

利得スイッチングによるフォトニック結晶レーザーの単一短パルス動作の観測

Observation of single short-pulse operation of photonic crystal lasers by gain switching

京大院工 [○]増田将紀、井上卓也、森田遼平、De Zoysa Menaka、野田進

Kyoto Univ. [○]M. Masuda, T. Inoue, R. Morita, M. De Zoysa, and S. Noda

E-mail: m.masuda@nano.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、フォトニック結晶のバンド端で生じる二次元的な定在波状態をレーザー共振器として利用した面発光型半導体レーザーである[1]。我々はこれまでに、可飽和吸収効果を利用した受動 Q スwitchingにより、ピーク出力 ~ 20 W、パルス幅 < 35 ps、繰り返し周波数 ~ 1 GHzの短パルス発振の実証に成功している[2]。さらにPCSELで単一の高ピーク・短パルス発振動作を実現するべく、利得スイッチングによる単一短パルス発振動作の解析をも進めている[3]。今回、第一ステップとして、可飽和吸収効果をもたない通常のPCSELにおいて、ナノ秒パルス電源を用いた利得スイッチングによる単一短パルス動作の観測に成功したので報告する。

[実験手法] 測定に用いたPCSELの模式図をFig.1に示す。フォトニック結晶構造は二重格子構造であり、電流注入領域の直径は1 mmである。本PCSELの短パルス駆動回路の模式図をFig.2(a)に示す。インピーダンス整合用の抵抗(49.9 Ω)をPCSELと直列に接続しており、PCSEL・抵抗・SMAコネクタからなる回路部の周囲を接地することで不要な共振や電磁波の結合による雑音の抑制を行った。ナノ秒パルス電源の電圧波形は、Fig.2(b)に示す通りであり、パルス幅は約1.5 nsであった(ただし、測定に用いた電圧プローブの帯域幅(500 MHz)の影響で立ち上がり時間がやや増大している)。上記の回路によりPCSELを駆動し、出射光の時間変化をストリークカメラの単掃引機能を用いて観測した。

[実験結果] 注入電流値を変化させた場合に得られるPCSELの出力光の過渡応答波形をFig.3(a)に示す。縦軸は各波形の強度の最大値で規格化しており、横軸は第1パルス発振が始まるタイミングで揃えている。ピーク電流値が約16 A(閾値電流15 A)の場合に、パルス幅100 ps程度の単一パルスが得られ、ピーク電流値を約18 Aまで大きくすると複数パルス発振に移行した。第1パルスのピーク出力の注入電流依存性をFig.3(b)に示す。ピーク電流値が16 Aの場合では約2.5 Wのピーク出力が、17 Aの場合では10 W近いピーク出力が得られた。今後、PCSELに可飽和吸収領域を導入し、発振までに蓄積されるキャリア密度を増大させれば、より高出力(> 100 W)な単一パルス発振の実現が期待される[3]。なお、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] M. Imada et al., Appl. Phys. Lett. 75, 316 (1999). [2] 森田他, 2020 春応物 13p-B401-8. [3] 増田 他, 2020 春応物 13p-B401-9

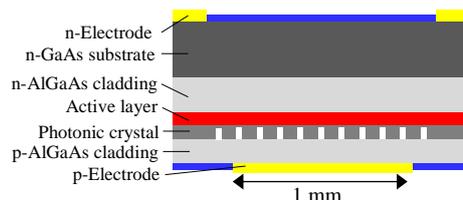


Fig. 1. Cross section of the fabricated PCSEL.

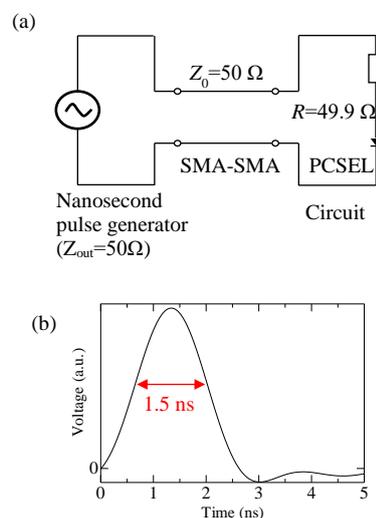


Fig. 2. (a) Schematic of the laser driver circuit. (b) Measured waveform of the applied voltage for gain switching.

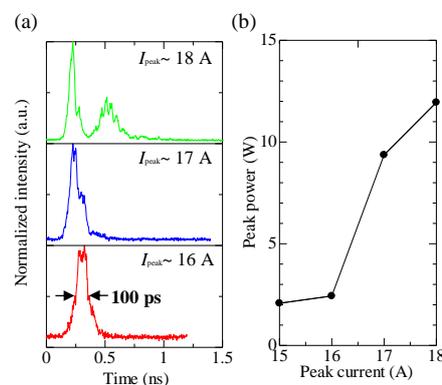


Fig. 3. (a) Transient waveforms of the gain-switched PCSEL at $I_{\text{peak}} \sim 16, 17, 18$ A. (b) Peak power of the gain-switched PCSEL as a function of injection current.