

波長 1064nm・532nm を同時出力する波長変換パルスレーザーの開発

宮崎 達也, 星 正幸, 今井 浩一, 廣橋 淳二
株式会社オキサイド (〒408-0302 山梨県北杜市武川町牧原 1747-1)

Development of wavelength converter simultaneously outputs 1064nm/532nm

Tatsuya MIYAZAKI, Masayuki HOSHI, Koichi IMAI, and Junji HIROHASHI
Oxido Corporation, 2420-1 Mukawa, Hokuto, Yamanashi, 408-0302

Abstract: We have developed a wavelength converter that outputs 1064nm/532nm light simultaneously. These wavelengths can be used for LiDAR applications, especially in water bodies. In this paper, we report the relationships between focusing system, conversion efficiency and beam quality. We found optimum focusing condition for both 1064/532 outputs with usable special mode and almost same power.

Key Words: Wavelength conversion, Second harmonic generation (SHG), Nonlinear optics, Pulsed fiber laser

1. はじめに

近年ではドローン技術の進歩やコリドーマッピング等への需要増により LiDAR を搭載したドローンの市場拡大が著しい。3D マッピング用途の LiDAR では主に近赤外波長 (1064nm 等) のレーザーが用いられるが、水中での減衰が大きいために反射光の取得が難しく、水底のマッピングができないという欠点がある。その一方、所謂グリーンレーザーと呼ばれる波長 532nm 近辺のレーザーは水中での減衰が小さいため、本用途に適している¹⁾。さらに、近赤外レーザーとグリーンレーザーとを組み合わせることで、水深の測定にも応用が可能である。本用途では、従来船舶を使用した測定が難しかった沿岸部の測定が容易になるとして近年注目を集めている。通常、グリーンレーザーは高品質の近赤外レーザーを基本波とした第 2 高調波発生 (SHG: Second Harmonic Generation)により得られるが、グリーンレーザーへの変換効率が過度に向上するとバックコンバージョン等によるビーム品質の低下を招くことが知られている。

本稿では、基本波として波長 1064nm のパルスレーザーを使用し、基本波と SH 光の同時利用を目的として集光系の最適化を行うことにより、2 波長を同時に出力、かつ両波長において高品質のビームが得られる波長変換器を開発したため紹介する。

2. 波長変換器の構成

Fig.1 に本波長変換器の光学系、Table 1 に基本波レーザーの特性を示す。基本波としてファイバ出力を持つ波長 1064nm のパルスレーザーを使用する。ファイバからの出力光をコリメート・集光し波長変換素子に入射した後、素子内で発生した波長 532nm および残留した基本波である 1064nm の光をコリメートし空間に出射するという構成とした。また、今回波長変換素子として PP-Mg:SLT を選択した。本素子は 532nm における高い出力耐性を有し、また walk-off を防ぐため疑似位相整合 (QPM: Quasi-phase matching)を利用して²⁾。

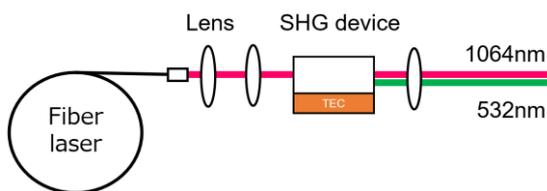


Fig.1 Design of wavelength convertor

Table1 Specifications of the fundamental laser

Laser type	Pulse
Center wavelength	1064 nm
Repetition Rate	50 kHz
Pulse width	1.0 ns
Max peak power	25 kW
Max average power	1600 mW

