

수직 이방성 물질에서 자구벽 거동 시뮬레이션 및 해석

노수정*, 김세동, 김영근

고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울시 성북구 안암동 5-1, 136-713

1. 서론

정보 저장 방식 중 보편적으로 사용되는 자기 기록 방식은 정보를 저장하고 있는 자구의 자기 모멘트가 박막에 평행하게 정렬되었는가 또는 박막에 수직하게 정렬되었는가에 따라 수평 자기 기록 및 수직 자기 기록 방식으로 나뉜다. 기존의 대부분의 자기 기록방식은 수평 자기 기록 방식을 사용하고 있는데 정보의 고밀도화가 이루어지면서, 수평 자기 기록방식은 안정성 면에서 많은 문제를 지니고 있다.[1] 이런 이유로 인해 수직 자기 이방성을 이용한 기록 방식 연구가 진행되고 있는데 수직 자기 이방성을 이용한 기록방식은 수평 자기 이방성을 이용한 기록방식에 비해 두께가 얇은 박막이나 비트의 크기가 작은 자기 소자에서 고밀도에 유리하다.[2] 본 연구에서는 수직 자기 이방성을 가지는 재료의 자성과 관련된 물성 변화가 자구벽 이동에 어떠한 영향을 미치는가를 수치 해석적 방법으로 계산하였다.

2. 실험방법

수직 자기 이방성을 이용한 자구벽 거동을 관찰하기 위해 전산모사 프로그램인 'LLG Micromagnetics Simulator'를 사용하였으며, Fig. 1 과 같은 띠 형상의 모델을 설정 하였다. 이 때 자구벽 생성을 쉽게 관찰하기 위해 경계 조건과 초기 조건을 설정해 주었는데, 경계 조건은 $x = 0$ 가 되는 면의 자기 모멘트를 모두 $+z$ 방향으로 정렬시켰고, 그 외의 모든 자기 모멘트를 $-z$ 방향으로 정렬시켜 초기 조건을 잡아주었다. 자화 용이 축 방향은 z 축으로 고정 시켰고, 포화 자화값, 결정 자기 이방성등의 물성 조건 또한 고정시킨 상태에서 외부 자기장, 인가 전류를 변화시키면서 자구벽의 거동을 관찰 하였다. Fig. 1 에서 나타냈듯이 외부 자기장은 $+z$ 방향으로 인가시켰고, 전류를 인가시킨 방향은 $-x$ 방향으로 설정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

자구벽 거동을 관찰 하기 위해 외부 자기장을 인가시켰을 때와 전류를 인가시켰을 때 두 가지 경우를 시뮬레이션 해 보았다. 외부 자기장을 200 Oe 부터 600 Oe 까지 변화 시키며 자구벽 이동 속도를 비교해 본 결과 Fig. 2-(a) 과 같이 외부 자기장이 증가함에 따라 자구벽 이동 속도가 증가함을 알 수 있다. 또한 전류를 인가시켰을 때의 자구벽 거동을 살펴보면 Fig. 2-(b) 와 같이 자구벽의 이동속도는 전류 밀도에 비례하며 증가 했다. 이것은 자구벽을 지나가는 전도 전자의 수가 증가할수록 자구벽 내의 자기 모멘트에 전달되는 스핀 각운동량의 크기가 크기 때문에 자기모멘트는 더 빠르게 회전 하고 자구벽 이동속도 또한 빠르게 이동하기 때문으로 해석된다. 이것은 LLG 방정식(식1-1)에서 adiabatic의 스핀 torque의 크기를 나타내는 항인 b_j (식1-2)가 전류밀도 j_e 에 비례하므로 수식과도 잘 일치하는 결과를 나타낸다.

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = -\gamma \vec{M} \times \vec{H}_{eff} - \alpha \hat{M} \times \frac{\partial \vec{M}}{\partial t} - b_j \hat{M} \times (\hat{M} \times \frac{\partial \vec{M}}{\partial x}) \quad (식1-1)$$

$$b_J = \frac{Pj_e\mu_B}{eM_s}$$

(식1-2)

4. 결론

수직 이방성 재료의 자성과 관련된 물성 변화가 자구벽 이동에 어떠한 영향을 미치는가를 수치 해석적 방법으로 계산한 결과 전류와 외부 자기장에 의해 자구벽의 이동속도가 증가함을 알 수 있었다. LLG 방정식에서도 알 수 있듯이 자구벽을 지나가는 전도 전자의 수가 증가할수록 스핀 각운동량의 전달 속도도 증가하고, 따라서 자구벽의 이동 속도 또한 증가한다.

5. 참고문헌

- [1] E. S. Mutdock et al., IEEE Trans. Magn. 28, 3078 (1992).
- [2] D. Ravelosona et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 40, 1253 (2007).

