

微細加工素子を用いた非磁性物質へのスピンプンピング効果の評価

山本 竜也、関 剛斎、小野 新平*、三輪 一元*、高梨 弘毅

(東北大金研、*電力中央研究所)

Characterization of spin pumping effect in microfabricated devices with nonmagnetic materials

T. Yamamoto, T. Seki, *S. Ono, *K. Miwa, and K. Takanashi

(IMR, Tohoku Univ., *Central Research Institute of Electric Power Industry)

緒言

電子の電荷とスピンを同時に利用する「スピントロニクス」がさらなる発展を遂げるためには、様々な物質に対して効率良くスピン注入を行う手法の確立が不可欠である。特に半導体におけるスピンの制御は、スピントロニクスデバイスの多機能化に向けた重要な課題の一つであり、近年では無機半導体だけでなく有機半導体におけるスピン注入・スピン輸送も注目を集めている。有機半導体は、軽元素で構成されていることから長距離スピン輸送が期待され、高性能かつ柔軟という高い付加価値を持ったデバイスが実現できると考えられる^[1]。既に有機半導体においてスピン注入を試みたという報告はいくつか存在するが、有機半導体-強磁性金属間におけるインピーダンス不整合に起因したスピン注入効率の低下が原因で、スピン注入およびスピン輸送に関して統一的な見解は未だ得られていない。

インピーダンス不整合の問題を回避し、有機半導体へ高効率にスピン注入を行う手法の候補としてスピンプンピング効果が挙げられる。スピンプンピング効果とは、強磁性体/非磁性体接合において磁化の歳差運動を励起することによりスピン角運動量が非磁性体の伝導電子へと移行される現象である^[2]。スピンプンピングにより生成されたスピン流は界面における電荷の移動を伴わないため、インピーダンス不整合の影響を受けないとされる^[3]。そこで本研究では、スピンプンピングを用いて、現在有機半導体において最も高い移動度が報告されているルブレ単結晶、および非磁性金属 Cu へのスピン注入を試みた。

実験方法

Fig. 1 に作製した素子の模式図を示す。コプレーナ導波路(CPW)上にスピン注入源となるパーマロイ(Py)矩形電極、および Pt 細線を配置し、Py-Pt 間をルブレ単結晶もしくは非磁性 Cu 細線で架橋した。ルブレ単結晶についてはイオン液体フィルム(ILF)でカバーし、ゲート電圧(V_G)を変化させながら Py の強磁性共鳴(FMR)スペクトルを測定することでルブレ中におけるスピンプンピング効果の評価を行った。

実験結果

Fig. 2a に Cu 細線を有するデバイスの FMR スペクトルを示す。ここでは Pt 細線有り と Pt 細線無しの素子を作製し、Pt 細線有りの素子においては Py-Pt 間を 200 nm とした。2つの素子において共鳴周波数に変化は見られなかったが、スペクトル線幅に若干の増大が見られた。この線幅の増大は、Pt 細線を接続したことによって、Cu 細線中のスピンプンピング由来のスピン蓄積が変化したことによって起因すると考えられる。Fig. 2b はルブレ単結晶を有する素子において V_G を変えて測定したスペクトルである。 $V_G = 0$ V の場合に比べて $V_G = \pm 1$ V において共鳴線幅の若干の増大が観察され、 V_G の印可によりルブレ中のキャリア濃度が変化し、スピンプンピングの効率が変化したことを示唆する結果が得られた。

参考文献

- [1] V. A. Dediu *et al.*, Nat. Mater. **8**, 707 (2009).
- [2] K. Ando *et al.*, Nat. Mater. **10**, 655 (2011).
- [3] Y. Tserkovnyak *et al.*, Phys. Rev. Lett. **43**, 117601 (2002).

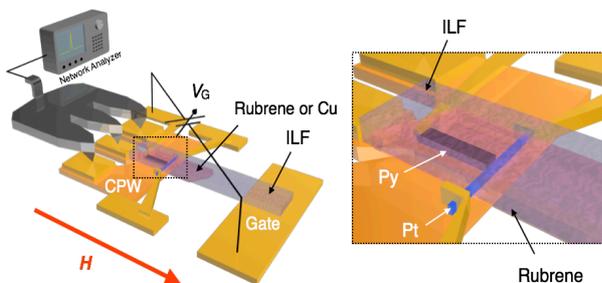


Fig. 1: Schematic illustration of the experimental setup. A Rubrene crystal or a nonmagnetic Cu wire was placed as a bridge between the Py element and the Pt wire. An ILF was put on the rubrene crystal to apply V_G to the device during the FMR measurements.

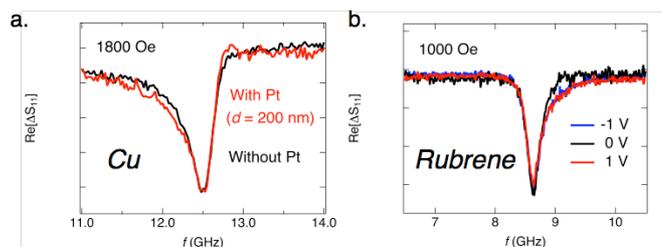


Fig. 2: a. FMR spectra measured for the device with Cu. **b.** FMR spectra measured for device with rubrene under various V_G . The measurements for **a.** and **b.** were performed with applying $H = 1800$ Oe and 1000 Oe, respectively.