

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

2022 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

## 研究成果の概要

本課題は、シリコン量子ビットのネットワーク型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。本年度は、課題推進に適した実験系の構築と拡張、ネットワーク構造におけるノード間の量子的な結合をもたらすシャトリング過程のエラー率に関する検証、各ノードにおける量子機能向上に関して取り組み、一部計画以上の進展があった。

離れたノード間の量子的な結合を実現するためのシャトリング過程では、新たなエラー機構による量子情報喪失が生じる。シリコン量子ビットのトンネル輸送過程におけるエラーについて、実験パラメータに基づいて定量的に評価した[1]。また、トンネル結合がどの程度ゆらいでいるのかに関する実験的な知見を得ることに成功した。具体的にはまず、磁場傾斜の導入により相互作用をイジング型としたうえでラムゼー干渉法を応用することで、スピン交換相互作用  $J$  の大きさを実時間測定し、 $J$  の自己パワースペクトル密度を、信頼区間とともに求めた[2]。通常  $J$  のスペクトル密度は、量子ドット間のエネルギー準位差のゆらぎの寄与に支配されるが、量子ドット間のエネルギー準位差がない対称動作点においては、トンネル結合のゆらぎを反映するようになる。このことに着目することで、トンネル結合のゆらぎを定量的に評価した。そこから、700 MHz 程度のトンネル結合は 1 Hz において  $0.5 \text{ neV}^2/\text{Hz}$  程度の  $1/f$  的なゆらぎを持つことが分かった。これは同一試料で測定された量子ドット間のエネルギー準位差が示すゆらぎに対して、5 桁以上小さい値である。

さらに、ネットワークの各ノードにおいて有用な量子機能として、シリコン量子ビットの反復可能な量子非破壊測定技術とフィードバック制御の組み合わせによって、リザーバーを利用しないシリコン量子ビットの初期化が可能であることを示した。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) M. Feng, J. Yoneda, W. Huang, Y. Su, T. Tantt, C. H. Yang, J. D. Cifuentes, K. W. Chan, W. Gilbert, R. C. C. Leon, F. E. Hudson, K. M. Itoh, A. Laucht, A. S. Dzurak and A. Saraiva. Control of dephasing in spin qubits during coherent transport in silicon. *Phys. Rev. B* **107**, 085427 (2023)
- 2) Á. Gutiérrez-Rubio, J. S. Rojas-Arias, J. Yoneda, S. Tarucha, D. Loss and P. Stano. Bayesian estimation of correlation functions. *Phys. Rev. Research* **4**, 043166 (2022)