

PLD법으로 제작된 NdFeB/Fe/NdFeB 3층막의 자기특성

포항산업과학연구원 김 상 원, 양 충 진

Magnetic properties of NdFeB/Fe/NdFeB trilayers prepared via PLD(Pulsed Laser Deposition)

RIST S. W. Kim, C. J. Yang

1. 서론

최근 micromechanics, microelectronics device와 data storage medium분야에의 잠재적 응용가능성으로 NdFeB계 영구자석박막제작에 관한 연구에 관심이 모아지고 있다. 당 연구그룹에서도 이미 PLD(Pulsed Laser Deposition)법을 활용하여 제작한 NdFeB 단층박막의 자기특성에 관하여 보고한 바 있다(1). 한편, 고품질의 영구자석을 경제적으로 생산가능케 한 벌크에서의 강자성과 약자성 초미세립간의 교환상호작용(exchange coupling)현상을, 각층의 두께를 엄밀히 제어한 강자성층/약자성층/강자성층 구조로 적층한 다층막을 제조하여 발현시키고자 하는 연구도 활발히 진행되고 있다(2).

본 보고에서는 PLD법을 이용하여 향후 MMIC에 가장 적합하다고 판단되는 Si 기판상에 [NdFeB]/[Fe]/[NdFeB]의 구조를 가지는 일련의 3층막 제작을 시도한 후 얻어진 자기특성을 평가·분석하고, 관측된 교환상호작용에 대하여 언급코자 한다.

2. 실험방법

파장이 248 nm의 KrF excimer laser빔을 이용하는 PLD법으로 Si(100)기판위에 강자성층인 Nd₂Fe₁₄B의 두께를 3.6 nm~54 nm로, 약자성층인 Fe의 두께를 15 nm~112 nm로 제어함으로써 박막의 전체 체적에 대한 Fe의 체적분율을 0~100 %로 변화시킨 일련의 [Nd₂Fe₁₄B]/[Fe]/[Nd₂Fe₁₄B] 3층막 시편을 제작하였다. 이때의 증착조건으로 기판온도, 빔 에너지밀도 및 반복속도(repetition rate)를 각각 680 °C, 3.08 J/cm², 10 Hz로 고정하였다. 박막의 자기특성은 진동시료형자력계(VSM)로 막면에 대해서 수직과 평행한 방향으로 16.5 kOe의 자기장을 인가하여 측정하였으며, 저온특성은 SQUID를 사용하였다. 그리고 박막의 두께, 결정성, 표면형상, 두께 방향에 따른 성분원소의 프로파일은 각각 α -step, XRD, AFM, AES로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

[Nd₂Fe₁₄B]/[Fe]/[Nd₂Fe₁₄B] 3층막에서 [Nd₂Fe₁₄B], [Fe]의 두께 및 [Fe]의 체적분율변에 따른 자기특성의 변화를 검토하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) [Nd₂Fe₁₄B]의 두께를 3.6 nm~54 nm, [Fe]의 두께를 15 nm~112 nm 범위내에서 변화시켜 [Fe]층의 체적분율이 항상 51 %가 되도록 설계한 [Nd₂Fe₁₄B]/[Fe]/[Nd₂Fe₁₄B] 구조의 3층막에서 막면에 대해서 평행한 방향으로 측정된 보자력 및 각형성($4\pi M_r/4\pi M_s$ 로 정의, $4\pi M_s$ 는 16.5 kOe 자기장 인가시 자화값)은 [Fe]층의 두께가 감소할수록 동일한 경향으로 증가하여 약 23 nm 부근에서 극대값을 나타낸 후 감소하였다. 이와같은 결과는 [Fe]층의 삼입에 의한 강, 약자성층간 교환상호작용의 발현에 기인하는 것으로 생각되며, 23 nm의 [Fe]두께는 교환상호작용이 최대가 되는 최적값임을 의미한다.
- 2) [Fe] 두께를 23 nm로 고정하고 [Nd₂Fe₁₄B] 두께를 조절함으로써 [Fe]의 체적분율을 29.5~76 %로 변화되도록 설계한 [Nd₂Fe₁₄B]/[Fe]/[Nd₂Fe₁₄B] 구조의 3층막에서 [Fe]의 체적분율이 76 %까지 증가할수록 막면에 대해서 평행한 방향으로 측정된 보자력 및 각형성은 강, 약자성층간 교환상호작용의 발현으로 증가하나 그 이상에서는 [Fe] 단층막의 특성에 따름이 확인되었다. 특히 체적분율이 76 %인 3.6 nm[Nd₂Fe₁₄B]/23 nm[Fe]/3.6 nm[Nd₂Fe₁₄B] 박막의 보자력 및 각형성은 [Nd₂Fe₁₄B] 단층막 각각의 값에 비해 약 3 배, 2.5 배가 개선된 800 Oe, 0.72를 나타내었다.
- 3) 강, 약자성층간 교환상호작용은 5~300 °K에서 측정된 자기이력곡선의 형상변화에서 확인되었다.
- 4) AFM을 통하여 확인한 교환상호작용발현의 최적 결정립경은 15~30 nm이었다.
- 5) 본 연구에서 교환상호작용현상을 발현키 위한 [Fe] 약자성층 두께가 15~25 nm 체적분율이 약 50~80 %임으로 확인되었는데, 이는 문헌에 보고된 계산된 예측값과 잘 부합되는 것이었다.
- 6) 본 연구에서 얻어진 전반적인 자기특성은 불량하였는데 이는 박막중 산화물의 존재, 기판과 박막계면에서 박막쪽으로의 Si 확산에 기인한 것으로 판명되었다.

4. 참고문헌

- 1) Choongjin Yang, SangWon Kim, and JongSeok Kang, J. Appl. Phys. 83(11), 6620 (1998)
- 2) M.Shindo et.al., J. Appl. Phys. 81(8), 4444 (1997)