

스퍼터링 법으로 제조한 고에너지 수직 NdFeB 박막의 자기적 특성

한국표준과학연구원 김만중*, 양재호, 김윤배
충남대학교 김택기

Magnetic properties of high performance anisotropic NdFeB thin film prepared by sputtering method

KRISS M.J. Kim*, J.H. Yang, Y.B. Kim
Chungnam National Univ. T.K. Kim

1. 서론

우수한 경자성특성을 갖는 Nd₂Fe₁₄B[1, 2]자석은 강한 취성에 의해 벌크자석을 수 μm 두께로 기계 가공 하는데 곤란하다. 그러므로 여러 박막제조기술을 이용한 Nd₂Fe₁₄B박막자석의 제작이 필요하였다. 또한 제조된 고에너지 Nd₂Fe₁₄B박막은 micro-motor, MEMS 및 자기기록매체등에 잠재적 응용이 가능하다. 최근 Cadieu[3] 등에 의해 스퍼터링[3]으로 제조된 Nd₂Fe₁₄B 박막의 자기특성에 관한 연구가 진행된 이후 MBE[4] 및 laser ablation[5]등에 의한 고보자력 박막자석에 관한 많은 연구가 수행되어 졌으며 이를 이용한 milli-size motor[6] 및 micro-patterning[7]등에 관한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 Si 기판위에 dc-rf sputtering법을 이용하여 기판온도, 스퍼터링 출력전력, Ar 압력 등을 변화시킨 [Ta/NdFeB/Ta]박막을 제조한 후 박막의 미세구조와 자기특성을 측정하였다.

2. 실험방법

RF 스퍼터링법으로는 Ta 순금속 타겟을, 그리고 DC 스퍼터링으로 Nd₁₇Fe₈₄B₉ 합금타겟을 이용하여 가열된 Si 기판위에 [Ta/NdFeB/Ta]박막을 제조하였다. 기판온도(600 ~ 750 °C), DC 출력전력(30 ~ 200 W), Ar분압($3 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$ Torr)등의 스퍼터링조건을 변화시켜 Si 기판위에[Ta/NdFeB/Ta]의 순서로 성막하였다. 이 박막을 펄스마그네토미터로 약 90 kOe의 자장으로 착자한 후 25 kOe의 최대인가자장을 갖는 진동시편마그네토미터로 자기특성을 측정하였다. 상분석 및 미세구조분석은 XRD, SEM 등에 의해 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 650 °C로 가열된 Si 기판위에 성막된 [Ta/NdFeB/Nd] 박막의 x-선회절패턴을 조사한 것이다. 600 °C에서 증착된 박막의 x-선 회절패턴은 정방정 Nd₂Fe₁₄B의 c-축 방향의 회절면인 (004), (006), (116), (227), (218)면의 상대적 큰 회절강도를 가진다. 이는 막면에 수직 방향으로 Nd₂Fe₁₄B의 c-축이 정렬되어 있음을 나타낸다.

Fig. 2는 기판온도를 변화시킨 [Si/Ta/NdFeB/Ta] 박막을 수직 및 수평방향으로 측정된 자기이력곡선이다. (a) 600 °C, (b) 650 °C, (c) 700 °C, (d) 750 °C. Nd₁₇Fe₈₄B₉ 합금타겟을 가지고 가열된 기판위에 성막함에 의해 우수한 경자기특성을 얻었으며 기판온도에 따라 자기특성이 변화하였다. 600~750 °C의 온도범위에서 막면에 수직인 방향을 측정된 자화는 수평방향으로 측정된 자화보다 높은 값을 가진다. 이는 막면에 수직방향으로 자기모멘트가 정렬하였음을 나타낸다. 정방정조직의 c-축이 Nd₂Fe₁₄B의 자화용이방향이므로, 이 결과들은 Fig. 1의 결과와 잘 일치한다.

Fig. 3은 온도에 따른 [Ta/NdFeB/Nd] 박막의 iH_c 의 변화를 나타내고 있다. 온도증가에 따라 수직 및 수평 보자력은 증가하여 650 °C에서 각각 9.9 kOe, 8.9 kOe의 최대값을 가진 후 감소한다. 700 °C 이상에서는 온도증가에 따라 결정립의 성장에 의해 형성된 조대한 Nd₂Fe₁₄B 결정립에 의해 보자력이 감소한다.

Fig. 4는 온도에 따른 [Ta/NdFeB/Nd] 박막의 $(BH)_{max}$ 의 변화를 나타내고 있다. 온도가 증가함에 따라 최대 에너지적이 증가하여 650 °C에서 28 MGOe로 최대값을 가진 후 감소한다. 이와 같이 650

℃에서의 최적의 최대 에너지적은 높은 $4\pi M_r$, 보자력 및 각형비에 기인한다. 반자장효과를 보정하면 수직 자기이력곡선의 각형비가 더 향상되므로 28 MGOe이상의 최대 에너지적을 가질 것이다.

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

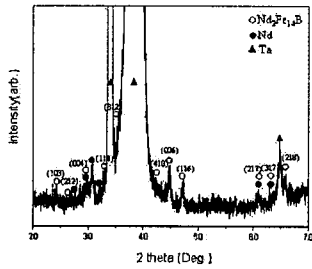


Fig. 1 x-ray diffraction pattern of [Ta/NdFeB/Ta] film at 650 °C

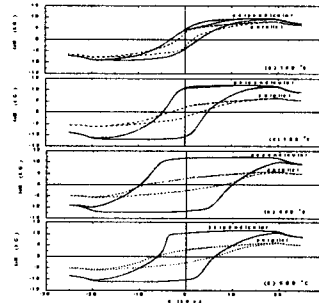


Fig. 2 Magnetic hysteresis loops of [Ta/NdFeB/Ta] film at various temperature

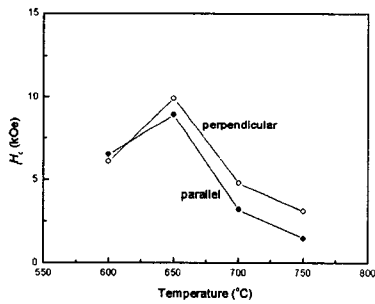


Fig. 3 Variation of H_c at various temperature

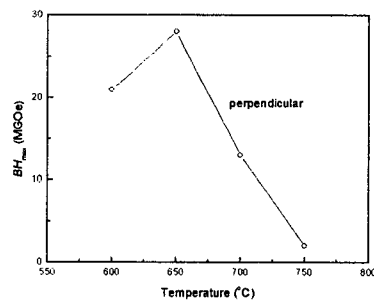


Fig. 4 Variation of $(BH)_{max}$ at various temperature