

半導体レーザーからのバースト光パルスによる非線形光学波長変換

Nonlinear-optic wavelength conversion utilizing burst optical pulses from laser diode

東北大院工¹, 東北大工², 東北大未来研 (NICHe)³

○須貝 亘^{1,3}, 安食総一郎^{2,3}, 佐藤 和夫³, 山田 博仁^{1,2,3}, 横山 弘之^{1,3}

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

◦Wataru Sugai^{1,3}, Soichiro Ajiki^{2,3}, Kazuo Sato³, Hirohito Yamada^{1,2,3}, and Hiroyuki Yokoyama^{1,3}

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

はじめに 近年, 先端的生物イメージング分野においては, 可視光～近赤外領域で波長選択可能であり, 数 ps～数 ns の時間領域で時間幅が可変で, かつ 1MHz 以上の高速繰り返しで光パルスを発生することができる高機能光源の実現が切望されている. 我々は, これまでに, 利得スイッチング半導体レーザー (GS-LD) を基盤技術としてそのような機能を有する小型かつ高安定な光源の開発を進めてきた[1-4]. ピコ秒時間幅の光パルス (ps 光パルス) の場合には, 増幅したのちにスーパーコンティニューム (SC) 光発生に基づいて広帯域波長選択機能が得られるが[1], 時間幅がサブナノ秒以上に長い光パルス (サブ ns 光パルス) では原理的に SC 光発生が容易でなくなる. そのために, サブ ns 光パルスの場合には第 2 高調波発生 (SHG) や和周波発生 (SFG) による波長変換機能に留まっていた[2, 3]. しかし, 我々が新たに見出した光注入 GS-LD からのバースト光パルス (BOP) [3, 5]を利用すれば, 光パルスの包絡線幅がサブ ns であっても SC 光を発生できることが期待される. 今回, その可能性について検討を行ったので報告する.

実験および結果 光パルスによる SC 光発生における重要な機構の 1 つは自己位相変調 (SPM) 効果である. スムースな光パルス包絡線を持つ光に比べて, BOP では包絡線内で ps 時間幅のサブパルス構造を持つので, 同等のピークパワーであっても SPM がはるかに起きやすい. これを検証するために, GS 動作下のファブリー・ペロー型 LD (FP-LD) に外部から単一周波数のレーザー光を注入して, 光注入同期 GS (ILGS) によるスムーズな包絡線のサブ ns 光パルス, および BOP 構造を内包するサブ ns 光パルスを得て, 光増幅をしたのち, 光ファイバー中での SPM を誘起する実験を試行した. その結果を図 1 および図 2 に示す. 図 2 に見られるように, BOP では ILGS に比較して SPM によるスペクトルの広がりが顕著に観測された. このような違いは, SPM の理論計算の結果とも整合する. 今回の結果は, BOP を適当なピークパワーまで増幅して高非線形の光ファイバーに入射させることにより, サブ ns の包絡線幅を持つ SC 光を高効率で発生できる可能性を示唆している.

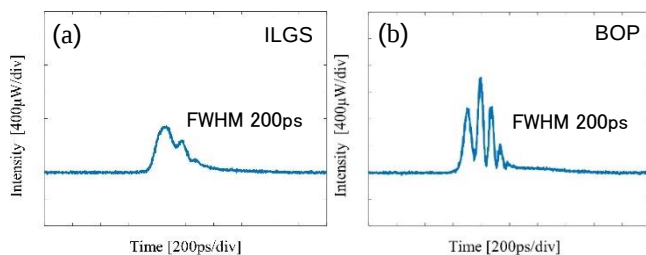


図 1. 光パルスのオシロスコープ観測時間波形. (a) ILGS, (b) BOP. 動作条件等; 繰り返し周波数 (a), (b)ともに 1MHz, パルス電圧 (a) 5V, (b) 5.5V, 励起パルス幅 (a) 550ps, (b) 550ps, 光注入パワー: (a) 6mW, (b) 6.7mW, 平均光出力パワー (a) 15 μW, (b) 18 μW.

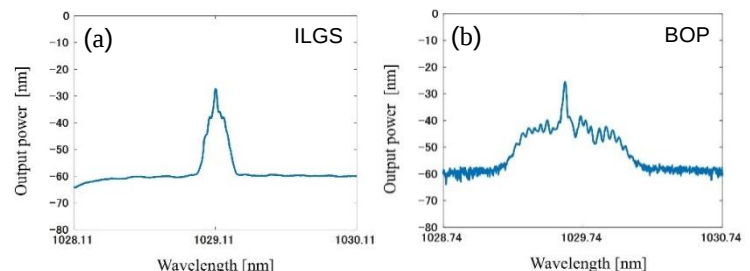


図 2. 図 1 に示す光パルスを増幅してから 3m 長のフォトニック結晶ファイバー (PCF) を通したときに観測された光スペクトル. PCF への入射光平均パワーは, (a), (b)ともに 142mW.

謝辞: 本研究は, 科研費 (20H05669), および AMED (課題番号 JP21dm0207078) の支援を受けて行われた.

文献 [1] H. Yokoyama et al., Journal of Biomedical Optics **12**(5), 054019(2007).

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

[3] Jui-Hung Hung et al., Appl. Phys. Express **12** 082022(2019).

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

[5] 横山弘之, 和田健司, 2020 年秋季応用物理学会 (オンライン開催), Paper 10a-Z21-8, Sep.2020