γ-Fe_2O_3/$BiFeO_3$ 에서의 교환바이어스 연구

성길동*, 박영안, 허남정, 정종훈
인하대학교 물리학과

1. 서론

다강체를 이용한 전기장 변조 교환바이어스에 대한 연구는 그 잠재적 응용 가능성 때문에 많은 사람들의 관심을 받고 있다. 특히, $BiFeO_3$ 물질은 상온에서 강유전성과 반강자성을 동시에 가지고 있기 때문에 더욱 더 많은 연구가 진행되어왔다. 본 연구는 $BiFeO_3$ 물질의 교환바이어스 특성에 대해 고찰하고 이로써 앞으로 전기장 변조 교환바이어스의 디바이스로의 발전 가능성에 대해 논의한다.

2. 실험방법

Pulsed Laser Deposition 방법으로 기판온도 670 도, 산소분압 10 mTorr에서 $SrTiO_3$ 기판에 $BiFeO_3$ 박막을 증착한다. Physical Property Measurement System (PPMS) 의 Vibrating Sample Magnetometer (VSM) 옵션으로, 증착한 박막의 자기적 성질을 측정하고, Magnetic Force Microscopy (MFM) 로 국부적인 자기적 성질을 측정하여 실제 자성에 영향을 주는 영역을 조사하였다.

3. 실험결과

$BiFeO_3$ 의 Néel 온도(~640 K)보다 훨씬 낮은 상온(~300 K)에서 5 T의 자기장으로 field cooling 에 의해 10 K에서 교환바이어스가 (~ -225 Oe) 생기는 것을 관찰하였다. 이 교환바이어스는 온도가 낮아질수록 더욱 그 값이 커지며, 교환바이어스의 방향도 field cooling 하는 방향에 따라 바꿀 수 있었다. 또한, 박막의 결정 방향에 상관없이 교환바이어스의 크기가 거의 비슷하다는 것도 알 수 있었다. MFM 측정 결과 $BiFeO_3$의 grain boundary에서 γ-Fe_2O_3가 사이사이를 채우고 있다 것을 알 수 있었다.

4. 고찰

Néel 온도 보다 훨씬 낮은 상온에서 field cooling 을 했는데, 저온에서 교환바이어스가 생긴다는 부분을 설명하기 위해 우리는, 상온에서 강자성체/$BiFeO_3$ 의 교환바이어스 측정을 위해 강자성체 층을 쌓을 때 자기장을 가하는 많은 논문과 그에 대해 설명하는 uncompensated spin 을 이용하였다. Néel 온도 보다 낮은 상온이지만 여전히 실제 교환바이어스를 일으키는 원인인 $BiFeO_3$ 의 uncompensated spin 은 그 방향이 field cooling 한 방향으로 바뀔 수 있으며 또한 온도가 낮아짐에 따라 $BiFeO_3$ 의 anisotropy energy 가 증가해 교환바이어스가 발생함을 알 수 있었다. 박막의 결정방향에 무관한 교환바이어스도 같은 방법으로 uncompensated spin 이 field cooling 한 방향으로 바뀌어 $BiFeO_3$ 과 상호작용하는데, 여기서는 γ-Fe_2O_3가 $BiFeO_3$ grain 를 둘러싸고 있다는 사실과 $BiFeO_3$ 의 반강자성 도메인이 여러 개 있다는 사실이 더해져서 설명될 수 있다.

5. 결론

다강체인 $BiFeO_3$ 박막의 교환바이어스를 새로운 강자성체 층을 쌓지 않고도 $BiFeO_3$ 증착조건을 바꾸어서 γ-Fe_2O_3 층을 함께 증착하여 이 둘 사이의 교환바이어스 현상을 연구하였다. 그 결과 교환바이어스를 일으키는 원인인 uncompensated spin 의 field 방향에 따른 방향의 변화, 그리고 온도를 낮춤으로써 $BiFeO_3$ 의 anisotropy energy 증가로 설명할 수 있었다.

6. 참고문헌

[1] K. D. Sung *et al.*, J. Appl. Phys. 112, 033915 (2012)