

CoFe/Si/CoFe 구조에서의 스핀주입에 관한 연구

한국과학기술연구원 이한주*, 황웅준, 조성준, 김윤명, 박영준, 한석희, 이우영

고려대학교 김영근

명지대학교 신무환

1. 서론

반도체를 이용한 스핀트로닉스(spintronic) 기술은 Spin LED, Spin FET 그리고 Spin RTD 등과 같은 차세대 신개념 소자에 응용될 수 있다는 점에서 상당한 각광을 받고 있다[1]. 이 중에서 강자성체의 박막을 사용하여 스핀 분극된 전자를 주입(inject)하고 반도체 내에 스핀 분극된 전자를 이동(transport)시킨 다음, 강자성체의 박막으로 이러한 스핀을 검출(detect) 할 수 있는 기술이 개발 된다면 앞으로 새로운 분야의 가능성이 열릴 수 있다고 기대할 수 있다[2,3]. 이와 같은 강자성체/반도체 스핀 트랜지스터는 현재 활발히 진행되고 있는 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)공정과 접목을 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 스핀밸브 효과를 이용한 강자성체/실리콘/강자성체 구조에서의 스핀 주입에 관한 실험을 하고 자기적 특성을 조사 하였다.

2. 실험방법

이 소자는 n-Type의 실리콘과 스핀의 Injector와 Detector를 구현하기 위한 강자성체의 박막으로 이루어져 있다. 실리콘의 계면에는 계면에서의 누설전류를 방지하기 위하여 열산화 방법으로 SiO₂를 약 20nm 성장 시켰고, 강자성체의 패턴을 구현하기 위하여 Electron Beam Lithography를 이용하여 만들었고 두 강자성체의 자기장에 의한 스위칭 효과를 확인하기 위하여 패턴의 폭은 100nm와 200,300nm로 하였다 (그림 1 참조). 강자성체의 증착에 앞서 SiO₂를 Buffered Oxide Etchant로 그리고 Si를 Reactive Ion Etcher를 이용하여 300nm 식각하였다. 강자성체는 스퍼터링 시스템으로 CoFe을 증착하였다. 마지막으로 측정을 용이하게 하기 위하여 Optical Lithography를 이용하여 구현한 패턴에 Ti(20nm)/Au(200nm)를 증착하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림2는 전극의 장축을 따라 자기장을 가했을 때 그에 따른 저항의 변화를 각각 4K 와 300K에서 측정한 결과를 보여주고 있다. 두 강자성체의 자화 방향이 평행하게 있을 때 보다 약 100~200Oe정도의 스위칭 자기장 범위에서 두 전극이 반평행 하였을 때 저항이 최소가 되는 것을 확인 할 수 있다. 또한 온도가 감소하면서 최소 저항을 유지하는 두 전극의 반평행한 배열을 유지하는 자기장의 크기가 증가하였다. 이러한 현상은 스핀 분극된 전자가 첫번째 강자성체 전극에서 주입되어 그 정보를 잃지 않고 실리콘

내를 이동하여 다음 전극으로 이동하면서 나타나는 것으로 보여진다. 또한 이러한 현상은 온도변화에는 크게 의존하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 CoFe/Si/CoFe 구조에서 4 - 300 K에서 스핀밸브 효과를 확인하였다. 전극의 측면을 통한 스핀전자의 주입은 두 계면간의 접촉 면을 최대한 확보하여 자기저항을 측정하는데 용이하게 할 수 있었다. 스핀전자가 실리콘 내를 이동하면서 두 전극의 방향이 반평행 할 때 자기저항이 최소가 되었다. 실리콘을 스핀 채널로 사용한 CoFe/Si/CoFe 구조에서 얻어진 스핀밸브 효과로부터 스핀 트랜지스터의 가능성을 확인하였다.

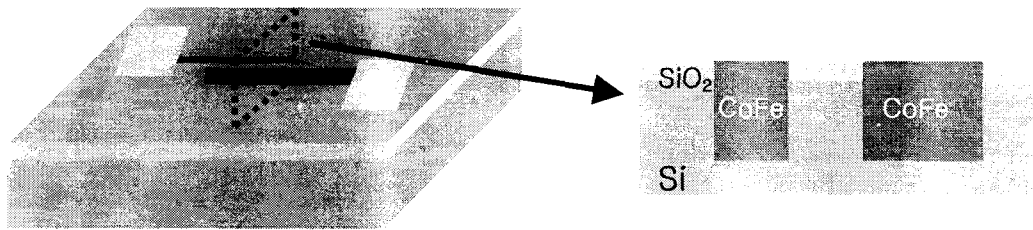


Fig. 1 Schematic diagram of the device with ferromagnetic nanocontacts and cross-sectional and top view of the junctions.

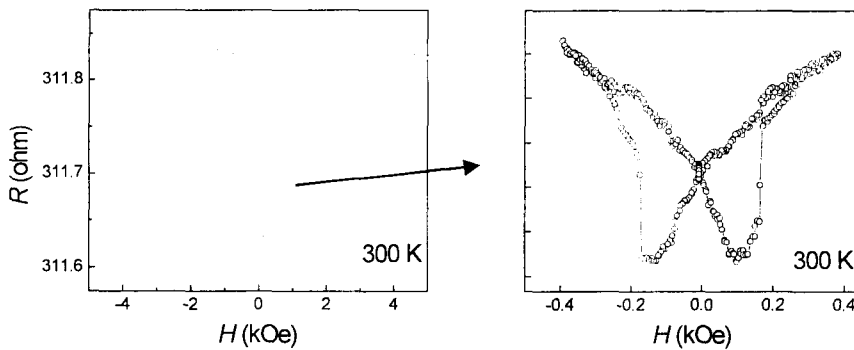


Fig. 2 The variation of resistance in the spin injection device against magnetic field at 300K

5. 참고문헌

- [1] S.A. Wolf, et al., Science 294, 1488 (2001)
- [2] P.R. Hammar, et al., Phys. Rev. Lett. 83, 203 (1999)
- [3] W.Y. Lee, et al. J.Appl. Phys. 85, 6682 (1999)