

# 광자기 Kerr 효과를 이용한 스핀 궤도 돌림힘 측정

윤상준<sup>1\*</sup>, 문준<sup>1</sup>, 황현석<sup>1</sup>, 최석봉<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 물리천문학부

## 1. 서론

최근 전류에 의해 자성 물질이 운동하는 원인으로 스핀 전달 돌림힘 뿐만 아니라 스핀 궤도 돌림힘이 존재한다는 것이 밝혀져 활발한 연구가 이루어지고 있다[1, 2]. 스핀 홀 또는 Rashba 효과에 의해 발생하는 스핀 궤도 돌림힘은 자성층을 기준으로 비대칭성이 있을 때 나타나는데, 자화와 전류의 방향에 평행하거나 수직인 성분의 유효 자기장으로 나누어 생각할 수 있다. 기존의 전기적 방법[3-5]을 통한 스핀 궤도 돌림힘 측정은 복잡한 홀 효과에 의해 분석에 어려움이 있어서 이를 극복하기 위해 광학적 방법을 통해 스핀 궤도 돌림힘을 정량화 하였다.

## 2. 실험방법

DC 마그네트론 스퍼터링을 통해 서로 다른 두께를 가진 Pd/Co/Pt 구조의 수직 자성 박막들을 증착하였다. 구조적 비대칭성에 의해 Rashba 효과가 있을 것으로 예상되고, 위 아래 층의 두께에 따라 스핀 홀 효과도 달라질 것으로 기대하였다. 10  $\mu\text{m}$  너비를 가진 마이크로 와이어에 전류를 걸어주면서 스핀 궤도 돌림힘 효과를 발생시켰고, 광자기 Kerr 효과를 이용하여 자화의 수직 성분을 관측함으로써 스핀 궤도 돌림힘의 크기를 얻어 내었다.

## 3. 실험결과

파형 발생기를 통해 주파수  $\omega$ 의 사인파 전류를 시료에 주입하였을 때 측정되는 파형은  $\omega$  성분 뿐 아니라  $2\omega$  성분 또한 포함하고 있다. Pd 층이 두꺼운 시료에서는 수직 이방 자기장의 크기에 비해 스핀 궤도 돌림힘의 크기가 작아서 효과가 거의 보이지 않는데 비해 Pd 층이 얇은 시료에서는 이방 자기장의 크기가 작아 스핀 궤도 돌림힘 효과가 크게 나타났다.

## 4. 고찰 및 결론

Pd의 두께가 바뀌면서 수직 이방 자기장의 크기가 달라져 서로 다른  $\omega$ ,  $2\omega$  파형이 나타났다. 수직 이방 자기장이 작은 시료에서는 자화의 수직 성분이 바뀔에 따라  $\omega$  파형이 달라지는 것을 확인할 수 있었고, 스핀 궤도 돌림힘 효과가 자화의 역전을 일으킬 만큼 크다는 사실도 발견하였다. 반면 같은 자기장 하에서 수직 이방 자기장이 큰 시료의 경우에는 외부 자기장에 의해 자화의 각도가 크게 바뀌지 않아서 항상 비슷한 크기의  $2\omega$  파형을 보여주는데, 스핀 궤도 돌림힘 외에 영향을 주는 요인에 대한 분석이 필요하다.

## 5. 참고문헌

- [1] I. Miron, et al. Nature Mater. **9**, 230 (2010)
- [2] L. Liu, et al. Science **336**, 555 (2012)
- [3] U. H. Pi, et al. Appl. Phys. Lett. **97**, 162507 (2010)
- [4] J. Kim, et al. Nature Mater. **12**, 240 (2012)
- [5] X. Fan, et al. Nat. Commun. **4**, 1799 (2013)