18p-A27-14

ナノ共振器中量子ドットを用いた単一光子発生における暗励起子の影響

Dark Exciton Effects on Single Photon Emissions from Quantum Dots in Nanocavities

東大ナノ量子機構 [1]，東大生研 [2]，　○上出 健仁 [1]，岩本 敏 [1,2]，荒川 泰彦 [1,2]

NanoQuine[1], IIS Univ. Tokyo[2]　°Kenji Kamide[1], Satoshi Iwamoto[1,2], Yasuhiko Arakawa[1,2]

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

高速かつ高純度の単一光子源は、安全な量子情報通信の基盤として重要である。微小共振器中量子ドット（図 1 (a)）は励起子の発光レートがパーセル効果により増加するため、高速単一光子発生源としては最適の系として特に注目されている[1]。本研究では、このような系において単一光子の性能（純度と発光レート）を下げる物理機構を理論的に調べた（モデルは図 1 (b)）。電流注入などのインコヒーレント励起を用いる場合、暗励起子の励起が大きな悪化要因となり得ることが明らかになった。共振器体積が小さいほど、また、キャリアスピン緩和が遅いほど悪化が強く働くこと、さらに、スペクトルフィルタによる補正が可能だが限界が存在することを示す。

図 1(c,d)に、発光の強度相関関数 $g^{(2)}(0)$を共振器ロスκの関数として示す。結合定数 g が小さい場合（4.5 μeV）、$g^{(2)}(0)$はスピンフリップレートγ_Sに強く依らず、暗励起子状態を無視したモデル計算とも大差ない。一方、g が大きい場合（68 μeV）、γ_Sに強く依存し、スピンフリップが遅い場合に、暗励起子状態を無視した結果と比較しても強いバンチングが生じ、単一光子源の性能が著しく悪化する。スピンフリップが遅く g の大きなナノ共振器（一般に体積が小さいほど g は大きい）ほど、暗励起子を介した二励起子状態の生成確率が著しく増加するためである[2]。

本研究ではさらに、スペクトルフィルタによる暗励起子効果の緩和を調べ、どの程度有効か解析した。最適なフィルタ幅（≒100 μeV）を選べば、暗励起子による悪化をある程度抑制することができるが、励起子位相緩和（発光線幅）が 100 μeV 程度にもなるとナノ共振器に限らず、10 μm 程度の共振器でも暗励起子による悪化を取り除くことができないという結果が得られた。

参考文献 [1] S. Strauf *et al.*, Nature Photon. **1**, 704 (2007); D. Englund *et al.*, Phys. Rev. Lett. **95**, 013904 (2005); M. Nomura, N. Kumagai, S. Iwamoto, Y. Ota, and Y. Arakawa, Nature Phys. **6**, 279 (2010). [2] K. Kamide, S. Iwamoto, and Y. Arakawa, arXiv:1405.2661.

謝辞　本研究は、地域産学官連携科学技術振興事業費補助金「先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム」によって助成されています。

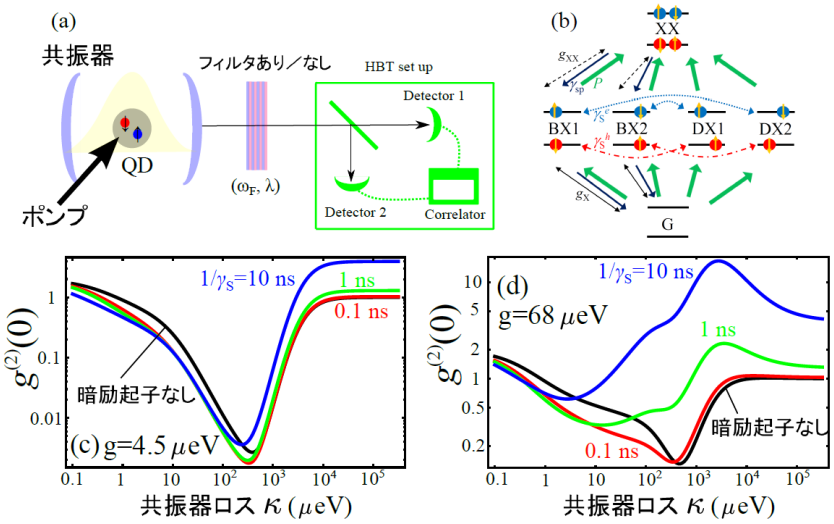

図 1.　量子ドット・共振器結合系と測定系 (a)、中性条件下で二励起子まで考慮した量子ドットモデル (b)、$g^{(2)}(0)$のκ依存性を異なるスピンフリップレートγ_S (1/ γ_S = 0.1、1、10 ns)、異なる結合定数（g=4.5 μeV と g=68 μeV）に対し計算した（c,d）。二励起子束縛エネルギー2000 μeV、自然放出寿命 0.85 ns、位相緩和レート 15 μeV。

© 2014 年　応用物理学会