

単一モード共鳴光散乱過程による 高純度単一光子源の研究開発

研究代表者

青木隆朗(早稲田大学)

研究分担者

越野和樹(東京医科歯科大学)

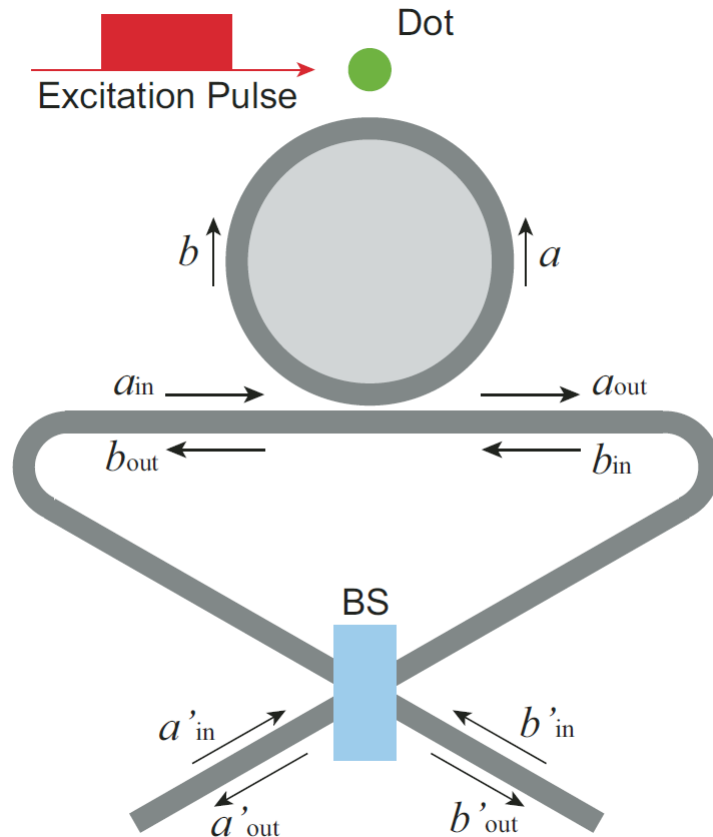
開発目標

高純粋度の単一光子の生成技術は量子情報通信における最重要基盤技術であり、さまざまな手法を用いた単一光子源の開発が精力的に進められている。しかし、従来の単一光子源の多くは、光ファイバーへの取り出し効率が低いという問題を抱えている。本研究では、超低損失テーパーファイバーとその応用デバイス、および超高Q値モノリシック微小共振器を開発し、これらに単一半導体量子ドットを結合させることで、単一光子を単一モード光ファイバーに直接・高効率に結合する理論の確立とその技術を開発することを目的とする。

パルス励起による単量子発光体からファイバーへの共鳴 蛍光理論

PHYSICAL REVIEW A 89, 023814 (2014)

セットアップ



理論モデル

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_1 + \mathcal{H}_2 + \mathcal{H}_3 + \mathcal{H}_4,$$

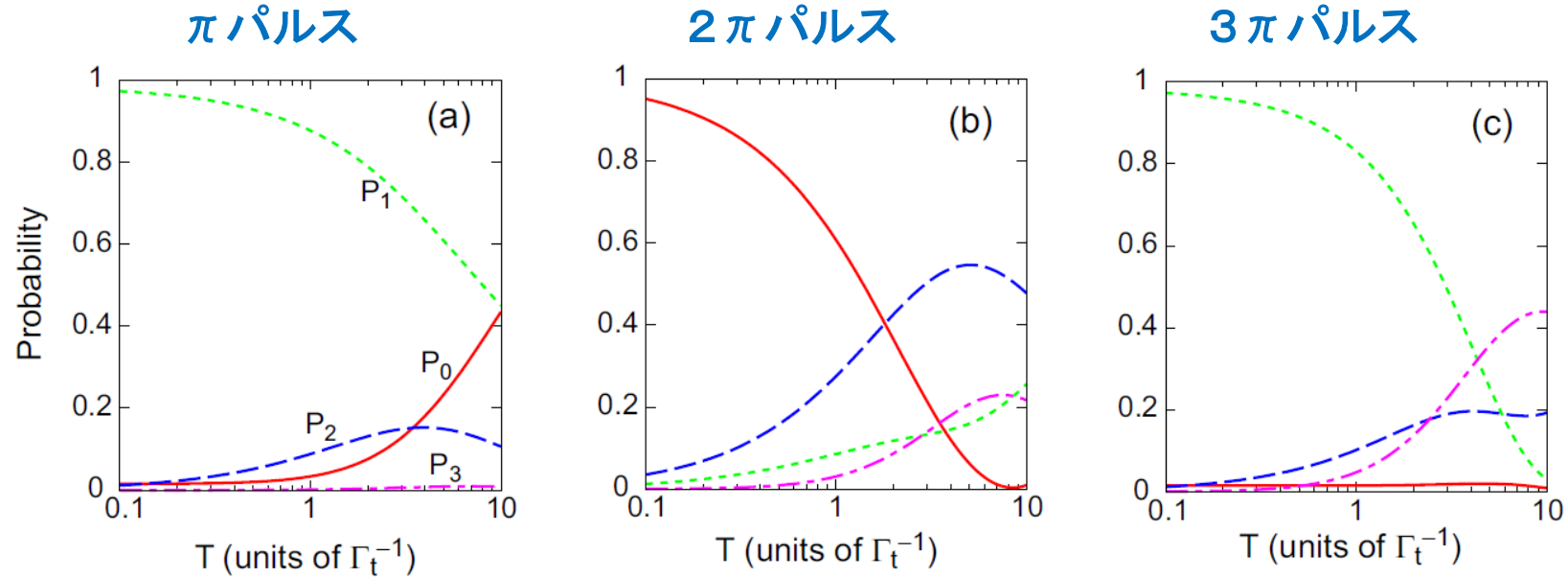
$$\mathcal{H}_1 = \omega_d \sigma^\dagger \sigma + \omega_c (a^\dagger a + b^\dagger b) + g[\sigma^\dagger (a + b) + (a^\dagger + b^\dagger) \sigma],$$

