

実用性の向上に注力して設計された ハイパワー半導体レーザー

ヘイコ・リーデルスベルガー

ダイオードのデザインや実装技術の著しい向上により、ハイパワー半導体レーザーによる加工応用の実用性や、経済性がますます向上しつつある。

半導体レーザーは、比類のない高電気・光変換効率を実現し、他の産業用レーザー技術と比べてもパワー・サイズ比の高いレーザー技術である。さらに、半導体そのものの安定性も高く、また信頼性も高い(図1)。長年にわたり、主としてコア技術のパフォーマンス改善に重点をおいた研究開発がなされてきた結果、現在ではこれまでにない高輝度出力で、より高出力と長寿命を達成している。しかしながら、新しいアプリケーション開発を成功させ、既存アプリケーションの経済性を改善するには、取り組むべき他の要素はまだ多い。ここでは、3つの異なる実用面における代表的な進歩を詳しく見ることにする。すなわち、半導体レーザーの実用性改善、ならびに半導体レーザーが実際のアプリケーションにいかに関与の影響を与えているかを見る。

ビームデリバリ技術: 新しいズーム光学系、 新たなアプリケーション

マルチキロワット半導体レーザーシステムの構築には、それぞれが複数のシングルエミッタ出力端を持つ多数のバーを統合することが必要になる。発光エリアは、他の多くのレーザータイプに比べ、大きく広範囲に照射することが可能で、ファイバデリバリタイプ、フリースペースどちらにおいても、基本マイクロレベルのスポットに集光することは難

しい。このため、ハイパワー半導体レーザーによるアプリケーションの多くは、ミリメートル単位のエリアへの照射となる。この照射エリアのサイズや形状は、同じようなアプリケーションであっても大きく異なることがある。例えば図2は、ワイヤーあるいはパウダーフィードの肉盛加工において、2つの直交方向でラインプロファイルがどのように使用されるかを示している。

アプリケーションによって、さまざまなビーム形状、サイズが必要とされる(図3)。例えば、複雑な形状の自動車アドオンパーツ用金型の熱処理(焼き入れ)などでは異なる形状での照射が必要となる。また他のアプリケーションでは、異なるジョブからジョブへの多様性に対応するため、可変形状を作る柔軟性がレーザーシステムに求められている。また、家具などの製造分野で急成長している応用に、レーザーエッジングや金型の熱処理などがある。

高級なブランド家具であっても、強度を最大化しつつ、コストを最小化し、製造を簡素化するため、ラミネートや化粧張りの技術がよく用いられている。切断されたパネルは、エッジがむき出しになっていて、材料にあったテープを毎回注意深く張って隠さなければならない。従来は、この際熱接着剤が用いられてきたが、現在はレーザーエッジング処理に置き換えるメーカーが多くなっている。レーザー加工により、エッジテープ



図1 産業用ハイパワー半導体レーザーシステムは、改良されたビームデリバリ光学系、コンパクトなラックマウント構成および簡素化された冷却機能により強化されている。

の片側が加熱により溶け、続いて基板に機械的に圧着される。これは、強力な直接結合であり、接着剤は不要である。この方式では、接着剤よりもエッジが密着していることが証明されており、溶剤で無駄な接着剤を除去するような後処理がなくなる。広範なプラスチック材料だけでなく、多様なテープ幅の加工には、多様なレーザースポット形状やサイズが必要とされる。

またその他のマルチキロワット半導体レーザーの応用例には、自動車産業におけるレーザー軟化加工がある。これは、車体用高張力鋼板パネルの加工に用いられ、応力除去による成形として用いられる。このレーザー軟化加工による事前処理を行わない場合、続く接合加

工中に、パネル間接合に亀裂が生ずる確率が事前処理ありの場合と比べて増加する。

レーザー集光形状の調整には、電動式ズーム光学系が使われており、X軸とY軸が独立してリアルタイムで変化する特殊設計光学系が用いられている。

低慣性ロボットや関連部品の利用を排除するため、ここでは重量が重視すべき事項である。ガラスレンズ、機械マウント、駆動モーターはすべて、この種のズームビームデリバリモジュールの重量の一因になっている。そして、使用するレンズは、広範なズーム機能を提供するため最小のサイズが求められる。コヒレント社の最新ズームモジュールは、レンズ部分のサイズを最小化するために特別に設計された斬新な光学設計を用いている。低コストの剛性合金を使用し、わずか9kgの重量を実現、4×4mmのラインビームから45×45mmの矩形または正方形を提供する。

