

자화 반전된 박막 구조에서 Laser를 이용한 Annealing effect

단국대학교 최상대*, 진대현, 김선욱, 이기암
 상지대학교 이상석, 황도근

Annealing effect using laser in magnetization reversed thin film

DanKook Univ. Sang-Dae Choi*, Dae-Hyun Jin, Sun-Wook kim and Ky-Am Lee
 Sangji Univ. Sang-Suk Lee and Do-Geun Hwang

1. 서 론

최근에 차세대 RAM으로 사용될 것으로 보이는 MRAM 소자로써의 적용을 위해 강자성 물질을 이용한 비휘발성과 기록밀도의 고집적에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 자성 박막 구조에서 자구벽의 이동과 spin의 변화로 인한 자화 반전을 전류로 제어하는 방법이 연구되어지고 있다[2, 3]. 작게 pattern된 두 강자성의 한쪽을 반대 방향으로 스핀을 정렬시켜 이용하는 것이 magnetic memory device, head, sensor의 적용에 일반적인 방법이다. 자화 반전(Magnetization Reversal)은 free magnet element의 경우에는 외부 자기장과 전류에 의해 제어되지만, 반강자성에 의한 pined magnet element의 경우에는 국소적인 열처리(Local annealing)에 의해서 가능하다. Laser에 의한 국소적인 열처리는 ferromagnetic amorphous ribbon의 실험에서 확인한 바 있다[4]. 본 연구에서는 기존의 열처리와는 달리 Laser Annealing을 이용하여 교환결합된 박막에서의 자기적 특성을 알아보고자하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 실험방법

Ion-beam sputtering system으로 Ta(5 nm)/NiFe(11 nm)/FeMn(16 nm)/Ta(5 nm)과 Ta(5 nm)/NiFe(11 nm)/FeMn(16 nm)/NiFe(7 nm)/Ta(5 nm)의 다층박막구조를 제작하였다. Laser Annealing에 사용된 광원은 DPSS(Diode Pumped Solid State, Nd:YAG, SHG) laser이고, 1mm X 15mm 크기의 박막 시편에 600 gauss의 인가자장 하에 532 nm 파장으로 15분 동안 조사하였다. Beam delivery는 optical fiber를 사용하였고 beam diameter는 1mm이다. Laser power는 440mW까지 증가시켰으며, 증착시 인가자장(H_a)과 열처리할 때의 인가자장(H_b)은 서로 반대방향으로 하였다. 측정은 각각의 power에 따라 DC-4단자법과 VSM으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 각각 laser power에 따라 bilayer와 trilayer의 자기저항의 변화를 나타내었다. Fig. 1(a)에서 보여 주듯이 열처리하지 않았을 때의 자기저항비와 교환결합력(H_{ex})은 각각 0.9 %와 +87 Oe 이고, laser power가 200 mW일 때부터 반대쪽 -63 Oe에서 peak가 나타나기 시작하였다. 400 mW까지 증가시켰을 때 교환결합력은 +87 Oe에서 +76 Oe로 약간 감소하였고, 자기저항비는 0.9 %에서 0.1 %로 감소하였다. 이때 반대쪽의 새로 나타난 peak는 -63 Oe에서 -80 Oe로 교환결합력이 변하는 동안 자기저항비는 0.3 %로 증가하였다. 이것은 국소적인 자화반전을 나타내며, trilayer의 경우도 마찬가지로 결과가 나오는 것을 보여준다.

Fig. 2에서 (a)는 strip 방향과 인가자장 방향이 서로 수직일 때(■)와 수평일 때(▲) laser power에 따른 교환결합력을 나타내었으며, 반대쪽 peak일 때는 각각 △와 ?로 나타내었다. (b)와 (c)는 각각 수직일 때와 수평일 때 0 mW와 200 mW에서의 자기저항 곡선을 나타낸다. 이것은 두 sample의 자화반전에 의한 domain wall이 각각 다른 구조를 가진다는 것을 보여준다. 보통의 Block wall(수직)보다 head-on-head type

의 180 Block wall일 때가 전도전자들이 더 잘 산란되는 것을 알 수 있다.

