

## Sb 박막에서의 스핀축적

세종대학교  
한국과학기술연구원

김성훈<sup>1,2</sup>, 엄종화<sup>1,2</sup>  
장준연, 한석희, 박왕현

(Spin Accumulation in Sb thin films)

Seong-Hoon Kim<sup>1,2</sup>, Jonghwa Eom<sup>1,2</sup>, Joonyeon Chang<sup>1</sup>, Suk-Hee Han<sup>1</sup>, Wang hyun-Park<sup>1</sup><sup>1</sup>Nano Device Research Center, Korea Institute of Science & Technology, Seoul 136-791, Korea<sup>2</sup>Department of Physics, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

오늘날은 고도의 정보화 시대로서 컴퓨터의 대중화와 인터넷 및 이동통신 기술의 급속한 발전에 의해 정보기기의 초고속화, 소형화, 대용량화 및 저 전력화가 크게 요구되고 있다. 스핀소자는 기존의 전자소자와 비교하여 스핀전자소자의 고유 특성인 비휘발성과 함께 초고속, 초저전력 및 초고밀도 등의 특성을 가지고 있어 연구가 활발히 진행되고 있다.

금속성 강자성체로부터 다른 특성의 이종물질로의 효과적인 스핀주입은 스핀소자의 실현을 위한 필수적인 요건이다. 이종 물질로의 스핀주입은 conductance mismatch라는 근본적인 문제점으로 인하여 스핀분극을 유지하면서 주입되는 전류의 양이 극히 제한적이어서, 금속성 이종물질로는 스핀주입이 비교적 성공적으로 이루어진 연구 결과들이 발표되고 있지만[4], 반도체와 같이 전기전도도가 비교적 낮은 물질로의 스핀주입은 효과적으로 이루어지지 않고 있다. 물론, conductance mismatch의 문제는 이종물질사이에 barrier를 형성시킴으로써 스핀주입을 보다 효과적으로 만들 수 있지만, 주입되는 총 전류의 양이 barrier로 인해 급격히 떨어져서 소자효율은 낮아지게 되는 단점이 있다.

천이금속 강자성체로부터 스핀 분극된 전류를 받아들여 스핀 전류를 매개하는 물질을 탐색하는 일환으로 반금속에서의 스핀축적을 실험적으로 연구하였다. 본 연구는 강자성(CoFe)금속과 반금속인 안티모니(Sb)로 이루어진 나노 크기의 spin valve 소자를 제작하고 Sb 내 스핀축적에 관한 연구를 하였다. 저온과 상온에서 모두 Non-local과 local spin valve 효과를 얻어 Sb에서의 spin diffusion length를 구했다. 반금속은 낮은 carrier density, 작은 effective mass, 긴 mean free path의 특성이 있어 다른 물질 보다 큰 자기저항을 갖는다. 반금속에는 비스무스(Bi), 안티몬(Sb), Graphite 등 있는데, 이 중 Sb가 가장 전기전도도가 높아서 스핀주입에 있어서 conductance mismatch의 난점을 극복할 수 있었다.

소자는 구체적으로 다음과 같은 공정으로 제작되었다. 표면이 SiO<sub>2</sub> 산화층으로 형성된 실리콘기판 위에 photo lithography를 통해 electrode 패턴을 형성한 후 Ti/Au(5nm/25nm)박막을 각각 e-beam 증착과 thermal 증착을 이용하여 제작하였다. Electron beam lithography를 통해 Co<sub>84</sub>Fe<sub>16</sub> (70nm)를 증착시켜 두 개의 강자성 전극을 형성하였다. 그림 1은 제작된 CoFe/Sb/CoFe spin valve 소자의 전자현미경(SEM) 사진이다. 이 때 두 강자성 전극의 보자력 차이를 주기 위해 강자성체 크기는 각각 17 $\mu$ m  $\times$  3 $\mu$ m, 32 $\mu$ m  $\times$  0.3 $\mu$ m으로 제작하였고 거리(channel length)를 0.5 $\mu$ m에서 5 $\mu$ m 정도로 여러 가지 소자들을 제작하였다. 강자성체와 접합저항을 낮추기 위해 Ar-milling을 한 후 Sb(150nm) 박막을 증착시켜 소자를 완성하였다..

본 연구의 소자구조에서는 spin valve 효과, anisotropic magneto resistance(AMR), 스핀축적 정도를 알 수 있는 소위 non-local 측정 등을 효과적으로 수행할 수 있다. Spin valve 측정은 local Hall 효과, AMR 효과가 포함되지만 non-local 측정은 깨끗한 spin injection signal을 얻을 수 있는 장점이 있다. 강자성체에서 Sb 로의 spin injection의해 유도된 spin accumulation은 non local 신호에서 뚜렷하게 나타난다. Channel length에 의존하는 spin accumulation signal을 바탕으로 우리 Sb의 spin diffusion length를 본 연구에서 보여준다.

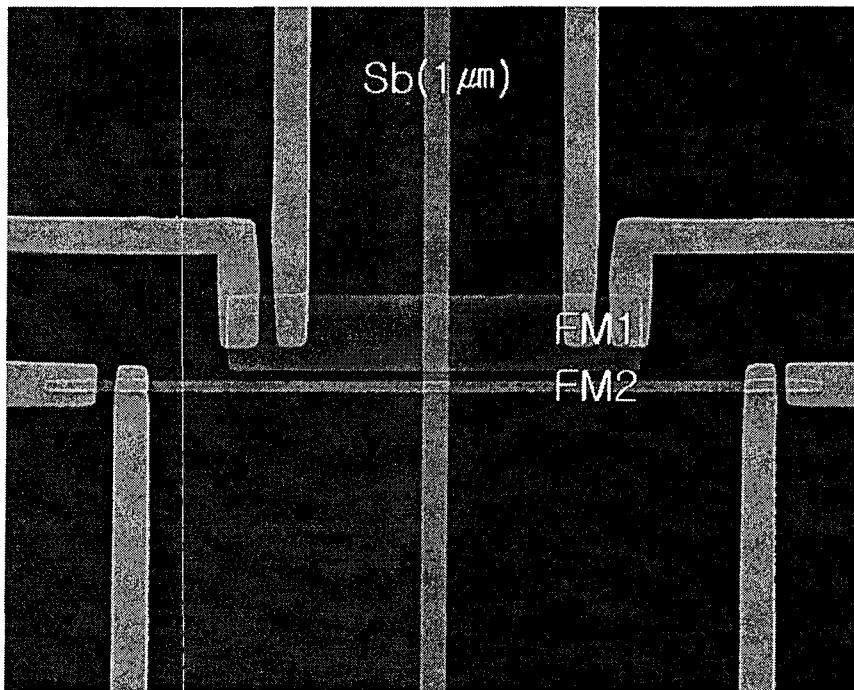


그림 1. SEM image of the CoFe/Sb/CoFe spin-valve device. 안티모니(Sb) 박막의 너비는 1  $\mu\text{m}$  이다.

< 참고문헌 >

- [1] G. A. Prinz, Science 282, 1660 (1998).
- [2] S. A. Wolf, D. D. Awschalom, R. A. Buhrmann, J. M. Daughton, S. von Molnár, M. L. Roukes, A. Y. Chtchelkanova, and D. M. Treger, Science 294, 1488 (2001).
- [3] M. Johnson, Phys. Rev. Lett. V70(14), 2142 (1993).
- [4] F. J. Jedema, A. T. Filip, and B. J. van Wees, Nature (London) 410, 345 (2001).