

## 스퍼터링법으로 제조한 고에너지 수직 NdFeB 박막

## High performance anisotropic NdFeB thin film magnet prepared by sputtering method

(주) 엠베스트 김만중  
한국표준과학연구원 양재호, 김윤배  
충남대학교 김택기

EMbest CO. LTD. M.J. Kim  
KRISST J.H. Yang, Y.B. Kim  
Chungnam National Univ. T.K. Kim

## 1. 서론

NdFeB[1,2]자석은 우수한 경자기 특성을 나타내며 주로 벌크자석과 그 응용에 많은 연구가 집중되었다. 그러나 전자기기의 경박단소화에 따라 박막제조기술을 이용한 수  $\mu\text{m}$  두께 이하의 NdFeB박막자석 제작이 필요되고 있으며, micro-motor, MEMS 및 자기기록매체등에 잠재적 응용이 가능하다. 최근 Cadieu[3] 등에 의해 스퍼터링[3]으로 제조된 NdFeB박막의 자기특성에 관한 연구가 진행된 이후 MBE[4] 및 laser ablation[5]등에 의한 NdFeB박막자석의 연구가 수행되어졌으며 이를 이용한 milli-size motor[6] 및 micro-patterning[7]등에 관한 연구도 진행되나 있다.

본 연구에서는 가열된 Si 기판 위에 RF스퍼터링에 의해 Ta를 성막하고 Nd chip을 이용하여 Nd 함량을 변화시킨 [Ta/NdFeB/Ta]박막을 제조한 후 기판온도 및 Nd 함량에 의한 미세구조와 자기특성의 변화를 조사하였다. 또한, Nd<sub>17</sub>Fe<sub>74</sub>B<sub>9</sub> 합금타겟을 이용하여 NdFeB층을 증착한 [Ta/NdFeB/Ta]박막을 제조한 후 박막제조시 기판온도 및 DC출력, Ar기스압력 및 하지층 등에 의한 미세구조와 자기특성을 조사하였다.

## 2 실험방법

본 실험에서는 초기 진공도를  $1 \times 10^{-6}$  torr이하로 유지한 후 99.999 %의 Ar을 주입하여  $5 \times 10^{-3}$  Torr의 분압을 유지하였다. Ta층은 99.99%의 Ta 순금속 타겟을 이용하여 RF 스퍼터링으로 성막하였으며 NdFeB층은 Nd<sub>12.1</sub>Fe<sub>80.4</sub>B<sub>7.5</sub>합금 타겟 위에 99.9% Nd 순금속 chip을 부착한후 DC 스퍼터링으로 성막하였다. 각각의 타겟은 직경 2 in, 두께 2 mm 이었으며 chip은  $5 \times 5 \times 2$  mm를 사용하였다. 세척한 Si(100) 웨이퍼( $10 \times 10 \times 0.73$  mm)기판을 가열한 상태에서 30 분간의 예비 스퍼터링 후 Ta층은 70 W의 고주파 출력전압으로, NdFeB층은 50 W의 직류출력전력으로 고정하여 성막하였다. 이때 성막층의 두께는 성막시간으로 조절하였으며 박막의 조성은 EDX분석으로 구하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

알곤가스 압력을 변화시켜 증착한 [Si/Ta/NdFeB/Ta]박막의 X-선회절패턴 조사결과, 3 mTorr의 Ar 압력에서는 Ta의 (002), (202), (413)의 피크이외에 Nd와 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B의 회절피크가 검출되었다. 상대적 회절강도가 큰 (004), (006), (227), (317)면의 피크가 관찰되는 것으로 보아 Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B의 c-축이 막면에 수직인 배향조각이 형성되었음을 알 수 있었다. 또한, 7 m Torr의 경우에는 3m Torr과 유사한 회절패턴을 보이나, Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B 회절선의 폭이 넓은 것으로 보아 미세한 결정립이 형성된 것을 알 수 있었다. 그러나, 10 mTorr의 경우에는 비정질상이 혼재하는 것으로 판단되었다.

