

터널 접합에서의 산화방법이 자기저항에 미치는 영향

한국과학기술원 박 병 국*, 이 택 동

Effect of oxidation method on tunneling magnetoresistance in magnetic tunnel junctions

Korea Advanced Institute of Science and Technology Byongguk Park* and Teakdong Lee

1. 서론

Magnetic tunnel junction은 높은 자기저항과 우수한 field sensitivity의 특성을 갖기 때문에 최근 자기저항 헤드나 MRAM용 소자로 사용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1,2]. 이 터널 접합에서 강자성체를 분리하는 절연층의 성공적인 형성이 접합 제조의 가장 중요한 공정중의 하나이다[3]. 현재 가장 많이 쓰이고 있는 절연층 형성조건은 산소 plasma를 이용한 plasma 산화법으로 현재까지는 가장 성공적이지만 산화층 plasma내의 높은 에너지의 particle의 bombardment로 인해 박막의 물리적 손상을 야기할 수 있고 산화층 형성을 위한 최적 조건 확보를 위한 산화시간이 비교적 짧다. 따라서 본 연구에서는 ozone을 이용한 산화법으로 터널 접합을 제조하고 plasma 산화된 접합과 비교하여 산화방법이 자기저항과 접합저항에 미치는 영향에 대해서 연구하였다.

2. 실험방법

DC magnetron sputtering system을 이용하여 열산화막이 200nm 존재하는 Si 기판위에 Ta(5nm)/NiFe(8nm)/FeMn(12nm)/NiFe(6nm)/CoFe(2nm)/Al₂O₃/CoFe(3nm)/NiFe(15nm)구조를 가진 터널 접합을 제조하였다. 절연층 형성방법은 Al을 plasma 또는 ozone gas에 노출하는 방법을 사용하였다. Ozone gas는 dielectric barrier discharge방법을 이용하여 발생시켰다[4]. 접합 면적은 0.1x0.2mm²이고 metal mask를 사용하여 증착하였다. 자기저항은 four-probe 방법으로 측정하였으며 자지적 특성은 VSM, 박막의 chemical state는 XPS를 이용하여 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 1은 각각 Ta(5nm)/NiFe(8nm)/FeMn(12nm)/NiFe(6nm)/CoFe(2nm)/Al₂O₃/CoFe(3nm)/NiFe(15nm)의 구조를 가진 터널 접합에서 산화방법에 따른 자기저항과 접합 저항의 산화시간 의존성을 보여주고 있다. 그림 1(a)는 ozone 산화시의 자기저항의 산화시간에 따른 변화를 보여주는데 산화시간이 40분에서 60분까지의 넓은 범위에서 자기저항비가 30% 정도의 값을 보여 주고 있다. 접합저항의 경우 수백 ohm에서 산화시간의 증가에 따라 kohm으로 증가하고 있다(그림 1(b)). 그림 1(c)와 (d)는 plasma 산화시의 자기저항과 접합 저항의 변화를 나타내고 있다. 자기저항의 경우 40초의 산화시간에서 최대값 32%를 보여주고 산화시간이 더 증가할 경우 자기저항이 감소하는 경향을 보여주고 있다. 접합 저항의 경우 수 kohm으로 산화시간 증가에 따라 수십 kohm까지 증가하고 있다. Ozone 산화된 접합의 자기저항은 plasma 산화된 것과 거의 비슷한 최대 자기저항을 보여주고 있지만 넓은 범위의 산화시간에서 높은 자기저항비를 보여 주기 때문에 최적 산화시간의 제어가 용이하다. 접합 저항의 경우도 ozone 산화된 시편이 plasma 산화된 것보다 약 10배 정도 낮은 값을 보여 주고 있다. 접합의 면적이 다소 크기 때문에

접합 저항이 수M Ω μ m²로 소자로 쓰기에는 아직 높지만 plasma 산화법 보다 낮은 접합 저항을 가질 수 있는 가능성을 보여 주었다. 그림 2는 위 조건의 접합의 인가 전압 의존성을 나타내는데 인가 전압이 증가함에 따라 자기저항이 점차 감소하고 있다. 약 500mV의 인가 전압에서 원래 자기저항의 반값을 나타내었다.

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

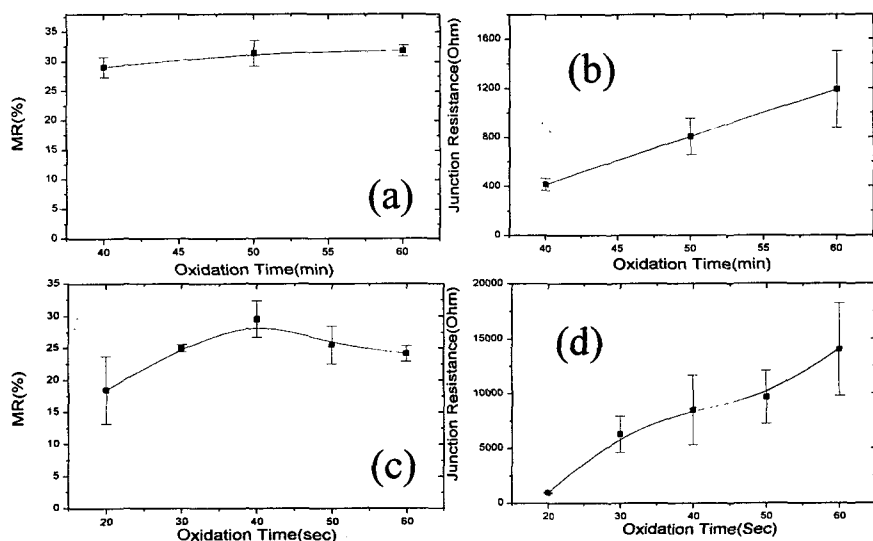


Figure 1. TMR ratio and junction resistance of Ta(5nm)/NiFe(8nm)/FeMn(12nm)/NiFe(6nm)/CoFe(2nm)/Al₂O₃/CoFe(3nm)/NiFe(15nm) junctions with ozone oxidation (a), (b) and plasma oxidation (c), (d) in the specimen of 1.8nm Al thickness.

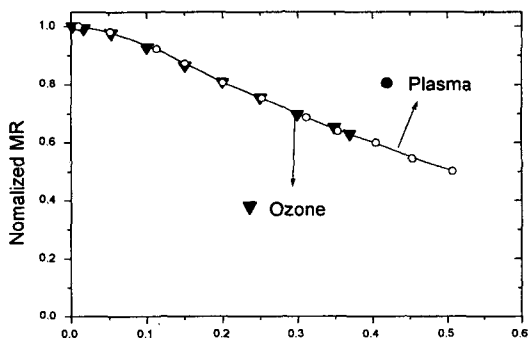


Figure 2. Bias voltage dependence of Ta(5nm)/NiFe(8nm)/FeMn(12nm)/NiFe(6nm)/CoFe(2nm)/Al₂O₃/CoFe(3nm)/NiFe(15nm) with ozone and plasma oxidations