

## PLD를 이용한 $\text{HoMn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$ 박막 제조 및 후방 산란형 Mössbauer 분광 연구

최동혁\*, 방봉규, 김성백, 김철성  
국민대학교 물리학과

### 1. 서론

Hexagonal  $\text{RMnO}_3$  ( $R=\text{Y, Tb, Ho}$ ) 구조는 강자성 특성과 강유전성 특성을 동시에 가진 multiferroic 물질로 잘 알려져 최근 많은 연구가 진행되고 있다 [1]. 이러한 multiferroic 물질에 대한 강유전적 및 자기적 성질의 연구는 단결정 시료 또는 다결정 분말 시료를 대상으로 이루어지고 있으나, 향후 그 multiferroic 성질을 차세대 메모리 분야 및 센서분야 등의 응용분야에 적용하기 위해서는 thin film 형태의 시료에서 Bulk 특성에 버금가는 성질이 재현되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 Hexagonal  $\text{RMnO}_3$  ( $R=\text{Y, Tb, Ho}$ ) 구조 중 Pulsed Laser Deposition (PLD) 방법을 통하여 Mn 자리에  $^{57}\text{Fe}$ 를 미량 치환한  $\text{HoMn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$  ( $x=0.0, 0.01, 0.05$ ) 박막을 단일상으로 제작하였고, x-선 회절기 (XRD), 원자현미경 (AFM), 진동자화율측정기 (VSM), 및 후방 산란형 피스바우어 분광기 (CEMS; conversion electron mössbauer spectroscopy)를 이용하여, 증착된 박막의 결정학적 및 자기적 특성에 관한 연구를 수행하였다.

### 2. 실험방법

박막 증착에 사용된 타겟은 고상반응법으로 자체 제작하였으며, 제작 조건으로는 고순도 (99.99 % 이상)의  $\text{Ho}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $^{57}\text{Fe}_2\text{O}_3$  분말을 적정 당량비로 혼합하여 1400 °C에서 최종 열처리 함으로써 직경 1 inch 크기의 단일상 target으로 제작하였다 [1]. 박막 증착에 이용된 PLD 시스템은 NANO PVD (미국)사에서 제작된 시스템을 이용하였으며, 레이저는 Lamda Physik사에서 제작된 장비로써, 248 nm의 파장을 가진 KrF eximer 레이저를 이용하였다. 출력 주파수 및 전압은 13 Hz, 26 kV를 인가하였으며, 균일한 박막을 제조하기 위하여 기판과 target과의 거리는 3.5 cm 로 고정하였다. Target과 기판은 회전하는 동시에 60 분간 증착하였으며, 사용된 기판으로써 1 X 1 cm 크기의 Pt 기판을 사용하였다. 또한 단일상의  $\text{HoMn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{O}_3$  ( $x=0.0, 0.01, 0.05$ ) 박막 증착을 위하여 산소분압 및 기판온도 등의 공정변수를 주었으며, 기본 진공도  $7.0 \times 10^{-7}$  Torr, 기판온도 700 °C 에서 최종 단일상의 박막을 제작하였다

### 3. 실험결과 및 고찰

$\text{HoMn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$  박막 시료에 대한 x-선 회절도를 Fig. 1에 나타내었다. 분석결과 단일상의 hexagonal 구조로 분석되었으며, 격자 상수는  $a_0 = 6.085$ ,  $c_0 = 11.398 \text{ \AA}$  으로 분석되어 target 의 격자상수  $a_0 = 6.139$ ,  $c_0 = 11.403 \text{ \AA}$  보다 a-축이 c-축보다 상대적으로 많이 감소함을 보인다. 이는 증착에 사용된 Pt (111) 박막의 Lattice mismatch 의 영향으로 판단된다. 또한 증착된  $\text{HoMn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$  박막은 (110) 면으로 우선배향성을 가지고 성장하였음을 확인할 수 있다.

상온에서  $\text{HoMn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$  박막의 후방산란형 Mössbauer 스펙트럼을 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에 보이는 것과 같이 상자성 상을 나타내는 2 line의 스펙트럼이 관측되었고 [1], 또한 스펙트럼에서 전기사중극자 분열값이 1.6 mm/s 로 0 mm/s에서 크게 벗어남을 볼 수 있었다. 이는 결정학적으로

Fe 이온이 산소 음이온과 결합하는 과정에서 양이온과 음이온의 분포에 대칭성이 깨져, Fe 주변의 이온분포가 결정학적으로 비대칭 구조를 가짐으로 해석할 수 있었다. 한편, 이성질체 이동값으로부터 Fe이온이 +3가의 이온임을 확인할 수 있다.

원자현미경 (AFM)을 이용하여  $\text{HoMn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$  박막의 표면 이미지 및 Roughness를 측정하였고, 진동자화율시료 측정기 (VSM)을 이용하여 박막의 거시적 자기적 특성을 측정하였다.

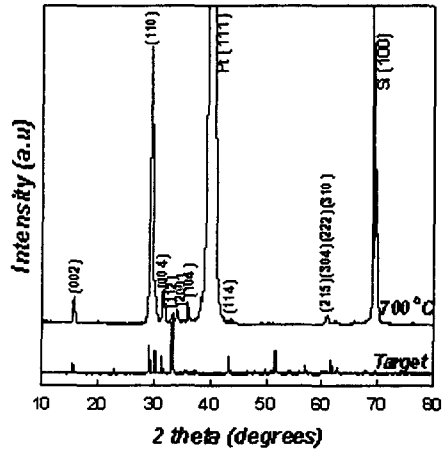


Fig. 1. XRD patterns for  $\text{HoMn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$  target and thin film.

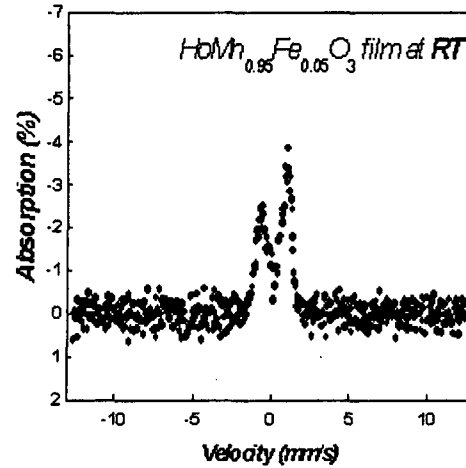


Fig. 2. Mössbauer spectrum of  $\text{HoMn}_{0.95}\text{Fe}_{0.05}\text{O}_3$  thin film.

#### 참고문헌

- [1] Sung Baek Kim, Bok Yeon Kum, and Chul Sung Kim, 한국자기학회지, 15(2), 113(2005).