

# 강자성/반강자성 복합박막 $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3(x=0.55)$ 에서 교환바이어스 현상과 트레이닝 효과

김병건\*, 기상훈, 도중희

경북대학교 물리학과, 대구시 북구 산격3동 702-701

## 1. 서론

페로브스카이트 구조 망간 산화물인  $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_3(x\sim 0.55)$ 는 온도변화에 따라 자기적 상전이를 가지고 있는데 온도가 감소함에 따라 상자성에서 강자성으로, 강자성에서 다시 반강자성으로 상전이가 일어나는 것으로 알려져 있다. 이 때 반강자성의 스핀 구조는 A-type 형태로 알려져 있다[1]. A-type의 반강자성 스핀 구조는 표면에서 비상쇄(uncompensated)된 형태를 가지며, 교환상호작용을 크게 유도할 수 있을 것으로 기대된다. 주로 이중 박막과 다중 박막의 경계면에서 일어나지만, 최근에는 단일 복합박막에서도 교환 바이어스 현상이 발생할 수 있는 경우가 꾸준히 보고되고 있다[2]. 복합박막의 경우, 강자성과 반강자성, 혹은 또 다른 상의 물질이 나노 크기에서 공존하기 때문에 스핀-스핀 교환상호작용이 더욱 크게 발현될 것으로 기대된다.

## 2. 실험방법

이번 실험에서는  $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_3(x=0.55)$  단일 박막 물성을 연구 하였는데, 펄스 레이저 증착(PLD)법을 이용하여 기판 LSAT 위에  $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_3(x=0.55)$ 를 증착시켰으며 X선 회절 방법(XRD)을 이용하여 결정성을 확인하였다. 온도와 외부 자기장에 따른 저항을 측정하였고 초전도 양자간섭 소자(SQUID)자력계를 이용하여 자기적 특성을 측정하였다.

## 3. 실험결과

XRD 측정을 통하여 20mTorr에서 LSAT 기판 위에 증착된 LSMO ( $x=0.55$ ) 박막은 결정성이 우수한 에픽택시 박막임을 확인하였다. 온도에 따른 저항과 자화도 측정을 통하여 160 K이하에서 강자성과 반강자성이 공존하는 자기적 혼합상태임을 알 수 있었다. 자기장 하에서 냉각된 시료는 80 K 이하에서 교환바이어스 현상을 보였으며, 150 K 이하에서 보자력의 증가가 관측되었다. 자기장 냉각 후 저온에서 반복적으로 자기저항곡선을 측정한 결과, 뚜렷한 트레이닝 효과를 관측하였으며 외부 자기장이 5 kOe일 때 수렴하는 HC와 HEX가 가장 큼을 확인하였다. 이러한 실험결과로부터, 반강자성체와 강자성체가 공존하는 상태를 갖는 단일 LSMO 박막에서도 반강자성 스핀과 강자성 스핀의 교환상호작용에 의해 교환바이어스와 보자력의 증가가 발생됨을 알 수 있다.

## 4. 결론

강자성과 반강자성의 혼합상태를 갖는  $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_3(x=0.55)$  단일 박막에서 약 490 Oe의 교환 바이어스와 약 800 Oe보자력이 관측되었으며, 벌크 상태와 다른 상전이를 나타내었다.

## 5. 참고문헌

- [1] J. Dho et al., Phys. Rev. Lett. **87**, 187201 (2001).  
[2] B. M. Wang and Y. Liu et al., Phys. Rev. Lett. **106**, 077203 (2011).