

AHPSL2008 ショート速報[LD 関連]

桂 智毅(三菱電機 先端技術総合研究所)

会議名 : Applications of High Power Semiconductor Lasers (AHPSL2008)

開催期間 : 2008 年 10 月 7 日 - 8 日

開催場所 : Doubletree Hotel San-Diego Mission-Valley(San-Diego、米国)

*****要 約*****

AHPSL(Applications of High Power Semiconductor Lasers)は、今回が開催 2 回目の新しい会議である。参加者は講演者を含めて 100 人弱と小規模で、昼食会やレセプションにより参加者同士が気軽に議論出来る雰囲気の特徴がある。高出力 LD は高輝度のファイバカップルモジュールの報告があるなど、高出力化・高輝度化・高信頼化において着実に進化している。更なる普及のためには用途開発が必要であり、LD メーカーと用途開発者が本会議のように気軽に会話出来る場が果たす役割は拡大しつつあると感じた。

1. はじめに

AHPSL2008 においては、①産業応用、②レーザー励起(高出力 LD)、③軍事・検出用途への応用・④ディスプレイ用途への応用・⑤医療応用の 5 つのセッションで講演があり、活発な議論が交わされた。本報ではそのうちレーザー励起(高出力 LD)、産業応用に関して重点的に内容を報告する。

2. レーザー励起(高出力 LD)

2. 1 LD 励起半導体ディスクレーザー

Strathclyde 大学の Hopkins 氏より LD 励起半導体ディスクレーザーに関する発表があった。ヒートシンク上に形成した半導体ディスクを LD 光で励起して外部共振器構成によりレーザー発振する。LD より効率が低く、複雑であり、固体レーザー程の高出力は困難であるが、ビーム品質が高く共振器内部波長変換により自由な発振波長が得られることが特徴である。

本発表では、波長 980nm のファイバカップル LD により励起した波長 2.0 μm の半導体ディスクレーザーが報告された。波長 2 μm 領域はアイセーフで空気や水に吸収が少なく、LIDAR や無線通信などへの応用が期待されている。ダイヤモンドのヒートシンク使用をして、励起 LD 出力 30W にてヒートシンク温度 -15°C 時に 5.8W、励起 LD 出力 20W にてヒートシンク温度 21°C 時に 3.3W の出力を得た。より安価なシステムとして、定価数ドルのパルス発振 LD を二つ使用したシステムの紹介があった。本システムでは室温にてピーク出力 16W のパルスが、3W の CW 出力が得られている。

2. 2 ファイバーレーザー励起のための高輝度 LD モジュール

nLight社のMartinsen副社長より高輝度LDモジュールの紹介があった。同社はシングルエミッタLDによる高出力ファイバカップルLDを開発している。今回は世界最高輝度のファイバカップルLDモジュールに関する報告があった。このファイバカップルLDモジュールは、波長 976nmの 14 個のシングルエミッ

タLDをNA=0.12 で 105 μ mファイバーにカップリングしたもの(6.3mm \cdot mrad)で、出力 100Wで輝度は26.3MW/cm²-sr、ウォールプラグ効率は45%程度である。同ファイバーにNA=0.22 でカップリングしたものの(11.6mm \cdot mrad)は、ウォールプラグ効率 50%以上、400 μ mファイバー(NA=0.22、44.3mm \cdot mrad)ではウォールプラグ効率 60%以上、200 μ mファイバー(NA=0.22、22.2mm \cdot mrad)ではウォールプラグ効率 50%以上である。

ファイバーレーザー励起用に波長を 976nm に固定した LD では、波長を固定しない通常の LD とほぼ同じ出力が得られている。09年には波長ロック LD を 100 μ m ファイバーに NA=0.13 でカップリングし、ウォールプラグ効率 50%以上のファイバーカップル LD をリリースする予定とのことである。

2. 3 高出力 LD の寿命

高出力 LD の寿命及び冷却能力の向上について、JENOPOTIK 社の Wolff 氏より発表があった。冷却能力を向上し、LD の温度を 8 度下げることが出来ると寿命は 2 倍となる。サーマルバイパスという LD チップの上下両面から冷却する手法で冷却能力が向上し、LD の効率が従来の 58%から 64%に向上した。また、LD の寿命に関しては、出力の低下と突発故障もあることから 95%以上が定格出力を満たす期待値を LD 寿命と定義している。デューティ 50%の ON-OFF 運転で定格出力 40W の 808nm 及び 900nm 帯の LD 寿命は 30,000 時間以上、60W の 808nm 品は 20,000 時間、60W の 900nm 帯は 30,000 時間との算定値が示された。