한편, 알곤가스압력을 변화시켜 증착한 [Si/Ta/NdFeB/Ta]박막의 수직파단면에 대한 SEM 이미지 조사 결과, 알곤분압 3 mTorr에서 증착된 박막은 막면에 수직인 방향으로 장축을 갖는 주상정이 형성됨이 확인되었다. 그러나 7 mTorr의 알곤분압에서는 주상정 이외에 구상의 미세한 결정립이 생성된 형태를 나타내고 있었으며 10 mTorr의 경우에는 주상정 없이 구상의 미세한 결정립만이 전 영역에

걸쳐 고르게 생성되었다.

Fig. 1은 알곤가스 압력을 변화시킨 [Si/Ta/NdFeB/Ta] 박막의 자기이력곡선을 막면에 대하여 수직 및 수평방향으로 측정된 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 NdFeB층은 알곤가스 압력에 따라 자기특성이 변화하였으며 이는 알곤가스 압력에 따라 NdFeB층의 상형성과 결정립 크기에 변화가 생기기 때문인 것으로 사료된다. 막면에 수직인 방향으로 측정된 자화는 수평방향의 자화보다 높은 값을 가지므로 정방정  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 의 c-축이 막면에 수직인 방향으로 정렬되어 있음을 나타내고 있고 이는 x-선 회절시험 결과와도 잘 일치한다.

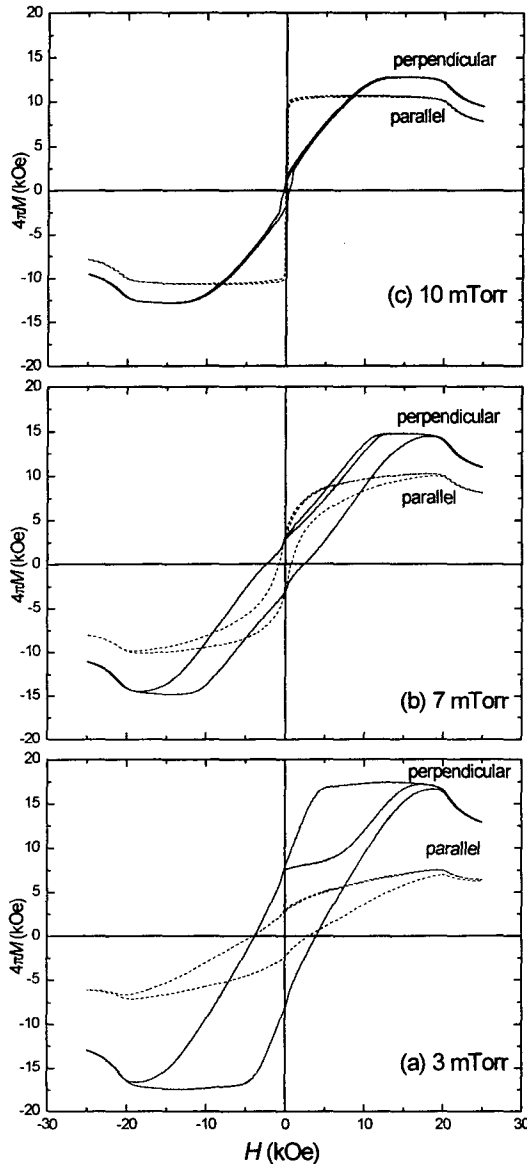


Fig. 3 Hysteresis loops of [Si/Ta/NdFeB/Ta] film sputtered at various Ar pressure

반자장계수를 고려하여 최대자기에너지적을 계산한 결과 알곤가스 압력 3 mTorr인 박막의 경우 비교적 큰 보자력과 함께 높은 잔류자화를 나타내므로써 55 MGOe에 달함을 확인하였다. 이와같이 잔류자화가 높은 것은 연,경자성상의 교환상호작용에 기인하는 것으로 추측된다. 알곤분압 7 mTorr의 경우에는  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 상의 결정립이 성장하여 보자력이 감소되며 10 mTorr의 경우에는 연자기특성을 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