

CoFe/NiFeCuMo/CoFe/FeMn 다층박막의 자기적 특성 연구

Magnetic properties of CoFe/NiFeCuMo/CoFe/FeMn Multilayers

최종구^{1*}, 박광준², 이장로³, 황도근^{1,2}, 이상석^{1,2}

¹상지대학교 대학원 동서의료공학과, 강원도 원주시 우산동 220-702

²상지대학교 보건과학대학 한방의료공학과, 강원도 원주시 우산동 220-702

³숙명여자대학교 자연과학대학 물리학과, 서울시 용산구 140-742

I. 서론

생체 자기분야의 저주파수 대역에서 1 μG 이하의 미세 자기장 측정용 센서들은 초전도체 박막을 이용한 SQUID (Superconducting QUantum Interface Device)나 자속게이트(flux gate)로 주로 사용되고 있다. 이러한 소자들은 구동 시스템의 부피가 크고 고가이어서 보급형으로 활용할 수가 없는 단점을 가지고 있다. 바이오 센서로 활용 가능한 작고 저렴한 1 μG 이하의 미세 자기장 측정용 센서를 사용하기 위해 박막소자의 개발이 필수적으로 대두되고 있는 현실에서 기존의 퍼멀로이 박막보다 높은 연자성의 특성을 가진 박막소자에 대한 개발이 중요하다. 본 연구에서는 새로운 초연자성 박막에 대해 이온빔 스퍼터링 방법으로 증착하여 강자성체인 CoFe 단층박막을 삽입한 CoFe/FeMn 이중박막의 자기적 특성을 조사하였다.

II. 실험방법

박막의 모든 시료들은 Corning #7059 glass 위에 기본 진공도가 1×10^{-8} Torr인 6개의 3-인치 타겟이 장착된 초고진공(Ultra-High Vacuum;UHV) 이온 빔 증착(ion beam deposition; IBD) 시스템을 이용하여 상온에서 증착하였다. 증착 조건에서 Ta, CoFe, NiFe, NiFeCuMo, FeMn 타겟의 증착율은 각각 0.020 nm/s, 0.032 nm/s, 0.032 nm/s, 0.13 nm/s, 0.15 mm/s이다. 사용된 3인치 직경 3 mm 두께의 원판형 CoFe, NiFe, NiFeCuMo 타겟은 4 N 순도를 가지고 있으며, 원자성분비는 각각 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$, $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$, $\text{Ni}_{77}\text{Fe}_{14}\text{Cu}_5\text{Mo}_4$, $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ 이다. 상온에서 증착한 모든 자성체의 시료는 증착시 자기장 350 Oe 크기를 갖는 영구자석을 이용하여 일축 이방성을 유도하였다. 제작된 박막의 두께는 알파 스테퍼(α -stepper)와 X-선 회절기(X-ray diffractometer; XRD)를 사용하여 조사하였고 $2 \times 2 \text{ cm}^2$ 영역의 증착 범위 내에서 균일함을 확인하였다. 모든 박막의 시료는 더 이상의 이방성 유도를 위해 진공 후 열처리는 하지 않았다. 곤란축(Hard axis)과 용이축(Easy axis)의 보자력(Coercivity; HEC, HHC)은 4-단자 자기저항 측정 시스템으로 얻은 자화 곤란축과 자화 용이축의 이방성 자기저항(anisotropy magnetoresistance; AMR) 곡선으로 각각 결정하였다.

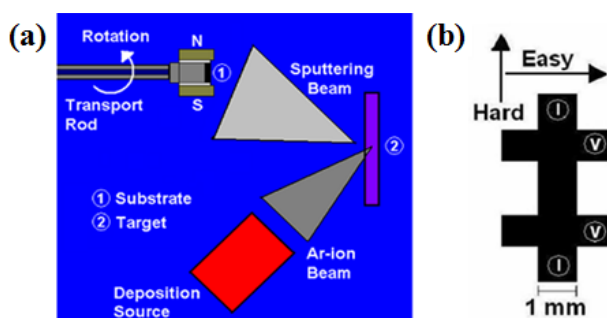


Fig. 1. (a) Schematic diagram of a typical ion-beam source, and the configuration suitable for the substrate, deposition source, target, and substrate holder with uniaxial deposition magnetic-field application to the CoFe/FeMn multilayer. (b) Schematic diagram of the four-probe-electrode sample, which was prepared using a shadow mask during the deposition.

III. 실험결과 및 고찰

Fig. 2는 glass/Ta(5 nm)/CoFe($t = 2, 3, 4, 6$ nm)/FeMn(18 nm)/Ta(5 nm) 박막구조에서 외부자기장을 곤란축 방향으로 인가하여 CoFe의 두께별로 측정한 AMR 곡선들이다. 즉 폭 크기가 1 mm인 4-단자에서의 전류흐름에 대한 자기저항 곡선을 보여주고 있다. 증착할 때 Fig. 1 (b)와 같이 그림자 마스크를 이용한 박막의 시료는 전류 방향이 곤란축과 수평이 되도록 설정하였다. 강자성체인 CoFe 박막의 두께가 2 nm일 때 외부자기장이 0 Oe를 지나 ± 5.5 Oe에서 최소값을 나타냈다. 또한 CoFe 박막의 두께가 3, 4, 6 nm일 때 각각 ± 5.5 , ± 5.45 , ± 18.5 Oe에서 최소값을 나타내었다. 따라서 AMR 곡선과 대응하는 MH 곡선을 비교할 때 곤란축 보자력(HHC)은 각각 5.5, 5.5, 5.45, 18.5 Oe이었다.

