

White Paper

532, 561, 594 nm 小型可視レーザー

(株)QD レーザ

1. はじめに

近年、バイオメディカル分野における細胞分析装置として、フローサイトメータや蛍光顕微鏡等の需要が高まり、装置の高機能化・小型化が進んでいます。その装置に使用される波長帯 561, 594 nm のレーザーは、半導体レーザー単体では得られない波長帯のため、非線形結晶による波長変換技術を用いたレーザーが使用されています。当社では独自の技術を用いた半導体レーザー素子と非線形結晶を小型パッケージに実装した 532, 561, 594 nm 小型可視レーザーの開発・生産を行っています(図 1)。本稿では、本レーザーの特長についてご紹介します。

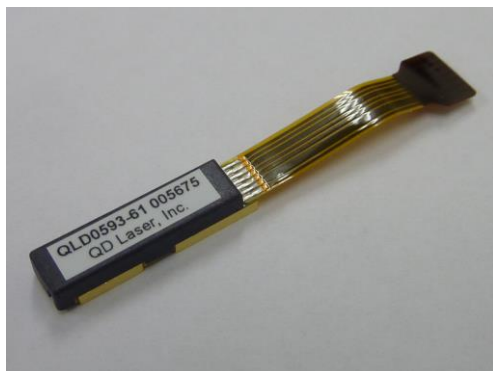


図 1. 小型可視レーザー

2. 小型可視レーザーの特長

小型可視レーザーは、半導体光増幅器が集積された単一周波数半導体 DFB レーザ(DFB: Distributed FeedBack、以下 DFB レーザ)と非線形結晶の 2 つの主要部品で構成されています(図 2)。

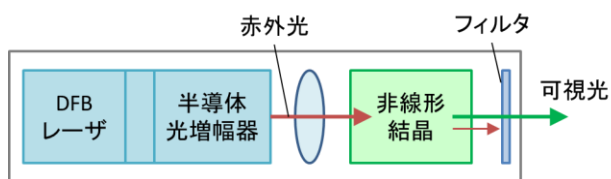


図 2. 小型可視レーザーの模式図

たとえば波長 561 nm のレーザーでは、DFB レーザで発振させた波長 1122 nm の赤外光を半導体光増幅器で増幅し、非線形結晶によって二次高調波(波長変換光)を生成することで波長 561 nm のレーザー光を発生させます。DFB レーザの発振波長および非線形結晶の位相整合波長を適切に組み合わせることで 532 nm(緑)、561 nm(黄緑)、594 nm(橙)を得ることができます(図 3)。

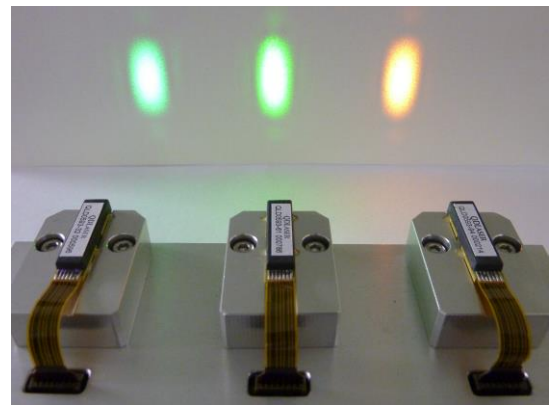


図 3. 緑・黄緑・橙色のデモストレーション

小型可視レーザーには下記の特長があります。

- [1] 単一周波数かつ高い光出力安定性(<2%)
- [2] 0.5 cc 以下の小型パッケージ
- [3] 低消費電力(1.5 W, ドライバの消費電力除く)
- [4] 100 MHz までの直接変調
- [5] 50ピコ秒パルス

以下で、それぞれの特長について解説します。

- [1] 単一周波数かつ高い光出力安定性

当社の DFB レーザは、性能に対する要求が厳しい光通信用レーザー開発で培った半導体内部に回折格子を形成する技術と、それを埋め込む再成長技術によって実現したものです。その DFB レーザは、回折格子の

