

상온에서 DC 마그네트론 스퍼터 방법으로 half-metallic Fe₃O₄ 제작 및 특성 분석 (Fabrication of half-metallic Fe₃O₄ thin films using a DC magnetron sputtering system)

Korea University M. K. CHUNG *, Y. K. KIM and S. R. LEE

1. 서론

현재 거대자기저항(GMR) 및 Magnetic Tunnel Junction(MTJ)에서 자기저항비 및 민감도를 극대화 시키는데 있어서 Spin dependent transport 에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 스핀전자 재료의 기본구조 강자성체/사이층/강자성체에서 강자성체층의 conduction electron의 스핀분극도는 자기저항크기에 영향을 준다. 따라서, GMR, TMR에서 자기저항비의 크기를 향상시킬 수 있도록 스핀분극도가 높은 재료 즉 페르미 에너지 준위에서 스핀분극도가 100%인 half metallic 재료에 관한 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 본 연구에서는 Ar과 O₂의 혼합가스를 이용한 Reactive sputtering 방법으로 상온에서 half metallic ferromagnetic Fe₃O₄ 을 제작하여 결정구조 및 자기적, 전기적 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

DC 마그네트론 스퍼터에서 Fe 타겟을 이용하여 Reactive sputtering 방법으로 Si 기판과 열산화막이 200nm 존재하는 SiO₂ 기판위에 Fe oxide을 제작하였다. Fe oxide 형성방법은 상온에서 DC power 60W, 70W에서 Ar의 유량은 30 sccm으로 고정시킨 후 O₂ 유량을 0~2 sccm 까지 미세량을 변화시키며 reactive sputtering 하였다. XRD를 측정하여 결정구조 분석, Four point probe를 이용하여 비저항 및 자기저항 특성 분석, VSM으로 M-H curve를 측정, SEM을 사용하여 계면분석을 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 DC power 60 W에서 Ar, O₂ 유량에 따른 XRD peak을 나타내고 있다. O₂ 유량에 따른 Fe oxide 상변화를 보면 O₂가 0~0.4 sccm 일 때 Fe peak, 0.8 sccm 일 경우 FeO peak이 관측되었다. 특히, O₂ 유량이 1.2 sccm 일 때 Fe₃O₄ 주 peak (220),(311),(400),(511),(440) 나타났으며, 1.6~2.0 sccm 에서는 Fe₂O₃ peak이 관측되었다.

Fig.2는 70 W에서 Fe oxide 상변화를 나타낸 XRD 측정 결과이다. 이 결과를 보면 O₂ 유량 증가 시, Fe oxide 상변화는 60W에서 측정된 결과와 유사했으나, O₂ 유량 1.6 sccm 에서 Fe₃O₄ peak이 관측되었다.

Fig.3과 Fig. 4는 60W·70W에서 Fe₃O₄ 상온비저항과 M-H curve을 측정한 결과이다. 60W에서 제작된 Fe₃O₄는 타 문헌의 상온비저항($\sim 0.4 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$), 보자력($\sim 245 \text{ Oe}$) 및 포화자화($\sim 254 \text{ emu/cc}$)값과 유사하게 나타났다.[2],[3]. O₂ 유량에 따라 비저항 변화율이 갑자기 증가하는 원인은 상온에서 절연체 성질을 가지는 Fe₂O₃ 때문이다.

이로써 Ar 유량을 고정하고, O₂ 유량을 증가시킴으로써 확실한 Fe oxide 상변화를 관측하였으며, 분석 결과 상온에서 half metallic ferromagnetic Fe₃O₄ 제작 가능하였다.

4. 결론

상온에서 Fe target에 Ar 유량 고정, O₂ 유량을 변화한 reactive sputtering 방법으로 half metallic ferromagnetic Fe₃O₄ 제작하였다. 미세한 O₂ 유량 변화에 따른 Fe oxide의 뚜렷한 상변화를 관측하였고, 이는 half metallic ferromagnetic Fe₃O₄ 제작에 있어서 O₂ 유량이 결정구조, 자기적 및 전기적 성질을 변화시키는 지배적인 요인임을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] Susumu Soeya, Jun Hayakawa, etc., Appl. Phys. Lett. 80, 823 (2002).
- [2] Y. K. Kim, M Oliveria, J. Appl. Phys. 75, 431 (1994).
- [3] J. M. D. Coey, A. E. Berkowitz, F. F. Putris, F. T. Parker, Appl. Phys. Lett. 72, 734 (1998).

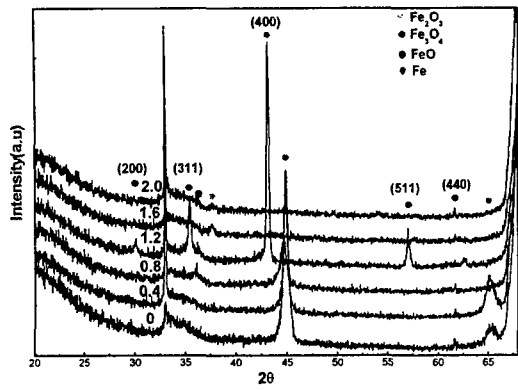


Fig. 1. XRD patterns changes as a function of O₂ flow rate at room temperature, DC power was 60W

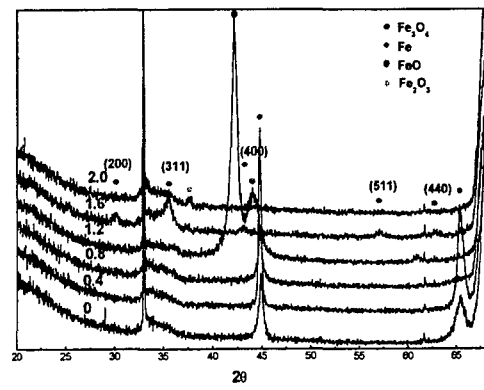


Fig. 2. XRD patterns changes as a function of O₂ flow rate at room temperature, DC power was 70W

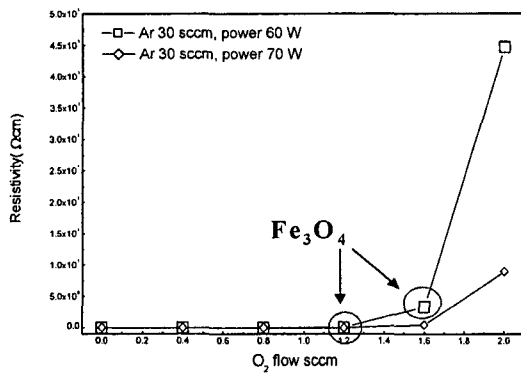


Fig. 3. Resistivity variations as a function O₂ flow rate at RT.

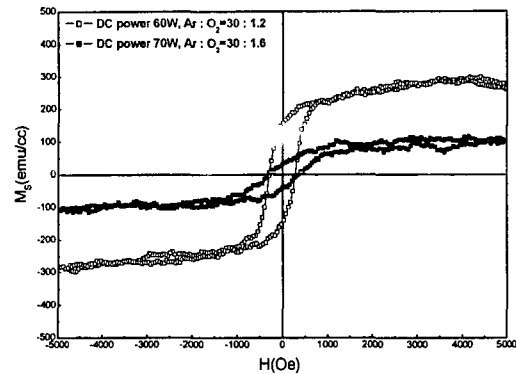


Fig. 4. M-H curve of Fe₃O₄ at RT