

77K での Q スイッチ Tm:YAG レーザの発振特性 Laser characteristics of Q-switched Tm:YAG laser at 77K

○佐藤 篤¹, 相澤慎輔¹, 浅井和弘¹, 板部敏和²

○Atsushi Sato¹, Shinsuke Aizawa¹, Kazuhiro Asai¹, and Toshikazu Itabe²

¹ 東北工業大学, ² 郵政省通信総合研究所

¹Tohoku Institute of Technology,

²Communications Research Laboratory,

Ministry of Posts and Telecommunications

Abstract

We demonstrated a diode-pumped, Q-switched Tm:YAG laser at 77K. Conduction cooling of the laser crystal with liquid nitrogen made a threshold pump power lower, and efficient operations were thereby achieved even though intracavity fluence was somewhat decreased. As a result, a maximum Q-switched pulse energy of 1.4mJ and a pulse width of 1 μ s were obtained at a pulse repetition frequency of 50Hz by using an 1.3m-long-resonator with an acousto-optic Q-switch without damage to optical components.

1. はじめに

Tm:YAG レーザは、半導体レーザ(LD)励起が可能($\lambda_p=0.78\mu\text{m}$)であることやレーザ上準位寿命が長い($\sim 11\text{ms}$)ことなどから高効率な Q スイッチ・パルス動作が可能であり、また、アイ・セイフ波長領域で発振する波長可変レーザであることからレーザ・レーダ(ライダー)用光源への応用が期待されている^{1,2)}。特に近年、これらアイ・セイフ固体レーザを光送信機とした風測定用コヒーレント・ドップラー・ライダーへの関心が高まってきており、高出力化・高効率化に加え、風速測定精度を確保するための長パルス化(速度分解能 1m/s に対してパルス幅約 500ns)などの技術が必要とされている²⁾。本研究では、液体窒素温度への冷却による Tm:YAG レーザの低しきい値化及びその Q スイッチ動作特性について述べる。

2. 実験方法

Fig.1 に Tm:YAG レーザ装置の構成図を示す。励起用 LD は、SDL 社製の AlGaAs 半導体レーザであり、公称出力は 2W である。2つの LD からの励起ビームは、 $\lambda/2$ 波長板と偏光ビーム・スプリッターにより合成され、ビーム・エキスパンダーを含む光学系により十分にコリメートされた後、 $f=250\text{mm}$ のレンズにより結晶内に集光される。更に、これらの

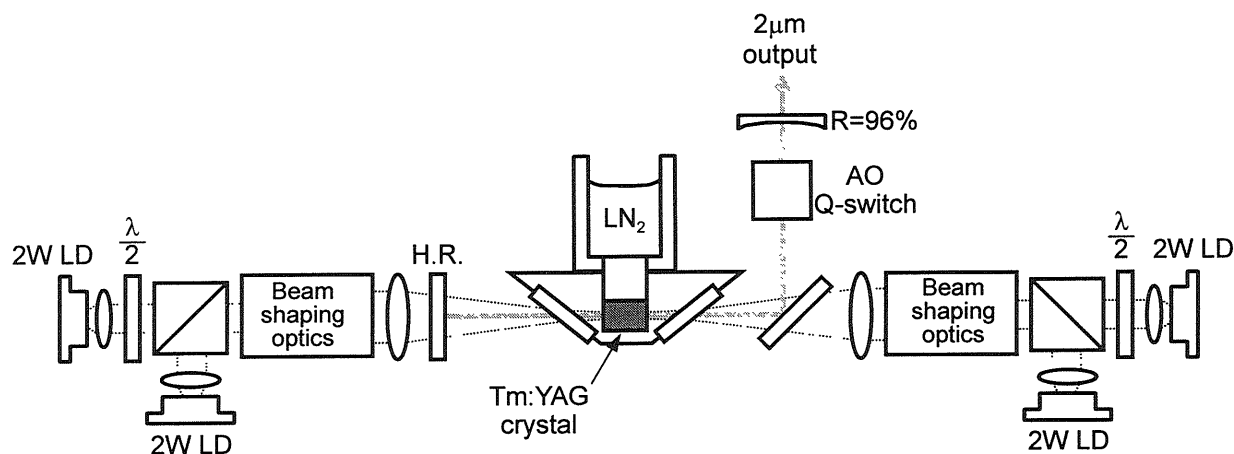


Fig.1 Schematic diagram of the Q-switched Tm:YAG laser.

