

# 端面励起型アレキサンドライトレーザーの小型化

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)

## Development of a Compact, End-Pumped Alexandrite Laser

Keigo HIRAMA<sup>1</sup> and Atsushi SATO<sup>1</sup>

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

**Abstract:** A compact end-pumped alexandrite laser was developed. A laser diode providing up to 3W of the output power at a wavelength of 447 nm was used as a pump source. The maximum output power of 0.21 W and a slope efficiency of 41% were obtained at a crystal temperature of 70°C. Gain-switched operations were also demonstrated with a pump pulse length of 58  $\mu$ s at a pulse repetition frequency of 150 Hz. As a result, a gain-switched pulse width of 750 ns was achieved.

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

### 1. はじめに

アレキサンドライトレーザーは、波長 700nm 帯で発振する赤色レーザーとして知られており、第 2 高調波発生により小型・簡便な構成で紫外光を発生させることが可能なことからセンシング分野での応用が期待されている<sup>1,2)</sup>。近年、半導体レーザー (LD) 技術の発展により励起光源をフラッシュランプから高効率動作が可能な LD に置き換えることが可能になった<sup>3)</sup>。このような背景から、我々も LD 励起アレキサンドライトレーザーの開発を進めている<sup>4)</sup>。また飛行体搭載ライダーなど、応用分野によってはレーザーの小型化が求められる。そこで本研究では、端面励起型アレキサンドライトレーザーにおいて、将来的なマイクロチップレーザー化を想定した小型化について実験的に検討したので報告する。

### 2. レーザー設計

Fig.1 にレーザーの構成を示す。励起光源には、中心波長 447nm、最大出力 3W の青色 LD を用いた。LD はペルチェ温度コントローラーを用いて 15°C で動作させた。LD 光の偏光成分は、レーザー結晶の *b* 軸に平行になるように調整した。励起光のビーム整形には 2 枚のレンズを用いた。 $f=8\text{mm}$  のレンズを用いてコリメートした後、 $f=15\text{mm}$  のレンズにより集光した。集光スポットでのビーム半径は、ナイフエッジ法を用いて測定したところ、 $15\mu\text{m}$  (垂直)  $\times$   $58\mu\text{m}$  (水平) であった。使用したアレキサンドライト結晶の Cr ドープ率は 0.2 at.%, 結晶サイズは  $1.9\text{mm}(a) \times 3.0\text{mm}(b) \times 3.0\text{mm}(c)$  である。また、マイクロチップ構成を想定して励起側端面には励起光を 95% 以上透過、レーザー光を全反射するようなダイクロイックコーティングが施されている。結晶温度はペルチェ温度コントローラーを用いて 20~70°C の間で調整した。共振器は励起側端面の全反射コーティングと反射率 97% の出力鏡により構成した。共振器長は 100mm とした。

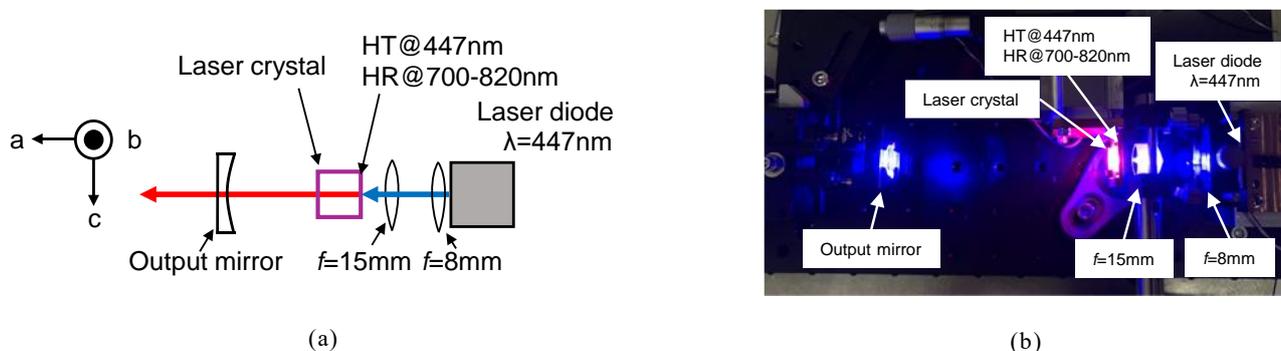


Fig.1 Configuration of the alexandrite laser. (a) Schematic diagram. (b) Photograph. HT: High transmission, HR: High reflection.

