

Mo-doped In₂O₃에서의 자기적 특성 연구

박창엽*, 조영훈¹, 박승영¹, 윤정범¹, 조재훈¹, 신성철

대전광역시 유성구 구성동 과학로 305-701 한국과학기술원(KAIST) 물리학과, 스핀정보물질연구단

¹대전광역시 유성구 과학로 305-764 한국기초과학지원연구원(KBSI), 양자물성연구팀

1. 서론

Mo는 4d 전이 금속으로써 벌크상에선 비자성 물질이지만, Mo가 In₂O₃의 In자리를 치환하면 자성을 가질 수 있다는 이론적 예측으로부터 우리는 Mo-doped In₂O₃의 자성특성에 대해 연구했다.

2. 실험방법

샘플을 pulsed laser deposition (PLD)을 이용하여 3 mtorr의 고진공하에서 (100) MgO 위에 증착 온도를 450°C로 하여 제작한다. 샘플제작에 이용한 타겟은 순수 In₂O₃ (99.99% 순도), 3%, 5% Mo-doped In₂O₃ (99.95% 순도)를 썼다. KrF 엑시머 레이저($\lambda=248\text{nm}$)를 이용하여 타겟을 식각했는데, 양질의 샘플을 얻기 위해 레이저 발진률을 2Hz로 하고 에너지 밀도를 0.3J/cm²로 고정했다. 샘플제작시에 타겟은 비교적 큰덩어리의 식각된 물질이 쌓이는 것을 방지하기위해 회전을 시켰다. 이런 조건하에 증착률은 약 0.5 Å/s였다.

3. 실험결과

그림 1은 순수, 3%, 5% Mo-doped In₂O₃의 300 K에서의 M-H 곡선들이다. 측정된 모든 샘플의 두께는 100-nm 이고 증착시에 산소를 흘리지 않았다. 모든 샘플에서 분명히 이력적 거동을 그림을 통해 확인함으로써 측정된 모든 샘플에 강자성이 존재함을 확인 할 수 있다. 그리고 그림 1에서 측정된 모든 샘플의 큐리 온도는 300 K보다 높다는 것을 M-T측정을 통해 확인했다. 일반적으로 산화물질의 강자성은 산소공공에 기인하는데, 이를 확인하기위하여 우리는 산소공공의 개수를 줄이기 위해 챔버내에 산소 분위기를 조성하여 진공을 0.2 mTorr로 만들고 순수 In₂O₃를 제작하여 비교하였다. 그리고 이렇게 제작한 샘플의 M-H 곡선 결과는 예상대로 강자성적 특성이 없어졌다는 것이었다. 그림1에서 흥미로운 것은 Mo가 5% 내에서 증가하며 도핑되었을 때는 포화자화와 잔류자화량이 증가한다는 것이다.

4. 고찰

순수 In₂O₃의 포화자화값은 1.4 emu/cc 인데 반해 5% Mo-doped In₂O₃의 포화자화값은 이보다 약 5배에 해당하는 6.6 emu/cc이다. 우리는 이 포화자화값의 증가가 산소공공에 의한것이 주가 아님을 확인하기 위해 5% Mo-doped In₂O₃를 산소 분위기에서 위치럼 0.2 mTorr의 진공하에서 제작하였다. 그리고 3 mtorr에서 만든 5% Mo-doped In₂O₃와 비교하여 보았는데 그 결과가 그림 2에 나타나 있다. 그림 2에 따르면 산소분위기에서 만든 샘플은 그렇게 만들지 않은 샘플에 비해 잔류자화값과 포화자화값이 약 10% 정도만 감소했음을 알 수있다. 이것은 5% Mo-doped In₂O₃의 강자성의 주된 원인이 산소공공이 아니란 것을 의미한다. 그리고 이결과는 산소공공에 의해 강자성이 지배되는 순수 In₂O₃와는 다른 양상이다. 우리는 Mo-doped In₂O₃의 포화자화값 상승은 Mo이온이 In자리의 일부를 치환했기 때문이라 생각한다.[1]

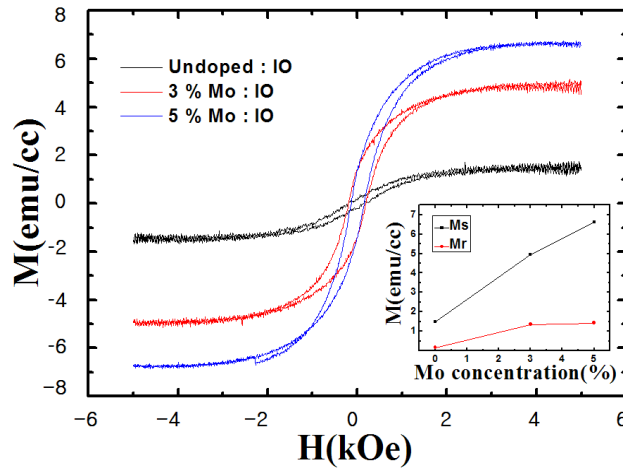


그림1. 5 % Mo-doped In₂O₃, 3% Mo-doped In₂O₃, 순수 In₂O₃ 샘플에서의 M-H 곡선들.

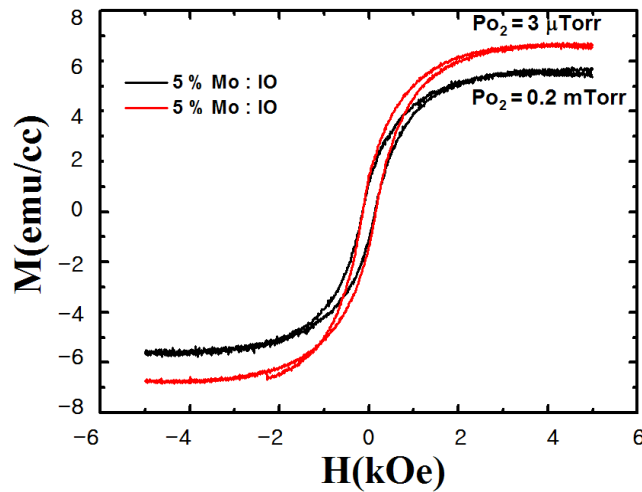


그림2. 3 mTorr와 2 mTorr에서 제작한 5 % Mo-doped In₂O₃의 M-H 곡선비교.

5. 결론

우리는 PLD 방식으로 (100) MgO 기판위에 상온에서 강자성 특성을 보이는 Mo-doped In₂O₃를 만들었다. 순수 In₂O₃ 샘플의 강자성은 산소공공의 갯수에 아주 민감한 반응을 보인 반면, Mo-doped In₂O₃는 그렇지 않았다. 그래서 우리는 Mo-doped In₂O₃의 강자성은 In 자리를 일부 치환한 Mo이온에 기인한 것이라 생각한다.

6. 참고문헌

[1] J. E. Medvedeva, Phys. Rev. Lett. 97,086401(2006).