

μs 시간 영역에서의 Co/Pd 다층박막의 자화역전 현상 연구

한국과학기술원 물리학과 및 스핀정보물질연구단

류광수*, 이경동, 최석봉, 신성철

Study on magnetization reversal mechanism of Co/Pt multilayers in μs regime

Dept. of Physics and CNSM, KAIST

Kwang-Su Ryu*, Kyung-Dong Lee, Sug-Bong Choe, and Sung-Chul Shin

1. 서 론

초고밀도 자기 및 광자기 기록매체를 만들기 위해서는 자화역전현상에 대한 연구가 중요하다. μs 이상 시간 영역에서의 자성박막의 자화역전현상은 열적활성화모델(thermally activated model)과 점성적 운동모델(viscous motion model)로 설명되고 있다[1-2]. 열적활성화모델은 보자력 보다 작은 자기장영역에서 자화가 역전하는 데 느끼는 에너지 장벽이 자기장 H에 대한 선형임을 나타내고, 점성적 운동모델은 보자력보다 큰 자기장영역에서 자기구역벽(domain wall) 이동 속도가 H에 대해 선형임을 나타낸다. 이러한 두 가지 현상론적인 모델들은 많은 실험결과를 잘 설명해주었다. 그러나, 마이크로자성시늬에서 Kirby 등[3-4]이 제안한 식을 보면 자화가 느끼는 에너지 장벽이 선형이 아닌 비선형임을 알 수 있다.

본 연구에서는 Co/Pd 다층박막에서의 자화역전현상을 연구하기 위해 자기장의 변화에 대한 완화시간(시료가 50% 자화역전 되는데 걸리는 시간)을 측정하고, 이 실험결과에 위의 두 모델에서 사용한 식과 마이크로자성시늬에서 사용한 식을 비교 적용해 보았다.

2. 실험

측정에 사용된 시료들은 $(2.5\text{-}\text{\AA}\text{ Co}/11\text{-}\text{\AA}\text{ Pd})_5$ 와 $(3.5\text{-}\text{\AA}\text{ Co}/11\text{-}\text{\AA}\text{ Pd})_5$ 인 다층박막 시료이고 이 시료들은 약 1×10^{-6} Torr의 진공 상태에서 e-beam evaporation 방법을 사용하여 유리기판 위에 만들어졌다. 1000 배의 배율과 $0.4\ \mu\text{m}$ 의 공간 분해능을 가지고, 0.2° 이상의 Kerr 회전각을 구분할 수 있는 MOKE(Magneto-Optic Kerr Effect) 현미경시스템을 사용하여 자기구역을 관찰하였다. 현미경에 장착된 전자석을 이용하여 박막에 수직인 방향으로 최대 $3.7\ \text{kOe}$ 의 자기장을 인가하여 시료를 포화시킨 후, 대물렌즈 위에 장착된 작은 코일이 펄스생성회로에 연결되어 일정한 폭과 세기, 개수의 자기장 펄스를 반대방향으로 걸어주어 시료의 자화역전을 발생시켰다. 이때 발생하는 자화역전현상은 MOKE 현미경 시스템의 접안렌즈 위에 장착된 CCD 카메라를 이용하여 128개의 연속된 자기구역영상으로 얻고 이를 분석하여 자기구역 반전영

역의 변화를 측정할 수 있었다. 펄스생성회로는 $3\mu\text{s}\sim 160\text{ ms}$ 의 폭과 최대 1 kOe 의 크기를 가지는 장방향의 자기장 펄스를 발생시킬 수 있다.

3. 결과 및 논의

자성박막의 자화역전현상을 연구하기 위하여, 펄스생성회로가 부착된 MOKE 현미경시스템을 사용하여 완화시간(relaxation time) τ 를 측정하였다. 여기서 완화시간은 시료가 50% 자화역전 되는데 걸리는 시간을 말한다. 그림 1은 $(2.5\text{-}\text{\AA}\text{ Co}/11\text{-}\text{\AA}\text{ Pd})_5$ 와 $(3.5\text{-}\text{\AA}\text{ Co}/11\text{-}\text{\AA}\text{ Pd})_5$ 에서의 자기장 H에 대한 $\log(1/\tau)$ 그래프를 그린 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 $\log(1/\tau)$ 이 보자력 보다 작은 자기장영역에서는 H에 대해 선형관계를 보이다가 자기장이 점점 증가할수록 그 기울기가 급격히 감소함을 알 수 있다. 즉, 보자력보다 작은 자기장에서는 열적활성화모델을 만족하다가 보자력 보다 큰 자기장영역에서는 점성적 운동으로 전이함을 나타낸다. 그러나, Kirby 등[3-4]이 제안한 것과 같이 자화가 느끼는 에너지 장벽이 비선형으로 표현된다면 앞에서와 같이 두 영역으로 나누어 설명되었던 것이 하나의 열적활성화 현상으로 설명된다.

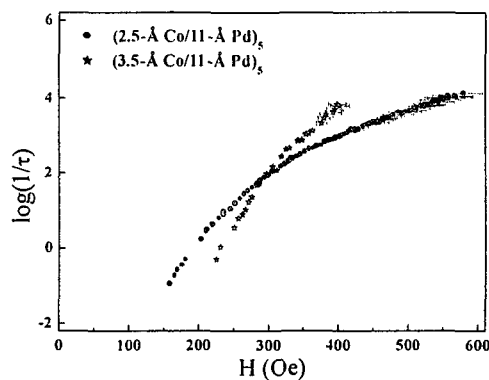


Fig.1. The $\log(1/\tau)$ with respect to applied field of $(2.5\text{-}\text{\AA}\text{ Co}/11\text{-}\text{\AA}\text{ Pd})_5$ and $(3.5\text{-}\text{\AA}\text{ Co}/11\text{-}\text{\AA}\text{ Pd})_5$. The coercivity of samples are 234 and 296 Oe, respectively.

4. 참고문헌

- [1] A. Kirilyuk, J. Ferre, V. Grolier, J.P. Jamet, and D. Renard, JMMM. **171**, 45-63 (1996).
- [2] S. Boukari, R. Allenspach, and A. Bischof, Phys.Rev.B. **63**, 180402-1,2,3,4.(2001).
- [3] Roger D. Kirby, J. X. Shen, R. J. Hardy, and D. J. Sellmyer, Phys.Rev.B. **49**, 10810-10813(1994).
- [4] A. Lyberatos, J. Earl, and R. W. Chantrell, Phys.Rev.B. **53**, 5493(1996).