

브릴루앙 광산란을 이용한 열처리에 따른 CoFeB 박막의 Exchange Stiffness Constant 특성

정진용*, 김가언, 조재훈, 유천열
인하대학교 물리학과

1. 서론

디지털 정보량의 증가로 저전력 대용량 정보저장 매체 등의 IT 소자의 연구 개발의 필요성이 대두되면서 spin transfer torque(STT)현상으로 기인된 STT-MRAM(Spin transfer torque magnetic random access memory)에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. STT-MRAM은 데이터를 전력 없이 저장할 수 있고, 초고속과 저전력으로 동작이 가능하며, 비휘발성의 장점과 함께 데이터의 안정성을 갖춘 차세대 메모리 중에 하나이다. STT-MRAM의 기록층으로 CoFeB이 적합하다고 예상되어지며 이에대한 많은 연구가 진행되고 있지만[1], CoFeB의 기본 자성상수인 Exchange stiffness constant(교환뻣뻣함 상수, A_{ex})에 대한 연구는 찾아보기 힘들다[2][3]. 더욱이 최근 임계전류밀도가 A_{ex} 에 크게 의존한다는 것이 발견되었다[4]. 본 연구에서는 상온에서 MgO(100) 기판위에 CoFeB을 25 nm 두께로 증착한 시료를 제작하여, 시료의 열처리 온도에 따른 A_{ex} 값을 브릴루앙 광산란(Brillouin light scattering ; BLS)를 이용하여 연구하였다.

2. 실험방법

시료제작은 Ar분압이 1.5 mTorr 로 일정한 상태에서 MgO(100) 기판위에 $Co_{40}Fe_{40}B_{20}$ 을 상온 25° 내에서 증착하였다. 증착된 시료는 DC 마그네트론 스퍼터링(DC magnetron sputtering) 방식으로 CoFeB 층의 두께를 25 nm로 고정하여 증착하였고, 시료의 산화를 방지하기 위해 Ta을 CoFeB 위에 5 nm의 두께로 증착했다. 증착 후 300 °C와 400 °C에서 한 시간동안 열처리를 수행하였다. 열처리 후 A_{ex} 를 결정하기 위하여 Sandercock 방식의 (3+3)형태의 고 분해능 이중 Fabry-Perot 간섭계(tandem Fabry-Perot interferometer)를 이용하여 BLS측정을 하였다. 사용된 빛은 단일 진동수는 532 nm 를 갖는 고체레이저를 사용하였다. 레이저의 출력은 60 mW이며, 후방 산란하는 기하학적인 구조를 사용하여 열적으로 여기된 빛이 산란되는 것을 관찰하였다. 빛이 30°로 입사할 때, in-plane상에서 파수는 $q_{\parallel}=1.118 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ 이다.

3. 실험결과

CoFeB을 25 nm로 증착한 후, 300 °C에서 한 시간동안 열처리한 시료를 BLS를 이용하여 측정한 대표적인 스펙트럼을 그림 1에 전시하였다. 측정된 스핀파 진동수는 각각 외부에서 인가하는 자기장이 0.30 kOe과 0.55 kOe에서 측정한 스펙트럼이다. Damon-Eshbach(DE) 모드는 시료의 표면에 생기는 스핀파가 자화방향과 시료 면에서 수직하게 진행하는 형태이고, 덩어리(Bulk) 모드는 시료 내부에서 정상파를 이루는 스핀파의 모드이다. 이 스핀파의 진동수와 자기상수들의 관계는 참고문헌 [5]에 기재한 스핀파 진동수 분산관계를 이용하여 결정하였다. 실험으로 열처리 온도에 따라서 CoFeB이 가지는 A_{ex} 와 Saturation magnetization(포화자화값, $4\pi M_s$), g-factor(g인자, g)의 자기상수를 확인하였다. $4\pi M_s$ 는 열처리 온도에 따라 각각 14.190 ± 0.114 , 14.732 ± 0.183 , 14.170 ± 0.270 kOe이고, g값은 2.178 ± 0.011 , 2.108 ± 0.016 , 2.155 ± 0.026 이다. A_{ex} 는 1.324 ± 0.013 , 1.403 ± 0.008 , $1.406 \pm 0.014 \times 10^{-11}$ J/m 이다. 일반적인 MgO/CoFeB/Ta구조에서 200 °C이상에서 열처리를 하면 CoFeB층의 Boron이 Ta층으로 확산한다고 알려져 있는데, 이는 실험의 결과 열처리 온도 300 °C이상에서 Boron이 Ta층으로 확산되어 A_{ex} 가 커지는 결과를 갖는 것처럼 생각된다.

