

2중 스핀밸브형 AF/FM/I/FM/I/FM/AF 자성 터널 접합의 TMR

한국과학기술 연구원
고려대학교

이제형*, 신경호
장인우, 이금원

TMR of Double Spin Valve Type AF/FM/I/FM/I/FM/AF Magnetic Tunnelling Junction

Korea Institute of Science and Technology
Korea University

J. H. Lee*, Kyung-Ho Shin
I. W. Jang, K. Rhie

1. 서론

Julliere의 모델에 따라 자성터널접합의 스핀분극만을 이용하여 MR비를 계산할 경우, 두 개의 자성층의 상대적인 자화방향에 따른 저항의 변화는 식 (1)과 같이 표현된다.[1] 여기서 일반적인 단일 스핀밸브 형식이 아닌 두 개의 스핀 밸브를 이용하여 자유층을 중앙에 두고 위, 아래에서 고정층이 있을 때, 즉 AF(antiferromagnetic)/FM/Insulator/FM/Insulator/FM/AF의 형태로 시료를 제작된 2중 스핀밸브형 터널접합의 TMR비를 계산해보면 식 (2)와 같다.

$$MR = \frac{2P_1P_2}{1-P_1P_2} \text{-----} (1)$$

$$MR = \frac{2(P_1P_2 + P_2P_3)}{1-P_1P_2 - P_2P_3 + P_3P_1} \text{-----} (2)$$

두 식을 비교해볼 때 P값이 모두 다 같다면 MR은 정확히 두 배 증가하게 된다. 이러한 이론적인 계산을 뒷받침하여 줄 수 있는 2중 스핀밸브의 TMR 실험 결과가 아직 발표되지 않았다. 본 논문에서는 스핀분극의 크기가 비슷한 CoFe, 퍼멀로이를 자성층으로하여 동일 산화 조건으로 1개의 스핀밸브와 2개의 스핀밸브를 갖는 자성 터널접합을 제작하여 TMR의 변화를 관찰한 결과, 2중 스핀밸브 (2개의 산화막)에서 이론처럼 TMR이 2배 가까이 증가하는 것을 관찰하였다.

2. 실험 방법

시료의 제작은 2inch, 6gun sputter 장비를 사용하여, base pressure를 5×10^{-8} Torr이하로 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. 시료는 두 종류로 제작하였다. 1번 시료는 SiO₂/Ta(50)/NiFe(60)/FeMn(80)/CoFe(40)/Al₂O₃(16)/CoFe(20)/NiFe(100)/Ta(50)으로 bottom spin valve 방식의 MTJ 이고, 2번 시료는 SiO₂/Ta(50)/NiFe(60)/FeMn(80)/CoFe(40)/Al₂O₃(16)/NiFe(80)/Al₂O₃(16)/CoFe(20)/NiFe(60)/FeMn(80)/Ta(50)으로 위와 아래에 AF층을 놓아 이중 스핀밸브 형식의 MTJ를 제작하였다. 1번, 2번 시료 모두 lift-off 에칭을 통하여 Junction size는 $50 \times 50 \mu\text{m}^2$ 으로 제작하였다. 2번시료의 경우 자유층을 분리시키기 위하여 Top에 있는 CoFe, NiFe, FeMn의 두께를 변화시켰다.

3. 실험 결과 및 고찰

1번 시료, 즉 한 층의 Al산화막 시료에서 산화조건을 잡아 그 조건과 같은 조건으로 2번 시료를 제작하였다. 2번 시료의 제작에 있어 자유층을 분리시키기 위하여 Top에 있는 CoFe, NiFe, FeMn의 두께를 변화시켰다. Fig.1 (a), (b)는 2번 시료의 M-H 곡선과 MR곡선이다.

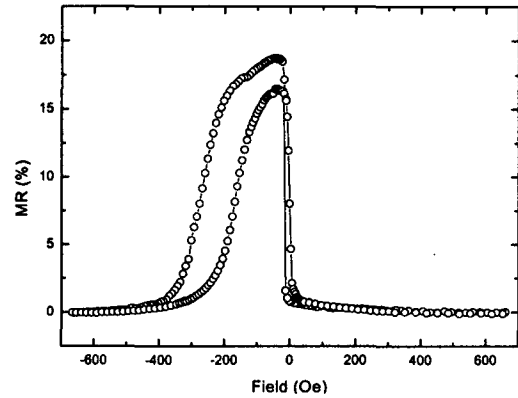
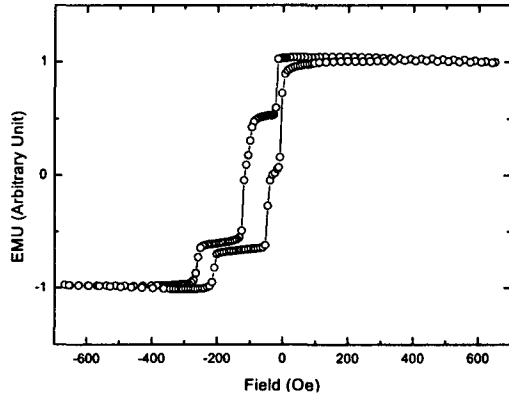


Fig. 1. (a) Magnetization versus applied magnetic field for TMR of Double spin valve type.

Fig. 1. (b) Resistance versus applied magnetic field for TMR of Double spin valve type

그림 1의 (a)에서 자유층과 위 아래층의 고정층과의 분리가 확실히 일어남을 볼 수 있다. 1의 시료에서 보면 MR비 가 약 12%정도의 값을 갖는다. 따라서 그림 1 (b)의 이중스핀밸브 형태의 MTJ에서 거의 두 배의 MR값을 갖음을 볼 수 있다. Fig. 2.는 저온과 상온에서의 MR 곡선으로 저온으로 갈수록 스핀

의 정렬이 더욱 잘 이루어져, (1) 식이 제시하는 이론치에 근접하는 것을 알 수 있다. [2,3]

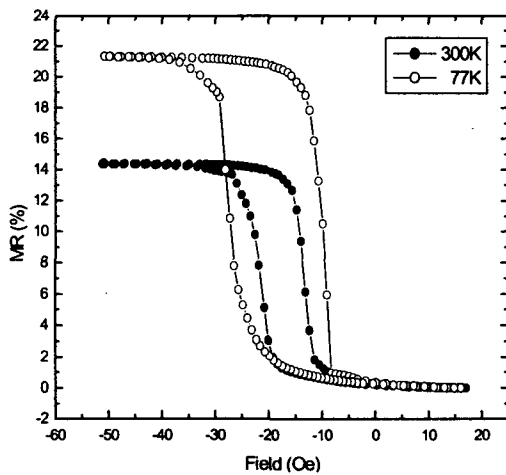


Fig. 2. Resistance versus applied magnetic field for junction at room temperature and 77K.

4. 결론

이중 스핀밸브 형태의 MTJ는 식 2와 같이 일반 spin valve에서 보이는 MR의 최대 2배의 값을 갖음을 실험으로 확인 할 수 있었다.

5. 참고 문헌

- [1] M. Julliere, Phys. Lett. 54 A (3) (1975) 255.
- [2] Jagadeesh S. Moodera, George Mathon, JMMM. 200 (1999) 248-273
- [3] J.S. Moodera, J. Nowak, R.J.M. van de Veerdonk, Phys. Rev. Lett. 80 (1998) 2941