

# 小型・高輝度 OIU用 緑色レーザーモジュールの開発

Development of Green Laser Module for OIU which Provides High Brightness in Small Size

石橋 真\*  
Shin Ishibashi

OIU (Optical Imaging Unit for projector) とは、ノートパソコンに搭載可能な、レーザーを光源とする超小型・高輝度 (50 lmクラス) プロジェクタの光学ユニットであり、2011年7月から量産出荷している。OIUに搭載する緑色レーザーモジュールは、半導体レーザーの直接発振ではないため、温度特性や組立工程が複雑であるという課題があった。本稿ではその解決方法について報告する。

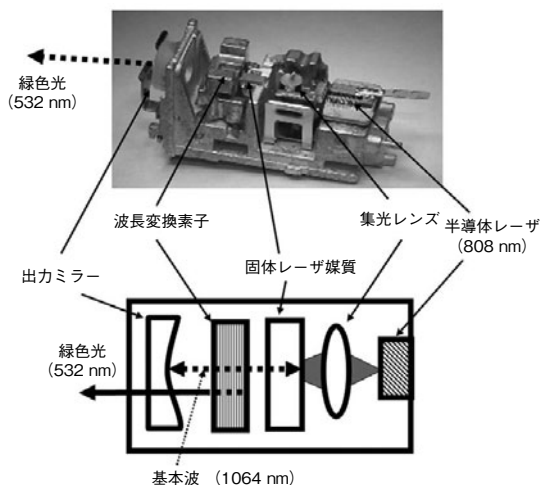
The Optical Imaging Unit for projector (OIU) is a small-sized high-brightness projector using laser light sources. A PC-embedded-type OIU has been shipped from July, 2011. Because the green laser module used for the OIU did not use the direct oscillation of semiconductor lasers, there were the problems with temperature properties and the assembly process was complicated. This report describes the efforts to improve these problems.

## 1. 緑色レーザーモジュール

レーザー光源プロジェクタの実現には、光の3原色である赤・青・緑色レーザー光源が必要である。赤・青色レーザー光源は光ディスク用途に高出力開発が進んでおり、プロジェクタ用途に開発された赤・青色レーザー光源に半導体レーザーを用いることが可能となりつつある。一方、緑色レーザーは半導体レーザーで発振が報告されているが[1]、まだ50 mW程度と出力が小さくOIUで使用するには出力不足である。

そこで、OIUでは内部共振器型波長変換レーザーを用いている。第1図に、OIUで用いた緑色レーザーモジュール

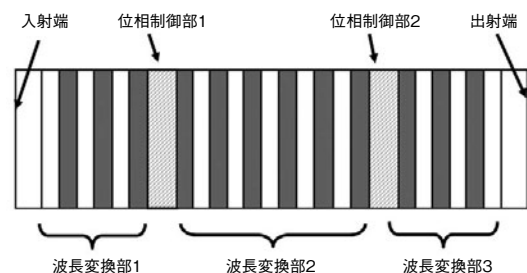
の内部構造と概略図を示す。まず、半導体レーザーから出射される波長808 nmのレーザー光は集光レンズで集光され、固体レーザー媒質を励起する。次に、励起されたレーザー光は出力ミラーと固体レーザー媒質で構成される共振器内で、基本波である波長1064 nmのレーザー光を発生する。最後に、共振器内には波長変換素子が配置されており、共振器内の基本波を波長532 nmのレーザー光に変換し、出力ミラーから緑色光を出射する仕組みとなっている[2][3]。小型モジュールで、高出力の緑色光を得るためには、温度に対する出力安定性に優れた波長変換技術、量産性を考慮した精密調整技術の実現が課題であった。



第1図 緑色レーザーモジュール内部構造と概略図  
Fig. 1 Internal components and schematic diagram of green laser module

