

4

Pulsed laser deposition으로 증착된 Magnetite (Fe_3O_4) 자성체 박막의 물리적 성질 연구

최홍석, 노 태원
서울대학교 물리학과

Fe_3O_4 은 상온에서 ferrimagnetism을 나타내는 자성체로서 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 와 함께 고밀도 자기 기록체로의 응용가능성이 높은 물질이다. 또한, Fe_3O_4 는 Fe^{2+} 와 Fe^{3+} 의 mixed valence를 가진 inverse spinel이라는 복잡한 구조를 이루고 있으며, 120 K 정도에서 소위 Verwey transition으로 알려져 있는 metal-insulator transition을 하기 때문에 그 물리적 성질에 대한 관심이 매우 높은 물질이다.

Fe_3O_4 박막의 증착에는 evaporation, sputtering, MBE 등의 방법이 주로 시도되어 왔다. 이 방법들은 산화에 따른 화학양론의 변형을 조절하여 우수한 Fe_3O_4 박막을 합성하는 데에 많은 어려움을 겪어 왔다. 따라서 우리는 최근에 우수한 박막 증착법으로 각광받고 있는 pulsed laser deposition (PLD)을 이용하여 Fe_3O_4 박막을 증착하였다. 본 연구에서는 PLD를 이용하여 deposition chamber 내의 분위기, 증착시의 기판의 온도, 열처리 조건을 변화시키면서 증착된 Fe_3O_4 박막의 구조적 성질과 전기 및 자기적 성질에 대하여 연구하였다.

Fe_3O_4 박막은 Q-switched Nd:YAG 레이저의 여러 파장을 이용하여 MgO 위에 *in situ*로 증착되었다. 타겟트는 Fe_3O_4 단결정과 고상반응법으로 만든 세라믹스를 사용하였다. 기판의 온도는 150 °C에서 450 °C까지 변화시켰고, 산소분압은 수백 mTorr에서 10^{-5} Torr 까지 조정하였다. 기체의 분위기에 따라 여러 상들 (Fe, FeO, Fe_3O_4 , $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)의 grain들이 생성되므로, 균일한 상의 박막을 만들기 위하여는 박막의 증착 및 사후 열처리 시 적절한 기체 분위기를 사용하는 것이 매우 중요하다. 따라서, 우리는 산소, 아르곤 등의 기체를 사용하여 기체 분위기를 조절하였으며, 이에 따른 박막의 성질 변화를 연구하였다.

박막의 구조적 성질을 조사하기 위하여, X선 회절법 (θ -2 θ scan, rocking curve 및 pole figure)을 이용하였다. 증착에 사용된 기판은 MgO(001)이었으며, 이 물질의 격자상수는 Fe_3O_4 의 격자상수 8.398 Å의 절반인 4.212 Å으로 lattice mismatch가 1% 이내이기 때문에 Fe_3O_4 박막의 기판으로 적합하지만, Fe_3O_4 의 (00, 2m) reflection이 MgO 기판의 (00m) reflection과 거의 같기 때문에 일반적으로 이용되는 θ -2 θ scan으로는 Fe_3O_4 상을 직접 확인하기 어려웠다. 따라서, 우리는 그림 1과 같이 rocking curve를 이용하여, Fe_3O_4 상이 잘 배열된 성장을 한다는 사실을 확인할 수 있었다.

증착된 박막의 전기저항을 온도에 따라 측정하였다. 그림 2와 같이 약 120 K 근처에서 저항이 갑자기 증가하는 변화를 관측할 수 있었으나, 단결정이나 세라믹 시료에서 관측된 metal-insulator transition은 관측되지 않았다. 본 연구에서는 기체 분위기와 박막의 전기적, 자기적 성질들의 상관 관계에 대하여 논하고자 한다.

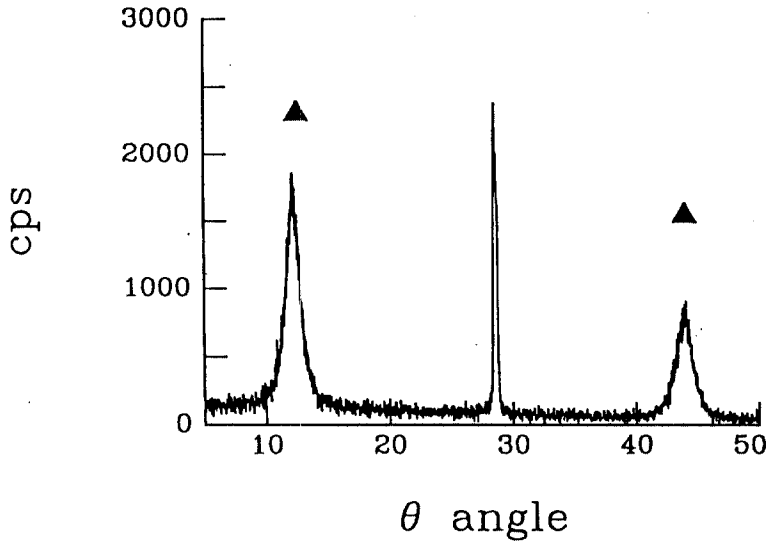


그림 1. Fe_3O_4 박막의 (115) 면에 의한 rocking curve($2\theta = 56.94^\circ$)

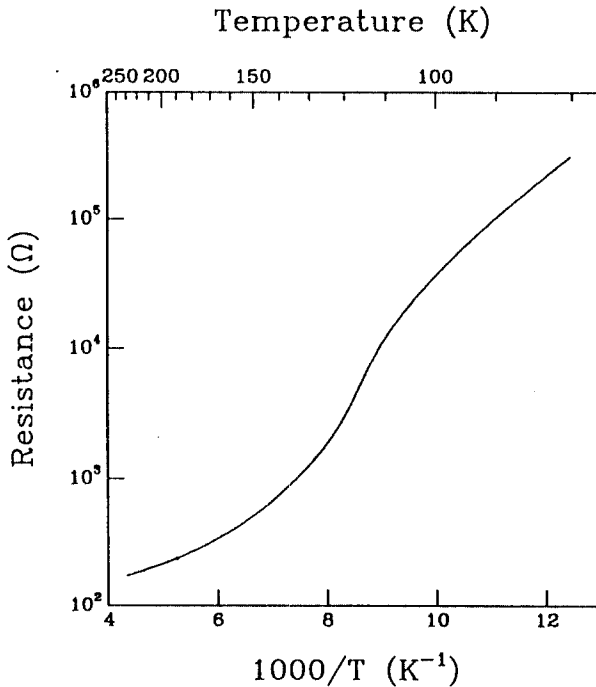


그림 2. Fe_3O_4 박막의 온도-저항 곡선