

高出力 Tm,Ho:YAG セラミックレーザー

High power Tm,Ho:YAG ceramic laser

湯本正樹^{2,3}, 浦田佳治¹, Oleg A. Louchev¹, 斎藤徳人², 和田智之^{1,2,3}Masaki Yumoto^{2,3}, Yoshiharu Urata¹, Oleg A. Louchev¹, Norihito Saito² and Satoshi Wada^{1,2,3}(株)メガオプト¹, 理化学研究所², 東京理科大学³Megaopto Co. Ltd¹, RIKEN², Tokyo University of Science³

Abstract

We demonstrated a high-power 2 μm pulse laser for the remote sensing applications. Composite-type Tm,Ho:YAG ceramic was used as a laser medium to avoid the self-absorption by the active ions. At the pump energy of 3.28 J, the output pulse energy and the pulse width were 21.0 mJ and 183 ns, respectively. TEM00-like profile was measured under that condition.

1. はじめに

近年、2 μm 帯の波長を直接発振可能な全固体高出力レーザーの開発が注目されている。高出力 2 μm レーザーはライダーや環境計測などへの応用が可能であり乱気流レーザーセンシングシステムの開発にも適用できる。さらに 2 μm レーザーを励起光源とした中赤外OPO光源は医療や各種診断、検査にも用いることができる。特に、我々は乱気流レーザーセンシングシステムへの応用を前提とした高出力 2 μm ミクロン光源の開発を目的としている。これらの応用を実現させるためには、レーザーの偏光制御や発振スペクトルの狭帯域化が要求され、さらに高いピークパワーが必要となる。そのため、偏光制御を行い高いピークパワーを得るために一般的かつ汎用性の高いQ-スイッチを用いて高出力 2 μm レーザーの構築を試みた。われわれは、2 μm 帯のレーザー媒質にTm,Ho:YAGセラミックを使用し、Q-スイッチ発振させることに成功した。^{1,2)} また、20mJ以上のパルスエネルギーを取り出すことに成功した。今回、さらなる高出力化を目指し、励起用LDのパルス幅や冷却水の温度を変化させたので詳細に報告する。

2. 励起モジュール及びレーザー共振器について

Tm,Ho レーザーなどの準 3 準位系レーザーは、基底準位とレーザー下準位のエネルギー差が小さく室温付近でレーザー下準位に熱的に励起されている分布数が多く、反転分布が形成しづらい。反転分布が十分に形成されない条件下では、自らが発光した光子を自らが吸収する自己吸収が発生し負の利得となり、性能が低下する問題がある。そこで、本研究では LD による励起領域と活性イオンのドーピング領域を一致させ、サイドポンプ構成ながら非励起領域における自己吸収を完全に排除した (図 1)。次に、図 2 に実験装置の概略図を示す。図 1 の構造を持つ励起モジュールに 3mm ϕ のレーザーロッド、600W の LD を搭載した。励起モジュールには準連続波(QCW)動作の LD を用いており、そのパルス幅は 0.5ms とした、繰り返し周波数は 10Hz、冷却水の温度は 20 $^{\circ}\text{C}$ であった。高反射ミラーと出力ミラー (反射率 85%) の間に 2 つ配置した。また共振器長は 100cm であった。Q-スイッチの実験を行うため、出力ミラー側に Q-スイッチ (MolTech 社製、AO-Q スイッチ)を配置した。上記の共振器構成で Q-スイッチ動作における出力特性、パルス幅、及びビームプロファイルの測定を行った。

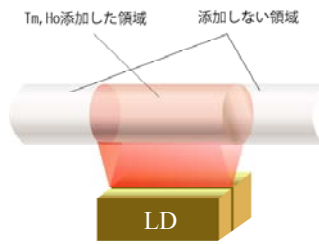


Fig.1 Side-pump configuration without self-absorption.

