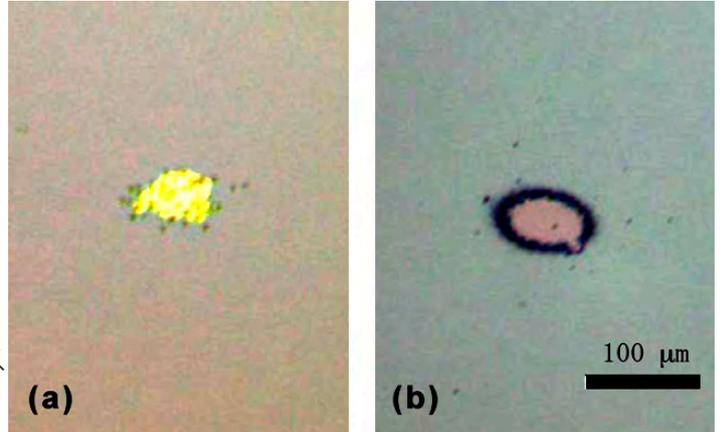


## CONTENTS

- レーザー損傷耐力の標準化に向けて  
～平成22年度データベース化試験報告～
- CLEO Europe 2011国際会議報告
- 【光と蔭】サマータイム考
- 新入研究員/渡邊英世
- 主な学会等報告予定

【表紙図】355nm高反射膜データベース化試験サンプル損傷形状  
(a) 高耐力サンプル、(b) 低耐力サンプル



## レーザー損傷耐力の標準化に向けて ～平成22年度データベース化試験報告～

レーザー技術開発室 本越伸二

レーザー総研では、レーザー損傷耐力評価試験として、光学部品メーカーから依頼を受け、光学素子のレーザー損傷閾値の測定を行っている。毎年十数社、100サンプル以上の評価を行っているが、その閾値が一般的な値であるのかなど、他の素子との比較することが出来なかった。そこで、平成20年度より「高耐力光学素子研究会」を設置し、レーザー損傷耐力データベース化試験として、同一仕様の光学素子に対して同一レーザー条件による評価試験を開始した。本稿では、平成22年度に実施した波長355nm用光学素子のデータベース化試験の結果を紹介する。

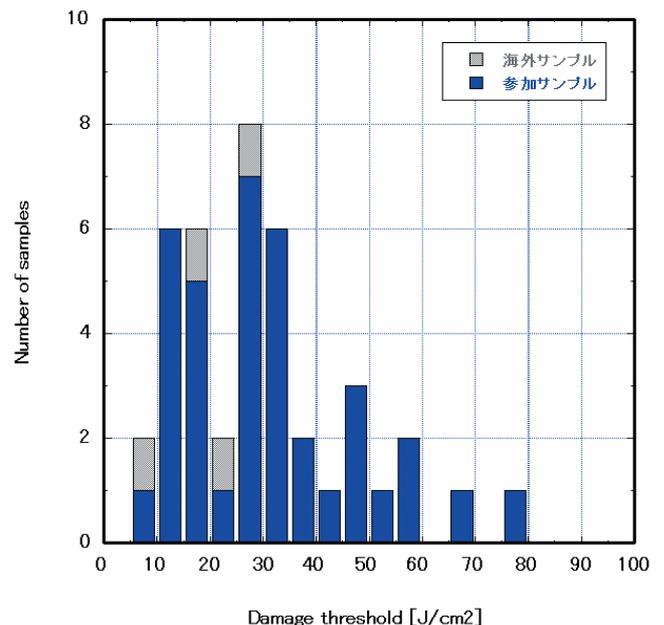
### ●反射防止膜は10 J/cm<sup>2</sup>

評価サンプルの仕様は、入射角45°用高反射膜(反射率>99.0%)と入射角0°石英基板上反射防止膜(反射率<0.5%)である。それぞれの参加企業数は、17社と14社、またサンプル数は約40個であった。測定にはNd:YAGレーザー光の第3高調波355nm、パルス幅8ns、P偏光(45°)のレーザーパルスを用いた。レーザー損傷閾値はISO-11254に準拠し、1-on-1(レーザーパルス照射毎に照射位置を移動し損傷した最低エネルギー密度を求める)方法で決定し、ガウス分布のピークエネルギー密度で表記した。

高反射膜サンプルの損傷閾値の分布を図1に示す。高反射膜の損傷閾値は5~80 J/cm<sup>2</sup>までばらつき、平均

閾値は25 J/cm<sup>2</sup>と求まった。これは、532nm用高反射膜の平均値30-40 J/cm<sup>2</sup>と遜色はない。また、532nmの場合の最大損傷閾値が約250 J/cm<sup>2</sup>であったことから考えると、サンプル間の差もあまりないことが判った。

