

전체박막 두께에 따른 Co/Pd 다층박막의 자화역전 현상

한국과학기술원 최석봉*, 신성철

Magnetization Reversal Behavior of Co/Pd Multilayers with Changing the Total Film Thickness

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

1. 서론

자성박막에서의 자화역전현상은 자성학의 기본적인 이해는 물론 그 응용분야의 기술적인 한계극복을 위해 활발히 연구되고 있다. 많은 조성의 자성박막에서 관찰되는 대조적인 자화역전현상은 핵형성(nucleation) 기구와 자기벽운동(domain-wall motion) 기구로서 설명하고있으며[1-3], 전체 박막의 두께 및 박막의 조성에 따라 민감하게 변화함이 발견되었다. 이러한 자화역전현상을 분석하기 위하여 자화점성곡선 분석방식[4]과 micromagnetic simulations[5] 등이 개발되었으며, 최근에는 실시간 관찰된 자기구역 거동현상을 정량분석하는 방식[6,7]이 개발되었다. 본 연구에서는, 이러한 실시간 자기구역관찰을 통한 정량분석방식을 전체두께가 다른 Co/Pd 다층박막에 적용하여 대조적인 자화역전현상의 요인을 분석하였다.

2. 정량분석방식

시간에 따라 변화하는 원형의 자기구역으로 구성된 자기구역 확산현상을 모형화하였다. 이 모형에서는 자기구역이 모든 자기구역경계에서 자기구역벽 이동속도 V 로 확산하며, 동시에 새로운 원형자기구역이 핵형성확율 R 로 발생한다. 이때, 단위시간 dt 동안 확산된 자기구역의 넓이 da 는

$$da = ldr + \pi r_0^2 dn, \quad (1)$$

으로 주어진다. 여기서, l 은 자기구역경계의 길이이며, r_0 는 핵형성된 자기구역의 반지름이고, s 는 전체시료의 넓이 a 는 역전된 자기구역의 넓이다. 시간 dt 동안 자기구역 경계의 증가는

$$dl = 2\pi dr + 2\pi r_0 dn, \quad (2)$$

으로 주어진다. 식(1)-(2)를 변형하여 자기구역벽 이동속도 V 와 핵형성확율 R 의 방정식으로 아래

와 같이 유도할 수 있다.

$$V = (a' - r_0 l' / 2) / (l - \pi r_0), \quad (3)$$

$$R = (l' / 2\pi - a') / (l - \pi r_0) r_0 (s - a). \quad (4)$$

여기서, a' 와 l' 는 각각 a 와 l 의 시간에 대한 일차 미분값이다. 따라서, a 와 l 를 시간에 대한 함수로서 실험적으로 측정할 수 있다면, V 와 R 을 동시에 구할 수 있다.

실시간 자기구역 관찰이 가능한 고성능 Kerr 현미경 시스템[8]으로 a 와 l 을 측정하였다. CCD 카메라가 장착된 편광현미경으로 시간에 따른 256 장의 자기구역 영상을 10 장/sec의 속도로 관찰하여 컴퓨터에 입력하였다. 관찰된 영상은 각각 200x160 pixel로 구성되어 있으며 한 pixel의 크기는 164x164 nm이다. 이와 같은 자기구역의 영상을 화상처리기법을 통해 분석하여, 시간에 따른 자기구역의 넓이와 자기구역벽의 길이를 측정하였다.

3. 시료제작

같은 조성의 (2-Å Co/11-Å Pd) $_n$ 을 층의 반복회수 n 을 각각 10층(Type I)과 23층(Type II)으로 구성된 두 종류의 시료를 전자빔 진공증착방식으로 유리기판 위에 제작하였다[9].

4. 결과 및 토론

제작된 모든 시료는 수직이방성을 가지고 있으며, unit squareness의 자기이력곡선을 보인다. 그림 1은 Type I과 Type II 시료의 자화점성곡선을 보여준다. 자화점성곡선의 현미경의 저배율 설정에서 관찰된 화상의 밝기를 시간에 따라 측정하여, 포화상태의 밝기에 대해 normalize시켜 구하였다. 또한, x축의 시간은 자화역전의 반감시간

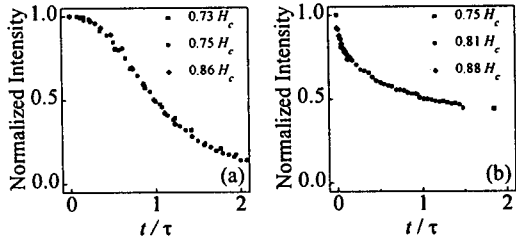


그림 1. (a) Type I 시료와 (b) Type II 시료의 자화 점성곡선

τ 로 normalize 시켰다.