2. 4 高輝度 LD モジュールの開発

DILAS 社の Pandey 氏より高輝度 LD モジュールの開発に関する報告があった。波長 810nm と 976nm の二つ LD アレイによるモジュールで、最大出力 2.5kW を発生する。各々の LD は 15 個のバーより形成され、バー単体の出力は 75~85W である。二つの LD アレイを偏光結合することで一本のビームを形成する。ビーム集光性の設計値は、41.5mm \cdot mrad で 400 μ m ファイバーに NA=0.22 で結合できる予定であったが、設計値より fast axis のビーム拡がり角が大きく、51.3mm \cdot mrad となった。LD モジュールとしては、世界最大クラスの輝度を達成している。

3. LD の産業応用

3. 1 LD によるカラーフィルタの製造

KODAK 社の Elizur 氏より出力 100W クラスの LD 光により、熱転写でカラーフィルタを製造する技術に関する発表があった。LD の波長は出力とコストのバランスが良い 830nm である。LD 光を波面補正し数 μ m まで集光し、熱プロセスにより基板にカラーフィルムの色を転写する。集光点での出力は約 60W。本プロセスの特徴は①従来の手法と比較してコンパクトかつ低コストで実現できること、②CD や DVD と同様のメカニズム(熱プロセス)であり信頼性が高いことがあげられる。今後は同様のプロセスで電子回路のパターニングを実施し、フォトリソグラフィからの置換を狙うとのことである。

3. 2 LD 直接システムの産業応用

COHERENT 社の Woods 氏から LD 直接光による産業応用に関する発表があった。①熱処理、②クラディング、③溶接が主用途である。LD は出力のコントロール性が高いため、熱歪みを低減出来る可能性が高い。事業規模は 2008 年には 31M ドル、2012 年には 52M ドルを見込んでいる。同社の主力機は出力 4kW、価格 250 千ドルで大変高価であるが、①炭酸ガスレーザーと比較して材料の吸収係数が高い、②ウォールプラグ効率(チラー・電源を含む)が 15%以上と高いなどのメリットがある。

3. 3 ファイバーとプラスチック複合素材の製造

AFPT社のKok氏からAFPT(Advanced Fiber Placement Technology)の紹介があった。LDの熱により $\phi 8\sim 10\mu\text{m}$ のガラスファイバーとPP・PEEKなどのプラスチック材料の複合素材を形成する。現在製造可能なのは厚み0.1~0.5mm、幅6~25mmのテープ状の材料。ファイバー・プラスチック複合素材は、金属と比較して軽くて、強いことが特徴である。使用しているLDダイオードは出力2.1kWで、スポットサイズは1.5mmスクエアである。素材の適用先として想定しているのは、飛行機の翼、海中油田のパイプなどである。

3. 4 LDによる印刷物の乾燥

HEIDELBERGER DRUCKKASHINEN社のPitz氏からLDによる印刷物の乾燥技術の紹介があった。インクによる紙印刷プロセスにおいて、タクトタイムのうち乾燥時間が占める割合が大きい。このインクの乾燥にLDを使用する。LDの出力は600W~1500W、幅数mmで長さが5~15cmのライン状のプロファイルに成形する。印刷した紙は数m/秒で送られるため、実際にLDが照射される時間は印刷物上で数msecであり、紙自体はほとんど加熱されず、インクのみが蒸発する。今後は更に幅の広いライン状プロファイルを形成すると同時に変色の少ないインクを探索し、印刷業界への展開を図るとのことである。また、本開発はドイツのBRIOLASプロジェクトによるものである。

4. おわりに

LDは着実に高出力及び高輝度化が進められていると感じた。効率も高いことから溶接や表面処理などそれほど高いビーム品質が要求されない用途においては、LDが使用される割合が増加していこうと考える。また、高出力・高輝度化に関する発表の他、寿命や冷却能力の向上、非直接水冷方式の採用などの発表があり信頼性も向上しつつある。高出力LDは緩やかに市場を拡大しつつあるが、同時に本報告で紹介した産業用途、本報告では紹介しなかった医療への応用など様々な用途開発が行なわれている。LD自体の開発と用途開発が車輪の両輪となって今後のLD発展を加速していくであろう。