

Spin Injection To Gold(Au)

고려대학교 응용물리학과
한국과학기술연구원(KIST)

주성중*,홍진기,정구열,이금원,
박왕현,신경호

스핀소자의 성공적인 실현을 위해서는 무엇보다도 비자성 물질로의 스핀 주입이 최대의 관건이다. 효과적인 스핀 주입을 위해서는 다양한 비자성 물질로의 스핀 주입에 대한 연구의 효과적인 소자 구조 개발이 필요하다. 현재 전 세계적으로, 비자성 반도체로의 스핀 주입이 많은 어려움을 겪고 있으며, 비자성 금속으로된 mesoscopic system의 경우, 알루미늄(Al)과 구리(Cu)로의 스핀 주입에 대한 보고가 있다[2,3]. 따라서 효과적인 스핀 소자를 달성하기 위해서는 아직도 다양한 형태의 비자성 재료에 대한 스핀 주입 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 터널링 배리어를 사용하지 않는 permalloy(Py)/gold(Au) 계를 이용하여, 스핀 주입 신호를 관찰하였다. 특히, Au로의 스핀 입은 크기가 수 십 마이크로 이상의 비교적 큰 계에서 실험되어 수 십 $\mu\Omega$ 의 작은 신호를 얻은 바 있으나[1], 마이크로 미터 이하의 mesoscopic system에서는 아직 보고 되지 않았다. 본 연구에서는 100nm 선폭 및 간격의 Py/Au 스핀 밸브구조를 제작하여, 기존의 Au에서 얻은 것보다 100배정도 큰 스핀 주입 신호를 관측하였다.

본 소자는 SiO_2 기판에 photo lithography 기술을 이용하여 contact pad를 형성하고, 두 번의 e-beam lithography 기술을 이용하여 inner pad와 Au strip(170nm)을 형성하였다. 그리고 e-beam lithography 기술을 이용하여 Py(60nm)를 증착하여 스핀 injector와 detector를 형성하였고, 그림 1에서 보이듯이, Py(A)과 Py(B)사이의 간격은 90nm이다.

측정은 DC 및 AC 측정방법을 이용하여 측정하였고, 인가된 전류의 크기는 $100\mu\text{A}$ 부터 1mA까지 흘려 주었다. Py(A)과 P(B)가 잘 형성되었는지 확인하기 위해 AMR(anisotropic magnetoresistance)을 측정하였다(그림1.(b),(c)). 그림 2와 같이 non-local 측정방법으로 전류를 흘려주고 전압의 변화를 측정하여 스핀 주입을 확인하였다. 측정된 신호의 크기는 $\Delta R=0.3\text{m}\Omega$ 이었고, 이는 기존의 Au 기반 스핀 밸브[1] 신호 보다 약 100배 큰 값이다. 신호의 크기를 좌우하는 핵심 요소는 SEM 사진(그림2.(d))에서 보이듯이 Au 및 Py의 증착과 lift-off 과정에서 생긴 "wing" 때문이다. "wing"은 contact resistance를 증가시키고 spin current의 흐름을 방해한다. 증착과 lift-off 과정을 개선한다면 큰 스핀 주입 신호를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] Mark Johnson, Phys. Rev. Lett.70, 2142 (1993); J. Appl. Phys. 75, 6714(1994)
- [2] F. J. Jedema, A. T. Filip & B. J. van Wees, Nature, 410, 345 (2001)
- [3] Otani, Preceeding of ICM, 342 (2003)

