

20a-C8-8

光周波数安定化 15-GHz, カーレンズモード同期 Yb:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> セラミックレーザーFrequency stabilized 15-GHz, Kerr-lens mode-locked Yb:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic laser東大物性研<sup>1</sup>, JST ERATO<sup>2</sup>, ◦遠藤 護<sup>1,2</sup>, 伊藤 功<sup>1,2</sup>, 小林 洋平<sup>1,2</sup>ISSP, Tokyo Univ.<sup>1</sup>, JST ERATO<sup>2</sup>, ◦Mamoru Endo<sup>1,2</sup>, Isao Ito<sup>1,2</sup>, Yohei Kobayashi<sup>1,2</sup>

E-mail: endo@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】周波数コムへの応用を考えた時、元となるモード同期レーザーの繰り返し周波数が重要な性能の一つとなる。繰り返し周波数が一般的な分光器の周波数分解能である 4 GHz を超えると、縦モードを分離して直接測定することができるようになり、広帯域精密分光や天文用分光器の波長校正、任意の光パルス生成などへの応用が広がる。これまでに我々は LD 励起型カーレンズモード同期レーザーによって 6 GHz の繰り返し周波数を達成していたが[1]、上記の応用を行うには 10 GHz 以上のより高い繰り返し周波数が望ましい。今回はレーザー共振器の改良により、15 GHz でのカーレンズモード同期に成功した。カーレンズモード同期での繰り返し周波数としては、チタンサファイヤレーザーによる 10 GHz が最高であったが[2]、この記録を大幅に更新することができた。また、その光周波数を ULE 共振器に対して安定化することにも成功した。

【実験】作成したモード同期レーザーを Fig 1(a)に示す。励起光源としてシングルモードファイバにカップルした半導体レーザーダイオード（波長 976 nm、最大出力 1 W）を使用し、二枚のレンズでレーザー媒質であるセラミックに集光している。共振器は 4 枚のミラーで構成された bowtie 型を採用した。ゲイン媒質は Yb<sup>3+</sup>イオンが 3 at.% ドープされた厚さ 1 mm の Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> セラミックを用いている。レーザー出力は CM の透過光を使用し、60 mW 程度である。Fig 1(b)はレーザーの光スペクトルであり、繰り返し周波数が十分に高いためにレーザーの縦モードが明瞭に分離している。スペクトル幅は 1080 nm 中心に 7 nm である。繰り返し周波数は共振器内のピエゾ素子により 15 GHz にロックした。また、出力を ULE 共振器にロックしたレーザー（波長:1078.8 nm、光周波数ドリフト:160 mHz/s）と合波してビートを取り、AOM を用いてビートの周波数を 173 MHz の RF 標準に位相同期した。Fig. 1(c) はロックした際のビート信号であり、10 Hz – 10 MHz で積算した位相雑音は 0.61 rad である。Fig. 1(d) はロックした際のビート周波数（上）と繰り返し周波数（下）をカウンタで記録した結果である。

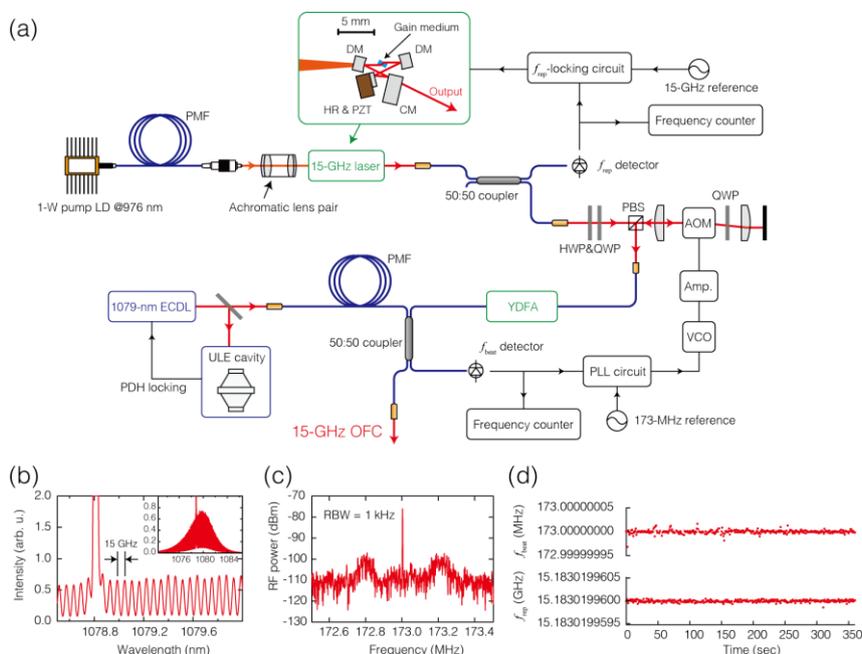


Figure 1 (a) The experimental apparatus of the 15-GHz OFC. PMF; polarization-maintaining fiber, DM; dichroic mirror, HR; high-reflection mirror, CM; chirped-coated mirror, HWP (QWP); half (quarter)-wave plate, Gain medium; 1-mm-thick, non-coated 3at.% Yb:Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic, PBS; polarization beam splitter, VCO; voltage-controlled oscillator, Amp.; RF amplifier, f<sub>rep</sub> (f<sub>beat</sub>) detector; 50-GHz (25-GHz) InGaAs photodetector, PDH locking; Pound-Drever-Hall locking. (b) Optical spectra of the 15-GHz OFC and the ECDL. (c) Stabilized beat signal between the 15-GHz OFC and the ECDL. (d) Long-term stability measurement of f<sub>beat</sub> (top) and f<sub>rep</sub> (bottom) using frequency counters with a gate time of 1 s.

[1] M. Endo, A. Ozawa, and Y. Kobayashi, "6-GHz, Kerr-lens mode-locked Yb:Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic laser for comb-resolved broadband spectroscopy," *Opt. Lett.* **38**, 4502–5 (2013).

[2] A. Bartels, D. Heinecke, and S. A. Diddams, "Passively mode-locked 10 GHz femtosecond Ti:sapphire laser," *Opt. Lett.* **33**, 1905–7 (2008).