

課題番号	: F-18-KT-0166
利用形態	: 機器利用
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
Program Title(English)	: Investigation of spin transport properties in condensed matters
利用者名(日本語)	: 松島真之, 大原隆裕, 李垂範, 外園将也, Fabien Rortais, 後藤康仁, 矢野翔太郎
Username(English)	: M. Matsushima, T. Ohara, S. Lee, M. Hokazono, R. Fabien, Y. Gotoh, S. Yano
所属名(日本語)	: 京都大学大学院工学研究科
Affiliation(English)	: Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University
キーワード/Keyword	: リソグラフィ・露光・描画装置、スピンプンピング、交流成分

1. 概要(Summary)

近年活況を呈しているスピントロニクス(電子のスピン情報を情報処理に用いる研究分野)においては、情報輸送手段としてスピン情報の流れである“スピン流”を用いる。スピン流の生成手法の一つとして、強磁性体の磁化ダイナミクスを用いた“スピンプンピング”がある。スピンプンピングではスピン流の生成に電流を伴わないことから、材料の電気伝導性によらずスピン流を生成可能であり、半導体へのスピン流生成が可能である[1]。従来スピンプンピングで生成されるスピン流は直流成分のみを利用してきたが、このとき同時に交流成分も生成されている。我々は、シリコン(Si)をスピン流輸送のチャンネルに用いることでこの交流スピン流の取り出しを可能と考えた。交流成分は時間平均することにより消失するため、スピン流生成源下でも同様に消失するが、電界ドリフトにより生成源下からスピンを引き抜くことで交流スピン流として取り出せる。半導体ではこの電界ドリフトの効果が大きく現れる。また、交流スピン流の周波数は磁化ダイナミクスの共鳴周波数と同じく 10 GHz 程度、時間領域にして 0.1 ns に対応するが、Si はスピン軌道相互作用が小さく長いスピンコヒーレンスを有していることから、スピン緩和に先んじて交流スピン流を取り出せる。以上をふまえ、我々の研究グループでは、Si 基板上に微細加工技術を用いてコプレーナ線路と交流スピン流検出電極を作成することで交流スピン流の検出を試みた。コプレーナ線路の作成には誤差 1 μm 以下の精度に加え、大面積での描画が必要となる。そのため京都大学ナノテクノロジーハブ拠点の設備を利用して大面積超高速電子ビーム描画装置によるデバイス作成を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

大面積超高速電子ビーム描画装置

【実験方法】

スピン流生成源となる強磁性体薄膜を Si 基板上に成膜し、検出電極である Pt と Ta の細線をそれぞれ電子ビーム描画装置を用いたリフトオフ法により作成した。その後 SiO₂ 膜により表面をキャップした上で、コプレーナ線路の作成を同様に電子ビーム描画装置を用いて行った。完成したデバイス構造を Fig. 1 に示す。外部磁場とコプレーナ線路による交流磁界により強磁性体の共鳴条件を満たしスピンプンピングによるスピン流が Si 中に生成される。チャンネル中に電界を印加することで交流スピン流が取り出され、検出電極まで到達する。検出電極中でスピン流は“逆スピンホール効果”という変換現象により、電気信号に変換される。この交流起電力をネットワーク・アナライザを用いて検出することで、Si 中の交流スピン流が検出できたとと言える。

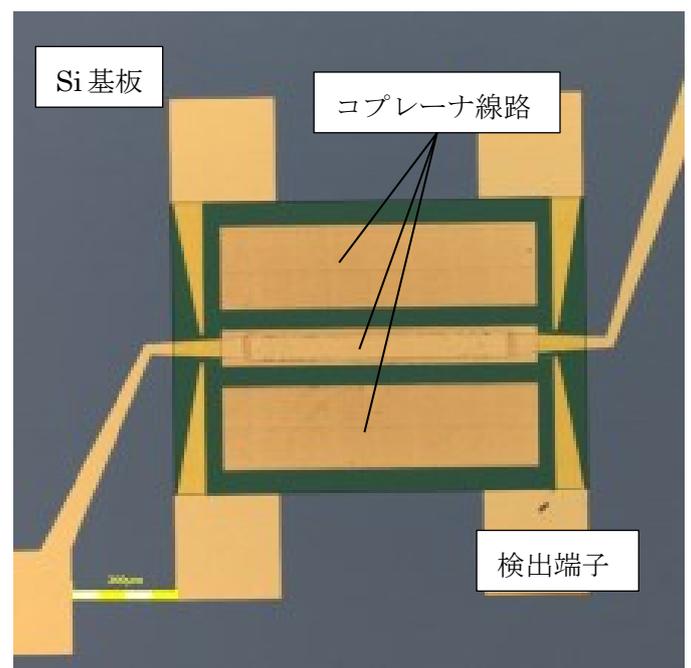


Fig. 1 An optical image of the device structure to

detect an ac spin current in Si substrate.

3. 結果と考察(Results and Discussion)

本年度行った実験における結果を報告する。大面積超高速電子ビーム描画装置を用いたリフトオフ法により交流スピンの検出デバイスを作成した。コプレーナ線路による強磁性共鳴は、その周波数測定が理論フィッティングに一致し、磁化測定から得られる磁気特性とおおよそ一致した。同時に、チャンネルにバイアスを印加し交流スピンの観測を試みた。その結果、交流スピン流による起電力を示す結果は得られなかった。今後はより大きなバイアス電圧がチャンネルにかかり検出電極でのインピーダンス整合を再現よく作成できる設計の工夫や、酸化膜キャップの膜質向上によるノイズの低減により交流スピンの観測を試みる。

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

[1] E. Shikoh M. Shiraishi *et al.*, Phys. Rev. Lett. **110**, (2013) 127201.

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

該当なし。

6. 関連特許(Patent)

該当なし。