

CONTENTS

- 小型・高効率UVレーザー光源の開発
- レーザーを用いた電力設備検査装置の開発
- レーザー学会第40回年次大会で「優秀ポスター発表賞」を受賞



【表紙図】UVファイバレーザー装置
プロトタイプ(波長319 nm、出力
100 mW、提供:(株)金門光波)

小型・高効率UVレーザー光源の開発

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)では、「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」プロジェクト(2016年~2021年3月)が進められている。このプロジェクトの目的は、レーザー加工の高品位化・高スループット化および省エネルギー化を進めるため、従来にない高輝度(高出力・高ビーム品質)、高効率の(産業用)レーザー装置、およびそれらを用いた実用的なレーザー加工技術を開発することであり、この目標を達成するため現在、さまざまな大学や企業、公的研究機関が参画し研究が行われている。その中で当研究所では、千葉工業大学、(株)金門光波と共同で研究開発課題「革新的小型・高効率UVレーザー光源の開発」を提案し本プロジェクトに参画、最近多くのニーズが顕在化してきた紫外CWレーザー光源の高出力化・高効率化、および製品化を目指して開発を進めてきた。本稿では開発の現状について報告する。

◆出力2W-Pr添加ガラスファイバレーザー

開発を進めている紫外(UV)光源は、可視域に蛍光

レーザー技術開発室 本越伸二

を持つPr(プラセオジウム)添加フッ化物ガラス((株)住田光学製)を母材としてレーザー発振し、非線形光学結晶によりUV光を得るものである。Pr添加フッ化物ガラスはファイバ化することにより、青色半導体レーザーで高効率励起が可能であり^{1,2)}、1回の波長変換でUV領域に至るため、小型・高効率のUV光源が期待できる。

フッ化物ガラスファイバはコア径8.2 μm 、内クラッド径25.5 μm のダブルクラッド構造であり、ファイバ長100 mmを用いた。コア部のPr濃度は3000 ppmである。コアと内クラッドのNAは0.04であり、その値から算出されるV-number(1.61)よりこのファイバはシングルモードファイバであると判断された。ファイバの片端には図1に示すミラーコートを、もう一方には反射防止コートを施し、ミラーコート端と外部出力ミラーで共振器を構成した。ファイバの励起には、波長442 nmの半導体レーザー(出力3.5 W)2台を使用した。偏波合成した励起光は、集光レンズにてファイバの内

クラッド内に入射した。

図2に励起半導体レーザーパワーに対する基本波(638 nm)の出力特性を示す。レーザー発振しきい値300 mWから励起半導体レーザーパワーの増加に従い、基本波出力も増加し、最大励起入力6.6 Wに対して基本波レーザー出力2.01 Wを得た。この時のスロープ効率は36.2%であった。励起パワーが6.0 Wを超えた領域で、レーザー出力が飽和する傾向が現れた。これはファイバ全体の温度が上昇したためと考えられる。今後、高出力化に向けて、冷却構造の改善などが必要である。

◆出力0.5W-UVレーザー発生

可視光から紫外光を発生するための非線形光学結晶には、KDP、BBO、LBO、CLBOなどが市販されている。CWレーザー光は、ピーク強度が低いいため、高効率変換をするためには、大きな非線形光学定数、長い結晶長が必要になる。本研究では、比較的非線形光学定数が大きいBBO(Type-I、位相整合角 37.65°)を選択し使用した。またBBO結晶に入射する基本波レーザー強度を上げるために、外部共振器を構成し、BBO結晶は共振器内部に設置、調整した。

図3に励起半導体レーザーパワーに対するUVレーザー(319 nm)の出力特性を示す。励起半導体レーザーパワー4.7 WのときUVレーザー出力0.52 W、変換効率34%を得た。励起半導体レーザーからのトータル効率も10%を超えている。またUVレーザー出力には、飽和の傾向は見られないことから、基本波レーザー出力の高出力化に伴い、UVレーザー出力の高出力化も期待できる。

