3mmΦ 大面積フォトニック結晶レーザーの作製・特性評価

Fabrication and characterization of 3mmΦ photonic crystal lasers

京大院工、○(M1)和泉 孝紀、吉田 昌宏、De Zoysa Menaka、石﨑 賢司、井上 卓也、初田 蘭子、野田 進

Kyoto Univ., ○K. Izumi, M. Yoshida, M. De Zoysa, K. Ishizaki, T. Inoue, R. Hatsuda, S. Noda

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

[序] フォトニック結晶レーザー(PCSEL)は活性層近傍に設けた 2 次元フォトニック結晶(PC)のバンド端共振効果を活用した大面積面発光型半導体レーザーである。我々は、PCSEL の大面積・高輝度動作に適した二重格子フォトニック結晶共振器を提案し[1]、1mmΦ の大面積デバイスにおいて、650MWcm^{-2}sr^{-1} の高輝度動作に成功している[2]。今回、更なる大面積・高輝度化に向け、従来の 1mmΦ の 10 倍近い面積をもつ 3mmΦ デバイスを作製し、室温パルス駆動において評価したので、報告する。

[デバイス構造] 図 1(a)に作製したデバイスに導入した PC 構造を示す。本構造は二重格子構造の空孔間距離や空孔形状の調整により、PC 面内における 180° 回折光と 90° 回折光の打ち消し合いを制御し、1mmΦ において基本モード動作可能な構造である[3]。図 1(b)にパッケージへの実装および電流注入用のワイヤボンディングを行った 3mmΦ デバイスの写真を示す。本デバイスでは、3mmΦ の大面積において活性層へのより均一な電流注入を可能にするために、n 側(出射面側)電極として従来の窓状電極に加えて、光出射面上にも円環および放射状のメッシュ電極(幅 30μm)を設けている。

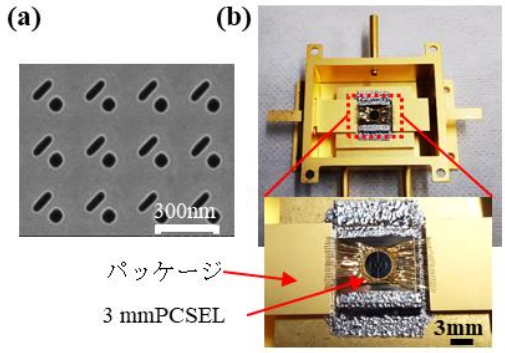

図 1 : (a) 二重格子フォトニック結晶の SEM 像 (b) 3 mmΦPCSEL のデバイス写真

[特性評価] 上記のデバイスについて、室温パルス動作(繰り返し周波数 100Hz、パルス幅 ~200ns)においてレーザー特性評価を行った。図 2(a)に電流-光出力(I-L)特性の測定結果を示す。同図より、3mmΦ という大面積デバイスでのレーザー発振が初めて確認され、閾値の僅か 4 倍程度の注入電流で、100W を超える高ピーク出力を達成した。閾値電流値は ~53.7A(~0.76kA/cm^2)、スロープ効率は ~0.63W/A であった。続いて、図 2(b)、(c)に近視野像、遠視野像を示す。発振前(20A 注入)の近視野像より、デバイス中央部の光強度は端部に比べやや低いものの全面で発光しており、導入したメッシュ状電極の効果によりおよそ均一な電流注入がなされていると推察出来る。発振後の 80A 注入時には 3mmΦ の領域全面で発振している様子が分かる。遠視野像はこの大面積コヒーレント動作を反映し、ビーム拡がり角は 80A 時(出力 ~20W)においても ~0.08° (半値全幅)が得られている。3mmΦ にも関わらず、M^2 として、3~4 と優れた値が得られた。今後、二重格子フォトニック結晶として、3mmΦ に適した設計を行うことで、さらに優れた性能が得られるものと期待される。詳細は当日報告する。**[謝辞]** 本研究の一部は、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、NEDO 高輝度・高効率次世代レーザー技術開発の支援を受けた。**[文献]** [1] M. Yoshida, *et al.*, *Nat. Mater.* **18,** 121 (2019). [2] 吉田他, 2019 年秋応物, 20a-E207-3. [3] 吉田他, 本応物

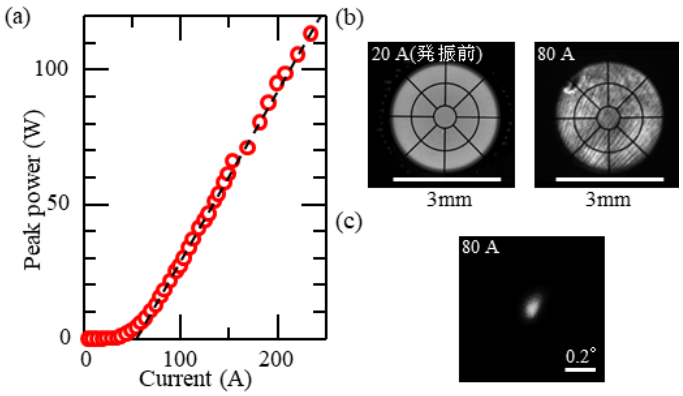

図 2 : 3mmΦPCSEL の室温パルス駆動(繰り返し周波数 100Hz、パルス幅 ~200ns)におけるレーザー特性 (a)I-L 特性 (b)近視野像 (c)遠視野像

© 2020年 応用物理学会