$Yb:Lu_2O_3$ セラミック薄ディスクレーザー

$Yb:Lu_2O_3$ Ceramic Thin-Disk Laser

電通大レーザー研 [1]，神島化学工業株式会社 [2]
○北島 将太朗 [1]，中尾 博明 [1]，白川 晃 [1]，八木 秀喜 [2]，柳谷 高公 [2]
Inst. for Laser Science, Univ. of Electro-Comm. [1], Konoshima Chemical Co. Ltd. [2],
°Shotaro Kitajima [1], Hiroaki Nakao [1], Akira Shirakawa [1], Hideki Yagi [2], Takagimi Yanagitani [2]
E-mail: s_kitajima@ils.uec.ac.jp

Yb 添加固体媒質を用いた超短パルスレーザーは、その優れた出力特性と利便性より現在産業応用や理学応用の様々な分野で利用がなされている。中でも薄ディスク型レーザーは従来のバルク型媒質において出力の上限を決めていた熱光学的歪みを極限まで抑えることができ、またファイバーレーザーと比べて非線形光学効果が極めて小さいため、現段階で最も高い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研究がなされている。これまで薄ディスクレーザー用の媒質としては主に Yb:YAG ($Y_3Al_5O_{12}$)が広く用いられてきた。しかし Yb:YAG は機械的特性などの利点がある一方で、蛍光スペクトルの線幅が狭い(~9 nm)ため、得られるパルス幅に制限が生じていた。よって更なる短パルス化のためには広利得帯域なレーザー媒質によってこれを代替する必要がある。その候補の一つとして $Yb:Lu_2O_3$ が挙げられる。$Yb:Lu_2O_3$ は Yb:YAG と比べて比較的広いスペクトル幅(~13 nm)、高い熱伝導率(12 W/mK)を併せ持つことから、Yb:YAG に代わる超短パルス薄ディスクレーザー用媒質として注目されている。しかし $Yb:Lu_2O_3$ は単結晶として成長する際にその高い融点と、融点付近の相転移の存在により、品質の良い結晶を作るのが困難とされてきた。そこで本研究室では従来の単結晶成長とは異なる製法である、焼結による製造法を用いて開発された $Yb:Lu_2O_3$ セラミックレーザー媒質の研究を行ってきた。レーザー媒質としてのセラミックは製造のしやすさ以外にも高い機械特性や添加濃度の均一性などの利点を持っているが、これまでセラミックレーザー媒質を薄ディスクレーザーに用いた報告は多くない。

本研究では $Yb:Lu_2O_3$ セラミックを用いた薄ディスクを作製し、そのヒートシンクとの接合、波面計測を行い、更に CW レーザー発振におけるパワースケーラビリティーの検証とレーザー発振時の温度分布の観測を行った。$Yb:Lu_2O_3$ セラミックは厚さ 150 μm に加工、表面を研磨された後、表面に AR コーティング、裏面に HR コーティングを施し、それを銅製のヒートシンク上に接着剤にて接合した。ディスクの曲率はレーザー共振器の設計において重要な要素となるため、マイケルソン干渉計とフーリエ変換法にて波面の計測を行った。図 1 はマイケルソン干渉計にて得られた干渉縞の画像である。ここから計算される曲率半径は縦 10 m、横 30 m であり、ほぼ平面であった。

CW レーザー発振実験は曲率半径 1000 mm、透過率 3%のアウトプットカプラーを用いた単純な直線共振器構成にて行った。励起光源として波長 976 nm、VBG ロック型ファイバーカップルレーザーダイオードを用い、励起光をマルチパス励起光学系にて薄ディスク媒質を 24 回透過させた。励起ビーム系は 2.9 mm であった。図 2 にレーザーの入出力特性、図 3 にレーザー発振時の励起密度に対する最高温度の変化を示す。最高出力として 174 W を得た。このとき励起パワーは 360 W、励起密度は 5.5 kW/cm^2 であった。スロープ効率は 54%であった。360W 励起時の励起領域における最高温度は 84.1℃であった。温度上昇による限界は接着剤層の強度と熱歪みにより決定づけられる。使用した接着剤は耐熱温度として 120℃が保証されているため、熱歪みによる媒質の破壊が生じない限り、更なる出力の向上が可能だと考えられる。

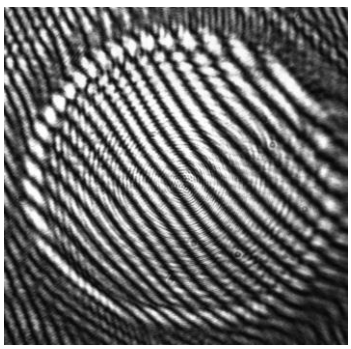

図 1. 薄ディスクの干渉縞

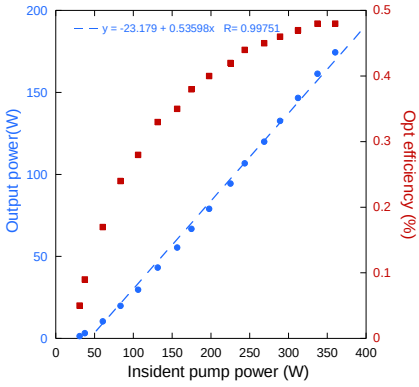

図 2. CW レーザー発振時の入出力特性

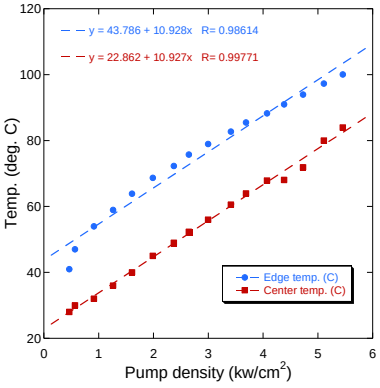

図 3. レーザー発振時の最高温度の変化

© 2017年 応用物理学会