

課題番号 : F-16-KT-0003  
利用形態 : 技術補助  
利用課題名(日本語) : 固体中におけるスピン流輸送現象の解明 1  
Program Title(English) : Investigation of spin transport properties in condensed matters 1  
利用者名(日本語) : 大島 諒, 大友 健郎, 安藤 裕一郎  
Username(English) : R. Ohshima, K. Ohtomo, E. Shigematsu, Y. Ando  
所属名(日本語) : 京都大学工学研究科  
Affiliation(English) : Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University

## 1. 概要(Summary)

半導体大規模集積回路は構成素子の微細化を指導原理として高性能化を実現してきた。しかし、微細化による素子の性能向上は物理的限界に直面しつつあり、これに代わる新しい技術が求められている。我々はこの問題に対し、電子の内部自由度である“スピン”を情報処理に用いるスピントロニクスに注目して研究を行っている。当該研究領域において、スピン情報を輸送できる距離(スピン輸送長)や時間(スピン寿命)という指標はデバイス性能を決定する重要な因子であり、長いスピン輸送長・寿命を実現できる材料の開発は喫緊の課題の一つと言える。輸送長には電子の移動度に支配されるが、半導体ヘテロ接合界面に代表される2次元電子系は非常に大きな移動度を有することから長いスピン輸送長が期待できる。

以上を背景とし、我々の研究グループでは半導体ヘテロ接合や絶縁体ヘテロ接合界面に形成される2次元電子系のスピン輸送特性の評価をおこなっている。スピン輸送特性の評価にはサブミクロンスケールのデバイス加工が必要となる。京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の設備を利用して微細加工を行った。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

高速高精度電子ビーム描画装置, 大面積超高速電子線描画装置, 多元スパッタ装置

### 【実験方法】

評価したい材料の上に電子線レジストを塗布し、高速高精度電子ビーム描画装置または大面積超高速電子線描画装置を用いたリフトオフプロセスによりサブミクロンスケールのスピン注入電極(主に NiFe 合金)およびスピン検出電極(主に Pt, Ta)を形成した。検出電極の成膜には多元スパッタ装置を用いた。作製した素子の光学顕微鏡像を Fig. 1 に示す。スピン注入電極とスピン検出電極

の距離は 300~800 nm で設計してある。スピン輸送の実験には「スピンプンピング法」という手法を用いた。当該手法では強磁性電極 NiFe 合金の強磁性共鳴を引き起こすことにより強磁性体中から対象物質にスピンを注入する。対象物質中を輸送されたスピンの一部はスピン検出電極に到達すると“逆スピンホール効果”という現象により、電圧信号に変換される。この信号の多寡を評価することによりスピン流がどれだけ輸送できるかを評価することができる。

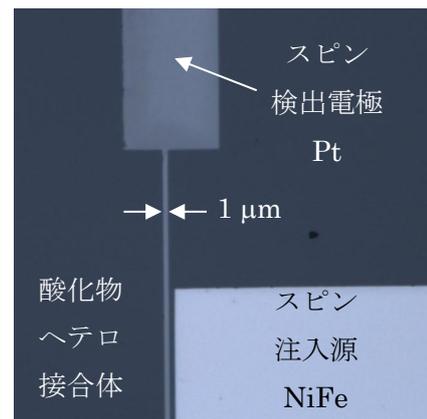


Fig. 1 An optical microscope image of spin transport device based on two-dimensional electron gas formed at oxide heterostructure.

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

本年度行った実験において特筆すべき結果は、酸化物ヘテロ接合体(LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub>)の2次元電子系におけるスピン輸送特性の解明である。Fig. 1 に示すようなデバイスを作製し、スピン輸送の実験を行ったところ、室温において明瞭なスピン信号の検出に成功した。室温でのスピン輸送長は 200 nm 以上あることが明らかになった。この値は実用化レベルのトランジスタのチャンネル長と比較して十分に長く、2次元電子系を用いたスピンドバイスの可能性を示唆する結果と言える。この長いスピン拡散長は2次元電子系の大きな移動度に起因すると考えられ

る。

#### 4. その他・特記事項 (Others)

該当なし。

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) R. Ohshima, Y. Ando, K. Matsuzaki, T. Susaki, M. Weiler, S. Klingler, H. Huebl, E. Shikoh, T. Shinjo, S.T.B. Goennenwein, and M. Shiraishi, “Spin transport via d-electron at a LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> interface”, SPINTRONICS AND CORE-TO-CORE WORKSHOP 2017, Toyonaka, Japan, March 21<sup>st</sup>, 2017.
- (2) M. Matsushima, S. Dushenko, R. Ohshima, Y. Ando, T. Shinjo and M. Shiraishi, ”Investigation of the inverse Rashba-Edelstein effect in Bi/Ag/YIG and Ag/Bi/YIG”  
9th International Conference on Physics and Applications of Spin-Related Phenomena in Solids, Kobe, Japan, 10<sup>th</sup>, Aug. 2016  
講演番号: P2-26

#### 6. 関連特許 (Patent)

該当なし。