

共振器量子電気力学による量子計算

研究代表者 青木 隆朗
(先進理工学部 応用物理学科 教授)

1. 研究課題

光共振器に閉じ込められた光子と原子が量子力学的に相互作用する系、すなわち共振器量子電気力学系は、量子光学の重要な研究対象であるとともに、量子計算の実装に有用である。本研究では、ナノフォトニクスに基づく共振器量子電気力学系を開発し、量子計算への応用を図る。具体的には、超低損失ナノ光ファイバー共振器に基づく共振器量子電気力学系を開発する。また、ナノ光ファイバー共振器の高いスケーラビリティに基づく量子計算要素技術の実証実験を目指す。

2. 主な研究成果

前年度に引き続き、共振器量子電気力学による量子計算の実装に適したナノ光ファイバー共振器を開発した。単一モード光ファイバーに対して深紫外レーザー光源と位相マスクを用いてファイバースラッグ格子を形成し、高フィネスファブリーペローファイバー共振器を作製した。さらに加熱延伸加工によりナノ光ファイバーを作成することで、超低損失ナノ光ファイバー共振器を作製した。

さらに、作製した超低損失ナノ光ファイバー共振器を真空チャンバーに導入し、共振器量子電気力学系を開発するとともに、量子計算要素技術の実証実験を開始した。これと並行して、誤り耐性量子計算に向けた理論研究を実施した。

また、ナノ光ファイバー共振器に基づく結合共振器系において、原子共振器間の結合を高速変調することで、光子輸送の増強現象を観測した。この結果は、Optics Express 誌に発表した。

3. 共同研究者

加藤 真也 (高等研・講師)

碁盤 晃久 (理工総研・次席研究員)

ラッデル サムエル ケルビン (理工総研・次席研究員)

ウェブ カレン エリザベス (理工総研・次席研究員)

高畑 光善 (理工総研・次席研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

Shinya Kato and Takao Aoki, "Photon transport enhancement through a coupled-cavity QED system with dynamic modulation", Opt. Express 30, 6798 (2022).

Rui Asaoka, Yuuki Tokunaga, Rina Kanamoto, Hayato Goto, and Takao Aoki, "Requirements for fault-tolerant quantum computation with cavity-QED-based atom-atom gates mediated by a photon with a finite pulse length", Phys. Rev. A 104, 043702 (2021).

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

応用物理学会 微小光学研究会 運営委員

5. 研究活動の課題と展望

引き続き、ナノ光ファイバー共振器の高いスケーラビリティに基づく量子計算要素技術の実証実験を進める。将来的には、量子ビット数の大規模化を進めるとともに、複数の共振器量子電気力学系を用いた分散型量子計算要素技術の実証実験を進める。