

波長可変 Tm,Ho:LLF リングレーザの Q スイッチパルス発振特性

Lasing characteristics of a tunable, Q-switched Tm,Ho:LLF ring laser.

三宅良宜¹, 佐藤篤¹, 浅井和弘¹, 石井昌憲², 水谷耕平²
Yoshiki Miyake¹, Atsushi Sato¹, Kazuhiro Asai¹, Shoken Ishii², Kohei Mizutani²

¹東北工業大学大学院, ²情報通信研究機構

¹Graduate School, Tohoku Institute of Technology, ²NICT

Abstract

Ho-doped lasers operating at 2.05 μm are useful for remote sensing of atmospheric CO₂. We have studied on tuning characteristics of Q-switched Ho-doped lasers. In preliminary experiments, a tuning range of 18 nm (2051-2069 nm) was obtained with a Q-switched Tm,Ho:LLF laser using a Fabry-Perot resonator. In this study, we performed Q-switched laser experiments with a Tm,Ho:LLF ring laser. A Q-switched pulse energy of 20 mJ and a pulse width of 183 ns were obtained with a 1.4-m ring resonator.

1. はじめに

近年、温室効果ガスである CO₂ の大気中濃度を測定するための、波長 2 μm 帯 Ho レーザを用いたライダーが研究されている[1]。2 μm 帯にはいくつかの CO₂ の吸収線が存在し、その中から適度な吸収強度の吸収線を選択する必要がある、かつ水蒸気の吸収線の影響を受けない波長を選択しなければならない。そのため、ライダーの送信機用レーザには波長選択性が求められる。一方、CO₂ の観測においては、単一縦モード動作が必要であるため、定在波が存在しないリング型共振器を使うことが望ましい。そこで本研究では、単一縦モードでの発振に適したリング型共振器における Tm,Ho:LLF レーザの Q スイッチ動作実験を行った。

2. 共振器構成

Fig.1 に励起ヘッドの構成を示す。レーザ結晶は三角柱型であり、長さ 6mm の 5%Tm,0.5%Ho:LLF の両端に、長さ 15mm のアンドープ LLF がそれぞれ接合されている。結晶の 3 つの側面にはピークパワー 250W の半導体レーザ(LD)がそれぞれ配置され、励起光はライトガイドを通して 3 方向からレーザ結晶のドープ部に集光される。結晶の冷却は、銅製のヒートシンクによる伝導冷却で行われる。

3. 実験結果

3.1 ファブリーペロー型共振器による予備実験[2]

Fig.2 は予備実験に使用したファブリーペロー型共振器の構成図を示す。共振器は焦点距離 5m の凹面全反射鏡と反射率 80%の平面出力鏡から構成され、共振器内には波長選択素子である厚さ 10mm の複屈折フィルタと、AO Q スイッチが挿

入されている。共振器長は 390mm である。

Fig.3 は波長同調化実験の結果を示す。動作条件は、結晶冷却水温度 6 $^{\circ}\text{C}$ 、LD 冷却水温度 18 $^{\circ}\text{C}$ 、繰り返し周波数 5Hz とした。励起エネルギー 1015mJ のとき、波長可変範囲 18nm(2051~2069nm)、Q スイッチパルス最大出力 30mJ が得られた。

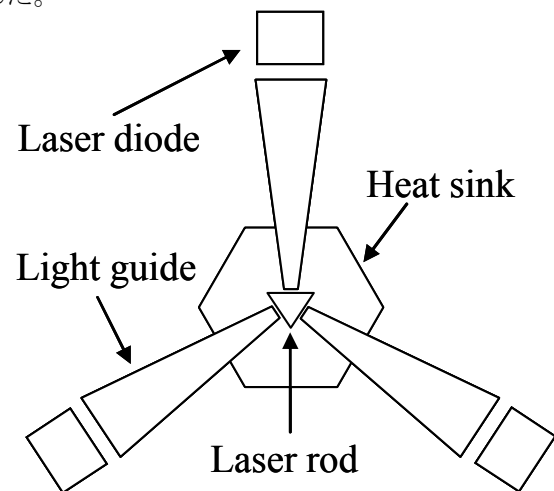


Fig.1 Pump head design of the Tm,Ho:LLF laser.

