

자기소용돌이 회전 운동 시 쌍극자-결합된 원판형 자성 박막간 에너지 전달 속도 및 에너지 감쇠

김지혜^{1*}, 이기석^{1a)}, 정현성¹, 한동수¹, 김상국¹

¹서울대학교 재료공학부 스핀과 동역학 소자 연구단, 서울특별시 관악구 관악로 1, 151-744

^{a)}현 주소: 울산과학기술대학교 기계신소재공학부, 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 689-798

1. 서론

최근 자기소용돌이 핵의 회전운동을 이용한 새로운 정보신호전달 방법이 연구되고 있다[1-3]. 이 방법은 신호 전달 시 에너지 손실이 적어 고효율의 정보신호전달을 가능케 할 것으로 기대된다 [2,4]. 본 연구에서는 정보처리소자의 중요한 기술적 요인인 에너지 전달 속도, 에너지 손실과 물질 상수 및 박막의 구조인자 간의 상관관계를 수식적으로 도출하고, 이를 미소 자기 전산모사(micromagnetic simulation)를 통해 확인하여 최적화된 모델을 제공하고자 한다.

2. 실험 및 계산방법

본 연구를 위하여 Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG)의 방정식을 기반으로 한 OOMMF 코드를 사용하여 미소자기 전산모사를 수행하였다[5]. 물리적으로 떨어진 두 원판형 자성박막의 구조인자 및 물질상수와 에너지 전달 속도, 에너지 손실과의 상관관계를 확인하기 위해 다음과 같은 구조인자를 주어진 범위 안에서 변화를 주었다. (반지름: 61.5~243 nm, 두께: 7.5~40 nm, 고유 감쇠 상수(α) 0.005~0.05, 포화 자화값(M_s):퍼말로이($\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$)포화 자화값 대비 0.6~1.4). 또한 위와 같은 구조에서, 자기소용돌이 핵의 동적 거동 유발을 위해 자기장을 한쪽 원판에만 국부적으로 인가하여 자기소용돌이 핵을 원판 중심으로부터 벗어나게 한 후 자기장을 제거하였다.

3. 결과 및 논의

본 연구에서는 에너지 전달 속도 및 에너지 감쇠 상수를 수식으로 도출하였다. 그 결과, 에너지 전달 속도가 두 개의 원판형 박막 간 상대적 핵의 수직 자화 성분과 포화 자화량, 박막의 반지름-두께 비율, 박막 간 거리에 의해 결정되며 에너지 손실이 반지름, 두께, 고유 감쇠 상수와 포화 자화량에 의해 결정됨을 확인하였다. 이는 미소자기 전산모사 결과와 전반적으로 일치한다는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구를 통해 쌍극자-결합된 두 자기소용돌이에서의 에너지 전달 속도, 에너지 손실과 자성박막의 구조인자 및 물질상수와 관계 밝혀냈다. 본 결과에 따르면 에너지 전달 속도는 핵의 반 평행한(antiparallel) 수직 자화 배열을 가지며, 박막의 반지름-두께 비율이 작고, 포화 자화량이 클수록 증가하며 에너지 손실은 박막의 두께, 고유 감쇠상수 및 포화 자화값이 작을수록 감소한다. 이러한 연구 결과는 자기소용돌이 핵의 회전운동을 이용한 정보처리소자 개발 시 신호 전달속도 및 에너지 손실에 대한 최적화된 모델을 제공한다는 측면에서 의의가 있다.

5. 참고문헌

- [1] H. Jung, Y.-S. Yu, K.-S. Lee, M.-Y. Im, P. Fischer, L. Bocklage, A. Vogel, M. Bolte, G. Meier, and S.-K. Kim, Appl. Phys. Lett. 97, 222502 (2010).
- [2] H. Jung, K.-S. Lee, D.-E. Jeong, Y.-S. Choi, Y.-S. Yu, D.-S. Han, A. Vogel, L. Bocklage, G.Meier,M.-Y.Im,P.Fischer,andS.-K.Kim,Sci. Rep. 1, 59; DOI:10.1038/srep00059 (2011).
- [3] S. Barman, A. Barman, and Y. Otani, IEEE Trans. Magn. 46, 1342 (2010).
- [4] A. Vogel, T. Kamionka, M. Martens, A. Drews, K. W. Chou, T. Tyliczszak, H. Stoll, B. Van Waeyenberge, and G. Meier, Phys. Rev. Lett. 106, 137201 (2011).
- [5] We used the OOMMF code. See <http://math.nist.gov/oommf>.

본 연구는 2012년 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 창의적 연구 진흥 사업 지원을 받아 수행된 것임. (No. 20120000236)