◆UV出力0.1Wプロトタイプ装置

実験室では基本波(638 nm)出力2.0 W、高調波(319 nm)出力0.5 Wの中間目標を達成した。その結果をもとに、現在製品化の開発を行っている。表紙図には製品プロトタイプ機の外観を示す³⁾。プロトタイプ機では、波長319 nmに対して出力100 mWの連続動作試験を行い、出荷準備を進めている。今後、ユーザー評価を受け、製品化につなげていく。

◆まとめ

UVレーザー光源は、良好な集光特性、高い光子エネルギー特性を利用して、半導体露光、微細加工、アニーリング装置、分光計測技術など、さまざまな応用があり、同時に、高出力化、高効率化、小型、高品質など、レーザーの性能に対する要求も大きい。本研究のUVレーザー光源は、小型・高効率を達成し、さらに高出力化への期待もできる。本プロジェクトの最終年度にあたり、製品化開発を進める一方で、高出力化や応用展開も合わせて行う予定である。

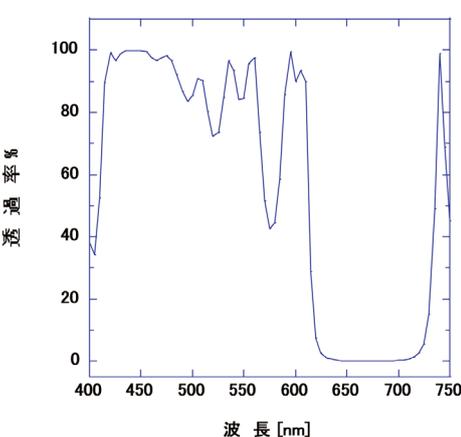
謝辞：

本研究は、NEDO「高輝度・効率次世代レーザー技術開発」プロジェクトの委託を受けて行われた。

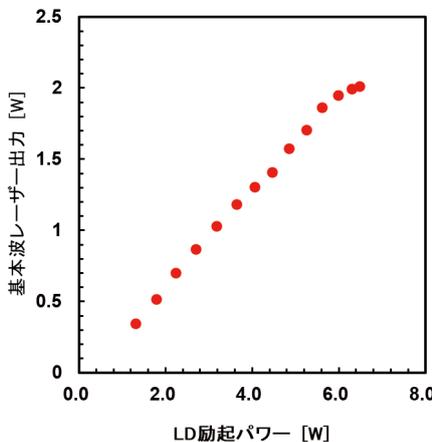
フッ化物ガラスファイバの開発、供給をして頂いた株式会社住田光学ガラス様に感謝の意を表します。

参考文献

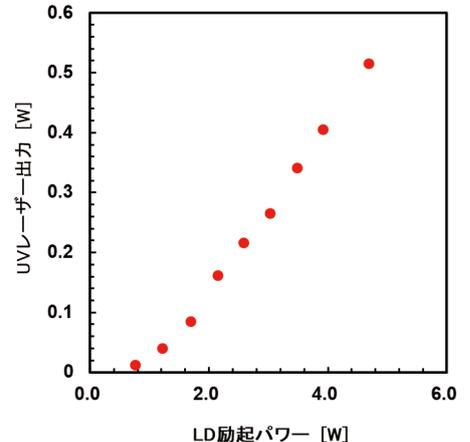
- 1) Y. Fujimoto, et al., Prog. Quantum Electron. 37 (2013) 185.
- 2) J. Nakanishi, et al., Proc. of CLEO: 2012, CM2N.4.
- 3) 特願2020-021206、「紫外レーザー装置」



【図1】ファイバ端面コーティングの分光特性(設計値)



