

2001, Jul.

No. 160

## CONTENTS

- マイクロチップ固体レーザーの開発研究
- CLEOに参加して
- 『光と蔭』暑い夏の日が巡ってくる
- 新理事長・前理事長あいさつ
- 平成12年度事業報告(抜粋)

【写真】マイクロチップレーザー試験用Nd:YAGレーザー材料」パルス化のためCr:YAG過飽和吸収材料を1つのパッケージにした



## マイクロチップ固体レーザーの開発研究

レーザービーム伝送チーム 研究員 本越伸二

### 半導体レーザーのパワー応用と課題

固体レーザーは、小型、安定、高品質、保守の容易性など多くの特徴が挙げられている。フラッシュランプ励起から半導体レーザー(LD)励起に置き換わり、熱負荷の低減、長寿命が可能となり、産業分野への応用範囲が更に広がってきている。しかし、高出力領域においては、やはり熱的な問題は避けられず、高ビーム品質化の研究が重要視されている。

その一方で、LDの高出力化、アレイ化技術の発展に伴い、LDによる直接パワー応用が可能になってきた。固体レーザーよりも小型化が可能で、エネルギー効率も約2倍向上し、理想的にはアラインメントフリーとなる。既に、一部加工用として市場に現れ、今後更に実用化が進むものと考えられる。しかしながら、高出力LDはマルチモードであり、またLDアレイでは異なった点光源の重ね合わせとなり、コヒーレンスを維持することは困難である。そのため、微細な加工には不向きである。(LDアレイのコヒーレンスを向上する研究も現在進められている)また、LD自身のパルス動作は寿命を短くするとともに、広

く加工等で利用されているns程度の短パルス化は極めて難しい。

### マイクロチップ固体レーザーの可能性と課題

マイクロチップ固体レーザーは、固体レーザーの高ビーム品質、短パルスの特徴を活かすとともに、LD並みの小型化、アラインメントフリーを実現する装置である。表紙の写真はNd:YAGレーザー媒質と、過飽和吸収材料としてCr:YAG材料をひとつのパッケージにしたものである。結晶全体のサイズは2mm x 5mmである。図1に示すように、最終的にはLDのヒートシンクと一体型され、LDとほとんど変わらないサイズとなる。マイクロチップレーザーでは、励起源であるLDがマルチモードであっても、低コヒーレンシーのアレイであっても関係なく、マイクロチップで制限された高品質モードで発振する。また、図1にも示したように、励起LDがCWであっても過飽和吸収材料等を用いてQスイッチパルスが得られる。

マイクロチップレーザーの課題は出力の安定性にある。小型

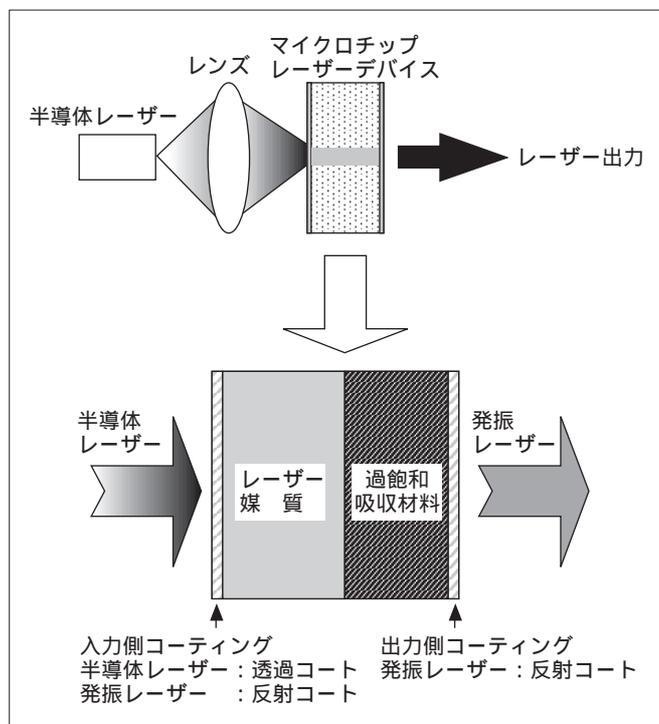
次ページへつづく▶

(前ページよりつづく)

