

物質と情報の量子協奏  
2022 年度採択研究代表者

2022 年度  
年次報告書

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 半導体二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。それにより、スピンと THz 電磁波の量子インターフェースを実現し、空間的に離れた複数電子スピンに対して、THz 帯域における C-QED を実現する。さらに、近年より重要視されている量子情報処理技術やスピントロニクス、トポロジカルフォトンクスに関わる研究領域の発展に貢献する。

GaAs 二次元電子系基板の上に量子ドットとその近傍に THz 帯域に共鳴周波数を持つスプリットリング共振器 (SRR) 構造を設けた試料を作製した。これまでに試作した試料では、量子ドットの電子だけでなく、SRR の近傍に存在している二次元電子も同時に励起されてしまうために、それらと量子ドット内部での電子励起の信号とを見分けることがあまり容易ではなかった。そこで、量子ドットを形成する領域以外の二次元電子系をウェットエッチングで出来る限り排除した試料を作製した。現在、3He 冷凍機の立ち上げ作業を行っており、今後、この改良した量子ドット試料の極低温・高磁場環境での THz 分光測定をまもなく開始する予定である。

また、本研究を提案するにあたって、量子ドットにおける THz 電磁波によるスピン反転を伴う電子励起や、そのような励起と共振器との強結合について理論的なモデルを考案した。二電子スピン状態に対して、空間的な傾斜を持った THz 電場下において、スピン軌道相互作用と電気双極子相互作用を同時作用させることで、光によるスピン反転励起が起きることが明らかになった。傾斜電場を形成する試料電極構造を今後検討し、スピン-SRR 相互作用による結合強度を正確に評価する。

### 【代表的な原著論文情報】

1) K. Kuroyama, J. Kwoen, Y. Arakawa, and K. Hiarakawa, “Coherent interaction of a-few-electron quantum dot with a terahertz optical resonator”, arXiv:2204.10522 (2022, submitted).