斬新なレーザ

さらに明るくなった 太陽光励起 Nd: YAG レーザ

1966年に「太陽光励起連続波1ワッ トレーザ」に関する最初の報告があっ て以来、光学材料とレーザ材料の進歩 によって太陽光励起レーザの性能が継 続して改善された⁽¹⁾。これまで、「再 生可能エネルギー」レーザの宇宙空間 と地球上でのアプリケーションが真剣 に検討されたことはなかった。しかし ながら、こうした発想も、ポルトガル のリスボン新大学の研究チームが太陽 光励起レーザビームの輝度性能指数を 6.6倍向上させたことによって、変化す るであろう⁽²⁾。この輝度改善はフレネ ルレンズと非球面および放物面光学と の統合からなる太陽光集光配置を使っ て実証された。

レーザパワーと M_x²と M_v²の積の比と して定義される、輝度性能指数パラメ

ータのこれまでで最高の値は端面励起 レーザ (フレネルレンズ使用)で0.086W であり、側面励起配置(ヘリオスタット 放物面ミラー使用)で0.29Wであった。 残念ながら、120Wの高い出力がいく つかの太陽光励起レーザで達成された とはいえ、ビーム品質 (M2)値は非常 に高く(低品質ビームを意味する)、例 えば、xとv両軸で137となり、結局、 輝度性能指数はたった0.0064Wの惨 憺たる値であった。

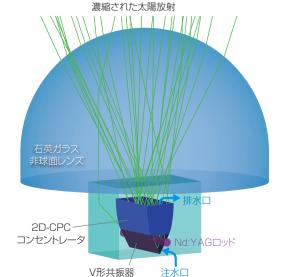




フレネルレンズは非球面レン ズ(b)を備えたレーザヘッド(a)上 に太陽光を集光させる。次いで、こ の非球面レンズ(右にその画像の詳 細を示す)が放物面集光装置上に、 そして最終的にレーザロッド上にビ ームを集光させる。

(資料提供:リスボン新大学)





最低基本モード

リスボン研究チームは、太陽光励起 レーザの輝度を改善する目的で、米 ZEMAX(Radiant Zemax)と独LASCAD ソフトウエア (LAS-CAD)を使って最 適化された光学式太陽光集光方式を採 用した。これによって、低いM²値へ の集束を容易にする低発散と滑らかな ビームプロフィルをもつ最低基本モー ド、TEMooにおけるレーザ出力が得ら れた。

その光学系の第1段は、2軸ソーラー トラッカー (太陽光追尾装置)に搭載さ れた焦点距離1.3m、透過効率76%の 1.0m径フレネルレンズから成る(図1)。 レーザヘッドはx、y、z位置の機械的調 整によってフレネルレンズに対するアラ インメントが最適化される。フレネルレ ンズの焦点に集光されたソーラパワーの 2分間の平均値は、13mmの半値全幅 (FWHM)焦点ウェストでの全太陽放射 照度890W/m²において、590Wであった。

太陽光は第1段フレネルレンズを通 して入射面半径が43mmの第2段石英 ガラス非球面レンズ上に集光される。 その非球面がフレネルインプットをさらにネオジム・イットリウム・アルミニウムガーネット (Nd:YAG)レーザロッド(30mm長、3mm直径)直上の入射開口18×23mm、出射開口8×23mmの第3段複合集光器へと集光させる。このレーザロッドは反射率94%の銀箔が敷かれたV形ポンピング共振器内に設置されている。蒸留水がロッドと放物面光学系を6L/minの流量で冷却する。

側面励起方式で集光される太陽光を最大化するために、ロッド端に反射防止膜(1064nmでR<0.2%)を被覆し、2つの対向凹面-凹面ミラーを共振器キャビティの反対端に配置した。さまざまなミラー位置での実験結果とLAS-CADシミュレーションで、一方のミラー

を 30mm 長のロッド (L_1)の中心から 100mm の位置、他のミラーをロッドの中心から逆方向に $100 \sim 675$ mm (L_2)の位置に置いた時に最良の結果となった。さらに高いパワーレベルは高い M^2 値の消費によって得られた。例えば、 $L_1/L_2 = 100/100$ は 0.27W の輝度性能指数に対して 6.2W と $M^2 = 4.8$ となるが、 $L_1/L_2 = 100/675$ は 1.9の最高輝度性能指数で 2.3W の TEM_{00} ($M^2 < \pm t$ は = 1.1)を発生した。

「経済的なフレネル太陽光励起方式 が出現したのはたった6年前のことで ある。それ以前は、フレネルレンズの サイズ限界によって太陽光励起レーザに対する努力は不成功に終わることが多かった」とリスボン新大学のダウェイ・リャン教授(Dawei Liang)は語っている。「地球上のレーザセンシングにおける将来アプリケーションはすべて、われわれのヘリオスタット放物面ミラー太陽エネルギー収集・濃縮システムの恩恵を受けることになるであろう。フランスのPROMES-CNRSの1MW太陽炉などの集光光学系は、将来、スーパー太陽光レーザ発電所になるだろう」と付け加えた。 (Gail Overton)

参考文献

- (1) C. G. Young, Appl. Opt., 5, 6, 993 (1966).
- (2) D. Liang and J. Almeida, Opt. Exp., 21, 21, 25107 (October 21, 2013).

LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー OIL

Optoelectronics Industry and Technology Development Association

「プログラム(4~5月)

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 371 回 4月15日(火) 15:30-17:30	「超短パルスレーザプロセッシング ― 基礎から最近の進展ならびに産業応用まで」 講師: 杉岡 幸次氏(理化学研究所 専任研究員)
第 372 回 5月20日(火) 15:30-17:30	「GPUを活用したホログラフィックディスプレイとディジタルホログラフィ計測」 講師: 下馬場 朋禄氏(千葉大学 准教授)

- ■場所 一般財団法人光産業技術振興協会
- ■定員 各60名
- ■参加費 光協会賛助会員:1,500円(税込み) / 一般参加:3,000円(税込み)
 - ※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。
- ■申込方法 オンライン申込フォーム >>> http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html
- ■申込締切 定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

問い合わせ先

一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当 臼井、潮田

〒112-0014 東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F TEL:03-5225-6431 FAX: 03-5225-6435

E-mail: mly@oitda.or.jp URL:http://www.oitda.or.jp/