

高  $Q$  値と高結合効率を同時に実現する L3 フォトニック結晶ナノ共振器の設計Design of a L3 photonic crystal nanocavity with high  $Q$  and high coupling efficiency東大生研<sup>1</sup>, 東大ナノ量子機構<sup>2</sup> ○都木 宏之<sup>1</sup>, 太田 泰友<sup>2</sup>, 岩本 敏<sup>1,2</sup>, 荒川 泰彦<sup>1,2</sup>IIS<sup>1</sup>, NanoQuine<sup>2</sup>, Univ. of Tokyo ○H. Takagi<sup>1</sup>, Y. Ota<sup>2</sup>, S. Iwamoto<sup>1,2</sup> and Y. Arakawa<sup>1,2</sup>

E-mail: h-takagi@iis.u-tokyo.ac.jp

**はじめに:** 二次元フォトニック結晶(PhC)ナノ共振器は、高い  $Q$  値と小さなモード体積を有し、微小レーザーや量子情報処理素子等への応用が期待されている。これらの応用に向けては、高い  $Q$  値と同時に、面直方向への高い外部光結合効率( $\eta$ )を実現することも重要となる。高  $Q$  値の実現方法としては、共振モード電界の波数空間分布のうち漏れ成分のみをフーリエ逆変換し、漏れに寄与する空孔位置を実空間で特定・調整する手法[1,2]が知られている。また、 $\eta$  を向上する手段としては band folding を用いた手法[3]が知られている。しかし、 $Q$  値と  $\eta$  を両方同時に向上することは一般には困難と考えられている。今回我々は、共振モードの漏れ成分の波数空間分布と遠方界分布との相関[4]に着目し、望ましくない方向への漏れ成分のみを実空間にフーリエ逆変換することで、 $\eta$  低下に關与する空孔位置を特定・調整した。結果、 $Q$  値と  $\eta$  が同時に向上し、高い  $Q$  値( $> 560,000$ )と高い  $\eta$  ( $= 0.49$ )を同時に有する共振器構造の設計に成功したので報告する。

**計算:** 計算には三次元 FDTD 法を用いた。 $\eta$  はスラブ直上にある  $NA = 0.5$  の対物レンズを仮定し、近傍界/遠方界変換法を用いて算出した。共振器構造は、二次元三角格子 PhC 中の L3 型共振器を用いた。まず、共振器近傍にある空孔の半径と位置を調整し、 $Q$  値 27 万、 $\eta = 0.18$  の共振モードを得た。このモードのスラブ表面の電場成分( $E_y$ )を二次元フーリエ変換し(図(a))、NA の内側/外側に相当する漏れ成分をそれぞれ切り出してフーリエ逆変換を行った(図(b,c))。NA 外側への漏れ成分が集中している空孔位置をシフトしたところ、 $Q$  値と  $\eta$  の両方が同時に向上した(図(d))。この操作を繰り返すことで、 $Q > 560,000$ 、 $\eta = 0.49$  の共振モードを実現した。詳細は当日報告する。

**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:** <sup>1</sup>Y. Tanaka, *et al.*, J. Lightwave Technol. **26**, 1532 (2008). <sup>2</sup>中村他, 第 72 回応用物理学会学術講演会, 31a-ZR-2 (2011). <sup>3</sup>N.-V.-Q. Tran, *et al.*, Phys. Rev. B **79**, 041101 (2009). <sup>4</sup>H. Takagi, *et al.*, Opt. Express **20**, 28292 (2012).

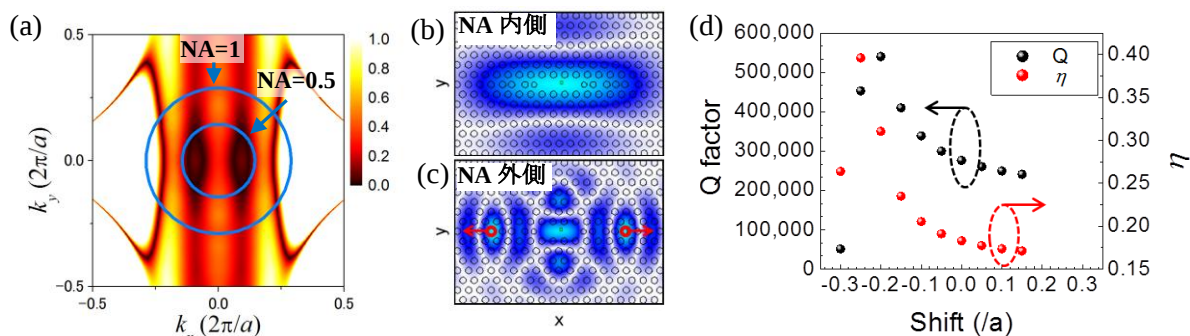


Figure: (a) Momentum space distribution of the cavity field ( $E_y$ ). Two blue circles indicate the light line and a line corresponding to  $NA = 0.5$ . (b,c) Inverse Fourier transform patterns of the leaky mode (b) inside and (c) outside of the line of  $NA = 0.5$ . (d) Plots of calculated  $Q$  factors and  $\eta$ s as a function of the hole shift.