化・アライメントフリーを目指すためにできるだけ光学部品を減らしている。このため、出力パルスは励起LD強度や共振器構成に依存し、それらのわずかな変動は出力パルスに現れる。しかしながら、これらの欠点は、言い換えれば、レーザーパルスの特性を任意に調整できることも示唆している。そのため、現在は共振器構成や励起強度に対する出力エネルギー、パルス幅、繰り返し周波数、ビームパターン等の依存性、安定性について評価を進めている。

発振出力の励起LDパワー依存性

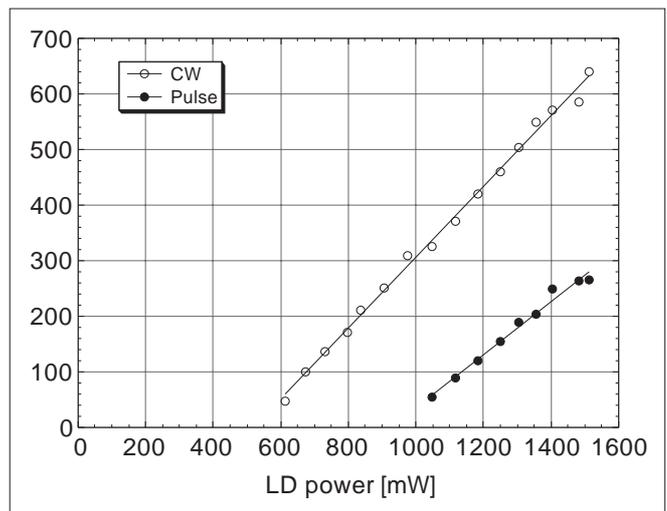
図2には、0.95wt%のNd:YAGレーザー結晶に対する出力



【図1】マイクロチップ固体レーザー装置概念図

エネルギーの励起強度依存性を示す。白丸はCW発振の場合、黒丸は初期透過率90%のCr:YAG過飽和吸収材料を挿入したパルス発振の場合である。CWの場合、発振しきい値は約500mW、スロープ効率64%が得られた。パルス発振では、発振しきい値約950mW、スロープ効率48%であった。それぞれの発振しきい値が高いのは、出力ミラーとのカップリングが不十分で、共振器内部の損失が大きいためである。パルス発振の場合、励起強度に伴ってパルス幅、繰り返し周波数は変化する。パルス幅の変化は比較的少なく26~34nsであるのに対して、繰り返し周波数は1.5~9.0kHzまで変化した。このことから、励起強度に依存する出力の変化は繰り返し周波数の変化であり、パルスのピーク出力は大きく変わらないことが判る。同様に、共振器長、NdおよびCrのドーパント量、出力鏡の条件を変えて評価を進めている。

今後、いくつかの応用を踏まえて、短パルス化、高出力化、および出力可変性等の特徴を活かした開発および応用研究を進めていく予定である。



【図2】マイクロチップ固体レーザー出力の励起LDパワー依存性。CWおよびパルス発振で、それぞれ64%、48%のスロープ効率を示している。

## CLEOに参加して

理論・シミュレーショングループ 研究員 佐伯 拓

のべ2万人が参加

5月6日から11日まで、アメリカで開催されたCLEOに参加した。本会議は隔年で東海岸と西海岸の交互で行われるが、今年は東海岸側のバルチモアで行われた。今回は、全体で約2万人が参加とのことであった。本研究所からは、本越研究員が、阪大からは吉田英次、藤本靖氏が参加し、行動を共にした。

