

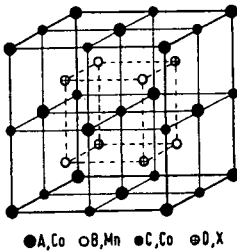
Co-sputtering Method에 의해 증착된 Heusler Alloy Co_2MnGe 박막의 특성(The Properties of Heusler Alloy Co_2MnGe Thin Film deposited by Co-sputtering Method)

이 광 우^{1*}, 김 기 원¹, 권 순 주¹, 김 태 완²

1.포항공과 대학교 신소재 공학과 자성재료 연구실, 2.삼성종합기술원

1. 서 론

Co_2MnGe 은 $L2_1$ 구조를 가지는 ferromagnetic half metal로서 예견되어진다.[1] Half metal은 Fermi level에서 한 가지 상태의 spin만이 존재하기 때문에 이론상 100% polarization이 가능하다. 현재 일반적으로 spintronics에 사용되는 metallic cobalt, iron, nickel 혹은 이들의 alloy가 약 40%의 polarization을 가지는 것이 비하면 이는 상당히 이상적인 수치이다.[2] 그러한 이유로 ferromagnetic



<Fig.1> $L2_1$ 구조

Half metal은 최근 magnetoelectronics 분야에서 많은 연구가 진행 중에 있으며 이러한 Half Metal로서 생각되는 물질은 CrO_2 [3]와 같은 몇몇 산화물과 Heusler alloy가 대표적이다. Heusler alloy는 $L2_1$ 구조를 가지는 full-heusler alloy와 $C1_b$ 구조를 가지는 half-heusler alloy로 구분되며, 이 중 Co_2MnGe 은 full-heusler alloy에 속하는 것으로 <Fig.1>과 같은 구조를 가진다. 이러한 Co_2MnGe 을 Magnetic tunneling junction(MTJ)에 사용하면 큰 Tunneling magnetoresistance(TMR)을 얻을 수 있을 것으로 기대할 수 있으며 이는 더욱 좋은 성능의 MRAM의 제작에 지대한 영향을 미칠 수도 있을 것이다.

2. 실험 방법

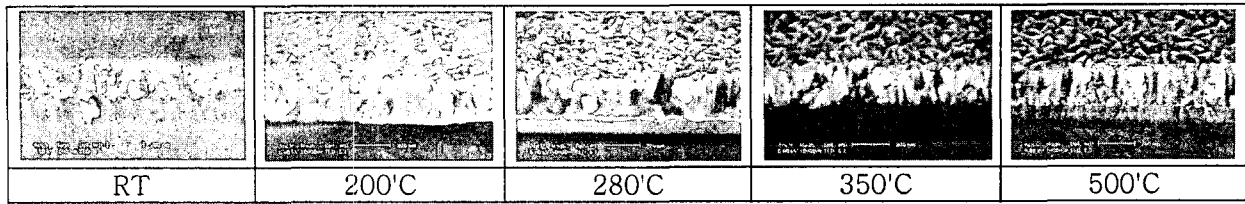
Co_2MnGe 박막은 2개의 DC Gun 과 1개의 RF Gun을 장착한 Multi-gun sputter를 이용하여 증착 하였으며, Co와 Mn은 DC power를 Ge은 RF power를 각각 이용하였다. 기판은 Si/SiO₂(2000Å)을 사용하였으며 30분간 2800 ~ 3000Å(rate = 1.56 ~ 1.67Å/s)의 두께로 증착 되었다. Base pressure는 $0.9 \sim 1.3 \times 10^{-6}$ torr, Processing pressure는 3.0×10^{-3} torr이며 RT, 200°C, 280°C, 350°C, 420°C, 500°C의 온도에서 각각 증착 하였다.

증착된 박막의 자성 특성은 Vibrating sample magnetometry (VSM)을 이용하여 측정하였으며, 구조는 XRD와 SEM 그리고 TEM을 이용하여 분석하였다. 또한 박막의 조성은 Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)를 사용하여 측정하였다. 이렇게 증착된 박막을 이용하여 MTJ cell을 제작하였다. 이때 TMR은 tunnel barrier의 특성에 의해 크게 영향을 받으며 tunnel barrier의 특성은 다른 layer의 roughness가 중요한 영향을 미치는 것으로 알려져 있으므로 증착된 Co_2MnGe 박막은 Ion Beam Etching (IBE)을 이용하여 etching시켜 roughness 줄였으며 이때 박막의 roughness는 Atomic Force Microscopy (AFM)를 통해 측정하였다.

