

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  
2017年度採択研究代表者

2021年度  
年次報告書

田中 歌子

大阪大学 大学院基礎工学研究科  
講師

オンチップ・イオントラップによる量子システム集積化

## § 1. 研究成果の概要

本プロジェクトではイオントラップ電極に微細加工技術を取り入れてオンチップ化し、1)集積化量子システムによる可搬型光クロックの開発、2)微細加工電極がつくる特殊なトラップポテンシャルによる新奇量子システムの実装、3)高性能なトラップデバイス作製の研究開発を行っている。

1)ではオンチップ・イオントラップ中の複数個  $\text{Ca}^+$ イオンの画像情報から、レーザー周波数をイオンの時計遷移にロックするための誤差信号を算出し、レーザーにフィードバックをかけるシステムを構築した。レーザー周波数のロックが確認でき、光クロック動作を担う制御システムが完成した。

小型クロックレーザーの研究開発では、波長 1458nm の  $\text{Ca}^+$ イオン用クロックレーザーの周波数安定度改善を行った。実装体積 30cm x 30cm x 10cm の容器に収納された2式のシステムを作製し、ビート信号から周波数安定度を評価したところ  $1.4 \times 10^{-12}$ @0.1 秒の安定度が得られた。さらに周波数安定化に用いた光共振器の線幅を 1/10 以下に狭窄化することに成功し、 $\text{Ca}^+$ イオンへの周波数ロックで  $1 \times 10^{-13}$ @1 秒の安定度を得る見通しを得た。

2)では特殊なダブルウェルポテンシャルを生成しイオンを2列に配列させ、ナノフリクションモデルに適用する。このモデル実装に重要な、2列配列イオンの固有振動周波数の計測システムを開発し、ダブルウェルポテンシャルに捕獲された個々のイオンの固有振動周波数測定に成功した。

3)ではオンチップ・イオントラップに光導波路を組み込むために鍵となる2つの光集積化デバイスを試作した。1つは光ファイバと低損失接続させるためのスポットサイズコンバーター、もう1つはイオンにレーザーを照射するためのグレーティングカップラーで、いずれも  $\text{Ca}^+$ イオン用の波長で設計と試作を行い、実用に適う性能が得られた。これらの光集積化デバイスは将来的に全系のオンチップ化につながり大きな意義をもつ。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 田中グループ

- ① 研究代表者: 田中 歌子 (大阪大学大学院基礎工学研究科 講師)
- ② 研究項目
  - ・オンチップ・イオントラップによる新奇量子システムの実現

### (2) 関根グループ

- ① 主たる共同研究者: 関根 徳彦 (情報通信研究機構テラヘルツ研究センターテラヘルツ連携研究室 室長)
- ② 研究項目
  - ・オンチップ・イオントラップデバイスの研究開発

### (3) 早坂グループ

- ① 主たる共同研究者: 早坂 和弘 (情報通信研究機構未来 ICT 研究所 副室長)
- ② 研究項目
  - ・オンチップ・イオントラップによる小型光クロックの研究開発