

자기광 Kerr 효과를 이용한 나노자성박막의 스핀방향전이 및 반전현상 연구

Spin Reorientation and Reversal Studies using Magneto-Optical Kerr Effects

신 성 철

스핀정보물질연구단 / 물리학과, KAIST

20세기를 반도체 전하를 이용한 「전하엔지니어링시대」라 한다면 21세기는 자성체의 스핀 자유도를 이용한 「스핀엔지니어링시대」가 도래하여 소위 스핀트로닉스(spintronics)라는 새로운 기술혁명을 가져올 것으로 기대하고 있다. 이의 구현을 위한 나노자성박막의 스핀 의존 현상에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 강연에서는 자기광 Kerr 효과를 이용하여 나노자성박막의 스핀방향전이 현상과 스핀반전 현상에 대해 중점적으로 논의하고자 한다.

나노자성박막의 스핀방향전이 연구를 위해 10^{-11} Torr 의 초고진공에서 원자층두께 이하의 초정밀도로 박막을 제작하고, 진공하에서 자기적 특성, 박막 스트레스, 박막 구조를 원자층이하의 초감도로 측정할 수 있는 독특한 시스템을 구축하였으며, 3방향의 자기광 Kerr 효과 측정을 통해 스핀자화 벡터의 3차원 측정방법을 개발하였다. 스핀방향은 자성박막의 두께증가에 따라 변하는데, 예를들어 Pt 기판위에 증착되는 Co 박막의 경우 10 ML(monolayer)까지는 스핀방향이 박막면에 수직인 perpendicular phase인데 박막 두께가 더 증가하면 canted phase를 지나 15 ML 이상의 두께가 되면 in-plane phase가 되는 second-order transition임을 보였다. 이런 전이현상은 두께뿐 아니라 기판의 종류 및 roughness, 박막의 스트레스에 따라 민감하게 의존함을 발견하였다. 특히, 스핀방향을 박막의 스트레스를 조절함으로써 in-plane phase에서 perpendicular phase로 가역적으로 조절할 수 있음을 처음으로 관찰하였는데, 이는 향후 고밀도 자기메모리(MRAM) 구현에 큰 영향을 주리라 예상된다.

한편, 스핀반전현상 연구를 위해 외부 자기장 인가하며 자구의 거동을 400 nm 공간분해능과 0.1 초 시간분해능으로 실시간에 관찰할 수 있는 자기광현미경자력계 (MOMM)를 최초로 개발하였다. 인가 자기장에 의한 나노자성 스핀반전은 열활성화 과정에 의한 핵형성 및 자구벽이동에 의해 이루어짐이 관찰되었다. 이때 핵형성 활성화부피 및 자구벽이동 활성화부피가 일반적으로 다름을 1 nm^3 분해능의 측정방법으로 최초로 규명하였고, 자구반전과정이 두 활성화부피중 적은 활성화부피에 의해 좌우됨을 밝혔다.

수직자성박막의 경우 반전되는 자구의 모습은 크게 nucleation type, dendritic type, wall-motion type의 3가지 형태로 관찰되는데 이는 자화량, 자구벽에너지, 자기이방성에너지의 상대적 크기에 의존함을 Monte Carlo 시뮬레이션을 통해 밝혔다. 또한 실시간 자구반전 관찰과 8000개의 국소 자기이력곡선

측정으로 얻은 항자력 분포지도를(그림1) 통해 자구의 세부적 모양은 국소항자력 변화에 기인함을 규명하였다.

Relevant Representative Publications

1. S.-B. Choe and S.-C. Shin, Phys. Rev. Lett. **86**, 532(2001).
2. J. Kim, J.-W Lee, J.-R. Jeong, S.-K. Kim, and S.-C. Shin, Appl. Phys. Lett. **79**, 93(2001).
3. S.-K. Kim, J.-W Lee, J.-R. Jeong, J. Kim, and S.-C. Shin, Appl. Phys. Lett. **79**, 1652(2001).
4. S.-B. Choe and S.-C. Shin, Phys. Rev.B **62**, 8646(2000).
5. J.-W Lee, J. Kim, S.-K. Kim, J.-R. Jeong, and S.-C. Shin, Phys. Rev.B, accepted(2002).

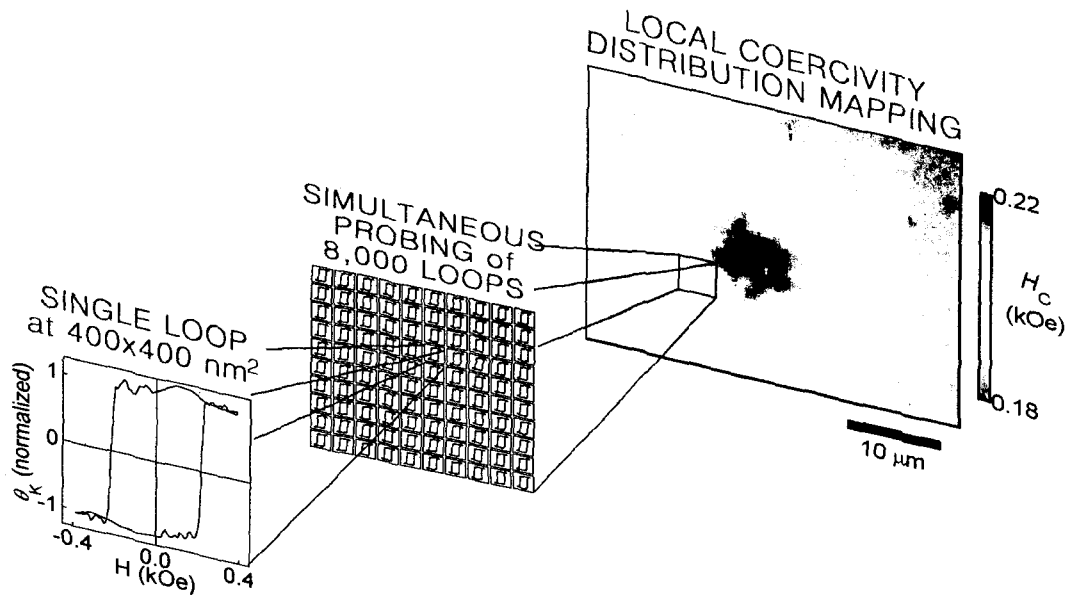


그림1. $400 \times 400 \text{ nm}^2$ 크기 8,000개 국소영역으로부터 동시에 자기광 hysteresis loops을 측정하여 얻은 국소 항자력 분포지도