해야 했다. 절연층의 두께는 wet etching 후 template의 깊이가 되기 때문에 shadow effect 현상을 줄이기 위해서는 절연층의 두께를 줄여야 한다. 간단한 공정 개선으로 이러한 단점을 보완하여 보다 향상된 CIMS 특성을 보이는 nano-pillar 소자를 제작했다.

2. Experiments

Lift-off 공법으로 하부전극을 제작하였고, 그 위에 절연층 SiO₂ (100 nm)를 시편 전체에 증착하였다. 하부 전극(25 um) 보다 작은 pattern(10 um)을 하부전극 안에 만든 후 ion-milling 으로 SiO₂를 약 50 nm etching 하고 platinum(Pt) stencil mask를 증착하여 절연층의 두께를 50 nm로 줄였다. electron-beam lithography와 ion-milling 공정을 통해 100×150 nm² 크기의 pattern을 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(3 nm)와 상부전극을 증착함으로써 nano-pillar를 완성하였다[3]. 제작 공정의 차이를 Fig.1에 나타내었다.

3. Results and Discussions

기존의 공정(sample I)과 개선된 공정(sample II)으로 제작한 두 template에 같은 구조[Ta(5 nm)/IrMn(1 nm)CoFe(6 nm)/Cu(6 nm)/CoFe(3 nm)]를 증착하여 두 sample의 MR 및 I-R 특성을 Fig.2에 비교하였다. sample II의 MR curve가 sample I보다 깨끗한 switching 특성을 보이고 자기 저항비가 0.3%에서 0.45%로 향상되었다. 스핀 분극된 전류에 의한 switching 특성을 알아보기 위해 I-R curve를 측정하였다. 평균임계전류밀도는 $J_c = (|I^{AP \rightarrow P}| + |I^{P \rightarrow AP}|) / 2A$ 로 정의할 수 있다. sample II에서 얻어진 평균임계전류밀도는 5.98×10^6 A/cm²으로 sample I (1.16×10^8 A/cm²)보다 감소하였다. 결과적으로 개선된 공정이 shadow effect를 줄임으로써 unstable anti-parallel state와 Multi domain 현상을 없애고 보다 향상된 CIMS 특성을 얻을 수 있었다.

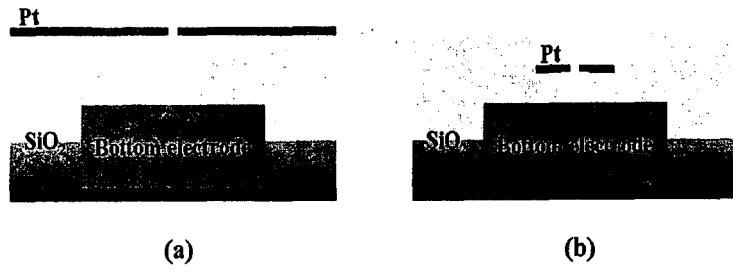


Fig 1 . Template process (a) old HF wet etching(100 nm) (b) new HF wet etching(50 nm)

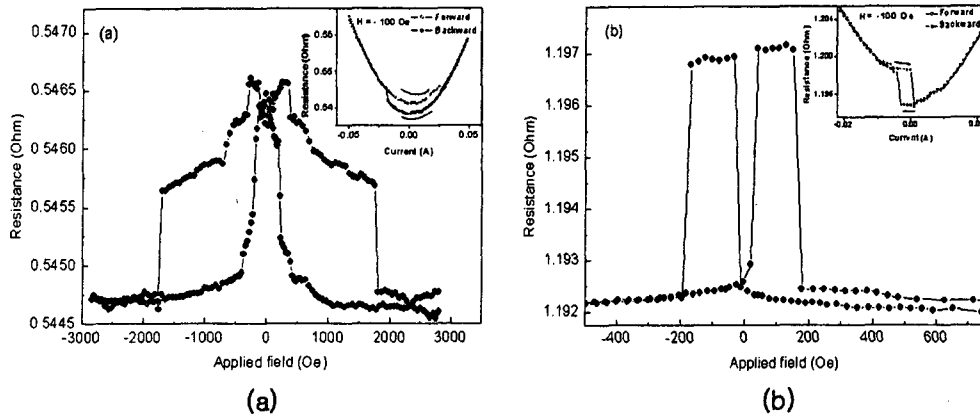


Fig 2 . Magnetoresistance curve & I-R curve(inset) of Ta(5 nm)/IrMn(1 nm)/CoFe(6 nm)/Cu(6 nm)/CoFe(3 nm) (a) old process (b) new process

4. References

- [1] J. C. Slonczewski, J. Magn. Mater. 159, L1-L7 (1996).
- [2] J. A. Katine, F. J. Albert, R. A. Buhrman, E. B. Mayers, and D. C. Ralph, Phys. Rev. Lett 84, 3149 (2000).
- [3] 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).