

ゲート制御量子ドットを用いた高効率量子メディア変換のための 半導体ブルズアイ型共振器構造の設計

Design of a semiconductor-based bull's-eye cavity toward high-efficiency quantum media conversion using a gate defined quantum dot

東京大学¹、電気通信大学²、大阪大学³

○池尚玟¹、田尻武義²、大岩顕³、木山治樹³、岩本敏¹

The University of Tokyo¹, Osaka University², University of Electro-communications³

°S.-M. Ji¹, T. Tajiri², A. Oiwa³, H. Kiyama³ and S. Iwamoto¹

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

高い制御性・集積性を有するゲート制御量子ドット(QD)を用いた電子スピン-光子間での量子メディア変換(QMC)の実現を目指した研究[1-3]が進んでいるが、ゲート制御 QD における単一光子から単一電子への低い変換効率が課題となっている。我々はフォトニックナノ構造を用いてこの変換効率の向上を目指しており、ゲート制御 QD の導入が可能なフォトニック結晶共振器に関する基礎的実験結果を報告してきた[4]。しかし、この構造は特定の直線偏光の光子に対してのみ機能するものであった。今回、ブルズアイ型構造[5]を採用し、ゲート制御 QD の導入が可能で QMC 素子への応用に必要な直交した 2 つの偏光に対して機能する共振器構造を設計したので報告する。

Fig. 1(a)に検討した構造を示す。AlGaAs(55 nm)/GaAs(15 nm)/AlGaAs(55 nm)からなるエアブリッジ型半導体スラブに円形ブラッグ回折格子(周期 $\Lambda = 170$ nm, 6 周期)で囲まれた中心部分(直径 2Λ)を有するブルズアイ型共振器であり、ゲート制御 QD を形成するため、幅 W の梁とその上面の Au 電極(幅 36 nm、厚み 24 nm)が導入されている。Fig. 1(b)は x および y 方向に偏光した 2 つの縮退した双極子モード(波長 813 nm)の電場分布である。本構造上部から直線偏光平面波を入射した際の共振器中心部分での光吸収スペクトル(Fig. 1(c))において、この双極子モード波長で両偏光に対して共振器のない場合と比べて約 23 倍の吸収増大が得られていることがわかる。また、静電ポテンシャルの計算から、共振器部分に QD の形成が可能であることも確認できた。これらの結果は、本構造がゲート制御 QD を用いた QMC 素子に応用できる可能性を示唆するものである。

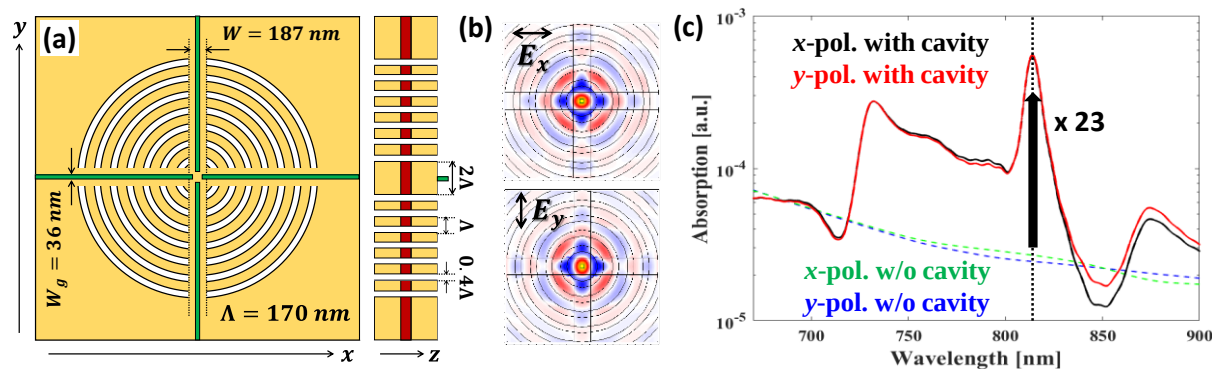


Fig.1: (a) Bull's-eye cavity structure with electrodes for a gate defined QD. (b) Distributions of the main electric field components for the two degenerated dipole modes. (c) Absorption spectra for x- and y-polarized plane wave incidence with and without the cavity structure. The results shown in (b) and (c) are calculated by 3D FDTD.

謝辞：本研究は、JST, CREST JPMJCR15N2 により遂行された。

参考文献：[1] M. Kuwahara *et al.*, APL **96**, 163107 (2010). [2] K. Kuroyama *et al.*, Sci. Rep. **7** 16968 (2017). [3] T. Fujita *et al.*, Nature Comm. **10** 2991 (2019). [4] T. Tajiri *et al.*, JJAP (2020) *in press*. [5] H. Wang *et al.*, PRL **112** 113602 (2019).