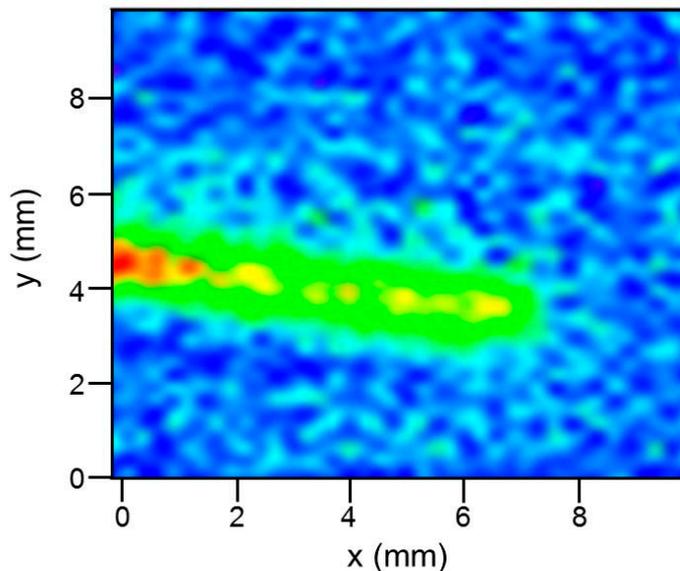


CONTENTS

- テラヘルツ波による電力設備劣化診断
- ICALO2013国際会議報告
- 【光と藤】組織の継続性について
- 主な学会等報告予定



【表紙図】ポリエチレン内部欠陥のテラヘルツ波イメージ

テラヘルツ波による電力設備劣化診断

テラヘルツ波は周波数でいうと0.1~10THz、波長に換算すると3mm~30 μ m程度で、電波と可視光・赤外光の間に当たる領域の電磁波を指す。電波側から見ると周波数が高く、光から見ると波長が長い。そのため、未解明な領域ともいえ、21世紀に入って注目を集めるようになった分野である。テラヘルツ波の最大の特徴は、光と電波の両方の長所を兼ね備えていることにある。物質や大気中の伝播特性は電波に近く、指向性やコヒーレンシーを持つことから光にも近いといえる。また、光に比べると透過特性に優れ、プラスチックや紙等非金属に対する透過率が高く、X線や放射線のように生体に害を与えることはない。材料物性の評価や、防犯・管理などの様々な分野で応用が期待されている[1-3]。

●電力設備診断への応用

電力設備と一言でいっても、発電所をはじめとする大型施設から、身近な電柱、電線まで幅広く、それらを支える構造物、様々な計器類に至るまで多くのものがある。これらの設備を安定に維持する一方で、コストを下げる試みがされている。その一つとして、保守・管理の見直しが進められている。これまでの保守・管理は、定期点検、定期交換が基本とされ、大きな安全係数のもとに行われてきた。この各設備の寿命評価、異常診断

レーザーエネルギー研究チーム 李 大治

を確立すれば、保守費用を大幅に改善することが期待される。しかし、実際の設備は、安全上密閉されたものが多く、外部から診断することが難しい。

前述したように、テラヘルツ波は、これまでの電波・光にない特徴をもつため、新しい電力設備診断への適応が期待される。レーザー総研では、テラヘルツ波による電力設備の劣化診断への可能性、適応範囲、そして技術的な課題を検討している。

●絶縁材料の透過特性

電力設備には、固体、気体、液体の多くの電気絶縁材料が使用されている。本研究では、代表的な5種類の材料についてテラヘルツ波透過特性を評価した。

評価には、大阪大学の協力のもと構築したテラヘルツ時間領域分光(THz-TDS)装置を用いた。THz-TDS装置は、フェムト秒レーザー装置と二つの光伝導アンテナを組み合わせた装置であり、短パルス、広帯域のテラヘルツ波を発生、検出できることから、大学、研究機関で広く用いられている。放射用光伝導アンテナ(電極間5 μ m)にパルス幅100 fsのチタンサファイアレーザーを照射することによりテラヘルツ帯の電磁波を発生させる。放射されたテラヘルツ波は、測定サンプルを透過した後、検出用光伝導アンテナに集光される。この時に検出用光伝導アンテナにもレーザーパルス照射

