

자기저항체 미시소자에서의 형상이방성 효과분석

아주대학교 김기출*, 이충선, 송용진

EFFECTS OF SHAPE ANISOTROPY IN MICRO-DEVICES

Ajou University K. C. Kim*, C. S. Lee and Y. J. Song

1. 서론

Permalloy 박막이 자기기록의 재생헤드 물질로 폭넓게 사용되면서 이방성 자기저항효과 및 전기적, 자기적 특성이 깊이 있게 연구되었다.[1-2] 자기센서로 사용되는 소자의 크기는 수 μm 범위이므로 소자의 형상에 따른 형상이방성 효과를 무시할 수 없게 된다. 본 연구에서는 시료의 크기가 작아짐에 따라 형상이방성이 자기소거장에 미치는 효과에 대하여 미시자기모델과 단일자기구역 모델을 사용하여 분석하였다.

2. 실험방법

외부 자기장이 인가된 상태에서 강자성체 박막 내에서의 자화 분포는 Zeeman, Demagnetization, Anisotropy, Exchange, Magnetostrictive 에너지 항들의 합인 계의 총 에너지가 최소화되는 방향으로 결정된다. 단일자기구역 모델에서는 근사식 $H_d = -C(4\pi M_s \frac{t}{h})$ [3]를 사용하는 Demagnetization 에너지, Zeeman, Anisotropy 에너지 항들의 합을 variable metric method[4]를 사용해 에너지를 최소화하는 해를 구하였고, 미시자기 모델에서 자화의 분포상태는 시료를 625 Å의 정사각형 조각으로 $128 \times (256 \sim 640)$ 개로 분할하여 Landau-Lifshitz 감쇄항을 적용한 자기화 \mathbf{M} 의 운동방정식으로부터 계의 에너지를 최소화하는 전산시뮬레이션으로부터 구하였다. 자기소거장은 convolution theorem과 FFT를 사용하여 계산하였다.[5]

3. 실험결과 및 고찰

그림 1에는 $8 \mu\text{m} \times 16 \mu\text{m}$ 크기의 NiFe 박막의 자기이력곡선을 나타내었다. 형상이방성 효과가 무시될 수 있는 경우, 자화끈란축에 대한 보자력은 0.8 Oe 정도이고 일축이방성 자기장은 약 5 Oe 정도이지만 미시자기모델의 계산 결과로부터 얻은 자기이력곡선에서는 보자력은 12.2 Oe이고 이방성 자기장은 약 50 Oe 정도였다. 이렇게 큰 보자력과 이방성 자기장은 형상이방성에 기인한다. 그림 2에는 미시자기모델과 단일자기구역모델로 계산한 $8 \mu\text{m} \times 16 \mu\text{m}$ 의 정규화 된 자기저항곡선을 나타내었다. 자기소거장의 근사식에서 보정인자 $C=2.0$ 를 적용한 곡선이 미시자기모델의 결과와 일치하는 것을 볼 수 있다. 또한 외부 자기장이 영일 때 미시자기모델에 의한 자기저항 곡선에 dip이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이것은 그림 3에 나타낸 자기화 분포로 설명되어진다. 외부자기장이 $H = 20$ Oe일 때보다 $H = 0$ Oe일 때 시료의 중간에서 자기화의 방향이 무질서하다. 또한 시료의 가장자리에는 가장자리에 나란한 방향의 자화들이 존재한다. 이러한 효과들에 의해서 외부자기장의 크기가 영일 때 자기저항은 더 작아지게 된다.

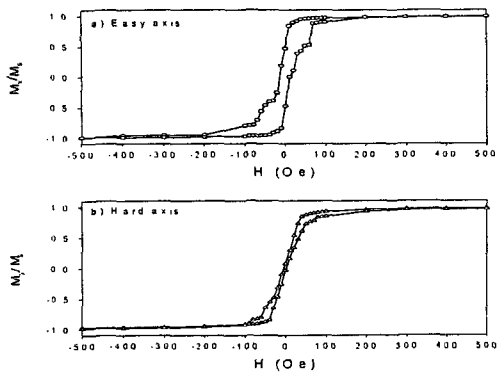


Fig. 1 Normalized hysteresis loops of a $8 \mu\text{m} \times 16 \mu\text{m}$ NiFe film obtained from the micromagnetic model simulation.

