

Co₂MnGe_{1-x}Heusleralloy를 이용한 TMR

김현정^{1*}, 배지영¹, 임우창¹, 이택동¹, 김기원², 김태원²
¹ 한국과학기술원, ² 삼성종합기술원

1. 서론

최근 Fermi level (E_F)에서 한쪽 방향의 spin만을 갖는 half-metallic ferromagnets (HMFs)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이는 100% spin polarization을 가지므로 magnetic tunnel junctions (MTJs)는 굉장히 큰 tunnel magnetoresistance (TMR) 값을 보일 것으로 예상되기 때문이다 [1] 이 중에서도 Heusler alloy가 de Groot 이후 많은 연구자들에 의해 half-metallicity를 나타낸다는 것이 simulation에 의해 알려지면서 spintronics 용 전극 물질로 각광받기 시작했다 [2]. 본 연구에서 사용된 Co₂MnGe는 Co₂MnSi, Co₂(Cr,Fe)Al 등과 함께 HMF로 알려져 있고 큰 magnetic moment ($\sim 5.0\mu_B$)와 높은 T_C (905 K)를 가져 spintronic 용 전극 물질로 매우 유리하다 [3]. 본 연구에서는 Co₂MnGe 단막층의 구조 및 자기적 특성을 분석하고 전극물질로서의 가능성에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

Co₂MnGe 막은 thermally oxidized된 Si기판 위에 350°C ~ 450°C 까지 온도를 변화시켜 dc magnetron sputter를 이용하여 증착 하였다. Base pressure는 3×10^{-8} torr이며 sputtering pressure는 1 mtorr 이다. MTJs의 구조는 Si/SiO₂/Co₂MnGe (100 nm)/AlOx (Al 1.8 nm)/CoFe (40 nm)/IrMn (20 nm)/Ru (60 nm) 이며 증착 후 1000 Oe field 하에서 30분간 5×10^{-6} torr에서 annealing 하였다. Photolithography를 이용하여 $20 \times 20 \mu m^2$ 의 junction area를 갖는 MTJs을 제작하여 MR과 junction resistance를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Co₂MnGe (100 nm) 단일막의 X-ray diffraction (XRD) pattern을 분석 결과, 기판 온도 390°C 부터 약하게 (200) peak 이 나타나기 시작하고 420°C 에서 정확히 확인할 수 있었다. 또한 transmission electron microscopy (TEM) diffraction pattern 분석 결과 390°C에서 (111)과 (311) ring으로부터 Co₂MnGe이 L2₁ structure의 형성을 확인 할 수 있었다.

기판 온도를 300°C ~ 450°C 까지 변화시키면서 Co₂MnGe (100 nm) 단일 막을 증착한 후 VSM을 통해 magnetic moment와 coercivity를 측정하였다. 390°C 이상에서 M_s 값이 이론값 (~ 1025 emu/cc) 과 비슷한 값을 보였으나 450°C에서는 오히려 값이 감소하였다. 이는 Co 등 다른 phase의 형성으로 인한 것으로 생각된다[4]. Coercivity의 경우 온도가 증가함에 따라 점차 증가했고 450°C에서 급격히 증가했다.

이를 바탕으로 L2₁ structure가 형성되고 온도를 증가시키에 따라 증가되는 roughness를 최소화하기 위해 390°C를 최적의 기판온도로 택하여 MTJs를 제작하였다. Fig. 1은 Co₂MnGe electrode를 이용한 MTJ의 TMR 변화이다. Co₂MnGe을 390°C에서 증착 후 Al oxidation 시간을 20~50초로 변화시켜 가며 TMR ratio 를 관찰한 결과 산화 시간은 30초에서 최적화됨을 알 수 있었다. 또한 100°C 그리고 230°C, 280°C 에서 annealing 하며 온도 변화에 따른 TMR ratio 차이를 관찰했다. 모든 산화 조건에서 280°C annealing의 경우 TMR ratio가 감소함을 알 수 있었다. 230°C annealing 30초 산화조건에서 가장 높은 약 17%의 TMR ratio를 보였으며 이 조건에서의 MR curve로 Fig. 1(b)에 나타내었다. 모든 MTJs에서 수십 $M\Omega\mu m^2$ 의 높은 RA값을 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 Co₂MnGe의 structure 형성을 위해 기판 온도를 변화시켜 실험을 하였다. 390°C 이상

에서 $L2_1$ structure를 얻을 수 있었다. 이를 바탕으로 $L2_1$ structure를 얻을 수 있는 가장 낮은 온도인 390°C 를 택하여 MTJs를 제작하여, 30초 동안 Al을 산화, 230°C 증착 후 열처리한 경우 최대 17%의 TMR ratio 값을 얻었다. 이는 Co_2MnSi , $\text{Co}_2(\text{Cr,Fe})\text{Al}$ 과 비교하여 낮은 값이나 기판 가열로 인한 roughness 증가나 Co phase형성을 감소시키면 더 높은 TMR ratio 값을 얻을 수 있을것으로 기대된다.

5.참고 문헌

- [1] C. Palmstrom, MRS Bull. 28, 725 (2003)
- [2] S. Kammerer, Appl. Phys. Lett. 85, 1 (2004)
- [3] I. Galanakis, P.H. Dederiches, N. Papanikolaou, Phys. Rev.B 66 174429 (2002)
- [4] K. Inomata, J. Magn. Magn. Mater. 282 269-274 (2004)

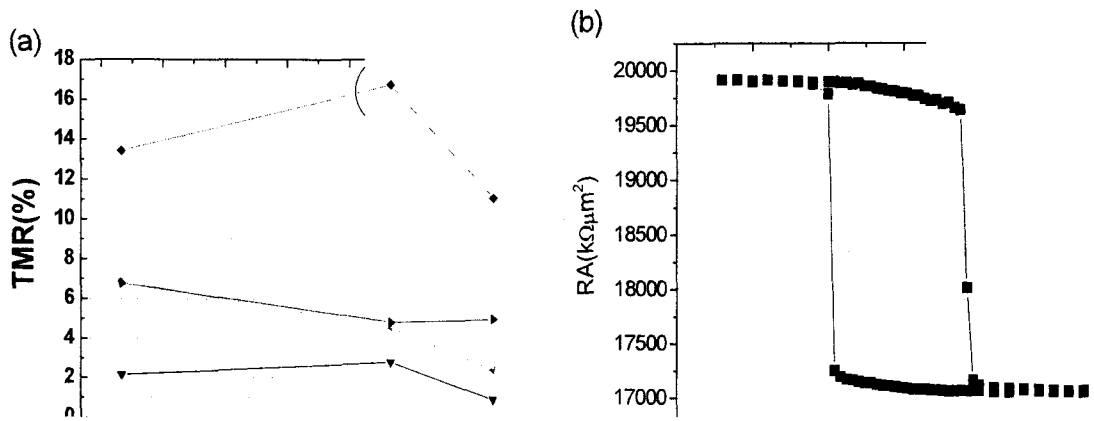


Fig. 1. 산화 조건과 증착 후 진공 열처리 조건 변화에 따른 TMR ratio