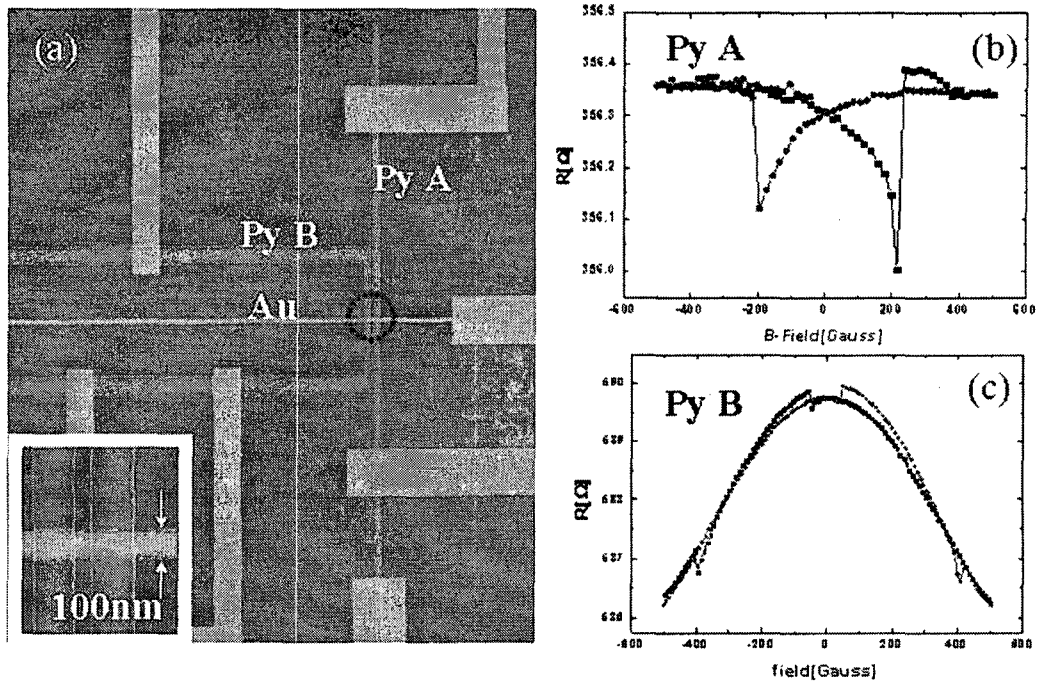


그림 1 Py를 이용한 금(Au)으로의 스핀 주입 소자. (a) 선폭 및 간격이 약 100nm인 소자의 SEM image. (b),(c) 스핀 aligner로 사용한 각 Py(A와 B)에 대한 AMR data.

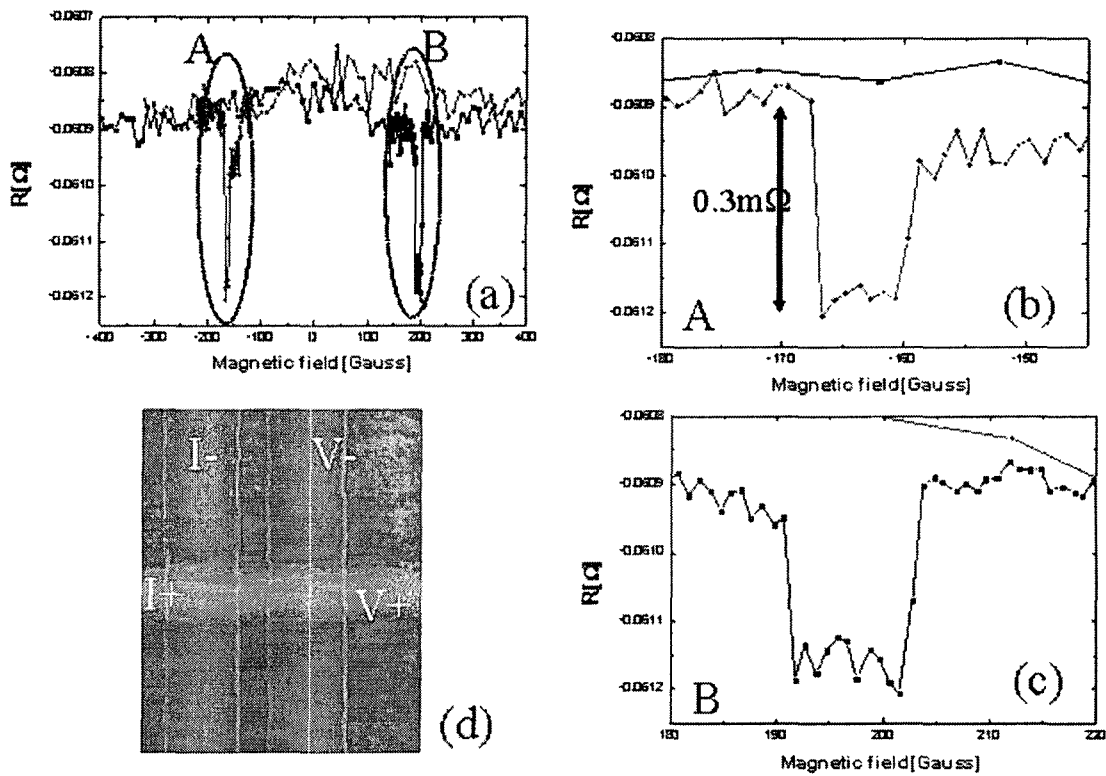


그림 2. (a) 2K에서 non-local configuration((d) 참조) 의해 측정된 스핀 주입 신호, (b)와 (c)는 자기장의 sweep 방향에 대한 각 신호를 확대한 것.