

NEWS RELEASE

LD を 8 分の 1 以下の狭いスペクトル幅で発振する
レーザー共振器の開発に、世界で初めて成功
全固体レーザーの出力を向上する励起用 LD 光源の開発に期待

2015 年 4 月 15 日
浜松ホトニクス株式会社
本社：浜松市中区砂山町 325-6
代表取締役社長：晝馬 明(ひるま あきら)

当社は、高出力半導体レーザー（以下 LD）スタック 2 個を、ストライプミラーと単一面型 VBG（Volume Bragg Grating）を用いて同時に波長制御し、8 分の 1 以下の狭いスペクトル幅で発振する、安定したレーザー共振器の開発に世界で初めて成功しました。これにより、全固体レーザーの出力を向上する励起用 LD 光源の開発が期待できます。

本成果は、応用物理学会誌の「アプライド・フィジックス・エクスプレス（Applied Physics Express (APEX) Online）5 月号」に掲載予定で、4 月 14 日に電子版に掲載されました。また、4 月 23 日（木）にパシフィコ横浜・会議センターで開催される、レーザーに関する国際会議「OPIC（OPTICS & PHOTONICS International Congress）2015」で口頭発表する予定です。

*VBG：光誘起屈折率（フォトリフラクティブ）効果があるガラスの内部で、わずかな屈折率が周期的に変化し、特定の方向に光が強く回折する格子を形成した光学素子。特定の角度では強い光の反射が起こるが、その角度以外ではほとんど光を反射しない。LD の縦横モードを改善できるため、波長安定と狭帯域が実現する。

<開発技術の概要>

本技術は、ストライプミラーと 1 枚の単一面型の VBG を用いた外部共振器構造を構成することにより、2 個の LD スタックのスペクトル幅を 0.31 nm 以下と 8 分の 1 以下まで狭くし、高効率で高強度を実現すると同時に、駆動電流や動作温度の影響を受けない安定動作を実現するものです。これは、LD バーのビームをストライプミラーに効率よく入射させるために、コリメートレンズを LD バーに接着するとき、ビームがストライプに対応して平行になるように微調整を行うことで実現しました。これにより、LD バーごとに VBG を取り付けることなく 1 枚の VBG で LD スタックに対応できるようになりました。

当社は、2004 年に LD バーに VBG を取り付ける技術を開発し特許化しました。本技術は、VBG を 1 枚の単一面型にすることで、製造コストの大幅な削減にも貢献します。また、ストライプミラーを用いて 2 個の LD スタックを合波することで出力も倍増します。

これにより、全固体レーザーをはじめアルカリ蒸気レーザーなどのガスレーザーの励起用 LD 光源の高効率化と高性能化による大出力化が期待されます。当社は今後、発振波長

885nm 帯の LD スタックを開発することで、固体レーザーの高効率化と高性能化を図り、大出力レーザーの開発を進めます。

実験では、共振に最適設計した VBG を用いて、LD の駆動電流が 100A の時、合波した LD スタックのスペクトル幅が 2.59 nm から 0.31 nm(8.4 分の 1)に減少し、出力効率は 80.4% でピークパワーは 581W でした。また、スペクトル幅が狭くなったことにより、スペクトルパワー密度は 279W/nm から 1874W/nm まで 6.7 倍に増大しました。さらに、駆動電流の全範囲において、LD スタックの中心波長の変化はほとんど見られず、安定なスペクトルが得られました。

<開発の背景>

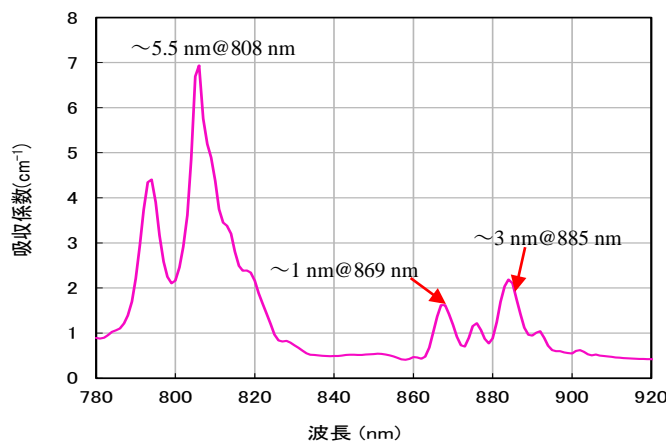
近年、全固体レーザーに用いる励起用 LD を高性能化する研究が盛んに行われています。

