

量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出
2018年度採択研究代表者

2022年度
年次報告書

山本 倫久

理化学研究所 創発物性科学研究センター
チームリーダー

半導体非局在量子ビットの量子制御

主たる共同研究者:

江藤 幹雄 (慶應義塾大学 理工学部 教授)

金子 晋久 (産業技術総合研究所 物理計測標準研究部門 首席研究員)

研究成果の概要

本研究では、電子間相互作用などによるデコヒーレンスを受けない準粒子「レビトン」を用いた電子の飛行量子ビット(非局在量子ビット)の高精度制御に関する研究や、局在スピンと電子波の結合制御に基づいた局在-非局在ハイブリッド量子系の設計指針の開発を行っている。

飛行量子ビットの研究では、同量子ビット制御のプラットフォームとなる量子干渉計について、経路上に配したトップゲートの遮蔽効果を利用して伝導チャネルを一つだけに絞った高可視度の量子干渉を初めて実現した。更に、同干渉計に2電子を注入し、電子間相互作用の効果を精密に検証した。2電子の注入による干渉信号の変調から、電子間相互作用による電子の位相変化を確認した。また、量子干渉計に短い電子波束で電流を注入することにより、干渉の可視度が著しく改善する様子を観察した。これは、電子波束の長コヒーレンスと後方散乱の抑制を実証する結果である。また、電子波束の伝搬速度が、局所的なゲート構造によって変調されるメカニズムを検証した。この速度制御手法を利用した遅延回路を用いた電子波束量子コンピューターの基本的な構成を提案した。理論グループは、実験グループが作製した電子波干渉計の輸送特性を定量的に評価するシミュレーション手法の開発を進めた。

局在-非局在ハイブリッド量子系に関しては、引き続き近藤箱問題に取り組み、近藤箱による近藤雲の制御に加え、近藤準粒子が量子箱の非共鳴状態を透過する現象を発見した。理論グループは、量子ドットにおける線形コンダクタンスの磁場依存性に着目し、近藤温度の新しい評価方法を提案した。

【代表的な原著論文情報】

1) M. Aluffi, T. Vasselon, S. Ouacel, H. Edlbauer, C. Geffroy, P. Roulleau, C. D. Glattli, G. Georgiou, and C. Bäuerle, “Ultrashort electron wavepackets via frequency-comb synthesis”, arXiv:2212.12311, accepted for publication at Phys. Rev. Applied.