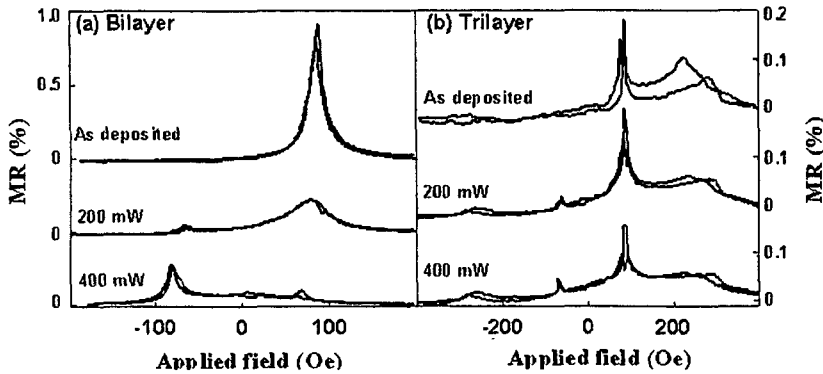


Fig.1. The MR curves of the strip-patterned (a) NiFe(11 nm)/ FeMn(16 nm) bilayer and (b) NiFe(11 nm)/FeMn(16 nm)/ NiFe(7 nm) trilayer for a various laser power.

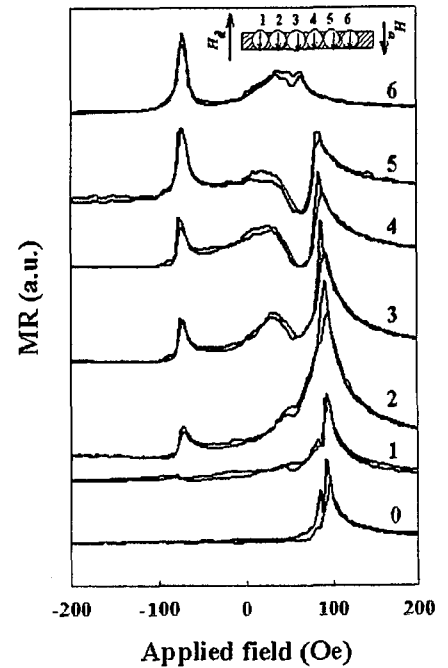


Fig. 3. The change of MR curves according as the region of laser annealing expands up to 6, where the power is 300 mW.

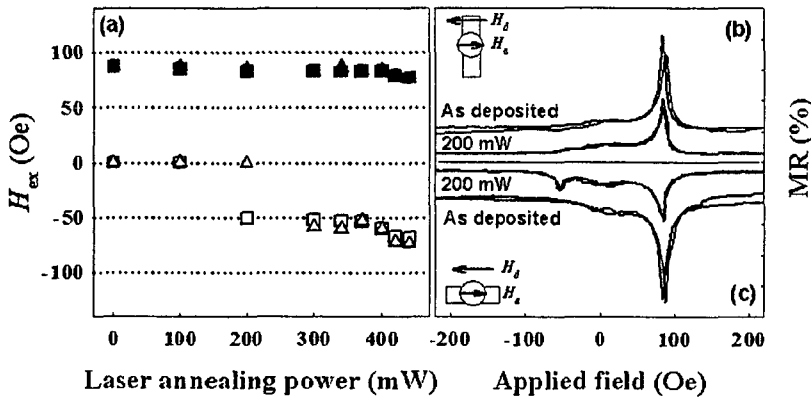


Fig. 2. (a) H_{ext} plotted as a function of laser annealing power and the MR curves at as deposited and 200 mW, where the direction of strip is (b) perpendicular (square) and (c) is parallel (triangle) for a applied field direction, as seen in the inserted figure.

Fig. 3은 laser로 조사된 면적을 증가시켜 주었을 때 자기저항 곡선의 변화를 나타낸다. 반전된 면적이 왼쪽에서 오른쪽으로 확장되어 갈수록 원래 peak는 감소하고 반대쪽 peak가 증가하는 하는 것을 알 수 있다. 조사된 면적이 4~5-구역일 때 negative 자기저항 곡선은 교환결합의 이방성과 인가자장이 서로 기울어진 모양이며, 따라서 laser로 조사된 면적 사이에 자화가 자기이방성의 방향을 분산시킨 것으로 보여 진다.

Laser annealing을 통해 NiFe/FeMn bilayer에서 교환결합력의 국소적인 자화 반전이 실현 되었다. Laser power와 조사된 면적에 따라 자화 반전을 일으키는 구역이 확장된다는 사실을 자기저항 peak로 확인하였다.

4. 참고문헌

- [1] W. H. Meiklejohn et al. Phys. Rev. 102 (1956) 1413
- [2] E. B. Myers et al. Science 285 (1995) 867
- [3] J. Z. Sun J. Magn. Mater. 202 (1999) 157
- [4] C. Aroca et al. Phys. Rev. B 42 (1990) 808