

Ti 를 첨가한 Al-oxide 배리어를 이용한 자기 터널 접합에서 Ti 조성에 따른 터널링 자기현상 연구

(Effect of Ti concentration on the tunnel magnetoresistance behaviors of the magnetic tunnel junction with a Ti-alloyed Al-oxide barrier)

송진오*, 이성래

고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-701

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. 자기터널접합의 특성을 결정짓는 요인으로는 균일한 절연층의 형성, 강자성체의 스핀 분극도, 그리고 각 층의 계면균질성 등이 있다. 이 중에서 우수한 계면평활도를 가지며, pinhole 등의 결함이 적은 우수한 터널 배리어 제조를 위해서, 기존의 AlO_x 에 Hf 또는 Zr 을 첨가하여, 열적, 전기적 안정성을 향상시키고, 낮은 저항을 가지는 MTJ 배리어에 관한 연구들이 이루어졌다[1,2,3]. 본 연구에서는 AlO_x 에 Ti 를 첨가하여, Ti 함량에 따라 자기터널접합의 자기터널링 현상 변화를 관찰하였으며, TiAl 및 TiAl-oxide 의 계면평활도를 Ti 함량에 따라 측정하여 TiAl-oxide 배리어의 계면평활도 변화에 따른 자기터널접합의 자기터널링 거동을 연구하였다.

2. 실험방법

자기터널접합을 제작하기 위해서 3" Target RF 마그네트론 스퍼터링 장치를 이용하였으며, 시편 제작 시 초기 진공도는 3×10^{-7} Torr 이하로 하였다. 박막증착을 위한 Ar 분압은 각 층마다 2 mTorr, 산화 시에는 100 mTorr 로 고정시켰다. 시편의 구조는 Si/SiO₂ 2000/Ta 50/CoFe 170/IrMn 75/CoFe 50/Ti_xAl_{1-x} 16/Oxidation/CoFe 50/Ta 50 (Å)이었다. TiAl 의 조성은 Ti 0.25 X 0.25 cm² 크기의 chip 을 Al target erosion 에 붙인 개수를 변화해가며, Ti 함량을 제어하였다. Pure O₂ 를 이용한 플라즈마 산화 방법을 이용하였고, 열처리 는 초기 진공도 3×10^{-6} Torr 이하에서 실시하였으며, 300 °C 에 10 분간 실시하였다. 자기저항비 측정은 4-point probe 를 사용하였으며, 계면평활도 측정은 Atomic Force Microscope (AFM) 을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 AlO_x 에 Ti 를 첨가함에 따른 자기 터널접합의 열처리 전·후 터널자기저항비 변화를 나타내고 있다. TiAlO_x 를 배리어로 하는 자기 터널 접합에서 터널 자기저항비는 Ti 의 조성이 증가함에 따라 커지는 경향을 보인다. Ti chip 7 개를 붙인 경우 열처리 전, 35 % 의 자기저항비를 가지며, 열처리 후 에는 49 % 최대 자기저항비를 갖는다. 이 보다 많은 Ti chip 을 붙인 경우에서는 열처리 전·후 터널자기저항비가 점차 감소하는 경향이 나타난다.

이러한 현상은 Fig 2 에서 나타난 Ti 함량에 따른 산화 전·후 및 열처리 후의 계면평활도 변화를 통해 분석 할 수 있다. Ti chip 7 개 까지 붙인 경우, Ti 함량이 증가함에 따라 Ti-Al 박막의 계면평활도는 감소하는 경향을 보이며, 전 조성 범위에서 산화 후 계면이 거칠어지지만, 열처리 후 계면평활도가 우수해짐을 알 수 있다. 이로 미루어 볼 때 계면평활도가 우수한 TiAl (Ti chip 7 개) 박막이 증착되고 산화과정과 열처리 과정을 거쳐 가장 평활한 절연층이 형성되었음을 알 수 있다. Ti 가 첨가된 TiAl 박막의 경우, 기존 Al 보다 구조적으로 안정하여, 평활하고 결함이 적은 TiAl 산화막의 형성이 가능하다. 이러한 구조적 안정성을 가지는 절연층을 자기터널 접합의 배리어로 사용했을 경우, AlO_x 를 배리어로 사용한 자기터널접합의 경우보다 자기저항비가 증가하는 현상이 나타나게 되었다.[3]

4. 결 론

Ti 를 첨가한 $TiAlO_x$ 배리어를 사용하여 높은 자기저항비를 가지는 자기터널접합을 제작하였다. 자기 저항비의 증가 요인은 Ti 를 첨가함에 따라, Ti-Al 박막의 계면평활도가 개선되어 Al-oxide 보다 구조적으로 안정한 TiAl-oxide 배리어가 형성되었기 때문이라고 판단된다.

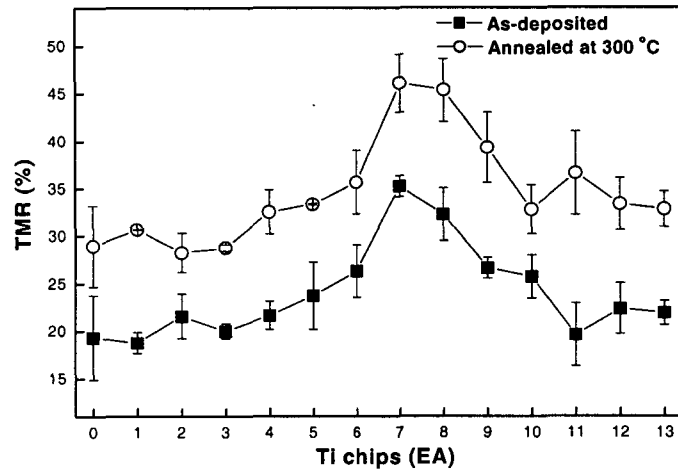


Fig 1. TMR ratio variations of MTJ with the Ti-doped AlO_x barrier as a function of Ti concentration in the as-deposited and annealed state. Samples were annealed at 300 °C for 10 min.

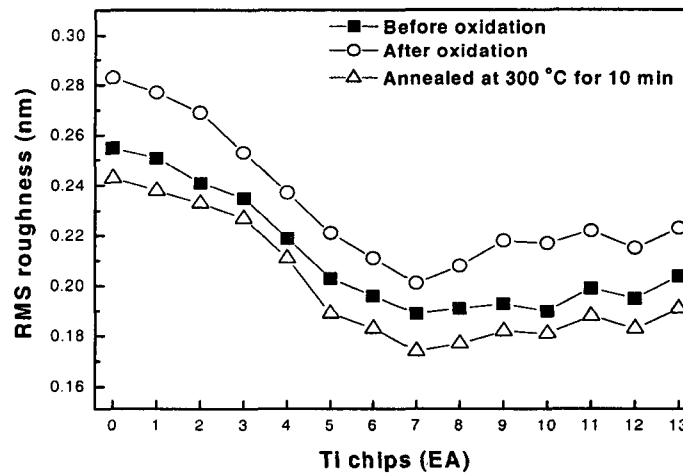


Fig 2. RMS surface roughness of Al as a function of Ti concentration. Samples are in the as-deposited (before oxidation and after oxidation) and annealed state (after oxidation)

5. 참고문헌

- [1] B. G. Park and T. D. Lee, Appl. Phys. Lett. 81, 2214 (2002)
- [2] J. Wang, P. P. Freitas, and E. Snoeck, Appl. Phys. Lett. 79, 4553 (2001)
- [3] S. R. Lee, C. M. Choi and Y. K. Kim, Appl. Phys. Lett. 83, 317 (2003)