Brillouin Light Scattering 측정방법을 이용한 $Fe_{80}Co_{20}$ 층의 수직자기이방성의 외부인가전압 의존도에 대한 연구

하승석*, 이석목, 유천열, Yoichi Shiota[1], Takuto Maruyama[1],
Takayuki Nozaki[1], Yoshishige Suzuki[1]
인하대학교 물리학과, [1]Department of Materials Engineering Science, Osaka University, Osaka, Japan

1.서 론

외부 인가 전압에 대해 자기적 성질이 바뀌는 현상에 대한 연구로써 압전 물질을 이용한 다층 박막 구조, 강자성 성질을 가지고 있는 반도체, 다강체 구조, 교환 바이어스 구조에 대한 연구와 같은 다양하고 새로운 시도는 스핀트로닉스 기술을 이용한 소자개발에 대해 중요한 의미를 갖는다. 현재 활발하게 연구되고 있는 바와 같이 인가 전류로 자화방향을 제어하는 방법보다, 인가 전압으로 자화방향을 제어하는 방법은 저전력 소자 개발 가능성에 대해 기대해 볼 수 있다. 이러한 다양한 연구 중에 전해질이 포함되어 있는 다층 구조에 바이어스 전압을 변화시킴으로써 자기이방성이 바뀌는 현상을 관찰한 연구[1]에 대해 우리는 Au/Fe/MgO/polyimide/ITO 다층 구조의 바이어스 전압에 따른 Fe 층의 수직 자기이방성 변화에 대해 연구하였다[2]. 이 선행 연구에서는 수직 자기이방성 조사를 위해 Magneto-optical Kerr effect 방법이 이용되었으나 본 연구에서는 Brillouin light scattering (BLS) 방법을 이용하여 수직 자기 이방성 상수에 대한 정량적 측정을 하고자 하였다.

2. 실험방법

바이어스 전압 인가에 따른 수직 자기 이방성에 대한 자세한 조사를 위하여 그림 1과 같은 구조를 가지는 MgO sub.(001)/ MgO(5 nm)/ Cr(10 nm)/ Au(50 nm)/ $Fe_{80}Co_{20}$/ MgO(5 nm)/ Polymide(1500 nm)/ ITO(100 nm)구조에 대한 연구를 진행하였다. MgO 기판위에 MgO/Cr/Au/ $Fe_{80}Co_{20}$/MgO 층은 molecular beam eptitaxy (MBE) 방법으로 증착되었으며, polymide층은 스핀 코터를 이용해 코팅하였고 ITO 전극은 metal mask 방법을 이용하여 증착하였다. 실험에 사용된 구조 중에 Fe80Co20층은 두께 범위가 0～0.75 nm인 쐐기 모양으로 증착되었다. 이렇게 준비된 시료의 수직자기 이방성은 Brillouin light scattering 측정방법을 이용하여 스핀파의 진동수를 측정함으로써 조사하였다. 각기 다른 두께를 가지는 $Fe_{80}Co_{20}$층에 대해 외부 자기장에 대한 스핀파의 진동수를 측정함으로써 $Fe_{80}Co_{20}$층 두께에 따른 수직자기 이방성의 크기를 알아보았으며, 패터닝되어 있는 전극을 통해 바이어스 전압을 변화시키면서 스핀파의 진동수를 측정함으로써 바이어스 전압 의존도를 얻어내고자 하였다. 마지막으로 바이어스 전압을 달리 하여 스핀파의 외부 자기장 의존도를 측정함으로써 수직자기 이방성의 바이어스 전압에 대한 의존도를 얻어내고자 하였다.

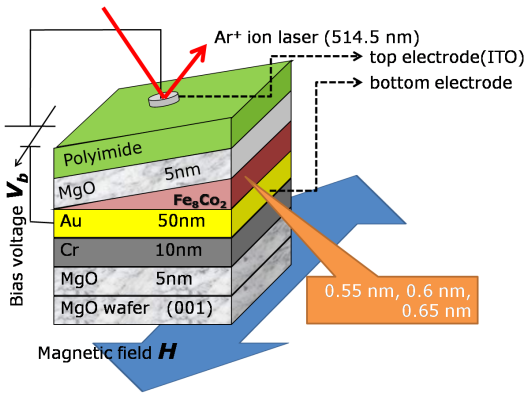

Fig. 1. 바이어스 전압에 따른 수직자기이방성 측정에 사용된 다층박막 구조.

