

## RF 마그네트론 스퍼터링법으로 제작한 Tb-Fe-(B) 거대자기변형 박막의 자기적 성질

고려대학교 금속공학과 최 용 석\*, 이 성 래  
한국과학기술연구원 임 상 호, 김 희 중  
한국코아 주식회사 김 동 현

The Magnetic Properties of Giant Magnetostriction Tb-Fe-(B) Thin Films Fabricated by RF Magnetron Sputtering

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

### 1. 서론

최근 들어 마이크로 액츄에이터, 마이크로 밸브, 마이크로 펌프 등 마이크로 디바이스에 거대자기변형재료인 R-Fe(R: rare earth elements) 박막을 응용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다[1]. 그러나 이러한 재료들은 결정자기이방성이 크기 때문에 응용시 거대자기변형의 특성을 발휘하기 위해서는 큰 자장이 필요하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 많은 연구가 진행되었으며, Arai 등은 기판으로 유연성을 갖는 폴리이미드를 이용하여 낮은 자기장에서도 우수한 자기변형 특성을 나타내는 마이크로 액츄에이터를 제작하여 거대자기변형재료의 마이크로 디바이스에의 응용가능성을 발표하였고[2], Quandt 등은 Tb-Fe/Fe 다층막에 의한 마이크로 디바이스의 구동자기장의 감소에 대해 연구하였다[3]. 그러나 이러한 연구결과들은 실리콘을 이용한 마이크로 디바이스 응용에는 낮은 자장에서의 자기변형 특성이 만족스럽지 못하다. 따라서 본 연구에서는 낮은 자장에서 자기변형 특성을 개선하기 위하여 Tb-Fe 박막의 넓은 조성범위에서 자기적 특성 및 자기변형 특성을 조사하였으며, B 첨가에 의한 미세조직의 변화를 이용하여 낮은 자장에서의 자기변형 특성을 개선하고자 하였다.

### 2. 실험방법

Tb-Fe 및 Tb-Fe-B 박막을 rf 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 Si(100)기판에 약  $1\mu\text{m}$  두께로 증착하였다. 디스크(4 inch) 형태의 Fe 및  $\text{Fe}_{99}\text{B}_1$  타겟에 Tb 칩(5×5 mm)을 올려놓은 복합타겟방식으로 스퍼터링하였고, 스퍼터링 가스로 Ar을 이용하여 가스압력을 1~30 mTorr로 변화시켜가며 제조하였으며, 기초진공은  $7\times 10^{-7}$  Torr, 타겟과 기판과의 거리는 6 cm, 입력전력은 300 W로 하였다. 필름의 두께는 stylus profiler, 조성은 EPMA(electron probe microanalysis), 미세구조는 XRD (Cu K $\alpha$ )로 조사하였다. 자기변형은 Naruse사에서 제작한(모델 MS-F) 장비를 이용하여 자장을 5 kOe 까지 가해주며 광학 캔틸레버법으로 측정하였다. 자기적 성질은 최대자장 15 kOe를 가하면서 VSM으로 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

박막의 미세조직은 낮은 Tb 조성범위에서는 주로 비정질상을 나타내었고, Tb의 양이 증가함에 따라 비정질상과  $\alpha$ -Tb 상이 복합적으로 존재하였다. 낮은 Tb 함량에서 막의 면에 수직방향으로 이방성이 형성됨에 따라 자기변형의 절대치와 자기장 민감도는 작았다. Tb 함량이 증가함에 따라 이방성이 수직 방향에서 면내방향으로 변화하였고 자기변형의 절대치와 낮은 자기장민감도는 증가하였다. 면내방향으로 이방성이 잘 형성되고 우수한 연자기적 특성을 나타내는 적정 Tb 함량은 Tb-Fe 조성에서 43 at%, Tb-Fe-B 조성에서 52~55 at%이었으며, 적정 조성보다 Tb 함량이 증가하면 자기변형의 절대치가 현저하게 감소하였다. B 첨가에 의해 연자기적 성질이 개선되고 자기변형 절대치는 감소하였지만 매우 낮은 자장에서의 자기장 민감도는 증가하였다. 그림 1에 몇 가지 조성에서의  $\lambda$ -H 특성을 나타냈다. 이러한 결과는 지금까지 발표되었던 다른 결과와 비교하여 낮은 자장에서의 자기장 민감도가 상당히 개선된 결과이며 Si 마이크로 디바이스에서의 응용시 적합한 특성으로 사료된다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 적정 조성에서 보자력이 10 Oe 정도의 연자기적 성질을 갖기 때문에 낮은 자기장 민감도가 우수하여 낮은 자기장( $\leq 500$  Oe)에서도 200~350 ppm의 자기변형을 나타내었다.

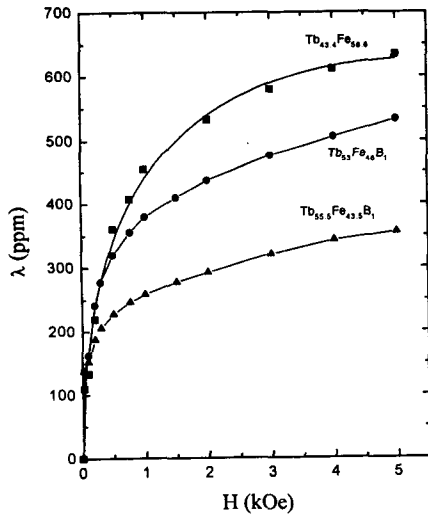


Fig. 1 The  $\lambda$ -H plots for the Tb-Fe and Tb-Fe-B system.

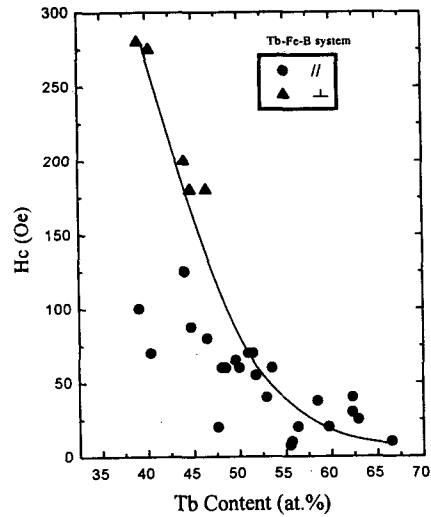


Fig. 2 The value of the coercive force of Tb-Fe-B thin films as a function of the Tb content.

### 4. 참고문헌

- [1] G. Flik, M. Schnell, F. Schatz and M. Hirscher, 4th Int. Conf. on New Actuators, Bremen, Germany, July 15-17, 1994, Edited by H. Borgmann and K. Lenz, AXON Technologie Consult GMBH. p. 232
- [2] T. Honda, K. I. Arai and M. Yamaguchi, J. Appl. Phys., **76**, 6994 (1994)
- [3] E. Quandt, A. Ludwig, J. Mencik and E. Nold, 2nd Int. Conf. on Giant Magnetostriction Materials, Hawaii, USA, November 5-8, 1996