

大域的バンド端周波数勾配を導入した短パルスフォトリック結晶レーザーのさらなる高ピーク出力化に向けた検討

Investigations towards higher-peak-power operation of short-pulse photonic-crystal surface-emitting lasers with global band-edge frequency gradation

京大院工 °二五 和樹、井上 卓也、森田 遼平、野田 進

Kyoto Univ. °K. Nigo, T. Inoue, R. Morita, S. Noda

E-mail: nigo@nano.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

【序】 フォトリック結晶レーザー(PCSEL)¹⁾は、2次元フォトリック結晶の特異点(Γ 点等)での共振作用を用いた高輝度面発光レーザーである。我々は、これまで、PCSELに可飽和吸収領域を導入することで高ピーク出力・短パルス自励発振動作の実証に成功するとともに²⁾、可飽和吸収領域を利用しない新たな短パルス化の手法として、大域的バンド端周波数勾配を導入したPCSELを提案し、20Aの電流注入でピーク出力80W級の短パルス動作の実証にも成功している³⁾。今回、上記の周波数勾配のみを導入した短パルスPCSELにおいて、デバイス端部の周波数勾配の形状を変更することにより、さらに高電流(~ 80 A)を注入した際にも安定した自励パルス発振が得られ、可飽和吸収領域を導入せずとも500W超のピーク出力が得られることを見出したので、報告する。

【デバイス構造】 大域的周波数勾配を導入するためのフォトリック結晶層の格子定数変化量について、前回の作製デバイスに採用していた旧設計⁴⁾と、今回新たに設計した格子定数変化量をFig.1(a)に示す。本デバイスでは、旧設計で利得領域内の一方向(u 軸方向)に導入していた放物線状の格子定数変化に対して、利得領域端部で格子定数変化量をさらに増大させている(図中の①)。この新設計により、高電流注入時に領域端部の余剰キャリアにより屈折率が変化することでバンド端周波数が意図しない分布に変化することを抑制し、発振の安定化を狙っている。さらに、新設計では、利得領域外部の格子定数を旧設計の2倍大きく変化させている(図中の②)。これにより、発振開始時に吸収領域に光がより多く漏れ出すことで初期損失が増加し、発振までに蓄積されるキャリア数の増大によるピーク出力の向上を狙っている。なお、同図に示した u 軸方向の周波数勾配に加え、その直交方向(v 軸方向)にも周波数分布を導入することで高次モードの損失を増加させ、高電流注入時にも基本モードでの短パルス発振が維持されるように設計している³⁾。

【解析結果】 Fig.1(a)に示した周波数勾配を導入した2つの光源に高電流(50A)注入を行った場合について、過渡応答波形の解析結果をFig.1(b)およびFig.1(c)に示す。旧設計では高電流注入時に発振が乱れてしまうのに対し、新設計では領域端部に導入した周波数勾配によって安定したパルス発振が得られ、ピーク出力500W級、パルス幅30ps程度の自励パルス発振が実現可能であることがわかる。次に、上記の2つの光源について、ピーク出力の注入電流依存性の解析結果をFig.1(d)に示す。旧設計では注入電流値40A以上において波形の乱れによりピーク出力が減少しているのに対し、新設計では注入電流値の増加に伴いピーク出力が向上し、注入電流値80Aにおけるピーク出力は200W級から600W級にまで増大可能である。詳細は当日報告する。

【謝辞】 本研究の一部は科研費(20H02655, 22H04915)およびSIPの支援を受けた。**【文献】** 1) M. Imada *et al.*, Appl. Phys. Lett. 75, 316 (1999). 2) R. Morita *et al.*, Nat. Photon. 15, 483 (2021). 3) T. Inoue *et al.*, Nat. Commun. 10.1038/s41467-022-35599-2 (2023). 4) 二五他, 2022 秋季応物 21a-A101-5.

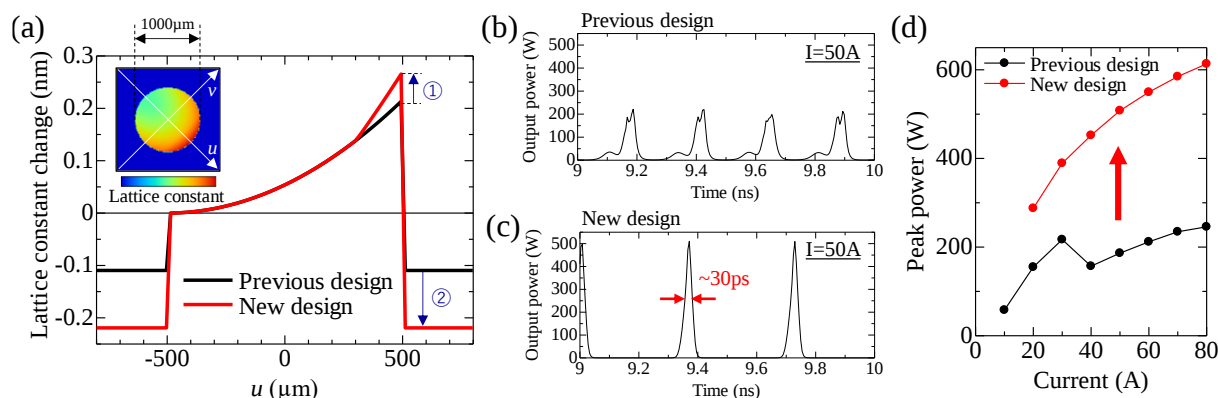


Fig.1. (a) Schematic of the band-edge frequency gradation of the newly and previously designed short-pulse PCSELs. (b) Calculated temporal waveforms of the two devices at 50A. (c) Calculated peak powers of the two devices as a function of injection current.