

Magnetism of Ultrathin Fe Films on MgO(001)

박현국*, 양설운, 김재영¹, 박병규¹, 김재성

숙명여자대학교 물리학과, ¹포항가속기연구소

3차원의 자성체가 2차원 또는 1차원으로 차원이 줄어들었을 때의 자성연구는 지난 수십 년간 주목받고 있다. 이 중 Fe/MgO(001)계가 과학적 관심과 더불어 spin valve나 magnetic tunnel junction과 같은 전자소자로 응용 가능성으로 인하여^[1-3] 폭넓게 연구되고 있다.

Fe/MgO(001)계의 자성에 관한 제일 원리계산 계산 결과에서 MgO(001)기판에 Fe 1 ML가 pseudomorphic 성장한 경우 Fe의 spin moment가 덩어리 값의 1.5배로 증가하여 Free standing Fe의 크기와 비슷한 giant magnetic moment를 나타낼 것으로 예상하였다.^[4] 그러나 4ML 이하의 Fe 극초 박막의 경우 Fe 이 자기 모멘트가 관측된 바가 없다. 이것은 기판인 MgO의 격자 간격이 Fe의 격자 간격보다 크기 때문에 Fe이 박막이 아닌 나노 점 형태로 성장하여 Blocking temperature가 (T_B) 계측 온도보다 매우 낮아지기 때문으로 추정된다.^[5-6] 또한 기판과의 산화 반응도 Fe의 자기 모멘트를 낮출 것으로 예상된다.

이와 같은 실험적 한계를 극복하기 위하여 본 연구진은 Fe의 저온, 급속 성장을 통하여 기판과의 산화 반응을 방지하고, 동력학적으로 넓은 원자층 박막을 성장하고, 같은 저온에서 자성을 조사하였다.

구체적으로 10 ~80 K의 저온에서 Fe 극초 박막(0.3ML~2ML)을 증착시켜 XMCD와 Hysteresis를 측정하였다. 그리고 sum rule을 적용하여 spin moment 및 orbital moment를 계산한 결과 0.68~1.68 μ_B 의 값을 가진다. 이것은 이론적 계산 결과인 1ML Fe (3.07 μ_B)에 50%에 불과한 작은 값인데 이는 Fe이 충분한 terrace 크기를 가지고 성장하지 못하여 T_B 가 아직도 낮고, corecive field가 최대인가자기장 0.6 T 보다 커, 아직 saturation이 일어나지 못했기 때문으로 보인다. 그러나 본 연구는 최초로 1ML Fe이 ferromagnetic하며, perpendicular 방향을 magnetic easy axis로 갖음을 hysteresis를 통하여 확인할 수 있었다.

References

- [1] Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 75 (1995) 254-272
- [2] P. Luches, P. Torelli, S. Benedetti, E. Ferramola, R. Gotter, and S. Valeri, Surf. Sci. 601 (2007) 3902-3906
- [3] P. Luches, S. Benedetti, M. Liberati, F. Boscherini, I.I. Pronin, and S. Valeri, Surf. Sci. 583 (2005) 191-198
- [4] Chun Li and A. J. Freeman, Phys. Rev. B 43, 780 (1991)
- [5] Toshio Urano and Toru Kanaji, J. Phys. Soc. Jpn 57, 3403 (1988)
- [6] P. Torelli, S. Benedetti, P. Luches, L. Gragnaniello, J. Fujii, and S. Valeri, Phys. Rev. B 79, 035408 (2009)