強い波長選択性によって単一周波数かつ数 MHz の狭幅で発振し、非線形結晶で生成される可視光も単一周波数となります(図 4)。また、DFB レーザの特長である高い光出力安定性が可視光にもそのまま反映されるため、小型可視レーザは光出力安定性にも優れています。本製品を使用することで測定対象の検出精度・分解能向上が期待されます。

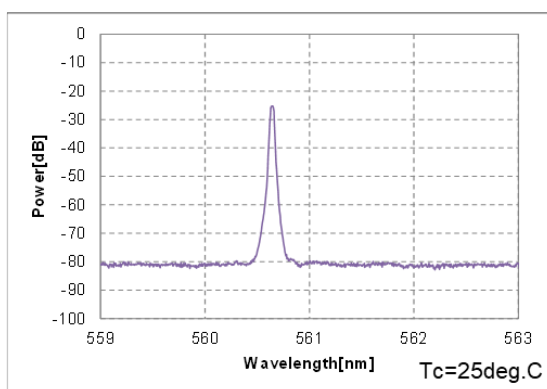


図 4. スペクトル特性(561 nm)

一方 DPSS レーザの場合は、縦マルチモード(複数の周波数)で発振する励起用半導体レーザでレーザ結晶を光励起し、レーザ結晶から赤外光を発振させ、非線形結晶によって可視光に波長変換します。しかしながら縦マルチモードの半導体レーザは、単一周波数で発振するDFBレーザに比べて光出力安定性が劣るため、レーザ結晶の赤外光および波長変換された可視光の光出力安定性も同様となります。

[2] 0.5 cc 以下の小型パッケージ

DPSS レーザや OPSL の主要構成部品は、励起用半導体レーザ、レーザ結晶、非線形結晶の 3 つからなり、レーザ光を成形、結合、共振させるためのレンズやミラーが部品間に配置されるため、パッケージの小型化に難があります。

当社の小型可視レーザは、DFBレーザと半導体光増幅器を一体化させ、主要部品をDFBレーザと非線

形結晶の 2 つに削減することで、0.5cc 以下(22 x 5.6 x t3.8 mm)の非常に小さなパッケージを実現しました。これにより分析装置の省スペース化や装置内レイアウトの自由度を高めることができます。

[3] 低消費電力

DPSS レーザや OPSL は励起用半導体レーザのレーザ光をレーザ結晶に照射して、赤外光を発振させるためのエネルギーを与えますが、励起効率は 100% にはなりません。また、レーザ結晶を励起するには赤外光よりも短い波長(高いエネルギー)が必要なため、励起光と赤外光との波長差に相当するエネルギーは損失となります。たとえば 532 nm レーザの種光となる 1064 nm の赤外光を得るためには 808 nm の励起半導体レーザを用います。

当社の小型可視レーザは電流注入によって赤外光を直接発振させているため、エネルギーの損失を抑制でき 1.5 W という低消費電力を実現しました(ドライバの消費電力を除く)。

[4] 100 MHz までの直接変調

DFB レーザの光出力を一定に保った状態で、半導体光増幅器への印加電流を変調すると、光出力もそれに追従して変化します。半導体光増幅器の変調帯域は半導体レーザと同じく RC 時定数で決まるため、外部変調器を用いることなく 100 MHz までの変調が可能です。

半導体光増幅器に逆バイアスを印加すると光を吸収させることができるため、順バイアスと逆バイアスを組み合わせた変調信号を用いることで、30 dB 以上の高い消光比が得られます。

[5] 50ピコ秒パルス

DFBレーザに短い電気パルスを入力してゲインスイッチ動作させると、約 50 ピコ秒の短パルスが発生さ

せることができます(図 5)。ゲインスイッチ動作とは、半導体レーザーが発振状態に到達した直後に生じる強い短パルス発振現象を利用した動作で、高速変調が可能な半導体レーザーでは特に短いパルスを生成することができます。小型パッケージでありながらピコ秒短パルスを生成できることは、本製品の大きな特長で、STED顕微鏡の誘導放出用の短パルスレーザー光源に適しています。

