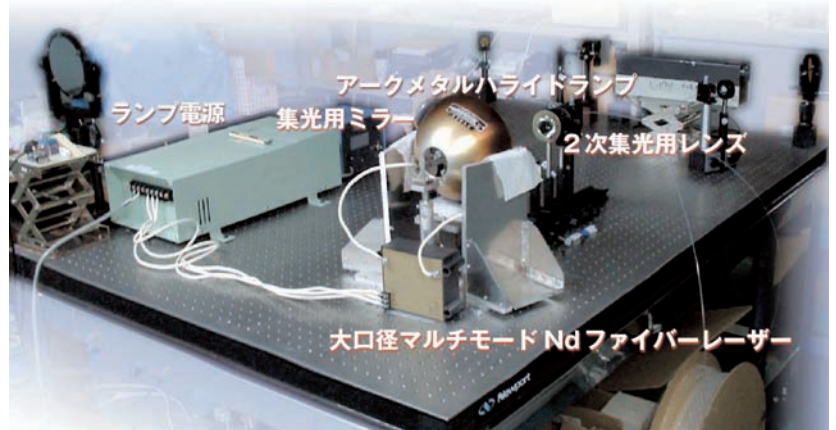
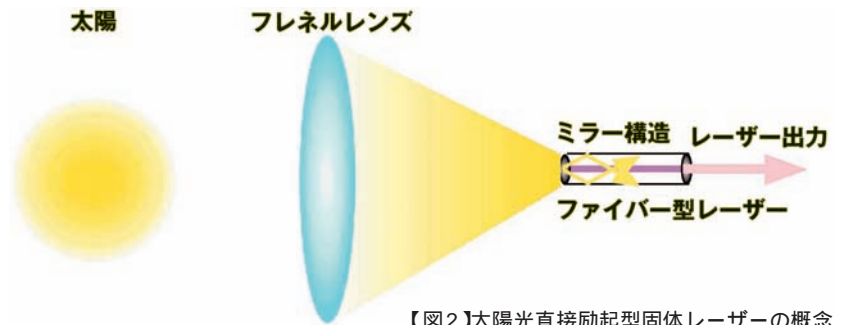


CONTENTS

- 太陽光直接励起型固体レーザーの開発
～究極の自然エネルギーを地上で活用するために～
- 『光と蔭』パブル経済の恩恵
- ILT2003 平成14年度研究成果報告会
～大阪・東京の2会場で開催～
- 「LASER EXPO 2003」報告
2日間で3,000名の来場



【図1】疑似太陽光を用いたレーザー発振実験装置の写真



【図2】太陽光直接励起型固体レーザーの概念

太陽光直接励起型固体レーザーの開発 ～究極の自然エネルギーを地上で活用するために～

理論・シミュレーショングループ 研究員 佐伯 拓

太陽光は究極の自然エネルギー

宇宙空間では、太陽が24時間 3.8×10^{23} kWもの莫大な光エネルギーを放射し続けている。そのうちわずかに 125×10^{12} kWのエネルギーを地球上で受け取ることになる。人類は、この中のさらにほんのごくわずかのエネルギーを利用しているに過ぎない。また、地上での太陽光の利用率は宇宙空間のそれと比べて天候に左右されるため1/10程度に低下してしまうが、宇宙空間ではこの莫大な太陽光エネルギーが常時利用できる環境にある。しかも、クリーンであり、環境負荷が少ない。宇宙空間での太陽光エネルギーを利用する目的で、1968年にP. Glazerが宇宙空間から地上へマイクロ波で送電を行う宇宙太陽光発電システムの提案を行った。それ以来、米国、イスラエル、ドイツ、イタリア、フランス、ロシア各国で宇宙太陽光発電システムに

関連する検討・研究が精力的に進められてきた。ひと昔前までは、レーザー方式はマイクロ波方式ほど有用性が認められていなかったが、最近の技術展開を背景に、レーザー方式が注目されつつある。1999年、米国議会では、宇宙太陽光発電のマイクロ波方式とレーザー方式の討論会が開かれ、マイクロ波方式に対するレーザー方式の優位性が認められた[1]。

