

# Pulsed Laser Deposition을 이용한 $Zn_{0.4}Fe_{1.6}O_3$ 박막 합성과 그 결정구조 및 자기적 특성의 연구

장안나\*, 박창엽<sup>1</sup>, 송종현

충남대학교 물리학과, 대전광역시 유성구 궁동 220번지

<sup>1</sup>카이스트 물리학과, 대전광역시 유성구 구성동 373-1번지

## 1. 서론

최근 들어 전자의 스핀자유도를 활용한 스핀트로닉스(spintronics) 분야에 대한 관심이 높아지면서 전기전도성과 자성을 동시에 지니는 자성반도체에 관한 연구가 다양하게 진행되어지고 있다. 전자의 수송 특성에 스핀자유도를 추가시키는 방법으로는 자성물질로부터 스핀자유도를 지닌 전자를 비자성 물질인 반도체에 투입시키는 방법과 비자성 반도체에 전이 금속 산화물을 치환함으로써 전자가 스핀 분극 특성을 띠게 하는 방법이 있으며 후자의 경우 스핀트로닉스 소자로 응용하기에 충분한 전기적, 자기적 특성을 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다[1]. 본 연구에서는 이러한 물질중의 하나인  $Zn_{0.4}Fe_{1.6}O_3$ 의 박막을 Pulsed Laser Deposition 방법을 이용하여 제조하였으며 제조 조건에 따른 결정학적 및 자기적 특성을 조사하였다.

## 2. 실험방법

$Zn_{0.4}Fe_{1.6}O_3$  박막 제조는 다음과 같다. 레이저 광원은 KrF Pulsed excimer laser ( $\lambda = 248$  nm)를 사용하였으며 Laser power는 1.5W, 진동수 2Hz로 고정하였다.  $5 \times 10^{-6}$ Torr의 Base Pressure에서 30분간 증착하였으며 이때 기판온도를 300°C와 500°C로 제어하여  $Al_2O_3(0001)$ 기판 위에 박막을 성장시켰다. 이렇게 제조된 박막의 결정학적 특성을 확인하기 위하여 Cu-K $\alpha$ 1 선을 이용하는 X-ray diffraction (XRD)을 이용하였으며, 자기적 특성을 확인하기 위하여 Alternating Gradient Magnetometer (AGM), 증착된 박막의 두께측정을 위해 Scanning Electron Microscope (SEM)을 이용하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

증착시 300°C, 500°C의 기판 온도에서 증착된  $Zn_{0.4}Fe_{1.6}O_3$  박막의 결정학적 특성을 알아보기 위하여 x-선 회절 분석을 하였으며 이는 그림 1(a)에서 보는 바와 같다. 기판온도 300°C에서 증착시킨 박막의 경우 결정구조는  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ 와 유사하였으며 결정 성장 방향은 기판에 수직인 방향으로 (104), (208)로서 이중 결정방향성을 지니고 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 그림 2(b)에서 보는 바와 같이 기판의 온도를 500°C로 높여주었을 경우에는  $Fe_3O_4$ 의 결정구조로 바뀌어 지는데, 이때 특히 기판온도가 300°C일 경우와는 달리, 결정의 방향성이 (111)의 단일 방향성으로 바뀌게 된다.

그림 2는 기판온도 변화에 따른 자기적 특성의 변화를 보여준다. 그림에서 보는 바와 같이 기판온도가 300°C일 때와 비교하여 500°C일 경우에는 포화자화량이 약 100배 정도 증가하는 것으로 나타난다. 이는  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ 의 결정구조에서  $Fe_3O_4$  결정구조로 결정성이 변화함에 따라 반강자성특성을 갖는  $\alpha$ - $Fe_2O_3$ 의 자성 특성으로부터 준강자성인  $\gamma$ - $Fe_2O_3$  또는  $Fe_3O_4$ 의 자성특성으로 변화하기 때문인 것으로 해석할 수 있다.

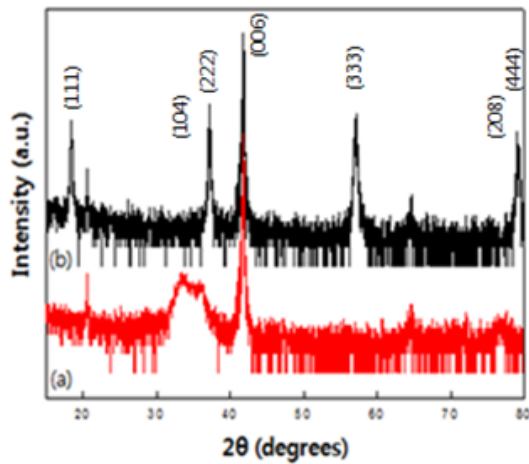


Fig1. 기판 온도에 따른 X-ray diffraction patterns (a) $T_{sub}=300^{\circ}C$  (b) $T_{sub}=500^{\circ}C$

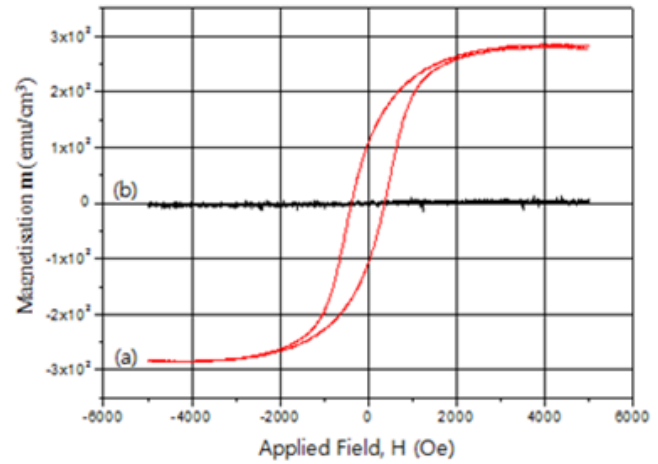


Fig2. 기판 온도에 따른 Magnetic Moment (a) $T_{sub}=500^{\circ}C$  (b) $T_{sub}=300^{\circ}C$

## 5. 결론

Pulsed Laser Deposition 방법을 이용하여 강자성 반도체  $Zn_{0.4}Fe_{1.6}O_3$ 를  $Al_2O_3(0001)$ 에 증착하였으며 이들 박막들의 결정학적, 그리고 자기적 특성을 측정하였다. 박막 증착시 기판의 온도의 변화에 의한 결정학적, 자기적 특성을 확인하기 위하여 X-ray diffraction (XRD), Alternating Gradient Magnetometer (AGM), scanning electron microscope (SEM)을 이용하였으며, X선 회절을 분석한 결과 증착 온도가  $300^{\circ}C$ 에서  $500^{\circ}C$ 로 증가함에 따라  $\alpha-Fe_2O_3$ 상에서  $Fe_3O_4$ 상으로의 변화를 보았으며 상의 변화에 의한 자기적인 성질 차이에 의해 포화자화 (Saturation magnetization) 100배의 증가를 보았다. 이는 기판의 온도가  $Zn_{0.4}Fe_{1.6}O_3$ 를 박막의 결정성 및 자기적 특성을 결정짓는 중요한 요소임을 보여준다.

## 6. 참고문헌

- [1] G. Prinz, K. Hathaway, Phys. Today 48, 24 (1995).