

# 일차원 원판형-자성박막 사슬 구조 내 자기소용돌이-회전운동 모드의 실험적 관측

한동수<sup>1\*</sup>, 정현성<sup>1</sup>, 이기석<sup>1</sup>, 김상국<sup>1</sup>, Andreas Vogel<sup>2</sup>, Guido Meier<sup>2</sup>,  
Markus Weigand<sup>3</sup>, Hermann Stoll<sup>3</sup>, Gisela Schutz<sup>3</sup> and Peter Fischer<sup>4</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 재료공학부 스핀과 동역학 소자 연구단, 서울특별시 관악구 관악로 1, 151-744

<sup>2</sup>함부르크 대학교, 응용물리연구소, 함부르크 20355, 독일

<sup>3</sup>막스-플랑크 연구소, 슈투트가르트 70569, 독일

<sup>4</sup>로렌스 버클리 국립 연구소 X-선 광학 센터, 버클리 94720, 미국

## 1. 서론

최근 휴대용 정보기기 사용이 급증함에 따라 전력소모가 적은 새로운 정보신호전달 방법에 대한 연구가 큰 관심을 받고 있다. 특히 쌍극자-결합된 자기소용돌이 핵의 동적 거동을 이용한 신호전달 방식은 적은 에너지로 신호 발생이 가능하며 신호 전달시 에너지 소모가 적어 저전력, 고효율의 정보신호 소자로써 응용이 가능할 것으로 기대된다[1-5]. 본 연구에서는 기존에 수행된 두 개의 쌍극자-결합된 원판형 자성박막 구조를 확장하여 [1,4,5], 일차원으로 배열된 원판형 자성박막 구조에서 자기소용돌이 핵의 집단적 회전 운동 및 상기 회전 운동의 분산 관계를 실험, 미소자기 전산모사(micromagnetic simulation) 및 해석적 계산(analytical calculation)을 통해 살펴보았다. 본 연구는 자기소용돌이 핵의 동적 거동을 이용한 신호전달 제어 방법을 제공할 것으로 기대된다.

## 2. 실험 및 계산 방법

본 실험을 위해 퍼말로이( $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ )합금으로 구성된 5개의 동일한 원판형 박막을 100 nm 두께의  $\text{Si}_3\text{N}_4$ 의 얇은 막 위에 스퍼터(sputter) 및 전자빔 식각법(E-beam Lithography)를 이용하여 증착하였다. 각 원판은 60 nm의 두께,  $2\mu\text{m}$ 의 지름을 가지며, 각 원판 중심 간의 거리가  $2.25\mu\text{m}$ 의 간격이다. 이 때 배열의 한쪽 끝에 위치한 원판 위에는 800 nm의 너비, 120 nm의 두께를 가지는 구리(Cu) 스트립선로(stripline)를 증착하여 외부에서 전류를 인가할 수 있도록 하였다. 위의 구조에서, 1.8n의 시간 간격을 가지는 펄스 형태의 전류를 스트립선로에 인가 한 후, 독일 MAXYMUS 빔라인에 있는 주사형 X선 투과현미경(Scanning Transmission X-ray Microscopy)를 이용하여 시간에 따른 수직 자화 성분을 측정하였다[6]. 위의 실험을 통해 얻은 결과는 실험과 동일한 구조에서 수행된 미소자기 전산모사 및 해석적 계산을 통해 비교, 분석 되었다.

## 3. 결과 및 결론

본 연구를 통해 쌍극자-결합된 자기소용돌이가 일차원으로 배열된 구조 내에 존재하는 자기소용돌이 핵의 집단적 회전운동 모드를 살펴보았으며 상기 모드를 구성하는 두 파동인자간의 분산관계를 밝혀냈다. 자기소용돌이 핵의 회전운동 분산관계는 자기소용돌이 핵의 수직 자화 성분의 주기성에 크게 의존하며, 각 원판 내 자기소용돌이 핵의 동적 거동에 의해 유발되는 유효자화 간의 위상관계 및 상호작용 에너지에 의해 결정된다는 사실을 알아냈다. 이러한 결과는 자기소용돌이 핵의 동적 거동을 이용한 정보신호전달 소자 개발 시 신호 제어에 대한 핵심 아이디어를 제공한다는 점에서 의의가 있다.

#### 4. 참고문헌

- [1] J. Shibata *et al.*, Phys. Rev. B **67**, 224404 (2003).
- [2] J. Shibata and Y. Otani, Phys. Rev. B **70**, 012404 (2004)
- [3] S. Barman *et al.*, IEEE Trans. Mag. **46**, 1342 (2010)
- [4] H. Jung *et al.*, Appl. Phys. Lett. **97**, 222502 (2010); H. Jung *et al.*, Sci. Rep. **1**, 59 ; DOI:10.1038/srep00059 (2011), A. Vogel *et al.* Phys. Rev. Lett. **106**, 137201 (2011); S. Sugimoto *et al.* Phys. Rev. Lett. **106**, 197203 (2011)
- [5] K.-S. Lee *et al.*, J. Appl. Phys. **110**, 113903 (2011) ; O.V. Sukhostavets, Appl. Phys. Express **4**, 065003 (2011).
- [6] M. Kammerer *et al.*, Nature Commun. **2**, 279; DOI:10.1038/ncomms1277 (2011).

이 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 20120000236).