

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

2020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ることでオンチップ化し、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)では可搬化に向けた各構成要素の小型化を進めた。時計レーザーについては微小共振器を用いた周波数ロックシステムの大幅な簡略化に成功し、プロトタイプで 10^{-13} 台までの安定度が確認された。プロトタイプ用の光共振器を微小共振器に置き換えれば 10^{-14} 台の安定度が得られると考えられる。またイオン蛍光集光系では、空間分解能と集光効率の向上に加え、系全体が 19 インチトラックに収まる様に改変した。光クロックの性能に関しては、複数個イオンの場合に課題となる、時計遷移の電気四重極シフトの不均一性の診断手法を開発した。通常、電気四重極シフト算出にはイオン位置での電場勾配が必要だが、開発した手法はイオン画像のみで診断できる。更にこの手法で推定した値の精度は振動モード周波数測定で検証できることも見出した。

2)ではオンチップ・イオントラップが、ナノフリクションモデルの一つである Frenkel-Kontorova モデルのエミュレータとして利用できることを示した。2 列配列イオンの実験結果を基に系の性質を決めるパラメータ掃引範囲を見積もり、このモデルで重要な相転移がトラップ印加電圧操作によって実装可能なことを明らかにした。

3)ではイオンにレーザー光を照射する光学系をトラップ電極と同じ素子に集積化する為の検討を行った。現状の光学系は自由空間内で構成されているが、光ファイバで真空層に導入したレーザー光を、トラップ電極下層の光導波路とグレーティング・カップラーで表面近傍のイオンに照射する構造を検討し、設計パラメータの絞り込みを行った。

§ 2. 研究実施体制

(1) 大阪大学グループ (量子システムグループ)

- 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) NICT 小金井グループ (デバイスグループ)

- ① 主たる共同研究者：関根徳彦
(情報通信研究機構未来 ICT 研究所フロンティア創造総合研究室 研究マネージャー)
- 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)NICT 神戸グループ(光クロックグループ)

① 主たる共同研究者:早坂和弘

(情報通信研究機構未来 ICT 研究所量子 ICT 先端開発センター 研究マネージャー)

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

【代表的な原著論文情報】

- 1) U Tanaka, M Nakamura, K Hayasaka, A Bautista-Salvador, C Ospelkaus and T E Mehlstäubler, “Creation of double-well potentials in a surface-electrode trap towards a nanofriction model emulator”, *Quantum Sci. Technol.* vol. 6, 024010, 2021