

共振器内フィルタを有する 高速波長可変ピコ秒モード同期ファイバレーザ

Fast Wavelength-Tunable Picosecond Pulses from Passively Mode-Locked Er Fiber Laser using an Intracavity Filter

田代 大悟¹, 小関 泰之¹(1. 東大工)

Daigo Tashiro¹, Yasuyuki Ozeki¹ (1. The Univ. of Tokyo)

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

近年、無標識で生体を観察する方法として誘導ラマン散乱(SRS)顕微法[1-3]が注目されている。ただし、SRS 顕微法で用いられる波長可変ピコ秒光パルス光源には厳しい要求条件があり、(i) ミリ秒オーダーでの波長掃引が可能であること、(ii) パルス幅が数ピコ秒であること、(iii) 2 色のパルスを同期させるために、繰り返し周波数が一定であること、(iv) 小型であること、などが挙げられる。今回、このような光源を実現する一手法として、偏波保持(PM)受動モード同期ファイバレーザ(PMLFL)を開発したので報告する。この PM-PMLFL は、Er 添加ファイバ(EDF)、半導体可飽和吸収体ミラー(SESAM)、共振器内フィルタを有しており、(i) パルス幅が 10 ps 程度、(ii) 1 ms 以下の高速波長掃引が可能、(iii) 繰り返し周波数の変化量が 300 Hz 以下、などの特性を有する。

開発したリニアキャビティ型 PMLFL[4]の構成図を Figure 1 に示す。PM-EDF, SESAM, 10 %カプラ, 光分割多重(WDM)カプラ, 波長可変フィルタから成る。フィルタにはガルバノスキャナ(GS), 2 対のレンズ, 回折格子(G)を用いる。GS での光の反射方向を変化させ、回折格子へ入射する角度を変化させることにより、発振波長を選択する。EDF の中心で軸の 90 度ひねり融着を施し、PM ファイバによる偏波モード分散を補償することで連続波長可変性を実現している。レンズと回折格子の距離を変え、波長ごとに異なる遅延を導入することで、ファイバの群速度分散(GVD)を補償し、波長掃引に伴う繰り返し周波数の変化を低減した。

Figure 2 にこのレーザの特性を示す。自己相関波形を(a)に、光スペクトルを(b)に示す。波長可変幅は 1541 nm から 1574 nm までの 30 nm 程度である。(c)は繰り返し周波数を表しており、変化量は 300 Hz 程度に収まる。(d)に示す通り、波形をガウス波形と考えた場合、パルス幅は 9~15 ps であり、スペクトル幅は 0.25~0.4 nm である。(e)は、光パワーが 0.4~0.7 mW であることを示している。

Figure 3 は 2 波長での波長切り替え時の光パルスのオシロスコープ波形を示している。(a)は 1565.4 nm から 1554.1 nm への波長切り替え時、(b)は 1554.1 nm から 1565.4 nm への波長切り替え時を示す。いずれも 0.7 ms 以下で波長を切り替えることが可能である。

本稿では、高速波長可変ピコ秒 PMLFL を実証した。同様の構成を Yb ファイバレーザに適用することで、波長可変帯域の更なる拡大が期待できる。

参考文献

- [1] Freudiger *et al.*, Science **322**, pp. 1857-1861 (2008).
- [2] Nandakumar *et al.*, New J. Phys **11**, p. 033026 (2009).
- [3] Ozeki *et al.*, Opt. Express **17**, pp. 3651-3658 (2009).
- [4] US Patent, PCT/US2000/019170

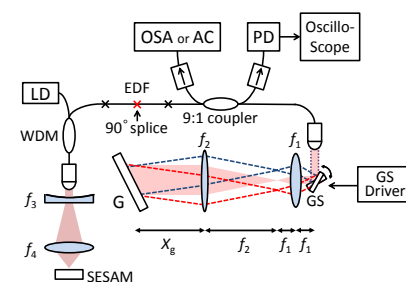


Fig. 1. 実験構成図. $f_1 = 35$ mm, $f_2 = 125$ mm, $f_3 = -50$ mm, $f_4 = 11$ mm. $X_g = 33$ mm.

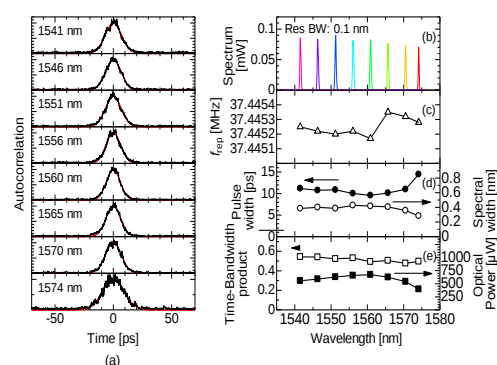


Fig. 2. PMLFL の特性. (a) 自己相関波形. (b) スペクトル. (c) 繰り返し周波数. (d) 左: パルス幅. 右: スペクトル幅. (e) 左: 時間帯域幅積. 右: 光パワー.

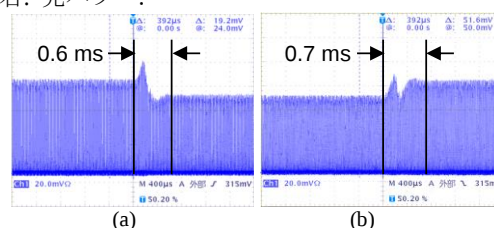


Fig. 3. 波長掃引時のオシロスコープ波形. (a) 1565.4 nm から 1554.1 nm へ, (b) 1554.1 nm から 1565.4 nm への切り替え.