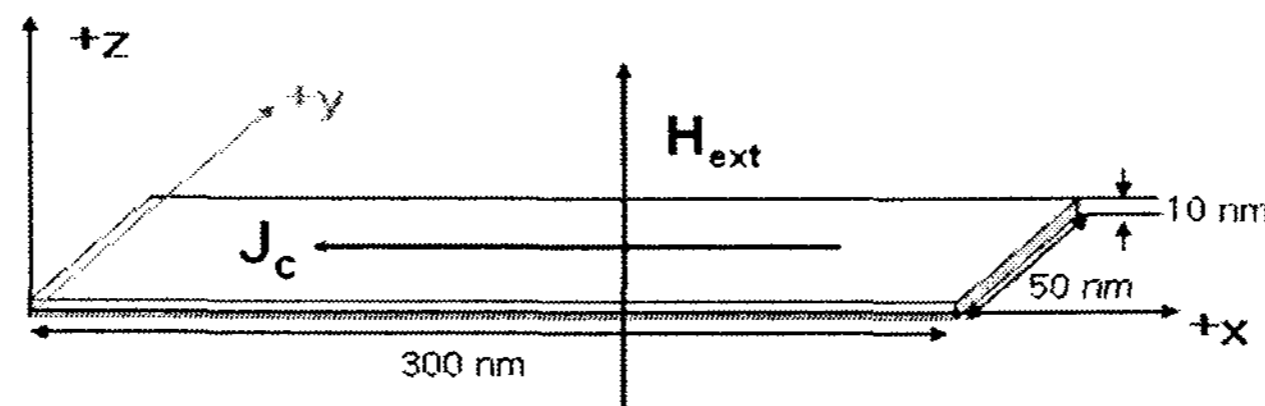


Fig. 1. 시뮬레이션 모델링.

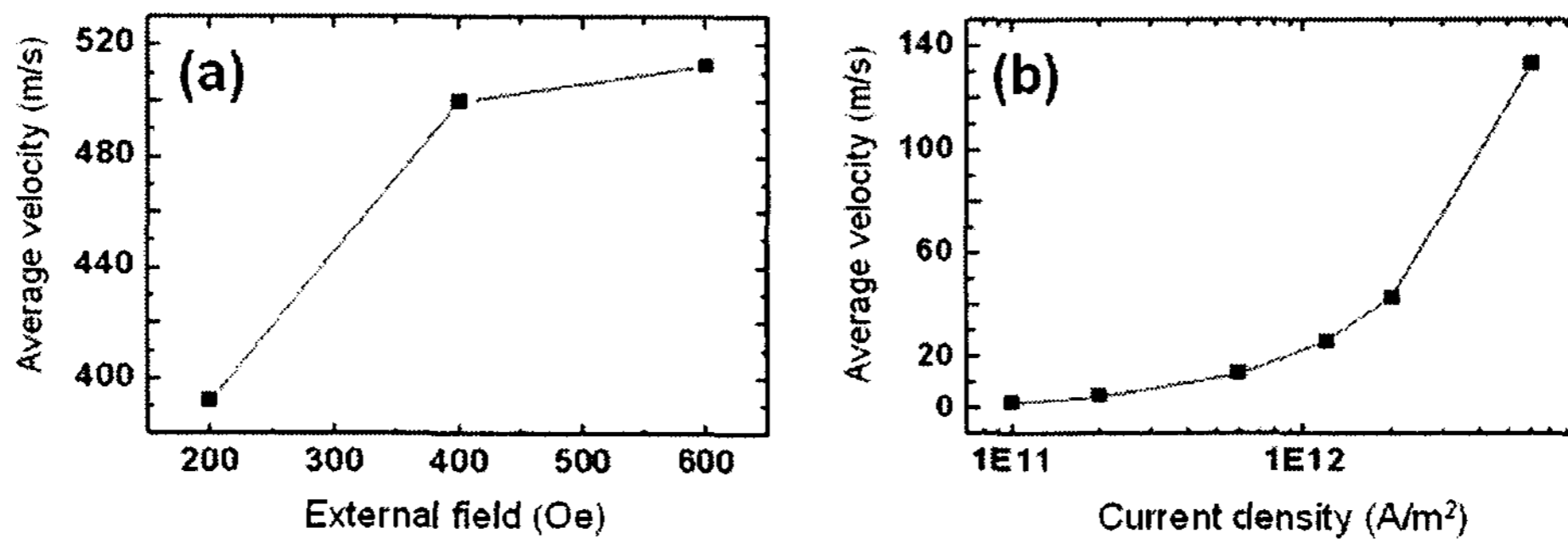


Fig. 2. 자구벽 이동속도 vs. (a) 외부 자기장 (b) 전류 밀도.