多岐にわたった会議の内容

CLEOの会議の内容は、固体レーザー、ファイバーレーザー、波形・パターン計測、特殊位相分布を持つレーザービームの発生と制御、フォトリフラクティブ結晶、高調波、テラHz電磁場発生、OPA、OPOを含む非線形光学、パルス幅が数フェムト秒の極超短パルス光の発生、超短パルスレーザーを用いたナノ構造の製作、医療、宇宙応用など多岐にわたった。



【写真】会場付近の街なみ

ベッセル・ボルテックスビームの応用など

紙面の都合上、会議内容については筆者が特に印象に残ったものについて述べる。高出力固体レーザーでは、イギリス、ドイツ、フランス、アメリカの研究グループのYb、Cr、Nd等を添加した結晶レーザー、日本の電通大、分子研からは大型セラミックYAGのレーザー発振、三菱電機から1.2kW CW発振で電気-光変換効率26%のロッド型Nd:YAGレーザー、高出力ファイバーレーザーでは、イギリスの研究グループからCWで

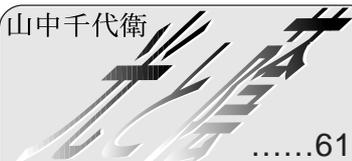
出力110W、光-光変換効率86%のYbファイバーレーザーの報告があった。フォトニックファイバーでは、穴あき構造に起因する白色光発生、1ミクロン波長での異常分散が話題の中心で、伝播モードの数値解析等に関する報告が数多くあった。アメリカのリバモア研からは、10秒間だけのバースト発振ではあるが、600 J × 20Hzで平均出力10kWのフラッシュランプ励起ディスク型Nd:glassレーザーが報告された。ヨーロッパでは、ベッセル・ボルテックスビームをイオン・電子加速に用いる動きが急激に広がっているが、本会議でも関係する多くの発表があり、特にイスラエルの研究グループからベッセル・ボルテックスビームのプラズマ中の伝播に関する報告があった。医療分野では、フェムト秒レーザーを利用した皮膚の切断面の観察や、皮膚の下にナノサイズの球状カプセルを注射し、皮膚の上からYAGレーザーを照射し、誘電共鳴加熱により、必要な時だけカプセルを溶かして薬を体内にしみこませる研究成果が報告された。

会議を終えて

会議の感想は、多岐にわたり世界最先端の研究成果が発表されているということであった。本人にとっては大変感慨深く有

次ページへつづく▶

山中千代衛



## 暑い夏の日が巡ってくる

梅雨が明けるとまた日本の暑い夏がやってくる。暑さで比べれば中国の三大火炉と言われる南京、武漢、重慶がその筆頭であろう。

昔噺で恐縮だが1985年夏8月、私は世界銀行の中国科学技術支援事業の一環として、南京工学院に夏期講義に赴いた。酷暑の大学と宿舎を連日連夜往復し、全中国から集まった若いレーザー関係者と暑い8月をともに過ごした。

大学の人は友好そのもので客座教授の称号を贈られたり、水の代わりに西瓜ばかり食べて、日々講義に精励した記憶がある。ズボンのベルトが塩で真っ白になったくらい南京は暑い。

その上、もう一つ暑苦しいのは夜テレビを見ると日本軍の残虐行為を写したという画面が延々と放映されることであった。

今年も8月15日、終戦記念日がやってくる。小泉総理の靖国神社参拝の意向にジャーナリズムは例によって大騒ぎである。1945年からもう56年経ったのに同じことをやっている。よっぽど強く洗脳された世代なのだと妙に納得している。

最近のギャラップ調査によると、アメリカ人が最も信頼し、尊敬するパブリックセクターは「軍隊」だとする回答が90%以上あるという。現在のアメリカでは議会でも大統領でも教会でもなく、軍隊への信頼が一番とされている。5月28日のメモリアルデーは戦死者、負傷将兵、OB将兵に感謝する日である。日本と違って、参戦した戦争がなんであろうと従軍し、一身を戦に捧げた人々への絶対的な尊敬の念が定着しているのだ。世界最大の軍事大国という故であろうか。それとも自国への誇りと自信の現れであろうか。

