

ゲート制御量子ドット形成用電極を有する フォトリック結晶ナノ共振器の作製

Fabrication of photonic crystal nanocavities

with electrodes for a gate-defined quantum dot

東大生研¹, 阪大産研², ルール大ポーfum³, ナノ量子機構⁴

田尻武義¹, 車一宏¹, 酒井裕司², 木山治樹², 大岩顕², J. Ritzmann³,

A. Ludwig³, A. D. Wieck³, 太田泰友⁴, 荒川泰彦⁴, 岩本敏^{1,4}

IIS, Univ. of Tokyo.¹, ISIR, Osaka Univ.², Ruhr Univ. Bochum³, NanoQuine, Univ. of Tokyo.⁴

T. Tajiri¹, K. Kuruma¹, Y. Sakai², H. Kiyama, A. Oiwa², J. Ritzmann³,

A. Ludwig³, A. D. Wieck³, Y. Ota⁴, Y. Arakawa⁴, S. Iwamoto^{1,4}

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

電子スピンと光子の間で量子情報を転写する量子メディア変換は、長距離量子通信等への応用が期待される技術であり、量子井戸[1]や自己形成量子ドット[2]、ダイヤモンド NV センター[3]等を用いた研究が進められている。電子スピンの精密制御が可能なゲート制御量子ドット (QD) を用いた取り組みも進みつつあり[4-6]、光子の円偏光状態に対応する単一電子スピン状態の生成も確認されている[6]。しかし、その変換効率は 10^{-4} ~ 10^{-5} 程度と低く、フォトリックナノ構造等の活用による効率向上が期待される。我々は、ゲート制御 QD をフォトリック結晶 (PhC) ナノ共振器中に配置することで、この変換効率を向上させることを検討している。今回、その第一段階として、ゲート制御 QD を形成するための電極を有する PhC ナノ共振器を作製したので報告する。

図 1(a)に作製した試料の模式図を示す。GaAs 量子井戸を含む $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}\text{As}$ スラブに、二次元 PhC ナノ共振器が形成されている。スラブ上下面の AlGaAs 層は n 型にドーピングされており、スラブ上面の金電極 (図 1(a) 黄色) に電圧を印加し電極周辺を空乏化することで、ゲート制御 QD が共振器中心部に形成できる。今回、共振器構造としてダブルヘテロ PhC ナノ共振器を採用し、その構造パラメータ (図 1(a)参照) は、周期 $a = a_1/1.03 = 211 \text{ nm}$ 、穴の半径 $r = 0.26a$ 、導波路幅 $W = \sqrt{3}a - 2r + 20 \text{ nm}$ とした。これらは量子井戸発光波長 ($\lambda \sim 800 \text{ nm}$) 近傍に共振器モードを有すること、電極導入のために円孔端間隔が 100 nm 程度[7]確保できることを条件に決定した。犠牲層とスラブ層を順に成長した基板の上に電極を作製した後、電極との位置関係を合わせながら電子線リソグラフィを行なうことで PhC ナノ共振器を作製した。作製した試料の SEM 像を図 1(b)に示している。縦方向 (図 1(a) y 方向) に関する電極と PhC の位置合わせ誤差は最小 10 nm であった。光学評価などの詳細は当日報告する。

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

参考文献：[1] H. Kosaka, *et al.*, *Nature* **457** 702 (2009). [2] W. B. Gao *et al.*, *Nature* **491** 426 (2012). [3] E. Togan *et al.*, *Nature* **466** 730 (2010). [4] M. Kuwahara, *et al.*, *APL* **96**, 163107 (2010). [5] T. Fujita *et al.*, *PRL* **110**, 266803 (2013). [6] T. Fujita *et al.*, arXiv1504.03696 (2015). [7] 酒井他日本物理学会秋季大会 22aB31-1 (2017).

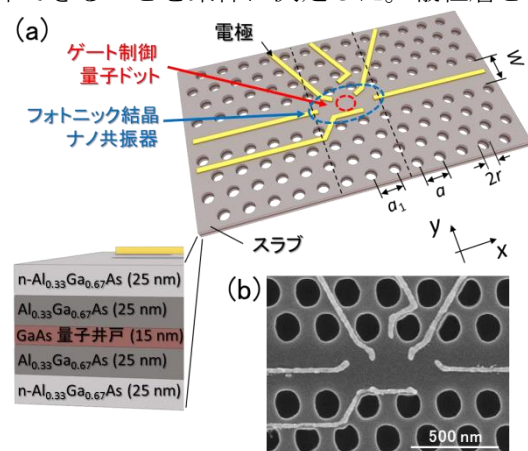


Fig. 1: Schematic (a) and SEM image (b) of PhC nanocavity with electrodes for a gate-defined quantum dot. The layer structure of the PhC slab is also shown in (a)