

「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」  
平成29年度採択研究代表者

H29 年度  
実績報告書

仙場 浩一

情報通信研究機構(NICT)未来 ICT 研究所  
上席研究員

超伝導量子メタマテリアルの創成と制御

## § 1. 研究実施体制

### (1)NICT グループ

- ① 研究代表者:仙場浩一 (情報通信研究機構 未来 ICT 研究所、上席研究員)
- ② 研究項目
  - ・量子状態の極限増幅技術の開発
  - ・窒化物超伝導体マイクロ波共振器ー超伝導人工原子 量子素子の開発
  - ・ $\pi$  接合技術を取り入れた超伝導量子メタマテリアルの開発
  - ・深強結合回路 QED 技術の発展と応用

### (2)東京医科歯科大グループ

- ① 主たる共同研究者:越野和樹 (東京医科歯科大学 教養部、准教授)
- ② 研究項目
  - ・超伝導量子メタマテリアルの量子光学応答理論

## § 2. 研究実施の概要

本研究計画は、「深強結合」等の未踏領域の物理現象や新種のハイブリッド量子系を積極的に使い、従来存在しなかった量子的機能を有する超伝導量子メタマテリアル(一般化された分子および量子デバイス集合体)の創成とそのコヒーレント制御を目指すものである。

今年度 NICT グループでは、超伝導量子メタマテリアルの実現に非常に重要な相互作用強度の高速変調技術  $g(t)$  実現の第一歩として、「超強結合」領域から「深強結合」領域でこれまで誰も実現できなかった広範囲な領域に亘る結合強度の制御 および 人工原子系でこれまでに報告されてきた値の約 100 倍に達する巨大な光シフト(Lamb シフト, Stark シフト)の測定に成功した(論文投稿中)。この成果に関しては一部物理学会誌でも報告した[1]。また、「超強結合」領域における超伝導人工原子系の時間領域測定(Rabi, Ramsey, Hahn echo 測定等)にも初めて成功した。

窒化物超伝導体マイクロ波共振器-超伝導人工原子 量子素子の開発に関しては、シリコン基板上に極薄バッファ層を介して Q 値  $10^5$  以上の窒化物超伝導体マイクロ波共振器を形成する条件を確立することに成功した。

$\pi$  接合技術を取り入れた超伝導量子メタマテリアルの開発に関しては、 $\pi$  接合を含む磁束量子ビット作製プロセスの諸条件を広範囲に精査し、I-V 特性や抵抗値等の基礎データを収集した。

東京医科歯科大学グループでは、深強結合領域にある量子ビット-共振器結合系のマイクロ波応答理論を深化させた。特に、結合系に着衣状態(dressed states)を生成する強いドライブ波と、微弱なプローブ波を同時に入射するツートンスペクトロスコープの理論解析を行い、実験結果を定量的に再現することを確認した。ドライブ波の周波数や強度といったパラメータはマイクロ波生成装置により自在に制御可能であるため、これらの自由度を深強結合系の制御へと応用することができる。

- [1] 布施智子, 吉原文樹, 角柳孝輔, 仙場浩一,  
「超伝導人工原子と電磁場の相互作用 ～強結合のその先へ～」(最近の研究から)  
日本物理学会誌 2018 年 1 月号 p. 21~26