

## Kerr loop tracer를 이용한 NiFe/FeMn/NiFe 박막의 교환바이어스 조사

충남대학교 고기능성 자성재료 연구센터 홍성민

충남대학교 재료공학과 이영우  
충남대학교 재료공학과 김철기  
충남대학교 재료공학과 김종오

### 1. 서 론

교환바이어스(exchange bias)현상은 강자성과 반강자성의 접합계면에서 강한 상호교환결합력(exchange force)에 의해 발생하는 것으로 알려져 왔다. 이 현상은 1956년 Meiklejohn과 Bean에 의해 CoO층으로 둘러싸인 Co입자에서 발견된 이후[1], 강자성과 반강자성의 접합계면을 가지는 다층박막에서의 교환바이어스에 대한 연구가 진행되어왔다[2-6]. 이는 강자성/반강자성박막의 교환바이어스 특성을 이용하여, 강자성 박막의 스핀방향을 고정시킬 수 있기 때문이다. 이러한 교환바이어스 특성은 하드 드라이브의 고밀도 자기헤드소자 및 비휘발성 자기메모리소자에 응용되어지는 등 경제적 가치를 갖는 기술적인 면과 교환바이어스라는 독특한 자기특성의 학문적인 가치로 인해 이분야에 대한 집중적인 투자와 연구가 이루어지고 있다. 최근에는 교환바이어스현상의 정확한 원인과 형성기구에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나, 강자성과 반강자성 박막의 단거리 상호교환결합력에 의한 교환바이어스 현상은, 계면의 원자구조, 자기구조, 및 각 자성층의 여러 가지 인자들에 대해서 지속적으로 연구되고 있다. 본 연구에서는 MOKE(Magneto-optic Kerr Effect)를 이용하여 glass 기판위에 증착된 NiFe/FeMn/NiFe 다층박막에서 각각의 강자성층과 반강자성층에서의 교환바이어스현상을 조사하고, 이를 비교분석하고자 한다.

### 2. 실험방법

시편의 제작은 4 target RF magnetron sputter 장비를 이용하여 제작하였다. 실험전 진공도는  $3 \times 10^{-7}$  Torr이하로 하고 스퍼터링시의 Ar 가스 분압은  $1 \times 10^{-3}$  Torr로 고정하였다. 시편은 NiFe(14 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(t nm)(t=5, 10, 14, 20)의 구조로 제작하였다. 자기적 특성은 Helmholtz 코일이 구비된 진동샘플형 자력계(VSM)를 이용하여 측정하였으며, MOKE를 이용하여 위 아래 NiFe/FeMn 계면의 교환바이어스 현상을 분리하여 조사하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 1.은 하부 NiFe층을 14 nm로 고정하고 상부 NiFe층을 각각 5, 10, 14, 20 nm로 변화시킨 NiFe(14 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(t nm)(t=5, 10, 14, 20 nm) 다층박막의 자기이력곡선이다. 상부 NiFe/FeMn 계면보다 하부 NiFe/FeMn 계면에 강한 교환결합이 발생하고 있으며, 상부 NiFe 두께가 얇아짐에 따라 하부 NiFe에 미치는 바이어스 자기장이 증가하고 있다. 그림 2.는 Helmholtz 코일형 자력계를 이용하여 측정한 미세자장에서의 하위 자기이력곡선이다. 하부 NiFe 층과 마찬가지로 상부 NiFe 층의 두께가 얇아지면서 바이어스가 증가함을 보이고 있다.

그림 3.은 각각의 상부 NiFe와 하부 NiFe의 두께 변화 영향을 조사하기 위하여 NiFe(14 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(5 nm) 다층박막과 NiFe(5 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(14 nm) 다층박막의 자기이력곡선을 나타낸 것이다. 하부 NiFe 두께가 14 nm일 때 보다 큰 교환결합이 발생하고 있으며, 그 결과 상부 NiFe에서도 교환 결합이 증가하고 있다.

그림 4.는 MOKE 방법을 이용하여 상부 NiFe와 하부 NiFe에 대해서 측정한 Kerr loop이다. 상부 NiFe의 경우 두께가 얇아질수록 Kerr 회전각이 감소하고 있으며 VSM 결과와 비교할 때 전체적으로 보자력이 증가했고 두께에 따른 변화는 크지 않음을 보이고 있다. 하부 자성층의 경우 VSM 결과와 비슷한 결과를 보여주고 있다.

