

可飽和吸収効果を導入したフォトニック結晶レーザーのナノ秒励起過渡応答特性

Transient behavior of photonic crystal lasers with saturable absorbers for nano-second current excitation

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

Kyoto Univ. ○M. Masuda, R. Morita, T. Inoue, 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witchングにより、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[2]、およびさらなる高ピーク出力化[3]にも成功している。また、PCSEL で単一の高ピーク・短パルス発振動作を実現するべく、ナノ秒パルス電流注入による単一短パルス発振動作についても検討しており、まず、可飽和吸収領域をもたない通常の PCSEL において、ピーク出力 ~ 10 W、パルス幅 ~ 100 ps の単一短パルス発振の観測に成功した[4]。今回、さらに、可飽和吸収領域を導入した PCSEL を用い、ナノ秒電流励起により、過渡応答特性の評価を行ったので報告する。

【作製構造】 測定に用いた PCSEL の模式図を Fig.1(a)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 $800\ \mu\text{m}$ である。本 PCSEL の p 型裏面電極構造を Fig.1(b)に示す。円電極の内部に幅 $8\ \mu\text{m}$ の 3 重円環状可飽和吸収領域を配置した構造とすることで、発振モードに対し強い可飽和吸収効果を生じさせることが可能となり[3]、短いパルス幅の電流を注入した場合には、高いピーク出力の短パルス動作が得られることが期待される。本 PCSEL にパルス半値全幅 ~ 1.5 ns のパルス電流を注入した際の出射光の時間変化について、ストリークカメラの単掃引機能を用いて測定を行った。

【測定結果】 注入電流のピーク値を変化させた場合に得られた PCSEL の出射光の過渡応答波形の例を Fig.2(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 $23\ \text{A}$ の場合に、パルス幅約 $32\ \text{ps}$ の単一短パルスが得られた。電流値が大きい際に生じる 2 つ目以降のパルスは可飽和吸収効果を増やすことで抑制できると考えられる。第 1 パルスのピーク出力の注入電流依存性を Fig.2(b)に示す。ここでは、各電流値において過渡応答波形の測定を 20 回行い、得られたピーク出力の平均値を載せている。単一パルスが得られた条件 ($I_{\text{peak}} \sim 23\ \text{A}$) では、約 $34\ \text{W}$ のピーク出力が得られ、注入電流を $51\ \text{A}$ まで大きくすると $100\ \text{W}$ 級のピーク出力が得られた。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 秋応物 10p-Z18-14. [3] 森田 他, 本応物. [4] 増田 他, 2020 秋応物 11a-Z18-10.

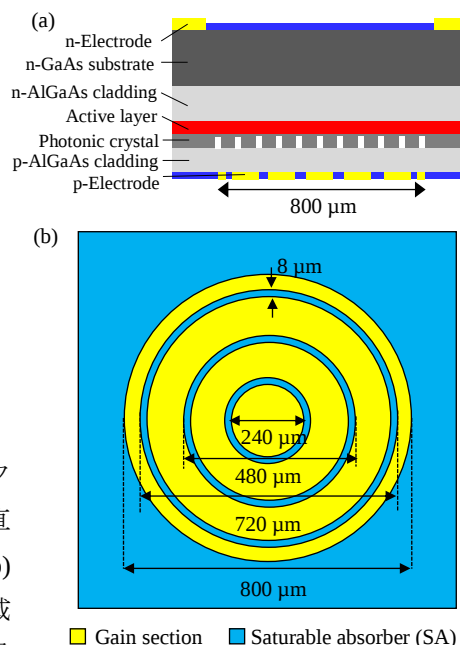


Fig. 1. (a) Cross section of the fabricated PCSEL. (b) Bottom view of the fabricated p-electrode.

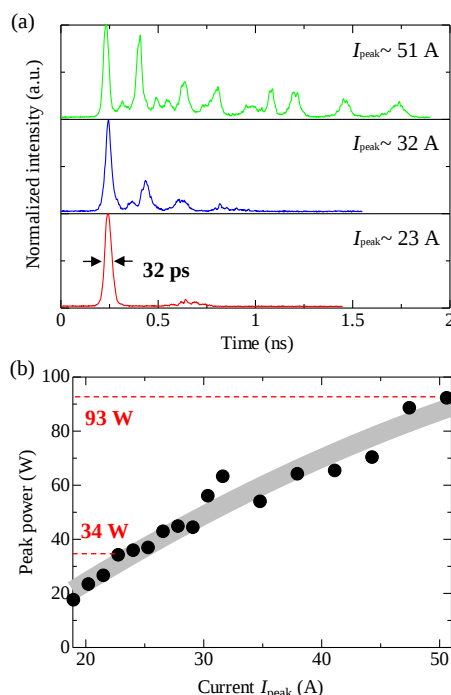


Fig. 2. (a) Transient waveforms of the fabricated PCSEL. (b) Peak power of the fabricated PCSEL as a function of injection current.