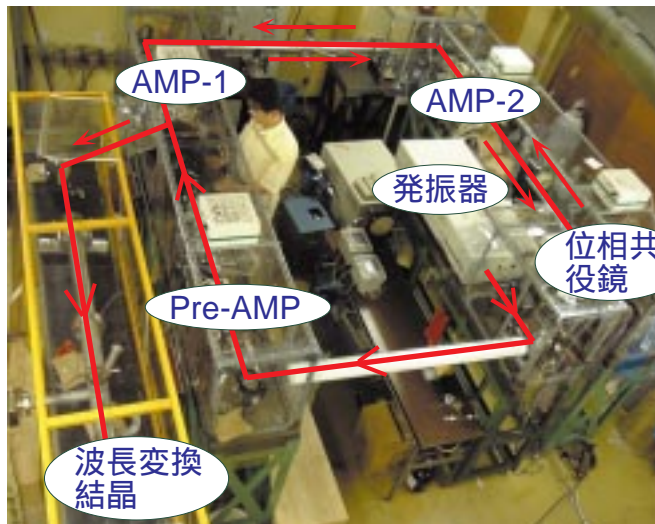


2001, Apr.

No. 157

CONTENTS

- レーザー誘雷技術の開発
～ハイブリッド方式による長尺放電誘導～
- 『光と陰』科学技術研究の評価
- 第28回先端技術講演会を開催
- 有機エレクトロルミネッセンス(EL)素子の現状
- 平成13年度事業計画書(抜粋)



【写真】紫外光を発生して長尺のプラズマチャンネルを作る高出力ガラスレーザー装置

レーザー誘雷技術の開発 ～ハイブリッド方式による長尺放電誘導～

レーザー誘雷プロジェクト リーダー 島田義則

アクティブな避雷対策

近年では落雷対策技術が進歩し、電力の安定供給が実現されている。しかし、まだ落雷の事故がゼロになったわけではなく、近頃では原子力発電所に落雷し原子炉がストップする事故や送電線、配電設備に落雷し電力供給がストップする事故が後を絶たない。現行の避雷技術の根底にあるのは落雷が発生してから対処を行う受動的な発想である。理想的な落雷事故ゼロを目指し、電力の安定供給を目指すのであれば発想を転換し、落雷させないシステムの導入が不可欠である。レーザー誘雷技術は落雷しようとする雷をレーザーで誘導し安全な場所に落雷させる技術で、守りたい場所に落雷させない避雷技術ある。

当研究所では日本海側の冬季雷を研究対象として、レーザー誘雷野外実験を行い、世界で初めてレーザー誘雷に成功した実績がある。また、近年では筆者らの実験成功により、わが国のみならずロシアや米国等、多くの大学、研究機関がレーザープラズマを用いた放電誘導実験を行っており、国際的な共同研究へと動き出している。それらを受けて当研究所ではさらにレー

ザー誘雷の高信頼度化を目指すためにレーザー誘雷をプロジェクトとして推進し、次期の誘雷を目指した研究を進めている。

ハイブリッド方式レーザー誘雷

レーザー誘雷を実用化するためにはレーザー技術、雷予知技術の高度な融合が必要である。レーザー技術には長尺のプラズマチャンネルを作る技術が求められる。雷予知技術には、雷の発生位置はどこなのか、また、落雷しそうであるかどうかが求められる。

今回は長尺のプラズマチャンネルを作るために強電離プラズマと弱電離プラズマを用いたハイブリッド方式を提案している。強電離プラズマとはCO₂レーザーなどの赤外光を大気中に照射すると目に見える発光を伴うプラズマが生成される。これが強電離プラズマ(荷電粒子密度 $n \sim 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)である。このプラズマは、単位長さに生成されるプラズマ密度が高く、放電のトリガー効果に優れている利点はあるが、単位当たり注入す

次ページへつづく▶



レーザー誘雷技術の開発 ~ハイブリッド方式による長尺放電誘導~

(前ページよりつづく)