각각의 시료에 대해 $0.8 H_c$ 의 외부자기장에 대한 자화역전 현상을 관찰하여, 순차적인 자기구역의 영상을 얻었다. 그림 2는 자화역전과정동안 관찰된 특징적인 자기구역의 형태를 보여준다. 그림을 통하여 Type I 시료는 자기구역벽 이동, Type II 시료는 핵형성 과정을 통해 자화역전이 일어남을 알 수 있다. 이러한 대조적인 자화역전 현상을 실시간 관찰된 자기구역의 영상을 통해 정량분석하였다. 그림 3은 Type I 시료와 Type II 시료의 자기구역의 넓이 $a(t)$ 와 자기구역벽의 길이 $l(t)$ 를 측정한 그림이다. 이와 같이 측정된 $a(t)$

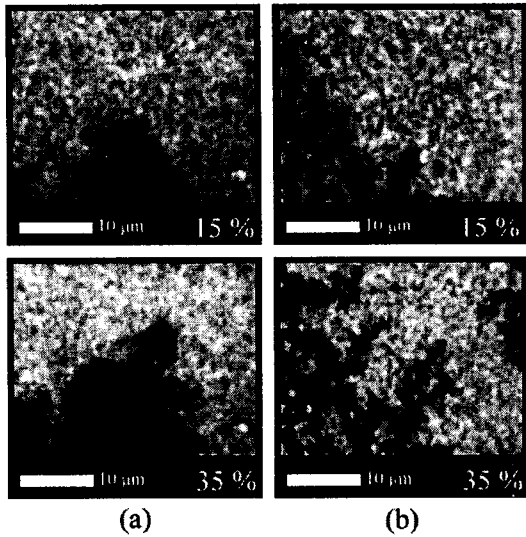


그림 2. 자화역전과정동안의 자기구역 영상: (a) Type I 시료, (b) Type II 시료

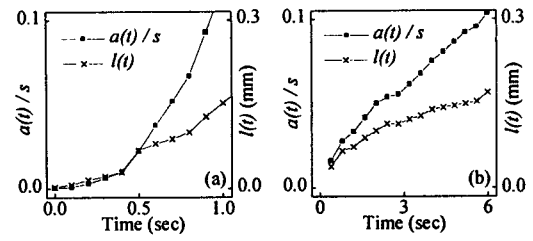


그림 3. 측정된 자기구역벽의 넓이와 자기구역벽의 길이

와 $l(t)$ 을 이용하여 자기구역벽 이동속도 V 와 핵형성확률 R 을 구하여 표 1에 정리하였다. 시료에 따른 자기구역벽 이동속도의 변화가 핵형성확률의 변화보다 더 주요하다고 분석되었다. 따라서, Type I 시료에서는 큰 자기구역벽 이동속도로 인하여 핵형성보다는 자기구역벽 운동이 더 주요한 자화역전의 기구로 나타났음을 알 수 있다.

표 1. 분석된 시료의 자화역전 parameters

Sample ID	V (μmsec^{-1})	R ($\mu \text{m}^2 \text{sec}^{-1}$)	V/R
Type I	1.34	0.41	3.27
Type II	0.06	0.08	0.74

참고문헌

- [1] J. Pommier, P. Meyer, G. Ponissard, J. Ferre, P. Bruno, and D. Renard, Phys. Rev. Lett. **65**, 2054(1990).
- [2] S.-B. Choe and S.-C. Shin, J. Appl. Phys., **81**, 5743 (1997).
- [3] S.-B. Choe and S.-C. Shin, Phys. Rev. B, **57**, 1085 (1998).
- [4] M. Labrune, S. Andrieu, F. Rio, and P. Bernstein, J. Magn. Magn. Mater. **80**, 211(1989).
- [5] R. D. Kirby, J. X. Shen, R. J. Hardy, and D. J. Sellmyer, Phys. Rev. B **49**, 10810(1994).
- [6] S.-B. Choe and S.-C. Shin, Appl. Phys. Lett., **70**(26), 3612(1997).
- [7] S.-B. Choe and S.-C. Shin, J. Appl. Phys. *in press*.
- [8] 최석봉, 신성철, 응용물리지 *in press*.
- [9] 최석봉, 신성철, 응용물리지 **9**, 674 (1996).