レーザー方式の利点として、以下の3点が挙げられる。第1に、マイクロ波と比較して、4～5桁ほど波長が短くなり、回折広がりが少なくなるため地球上でのビーム受光径を数100mほどに押さえることができる。第2に、マイクロ波方式と比較してシステムが簡略化されることでペイロードの軽減、コストの削減が可能である。第3に、レーザーが宇宙空間で様々な応用に用いることができる。応用例として、宇宙衛星間のレー

次ページへつづく ▶



ザーによるエネルギーの送受電、人工衛星等の姿勢制御や軌道維持のためのレーザー推進、スペースデブリ除去、光圧を利用したソーラーセイル、真空中での溶接、加工、植物工場等が考えられる。

日本でも2010年の実証衛星打ち上げを目標として、宇宙開発事業団(NASDA)、レーザー総研(ILT)、三菱総研が宇宙太陽光発電システム検討委員会を設け、宇宙太陽光発電システム実現を目指し、マイクロ波方式と併せてレーザー方式の様々な技術、経済性、環境安全等多岐にわたる検討が着々と進められている。レーザー方式では、“宇宙レーザーによる宇宙エネルギー利用検討委員会”が昨年度より立ち上がり、筆者も委員会に参加している。

太陽光直接励起型固体レーザーの開発動向

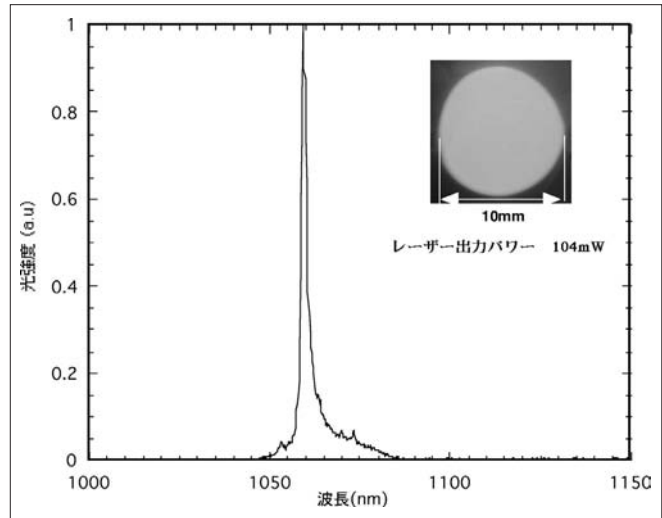
1965年に太陽光直接励起型固体レーザーが初めて登場した。米国のC. G. Youngが、太陽光をパラボラ反射鏡で集光しロッド型レーザー媒質の1.3Wの出力の連続波(CW)レーザー発振を行った[2]。その後、現在まで様々な方式による太陽光励起レーザーの発振が報告されている。Nd:YAG、Nd/Cr:GSGG、アレキサンドライト、Ndガラス、Tiサファイア、ヨウ素等のレーザー発振の報告例がある。ほとんどの方式は太陽光を直接レーザー媒質の励起光源として用いる方式を採用している。パラボラ鏡やフレネルレンズ等で太陽光を1,000倍から10,000倍に集光を行い、3準位、または、4準位のレーザー媒質に効率良く吸収させると、発振に至る十分な反転分布を得ることができる。

最近イスラエルのワイツマン研究所では、太陽光励起レーザーの開発を進め、Nd、Hoドープのアレキサンドライトを用いたレーザー媒質を用いて、太陽光からレーザーへの総合変換効率が30%、kW級のレーザー出力を達成したようである[3]。太陽光励起レーザーの応用を目的として、通信やレーザーから電力への光電変換実験[4]をすでに行っている。レーザー発振の報告は行われているが、熱的效果によるビーム品質の低下などの問題点は今のところ改善法は示されていない。米国航空宇宙局(NASA)ジェット推進研究所では、太陽光励起バンドル化ファイバーレーザー等が開発中である[5]。米国アラバマ大のR. Forkでは、全長数kmのGOSSAMERレーザーの概念提案が行われている。太陽光のスペクトル分割を行い、分割されたスペクトル毎に発振を行うことで総合変換効率が50%に達するという見積もりを示している[6]。