ところで中国もご同様軍隊重視である。鄧小平も江沢民も軍事委員会を手放さない。これは自主独立の意志表明であり中国の矜持を示している。

ところでわが国は上のカテゴリーには入らないようだ。「午後となるも鶏口となるなかれ」が強くインプットされている。「日本国民は、平和を愛する諸国民の公正と信義に信頼して、われらの安全と生存を保持しようと決意した。」

この憲法前文はどうみても日本語として達意の文章とは言い難い。英文なら分かると言うべきか。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

(前ページよりつづく)

意義であったと思われる。しかし、発表されている成果は多くが2～3年前に得られてのものである。したがって、われわれはそれらの先を予測して研究計画を立てなければならない。

バルチモアは、港町であり海産物が有名である。晩には海産物

の食事をして、おそろおそろながら暗い夜道を歩いて帰ったこともあった。同行した人の話では、バルチモアの治安は前回参加したときよりも悪化しているとのことである。物価は少し日本よりも高いかないという気がした。今年は異常気象のためか少し暑かったが、天候にも恵まれ有意義な会議参加であったと感じた。

## INFORMATION

# 新理事長・前理事長あいさつ

### 新任あいさつ



### 新理事長 森 詳介

6月20日に開催された評議員会において理事に選任され、引き続き開催された理事会において、(財)レーザー技術総合研究所の理事長を仰せつかりまして光栄に存じますとともに、その責務を痛感している次第でございます。

当研究所は、1987年10月、レーザーとその応用に関する

研究開発を行う全国的・国際的機関として、産業界および学会ならびに、当時の科学技術庁・文部省・通商産業省の協力により設立されました。

レーザー技術は既に、通信、情報処理、光化学、ウラン濃縮、医学、航空・宇宙等の広範な分野で実用化が進んでおり、皆様もご存じの通りCD、DVD、プリンター、講演のポインター等、日常生活にまで深く浸透しております。しかしながら、レーザー技術はまだまだその応用範囲は広く、たいへん重要な最先端技術であり一層の発展が期待されております。

わが国では平成7年に科学技術基本法が制定され、第1期・第2期と続く科学技術基本計画によって第1期では17兆円、第2期では24兆円が投入され、新産業の創出につながる産業技術の強化、強い国際競争力の確保等を目指した取り組みが強力になされております。その中で、光関連分野、特にレーザー技術は今後大きな発展が期待される分野のひとつであります。

当研究所では、研究成果をいち早く産業界に結びつけ産業技術の強化を図るとともに、学術の進展・科学技術の発展、レーザーとその関連産業の振興によりわが国の科学技術強化に貢献したいと念願しており、当研究所が保有する技術・装置等の広報、産業界等からの技術相談に対応するためWebページ上での相談受付を行うなど、中小企業やベンチャー企業等に対する支援活動も行っております。

今後、さらに産業技術の発展に寄与するレーザー技術の開発に向けて邁進する所存でございますので、皆様方には、なお一層のご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

### 退任あいさつ



### 前理事長 宮本 一

このたび、森 新理事長へバトンを譲ることと相なりました。振り返ってみますと、私が就任した平成9年は、ちょうど財団設立10周年の記念事業を行った年でございます。その事業のひとつとして、パワーレーザーの技術開発動向を調査するためアメリカに調査団を派遣しました。

私は団長として参加したわけですが、エネルギー資源が豊富でありながらレーザー核融合技術等、次世代を担うエネルギー技術の開発を着実に進めているアメリカの姿勢が印象的でありました。

