

Co/Pd 다층박막의 자화 역전 기구 연구

한국과학기술원 최석봉*, 신성철

Magnetization Reversal of Co/Pd multilayers

KAIST S.-B. Choe*, S.-C. Shin

1. 서론

최근 Co/Pd 다층박막의 자기 및 광자기 현상에 대한 많은 연구가 집중적으로 이루어져 왔으나[1,2], 아직 자화 역전 기구에 대한 이해는 많이 이루어져 있지 않다. 자화 역전 기구의 연구를 통한 자구 동력학의 이해는 광자기 기록 시 열자기 현상은 물론 자성 박막의 근본적인 물리를 이해하는 데에 결정적인 역할을 하므로, 보다 개선된 광자기 기록 기술 및 기록 매질의 개발에 필수적으로 요구된다.

자구벽 운동(domain-wall motion)과 핵형성(nucleation)의 명확히 구분되는 두 가지 자화 역전 기구에 의하여 자화 역전이 이루어짐이 여러 가지 조성을 가지는 자성박막의 연구를 통하여 보고되었다 [3,4,5] 그러나, 이와 같이 명확히 구분되는 자화 역전 기구의 원인에 대하여는 아직 명백히 이해되어 있지 않다. 본 연구에서는 Co 두께를 변화시키며 제작한 Co/Pd 다층박막에서의 자화 역전 현상을 실시간 자화 역전 관찰 실험과 이론적 계산 결과와의 비교를 통하여, 자화 역전 기구를 결정짓는 요인에 대하여 연구하였다.

2. 실험 방법

전자빔 진공 증착 시스템으로 유리 기판 위에, 각각의 시료에 대하여 2 A에서 4 A까지 0.5 A 간격으로 변화시킨 Co 층과 11 A으로 고정시킨 Pd 층을 10회 반복하여 증착하여 Co/Pd 다층박막을 제작하였다. 제작된 시료의 자화 역전 기구를 연구하기 위하여, 시료를 3 kOe의 인가 자장으로 포화시킨 후, 보자력보다 작은 반대 방향의 자장을 인가하여 시료의 자화를 역전을 시켰다. 이때, 발생하는 자화 역전 현상을 광자기 현미경을 이용하여 실시간 자구 형상을 관찰하였으며, 자화 점성 곡선(magnetic viscosity curve)을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Co/Pd 다층박막의 자화 역전 현상은 Co층의 두께에 매우 민감하게 변화함이 관찰되었다. 그림 1은 광자기 현미경으로 관찰한 자화 역전의 자구 형상을 실시간 관찰한 결과이다. 시간에 따라 자구벽 운동에 의하여 이루어지는 자화 역전 현상이 그림 1-1의 2-A 두께 Co 층을 갖는 Co/Pd 다층박막(Type I)에서 관찰되었다. 이 시료에서는 핵형성은 쉽게 일어나지 않으나, 일단 형성된 핵을 중심으로 자구벽 운동에 의한 자화 방향이 역전된 자구의 확산이 빠르게 일어남을 알 수 있다. 이와 같은 자화 역전의 현상은 인가 자장의 세기에 무관하며, 다만, 자화 역전의 속도만이 인가 자장의 세기에 민감하게 영향을 받는다.

그림 1-2에서 보여지는 바와 같이, 4-A 두께 Co 층의 Co/Pd 다층박막(Type II)에서는 뿌리털 형태와 같이 복잡한 선형 자구의 확산에 의한 자화 역전 현상이 관찰되었다. 이 시료에서는 시료의 전역에서 핵형성이 이루어지며, 일단 형성된 핵은 그 넓이가 시간에 따라 늘어나지 않는다. 다만, 뿌리털 형태를 따라 빠르게 확산된다. 역전된 자구와 자구 사이의 역전되지 않은 영역은 오랜 시간 후에도 역전되지 않으며, 인가 자장의 세기를 증가시켜야만 역전이 이루어진다.