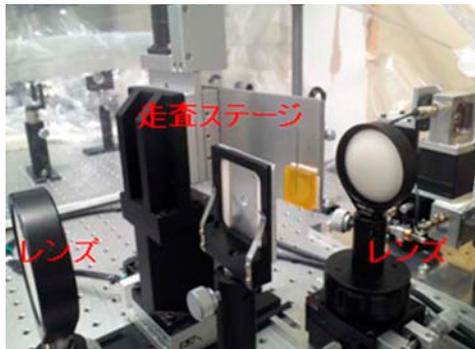
次ページへつづく▶

することにより、テラヘルツ波強度に応じた電流を検出することができる。サンプルにテラヘルツ波を照射している様子を図1に示す。

測定した絶縁材料の透過特性を図2に示す。0.2～1THzのテラヘルツ帯域に対して、ポリエチレン材料は表面の反射損失のみで吸収がなく、高い透過性を持つことが分かる。その他の材料の透過性は周波数に敏感で、0.2THzにおいて透過率が0.5であるが、周波数が上がると急激に減衰する。このことから、個々の材料の透過性を把握し、適切な測定周波数を選ぶことが診断応用には重要であるといえる。

●内部欠陥イメージング

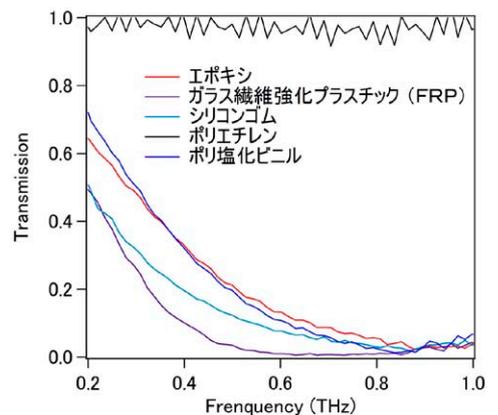
材料の絶縁特性の低下は、組成や構造の変化が要因である。そのため絶縁材料の内部および表面の変化を評価することが必要である。テラヘルツ波は、上述のように、材料の透過特性が高く、また表面散乱の影響を受け難い。そのため、絶縁材料の内部観察が可能である。THz-TDS装置に、試料移動用X-Yステージを設置し、模擬内部欠陥をもつ絶縁材料サンプルの透過イ



【図1】テラヘルツ波による材料透過特性の測定の様子

メージの評価を行った。サンプルには、厚さ3mmのポリエチレンに変更、直径0.7mmの針で穴を開けたものを用意した。表紙図に示すように、内部に作ら

れた針穴の影が明確に検出できている。使用するテラヘルツ波周波数や、光学配置などの最適化により、さらに高分解計測が可能になり、絶縁材料の劣化診断への適応が期待される。



【図2】絶縁材料の透過特性

●さらに期待されるテラヘルツ応用

電気設備の劣化診断応用として、絶縁材料のテラヘルツ波特性を評価し、内部欠陥検出の可能性について実験、検討を進めている。テラヘルツ波は、これら絶縁材料だけでなく、半導体材料、液体材料への応用も期待される。今後さらに、装置の性能向上とともに、幅広い応用について研究を広げたい。

本研究は、関西電力の受託研究により実施された。またTHz-TDS装置構築および測定解析について、大阪大学レーザーエネルギー学研究センターの北原英明氏に多大なご指導を頂いた。この場を借りて感謝致します。

参考文献

- [1] J. White, et al., Review of Quantitative Nondestructive Evaluation 28, 434 (2009)
- [2] D. Grischkowsky, et al., Applied Physics Letters 57, 1055 (1990)
- [3] P. Jepsen, et al., Laser Photonics Review 5, 124 (2011)

ICALEO2013国際会議報告

主席研究員 藤田雅之

◆国際会議ICALEO2013開催される

去る10月7～10日に米国マイアミで、レーザー加工関連の国際会議であるICALEO2013 (32nd Int. Congress on Applications of Laser & Electro-Optics)が開催された。参加者は340名程度(うち米140、独68、中国23、仏19、日本19)で、溶接、切断等の熱加工を中心としたLaser Material Processing Conference (LMP)、微細加工を中心としたLaser Microprocessing Conference (LMF)、ナノテクに関連したNanomanufacturing Conference (Nano)か

ら構成されていた。それぞれのセッション数は、21、10、5といった規模であった。

◆CFRPのレーザー加工研究

ICALEO2013では、CFRPのレーザー加工に関する講演が11件あった(独5件、日2件、仏2件、米1件、トルコ1件)。CFRPのレーザー加工は相変わらず独において盛んに行われており、全体として広範囲な波長(266nm～10μm)やパルス幅(ps～CW)のレーザーを用いて融着、切断等の加工現象が調べられている。今回、DresdenのIWS研究所からはCO₂レーザーとYAG