るエネルギーが大きく、長尺のプラズマチャンネルを生成するためには大出力のレーザー装置が必要となることや、また大気中のエアロゾルなどが核となり、ビーズ状のプラズマが光軸に沿って生成されるため、離散的なプラズマチャンネルとなる欠点がある。

一方、紫外光を用いて大気中にプラズマを生成させると目には見えない弱電離プラズマ(荷電粒子密度 $n < 10^{15} \text{ cm}^{-3}$)が生成される。このプラズマは、放電の前駆過程で起こるリーダを生成することは困難であるが、最適化することにより、強電離プラズマで発生したリーダを長尺にわたってガイドすることが出来る利点がある。今回はハイブリッド方式を用いた放電実験と弱電離プラズマを生成するための高出力レーザー装置(4倍高調波発生用ガラスレーザー)について報告する。

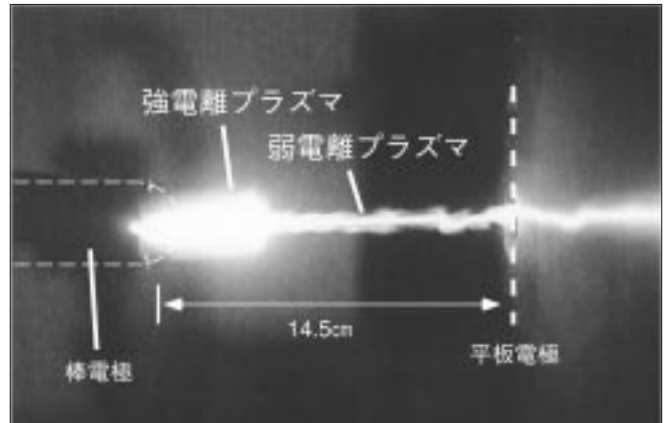
ハイブリッド放電実験

実験は棒-平板電極を用いた。KrFレーザーを使用し、出力は1パルス当たり250mJ、繰り返し回数80Hzである。レーザー光は平板電極に設けた導入穴を通して入射し、強電離プラズマの先端付近で集光点となる。棒電極の先端に絶縁物ターゲットを設置し、それをKrFレーザーで照射することにより、強電離プラズマチャンネルを生成した。弱電離プラズマは、同じKrFレーザーを大気中に集光することにより生成させた。弱電離プラズマチャンネルは集光点から前後数十cm生成される。印加電圧は最大200kVの電圧を印加することができる。主放電に至るまでには数発の繰り返しが必要であり、多くは2~10数発目で主放電に至る。ハイブリッド方式を用いた場合の放電の様子を図2に示す。放電路は弱電離プラズマに沿って直線的に進展する。

放電過程をストリークカメラを用いて観測した結果を図3に



【図1】ハイブリッド方式によるレーザー誘雷概念図

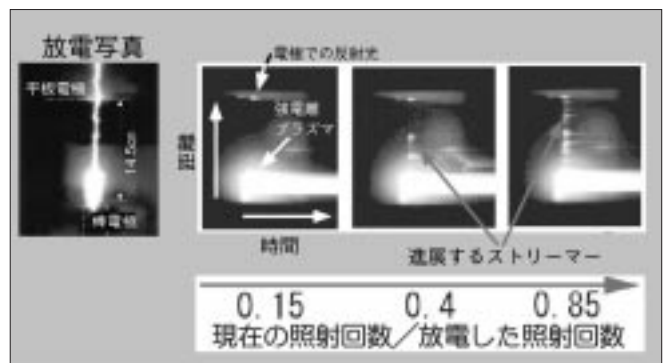


【図2】強電離・弱電離プラズマによる放電誘導

示す。現在の照射回数/放電した回数(N_o / N_b)が大きくなるにつれて、棒電極方向から発光の強さが増し、ギャップ間を結ぶプラズマチャンネルの発光が強くなっていることがわかる。従って、放電を起こすためには、ある程度の電荷量が流れる必要があり、その閾(しきい)値は1 m程度の抵抗率であることが判明した。従って今後、この抵抗率を持つプラズマチャンネルを作ることが必要となる。

