

量子ドット-ナノ共振器系による NOON 状態生成 ～ $N>2$ への拡張～NOON state generation with quantum dot-nanocavity systems: Extension to $N>2$ 東大ナノ量子機構¹, 東大生研², ○上出 健仁¹, 太田泰友¹, 岩本 敏^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,2}NanoQuine¹, IIS Univ. Tokyo² ○K. Kamide¹, Y. Ota¹, S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

E-mail: kamide@iis.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】NOON 状態は 2 つのモードがもつれた N 光子状態の一種であり ($|N,0\rangle_{1,2}+|0,N\rangle_{1,2}$ はモード 1 と 2 による NOON 状態)、量子もつれ顕微鏡などの位相敏感な多光子干渉計測用光源として利用できる[1]。前回我々は、量子ドット (QD) と 2 モードを有する結合共振器 (ホッピング J) を用いた効率的な 2 光子 NOON 状態 ($N=2$ の場合) の生成法を提案した[2]。本講演では、応用上重要となる $N>2$ への拡張を提案し、その処方箋を示す。

【 $N>2$ への拡張】本方法の本質は、目的の NOON 状態を QD-ナノ共振器系のエネルギー固有状態として用意することであり、そのために量子干渉効果を利用する[2]。この指針を一般の N について拡張した NOON 状態生成の処方箋は、次の 3 ステップに集約される。

- (STEP1) 2 モードの共振器系と N 光子エミッタとの結合系を考える。ただし励起子分子状態、励起子状態にある QD の数をそれぞれ N_B 、 N_X として $N=2N_B+N_X$ である。
- (STEP2) ハミルトニアンに従い、 N 光子部分空間で目的の NOON 状態を初期状態とする確率流の向きを示す図を描き、消去すべき状態への流れが複数存在するか確認する。存在すれば量子干渉により消去すべき状態への確率流を除去できる可能性がある。
- (STEP3) STEP2 の判定をクリアした系について、 N 個の条件付き固有値問題を解くことで NOON 状態が固有状態となるための設計条件を得る。

STEP2 は NOON 状態生成が可能な系かどうかの簡便な判定法として特に有用である。具体例として、図 1(a,b) に 4 光子 NOON 状態生成の候補として二つの系を示す (STEP1, $N=4$, $N_B=2$, $N_X=0$ の場合)。これらは、二つの量子ドットが各共振器モードと結合するか、片方のモードと結合するかが異なる。図 1(a,b) の各系に対し確率流の向きを図 1(c,d) に示す (STEP2)。ここで $|G,13\rangle$ 、 $|G,22\rangle$ 、 $|G,31\rangle$ が消去すべき状態であり、判定によれば図 1(a) の系のみ 4 光子 NOON 状態生成が可能である。実際に、図 1(a) の系に対し STEP3 により得られた設定条件の下に数値計算を行った結果、良質な 4 光子 NOON 状態が生成できることを確認している。 $N=2$ について提案されている既存法 (QD-ナノ共振器系における偏光もつれ 2 光子生成[3]) との比較を含め、詳細は当日報告する。

【文献】[1] T. Ono *et al.*, Nat. Comm. **4**, 2426 (2013). [2] 上出他、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 15p-B4-7 (2016). [3] S. Schumacher *et al.*, Opt. Exp. **5**, 5335 (2012). 【謝辞】本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業、NEDO 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発、科研費(15H05700, 15K20931)により遂行された。

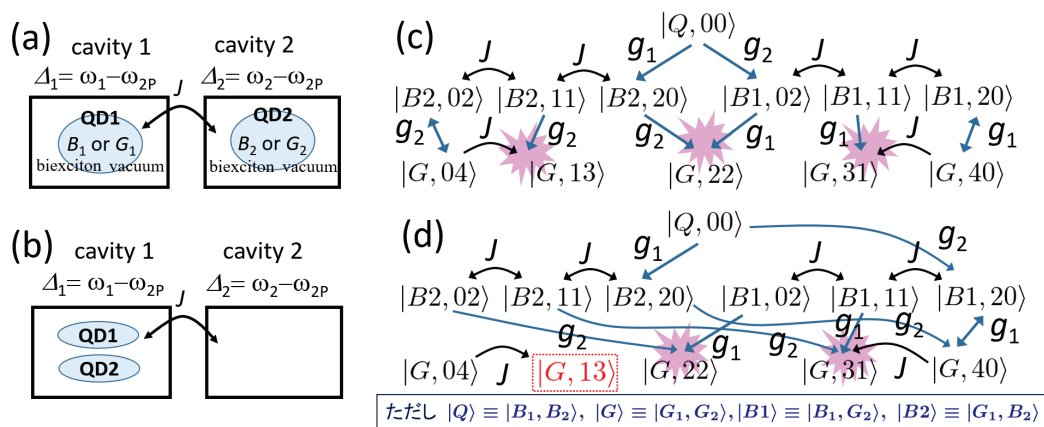


図 1. (a, b) 4 光子 NOON 状態生成に利用できる、できない QD-ナノ共振器系。共振器周波数は励起子分子二光子共鳴付近を想定した: $\Delta_{1(2)} = \omega_{1(2)} - \omega_{2p} \sim 0$, (c,d) (a,b) の各系における 4 光子 NOON 状態から出る確率流の向きを示す。(c) のみ STEP2 の判定をクリアするため、4 光子 NOON 状態は、(a) の系において、量子干渉の利用により $|G,13\rangle$, $|G,22\rangle$, $|G,31\rangle$ の生成確率を除去することで生成可能となる。