## フォトニック結晶レーザの CW 動作時の温度分布補償に関する検討

Compensation of temperature distribution of photonic crystal lasers under CW operation

京大院工, <sup>°</sup>吉田 昌宏, De Zoysa Menaka, 石崎 賢司, 田中 良典, 野田 進 Kyoto Univ., <sup>°</sup>M. Yoshida, M. De Zoysa, K. Ishizaki, Y. Tanaka, S. Noda E-mail: masahiro@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp

[序] フォトニック結晶レーザ(PCSEL)は、活性層近傍に配置した 2 次元フォトニック結 晶のバンド端共振効果を活用した、大面積コヒーレント動作可能な面発光型半導体レ ーザである. これまでワット級の高出力・高ビーム品質連続波(CW)動作を実証し[1]、 さらに最近では、高ビーム品質を保ちつつ本レーザの更なる大面積化を可能とする 二重格子フォトニック結晶構造の導入により、7 W 近い CW 出力の実現に成功してい る[2]. このような高出力 CW 動作時には、デバイスの発熱に伴い、共振器面内に生じ る温度分布が発振モードの安定性に影響を与えることが懸念される[3]. 今回我々は、 CW 動作時の共振器面内の温度分布の影響を考察するとともに、その影響を補償す ることが可能なフォトニック結晶構造について検討したので報告する.

[温度分布補償の提案] デバイス発熱時には、共振器 面内において中央部ほど温度が高くなるような温度分布 (図 1)が生じ、これにより屈折率に空間分布が生じる.こ のときのバンド端周波数の変化を図 2(a)に示す.温度上 昇時には、中央部のバンド端周波数は周囲よりも低下し、 下に凸の形状となるため(温度:/,屈折率:/,バンド端 周波数:\),発振バンド端に対しては中央部がフォトニッ クバンドギャップ(PBG)として働き、発振モードの不安定 化が懸念される.今回、この温度分布の影響を補償する ために、あらかじめ温度上昇時と逆向きの屈折率分布を 与える手法を提案する.図 2(b)に温度分布補償を施した 場合のバンド図を示す.この場合では、もともと上に凸の 分布をもつため、発熱時にバンド構造が平坦化され、発 振の不安定化を避けることが期待できる.

[実験] 上述の温度分布補償を実現するための具体的な手法として、 共振器として用いるフォトニック結晶において,中央部ほど空孔が大き くなるような意図的な面内分布を与えることで,実効的な屈折率分布を 形成することを検討した(空孔の大きさ:/,屈折率:\).まず,本手法を 用いて形成した補償構造に対して,分割電極を用いて各領域を部分的 に励起することでその発振波長を評価し、屈折率分布を見積った.図 3(a)より、設計に良く一致する所望の分布が形成されていることが確認 できる. この結果をふまえて, PCSEL(発振領域: 直径 L=300 µm)へと補 償構造を導入し, CW 動作時の光出力(I-L)特性を評価した. 図 3(b)に I-L 特性を示す(比較のために,補償無しのデバイスの結果も合わせて 示す). 同図より、補償無しの場合は、I=1.2A程度からキンクが見られ、 発振の不安定化を示唆している. 一方, 補償有りでは, I = 2.5 A まで線 形な1-L特性が得られ、安定した発振が得られていると考えられる.これ は、PCSELにおける温度分布補償の効果を実験的に初めて実証したも のであり、今後このような補償構造を高出力 PCSEL へと適用していくこ とでCW出力,ビーム品質の向上が期待できる.詳細は当日報告する.

【謝辞】本研究の一部は NEDO 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発, JST-CREST, および 科研費の支援を受けた. [文献] [1] K. Hirose, *et al.*, *Nature Photon.* 8, 406 (2014), [2] M. De Zoysa 他, 2018 年春応物 19p-C301-10. [3] 北川他, 2015 秋応物 16p-2A-12.



図1. デバイス発熱時 の面内温度分布の一例.







図3.(a) 測定した発振波長の面内分布 と換算した屈折率変化量(b) 温度分布 補償 PCSEL のCW 動作時の*I-L* 特性.