

Ti 를 첨가한 Al-oxide 배리어를 이용한 자기 터널 접합에서 Ti 조성에 따른 열적, 전기적 안정성에 관한 연구
(Effect of Ti concentration on the thermal and electrical stability of the magnetic tunnel junction with a Ti-alloyed Al-oxide barrier)

송진오*, 이성래

고려대학교 공과대학 재료공학부, 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 Al-oxide 에 Hf 또는 Zr 을 첨가하여, 열적, 전기적 안정성을 향상시키는 MTJ 배리어에 관한 연구들이 이루어졌다 [1, 2, 3]. 본 연구에서는 Al-oxide 에 Ti 를 첨가하여, Ti 함량에 따라 자기터널접합의 열적, 전기적 안정성의 변화를 관찰하였으며, 기존 Al-oxide 를 사용한 MTJ 의 결과와 비교 분석하였다.

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, 열처리하는 초기 진공도 3×10^{-6} Torr 이하에서 실시하였으며, 250 ~ 450 °C 에서 10 분간 실시하였다. 자기저항비 측정과 half maximum voltage (V_h) 는 4-point probe 를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 은 Al-oxide 에 여러 Ti 조성을 가지는 TiAl-oxide 를 터널링 배리어로 사용한 자기터널접합들의 열처리 온도에 따른 자기저항비의 변화를 보여준다. Al-oxide 를 터널링 배리어로 사용한 경우 250 °C 에서 최고 자기저항비를 가지며, 450 °C 에서는 자기저항비가 소멸됨을 볼 수 있다. 반면, TiAl-oxide 를 터널링 배리어로 사용한 자기터널접합의 경우는 각 터널접합 모두 300 °C 에서 최고 자기저항비를 가지며, Ti 조성 5.33 at. % 일 때, 300 °C 에서 48 %, 450 °C 에서도 약 20 % 의 자기저항비를 유지하는 것을 볼 수 있다. Ti 함량이 증가함에 따라 Ti-Al 박막의 grain 크기가 매우 작아지고, 계면평활도가 향상되는 경향을 보인다. 전 조성 범위에서 산화 후 계면이 거칠어지지만, 열처리 후 계면평활도가 우수한 TiAl 박막이 증착되고 구조적으로 보다 안정한 접합이 제작되었다. TiAl 박막의 경우, 기존 Al 보다 구조적으로 안정하여, 평활하고, 미세구조가 치밀해 결함이 적은 TiAl 산화막의 형성이 가능하다. 이러한 구조적 안정성을 가지는 절연층을 자기터널 접합의 터널링 배리어로 사용하면, Al-oxide 를 터널링 배리어로 사용한 자기터널접합의 경우보다 우수한 열적안정성을 가진다 [3].

자기터널접합의 구조적 안정성은 열적안정성 뿐만 아니라, 자기터널 접합의 전기적 안정성 또한 우수해지는 특성을 나타내었다. Fig 2. 에서 볼 때, Ti 조성이 증가함에 따라 V_h 값이 증가하다가, 5.33 at. % Ti 조성의 TiAl-oxide 를 터널링 배리어로 가지는 터널 접합에서 최대치인 681 mV 의 V_h 값을 가지는 것을 확인 할 수 있다. 이 결과는 이전 Al-oxide 를 배리어로 사용한 경우 433 mV 의 V_h 값과 비교해 볼 때, 50 % 이상 증가한 값을 알 수 있다.

4. 결 론

Ti 를 첨가한 TiAl-oxide 터널링 배리어를 사용하여 고온에서도 높은 자기저항비를 가지는 자기터널 접합을 제작하였고, Al-oxide 를 사용한 자기터널접합보다 약 50% 이상 높은 V_h 값을 가지는 자기터널 접합을 제작하였다. 우수한 열적, 전기적 안정성의 요인은 Ti 를 첨가함에 따라, Ti-Al 박막의 미세 구조가 치밀해지고, 계면평활도가 개선되어 Al-oxide 보다 구조적으로 안정한 TiAl-oxide 터널링 배리어가 형성되었기 때문이라고 판단된다.

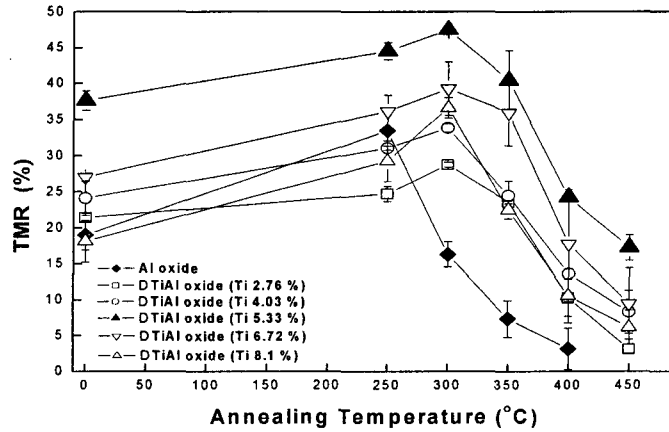


Fig 1. TMR ratio of the MTJ with Al-oxide and TiAl-oxide barrier as a function of annealing temperature with the Ti concentration.

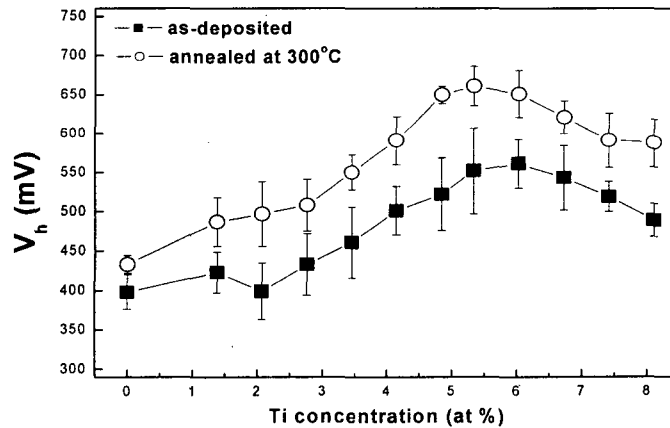


Fig 2. Half-maximum voltage (V_h) changes of the MTJ as a function of Ti concentration in the TiAl-oxide barrier in the as-deposited and annealed state. Samples were annealed at 300 °C for 10 min.

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)