

다층박막을 이용한 Co_2MnAl Heusler-Compound 의 제작과 고 스핀분극 특성 연구

최진협*, 김현신, 김종기, 백주열, 정종만, 이기암
Department of Physics, Dankook University

1. 서론

몇몇 호이슬러 합금의 100% spin polarization의 예전은 spin electronics 의 응용에 있어서 높은 잠재력을 나타낸다. TMR, GMR 둘다 층상 구조를 사용한 자기재료의 spin polarization에 민감하다. 그러므로 이러한 system에 있어서 100% spin 분극된 자기재료의 사용은 GMR 또는 TMR효과와 폭을 강력하게 증가시킬 것이다. 그럼에도 불구하고 현재까지 호이슬러 합금을 사용한 자성재료의 MR 향상을 위한 실험적 증거는 아직까지 제시되지 않았다. 따라서 이러한 층상구조의 기초 미세구조의 영향력의 한계에 대한 의문은 증가하고 있다. TMR 구조를 위하여 전이금속(Fe, Co, Ni) 또는 그것들의 합금(NiFe, CoFe)을 일반적으로 사용하고 있다. 이러한 재료들의 Maximum spin polarization은 Co와 Fe의 합금에서 51% 까지 도달해 있다. 보다 민감한 device를 위해서는 spin polarization의 향상이 요구되어진다. CrO₂ 또는 Heusler alloy Film 들이 제조 되었고 그 특성이 기술되어져 있다. 특히 NiMnSb는 집중적으로 연구되었다. 그러나 spin polarization 은 단지 28% 밖에 확보되지 않았다. 한편으로 CrO₂는 100% spin polarization을 보였다. 그러나 박막으로 합성하기는 매우 어렵다. 매우 흥미로운 또다른 재료들은 full Heusler alloy이다. 본 연구는 Co_2MnAl full Heusler compound를 다층박막으로 제작하여 최대의 마그네틱 모멘트와 낮은 비저항, 그리고 높은 스핀 분극률을 얻고 이 구조를 이용하여 MTJ를 제작하는데 그 목적이 있다.

2. 실험방법

다층박막은 3인치 4-gun type DC 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하여 1.2 mm × 1.2 mm 크기의 Si/SiO₂ 웨이퍼 위에 Cr층을 버퍼로 사용하고 Co, Mn, Al층을 각각 2:1:1 의 비로 100층을 실온에서 증착하였다. 그리고 L21 구조 형성을 위해 200°C~500°C 열처리 하였다. 기판은 아세톤, 에탄올, 증류수를 사용하여 초음파 세척으로 불순물을 제거하였다. 증착 시 초기진공도는 1.0×10^{-6} Torr 이하로 유지하였으며, 작업진공도는 Ar 유입량을 MFC(Mass Flow Controller)로 제어하여 1.4×10^{-3} Torr로 유지하였다. 이렇게 제작된 시편의 결정구조 확인을 위해 XRD로 측정하였고 표면저항기로 표면저항을 측정하여 비저항 값을 계산하였다, 그리고 VSM을 이용하여 Magnetization을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1에서 보는바와 같이 XRD측정 결과 (220)방향의 피크가 비교적 크게 나타났다. 이것은 L21 구조에 근접해 있음을 나타낸다. 비저항값은 열처리 온도에 따라 현저하게 감소하여 500°C일 때 $227\mu\Omega \text{ cm}$ 이었다. 보자력이 비교적 높게 나타났으며 VSM 측정 결과 마그네틱 모멘트는 목표했던 1000 emu/cc 의 약 50% 까지 도달해 있다. 이것은 Co, Mn, Al 각 층들의 조성비가 아직 불안정하기 때문에 완전한 L21 구조가 형성되지 않았기 때문이다. 이후의 실험은 조성비를 개선하여 완전한 Co_2MnAl full Heusler compound를 제작하고 Al-oxide 와 MgO를 spacer 로 하는 TMR 스핀밸브를 구현 할 것이다.

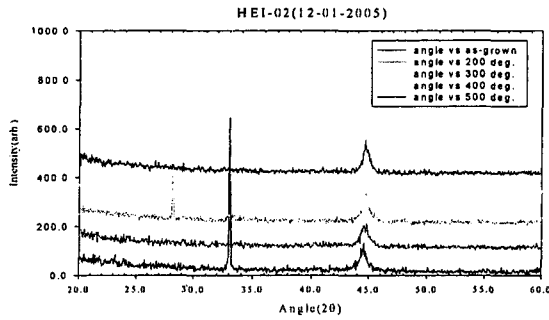


Fig.1 XRD-pattern depend on the Annealing temperature
 (SiO₂/Cr(40 nm)/[Co(33 nm)/(Mn(15 nm), Al(16 nm))]100 Annealing condition : 1hr, 200~500 °C)

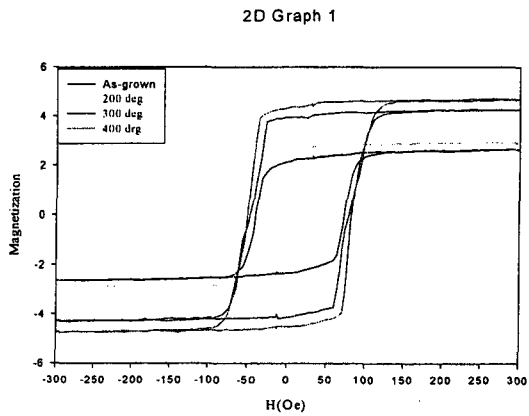


Fig.2 M-H loops depend on the Annealing temperature

5. 참고문헌

- [1] S. Ishida, D. Fujii, S. Kashiwagi, S. Asano, J. Phys. Soc. Jpn. 64 (1995) 2152.
- [2] S. Picozzi, A. Continenza, A.J. Freeman, Phys. Rev. B 66 (2002) 094421.
- [3] C.T. Tanaka, J. Nowak, J.S. Moodera, J. Appl. Phys. 86 (1999) 6239.
- [4] K. Inomata, S. Okamura, R. Goto, N. Tezuka, Jpn. J. Appl. Phys. 42 (2002) L419.
- [5] Y. Miura, K. Nagao, M. Shirai, Phys. Rev. B, submitted for publication.
- [6] M. Julliere, Phys. Lett. A 54 (1975) 225.