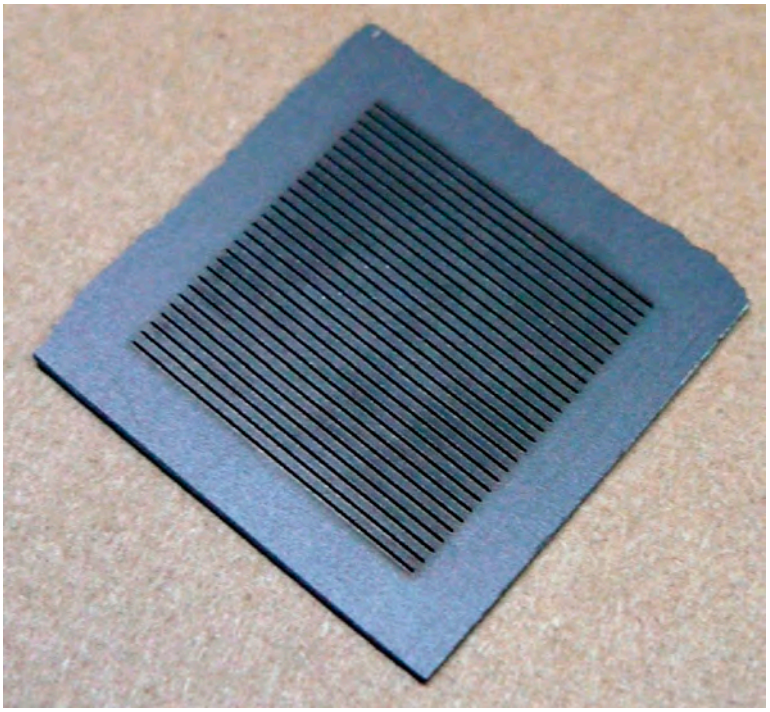
ISSN 0914-9805
Institute for Laser Technology
LASER CROSS レーザー・クロス
2012, Jul.
No. 292
創立25周年記念

CONTENTS

▌CFRPの新たな応用を目指して
▌核融合高速点火の現状と課題
▌【光と蔭】阪大レーザー研創立40周年を迎えて
▌ILTの研究を紹介！レーザーEXPO 2012
▌主な学会等報告予定



【表紙図】厚さ500μmのCFRPに幅100μmのスリットを形成した次世代マスク試作品(CFRP全体寸法20mm×20mm)

CFRPの新たな応用を目指して

主席研究員　藤田雅之

◆1年間のNEDO省エネ事前研究

NEDO省エネルギー技術開発部からの委託事業として「レーザー精密加工を用いた次世代マスク製造技術の事前研究」を、平成23年度の単年度プロジェクトとして行った。本研究はNEDOの「省エネルギー革新技術開発事業」で採択された課題の一つである。三菱化学テクノリサーチ社、大阪大学産業科学研究所・菅沼研究室と共同で技術開発を進めた。“次世代マスク”とは耳慣れない言葉であるが、これはCFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic：炭素繊維強化プラスチック)を使った蒸着マスクを意味する。CFRPは輸送機器等の軽量化による省エネ効果が期待されているが、CFRPが持つ優れた特徴は堅さと軽さだけではないことに着目して新たな応用を探った。

◆軽量だけではないCFRPの特徴

CFRPに用いられている炭素繊維には大別してPAN系とPITCH系の2種類がある。PAN系炭素繊維は高強度でしなり易いという特徴から、自動車車体、航空機、ゴルフシャフト、テニスラケット等に広く使われている。一方、PITCH系炭素繊維は高弾性でしなり難いという特徴を持ち、プロペラシャフトや液晶の搬送装置に用いられている。価格はPAN系炭素繊維の約2倍といわれているが、PITCH系特有の高熱伝導、極低熱膨張といった性質を有しており、幅広い応用の可能性を秘めている。

