

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

2021 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

§ 1. 研究成果の概要

シリコン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が①バリスティックスピン輸送に向けた縦型スピンドバイスの作製（項目:A1）、②Magnetologic Gate (MLG)の室温動作実証（項目:出口戦略 A2）、③スピン回転操作（項目:C1）、および④非共線スピン間の相互作用（項目:C2）である。①に関しては、強磁性体ソース・ドレインがSiチャンネルを挟んで対向しているデバイスを作製した。室温でのスピン輸送信号の検出に成功し、その信号強度は横型構造の最高水準と同等程度であった。透過型電子顕微鏡で断面構造を観測したところ、Siチャンネル層は転移などの欠陥が無く、平坦性も良好であった。またその平坦性から10nmのSiチャンネル厚でもデバイス作製が可能であることが分かった。②に関しては6本の強磁性体を配置した横型スピンドバイスをを用いて、MLGの室温動作実証を行った。1素子でNANDとORを切り替える論理演算素子の動作に成功したが、信号強度は0.3mVと改善の必要性が示された。MLGでは面内方向の電界強度を正確に制御する必要があり、単純に電流を上げて信号強度を増加させる手法が取れない。この条件でも信号強度の増強が望めるデバイス構造・回路を考案し、その一部の原理実証を行った。③については昨年度報告した面直電界でのスピン回転操作技術と磁界によるスピン回転操作技術の融合を目指し、2つの方向の回転操作を同時に行った場合の挙動について解明した^[1]。その結果、1つの回転操作では180°の回転操作を受ける条件でも2つの回転操作を同時に実施することにより、回転操作自体を止めることが出来ることが判明した。④については90°異なる角度のスピンを注入し、同一箇所蓄積することで起こる挙動について調査した。挙動は複雑であり解明中であるが、何らかの相互作用がある可能性を示すことが出来た。

【代表的な原著論文情報】

[1] S. Lee, H. Koike, M. Goto, S. Miwa, Y. Suzuki, N. Yamashita, R. Ohshima, E. Shigematsu, Y. Ando and M. Shiraishi, “Synthetic Rashba spin-orbit system using a silicon metal-oxide semiconductor”, Nature Materials **20**, 1228 (2021).