

Tb-Fe 합금박막의 Sm 첨가에 의한 면내 이방성 향상

고려대학교 금속공학과 최 용 석, 이 성 래
 한국과학기술연구원 임 상 호, 김 희 중, 한 석 희
 한국코아 주식회사 이 준

Enhanced In-Plane Anisotropy of Tb-Fe Thin Films by the Addition of Sm

Korea University Y. S. CHOI, S. R. LEE
 KIST S. H. LIM, H. J. KIM, S. H. Han
 Hankook Core (Co) Joon LEE

1. 서언

Tb-Fe계 합금은 상온에서 큰 자기변형을 갖기 때문에[1] 마이크로 디바이스의 구동체에 이용하려는 연구가 많이 시도되고 있다[2]. 그러나 이 합금들은 결정자기이방성이 커서 큰 자기장이 필요하다. 실제 이러한 박막을 마이크로 디바이스에 이용하려면 낮은 자기장에서 높은 자기변형치를 가져야 한다. 최근, 필자 등은 이와같은 특성을 나타내는 Tb-Fe계 비정질 합금박막을 개발하였으며[3], 그림 1에 그 일부의 결과를 나타내었다. 그림 1에서 자기변형치가 100 Oe와 5000 Oe의 두 고정된 자기장에 대하여 조성의 함수로 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 100 Oe의 낮은 자기장에서도 높은 자기변형이 얻어졌다. 그러나 자기변형이 최대인 조성은 Tb 함량이 다소 높으며, 이 조성범위에서 고유의 포화자기변형 (그림 1의 경우 5000 Oe에서의 자기변형)은 낮다. 이러한 낮은 포화자기변형은 박막의 자기변형 특성을 향상시키는데 제한을 가져온다. 낮은 자기장에서 큰 자기변형을 가지면서도 높은 포화자기변형을 얻기 위해서는 최적의 Tb 함량을 낮추는 것을 생각할 수 있다. 그러나 Tb-Fe 비정질 합금박막에서는 낮은 자기장에서 우수한 자기변형특성을 얻는데 필수적인 강한 면내 이방성이 낮은 Tb 함량에서는 얻어지지 않기 때문에 면내 이방성을 감소시키기 위한 방법이 필요하다[3]. 본 연구에서는 낮은 Tb 함량에서도 강한 면내 이방성을 얻기 위한 하나의 방편으로서 제3의 원소인 Sm을 Tb-Fe 합금박막에 첨가하여 이의 영향을 고찰하고자 한다. 본 연구에서 Sm을 첨가한 이유는 비정질 Sm-Fe 합금박막의 경우 매우 잘 발달된 면내 이방성이 넓은 조성범위에 걸쳐서 관찰되었기 때문이다 [4].

2. 실험방법

Tb-Fe-(Sm) 박막을 rf 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 Si(100)기판에 약 $1\mu\text{m}$ 두께로 증착하였다. 디스크(4 inch)형태의 Fe 타겟에 Tb 및 Sm 칩($5\times 5\text{ mm}$)을 올려놓은 복합타겟방식으로 스퍼터링 했으며, 스퍼터링 가스로 Ar을 이용하여 가스압력은 2, 5 mTorr로 고정하였다. 기초진공은 7×10^{-7} Torr, 타겟과 기판과의 거리는 6 cm, 입력전력은 300 W로 하였다. 필름의 두께는 stylus profiler로 측정하였으며 조성은 EPMA(electron probe microanalysis), 미세구조는 XRD (Cu K α)로 조사하였다. 자기변형은 Naruse 사에서 제작한(모델 MS-F)장비를 이용하여 자장을 5 kOe 까지 가해주며 광학 캔틸레버법으로 측정하였다. 자기적 성질은 최대자장 15 kOe를 가하면서 VSM으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 선택한 합금계는 4 가지이며, 구체적으로는 다음과 같다 : $R_x\text{Fe}_{100-x}$ 여기서 R은 Tb 원소와 Sm 원소의 합을 의미하며 전체 희토류 원소 (R)의 원자 %는 39.8, 41.9, 43.7 및 45.8의 4 가지로 하였다. 그리고 Sm 함량은 0 (Sm의 무첨가)에서 2.2 원자 %로 변화시켰다.

그림2 에서 볼수있듯이 면내 이방성은 Sm의 첨가에 의해 향상되었으며, 가장 큰 면내 이방성의 향상은 R 함량 43.7 원자 %에서 달성되었다. 면내 이방성이 가장 강한 Sm 함량은 R 함량이 39.8에서 43.7 원자 %로 증가함에 따라 0.8에서 1.4 원자 %로 증가하다가 R 함량이 45.8 원자 %가 되면 다시 0.9 원자 %로 감소하였다. 자화, 각형비 및 보자력 들의 자기적 성질도 조사하였는데, 이러한 성질들이 조성에 따라 변화하는 거동은 이방성 및 고유의 자기성질의 변화에 의해 설명되었다. 포화자화는 Sm의 첨가에 의해 증가하는 것으로 생각된다. 1000 Oe 이하의 자기장에서 자기변형은 Sm의 첨가에 의해 크게 증가하였다. 이러한 낮은 자기장에서 최대의 자기변형은 면내 이방성이 가장 강한 Sm 함량에서 일어났다. 그러나 3000 Oe 이상의 자기장에서 자기변형은 Sm 함량이 증가함에 따라 단조적으로 증가하는 경향을 보인다.

4. 참고 문헌

- [1] A. E. Clark and H. Belson, Phys. Rev. B, 5, 3642(1972)
- [2] T. Honda, K. I. Arai and M. Yamaguchi, J. Appl. Phys., 76 (10), 6994(1994)
- [3] S. H. Lim, Y. S. Choi, S. H. Han, H. J. Kim, T. Shima. and H. Fujimori, IEEE Trans. Magn. (in press)
- [4] S. H. Lim, Y. S. Choi, S. H. Han, H. J. Kim, T. Shima. and H. Fujimori, IEEE Trans. Magn. (to be published)

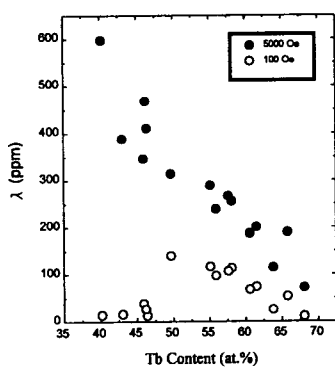


Fig. 1 The value of λ as a function of the Tb content

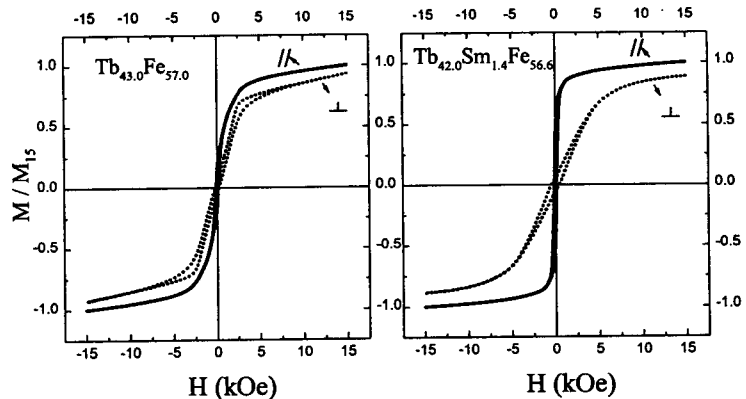


Fig. 2 M-H hysteresis loops for the Tb-(Sm)-Fe thin film