カーレンズモード同期 Tm^{3+}:Lu_2O_3 セラミックレーザーの開発

Kerr-lens mode-locked Tm^{3+}:Lu_2O_3 ceramic laser

電気通信大学 レーザー新世代研究センター ○(M2)鈴木 杏奈，戸倉川 正樹
University of Electro-Communications, Institute for Laser Science
°Anna Suzuki, Masaki Tokurakawa
E-mail: a_suzuki@ils.uec.ac.jp

波長 2 μm 帯超短パルスレーザーは、ポリマー加工や LIDAR、レーザーメスや呼気分析、また超広帯域連続光や光パラメトリック発振器による分子の指紋領域と呼ばれる 2.5~10 μm 帯への波長変換や高次高調波発生による軟 X 線領域への波長変換の基本波等、様々な応用への可能性から高い関心を集めている。2 μm 帯レーザーの代表的な利得媒質である Tm^{3+}添加媒質の中でも、Tm^{3+}:RE_2O_3(RE=Sc, Lu or Y)は長波長側である 2.0~2.1 μm 帯に比較的広帯域な利得スペクトルを有している。<1950 nm の水蒸気の強い吸収が存在する領域を避けたレーザー動作が可能であり、かつ室温で準 4 準位動作が可能な媒質である。また、高い熱伝導率や小さな熱光学定数など熱機械特性にも優れており、高出力なモード同期レーザーの利得媒質として優れた性質を有している[1]。しかし Tm^{3+}:RE_2O_3 は非常に高融点(>2300℃)であることから、単結晶の結晶成長および大型化が難しいといった難点がある。そこで近年、融点よりも低い焼結温度で作製が可能であるセラミックが単結晶に代わるレーザー媒質として注目を集めている[2]。セラミックは単結晶に比べ作製および大型化が容易であり、かつ単結晶よりも高い機械的強度を示す。本研究では、Tm^{3+}:Lu_2O_3 セラミックを用いたカーレンズモード同期レーザーの開発を行った。

図 1 に実験構成を示す。励起光源には波長 1629 nm ラマンファイバーレーザー（最大出力 2.7 W）を用いて in-band 励起を行っており、利得媒質は Tm^{3+}:Lu_2O_3 セラミック（1.5 at.%添加、結晶長 4 mm）をブリュースター角で配置した。分散補償には GDD~-1000 fs^2 を有する分散補償鏡を用いており、出力鏡には透過率 1%のものを用いた。最大平均出力 153 mW 時のスペクトルを図 2 に示す。この時スペクトル幅 46 nm（中心波長 2087 nm）が得られ、対応するフーリエ限界パルス幅は約 100 fs であった。本研究では、我々が知る限りでは世界で初めて Tm^{3+}:Lu_2O_3 セラミックを用いたカーレンズモード同期レーザーを実証した。

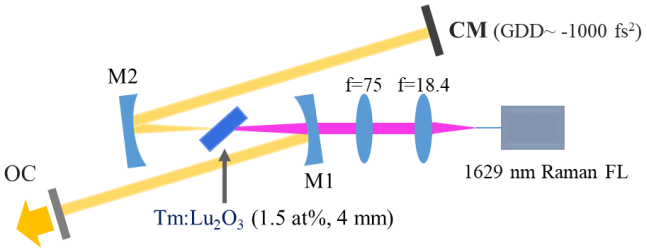

図 1. Tm^{3+}:Lu_2O_3 レーザー実験構成

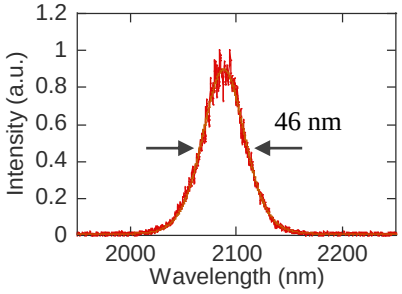

図 2. 最大平均出力 153 mW 時のスペクトル

[1] P. Koopmann, Ph.D thesis, Uni. HH (2010)
[2]O. Antipov et.al., “Highly efficient 2 μm CW and Q-switched Tm^{3+}:Lu_2O_3 ceramics lasers in-band pumped by a Raman-shifted erbium fiber laser at 1670 nm”, Opt. Lett. **41**, 2298(2016).