高輝度青色ダイレクトダイオードレーザ

# 微細加工用高輝度青色レーザの高出力化

島津製作所は、微細加工市場をター ゲットに「ファイバ結合型高輝度青色 半導体レーザHK-5650」を発売した。

発売されたレーザの出力は10Wだが、同社はすでに50Wの試作機も開発完了しており、今後さらに高出力化を目指して開発を進めている。

#### GaN半導体レーザの優位性

島津製作所が発売したHK-5650は、波長450nmの窒化ガリウム(GaN)系半導体レーザを多重して高出力を実現している。HK-5650の特長として同社が挙げているのは次の3点。

- 1. 業界最高クラスの高輝度を実現:新開発の光多重化技術で輝度を従来の16倍に向上。スポットサイズは $\phi$ 100 $\mu$ m。2. 新たなアプリケーションの提供。
- 3. 優れたコストパフォーマンス:他の ソリューションと異なり、レーザダイ オードを直接加工に用いるため、安価 で低消費電力。また、保守性でも優れ ている。

これらの特長のうち、1番目は光多重化技術と高輝度化、2番目は短波長450nmを用いたことから展開できるアプリケーション、3番目はレーザダイオードで直接加工することによるメリットについて説明したもの。まずは、短波長450nmの赤外波長に対する優位性を見ておこう。

現在、加工用レーザ光源の主流は、 波長10.6μmのCO<sub>2</sub>レーザ、1μm帯の ファイバレーザ、900nm帯の半導体レ ーザ。これらのレーザについて島津製 作所は、「いずれも赤外領域の波長で あるため、銅などの高反射金属材料の 加工には吸収剤を塗布するなどの前処 理、レーザの高出力化が必要になる」 と指摘している。これは、同社がGaNベースの加工用光源を開発するための背景説明となっている。波長が重要パラメータとなる理由としては、「材料への光吸収特性」が挙げられる。島津製作所の説明では、「金属材料の場合、銅や金は赤外領域で高い光反射率を持ち、波長600nm以下では反射率が急激に低下する」。同社が開発した高輝度青色ダイレクトダイオードレーザ(BDDL)は、波長帯が450nmであり「銅や金では、赤外光と比べて吸収率が一ケタ以上高く、エネルギー効率の面で有利である」。

微細加工用に波長450nmを選択することが適切であるとして、次に問題となるのはアプリケーションに適した出力を実現することだ。高出力化には、島津製作所は空間多重方式を採用している。

#### 光多重による高出力化

レーザ光を高出力化する方法としてはコヒレントコンバイニングとインコヒレントコンバイニングがある。コヒレントビームコンバイニングにより、高いビーム品質とハイパワーが得られるが、これは簡単にはできない。狭線幅のレーザが必要になり、位相整合もパス長整合も簡単にはいかないからだ。

島津製作所は、高出力化アプローチ としてインコヒレントコンバイニング を採用している。

インコヒレントコンバイニング技術にはいくつかある。同社は空間多重、 偏光多重、波長多重を比較して、「単 一波長での高輝度化を目指した場合、 最もスケーラビリティの高い方式は空間多重方式である」と結論づけている。

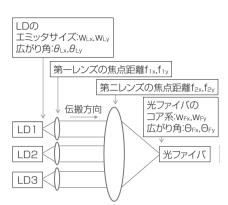


図1 空間多重方式における光学系

同社が指摘するそれぞれの方式の優劣 について簡単に見ておこう。

まず、波長多重方式は、複数の波長 を使うので単一波長にはならない。ま た出力スペクトルが広がるので、微細 加工には適さない。ただし、輝度の点 では優位性がある。半導体レーザは、 出力が偏光しているので偏光多重方式 を利用することができる。しかしこの 方式では、2つの偏光を多重するにと どまるので、高出力化が得られない。 これらと比較して、島津製作所が採用 している空間多重方式は、出力のスケ ーラビリティが高いので高出力化には 適している。出力、輝度、スペクトル を多重方式ごとに評価した結果、空間 多重方式は、輝度で中程度の評価とな っているが、出力とスペクトルでは高 い評価が与えられている。同社は、総 合評価で空間多重方式が優れていると いう結論に達した(図1)。

## 空間多重できるビーム数

単純に考えれば、多重するビーム数を増やせば高出力化できるが、多重できるビーム数は、使用する光ファイバのコア径、開口数(NA)によって異なる。また、輝度はM<sup>2</sup>の二乗に反比例

表1 空間多重方式による結合可能なビーム数

光ファイバ		結合可能なビーム数	
コア径(μm)	NA	450nm	976nm
50	0.15	12	2
	0.2	21	4
100	0.15	47	10
	0.2	84	18

するので、所望の輝度を得ようとすると多重できるビーム数は制限される。ここでは、島津製作所が計算した結果のみを見ておこう (この計算のベースになるのは $M^2x=11.7$ 、 $M^2y=5.0$ の450nm半導体レーザ)  $^{(1)}$ 。

同社の計算によると、波長450nm、

光ファイバのコア径 $100\mu$ mの場合、結合可能な最大ビーム数 $(N_{Max})$ は NA0.15では47、NA0.2では84となる。コア径が小さくなれば、多重できるビーム数も少なくなる。また、波長が450nmよりも長波長になっても多重できるビーム数は減少する $({\bf \xi}1)$ 。

すでに製品化された10Wモデルでは、5個の半導体レーザを1ユニットとして、これを2ユニット使用している。ユニットをさらにインコヒレント加算することで、同社は100Wまでの高出力化を目指しており、現在50Wまでの高出力化に成功している。

## アプリケーション

同社が発表した新製品HK-5650は

kWレベルの出力を射程に置いた製品ではなく、特長は450nmという波長にある。これを生かしたアプリケーションは、「金や銅などの金属への吸収率が高いため、基板の配線パターン加工や半導体薄膜加工などの微細加工に適している」。

この外に、3Dプリンターや「レーザ 励起白色蛍光体の励起用光源」なども 考えられる。

島津製作所は、さらなる高出力を目標として開発を進めており、今後アプリケーションの幅も広がる可能性がある。

#### 参考文献

(1) 廣木知之 他、「高輝度青色ダイレクトダ イオードレーザ」、島津評論 Vol.71 No.1・2 2014

I FW.I



最新情報はWebにてご確認ください。