

마이크로마그넷을 이용한 비자성 반도체의 스핀 감지 소자

주성중^{1*}, 홍진기¹, 김영철¹, 김정승², 이궁원¹, 신경호², 이병찬³

¹고려대학교 디스플레이반도체물리학과

²한국과학기술원

³인하대학교 물리학과

반도체를 이용한 스핀 소자 기술의 핵심은 효과적인 스핀 주입 및 감지 소자 개발이다. 이를 위한 기존의 연구는 자성재료와 비자성 반도체간에 이중 접합을 이용한 소자이나, 이중 접합 구조가 가지고 있는 단점 때문에 많은 문제점을 가지고 있다. 본 연구에서는 이중접합 구조가 아닌 균일한 비자성 반도체를 사용하되, 소자의 일부분을 스핀 분리시켜 스핀을 감지하는 새로운 형태의 소자를 제작하였다.

제작된 소자는 InAs 2DEG가 전류 채널을 형성하고 있으며, 스핀 주입부와 스핀 감지부로 나눌 수 있다. 스핀 주입부는 금속-절연층-2DEG 구조를 이루고 있어 게이트로 작용하는 금속 단자의 전압 (V_G)을 조절하여 InAs의 운반자 농도를 조절할 수 있다. InAs에 외부 자기장이 인가되면 Zeeman 효과에 의한 스핀 분리가 일어나며, 게이트 전압에 의한 운반자의 농도를 줄여서 스핀 주입부의 스핀 분극율을 높일 수 있다.

스핀 감지부는 Hall bar 형태의 메사 구조이며, 한 쪽 전압 단자에 마이크로마그넷을 형성하여 그림1에 보이듯이 면에 수평한 자기장이 작용하게 되어있다. 즉, Hall 전압을 측정하는 2개의 전압 단자 중 1개는 마이크로마그넷에 의한 자기장에 의해 스핀 분극율이 큰 구조로 되어 있다.

한편, 본 연구에서 제작된 소자에 대한 전산 모사를 수행하여 예상되는 신호의 형태와 크기를 계산하였으며, 그 결과는 실험에 의해 얻은 것과 매우 유사하였고, 이로부터 본 소자의 작동을 확인할 수 있었다.

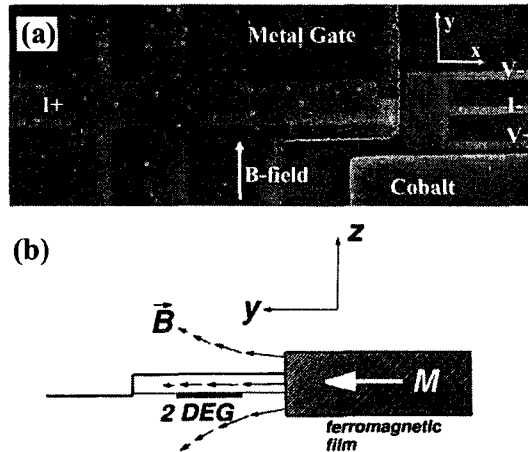


그림 1 (a) 소자의 SEM image. (b) 스핀 감지부 (Hall bar 부분)의 "V+" 전압단자의 단면. 마이크로마그넷에 의해 수평방향의 자기장을 InAs 2DEG가 받고 있다.