

# 2 波長同時発振 Nd:YAG レーザのパルス動作特性

Lasing characteristics of a simultaneous dual-wavelength pulsed Nd:YAG laser

大久保心平<sup>1</sup>, 阿部巧<sup>1</sup>, 佐藤篤<sup>1</sup>, 浅井和弘<sup>1</sup>,  
Shimpei Ookubo<sup>1</sup>, Takumi Abe<sup>1</sup>, Atsushi Sato<sup>1</sup>, Kazuhiro Asai<sup>1</sup>,  
小山豪彦<sup>2</sup>, 工藤朗人<sup>2</sup>, 杉本伸夫<sup>3</sup>, 石井昌憲<sup>4</sup>, 水谷耕平<sup>4</sup>  
Takehiko Koyama<sup>2</sup>, Akihito Kudo<sup>2</sup>, Nobuo Sugimoto<sup>3</sup>, Shoken Ishii<sup>4</sup>, Kohei Mizutani<sup>4</sup>

<sup>1</sup>東北工業大学大学院, <sup>2</sup>有限会社パックス, <sup>3</sup>国立環境研究所, <sup>4</sup>情報通信研究機構

<sup>1</sup>Graduate School, Tohoku Institute of Technology, <sup>2</sup>PAX, Inc.,

<sup>3</sup>National Institute for Environmental Studies, <sup>4</sup>National Institute of Information and Communications Technology

## Abstract

We have demonstrated dual-wavelength lasing of a Q-switched Nd:YAG laser at 1.06 and 1.32  $\mu\text{m}$ . Two Q-switched pulses at both wavelengths were simultaneously generated by controlling a time interval between trigger pulses of two Q-switches. In simultaneous dual-wavelength operations, Q-switched pulse energies of 4 and 5 mJ were obtained at 1.06 and 1.32  $\mu\text{m}$ , respectively.

## 1.はじめに

波長 1.32 $\mu\text{m}$  レーザ光の第 2 高調波である 0.66 $\mu\text{m}$  光をライダーに利用することにより植生中のクロロフィル a の吸収特性を用いた植生環境情報の計測が可能となる<sup>1)</sup>。筆者らは、その基本波光源となる波長 1.32 $\mu\text{m}$  高出力レーザの研究を行ってきているが<sup>2)</sup>、現在、より多くの情報を観測するための多波長化を進めている。多波長ライダーにおいて各波長の光パルスが同一地点を観測するためには全波長のパルスと同時に発生させる必要がある。本研究では Nd:YAG レーザにおいて波長 1.06 $\mu\text{m}$  及び 1.32 $\mu\text{m}$  で同時パルス発振を行うための基礎実験を行ったので報告する。

## 2.共振器構成

Fig.1 は波長 1.06 $\mu\text{m}$  及び 1.32 $\mu\text{m}$  同時発振のための Nd:YAG レーザの共振器構成を示す。実験ではサイドポンプ型の励起ヘッドを利用し、レーザ結晶には Nd:YAG( $\phi 3\text{mm} \times 15\text{mm}$ , Nd ドープ率 0.6%) を用いた。励起光源はピークパワー 1000W の 10 段スタック型擬似連続発振(QCW)動作の半導体レーザ(LD)であり中心波長は 0.806 $\mu\text{m}$  に温度同調した。励起ヘッドは、3 方向からレーザロッドを励起する構造となっており、1 方向あたり 2 個の LD が配置されている。励起光の集光には全面が光学研磨された BK7 製ライトガイドを用いた。レーザ共振器は、波長 1.06 $\mu\text{m}$  及び 1.32 $\mu\text{m}$  に対し、

