

共振内スペクトル広帯域化を伴うモード同期 Tm:Sc₂O₃ laser レーザー

Mode-locked Tm:Sc₂O₃ laser with intracavity spectral broadening

¹電気通信大学, レーザー新世代研究センター, ²Zentrum für Lasermaterialie, Leibniz-IZ

○(M2) 鈴木 杏奈¹, クランケル クリスティアン², 戸倉川 正樹¹

¹University of Electro-Communications, Institute for Laser Science, ²Zentrum für Lasermaterialien

○Anna Suzuki¹, Christian Kränkel², Masaki Tokurakawa¹

E-mail: a_suzuki@ils.uec.ac.jp

波長 2μm 帯の超短パルスレーザーは、ポリマー材料の加工、LIDAR や医療応用、超広帯域連続光や高次高調波発生等、様々な応用への期待から高い関心を集めている。Tm:RE₂O₃ (RE=Sc, Lu, Y) は H₂O の吸収の少ない波長>2μm 帯に比較的広帯域な利得スペクトルを有し、また高い熱伝導率や小さな熱光学定数など良好な熱機械特性を示す[1]。

我々はこれまで Tm:Sc₂O₃ 単結晶を用いて高出力化、短パルス化を目指したカーレンズモード同期レーザーの開発を行ってきた[2]。今回我々は更なる短パルス化を主な目的とし、分散補償素子を従来のプリズム対から分散補償鏡(R>99.9%, GDD ~-1000 fs²)に変更し、さらに反射率>99.7%を有する分散補償鏡(GDD ~-200 fs²)を出力鏡に用いることによって共振器内損失を従来よりも低下させた構成とし、Tm 固体レーザーの波長帯域をはるかに越えたレーザー動作に成功した。

得られた出力特性およびスペクトルを図 1(a),(b)に示す。平均出力 34 mW 時においてモード同期動作が得られ、この時 Tm:Sc₂O₃ の利得帯域外である 2200~2350 nm の領域にスペクトル成分が出現し、励起パワーを増加させるにつれ図 1 (b)に示すようにこれらの成分が成長することが確認された。これは誘導ラマン散乱によるものであると考えられ、Yb 固体レーザーにおける最短パルス発生にも利用されている[3]。今回得られたメインのスペクトル成分の半値全幅は 75 nm であり、フーリエ限界パルス幅は 65 fs 程であるが、全スペクトルから計算されるフーリエ限界パルス幅は約 38 fs である。現在のところ分散補償鏡の帯域幅が 2250nm までしかないので、サブ 40fs のパルスは計測できていないが、適切な分散補償を用いることによって波長 2μm 帯での最短パルス幅を大きく更新するサブ 40 fs(サブ 7 サイクル)パルスの発生が可能であると考えられる。

またこの現象が観測された理由としては①共振器の損失が少なくなったこと、②共振器を構成するミラーの反射帯域が広がったことが挙げられる。比較として反射率 99%の出力鏡を用いて同様の実験を行ったところ、出力 245 mW、スペクトル幅 76 nm、フーリエ限界パルス幅 62 fs が得られたが、スペクトルの広帯域化は観測されなかった。

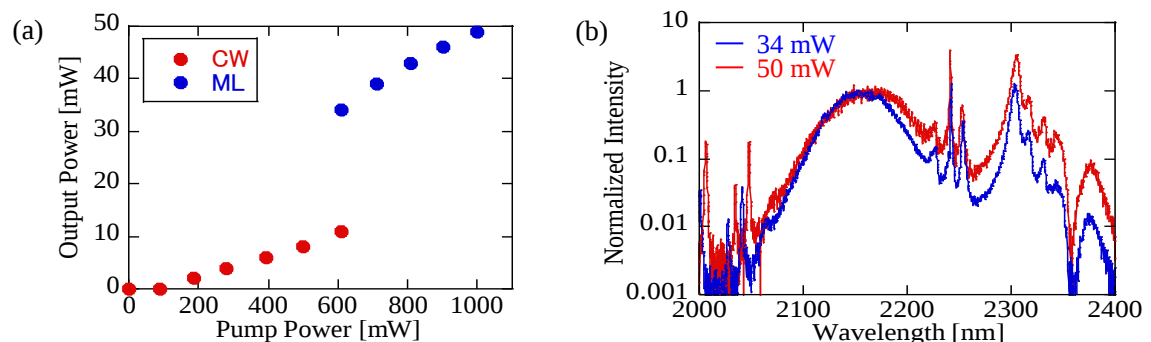


図 1.(a)出力特性 (b)スペクトル (赤: 50 mW 時, 青: 34 mW 時)

[1] P. Koopmann, Ph.D thesis, Uni. HH (2010)

[2] 戸倉川 正樹, 藤田 慧祐, 益子 裕, クランケル クリスティアン「サブ 200 fs カーレンズモード同期 Tm³⁺:Sc₂O₃ レーザー」第 64 回応用物理学会春季学術講演会 15a-213-8

[3] S. Kimura et al. "Raman-assisted broadband mode-locked laser" Scientific Reports, volume 9, Article number: 3738 (2019)