

マルチカラー誘導ラマン顕微法のための高安定・高速波長切替パルス光源

High-speed wavelength-switched pulse source with improved stability

for multicolor stimulated Raman scattering microscopy

東大院工 ○井上 友貴、田中 駿士、鈴木 祐太、小関 泰之

Univ. of Tokyo, ○Yuki Inoue, Shunji Tanaka, Yuta Suzuki, Yasuyuki Ozeki

E-mail: inoue@ginjo.t.u-tokyo.ac.jp

近年、誘導ラマン散乱 (SRS) による振動分光検出を利用した、高速な無標識生体イメージング手法の研究が進んでいる [1]。特に、分光情報の複数取得を高速化する手法の提案が多くなされている [2-4]。我々は、光源の波長切替を高速化する分光光学系を開発し、52 ns/color での 4 波長切替を可能にした [5]。しかし、光パルス列のタイミングずれが生じやすいなどの課題が残されていた。本研究では、長期安定性を高めた新しい構成の波長切替え光源を開発したので報告する。

製作した波長切替え光源の構成を図 1(a) に示す。Yb ファイバレーザからの広帯域光パルス列を 4 分岐し、各々に回折格子による分光と強度変調器による 2/8 パルスの時間ゲートを施して合波する。4 光路長を等しくし、パルス 2 周期ごとに時間ゲートを ON にする光路をスイッチすることで、合波された光パルス列の 4 波長切替を実現する。

従来構成 [5] では 15 m 程度の光ファイバー遅延線を用いていたが、今回製作した光源は強度変調を 4 光路で独立に行うことでファイバー遅延線を不要とした。光学系のファイバ長が従来の 1/10 以下に短縮されるため、環境温度の揺らぎに由来するファイバ屈折率変化に伴う光路長ずれを軽減し、出力光パルス列のジッターを抑制することが期待される。なお、本構成は回折格子前にビーム拡大系を挿入し、光増幅後のスペクトル幅の狭帯域化を試みている。

図 1(b)(c) に波長切り替え光源のオシロスコープ波形と光スペクトルをそれぞれ示す。4 波長切替を 52 ns ごとに実現し、従来構成 [5] と同等の切替速度を維持している (図 1(b))。また、>3 W までは光増幅したときのスペクトル幅は 0.5 nm 以下に抑えられており、十分な分光分解能を達成している (図 1(c))。安定性の評価や SRS イメージング結果の詳細は講演で報告する。

参考文献 [1] J. -X. Cheng and X. S. Xie, *Science* **350**, aaa8870 (2015). [2] Y. Ozeki *et al.*, *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* **25**, 7100211 (2019). [3] Y. Ozeki *et al.*, *Nat. Photon* **6**, 845 (2012). [4] Y. Wakisaka *et al.*, *Nat. Microbiol.* **1**, 16124 (2016). [5] Y. Suzuki *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* (in press).

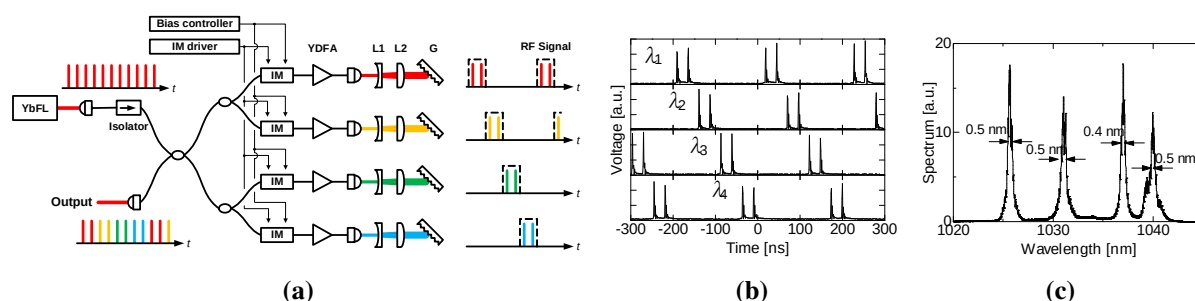


図 1: (a) Schematic of wavelength-switched pulse source with improved stability. IM: intensity modulator, G: grating, L1-2: lenses, YDFA: Yb-doped fiber amplifier, YbFL: Yb fiber laser. (b)(c) The characteristics of the wavelength-switched pulse train. (b) Oscilloscope trace. (c) Optical spectrum.