

퍼말로이/루테늄/퍼말로이 구조의 인위적페리층의 자기이방성

(Magnetic Anisotropy in NiFe/Ru/NiFe Synthetic Ferrimagnetic Layer)

The University of Seoul

YoungSoon Jung*

The University of Seoul
The University of Seoul

Ohsung Song
Kiyung Lee

1. 서론

최근 MRAM에 관한 연구가 활발히 이루어지는 가운데, DRAM이상의 고집적을 위하여 셀사이즈가 $0.5 \mu\text{m}$ 이하까지 소형화 되어가고 있다. 현재 수 μm 크기의 소자에서는 약 50 Oe의 보자력(coercivity : H_c)가 정도가 필요하지만 실제 서브 마이크로급 소자를 위해서는 약 10 Oe 이하의 보자력이 필요할 것으로 예상된다. 정보의 기록 및 재생시 주변 셀의 영향을 받지 않기 위해서는 보자력 뿐만 아니라 교환에너지가 깨지기 시작하여 스핀플로핑(spine flopping)이 일어나는 H_{sf} 와 모든 자화방향이 한쪽으로 정렬되는 포화(saturation)되는 H_s 의 조절이 목적에 맞게 가능하여야 한다. 소자의 소형화와 고집적화에 따른 문제 중 집적도 증가에 따른 주변소자에의 스트레이필드(stray filed), 형상이방성에 따른 spin을 flip 하는데 따른 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 재료적 측면에서는 TMR 소자에 많이 채용되는 CoFe를 NiFe로 대체하고, 구조적인 방법으로는 강자성체층 사이에 비자성체를 가진 구조인 인위적페리층(synthetic ferrimagnetic layer : SyFL) 구조를 채택하여 포화자화를 작게 만드는 방안이 있다. 따라서 본 연구는 통상의 TMR 구조의 상부 프리층만을 생각하여 Ta(50 Å)/NiFe(50 Å)/Ru(4~20 Å)/NiFe(30 Å)/Ta(50 Å) 구조의 시편을 Ru의 두께를 4, 6, 8, 10, 12, 20 Å으로 변화시키며 제작한 후 이방성에너지의 변화와 이에 따른 H_c , H_{sf} , H_s 등을 확인하였다.

2. 실험방법

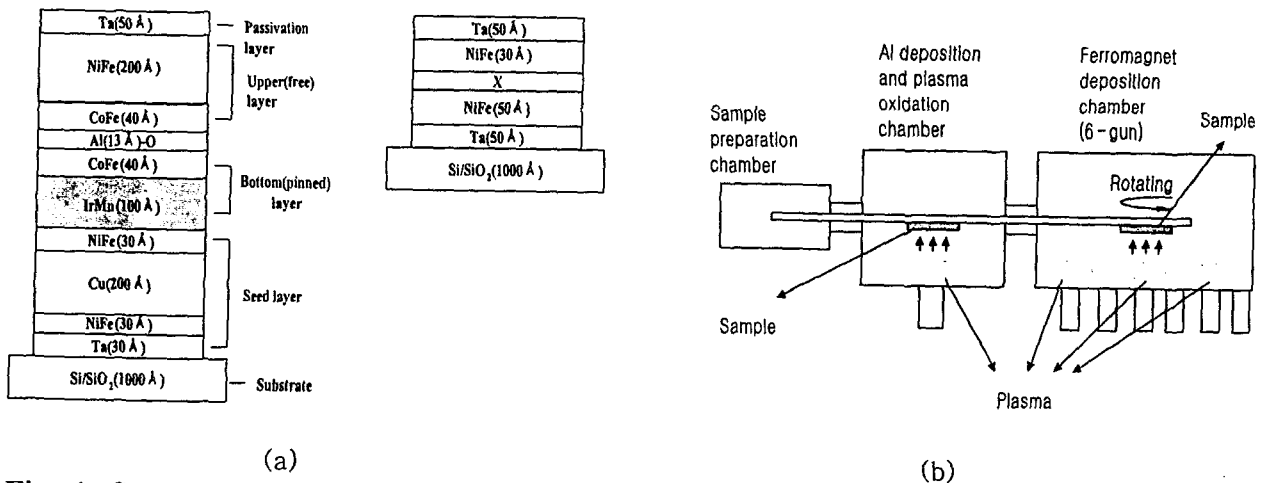


Fig. 1. Cross sectional structure of SyFL(a) and Schematic illustration of 6 gun ICP sputter(b).

