

방위각 방향 스핀파를 이용한 자기소용돌이 핵 자화 반전에 대한 정량적 연구

유명우*, 김상국

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

1. 서론

뛰어난 열적 안정성을 가지는 자기소용돌이 구조는 새로운 정보저장장치로서의 응용 가능성을 가지고 있어 지난 수년간 학계의 많은 관심을 받아왔다[1]. 특히 최근, 방위각 방향 스핀파를 이용한 새로운 초고속, 저전력의 자기소용돌이 핵 자화 반전 방법이 발표됨에 따라 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다[2]. 그러나 아직 이에 대한 정량적 연구와 깊은 물리적 이해가 명확히 이루어지지 못하고 있다. 이번 연구에서는 방위각 방향의 스핀파를 이용한 핵 자화 반전을 좀 더 깊이 살펴보고 그 물리적 원인을 규명하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구는 미소자기 전산모사 방법을 이용하여 진행하였다. 자기소용돌이 구조가 형성된 직경 300 nm, 두께 20 nm 의 퍼멀로이(Py, Ni₈₀Fe₂₀) 원판을 사용하였으며 초기상태의 핵 자화 방향은 +z, 주변 자화의 회전방향은 반시계방향이었다. 방위각 방향의 $m = +1, -1$ 스핀파 모드를 여기 시키기 위하여 퍼멀로이 원판 전체에 반시계 방향의 10 GHz, 시계방향의 8.4 GHz 회전 자기장을 각각 인가하였다[3].

3. 결과 및 결론

본 연구를 통해 방위각방향 스핀파를 이용한 핵 자화 반전은 사용한 모드에 상관없이 핵의 회전 운동에 의해 생성되는 자기웅덩이 (magnetization dip) 의 z 방향 자화값(m_z)이 -1 에 도달할 때 나타나는 자기소용돌이-반자기소용돌이 쌍의 생성과 소멸에 의해 나타난다는 것을 확인하였다. 이를 통해 방위각 방향 스핀파를 이용한 핵 자화 반전 방법도 핵의 회전 모드 (gyration mode)를 이용한 핵 자화 반전 방법과 동일한 메커니즘과 기준을 가짐을 보였다[4]. 또한 자기 웅덩이가 생성되는 위치는 핵의 회전운동에 의한 -z 방향의 자이로필드 (gyro-field)의 형성 위치와 일치한다는 것을 전산모사 계산을 통해 밝힘으로써 자기웅덩이의 생성 원인이 자이로 필드임을 정량적으로 확인하였다. 핵 자화반전이 일어나기까지 도달하는 핵의 최대 이동 속도는 인가 자기장의 세기에 거의 상관없이 $m = +1$ 모드를 이용한 자화 반전의 경우 약 820 m/s, $m = -1$ 모드를 이용한 자화 반전의 경우에는 약 380 m/s 로 거의 일정하다는 것을 알 수 있었다. 이 값은 기존에 잘 알려진 회전 모드를 통한 핵 자화반전의 임계 속도인 약 330 m/s [5] 와 다르다. 이는 스핀파에 의한 z 방향으로의 자화 변형에 의해 자화웅덩이의 m_z 값이 -1에 도달하기 위해 필요한 최저 자이로필드 값의 차이에서 오는 것으로 볼 수 있다 [6]. 특히 $m = +1$ 모드를 이용할 경우가 $m = -1$ 모드를 이용할 때의 핵 임계속도보다 훨씬 크게 나왔는데 이는 자기 웅덩이가 형성되는 위치가 $m = +1$ 의 경우 스핀파의 양(+)의 방향에 형성되기 때문에 자기 웅덩이의 m_z 값이 -1 에 도달하는 데 보다 작은 자이로필드 값을 필요로 하기 때문으로 보여진다. 이러한 결과는 스핀파를 이용한 새로운 방법의 초고속 핵 자화 반전 방법의 물리적 원인을 밝힐 뿐만 아니라 이를 이용한 정보소자 개발의 토대를 제공한다는 데 그 의미가 있다.

감사의 글

본 연구는 2012년 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 창의적연구진흥사업 지원을 받아 수

행된 것임. (No. 20120000236)

참고문헌

- [1] B. Van Waeyenberge *et al.*, Nature (London) **444**, 461 (2006); S. -K. Kim *et al.*, Appl. Phys. Lett. **92**, 022509 (2008).
- [2] M. Kammerer *et al.*, Nat. Commn. 2:279 doi: 10.1038/ncomms1277 (2011).
- [3] K. Y. Guslienko *et al.*, Phys. Rev. Lett. **101**, 247203 (2008).
- [4] K. Y. Guslienko *et al.*, J. Appl. Phys. **91**, 8037 (2002).
- [5] K.-S. Lee *et al.*, Phys. Rev. Lett., **101**, 267206 (2008).
- [6] M.-W. Yoo *et al.*, Phys. Rev. B, **82**, 174437 (2010).