LD は、励起用フラッシュランプに比べるとスペクトル幅が非常に狭いのが特長です。しかしながら、全固体レーザーの励起光源としては、スペクトル幅 (2 nm~4nm) がまだ広いいため、例えば Nd:YAG レーザー (1064nm) では、吸収係数が高く、スペクトル帯域が広い 808nm 帯で励起していました。ところが、固体レーザーの発振波長と励起光源との差は、熱になってしまうため、効率を良くするために、固体レーザーの発振波長に近い波長帯の励起光源が求められています。Nd:YAG には、885nm 帯にも吸収スペクトルがありますが、808nm 帯と比べて吸収係数が低く、スペクトル帯域が狭いため、これまでは利用できていませんでした。

また、高出力を得るには大電流を印加しますが、その大電流や動作温度により中心波長が長波長に移動してしまうため、効率が下がってしまうという難点がありました。

これらを解決するため、LD バーに VBG を取り付けた LD スタック製品があり、スペクトル幅は 0.7nm まで改善していました。しかしながら、LD バーごとに取り付けるため、部品点数が多く構造が複雑になり、製造コストが掛かっていました。

レーザー核融合や 10kW を超えるレーザー加工機では、この効率の改善がコスト低減や加工性能の改善に役立つことが分かってきて、にわかに研究開発が盛んになっていました。



Nd:YAG の吸収スペクトル

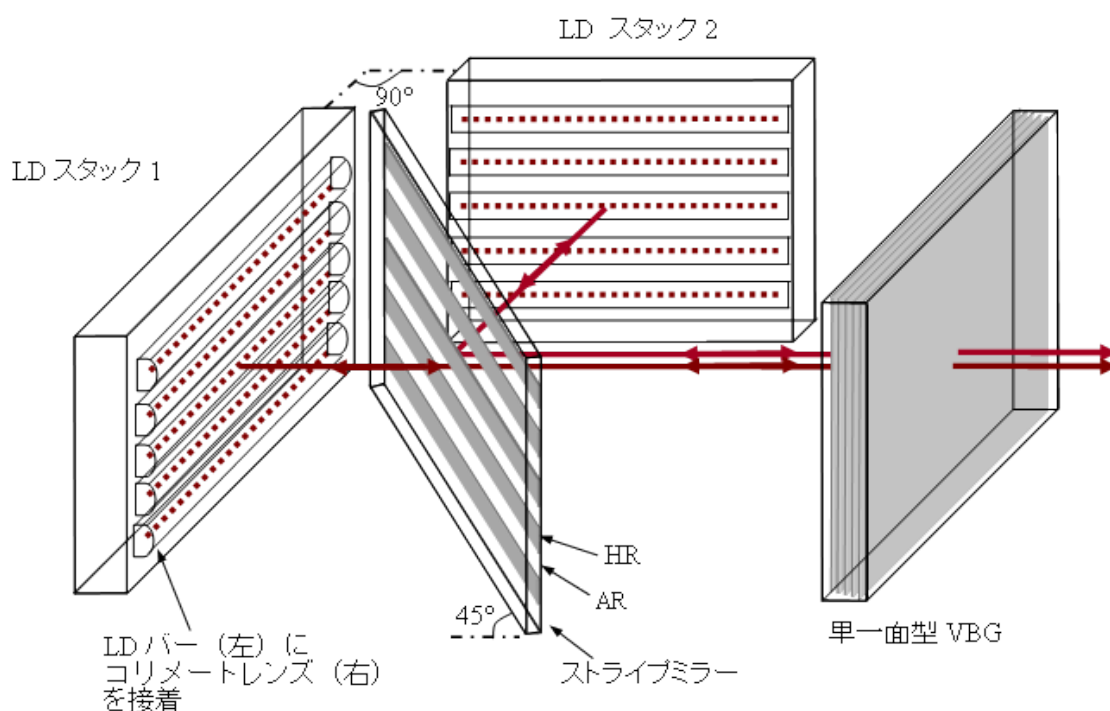
<実験内容>

1、実験システムの構成

LD 素子のビームは、発光点から垂直方向に 30° から 40° 、水平方向に 7° から 10° に広がってしまうため、通常は集光レンズを用いて制御することが必要となる。

実験では、LD スタック 1 の各発光点から出射するビームの垂直方向の広がり角度をコリメートレンズで 0.34° に、同 2 を 0.44° にした。両スタックに配置された 5 段の LD バーそれぞれのビームを、コリメートレンズの接着位置を調整することでほぼ平行光に制御し、ストライプミラーにより合波して、広がり角度 1.01° を得た。