### 3. 実験結果

Fig.2 に試作したアレキサンドライトレーザーの結晶温度 70°Cでの連続発振特性を示す。発振スペクトルは光ファイバ結合型の光スペクトラムアナライザ (m.u.t GmbH 社製 TRISTAN<sup>®</sup>)を用いて測定した。LD 温度が 15°C, 結晶温度が 70°Cのとき, 吸収励起パワー0.77W に対し, 最大出力パワー0.21W を得た。このとき発振しきい値は 0.18W, スロープ効率 は 41%であった。結晶温度 70°Cにおける最大入力パワーでの発振スペクトルを Fig.3 に示す。この条件下での中心波長は 756.8nm であった。

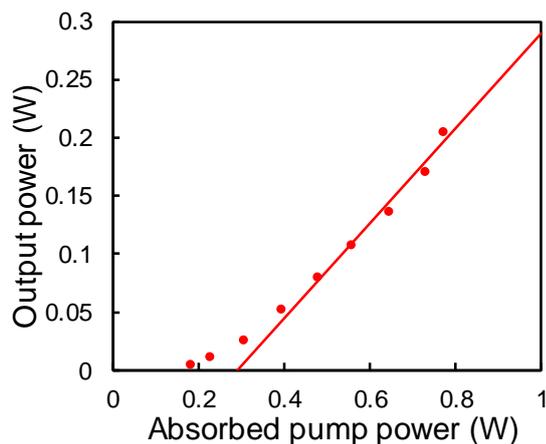


Fig.2 Output power versus absorbed pump power.

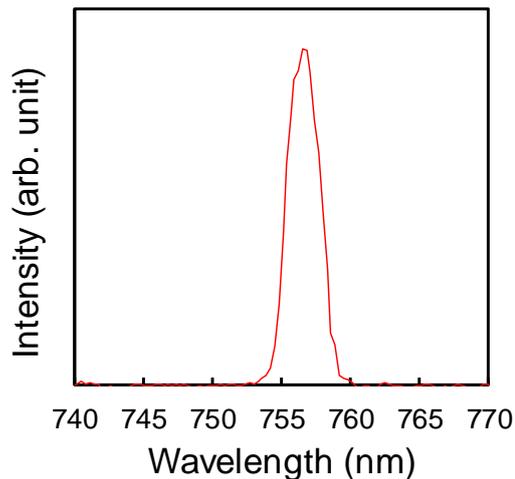


Fig.3 Typical lasing spectrum in continuous-wave operations at a crystal temperature of 70°C.

次にゲインスイッチ動作によるパルス化を行った。実験条件は LD 電流のパルス幅を 50~500 $\mu$ s, 繰り返し周波数を 150Hz, デューティ比を 7.5%とした。オシロスコープを用いて緩和発振波形をモニターし LD 電流のパルス幅を 500 $\mu$ s から短くすることで1パルスのみが発振するように調整した。その結果, LD 温度が 15°C, 結晶温度が 70°C, また LD 電流パルス幅が 58 $\mu$ s の時にゲインスイッチ動作が確認できた。この時のパルス幅は 750ns であった。この条件下でのパルス波形を Fig.4 に示す。一方, パルス化した時の出力は微弱であったため測定することができなかった。この結果より, ゲインスイッチ動作で高出力を得るには, さらに連続発振の高出力化が必要であることが分かった。

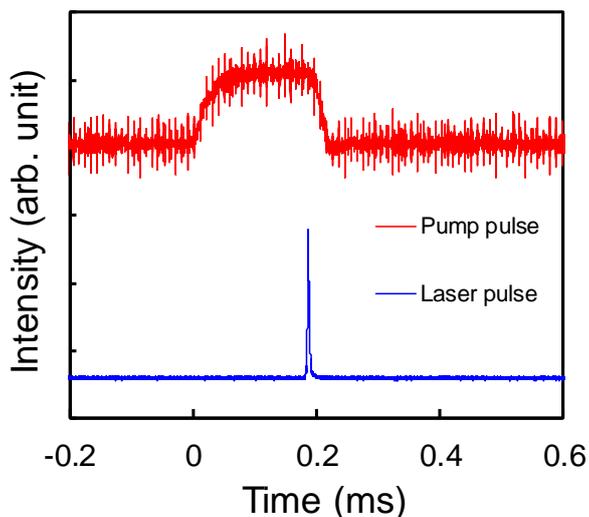


Fig.4 Temporal profile of the gain-switched pulse.

#### 4. まとめ

本研究では、端面励起型アレキサンドライトレーザーを試作し、小型化について実験的に検討を行った。連続発振動作において、結晶温度 70°Cで最大出力パワー0.21W を得た。また、ゲインスイッチ動作において、パルス幅 750ns を得た。今後、レーザーの高出力化を行う。

#### 謝辞

本研究は、令和 4 年度東北工業大学研究支援センター学内公募研究(萌芽型)及び令和 4 年度 KC みやぎ産学共同研究会の助成を受け、実施されたものである。

#### 参考文献

- 1) A. Munk, B. Jungbluth, M. Strotkamp, H. -D. Hoffmann, R. Poprawe, J. Hoffner, and F.-J. Lubken: *Opt. Express* **26** (2018) 14928.
- 2) Y. Song, Z. M. Wang, Y. Bo, F. F. Zhang, Y. X. Zhang, N. Zong, and Q. J. Peng: *Appl. Opt.* **60** (2021) 5900.
- 3) G. Tawy, A. Minassian, and M. J. Damzen: *OSA Continuum* **3** (2020) 1638.
- 4) 平間 圭悟, 佐藤 篤:第 39 回レーザーセンシングシンポジウム, P8, (2021).