

ナノ共振器と強く結合した量子ドットの 自由空間への自然放出スペクトル測定

Measurement of free-space spontaneous emission spectrum of a quantum dot strongly-coupled to a nanocavity

東大ナノ量子機構¹, 東大生研², ○太田泰友¹, 太田竜一², 熊谷直人¹, 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}

NanoQuine¹, IIS² Univ. of Tokyo, ○Y. Ota¹, R. Ohta², N. Kumagai¹, S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

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

はじめに 原子の自然放出・透過・吸収・散乱光スペクトラムの精密測定およびその解釈に関する取り組みが、量子力学発展の一翼を担ってきた。近年では、自由空間ではなく共振器内に配置した単一原子の分光も盛んに行われており、共振器量子電磁力学(cQED)の中核をなす研究課題となっている。この系では、原子が共振器と強く結合した際、真空ラビ分裂に代表されるスペクトラムの顕著な変化が観測される[1]。現在まで、中性原子や超電導量子ビット又は固体中原子欠陥や半導体量子ドット(QD)を用いて真空ラビ分裂スペクトラムが測定されてきたが、それらはすべて共振器モードの透過・反射もしくは放射によるスペクトラム $S_{cav}(\omega)$ である。共振器と強結合した単一原子そのものが自由空間へ直接放射する自然放出スペクトラム $S_{atom}(\omega)$ に関しては、前述のいかなる物理系においても測定されていない。本研究

では、フォトニック結晶ナノビーム共振器と強結合状態にある単一 QD における $S_{atom}(\omega)$ の測定に成功したので報告する。この成果を発展させることで、インコヒーレント励起 Mollow triplet[2]など様々な未観測の現象に実験的に迫ることが可能となる。

実験 低温顕微分光法により試料を評価した。図 1 (a) に QD-共振器共鳴条件下における規格化された発光スペクトラムを示す。赤線は、 $S_{cav}(\omega)$ を強調して測定したもの、黒線は偏光および遠方界に対するフィルターをかけることで、 $S_{atom}(\omega)$ のみを取り出して測定したものである。 $S_{atom}(\omega)$ の方がより深いディップを示しており、分裂幅も大きく観測されている[3]。図 1 (b) に、測定に付随する Fano 干渉効果を含めた cQED モデルを用いて計算したスペクトラムを示す。いずれの計算結果も実験と良い一致を示した。

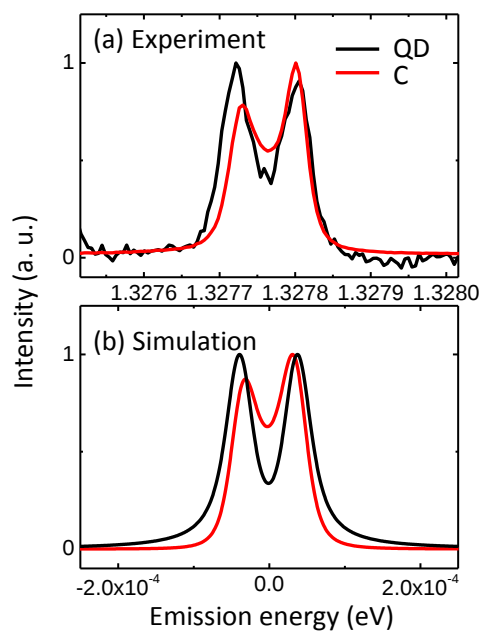


Fig. 1. (a) Measured and (b) simulated emission spectra of QD and C under the resonance condition.

参考文献 [1]P. R. Berman, "Cavity Quantum Electrodynamics" (Academic Press, 1994). [2] E. del Valle and F. Laussy, Phys. Rev. Lett. **105**, 233601 (2010). [3]F. Laussy et al., Phys. Rev. B **84**, 195313 (2011). **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により遂行された。