

情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

米田 淳

東京工業大学 超スマート社会卓越教育院
特任准教授

ネットワーク型シリコン量子プロセッサの開拓

§ 1. 研究成果の概要

本課題では、ネットワーク型シリコン量子プロセッサの創出に向けた基盤技術の実証を目指している。この目標達成に向けて、本年度はシリコン量子ドットデバイスの電気伝導特性の評価、実験系構築に必要な事前検討、予備実験などに取り組み、計画通り課題を推進することができた。

シリコン量子ドット中のスピン量子ビットは電氣的な雑音に強く、固体量子系としては比較的長いコヒーレンス時間を有することが知られているが、シャトリング過程では、電荷雑音による量子情報喪失機構が新たに生じることが想定される。そこで、シリコン量子ドットの電荷雑音を、極低温環境下で詳細に評価した。電荷雑音を引き起こす二準位系の活性化エネルギーの推定など、その微視的な理解を深めるための解析を行った。[*]

また、電荷雑音がシャトリング過程において電子スピンの与える影響について、数値計算を用いて理論的に検討した。具体的には、デバイスで測定されたものと同程度の電荷雑音がシリコン量子ドットに働いている状況を想定し、量子ドット間のトンネリング過程において生じる様々な電子スピン量子情報の喪失機構に対して、その寄与を調べた。とくに、スピン自由度と電荷自由度が強く混成する、トンネル領域における電子スピンのデコヒーレンス時間や、トンネリング過程での電子スピンの回転角度、位相回転角度を定量的に予測した。

さらに、複数の独立でない制御パラメータを必要とする状況に対して適用可能な、量子ドットデバイスの安定化手法の開発に取り組んだ。このような技術は、量子ビット実験を行うために多重量子ドットデバイスを長期安定動作させる際に有用と期待される。その簡単な原理実証実験として、電荷状態安定図における二重量子ドットの動作点を、擾乱に対して安定化できることを示した。

【代表的な原著論文情報】

[*] 中越 一真, 高橋 洋貴, 溝口 来成, 米田 淳, 小寺 哲夫 「pMOS シリコン量子ドットにおける電荷ノイズのスペクトル評価」 第 69 回応用物理学会春季学術講演会 23a-E307-7 (2022 年 3 月 23 日)