◆極薄CFRPに着目

炭素繊維の直径は7～10μmで、髪の毛の約1/10の太さであり、5～10層を積層しても厚さ100μm程度である。10層も積めばCFRPとしての特性が充分発揮されると期待できる。PITCH系炭素繊維の熱伝導率が高く熱膨張率が低いという特徴に着目すれば、極薄のCFRPは高温環境下で使用される精密な微細構造体を形成するのに適している材料と考えられる。CFRPは金属とは異なり、フォトリソグラフ、エッチングによる微細加工が困難であり、パルスレーザーによる直接描画、精密微細加工と相性が良いといえる。

◆次世代蒸着用マスクとしての応用

炭素繊維メーカーやシンクタンクと議論し、極薄CFRPの用途として有機EL等の製造に用いられる大型蒸着マスクの素材として利用するという着想を得た。

次ページへつづく▶

現状ではメタルマスクが用いられているが、熱による変形や製造コスト、自重による変形等が大型化を妨げる要因となっている。このメタルマスクを熱膨張率が低く軽量なCFRPマスクで置き換えることができれば、有機ELディスプレイの大型化や低コスト化が期待できると考えられる。

◆極薄CFRPのメリット

以前報告した超短パルスレーザーを用いたCFRPの微細加工では(レーザークロスNo.267、Jun. 2010)、加工品質はナノ秒レーザーに比べて格段に良いにもかかわらず、パルスエネルギーが小さいために厚さ2mmのCFRP切断に多大な時間を要し、実用性に課題が生じていた。しかし、厚さが1/20の100μmの場合は実用性が高まってくる。加工時間が1/20以下となり加工精度も向上する。また、コスト的にも使用される炭素繊維の量が1/20になるため経済性が見込めるようになってくる。

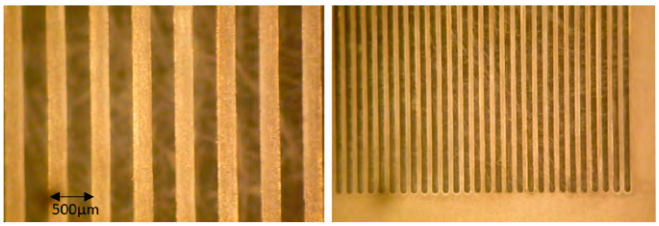
◆次世代マスクの試作

表紙図に厚さ500μmのCFRPを用いた次世代マスク試作品(全体の大きさは20mm×20mm)を示す。パルス幅200psのレーザーを用いて、一方向CFRPに幅100μmのスリットを形成した。また、ディスプレイ配線を想定して、幅300μm、ピッチ500μmのスリットを48本形成した30mmクラスのマスクの試作を行った。図1に顕微鏡写真を示す。レーザー光の掃引は加工スポット形状を考慮して長さ29.5mm、幅0.25mmの長方形の輪郭に沿って行った。現在、これらの試作品は阪大産研および機器メーカーで蒸着用マスクとしての評価をいただいている最中である。

◆CFRPの可能性を広げるレーザー加工

軽量、高剛性、高熱伝導、極低熱膨張といった特徴を有するPITCH系CFRPの極薄素材は身近な金属部品を置き換えるポテンシャルがあるといえる。蒸着マスク以外にも電子機器や製造装置の金属部品をCFRPで置き換えることも考えられ、我が国が得意とする自動車産業に加えて電子産業においてもCFRPの利用が広がる可能性は大きい。極薄CFRPの応用展開と並行して超短パルスレーザーを用いたCFRPの微細加工技術の開発が今後重要となってくる。

