

## Spin Diode의 광학적 특성

한국과학기술연구원  
고려대학교  
인하대학교

이제형, 전경인, 신경호  
박상용, 이금원\*  
이병찬

### Optical property of spin Diode

Korea Institute of Science and Technology J. H. Lee, K-I Jeon, Kyung-Ho Shin  
Korea University S. Y. Park, K. Rhie\*  
Inha University B.C. Lee

#### 1. 서론

전자 spin의 특성을 이용한 새로운 물리현상이 속속 발견되면서 스핀을 이용한 새로운 스핀전자소자개발에 대한 기대가 커지고 있다[1]. 그 중에서도 가장 간단한 형태의 스핀소자는 광신호를 읽을 수 있는 광스핀 소자가 될 것이다. 본 실험은 반도체에 원형 편광된 laser를 조사하여 내부에서 여기한 전자 spin이 자성체 내부로 흘러가면서 일어나는 현상을 관측한 것이다[2], [3]. 일반적인 반도체와 금속간의 접합을 구성한 schottky-barrier 특성이 아닌 접합 사이에 인위적으로 barrier를 형성하여 그 특성을 관측하였다. 반도체의 경우 금속과는 달리 전자 spin이 유지된 채로 진행하고, 특히 GaAs의 경우 전자 spin이 저온에서 그 정보를 유지한 채로 4um이상을 진행한다고 한다[4]. 자성체의 경우 외부 자기장에 의해 전자 spin을 정렬시킬 수 있기 때문에 두 접합에서 spin의 변화를 관측 할 수 있을 것이다.

#### 2. 실험방법

시료의 제작은 2inch, 6gun sputter 장비를 사용하여, base pressure를  $5 \times 10^{-8}$ Torr이하로 하여 증착하였고, 반도체/부도체/금속의 구조를 가진다. 기본적인 시료의 모양은 TMR시료의 형태를 가지며, CPP로 측정되었다. 접합의 크기는  $50 \times 50 \text{ um}^2$ 로 photo lithography를 사용하여 제작하였다. 기판은 n-type GaAs를 사용하여 GaAs/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(16)/CoFe(60)/Ta(50)으로 증착하였다. 이 접합에 광학 실험을 하기 위해서 단자층은 ITO를 사용하여 투명 전극으로 증착하였다. 이 실험에 사용된 laser는 He-Ne laser로 파장은 780nm이다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

이 실험에 사용된 laser의 에너지는 GaAs의 에너지 밴드 갭 보다 높은 에너지이다. 이 laser를 원편광시켜 GaAs에 수직으로 조사할 경우 원편광 종류에 따라 spin up 또는 spin down 전자가 밴드 갭을 극복하여 carrier 역할을 한다. 이 polarization된 spin이 자성체에 주입 될 경우, 자성체의 자화 방향에 따라 시료에 흐르는 전류가 변화할 것이다. Fig. 1. 과 같이 시료에 자기장을 면내로 인가하고, laser를 시료에 45도로 주사하였다. 또한, 2kHz의 chopper를 사용하여 Lock-in으로 그 신호를 측정하였다. 먼저 자기장을 한 방향으로 고정하여 자성체의 자화 방향을 한 방향으로 고정시킨 다음, 고정된 Bias voltage에서 원편광의 방향을 좌에서 우로, 혹은 우에서 좌로 바꾸면, 여기하는 spin의 up, down이 바뀌게 된다. 이때 자화 방향이 고정되어 있으므로 신호의 차이가 발생하게 된다. Fig. 2. 는 Bias voltage에 따른 좌원

편광과 우원편광에 따른 그래프이다. Fig. 3은 이 두 차이를 가지고 스핀의존 전류의 비를 계산한 것으로 약 30% 차이를 보았다. 이것은 GaAs에서 여기한 spin down과 spin up 전자가 GaAs와 자성체의 계면에서 spin 상태를 유지하거나 산란하기 때문에 발생한다.

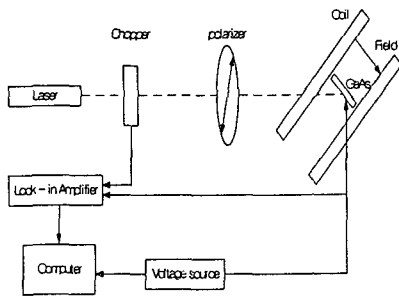


Fig. 1. Schematic configuration of the photon excitation experiment

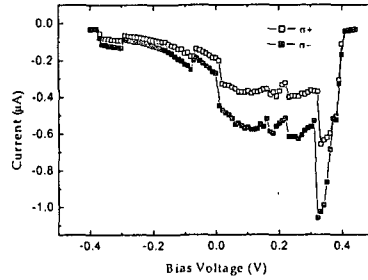


Fig. 2. Bias dependence of  $\sigma+$  and  $\sigma-$ .

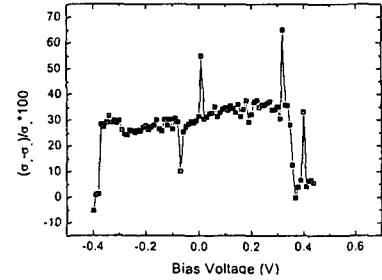


Fig. 3. Bias dependence of  $(\sigma_- - \sigma_+)/\sigma_+ * 100$

#### 4. 결론

자성체/산화막/반도체 형태로 만들어진 광스핀 다이오드를 제작하였다. 원편광원을 이용하여 높은 비율의 스핀의존 전류를 형성하고, 이를 측정하는데 성공하였다. 이 결과는 기존에 발표된 Schottky barrier 형 다이오드보다 더욱 개량된 스핀의존 전류비를 보여주며, 또한 소형화된 소자를 제작하였다는 데에서 의미가 크다.

#### 5. 참고문헌

- [1] G. A. Prinz, *Science* 282, 1660 (1998)
- [2] A. Hirohata, Y. B. Xu, C. M. Guertler, and J. A. C. Bland, *J. Appl. Phys.*, **85**, 5804(1999)
- [3] A. Hirohata, Y. B. Xu, C. M. Guertler, and J. A. C. Bland, *Phys. Rev. B.* **63** 104425 (2001)
- [4] D. Hagele, M. Oestreich, and W. W. Ruhle, N. Nestle, K. Eberl, *Appl. Phys. Lett.* **73** 1580 (1998).