

利得スイッチング半導体レーザー出力の直接第二高調波発生による 高ピークパワー緑黄色光パルスの発生

Generation of high-peak-power green-yellow optical pulses by direct second harmonic generation of gain-switched laser diode output

東北大工¹, 東北大院工², 東北大未来研 (NICHe)³, 国立台湾大学⁴

○須貝 亘^{1,3}, 佐藤 和夫³, 山田 博仁^{1,2,3}, 彭隆瀚^{3,4}, 横山 弘之^{2,3}

School of Eng., Tohoku Univ.¹, Grad. School of Eng., Tohoku Univ.², NICHe, Tohoku Univ.³ National Taiwan Univ.⁴

○Wataru Sugai^{1,3}, Kazuo Sato³, Hirohito Yamada^{1,2,3}, Lung-Han Peng^{3,4}, and Hiroyuki Yokoyama^{2,3}

E-mail: wataru.sugai.q5@dc.tohoku.ac.jp

はじめに 近年, 光学顕微鏡技術において, 光の回折による解像度限界 (~200nm) の制約を受けない超解像イメージング技術の開発が進展している. その中で, パルスレーザー光による誘導放出脱励起 (STED) を利用するパルス STED イメージングは, 生体試料中の蛍光タンパク質の褪色を回避する技術として注目されている[1-3]. その技術の汎用化のためには, 小型・高安定な可視光パルスレーザー光源の実現が不可欠であるが, 我々はこれまで, 利得スイッチング (GS) 動作の半導体レーザー (GS-LD) をベースにして光源の開発を進めてきた[2]. GS-LD からの光パルスをそのまま用いることができれば理想的であるが, STED に必要とされる光の波長は多くの場合緑黄色～赤色の領域にあるため, LD からの近赤外域の光パルスを増幅してその第二高調波 (SH) 光を高効率で発生させることが必要になる. 今回, 波長 1.1 μm 帯の分布帰還型 LD (DFB-LD) の GS 動作とそれに同期した半導体レーザー光増幅器 (SOA) の GS 動作を組み合わせることにより, 発生したパルス光を導波路型の周期分極反転 PPMgLN (Periodically Poled MgO-doped LiNbO₃) 素子で直接第二高調波発生 (SHG) 変換してピークパワーが 0.6W の緑黄色光パルスを得たので報告する.

実験および結果 実験では, DFB-LD (発振波長:1120nm) と同一組成の SOA, および導波路型 PPMgLN 素子が一体になったデバイスモジュール (QLD593-6150) を用いて, DFB-LD と SOA のパルス励起の大きさやタイミングの制御を行った. また, モジュール全体の温度を制御することで SHG の位相整合条件の最適化を図った. 現在までに, 動作の諸条件を適切に設定することにより, 繰り返し周波数 5MHz 時に, 時間幅 2.5ns, ピークパワー 0.6W, パルスエネルギー 1.4nJ, 平均パワー 8.3mW の SH 光パルスが得られた. このときの時間波形と光スペクトルを, それぞれ Fig.1 (a) および (b) に示す. 得られた SH 光パルスのピークパワーやパルスエネルギーはパルス STED イメージングに適用できるレベルに達している[3]. DFB-LD の GS 動作では, 原理上は緩和発振に基づく数十 ps 幅のスパイク状の光パルスが最初に発生するが, Fig.1(a) の時間波形にはそれが見られていない. これは, DFB-LD と SOA のパルス励起のタイミングに起因すると考えられ, 現在その動作特性の詳細についても研究を進めている.

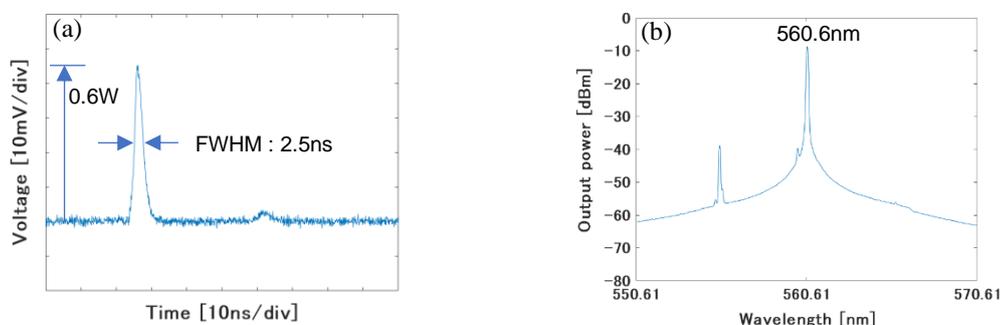


Fig.1. (a) Oscilloscope waveform trace, and (b) optical spectrum for 561nm SHG optical pulses.

謝辞: 本研究の一部は AMED の課題番号 JP20dm0207078 の支援を受けた.

文献 [1] G. Moneron and S. W. Hell, *Opt. Express* **17**(17), 14567-14573 (2009).

[2] Jui-Hung Hung et al., *Appl. Phys. Express* **10**, 102701 (2017).

[3] Hirokazu Ishii et al., *Biomed. Opt. Express* **10**, 3104-3113 (2019).