## 2. 波長変換技術による温度特性改善

従来の緑色レーザーモジュールは、高い緑色光出力を保持できる温度範囲が狭いため、温度調整装置が必要であり、小型化や消費電力の点で不利であった。そこで、緑色レーザーモジュールの温度に対する出力安定性に大きな影響を与える波長変換素子の構造を見直し、温度特性改善を試みた。第2図は、緑色レーザーモジュール用に開発した波長変換素子の模式図である。



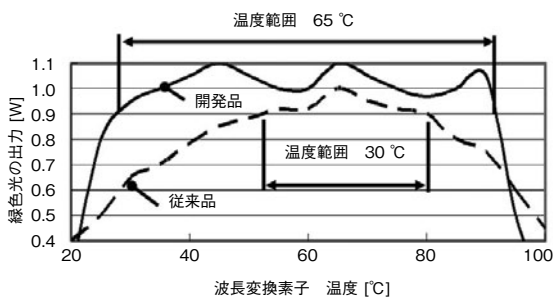
第2図 開発した波長変換素子の模式図  
Fig. 2 Schematic diagram of developed wavelength conversion device

\* パナソニック プレシジョンデバイス (株)  
Panasonic Precision Devices Co., Ltd.

波長変換素子には、基本波から緑色光への波長変換効率が低いニオブ酸リチウム結晶 ( $\text{LiNbO}_3$ ) を採用している。入射端から入った基本波は、波長変換素子の非線形光学効果により、波長変換素子内で次々と緑色光に変換される。このとき、変換された緑色光同士が干渉・減衰することを抑えるために、波長変換部で緑色光同士の位相をそろえている。しかし、従来の波長変換素子は周囲温度が変化すると素子の屈折率が変化するため、緑色光同士の位相にずれが生じ、緑色光出力が低下していた。

そこで、この位相のずれを補正するため、波長変換素子内に位相制御領域を設ける構造を考案した。位相を進める領域の位相制御部1と、位相を遅らせる位相制御部2を設け、温度変化による位相のずれを緩和し、動作温度範囲の拡大と緑色光出力の向上を実現した。

開発した波長変換素子の効果を、第3図に示す。横軸に波長変換素子の温度、縦軸に緑色光の出力とし、従来品（破線）と開発品（実線）の動作温度比較を行った。その結果、緑色光の出力0.9 W以上で従来品の動作温度範囲30℃に対し開発品は65℃と倍以上の動作温度範囲を確保し、緑色光の最高出力も従来の1.0 Wから1.1 Wへ向上した。この結果、従来必要であった温度調整装置を不要にし、超小型プロジェクタへの緑色レーザーモジュール搭載を可能にした。



第3図 従来波長変換素子と開発した波長変換素子の温度範囲  
Fig. 3 Temperature range of conventional wavelength conversion device and developed one

### 3. 精密調整技術による量産性の向上

従来の緑色レーザーモジュールは、高い緑色の出力を得るために、16軸の調整が必要であり、組立時間が長く、量産化を進める上での課題となっていた。

そこで、高い緑色光の出力を維持したまま、緑色レーザーモジュールの組立を簡素化させることにより、組立時間を短縮し、量産を実現するに至った。第1表に、緑色レーザーモジュールの主要光学部品の従来と量産時（開発品）の調整軸数を示す。

第1表 従来と量産時（開発品）の調整軸数

Table 1 Number of adjustment axes at mass production and conventionally

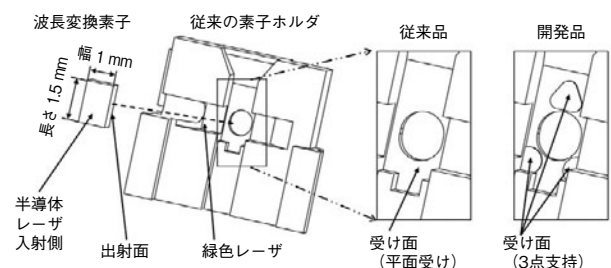
光学部品	従来	量産時（開発品）
出力ミラー	5軸	2軸
波長変換素子	5軸	2軸
集光レンズ	3軸	2軸
半導体レーザー	3軸	0軸

