

プラズモニック微小リング共振器中に埋め込まれた 自己形成量子ドットからの単一光子発生

Single photon emission from a self-assembled quantum dot embedded in a plasmonic microring resonator

○玉田晃均¹, 太田泰友², 車一宏¹, Jinfa Ho¹, 渡邊克之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)

○A. Tamada¹, Y. Ota², K. Kuruma¹, J. Ho¹, K. Watanabe², S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

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

E-mail: a-tamada@iis.u-tokyo.ac.jp

はじめに 近年、高密度光集積や光-物質相互作用の増強などに有利とされる集積量子プラズモニクスが注目されている[1]。その中で、光学特性が優れた InAs/GaAs 自己形成量子ドット(QD)によるプラズモニック単一光子源の開発が活発に進められている。一般に、自己形成 InAs QD の遷移双極子モーメントは結晶成長方向に垂直な成分が主となる。そのため、主に金属表面に垂直な電場を利用するプラズモニック構造と組み合わせる際は、ナノスリット[2]などの複雑な金属構造の利用が必要であり、高品質な金属の活用は容易でなかった。一方、前回までに我々は、平坦化銀表面上の微小リング共振器において、横高次モードにおける銀表面に水平な電場を利用し、共振器中 QD における Purcell 効果の観測に成功している[3]。今回、同構造において Purcell 効果により発光レートが増強された QD からの単一光子発生の観測に成功したので報告する。

実験 プラズモニック微小リング共振器は、InAs QD (密度: $3.0 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$, 3層)を含む GaAs マイクロリング(直径 $1 \mu\text{m}$, 幅 300nm)を銀表面上に転写プリントし作製した(Fig. 1 (a))。銀は Si(111)基板上に蒸着後、アニールにより平坦化した(rms 粗さ 0.3nm)[4]。作製試料は低温顕微分光法(16K, パルス励起)により評価した。まず、プラズモニック共振モードに結合した単一 QD に対し、時間分解発光測定を行った(Fig.1(b))。その発光レートは、共振器増強の無い QD に比べて 2.7 倍程度となった。このレート増強は、電磁界計算との比較から、横高次プラズモニックモード(Fig.1(a)挿入図)に起因する Purcell 効果の帰結と考えられる。さらに、同一 QD に対して強度相関測定を行った(Fig.1(c))。その結果明瞭なアンチバンチング(二次相関関数の原点値 $g^{(2)}(0)=0.32$)が観測され、本試料における単一光子発生を確認した。

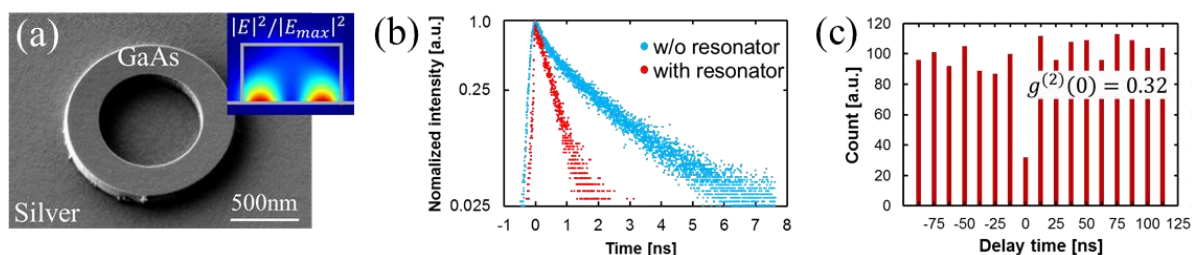


Fig.1. (a) Scanning electron microscope image of a fabricated device. Inset shows a cross-sectional field profile of the investigated mode. (b) Time-resolved PL spectra of single QDs with (red) and without (blue) coupling to the plasmonic resonator. (c) Measured histogram of the intensity correlation of QD emission.

参考文献 [1]M.S. Tame, *et al.* Nature Physics **9**,6 (2013) [2] X. Wu, *et al.*, Nano Lett. (2017). [3] A. Tamada, *et al.*, SSDM, C-4-04, (2017) [4] J. Ho, *et al.*, ACS Photonics, **2**, 165 (2014). **謝辞** 本研究は科研費特別推進研究(15H05700)、科研費補助金(16K06294)及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) により遂行された。