

In-situ Annealing Process를 이용한 CoFeB/MgO/CoFeB Junction의 TMR 특성

신일재^{1,2*}, 민병철¹, 홍진표², 신경호¹

¹한국과학기술연구원, ²한양대학교 물리학과

1. 서론

MgO를 이용한 자기 터널 접합의 MRAM용 소자로 이용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. CoFeB/MgO/CoFeB 터널 접합의 결정성은 높은 TMR을 얻는데 많은 영향을 끼치는데, 이러한 구조에서 열처리를 통하여 결정성을 향상시켜 큰 TMR을 얻을 수 있다[1]. 그러나 Mn 계열의 반강자성을 이용한 교환결합형 자기 터널 접합에서 400도 이상의 온도에서 열처리할 때 Mn 확산에 의한 소자 특성의 감소가 보고되었다[2]. 본 실험에서는 MgO 터널 접합을 이용한 MTJ 소자에서, *in-situ annealing process*를 이용하여 CoFeB/MgO/CoFeB 터널 접합의 결정성을 확보한 후 이후 IrMn을 증착하여, 고온 열처리를 통한 자기터널 접합 소자의 특성을 확인하였다.

2. 실험방법

시료의 제작은 2×10^{-9} Torr 이하의 기본 진공도에서 시행하였고, 증착한 시료의 구조는 Si/SiO_x/ Ta 5/ Ru 30/ Ta 5/ CoFeB 3/ MgO 2/ CoFeB 3/ Ru 1/(*in-situ annealing process*)/ Ru t/ CoFe 2.5/ IrMn 7/ Ta 5/ Ru 5 (in nm)이다. *In-situ* 열처리는 330°C 및 410°C에서 1시간 동안 수행하였으며, 열처리 후 Ru을 0~1.5 nm 두께로 추가 증착하였다. 자기 저항 특성을 조사하기 위하여 photo-lithography 공정을 이용하여 증착된 시료를 $10 \times 10 \text{ um}^2 \sim 50 \times 50 \text{ um}^2$ 크기의 접합 면적을 가지는 MTJ 소자로 제작하였다. 제작된 시료는 IrMn의 exchange coupling을 유도하기 위하여 330°C에서 1 hr 동안 자기장을 4 kOe로 인가하며 진공 열처리하였다. VSM을 이용하여 자기적인 특성을 조사하였고, 4-point probe를 이용하여 외부자기장에 따른 MR비를 측정하였다.

3. 실험결과

Fig. 1은 410°C에서 1시간 *in-situ* 열처리한 시료의 TMR 특성을 측정한 결과이다. 255%의 자기저항을 얻었으나, 열처리로 인한 Ru 두께의 감소로 synthetic ferro-coupling을 형성하였다. Fig. 2는 *in-situ* 열처리 후 추가 증착한 Ru 두께에 따른 (a) TMR 비, (b) H_{ex} 의 변화를 나타낸 것이다. Ru 두께가 증가함에 따라 자기 저항비가 감소하고, exchange coupling이 변화됨을 보여준다. Ru 층을 추가로 증착한 이유는 확산에 의해 변형이 일어난 Ru 층의 두께를 보상하여, 반강자성 결합을 얻기 위한 것이었다. Ru층을 증가시킴에 따라, H_{ex} 가 음의 값에서 양의 값으로 이동하는 것을 보면, 추가 증착한 Ru 층에 의해 이 구조에서 반강자성 결합의 크기가 점차 증가함을 알 수 있다. 그러나, 추가로 증착한 Ru 층에 의해 충분한 반강자성 결합을 얻을 수 없었고, 이 이유 때문에 Ru 두께에 따라 자기저항비가 감소하는 경향을 얻었다.

4. 결론

본 실험에서는 410°C에서의 *in-situ* 열처리를 통하여 Co₆Fe₂B₂/MgO/Co₆Fe₂B₂ 구조에서 250% 이상의 큰 TMR 비를 확보하였다. 이를 통해 본 연구에서 제시한 *in-situ* 열처리가 Mn 확산을 피할 수 있는 매우 유용한 방법임을 증명하였다. 열처리 후 Ru를 추가 증착하는 방법으로 H_{ex} 을 어느 정도 제어할 수 있었으나 이 부분에 대해서는 추가적인 개선이 필요하다. 이 연구를 바탕으로 향후 400°C 이상의 높은 온도에서의 *In-situ* 열처리를 통해 높은 자기 저항 및 큰 교환 결합력을 함께 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

- [1] S. Ikeda, J. Hayakawa, Y. Ashizawa, Y. M. Lee, K. Miura, H. Hasegawa, M. Tsunoda, F. Matsukura, and H. Ohno, Appl. Phys. Lett. 93, 082508 (2008)
- [2] J. Hayakawa, S. Ikeda, Y. M. Lee, F. Matsukura and H. Ohno, Appl. Phys. Lett. 89, 232510 (2006)

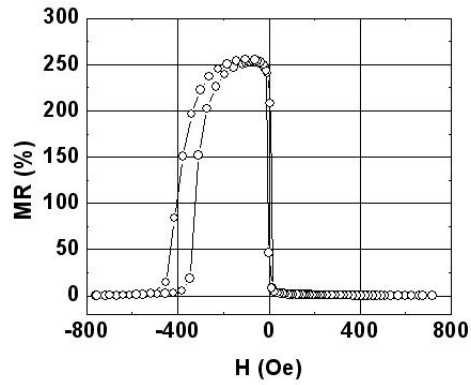


Fig. 1. 410°C에서 *in-situ* 열처리한 시료의 TMR curve.

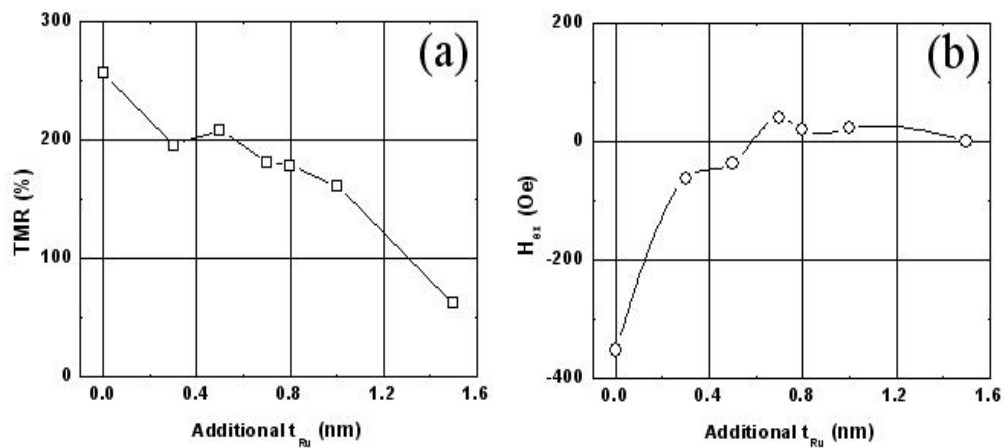


Fig. 2. *in-situ* 열처리 후 추가 증착한 Ru 두께에 따른 (a) TMR 비, (b) H_{ex} 의 변화.