コンパクトシステム： ラックマウント型

フットプリントが大きいと生産コストに影響する製造の厳しい環境では、レーザー自体のサイズや重量も大きな課題となる。特にクリーンルーム、あるいは厳しく制御された環境条件下で使用される半導体工場やエレクトロニクスパッケージング業界で顕著である。また、高度に自動化された、高スループットが重要視される製造現場でも重要な要件である。例えば自動車産業では、センサやビジョンシステム、ロボット、レーザー、その他多くの技術を高密度に実装しなければならない。

このような多くのアプリケーションで必要とされているマルチキロワットの高出力半導体レーザーは、従来、非常にサイズが大きく、据え置き型のもの

が多かった。しかし、多くのレーザーメーカーが、強まる省スペースの要求を重視しコンパクトシステムの開発を進めてきた。例えば、コヒレント社では、19インチラックマウント型で最大出力4kWを実現するHighLight DL4000 HPRシステムを発表した。この一体型のモデルでは、電源、制御エレクトロニクス、ダイオードのすべてがコンパクトな筐体内に収められている。

簡素化された冷却方式： 脱イオン水不要

市場の成長にあわせ、開発すべき重要な点の1つに、脱イオン(DI)冷却水の必要性を取り除くことがあった。通常半導体レーザーの寿命は数万時間であり、冷却技術の寿命はレーザーの寿命よりも短いことが時々ある。半導体タイプやジャンクション構造に依存するが、電気効率は一般に45～70%の範囲である。これらの高効率でも、出力(例)10kWで、最大12kWの放熱が必要になる。その熱が効率よく放出されない

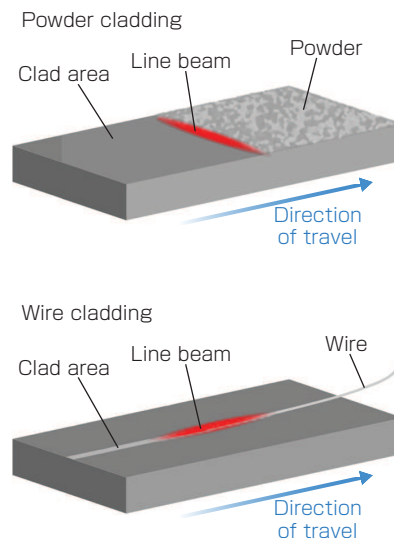


図2 パウダーベースあるいはワイヤーフィードによるクラディングアプリケーションでは、ラインビーム形状を多様な方向で用いる。

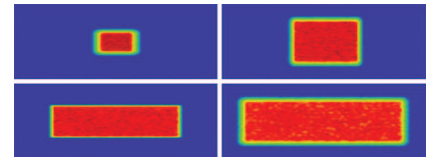


図3 このズームモジュールは、X軸とY軸の独立した調整を可能にする。ビーム均一性は変わらない。2つの軸は、XとYのスポットサイズを4×4mmから35×35mmまで連続的に調整可能である。

と、増加した温度が短期的には出力の光特性を変え、長期的にはデバイスの寿命を短くする。

一般的に用いられているアプローチは、マイクロチャネル冷却の利用である。ここでは、ダイオードレーザーバーにハンダづけされた銅のヒートシンクの微小チャネルを水が流れる。漏れ電流と電気化学腐食を最小化するために、低電気伝導性の脱イオン(DI)水が一般に利用されている。DI水、つまりDI水カートリッジの必要性は、遠隔地や、世界各地のインフラの整備が困難な場所では、運用コストを増やし、製造ラインへの大きな障害となる。

この課題に対し、コヒレント社では、導電性冷却の利用に基づいた冷却方式を開発した。これによってバーのすぐそばで電流接触し、水を流す必要がなくなる。その結果、新製品のHighLight DL4000HPRでは、濾過した水道水で冷却できるので、運用コストの低減を実現する。

著者紹介

ヘイコ・リーデルスベルガーは、コヒレント社、高出力半導体レーザー、製品ラインマネージャー。
e-mail: heiko.riedelsberger@coherent.com
URL: www.coherent.com