

PLD를 이용한 double perovskite $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 박막 제조

(Preparation of double perovskite $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ thin films by pulsed laser deposition)

국민대학교 물리학과 김지훈, 김삼진, 심인보, 김철성

외국어대학교 물리학과 이보화

1. 서론

Double perovskite $\text{A}_2\text{BB}'\text{O}_6$ 계 물질은 일반적인 perovskite 구조의 B-site에 두 종류의 전이금속 원자가 초격자를 이루고 있는 구조로 한 종류의 전이금속 원자로 이루어진 Mn 산화물보다 열적으로 안정할 뿐만 아니라 비교적 높은 자기저항 효과를 보인다. 또한 기존의 망간 산화물보다 상온 소자로 응용이 가능한 높은 온도와 낮은 외부 자기장 하에서도 좋은 Switching field를 나타내고 있어 CMR 소자분야 뿐만 아니라 자성 반도체 분야에도 높은 응용 가능성이 있는 것으로 연구되었다. 이러한 물질의 제조 과정에 있어 주로 직접합성법으로 만든 분말시료에 관한 연구가 진행되어왔다.

최근 자기저항 소자의 응용 가능성을 높이기 위해 double perovskite계 물질들을 펄스 레이저 증착법(PLD)으로 박막을 제조하여 그 결정학적 자기적 특성에 관한 연구가 진행되고 있다.[1]

본 연구에서는 double perovskite계 물질 중 처음으로 CMR 현상이 관측되었으며 $T_C(420 \text{ K})$ 가 상온보다 높고, 자기저항효과가 가장 크게 나타나는 $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 시료를 타겟으로 하여, 다결정 Al_2O_3 , 단결정 SrTiO_3 , MgO 각각의 기판위에 펄스 레이저 증착법(PLD)으로 박막을 제조하였다.

2. 실험방법

Double perovskite $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 물질의 타겟 제조를 위해 고 순도의 SrCO_3 , Fe_2O_3 , MoO_3 분말을 출발물질로 사용하여 해당시료에 따라 적정당량비로 혼합한 후 $\text{H}_2(5 \%) / \text{Ar}$ 혼합 가스 분위기 $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 6시간 하소 공정을 수행하였다. 이를 마노에 곱게 갈고 유압 press를 이용하여 원통형의 모양으로 성형한 후 $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 에서 6시간동안 동일한 가스 분위기로 소결 공정을 수행하여 타겟을 제조하였다. Double perovskite $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 물질을 증착시키기 위하여 다결정 Al_2O_3 , 단결정 SrTiO_3 , MgO 기판($1 \times 1 \text{ cm}$)을 사용하였다. 3개의 2인치 타겟을 장착할 수 있는 PLD system은 기본 진공도가 1×10^{-7} Torr 이었다. 박막 제조시 타겟과 기판을 각각 10, 30 RPM으로 회전시켜 플룸의 크기를 일정하게 유지하여 균질한 박막을 제조하였다. KrF pulsed excimer laser ($\lambda = 248 \text{ nm}$)를 사용하였으며, 증착온도 $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 를 유지하면서 5×10^{-6} Torr의 진공상태에서 증착하였다. 이렇게 제조된 박막을 XRD, VSM, AFM, SEM을 이용하여 결정학적 및 자기적 성질과 각각의 기판위에 증착된 시료의 표면을 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

펄스 레이저 증착법(PLD)은 타겟에 형성된 레이저 초점의 크기가 작기 때문에 작은 크기의 타겟을 사용하여 박막을 증착할 수 있다는 장점이 있다. 박막 제조시 사용된 타겟의 크기는 직경 1.2 cm 였다. 모든 박막은 기판과 타겟 사이 거리를 4 cm로 고정 시키고, 레이저 출력에너지를 170 mJ로 유지하였다. 이때 증착률은 $40 \text{ } \text{\AA}/\text{min}$ 이었으며, 증착시간을 조절하여 두께가 약 2000 \AA 인 박막을 제조하였다. SEM 단면측정을 수행하여 박막의 두께가 약 2000 \AA 임을 확인할 수 있었다. 버퍼 가스를 사용하지 않고 다결정 Al_2O_3 기판과 단결정 MgO , SrTiO_3 기판위에 증착된 박막에서 $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 상을 확인하였다. 증착시 온도는 $800 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 모든 시료는 후열처리를 하지 않았다. 이것으로 타겟의 물질이 다른 공정 없이 기판위에 증착 될 수 있다는 것을 알 수 있다. 모든 박막은 VSM 실험결과 상온에서 hysteresis를 보였다. 이는 박막이 상온에서도 자기적 특성을 유지하고 있다는 것을 알 수 있으며, 자기저항소자로서 응용가능성이 있다는 것을 의미한다. AFM 측정결과 SrTiO_3 와 MgO 기판 중에서 SrTiO_3 사용하여 증착시킨 박막에서 가장 좋은 표면의 특성을 확인할 수 있었다. 이는 SrTiO_3 기판의 격자상수(3.89 \AA)가 MgO 기판의 격자상수(4.21 \AA)보다 $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 격자상수(7.88 \AA)와 가까워

lattice miss match가 작기 때문인 것으로 판단된다. AFM을 이용한 표면 거칠기 분석 결과 SrTiO₃와 MgO 기판의 표면의 R_{rms} 값은 각각 112 Å, 135 Å임을 알 수 있었다.