3. 실험결과

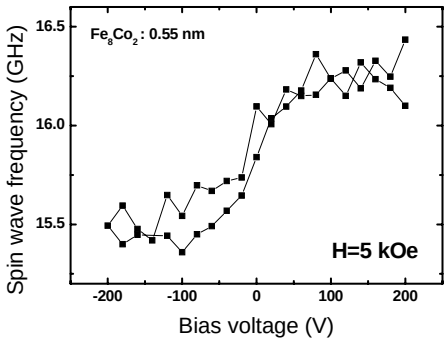

Fig. 2. 두께가 0.55 nm인 $Fe_{80}Co_{20}$층에 5 kOe를 인가하고 바이어스 전압을 -200 V에서 200 V까지 변화시키면서 얻은 스핀파의 진동수.

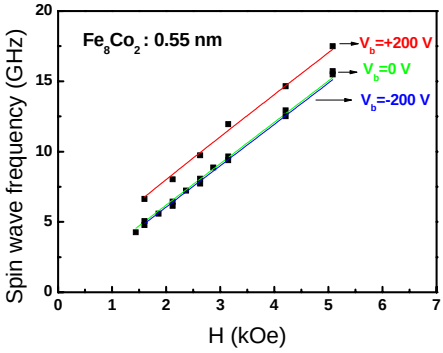

Fig. 3. 두께가 0.55 nm인 $Fe_{80}Co_{20}$층에 바이어스 전압을 각각 -200 V, 0 V, 200 V를 인가하고 외부 자기장을 변화시켜 얻은 스핀파의 진동수 변화

외부 자기장을 5 kOe로 일정하게 인가하고 바이어스 전압을 -200V에서 200V까지 변화시켜 스핀파의 진동수를 측정한 결과 그림 2와 같은 이력곡선을 얻을 수 있었다. 이와 같은 측정을 통해 스핀파 진동수는 작은 변화 폭을 가지고 있긴 하지만 바이어스 전압 200 V에 대해 약 1 GHz정도의 변화를 가짐을 알 수 있었다. 각기 다른 $Fe_{80}Co_{20}$층에 대해 외부 자기장을 0～5 kOe 범위내에서 변화시켜 스핀파를 측정한 결과 두께가 0.55 nm 경우 가장 강한 수직 자기 이방성을 가지고 있었으며 그 두께가 증가함에 따라 수직 자기이방성이 감소하는 경향을 얻을 수 있었다. 또한 다양한 두께를 가지는 $Fe_{80}Co_{20}$층에 대해 스핀파의 외부 자기장 의존도를 측정하여 수직 자기 이방성 상수를 Fig. 3과 같이 fitting을 통하여 얻어 내었다. 또한 바이어스 전압을 -200 V, 200 V를 인가하여 수직 자기이방성의 바이어스 전압에 대한 변화를 정량적으로 측정하였고 실험에 사용한 다층박막구조에 바이어스 전압을 변화시킴으로써 수직 자기이방성을 바꿀 수 있음을 관찰하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 MBE를 이용해 증착한 MgO sub.(001)/ MgO(5 nm)/ Cr(10 nm)/ Au(50 nm)/ $Fe_{80}Co_{20}$/ MgO(5 nm)/ Polymide(1500 nm)/ ITO(100 nm)구조의 수직 자기 이방성의 바이어스 전압, 외부 자기장, 자성층 두께 의존도를 BLS 방법을 이용하여 스핀파의 진동수를 측정함으로써 조사하였다. 각각의 경우에 대해 수직 자기이방성 상수에 대해 정량적인 분석을 하였으며, 본 연구에 사용된 다층박막 구조의 수직 자기이방성은 자성층의 두께가 얇을수록 감소하는 경향을 가지고 있고 바이어스 전압에 대해 이력 현상을 보였다. 또한 바이어스 전압을 변화시킴으로써 다층박막 구조의 수직 자기 이방성이 변하는 현상을 관찰하였으며 두께가 얇을 수록 그 변화량은 증가하였다.

5. 참고문헌

[1] M. Weisheit *et al.*, Science **315**, 349 (2007).

[2] T. Maruyama *et al.* Nature Nanotechnology **4**, 158 (2008).