長尺のプラズマチャンネルを作るために

現在、長尺の弱電離プラズマチャンネルを生成するために4倍高調波発生用ガラスレーザーを開発した(表紙写真)。この装置は発振器から出力されたレーザー光を3台の増幅器を2往復させることにより出力150Jを発生し、この光を波長変換素子に入射して波長を変換させることにより、30Jの紫外光を発生させることが可能である。特徴はブリルアン散乱を用いた位相共役鏡を用いていることである。これにより、増幅AMPなどによる波面の乱れがキャンセルでき、綺麗な波面を出力できる点である。このレーザーと当研究所が持つMACH集光鏡(連続的に集光点を変化させることにより長尺のプラズマが生成可能)を用いることにより数百mのプラズマチャンネルを生成することが可能となった。今後、インパルス電圧発生器を用いて長尺の放電誘導を行う。



【図3】弱電離プラズマ中を進展するリーダの様子

レーザー誘雷の今後と波及効果

今後は上記の実験や雷予知技術などの実験結果を基として野外的実験を進め、実用化へのめどを立てる。

レーザー誘雷技術はサージに弱いIT(Information Technology)技術の根底を支える技術として重要であり、実用化に向けて確実に進んでいる。また、レーザー誘雷を構成する個々の技術は様々な分野に応用が可能である。長尺の放電誘導技術は、超高

圧装置の設置装置として使用することや放電加工の高精度位置決めなどに威力を発揮するであろう。また、雷予知技術は確実に落雷する雷を数m秒前に予知できる能力を有するため、雷のノイズを極端に嫌う装置の保護などに応用が可能であるなどの使い方が考えられる。このようにレーザー誘雷研究が他の分野に波及し、その技術がさらに高度な技術になることを願ってレーザー誘雷の研究を進めていく所存である。

第28回先端技術講演会を開催

有機エレクトロルミネッセンス(EL)素子の現状

レーザービーム伝送研究チーム 研究員 **本越伸二**

はじめに

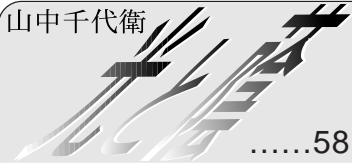
平成13年3月12日、大阪千里ライフサイエンスセンターにおいて、「有機エレクトロルミネッセンス(EL)素子の現状」と題して、大阪大学大学院工学研究科城田靖彦教授を講師に迎

え、第28回先端技術講演会を開催した。

有機エレクトロルミネッセンス素子は、自発光型発光素子であり、高輝度、視野角依存性がなく、低電圧駆動、面発光、薄

[次ページへつづく▶](#)

山中千代衛



科学技術研究の評価

第1次の科学技術基本計画により、過去5年間に17兆円の国費が研究に投入されたのは、わが国として画期的なことであった。その結果全科学技術研究費の20%が

政府負担となり、フランスの40%をはじめドイツ、イギリス、アメリカには及ばないが、なんとか科学技術立国日本の面目が保たれたのはご同慶の至りである。

このような施策の運用には正しい研究評価が不可欠である。先年、大阪大学レーザー核融合研究センターでも筆者が世話人となって、国内外の権威に評価委員をお願いし、前後2年の年月をかけ、いわゆる第三者評価が実施された。その評価報告書の内容をここで詳しく述べる余裕はないが、結論は国際的にも先導的な成果が上がっているの、積極的な研究推進策を進めよというものであった。その評価委員の中には大学の研究費窮乏に関し、かねて強力なキャンペーンを展開され、その後文部大臣兼科学技術庁長官になられた元東大総長、現参議院議員もおられた。ところが上記の研究センター長が、文部省に評価報告書の推薦事項実現を要請したところ、なんらめぼしい効果もなかったという。わが国では評価はただ評価のためにのみ存在するようだ。

