

ファイバーレーザー励起 2 ミクロンレーザーの研究開発

2 micron laser pumped by Tm: fiber laser

水谷耕平, 石井昌憲, 板部敏和, 浅井和弘*, 佐藤篤*

K.Mizutani, S. Ishii, T. Itabe, K. Asai*, A Sato*

情報通信研究機構, *東北工業大学

NICT, * Tohoku Institute of Technology.

Abstract

Status of development of a 2-micron Ho:YLF laser pumped by 1.94-micron Tm: fiber laser is presented. A ring resonator of 3m length with AO Q-switch is used for the oscillator. The laser is a master oscillator and an amplifier system. It is operated at relatively high repetition rate of 200-5000 Hz in room temperature. The amplifier outputs of more than 6W in Q-switched operation was obtained. Injection seeded operation uses a ramp-and-fire technique. This laser could be used for wind and CO₂ measurements.

1. はじめに

Ho や Tm をドープした 2 μ m 固体レーザーは風, 二酸化炭素や水蒸気などを観測するのに適している。情報通信研究機構(NICT)では、将来の宇宙機搭載用に必要になるとと思われるレーザーダイオード (LD) 励起の 2 μ m 伝導冷却型固体レーザーを研究してきた。Tm, Ho:YLF ロッドを使い、100mJ 発振器や 460mJ 増幅器を研究開発した。これらのレーザーでは励起モジュールを真空容器の中に入れロッドは伝導冷却により -80°C 程度に冷却した。また、12 個の LD により励起した Tm, Ho:YLF ロッドを持つリングレーザー発振器を開発し、風と CO₂ の測定が可能な CO₂DIAL/ドップラーライダーシステム (Co2DiaWil) に組み込み観測を行った。同じような励起モジュールを持つレーザーを使い車や航空機に搭載可能なモバイルライダーの開発も進めている。さらに、1.94 μ m で連続発振する Tm-ファイバーレーザーを端面励起用の励起光源とする高繰り返し運用が可能な Ho:YLF レーザーの研究開発を進めている。1.9 μ m ファイバーレーザー励起の 2 μ m 個体レーザーは常温で使用できるため真空容器がいらず、高繰り返しにより高い平均パワーが得られる可能性がある[1,2]。本シンポジウムでは現在のファイバーレーザー励起 Ho:YLF レーザーの開発状況について報告する。

2. Ho:YLF レーザーの構成

Tm-ファイバーレーザーの連続発振する 1.94 μ m 光により励起する Ho:YLF レーザーは発振波長が 2.05 から 2.06 μ m になり、CO₂ や風の観測に使うことができる。ファイバーレーザーにより強い 1.94 μ m 光で励起可能なロッドは常温で発振させることができる。この Ho:YLF レーザーのロッドの冷却は水冷の銅ヒートシンクからの伝導冷却により行う。励起用に使われる Tm-ファイバーレーザーは 1.94 μ m で最大 50W の出力が得られることになっている。ファイバーレーザーにおける偏光成分は P,S でほぼ同じである。そこで、Fig.1 で示したようにファイバーレーザー出力の S-

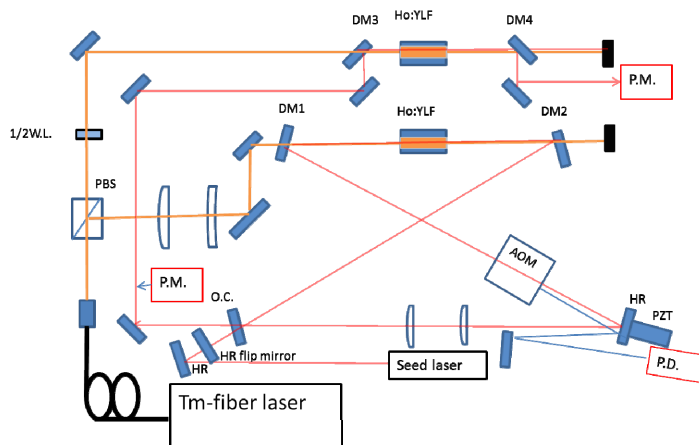


Fig.1 Layout of Ho:YLF laser pumped by Tm: fiber laser.

