

Ln 型多点欠陥共振器高 Q 値設計と実験的最適化

High-Q design of Ln multi-point-defect nanocavity and its experimental optimization

NTT ナノフォトニクスセンタ¹, NTT 物性基礎研², NTT フォトニクス研³○倉持栄一^{1,2}, 野崎謙悟^{1,2}, 新家昭彦^{1,2}, 谷山秀昭^{1,2},
武田浩司^{1,3}, 佐藤具就^{1,3}, 松尾慎治^{1,3}, 納富雅也^{1,2}NTT Nanophotonics Center¹, NTT Basic Research Labs.², NTT Photonics Labs.³○E. Kuramochi^{1,2}, K. Nozaki^{1,2}, A. Shinya^{1,2}, H. Taniyama^{1,2}, K. Takeda^{1,3}, T. Sato^{1,3}, S. Matsuo^{1,3}, M. Notomi^{1,2}

E-mail: kuramochi.eiichi@lab.ntt.co.jp

量子ドットと結合するナノ共振器として普及している L3 共振器をはじめとする n 個の連続点欠陥からなる Ln 共振器の従来 10 万程度であった最高 Q 値を更に高めることは応用上きわめて有益である。最近共振器周辺穴を変調し L3 共振器の Q 値を高める手法が提案されている[1]。前回我々は調整対象の穴とシフト方向・量の相互関係を特定した最適化設計を見出し、Si Ln($n=2-5$)共振器の Q 値を計算・実験の両面で一桁高 Q 値化できることを報告した[2]。本設計規則は図 1 (a)に示す通り 6 種の穴 A-F のシフト量を x, y, z の 3 パラメータ($z=0$ 固定とすれば 2)のみで与える単純なものであるため、数値解析に依存することなく実験のみで構造最適化を進められる可能性がある。勿論 FDTD 法などの数値計算でも最適化できるが、計算と実験との照合によりそれぞれの精度を比較検証することは本設計の今後の展開上重要である。今回実験において穴シフト量パラメータ x, y を 2 次元的に変化させ Q 値の変化を詳細に検討し、また数値シミュレーションと比較した。

図 1 の L3 共振器(Si)において Q 値に対する x, y の 2 次元マッピングを求めると、計算・実験共に特定の x/y で最大値となり、そこから x, y のずれが大きい程単調減少する結果を得た(図 2)。Q 値最高となる x, y は計算/実験で一致せず、最大 0.01a 程度のずれが見られた。また実験で y が最適値から 0.01a ずれると Q 値が半減した。計算と実験の食い違いの原因としていくつかの誤差が考えられるが、数値計算で最適化した構造を実験で精密に再現するよりも、計算との誤差を前提に実験的に x, y, z を最適化するほうが現状では実験 Q 値を高めやすいことを示す結果と言える。 $n=2\sim 5$ の多点欠陥共振器に同様の検討を行い実験・計算でそれぞれ Q 値を最高化した(図 3)が、L2-L5 のいずれでも実験・計算間に x, y のずれが見られた。

InP L3 共振器に同様の設計を導入し x, y の異なる複数の共振器を作製し Q 値をプロットすると図 4 が得られ、 x, y の実験的最適化において Q 値を少なくとも 21 万まで高められることが示された。更に埋込ヘテロ構造を有する Ln 共振器[3]でも本設計による Q 値増大を確認した。

[1]中村達也他, 応物 2011 年秋 31a-ZR-2.

[3]倉持栄一他, 応物 2012 年秋 14a-B1-4.

[2]倉持栄一他, 応物 2012 年秋 13p-B1-10.

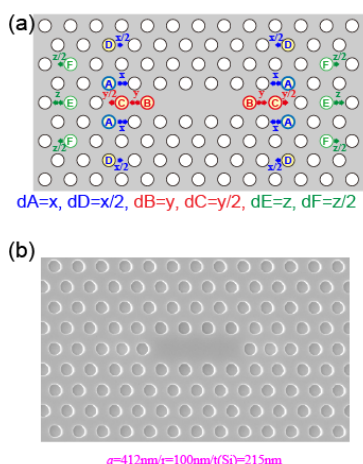
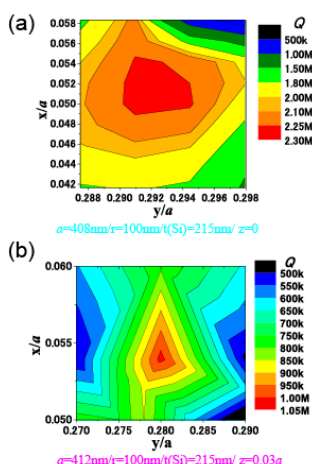
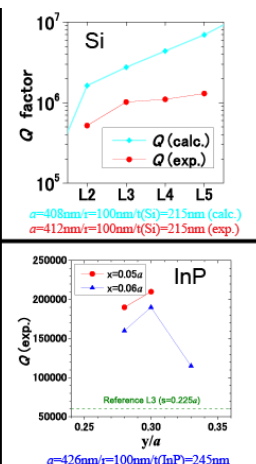


図 1 (a)設計規則(L3)。 (b) 本設計による Si L3 共振器の SEM 像。

図 2 Si L3 共振器 Q 値 x/y 依存性。(a)計算(FDTD) (b) 実験。図 3 (上段) Si Ln 共振器最高 Q 値 計算/実験比較。
図 4 (下段) InP L3 共振器実験 Q 値。