

2023 年度年次報告書
物質と情報の量子協奏
2022 年度採択研究代表者

黒山 和幸

東京大学 生産技術研究所
助教

電荷・スピン・光子のテラヘルツ量子インターフェース

研究成果の概要

本研究提案では、GaAs 半導体 2 次元電子系に作製した量子ドットに局在した電子とオンチップの THz 共振器との強結合系を舞台に、電荷・スピン・テラヘルツ (THz) 電磁波の量子的インターフェースの実現を目的とした研究を展開する。

2023 年度は、GaAs 半導体 2 次元電子系基板の上に THz 帯域のスプリットリング共振器 (SRR) 構造を作製し、さらに、その近傍に量子ドットを形成する微細電極を設けた試料を作製した。これまでの試料では、量子ドットの電子だけでなく、SRR 近傍の 2 次元電子も同時に励起されてしまっていたが、量子ドットを形成する領域以外の 2 次元電子をウェットエッチングで可能な限り排除することで、SRR が量子ドットとのみ結合することを期待する構造となっている。エッチング加工や試料構造を工夫することで、極低温で電氣的に安定な試料の作製に成功した。現在、この試料の低温磁気分光測定を行っており、今後、電子のスピン反転励起とテラヘルツ共振器との結合状態の観測を目指す。

また、空間的に離れた量子ドット間で、量子情報のオンチップ伝送を実現するために、SRR の二量体配列に現れるトポロジカル効果を用いることを提案した。トポロジカル効果が現れると、THz 電場が SRR 配列の両端に局在するようになる。この両端に局在した電場が、互いに有限の重なりを持つときには、2 つの端状態の間で、量子情報の伝送が可能であると考えている。そこで、SRR の二量体配列を、ニオブ酸リチウム基板上に作製し、THz 顕微システムを用いて配列内での THz 電場の空間分布を観測することで、トポロジカル端状態の観測を試みた。実験の結果、THz 電場の空間分布を十分な空間分解能で観測することに成功した。また、まだあまり明瞭ではないが、トポロジカル端状態と思われる信号も観測されつつある。今後、試料の周波数特性を改善することで、トポロジカル端状態をより明瞭に観測することを目指す。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Kuroyama, J. Kwoen, Y. Arakawa, and K. Hirakawa, “*Coherent interaction of a-few-electron quantum dot with a terahertz optical resonator*”, Physical Review Letters 132, 066901 (2024).
- 2) K. Kuroyama, J. Kwoen, Y. Arakawa, and K. Hirakawa, “*Electrical Detection of Ultrastrong Coherent Interaction between Terahertz Fields and Electrons Using Quantum Point Contacts*”, Nano Letters 23 (24), 11402-11408 (2023).