当研究所もレーザー技術の研究開発を着実に進めてきており、これまでに、レーザーを用いて雷を誘導する「誘雷」を、世界で初めて実証に成功するなど、数々の成果をあげてきました。近年は産業界の皆様にご当研究所の技術を活かしていただくことを念頭において、極短パルスレーザーを用いた加工や計測等をはじめとした応用研究にも力を入れて取り組んでおります。

また、同調査団では、アメリカにおけるレーザー技術の研究開発が、産・官・学が仕組みとしてうまくかみ合っており、支える技術も裾野が広く数多くのベンチャー企業が生まれている状況を見てきました。現在の日本の状況を考えてみますと、国立大学等が独立行政法人化の方向にあり、今まで基礎的な研究を担ってきたこれらの機関が持つ技術をうまく活かしていくことが求められています。今後は、この財団の重要な役割のひとつである「基礎的な研究成果を産業界に橋渡しする」ことが益々重要になってくるものと思われま。

これまでの皆様のご支援・ご協力で改めて厚くお礼申し上げますとともに、今後も引き続き、ご支援・ご協力を賜りますようお願いいたします。

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:m Fujita@  
ile.osaka-u.ac.jp)までお願いいたします。

# 平成12年度事業報告書(抜粋)

## 概況

当研究所は、レーザーおよびその関連産業の振興を図り、わが国の学術の進展と科学技術の発展に貢献することを責務とし、レーザーとその応用に関する研究開発、調査、情報の収集・提供、人材の養成等の事業を鋭意推進すべく活動してきており、平成12年度においても関係各位の協力を得て概ね計画どおり活動することができた。

### [今年度の主な成果]

研究開発の面では、白色光ライダーならびにレーザー誘雷プロジェクト研究において、明確な研究目標と年次計画の下で積極的な研究推進を行った。白色光ライダープロジェクト研究では、最先端のフェムト秒高強度レーザーシステムを用い、白色光を屋外大気中へ送出し計測を行った。レーザー誘雷プロジェクト研究では、高出力ガラスレーザーで大気中に高密度プラズマチャンネルを生成した。

チーム研究では、レーザービーム伝送研究チーム、レーザー環境応用計測研究チーム、レーザープロセス研究チーム、レーザーバイオ科学研究チーム、理論・シミュレーショングループで、これまでの研究をさらに発展させるとともに、位相共役光の発生と波面制御、太陽光励起レーザーシステム、OPCPA(周波数チャープパルスの光パラメトリック増幅) 高効率線発生とそれによる核変換技術など、多分野の研究を実施した。高効率線発生とそれによる核変換技術は、国家プロジェクトを目指し先導的研究を実施している。

公募研究では、新エネルギー・産業技術総合開発機構の地域新生コンソーシアム研究開発事業で「IT用微細加工におけるドライプロセス化技術開発」、地球環境保全技術開発事業で「サイリスター駆動パルス放電によるディーゼル自動車用小型排気処理装置」の2テーマが採択された。

新しい分野の活動として、ホームページの充実を図り、企業との連携を目指し、最先端のフェムト秒高強度レーザー等レーザーシステムを用い、技術相談を積極的に実施した。

普及啓蒙活動等の面では、成果報告会、先端技術講演会、先端技術施設見学会等を実施し、レーザー技術の普及に努めた。また、(財)大阪科学技術センター内に設置された光科学研究に関する利用ニーズ調査委員会に参画し、レーザー関連技術の関係機関と協力し、関西地域における光量子科学分野で実施すべき共同研究テーマや研究体制等の具体的なあり方について調査、検討を行った。