偏光成分で発振器を励起し、P-偏光成分の偏光方向を波長板で回転し S-偏光に変えて増幅器を励起した。ダイクロイックミラーDM1-4においてレーザ発振波長の $2.05\text{-}2.06\ \mu\text{m}$ 光は反射するが、励起波長の $1.94\ \mu\text{m}$ 光は透過する。発振器のリング共振器長はコヒーレントライダー用に幅の広いパルスを得るため 3m の長さがある。

3. Ho : YLF レーザ入出力特性

Fig.2 に O.C.の反射率 90%時の発振器及び増幅器の連続発振と AO-Q スイッチを使ったパルス発振の 5kHz における入出力特性を示した。 5kHz では出力は連続発振よりほんの少し低だけであり、 7.5W の増幅器出力が得られている。繰り返しを遅くしていくと平均出力は少しずつ下がっていく。ただし、繰り返しを遅くしたときにダイクロイックミラーでダメージが起こるため励起を抑えて出力をあまり高くしていない。Fig.3 には 90%入力時の繰り返しによるパルスあたりのエネルギーとパルス幅の変化を示した。パルスあたりのエネルギーは 300Hz 、85%入力において 12mJ が得られている。今後はダメージ耐性を上げたダイクロイックミラーにより高いパルスあたりのエネルギーまで実験していく予定である。

4. シーディング実験

狭線幅の CW レーザの導入によるシーディング実験も進めている。シーディング光は Fig.1 の HR flip mirror を倒して、O.C.から導入する (Fig.4)。共振器長は PZT 付きの HR ミラーを振ることにより調整され、発振タイミングは ramp-and-fire による制御を行う。シーディングは現在 200Hz あるいは 300Hz で行っている。

5. 終わりに

情報通信研究機構では高繰り返しの Tm-ファイバーレーザ励起の Ho:YLF レーザの開発を行っている。レーザは 5kHz の高繰り返しパルス発振で 7W 程度が可能である。現在はシーディング実験を進めており、ダイクロイックミラーをダメージ耐力の大きいものに変え、さらに実験を行うことにしている。

参考文献

- [1] Singh, U.N. et al., "High repetition rate pulsed 2-micron laser transmitter for coherent CO2 DIAL measurement", 15th Coherent Laser Radar Conference, pp 77-80, (2010)
- [2] Gibert, F. et al., "2- μm high frequency single-mode Q-switched Ho:YLF laser for DIAL application", Appl. Phys. B116, pp 967-976(2014).

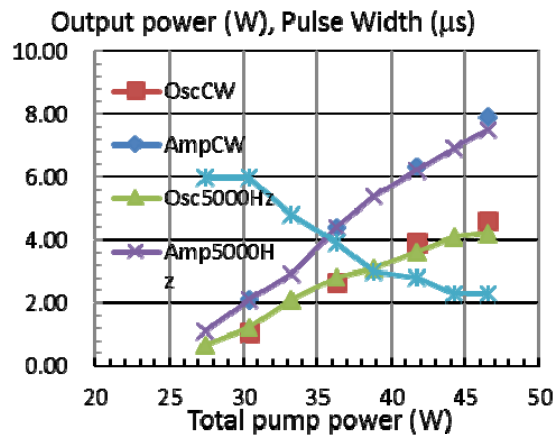


Fig. 2 Oscillator and amplifier output for CW and 5 kHz.

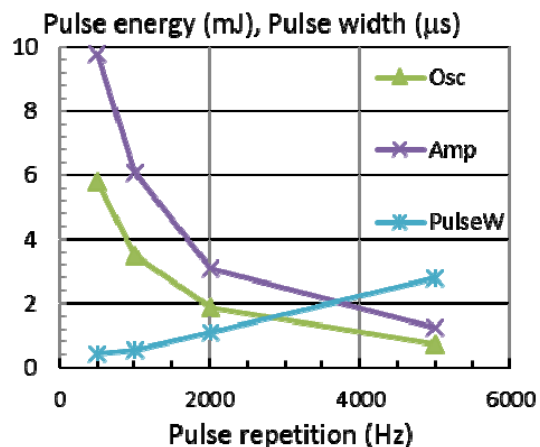


Fig. 3 Oscillator and Amplifier pulse energy and width dependences on pulse repetition for a total pump power of 41.7W .

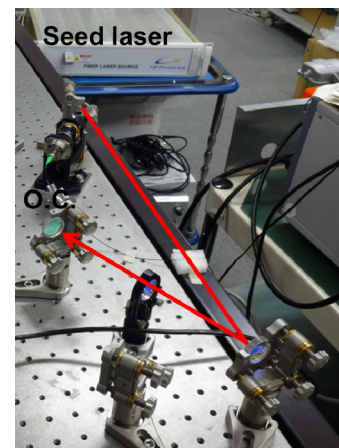


Fig.4 Seeder part