【図2】Pr添加ファイバレーザーの入出力特性



【図3】BBO結晶を用いたUVレーザー出力特性

レーザーを用いた電力設備検査装置の開発

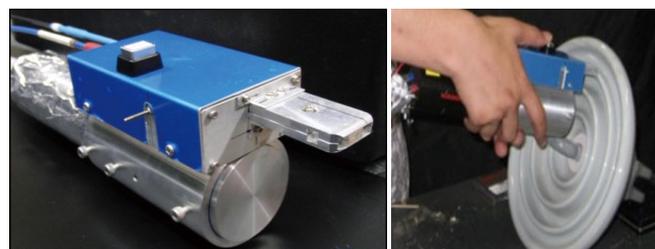
電力設備には発電設備から送電設備、配電設備にいたるまでさまざまなものがあり、これらの保守・改修には大きなコストがかかります。また近年では、高度成長期に大量に建設された電力設備をどのように維持・更新するか、ということも重要な課題となっており、設備の劣化度や余寿命を評価できる高度な診断技術の開発が求められています。さらにこれらの技術を持ち運びができるもの(可搬型)に小型化できれば、現場での“その場”診断が可能となり、検査や改修コストの削減に貢献できます。このことから当研究所では、これまでにレーザーを利用したさまざまな電力設備の診断技術の開発研究を行ってきました。本稿ではその中から、装置化を目指した3つのトピックについてご紹介いたします。

◆変圧器内の絶縁油種の識別

一般的な家庭で電気を利用するためには、送電される電気の電圧を適切な値に変換する必要があります。これに利用されているのが変圧器(トランス)で、現在住宅周辺の電柱などに多く設置されています。一般的な変圧器の内部は、電圧・電流を変換する鉄心とコイルを絶縁する油(絶縁油)で満たされており、油が容器外に漏れると土壌や水の汚染を引き起こす可能性があります。このため変圧器設置場所の周辺で油の流出が

発見された際には、それが変圧器からのものであるかを早急に確認する必要があります。そこで当研究所では、レーザーラマン分光法を応用し、現場で採取した油の種類をその場で識別できる可搬型の装置を開発しました(図1)。この装置は変圧器に使用される鉱物系絶縁油はもちろんのこと、菜種油などの植物油系や化学合成系絶縁油など、多くの油種を識別できるため、さまざまな環境計測に応用できます(Laser Cross no.329)。

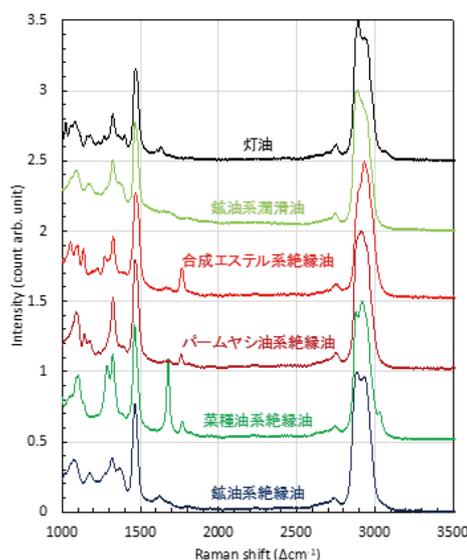
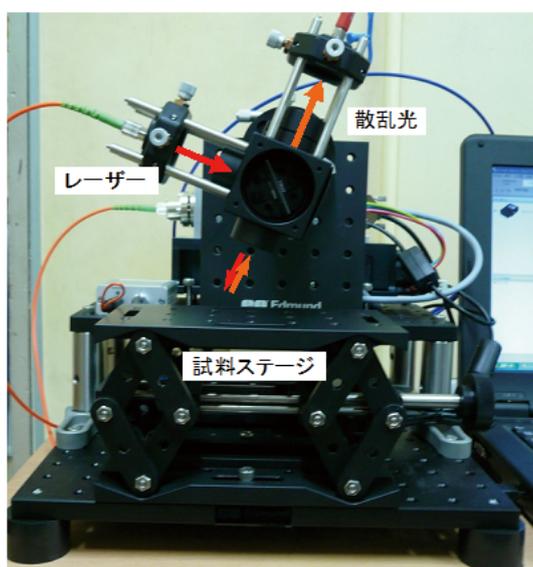
◆碍子に付着する塩分量の計測



【図2】(左)碍子付着塩分計測装置(ヘッド部)、(右)曝露碍子計測の様子

送電塔や電柱などの送電設備には、碍子(がいし)と呼ばれる電線からの放電を防ぐ絶縁物が必ず設置されています。現在主に用いられているのはセラミック(やきもの)製の碍子ですが、潮風や台風により海から運ばれる塩分が付着しその量が多くなると、碍子の表面を電気が通る放電現象(沿面放電)が起こり、停電など