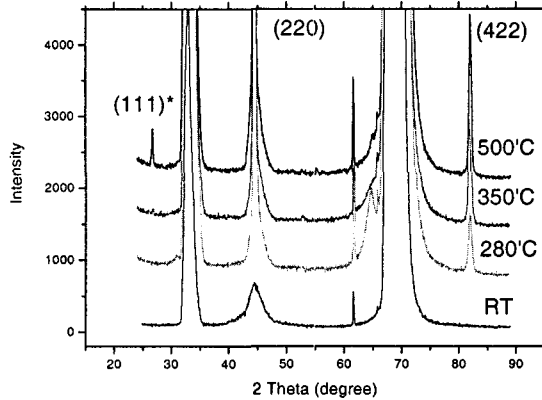
3. 실험결과 및 고찰

<Fig.2>은 온도에 따른 시편을 100K에서 촬영한 SEM의 이미지를 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 200°C에서부터 columnar structure가 형성되기 시작하여 온도가 증가함에 따라 columnar structure가 증가되고 있으며 350°C이상의 온도에서는 외견상 큰 차이가 없음을 볼 수 있다.

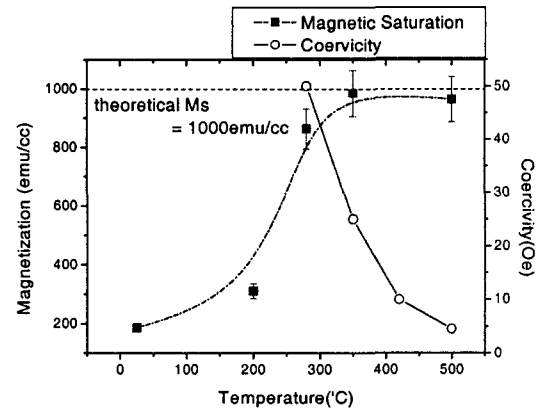
<Fig.3>와 <Fig.4>은 각각 온도에 따른 XRD peak과 VSM으로 측정한 Magnetic Properties를 보여주고 있다. 그림에서 (220), (422) peak은 principal peak을 나타내며 (111) peak은 super lattice peak으로서 500°C의 박막에서만 나타나는 것을 볼 수 있으며 이는 이 온도에서만 ordering되었음을 말해준다. 자성특성을 보면 온도가 높아짐에 따라 coercivity가 감소하며 350°C 이상의 온도에서는 Ms(Magnetic Saturation)값이 bulk 이론값인 1000emu/cc($\mu_B/f.u.=5.11$, lattice parameter = 0.5743nm)에



<Fig.2> 온도에 따른 SEM의 이미지 (100K)



<Fig.3> 온도에 따른 XRD pattern (*는 super lattice peak을 나타낸다.)



<Fig.4> 온도에 따른 자성 특성

가까워져 큰 차이를 보이지 않지만, 그 이하의 온도에서는 온도가 내려갈수록 Magnetic Moment의 값이 작아지는 것을 알 수 있다. 또한 280°C보다 작은 온도에서는 ferromagnetism과 paramagnetism이 혼재된 모양의 Hysteresis curve를 나타내었다.

이렇게 증착된 Co_2MnGe 박막을 이용하여 Top-pinned 구조를 가지는 MTJ cell을 제작하였다. MTJ cell 제작시 각 layer의 roughness가 Magneto-resistance에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있으므로 약 60Å의 roughness rms값을 가지던 박막의 표면을 IBE를 이용하여 약 10Å 정도로 줄여주었다. MTJ는 $\text{Co}_2\text{MnGe} / \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{CoFe} / \text{IrMn} / \text{Ru}$ 의 Top-pinned MTJ 구조를 가지며 이중 Co_2MnGe 은 Free layer로서의 역할을 한다.

4. 결 론

Half metallic Heusler Alloy Co_2MnGe 박막을 각 온도별로 증착하여 구조 및 특성을 알아보았다. 온도가 증가함에 따라 대체로 Ms값이 증가하고 coercivity가 감소하는 것을 알 수 있었으며 350°C 이상의 온도에서는 SEM 이미지로 본 구조가 비슷하며 또한 Co_2MnGe bulk의 Ms 이론값에 근사한 값을 가지지만 XRD peak으로 보아 그 이상의 온도에서 ordering이 일어남을 알 수 있었다. 이렇게 증착된 Co_2MnGe 박막을 이용하여 Top-pinned 구조를 가지는 MTJ cell을 만들어 보았다.

5. 참 고 문 헌

- [1] S. Ishida, T. Masaki, S. Fujii, S. Asano, Physica B 245 (1998)1.
- [2] R. J. Soulen, J. M. Byers, M. S. Osofsky, B. Nadgorny, T. Ambrose, S. F. Cheng, P. R. Broussard, C. T. Tanaka, J. Nowak, J. S. Moodera, A. Barry, and J. M. D. Coey, Science 282, 85 (1998)
- [3] K. Schwarz, J. Phys. F 16 (1986) 794.