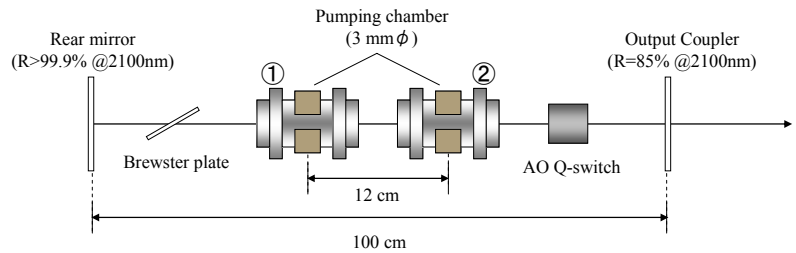


Fig.2 Experimental setup

3. 実験結果

図 3 にQ-スイッチ動作における出力特性を示す。レーザー結晶への励起エネルギーが 5.6mJ付近でレーザー発振が開始した。投入エネルギーの増加と共にパルスエネルギーが増加し、パルス幅は減少することが確認できた。投入エネルギーが 3.28Jのとき、21.0mJのパルスエネルギーが確認され、パルス幅は 183nsであった。また、その時のビームプロファイルを図 4 に示す。TEM₀₀ライクなビームプロファイルが観測された。ここで、21.0mJのエネルギーを取り出そうとした時に、励起チャンバー②のQスイッチ側の端面が損傷した。ロッド表面の損傷は明らかに無反射 (AR) コートで発生しており、典型的コーティング損傷を示す変色が見られた。ロッド端面でのビーム径からコーティングのダメージ閾値を見積もると 135.2 MW/cm²であった。そこで今回、我々は、よりパワー耐性の高いBrewsterカットされたロッドを用いてARコートを排除した共振器を構成した。またロッド端面でのビーム径を拡張することで、さらなる高出力化を試みたので講演にて詳細を報告する。

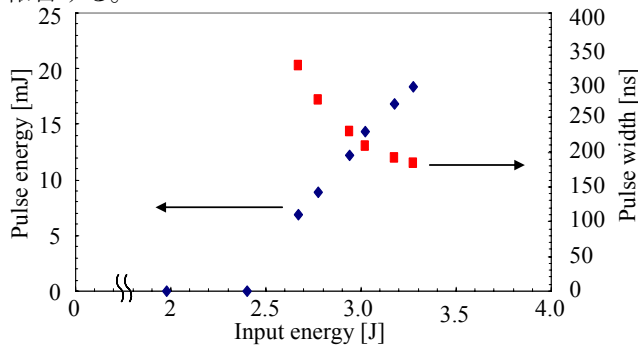


Fig3. Output characteristics

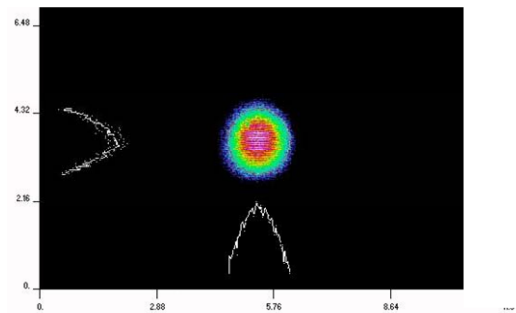


Fig4. Beam profile

4. まとめ

乱気流レーザーセンシングシステムの開発を前提とした高出力 2 μ mレーザーの開発を行った。我々は、2 μ m帯のレーザー媒質にTm,Ho:YAGセラミックを使用しQ-スイッチ発振させることに成功した。レーザー結晶への励起エネルギーが 3.28Jの場合、21.0mJのパルスエネルギーが確認され、パルス幅は 183nsであった。また、その時にはTEM₀₀ライクなビームプロファイルが観測された。

(本研究開発報告は情報通信研究機構 (NICT) の民間基盤技術研究促進制度による委託研究の成果である。)

- (1) Y. Urata, M. Yumoto, O. A. Louchev, N. Saito and S. Wada: Ext. Abstr. (55th Spring meet., 2008); Japan Society of Applied Physics and Related Societies, 28a-NC-3 [in Japanese].
- (2) M. Yumoto, Y. Urata, O. A. Louchev, N. Saito and S. Wada: Ext. Abstr. (55th Spring meet., 2008); Japan Society of Applied Physics and Related Societies, 28a-NC-4 [in Japanese].