レーザーを同軸で照射する光学系が報告されていた。CFRPの炭素繊維と樹脂をそれぞれYAGレーザーとCO₂レーザーで加工したり、CFRPとGFRPを同じシステムで加工することが可能となる。以下に、LZH(ハノーバー)、Fraunhofer ILT(アーヘン)各研究所からの発表を紹介する。

◆LZHからは2件の発表

LZHは6kW-ファイバーレーザーを用いた切断試験結果と紫外ナノ秒レーザーを用いた表面処理の結果を報告していた。6kW-ファイバーレーザーを用いた切断試験では、熱影響層(HAZ: Heat Affected Zone)の幅と加工試験片の強度の関係を調べている。レーザー光の掃引速度を1.2~13m/min.と変化させて引っ張り強度を調べた結果、掃引速度が速いほどHAZが小さく引っ張り強度が上がり、機械加工と遜色ない程度まで強度が保てるとのことであった。

一方、紫外ナノ秒レーザー(10W、80kHz、40ns)を用いた表面処理においては、CFRPやGFRPを試料と

して接着力向上のための表面粗さの最適化が行われていた。適度な表面粗さを与えると濡れ性が向上し接着力が上がるのが期待される。ただ、現段階では濡れ性と接着後のせん断強度との関係はまだ調べられていなかった。LZHはこれまで、損傷を受けたCFRPの修復のために損傷部周囲をレーザーで削る研究を進めていたが、損傷部をふさぐための表面処理の研究へと移行してきている。

◆Fraunhofer ILTは400Wピコ秒レーザーで加工試験

Fraunhofer ILTは、波長1030nm、パルス幅1.4~7.5ps、平均出力最大430Wのレーザーを用いたCFRPの切断加工(掃引速度は20m/s)を発表していた。パルス繰り返し周波数は1.4~6.3MHzで可変である。繰り返し周波数を1.4MHzに固定して平均パワーを変化させると、アブレーションレート(mm³/min.)は平均パワーにほぼ比例するが、HAZの幅は100W以下で25μm、300Wで75μmに対して400Wで200μm以上へと一気に増

山中千代衛



組織の継続性について

赤堀四郎先生が創設された大阪大学蛋白質研究所は曾て名声赫赫たる存在であった。大阪大学レーザー核融合研究センターも1972年のレーザー工学研究施設を嚆矢として、1980年代にはLaboratory of the Worldに成長し、国際的にも高い評価を確立した。しかし今日40年の時の経過と共に往年の活力を維持することは次第に難しくなっている。その昔レーザーを使った核融合という戦略で他の分野とはかけ離れた独自性と先進性を保ってきたが、今では次第にその差別化が見えにくい時代になっている。

レーザー核融合のような人類の新エネルギーを確立しようとする長期的な研究展開には継続する研究チームの力が不可欠である。このためにはチーム全員のベクトルが一大目標に向かって揃っていることが肝要である。勿論各人はそれぞれ独自の研究テーマを持ち、新分野に展開する能力と姿勢が望まれる。宇宙へ向けても、環境に備えても、はたまたレーザーそのものに対しても、さらに産業応用に気を配ることも結構であるが、組織の大目標に対してはまさに「連合艦隊は直ちに出勤、敵を撃滅せんとす。天気晴朗なれども波高し」のスピリッツがなければならない。

そして今の時代、優れたリーダーとは如何なる能力を持つべきであろうか。いうまでもなく学術的な見識と研究戦略が必要である。研究に関わる先進的な知識や競争に耐えうる力量は当然求められる。それに加えて組織をリードする立場においてはるかに大切なのは当人自身の熱意と人柄である。世間でいわれる「売家と唐様に書く三代目」では困るのである。松下幸之助氏は「人に好かれるようであればリーダーとしてあきまへんな」といわれたが、まさに機能する組織を作り上げるには魅力的な人間であることが、正確な知識や理論を構築する力量と並んで重要なのである。

リーダーは組織の世話人ではない。リーダーたるもの必ずメンバーから全人格が評価される。他人を説得する熱意や人柄がなければ一大目標に向けて機能する組織を維持することは出来ない。一定の仕事を前任者から引き継いだ時、人はつい自分のカラーを出そうとするが、自分の意思が通じる環境でなければ、どんなに優れたアイデアも空回りしてしまう。逆に信頼関係で結ばれた組織であれば大抵のことは成果につながるのである。

