周波数勾配を導入した短パルスフォトニック結晶レーザーのパルス圧縮効果の解析

Analysis of pulse compression effect in short-pulse photonic crystal lasers with frequency gradation

京大工，○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@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)[1]は、2 次元フォトニック結晶のバンド端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受動 *Q* スイッチングによるパルス幅 35ps 未満・ピーク出力 20W 級の自励パルス発振動作を実証およびさらなるピーク出力増大に成功している [2,3]。また、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、周波数勾配を導入した PCSEL を提案し、パルス幅 50ps 未満・ピーク出力 100W 級のパルス発振動作を得ることに成功している [4]。今回、周波数勾配を導入した PCSEL のパルス発振時の波長変化量の解析を行い、分散補償により、パルス幅 10ps 未満・ピーク出力 600W 超へのパルス圧縮の実現可能性を見出したので報告する。

[解析構造] 解析に用いた周波数勾配型 PCSEL のバンド端周波数の面内分布を Fig.1 に示す。電流注入領域（直径 1mm）内のバンド端周波数（格子定数）を一方向に減少（増加）させることで周波数勾配（256GHz）を導入している。本構造では、フォトニックバンドギャップ（＝PBG）の効果により、勾配が緩やかな領域で発振が始まり、発振時のキャリアの消費によりバンド端周波数が減少し PBG の効果が弱まることで全面発振に移行して高ピーク出力の短パルスが生じる。さらに、設計した勾配の大きさに応じて、パルス発振の前後で発振周波数が大きく変化出来るため、分散補償によるパルス圧縮動作の実現が期待される。

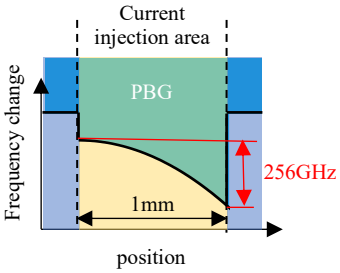

Fig.1. Band-edge frequency distribution of a designed short-pulse PCSEL

[解析結果] 注入電流値 30A における過渡応答波形と波長変化量を Fig.2(a)に示す。ピーク出力 128W、パルス幅約 50ps が得られ、その際の波長変化量は 0.41nm であった。これは、可飽和吸収領域を利用した短パルス PCSEL[2]の波長変化量（約 0.15nm）と比較して 2.7 倍程度大きい。次に、得られた過渡応答波形に対して、分散補償媒質を透過させた後のパルス波形の解析を行った。分散補償媒質の分散を変化させた時に得られた規格化ピーク出力（分散補償前を 1 とする）、およびパルス幅の解析結果をそれぞれ Fig.2(b)(c)に示す。分散 110ps/nm の場合に、補償前の 4.9 倍のピーク出力（627W）、および最短パルス幅 8.6ps が得られる可能性が明らかとなった。詳細は当日報告する。

[謝辞] 本研究の一部は NEDO 高輝度・高性能次世代レーザー技術開発および科研費（20H02655）の支援を受けた。

[文献] 1) Imada *et al.*, Appl. Phys. Lett. 75, 316 (1999). 2) 森田他, 2020 秋季応物 10p-Z18-14. 3) 森田他, 本応物. 4) 井上他, 2020 秋季応物 10p-Z18-16.

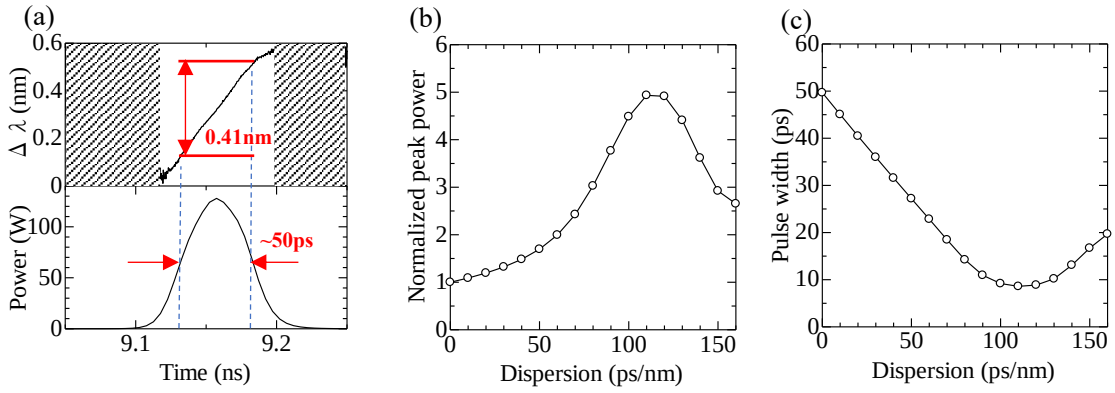

Fig.2. (a) Transient waveform and wavelength change of the designed PCSEL with frequency gradation for a current injection of 30A. (b) Normalized peak power after pulse compression as a function of dispersion. (c) Pulse width after pulse compression as a function of dispersion.

© 2021年 応用物理学会