本研究の一部はNEDO「省エネルギー革新技術開発事業」の一環として実施したものであり，関係者各位に感謝致します。



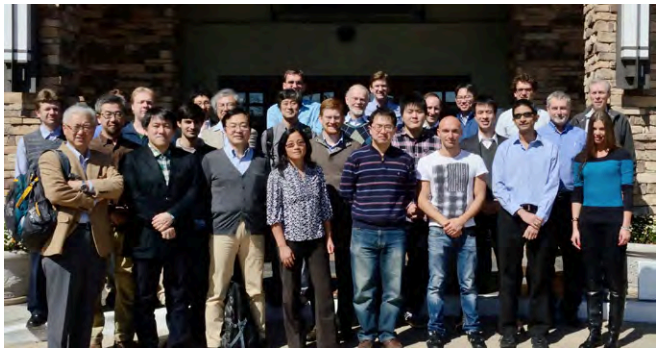
【図1】厚さ100μmのCFRPに長さ30mm、幅300μmのスリットをピッチ500μmで形成

核融合高速点火の現状と課題

理論・シミュレーションチーム　砂原　淳
広島大学　城﨑知至

米国リバモア研の近く、加州プレザントンで開催された高速点火日米ワークショップ(2012年3月8日～9日)に出席し、高速点火の現在の課題と将来のデザインを中心に日米欧の研究者間で情報収集並びに議論を行った。

高速点火レーザー核融合は爆縮によりあらかじめ高密度プラズマコアを生成し、そこに加熱用の超高強度短パルスレーザーを照射して核融合点火を実現する方式である。日本では大阪大学を中心とした高速点火原理実証実験(FIREX)フェーズⅠが進行中でレーザー総研も理論・シミュレーションを中心に協力している。米国ではロチェスター大学を中心として実験が行われ、リバモア研を中心に理論・シミュレーション研究が行われている。



【写真】高速点火日米ワークショップ参加者集合写真

高速点火の現状の課題の一つは加熱時のエネルギー結合効率(加熱用のレーザーエネルギーのうち、高密度プラズマコアに到達して加熱に寄与する割合)の低さである。これは加熱レーザーのコントラストの悪さや発生する高速電子の発散角の大きいことなどが主因である。これに対して理論・実験両面の議論があり、コントラスト向上の必要性、ワイベル不安定性の抑制、高速電子を爆縮コアへとガイドする磁場の導入が議論された。

また将来のターゲットデザインについても議論された。高い核融合利得を有する高速点火のターゲットデザインについて、リバモア研から流体や粒子、ハイブリッドコードよる計算が報告され、加熱レーザー短パルス化やガイディング磁場の導入等、加熱効率を向上させることが必須であるとの認識が共有された。

リバモア研からの参加者が多く、レーザー核融合点火を目前とした国立点火装置；NIF(National Ignition

山中千代衛

阪大レーザー研創立40周年を迎えて

……183

早いもので大阪大学レーザーエネルギー学研究センター(ILE)は今年創立40周年を迎える。その姉妹施設である公益財団レーザー技術総合研究所(ILT)も発足25周年に当たり、この７月18日千里ライフサイエンスセンターで記念行事を開催した。

ILEは昭和47年(1972)設立の大阪大学工学部附置レーザー工学研究施設が嚆矢で、その４年後には学術審議会の「核融合研究推進に関する文部大臣への答申」により大阪大学附置レーザー核融合研究センターに改組拡充され、大出力レーザーによる核融合の研究を国際的に展開することになった。

当時の競合相手は米国のリバモア国立研究所のJohn Emmettグループ、同ロスアラモス科学研究所のKeith Boyerグループ、同サンディア国立研究所のGerold Yonasグループであった。その他にはロチェスター大学レーザーエネルギー研究所長のMoshe Lubin、その後継者Robert McCrory、NRLのStephan Bodner、フランスのリメーユ研究所長のRobert Dautray、旧ソ連のレベデフ研究所のNicolay Basov、英国のラザフォード研究所のMichael Key、ドイツのマックスプランク量子光学研究所の所長Siegbert Witkowskiらがレーザー核融合研究の場で互いにしのぎを削る相手でかつ同志であった。

