

双方向偏波多重モード同期ファイバーレーザー

Bi-directional Polarization-Maintaining Mode-Locked Fiber Laser

東大先端研¹ °宇山 康太¹, 白畑 卓磨¹, セット ジイヨン¹, 山下 真司¹

RCAST, The Univ. of Tokyo¹, Univ. of Cambridge²

°Kota Uyama¹, Takuma Shirahata¹, Sze Yun Set^{1,2} and Shinji Yamashita¹

E-mail: uyama@cntp.t.u-tokyo.ac.jp

2つの光周波数コムを単一の光共振器内で発生させるデュアルコム光源は雑音をキャンセルできるという特長を有するため、デュアルコム計測において重要な技術である[1, 2]。コストや安定性に優れた光ファイバーを用いたデュアルコム光源を多く提案されている[3]。筆者らは先行研究において、曲げ損失の微調整および励起光偏波多重を用いた偏波間の損失補償により、全偏波維持(PM)構成の単一光共振器において偏波多重モード同期動作を実証してきた[4, 5]。これらの報告では、全偏波構成であるため安定なモード同期動作が可能になるが、光共振器内に含まれる素子の偏波消光比が低いことに起因した偏波クロストークが問題となっていた。本研究では偏波クロストークの改善を目的として、双方向で直交する偏波のみが伝搬する構成を用いて、双方向偏波多重モード同期動作を実現した。

Figure 1に示す光共振器構成により、双方向偏波多重動作を達成した。利得媒質と可飽和吸収体には、それぞれPM-EDFとフェルル端面にスプレーしたカーボンナノチューブを用いた。90度回転融着によって一方のLD(976 nm)から出力される光の偏波を速軸に切り替えることで、直交偏波でのPM-EDF励起を実現する。光共振器の中に偏波によって異なる方向に動作する光アイソレーターを導入することで、双方向で直交した偏波の光伝搬が可能になる。

遅軸と速軸の励起光パワーを~10 mWと~80 mWとした場合に双方向偏波多重モード同期発振を観測した。Figure 1によって定義されるOutput 1とOutput 2の平均出力パワーはそれぞれ-2.6 dBmと-6.1 dBmであった。Figure 2は分解能帯域幅を0.05 nmに設定した光スペクトラムアナライザ(ANDO, AQ6317)を用いて測定した結果であり、それぞれの光スペクトルに対してsech²型でフィッティングを行った。Output 1とOutput 2の3-dB光帯域幅はそれぞれ4.13 nmと4.52 nmである。またオシロスコープ(Tektronix, MDO3104)による時間波形およびRFスペクトラムアナライザ(Agilent, E4401B)によるRFスペクトルも測定しており、これらの測定結果から繰り返し周波数は20.672968 MHzと20.678468 MHzと観測された。従って2つのモード同期パルス間の繰り返し周波数差は5.500 kHzであり、複屈折率の典型値 3.88×10^{-4} とコアの屈折率1.465を用いて計算した理論的な繰り返し周波数差5.416 kHzとよく一致する。我々が提案・実証した双方向偏波多重方式は、従来の同方向偏波多重方式の課題であった偏波クロストークを大きく改善するだけでなく、安定な発振を実現するための革新的な手法である。

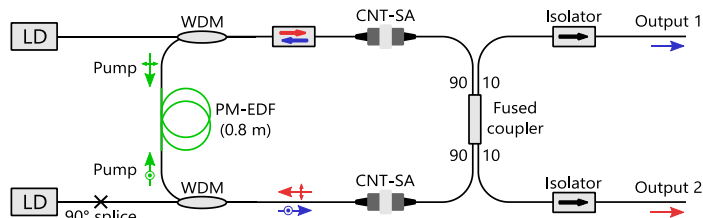


Figure 1. Configuration of bi-directional polarization-multiplexing mode-locked fiber laser. LD: laser diode, WDM: wavelength division multiplexer, PM-EDF: polarization maintaining erbium doped fiber, CNT-SA: carbon nanotube saturable absorber.

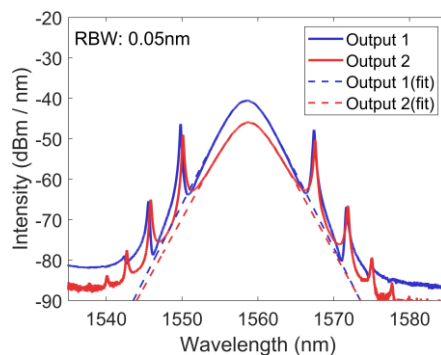


Figure 2. Optical spectra which are obtained from polarization-multiplexing mode-locked fiber laser

[1] I. Coddington *et al.*, Nat. Photonics **3**, 351 (2009).

[2] I. Coddington *et al.*, Optica **3**, 414 (2011).

[3] R. Liao *et al.*, J. Phys. Photonics **2**, 042006 (2020).

[4] K. Uyama *et al.*, CLEO, SW4R.2 (2020).

[5] 宇山 康太 他, 応物秋季学術講演会, 10a-N107-6 (2021).