

## 고보자력 NdFeB 박막의 자기적 특성

한국표준과학연구원 김만중\*, 李瑛, 유권상, 김윤배  
공주대학교 송창빈  
충남대학교 김택기

### Magnetic properties of high coercive NdFeB thin film

KRISS M.J. Kim\*, Li Ying, K.S. Ryu, Y.B. Kim  
Kongju National Univ. C.B. Song  
Chungnam National Univ. T.K. Kim

#### 1. 서론

Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B[1, 2]는 우수한 경자성특성을 가지지만 취성이 강하므로 수백  $\mu\text{m}$  두께의 기계가공에 한계를 가진다. 그러므로 스퍼터링기술등이 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B박막자석의 제조에 사용되었으며 제조된 고에너지 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B박막은 micro-motor, MEMS 및 자기기록매체등에 잠재적 응용이 가능하다. 최근 Cadieu[3] 등에 의해 스퍼터링[3]으로 제조된 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 박막의 자기특성에 관한 연구가 진행된 이후 MBE[4] 및 laser ablation[5]등에 의한 고보자력 박막자석에 관한 많은 연구가 수행되어졌으며 이를 이용한 milli-size motor[6] 및 micro-patterning[7]등에 관한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 Si 기판위에 dc-rf sputtering법을 이용하여 NdFeB 박막을 제조한 후 박막의 자기특성을 측정하였다.

#### 2. 실험방법

Nd<sub>12</sub>Fe<sub>82</sub>B<sub>6</sub>, Nd와 Ta타겟을 이용하여 dc-rf sputtering법으로 Si 기판위에 박막을 제조하였다. 스퍼터링중의 Ar분압은  $5 \times 10^{-3}$  Torr이었고 Si 기판위에 Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta의 순서로 성막하였다. 이 박막을 450 ~ 650 °C에서 10분간 열처리하여 펄스마그네트미터로 약 8 T의 자장으로 착자한 후 진동시편마그네트미터로 자기특성을 측정하였다. 상분석 및 미세구조분석은 XRD, SEM 및 TEM등에 의해 분석하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1는 [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta] 박막을 450 ~ 650 °C로 10분간 열처리한 박막의 자화곡선을 측정 한 것이다. 450 °C 이상의 열처리온도에서 경자성상이 출현하여 온도증가에 따라 경자기특성이 향상하여 620 °C에서 최적의 경자성을 보인다.

Fig. 2는 [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta] 박막의 열처리 전과 후의 파단면의 SEM 이미지와 EDX분석이다. 열처리전에는 Si 기판위에 Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta 5개의 층이 선명히 보인다. 또한 열처리 후에는 Nd/NdFeB/Nd의 3층이 확산하여 혼합되고 결정화되어 1개의 층으로 된다.

Fig. 3은 R([Nd/NdFeB]의 두께비)을 변화시킨 [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta]박막의 자화곡선이다. R=0인 박막은  $\alpha$ -Fe상에 의해 연자기특성을 나타내며 R $\geq$ 1인 다른 박막들은 20 kOe이상의 고보자력의 자기특성을 갖는다.

Fig. 4는 [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta]박막의 R에 따른  $M_r/M_s$ 와  $iH_c$ 의 변화를 나타내고 있다. 이 경우  $M_s$ 는 자화곡선상의 최고 자화값을 정했다.  $M_r/M_s$ 는 R에 따라 큰변화가 없으며 보자력은 R=1에서 20 kOe로 급격한 증가 후 일정한 값을 유지한다.

이 실험에 의해서 [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta] 박막을 650 °C에서 10분간 열처리하여 확산 및 결정화에 의해 고보자력의 자기특성을 갖는 박막을 얻었다. 또한 Nd/NdFeB의 두께비 $\geq$ 1의 박막들에서 약 20 kOe의 고보자력의 우수한 경자기특성을 나타낸다.

#### 4. 참고문헌

- [1] M. Sagawa, S. Fujimura, H. Yamaoto, Y. Matsuura and K. Hirag, IEEE Trans. 20 (1984) 1584
- [2] J.J. Croat, J.F. Herbst, R.W. Lee and F.E. Pinkerton, J.Appl. Phys. 55 (1984) 2078
- [3] F.J. Cadieu, Phys., T.D. Cheung, L. Wickramasekara and N. Kamprath, IEEE Trans. Magn. 22

(1986) 752.

- [4] D.J. Keavney, E. E. Fullerton, J. E. Pearson, and S. D. Bader, J. Appl. Phys. 81, (1996) 4441
- [5] H. Lemke, C. Echer, and G. Thomas, IEEE Trans. Magn. 32 (1996) 4404.
- [6] S. Yamashita, J. Yamasaki, M. Ikeda and N. Iwabuchi, J. Appl. Phys. 70 (1991) 662
- [7] H. Lemke, T. Lang, T. Goddenhenrich and C. Heiden, J. Magn. Magn. Mater. 148 (1995) 426

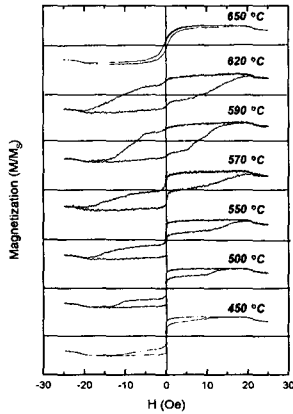


Fig. 1 Changes of hysteresis loops of [Ta/Nd/NdFeB/NdFeB/Nd/Ta] films for various annealing temperatures.

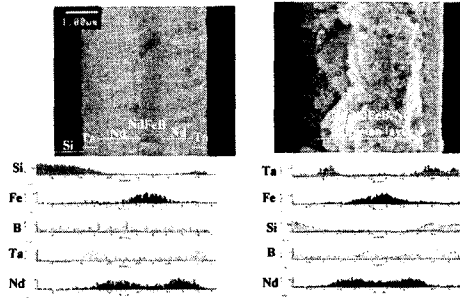


Fig. 2. SEM micrograph and EDX analysis of [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta] thin films for the fractional surface before(a) and after(b) annealing.

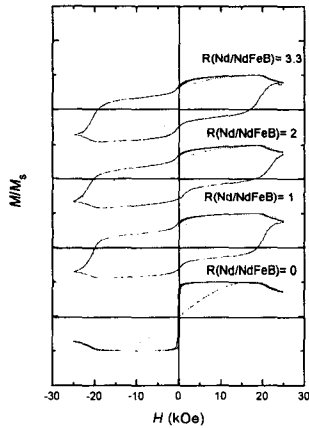


Fig. 3 Hysteresis loops measured parallel(solid lines) and perpendicular(dotted lines) to the film plane for the [Ta/Nd/NdFeB/Nd/Ta] thin films for various R.

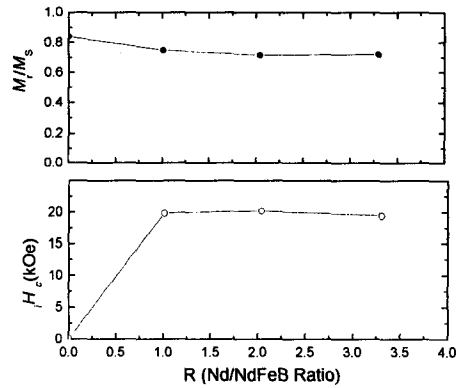


Fig. 4. The variation of  $M_r/M_s$  and  $iH_c$  as a function of R, measured in film plane direction.