

<110>層状ダイヤモンド構造を有する 三次元フォトニック結晶ナノ共振器の検討

Design of three dimensional photonic crystal nanocavities

with <110> layered diamond structures

東大生研¹, ナノ量子機構² ○田尻武義¹, 高橋駿², A.Tandaechanurat², 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}

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

○T. Tajiri¹, S. Takahashi², A. Tandaechanurat², S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

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

1. はじめに

近年、作製技術の進展[1-3]により、高品質 woodpile 型三次元フォトニック結晶(3D-PhC)構造の作製が可能となり、3D-PhC ナノ共振器における世界最高 Q 値の達成[4]やレーザ発振の実現[4,5]などの進展が報告されている。しかし、woodpile 構造以外における 3D-PhC ナノ共振器構造の設計・作製例はまだ少ない。本研究では、マイクロマニピュレーション法による作製を念頭に、<110>層状ダイヤモンド構造と呼ばれる 3D-PhC 構造[6,7]に点欠陥を導入した 3D-PhC ナノ共振器構造を初めて検討したので報告する。

2. 計算結果

検討した構造の模式図を Fig.1 (a)に示す。<110>層状ダイヤモンド構造は、ダイヤモンド構造を<110>方向を z 軸として層構造に単純化した構造(Fig. 1(b))で、今回は特に woodpile 構造とは異なり 2 種類の層を交互に積層することによって比較的容易に作製可能な構造を検討した。まず、平面波展開法を用いてフォトニックバンドギャップ幅 $\Delta\omega/\omega$ の評価を行った。woodpile 構造における $\Delta\omega/\omega=18.9\%$ には及ばないものの、<110>層状ダイヤモンド構造においても構造パラメータの最適化により最大で $\Delta\omega/\omega = 15.9\%$ ($b = a/\sqrt{2}$, $2w = 0.75a$, $2r = 0.7a/\sqrt{2}$) が得られることがわかった。この構造に対して、共振器構造を導入し、 $a = 500$ nm、面内サイズ($L \times L$) $3.63 \mu\text{m} \times 3.63 \mu\text{m}$ として Q 値を計算した。共振器は $a/\sqrt{2} \times a/\sqrt{2}$ の正形状とし、解析には三次元 FDTD 法を用いた。波長 930 nm における共振モードについて、積層数に対する Q 値の推移を Fig. 1(c)に示す。比較のために、同じ格子定数 a を持つ woodpile 構造中の同サイズの共振器の共振モード(波長 877 nm)に対する結果もあわせて示した。いずれの構造においても、面内周期数の有限性のために Q 値は積層数に対して指数関数的に増加した後、飽和する。飽和値は woodpile 構造と<110>層状ダイヤモンド構造でいずれも 6×10^4 程度であった。これにより、同じ面内サイズの構造について、<110>層状ダイヤモンド構造でも woodpile 構造と同程度の Q 値が得られることがわかった。詳細は当日報告する。

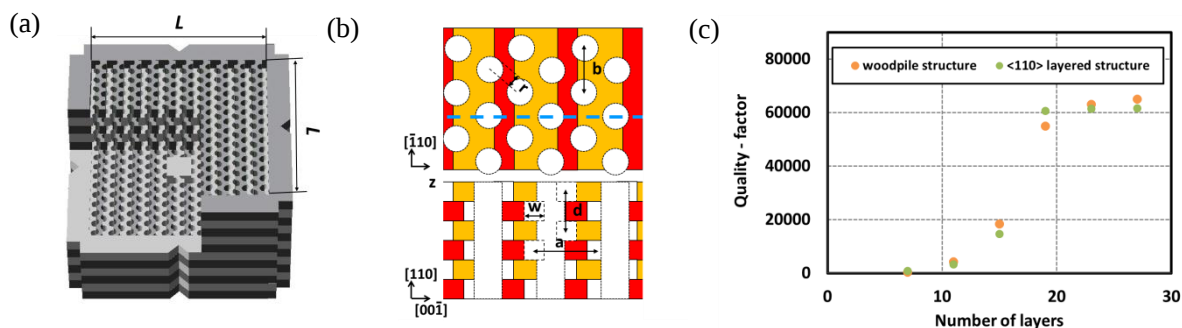


Fig.1. Bird's-eye view (a) and top view (b) of <110> layered diamond structure with a cavity. (c) Q -factor vs. number of layer. Orange and green balls show the results for the <110> layered diamond structure and for the woodpile structure, respectively

謝辞：本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業および最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。

参考文献：[1] K. Aoki, *et al.*, Nature Mater. **2**, 117 (2003). [2] M. Qi, *et al.*, Nature, **429**, 538 (2004). [3] S. Ogawa, *et al.*, science, **305**, 227(2004). [4] A. Tandaechanurat, *et al.*, Nature photonics. **5**, 91 (2011). [5] D. Cao *et al.*, Appl. Phys. Lett. **101** 191107 (2012). [6] M. Maldovan, Appl. Phys. Lett. **81**, 911 (2004) [7] S. Fan. *et al.*, Appl. Phys. Lett. **65**, 1466 (1994)