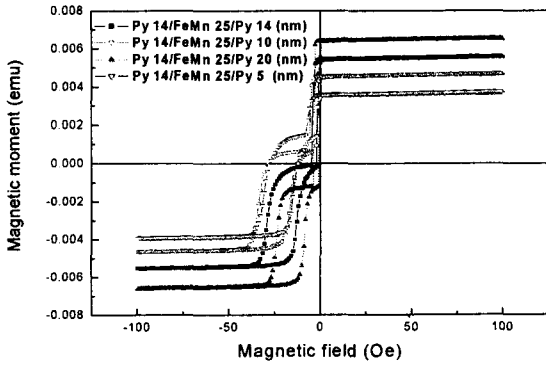


Fig. 1. Magnetic hysteresis curves of NiFe(14 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(t nm) (t=5, 10, 14, 20 nm) multilayers.

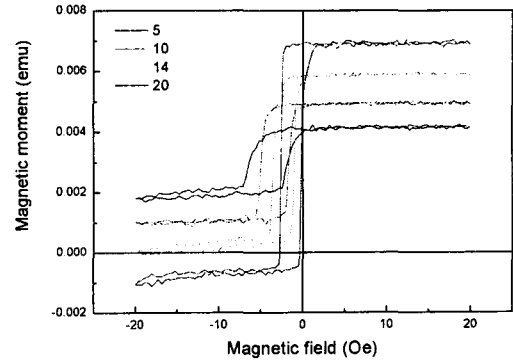


Fig. 2. Minor magnetic hysteresis curves of NiFe(14 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(t nm) (t=5, 10, 14, 20 nm) multilayers.

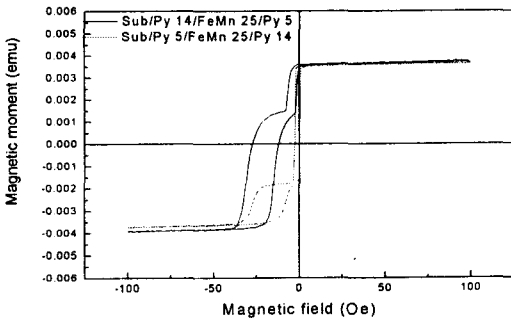


Fig. 3. Magnetic hysteresis curves of NiFe(14 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(5 nm) and NiFe(5 nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(14 nm) multilayers.

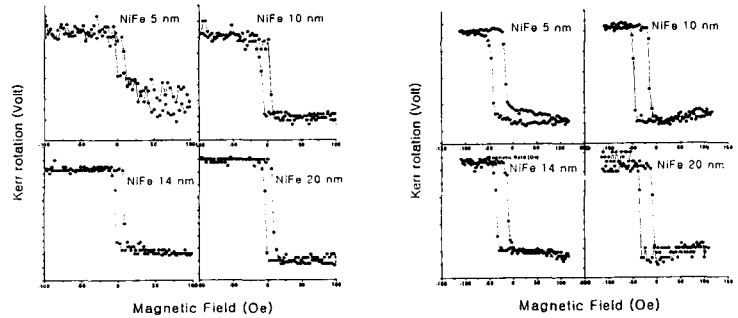


Fig. 4. Kerr loops on the various thickness of NiFe layer of NiFe(t nm)/FeMn(25 nm)/NiFe(t nm) (t=5, 10, 14, 20 nm) multilayers. (a) top NiFe layer (b) bottom NiFe layer.

#### 4. 결론

FeMn의 위 아래에 NiFe층을 성장하여 각 NiFe의 교환결합을 조사한 결과, 상부보다 하부 NiFe/FeMn 계면에서 큰 교환결합이 발생하고 있으며 상부 자성층의 두께가 감소할수록 하부 NiFe/FeMn 계면의 교환결합이 증가하므로 자성층간의 정자기적 상호작용이 교환결합의 세기에 영향을 미친다고 판단된다.

#### 5. 참고문헌

- [1] W. H. Meiklejohn, C. P. Bean, Phys. Rev. 102 (1956) 1413.
- [2] Review: C. P. Bean, in: C. A. Neugebauer, J. B. Newkirk, D. A. Vermilyea (Eds.), Structure and Properties of Thin Films, Wiley, New York, 1960, p. 331.
- [3] Review: A. Yelon, in: M. H. Francombe, R. W. Hoffman (Eds.), Physics of Thin Film, vol.6, Academic Press, New York, 1971, p. 205.
- [4] Review: AFM Properties: K. Fukamichim J. Magn. Soc. Japan 21 (1997) 1062.
- [5] R. Jungblut, R. Coehoorn, M. T. Johnson, J. aan de Stegge, A. Reinders, J. Appl. Phys. 75 (1994) 6659.
- [6] M. Takahashi, A. Yanai, S. Taguchi, T. Suzuki, Jpn. J. Appl. Phys. 19 (1980) 1093.