

## 미세구조에 따른 MTJ(Magnetic Tunnel Junction)의 자기적 특성 연구

한양대학교 재료공학과 장필재, 경희, 김창경

## Study on the effect of microstructure on magnetic properties in magnetic tunnel junctions

Hanyang University Div. of Mat. Sci &amp; Eng., P. J. Chang, H. Kyung, C. K. Kim

## 1. 서론

강자성체/절연체/강자성체 구조로 구성된 MTJ(Magnetic Tunnel Junction)은 인가된 외부 자장에 의해 자기 저항비(MR ratio)가 변화하는 소자로 절연체에 의해 분리된 강자성체 전극의 상대적인 자화 방향에 따라 전자의 터널링 확률이 변하게 된다. 이러한 자기 터널링 접합의 경우 다른 자기 저항 재료 보다 우수한 자기적 특성으로 인해 차세대 하드 디스크용 read-head나 MRAM(Magneto-resistive Random Access Memory)용 비휘발성 자기소자로서 응용이 예상되어 연구가 활발히 진행되고 있다.

이러한 자기 터널 접합이 상업적으로 응용되기 위해서는 Angstrom 단위의 절연층 두께 제어 및 균일한 계면의 형성이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 MTJ의 제조시 신뢰성 있고 재현 가능한 공정 조건 확립을 위해 절연체의 산화 과정중 절연막의 미세구조 특성과 계면의 morphology의 상관관계에 대해 연구하였다.

## 2. 실험 방법

4-Gun DC magnetron sputtering을 이용하여 초기 진공도  $3 \times 10^{-6}$  Pa 이하에서 각 층을 증착하였다. 2000 Å의 산화막을 지닌 P-type Si (100) 기판 위에 metal mask를 이용하여 NiFe/Co/Al-oxide/Co, NiFe/Co/Ta-oxide/Co의 구조를 갖는 시편을 제작하였다. 각층의 증착률은 0.7~0.8 Å/s 이며, 절연층은 plasma oxidation법으로 형성시켰다.

미세구조 관찰을 위해 투과전자현미경(TEM)과 EFM을 이용하였으며, 조성 분석을 위해 AES Depth Profile을 이용하였으며, 자기저항은 four probe 방법을 이용하여 측정하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1.은 TEM을 이용하여 미세구조를 관찰한 결과로 Al의 두께가 증가할수록 Al-oxide의 roughness가 증가한 것을 관찰할 수 있었으며, NiFe/Co/Al(63 Å)/Co 다층박막을 in situ로 제작하여 NiFe/Co/Al(63 Å)-oxide/Co 과 비교한 결과 금속 Al이 비교적 flat한 것으로 보아, Al-oxide의 roughness는 oxidation 과정에서 발생하는 것임을 확인하였다. 반면 NiFe/Co/Ta-oxide/Co의 경우 산화

되지 않고 남아있는 Ta의 존재를 TEM과 Auger Depth profile로부터 관찰하였으며 Ta-oxide는 매우 flat하게 성장함을 볼 수 있었다.(Fig. 2.) oxidation 과정에서 발생하는 Al-oxide의 roughness 발생 mechanism을 설명하기 위해 Al의 경우 oxide 형성의 속도 결정 단계를 산소가 박막 표면에 도달하는 것으로 가정하여 oxidation 과정에서 산소 분압을 증가시켜 좀더 flat한 insulator를 제작하기 위해 natural oxidation법으로 sample을 제작하였다. natural oxidation 방법을 사용한 sample의 TEM 사진은 Fig. 1(d)에 나타내었다. 이는 위의 model에서 예상한 대로 plasma oxidation 방법을 사용한 경우에 비해 비교적 평탄한 insulator의 morphology를 보였다. 따라서 우리는 oxidation process를 조절함으로써 MTJ 제조의 핵심기술인 극초박막인 절연층의 microstructure를 제어할 수 있는 수단을 확보하였다.

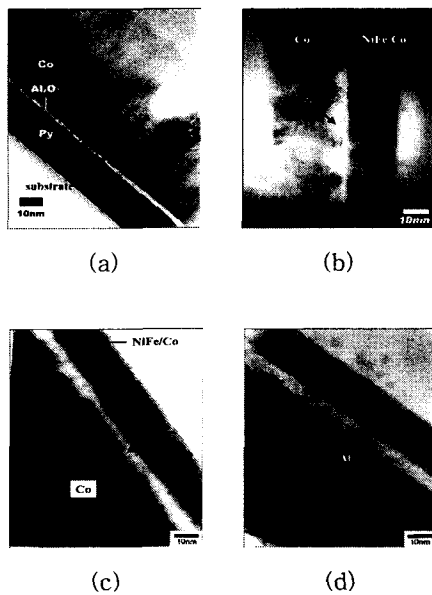


Fig. 1. Cross Sectional TEM Micrograph for  
 (a) NiFe/Co/Al(13Å)-oxide/Co (b) NiFe/Co/Al(63Å)-oxide/Co  
 (c) NiFe/Co/Al(63Å)/Cofabricated by plasma oxidation  
 (d) NiFe/Co/Al(63Å)-oxide/Co fabricated by natural oxidation

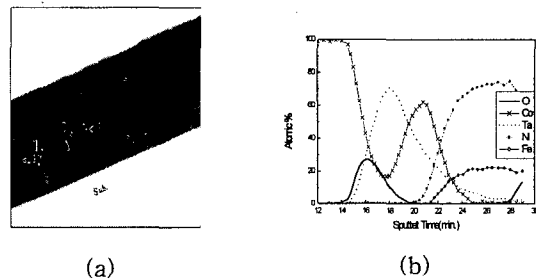


Fig. 2. (a) Cross Sectional TEM Micrograph  
 for NiFe/Co/Ta(63Å)-oxide/Co  
 (b) Auger Depth Profile  
 for NiFe/Co/Ta(63Å)-oxide/Co

#### 4. 참고 문헌

- [1] T. Miyazaki and N. Tezuka, J. Magn. Mater. 139, L231 (1995).
- [2] J. S. Moodera, Lisa R. Kinder, Terrilyn M. Wong and R. Meservey, Phys. Rev. Lett. 74, 3273 (1995).