

10mm Φ PCSEL の自己無撞着連続動作解析

Self-consistent analysis of lasing characteristics of 10-mm-diameter PCSELs under CW operation

京大院工,[○]前田健太郎,井上卓也,吉田昌宏,勝野峻平,奥田功太郎,野田進

Kyoto Univ., [○]K. Maeda, T. Inoue, M. Yoshida, S. Katsuno, K. Okuda, S. Noda

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

[序]我々は、フォトニック結晶レーザー(PCSEL)の大面积・高輝度動作の実現に向けて、フォトニック結晶構造の設計の深化・最適化を進めている^{1,2)}。これまで、フォトニック結晶におけるエルミート・非エルミート結合係数の精密な制御により、作製した 3mm Φ PCSEL の連続(CW)駆動において、50W 級の高輝度 (1GW/cm²)動作実現に成功するとともに³⁾、10mm Φ PCSEL に対しても、光源の温度変化が無視できる条件において、kW 級の単一モード発振が実現可能であることを理論的に示してきた^{2,4)}。今回、光源の温度変化が生じる条件、すなわち CW 条件においても、その温度変化と発振状態変化を自己無撞着に考慮した解析手法⁵⁾により、10mm Φ PCSEL の発振特性解析を行い、適切な温度補償構造の導入により、高出力・高ビーム品質連続動作が実現可能であることを見出したので報告する。

[解析結果] 解析モデルを Fig. 1 に示す。これまでの理論解析結果⁴⁾に基づき、フォトニック結晶構造には、エルミート・非エルミート結合係数を適切に低減した二重格子構造を仮定した⁴⁾。裏面電極には直径 10mm の円形電極を採用し、出射面側電極には、デバイス中央部の注入電流密度が端部の 9 割程度となるように設計した電極構造⁶⁾を仮定した。自己無撞着 CW 解析においては、Fig.1 に示す通り、各種発熱の要因に応じて、出射面側電極での発熱(P_{nele})、基板での発熱 (P_{sub})、活性層 (およびクラッド層) での発熱(P_{act})の 3 種類に分類し、各発熱源によるフォトニック結晶層の温度変化、およびそれによる屈折率・ゲインの変化を考慮して解析を行った。その際、基板での光吸収損失や出射面側電極による光の遮蔽損失等も考慮した。はじめに、一様なバンド端周波数分布を有するフォトニック結晶構造において、注入電流 880 A における遠視野像、発振スペクトル、および、動作時のバンド端周波数の面内分布の解析結果を Fig.2(a)に示す。同図に示す通り、フォトニック結晶部の温度上昇に起因して、面内にバンド端周波数の分布が生じ、発振モードの多モード化が生じるが、この場合でも、拡がり角 0.03° 程度の比較的良好なビーム品質が得られた。さらに、上記のバンド端周波数分布を補償するための温度補償構造⁵⁾を導入したデバイスについても解析を行った。その結果の一例を Fig. 2(b)に示す。発振モード数の大幅な低減と、ビーム品質の改善がみられたが、詳細は当日報告する。

[謝辞] 本研究の一部は科研費 (22H04915,24H00430) および BRIDGE のもとで行われた。**[文献]** 1) Yoshida *et al.*, Nat. Mater. **18**, 121 (2019). 2) Inoue *et al.*, Nat. Commun. **13**, 3262 (2022). 3) Yoshida *et al.*, Nature **618**, 7966 (2023). 4) 前田他, 2023 秋季応物 22a-A308-4. 5) Katsuno *et al.*, Opt. Express. **29**, 16(2021). 6) 吉田他, 2024 春季応物 23a-11E-9.

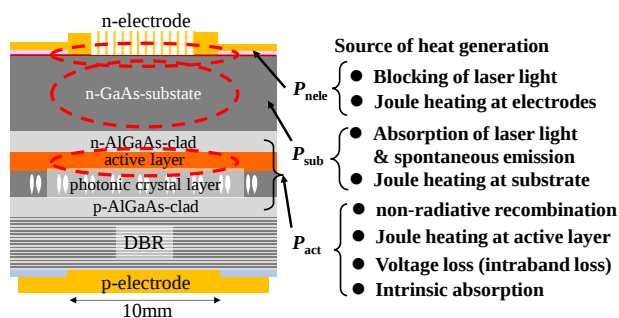


Fig.1. Simulation model of 10-mm-diameter double-lattice PCSELs under CW operation.

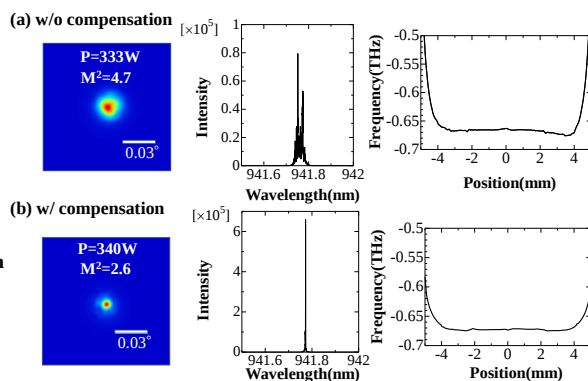


Fig.2. FFPs, Lasing spectra, and band-edge frequency distributions of 10-mm-diameter PCSELs at 880 A (a) w/o and (b) w/ frequency compensation.