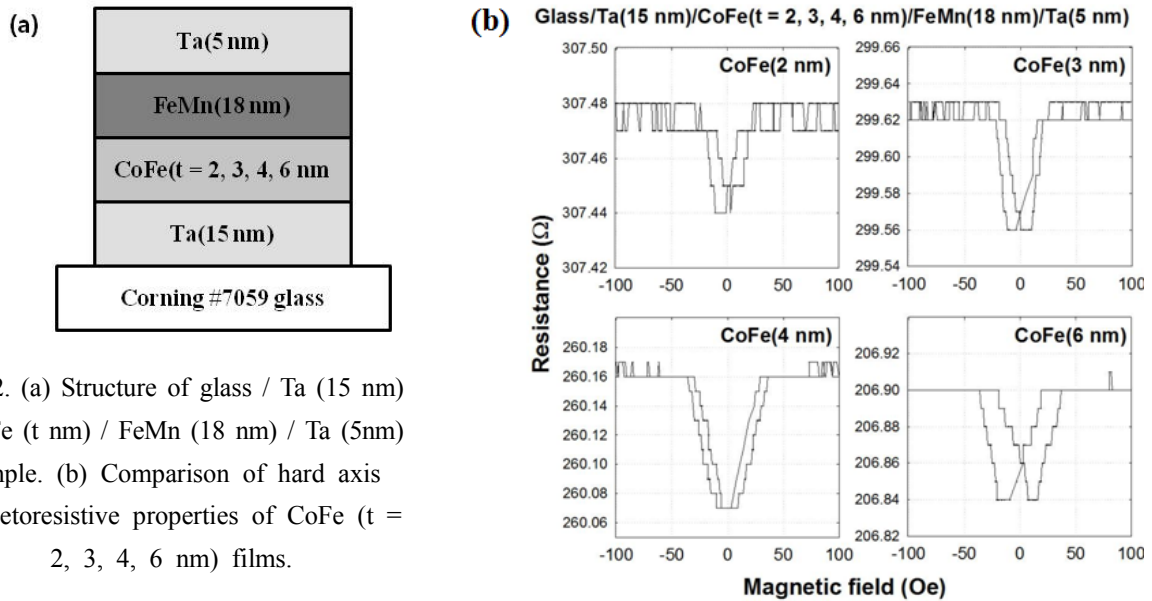


Fig. 2. (a) Structure of glass / Ta (15 nm) / CoFe (t nm) / FeMn (18 nm) / Ta (5 nm) sample. (b) Comparison of hard axis magnetoresistive properties of CoFe ($t = 2, 3, 4, 6$ nm) films.

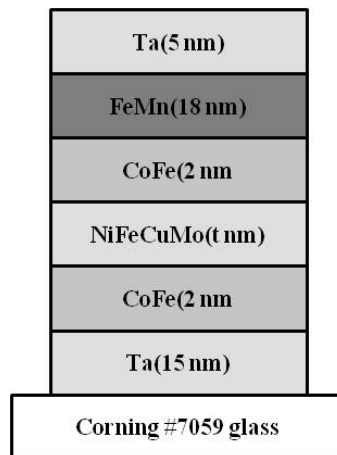


Fig. 3. Structure of glass / Ta (15 nm) / CoFe (2 nm) / NiFeCuMo (t nm) / CoFe (2 nm) / FeMn(18 nm) / Ta (5 nm) sample.

본 연구는 새로운 고감도 GMR-SV 소자로 활용되는 초연자성 NiFeCuMo 박막의 경우, 박막의 기본적인 특성을 확보한 후에 Fig. 3과 같이 반강자성체인 FeMn, PtMn, IrMn 박막을 기반으로 한 CoFe-NiFeCuMo(하부 자유층) / Cu(비자성층) / CoFe-NiFeCuMo(상부 고정층) 다층구조의 고감도 GMR-SV 다층박막을 제작할 수 있다. 초연자성의 특성을 고려한 향상된 자장감응도를 얻기 위하여 사이트층 Cu의 두께를 최적화 조건을 얻을 것이다. 또한 광 리소그래피 공정을 이용하여 GMR-SV 소자의 자장감응도에 대한 폭 두께의 의존성을 고찰해야 하며, 고정층은 폭 방향을 자성 용이축으로 하고 자유층은 길이 방향으로 하여 형상 자기이방성을 갖도록 유도할 것이다.

IV. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부 한국연구재단의 지원을 받아 수행하고 있는 2010년도 하반기 기본연구지원사업 (2010-0024665)과제에 대한 연구결과임.

V. 참고문헌

- [1] J. G. Choi, D. G. Hwang, J. R. Rhee, and S. S. Lee, *Thin Solid Films*, In Press (2011).
- [2] J. G. Choi, D. G. Hwang, J. R. Rhee, and S. S. Lee, *J. Magn. Magn. Mater.* **322**, 2191 (2010).
- [3] J. G. Choi and S. S. Lee, *J. Kor. Magn. Soc.* **20**, 129 (2010).
- [4] J. G. Choi and S. S. Lee, *J. Kor. Magn. Soc.* **19**, 142 (2009).