

Si フォトニック結晶ナノ共振器の Q 値向上の検討Consideration on improvement of Q -factor in Si photonic crystal nanocavity

○田中 建悟¹, 浅野 卓¹, 高橋 和², 野田 進¹ (京大院工¹, 大阪府大院工²)
 Kyoto Univ.¹, Osaka Pref. Univ.² ○K. Tanaka¹, T. Asano¹, Y. Takahashi², S. Noda¹

E-mail: k.tanaka@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, tasano@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] 我々はSiスラブを用いた2次元フォトニック結晶ナノ共振器の高 Q 値化に取り組んできた。これまでに、作製後の共振器に対して表面酸化・酸化膜除去を行うことで Q 値が大幅に向上することを見出し、1100万というナノ共振器における世界最高の実験 Q 値を実現している¹⁾。また多数(>60個)の共振器の統計評価²⁾、長期間にわたる Q 値の変動の追跡評価³⁾、機械学習を活用した最適設計^{4,5)}等に取り組んできた。今回、これを踏まえてさらに検討を進め、より最適化された構造の共振器を用いることで実験的に高い平均 Q 値を得ることができたので報告する。

[実験結果] 測定対象は図1の構造をもつ2種類のマルチヘテロ型共振器である。同図(a)は従来構造であり、空気孔半径を110nmとしつつ同図に示すように8個の空気孔をシフトさせており、設計 Q 値は4000万である、また空気孔に標準偏差0.41nmの半径位置揺らぎがあるときの理論平均 Q 値は830万となる。同図(b)は機械学習を利用した最適化により約50個の空気孔をシフトさせ、かつ孔半径を102.5nmに縮小した構造であり⁵⁾、設計 Q 値は4億、そして上記と同じ構造揺らぎがあるときの理論平均 Q 値は1120万である。両構造の共振器をそれぞれ約30個ずつ作製し、表面酸化・酸化膜除去を施した後に、共振波長と Q 値の測定を行った。得られた結果を図2に示す。共振波長分布の標準偏差は共に0.4nm程度であったが、平均 Q 値は新構造の方が従来構造よりも100万程度高く、 Q 値1000万以上の共振器も4個得られた。共振波長分布幅は大きく変わらないことから、構造揺らぎは同程度とも言えるにも関わらず、新構造の Q 値が従来構造と比較して平均値、最高値共に大きく増大したことは、設計の違いによるものと示唆される。詳細は当日報告する。

[謝辞] 本研究の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて行われた。

[文献] 1) T. Asano, Y. Ochi, Y. Takahashi, K. Kishimoto, and S. Noda, Opt. Exp. 25, 1769 (2017). 2) 田中 建悟, 浅野 卓, 高橋 和, 野田 進, 17 秋応物, 7p-PA1-11. 3) 田中 建悟, 浅野 卓, 高橋 和, 野田 進, 18 秋応物 20p-PA1-7. 4) T. Asano and S. Noda, Opt. Exp 26, 32704 (2018). 5) 浅野 卓, 野田進, 18 秋応物, 19p-225B-5.

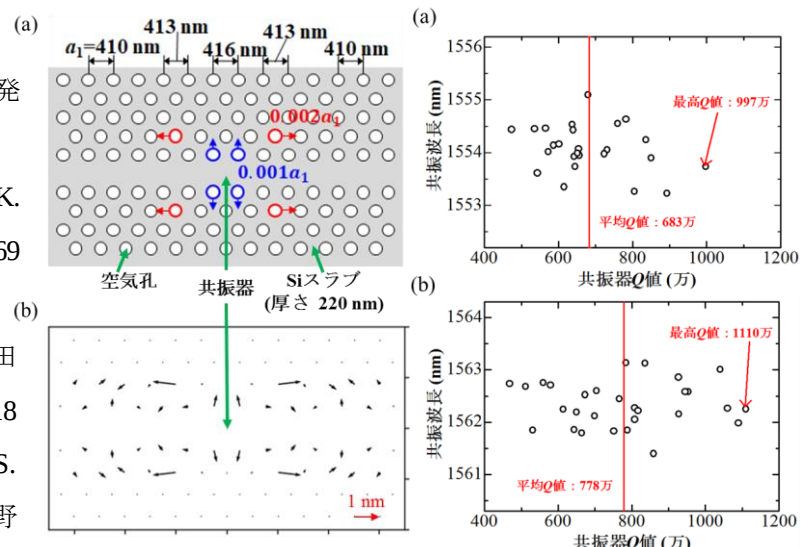


図1: 共振器周辺の空気孔シフト (a) 従来構造 (b) 新構造
 図2: 共振器 Q 値と共振波長の関係 (a) 従来構造 (b) 新構造