

Photo-control of exchange bias in epitaxial BiFeO₃/(La,Sr)MnO₃ thin films

성길동¹, 이태권¹, 정종훈^{1,*}

¹인하대학교 물리학과

1. 서론

상온에서 강유전성과 반강자성이 동시에 존재하고 이들 사이에 결합이 존재하는 BiFeO₃를 이용한 응용 중 에서 가장 가능성이 있는 것 중의 하나가 전기장을 이용하여 BiFeO₃와 강자성 금속 사이의 교환 상호 작용을 제어하는 것이다 [1]. 현재까지 이러한 전기장에 의한 교환바이어스의 제어는 주로 BiFeO₃/CoFe(B) 다층 박막 에 대해 이루어졌다. 이러한 다층 박막의 연구를 통해 밝혀낸 것은 BiFeO₃ 박막의 109 ° 강유전체 도메인이 교환바이어스에 큰 영향을 미친다는 것이다. 반면 BiFeO₃/(La,Sr)MnO₃ 다층 박막의 경우, 교환 바이어스에 영 향을 미치는 것은 인터페이스에 있는 Fe-Mn 오비탈의 혼성이라는 것이 밝혀졌다.

이러한 교환바이어스에 대한 연구 폭을 넓히기 위해서는 외부의 전기장 이외에 다른 방법을 이용하여 제어 할 수 있는 방법을 모색하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 BiFeO₃/(La,Sr)MnO₃ 다층 박막에서 레이저 빛을 이용하여 교환 바이어스를 제어 할 수 있음을 실험적으로 보였고, 이를 SrTiO₃ 기판에서 빛에 의한 전하의 주 입으로 설명할 수 있었다.

2. 실험

펄스 레이저 증착법을 이용하여 SrTiO₃ 기판위에 (La,Sr)MnO₃ 박막과 BiFeO₃ 박막을 ex-situ 방법을 통해 에피 성장에 성공하였다. 성장된 박막은 x-선 회절, SEM, TEM 실험을 통해 격자 및 미세구조를 연구하였다. 레이저 다이오드를 이용하여 시료 전체에 빨간색의 빛을 비추고, 외부 자기장에 따른 저항을 온도에 따라 수행 하였다.

3. 결과

그림 1은 빨간색의 빛을 비추었을 경우, 자기 저항을 25 K에서 측정한 결과이다. 빛을 비추지 않을 때에 비해서, 교환 상호작용 자기장이 현격하게 줄어들고, 저항이 커지는 것을 확인할 수 있다. 자기 저항 이외에 자화율을 측정하여 자기 저항을 통해 측정한 보자력과 자화율을 통해 측정한 보자력이 같음을 확인하였다. 이 러한 결과는 자기 저항 실험을 이용하여 얻은 교환 바이어스 자기장이 자화율 측정을 통해 얻은 교환 바이어스 자기장과 같음을 의미한다. 온도에 따른 저항 측정을 통해, 붉은 색의 빛을 비추에 따라 나타나는 교환 바이어 스의 변화가 시료의 열적인 효과에 의한 것이 아니라는 것을 밝혀내었다.

본 연구에서 사용한 SrTiO₃은 붉은 색의 빛에 의해서 전자가 (La,Sr)MnO₃ 박막으로 주입할 수 있다. 이렇게 주입된 전자는 홀 전하의 양을 줄임으로 해서 (La,Sr)MnO₃ 박막의 저항을 현격하게 증가시킬 수 있다. 또한, 주입된 전자는 Mn-Fe 사이의 Superexchange interaction을 현격하게 줄일 수 있어, 교환 바이어스의 크기를 줄 일 수 있다. 추가 실험을 통해 붉은 색 빛의 끄고 켜에 따라서, 교환 바이어스의 크기, 저항의 크기, 그리고 보자력의 크기가 주기적으로 변화하는 것을 관측하였다.

4. 결론

본 연구에서는 전기장 이외에 빛을 이용하여 BiFeO₃/(La,Sr)MnO₃ 다층 박막의 교환바이어스를 제어할 수

있다는 것을 보였다. 빛은 비접촉적이고 고집적화가 가능하므로, 빛을 이용한 마이크로 사이즈의 자기터널 디바이스와 같은 새로운 디바이스의 가능성을 제시한다.

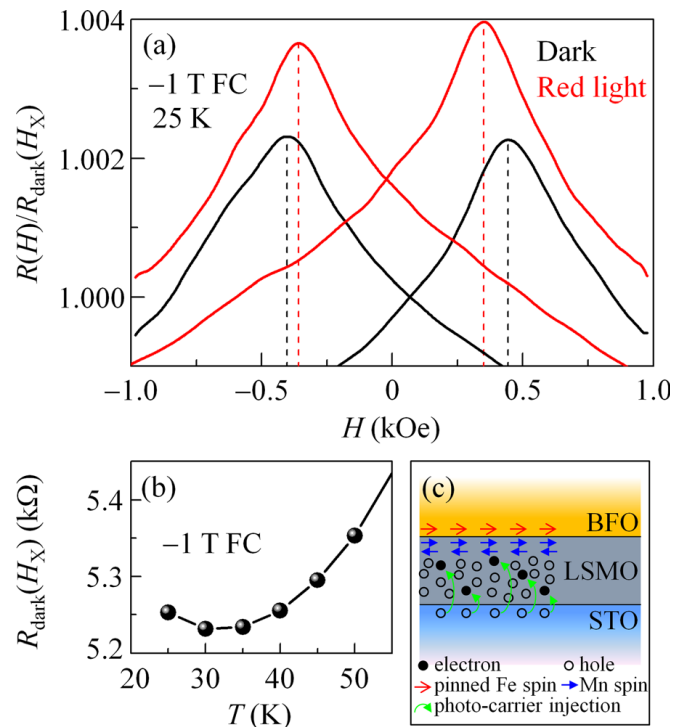


그림 1. (a) 붉은 색의 레이저 조사에 의한 BiFeO₃/(La,Sr)MnO₃ 다층 박막의 자기 저항. (b) 온도에 따른 저항 변화. (c) 광전하 주입에 따른 저항의 변화와 교환 바이어스 변화 설명 모델.

5. 참고문헌

- [1] S. M. Wu, S. A. Cybart, P. Yu, M. D. Rossell, J. X. Zhang, R. Ramesh, and R. C. Dynes, Nature Mater. 9, 756 (2010).