何といっても当面のターゲットは米国の三大研究所の３グループだった。リバモア研ではガラスレーザーの大出力化を推進し、レーザーシリーズとしてJanus、Cyclops、Angus、Shiva、Novaのレーザーを逐次建設していた。阪大レーザー研はこれに対抗して、ガラスレーザー激光I号、II号でレーザー核融合中性子を検出し、激光IV号では世界初の燐酸ガラスレーザーを採用し、高性能を実現、ついでリバモアのAngusに対抗する激光MII号レーザーをNECの協力で建設し、昭和58年(1983)には世界最大の激光XII号(12ビーム、20kJ、1ns、40TW)を完成させた。このレーザーは現在なお現役で活動中である。80年代高く掲げたZ旗の下核融合中性子10^{10}を検出し、さらに爆縮密度200g/cm^{3}を達成し、名声を世界に轟かせたのである。

またCO_2レーザーの大出力化ではロスアラモス研究所を相手に、昭和51年(1976)烈光I号(100J、3ns)を、翌52年には烈光II号(400J、1ns、２ビーム)を完成し、昭和56年(1981)には烈光VIII号(10kJ、1ns、８ビーム)を実現させ、ロスアラモス研究所のCO_2レーザーHeriosに対抗していた。波長10μのCO_2レーザーは共鳴吸収が強くてホット電子を量産するため、爆縮には不向きと分かり、この研究競争は痛み分けに終わってしまった。そこで稀ガスレーザーを準備したものである。

さらにサンディアの粒子ビーム装置EBFAに対抗してパルスパワー電子ビーム装置励電III号(700kV、150kA、60ns)を作り、核融合中性子10^9を観測した。昭和54年(1979)にはパルスパワー励電IV号(1MV、1MA、50ns)を完成し、昭和61年(1986)には誘導加速器の励電SHVS(2MV、40kA)を整備した。ビーム装置のプラズマ実験はガラスレーザーによる爆縮実験の成功により中止し、自由電子レーザーの研究に転向した。

以上のように、大型装置の建設競争でもILEは米国国立研究所に見事に対抗し、国際会議で常に高い評価を獲得したのである。Edward Tellerは平成３年(1991)にレーザー核融合は山中教授のお蔭で第３コーナーを廻ったと証言している。

これらの詳細は「慣性核融合研究開発史」－レーザー核融合研究パイオニア物語－(2006)［IFEフォーラム発行］に譲るが、阪大レーザー研40周年に当たりいささか温故知新の勧めを述べさせていただいた。レーザー核融合センターは超伝導フォトニクスセンターと合併して、平成17年(2005)レーザーエネルギー学研究センターとなった。全国共同利用施設としてさらなる活躍が期待されている。又、一般社団法人レーザー学会も来年設立40周年を迎える。レーザーに関し三位一体のILE、ILT、レーザー学会はそれぞれ原点に回帰し、新しい生命を生み出すリフレッシュの秋が訪れているのである。【名誉所長】

Facility; https://lasers.llnl.gov/)の状況についても話題に上った。現状では、点火部の密度が予想の1/3程度に留まっているとのことであった。先日、神戸で開催された核融合エネルギー連合講演会(2012年6月28日～29日)でもリバモア研から同様の発表があり、流体不安定性のために予想よりも燃料シェルの最後の一押しができていないということであった。対処方法として、現在よりも分厚いターゲットにして、レーザーもロングパルス化するとのことである。これらの実験は来る8月、9月に実施される。

NIFによる点火実証もいよいよ勝負の時となった。わが国でも後れを取ることなく、高速点火レーザー核融合の原理実証を成功させ、次のステップである核燃焼実現へ向けたより具体的な方策を示したい。

