

# 高輝度タイプと超小型タイプのRGB 半導体レーザー光源モジュール開発 —実装実証で優位性を確認

島津製作所と大阪大学は、高輝度タイプと超小型タイプの2種類のファイバー結合型3原色レーザー光源モジュールの開発を発表した。

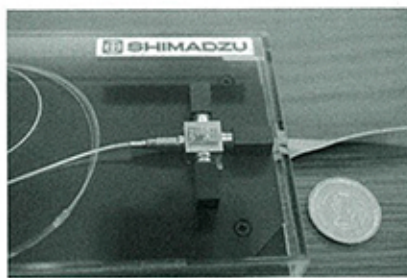
この成果は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のプロジェクト「クリーンデバイス社会実装推進事業／最先端可視光半導体レーザーデバイス応用に係る基盤整備」の一環として取り組んだもので、プロジェクトリーダーは大阪大学光科学センター・副センター長／特任教授の山本和久氏が務めている。

プロジェクトを推進するにあたっては、2014年10月に技術開発や標準化の策定、新規アプリケーションの創出を目指す産学連携組織「可視光半導体レーザー応用コンソーシアム（VLDAC）」が設立されており、現在、54団体が参画している。

今回開発を発表したのは、シネマ用プロジェクターやテレビなどの高輝度表示装置、さらにレーザー照明用光源に有効とする高輝度の3原色レーザー光源モジュールと、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）やヘッドアップディスプレイ（HUD）、携帯型プロジェクターなどの走査型レーザー投射向け超小型の3原色レーザー光源モジュールだ。この2種類のレーザー光源モジ



高輝度タイプRGBレーザー光源装置の外観



超小型レーザー光源モジュール

ジュールを実際に機器に組み込み、その性能評価も行なった。また、光源の実用化に向けては、特性仕様と信頼性に関するガイドラインを、VLDACサイト内 (<http://vlda-cons.org/business/guideline>) で公開している。

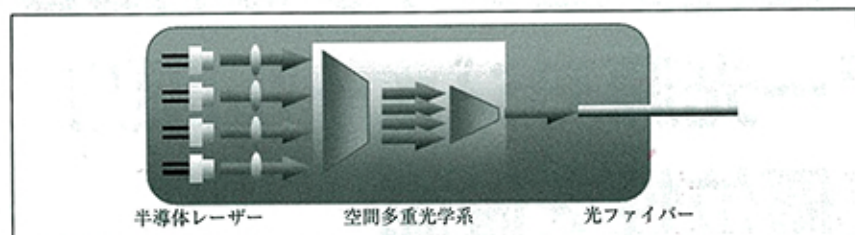
開発したレーザー光源モジュールが、高輝度タイプは赤（R）と緑（G）

が10 W、青（B）が20 Wの出力特性を持ち、1万lmクラス以上の輝度実現の可能性を示すものとしている。この値はキセノンランプや高圧水銀灯で得られるが、レーザー光源では最終製品において省エネ性能や長寿命化を享受することが可能となり、アドバンテージが高い。

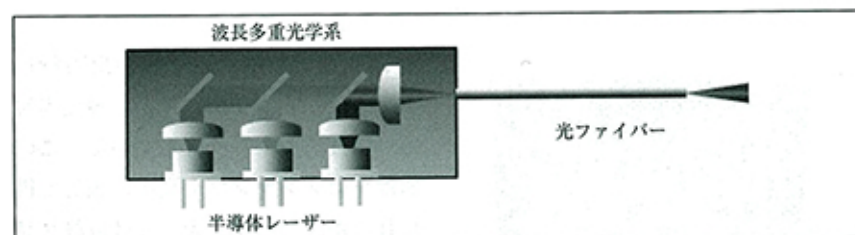
一方、超小型タイプは主要部の容積が0.5 cc (1×1×0.5 cm<sup>3</sup>) というサイズを実現。レーザーは、例えば、プロジェクターに組み込んだ場合、光線の拡散がほとんど無いため、投影面の距離や形状に依存することなくフォーカスフリーで投影像を写し出すことが可能になる。

また、このような特性は、人間の眼にも適用できる可能性があることから、レーザー光を直接網膜上に走査することにより、近視などの屈折異常がある場合でも、ピントの合う画像を得られるHMDの実現が期待されている。