자화 점성 곡선을 통하여 이와 같이 명확히 구분되어지는 두 가지 자

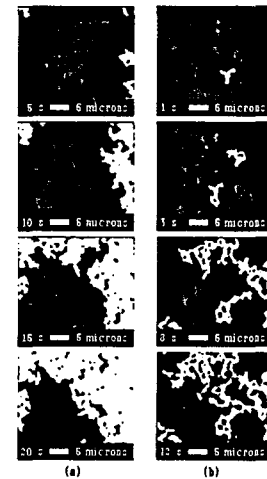


그림 1. 자화 역전 시 자구 형상

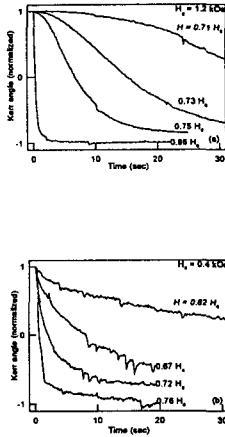


그림 2. 자화점성곡선

이와 같이 관찰된 자화 역전의 뚜렷한 두 가지 기구를 이해하기 위하여 nanomagnetic 모델[7]을 이용한 수치적 계산을 하였다. 이 모델에서는 벌집 형태로 구성된 단위 세포들의 자화 역전 확률을 주위 다른 세포들의 자화 상태를 통해 계산함으로써, 전체의 자화 역전 형상을 시간에 따라 결정한다. 그림 3은 Type I과 Type II 시료의 포화 자화량 및 수직 이방성으로 수치 계산을 하여 얻어진 각각의 자화 역전 자구 형상으로서, 각각 실험적으로 관찰된 자화 역전 자구 형상과 근본적으로 일치함을 알 수 있다. 자성박막의 미시적인 구조를 고려하지 않고 동일한 세포들로 구성된 이론적 계산의 결과가 실험적으로 관찰된 결과와 잘 일치하는 사실은 자화 역전 기구의 이해에 매우 중요한 실마리를 제공한다. 즉, 자성박막의 거시적인 자기 성질에 의하여 자화 역전 기구의 형태가 결정됨을 알 수 있다.

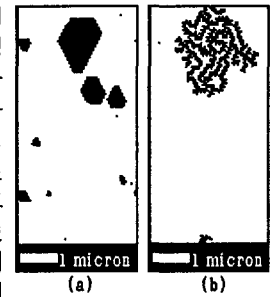


그림 3. 모의실험결과

4. 결론

본 연구에서는 Co/Pd 다층박막의 자화 역전 기구를 실시간 자구 형상 관찰과 자화 점성 곡선의 측정을 통하여 연구하였으며, 이론적 계산을 통한 결과와 비교하였다.

2-Å 두께 Co 층을 갖는 Co/Pd 다층박막에서는 자구벽 운동에 의해, 4-Å 두께의 Co 층을 갖는 Co/Pd 다층박막에서는 핵형성에 의해 자화 역전이 이루어짐을 관찰하였다.

자화 역전 기구는 Co 층의 두께에 매우 민감하게 변화하며, 거시적인 자기 성질에 의해 결정된다고 믿어진다.

5. 참고문헌

1. P. F. Carcia, A. D. Meinhardt, and A. Suna, *Appl. Phys. Lett.* 47(2), 178(1985).
2. S.-C. Shin, J.-H. Kim, and D.-H. Ahn, *Appl. Phys. Lett.* 69(8), 5664(1991).
3. H.-P. D. Shieh and M. H. Kryder, *IEEE Trans. Magn.* MAG-24(6), 2464(1988).
4. C.-J. Lin, J. C. Suit, and R. H. Geiss, *J. Appl. Phys.* 63(8), 3835(1988).
5. J. Pommier, P. Meyer, G. Ponissard, J. Ferre, P. Bruno, and D. Renard, *Phys. Rev. Lett.* 65(16), 2054(1990).
6. M. Labrune, S. Andrieu, F. Rio, and P. Bernstein, *J. Magn. Magn. Mater.* 80, 211(1989).
7. R. D. Kirby, J. X. Shen, R. J. Hardy, and D. J. Sellmyer, *Phys. Rev. B* 49, 10810(1994).