

나노 두께의 NiFe 박막에서의 자기적 물성 변화

(Changes of Magnetic Properties in Ultra Thin NiFe Films)

정영순, 송오성

서울시립대학교 신소재공학과
서울특별시 동대문구 전농동 90

1. 서론

최근의 과학기술 발달로 인해 소자의 크기가 더욱더 작아지고, 소자의 선폭 및 적층 두께가 나노(10^{-9} m) 크기로 작아지고 있다. 이와 같이 선폭과 두께가 작아지면서 동일한 재료에 대해서 기존의 물질과는 다른 물성이 나타나고 있다. 이 중에서 $Ni_{80}Fe_{20}$ 은 연자성 재료로서 최근 비휘발성 메모리 소자인 MRAM(magnetic random access memory)에 사용되고 있으나 얇은 적층 박막으로 인해 소자의 특성에 영향을 끼치게 된다. 이에 NiFe의 두께를 1~15 nm로 변화시켰을때의 자기적 물성 변화를 살펴보고자 하였다.

2. 실험 방법

나노 두께의 NiFe 박막을 제작하기 위해 200 nm의 열산화막을 가진 2.5×2.5 cm²의 Si 기판위에 ICP(inductively coupled plasma)형 helicon 스퍼터를 사용하여 Si/SiO₂(200nm)/Ta(5nm)/NiFe(1~15 nm)/Ta(5nm) 구조의 박막을 제작 하였다. 스퍼터링시 초기 진공도는 $5 \times 10^{-10} \sim 2 \times 10^{-9}$ 의 UHV(ultra high vacuum) 상태를 유지하며, 증착시의 Ar 가스 압력은 7.5×10^{-4} torr의 압력조건에서 NiFe의 두께를 1, 2, 3, 5, 8, 15 nm를 목표로 성막하였다. 완성된 시편은 5×5 mm²의 크기로 절단하여 SQUID(superconduction quantum interference device)에 넣고 4.2 K 와 300 K에서 각각 ± 50 Oe 범위에서 M-H loops를 측정하였다. 박막의 계면 형상 및 원하는 두께로 성막되었는지 살펴보기 위해 HR-TEM(high resolution transmission electron microscopy)를 사용하여 수직단면 구조를 살펴보았다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1 에는 SQUID로 ± 50 Oe 범위에서 측정한 M-H loops를 나타내었다. NiFe가 2 nm인 경우 온도가 낮아지면 포화자화가 커지는 현상을 확인할 수 있었고, 또한 4.2K에서 측정한 경우 300K에서 측정한 경우와 비교하여 보면 기울기가 변화하여 자기이방성이 증가한 것을 확인할 수 있다. 아래부분의 NiFe가 15 nm인 두꺼운 박막에서는 포화자화 및 M-H loops의 기울기가 크게 변화하기 않고 거의 동일하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. NiFe의 두께에 상관없이 낮은 온도에서 측정한 경우 보자력이 증가하는 현상이 발생하고 있는데, 이것은 낮은 온도에서 외부 응력의 증가로 인해 자기회전이 보다 어려워지기 때문에 일어나는 현상이라고 판단하였다. Fig. 2에는 4.2 K와 300 K에서 NiFe의 두께에 따른 보자력의 변화를 나타내었다. 4.2 K일때는 NiFe의 두께가 5 nm이하로 작아지면서 보자력이 갑자기 증가하는 현상이 발생하고 있다. 이러한 현상은 두께가 작아지면서 자기 이방성이 증가하게 되고 이로 인해 스핀회전이 상대적으로 어려워지기 때문이라고 판단되었다.

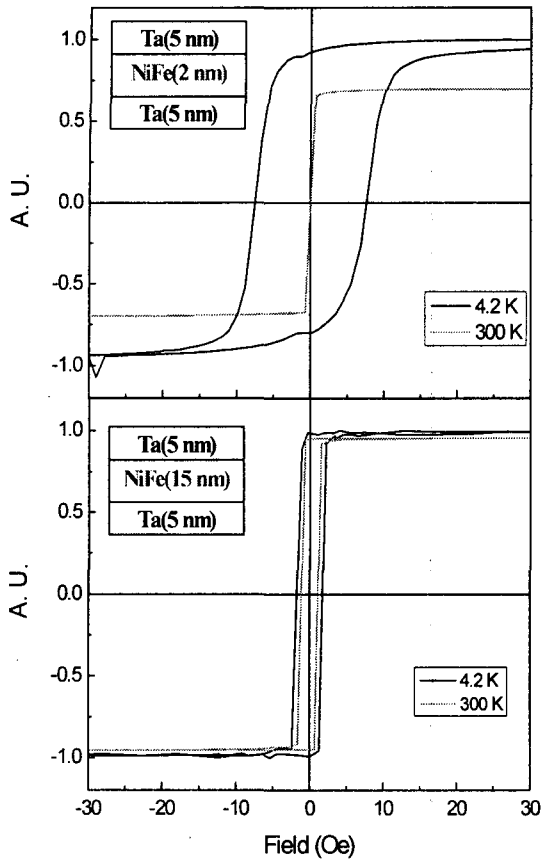


Fig. 1. M-H loops of Ta/NiFe(2, 15nm)/Ta at 4.2 K and 300K.

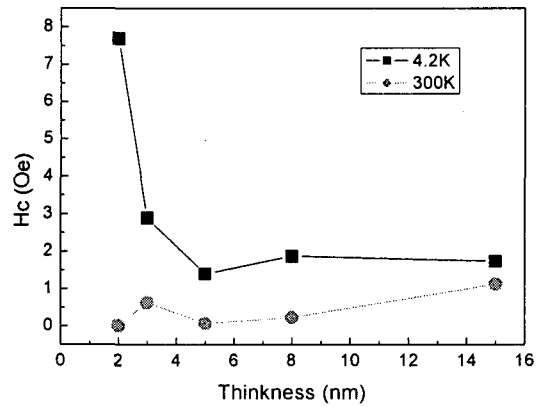


Fig. 2. Coercivity of structure Ta/NiFe/Ta at 4.2K and 300K.

4. 결론

나노급 NiFe의 자기적 특성을 살펴본 결과 NiFe의 두께가 5 nm이하로 작아지면서 자기 이방성이 증가하는 현상이 일어났다. 또한 온도에 의한 영향으로 4K로 낮아지게 되면 NiFe에 2차원적인 수축응력이 가해져 자기탄성에너지의 증가하여 보자력이 증가하는 현상이 일어났다. 이러한 나노 박막에서의 물성변화가 소자의 설계 및 재료선택에 중요한 요인이 될 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] M. Hanson, O. Kazakova, P. Blomqvist, R. Wappling, and B. Nilsson, *Phys. Rev. B*, **66**(14), 144419(2002).
- [2] O. Song, C. A. Ballentine, and R. C. O'Handley, *Appl. Phys. Lett.*, **64**(9), 2593(1994).
- [3] Y. S. Jung, O. S. Song, C. S. Yoon, *Phys. Stat. Sol.(a)*, **201**(8), 1724(2004).
- [4] Robert C. O'Handley, *Wiley Inter-Science*, pp. 65-273, (2000).