

오존으로 산화시킨 자기 터널 접합

한국과학기술원 재료공학과 박 병 국*, 이 택 동

Magnetic tunnel junctions oxidized by ozone

B.G. Park* and T.D. Lee Department of Materials Science and Technology, KAIST

1. 서론

최근 magnetic tunnel junction 은 MR head 및 MRAM 용 소자로 사용하기 위해서 많은 연구가 진행되고 있다[1,2]. 이 터널 접합의 제조 공정중에 자성층을 분리하는 절연층의 형성이 가장 중요한 공정중 하나이다[3]. 소자로 사용되기 위한 절연층의 조건으로는 1nm 이하의 두께를 가지며 균질하고 자성층과의 계면이 깨끗해야 한다. 현재 가장 많이 사용되고 있는 절연층 형성 조건은 산소 플라즈마를 이용한 플라즈마 산화법과 순수한 산소를 이용한 자연 산화법이다. 플라즈마 산화법의 경우는 많이 사용되긴 하지만 고에너지의 입자를 이용하기 때문에 절연층의 두께가 감소함에 따라 절연층과 밑의 자성층 사이의 계면에 damage 를 유발할 가능성이 높다. 자연 산화법의 경우 이러한 플라즈마 산화법의 단점을 보완하기 위해서 연구되고 있지만 저항이 낮아 접합에서의 전류가 불균일하게 흐르는 것 등 아직 더 연구되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 새로운 산화방법으로 유전체 장벽 방전법으로 생성된 오존을 이용하는 것을 시도하였다. 이 방법으로 산화시킬 경우 산화시간이 수십분으로 산화를 제어하기가 용이하고 접합저항이 플라즈마 산화법으로 만든 것보다 수배정도 낮아져 터널 접합의 특성을 향상시킬 수 있었다. 오존으로 산화된 접합의 전기적, 자기적 특성이 연구되었으며 플라즈마로 산화된 것과 비교되었다.

2. 실험 방법

마그네트론 스파터링을 이용하여 Si 기판위에 Ta/NiFe/FeMn/NiFe/CoFe/Al₂O₃/CoFe/NiFe 의 구조를 가진 터널 접합을 형성하였다. 절연층의 형성조건은 Al 을 1.8nm 증착 후 유전체 장벽 방전법[4]으로 형성된 오존이 포함된 산소 가스에 노출시켜서 형성하였다. 유전체 장벽 방전법은 산소를 2mm 의 틈을 가진 유전체 사이에 유입하고 고압의 AC 전력을 가할 경우 산소가 방전에 의해서 해리하고 반응하여 오존을 형성하는 방법이다. 접합 면적은 0.2mmx0.1mm 이고 metal mask 를 이용하여 제조하였다. Edge 효과를 없애기 위해서 Al₂O₃ 의 blocking layer 를 도입하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 1 는 각각 오존과 플라즈마로 산화시킨 접합의 저항을 산화시간의 함수로 나타낸 것이다. 오존 산화(그림 1(a)) 의 경우 산화시간이 2 시간까지 저항이 증가하다가 더 이상의 산화시간의 증가에 변함이 없는 것을 보여 주고 있다. 플라즈마 산화법(그림 1(b))의 경우 산화 초기에 저항이 급격하게 증가하다가 더 이상의 산화시간 증가에 따라 서서히 증가하는 특성을 보여주고 있다. 그림 2 은 각각 산화방법에 따른 자기저항과 접합 저항이 산화시간의 함수로 보여주고 있다. 그림 2(a,b)는 오존 산화시 산화시간에 따른 특성을 보여 주는데 산화시간이 40 분에서 60 분까지의 넓은 범위에서 자기저항비가 30% 정도의 값을 보이고 있다. 접합 저항의 경우도 수백 ohm 에서 산화시간 증가에 따라 kohm 으로 증가하고 있다. 그림 2(c)와 (d)는 플라즈마 산화시의 자기저항과 접합 저항의 변화를 나타내고 있다. 자기저항의

경우 40 초의 산화시간에서 최대값 32%를 보여주고 산화시간이 더 증가할 경우 자기저항이 감소하는 경향을 보여주고 있다. 접합 저항의 경우 수 kohm 으로 산화시간 증가에 따라 수십 kohm 까지 증가하고 있다. 오존 산화된 접합의 자기저항은 플라즈마 산화된 것과 거의 비슷한 최대 자기저항을 보여주고 있지만 넓은 범위의 산화시간에서 높은 자기저항비를 보여 주기 때문에 최적 산화시간의 제어가 용이하다. 접합 저항의 경우도 오존 산화된 시편이 플라즈마 산화된 것보다 약 10 배 정도 낮은 값을 보여주고 있다. 오존으로 산화된 산화막의 화학적, 구조적 특성을 XPS 와 TEM 을 이용하여 분석하였다.

