

<110>層状ダイヤモンド構造三次元フォトニック結晶ナノ共振器の Q 値に対する積層誤差の影響: 数値解析による評価

Impact of Stacking Errors on the Q -factor of Three-Dimensional Photonic Crystal

Nanocavities in <110>-Layered Diamond Structures: Numerical Analysis

東大生研¹, ナノ量子機構²。田尻武義¹, 高橋駿², 太田泰友², 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, Y. Ota², S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

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

高 Q 値の三次元フォトニック結晶 (3D-PC) ナノ共振器は三次元光回路の要素部品として重要であるとともに、究極的な光と物質の相互作用を応用した極低閾値レーザや量子情報デバイス等への展開が期待されている。これまでに、micro-manipulation 法[1]を用いて世界最高値 $Q \sim 39,000$ を有するウッドパイル構造 3D-PC ナノ共振器が実現されている[2]。本作製手法では、面積の制限により Q 値の更なる向上が難しいため、面内の光閉じ込めのより強い<110>層状ダイヤモンド構造を用いることを検討してきた[3, 4]。今回、本構造における作製誤差の Q 値への影響を数値解析により評価したので報告する。

29 層の<110>層状ダイヤモンド構造 3D-PC ナノ共振器[4]について、各層の面内に並進移動を伴う積層誤差が生じたときの Q 値を調べた。Fig. 1 の挿入図に積層誤差を伴って 5 層積層された構造を模式的に示している。各層の積層誤差を $\Delta x, \Delta y$ により表し、これらは平均値 0、分散 σ^2 の正規分布に従うとする。実際の積層誤差[2]にはほぼ対応した $\sigma = 0.02 \mu\text{m}$ とし、20 個のサンプルを対象に基底モードの Q 値を FDTD 法によって数値解析し、その分布を統計的に調べた。比較のためにウッドパイル構造を用いた 3D-PC ナノ共振器についても同様の解析を行った。Fig. 1 は、数値解析結果を示している。ここで、横軸の Q 値は積層誤差がない場合の Q 値 (Q_0) に対する比を表している。図より、<110>層状ダイヤモンド構造では、 $Q/Q_0 = 0.8 \sim 1.0$ のサンプル数が最も多い一方で、ウッドパイル構造では $Q/Q_0 = 0.4$ 以下にサンプル数が最も多い。これは、<110>層状ダイヤモンド構造 3D-PC ナノ共振器が現在の作製技術で達成可能な積層誤差領域で高い耐性を有しており、より高い Q 値を達成できる可能性を示唆している。この積層誤差に対する高い耐性は、<110>層状ダイヤモンド構造の広い面内バンドギャップ[3]に起因すると考えられる。

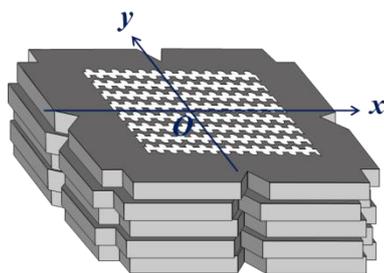


Fig.1 Schematic of the 3D-PC nanocavity with stacking errors. O represents the targeted pattern center.

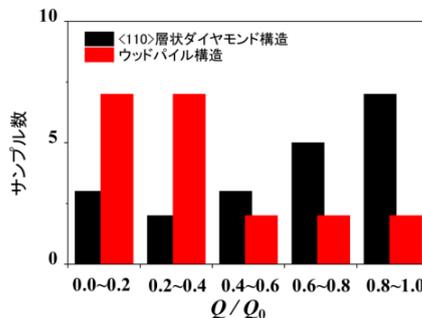


Fig.2 Q -factor distribution of 20 structures with stacking errors of $\sigma = 0.02 \mu\text{m}$.

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] A. Tandraechanurat, *et al.*, Nature photonics. **5**, 91 (2011). [3] T.Tajiri, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 04EG08 (2014). [4] 第 61 回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E16-12, 2014 年, 3 月