

研究開発項目

1. ナノファイバー共振器 QED 方式ハードウェアの原理実証 / 4. 大規模化・分散化

2023年度までの進捗状況

1. 概要

現在、さまざまな物理系に基づく量子コンピュータハードウェア方式の研究開発が進められていますが、どの方式においても、誤り耐性型汎用量子コンピュータに必要な莫大な数の量子ビットを一つのユニットに実装することは極めて困難であると考えられています。そのため、小～中規模の量子ビットを実装したユニットを多数接続してネットワーク化する分散型量子コンピュータ技術の開発が求められています。

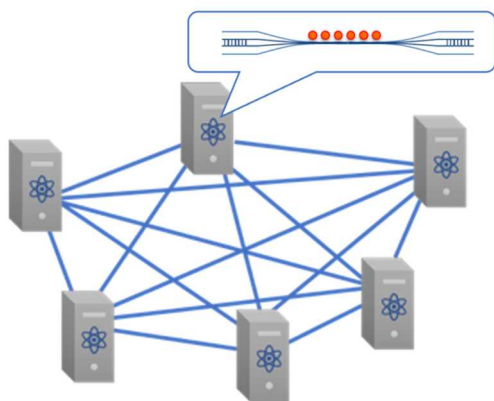


図1：分散型誤り耐性汎用量子コンピュータ

共振器量子電気力学（共振器 QED）系は原子と光子のハイブリッド量子系であり、量子情報科学分野の黎明期より量子コンピュータの有望な動作原理として理論研究の主要な対象でした。特に、個々の原子と共振器の結合を強く保ったまま共振器内に多数の原子を配置し、それらに個別にアクセスできれば多量子ビットの量子コンピュータとして

機能すること、また、複数の共振器 QED 系を低損失に接続できれば分散型量子コンピュータが可能になることが期待されていました。これらは空間光学共振器に基づく従来の共振器 QED 系では困難でしたが、ナノファイバー共振器 QED 技術によって実現が可能になると期待されます。

本プロジェクトでは、独自のナノファイバー共振器 QED 技術に基づき、大規模化と分散化が可能な新方式の量子コンピュータハードウェアを開発するとともに、社会実装を推進します。それにより、2050年には、圧倒的に大規模な量子ビット数を持つ分散型の誤り耐性汎用量子コンピュータと量子インターネットの実現を目指します（図1）。

ナノファイバー共振器 QED 系（図2）は、直径が光の波長よりも細い「ナノファイバー」を中央部に持つ光ファイバー共振器（ナノファイバー共振器）に閉じ込められた光子と、ナノファイバーの表面近傍に一系列に並べられた原子とが量子力学的に相互作用する系であり、世界で唯一の独自技術により開発されました。

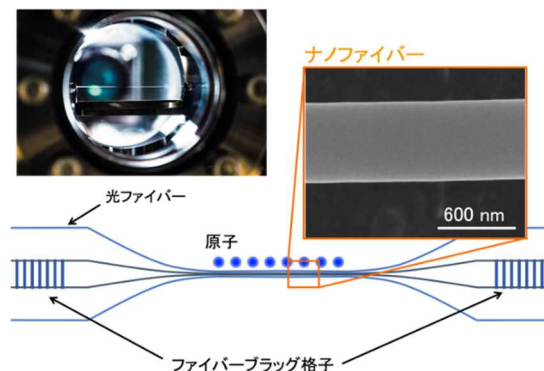


図2：ナノファイバー共振器 QED 系

2. これまでの主な成果

ナノファイバー共振器 QED 方式量子コンピュータハードウェアの PoC の確立に向け、少量量子ビットでの原理実証

ユニット（図3）の立ち上げを完了しました。また、分散化に向け、複数のユニットを接続するための要素技術および分散化ユニットの開発を進めました。さらに、1つのユニットに収容できる量子ビットの大規模化に向け、単一サイト分解広視野光学系を試作し、1次元原子トラップアレイ用光学系の中間像として、個別スポットが明瞭に分解された1,000以上のスポット列の形成に成功しました。

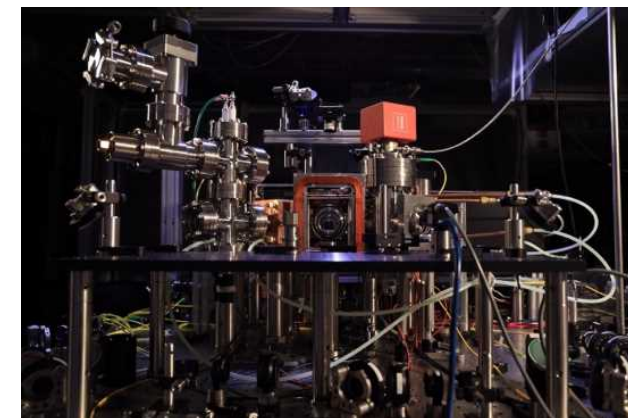


図3：原理実証ユニット

3. 今後の展開

ナノファイバー共振器 QED 方式量子コンピュータハードウェアの PoC 確立を目指します。また、複数ユニットの接続による分散化技術を開発するとともに、1ユニットに収容できる量子ビットの大規模化を進めます。