メンバーが独自に勝手なことをするのを烏合の衆という。これではレーザーエネルギー学研究センターの存在が無意味になる。One for all, all for oneの精神が望まれる。

【名誉所長】

加することが報告された。一方、照射フルエンスを $1\text{J}/\text{cm}^2$ に固定して繰り返し周波数を変化(平均パワーも比例して変化)させると、 $1.5\text{MHz}\sim 6\text{MHz}$ ($100\text{W}\sim 400\text{W}$) の領域でHAZの幅が $60\ \mu\text{m}$ 前後とほとんど変化しないことが報告された。また、 6MHz でパルス幅を変化させた際には、HAZに対するパルス幅の影響は小さいようである。加工の品質を保ちつつスループットを向上させるには、パルス繰り返しを増加させるといった手法が有効のようである。

◆LAM(Laser Additive Manufacturing)

世間で3Dプリンターが注目を集めていることもあり、今回のICALEOではプレナリーセッションの講演のほとんどがLAMに関するものであった。また、Fraunhofer ILTはDPP (Digital Photonic Production) という言葉を使って、LAMをAdditive DPP、従来の加工をAblative DPPと称しており、今後のレーザー加工においてはDigital dataを駆使することが重要であるということを提唱している。金属の三次元造形においては、LMD (Laser Metal Deposition) とSLM (Selective Laser Melting) という二つの手法が主流である。LMDはパウダーを吹き付けながら或いはワイヤを接触させてレーザーで溶かして造形する方法であるが、パウダーを集光点に向かって収束させるノズルの設計やレーザーの集光/掃引方法、クラディングの基礎データなど多彩な研究成果が報告されていた。

◆ μ -LAMという新分野

LAMの中でも積層サイズが数 $100\ \mu\text{m}$ 以下のものが μ -LAMと呼ばれるようになってきている。一例として、燃料電池内のbipolar plate(あるいは、セパレータ)表面に金メッキを施す替わりに530箇所の金接点(直径約 $100\ \mu\text{m}$) をLMDにより形成したという報告があった。面から点に変えることで計算上は材料を90%節約できるが、現状の課題としてパウダーの利用効率が50%とのものであった。一方、SLMにおいては積層サイズ

を小さくするためには材料を溶かすサイズ(溶融池)を小さくする必要があり、CWレーザーよりも数 $100\ \mu\text{s}$ 程度のパルスレーザーを用いることが有効であるとの報告があった。また、積層面の段差を超短パルスレーザーで研磨するというこ



【写真】会場ホテルにて

とも試されている。表面のアブレーションまたは繰り返し周波数MHzでの照射による再溶融によって表面粗さが改善されるようである。

◆レーザー転写は μ -LAM

LAMは基本的に材料を溶かして積み上げていく手法であるが、時には(生体細胞や結晶など)溶かしたくない材料を積み上げたいという要求も出てくる。そこで活躍するのがレーザー転写と呼ばれる技術である。レーザー転写はドナー基板上で成長させた材料をパルス照射によって(溶かさずに)吹き飛ばしてターゲット基板上に転写する技術であり、 μ -LAM技術の一つであるという位置づけが与えられていた。今回、レーザー総研からは強誘電体BSTのレーザー転写を報告したが、 μ -LAMのセッションに組み込まれていた。期せずして時流に乗っていたという感じであった。

◆次回の開催予定

今回は、米国サンディエゴにて2014年10月19日～23日に開催される予定である。

主な学会等報告予定

- | | |
|-----------------|--|
| 1月7日(火)～9日(木) | PHOTOPTICS2014(ポルトガル・リスボン)
染川 智弘「Analysis of C_2H_2 and Furfural in Transformer Oils Using Laser Raman Spectroscopy」 |
| 1月7日(火)～9日(木) | 双方向型共同研究(慣性核融合分野)研究会(阪大レーザー研)
古河 裕之「レーザー核融合炉チェンバー第一壁の液体金属のアブレーションに関する2次元シミュレーション」 |
| 1月20日(月)～22日(水) | レーザー学会学術講演会 第34回年次大会(北九州国際会議場)
染川 智弘「レーザーラマン分光法による変圧器油中アセチレン分析」
ハイク コスロービアン 「New techniques for high-power, tiled-aperture coherent beam combination」(招待講演)
井澤 靖和「レーザーの原子力応用」(創立40周年記念講演) |