太陽光からレーザーを発生する方法として、別の方法が提案されている。太陽光でバンド傾斜型LDを駆動し、他の固体レーザーの励起光源として用いる方式が考案されている。このレーザーについては、既に航空宇宙技術研究所とレーザー技術総合研究所(ILT)で共同研究が進められている[7]。

当研究所での開発状況

ILTは2000年度よりNASDAとともに太陽光直接励起型固体レーザーの開発を行っている。2000年度に太陽光直接励起型



【図3】マルチモード型Ndファイバーレーザーの発振スペクトルと近視野像

固体レーザーのシミュレーションを行い、励起太陽光を効率良く閉じ込め、レーザー媒質に吸収させることで、20%を越す高効率な光-光変換効率が達成可能であることを明らかにした[8]。2001年度には、ロッド型固体レーザーの発振に成功した。2002年度から現在に至るまで、太陽光直接励起用ファイバーレーザー、セラミックレーザーの開発等を行っている。すでに、疑似太陽光を用いてNdシングルモード、マルチモード型ファイバーレーザーのCW発振、ディスク型Nd/Cr:YAGセラミックレーザーのCW発振に成功した。

ここでは、マルチモード型Ndファイバーレーザーについて紹介する。ファイバーレーザーは以下の利点を持つ。1)励起光の効率的な閉じ込め・吸収が可能、2)低損失であるため、低閾値、高効率のレーザー発振を行うことが可能、3)コア部の体積容量に対して、クラッド部の体積容量が大きく、断面の直径に対する長さ比が大きくなるため表面積が大きくなる。これは、冷却能力が非常に高いことを意味する。励起光源がLDレーザーではなく、太陽光のように広いスペクトルを持つ場合は発熱量が大きくなるため、ファイバーレーザーは極めて有用である。

大気の透過率は、レイリー散乱の影響により、可視領域の短波長側では、大気の散乱による損失が大きくなる。この点で、1 μmの波長では晴天時の大気垂直透過率が92%程度と高く、この波長帯がエネルギー伝送に適しているため、ドーパントとしてNd³⁺を用いた。実験装置の写真を図1に示す。励起光源には、1.2kW電気入力のアークメタルハライドランプを用いた。ファイバークラッド断面は非対称型でコアの直径は100 μm、全クラッド直径が1.3mm、長さ80m程度のもを実験に用いた。われわれは、基本的に図2に示すように、太陽光をレンズで集光して、ロッド、もしくは、ファイバーの軸方向から励起光を注入し、励起を行いCW発振させる方法を採用している。図3に、実験によって得られたファイバーレーザーのマルチ

モード発振スペクトルと近視野像を示す。入射強度1.1Wでのレーザー出力は、300mW程度が得られている。その他、レーザー材料の励起状態における温度分布計測等を行っている。

今後の研究課題

太陽光発電衛星用レーザーの最終出力が数GW必要であるため、ファイバーはバンドル化されなければならない。しかし、ただ単純にファイバーを束ねてバンドル化しても、ファイバー一本一本の位相は異なる。そのため、ILTでは個々のファイバーの位相結合の検討や実験を行っている。また、バンドルの中心に熱が蓄積され、中心部の温度が異常に上昇することが考えられるので、様々な条件下でのレーザー媒質の冷却方法についても検討を行っている。地球から36,000km離れた静止軌道上の宇宙空間から地上までビーム伝送を行うことを考えており、ファイバー一本当たりのビーム品質向上を行い、できる限りレーザー出力をシングルモードに近づける。シングルモードのメリットは、1)ビームの回折拡がりが少なくなる、2)伝送用のミラーが小型化できる、などの点でマルチモードレーザーよりもシステム条件が緩和されるためである。そのため、発振モードの制御に関する研究も並行して行っている。さらに、口

ケットのペイロードの制限のためのファイバーの軽量化や高効率化のために、Cr、Ti等のコドープによる新材料の検討・開発に取り組んでいる。また、レーザーの受け手側に関しては、水素生成を目的としたレーザーの高効率電力変換、各種物質生成のための光触媒反応について研究を行っている。今後の研究の進展が期待される。

[1]'Laying the Foundation for Space Solar Power An Assessment of NASA's Space Solar Power Investment Strategy', National Research Council National Academy press, Washington D.C., 2001.

