

## AlGaAs/GaAs 系高移動度 2次元電子系へのスピン注入及び検出

潘達<sup>1</sup>, 林志超<sup>1</sup>, Mahmoud Rasly<sup>1</sup>, 植村哲也<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>北海道大学大学院情報科学研究科)

Electrical spin injection and detection in an AlGaAs/GaAs-based  
 high-mobility two-dimensional electron system

Da Pan, Zhichao Lin, Rasly Mahmoud, and Tetsuya Uemura

(<sup>1</sup>Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University)

### 1. はじめに

従来のトランジスタ機能に加え、スピンの機能性を有するスピントランジスタの実現に向け、強磁性電極から半導体にスピンの揃った電子を注入する半導体スピン注入の研究が盛んに行われている。これまで GaAs [1]や Si[2], Ge[3]など種々のバルク半導体へのスピン注入が室温で実証されている。一方、AlGaAs/GaAs 2次元電子ガス(2DEG)構造は高い電子移動度を有することから、高電子移動度トランジスタ(HEMT)をはじめとする高速デバイスへの応用が期待されている。また、スピントランジスタのチャンネルとしても有用である。

しかしながら、これまで AlGaAs/GaAs 2DEG チャンネルへのスピン注入の報告例は少なく、強磁性半導体の GaMnAs をスピン源として用いた素子で実現されているのみである[4]。さらに、GaMnAs の強磁性転移温度( $T_C$ )は室温より低いため、スピン注入の実証も 50 K 以下に限られている。今回、我々は  $T_C$  が室温より十分高い CoFe ( $T_C > 1000$  K) をスピン源に使い、AlGaAs/GaAs 2DEG チャンネルへのスピン注入を 138 K まで実証したので報告する。

### 2. 実験方法

半絶縁性 GaAs(001)基板上に、ud-GaAs (400 nm)/ud-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (100 nm)/n<sup>-</sup>-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (Si =  $3 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>, 100 nm)/ud-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (15 nm)/ud-GaAs (50 nm)/n<sup>-</sup>-GaAs (Si =  $7 \times 10^{16}$  cm<sup>-3</sup>, 100 nm)/n<sup>+</sup>-GaAs (Si =  $5 \times 10^{18}$  cm<sup>-3</sup>, 30 nm)からなる逆 HEMT 構造を、分子線エピタキシー法(MBE)により成膜した。次に、厚さ 5 nm の CoFe 層をマグネトロンスパッタリング法により室温で成長した。その後、電子線リソグラフィと Ar イオンミリングにより非局所四端子素子に加工した。スピンの注入と検出用の電極のサイズはそれぞれ  $0.5 \times 5 \mu\text{m}^2$  と  $1.0 \times 5 \mu\text{m}^2$  であり、両者の間隔は 0.5  $\mu\text{m}$  である。

### 3. 結果および考察

ホール効果測定により、製作した 2DEG 層の 77 K におけるシートキャリア濃度及び移動度はそれぞれ  $6.9 \times 10^{11}$  cm<sup>-2</sup> ~  $8.5 \times 10^{11}$  cm<sup>-2</sup> と  $24200 \sim 43700$  cm<sup>2</sup>/V·s となり、高い移動度を有することが分かった。このことは、良好な AlGaAs/GaAs ヘテロ界面が形成され、また、キャリアは 2DEG 層を伝導していることを示している。Fig. 1(a)に 77 K における非局所スピンバルブ信号を示す。図に示すように、注入電極と検出電極間の相対磁化配置の変化による明瞭なスピンバルブ信号が観測され、GaMnAs を用いた先行研究[4]に比べ、より高い温度でスピン注入を実証した。同図(b)には、スピン注入の大きさの指標として、非局所電圧の変化量と注入電流の比で定義された  $|\Delta V_{\text{NL}}/I_{\text{bias}}|$  の温度依存特性を示す。CoFe をスピン源として用いることで、非局所信号は 138 K まで検出された。バルク GaAs ではスピン信号の大きさは温度の上昇と共に単調に減少するのに対し、2DEG チャンネルでは 80 K 付近で最大となった。講演ではこの複雑な温度依存性についても議論する。

### 参考文献

- [1] T. Uemura et al., Appl. Phys. Lett. **99**, 082108 (2011).
- [2] T. Suzuki et al., APEX **4**, 023003 (2011).
- [3] M. Yamada et al., APEX **10**, 093001 (2017).
- [4] M. Oltcher et al., Phys. Rev. Lett. **113**, 236602 (2014).

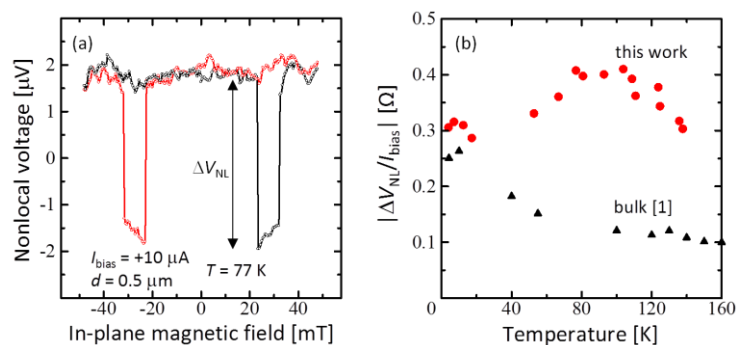


Fig. 1(a). 77 Kにおけるスピンバルブ信号 (b) 非局所信号の温度依存性