

MgO Tunnel Barrier와 비정질금속에서의 계면효과 분석

정구열^{1,2*}, 김종현¹, 한선일¹, 김동석¹, 김홍석¹, 신경호², 이공원¹

¹고려대학교 응용물리학과

²한국과학기술연구원 스핀트로닉스 연구단

1. 서론

Al_2O_3 를 사용한 Magneto tunnel junction(MTJ)에서 Tunneling magneto resistance(TMR)가 관측된 이후, 더 높은 TMR을 얻기 위한 여러 가지 시도들이 있어왔다. 그중에 한 가지 방법으로 tunnel barrier에 doping 물질을 넣어 TMR을 높이려는 시도들이 있어왔다. 여기서 우리는 비정질 FeZr 박막을 bottom CoFeB과 MgO tunnel barrier의 계면에 삽입하여 계면에서 일어나는 효과를 확인하였다. Normal metal 대신에 기본적으로 spherical Fermi sphere를 갖는 아주 얇은 ferromagnetic 비정질 FeZr 박막을 삽입하여 spin polarize된 $\Delta 1$ band의 electron이 통과하도록 하였다. 비정질 FeZr과 MgO 사이의 band mismatch에 의해서 spin dependant tunneling에 영향을 주어 저항과 TMR에 있어서 놀라운 변화를 관측할 수 있었다.

2. 실험방법

conventional MTJ 구조는 $\text{SiO}_2/\text{Ta}(50)/\text{NiFe}(300)/\text{Ta}(50)/\text{NiFe}(60)/\text{IrMn}(80)/\text{Co}_40\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}(40)/\text{FeZr}(t)/\text{MgO}(25)/\text{Co}_40\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}(30)/\text{Ta}(100)$ (Å) 으로 제작하였고, bottom CoFeB과 MgO barrier의 계면에 삽입된 FeZr의 두께를 $t=0, 5, 10$ (Å)으로 각각 삽입한 시료를 준비하였다. 시료의 박막은 DC와 RF magnetron sputtering 방법을 사용하여 증착하였으며 증착 시 초기 진공도는 5×10^8 Torr 정도였고 증착분압은 1.5 mTorr에서 박막을 제작하였다. 증착 시 자성 박막의 이방성을 주기 위하여 300 Oe 정도의 자기장을 가해준 상태로 시료를 증착하였다. 모든 MTJ는 photo lithography방법을 사용하여 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 크기를 갖는 tunnel junction을 만들었으며, ion milling process 와 lift-off methods를 사용하여 fabrication하였다. Magneto resistance는 4point CPP 측정방법을 사용하여 측정하였다.

3. 실험결과

그림 1, 2, 3은 FeZr삽입 두께에 따른 junction resistance와 TMR을 보여준다. FeZr을 삽입하지 않은 1번 시료의 경우, 17k Ω 의 junction resistance와 47%의 TMR을 갖는 반면, FeZr을 5Å 삽입한 2번 시료는 215k Ω 의 junction resistance와 10%의 TMR을, FeZr을 10Å 삽입한 3번 시료의 경우 385k Ω 의 junction resistance와 4%의 TMR을 갖는 것을 확인 할 수 있다. FeZr 박막을 삽입함에 따라서 tunneling resistance의 급격한 증가와 TMR의 급격한 감소가 관측되었다. 여기서 시료 1과 2의 경우, tunneling resistance가 10배 이상 증가하고 TMR은 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있고, FeZr을 조금 더 두껍게 삽입한 시료 2와 3의 경우엔 tunneling resistance가 2배가량 증가하였고 TMR은 절반가량으로 감소하였다.

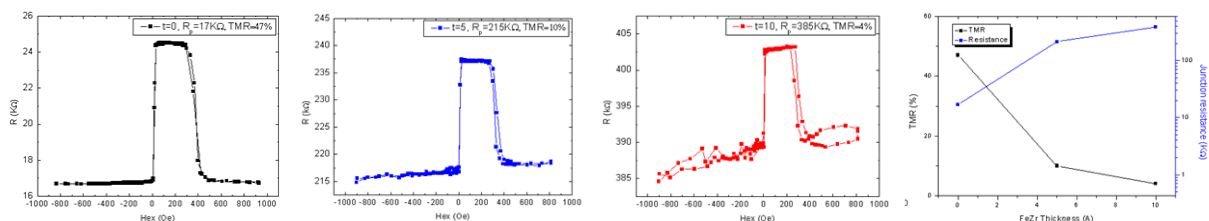


그림. FeZr 삽입 두께에 따른 tunneling resistance 와 TMR

4. 고찰

FeZr을 삽입한 시료에서 tunneling resistance의 급격한 증가는 FeZr과 MgO의 band mismatch에 의해서 나타난다. $\Delta 1$ band를 통과한 wave function은 spherically symmetric를 갖는 FeZr layer를 통과하면서 급격히 감소하게 된다. 계면에 삽입된 FeZr의 두께가 증가하면서 tunneling resistance가 증가하고 TMR이 감소하는 것도 같은 맥락에서 이해할 수 있다. 이렇게 FeZr과 MgO 계면 사이에서 나타나는 scattering에 의해서 나타나는 tunneling resistance의 급격한 증가는 이러한 현상에 의해서 설명할 수 있다.

5. 결론

우리는 bottom CoFeB electrode와 MgO tunnel barrier 계면 사이에 얇은 FeZr layer를 삽입하여 spin dependant tunneling 현상을 관측하였다. 아주 얇은 비정질 자성 금속을 삽입하였음에도 불구하고 tunnel resistance가 급격히 증가하고 TMR이 급격히 감소하는 현상이 관측되었고, 계면에 삽입된 FeZr의 두께가 더욱 증가하면 저항은 두 배 가량 증가하고 TMR은 절반 정도로 감소하는 현상이 관측되었다.

이와 같은 junction resistance의 급격한 증가는 MgO tunnel barrier와 삽입된 비정질 FeZr layer 간에 $\Delta 1$ band의 감소로 인한 것으로 설명되어 질 수 있다.

6. 참고문헌

- [1] JS Moodera, G Mathon Journal of Magnetism and Magnetic Materials 200 (1999) 248-273.
- [2] T Miyazaki, S Kumagai, T Yaoi J. Appl. Phys. 81, 3753 (1997).
- [3] R. Guerrero, F.G. Aliev, T. Santos and J.S. Moodera Journal of Magnetism and Magnetic Materials Vol. 316, Issue 2, (2007), e990-e993.
- [4] D. J. Monsma and S. S. P. Parkin Appl. Phys. Lett. 77, 883 (2000).
- [5] P. LeClair, H. J. M. Swagten, J. T. Kohlhepp, R. J. M. van de Veerdonk, and W. J. M. de Jonge Phys. Rev. Lett. 84. 2933 - 2936 (2000).
- [6] T. Nagahama, S. Yuasa, E. Tamura, and Y. Suzuki Phys. Rev. Lett. 95, 086602 (2005)
- [7] K. I. Lee et al Phys. Rev. Lett. 98, 107202 (2007).
- [8] Chang He Shang, Janusz Nowak, Ronnie Jansen, and Jagadeesh S. Moodera Phys. Rev. B 58, R2917 (1998).