表 1 の他社製品との比較で、小型可視レーザーの[1]-[5]の特長をご確認いただけます。

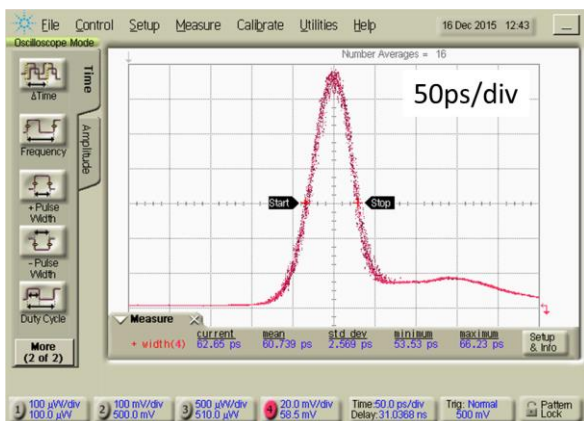


図 5. 短パルス動作

表 1. 他社製品との比較

		QDレーザー			A社(OPSL)			B社(DPSSLレーザー)		
波長 (nm)		532	561	594	532	561	594	532	561	594
光出力 (mW)		30, 50	5, 20, 30, 50	5, 20	20, 50, 80, 100, 150	20, 50, 80, 100, 150	20, 60, 100	300	100, 150	30, 50
ビーム品質	縦モード	シングル			シングル			シングル		マルチ
	ビーム楕円率	≈ 1 : 2 (発散光)			≤ 1 : 1.1 (平行光)			≤ 1 : 1.1 (平行光)		
	空間モードM2	≤ 1.2			≤ 1.1			< 1.1		< 1.2
CW特性	出力安定性	< 2%			< 2%			< ±2%		
	RMSノイズ	< 0.2%			< 0.25%			< 0.5%	< 0.2%	< 1%
変調特性	変調周波数	< 100 MHz			< 1 kHz			N/A		
	最小パルス幅	50 ps (ゲインスイッチ駆動時)			≈ 1 ms			N/A		
動作温度		20 - 30°C			10 - 45°C			10 - 40°C		
保管温度		-10 - 50°C			-20 - 60°C			-20 - 60°C		
消費電力		1.5 W Max (LD消費電力)			Typical 5 - 8 W, Max. 12 W (駆動回路を含む消費電力)			< 60 W (駆動回路を含む消費電力)		
サイズ / 体積		22 x 5.6 x 3.8 mm / 0.5 cc (TEC非搭載)			27 x 52 x 13.1 mm / 19 cc (ヘッド部筐体サイズ)			115 x 50 x 43.5 mm / 250 cc (ヘッド部筐体サイズ)		

3. 製品紹介

3-1. 小型可視レーザー

現在ご提供可能な小型可視レーザーは 3 種類あります(表 2)。光出力が空間に放出される標準品は、小型パッケージの利点を活かして光学系や装置のレイアウト自由度を高めることができます。

シングルモードファイバから出力されるファイバ出力タイプでは、ファイバの性質により円形ビームが得られ、光の経路も容易に変更できるため、装置内の光学系の簡素化に役立ちます。

上記の標準品とファイバ出力タイプでは電流源と温度コントローラが必要となりますが、CW ドライバ内蔵 BOX タイプはドライバや温調機能が 1 ボックスに収納されているため、購入後すぐにお使いいただけます。

