

2000, Mar.

No. 144

レーザー・クロス

CROSS

CONTENTS

■ レーザーの長距離伝送技術の実用に向けて

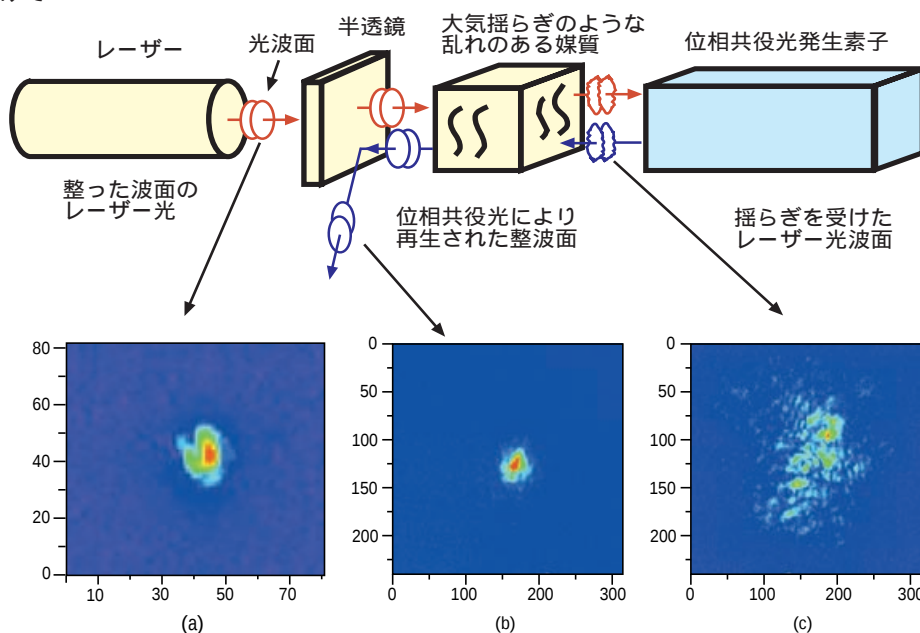
■ AHPLA'99開催さる

■ 『光と蔭』Incentiveについて

■ 超高出力半導体レーザーの開発

■ 浜松ホトニクス株式会社

■ 中央研究所 材料研究センター



【位相共役光により波面歪補償されたレーザービーム】
レーザーから発生した波面歪のない光波面を遠視野で観察すると(a)に示すようにスポット像が得られる。一方、大気揺らぎのような乱れのある媒質を通った光波面は遠視野でも明確な像を結ばない(c)。この揺らぎ波面の位相共役光を大気揺らぎのような乱れのある媒質中を逆進させると(b)に示すように元の整波面像が再生できる。これは位相共役光の時間反転性を利用したもので、波面再生のほか、自動照準システムなどへの応用も可能で、レーザーの空間伝送技術において重要な現象である。

レーザーの長距離伝送技術の実用に向けて

レーザービーム伝送研究チーム チームリーダー 内田成明

■ 研究チームのテーマ

レーザービーム伝送研究チームでは現在、当研究所のプロジェクト研究の一つとして進めているレーザー誘雷の実用化を目指しハイブリッド型レーザー誘雷法の実現に必要な要素技術の開発を行っている。また、レーザー誘雷の研究で培ったレーザービーム伝送技術をさらに発展させ、種々の技術に応用するための基盤技術と応用技術の両面から研究を進めている。レーザーによるエネルギー伝送は、擾乱や吸収の無い宇宙空間で最もその効果を発揮する。宇宙でのレーザービーム伝送応用技術として宇宙デブリ除去、レーザー推進力発生および宇宙太陽光発電システムへの応用などが考えられる。

■ レーザー誘雷研究

レーザー誘雷に関するわれわれの研究では炭酸ガスレーザーなど比較的長波長のレーザー光を用いて大気中に生成した強電離プラズマ(電子密度 $10^{19}/\text{cm}^3$ 以上)により地上から雷雲に延び

る雷を誘発できることが野外実験で示されている。現在進めている研究はこの成果を受け、誘発した雷を雷雲までガイドし、確実にかつ安全に雷放電を発生させ、雷雲を無力化する技術の実用を目指している。

雷放電のガイド機能は弱電離プラズマ(電子密度 $10^{13}/\text{cm}^3$)のチャンネルにより実現されると考えている。弱電離プラズマの利用により数百メートルにもわたる長尺の電離路を非常に少ないレーザーのエネルギーで生成することができる。プラズマを生成する方法としてはフェムト秒などの超短パルスレーザーの自己収束効果を用いる方法とエキシマレーザーなどの短波長レーザーの多光子吸収過程などを用いる方法が提案されている。われわれの研究チームでは予備実験の結果、短波長レーザーによる方法が有望とみて、エキシマレーザーによる弱電離プラズマチャンネルの生成メカニズムや放電誘導特性の把握を目的として研究を開始している。