Fig. 1 (a)와 같은 구조의 SyFL 박막을 형성하기 위해 6개의 건을 장착한 ICP(inductively coupled plasma)형 헬리콘스퍼터를 사용하였다. 시편은 $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$ 의 1000 Å 두께의 열산화막을 가진 실리콘 기판을 사용하였다. 초기 진공도는 1×10^{-9} torr, 스퍼터링시 아르곤(Ar)의 압력은 5×10^{-4} torr의 조건에서 10rpm의 속도로 기판을 회전 시키면 박막을 형성 하였다. Ru의 두께를 변화시키며 Ta, NiFe, Ru의 증착속도를 각각 33, 43.8, 35.5 Å/min로 유지시키며 대기상태에 노출시키지 않고 최종구조를 형성 하였다. 완성된 시편들은 $0.5 \times 0.5 \text{ cm}^2$ 의 크기로 절단하고 초전도양자간섭측정기(superconduction quantum interference device: SQUID)에 장입하고 4.2K와 300K에서 각각 $\pm 15 \text{ kOe}$ 의 외부 자계를 가하면서 M-H 루프를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

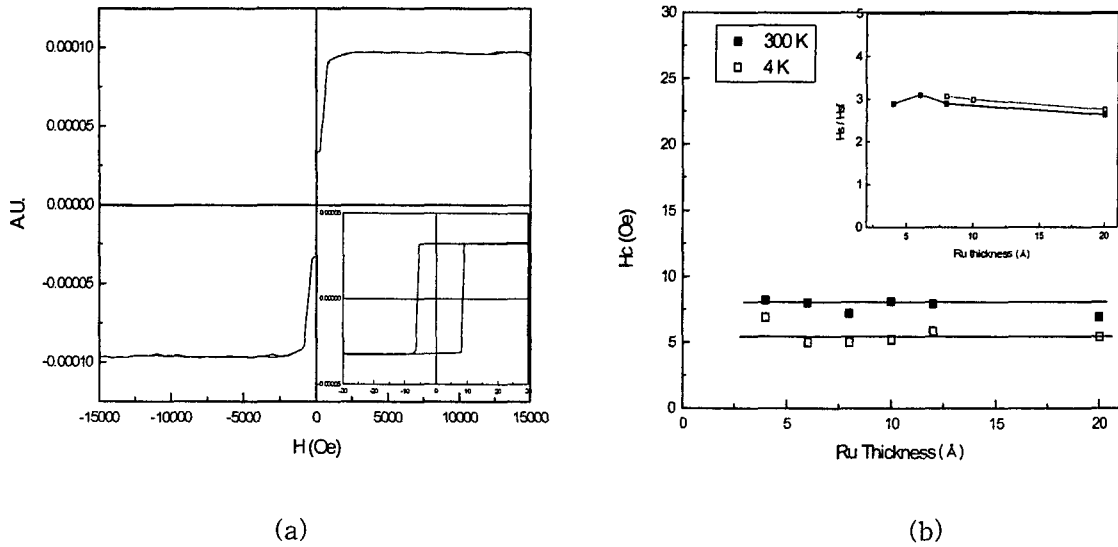


Fig. 2. M-H loop of NiFe/Ru(10Å)/NiFe at 300K(a), H_c and H_s/H_{sf} change of Ru thickness at 300K and 4.2K(b).

Fig 2.(a)는 NiFe/Ru(10Å)/NiFe 시편을 300 K에서 SQUID로 ± 15 kOe 측정된 M-H loop를, 오른쪽 하부에 ± 30 Oe 사이의 상세 히스테리시스를 나타내었다. Fig. 2.(b)는 Ru의 두께에 따른 보자력과 H_s/H_{sf} 변화를 나타내 보았다. 보자력의 크기는 Ru의 두께에 큰 의존성 없이 상온과 저온 모두 10 Oe 이하로 나타났으며, H_s/H_{sf} 값은 약 3으로 정성적으로 H_s 가 작아지면 H_{sf} 도 작아지는 경향성을 있다

4. 결론

반자성으로 커플링된 NiFe/Ru(4~10Å)/NiFe에서 SQUID로 측정된 M-H loop로부터 H_c 와 H_s/H_{sf} 의 비를 확인할 수 있었다. H_c 는 두께의 의존성 없이 300 K와 4 K에서 모두 10 Oe 이하로 측정됨으로써 서브 마이크로급 소자에 적용 될 수 있음을 확인하였다. H_s/H_{sf} 의 비의 값은 약 3정도로 이론적인 값과 비교하여 계면의 상호 확산이 약 15% 정도일 것이라고 예측이 가능 하였다.

5. 참고문헌

- [1] S. Tehrani, B. Engel, J. M. Slaughter, E. Chen, M. DeHerrera, M. Durlam, P. Naji, R. Whig, J. Janesky, and J. Calder, IEEE Trans. Magn., **36**(5), 2752(2000).
- [2] R. C. Sousa, Z. Zhang and P. P. Freitas, J. Appl. Phys., **91**(10), 7700(2002).
- [3] M. Saito, N. Hasegawa, K. Tanaka, Y. Ide, F. Koike, and T. Kuriyama, J. Appl. Phys., **87**(9), 6974(2000).