

[Co/Pd]/Cu/[Co/Pd]₄ 스핀 밸브 구조를 기반으로 한 작은 보자력을 갖는 수직 자기저항에 대한 연구

이정섭*, 윤정범, 강물빛, 유천열
인하대학교 물리학과

1. 서론

21세기에 들어서면서 글로벌 자동차 시장에서는 단순히 완성차에 적용되는 높은 수준의 기계적 사양과 품질기준을 제시 하는 것 뿐만 아니라, 친환경적이며 사용자 편의 중심적이며 높은 안전기준을 충족시키기 위해 다양한 센서들이 적용되고 있다. 그 예로 자기센서는 자기장의 유무, 방향, 세기 등을 측정하는 기능뿐만 아니라, 이를 이용하여 회전속도, 정밀각도, 개폐, 거리, 모양, 결합 등을 측정에 사용되고 있다. 특히, GMR소자를 이용한 자기 센서는 소자의 우수한 특성, 가격경쟁력의 우월성, 소형화의 장점으로 활발한 연구가 진행되고 있다[1]. 하지만 GMR소자는 소자에 수직한 방향으로 갖는 큰 보자력으로 인해 작은 수직 자기장에 대한 센서로서는 적합하지 않았다[2]. 우리는 TiO₂ 씨앗층으로 한 [Co/Pd] 이층박막구조에서 수직자기이방성을 확인한 바 있다. [Co/Pd] 다층박막의 두께를 조절하여 연자성층과 강자성층을 만들고, 그 사이에 금속층의 두께를 조절하여 수직자기이방성을 갖는 GMR소자를 만들었다. 이 논문은 van der pauw method를 이용하여 수직자기이방성을 갖는 GMR소자의 자화반전과 자기저항 특성에 대하여 연구하였다.

2. 실험방법

본 실험은 Base pressure가 10⁻⁸ Torr의 초고진공 챔버에서 DC/RF 마그네트론 스퍼터를 사용하여 12×12 mm 크기의 Egle2000 glass, Si 기판 위에 [Co/Pd]구조에서의 두께를 조절하여 수직자기이방성을 가진 연자성층과 강자성층을 만들고, 비자성층에 Cu를 이용하여 TiO₂(5)/[Co(0.6)/Pd(t_{Pd})]/Cu(t_{Cu})/ [Co(0.4)/Pd(1.1)]₄/Ta(3) 구조를 가지는 스핀밸브를 제조하였다. (박막의 두께 단위는 nm이다). TiO₂층의 증착은 200 °C의 기판 온도를 유지하며 Ar과 O₂의 분압 비를 8:2로 조절하여 1.5 m Torr 작업 압력 하에 TiO₂ 타겟을 이용해서 100W의 RF 스퍼터로 증착하였고, 스핀밸브 구조 박막의 증착은 실온에서 3 m Torr 작업 압력 유지하며 DC 스퍼터링을 이용하였다. 이때 Co, Pd, Ta의 DC 스퍼터링 파워는 각각 50, 50, 100 W이다. t_{Pd}(0.8 ~ 1.1 nm), t_{Cu}(2.1 ~ 2.5 nm)를 변화시키며 시료를 제작하였고, 제작된 시료의 자기적 특성은 시료진동 자력계과 CIP(Current In Plane)방식의 4-point probe 자기저항(Magneto resistance; MR)측정 장비를 이용하여 상온(300K)에서 박막 면에 수직한 방향의 자기장에 대한 자기 이력곡선 및 자기 저항비를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

시료진동 자력계와 자기저항 측정 결과로부터 스핀밸브 구조를 Si, Glass 기판의 TiO₂ 씨앗층 위에 증착함으로써 동일한 측정결과를 얻을 수 있었으며, TiO₂는 [Co/Pd] 자유층이 연자성 효과를 갖게 함과 동시에 수직 자기이방성이 뚜렷해짐을 확인하였다. 이것은 산소의 2p 오비탈과 Co의 3d₂₂ 오비탈의 혼성결합에 의한 것으로 알려진다[3]. 그림 1에서는 t_{Pd}의 변화에 따라 보자력은 증가하며, 자기 저항비가 진동하는 결과를 얻었다. 자기 저항 측정 결과로부터 강자성층의 보자력은 약 700 Oe 으로 두께 변화에 대하여 변함이 없었다. 특히, 그림 2에서 t_{Pd}와 t_{Cu}가 각각 0.9 nm, 2.3 nm 일 때 10 Oe 미만의 자기장에 연자성층이 자화 반전되고 1.6 %의 MR ratio가 관측되었다.

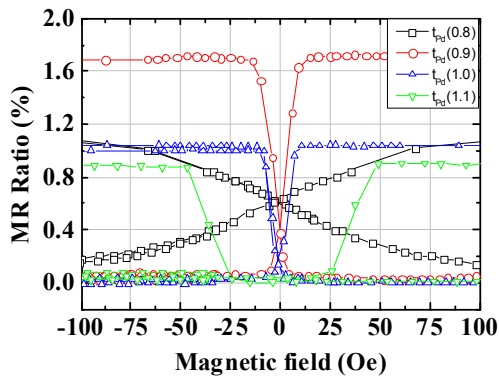


그림 1. The MR curve of Glass/TiO₂(5)/[Co(0.6)/Pd(t)]/Cu(2.3)/[Co(0.4)/Pd(1.1)]₄/Ta(3) sample

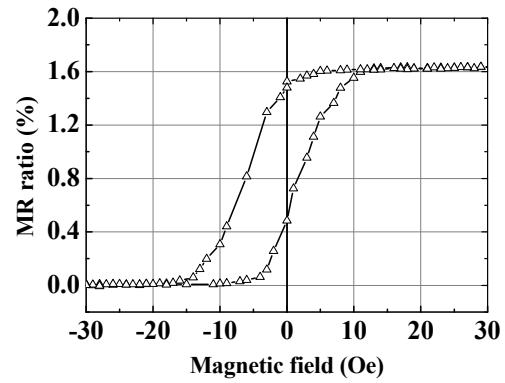


그림 2. The minor MR loops of Glass/TiO₂(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]/Cu(2.3)/[Co(0.4)/Pd(1.1)]₄/Ta(3) sample

4. 결론

우리는 작은 보자력(< 10 Oe)을 갖는 수직자기이방성 GMR 구조를 찾았으며, TiO₂는 [Co/Pd] 자유층의 연자성 효과를 갖게 하는 역할을 하였다. 또한 Pd과 Cu의 두께변화를 통하여 수직자기이방성 GMR 소자의 보자력과 자기 저항비를 조절 할 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] C. Reig, D. Ramirez, H.H. Li and P.P. Freitas. Low-current sensing with specular spin valve structures. IEE Proc. Circuits Dev. Syst. **152** 307-311 (2005).
- [2] F. B. Mancoff, J. Hunter Dunn, B. M. Clemens, and R. L. White, Appl. Phys. Lett. **77** 1879 (2000).
- [3] P. Bruno, Phys. Rev. B **39** 865 (1989).