

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	竹内 尚輝
研究機関名	産業技術総合研究所
所属部署名	新原理コンピューティング研究センター
役職名	主任研究員
研究課題名	断熱超伝導回路による革新的量子ビット制御技術
研究実施期間	2022 年 4 月～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究は、超伝導デバイス AQFP を用いた量子ビット制御回路の研究開発を行う。本年度は、シミュレーションにより、本研究のコア技術である超伝導ミキサ回路の原理実証、ならびに回路性能の評価を行った。【数値計算による原理実証】AQFP を基にしたミキサ回路を提案し、回路シミュレーションによる原理実証を行った。ローカルオシレータ信号（ \sim GHz）とベースバンド信号の混合ができること、さらに出力をデジタル的に on/off 操作できることを示した。これらは、量子ビット制御に向けた重要な特徴である。【数値計算による性能評価】ミキサ回路の性能を数値解析により見積もり、1 nW 以下の低電力動作が可能であること、量子ビット制御に必要な -100 dBm 以上の出力パワーが得られることを示した。これにより、冷却能力の限られた希釈冷凍機中での量子ビット制御が可能であることが示唆された。

【包絡線制御の検討】量子ビット制御に適したマイクロ波パルスの生成に向けて、ベースバンド信号と出力マイクロ波の非線形関係を検討した。非線形性を考慮したベースバンド信号をミキサ回路に入力することで、ガウシアンパルス等が生成可能であることを数値解析により示した。【チップ評価に向けた検討】二年次以降の実験に向けて、ミキサ回路のレイアウト設計を行った。各要素回路（AQFP ゲート、マイクロ波フィルタ等）は、 \sim 5 GHz をターゲットに設計された。【その他】複雑な量子ビット制御システムの設計開発に向けて、ジョセフソン接合を用いた AQFP の小型化について検討を行った。比較的大きなスペースを要する負荷インダクタに代えて、ジョセフソン接合の等価インダクタンスを用いることで、AQFP の小面積化が可能であることを示した。