励起光源及び励起光学系をもう 1 組使用し、励起は結晶の両端面から行なわれる。光共振器は、2 枚の平面全反射鏡及び反射率 96%、曲率半径 1.5m の凹面出力鏡から構成される L 字型共振器である。Tm:YAG 結晶は、長さ 8mm、Tm イオン添加率 4at.% であり、液体窒素を用いた冷却装置により 77K まで冷却される。また、結晶の周囲は真空に保たれており、レーザー光はブリュースター窓を経て結晶内に入射する。Q スイッチ動作は、共振器内に挿入された AO Q スイッチ(熔融石英)によって行なった。

3. 実験結果

まずはじめに、Fig.1 に示される左側の励起光学系のみを用いた片端面励起による CW 動作を行なった。Fig.2 は、共振器長を 1.3m とした場合のノーマル発振特性を示す。なお、Q スイッチは共振器内に挿入されている。77K での Tm:YAG 結晶の吸収率は 96% であり、2 つの LD による最大励起パワーは 1.6W であった。CW 動作においては、1.6W の励起パワーに対して最大レーザー出力 0.32W が得られ、スロープ効率 36%、発振しきい値 0.68W が達成された。この共振器構成による Q スイッチ動作特性を Fig.3 に示す。パルス・エネルギー及びパルス幅は、パルス繰り返し周波数 50~1kHz の範囲で測定された。繰り返し周波数 50Hz において、最大パルス・エネルギーは 1.4mJ に達し、この時のパルス幅は 1.1 μ s であった。このように長い Q スイッチ・パルス幅は、出力鏡の反射率が高いため、つまり共振器寿命が長いために得られたと考えられる。以前に筆者らが行なった実験では、結晶端面に施されている A.R. コーティング及び全反射鏡の H.R. コーティングへの光学損傷のため、最大出力は 600 μ J に制限されていたが³⁾、本研究では光学損傷なしにそれを上回るパルス・エネルギーが達成された。これらの結果は、低しきい値化に伴い可能になった共振器内レーザー・パワー密度の低下によって成し遂げられた。

4. おわりに

今後更に、両端面励起による高出力化及び単一横モード化、インジェクション・シーディングによる単一縦モード化について研究を進めていく。

参考文献

- 1) A. Sato, et al., in *Technical digest of CLEO/Pacific Rim '97*, TuH3, pp.24-25, July 15, 1997, Chiba, Japan.
- 2) *Proceedings of 9th Conference on Coherent Laser Radar*, June 23-27, 1997, Linkoping, Sweden.
- 3) 矢下他, 第 45 回応用物理学関係連合講演会予稿集, 28a-X-9, p.1050, 1998.

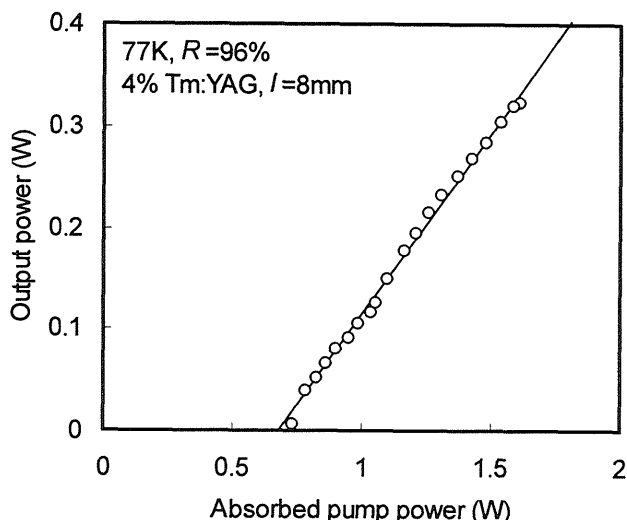


Fig.2 CW output power versus absorbed pump power.

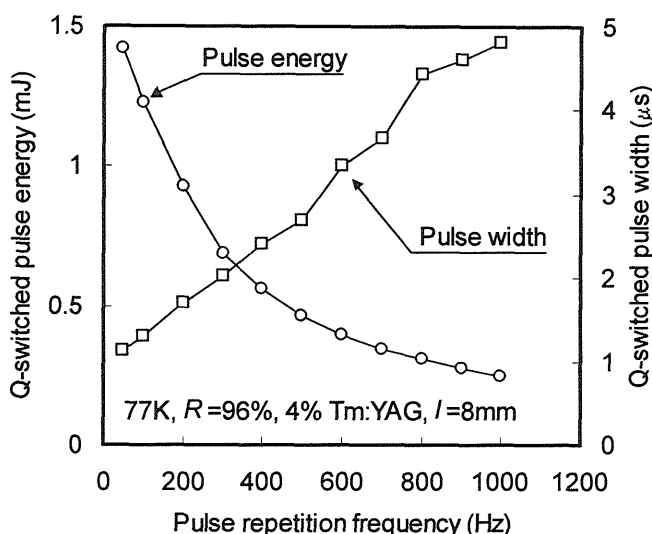


Fig.3 Q-switched pulse energy and Q-switched pulse width as a function of pulse repetition frequency.