[2] C. G. Young; Applied Optics, 5 (1966) 993.

[3] 'Israel'; IEEE Spectrum, May (1998) 30.

[4] N. Nir, P. Idit, Y. Ammon; Proc. SPIE, 3139 (1997) 259.

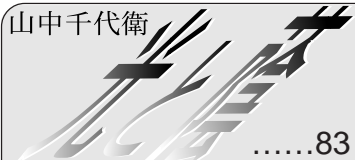
[5] D. Maynard; "Power Beaming Technology Vision & Goal", Space Solar Power Concept And Technology Maturation Program Technical Interchange Meeting, 2002 Proceeding.

[6] R. L. Fork; Laser Focus World, (2001) 113.

[7] 藤田和久, 他; 14回傾斜機能材料国内シンポジウム, 2002年11月19日、熱田 .

[8] 佐伯拓, 中塚正大, 他; レーザー研究, 30(2002)133.

山中千代衛



バブル経済の恩恵

筆者が姫路工業大学という兵庫県立大学の学長を務めたのは1990年から95年の足かけ6年間である。日本の経済力が最も強化され膨張の著しい時期で、例えばわが国の半導体工業は米国はもとより世界を席卷し、ニューヨークのロックフェラーセンターが日本の企業に買収されるなどまさに日本の三日天下の日々であった。日本に学べの聲が地球を駆け巡った時代である。今日との落差の大きいこと誠に隔世の感がある。

姫路工大に着任し早々西播磨テクノポリスで理学部の開学式を迎えたが、書写の工学部は未整備のまま、工学研究所は所員一人、設備皆無という状態で、何とか理工両輪の運営を図りたいと願ったものである。両学部間のテレビ会議開設を手はじめに、高大一貫教育を目標に附属高等学校の新設、SPring 8から電子ビームの供給をうける構想の下にニュースバルと称する中型ストレージリングを計画、これをコアに高度産業科学技術研究所を開設し、三田の人とくらしの博物館に自然環境科学研究所を併設するほか、名門校姫路短期大学を吸収し環境人間学部開設の計画を推進した。天の時、地の利、人の和を得て計画は順調に運んだのである。

経済の膨張期というのは誠に有難いもので西播磨テクノポリスでは磯崎 新氏設計にかかる超モダンな高校が建設されたし、書写キャンパスでも姫路工大創立50周年に際し、阪大東 孝光教授デザインによる書写記念館の斬新な姿が浮上した。

今年の5月、8年振りに姫路工業大学を訪れ、鈴木 胖学長の案内で工学部、理学部、附属高校、高度研を訪問、粒子線医療センターでは菱川良夫院長、高輝度光科学研究センターでは吉良 爽研究所長と懇談の機会があった。緑につつまれた広大な地域に新しい光都が展開している。姫路では工大の旧友と久し振りに盃を交し、大学の発展を寿いだ。

つらつら考えるにこれらの素晴らしい施設群は曾ての日米逆転時代の産物である。まさに世界に誇るに足る存在に成長している。

昨今、バブル経済の陥穽ばかりが論じられているがその功罪は相半ばするものがある。特に科学技術の観点からはその恩恵は絶大と言わねばならない。当財団研究所もそのお蔭を蒙っている。光あれば蔭あり その逆も又真なりだ。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

