

# Spin Transport in Transferred In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As Channels Onto SiO<sub>2</sub> Substrates

양윤석<sup>1\*</sup>, 고현협<sup>2</sup>, 구현철<sup>1</sup>, 장준연<sup>1</sup>, 김형준<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술연구원 스핀융합 연구센터, 서울특별시 성북구 하월곡동 39-1

<sup>2</sup>울산과학기술대학교 나노생명화학공학부, 울산광역시 울주군 반영리 100

## 1. 서론

자성전극/반도체 이종접합구조에서의 스핀주입에 대한 연구, 특히 InAs, InSb 반도체를 스핀주입용 채널로 이용할 경우 전자이동도가 빠르고, 라쉬바 스핀궤도결합 효과가 커서 스핀전계효과 트랜지스터의 응용이 용이하다고 알려져 있다[1]. 하지만 화합물 반도체의 특성상, 성장이 어렵고 이러한 III-V 화합물반도체의 장점에도 불구하고 비교적 긴 스핀완화길이 때문에 실리콘을 이용한 스핀주입 연구가 최근 많은 주목을 받고 있다[2].

본 연구에서는 높은 전자이동도와 강한 스핀궤도결합력을 가진 III-V 화합물반도체와 긴 스핀완화길이를 가진 실리콘의 장점만을 취할 수 있는 연구의 시발점으로 두 소재를 이종접합하고 스핀주입 거동을 관찰하였다. 이를 위해 전사프린팅법을 도입하여 III-V족 화합물반도체 채널을 Si(001) 기판 상으로 전사시키고 강자성 금속 (FM)을 이용한 lateral spin valve를 제작, local 및 non-local 스핀 신호를 검출하였다.

## 2. 실험방법

Molecular beam epitaxy를 이용하여 InP(100) 기판 위에 *n*-doped In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As층을 성장되었다. 격자정합을 위하여 In<sub>0.52</sub>Al<sub>0.48</sub>As buffer layer 성장하였으며, 공정상에서의 손상을 방지하기 위하여 InAs capping층이 증착되었다. 성장된 *n*-doped In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As 채널층은 선택적 에칭법과 접촉프린팅법을 이용하여 채널층의 손상 없이 SiO<sub>2</sub>/Si 기판 상에 Fig.1과 같이 전사하였다.

Photo-lithography와 ion milling을 사용하여 8 μm channel을 형성하였으며, electron-beam lithography 이용하여 각각 FM 형성하였다. FM은 Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>를 사용하였으며 두께는 80 nm이다. 두 FM 사이의 거리는 0.8 μm이며 보자력의 차이를 주기 위하여 FM1과 FM2 는 aspect ratio가 다르게 증착되었다.

전기적으로 주입된 스핀으로 검출하기 위한 측정은 두 가지 방법으로 진행되었다. 첫 번째는 non-local geometry 측정으로, 스핀 분극된 전자가 확산되는 것을 측정하는 방법이다. 두 번째는 local geometry 측정으로, 스핀의 방향에 따른 계면에서의 저항 변화를 측정하는 방법이다.

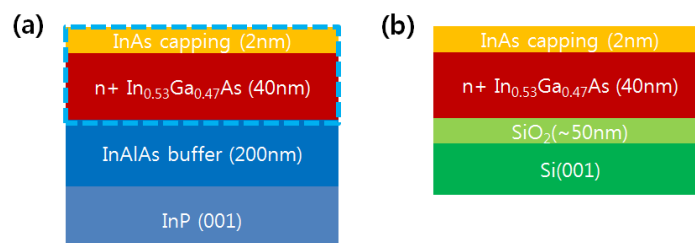
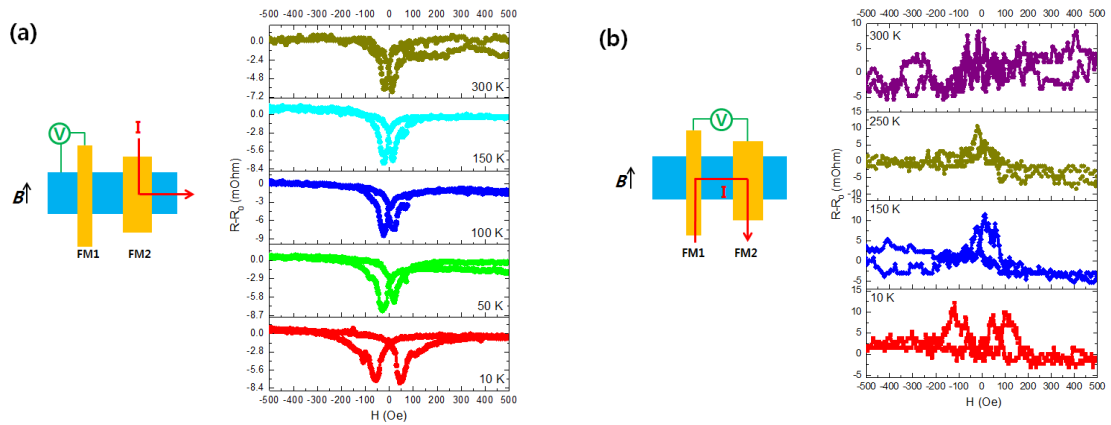


Fig. 1. Cross section of a transferred In<sub>0.53</sub>Ga<sub>0.47</sub>As channel



**Fig. 2.** Results of spin transport experiments at various temperatures and geometries of (a) non-local measurement and (b) local spin-valve measurement.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 2. (a)와 (b)는 각 온도에서 non-local 및 local spin-valve 측정결과이다. 전류는 0.1 mA를 가했으며 ac lock-in technology를 사용하였다. 측정온도가 올라감에 따라 두 종류의 신호의 크기는 감소하는 경향을 보였는데 non-local의 경우, 상온에서까지 구별할 수 있는 신호가 검출되었다. Non-local의 경우, 10 K에서는  $\Delta R=7.53\text{m}\Omega$ , 300K에서는  $\Delta R=6.49\text{m}\Omega$ 가 각각 검출되었고, local의 경우, 10K에서는  $\Delta R=12.2\text{m}\Omega$ , 250K에서는  $\Delta R=10.7\text{m}\Omega$ 이 각각 검출되었다.

이는 이미 보고된 *n*-doped  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ 를 이용한 스핀 주입 실험과 비교하여 스핀 주입 효율이 증가되었음을 의미하며[3], 상온까지 스핀주입 신호를 관찰되었다. 본 연구에서 관찰된 바와 같이 전사프린팅법으로 실리콘 기판 상에 이종접합된 III-V 화합물반도체로의 성공적인 스핀주입 신호 관찰은 향후 다양한 스핀소자 응용이 가능함을 보여준다.

### 참고문헌

- [1] H. C. Koo, J. H. Kwon, J. Eom, J. Chang, S. H. Han, M. Johnson, *Science*. **325**, 1515 (2009)
- [2] R. Jansen, *Nature Materials*, **11**, 400 (2012)
- [3] Y. H. Park, H. C. Koo, K. H. Kim, H. J. Kim, and S. H. Han, *J. Magnetism*. **14**, 23 (2009)