

利得スイッチングLDの光注入同期動作による第2高調波変換効率の向上 Improvement of SHG conversion efficiency by optical injection locking of a gain-switched LD pulses

○チュン ホアンアン¹, 鄒 何傑², 佐藤 和夫¹, 山田 博仁^{1,2}, 横山 弘之^{1,2}

東北大学 未来科学技術共同研究センター¹, 東北大学 大学院工学研究科²

○H. A. Truong¹, H. -J. Yan², K. Sato¹, H. Yamada^{1,2} and H. Yokoyama^{1,2}

NICHe, Tohoku Univ.¹, Grad. School of Eng., Tohoku Univ.²

E-mail: truonganh@niche.tohoku.ac.jp

はじめに 高ピークパワーで高速繰り返しのナノ秒可視光パルスは、誘導放出脱励起 (STED) 効果を利用した超解像バイオイメージングに有用である。このような光パルスを得る方法として、近赤外利得スイッチング半導体レーザー (GS-LD) の光パルスを増幅して、第2高調波発生 (SHG) 変換する方法がある[1]。しかしこの方法では、励起初期の鋭い緩和発振パルスの影響により、光パルスの時間波形制御が難しいという問題がある。この問題を解決するためにCW光を注入し、半導体レーザー光増幅器 (SOA) をGS動作させる方法を開発し[1], STEDイメージングに有用であることを実証した[2]。今回新たに、ファブリペロー型半導体レーザー (FP-LD) のGS動作において、CW光の注入により狭線幅で矩形状の光パルスが得られ、この特徴が高効率SHG変換を可能にすることを実証したので報告する。

実験方法および結果 直流電流励起の分布帰還型半導体レーザー (DFB-LD) からの単一モードCW光を、GS動作をさせる波長1.06μm帯FP-LDに注入し、駆動条件を最適化することで、FP-LDの注入同期動作を実現した。今回の実験では、発生した光パルスをYb添加光ファイバ増幅器 (YDFA) で増幅した後、周期分極反転構造を有するバルク型の非線形光学結晶 (PPMgSLT) に集光してSHG波長変換を行った。ただし今回は、注入同期動作の有無によるSHG変換特性変化に注目したので、光増幅後の平均パワーを10 mWのレベルに留めた。図1に、FP-LDからの光パルスおよびSHG変換後の光パルスについて、時間波形およびスペクトル形状の例を注入同期の有無で比較して示す。注入同期により時間波形は、立ち上がり時のスパイク状パルスが消失してスムーズな形状になっている。また、SHG光パワーは、注入同期時には3倍の向上が見られたが、これは、注入同期時は光スペクトル帯域が狭いことから、位相整合可能な領域にスペクトルが収まり、高効率にSHG変換が行われているものと考えられる。さらに注入同期時下では、励起電気パルスの時間幅によって、光パルスの時間幅はサブナノ秒から100ns以上まで、矩形的な形状を保持しつつ可変できることも確認された。以上の結果は、GS-LDの光注入同期動作により、高出力型FP-LDから狭いスペクトル線幅で時間幅制御性に優れた矩形状光パルスが得られ、非線形波長変換を含む様々な応用に展開できる可能性があることを示している。

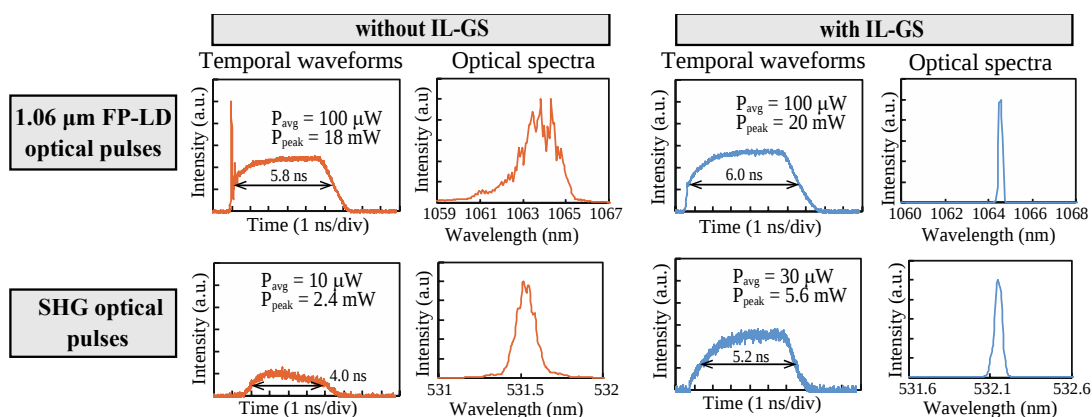


図1 FP-LDからの光パルスおよびSHG変換後の光パルスの時間波形およびスペクトル形状の例。(電気パルス励起条件: 時間幅: 7 ns, パルス電圧: 5V, 繰り返し周波数: 1MHz)

謝辞 本研究の一部は、国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMED) 「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト (Brain/MINDS)」の支援を得た。

[1] J. -H. Hung, et al., Appl. Phys. Express 10, 102701 (2017)

[2] H. Ishi, et al., Biomed. Opt. Express 10, 7 (3104)