そのビームを 1 枚の単一面型 VBG に照射し、LD ビームが VBG で効率よく反射され、出射した LD バーに戻る外部共振器構造を形成した。



LD ビームをストライプミラーで合波して単一面型 VBG を用いた共振器構造図

各部品の仕様

LD スタック 1、2 : 1cm バー5 段 QCW 50 Hz、100 μ s、バーピッチ 1.2 mm

ストライプミラー : ピッチ 1.2 mm

単一面型 VBG : 縦 12 mm、横 20 mm、厚さ 0.56 mm、 $\lambda_c = 807.65$ nm

2、実験結果

LD (QCW50 Hz、100 μ s、冷却温度 25 $^{\circ}$ C) の駆動電流を 35 A から 100 A まで計測した。

- 5 段の LD バーのビームが平行光になり、ストライプミラーで 2 個の LD スタックが交互に合波し出力が倍増した。(図 1)
- VBG を用いた外部共振器で、狭いスペクトル幅の高強度ビームが得られ、スペクトルパワー密度は 6.7 倍に増大した。(図 2)
- 駆動電流 100 A の時、合波した LD スタックのスペクトル幅が、8.4 分の 1 まで狭くなり 0.31 nm 以下であった。(図 3)
- 合波した LD スタックの中心波長の変化がほとんど見られず、安定なスペクトルが得られた。(図 4)
- 駆動電流 100 A の時、合波した LD スタックの出力と効率は、VBG が無い場合のピークパワー 723 W が、VBG を用いた場合、ピークパワー 581 W で出力効率は 80.4% であった。(図 5)