さらに、半導体レーザーの数を調整することで、出力の高低差に柔軟に対応できるほか、ファイバーを介した光源と発光部分の分離が可能という利点もある。例えば、これを自動車ヘッドライトに適用することで、遠方照度性と照射位置の制御性を高めることができ、光源本体の搭載位置を自由に選択



高輝度空間多重化技術



超小型波長多重化技術

できるというメリットがある。

こうした様々な用途が想定されている中であって、これまで半導体レーザーデバイスの応用には、「モジュール実装のところで標準化が遅れていた」と鳥津製作所 デバイス部 センサ・デバイスビジネスユニット・技術グループ長の東條公資氏は課題を指摘する。

具体的には、応用機器ごとに異なる設計を行なっているほか、メーカーごとに安全性や信頼性の面で独自の設計基準を設けており、業界における統一した基準がなく、そのため、開発の効率化が必ずしも図られていないというのが実情という。

この解決を図ったのが、今回の成果であり、プロジェクトにおいて汎用モジュールの開発に取り組んだ。鳥津製作所が提案しているのは、光ファイバー結合型光源モジュールである。

今回開発した光源モジュールは、同社の“BLUE IMPACTテクノロジー”をベースとしたものとなっており、高

輝度タイプでは複数の半導体レーザー素子を並列した際に発生する間隙を取り除くため、新たに開発した空間多重光学系を用い、レーザー光のフィルファクターを高めて、高出力・高輝度なビームを作り出すという高輝度空間多重化技術を導入した。高輝度タイプではマルチモード光ファイバーで出力する。この技術は加工用として製品化した青色レーザー光源モジュールでも採用されている。

一方、超小型タイプは一円玉ほどの小さな空間に波長多重光学系を作り込み、RGBの半導体レーザーを同軸で合成するもので、シングルモード光ファイバーで出力する。現在の仕様だが、R：640 nm・G：520 nm・B：460 nmの平均出力は30 mW、ビーム径はRが5 μm、Gが約4 μm、Bが3 μm、ビーム拡がり角が5°、ビーム品質は $M^2 \approx 1$ 、ビーム楕円率が1（偏波保持）、入力電圧がR：3 V／GB：5 V、動作温度範囲が $\sim 40^\circ$ となっている。

ファイバー径は両タイプともに200 μmで、汎用性や自在なレーザー光の取り回しを可能にする。また、超精密レーザー溶接によって1,000分の1ミリ単位で組み立てることで、信頼性の高いシステムとした。

東條氏は、今回のレーザー開発にあたって、「特に短波長光という観点では、光子エネルギーの高い光を高出力にして扱うということで、ファイバーを始め、光学素子に対するダメージを如何にして抑えるかがポイントであった」としている。また、高出力化を実現するにあたっては、配置する多数の半導体レーザー素子をセット化し、複数のユニットにすることで位置調整の効率化を図ったという。

今回開発したモジュールを9社（パナソニック、バイオニア、IDEC、QDレーザ、セイコーエプソン、ホンダ、スタンレー電気、三菱電機、日立製作所）の機器メーカーに提供し、走査型レーザー投射装置、高輝度表示装置、レーザー照明において評価。LEDと比較した結果、省エネ性能、色再現性／色強調性、高輝度（高効率）、サイズなど、ほぼ全ての項目でその優位性を実証した。

走査型レーザー投射応用では省エネ性能について、LEDの2%に対して16%、焦点深度でもぼけは見られず、色再現性ではLEDの0.52に対して1.0、黒浮きもLEDの0.14 cd/m<sup>2</sup>に対して0.005 cd/m<sup>2</sup>という性能を示した。

高輝度表示装置応用では、LDプロジェクターとLEDプロジェクターとで比較。その結果、体積は231 cm<sup>3</sup>→27 cm<sup>3</sup>、光利用効率は24%→92%、輝度は1,844 lm→5,705 lm、省エネ性能が

