

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2020年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

安藤 裕一郎

京都大学 大学院工学研究科
准教授

シリコン中の電子スピンを用いた論理演算素子の創成

研究成果の概要

シリコン(Si)中の電子スピンを用いた新しい論理演算の確立とその基礎学理構築に向けた研究を実施した。本年度特に注力した内容は A)共線スピンの 1 次元輸送技術の出口戦略 A1:スピン FET の実現に向けた研究, および B)共線スピンの 3 次元輸送技術の B2:ラシュバ型・トポロジカル型界面におけるスピン流—電流変換に関する研究である。それらの内容について簡単に報告する。

A)のスピン FET ではチャンネル長の微細化が必須である。スピン FET の性能(磁気抵抗比)の向上のためにはチャンネル長の微細化とともに強磁性体/Si の界面抵抗を低減する必要がある。既存の Fe/MgO 界面ではこれ以上の低減が望めないため, Si にオーミック接触できる強磁性体の探索を行い, Feに不純物として Gdを僅かに(~17%程度)添加するだけで, 仕事関数を 4.9eV から 3.0eV まで大きく変調することに成功した。また開発した強磁性体は室温強磁性, 室温スピン偏極を有することが判明した¹⁾。

B)のラシュバ型界面の実現では, スピン軌道相互作用が大きいことが期待される HfO₂ 膜を Si 上に成長する技術の開発を行った。アニール条件等を探索した結果, 結晶性の良好な HfO₂ 膜を SOI 基板上に成長することには成功した。しかし, 断面 TEM 観察を行ったところ, HfO₂ 膜と Si の界面に薄い SiO₂ 層が存在することが判明し, それに起因し誘電率も期待の半分程度であった。ラシュバ界面においては Si 層と HfO₂ 膜が直接接していることが極めて重要であるため, 今後も SiO₂ 層が形成されない成膜条件の探索を行っていく。またこのようなラシュバ界面の定量評価の手法として, 対象物質に強磁性体を接合して, スピン蓄積電圧やスピントルクを測定する手法がある。そのような実験の際に強磁性体自身により発現する自己誘起スピン蓄積, 自己誘起スピントルクが無視できないほど大きく, それらを考慮した解析が重要であることを示した²⁾。

【代表的な原著論文情報】

- 1) N. Yamashita, Y. Ando *et al.*, Phys. Rev. Mater. **6**, 104405(2022).
- 2) M. Aoki, Y. Ando *et al.*, Phys. Rev. B **106**, 174418(2022).