

Current Driven Shift Register in Nanowire with Perpendicular Magnetic Anisotropy

S. -J. Yun*, G. -H. Gim, K. -J. Kim, J. -C. Lee, S.-B. Choe

Department of Physics and Astronomy, Seoul National University

1. 서론

기존의 메모리 기술이 한계에 직면함에 따라 새로운 방식의 메모리와 데이터 프로세싱 방법이 필요해지고 있는데 최근 그 대안으로 전류 구동 자구벽 기술이 각광받고 있다. 전류 구동 자구벽 기술은 기존 하드디스크의 물리적 회전을 전류에 의한 자구벽의 이동으로 대체시킴으로써, 용량이나 안정성 측면에서 기존 메모리 기술을 대체할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이러한 전류 구동 자구벽 기술의 핵심은 전류에 의해서 자구벽이 이동하는 것이고, 이를 통해서 shift register 역시 구현이 가능하다. 이에 본 연구에서는 전류에 의한 shift register를 구현하고자 하였고, 그 결과 자성 나노선 소자에서 2 bit shift register가 가능함을 규명하였다.

2. 실험 방법

자구벽의 이동을 통한 shift register를 구현하기 위하여 수직자기이방성을 가지는 Co(0.3nm)/Pt(1.5nm) 나노선 소자를 제작하였다. 제작된 소자는 280 nm의 폭을 가지며, 자구벽의 이동을 원활히 측정하기 위해 20um의 길이로 만들었다[그림 1]. 또한, 낮은 전류로 자구벽을 이동시키기 위하여 propagation field가 낮은 물질을 이용하여 제작하였다. 자구벽을 형성시키고, 이동시키기 위하여 3개의 전극을 달았으며, 각각 Function Generator (FG)와 Oscilloscope(OS)를 연결하여 전류를 주입하고 측정할 수 있도록 하였다. 실험과정은 다음과 같은 방법을 통해서 이루어 졌다. 먼저, 충분한 크기의 자기장을 아랫방향으로 걸어 나노선의 자화를 포화시킨 후, FG 1을 통하여 전류를 주입하여 Oersted field에 의해 자구벽이 형성되도록 하였다. 그 후, 적절한 크기의 전류를 FG2를 통하여 주입시켜 자구벽을 이동하도록 한다. 이 때, 전류는 OS에서 동시에 측정함으로써 전류 밀도 및 전류 형태를 실시간으로 관찰할 수 있도록 하였다. 자구벽이 이동한 후, FG1을 통하여 반대방향의 전류를 주입하여 다른 극성을 가진 자구벽을 또다시 형성시키며, 이러한 과정을 반복하였다. 이 때, 자화방향이 위쪽일 때를 signal 1, 아래쪽일 때를 signal 0 이라하면, 특정 신호를 보낼 수 있게 되며, 전류 펄스의 폭을 조절함으로써, shift register를 구현할 수 있게 된다.

3. 실험 결과

[그림 2]는 나노선에서 스캔한 MOKE signal을 통하여 자구벽이 형성되고 이동하는 것을 보여주고 있다. 사용한 전류 밀도의 크기는 $1.8 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$ 이며, 펄스폭은 1.5 ms 이다. 그림에서 보여지는 것과 같이 자구벽은 전류에 의해 원활히 이동하게 된다. 이러한 자구벽의 이동을 바탕으로 나노선에서 shift register를 구현하여 보았다. 측정 방법은 나노선의 오른쪽 끝에서 MOKE signal을 측정하였으며, [그림 3]에서 보는 것과 data가 각각 1bit, 2bit씩 shift 되어서 도착하는 것을 볼 수 있다.

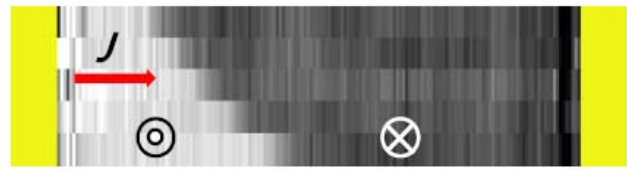
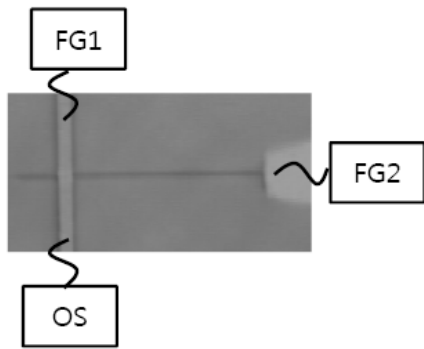


그림 2 나노선에서 전류에 의한 자구벽의 이동을 보여주는 scanned MOKE signal

그림 1 자성 나노선 소자의 이미지 및 실험 개략도

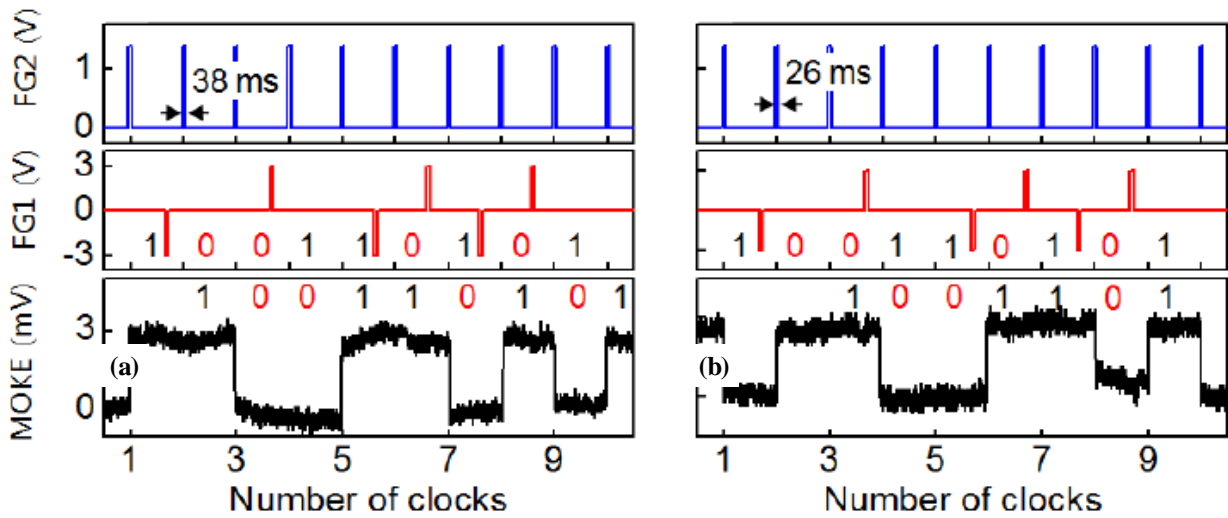


그림 3 나노선 소자에서 전류 구동 자구벽을 이용한 shift register. (a) $1.8 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$, 38 ms 펄스를 이용한 1 bit shift register. (b) $1.8 \times 10^{11} \text{ A/m}^2$, 26 ms 펄스를 이용한 2bit shift register.