

# アレキサンドライトレーザーのパルス発振方式の検討

渋谷 颯<sup>1</sup>, 平間圭悟<sup>1</sup>, 佐藤 篤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東北工業大学 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

## Investigation of Method for Pulsed Operations of an Alexandrite Laser

Hayate SHIBUYA<sup>1</sup>, Keigo HIRAMA<sup>1</sup>, and Atsushi SATO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tohoku Institute of Technology, 35-1 Yagiyama-kasumi-cho, Taihaku-ku, Sendai, Miyagi 982-8577

**Abstract:** An alexandrite laser pumped by blue laser diodes was developed. In the laser experiment, self-pulsed lasing was achieved with an absorbed pump power of 4 W. Although an output power of 0.78 W was obtained in the self-pulsed mode, unstable pulse trains were observed at the higher pumping level. A gain-switched lasing was also demonstrated with the 7-mm-long resonator. The laser produced a single gain-switched pulse with a pulse width of 105 ns. Pulsed lasing characteristics of the alexandrite laser under different pulsation methods were investigated with the experimental results.

**Key Words:** Solid-state laser, Visible laser, Pulsed laser

### 1. はじめに

アレキサンドライトレーザーは、波長 755 nm 付近で発振する可視レーザーとして、主に医療・美容分野で利用されている。ライダ分野においても、従来より中間圏観測等に用いられているが<sup>1</sup>、基本波がチタンサファイアレーザーと同じ波長帯であることや第 2 高調波が紫外波長帯であることから、スーパーコンティニューム光や紫外光を利用したライダへの応用展開も期待できる<sup>2-3</sup>。しかしながら、可視領域では Q スイッチなどのパルス制御素子の選択肢が少なく、特に小型パルスレーザーを構築する場合の AO Q スイッチ素子や可飽和吸収体は入手困難である。一方、アレキサンドライトをはじめとする Cr ドープのレーザー材料では自己パルス発振が可能であることが知られており<sup>4</sup>、これはパルス発振手法の選択肢を広げる。ゲインスイッチ法もまた、マイクロチップレーザーに適用すれば Q スイッチ素子なしで短パルス化を実現できる可能性がある。本研究では、パルス化手法の選択肢の一つとなり得る自己パルス発振及びゲインスイッチ発振によるアレキサンドライトレーザーの動作特性について実験的に検討を行った。

### 2. レーザーの構成

Fig. 1 及び Fig. 2 に試作したアレキサンドライトレーザーの構成を示す。レーザー結晶は、Cr ドープ率 0.2 at.%, 厚さ 1.9 mm のアレキサンドライトであり、励起側端面には励起光に対し高透過、レーザー光に対し全反射となるダイクロイックコーティング、出力鏡側端面にはレーザー光に対する無反射コーティングが施されている。共振器は、結晶の全反射コーティング面と出力鏡により構成した。レーザーの動作に応じて、出力鏡反射率は 97~99%, 共振器長は 7~100 mm の範囲で出力が最適となるように調整した。励

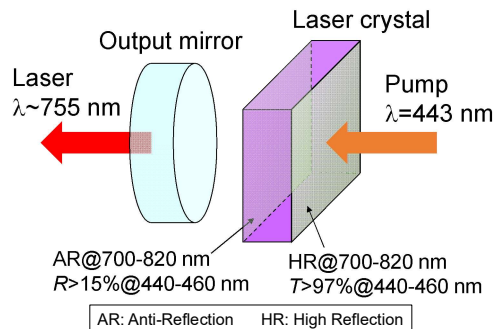


Fig. 1. Resonator configuration of the diode-pumped alexandrite laser.

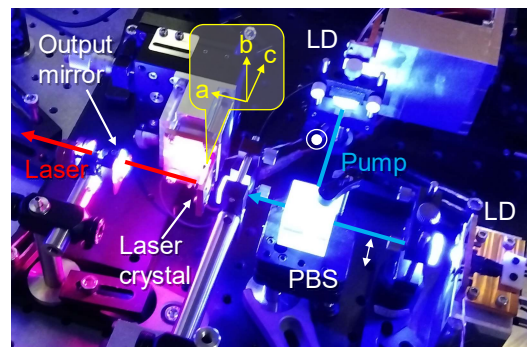


Fig. 2. Photograph of the laser.

