

기판 및 냉각 조건에 따른 비정질 Tb-Fe 합금 박막의 자기 이방성

성균관대학교 나석민*, 서수정
한국과학기술연구원 임상호, 김희중

**Magnetic Anisotropy of Amorphous Tb-Fe Thin Films
with various substrates and cooling conditions**

SungKyunKwan University S. M. Na*, S. J. Suh
KIST S. H. Lim, H. J. Kim

1. 서론

비정질 Tb-Fe 합금 박막은 TbFe₂ 조성에서 결정자기 이방성이 감소했음에도 불구하고 강한 수직 자기 이방성을 갖는다. 그러나 Tb의 함량이 TbFe₂ 조성보다 많은 50at.% 이상에서는 면내 방향으로 이방성이 바뀌게 된다. 이러한 이방성의 변화는 이 재료를 자기변형 재료로써 더욱 유용하게 만들었으며 낮은 자기장에서도 높은 특성을 갖게 되었다 [1]. 이와 같이 자기 이방성을 이해하고 제어하는 것은 우수한 자기변형 특성을 얻기 위해 중요하며, 따라서 비정질 박막의 자기 이방성에 대한 연구가 진행되었다. 조성의 변화뿐만 아니라 박막 증착 후 상온으로의 냉각 시 기판과 박막 사이에서 일어나는 열팽창 계수 차이에 의한 열응력의 작용으로 발생하는 이방성의 변화 [2], 또한 증착 후 열처리에 의한 면내 이방성의 향상 등의 연구 결과가 보고되었다 [3]. 본 연구에서는 열용량이 서로 다른 기판을 사용하여 증착시 박막이 받는 열영향과 후 열처리로 인해 발생하는 이방성의 변화를 관찰하였다.

