

자성/비자성 반도체로 이루어진 pn다이오드의 전기적 특성

주성중¹, 김희성², 정구열¹, 홍진기^{1,2}, 이궁원^{1,2}, 이병찬³, 신경호¹, 조성래⁴

1 한국과학기술연구원(KIST) 나노소자연구센터

2 고려대학교 디스플레이반도체물리학과

3 인하대학교 물리학과

4 울산대학교 물리학과

최근 스핀트로닉스 연구가 전 세계적으로 활발하게 진행 중이며, 스핀을 이용하여 새롭고 보다 성능이 좋은 소자를 구현할 수 있는 가능성이 실험적 이론적으로 연구되고 있다. 일반적으로 트랜지스터는 전계 효과 트랜지스터와 같은 전압구동형과 바이폴러 트랜지스터와 같은 전류 구동형으로 나눌 수 있고, 1990년에 Datta와 Das에 의해 제안된 spin-FET는 전압구동형에 해당 된다. 이 spin-FET는 많은 노력에도 불구하고, 반도체 내에 스핀 분극된 전류를 주입하고 그것을 전기적으로 측정하는데 큰 어려움이 있었다. 이에 대한 대안으로 전류 구동형 스핀 트랜지스터가 제안되었는데, 대표적인 것이 Flatte에 의해 이론적으로 제안된 magnetic bipolar transistor[1]이다. 이 소자는 자기장에 의해 스핀이 조절될 수 있는 자성반도체를 이용하여 구현가능하며, 금속이 아닌 반도체간의 접합구조로 되어 있어 스핀 주입에 유리하다.

본 연구에서는 이러한 magnetic bipolar transistor 구현을 위한 기초단계 연구를 다음과 같이 수행하였다. GaAs에 p-type GaMnAs를 MBE로 성장시켜 비자성/자성 반도체간의 pn접합 소자를 제작하여, 온도와 자기장에 따른 전류-전압 곡선을 측정하였다. 소자를 만들기 위해 photo-lithography기술과 E-Beam evaporation 공정을 이용하여 그림. 1(a)과 같은 구조로 제작하였다. p-type GaMnAs에는 Au를 증착하고, n-type GaAs에는 In을 증착하여 단자를 형성하였다. 그 후 Ohmic-contact을 형성시키기 위해 600°C에서 열처리를 하였다. 전류-전압 곡선을 측정하여 diode 특성을 확인하였다. 외부자기장의 인가 방향은 접합면과 전류방향에 평행하게 인가하였으며, 온도는 상온에서 2K, 자기장(B-field)은 9 Tesla까지 인가하였다. 그 결과, 그림. 1(b)에서 보이듯이 측정된 전류-전압 곡선은 자기장에 대한 의존성을 보이고 있으며, 이 결과는 Fabian등에 의해 이론적으로 제시된 spin diode[2]의 전형적인 특성을 보이고 있어 주목된다. 이러한 결과는 magnetic bipolar transistor 실현을 위한 매우 희망적인 결과로서, 자성 반도체 내의 spin의 거동을 반도체 다이오드 소자에서 관찰한 중요한 성과라 사료된다.

참고 문헌

[1] M. Flatte, et al, Appl. Phys. Lett. 82, 4740(2003)

[2] J. Fabian, Igor Zutic and S. D. Sarma, Phys. Rev. B, 66, 165301 (2002)

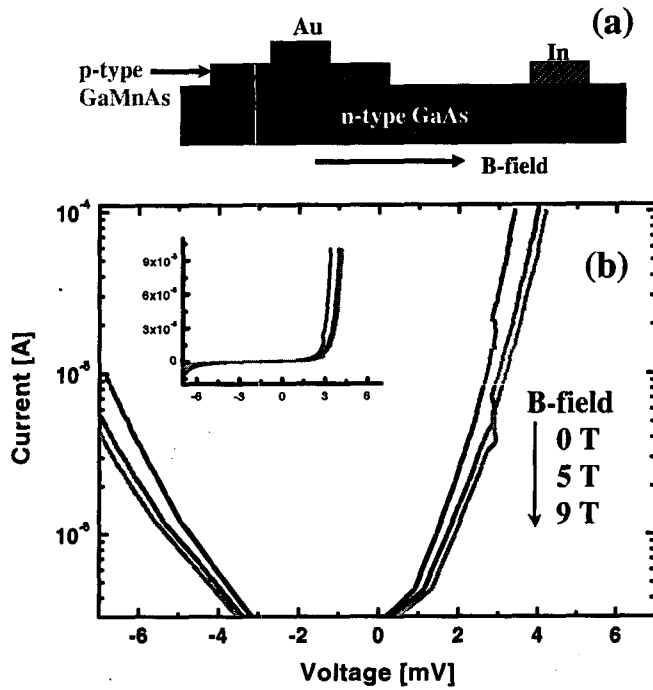


그림 1 (a) 본 연구에서 제작된 GaMnAs/GaAs pn 접합 다이오드 개략도 (b) 50K에서 4단자 방법에 의해 측정된 외부 자기장(B-field)에 따른 전류-전압 곡선(log-scale). in-set은 linear scale로 나타낸 전류-전압 곡선.