4. 요약

이 연구는 BLS 실험을 이용하여 $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}$ 박막의 자성특성을 연구하였다. CoFeB 의 열처리 온도에 따라 $4\pi M_S$ 는 일정하였고, A_{ex} 는 300 °C 이상에서 열처리한 시료의 경우 비슷한 값을 가짐을 확인하였다.

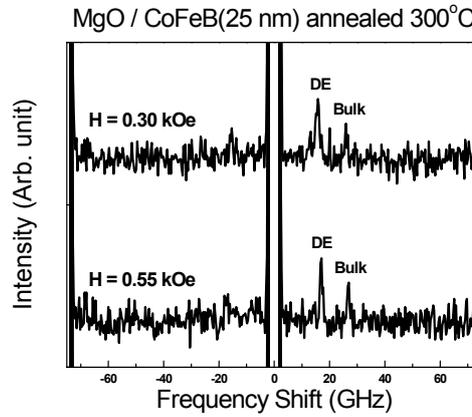


그림 1. 25 nm 두께로 증착한 후 300 oC로 열처리를 가한 시료 BLS 통하여 스핀파 진동수를 측정된 대표적인 스펙트럼이다. DE는 Damon-Eshbach mode이고, Bulk는 Bulk mode이다. 위에 그래프에서 실선은 H=0.30 kOe 인가해주었을 때의 스펙트럼이다. 밑에 실선은 H=0.55 kOe 일 때의 스펙트럼이다.

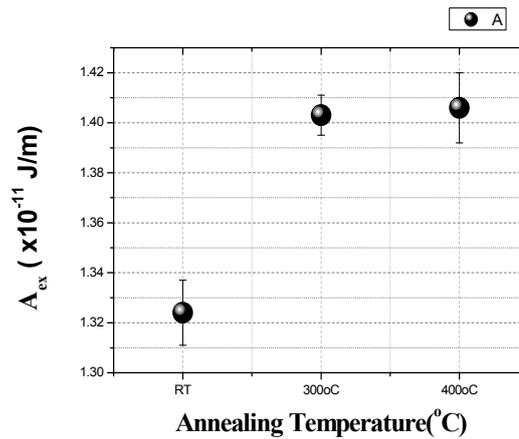


그림 2. 25 nm 두께로 증착된 $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{40}\text{B}_{20}$ 의 열처리온도에 따른 A_{ex} 값의 관계를 나타낸 그래프이다. 가로축은 각각 실온, 300 °C와 400 oC에서 1시간동안 열처리를 수행한 시료를 나타내고, 세로축은 A_{ex} 에 해당하는 값을 나타낸다.

5. 참고문헌

- [1] S. S. P. Parkin et al, Nature Mater. **3**, 862-867 (2004)
- [2] C. Bilzer et al, J. Appl. Phys. **100**, 053903 (2006).
- [3] M. Yamanouchi et al, IEEE Magn. Lett. **2**, 300304 (2001).
- [4] C.-Y. You, Appl. Phys. Express. **5**, 103001 (2012)
- [5] P. Grunberg et al. J. Magn. Magn. Mat. **28**, 319 (1982)