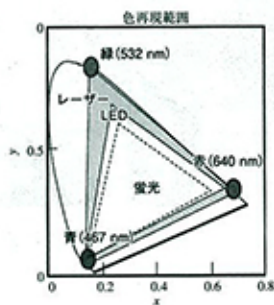


ユースケース	応用	消費電力 (省エネ)	色再現性 色強調性	超小型	高輝度 (高効率)	フォーカス フリー	デザイン/ 最適配置
① 走査型 レーザー照射応用	ヘッドマウントディスプレイ	○	○	○	—	○	○
	ヘッドアップディスプレイ、 携帯プロジェクタ	○	○	○	○	○	○
② 高輝度 表示装置応用	映像・ホームプロジェクタ	○	○	○	○	○	—
	データプロジェクタ	○	○	○	○	○	○
	レーザー TV	○	○	○	○	—	○
③ レーザー照明	照明	○	○	○	○	—	○
	ヘッドライト	○	—	○	○	—	○

LEDと比較し、○優位、△同等、×不利、—関係なし

#### ユースケースにおけるレーザーの優位性

	レーザー	LED
色再現範囲 (BT.2020)	100%	50~74%
偏光利用	可能	不可
発光面積	1~10 <sup>2</sup> μm <sup>2</sup> ⇒・高輝度 ・ファイバー結合優位	10 <sup>5</sup> μm <sup>2</sup>
指向性 (広がり角)	~0度 ⇒・必要部分のみ照射 ・フォーカスフリー	180度



#### レーザーの優位性

14.6 lm/W → 30.9 lm/W, 色域が73.6% → 95.7%と向上することが分かった。

レーザー照明では、LED照明に対して輝度（遠方照射）が0.4 W/mm<sup>2</sup>sr → 3.66 W/mm<sup>2</sup>srと9倍に高まることを示した。照射距離はLEDでは100~150 m程度だが、レーザーでは1,000 mを可能にするという。自動車用ヘッドライトへの適用に関心が高まっているのも、このためだ。

開発したレーザー光源モジュールの本格的な市場投入は今夏以降を予定しており、開発ではさらなる高出力化を図っていくとしている。

レーザーは色再現性の範囲がLEDに比べても広く、将来の8K放送に採用される色域規格BT.2020をカバーできる。これはレーザーの光取り出し効

率が100%であることに起因するもので、山本氏は「今後は内部量子効率を高めることができれば究極の光源となる」と語り、現状の41%を次の開発フェーズで60%に高めていくとし、将来的には80~100%を目指すとしている。内部量子効率の向上策については現在、可視光半導体レーザー応用コンソーシアムに組織されている半導体レーザー専門委員会で議論が進められている。

可視光半導体レーザー搭載製品の世界市場は、2030年に約50兆円になるとも予測されており、赤色、青色に加えて緑色半導体レーザーも実用化され、レーザーディスプレイやレーザー照明など様々な製品への応用展開が可能となっている。

しかし、山本氏は「RGB半導体レーザーを含め、要素技術が急速に立ち上がったものの、製品展開への価値が必ずしも浸透していない。レーザー応用普及のための製品に対する標準化や共通化、安全性などが整備されていないためだ」と語る。

そのため、可視光半導体レーザー応用コンソーシアムでは、3原色レーザー光源モジュールの性能基準や信頼性、安全性などに関する6種類のガイドラインを整備。このほど、半導体レーザーの初期特性と信頼性、モジュールの仕様について、そのガイドラインを公開。この4月には安全性を確保する技術的基準とスペックル評価方法を、5月にはモジュールに関する信頼性について、それぞれガイドラインを公開する予定だ。

国際標準化に向けた提案支援活動も進めている。具体的には①ファイバー光源モジュールの仕様、②スペックル性能評価指数、③ヘッドマウントディスプレイ用光源・網膜走査方式評価方法、④ヘッドランプユニットの仕様などをIEC TC110やUNECE/WP29/GREに提案する。このうち、③についてはIEC TC110においてblank詳細仕様がPWIとして登録。①と④についてはこの6月末までに標準化文書暫定案の作製を目指すとしている。

また、山本氏は「コンソーシアムの参画機関を、1年後には150機関にし、2020年までに約500機関とし、2030年には約1,000機関を目指す」としており、最終的にはグローバル化も図る計画で、可視光半導体レーザーの応用展開を本格化させる。◇