

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

2020 年度 年次報告書

安藤 裕一郎

京都大学 大学院工学研究科
特定准教授

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シリコンにおけるスピンホール効果の増強に関する研究、および④スピンの回転操作に関する研究(C1)である。①に関しては、基板接合後に露呈した薄膜 Si チャンネル表面上に強磁性電極のエピタキシャル成長に成功した。また、結晶性やスピン特性を向上するにはポストアニールが有用であることを発見したが、基板接合後には Au が比較的低温で拡散するため、Au の排除、制御が重要であることが判明した。②については 6 つの強磁性電極を用いて、シリコン中のスピン蓄積に起因する電圧が特定の演算結果を示すことを室温で動作実証した。更に論理演算設計用の強磁性体電極の磁化配置を変更することにより、論理演算の内容自体を変更することにも室温で成功した。半導体、金属問わず、また低温・室温問わず MLG を実証した初めての結果である。また③についてはこれまではシンガポール国立大学の研究室と共同研究を進めてきた光によるスピン蓄積を検出する装置を所属研究室内に立ち上げ、白金のスピンホール効果に起因する信号を明瞭に検出することに成功した。④については Si/SiO₂ の界面において室温スピン回転操作の実証に成功した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) "Enhancement of spin signals by thermal annealing in silicon-based lateral spin valves", N. Yamashita, S. Lee, R. Ohshima, E. Shigematsu, H. Koike, Y. Suzuki, S. Miwa, M. Goto, Y. Ando and M. Shiraishi, AIP Advances 10, 095021(2020).
- 2) "Investigation of the thermal tolerance of silicon-based lateral spin valves", N. Yamashita, S. Lee, R. Ohshima, E. Shigematsu, H. Koike, Y. Suzuki, S. Miwa, M. Goto, Y. Ando and M. Shiraishi, Scientific Reports, Accepted.
- 3) "Spin-based logic in semiconductors for reconfigurable large-scale circuits", H. Dery, P. Dalal, Ł Cywiński, and L. J. Sham, Nature 447, 573 (2007).
- 4) "Synthetic Rashba spin-orbit system using a silicon metal-oxide semiconductor", Soobeom Lee, Hayato Koike, Minoru Goto, Shinji Miwa, Yoshishige Suzuki, Naoto Yamashita, Ryo Ohshima, Ei Shigematsu, Yuichiro Ando and Masashi Shiraishi, Nature Materials, Accepted.