

플라즈마 산화 시간에 따른 터널링 자기저항 터널접합의 온도의존 특성

고려대학교 재료공학부 김성훈*, 전병선
김영근, 이성래

Effect of Plasma Oxidation Time on Temperature Dependence of Magnetoresistive Tunnel Junctions

Korea University Division of Materials Engineering Sung Hoon Kim*, Byong Sun Chun,
Young Keun Kim, Seong-Rae Lee

1. 서론

터널링 자기저항 현상(TMR)은 상온에서 25 %이상의 높은 자기 저항비와 낮은 포화자장을 가진다는 장점 때문에 최근들어 MRAM 및 자기저항 Head에 응용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 따라서 자기 터널 접합의 온도 의존도를 통하여 스핀분극(Spin Polarization)화된 전자의 이동현상(Transport mechanism)을 이해하고, 절연층의 상태를 예측하기 위하여 이론적인 연구 또한 진행되고 있다. 본 연구에서는 절연층의 산화조건에 따라 제작한 시편의 온도의존성을 측정하여 TMR거동 및 절연층의 상태를 분석하였다.

2. 실험방법

본 실험의 시편은 rf 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여, SiO₂/Ta 5/CoFe 17/IrMn 7.5/Co₉₀Fe₁₀ 5/Al 1.6 + Ox(t)/Co₉₀Fe₁₀ 5/Ta 5 [nm]의 구조로 제작하였고, 시편 제작시의 초기 진공도는 4×10⁻⁷ Torr로 유지하였다. 터널 접합 형성을 위해 3종류의 metal shadow mask를 사용하였고 mask 교체를 위해 시편을 절연층 형성 전과 후에 대기 중에 2번 노출시켰다. 이 때의 터널 접합면적은 200 μm×200 μm 이고, 절연층을 형성하기 위해 Al 1.6 nm를 증착한 후, O₂ 플라즈마를 이용한 플라즈마 산화 방법을 이용하였으며, 플라즈마 산화 시간은 40, 50 sec로 변화시켰다. 산화시간에 따른 시편을 10 K ~ 300 K 온도 범위에서 자기저항특성, 자기적 특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Figure 1은 절연층을 형성하기 위해 플라즈마 산화 시간을 40, 50 초로 하였을 때, 자기 저항비의 온도 의존성을 나타내었다. TMR 비의 온도 의존성은 플라즈마 산화 시간이 50 초일 때가 40 초보다 훨씬 낮았다. Figure 2는 산화 시간이 40, 50 초일 때 측정 온도에 따른 스핀 분극(Spin Polarization)을 나타낸 것으로, 산화 시간이 50 초일 때의 시편이 40 초에 비해 상온에서의 스핀 분극이 더 크고, 온도 의존도가 더 낮은 것으로 측정되었다. Julliere의 이론에 따르면 스핀 분극도가 클수록 TMR비 또한 커지게 된다[1]. 스핀 분극도의 온도 의존도에 관한 식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$P(T) = P_0(1 - B T^{1.5}) \quad (1)$$

여기서 P(T)는 임의 온도에서의 스핀분극도이고, P₀는 0 K에서의 스핀분극도이다. B는 스핀파지수

spin wave parameter)으로써 전극에 사용된 자성체 종류에 의해 나타나는 상수이다[2]. 측정된 온도에 따른 스핀 분극도를 (1)식을 이용해 fitting하여 구한 B와, 외삽해서 구한 P_0 를 Table I에 정리하였다. 산화 시간이 40 초일 경우에는 Al층의 불완전한 산화로 존재하는 잔류 Al이 상자성을 갖게 되어, 강한 스핀 산란(spin scattering)의 요인이 된다. 그러므로, 열요동(thermal agitation)의 영향을 적게 받는 저온의 경우 스핀을 가진 전자가 자기장에 따라 일렬로 정렬하려는 성질 때문에, 저온에서의 스핀분극도는 증가하여 자기저항비가 커지지만, 온도가 증가할수록 열요동에 의해 스핀을 가진 전자가 무질서하게 움직이게 된다. 그러므로 40 초 산화조건인 경우 B 값이 더 커져, 스핀 분극도 및 TMR비의 온도 의존도가 더 크게 된다.

산화 시간 50 초의 경우 더 산화가 진행되었기 때문에 잔류 Al의 기여도가 40 초에 비해 낮아 스핀 분극도 및 TMR비의 온도 의존도가 더 적다.

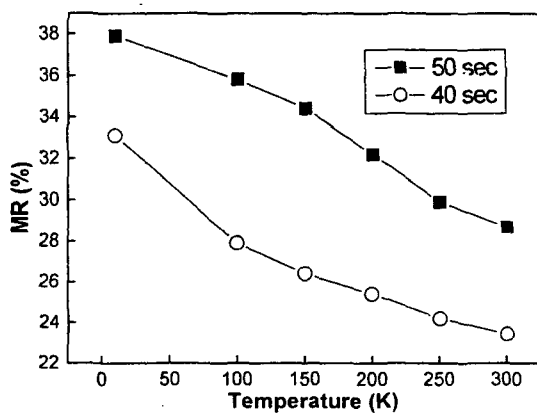


Fig. 1 Temperature dependence of TMR ratio

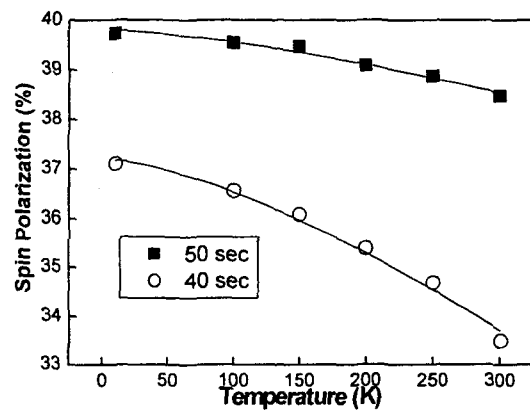


Fig 2. Temperature dependence of spin polarization. Solid line indicate the fitted line using eq. (1)

Table I. Spin wave Parameter and P_0 for oxidation time

parameter Oxidation time	B	P_0
40 sec	$(20 \pm 0.48152) \cdot 10^{-6} K^{-1.5}$	37.2 %
50 sec	$(6.1362 \pm 0.32425) \cdot 10^{-6} K^{-1.5}$	39.8 %

4. 참고문헌

[1] M. Julliere, Phys. Lett., 54, 225(1975)

[2] T. Hagler, R. Kinder, G. Bayreuther, J. Appl. Phys. 89, 7570 (2001)