

2013, Jan.

No. 298

レーザー・クロス CROSS

CONTENTS

- レーザー技術総合研究所所員一同
- 【謹賀新年】新年のご挨拶
- 第44回高出力レーザー用光学材料に関するシンポジウム
- 国際会議報告「Laser Damage 2012」
- 主な学会報告予定



レーザー技術総合研究所所員一同

【表紙写真】

前列左より 今崎一夫、中塚正大、井澤靖和、山中千代衛、三宅浩史、藤田雅之
中列左より 片岡紀子、幸脇朱美、小野田理恵、コスローピアン ハイク、コチャエフ オレグ、古河裕之、古瀬裕章、李 大治、高山大輔
後列左より 谷口誠治、櫻井俊光、梁川智弘、本越伸二、砂原 淳、島田義則

謹賀新年

新年のご挨拶

所長 井澤靖和

2013年の新年を迎え、ご挨拶を申し上げます。

当研究所は、1987年、当時の科学技術庁、文部省、通商産業省の3省庁共管により設立され、大学等における光科学技術の基礎研究成果を産業界に結びつけることを使命として、研究開発を推進してまいりました。おかげさまで昨年、創立25周年の節目を迎えることができました。また、公益財団法人レーザー技術総合研究所として、新たな一步を踏み出すことになりました。これもひとえに長年にわたる皆様方からのご支援、ご指導の賜物であり、心より厚くお礼申し上げます。

この間、大学や関係研究機関のご協力を受けながら、レーザー誘雷、太陽光励起レーザー、ガンマ線による核変換と消滅処理、レーザー超音波探傷、フェムト秒レーザー加工、白色光ライダーなどで成果を積み上げることができました。近年では、NEDO「高出力多波長複合レーザー加工基盤技術開発プロジェクト」に参画し、大阪大学と共同でブースターレーザーの開発を進めています。また、JR西日本などとの共同研究によるトンネル欠陥検出技術でも、山陽新幹線トンネルにおける実地試験を経て、実用化に向けた装置開発段階に入りました。さらに、レーザーミラーなどの耐力向上と耐力評価の標準化をめざす高耐力光学素子研究会も多くの光学素子メーカーの参加を得てデータベースの構築が進展し、国際的にも高い評価が得られるようになりました。このように研究開発と技術展開を通して蓄積してきた実績と経験は私どもにとって何よりも大きな財産であります。

現在わが国は、震災からの復興、エネルギー・資源の確保と環境への配慮、高齢化対策と安全・安心社会の実現など多くの課題を抱えおり、その解決に向けて科学技術の果たす役割はますます重要となっています。本格的な「光の時代」を迎え、これまでレーザー産業の発展を支えてきた、光通信・光情報処理技術やものづくり産業技術に加えて、新しい分野へ進出できるレーザー産業の創成が求められています。

当研究所を取り巻く状況も厳しいものになってきておりますが、未知・未踏へ挑戦する心を忘れることなく、次の四半世紀への新たな門出をしたいと考えております。これからもわが国のレーザー技術及び光科学技術の発展と振興に貢献すべく、所員一同初心に還り、今までにもまして積極的に研究開発に取り組んで参ります。皆様方には、本年もなお一層のご支援、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

第44回高出力レーザー用光学材料に関するシンポジウム

国際会議報告「Laser Damage 2012」

レーザー技術開発室 本越伸二

平成23年9月23日～26日にわたり、米国コロラド州で開催された「第44回高出力レーザー用光学材料に関するシンポジウム」(Laser Damage 2012)に参加してきた。この会議は、レーザーによる光学素子の破壊機構や、高出力レーザー用光学素子の開発研究に特化した国際会議で、年1回米国で開催される。今年は、発表件数80件に対して、34%が米国、20%が独国、そして日仏中が10%と続く。

筆者は、「高耐力光学素子研究会」参加企業と進めている光学素子のレーザー損傷閾値のデータベース化試験に関する追加報告(平成22年度、23年度に実施した紫外用光学素子)と、NEDOプロジェクトで大阪大学と一緒に実施したLBO非線形結晶表面のARコートの高耐力化について報告した。



【写真】ポスター会場にて報告する筆者

本稿では、他の研究機関からの報告のトピックスをまとめる。

●IBSによる混合膜とそのレーザー耐性について

ドイツ(ハノーバー研究所)から、イオンビームスパッタ法を用いた混合膜(複数の誘電体材料を同時に成膜するもの)について、複数の報告があった。混合膜という考え方は、電子ビーム蒸着法においても従来からあり、その多くは中間屈折率が目的であった。

