

## W/CoFeB/MgO 구조에서 스핀-오빗 토크와 스핀 홀 자기저항의 상관관계

백승현<sup>1,2\*</sup>, 조순하<sup>1</sup>, 이경동<sup>1</sup>, 조영훈<sup>3</sup>, 박병국<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Materials Science and Engineering, KAIST, Daejeon 305-701, Korea

<sup>2</sup>Department of Electrical Engineering, KAIST, Daejeon 305-701, Korea

<sup>3</sup>Division of Scientific Instrumentation KBSI, Daejeon 305-806, Korea

자기장 없이 순수하게 전기적인 방법을 통해서 자화방향을 제어하려는 연구는 차세대 전기전자(스핀트로닉스) 소자 개발을 위해서 많이 진행이 되어왔다. 여러 가지 시도되고 있는 방법 중 하나가 최근 알려진 스핀-오빗 토크를 이용하는 방법이다. 이 방법은 비자성/강자성/산화막 구조에서 비자성층을 통과하는 수평 전류로 인해 생성된 스핀-오빗 토크가 강자성 층에 토크를 전달하여 자화방향을 제어하는 방법이다. 이와 반대로 자화 방향에 따라 비자성/강자성/산화막 구조의 저항이 바뀌는 현상 역시 존재 한다는 것이 최근에 알려졌다.

본 연구에서는 W/CoFeB/MgO 구조의 자기저항과 스핀-오빗 토크의 상관관계를 관찰하고 그 현상에 대해 연구하는 것을 목표로 한다. W/CoFeB/MgO 구조에서 관찰된 자기저항은 자화방향과 전류사이의 각도에는 영향을 받지 않지만 자화방향과 계면에 축적된 스핀의 상대적인 방향에 매우 큰 영향을 받는 것을 관찰하였다. 이러한 현상은 스핀 홀 자기저항이라고 알려진 현상과 일치하며 본 실험에서는 약 1% 이상의 스핀 홀 자기저항을 측정할 수 있었다. 이 값은 기존의 Pt/YIG에 비해 최소 10배 이상 큰 값이며 Ta/CoFeB/MgO 혹은 Pt/Co/AlOx 구조보다도 큰 값이다. 이러한 결과로 비추어 볼 때 W의 스핀 홀 각도가 Ta이나 Pt보다 크다고 유추할 수 있다. 또한 W의 두께에 따른 자기저항의 변화와 스핀-오빗 토크에 의한 자화반전 효율이 같은 경향성을 보이는 것을 알 수 있었다. 그림 1(a)를 보면 W 두께에 따른 스핀 홀 자기저항 값의 변화를 나타낸다. W 두께에 매우 큰 의존성을 보이는 것으로 보아 이는 W에서 일어나는 스핀 홀 현상에 매우 큰 영향을 받는 것이라고 판단된다. W 두께가 얇을 경우에는 계면에서 스핀 전류가 반사되는 효과를 보여 스핀 홀 효과에 의한 스핀 전류가 감소하기 때문에 스핀 홀 자기저항의 값이 감소하는 경향을 보이고, W 두께가 두꺼울 경우에는 current shunt 효과에 의해 자기저항 값이 감소하게 된다. 이러한 점을 고려하여 fitting을 해보면 빨간선과 같이 fitting이 잘 되는 것을 볼 수 있다. W 두께가 두꺼운 부분에서는 W의 crystallography가 얇을 때와 달라서 스핀 홀 각도가 다르기 때문에 이러한 fitting과는 조금의 차이를 보인다고 생각된다. 또한 그림 1(b)에서는 W

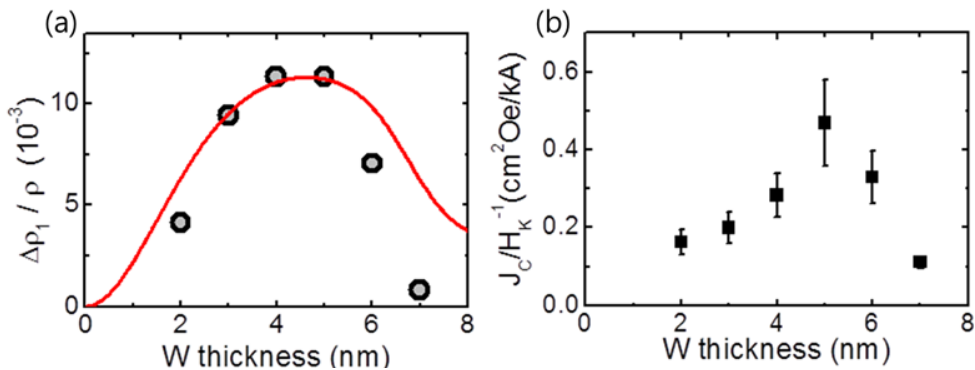


그림 1 (a) W 두께에 따른 스핀 홀 자기저항의 변화  
(b) W 두께에 따른 스핀-오빗 토크에 의한 자화반전 효율의 변화

두께에 따른 자화반전 효율을 나타낸 것인데, 그 형태가 스핀 홀 자기저항의 형태와 매우 유사한 것을 알 수 있다. 이러한 점을 고려해 볼 때 스핀 홀 자기저항과 스핀-오빗 토크, 2가지 물리적 현상이 매우 큰 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 현상을 바탕으로 다양한 스핀-오빗 현상에 대해 공부하고 그 원인을 규명하는데 도움이 될 수 있을 것이라고 생각된다.

## References

- [1] Miron, I.M. et al. Perpendicular switching of a single ferromagnetic layer induced by in-plane current injection. *Nature* 476, 189-193 (2011).
- [2] Liu, L., Pai, C.-F., Li, Y., Tseng, H.W., Ralph, D.C. & Buhrman, R.A. Spin-torque switching with the giant spin Hall effect of Tantalum. *Science* 336, 555-558 (2012).