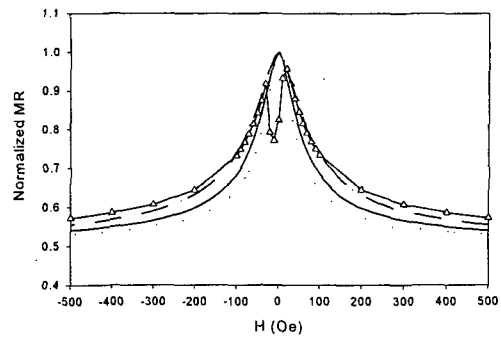


Fig. 2 Normalized magnetoresistance vs. applied field for $8 \mu\text{m} \times 16 \mu\text{m}$ NiFe film by the MM model(Δ), the single domain model with $C=1$ (\cdots), $C=1.4$ (-) and $C=2.0$ (- · -) for $\theta=45^\circ$.

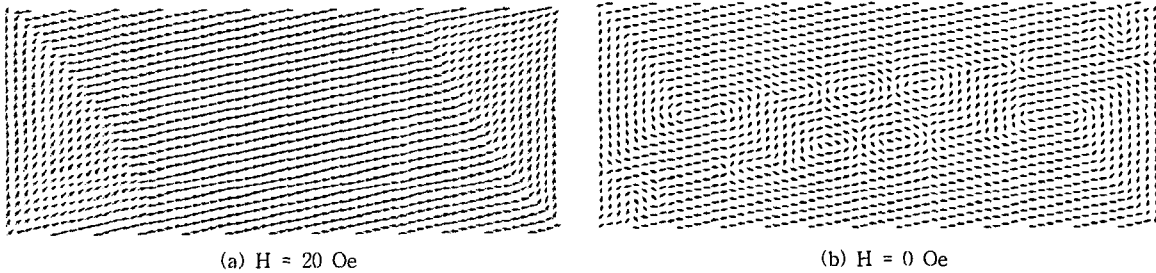


Fig. 3 Magnetization configuration of a $8 \mu\text{m} \times 16 \mu\text{m}$ NiFe film for $\theta=45^\circ$: (a) $H=20$ Oe and (b) $H=0$ Oe.

4. 결론

시료의 크기가 $20 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ 인 경우 자기소거장의 보정인자가 $C=1.4$ 일 때 미시자기모델에 의한 결과와 일치하였지만 시료의 크기가 $8 \mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$ 인 경우에는 보정인자가 $C=2.0$ 일 때 미시자기모델과 일치하였다. 시료의 aspect ratio가 같은 경우에도 시료의 크기에 따라서 형상이방성효과가 다르게 나타남을 알 수 있었다. 또한 미시자기모델 계산에 의한 자기저항곡선에서 나타난 dip은 실제 제작된 미시소자에서도 나타나는 현상으로, 외부자기장이 영일 때 자기저항이 줄어드는 것은 시료의 가장 자리에 고착된 자기화가 존재하고 시료의 중간에서 소용돌이 모양의 자화분포 상태를 이루기 때문임을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] Andrew S. Kao and Prakash Kasiraj, IEEE Trans. Magn. Vol. 27 No. 6, 4452, (1991)
- [2] Kitada Masahiro, Yamamoto Kazuhiro, J. Magn. Magn. Mater. Vol. 147, 213, (1995)
- [3] F. Jeffers, et al., IEEE Trans. Magn. MAG-21(5) 1563 (1985)
- [4] W. H. Press, et al. "Numerical Recipes", Cambridge University Press, New York, Chap. 10, 1989
- [5] Samuel W. Yuan and H. Neal Bertram, IEEE Trans. Magn. 28(5) 2031 (1992)