$$\mathcal{H}_2 = i f(t) \sigma^\dagger - i f^*(t) \sigma,$$

$$\mathcal{H}_3 = \int dk [k a_k^\dagger a_k + \sqrt{\kappa/2\pi} (a^\dagger a_k + a_k^\dagger a)] + \int dk [k b_k^\dagger b_k + \sqrt{\kappa/2\pi} (b^\dagger b_k + b_k^\dagger b)],$$

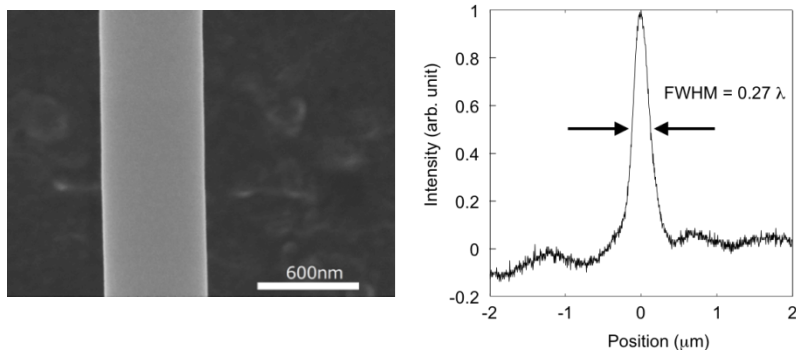
$$\mathcal{H}_4 = \int dk [k c_k^\dagger c_k + \sqrt{\gamma/2\pi} (\sigma^\dagger c_k + c_k^\dagger \sigma)],$$

光子統計 ($P_0, P_1, P_2 \dots$)



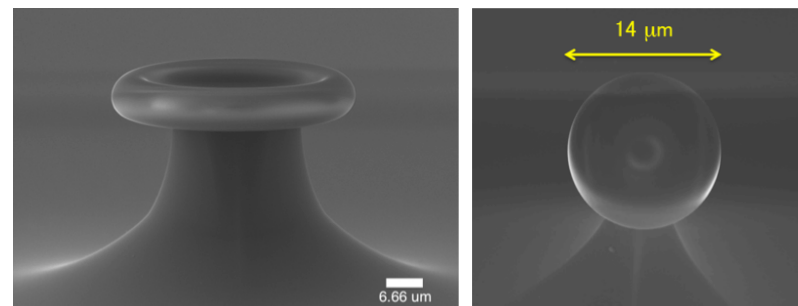
発光体の寿命よりも十分にパルス長の短い π パルスまたは 3π パルスを照射することにより、理想的な単一光子 ($P_0 \sim 1, P_1 \sim 0$) をファイバー中に直接生成することができる。一方、発光体の寿命と同程度のパルス長をもつ 2π パルスを照射すると、2光子成分 P_2 が優勢な光子パルスを生成することができる。

超低損失テーパファイバーとその応用デバイスの開発



回折限界を超えた空間分解能の達成

超高Q値モノリシック微小共振器の開発



微小共振器として世界最高Q/V値の達成

今後の展開

本研究成果に基づき、単一モード光ファイバーに高効率に結合した単一光子源の実現が期待される。また、本研究の直接の発展に留まらず、新たな微弱光検出技術の開発、量子光学やナノ領域の光物性物理学への展開、あるいは新規の高分解能・高集光効率顕微鏡の実現に繋がる。