したがって評価が科学技術政策に直接反映する方策をたてることが望まれる。金融機関を検分するのに金融庁があるくらいだから、当然のことだろう。科学技術基本計画を効率良く推進するため、アメリカにならってDARPA類似の機関を作り、国際会議をはじめ各種の学会に出席し、さらに関連する研究機関・大学を絶えず巡回して、その水準を調査研究する専門職をおいたらいかだろう。相当額の国費を投入するのにad hocに研究者を臨時の評価委員に任命し、時間に追われながら配分を決定するようなやつつけ仕事では、予算消化が主眼になってしまう。選別の方針も他国に後れをとっている弱点補強にポイントがおかれて、日本の持つ長所を伸ばすという認識が乏しいように見える。強者を挫き、弱者を甘やかすのは開発途上国の姿勢である。

これから始まる第2次科学技術基本計画では先例に鑑み、貴重な国費24兆円を実効ある施策に投入し、世界に誇れる成果を期待したいものである。特に明白にしたいことは、「餅屋は餅屋」ということだ。大学は基礎研究を中心に、産業界は開発研究に集中するのが理で、これを取り違えると国家百年の大計を誤ることになる。昨今、大学にベンチャービジネスフィーバーが蔓延しているが、大学はもっと使命感を持って、本来の面目を保つことが大切であろう。何でもアメリカがいいとは限らない。

【(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)

膜化が可能であり、さらに白色光から多色フルカラー表示が可能であることから、次世代の表示素子として注目を集めている。その材料は低分子材料から高分子材料に至るまで、種類も豊富であり、一部の低分子系有機化合物はすでに実用化もされている。

当日は、城田先生のこれまでの豊富な実験データを基に、有機EL素子の動作原理、そして最新の研究動向について、わかりやすく講演していただいた。また、講演終了後の質疑においては、多数の質問があり時間超過となった。このことから当該分野への産学の期待が大きいことがうかがわれた。

有機EL素子の発光原理

有機EL素子の発光原理は、従来の無機化合物によるLEDと根本的に異なる。後者は半導体材料を用いた量子井戸のバンドギャップにより発光するのに対して、有機材料の場合は絶縁体であり、正孔 - 電子の再結合から生成される励起子により発光される。そのため発光する有機材料にどのように電子および正孔を注入するかが重要な要素となる。

有機EL素子の構造は一層あるいは多層の有機薄膜を2つの異なった電極で挟むことにより構成される。片方の電極には透明電極を、そしてもう一方に仕事関数の低い金属電極を配置する。有機EL素子を構成する場合に重要な要素は、注入効率、チャージバランス、量子効率であり、そのため高効率に発光するためには、電極から注入される正孔と電子の数のバランスをとり、また発光層に注入するために、正孔および電子の輸送材料を用いた多層構造にする。

アモルファス低分子材料

高輝度、高効率、耐熱性、耐久性に優れた高性能な有機EL素子が望まれている。室温以上で安定なアモルファス状態を容易に形成する低分子系有機物質は、結晶粒界がなく均一な薄膜を形成し、高性能が期待できる。

Alq₃材料はシンプルでかつ安定な発光材料の1つである。Alq₃材料を単層を電極に挟み込むことによって発光は得られるが、透明電極であるITO膜との正孔注入効率が低い。そのためAlq₃発光層と透明電極との間に正孔輸送層(HTL; Hole Transport Layer)を設けることが有効である。一般には、TPD材料が広く用いられているが、透明電極との注入効率、耐久性、耐熱性は不十分であった。そこで新たにm-MTDATA材料を創出し、TPD材料と透明電極との間に挿入する3層構造により発光輝度、耐久性、耐熱性ともに向上することができた。更に、TPD材料をFFD材料に、m-MTDATA材料をTFATA材料に換えることにより170 から200cd/cm²の輝度が維持できるようになった。



