

Creep과 Flow 영역에서 Dzyaloshinskii-Moriya 상호작용에 의한 Chiral 자구벽 동역학의 보편성

김덕호^{1*}, 유상철^{1,2}, 김대연¹, 민병철², 최석봉¹

¹서울대학교, 물리천문학부

²한국과학기술연구원

1. 서론

Dzyaloshinskii-Moriya (DM) 상호작용으로 관련된 많은 물리적인 흥미로운 현상과 이것을 이용한 기술적인 응용 가능성으로, DM 상호작용으로 형성된 Chiral 자구벽(domain wall)에 대해 많은 연구가 진행되어 왔다 [1,2]. 자구벽에 수평 자기장 H_x 를 걸어주면, 이에 따라 자구벽 구조가 변하여, 유한한 DM 상호작용이 있는 계에서는 비대칭적인 자구벽 운동을 한다[3]. 최근 Creep 영역에서 이런 비대칭적인 운동에 대한 많은 연구들이 수행되었는데, DM 상호작용에 의한 유효자기장 H_{DMI} 에 관련된 대칭적 효과(자구벽 에너지 밀도 변화[3-5])와 비대칭적인 효과(Chiral damping 또는 기타 변화[6])를 이용해 비대칭적인 운동을 설명하였다. 본 연구에서는 비대칭적인 자구벽 운동에 대한 이해를 확장하기 위하여, Creep 영역과 Flow 영역에서 비대칭 자구벽 운동을 관찰해보았다.

2. 실험방법과 결과

이를 위해 Pt(2.0 nm)/Co(0.3 nm)/Pt(2.0 nm) 구조의 수직 자기 이방성 박막을 제작하였고, 광자기 Kerr 현미경(magneto-optical Kerr effect microscope)을 이용하여 수직자기장 H_z 를 고정하고, 수평자기장 H_x 에 따른 자구벽 속력 v 를 측정하였다. 기존의 Creep 영역의 비대칭적 자구벽 운동은 H_{DMI} 축을 기준으로 구분된 대칭과 비대칭 효과를 이용하여 설명할 수 있다. 그림1(a)는 Creep 영역에서($H_z = 1.7$ mT로 고정) H_x 에 대한 v 결과이다.

3. 고찰 및 결론

이 결과를 최근 Appl. Phys. Lett.에 보고된 방법[5]을 이용하여 H_{DMI} 를 구하면, H_{DMI} 가 60 ± 5 mT로 얻을 수 있었다. 흥미롭게도, Flow 영역에서도 거의 비슷한 현상이 관찰되었다. 그림1(b)는 Flow 영역에서($H_z = 51$ mT로 고정) H_x 에 대한 v 결과이다. 이 결과에서 Flow 영역에서는 비대칭 효과가 없어지고, 대칭 효과만 나타나는데, 놀랍게도 Creep에서 구한 H_{DMI} 와 정확히 같은 값을 대칭축을 가지고 있었다. 이 결과로부터 H_{DMI} 는 Creep과 Flow 모든 동역학 구간들에서 보편적인 값을 확인하였다. 이는 자구벽 이동을 통한 H_{DMI} 측정법에 대한 이해에 많은 도움이 될 것으로 생각된다. 세부적인 내용은 추후 발표에서 논의할 예정이다.

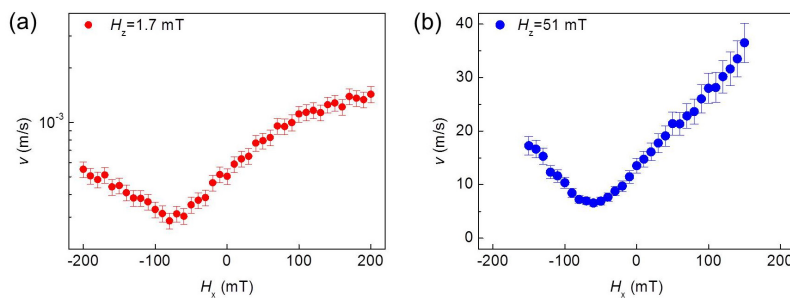


그림 1 수평 방향 자기장 H_x 에 따른 자구벽 속력 v (a)수직방향 자기장 $H_z=1.7$ mT (b) $H_z=51$ mT

4. 참고문헌

- [1] K.-S. Ryu, L. Thomas, S.-H. Yang, and S. Parkin, *Nat. Nanotech.* **8**, 527 (2013).
- [2] K.-W. Moon *et al.* *Sci. Rep.* **5**, 9166; DOI:10.1038/srep09166 (2015).
- [3] S.-G. Je *et al.* *Phys. Rev. B* **88**, 214401 (2013).
- [4] R. Lavrijsen *et al.* *Phys. Rev. B* **91**, 104414 (2015).
- [5] D.-Y. Kim, D.-H. Kim, J. Moon, and S.-B. Choe, *Appl. Phys. Lett.* **106**, 262403 (2015).
- [6] E. Jué *et al.* *ArXiv* 1504.04411 (2015).