3-2. ドライバ

ゲインスイッチ動作による 50 ピコ秒の光パルスが発生可能なドライバで、標準品およびファイバ出力タイプに対応しています。CW 駆動および 100 kHz で変

調可能なドライバも現在開発中です。



図 6. QBB0502 ピコ秒ドライバ

3-3. 小型マルチカラーレーザー光源

当社の小型可視レーザー(532, 561, 594 nm)1 台と他の波長の TO-CAN 3 台を一つのモジュールに集積しています。波長は小型可視レーザーの 532, 561, 594 nm から 1 波長、TO-CAN の 405, 488, 520, 640, 660, 785 nm から最大 3 波長選択可

表 2. 小型可視レーザーのラインナップ

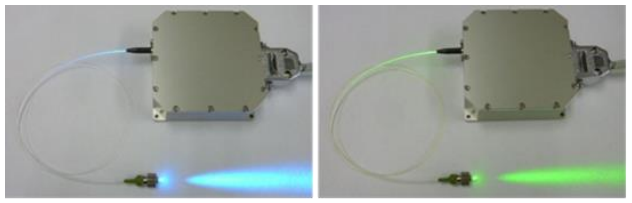
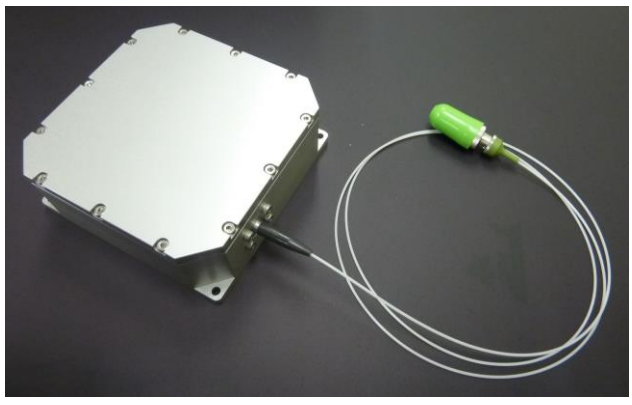
		標準品	ファイバ出力タイプ	CWドライバ内蔵 BOXタイプ
製品外観				
品番		QLD0593-xyyy-11	QLD0561-xyyy	QC4D0593-xyyy
波長		532, 561, 594 nm	532, 561 nm	532, 561, 594 nm
出力方法		フリースペース	ファイバ	フリースペース
光出力	CW ~100 MHzパルス	532 nm: 20, 30 mW 561 nm: 5, 20, 30, 50 mW 594 nm: 5, 20 mW	SMF/PMF: 15 mW MMF: 25 mW	20 mW CW駆動のみ
	50 ps ゲインスイッチ動作	532 nm: 20 mW 561 nm: 50 mW 594 nm: 20 mW	15 mW	N/A
必要機器		・電流源 2台 ・温度コントローラー 1台		PC

能で、例えばフローサイトメータに適した 405, 488, 561, 640 nm の組み合わせにも対応しています。当社の小型可視レーザーを搭載することで 4 波長でも高い光出力安定性(2%以下)と手のひらサイズの小型化を実現しています。オプションとして CW/パルス駆動ドライバも提供しています。

- ・パッケージサイズ: 80 x 80 x t30 mm
- ・ファイバ出力: SMF/PMF, 20-40 mW

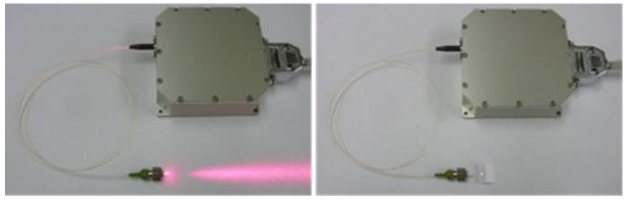
4. おわりに

本稿では、(株)QD レーザの 532, 561, 594 nm 小型可視レーザーについて紹介しました。小型、低消費電力、高い光出力安定性は、フローサイトメータや蛍光顕微鏡等のバイオメディカル用途に適しており、お客様の製品の設計自由度向上・高機能化に貢献いたします。



488nm

561nm



660nm

785nm

図 7. 小型マルチカラーレーザー光源