1. 役員会等の開催	2 論文発表	35件 (国内) 8件 (国外) 27件
1) 理事会		
第28回理事会(平成12年6月30日 関電会館)		
第29回理事会(平成13年3月28日 関電会館)		
2) 評議員会		
第26回(平成12年6月30日 関電会館)		
第27回(平成13年3月28日 関電会館)		
3) 総務企画委員会		
第14回総務企画委員会 (平成12年6月22日 大阪科学技術センター)		
第15回総務企画委員会 (平成13年3月14日 大阪科学技術センター)		
4) その他(研究所内外委員会)		
・環境保全技術の調査検討委員会 (主催:レーザー技術総合研究所)		
・フェムト秒加工研究会 (主催:レーザー技術総合研究所)		
・AVLIS技術の体系化研究ワーキング (主催:レーザー技術総合研究所)		
・光科学研究に関する利用ニーズ調査委員会 (主催:大阪科学技術センター)		
2. 賛助会員状況		
平成12年度未会員数 77社 217口		
3. 特許等出願件数		
(平成11年度末 総出願件数43件、成立件数13件)		
平成12年度出願件数 新規5件		
4. 学会および論文発表		
1) 学会発表	73件 (国内) 52件 (国外) 21件	

### 研究開発および調査事業

研究開発の推進と成果の拡充を図るため、研究部門では下記の事業活動を実施した。

#### 1. 研究調査事業

##### 【プロジェクト研究】

平成11年度より白色光ライダー研究とレーザー誘雷研究をプロジェクト研究と位置づけ、研究を開始した。

##### 白色光ライダーの研究

フェムト秒高強度レーザーを白色光に変換し、大気中に送出して地球温暖化や環境汚染の原因となる複数種のガスを同時計測できる白色光ライダーの基礎研究を進めた。平成12年度は、希ガス中で発生させた白色光を屋外大気中へ送出し、大気からの散乱光を多波長で同時計測し、エアロゾルの粒径分布に関する情報を得ることが出来た。レーザー誘雷技術の高性能化の研究

レーザー誘雷の放電誘導確率の向上を目指すために、強電離、弱電離プラズマを組み合わせたハイブリッド方式による放電誘導の実験を平成11年度から進めており、放電をガイドするために必要なプラズマ密度等を明らかにしてきた。平成12年度は長尺プラズマチャンネルを生成するために、高出力4倍高調波ガラスレーザーシステムを立ち上げ、ビームパターンを改善するためにソフトアパーチャーの挿入やブリルアン散乱を用いた位相共役鏡の技術を用いることにより、基本波で出力150Jを達成した。これを用いて大気中にプラズマチャンネルを生成し、放電をガイドするために必要な密度が得られていることを確認した。並行して、雷前駆放電から放出されるUHF波を利用した自動照射システムの構築について検討した。

【レーザービーム伝送研究チーム】

高エネルギーのレーザー光を長距離伝送し、そのエネルギーを遠隔地で利用する技術について研究を行っている。伝送中のレーザー光の波面歪みを補償するため、位相共役光の発生とその加工技術への応用を目指して基盤技術の確立に努めた。

位相共役光の発生  
位相共役光のレーザー加工への応用  
レーザーの宇宙応用

【レーザー環境応用計測研究チーム】

レーザーによる計測・分析法の高感度化に向けた基礎技術開発と、それをもとにした環境計測、不純物分析、非破壊検査、同位体分離等への応用研究を進めた。

レーザー計測・分析技術の高感度化研究  
レーザーによる同位体分離の研究  
超短パルスレーザーによる微量成分検出法の研究  
OPCPAの基礎研究

【レーザープロセス研究チーム】

レーザープラズマや超短パルスレーザーなど、レーザーエネルギーの新しい応用分野を開拓するため、以下の研究を実施した。また、自由電子レーザーならびにレーザー光と電子ビームの相互作用研究を中心として光・量子ビーム技術の基盤確立を目指している。