4. 결론

Double perovskite Sr₂FeMoO₆ 물질을 펄스 레이저 증착장비(PLD)를 이용하여 박막을 제조하였다. X-ray 측정결과 Sr₂FeMoO₆ 결정상을 확인하였다. SEM 측정결과 다결정 Al₂O₃, 단결정 MgO와 SrTiO₃ 기판위에 증착된 박막의 입자 크기는 Al₂O₃기판위에 증착된 박막이 50 nm로 가장 크다는 것을 알 수 있었다. 모든 박막시료는 상온에서 hysteresis를 보였다. AFM을 이용한 표면 거칠기 분석 결과 SrTiO₃ 기판위에 증착한 박막에서 가장 좋은 표면 상태를 확인하였다. 이는 기판과 Sr₂FeMoO₆ 사이의 lattice miss match가 가장 작기 때문으로 판단된다.

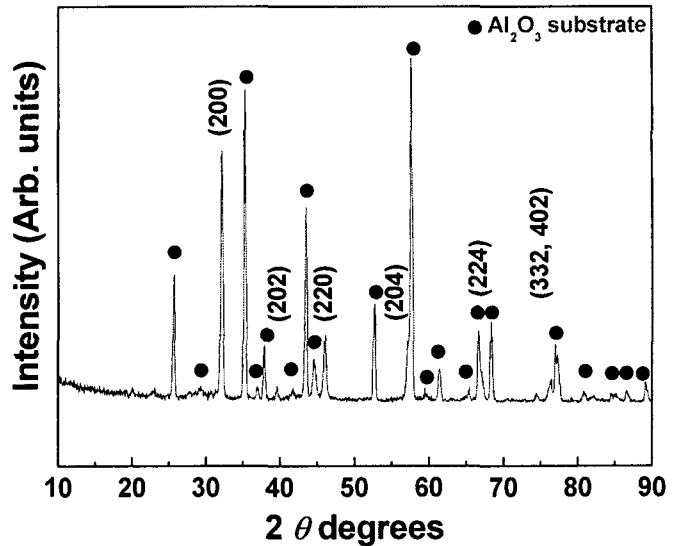


그림 1. Al₂O₃ 기판위에 올린 SFMO 물질의 XRD data

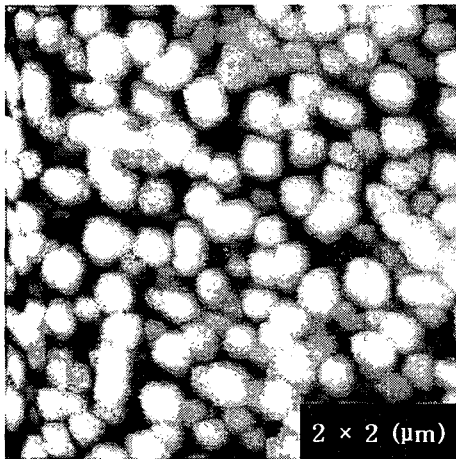


그림 2. MgO 기판에 올린 SFMO 물질의 AFM data

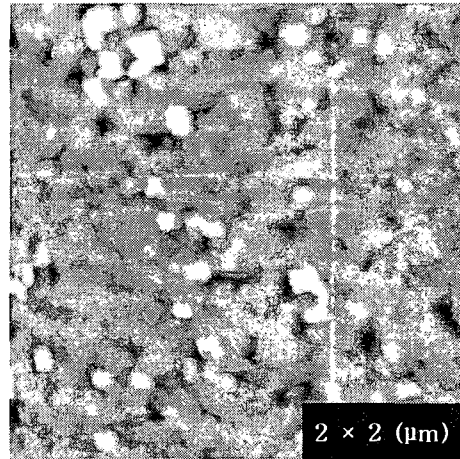


그림 3. SrTiO₃기판에 올린 SFMO 물질의 AFM data

5. 참고문헌

- [1] A. Venimadhav, Falak Sher, J.P Attfield, M.G Blamire Journal of Magnetism and Magnetic Materials 101-105 **269** (2004)
- [2] A. Venimadhav, M.E Vickers, M.G Blamire solid state communications 631-636 **130** (2004)
- [3] S. R. Shinde, S. B. Ogale, R. L. Greene, and Venkatesan Journal of Applied Physics **3 93** (2003)
- [4] R.P. Borges, S. Lhostis, M.A. Bari, J.J. Versluijs, J.G. Lunney, J.M.D Coey, M. Besse, J.-P Contour thin solid films 5-12 **426** (2003)