

In-situ Annealing Process를 이용한 Exchange-biased CoFeB/MgO/CoFeB MTJs의 특성

신일재^{1,2*}, 민병철¹, 홍진표², 신경호¹

¹한국과학기술연구원, ²한양대학교 물리학과

1. 서론

MgO를 터널 장벽으로 이용하여 제작한 자기터널접합을 MRAM용 소자로 응용하기 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 자기저항비의 감소가 보고되었다[2]. 본 실험에서는 MgO 터널 접합을 이용한 MTJ 소자에서, *in-situ* annealing process를 이용하여 CoFeB/MgO/CoFeB 터널 접합의 결정성을 확보한 후 이후 IrMn을 증착하여, 400도 이상의 고온 열처리를 통한 자기터널 접합 소자의 특성을 확인하였다.

2. 실험방법

시료의 제작은 2×10^{-9} Torr 이하의 기본 진공도에서 시행하였고, 증착한 시료의 구조는 Si/SiO₂/ Ta 5/ Ru 30/ Ta 5/ CoFeB 3/ MgO 2/ CoFeB 3/ Ru t₁/(*in-situ* annealing process)/ Ru t₂/ CoFe 2.5/ IrMn 7/ Ta 5/ Ru 5 (in nm)이다. *In-situ* 열처리는 410°C 및 450°C에서 10분간 수행하였으며, *in-situ* 열처리 후 Ru을 0.9 nm 두께로 추가 증착하였다. 자기 저항 특성을 조사하기 위하여 photo-lithography 공정을 이용하여 증착된 시료를 $10 \times 10 \mu\text{m}^2 \sim 20 \times 20 \mu\text{m}^2$ 크기의 접합 면적을 가지는 MTJ 소자로 제작하였다. 제작된 시료는 IrMn의 exchange coupling을 유도하기 위하여 270°C에서 30분 동안 자기장을 4kOe로 인가하며 진공 열처리하였다. VSM을 이용하여 자기적인 특성을 조사하였고, 4-point probe를 이용하여 외부자기장에 따른 MR비를 측정하였다.

3. 실험결과

Fig.1은 410°C 및 450°C에서 *in-situ* 열처리한 시료의 TMR 특성을 측정한 결과이다. 200% 이상의 자기저항을 얻었으며, 열처리 온도가 증가하면서 Ru diffusion에 의해 두께가 감소하여 교환 결합력이 감소함을 보인다. Fig.2는 이러한 Ru diffusion을 최소화하기 위해 $t_1 = 0.2 \sim 0.4$ nm로 증착한 뒤 *in-situ* 열처리 후에 Ru = 0.9 nm를 추가 증착한 시료의 TMR 비를 나타낸 것이다. Ru 층을 추가로 증착한 이유는 확산에 의해 변형이 일어난 Ru 층의 두께를 보상하여, 반강자성 결합을 얻기 위한 것이었다. t_1 이 감소함에 따라 자기 저항비가 증가하고, exchange coupling 또한 증가됨을 보여준다.

4. 결론

본 실험에서는 *in-situ* 열처리를 통하여 CoFeB/MgO/CoFeB/Ru/CoFe/IrMn 구조에서 300%의 큰 TMR비를 확보하였으며, 400°C 이상의 고온 열처리에서 큰 교환 결합력을 얻었다. 본 연구에서 제시한 *in-situ* 열처리는 Mn 확산을 피하고, 높은 자기 저항을 얻으면서도 큰 교환 결합력을 함께 얻을 수 있는 유용한 방법이라 생각되어진다.

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)

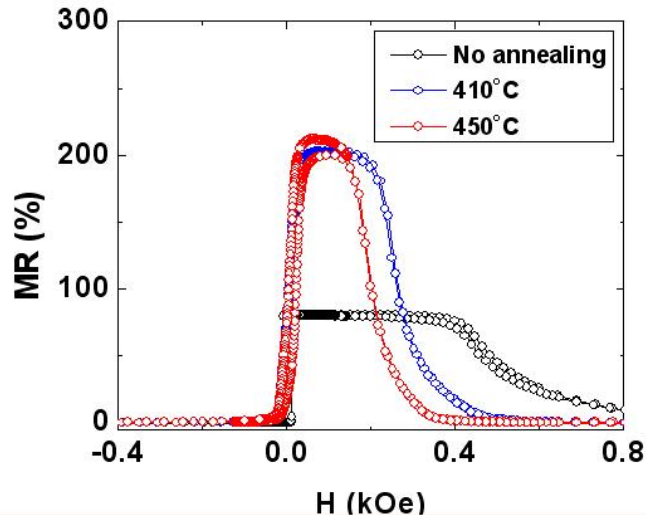


Fig. 1 410°C 및 450°C에서 *in-situ* 열처리한 시료의 TMR curve

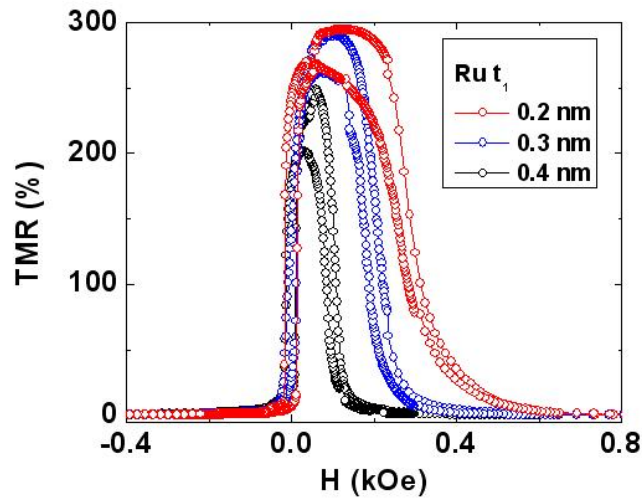


Fig. 2 $t_1 = 0.2\sim 0.4$ nm 증착 후 *in-situ* 열처리한 시료의 TMR 비