【写真】講演会のようす

電子輸送層(ETL; Electron Transport Layer)材料においても大きな進歩が得られた。Alq₃材料は発光材料であるとともに、優れたETL材料でもある。さらに、電子の輸送効率を上げるために、Alq₃と金属電極との間にBMB-nT(n=2,3)を挿入する。その結果、1.8倍の輝度の向上が得られた。

多色光EL素子

高輝度、高効率の有機EL素子は、次世代のカラーモニターへの期待が持たれている。カラーに対応するために、白色光にカラーフィルターを挿入したり、RGBに対応した有機材料を積層または横に配列する方法などが提案されている。城田研究室では、共役鎖長の異なる一連のオリゴチオフェン誘導体BMA-nT(n=1,2,3,4)の鎖長を変化させることにより、任意に波長を制御できることを示した。また、従来まで青色の高輝度は達成されていなかったが、BFA-1T材料を用いることにより臨界温度186 K、12,350cd/cm²の青色光を達成した。

次世代EL素子への展望

無機LD材料と同様に有機EL素子においてもレーザー動作が期待されている。そのため無機LDのようにFabry-Perrotや、Brag-Reflectorを用いた共振器構造を有し、狭帯域化への検討も進められている。また、光励起方式において有機EL材料からのレーザー発振動作は既に国内外で多く報告されている。昨年、Bell研究所より極低温ではあるが、テトラセン単結晶において電流注入でレーザー発振が観測されたと報告があった。電流注入においては大電流が必要であり、そのために高い耐熱性材料の開発が必要である。しかしながら、この発振により有機EL材料における新たな展開が始まったと確信する。

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13年度事業計画書(抜粋)

基本方針

当研究所は、創立時よりレーザーとその応用に関する研究開発等の事業活動を積極的に展開し、様々な環境下におけるレーザービームエネルギーの空間伝送技術を基本テーマに、固体レーザーの開発・レーザー同位体分離・レーザーの宇宙応用・レーザー光化学などの広範囲にわたる基礎的かつ独創的な研究活動を推進し成果を上げてきた。

科学技術基本法が施行される中、その主たる目的のひとつである科学技術成果の社会への還元のため、研究体制の強化に努め、当研究所の研究ポテンシャル(人的・資金的資源)を最大限に活かし研究活動を続けている。特に関係各界に対しては、Webページなどを利用した技術コンサルティングにより、産業界との連携強化に努めている。

また、中央省庁の再編(平成13年1月)により、主務官庁が文部科学省、経済産業省(2省庁共管)と変わり、さらなる飛躍を図るべく、技術コーディネータを中心に、プロジェクト研究、チーム研究により、時代に対応したフレキシブルな研究活動を展開している。

平成13年度は、フェムト秒レーザーを使った白色光ライダーによる環境計測、同レーザーによる微細加工、宇宙デブリ除去等の宇宙応用、線発生法による高レベル放射性廃棄物の消滅処理研究を推進する。

線発生法による高レベル放射性廃棄物の消滅処理研究については、国家プロジェクトを目指して、放射性廃棄物等を安定な状態へ処理する技術を、放射光等の装置も使い、研究開発を継続して実施する。また、昨年度に検討した先進的AVLIS(Atomic Vapor Laser Isotope Separation)の概念設計をもとに、レーザーウラン濃縮研究の成果を維持・発展させていくため、高度化将来技術の検討を積極的に行う。一方、公的機関との連携強化に努め、JST、NEDO等の公募研究事業にも積極的な申請を行い、また、国立大学の独立行政法人化の動きの中、大学とのより一層の連携を図るうえでの効率的な体制の構築を検討していく。

