

자성 입자 감지를 위한 Spin-Valve 센서의 제조와 특성평가

서울대학교 재료공학부 *김현중, 장성호, 오규환,
한국과학기술연구원 김태송, 김광윤

(The Characteristics and Fabrication of Spin-Valve Sensor for Magnetic Bead Detection)

Seoul National University *H. J. Kim, S. H. Jang, K. H. Oh
Korea Institute of Science and Technology T. S. Kim, K. Y. Kim

1. 서론

거대자기저항(Giant MagnetoResistance) 효과를 이용한 고감도, 고출력 특성을 가지는 Spin-Valve 센서는 현재 하드디스크 드라이브의 재생 전용 헤드에 사용되어지고 있다. 최근에는 Spin-Valve 센서의 응용 범위가 생물학, 의료분야에 바이오칩 및 DNA 칩으로 점차 확대되고 있는 실정이며, GMR 센서는 기존의 형광특성을 이용한 바이오센서보다 가격, 이동의 용이성에서 큰 장점으로 부각되어 현재 미국, 일본, 유럽 등에서 많은 연구가 이루어지고 있다. GMR 센서를 바이오칩으로 응용하기 위해서는 항원, 항체 등과 결합한 자성입자(magnetic bead)에서 발생하는 누설 자속을 감지할 수 있는 고감도 센서의 제조가 필수적이다.

본 연구에서는 자기저항비가 9%인 Si/SiO₂/Ta/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/IrMn/Ta 구조를 가지는 Top Spin Valve 구조의 GMR 박막을 초고진공 직류 마그네트론 스퍼터를 이용하여 제조하였고 마스크패턴과 건식식각 공정을 통해 Spin-Valve 센서를 제조하였다. 그리고 센서의 형상 이방성을 이용하기 위해 센서의 Aspect Ratio를 1 대 3으로 고정 시켰으며, 크기별 센서의 작동은 센서 고정층의 자화 방향(센서의 길이에 수직 방향)에 평행하게 외부 자장을 걸어 주면서 감지 전류(1mA, 5mA, 10mA)에 따른 출력값(ΔV)을 얻어 특성을 측정하였다.

2. 실험 방법

기판은 클로로 포름, 이소 프로필 알코올, 에틸 알코올로 차례로 15분 동안 초음파 세정을 해준 후 질소로 blowing하여 준비되었다.

세정된 기판을 사용하여 기본 압력이 2×10^{-8} Torr 인 초고진공 직류 마그네트론 스퍼터 장비로 20 ~ 50 W의 증착 전력과 1 ~ 7 mTorr의 Ar압력으로 Si/SiO₂/(1500 Å)의 기판위에 Ta/NiFe/CoFe/Cu/CoFe/IrMn/Ta 구조를 가지는 Top Spin Valve 구조의 박막을 증착하였다. 증착된 스핀밸브 박막을 이용하여 Photolithography과 Ion Milling 공정을 통해 Aspect Ratio 1: 3을 가지는 센서를 제조하였고 고 자유층과 고정층의 자화 방향을 수직하게 하여 Spin Rotation Mode거동을 나타나게 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Aspect Ratio 1: 3을 가지는 stripe 형태의 spin valve 센서를 제조하여 자장에 따른 자기저항비의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 여기서 센서에 10 mA 전류를 걸어줄 때 자기저항비 변화값은 4%정도 얻어 졌으며 감도는 0.227 %/Oe로 얻어졌다.

이러한 센서 출력은 외부 자장에 의한 자유층(θ_1)과 고정층(θ_2)간의 상대적 각도 차이에만 의존하므로 다음과 같이 얻어질 수 있다.[1]

$$\Delta R \propto \cos(\theta_1 - \theta_2) \quad (1)$$

여기서 제조된 센서의 자유층의 자화 방향은 센서 길이 방향에 평행하게 자화 용이축을 가지며 고정층은 센서의 길이방향에 수직하게 자화 곤란축을 가져 출력값이 선형적으로 얻어진다. 즉, 자기저항비의 변화값은 센서 길이 방향과 자유층의 자화 방향의 상대적 각도의 Sine값($\sin\theta_1$)에 비례한다.[2]

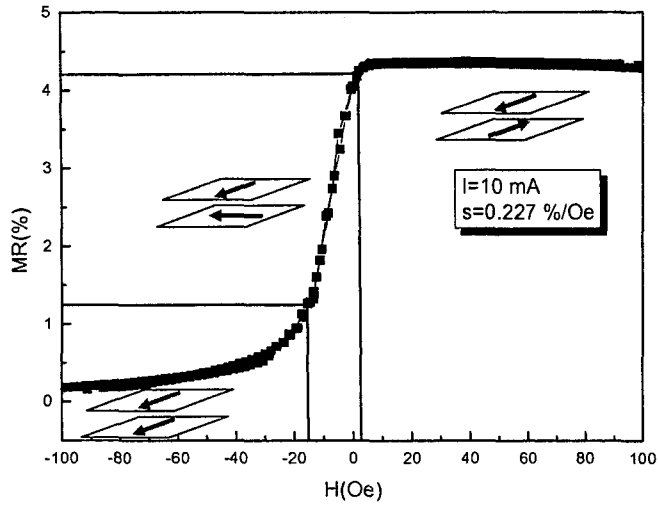


Fig. 1. Transfer Curve of fabricated sensor with size of $6 \times 18 \mu m^2$

4. 결론

자성 입자(magnetic bead)감지를 위한 Spin-valve구조의 stripe형태의 센서를 제조하여 출력값을 측정한 결과 감지 전류가 1 mA, 5 mA, 10 mA에서 각각 1.2 mV, 6.3 mV, 12.8 mV였으며 감도는 0.676 mV/Oe로 자성 입자를 감지하는데 적용되어질 수 있는 출력값이 얻어졌다.

5. 참고 문헌

- [1] Ching Tang, Robert E. Fontana, Tsann Lin, D. E. Heim, IEEE. Trans. Magn. **30**, 3801,(1994)
- [2] R. E. Fontana, C. Tang, V. S. Speriosu, B. A. Gurney, M. L. Williams, IEEE. Trans. Magn. **30**, 316,(1994)