

屈折率勾配を導入したフォトニック結晶レーザーの 自励パルス発振動作の観測

Observation of self-pulsation operation in photonic crystal lasers with refractive index gradation

京大院工, °井上卓也, 吉田昌宏, 森田遼平, De Zoysa Menaka, 石崎賢司, 野田進

Kyoto Univ., °T. Inoue, M. Yoshida, R. Morita, M. De Zoysa, K. Ishizaki, S. Noda

E-mail: t_inoue@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)¹⁾は、2次元フォトニック結晶における大面積バンド端共振作用を利用した面発光半導体レーザーである。我々は、二重格子フォトニック結晶構造²⁾を導入した素子において高輝度動作 (~650MW/cm²/sr) を実現するとともに³⁾、可飽和吸収領域を利用した受動Qスイッチングにより、パルス幅35ps未満・ピーク出力20W級の自励パルス発振動作の実証にも成功している⁴⁾。さらに前回、PCSELの面内に屈折率勾配を導入するだけでも自励パルス発振動作が実現可能であることを数値解析により明らかにした⁵⁾。今回、屈折率勾配を有するPCSELの過渡応答特性評価を行い、自励パルス発振動作の観測に成功したので報告する。

[発振原理] Fig. 1に示すように、有効屈折率(バンド端周波数)を得領域の面内で線形に変化させたPCSELにおいては、面内の一部がフォトニックバンドギャップ(PBG)として働き、発振開始時には光が端部に局在して面内損失の大きな状態(低Q値状態)となる。一方、発振後は誘導放出に伴う屈折率変化によりPBGの大きさが減少し、面全体での低損失な発振状態(高Q値状態)に移行する。つまり、本構造では、自発的にQスイッチングと等価な動作が生じ、可飽和吸収領域を導入しなくとも短パルス・高ピーク出力発振が得られることが期待される。

[測定結果] 特性評価を行ったデバイスは、楕円と真円からなる二重格子フォトニック結晶を有するPCSEL(直径1mm)であり、導入された屈折率勾配の大きさは約 1×10^{-3} RIU/mmである。はじめに、作製デバイスの電流・光出力特性および遠視野像を測定したところ、良好なスロープ効率(>0.8 W/A)と狭いビーム拡がり角(電流10Aにおいて $\theta_{1/e^2} < 0.25^\circ$)が得られた。次に、本デバイスにおいて、注入電流10Aにおける過渡応答特性をストリークカメラの単掃引機能により測定した結果をFig. 2に示す。繰り返し周期約790ps、平均パルス幅約75psの自励パルス発振動作が観測された。さらに、注入電流を変化させて、自励パルス発振のパルス幅を評価した結果(10回の測定結果の平均値)をFig. 3に示す。注入電流の増加に伴いパルス幅が徐々に減少し、最小で50ps未満の短パルス発振が得られた。ピーク出力等の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)および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) Imada *et al.*, Appl. Phys. Lett. **75**, 316 (1999). 2) Yoshida *et al.*, Nat. Mater. **18**, 121 (2019). 3) 吉田他, 2019 秋季応物 20p-E207-6. 4) 森田他, 本応物. 5) 井上他, 2019 秋季応物 20p-E207-12.

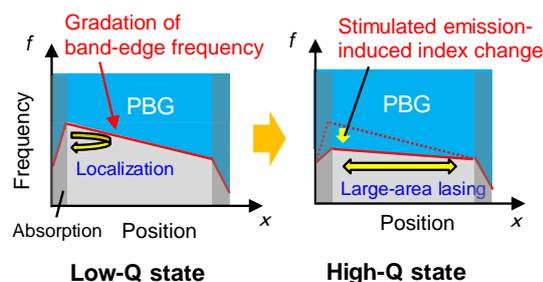


Fig.1. Band-edge frequency in a PCSEL with refractive index gradation before and after lasing.

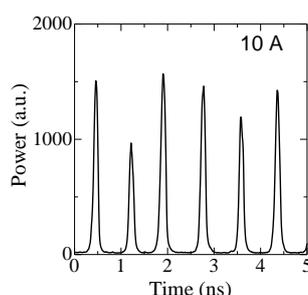


Fig.2. Transient waveform of output power from the fabricated PCSEL with refractive index gradation.

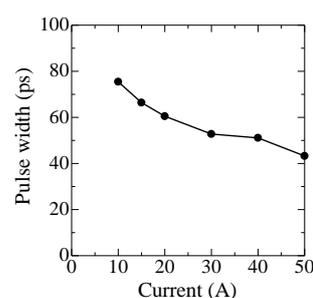


Fig.3. Pulse width of self-pulsation as a function of injection current.