

共振器 QED による原子と光子の量子操作

Quantum manipulation of atoms and photons with cavity QED

早稲田大¹, NanoQT² 青木 隆朗^{1,2}

Waseda Univ.¹, NanoQT² Takao Aoki^{1,2}

E-mail: takao@waseda.jp

共振器 QED (cavity quantum electrodynamics; 共振器量子電気力学) とは、共振器中の量子化された電磁場と原子の相互作用に関する物理学である。特に、光の閉じ込めが強い共振器を用いた共振器 QED 系では、単一光子レベルの超微弱光（あるいは真空場）と単一原子のコヒーレントな相互作用に基づく非古典的な現象が発現し、光や原子の非古典状態を高い忠実度で生成することが可能となる。そのため、共振器 QED 系は、光と物質の量子相互作用を探索する上で理想的な実験対象であると同時に、光を用いた量子情報技術の実現に有力な系でもある。

共振器 QED に関する実験的研究は、主にマイクロ波と光の 2 つの異なる周波数領域で進められてきた。光領域の共振器 QED は、マイクロ波領域と比較して損失の小さな共振器の実現が難しく、自然放出による原子の緩和が大きい点で不利であるが、室温で量子性が保たれる点、さらに光ファイバーによって光子を長距離伝送できるという点で有利である。そのため、巨視的距離を隔てた複数の共振器 QED 系で構成される量子ネットワークの構築が期待されている[1,2]。

従来、光領域の共振器 QED の実験には自由空間共振器が用いられてきた。しかし、量子ネットワーク構築には、光ファイバーで高効率に結合可能な共振器が望ましい。そのため、近年ではナノフォトニクス共振器を用いた実験も進められている[3,4]。本講演では、さまざまな共振器 QED 系による原子と光子の量子操作実験を概観するとともに、我々が進めているナノファイバー共振器 QED 系 (Fig. 1) の研究[5,6,7]を紹介する。

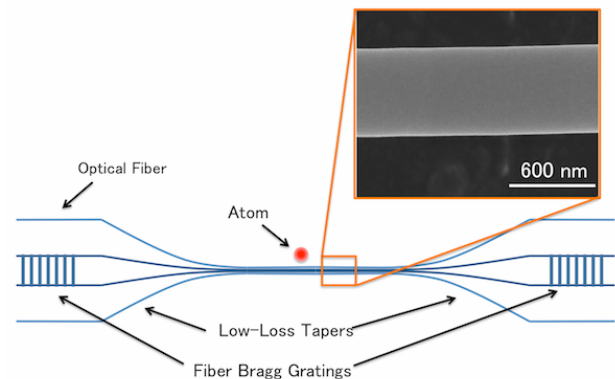


Fig. 1: Schematic of a nanofiber cavity QED system.

参考文献

- [1] 青木隆朗, 日本物理学会誌 76, 339 (2021).
- [2] A. Reiserer *et al.*, Rev. Mod. Phys. **87**, 1379 (2015).
- [3] T. Aoki *et al.*, Nature **443**, 671 (2006).
- [4] T. G. Tiecke *et al.*, Nature **508**, 241 (2014).
- [5] S. Kato and T. Aoki, Phys. Rev. Lett. **115**, 093603 (2015).
- [6] S. Kato *et al.*, Nature Commun. **10**, 1160 (2019).
- [7] S. Kato and T. Aoki, Opt. Express **30**, 6798 (2022).