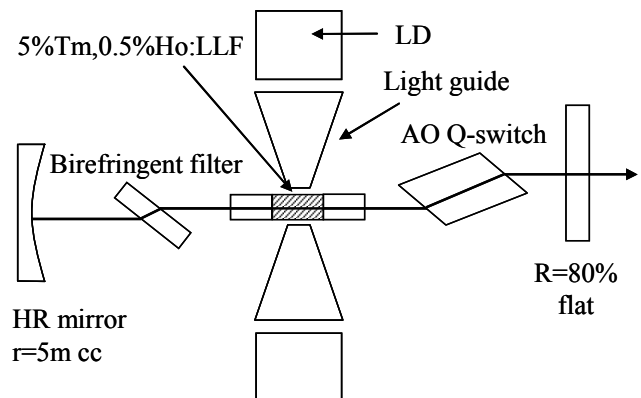


Fig.2 Experimental setup of the Tm,Ho:LLF laser with a Fabry-Perot resonator.

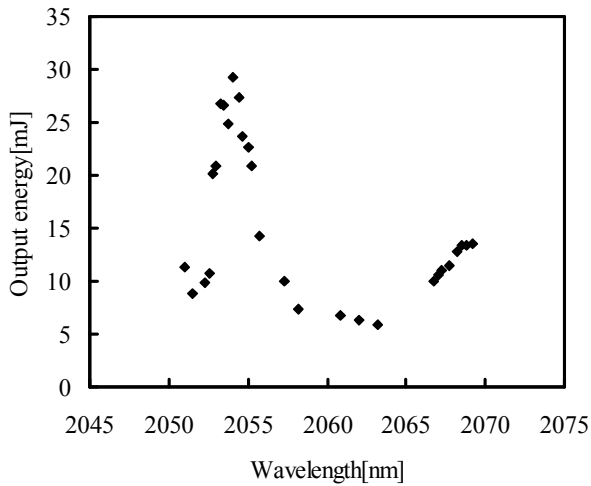


Fig.3 Tuning curve of the Tm,Ho:LLF laser with the Fabry-Perot resonator.

3.2 リング型共振器による実験

Fig.4 は実験に用いたリング型レーザ共振器の構成図を示す。共振器は3枚の全反射鏡と反射率85%の平面出力鏡から構成されており、共振器長は1445mmである。全反射鏡のうち1枚は焦点距離2mの凹面であり、2枚は平面である。共振器内にはブリュスターカットのAO Qスイッチが挿入されている。リング型共振器では両方向に発振が起こるため、出力鏡から取り出されるレーザー出力の一方を全反射鏡により共振器内に戻し、単一方向発振させた。

Fig.5 は Q スイッチ動作での入出力特性及びパルス幅を示す。実験の動作条件は予備実験と同様である。励起エネルギー1074mJ のとき Q スイッチパルス出力 25mJ が得られ、パルス幅は半値全幅で183nsであった。出力が上昇するにつれてスロープ効率に緩やかな減少が見られたが、これは強励起による基底準位イオンの減少が原因の一つとして考えられる。ファブリーペロー型共振器で行った予備実験では、Q スイッチパルス出力 25mJ のときのパルス幅は 60ns であったため、リング型共振器ではパルス幅が約3倍の長さとなっていることがわかった。Fig.6 は Q スイッチパルス出力 25mJ のときの時間波形を示す。測定の結果、Q スイッチ動作は単一パルスで達成されていることが確認された。

