

円環可飽和吸収領域を導入したフォトニック結晶レーザーの 短パルス・高ピーク出力発振(II)

Short-pulse high-peak-power operation in photonic-crystal lasers with ring-shaped saturable absorber (II)

京大院工 °森田遼平、井上卓也、前田純也、De Zoysa Menaka、石崎賢司、野田進

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

E-mail: moritar@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、2次元フォトニック結晶のバンド端共振作用をレーザー共振器として用いた面発光型の半導体レーザーである。前回、我々は、二重円環可飽和吸収領域を導入した PCSEL を作製し、パルス幅 $\sim 30\text{ps}$ 、ピーク出力 20W 級の自励パルス発振の実証に成功した¹⁾。今回は上記の実験結果について、数値計算結果との比較を含めて詳細に報告するとともに、更なる高出力設計($\sim 300\text{W}$)を行った結果についても報告する。

[実験] 作製した PCSEL のフォトニック結晶層と p 側電極の模式図を順に Fig. 1(a)(b)に示す。フォトニック結晶層は、2つの正方格子を $1/4$ 波長ずらして重ねた二重格子構造²⁾であり、また、裏面電極は、電流注入を行う利得領域を直径 $400\mu\text{m}$ 、その内部に幅 $8\mu\text{m}$ の円環可飽和吸収領域を2つ配置した形状である。円環可飽和吸収領域を高次モードの光密度の比較的高い場所に配置することにより、高次モードの発振を抑制して基本モードを発振モードとして選択するとともに、その発振モードにおいて大きな可飽和吸収効果を得ることができる。作製したデバイスをパルス電流 (幅 50ns 、繰り返し 1kHz) で駆動した際の、自励パルス発振のピーク出力と平均出力の測定結果を Fig. 1(c)に、パルス幅と繰り返し周波数の測定結果を Fig. 1(d)に示す。 3.5A 注入時にピーク出力 $\sim 20\text{W}$ 、パルス幅 33ps 、繰り返し 1.5GHz の自励パルス発振が得られた。これらの実験結果は、可飽和吸収領域のキャリア寿命を 120ps と仮定した場合の計算結果[Fig. 1(e)(f)]とよく一致した。なお、測定されたピーク出力は計算結果よりもやや小さいが、これは、フォトニック結晶の実際の空孔形状が計算に用いた形状と異なるためと考えられる。

[設計の改良] ピーク出力の更なる向上のため、Fig.2 (a)(b)に示すように、直径を 1mm まで拡大し、安定な単一モード発振が得られるように二重格子フォトニック結晶層と可飽和吸収領域の形状を調整したデバイスの設計を行った。 30A 注入時の計算結果を Fig.2 (c)(d)に示すが、ピーク出力 $\sim 300\text{W}$ 、パルス幅 $\sim 40\text{ps}$ の自励パルス発振が期待できることが明らかとなった。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の支援を受けた。

[文献] 1) 森田 他, 2020 春応物 13p-B401-8. 2) M. Yoshida et al., Nat. Mater. 18, 121 (2019).

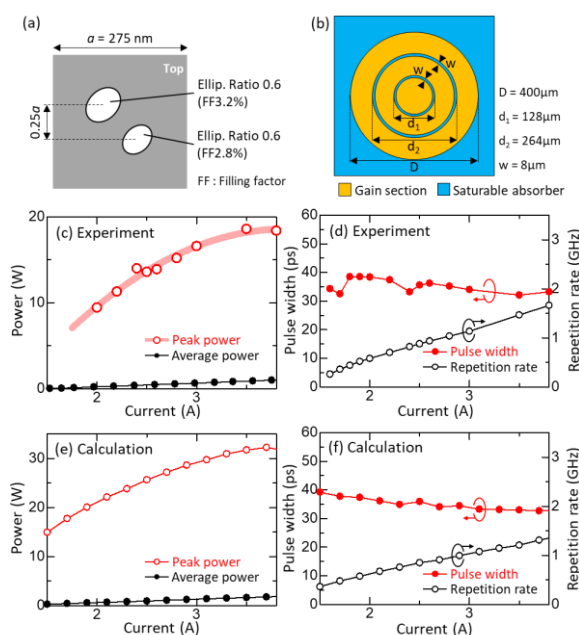


Fig. 1. (a) Top view of the photonic crystal layer and (b) p-side (bottom) electrode of the fabricated self-pulsating PCSEL. (c) Measured peak power and average power, and (d) pulse width and repetition rate as a function of injection current. (e) Calculated peak power and average power, and (f) pulse width and repetition rate as a function of injection current.

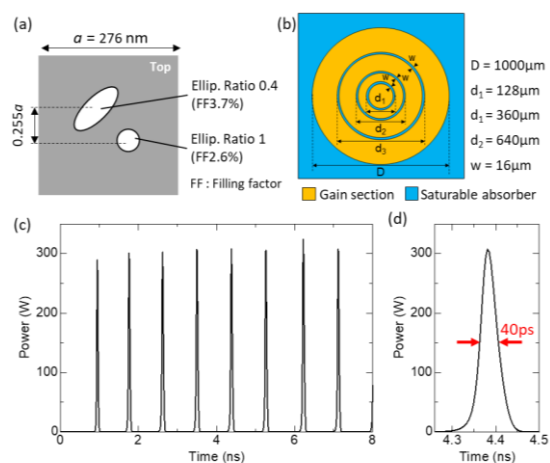


Fig. 2. (a) Top view of photonic crystal layer and (b) p-side (bottom) electrode of the self-pulsating PCSEL. (c) Calculated temporal waveform at current injection of 30A .