

幾何学的位相を用いた量子ドット-共振器強結合系の コヒーレント制御の検討

Analysis on Coherent Control of a Strongly Coupled Quantum Dot-Cavity System using Geometric Phases

○車一宏¹, 太田泰友², 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}

(1. 東大生研, 2. 東大ナノ量子機構)

○K. Kuruma¹, Y. Ota², S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

(1. IIS, Univ. of Tokyo., 2. NanoQuine, Univ. of Tokyo.)

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

はじめに 近年、幾何学的位相の制御を通じた量子ビット操作が量子情報処理における重要技術として注目を集めている。幾何学的な位相は、パラメータ空間における操作経路にのみ基づくことから、外部環境ノイズや操作誤りに対して耐性をもつことが知られている[1]。実際、これまでにトラップイオンや超伝導体、ダイヤモンド中欠陥などを用いた系においてその有効性が報告されている[2,3]。今回我々は、幾何学的位相を用いた量子ドット-共振器強結合系のコヒーレント制御を検討した。その結果、強結合系における真空ラビ振動を、時間領域においてロバストに制御可能であることを明らかにしたため報告する。

計算 計算モデルとして、基底(G)、励起子(X)、励起子分子(XX)状態からなる3準位量子ドットと共振器が結合定数 $g=18\mu\text{eV}$ で結合している系を考える(図 1(a))。G-X 間に共鳴したレーザ(パルス幅=5ps)により真空ラビ振動を駆動する。また幾何学的操作として、X-XX 間にパルス面積 $\theta_0=2\pi$ パルスを照射し、X の励起子が XX を通って再び X に戻る際に得られる幾何学的位相(π)によりラビ振動を制御する。数値計算には量子マスター方程式を用い、系のパラメータには束縛エネルギー $\chi=1500\mu\text{eV}$ 、共振器損失 $\kappa=1\mu\text{eV}$ 、自然放出 $\gamma=0.13\mu\text{eV}$ 、位相緩和 $\gamma_{\text{ph}}=2\mu\text{eV}$ を考慮した。図 1(b)は 2π パルス照射前(青)・後(赤)における共振器内光子数の計算結果である。 2π パルス照射直後にラビ振動が反転しており、操作による振動周期や振幅への影響は見られない。図 1(c)-(e)はパルス面積 θ を変化させた場合の計算結果である。 θ を元の θ_0 から 20%変化させた場合においても、概ね正確な反転操作が可能であることが分かった。その他詳細は当日報告する。

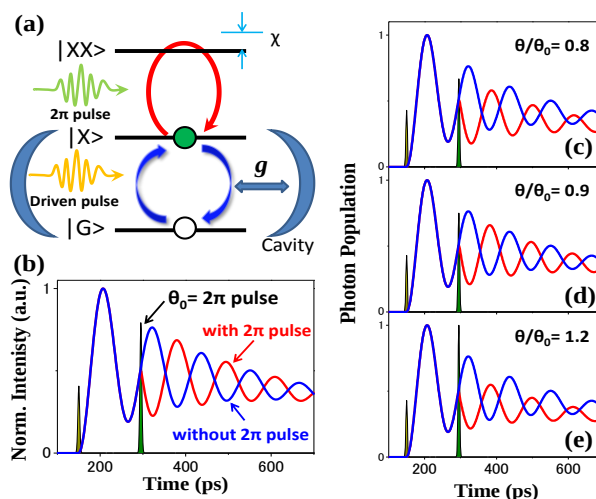


Fig.1. (a) Schematic of the coupled quantum dot-cavity system (b) Calculated time evolution of cavity photon population with (red) and without (blue) the 2π pulse (θ_0). (c)-(e) Cavity photon populations simulated with pulse area of $\theta/\theta_0 = 0.8, 0.9, 1.2$.

参考文献 [1] O. Oreshkov, *et al.*, Phys. Rev. Lett. 102, 1 (2009). [2] D. Leibfried, *et al.*, Nature 422, 412 (2003). [3] A.A. Abdumalikov Jr, *et al.*, Nature 496, 482 (2013). **謝辞** 本研究は科研費(18J13565), 特別推進研究(15H05700), 新学術領域研究(15H05868)および国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) プログラムにより遂行された。