

ゲート制御量子ドットの光吸収増強のための 2次回折格子を用いたブルズアイ共振器の検討

Investigation of Bull's-eye cavity with second-order grating for enhancing the optical absorption of gate defined quantum dot

東京大学¹、電気通信大学²、大阪大学³

○池尚致¹、田尻武義²、大岩顕³、木山治樹³、岩本敏¹

The University of Tokyo¹, University of Electro-communications², Osaka University³

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

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

ゲート制御量子ドット(QD)を用いた電子スピン-光子間の量子メディア変換(QMC)は、制御性・集積性の観点から大規模量子ネットワーク構築のための要素技術として研究が進んでいる[1-3]。しかし、単一光子から単一電子への変換効率の大幅な向上が課題である。我々はフォトニックナノ構造による変換効率の向上を目指した研究を進めている[4, 5]。前回、ゲート制御 QD 集積が可能で縮退共振モードを有するブルズアイ型光共振器を設計し、QMC 応用に必要な直交した2つの偏光状態に対する吸収増強(~20倍)が可能であることを報告した[5]。今回、同構造に2次回折格子を採用することで、400倍以上の吸収増強が実現できる可能性を示したので報告する。

ブルズアイ型共振器(Fig. 1(a))は、バリア層(AlGaAs, 75 nm)と量子井戸層(GaAs, 15 nm)からなるエアブリッジ型スラブ(厚さ 165 nm)に形成された中心部分(直径 340 nm)と6周期の円形ブラック回折格子(周期 $\Lambda = m \times 170$ nm, 空気部分の割合 0.4, m は回折格子の次数)及び幅 W のチャンネルで構成されており、チャンネル上には QD 形成のための Au 電極(幅 36 nm, 厚さ 24 nm)が配置されている。解析には3次元 FDTD を用いた。Fig. 1(b)は、構造上部からの入射光に対する縮退双極子モード波長(~815 nm)における光吸収のチャンネル幅 W 依存性である。全体にわたって、 $m = 2$ (二次回折格子)の構造で大きな光吸収が得られることがわかる。これは二次回折格子の導入により外部入射光との結合効率が向上したためと考えられる。Fig. 1(c)は $m = 2, W = 100$ nmの構造に対する光吸収スペクトルである。xおよびy偏光のいずれの入射光に対しても同じスペクトル形状で、共振器共振波長において共振器のない場合と比較して400倍以上の吸収増大が得られることがわかる。

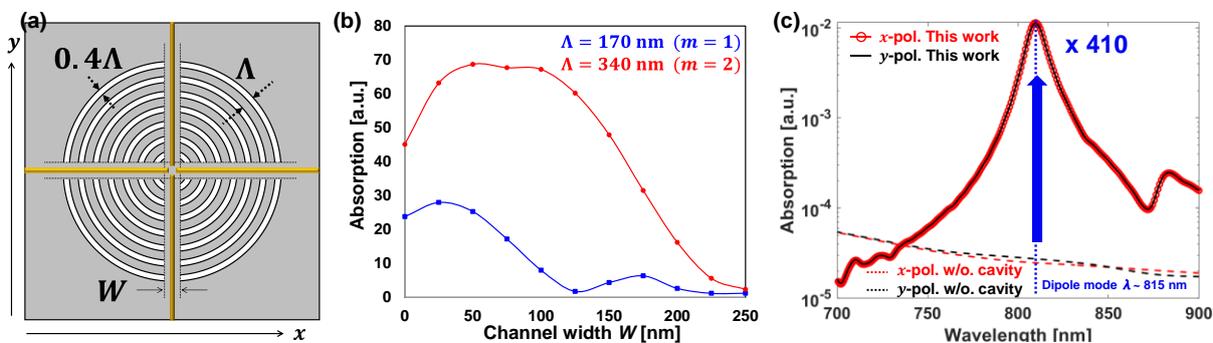


Fig.1: (a) Bull's-eye cavity with electrode, (b) Absorption for the structures with $m=1$ and 2 as a function of channel width W , (c) Absorption spectra for the cavity with $m = 2$ and $W = 100$ nm. Dashed curves are the absorption spectra without the cavity
謝辞：本研究は、JST, CREST JPMJCR15N2 により遂行された。参考文献：[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 **59**, SGGI05 (2020). [5] S. M. Ji *et al.*, JSAP Spring Meeting, 14a-B415-6 (2020).