

Q-11

CoO를 절연층으로 이용한 자기 터널링 접합구조에서의 자기저항 특성에 관한 연구

서울대학교 재료공학부 조 용 진*
조 권 구
주 승 기

MR Characteristics of CoO based Magnetic Tunneling Junction

Seoul National University Y. J. Cho*
Materials Science & Engineering K. K. Cho
S. K. Joo

1. 서 론

최근에 강자성층/절연층/강자성층 접합구조에서 높은 터널링 자기저항(TMR) 값이 보고됨에 따라, MRAM 및 자기저항 헤드 등 응용분야에 관심이 모아지고 있다. 터널링 자기저항 현상은 강자성층/절연층/강자성층 접합구조에서 절연층을 사이에 둔 두 개의 강자성층 사이의 상대적인 자기 스핀 배열에 따라 접합의 터널링 저항이 변하는 현상이다. 즉, 두 자성층간의 자기스핀 배열이 평행하나, 반평행하나에 따라 두 자성층간의 터널링 확률이 변화하게 되고 이에 따라 터널링 저항이 변화하는 것이다.

Julliere의 모델에 의하면, 터널링 자기저항값은 두 강자성층 전극의 스핀 분극(spine polarization)값 P_1 , P_2 에만 의존하며 $TMR=2P_1P_2/(1-P_1P_2)$ 로 정의된다.¹⁻⁴ 그러나 후에 Slonczewski는 장벽 지수(barrier parameter)를 고려한 유효분극(effective polarization) 개념을 도입하여 자성층의 분극상태가 절연층의 특성에 의존하고 이에 따라 터널링 자기저항값이 결정된다는 사실을 제안하였다.⁵

기존에 절연층으로 사용해진 Al_2O_3 는 MR특성은 우수하나, 터널링 저항과 접합의 면적을 곱한 저항×면적 값이 매우 커서 switching 시간이 길고, signal-to-noise ratio가 높다는 단점이 있다.⁶

본 연구에서는 기존에 절연층으로 많이 사용되어진 Al_2O_3 대신 자성층 전극 Co의 표면을 산화시켜 얻은 CoO를 절연층으로 이용하여 접합의 터널링 자기저항 특성과 소자 적용 가능 여부를 알아보았다.

2. 실험방법

시편의 증착은 3-gun magnetron sputtering system에서 이루어졌으며, 초기진공은 1×10^{-6} torr 이하로 고정하였다. 4° 기울어진 (111)Si을 기판으로 사용하였고, 각각의 강자성층 전극은 metal mask를 사용하여 증착하였다. 시편의 구조는 NiFe(300Å)/CoO/Co(300Å)/Cu(50Å)/(111)Si 로 하였고, 증착압력은 3mTorr로 고정시켰다. CoO는 Co를 증착한 후에 대기중에서 Co의 표면을 자연산화시켜 얻을 수 있었다. 터널링 접합의 면적은 $200\mu m \times 200\mu m$ 로 하였다.

접합의 자기적 성질은 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)으로 측정하였고, 자기저항 성질은 VSM system에서 4-point method를 이용하여, 접합에 흐르는 전류를 고정시킨 후 외부 자장을 변화시켜가며 접합에 걸리는 전압을 측정하여 얻을 수 있었다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 NiFe/CoO/Co 구조의 자기적 성질을 나타내었다. 상부전극 NiFe의 보자력은 100e, 하부전극 Co의 보자력은 400e로 관찰되었다. 그림 2에서는 상온에서 전극 양단에 1.5mA의 전류를 가했을 때의 MR곡선을 나타내었다. MR ratio는 $(R_{ap}-R_p)/R_p$ 로 정의되었고, TMR signal은 28%, 저항×면적 값은

10.9K $\Omega \times \mu\text{m}^2$ 로 측정되었다.

전극 양단에 흐르는 전류량을 변화시키에 따라 Rp값과 MR ratio가 변화하는 것을 관찰할 수 있었다.

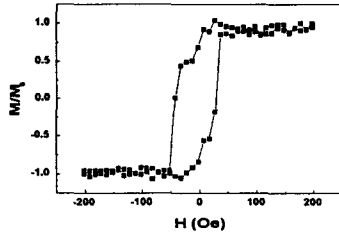


Fig.1 M-H Characteristics of NiFe/CoO/Co structure

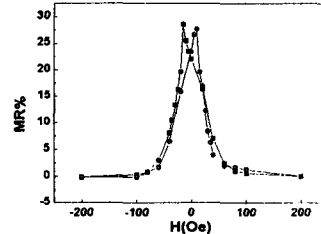


Fig. 2 Room temperature MR curve of NiFe/CoO/Co junction with an applied current of 1mA

전류량이 커짐에 따라 접합의 터널링 저항은 감소하였고, MR ratio는 증가하는 경향을 보였다. 그림 3에 전극 양단에 흘려준 전류량에 대한 접합의 저항값과 MR ratio의 변화에 대해 나타내었다. 전류량이 증가함에 따라 접합의 저항값은 선형적으로 감소하였으며, MR ratio는 전류량이 1.5mA 이상의 구간에서 급격히 증가하여 최대 120%까지 관찰되었다.

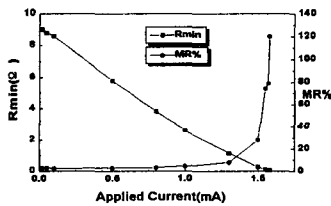


Fig. 3 Dependence of tunneling MR and junction resistance on applied current for NiFe/CoO/Co junction at room temperature

MRAM, 자기헤드 등에 적용하기 위해서는, 빠른 switching 시간과 적절한 signal-to-noise ratio가 요구되고, 이를 위해서는 접합의 터널링 저항을 수 K $\Omega \times \mu\text{m}^2$ 으로 낮추어야 할 필요가 있다.⁶ 본 실험에서는, 전류량의 변화에 따라 저항 \times 면적 값이 360K $\Omega \times \mu\text{m}^2$ 에서 2.28K $\Omega \times \mu\text{m}^2$ 으로 변화하였다. 특히 전류량이 1.5mA 이상의 구간에서는 저항 \times 면적 값이 10.9K $\Omega \times \mu\text{m}^2$ 이하로 측정되었고 MR ratio도 25% 이상으로, MRAM등 소자에 적용하기 적합한 값을 얻을 수 있었다.

4. 결론

기존에 많이 연구되어온 Al₂O₃ 외에 하부전극인 Co 표면을 산화시켜 얻은 CoO를 절연층으로 사용하여 높은 MR ratio와 소자 적용에 필요한 저항 \times 면적 값을 얻을 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] J. S. Moodera and Lisa R. Kinder, Phys. Rev. Lett. **74**, 3273 (1995)
- [2] Andrew T. a. Wee and Kyusik Sin, Appl. Phys. Lett. **74**, 2528 (1999)
- [3] Takeshi Obata and Takashi Manako, Appl. Phys. Lett. **74**, 290 (1999)
- [4] S. S. P. Parkin, J. Appl. Phys. **84**, 6195 (1998)
- [5] R. C. Sousa and A. King, Appl. Phys. Lett. **73**, 3288 (1998)
- [6] J. J. Sun and V. Soares, Appl. Phys. Lett. **74**, 448 (1999)