平成10年度から3年間、関係機関とともに実施してきた「光科学研究に関する利用ニーズ調査」では、原研関西研との共同研究および関西地域として特色のあるプロジェクト研究の提案を行うとともに、大型計算機とそれを取り巻く研究ネットワーク環境の整備の方向性を調査してきた。さらに本年度はそれらを具体化するため、旧科学技術庁がIT施策の目玉として推進するITBL(IT Based Laboratory)プロジェクトのひとつである、学研都市木津地区に建設される「計算・先端情報共同利用センター」に対する光量子科学分野などにおける研究者の利用ニーズの把握、同センターの機能および事業に関する具体的整備内容を検討し、同センターの活用促進に資する調査活動を関係機関と連携して実施する。

この他、わが国の科学技術振興の基本的な考え方である科学技術活動の国際化を推進するため、学振をはじめとするフェロシップ制度により、海外からの優秀な研究員を従来以上に積極的に招へいし、研究員の獲得に努める。

本年度は、科学技術基本計画を見据え、より魅力ある研究テーマに積極的に取り組み、当研究所の持つ社会的役割の重要性を発揮するべく21世紀にふさわしい普及啓蒙事業等の基盤整備に努める。

研究開発および調査事業

1. 研究計画

【白色光ライダープロジェクト】

大気中環境関連分子の総合モニタリングシステムを構築することを目指して、白色レーザー光ビームによる新パルス光源を利用し、地球温暖化に寄与する大気情報の検出技術の高度化を行う。

超短パルス高強度レーザーによる白色光発生過程の最適化および大気伝播特性について研究し、遠赤外から紫外にわたる白色散乱光スペクトルの計測技術開発を行い、エアロゾルを含む5種類のガス分子情報の同時計測技術を確立する。

赤外領域においては波長変換スペクトル計測技術を開発し、より多くの情報を効率よく同時に検出する手法を確立する。

【レーザー誘雷プロジェクト】

長尺プラズマチャンネルを使うことは、短い強電離プラズマチャンネルのみを使うより放電誘導確率の向上が期待できる。このようなレーザー誘雷の高精度化を行うため、

(1)長尺プラズマチャンネル生成と放電実験

(2)前駆放電位置判定システムの設計開発

(3)高繰り返しレーザー装置の設計開発

を行う。

長尺プラズマチャンネル生成には、強電離・弱電離プラズマを用いたハイブリッドプラズマチャンネル方式を用い、インパルスジェネレーターとの組み合わせにより放電進展過程を観測する。

また、前駆放電位置判定システムは平成12年度で得られた結果(電界変化測定法)を基に、またレーザー装置の高繰り返し化は放熱方法等を考慮し、実証実験をするための装置設計開発を行う。

【レーザービーム伝送研究チーム】

エネルギーをレーザー光により空間伝送し利用するための基盤技術および応用技術の開発に資する基礎・開発研究を行う。

(1)ダイナミックホログラム技術に関する研究

(2)レーザー推進力発生

(3)レーザーエネルギー伝送

【レーザー環境応用計測研究チーム】

レーザー応用計測・分析技術の高性能化に資する基礎技術を開発するとともに、レーザー同位体分離・不純物分析・非破壊検査等の高感度レーザー計測の産業応用への展開を図る。

- (1)レーザーによる同位体分離に関する研究
- (2)レーザー計測技術の高感度化に関する研究
- (3)超短パルスレーザーによる微量成分検出法の研究
- (4)高平均出力超短パルスレーザー増幅に関する研究

【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、以下の研究を実施する。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す。

- (1)線発生とその応用
- (2)自由電子レーザーの短波長化

【レーザーバイオ科学研究チーム】

光励起に対して顕著なレスポンスを示す蛋白質およびポリフィリンを含む超分子系の光励起状態についてその基本過程の解明を行っており、その発展を目指す。

- (1)光反応中心モデル系超分子の超高速光誘起電子移動反応
- (2)走光性バクテリアの光活性蛋白質(PYP)
- (3)ロドプシン(Rh)の光反応初期過程
- (4)FPの光励起ダイナミクス