それぞれ個別に構成されているが、励起ヘッドは 2 つの共振器で共有している。波長 1.06 $\mu\text{m}$  用共振器は、全反射鏡及び反射率 20% の出力鏡により直線状に構成されており、共振器内には各波長の共振器を分離する 2 枚のダイクロイックミラー(波長 1.06 $\mu\text{m}$  に対して無反射(AR)、波長 1.32 $\mu\text{m}$  に対して全反射(HR))が挿入されている。波長 1.06 $\mu\text{m}$  用 Q スイッチには、KD\*P の EO Q スイッチを使用した。一方、波長 1.32 $\mu\text{m}$  用共振器は、前述の 2 枚のダイクロイックミラーを用いた Z 型共振器となっており、出力鏡反射率は波長 1.06 $\mu\text{m}$  との発振しきい値の差を考慮し 82% とした。波長 1.32 $\mu\text{m}$  用 Q スイッチには、端面がブリュースターカットされた熔融石英の AO Q スイッチを使用した。また、励起用 LD のトリガーパルス及び各波長用 Q

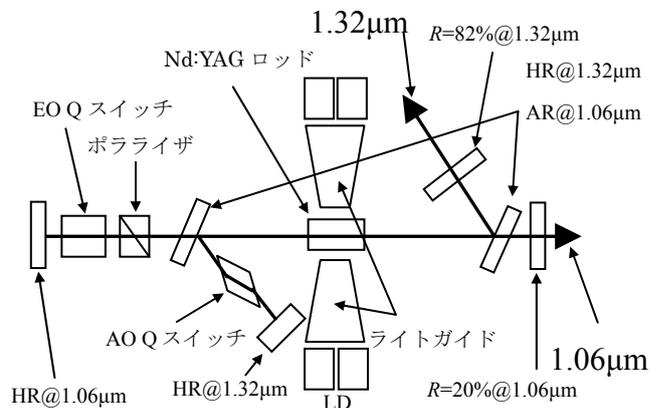


Fig.1 Resonator configuration of the dual-wavelength Nd:YAG laser.

スイッチのトリガーパルスのタイミングは、1台のパルスジェネレータにより制御している。

### 3.実験結果

実験では、パルスジェネレータから波長 1.06 $\mu\text{m}$  用 EO Q スイッチに送られる Q スイッチトリガーパルスを LD トリガーパルスから +260 $\mu\text{s}$  に固定した。波長 1.32 $\mu\text{m}$  用 AO Q スイッチに送られる Q スイッチトリガーパルスを +257 $\mu\text{s}$  から +258 $\mu\text{s}$  まで 0.1 $\mu\text{s}$  単位で変化させ、波長 1.06 $\mu\text{m}$  及び 1.32 $\mu\text{m}$  のそれぞれの Q スイッチパルスの時間波形をデジタルオシロスコープ上でモニタした。Fig.2 は各トリガーパルスのタイミングチャートを表している。ここで、波長 1.06 $\mu\text{m}$  用 EO Q スイッチのトリガーパルスに対する波長 1.32 $\mu\text{m}$  用 AO Q スイッチのトリガーパルスの遅延時間を  $t_d$  とした。

Fig.3 は、 $t_d$  に対する 2 波長の出力エネルギーの変化を表す。励起エネルギーは 553mJ とした。測定は  $t_d = -3.0 \sim -2.0 \mu\text{s}$  の範囲で行った。この時、 $t_d$  の値が  $-2.5 \mu\text{s}$  までは 2 波長の出力の割合は一定であったが、 $t_d = -2.5 \sim -2.0 \mu\text{s}$  の範囲では  $t_d$  が  $-2.0 \mu\text{s}$  に近づくにつれ、波長 1.06 $\mu\text{m}$  の出力は増加し、それと共に 1.32 $\mu\text{m}$  の出力は減少した。Fig.4 は、 $t_d = -2.47 \mu\text{s}$  における 2 波長の Q スイッチパルスの時間波形を示す。測定の結果、2 波長の Q スイッチパルスの発振がほぼ同時に開始していることが確かめられた。現在、2 波長の発振タイミングの最適化を進めると共に、高出力化の実験を進めている。