電気事故の原因になります。このため、付着塩分量を定期的にモニターすることが必要で、より簡単で低コストかつ正確な手法の開発が求められています。当研究所では、関西電力(株)、(株)日本ネットワークサポートの協力の下、レーザー誘起ブレイクダウン分光法(LIBS)を応用して碍子の付着塩分量をより簡単にモニターできる装置を開発しました(図2)。この装置は、沿面放電が起こる危



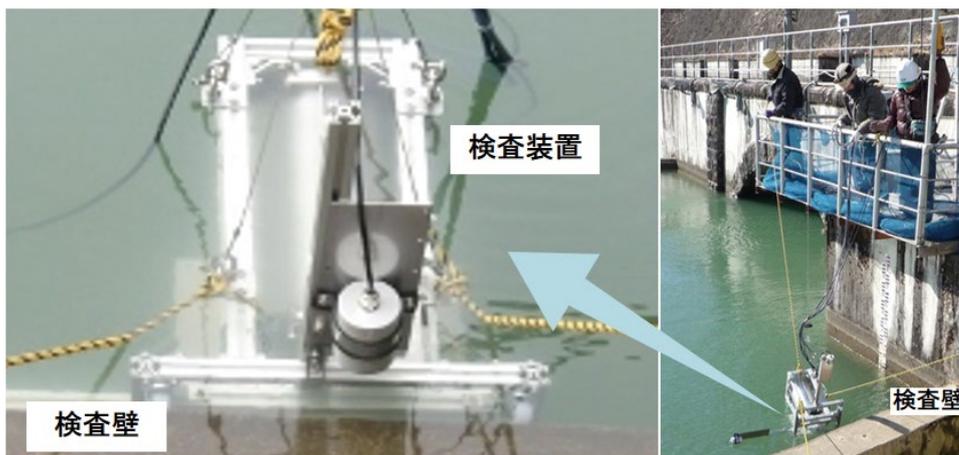
【図1】(左)レーザー油種識別装置、(右)さまざまな油種のラマンスペクトル

険がある付着塩分量(0.03mg/cm²)の1/10以下(0.002 mg/cm²)の計測精度を持ち、また屋外で使用するため装置全体を小型化し可搬型としました。この装置を用いることで、検査時間の短縮によるコスト削減が期待できます(Laser Cross no.313)。

◆貯水施設の水中コンクリート内部検査

発電所などにあるコンクリート貯水施設の検査・補修を行うには貯水を一旦放出する必要があるため、検査期間中はその利用を停止せざるを得ませんが、貯水したまま水中でコンクリートの検査ができれば、電力会社にとって大きなメリットが得られます。当研究所では、関西電力(株)の協力の下、レーザーを用いた振動計測技術を応用し、水中でコンクリート壁内部の劣化を検査できる装置を製作しました(図3(左))。この装置はピストン(ソノレイドコイル)

とレーザー計測装置から構成されており、まずピストンで水中のコンクリート壁を叩いて壁面を振動させた後、レーザーにより壁面の振動を計測します。実際の貯水施設で試験を行ったところ(図3(右))、内部に欠陥がある箇所では、欠陥のない健全な箇所ではみられない新たな振動成分が観測され、水中コンクリート診断技術実現への可能性を見いだしました(Laser Cross no.333)。



【図3】(左)水中コンクリート内部検査装置、(右)貯水施設での試験時の様子

NEWS

レーザー学会第40回年次大会で「優秀ポスター発表賞」を受賞

レーザー技術総合研究所と大阪大学、大林組は、「宇宙空間での建設工事におけるレーザー技術の活用」に関する共同研究の成果を本年1月20日～22日に開催されたレーザー学会学術講演会第40回年次大会において発表しました。共同研究者を代表して大阪大学大学院工学研究科修士2年生の真木 隆太郎君がポスター発表を行い、優秀ポスター発表賞(発表題目「月の模擬砂を用いた建設材料の作製」)を受賞いたしました。本褒賞は、レーザー学会年次大会において発表されたポスターの中から、優秀な発表を行った学生会員に対して贈呈されるものです。1月21日に開催された年次大会懇親会にて賞状を授与されました。



【写真】優秀ポスター発表賞の賞状を持つ真木 隆太郎君