

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(Ⅱ) – フォトニック結晶構造依存性 –

Transient behavior of photonic-crystal lasers with saturable absorbers for nano-second
current excitation(Ⅱ) –Dependence on photonic-crystal structure–

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特異点(Γ 点)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。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、繰り返し周波数 1 GHz 級の高出力・短パルス発振の実証[1,2]に成功している。また、上記の可飽和吸収効果を利用した PCSEL にナノ秒パルス電流注入を行うことで、単一の高出力・短パルス動作の観測にも成功している[3]。今回、共振器損失の異なるフォトニック結晶をもつ 2 種類のデバイスについて、ナノ秒励起過渡応答特性の評価を行い、単一パルス発振時のピーク出力やパルス幅の詳細な比較を行った結果を報告する。

[作製構造] 測定に用いた PCSEL のフォトニック結晶層構造および可飽和吸収領域配置の模式図を Fig.1 に示す。評価を行った 2 つのデバイス(A,B)は、重心間距離 d と二つの空孔の大きさの比 f_1/f_2 を変えることで、面内光閉じ込めの強さと上方への回折効果を調節しており、デバイス B ($d=0.276a, f_1/f_2=1.76$) は、デバイス A ($d=0.264a, f_1/f_2=1.65$) よりも面内損失および放射係数がともに大きな構造である [4,5]。これら 2 つの PCSEL に半値全幅 ~ 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] 2 つのデバイスについて、注入電流値を変化させた場合に得られた出射光の過渡応答波形を Fig.2(a)、第 1 パルスのピーク出力を Fig.2(b)に示す。共振器損失が大きなデバイス B では、閾値電流 I_{th} が増大するものの、単一短パルスが得られる電流値の範囲 ($\sim I_{th}+5A$) が広がっており、最大でピーク出力 50 W 級の単一パルス発振が得られた。これは、面内損失が大きく可飽和吸収領域への光の分布割合が増加するほど、パルス発振時により多くのキャリアの蓄積が必要になり、2 回目以降のパルスが生じにくくなるためと考えられる。ただし、デバイス B のピーク出力は、電流をさらに増加させた場合に飽和傾向にあるため、活性層の利得に対して共振器損失が大きい可能性が考えられる。両デバイスの第 1 パルスの半値全幅の測定結果を Fig.2(c)に示す。デバイス B では、可飽和吸収効果が強まった結果、最短で 20 ps 程度のパルス幅を得ることに成功した。詳細は当日報告する。なお、本研究の一部は、NEDO および SIP の支援を受けた。

[文献] [1] R. Morita et al., Nature Photonics. 15, 311 (2021). [2] 森田 他, 本応物. [3] 増田 他, 2021 春応物 19p-Z10-4. [4] 井上 他, 2021 春応物 17p-Z31-2. [5] 吉田 他, 2021 春応物 17p-Z31-3.

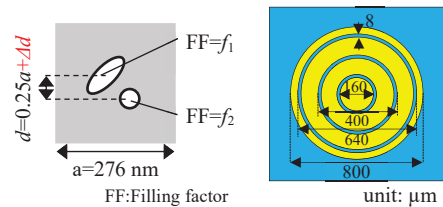


Fig. 1. Schematic of the photonic crystal layer and p-type electrode of the fabricated PCSELs.

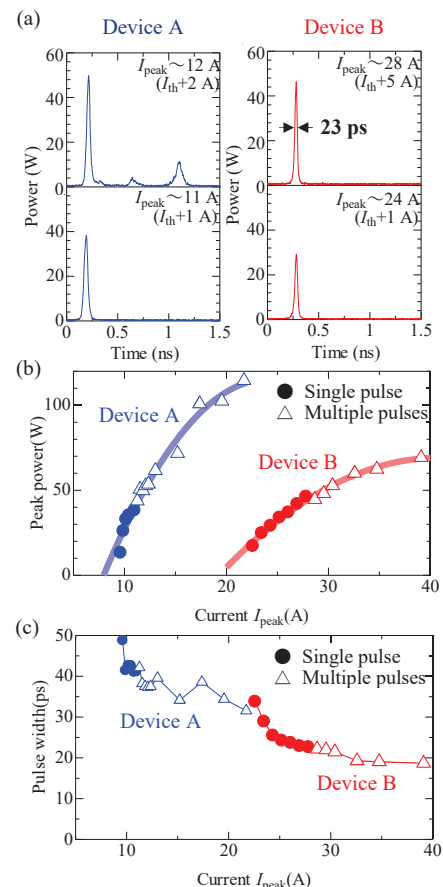


Fig. 2. (a) Transient waveforms of the fabricated PCSELs. (b) Peak power of the fabricated PCSELs as a function of injection current. (c) Pulse width of the fabricated PCSELs as a function of injection current.