【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に関し、最大の障害となっている熱効果の解析を行い、熱効果を低減することにより、出力光のエネルギー、ビーム品質を向上する。また、ナノメートル加工等に最適と考えられているフェムト秒レーザーアブレーション等の、レーザーと物質の相互作用に関するシミュレーションコードの開発を進める。さらに、量子井戸共鳴型半導体レーザーの設計、量子コンピューティング、量子分子動力学法による重水素クラスターの研究などにも着手する。

- (1)固体レーザーの高性能化に関する研究
- (2)レーザーおよび荷電粒子と物質の相互作用に関する研究
- (3)量子力学的研究

2. 各種委員会、研究会活動

当研究所の研究開発活動を効率的・発展的に推進させるため、関連各界の意見・情報収集の場として、更にはわが国の研究活動の方向性について提言を発信する場として、次のような委員会・研究会を開催し、当研究所の事業の活性化を図る。

【予定している主な委員会・研究会】

- ・フェムト秒加工研究会
- ・環境保全技術の調査検討委員会
- ・先進的AVLIS技術検討会
- ・計算・先端情報共同利用センターに関する調査委員会(仮称)大阪科学技術センター内設置]への協力

3. 産学の連携の推進

当研究所は、大学等の研究成果を産業界に効果的に結びつけ、いち早く社会に還元するという使命のもと、保有の装置や測定器を十分に活用し、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、技術者の育成指導・講習会の実施といった企業からの技術的な相談・要望に意欲的に取り組んでいる。

平成12年度からは、新たに整備したフェムト秒レーザー装置を活用し、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究を行っており、この分野の中堅企業から研究者を数名受け入れて、レーザー装置に関する技術指導を行いながら、これらの企業と一緒に、かなり実用化に近いテーマで研究開発を行っており、具体的な成果も挙げつつある。

さらに、これらの研究を発展させ、事業化に結びつけるために、NEDOやJSTなどが公募している産業創出型研究開発事業への研究提案も積極的に行っている。

今日の競争的研究開発環境において、これら公的研究資金の獲得を目指す面からも、企業との連携の重要性は確実に増していく。

このため、研究成果報告会や講演会などの活動の機会やWebページ上に開設した相談窓口によるこれまでの取り組みに加えて、公的機関によるコーディネート関係事業の活用や企業ニーズや現場技術に精通した企業OBの活用なども視野にいれた運営体制を検討していく。

4. 補助金研究活動

文部科学省科学研究費、日本自転車振興会等の各種補助金の交付申請を行い、積極的な研究活動の促進に努める。

普及啓蒙活動事業

レーザー技術の普及啓蒙活動として人材の養成、情報の発信・提供等の事業を引き続き積極的に推進すると共に、産業応用への支援機能を強化し、情報化社会に即した新しい普及啓蒙活動等を展開する。

1. 情報発信および人材交流

当研究所の研究成果、国内外の技術開発動向など、レーザーとその応用に関連した情報を総合的に収集・分析し、機関誌「Laser Cross」、Webページ、展示会等を通じて、広く外部へ発信すると共に、国内外のレーザー関連団体・関係研究機関との情報・人材交流等を積極的に行うため、賛助会員や一般の技術者を対象に広く参加者を募り、

- (1)当研究所で、数年来取り組んできた研究の成果や収集した最近の技術動向を紹介するとともに、参加企業等の技術者、研究者と意見交換し、より身近で実践的な技術交流、支援の場として研究成果報告会を実施する。
- (2)レーザー技術が持つ様々な可能性を利用した先端的な応用技術を各界へ普及させるため、先端技術講演会・先端技術施設の見学会を実施する。特に、講演会については、中小企業等をはじめとした産業界へのコーディネート活動を意識した内容とする。

その他事業

- 1. IFE(慣性核融合エネルギー: Inertial Fusion Energy)フォーラム活動
- 2. 出版物の刊行