レーザー誘雷実現のもう一つの鍵は放電誘導に用いるプラス

次ページへつづく▶



レーザーの長距離伝送技術の実用に向けて

(前ページよりつづく)

マチャンネルを持続的に生成することである。従来のレーザー技術ではプラズマを生成するほど高出力のレーザーは冷却に要する時間の制限により単発運転であった。一方、誘雷のためには雷の放電条件が整っている数秒間にわたって持続的にプラズマを生成することが重要となる。このような応用に必要な高繰り返しレーザー技術はレーザー核融合用に開発されている半導体励起レーザーの技術を用いて実現することができる。当研究チームでは誘雷基礎実験用としてガラスレーザーのMOPA (Master Oscillator Power Amplifier) システムに位相共役鏡、スラブ型増幅器、高調波変換素子などを組み込んだ10Hzのバーストモード繰り返しレーザー装置を開発中である。この装置を用いて生成する30メートルの長尺弱電離プラズマ路による放電誘導検証実験も計画中である。

■ 伝送技術基礎研究

レーザービーム伝送の基礎技術として当チームが取り組んでいるのは位相共役光の発生である。位相共役光の発生に関するこれまでの研究は誘導ブリルアン散乱を用いる方法を除いては実験室レベルに留まっており、その多様な応用技術の可能性に比べ、実用的な技術レベルにまで達しているものは少ない。当研究チームでは位相共役光を誘雷や宇宙デブリ除去などエネルギー伝送技術に応用できるよう、広帯域信号光に対して機能する高反射率位相共役鏡の開発を目指して研究を進めている。ブリルアン増強4光波混合(BEFWM)の手法を用いると 10^6 以上の反射率を達成することができ、宇宙デブリからの反射など微弱光源への位相共役光の照射が可能となる。また、BEFWMを応用したダイナミックホログラムの手法により従来の手法では不可能であった広帯域の位相共役光発生や口径数メートル以上の望遠鏡の大型光学素子の波面歪みを自動的に除去する機能の実現が可能である。これらの技術により宇宙デブリへのレー

ザーの自動照準機能やレーザー推進および宇宙光送電などのような超長距離にわたって光を高精度で送る応用に必要な大口径光学素子が低コストで実現できる。

■ 国内、国際協力により進める研究

レーザービーム伝送の最終的な応用技術は誘雷、デブリ除去、レーザー推進など大規模で、要素技術の背景も多くの技術領域にまたがるものである。そのため当研究チームでは国内外の研究機関と協力関係を深め、効率的で有効な研究体制を構築しつつある。

例えば、レーザー誘雷ではケベック大学およびハイドロケベック(カナダ)、ニューメキシコ大学(米国)、光電子素子複合試験研究所(RICTOD、ロシア)などと定期的なワークショップの開催およびSTAフェローシップや国際科学技術センター(ISTC)を通しての研究者の交流や共同研究などを開始している。これらの研究機関はいずれもレーザー誘雷の実用化を目指しており、次期レーザー誘雷野外実験の国際共同研究体制を検討中である。

また、レーザー推進やレーザーエネルギー伝送に関しては航空宇宙技術研究所、宇宙開発事業団などとの共同研究を開始しており、それぞれ、レーザーアブレーションの基礎特性に関する研究や太陽光発電衛星用レーザーの基本的な検討を開始している。今後はレーザー物理研究所(ILP、ロシア)および米空軍研究所の研究者とも連携を進めていく予定である。

日本の宇宙開発事業はこれまでのアメリカ・ロシアへのキャッチアップ型から、フロントランナー型への脱皮を目指している。そのためにはニーズ(またはミッション)とシーズ(基盤技術)の両方を緊密に連携させた総合的な研究計画の立案が重要となってくる。当研究所のテーマとなるレーザー推進(シーズ)と太陽光発電衛星(ニーズ)についても、そのような観点から共同研究を進めていきたい。



NEWS

AHPLA'99開催さる

理論・シミュレーショングループ 研究員 古河裕之

■ AHPLA'99開催

1999年11月1日～5日、大阪大学コンベンションセンターにて、Advanced HighPower Lasers and Applications(AHPLA)国際会議が開催された。総登録者数は438名、参加国数は22カ国に及び、5日間とも5会場でパラレルセッションにて講演が行われた。レーザー学会およびThe International Society for Optical

