

ガス分光に向けた中赤外波長掃引分散チューニング光ファイバレーザ

Mid-Infrared Wavelength Swept Dispersion Tuned Optical Fiber Laser for Gas Spectroscopy

東京大学 ○鈴木 昂平, 津田 幸宏, セット・ジ・イヨン, 山下 真司

E-mail: k.suzuki@cnp.t.u-tokyo.ac.jp

波長 2 μm 帯には、二酸化炭素や水といったガスの吸収線が存在する。その計測のためには広帯域な波長可変レーザが必要になる。本研究では分散チューニング[1]という技術を使って、波長 2 μm 帯の波長可変パルスレーザを実現した。

分散チューニングでは、共振器内に高分散媒質を挿入し、強度変調をかけることで能動モード同期パルスレーザを構成する。変調周波数を変化させることでパルスの中心周波数をチューニングすることができる。

[1]

Fig. 1 は本研究での分散チューニング光ファイバレーザの実験系である。トリウム添加ファイバ (Thulium Doped Fiber: TDF) をゲイン媒質として 1.9 μm 帯でパルス発振する。強度変調器にはファンクションジェネレータ 1 (以降 FG1) から正弦波で変調をかけ、その周波数を FG2 からの鋸波を使って掃引することができる。分散媒質として偏波維持ファイバ (Polarization Maintaining Fiber: PMF) を 50m 挿入し、系全体を PM のコンポーネントで作製した。

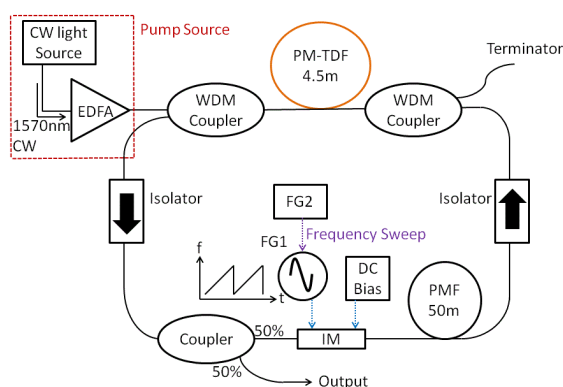


Figure 1 Schematic of experiment setup. CW: continuous wave, EDFA: erbium doped optical fiber amplifier, WDM: wavelength division multiplexing, PM-TDF: polarization maintaining-Thulium doped fiber, FG: function generator, IM: Intensity modulator, PMF: polarization maintaining fiber.

FG2 をオフにして、FG1 からの変調周波数を手で変えることで静特性を光スペクトラムアナライザで計測した結果が Fig. 2 である。励起のための CW (Continuous Wave) 光源は波長 1570 nm、出力 3dBm で、EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier) で 26.2dBm まで増幅される。レーザの出力パワーは 3.57 dBm であった。強度変調器に対する直流バイアスは約 6 V、FG1 からの変調信号は振幅が 5V、変調周波数を 1.898184 GHz ~ 1.899847 GHz の間で変化させることにより中心波長 1840.1 nm ~ 1958.9nm でパルス発振した。Fig. 2 より、変調周波数と、出力パルス光の中心周波数は、線形の関係であることが確認できる。静特性の結果から、共振器全体の分散は 2.28[ps/nm]であると算出される。[1]

次に、FG2 をオンにし、掃引周波数 10 Hz で、変調範囲を約 1.898GHz から 1.9GHz にかけて掃引した。光スペクトラムアナライザとオシロスコープで、それぞれ波長スペクトルと時間波形を計測した。光スペクトラムアナライザは 102 ms のピークホールドにより計測した。結果が Fig. 3 の(a),(b)である。その出力光を、

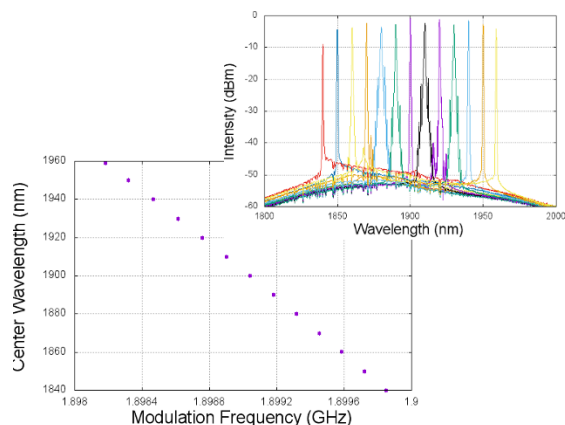


Figure 2 Statistic property of dispersion tuned fiber laser.

約 8nm の周期的な波長透過特性を持つサンプルを用いて、透過特性を計測した結果が Fig. 3 の(c),(d)である。このサンプルとしては、長さ 1m の PMF とボラライザからなる複屈折フィルタを用いた。Fig. 2 で見たように変調周波数に対して線形に波長が変わるため、波長スペクトルと時間波形で同じ特性が確認できている。これはすなわち、スペクトルを直接計測しなくても、時間波形を計測すればスペクトル分光ができるということを示しており、このレーザを用いることで分光装置がシンプルかつ安価に実現できる。

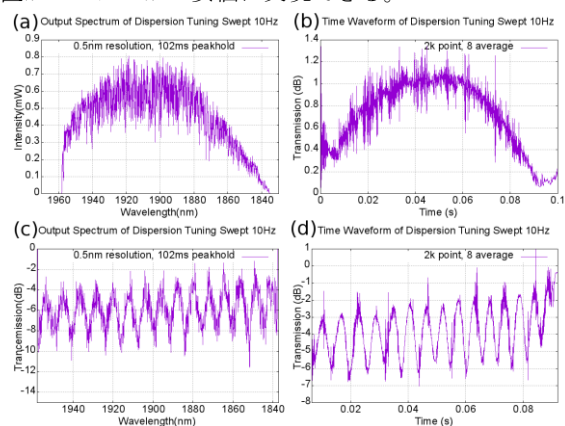


Figure 3 Dynamic property of wavelength swept dispersion tuned fiber laser. Sweeping frequency is 10Hz. (c) and (d): are measurement result of a tested sample with spectral ripples.

このように、分散チューニングにより波長 1.9 μm 帯での能動モード同期での波長可変パルスレーザの実現に成功した。これを用いて、水蒸気や二酸化炭素の分光測定を計画している。また、TDF の長さ等を最適化することでゲインを調節し、波長 1.95~2.05 μm でのパルス発振ができれば二酸化炭素の分光測定も可能である。

参考文献

- [1] Y. Takubo and S. Yamashita, "High-speed dispersion-tuned wavelength-swept fiber laser using a reflective SOA and a chirped FBG," Opt. Express 21, 5130–5139 (2013).