

TMR 시료의 fabrication 전 후의 열처리 효과

Korea Institute of Science and Technology

K-I Jun*, J. H. Lee, Kyung-Ho Shin

Korea University

S. Y. Park, K. Rhie

Sookmyung Women's University

J. R. Rhee

Hynix Semiconductor Inc.

I. W. Jang, K. N. Lee, C. S. Kim, Y. J. Park

1. 서론

스핀 밸브에서는 NiFe, CoFe, Cu 등 주요 금속들이 면심입방체(111)로 배향이 용이하지만, 자기 터널 접합 소자에서는 Al₂O₃ 장벽층이 비정질로서 상부 강자성 전극이 충분히 (111) 배향을 할 수 없기 때문에 top bias 방식의 사용이 거의 불가능하며, bottom bias의 경우에도 교환 바이어스의 크기는 상대적으로 작다[1]. 이를 극복하기 위해 인공 초격자를 이용한 인공 반강자성층(synthetic antiferromagnet - SAF)을 이용하여 높은 교환 바이어스 효과를 구현하고자 하였다.

SAF를 이용한 교환 바이어스는 비자성층을 매개로 한 샌드위치 구조의 강자성층에서 발현되는 RKKY (Ruderman-Kittel-Kasuya-Yoshida) 교환 자기결합에 이론적 근거를 두고 있다[2]. 비자성층의 두께를 적절히 조절함으로써 완전한 반강자성 결합을 얻을 수 있는데, Ru의 경우 얇은 두께 (6~9Å)에서 큰 반강자성 결합을 얻을 수 있고 비저항이 커서 스핀 밸브에서는 널리 사용되고 있다[3, 4]. PtMn의 경우 FeMn, IrMn과는 달리 열처리를 해야만 exchange bias가 형성된다. 그리고 열처리 조건에 따라 exchange bias의 크기는 상당히 달라진다. 본 실험에서는 열처리를 두 가지 방법으로 나누어 그 특성을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

시료는 SAF 구조인 Substrate / Ta (base electrode) / NiFe / PtMn (AF pinning layer) / CoFe (pinned) / Ru / CoFe (fixed) / AlO_x / CoFe (free) / NiFe (free) / Ta/Ru (top electrode)로 증착하였다. Bottom lead의 선폭은 20 μ m 이고, 그 위의 junction size는 10x10 μ m²로 패터닝하였고, Top lead는 Al으로 증착하였고 선폭은 100 μ m 이다. 진공 중 자장 열처리 방법은 박막 증착 후 열처리(before fabrication)를 하고 junction을 제작하는 방법과 박막 증착 후 junction 제작하고 열처리(after fabrication)를 하는 방법으로 비교 해보았다. 열처리 조건은 5x10⁻⁶ Torr 이하의 진공에서 약 10kOe의 자기장을 인가하면서 275 $^{\circ}$ C에서 2, 3, 4시간동안 열처리 하였다. 열처리 온도를 올리는 데 걸리는 시간은 약 5분이고, 열처리 후 온도를 내리는 데 걸리는 시간은 약 15분이다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1.과 Fig. 2.를 비교해보면, 박막 증착하고 열처리(before fabrication)를 하여 junction을 제작한 경우가 박막 증착하고 junction 제작한 후 열처리(after fabrication)한 시료보다 저항과 MR이 작게 측정되었음을 알 수 있다. 저항 측면에서 보면 몇 가지 원인을 들 수 있다. 첫째로, junction 제작 후 열처리(after fabrication)를 할 경우, passivation layer로 사용된 Al₂O₃ 산화층에서 열처리 중에 bottom lead와 junction 단면을 더 산화시킴으로써 저항 증가를 가져왔을 것이다. 둘째로, 열처리를 거치면 단단한 barrier가 형성이 되고, 그 후 fabrication을 하면 damage를 덜 받아 저항의 감소를 보일 것이다. 또한 MR의 측면에서 보면, 시료 증착 직후 열

처리(before fabrication)를 한 경우, fabrication 중에 열에 의한 damage로 자화 배양이 약간 틀어져 MR이 미미하나 약간 작은 값을 가짐을 볼 수 있다.

junction 제작 후 열처리(after fabrication) 한 시료에서 2시간 열처리 한 data를 보면 저항 값과 MR값 모두 분산된 값을 가짐을 볼 수 있다. 이는 열처리 시간이 짧아서 아직 PtMn이 pinning 역할을 제대로 못하고 있기 때문이다. 3시간 이후의 data부터는 저항은 8% 미만으로 균일한 값을 갖고, MR의 경우 2% 이내로 균일한 값을 가짐을 알 수 있다. 또한 열처리 시간이 증가함에 따라 저항의 감소와 MR의 증가를 보이고 있다.

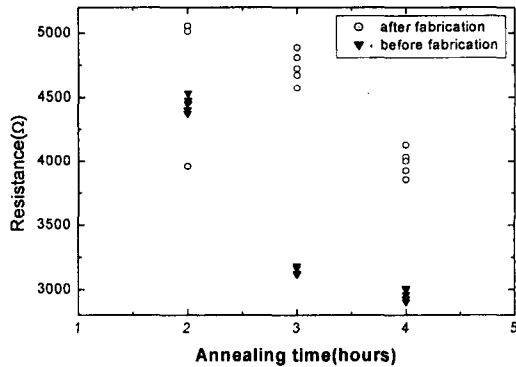


Fig. 1. resistance vs annealing time between after and before fabrication

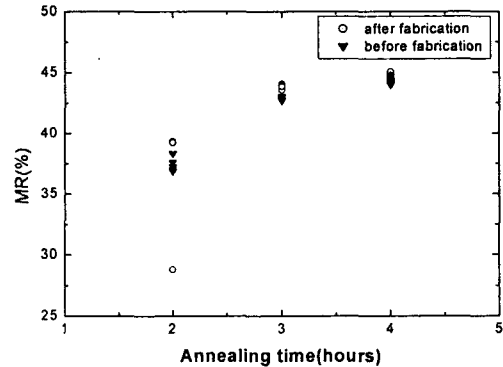


Fig. 2. MR vs annealing time of after and before fabrication

4. 결론

본 실험에서는 MTJ 시료 열처리에서 증착 후 열처리(before fabrication)를 하고 junction을 제작하는 방법과 junction 제작 후 열처리(after fabrication)를 하는 두 가지의 방법을 제시하였다. 작은 저항을 얻기 위해서는 전자의 방법이 유리하고, 좀 더 큰 MR을 얻기 위해서는 후자의 방법이 유리함을 알 수 있다. 또한 열처리 시간이 증가함에 따라 저항은 작은 값으로 포화되고, MR은 큰 값으로 포화됨을 알 수 있다.

5. 참고문헌

1. X. Portier, A. K. Petford-Long, J. H. Nickel, T. C. Anthony and J. A. Brug, INTERMAG Conference MAG BR-02 (1999).
2. M. Ruderman and C. Kittel, *Phys. Rev.* 96 99 (1954); T. Kasuya, *Prog. Theor. Phys.* 16 45 (1956); K. Yoshida, *Phys. Rev.* 106 893 (1957)
3. S. S. P. Parkin, N. More and K. P. Roch, *Phys. Rev. Lett.* 64 2304 (1990).
4. J. L. Leal and M. H. Kryder, *J. Appl. Phys.* 83 3720 (1998)