調整軸数が増える要因として、使用する光学部品が小さいため、取り付け精度の確保が困難であること、光学部品ホルダへの固定姿勢が不安定であることがあげられる。

軸の調整数削減の一例として、第4図に示すような波長変換素子の素子ホルダを開発したので、本図を用いて説明する。所望の緑色光出力を得るためには、出射面の姿勢精度は3°未満が必要であることが、実験的に把握できていた。従来の素子ホルダでは受け面の打痕（だこん）、変形といった素子の姿勢が不安定となる要因から、素子の取り付け姿勢は6°を超えていた。このため従来構成では波長変換素子の幅方向と長さ方向の2軸を調整していた。

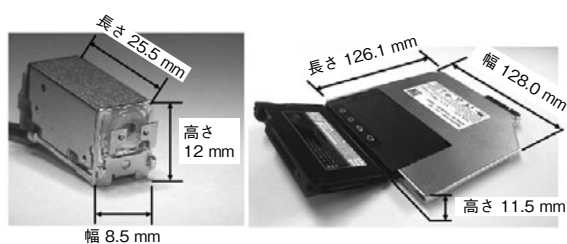
そこで、出射面の姿勢精度を確保する部位の形状として、3点支持する受け面をもつ素子ホルダの構造を考案し、取り付け姿勢が出力に大きく影響する波長変換素子の出射面を素子ホルダへ直接当てつける構成とした。本構成では、波長変換素子の出射面に接触する箇所が素子ホルダの支持部3箇所限定され、素子の出射面が安定して取り付けられるため、素子の取り付け姿勢が従来より飛躍的に安定した。結果として、開発の素子ホルダは姿勢精度3°未満を達成し、素子の幅方向、および長さ方向の2軸調整を不要とした。

開発した緑色レーザーモジュールの設計では、3点支持の本構造を主要な光学部品のホルダに採用し、取り付け姿勢の精度悪化を抑制して、調整軸数の削減を実現した。



第4図 波長変換素子における、従来品と開発品の素子ホルダ  
Fig. 4 Conventional holder and developed one for wavelength conversion device

これは、光ディスクドライブ事業で培った精密調整技術を応用したもので、第1表に示したように調整軸数を最終的に6軸まで低減させた。結果として、従来の組立時間を開発品は1/16まで短縮し、性能指標である出力0.9 Wを確保したまま量産性のある緑色レーザーモジュール（幅8.5 mm、長さ25.5 mm、高さ12 mm）を実現できた。第5図に、本稿の緑色レーザーモジュールとOIU外観を示す。



第5図 緑色レーザーモジュールとOIU外観

Fig. 5 Appearance of green laser module and OIU

#### 4. 動向と展望

小型プロジェクトは、今後の市場拡大が期待されており、各社より多くの製品が発表、販売されている。特に超小型／高輝度／低消費電力の特徴を有するOIUにより、ノートパソコンや携帯端末など従来商品では搭載できなかったさまざまな機器への展開や新たなアプリケーション開発の可能性が高まると想定している。今後の緑色レーザーモジュールの展望として、小型プロジェクト用途に限らず、測定用光源、医療用光源などに展開し、より大きな事業へと拡大させることを考えている。

#### 参考文献

- [1] T. Miyoshi et al., “510-515nm InGaN-based green laser diode on c-plane GaN substrate,” Appl. Phys. Express 2, 062201, 2009.
- [2] Y. Kitaoka et al., “Intracavity second-harmonic generation with a periodically domain-inverted LiTaO<sub>3</sub> device,” Optics Letters, vol.21, issue 24, pp.1972-1974, 1996.
- [3] T. Yokoyama et al., “Compact intracavity green light source with wide operation temperature range using periodically poled Mg:LiNbO<sub>3</sub>,” Jpn. J. Appl. Phys., vol.47, no.8, pp.6787-6789, 2008.