### 4.おわりに

本研究では、波長 1.06 $\mu\text{m}$  及び 1.32 $\mu\text{m}$  での 2 波長発振 Nd:YAG レーザを試作し、Q スイッチ動作における同時パルス発振について実験的に検討した。実験の結果、Q スイッチトリガーパルスのタイミングの制御により、2 波長同時に Q スイッチパルス発振を行うことが可能であることを確認した。今後、更に改良を進め、2 波長の発振タイミングの最適化を進めると共に、高効率化、高出力化を進めていく。

### 参考文献

- [1] 浅井, JAXA 地球観測衛星・将来ミッション検討委員会資料 (2009).
- [2] 阿部他, 第 58 回応用物理学関係連合講演会 26a-KG-2(2011).

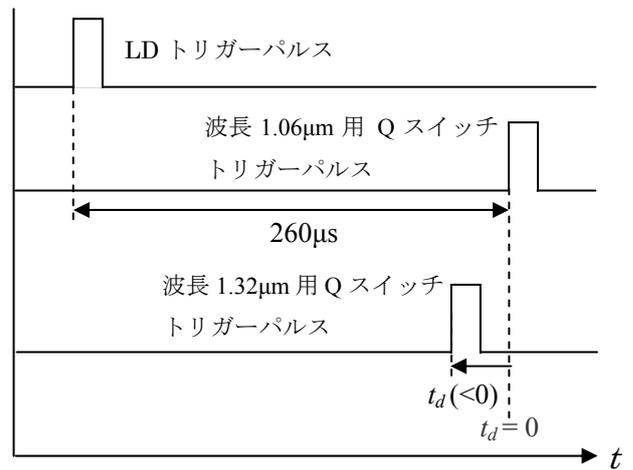


Fig.2 Timing chart of pump LD and Q-switch trigger pulses.

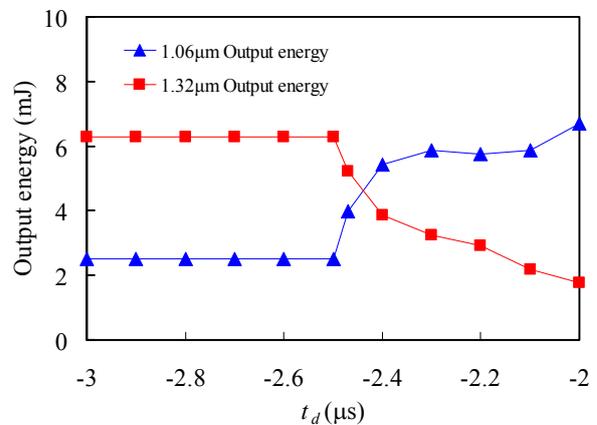


Fig.3 Output energies at 1.06 and 1.32  $\mu\text{m}$  as a function of  $t_d$ .

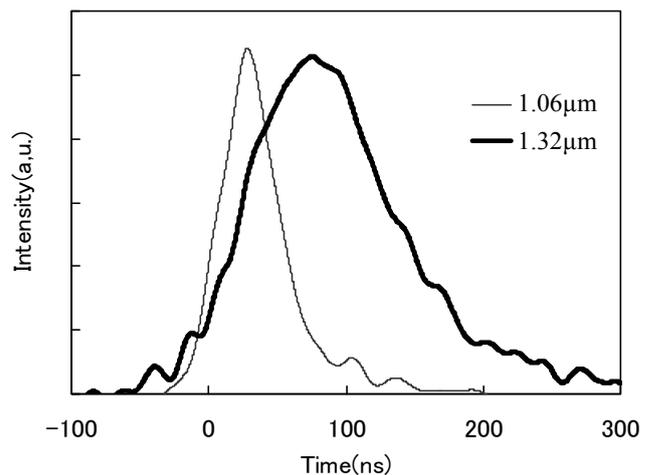


Fig.4 Typical pulse shapes of Q-switched pulses at 1.06 and 1.32  $\mu\text{m}$  in dual-wavelength operations. The time interval between two Q-switched pulses  $t_d = -2.47 \mu\text{s}$ .