

Tm:RE₂O₃(RE=Lu, Sc)複合利得媒質を用いた カーレンズモード同期レーザーによるサブ9サイクルパルス発生

Sub-9-cycle pulse generation from the Tm:RE₂O₃ combined gain media

Kerr-lens Mode-locked laser

電気通信大学, レーザー新世代研究センター¹, Zentrum für Lasermaterialien, Leibniz-IKZ²

○(D) 鈴木 杏奈¹, Christian Kränkel², 戸倉川 正樹¹

University of Electro-Communications, Institute for Laser Science.¹, Zentrum für Lasermaterialien, Leibniz-IKZ²,

○Anna Suzuki¹, Christian Kränkel², Masaki Tokurakawa¹

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

Tm³⁺添加利得媒質は、同波長帯で動作する Ho に比べ広帯域な利得を有し、また 800 nm 帯高出力レーザーダイオードによる直接励起が可能であることから高出力・高効率な超短パルスレーザーの利得媒質として高い注目を集めている。中でも近年、Tm 固体レーザーによる超短パルス発生が盛んに研究されており、広帯域な利得を示す混晶などの disordered 材料を利得媒質に用いたモード同期レーザーによりサブ 100 fs パルスが次々に報告されるようになった [1,2]。しかしこれらの disordered 材料は、広帯域な利得と引き換えに熱伝導率の低下や散乱損失の増加が避けられず、効率や高出力化の面において問題となってしまう。そこで本研究では、2 つの異種利得媒質 Tm:Lu₂O₃、Tm:Sc₂O₃ を 1 つの共振器に取り込み、それぞれの利得帯域を線形に結合することで広帯域な利得を得る複合利得発振器[3]により超短パルス発生を行う。この手法では利得媒質の熱機械特性を損ねることなく広帯域な利得を得ることができ、また両利得媒質の適切な組み合わせにより利得形状の成形も可能となる。

Fig.1(a)に実験構成を示す。共振器は Z 型の非点収差補償共振器とし、利得媒質には Tm³⁺(1.5 at.%)Lu₂O₃(結晶長 4 mm)、Tm³⁺(1 at.%)Sc₂O₃(結晶長 3.7 mm)を用いた。励起光源は波長 1611 nm Er:Yb fiber MOPA を使用し、前方に吸収の弱い Tm:Lu₂O₃ を配置し、Tm:Lu₂O₃ からの残存励起光で Tm:Sc₂O₃ を励起することで利得形状が平坦となるようにした。エンドミラーに分散補償鏡 (GDD:~-200 fs²)を用いて共振器全体の GDD を~-800 fs² とし、モード同期はカーレンズモード同期によって実現した。出力鏡は透過率 0.5%のものを使用し、また出力パルスは 1 mm の Si プレート (GDD:~+760 fs²)を用いて外部圧縮を行った。

Fig.1(b, c)に最大励起 1.2 W 時のモード同期スペクトルおよび自己相関波形を示す。66 fs のパルスが平均出力は 52 mW、繰り返し周波数 9.2 MHz において得られた。Si プレートにより出力パルスの圧縮を行ったところパルス幅 60 fs が得られ、時間帯域幅積 0.330 とフーリエ限界に近いパルスが得られた。Fig2(b)に示すように、2000-2200 nm にかけて広がったスペクトルが得られ (FWHM:80.5 nm)、Tm:Lu₂O₃, Tm:Sc₂O₃ 両利得媒質の利得帯域を利用したスペクトルの広がりが確認できた。

今後、共振器の分散値の最適化によりサブ 50 fs の発生を目指し、また取り出し効率を増加させることで高出力化を図る

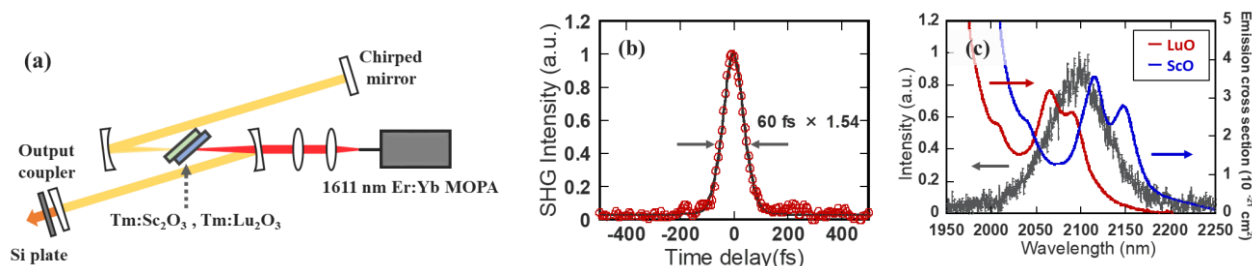


Fig.1 (a)Experimental configuration, (b)Autocorrelation trace after external compression, (c)Mode-locked spectrum(gray), Fluorescence spectra of gain media

Reference

- [1] Y. Wang et al., "Sub-10 optical-cycle passively mode-locked Tm:(Lu₂/3Sc₁/3)2O₃ ceramic laser at 2 μm," Opt. Express **26**, 10299-10304(2018).
- [2] Y. Zhao et al., "SESAM mode-locked Tm:LuYO₃ ceramic laser generating 54-fs pulses at 2048 nm" Appl. Opt. **59**, 10493 (2020).
- [3] M. Tokurakawa et al., "Diode-pumped ultrashort-pulse generation based on Yb₃₊:Sc₂O₃ and Yb₃₊:Y₂O₃ ceramic multi-gain-media oscillator" Opt. Express **17**, 3353 (2009).