

招待講演

分散型量子計算に向けたナノファイバー共振器量子電気力学

Nanofiber cavity quantum electrodynamics for distributed quantum computing

○青木 隆朗^{1,2} (¹早稲田大学, ²NanoQT)Takao Aoki¹ (¹Waseda Univ., ²NanoQT)

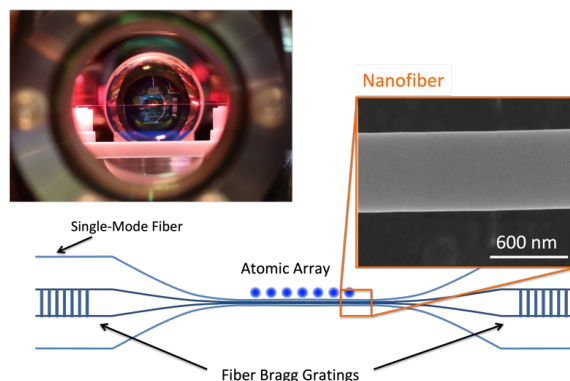
誤り耐性型汎用量子コンピューターの実現には、量子誤り訂正が可能で、かつ、 $10^6 \sim 10^8$ 物理量子ビット規模まで量子ビット数を拡大できるハードウェア方式が求められる。しかし、超伝導方式をはじめとする既存の各ハードウェア方式では、数百~1,000 物理量子ビット程度以上への大規模化において大きな技術的課題を抱えている。また、いかなるハードウェア方式においても、単ユニットで $10^6 \sim 10^8$ 物理量子ビット規模まで拡大することは極めて困難であることが予想されるため、スケーラブルな分散型量子計算方式の開発が求められる。

共振器量子電気力学（共振器 QED）系は量子情報科学分野の黎明期より量子計算の有望な動作原理として理論研究の主要な対象であった。特に、共振器に多数の原子を強く結合させ、さらに個々の原子を個別に操作・測定できれば、単一のユニットで他の物理系と比較して大きな規模の全結合型量子計算機が構築でき、さらに複数のユニットを光子で接続することで高効率な分散型量子計算が可能になることが期待されてきた。これは従来の空間光学共振器 QED 系では不可能であった。

我々は、ナノ光ファイバーとファイバーブラッグ格子を組み合わせたナノファイバー共振器を開発し、これを原子と結合したナノファイバー共振器 QED 系（図）を実現した[2]。ナノファイバー共振器は光ファイバーそのものに作り込まれた全ファイバー共振器であり、光ファイバーを用いて複数の共振器を低損失に接続できる。実際、我々は、2ユニットのナノファイバー共振器 QED

系を全ファイバーで低損失に結合した結合共振器 QED 系を構築し[3]、原子と光子の非局所結合モードの観測に成功している[4]。また、ナノファイバー共振器 QED 系の協同係数の向上を目指し、ナノファイバー共振器の低損失化技術を開発している[5,6]。さらに、ナノファイバー共振器 QED に基づく量子コンピューターの研究開発を進めている。

本講演では、これらの研究を紹介するとともに、分散型量子計算の実現に向けた展望について述べる。



図：ナノファイバー共振器 QED 系

参考文献

- 1) 青木隆朗, 日本物理学会誌 76, 339 (2021).
- 2) S. Kato and T. Aoki, Phys. Rev. Lett. 115, 093603 (2015).
- 3) S. Kato et al., Nature Commun. 10, 1160 (2019).
- 4) D. H. White et al., Phys. Rev. Lett. 122, 253603 (2019)
- 5) S. K. Ruddell et al., Opt. Lett. 45, 4875 (2020).
- 6) S. Kato and T. Aoki, Opt. Express 30, 6798 (2022).