

面外一方向へ放射するフォトニック結晶ナノ共振器の設計

Design of a photonic crystal nanocavity with unidirectional out-of-plane radiation

○太田 泰友¹, 岩本 敏^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,2} (1. 東大ナノ量子機構、 2. 東大生研)

○Yasutomo Ota¹, Satoshi Iwamoto^{1,2}, Yasuhiko Arakawa^{1,2} (1.NanoQuine, 2.IIS Univ. of Tokyo,)

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

はじめに 典型的な二次元フォトニック結晶(PhC)ナノ共振器は、エアブリッジ構造スラブへ貫通空孔を設けることで構成されており、面外方向に対して対称構造となっている[1]。そのため面外光取り出しを行う際、半分の光を所望でない方向に捨てている[2]。面外一方向への効率的な光取り出しのために、エアギャップを挟んで分布ブラッグ反射鏡を設置した構造[3]が提案・実現されているものの、作製プロセスが煩雑になる等の課題があった。

本報告では、面外一方向への高効率光取り出しを簡便に実現する手段として、二次元 PhC ナノ共振器スラブ表面へ周期的な浅い凹みを追加した構造を提案する。図 1 (a)に提案構造の概念図を示す。この設計により、約 80%の光を面外一方向へと取り出すことが可能であり、そのうちの大部分は狭い放射角内に収めることができる。浅い凹みは、ドライエッチング時におけるラグ効果等[4]を用いることで追加プロセス無く簡便に作製が可能であると考えられる。

設計 三次元有限差分時間領域法を用いて数値解析を行った。基本的な共振器設計を図 1 (b)に示す。基本設計は円孔周期 $a=314\text{nm}$, 円孔半径 $r=0.23a$, スラブ厚み $d=120\text{nm}$ の GaAs-L3 型共振器(黒線)で、欠陥共振器近傍では円孔位置をシフトしている。これに加え、周期的な浅い円柱形状の凹み(赤線、 $r'=0.5r$, $d'=0.6d$)を設けてある。凹み導入後の Q 値は 4,500 であった。凹みに起因して散乱された光の一部は、外部へ放射される前に空気-スラブ界面で反射され面直方向に弱い共振現象を示す。その際、反射に伴い蓄積される位相により干渉が起き、スラブ厚に依存して面外放射方向が変化する。本設計では、共振器から漏れる光の約 80%はスラブ下方へ放射されている。また、凹みは基本設計に対し二倍周期を有しており二次のグレーティングとして効率的に光を回折する。図 1 (c) の遠方界分布に示すように、狭い分布を持って(約 80%が開口数 0.5 以内に集中)垂直方向に光が取り出される。TM ガイドモードへの結合損対策など、その他詳細は当日報告する。

参考文献 [1] Y. Akahane, *et al.*, *Nature* **425**, 944 (2003). [2] K. Takeda, *et al.*, *Opt. Express* **22**, 702 (2015). [3] S. H.

Kim, *et al.*, *Phys. Rev. B* **73**, 235117 (2006). [4] R. A. Gottscho, *et al.*, *J. Vac. Sci. Technol. B* **10**, 2133 (1992).

謝辞 高宮大策氏に感謝する。本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業により遂行された。

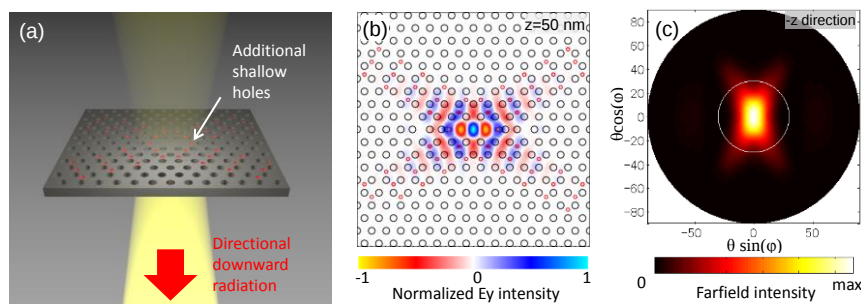


Fig. 1. (a) Concept of the unidirectional out-of-plane light extraction. (b) Top view of the cavity design, overlaid with a calculated field distribution. (c) Farfield emission pattern in the downward direction, showing a narrow radiation distribution.