ILT2003 平成14年度研究成果報告会

～ 大阪・東京の2会場で開催～

【大阪会場】

| | |
|-------------|--|
| とき | 7月10日(木)10:00～17:00 |
| ところ | 千里ライフサイエンスセンター 5階サイエンスホール 豊中市新千里東町1丁目4-2 TEL(06)6873-2010 |
| プログラム | |
| 10:00～10:10 | 所長挨拶 |
| 10:10～11:20 | 特別講演 「MALDIと田中耕一氏のノーベル賞」 大阪大学大学院理学研究科教授 交久瀬五雄 |
| 11:20～11:50 | 「当研究所の研究概要とパワーフォトリソの展開」 常務理事(大阪大学教授) 中塚正大 |
| 11:50～13:00 | ～昼食休憩～ |
| 13:00～13:40 | 「ここまでできたフェムト秒加工 これからどうなる? どう使う?」 藤田雅之 |
| 13:40～14:10 | 「レーザーでひらく宇宙ハイウェイ ～レーザーロケットの可能性」 内田成明 |
| 14:10～14:40 | 「プラスチックの種類、識別します ～レーザー誘起蛍光測定」 本越伸二 |
| 14:40～15:30 | ポスター発表～コーヒーブレイク |
| 15:30～16:00 | 「日本の環境を救うレーザー有害物質計測 ～レーザーによるダイオキシン迅速測定」 島田義則 |
| 16:00～16:30 | 「低侵襲な体内極小X線源によるがん治療」 今崎一夫 |
| 16:30～17:00 | 研究員との意見交換・技術相談 |

【東京会場】

| | |
|-------------|--|
| とき | 7月14日(月)13:30～17:00 |
| ところ | 航空会館 7階 701会議室 東京都港区新橋1丁目18-1 TEL(03)3501-1272 |
| プログラム | |
| 13:30～13:40 | 所長挨拶 |
| 13:40～14:10 | 「当研究所の研究概要と産業応用」 藤田雅之 |
| 14:10～14:40 | 「スーパーキャビティ 線核変換」 今崎一夫 |
| 14:40～15:10 | 「レーザーでひらく宇宙ハイウェイ ～レーザーロケットの可能性」 内田成明 |
| 15:10～15:30 | ～コーヒーブレイク～ |
| 15:30～16:00 | 「日本の環境を救うレーザー有害物質計測 ～レーザーによるダイオキシン迅速測定」 島田義則 |
| 16:00～16:30 | 「ここまでできたフェムト秒加工 これからどうなる? どう使う?」 藤田雅之 |
| 16:30～17:00 | 「レーザーで観る生体内電子移動のメカニズム」 谷口誠治 |
| 定員 | 東京会場 約70名、大阪会場 約80名 (定員になり次第締め切らせていただきます) |
| 参加費 | 無料 |
| 参加申込 | 会社名・所属役職・氏名・住所・電話番号・ FAX・E-mail・参加希望会場をご記入の上、下 記までお申し込み下さい。(FAX、E-mail可) |

お問い合わせ・お申し込み先

(財)レーザー技術総合研究所 総務部 担当: 駒田・森本) E-mail:jimukyoku@ilt.or.jp URL:http://www.ilt.or.jp/

NEWS

「LASER EXPO 2003」報告

2日間で3,000名の来場

4月23日～24日の2日間にわたって、パシフィコ横浜で、「LASER EXPO 2003」(主催:(社)レーザー学会)が開催された。例年通り特別技術セミナーと展示会で構成され、今年は16コース(2日間)のセミナーと56コマのブース展示があった。特別技術セミナーでは、冒頭に大阪大学レーザー核融合研究センターの井澤センター長から『パワーレーザーが拓く新しい世界』と題した基調講演があり、2日目の「フェムト秒レーザー加工」コースのセミナーでは、当研究所の藤田主任研究員が講演を行った。

一方、展示会では、今年も当研究所はブースを開設し、現在の

研究活動やこれまでの研究成果をパネルやリーフレットなどで紹介した。

展示会は2日間で約3,000名の来場者があり、当研究所のブースへも多くの企業や研究機関の方々が訪れ、熱心にパネルを見て、当研究所の研究員へ質問が寄せられた。

中でも「レーザー除染」、「レーザーピーニング」、「レジスト剥離」などに企業の関心が高かったようである。

(報告:総務部 駒田)