起光源には、OSRAM 社製の中心波長 443 nm、最大出力 5 W の半導体レーザー(LD)を 2 個使用し、LD から出射した励起光は偏光ビームスプリッターで合成した後、焦点距離 15 mm のレンズで結晶内に集光した。

### 3. パルス発振特性

Fig. 3 に自己パルス発振時の入出力特性を示す。自己パルス発振は、共振器の調整により行ったが、励起パワーなどにも依存する。吸収励起パワー 4 W のとき、最大出力 0.78 W が得られた。パルス幅は、数  $\mu\text{s}$  のオーダーであった。レーザー出力は、発振しきい値付近では比較的安定するものの、高出力動作時にはやや不安定になる傾向が見られた。励起パワー 4 W でのパルス列の例を Fig. 4 に示す。

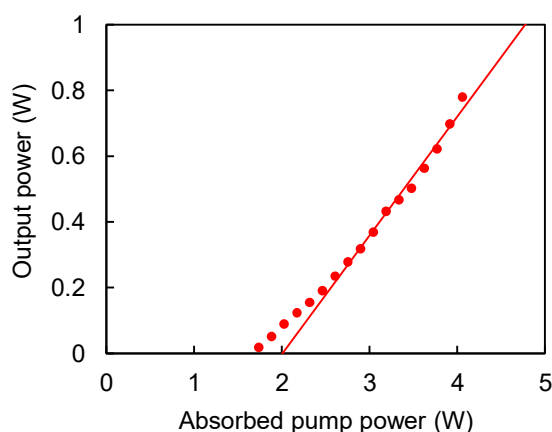


Fig. 3. Output power of the self-pulsed alexandrite laser as a function of absorbed pump power.

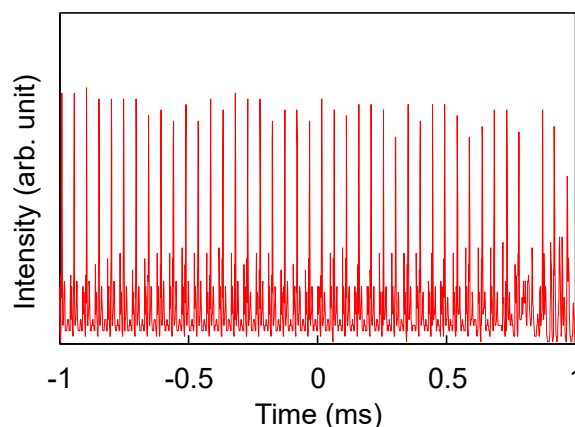


Fig. 4. Typical pulse train in the self-pulsed operation.

次に、マイクロチップレーザーと同等の短い共振器長でのゲインスイッチ発振実験を行った。共振器長は 7 mm とした。繰り返し周波数は、使用した LD 電源の仕様上の制約のため 150 Hz とした。その結果、平均出力パワーは数 mW と低くなり正確な測定ができなかったが、パルスエネルギーは 10  $\mu\text{J}$  程度であると推定される。Fig. 5 にゲインスイッチパルス波形を示す。共振器長をミリメートルオーダーまで短くできたことにより、105 ns までの短パルス化が確認された。なお、パルスが非対称になっているのは、シングルパルスにするためにレーザーパルスの途中で励起パルスをオフにしているためである。

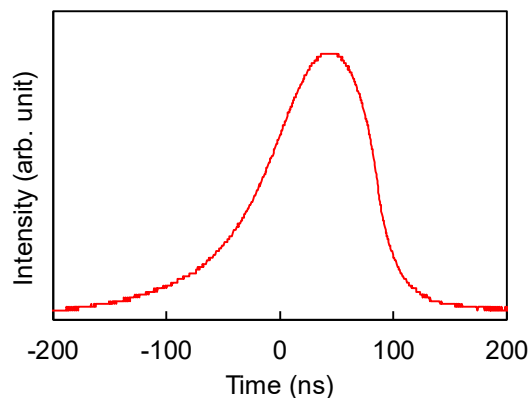


Fig. 5. Typical gain-switched pulse.

### 4. まとめ

本研究では、青色 LD 励起アレキサンドライトレーザーを試作し、自己パルス発振及びゲインスイッチ発振におけるパルス動作特性について実験的に検討した。自己パルス発振では、平均出力 0.78 W のパルス動作を達成したが、高出力動作時のパルスエネルギーの安定化が課題となることがわかった。また、ゲインスイッチ発振では、パルス幅 105 ns までの短パルス化を実証した。今後、Q スイッチ素子によるパルス動作との比較・検討を進めていく。

### 参考文献

- 1) 江尻: レーザセンシング学会誌 **3** (2022) 46.
- 2) T. Hakala *et al.*: Opt. Express **20** (2012) 7119.
- 3) O. Lux *et al.*: Opt. Lett. **45** (2020) 1443.
- 4) I. Yorulmaz *et al.*: Opt. Mater. Express **4** (2014) 776.