

三角格子フォトニック結晶レーザの高出力化のための格子点設計

Design of Lattice Point for High Power Operation in Triangular Lattice PCSEL

○田中良典, Menaka De Zoysa, 野田進 (京大院工)

○Y. Tanaka, M. D. Zoysa, S. Noda (Kyoto Univ.)

E-mail: ytanaka@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】 フォトニック結晶面発光レーザ(PCSEL^[1])は、フォトニック結晶(PC)を共振器として利用し、高ビーム品質と高出力を両立する半導体レーザで、これまで、発光面積 300 ~ 400 μm 角の素子において光出力 1 W を超える CW 発振を実現している^[2, 3]。フォトニック結晶構造として、これまでに、主として正方格子のフォトニック結晶構造を検討してきたが、TE 偏光の場合、90 度方向の直接の回折は生じず、高次の Bloch 波を介した結合のみである^[4]ため、2 次元結合の強さを表す κ_{2D} は弱くなる傾向にある。これに対し、三角格子構造を用いると、基本波の伝搬方向が直交しないため、2 次元方向の結合係数をより大きくでき、より安定な発振が可能と考えられる。ただし、高出力 PCSEL を実現するためには、最低閾値のバンド端の放射係数 α_v を大きくする必要があるが、三角格子 Γ 点においては、発振可能なモードが縮退モードも含めると 6 個存在し、対称性が高く放射係数の小さいモードに限っても縮退モードを含め 4 個存在するため、一般に正方格子の場合と比較して設計がより難しいと考えられる。今回、三角格子フォトニック結晶 PCSEL において、最低閾値のバンド端の放射係数 α_v を大きくするための構造探索を行ったので報告する。

【解析】 解析には 3 次元結合波理論を用いた。大きな放射係数 α_v を得るために、高さの異なるダブルホール構造を用いることで、上方への大きな光回折を生じさせる^[5]ことを考え、ダブルホールの間隔・高さの差・配置する方向・充填率をパラメータとして、構造探索を行った。図 1 に、得られた構造の一例を示す。高さの異なるダブルホールを配置するとともに、配置の向きを Γ -X 方向から 10° 傾け、対称性を崩すことにより、レーザ発振に寄与する最低閾値のモード(図 1(b)に示す電磁界)の α_v が 21.8 cm^{-1} となり、正方格子構造と比較して遜色のない値を得ることが分かった。また、この値の次に放射係数の小さいモードの α_v は 28.0 cm^{-1} であり、放射係数の差が 6 cm^{-1} 程度確保できることも分かった。このような三角格子フォトニック結晶構造は、GaAs 系 PCSEL のみならず、屈折率差が小さく、フォトニック結晶層への厚さ方向の閉じ込め係数が小さい GaN 系 PCSEL^[6]においても有効であると考えられる。詳細は当日報告する。

【謝辞】 本研究の一部は、NEDO ならびに文科省光拠点の援助を受けた。

【文献】 [1] M. Imada, S. Noda, et al, *Appl. Phys. Lett.*, 75, 316 (1999). [2] K. Hirose, et al, *Nature Photon.* 8, 406 (2014), [3] 渡邊他, 2016 年春応物 21a-S621-1. [4] Y. Liang, et al., *Optics Express*. 20, 15945 (2012). [5] 田中他, 2016 年春応物 21a-S621-3. [6] H. Matsubara, et al, *Science*. 319, 445 (2008).

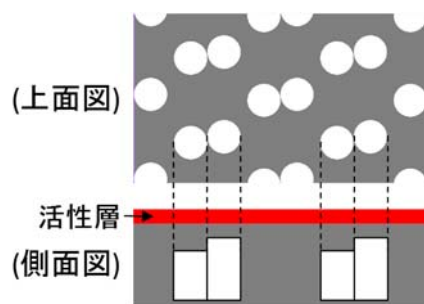


図 1 検討したダブルホール三角格子フォトニック結晶構造の模式図。

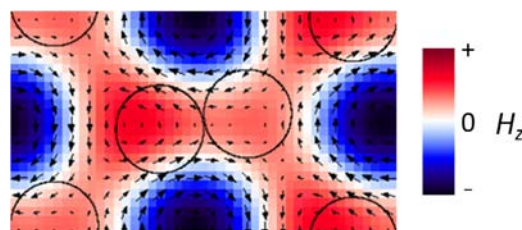


図 2 最低の放射係数のモードの電磁界分布。図中の矢印は電界の面内成分、カラープロットは磁界の面垂直方向成分を表す。放射係数は 21.8 cm^{-1} と比較的大きな値が得られた。