

TiAl-oxide 절연층을 이용한 자기 터널 접합에서 절연층 두께에 따른 자기저항거동 특성에 관한 연구

(Influence of insulating barrier thickness on the magnetoresistance properties of the magnetic tunnel junction with Ti-alloyed Al-oxide barrier)

송진오*, 이성래

고려대학교 공과대학 재료공학부, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-713

1. 서 론

현재 자기터널접합 (Magnetic Tunnel Junction, MTJ) 은 High-density magnetic read head sensor 와 Magnetic Random Access Memory (MRAM) 에의 응용 가능성이 높기 때문에 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, Read head sensor 에의 응용을 위해 낮은 저항을 가지는 자기터널접합에 대한 연구가 이루어졌다[1]. 이를 위해 1.0 nm 이하의 얇은 절연층 두께를 가지는 터널접합에 대한 연구들이 진행되었지만, 절연층의 두께가 얇아질수록 강자성층의 산화, 절연층내 결함농도 증가 및 비균질한 절연층 형성 등으로 인한 자기저항비가 감소하는 문제가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 얇은 두께에서도 우수한 구조적 안정성을 가지며, pinhole 등의 결함이 적은 절연층의 제조를 위해서, 본 연구에서는 기존의 Al-oxide 에 Ti 를 첨가한 TiAl-oxide 절연층을 사용하여, 절연층 두께변화에 따른 자기터널 접합의 저항, 자기저항비 및 열적안정성 등에 대해 분석하였다.

2. 실험방법

자기터널접합을 제작하기 위해서 7" Target UHV 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하였으며, 시편 제작 시 초기 진공도는 3×10^{-8} Torr 이하로 하였다. 박막증착을 위한 Ar 분압은 각 층 마다 2 mTorr, 산화 시에는 100 mTorr 로 고정시켰다. 시편의 구조는 Si/SiO₂ 2000/Ta 50/NiFe 40/IrMn 75/CoFe 30/TiAl 8~18/Oxidation/CoFe 30/Ta 20 (Å)이었다. Ti 0.25 X 0.25 cm² 크기의 chip 을 Al target erosion 에 붙이는 방법을 이용하여, 5.33 at.% Ti-Al 합금박막을 사용하였다. Pure O₂ 를 이용한 플라즈마 산화 방법을 이용하였고, 열처리하는 초기 진공도 3×10^{-6} Torr 이하에서 실시하였으며, 150 ~ 500 °C 에서 10 분간 실시하였다. 자기터널접합의 저항 및 자기저항비 측정은 4-point probe 를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 절연층 두께에 따른 최적 열처리 후 자기터널접합의 자기저항비 및 저항의 변화를 보여준다. 절연층의 두께가 감소함에 따라, 저항이 감소하여, 0.8 nm 의 매우 얇은 절연층을 갖는 자기터널 접합에서는 2.11 MΩμm² 의 저항 × 접합면적 (RA) 값을 가진다. 또한 이 경우에도 자기터널접합의 자기저항비는 10 % 이상 유지되는 것을 볼 수 있다. 1.0 nm 이하의 극박막 절연층을 가지는 자기터널접합에서 얻어진 위 결과는 Ti 조성에 따른 산화 전 TiAl 합금박막의 미세구조의 변화에 기인한다 [2]. Ti 조성이 5.33 at. % 까지 증가함에 따라, TiAl 합금박막의 grain 크기가 매우 작아지고, 계면 평활도가 향상되는 경향을 보인다. 이러한 TiAl 합금박막의 경우, 기존 Al 박막 보다 구조적으로 안정하고, 평활하고, 미세구조가 치밀하여, 얇은 두께에서도 결함이 적은 TiAl 산화막의 형성이 가능하다. 우수한 구조적 안정성을 가지는 TiAl 합금박막을 자기터널 접합의 절연층으로 사용했을 경우, 얇은 두께에서도 기존 Al-oxide 절연층 보다 균일하고, 안정한 절연층 형성이 가능하다. Fig. 2는 다른 절연층 두께를 가지는 자기터널접합들의 열처리 온도에 따른 자기저항비의 변화를 보여준다. 절연층의 두께가 감소할 수록 열적안정성은 감소하는 것을 볼 수 있다. 1.6 nm TiAl-oxide 절연층 두께를 가지는 자기터널접합의 경우, 300 °C 에서 최고 자기저항비 49 % 를 가지며, 450 °C 에서도 약 20 % 의 자기저항비를 유지하는 것을 볼 수 있다. 산화 전 절연층 재료의 우수한 구조적 안정성은 보다 균질한 절연층 형성을 가능하게 하여, 자기터널접합의 열적안정성 및 자기저항비를 크게 증가시킨다 [3].