참고문헌

- [1] S.S.P. Parkin et al, J. Appl. Phys. 85 (1999) 5828
- [2] R.C. Sousa, P.P. Freitas, V. Chu, J.P. Conde, Appl. Phys. Lett. 74 (1999) 3893
- [3] J.S. Moodera, E.F. Gallagher, K. Robinson, J. Nowak, Appl. Phys. Lett. 70(1997) 3050
- [4] B. Eliasson, M. Hirth, U. Kogelschatz, J. Phys. D: Appl. Phys. 20 (1987) 1421

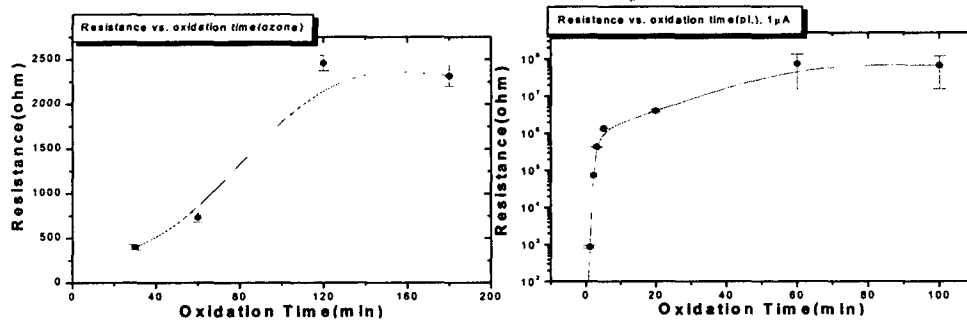


Figure 1. Junction resistance of ozone oxidation(a) and plasma oxidation(b) as a function of oxidation time

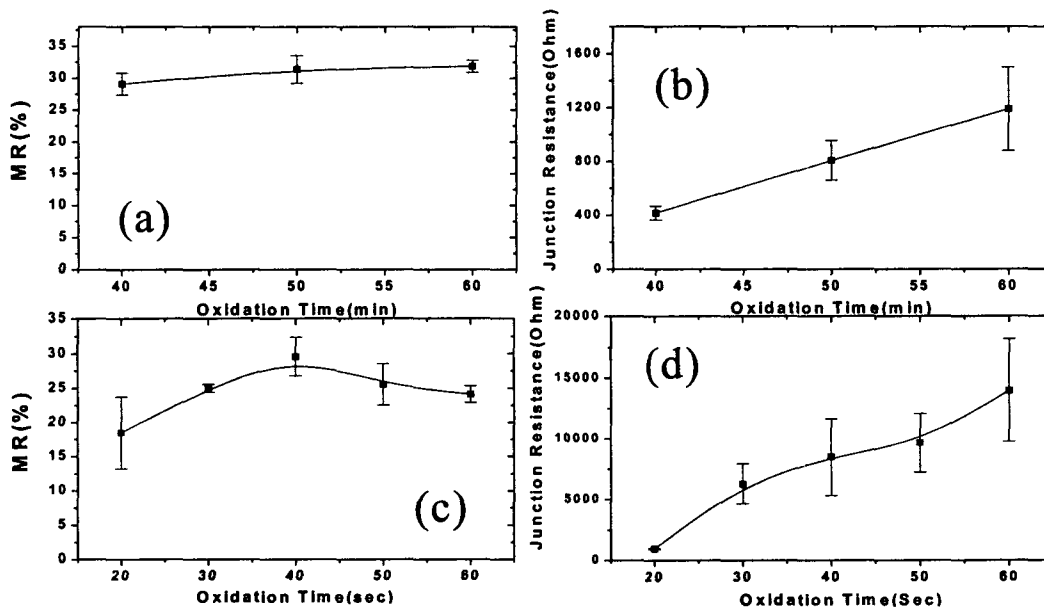


Figure 2. TMR ratio and Junction resistance of ozone oxidation(a,b) and plasma oxidation(c,d)