今回の報告では、低屈折率材料である SiO_2 をベースに HfO_2 、 ZrO_2 、 Ta_2O_5 などの高屈折率材料との混合膜を製作し、そのレーザー損傷耐性を評価している。従来の混合膜の考え方は、異なった誘電体材料に対して複数の加熱源を用意することが要求されていたが、ドイツでは、1つのイオンビーム源に対して、ターゲット材料をセパレートして、異なった材料を並べ、イオンビームの照射位置を制御することにより混合比を変えていた。製作された膜は、その混合比に応じて、中間屈折率材料が得られる。 HfO_2 膜と $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ 混合膜について、波長355nmのレーザーパルスに対するレーザー損傷耐性を比較すると、損傷閾値には大きな違いはないが、その損傷形状は混合膜の方が小さいことが示された。これは光学素子が損傷しても出力されるレーザー光への影響が小さいことを意味する。この原因について膜構造に起因するものと説明されている。

同グループの別の報告では、フェムト秒パルスに対する損傷閾値について報告された。フェムト秒パルスに対するレーザー損傷閾値は誘電体材料のバンド

ギャップエネルギーに依存することが、筆者らの評価結果でも分かっている。透過特性の紫外吸収端より求められた混合膜のバンドギャップエネルギーは、 SiO_2 の混合比が多くなるに従い大きくなる。しかし、レーザー損傷耐性は、バンドギャップエネルギーの増大以上に強くなることが報告された。

●繰り返し照射のレーザー損傷耐性

リトアニア(ピリニウス大学)から繰り返しレーザー周波数に対する異なった高屈折率材料のレーザー損傷耐性、損傷形状についての報告があった。使用したレーザーは波長1030nm、パルス幅300fsのYb:KGWレーザー装置。彼らの報告では、高屈折率材料のレーザー損傷閾値は、繰り返し周波数に依存しないが、照射パルス数により異なることを現した。また、同じ薄膜材料であっても、成膜プロセスによりその変化は異なることを示した。今後、成膜された膜質(密度、欠陥、不純物など)を調べることにより、これらの違いを調べたいと述べていた。さらに、一般にレーザー損傷の形状は、照射ビーム形状、強度分布に依存するか、膜中の欠陥の場所に依存すると認識されていたが、彼らは繰り返しパルス時の初期損傷形状を評価し、ライン状の損傷形状であることを示した。さらにパルス数を増加すると損傷形状は従来のようなビーム形状に沿った円形になる。この原因についても今後追試を行うと報告していた。

●ダメージコンペは多層膜偏光子

この会議では、毎年、ある仕様の光学素子の提供を呼びかけ、一斉にレーザー損傷耐性を評価する「レーザーダメージコンペ」が行われている。今回の仕様は、多層膜偏光子。2012年にP偏光、2013年にS偏光、と2回に分けて報告される。多層膜偏光子は、ミラーと反射防止膜の両方の性能が要求され、設計や膜厚制御が難しく、従来からレーザー損傷耐性の低い光学素子として知られている。試験条件は、波長1064nm、パルス幅20ns、繰り返し周波数20Hzのレーザーパルスを200-on-1で閾値を決定している。提供された試料数は26個。内14個が高屈折率材料に HfO_2 を使用している。結果、最もレーザー損傷耐性の高い試料は、超音波洗浄された基板の上に、電子ビーム蒸着法で成膜された $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$ の多層膜で、 $30\text{J}/\text{cm}^2$ と報告された。驚くことに、この値は20年前と余り変わっていない。ミラー、反射防止膜では、高いレーザー損傷耐性の技術が進んできたが、まだまだ開発課題があることが分かった。

この他、レーザー損傷評価の自動化に向けた試みや、微少吸収の測定方法など、より定量的なシステムについて多くの報告が見受けられた。今後、レーザー総研でも取り入れることを検討したい。今年は、また9月後半に開催される予定だが、高耐力化、データベース化など、さらに進めて臨みたい。



主な学会報告予定

- 1月28日(月)～30日(水) レーザー学会学術講演会 第33回年次大会 (姫路商工会議所)
櫻井 俊光「低温冷却Yb:YAG TRAMレーザーにおける熱解析」
島田 義則「レーザーを用いたコンクリート欠陥検出」
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」
古河 裕之「多次元のレーザーピーニングのシミュレーション」
古瀬 裕章「低温冷却Yb:YAG TRAMレーザーのASEおよび寄生発振」
- 3月4日(月) 日本テクノセンターセミナー(東京・日本テクノセンター)
藤田 雅之「パルスレーザー加工の基礎と複合・多層材料への応用」
- 3月22日(金)～23日(土) 日本化学会第93回春季年会(立命館大学びわこ・草津キャンパス)
谷口 誠治「ヒト由来セリンヒドロキシ転移酵素の蛍光ダイナミクス：アミノ酸錯体形成の効果」
- 3月27日(水)～30日(土) 第60回応用物理学会春季学術講演会 (神奈川工科大学)
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」
古河 裕之「レーザーピーニングにおける多次元効果等の評価」
古瀬 裕章「Yb:YAGセラミックスの熱伝導率のドーピング濃度および温度依存性」
コスロービアン ハイク 「kW級コンポジットセラミックスシンディスクレーザー開発におけるビーム特性に関する研究」