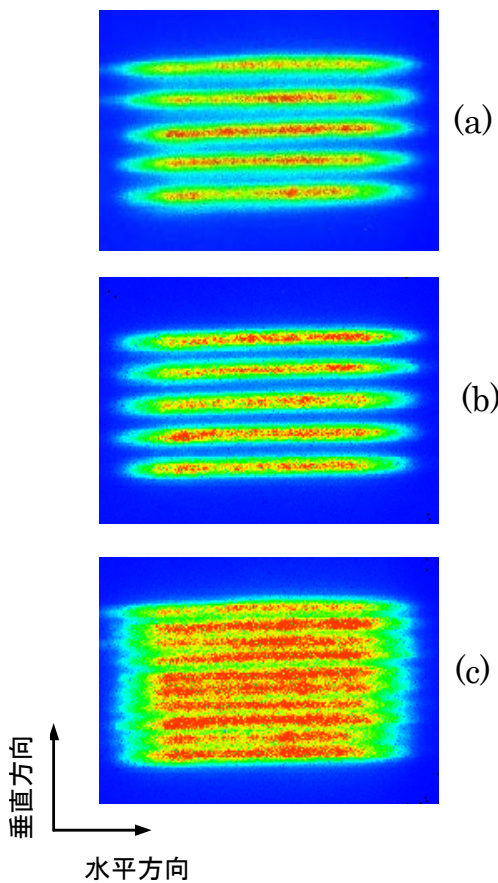


図 1: 駆動電流 100A における、
LD スタックの遠視野像

- (a) LD スタック 1
- (b) LD スタック 2
- (c) 合波した LD スタック 1 と 2

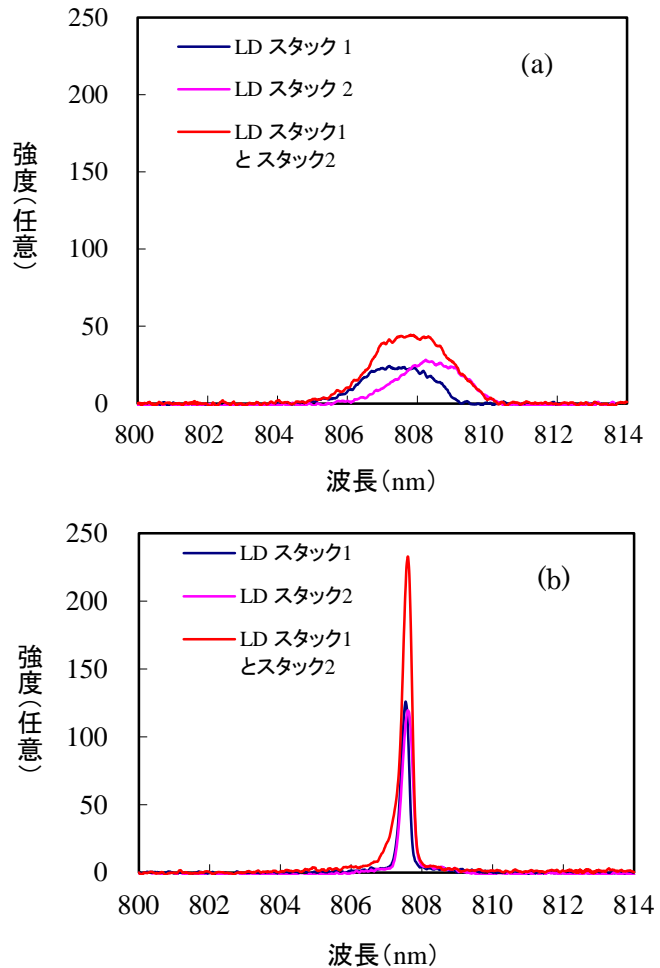


図 2: 駆動電流 100A 時の LD スタックの
発振スペクトル

- (a) VBG なし
- (b) VBG あり

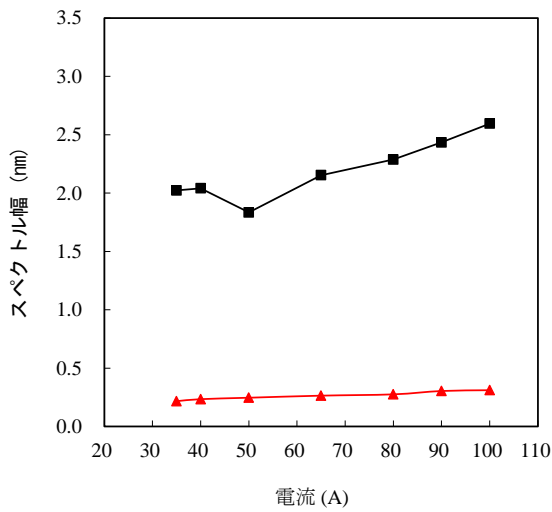


図3: 駆動電流に対するLDスタックの発振スペクトル幅の依存性 (1/8.4 減少)

- : VBGなし (2.59nm @100A)
 - ▲ : VBGあり (0.31nm @100A)
- (冷却温度 25°C)

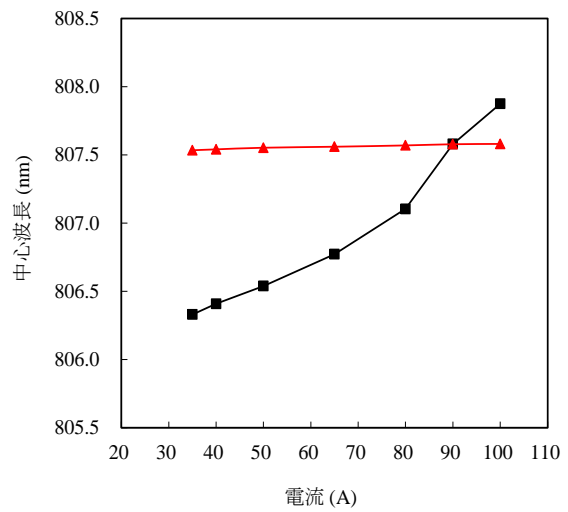


図4: 駆動電流に対するLDスタックの中心波長の依存性 (1/31 減少)

- : VBGなし (0.024nm/A シフト)
 - ▲ : VBGあり (0.00077nm/A シフト)
- (冷却温度 25°C)

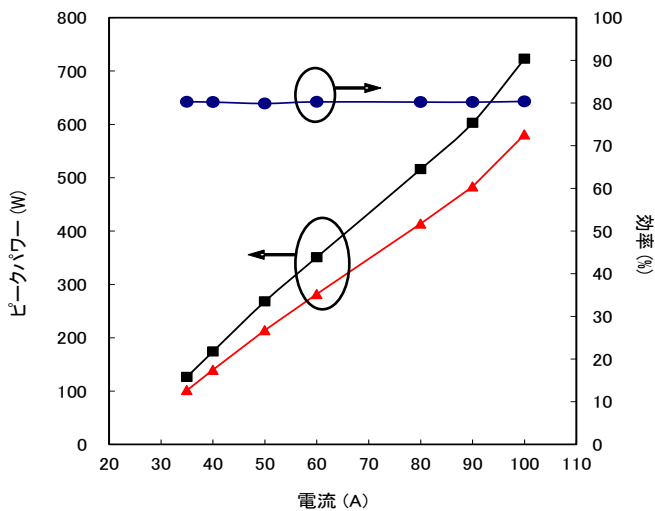


図5: 駆動電流に対するLDスタックの出力及び外部共振器構成時の出力の結合効率の依存性

- : VBGなし (723W @100A)
- ▲ : VBGあり (581W @100A)
- : 出力の結合効率 (80.4% @100A)

報道関係者には、画像をデータで提供しますので、下記までお申し付けください。

この件に関するお問い合わせ先
 ■報道関係の方 浜松ホトニクス株式会社 広報室 海野賢二
 〒430-8587 浜松市中区砂山町 325-6 日本生命浜松駅前ビル
 TEL053-452-2141 FAX053-456-7888 E-mail:k-unno@hq.hpk.co.jp
 時間外は、携帯電話 090-4080-3501 へお願いします。