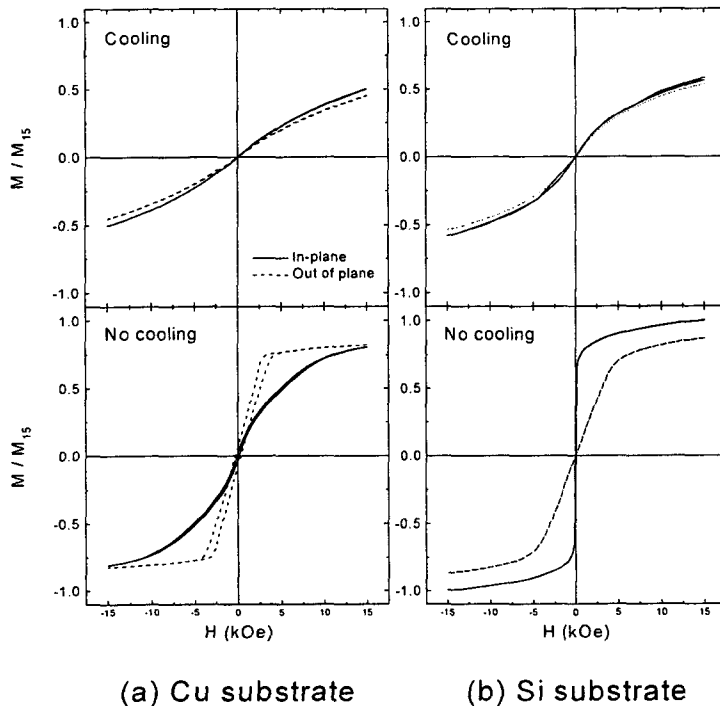
2. 실험 방법

본 실험에서는 RF 마그네트론 (RF planar magnetron) 방식의 스퍼터링 장치를 이용하여 Tb-Fe 박막을 제작하였다. 타겟트는 직경 100 mm의 Fe 타겟트위에 Tb 소편을 배치한 복합타겟 (composite target)를 사용하여, 소편의 갯수를 조절하여 박막의 조성을 변화시킬 수 있도록 하였다. 스퍼터링 가스로는 순도 99.999%의 Ar을 사용하였으며 스퍼터링 시 Ar 분압은 1-5 mTorr로 변화시켰다. 초기 진공도는 7×10^{-7} Torr 이하로 하였으며 투입 전력은 200-400 W, 기판으로는 525 μ m 두께의 Si (100) 웨이퍼와 Cu plate를 사용하였다. 또한 열영향을 관찰하기 위해 기판을 수냉시킨 경우와 그렇지 않은 경우로 구분하였으며, 5×10^{-5} Torr 이하의 진공도로 100-450 °C의 온도 범위에서 1시간 열처리를 실시하였다. 박막의 두께는 stylus-type surface profiler를 사용하여 측정하였으며 EPMA로 조성분석을 하였다. X-선 회절실험으로 미세조직을 조사하였으며, VSM을 이용하여 자기적 특성을 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

증착시 냉각 방식과 기판의 종류에 따라 자기 이방성의 변화가 뚜렷하게 관찰되었다. 면내 이방성을 갖는 50%Tb 이상의 조성에서, 열영향을 제거하기 위해 기판을 수냉시킨 경우 기판의 종류와 관계없이 초상자성 거동을 보이고 있다. 이는 증착된 원자가 기판에 도달하면서 mobile energy를 잃어

버리기 때문에 특정 방향으로의 이방성을 갖지 않는 것으로 생각된다. 그러나 기판을 냉각시키지 않은 경우는 기판에 따라 분명한 이방성의 차이를 보이고 있다. 그림 1에서 보듯이 Si 기판에 증착된 박막은 면내 이방성을 보이고 있으며, Cu 기판에 증착된 것은 강한 수직자기 이방성을 보이고 있다. 이 결과로부터 두가지 가능성을 고려할 수 있다. 첫째로는 열팽창 계수 차에 의해 나타나는 열응력이다. Si와 Cu는 각각 $4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 와 $17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 을 가지므로 대략 $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 의 값을 가지는 TbFe 박막과는 열응력 (Si기판의 경우: 인장응력, Cu기판의 경우: 압축응력)이 발생하게 된다. 또한 이 응력들은 양의 자기변형 특성을 갖는 TbFe 박막과 자기탄성 결합을 하여 Si와 Cu 기판에 대하여 각각 면내와 수직 이방성을 유도하게 된다. 둘째로는 기판의 열용량 또는 열전도도와 관계한다. F. Hellman은 TbFe₂ 조성에서의 비정질 박막에 대한 수직 이방성은 증착 시 발생하는 응력의 상태와 막의 두께에 무관하며, 화학적 표면에너지를 최소화하기 위한 방향으로 열적 활성화 과정에 의해 원자들이 재배열하기 때문이라고 설명했다 [4]. 이에 따라 분명한 면내 이방성 영역에서 강한 수직 자기 이방성이 나타난 것은 Cu 기판이 Si 기판보다 작은 열용량과 큰 열전도 특성 때문이며 열유동이 기판에 수직인 방향으로 형성되어 결정질 상과 같은 개념에서의 "texturing"이 형성되기 때문으로 생각되어진다. 이는 열영향이 더 큰 증착 조건에서 제조된 박막이 결정화되면서 기판과 epitaxial 성장을 하지 않는다는 사실을 통해 간접적으로 확인 할 수 있었다.



4. 참고 문헌

- [1] Y. S. Choi, S. R. Lee, S. H. Han, H. J. Kim and S. H. Lim, *J. Alloys Compd.*, vol. 258, pp. 155-162, 1997
- [2] F. Schatz, M. Hirscher, M. Schnell, G. Flik and H. Kronmuller, *J. Appl. Phys.*, vol.76, pp. 5380-5382, 1994
- [3] M. Inoue, T. Fujii and M. R. J. Gibbs, *IEEE Trans. Magn.*, vol. 32, No. 5, pp. 4758-4760, 1996
- [4] F. Hellman and E. M. Gyorgy, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 68, No. 9, pp. 1391-1394, 1992

Fig. 1 The M-H hysteresis loops of Tb₅₈Fe₄₂ thin films in the as-deposited state