

2023 年度年次報告書  
情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム  
2022 年度採択研究代表者

三木 拓司

神戸大学 大学院科学技術イノベーション研究科  
准教授

量子環境ノイズ情報を組入れる高忠実度量子制御技術の開拓

## 研究成果の概要

本年度は、量子ビット近傍の環境ノイズを高精度に取得する極低温量子環境ノイズセンサー回路のチップ開発とその極低温評価、および、量子ビットチップと極低温ノイズセンサー回路を統合するチップ実装技術の開発を実施した。まずは、前年度に取り組んだ極低温 AD 変換器アーキテクチャの検討結果を基にノイズセンサー回路を設計し、テストチップを試作した。希釈冷凍機を用いた実験において、本ノイズセンサー回路が 100 mK の極低温環境で任意の入力に対して正常に信号を取得することを確認した。ただし、極低温動作時に消費電力が若干増加することや、出力信号の線形性が劣化する課題が存在するため、引き続き性能改善に向けてチップ試作を進める。続いて、極低温ノイズセンサーチップと量子ビットチップを統合するパッケージング構造の検討を行った。それぞれのチップをシリコンインターポーザ上に実装・配線することで、量子ビットチップ近傍の環境ノイズを低負荷でセンシング可能な構成とした。同様の構造を用いた量子ビットデバイスの特性評価を通じて、本チップパッケージング構造が極低温耐性を有することを確認した(原著論文 1)。また、量子環境ノイズセンサーの一つとして、極低温温度センサー回路の開発も実施した。温度依存性の高い発振回路を用いることで、温度変化をデジタル値に変換する回路構成を検討している。本センサー回路はデジタル回路のみで構成することができるため、自動合成による配置配線を可能とするだけでなく、小面積実装が可能となる。この特徴を活かし、極低温温度センサー回路をインターポーザ上に複数個配置し、量子ビット近傍の温度分布を取得することを目指す。本年度は、極低温温度センサー回路の設計とチップ試作までを完了しており、極低温環境における評価は次年度に実施する。

### 【代表的な原著論文情報】

1) Tokio Futaya et al 2024 Jpn. J. Appl. Phys. 63 03SP64.