4. おわりに

本研究では、ファブリーペロー型共振器において波長選択性が確認された Tm,Ho:LLF レーザを用い、リング型共振器における Q スイッチ動作実験を行った。今後、リング型共振器に波長選択素子を用い、波長同調化実験を進めていく。

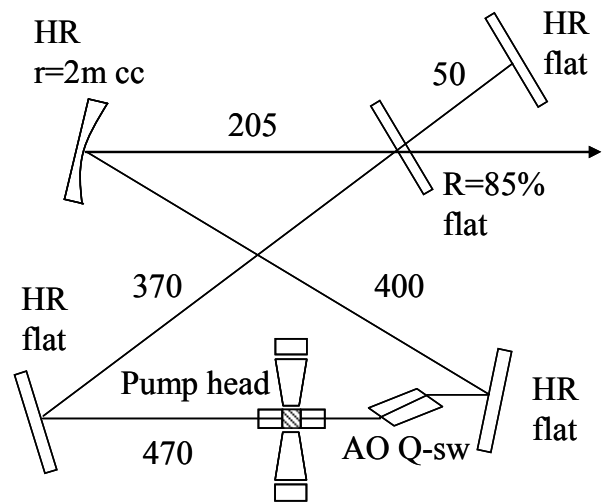


Fig.4 Experimental setup of the Tm,Ho:LLF laser with a ring resonator.

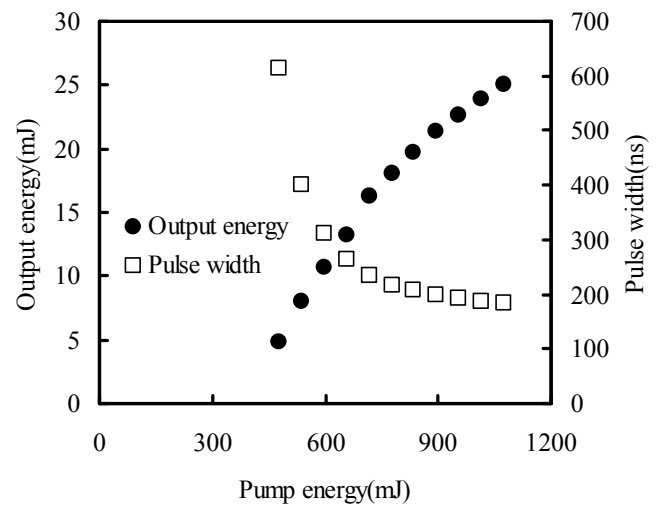


Fig.5 Q-switched pulse energy and pulse width versus pump energy for the Tm,Ho:LLF ring laser.

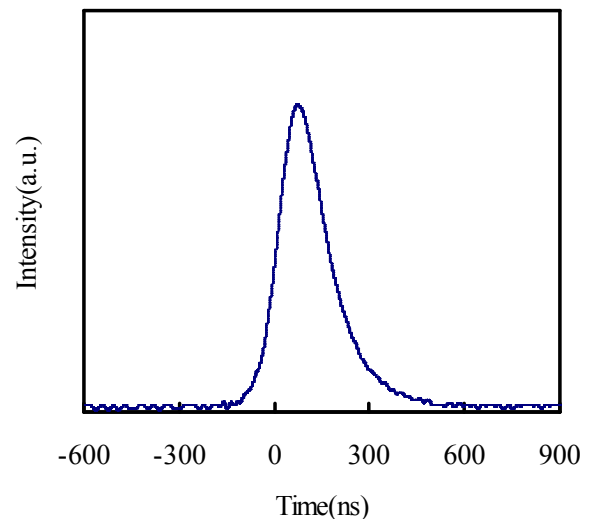


Fig.6 Typical pulse shape of the Q-switched Tm,Ho:LLF ring laser.

参考文献

- [1] S. Ishii, K. Mizutani *et al.*, Appl. Opt. **49**, 1809(2010).
- [2] 三宅他, 第 72 回応用物理学会学術講演会 30p-J-5(2011)