

Co₂FeSi 호이슬러 합금과 결정질 MgO 절연층을 이용한 자기터널접합의 제조

임우창*, 최경민, 이택동
한국과학기술원 신소재공학과

1. 서론

반금속(Half metal) 물질이란 스핀분극률이 100%인 물질로서, majority band는 금속성을 띠고 minority band는 band gap이 존재하여 반도체의 특성을 가지는 물질이다. 이러한 반금속성은 스핀트로닉스에 적용할 경우 매우 높은 spin efficiency가 기대되어 활발한 연구가 진행되고 있다. 그 중에 대표적인 것으로 Heusler alloy를 들 수 있다. 본 연구에서는 스핀트로닉스용 반금속 물질로 활발히 연구가 진행되고 있는 Co₂-based Heusler alloy 중에서 Co₂FeSi을 택하여 박막의 구조적, 자기적 특성을 살펴보고, 자기터널접합 구조를 이용하여 반금속 물질로서의 가능성을 간접적으로 평가하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 하부 전극층으로 CoFeB, 상부 전극층으로 Co₂FeSi을 이용하였고, 상부 전극층이 반강자성층으로 고정되어 있는 top-pinned 구조를 택하였다. MTJ의 구조는 SiO₂ sub./(bottom electrode)/Ta(5)/CoFeB(3)/MgO(2)/Co₂FeSi(5)/Co(1)/Ru(0.8)/Co(1)/CoFe(3)/IrMn(10)/Ta(5)/(Ru cap.)이다. MgO 절연층은 rf magnetron sputtering을 이용하여 증착하였고, XRD를 통해 (100) 우선배향성을 확인하였다. 모든 층은 상온에서 증착하였고, 10×10μm²의 junction size로 patterning 후 1kOe의 자장 하에서 진공 중 열처리 하였다.

