Kerr レンズモード同期 Yb:LuAG セラミック薄ディスクレーザー

Kerr-Lens Mode-Locked Yb:LuAG Ceramic Thin-Disk Laser

電通大レーザー研¹, 神島化学工業㈱² ^O(D)北島 将太朗¹, 白川 晃¹, 八木 秀喜², 柳谷 高公²

ILS, Univ. of Electro-Communications¹, Konoshima Chemical Co. Ltd.²,

Shotaro Kitajima ¹, Akira Shirakawa ¹, Hideki Yagi², Takagimi Yanagitani²

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

1. はじめに

モード同期薄ディスク型レーザーは媒質中の熱 光学効果も極めて小さいため、現段階で最も高い 平均出力と短いパルス幅を両立できる超短パル スレーザー光源としてあらゆる分野で利用され ている。今日までにYb:YAG (Y₃Al₅O₁₂)薄ディス クを用いた Kerr レンズモード同期(KLM)共振 器にてパルス幅140fs、出力155 Wが報告されて いるが[1]、依然として100 fs 以下のパルス幅と 10 W 以上の出力の両立は困難である。これらの 原因の一つは媒質に固有の特性である利得帯域 幅や熱伝導率にある。よってYb:YAG を代替する ような新たな利得媒質の探索は、短パルス化と高 出力化の双方の観点から非常に重要である。

そこで本研究では代替となる利得媒質の候補の 1 つである Yb:LuAG (Lu₃Al₅O₁₂) セラミックを用 いた KLM 薄ディスクレーザーを構築することで、 その有用性の評価を行った。Yb:LuAG はイオンを 高濃度添加したときにも熱伝導率の低下が少な いという利点があるため、Yb:YAG と比べて高出 力化の点で有利である。同材料を用いたモード同 期薄ディスクレーザーは、単結晶とセラミックの 双方を含めて世界初の実証である。

2. Kerr レンズモード同期実験

Fig.1 に Kerr レンズモード同期共振器の構成を 示す。利得媒質は厚さ 150 µm、添加濃度 10 at.% の Yb:LuAG セラミックを用い、表面に AR コー ティング、裏面に HR コーティングを施したあと 銅製のヒートシンク上に接着剤にて接合した。励 起光源には中心波長 940 nm のファイバー結合型 LD(Laser diode)を用い、励起光はマルチパス励起 光学系にて 24 回利得媒質を通過させた。



Fig. 1. Kerr-lens mode-locked laser setup

共振器構成は Z 型共振器を基本とし、曲率半径 500 mm の凹面鏡二枚 (CM1,2) にて集光された点 にKerr 媒質として厚さ 2 mmの YAGを挿入した。 ハードアパーチャーとしてアウトプットカプラー (OC)付近にスリットを挿入した。共振器内の群 遅延分散 (GDD) は高分散鏡 (HD) を用いるこ とで調整した。モード同期は凹面鏡 CM2 を前後 に動かすことで開始した。

Fig. 2,3 に 2 つの条件でのモード同期時の自己相 関波形と発振スペクトルをそれぞれ示す。GDD が 共振器一周で-4000 fs²、OC の透過率が 5%のとき、 パルス幅 151 fs、出力 13 W のモード同期が得られ た(図中青線)。このときの繰り返し周波数は 55.8 MHz であり、そこから計算されるパルスエネルギ ーは 236 nJ、ピークパワーは 1.6 MW であった。 また GDD を-2000 fs²、OC 透過率を 0.3 にそれぞ れ下げたとき、パルス幅 88 fs、出力 750 mW が得 られた(Fig. 3 赤線)。このときスペクトルには CW ピークが見られた。スペクトルより概算されたモ ード同期と CW の成分のパワー比は 23:1 であった。

理論的にはソリトンモード同期は共振器中の負 分散を減らすことや、共振器内パルスエネルギー を増やす(OCの透過率を下げる)ことでパルス 幅の短縮を図れるが、今回の実験においては -2000fs²未満のGDDでは安定したモード同期を得 ることが出来なかった。原因として高分散鏡の帯 域幅や自己収束効果により生み出される変調深さ が不足していることなどが考えられる。よって今 後はより帯域の広い高分散鏡を用いることや、計 算を活用することでの共振器の最適化を行い、サ ブ 100fs 領域でのさらなる高出力化を図る。



参考文献

1) J. Brons, et al., Optics Letters 41, 3567 (2016).