Engineering(SPIE)が主催者となり、レーザー技術総合研究所は協賛という形で協力した。山中千代衛レーザー技術総合研究所研究所長による総合講演"Super High-Power Lasers and Their Applications"をはじめ、当研究所研究員により多数の報告が行われた。

この会議は全体をInternational Forumと称し、5つの独立の

チェアマンおよびプログラム委員会を持つConferenceから構成されている。各Conferenceの名称は、High-Power Laser Ablation、High-Power Lasers in Energy Engineering、High-Power Lasers in Civil Engineering and Architecture、High-Power Lasers in Manufacturing、Advanced High-Power Lasersである。AHPLAは今回が第1回目であり、その内容、参加者の顔ぶれなどから見ても、初回としての任務を十分に果たし、新たな国際会議としてその地位を確立したものと思われる。

■ 産業界からも多くの参加者が出席

本会議の大きな特徴は、レーザー開発とレーザー応用に関する国際会議が、同時に同一会場で開かれたことである。光源技術とその利用技術に関する最新の動向が一度に把握できることとなり、産業界から非常に多数の参加者が出席された。「レーザーで岩を砕く」など、現場でのレーザーの使用に関した発表もあり、レーザーが産業界に普及している様子をうかがい知ることができた。産業用レーザーを中心とした日本語セッションなどの多彩な企画も行われ、参加者それぞれが21世紀への光の素晴らしいイメージを持たれたことであろう。本会議の研究発表内容、分野の研究動向などの詳細はレーザー学会誌などで



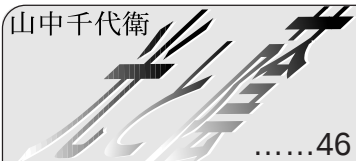
ポスターセッションのようす

も報告される。また、SPIEよりプロシーディングが刊行される。

■ 会議を終えて

本会議は、今後のレーザー関連の国際会議における、一つの模範例となり得るものと思われる。今後、レーザー技術総合研究所が中心となって、本AHPLA国際会議に勝るとも劣らない特徴ある国際会議を開き、世界に向けて光産業界をリードするべく役割を担っていることを痛感した次第である。

山中千代衛



Incentiveについて

「インセンティブ」は、動機とか誘因とか訳されている。人びとを引きつけて、まっしぐらに目標に駆り立てる魅力の源がインセンティブである。これには好奇心をくすぐる科学上の謎とか、社会的に価値のある仕事とか、栄誉に輝く地位とか、はたまた経済的な成功とか色々あるだろう。これらの要因により人びとが自ら志を立て、全知全能を挙げて努力する姿は、見ていても気持ちのよいものである。

かつてわが国の高度成長時代、人びとを働かせたインセンティブは先進諸国の水準に「追いつけ追い越せ」で、国を挙げてのコンセンサスであったと言えよう。人びとの具体的な夢は1950年代、三種の神器(電気掃除機・テレビ・電気冷蔵庫)を手に入れることであり、次いで60年代は3C(カー・クーラー・カラーテレビ)の時代へと移っていった。70年代の石油危機を世界に先駆けて克服し、ついに80年代、もはや外国に学ぶことはないと豪語する経済大国にのし上がった。経済力偏重の日本はこの時点で社会活動のインセンティブを喪失し、目標を見いだせなくなったのである。このあと、バブルの崩壊と現在の沈滞が出現した。

かつて石油危機の時代、レーザー核融合は有能な学生を引きつけ、力強いインセンティブがあった。太陽を地上に、無限のエネルギーを開発しようという使命感である。21世紀初頭には、その科学的実証を達成すべく、国を挙げて研究が熱心に展開された。激光 号ガラスレーザーが完成し、1980年代大阪大学の研究レベルは米国に一步も後れをとらなかった。ロビン・ハーマンは「Fusion」という著書で「並ぶものなき日本の名声」と評価している。しかし次なる研究展開は、1990年来足踏みしたままである。

人類の未来のエネルギーを、着実に一步一步研究開発するインセンティブは決して消滅したとは思えないのだが、どこかおかしい。わが国は世界をリードする先進国になれなかった。またその志もなかったのか。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

超高出力半導体レーザーの開発

浜松ホトニクス株式会社 中央研究所 材料研究センター

■当研究センターの取り組み

浜松ホトニクス(株)材料研究センターでは、大阪大学と共同で、半導体レーザー(LD)の高出力化に関する研究に取り組んでいる。

LDは小型、高効率、低消費電力などのメリットをもっているが、CDなどの情報機器に多用されているため、一般には低出力の光源とされている。しかし最近では高出力LDが開発され、機械加工やマーキングなど多くの分野に応用されるようになってきた。同社材料研究センターでは、レーザー核融合の共同研究などを通して、さらに高出力のLD開発を目指している。