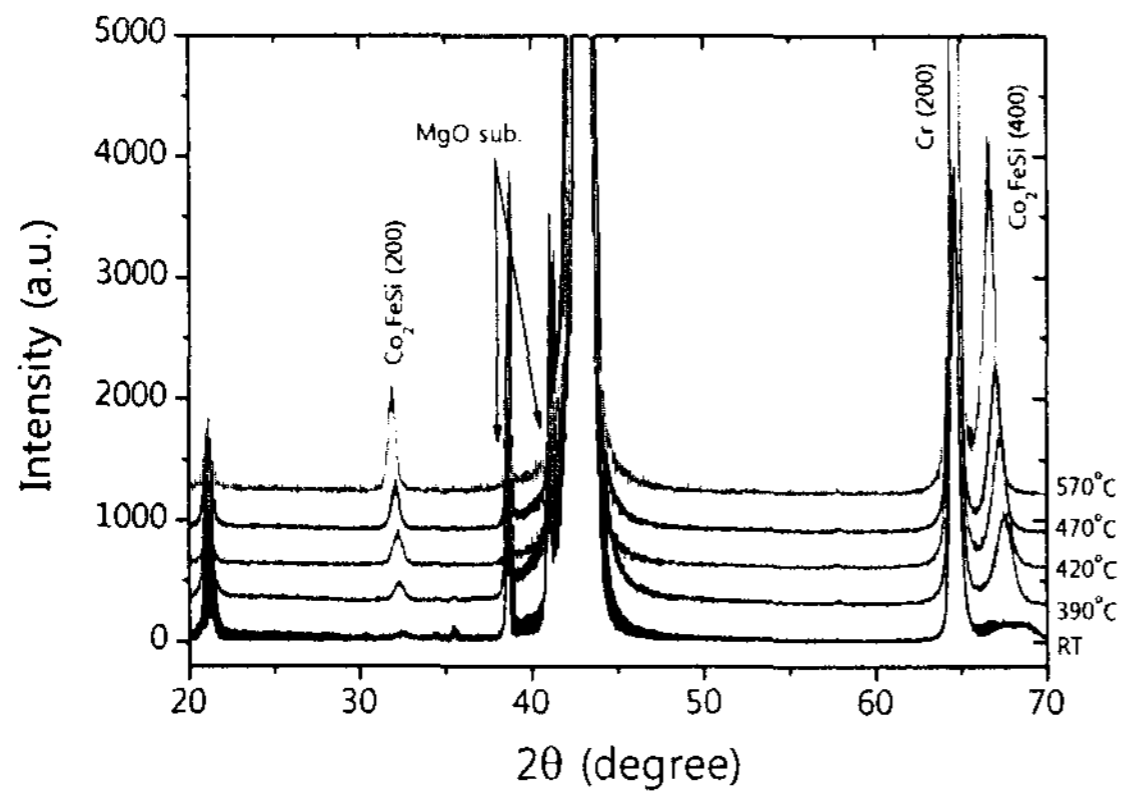
3. 실험결과 및 고찰

Figure 1(a)는 Cr 하지층이 삽입된 MgO(100) 기판 위에 성장시킨 Co₂FeSi 박막의 XRD pattern이다. 모든 경우에 대해 B2 구조의 형성을 의미하는 (200) superlattice peak가 나타나고, 열처리 온도가 증함에 따라 intensity가 증가하는 경향을 보인다. 또한 Figure 1(b)에서 보는 바와 같이 390°C에서는 L2₁ 구조의 형성을 의미하는 (111) superlattice peak이 나타나지 않지만 420°C 이상에서 (111) peak이 나타나기 시작하고 열처리 온도가 증가함에 따라 peak intensity도 증가하는 것을 알 수 있다. 즉, 390°C 이하의 온도에서는 B2 structure, 420°C 이상에서 L2₁ ordered structure가 형성되기 시작함을 알 수 있다. Figure 2는 열처리 온도에 따른 TMR curve의 변화를 보여준다. 열처리 온도가 올라가면서 자기저항비도 서서히 증가하고 350°C에서 최대 158.4%의 자기저항비를 보인다. 이는 같은 구조를 이용해 기존에 발표된 자기저항비(90%)[1]보다 향상된 수치이다. RA 값은 1.15MΩμm²로 e-beam evaporation으로 MgO 절연층을 증착한 다른 group의 결과[2]에 비해 다소 큰 편이다. 또한 최대 자기저항비를 보이는 350°C는 Co₂FeSi이 L2₁ 구조로 ordering 되지 못하고 B2 구조를 형성하는 온도이기 때문에 Co₂FeSi의 반금속성에 의해 높은 자기저항비를 얻었다기 보다는 CoFeB 층의 결정화에 따른 coherent tunneling으로 인해 나타나는 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구를 통하여 CoFeB/MgO/Co₂FeSi 구조의 MTJ에서 높은 자기저항비를 얻을 수 있었다. 하지만 이러한 높은 자기저항비는 L2₁ 구조를 가지는 Co₂FeSi의 반금속성에 의한 자기저항비가 아닌 CoFeB 전극의 결정화에 따른 것으로 보인다. Co₂FeSi의 스핀분극률을 저해하는 원인으로서는 Heusler alloy의 반금속성에 큰 영향을 주는 atomic disorder 문제와 MgO/Co₂FeSi 계면의 quality 등이 있을 수 있다. 향후 이에 대한 자세한 연구가 좀더 필요할 것이라 생각된다.

(a)



(b)