REPORT

ILTの研究を紹介！レーザーEXPO 2012

技術相談担当　本越伸二

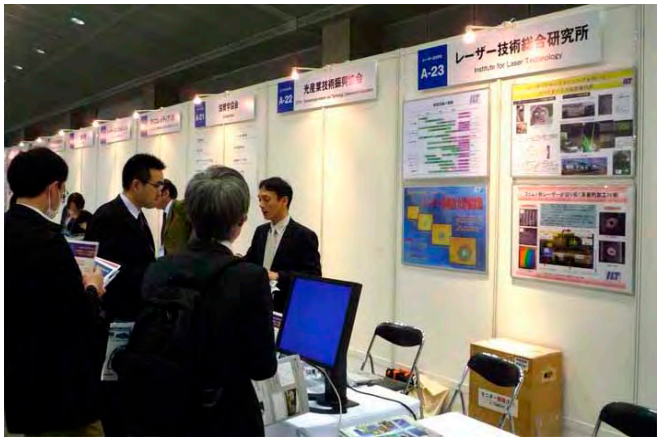
平成23年4月25日～27日、パシフィコ横浜で開催された「レーザーEXPO 2012」(主催：レーザー学会)において、レーザー技術総合研究所(ILT)のブースを出展し、研究紹介、技術相談を行った。この展示会は、毎年4月に開催、「レンズ設計・製造展」など計5つの展示会が併設され、レーザー・光学技術に関する一大展示会となっている(今年の来場者数は、1万人とのこと)。また、今年から同時に、レーザー及びレーザー応用に関する国際会議「OPIC (Optics & Photonics International Congress) 2012」が同会議センターで開催され、ILTからも多数の研究員が参加し、研究成果を報告した。

ブースでは、レーザー加工、レーザー損傷評価試験、レーザー超音波探傷を中心に紹介するとともに、研究紹介のスライドを放映した。今年は、前日の強風の影響でモニタテレビが故障したり、学協会のブースが会場の奥になるなど、心配事が多かったが、お陰様で多くの方にお立ち寄り頂いた。

・(レーザー超音波探傷は)依頼すれば、測定をしに来てくれるのか？
・最もレーザー耐力の高いメーカーを教えてほしい。
・レーザー損傷評価装置はどこで売っているのか？

など、残念ながら対応ができない質問もあったが、具体的に受託研究に繋がる相談も頂いた(図1)。

来年のレーザーEXPOは4月24日から3日間の開催が既に決定している。更に多くのアピールができる技術を持って望みたい。



【図1】ILT展示ブースの様子

主な学会等報告予定

9月5日(水)～7日(金)	**電気学会C部門大会オーガナイズドセッション(弘前大学)** 島田　義則「レーザーを用いたコンクリート探傷技術」
9月5日(水)～7日(金)	**土木学会全国大会(名古屋大学)** 島田　義則「レーザーリモートセンシング装置を用いたコンクリート欠陥探傷3」
9月6日(木)～7日(金)	**レーザーセンシングシンポジウム(オリビアン小豆島)** 染川　智弘「水溶存ガスの遠隔計測に向けたラマンライダーの開発」
9月11日(火)～14日(金)	**応用物理学会　秋季大会(愛媛大学・松山大学)** 染川　智弘「水溶存ガスの遠隔計測に向けたラマンライダーの開発」 ハイク　コスロービアン　「大出力レーザーシステムのための単一光検出器による多チャンネルコヒーレントビーム結合」 古河　裕之「多次元のレーザーピーニング統合シミュレーションコードの開発」 古瀬　裕章「低温冷却Yb:YAG　TRAM増幅器の寄生発振機構」 本越　伸二「超短パルスレーザーによる光学薄膜のレーザー損傷(3)」
9月11日(火)～14日(金)	The High Energy Class Diode Pumped Solid State Lasers (HEC-DPSSL)(Lake Tahoe, CA, USA) 古瀬　裕章「Recent progress of 1J, 100 Hz GENBU-kid laser system」

発行／公益財団法人レーザー技術総合研究所 編集者代表／谷口誠治 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表 ・谷口誠治までお願いいたします。
(TEL:06-6879-8761, FAX:06-6877-0900, E-mail:taniguchi@ilt.or.jp)