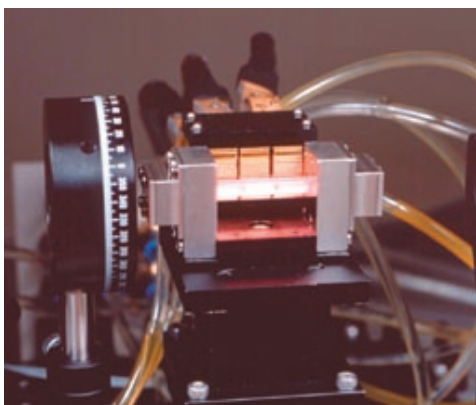
■LD励起固体レーザーの高出力化のための手法

現在、高出力レーザーとしては炭酸ガスレーザーやフラッシュランプ励起固体レーザーが多く使用されている。しかしこれらは、小型で高効率、ビーム品質の優れたLD励起固体レーザーに移行していくと考えられる。フラッシュランプ励起では、励起に関わらない波長の光が多量に出るため、電力がむだに使われてしまう。レーザー光出力は、現時点ではフラッシュランプ励起レーザーがLD励起を上回っているが、高出力LDの量産化が実現すれば、LD励起が高出力レーザーの主流になると予想される。

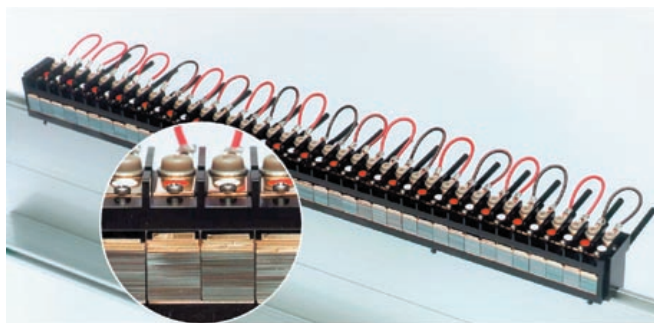
浜松ホトニクス(株)では、加工用固体レーザーの励起光源として使用可能な、超高出力LDの開発を行っている。高出力化にはアレイ化や優れた冷却方式の開発などが必要である。アレイ化は、まず数個～数十個のLDを棒状の1チップにした「LDバー」を作り、これらを積層して二次元的に発光点を並べる構造としている。このためには、素子単体の高出力化と耐熱性の向上とともに、各素子特性のバラツキの軽減も必要となる。

写真1はLD励起固体レーザーの内部を撮影したものである。

ここに使われている励起用LDアレイは、36個のLDバーをアレイ化(縦に12個、横に3列)しており、3kWの光出力(準CW動作)が得られている。このレーザー光をNd:



【写真1】LD励起固体レーザーの内部



【写真2】110kW半導体レーザーアレイとその拡大図

YAG結晶に照射し、60mJ/pulse(50Hz)のレーザーパルスが出力される。

また写真2は核融合実験用110kW半導体レーザーアレイ(円内はその拡大図)で、大阪大学レーザー核融合研究センターとの共同研究用に開発したものである。これは100個近いLDを組み込んだLDバー1,000個(縦25個×横40列)をアレイ化したものである。ガラススラブの両側をこのLDアレイユニット2個(合計約220kW)ではさみ、約40cm×1cmの範囲を励起して、10J×10Hzのレーザードライバが構成される。大阪大学によると、この実験が順調に進めば、100J×10Hzの固体レーザードライバを開発、さらに進めば、1kJ×10Hz、10kJ×10Hzのレーザードライバを開発していく計画であり、実用炉は10kJドライバ400台で構成される予定とのことである。

■超高出力半導体レーザーの可能性

このように半導体レーザーの高出力化は今後もさらに進み、それに伴って、固体レーザー励起だけでなく、新しい可能性も期待されるようになってきた。例えば、この光を機械加工などに直接利用する計画もある。そのためには、高出力化のみならず、適合する光学系(レンズアレイ等)の開発も必要である。これが実現すれば、加工装置の大幅な小型化、小電力化が可能となり、レーザー利用の可能性が大きく開けることになる。

■問い合わせ先

浜松ホトニクス株式会社 企画営業部
〒434-8601 静岡県浜北市平口5000
TEL(053)584-0200(代表)

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表
藤田雅之(TEL&FAX:(06)6879-8732, E-mail:mfujita@ile.osaka-u.ac.jp)までお願いいたします。