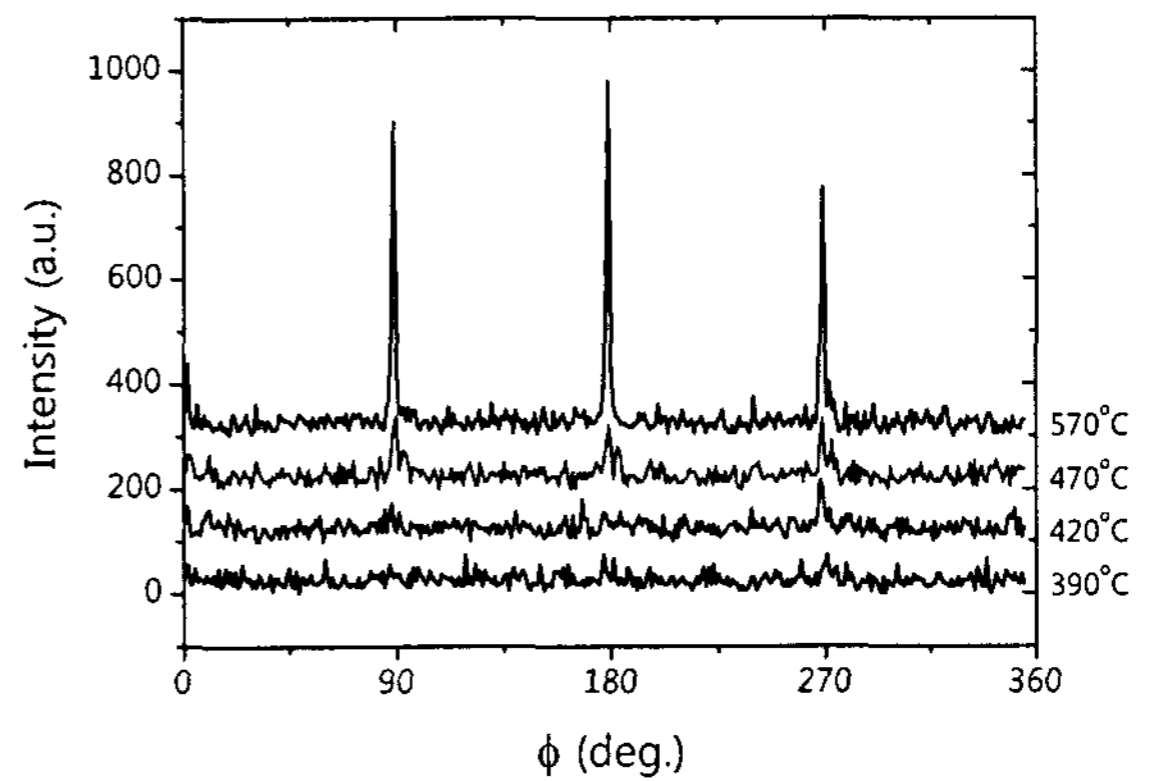


Figure 1. (a) XRD θ - 2θ scan and (b) (111) pole figure of Co₂FeSi thin films on Cr-buffered MgO (100) substrate.

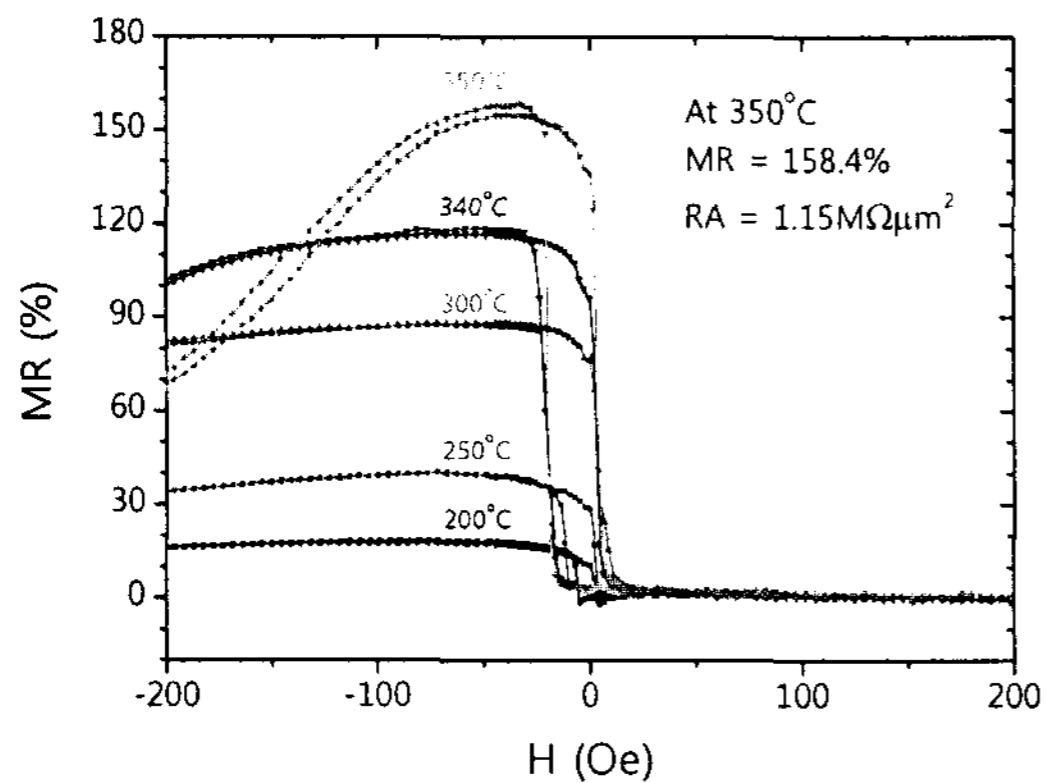


Figure 2. TMR curves of CoFeB/MgO/Co₂FeSi MTJs annealed up to 350°C.

5. 참고문헌

- [1] T. Daibou, M. Shinano, M. Hattori, Y. Sakuraba, M. Oogane, Y. Ando, and T. Miyazaki, IEEE Trans. Magn. 42, 2655 (2006).
- [2] N. Tezuka, N. Ikeda, S. Sugimoto, and K. Inomata, Appl. Phys. Lett. 89, 252508 (2006).