4. 결 론

Ti 를 첨가한 TiAl-oxide 절연층을 사용한 자기터널접합에서, 절연층 두께 변화에 따른 저항 및 자기저항 거동 그리고 열적안정성을 분석하였다. 0.8 nm 절연층을 가지는 자기터널접합에서 RA 값은 1.6 nm 절연층 경우에 비해 60 % 감소하였고, 10 % 이상의 자기저항비를 유지하였다. 또한 1.6 nm 절연층을 가지는 자기터널접합은 최고 49 %, 450 °C 에서 약 20 % 자기저항비를 가지는 우수한 열적 안정성을 나타내었다. 위와 같은 자기터널접합의 특성은 Ti 를 첨가함에 따라, TiAl 박막의 미세구조가 치밀해지고, 계면평활도가 개선되어 Al-oxide 보다 구조적으로 안정한 TiAl-oxide 절연층의 형성에 기인한다.

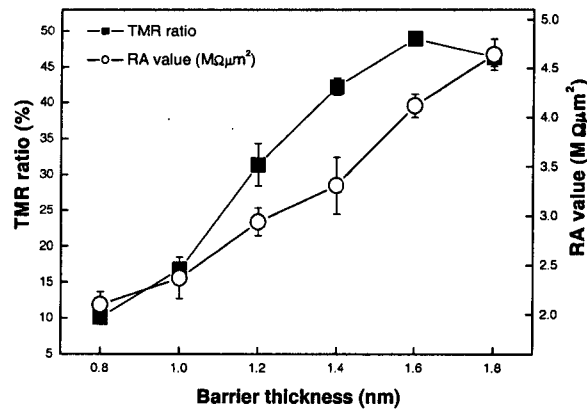


Fig 1. TMR ratio and RA value change of the MTJ with a TiAl-oxide barrier as a function of barrier thickness. The samples were annealed at optimal temperature for each barrier thickness for 10 min.

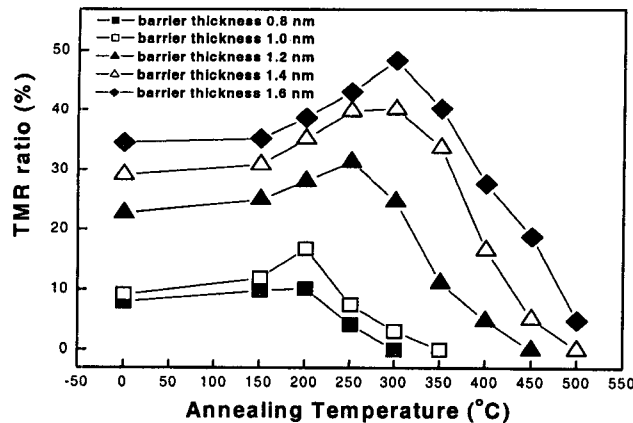


Fig 2. TMR ratio variations of MTJs with a TiAl-oxide barrier as a function of the annealing temperature and barrier thickness. The samples were annealed for 10 min at each temperature.

5. 참고문헌

- [1] B. G. Park and T. D. Lee, Appl. Phys. Lett. 81, 2214 (2002)
- [2] J.-O. Song, S.-R. Lee and H.-J. Shin, Digest of Intermag 2005, GQ-07 (2005)
- [3] S.-R. Lee, C. M. Choi and Y. K. Kim, Appl. Phys. Lett. 83, 317 (2003)