

Synthetic Antiferromagnet FeMn/CoFe/Ru/CoFe를 이용한 자기 터널 접합

한국과학기술 연구원
고려대학교

이제형*, 전경인, 이우영, 신경호
이궁원

Magnetic Tunnel Junctions with FeMn/CoFe/Ru/CoFe Synthetic Antiferromagnet

Korea Institute of Science and Technology J. H. Lee*, K-I Jeon, , W.Y. Lee, Kyung-Ho Shin
Korea University K . Rhie

1. 서론

스핀 밸브에서는 구조를 이루는 NiFe, Co(Fe), Cu 등 주요 금속들이 면심입방체로 (111) 배향이 용이하지만 자기 터널 접합소자에서는 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.

본 실험에서는 CoFe/Ru/CoFe 인공 초격자 반강자성층을 이용한 Bottom Bias 방식으로 시료를 제작하였다. 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 결함을 얻을 수 있는데, Ru의 경우 얇은 두께 (6 ~ 8 Å)에서 큰 반강자성 결함을 얻을 수 있고 비저항이 커서 스핀 밸브에서는 널리 사용되고 있다[3, 4].

TMR에서 가장 큰 장점은 MR 소자가 수 마이크로 크기로 패턴되면 고착층에서 자유층으로 가해지는 magnetostatic field (stray field)가 크게 증가하면서 자유층의 자화거동에 심각한 영향을 미치며 이는 출력 신호의 왜곡으로 나타내게 된다[5]. 이러한 문제를 SAF를 이용하면 근본적으로 방지할 수 있다.

2. 실험방법

시료의 제작은 2inch, 6gun sputter 장비를 사용하여, base pressure를 5×10^{-8} Torr 이하로 하여, 2×10^{-3} Torr에서 증착하였다. Al의 산화는 별도의 산화 chamber에서 plasma 산화를 시켰다. 증착 중 시료에 일축 자기 이방성을 주기위해 자기장을 400Oe 정도 인가하였다.

SiO₂/Ta(50 Å)/NiFe(60 Å)/FeMn(80 Å)/CoFe(30 Å)/Ru(8 Å)/CoFe(20,25 Å)/Al₂O₃(16 Å)/CoFe(20 Å)/NiFe(100 Å)/Ta(50 Å)으로 SAF를 이용하여 TMR junction을 제작하였다. 시료1은 CoFe이 20 Å이고 시료2는 25 Å 이다. 시료는 12.5mm×12.5mm SiO₂ 기판위에 in-situ로 shadow 마스크를 사용하여 증착한 후 Photo-lithography 공정을 통하여 50μm×50μm 크기의 Junction을 제작하였다. 또한 진공 중 자장 열처리 이후에 easy direction을 기준으로 하여 각도를 4도씩 변화시키며 -90도에서 90도까지 MR을 측정하였다. 측정 결과로부터 SAF층이 열처리 이후 시료의 easy direction으로부터 얼마나 자화 반전이 일어났는가를 알아보았고, 자화 반전 정도에 따른 MR 값의 변화를 관측하였다.

3. 실험결과 및 고찰

시료 제작 후 진공 중 자장 열처리 조건은 온도 200°C, 시간은 1시간으로 고정하였고, 시료1과 시료2를 자기장 200Oe, 1000Oe로 나누어 열처리를 하였다. 1000Oe를 인가하고 열처리 할 경우 시료 1, 2에서 모두 SAF층이 자화 반전이 일어났지만 200Oe의 적은 자기장에서 열처리 할 경우 시료 1, 2에서 모두 자화 반전이 일어나지 않았다. 그 원인으로 200°C 이상에서는 고정층(FeMn)이 제 역할을 하지 못한다. 이 상황에서 자기장이 세게 가해질 경우 antiferromagnetic exchange coupling과 Zeeman energy에 의해 SAF 층의 자화가 이론상 90도 반전을 하게 된다. 하지만 외부 자기장이 작을 경우 반전은 일어나지 않는다. Fig. 1.은 시료1을 1000Oe에서 열처리한 각도별 MR 그래프로 약 70도 정도의 자화 반전이 일어났고, Fig. 2.는 시료2를 200Oe에서 열처리한 각도별 MR 그래프로 자화 반전이 일어나지 않았다. 또한 Fig. 3.은 시료2의 각도별 MR 비 크기를 나타낸 그래프이고, 이 그래프에서 보면 easy direction에서 ±50도 정도까지 SAF 층의 자화 반전이 일어나도 MR비에는 큰 변화가 없는 것을 알 수 있다.

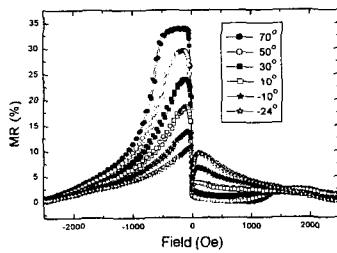


Fig. 1. MR vs. applied field for several angle of the thermal annealing at 1000Oe

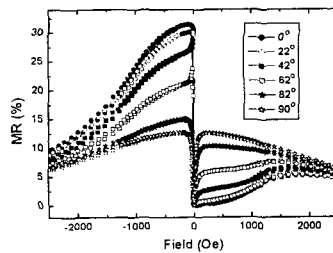


Fig. 2. MR vs. applied field for several angle of the thermal annealing at 200Oe

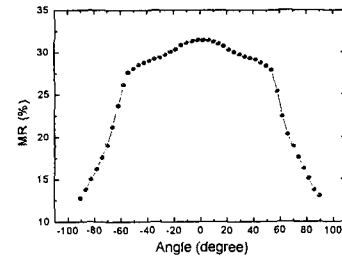


Fig. 3. Angle dependence of MR

4. 결론

인공 초격자 반강자성층 (synthetic antiferromagnet)을 이용하여 1000Oe가 넘는 교환 바이어스를 구현한 bottom 타입의 자기터널 접합 소자를 제작하여 30% 이상의 MR을 얻었고, 열처리 조건에 따른 SAF 층의 자화 반전 효과를 관측하였고, 이에 열처리 조건의 개선으로 자화 반전이 일어나지 않는 조건을 찾을 수 있었다.

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)
5. R. W. Cross, Y. K. Kim, J. O. Oti and S. E. Russek, *Appl. Phys. Lett.* **69** 3935 (1996).