レーザーアブレーションの研究  
コンプトン散乱を利用した線発生の研究  
自由電子レーザーの応用研究

【レーザーバイオ科学研究チーム】

ポルフィリンを含む超分子系および光励起に対して顕著な反応を示す光応答性タンパク質の光励起状態の挙動について以下のような非常に興味深い重要な結果が得られた。

ZnP(ポルフィリン)類およびZnP-A(電子受容体)直接結合系のS<sub>2</sub>状態からの超高速緩和過程と電子移動反応  
光活性タンパク質PYP(Photoactive Yellow Protein)の反応初期過程のダイナミクスとメカニズム  
視物質ロドプシン(Rh)の新しい反応機構  
フラビンタンパク質における超高速蛍光消光反応の機構

【理論・シミュレーショングループ】

固体レーザーの高性能化を目指した熱効果解析研究を行い、実験に対する指針を与えた。フェムト秒レーザーアブレーションのシミュレーションコードを開発し、実験との比較を行った。レーザー除染の実用化研究の全体のまとめを行った。また、シミュレーションコード販売のための戦略の検討を行った。

レーザーの高性能化に関する研究  
レーザーと物質の相互作用に関する研究  
シミュレーションコードの商品化の検討

2. 補助金研究

文部省による平成12年度科学研究費補助金により、下記の研究を実施した。

- 1) レーザー誘雷の実用化に関する研究(基盤研究)
- 2) 極短パルス偏光レーザーを用いたクラスター核融合の研究(基盤研究)
- 3) 宇宙デブリ除去を目的とした多点標的への同時レーザー集光技術の基礎研究(基盤研究)

- 4) レーザーによる原子力施設の表面除染技術の実用化に関する研究(基盤研究)
- 5) レーザー誘雷研究における強、弱電離プラズマを用いた放電誘導効果の向上に関する研究(奨励研究)
- 6) 時間分解ホールバーニング分光法を用いた蛋白質構造ダイナミクスの研究(奨励研究)

3. 公募研究

新エネルギー・産業技術総合開発機構による平成12年度公募研究が採択され、下記の研究を実施した。

- 1) IT用微細加工におけるドライプロセス化技術開発(地域新生コンソーシアム研究開発事業)
- 2) サイリスター駆動パルス放電によるディーゼル自動車用小型排気処理装置(地球環境保全技術開発事業)

4. 各種委員会、研究会活動

研究開発活動を効率的、発展的に推進するため、また研究事業の対外的情報発信の場として、次のような委員会、研究会を開催し、関連各界の意見、情報を取り入れながら研究活動および調査事業の拡大を図った。

- ・環境保全技術の調査検討委員会
- ・フェムト秒加工研究会
- ・AVLIS(Atomic Vapor Laser Isotope Separation)技術の体系化研究ワーキング
- ・光科学研究に関する利用ニーズ調査委員会(大阪科学技術センター内設置)

5. 技術相談

ホームページに技術相談窓口を開設し、企業の技術開発・改良に対する技術支援、光学製品の品質評価・試験等、企業からの技術的な相談・要望に積極的に取り組んでいる。平成12年度は、フェムト秒高強度レーザーシステムを活用し、IT部品などの超微細加工の質と生産性を飛躍的に向上させる新しい産業技術の探求を行うなど、かなり実用化に近いテーマで研究開発を実施した。

普及啓蒙活動事業

1. 情報発信および人材交流

- 1) 第13回研究成果報告会  
7月4日(大阪)、18日(東京)
- 2) 先端技術施設見学会  
9月13日、14日  
ファナック(株)、山梨リニア実験線(財)鉄道総合技術研究所)
- 3) 先端技術講演会  
3月12日「有機エレクトロルミネッセンス(EL)素子の現状」  
大阪大学大学院 教授 城田靖彦
- 4) 広報紙「レーザークロス」の発行  
(日本自転車振興会補助事業)
- 5) レーザーエキスポ2000への出展  
4月19日、20日(パシフィコ横浜)
- 6) 国際交流

その他の事業

1. IFE(慣性核融合)フォーラムの活動
2. (株)自由電子レーザー研究所運営への参画
3. その他  
・平成12年7月 「ILT 2000年報(1999~2000)」