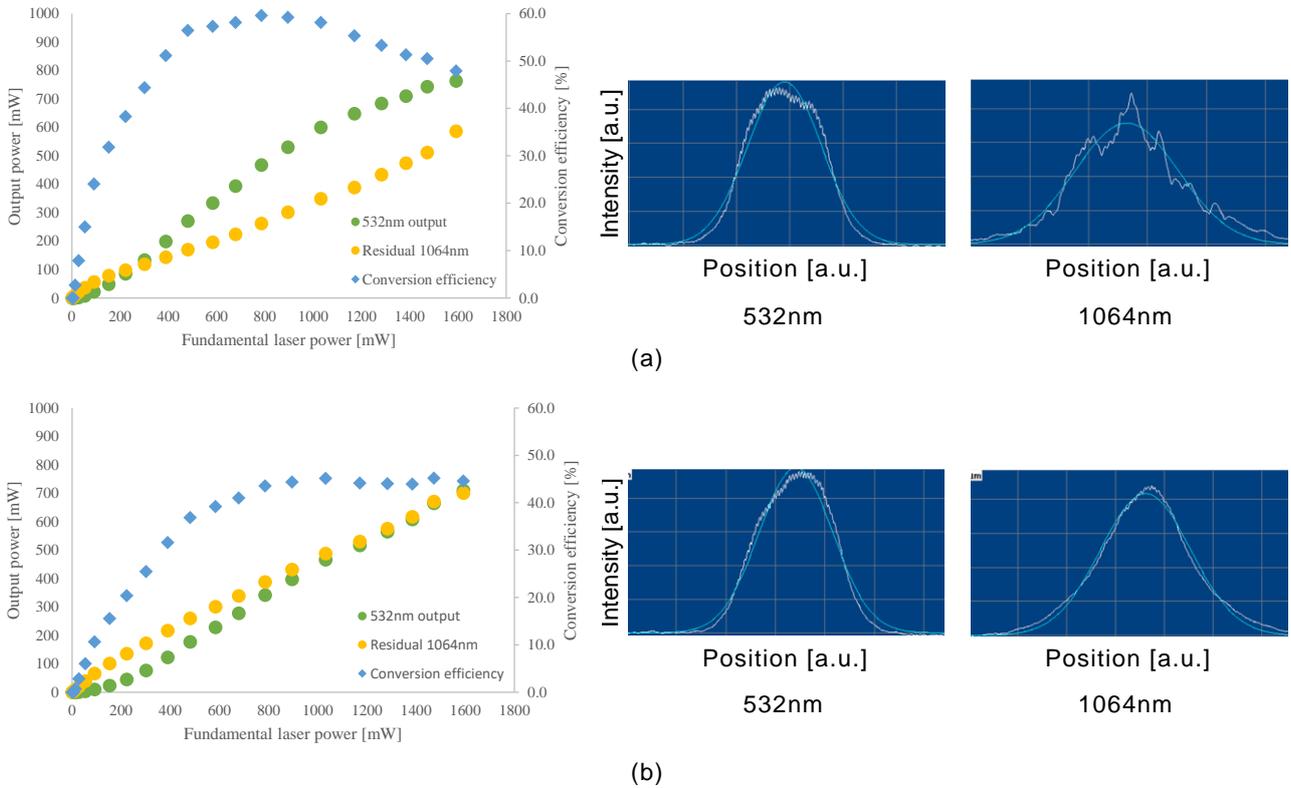


Fig.2 Fundamental laser power vs. Output properties with condition (a) and (b)

3. 集光系の変更によるビーム品質への影響

本項では、集光系の最適化によるビーム品質への影響を観察した結果について述べる。

Fig.2 に集光系を(a)変換効率、(b)出力パワー・ビーム品質のバランス重視の構成とした場合における、基本波の平均パワーに対する 532nm 平均出力パワーおよび変換効率、波長変換後に残留した基本波平均パワーの変化を示す。また、入力基本波の平均パワー1600mW における出力ラインビームプロファイルを 532nm, 1064nm それぞれ示す。

このとき、白線は測定したプロファイルを示し、青線はガウス近似を示す。

(a)の場合、(b)よりも高い変換効率を実現しており、785mW 入力時に 532nm 出力 468mW、変換効率 59.6% を達成した。ただし、その後は入力パワーの上昇に伴い変換効率が低下し、1600mW 入力時には 532nm 出力 763mW、変換効率 47.9%となった。また、この時 532nm のビームはガウスに近い良好なプロファイルを有しているが、1064nm のプロファイルには複数ピークが見られるなど横モード歪みが生じていることがわかる。

(b)の場合では、(a)よりも変換効率を下げ、出力パワーの均一化およびビームプロファイルの改善を図っている。その結果として、変換効率は最大で 45.2%と(a)に比べ低いものの、1064nm のプロファイルはガウスに近づいており、歪みが解消されていることが確認できる。また、入力が 1000mW 以上の場合では出力された 2 波長のパワー比が 5%以下となっており、均一な出力が実現できたといえる。

4. まとめと今後の展望

1064nm の基本波を用いた SHG による波長変換において、変換効率を重視した場合に残留基本波のビーム品質が劣化する。これに対し、集光系の最適化を行うことによりビーム品質の劣化を抑制し、2 波長の同時利用が可能な波長変換器を実現した。

今回開発した波長変換器は先に述べた 3D マッピングや測深用途の LiDAR システムへ応用可能であり、これら分野の更なる発展に寄与することを期待する。

今後は本開発で得た知見を活かし、高い変換効率とビーム品質の両立や、ハイパワー化、波長バリエーションの増加に取り組みたい。

5. 参考文献

- 1) 中村 圭吾：グリーンレーザを用いた航空レーザ速単（ALB）による河川調査の現状と可能性（水環境学会誌 Vol.42(A), No.5, 2019）, pp.174-178.
- 2) Nan Ei YU, et al, Jpn. J. Appl. Phys., Vol.43, No.10A (2004), pp.1265-1267.