閾値の異なる高反射膜サンプルの損傷形状の例を表



【図1】355nm高反射膜データベース化試験結果

次ページへつづく▶

## レーザー損傷耐力の標準化に向けて ～平成22年度データベース化試験報告～

紙図に示す。高耐力のサンプル(a)では表面層が剥がれているのに対して、低耐力のサンプルは照射ビーム形状に従い損傷し、その周辺が改質している様子が伺える。

一方、反射防止膜では、全評価サンプルの約半分が5～10 J/cm<sup>2</sup>の損傷閾値を持つことが判った。この結果は、多くの企業が共通する損傷の原因があることを示唆している。また、40 J/cm<sup>2</sup>を超える高耐力反射防止膜を提供する技術が国内に存在することも判った。

### ●アンケート調査や他レーザー条件による評価も

昨年度は355nm用光学素子のデータベース化試験を実施するとともに、今後の試験内容や、研究会の内容などを決定するために、アンケート調査を行った。多く

の参加企業から高い期待と応援の回答を頂いた。また、高反射膜や反射防止膜以外の素子や、違うレーザーの条件による評価についても希望を頂いた。その一つとして、平成20年度に行った1064nm高反射膜のサンプルに対して、ピコ秒パルスによる損傷閾値の評価を行った。その結果、10nsパルスでは、最大300 J/cm<sup>2</sup>までばらついた閾値が、2.2psでは多くが4～6 J/cm<sup>2</sup>の閾値となった。これは、パルス幅によって損傷閾値を決定する要因が異なることを意味している。今後は繰り返し照射など違う条件でも試験を行い、有益な情報を提供していきたい。

尚、これまでのデータベース化試験の結果は、ホームページ上で公開しているので参考にして頂きたい。

## REPORT

# CLEO Europe 2011国際会議報告

レーザープロセス研究チーム 主席研究員 藤田雅之

### ◆CLEO Europe 2011開催される

去る5月22～26日にかけて独ミュンヘンで、レーザー関連の国際会議であるCLEO Europe 2011が開催された。CLEO Europeは2年おきに開催され、基礎から応用までをカバーする“World of Photonics Congress”(WoP)と呼ばれる巨大なイベントの一部となっている。米国で開催されるCLEOの欧州版であるが、最先端の研究動向を取り入れつつも地道に自然科学を探究する研究発表が多い。1月に開催された米国で開催されたPhotonics West 2011と同様に今回から展示会において“日本パビリオン”が登場していた。

### ◆セラミクス、ファイバーの次は

プレナリーセッションでHamburg大学のG. Huberから固体レーザーのレビューと将来動向について講演があった。Yb<sup>3+</sup>ドープ材料を用いた高効率ハイパワーレーザーの可能性、Pr<sup>3+</sup>やCe<sup>3+</sup>ドープ材料を用いた可視・紫外レーザーの可能性について言及すると共にCrystalline Waveguide Laserなる新たなレーザー媒質の可能性が提案された。結晶材料中に超短パルスレーザーで屈折率変化を誘起し導波路を形成したものであるが、同じバルクの中にビームスプリッターやブラッグ反射鏡、リング共振器などを一体構造として形成でき、ファイバーや固体材料と

組み合わせることで新しいコンセプトのモノリシックなレーザーが誕生するかもしれない。最後に、“novel laser based on Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (sapphire)”、“diamond based optics and lasers”、“novel material with ceramics”という3つのキーワードで講演が締めくくられた。材料屋の立場から、sapphire、diamond、ceramicsに固体レーザーの将来性を見いだしているようであった。

### ◆こんな導波路がレーザーに

導波路は屈折率変化を利用して光を閉じ込める構



【写真】会場入り口(左)、展示会の日本パビリオンの様子(右)

造であり、バルク材料の中にファイバーを埋め込んだようなイメージを持っていたが、Hamburg大学のT. Calmanoの講演で紹介された導波路は様子が違っていた。Pr:SrAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub> 媒質中に150フェムト秒のパルスレーザーをNA0.55のレンズで集光すると22 $\mu$ m $\times$ 2 $\mu$ mの楕円状の屈折率変化部が形成される。これを20 $\mu$ m間隔で2箇所形成するとその間が導波路となる(屈折率変化部を導波路とするのではない)。He-Neレーザーに対する伝搬ロスが0.5dB/cmである。共振器の最適化はまだできていないが、550mW、444.5nmの光で励起して28mW、643nmのレーザー発振を得ていた。

この手法による導波路であればバルク内を自由空間に見立てて屈折率変化部を自由に配置できることになる。ファイバーは長距離にわたって光を伝搬させるためにシングルモードを維持しようとするのでコア径が制限を受けるが、屈折率変化部を(単純な直線ではなく)光の伝搬モードに合わせて形成すれば大きなモードサイズで光をガイドできるのではないかと考えられる。

#### ◆PCFを用いた白色光発生

テーパー状のフォトニッククリスタルファイバー(PCF)を用いた白色光発生の発表が数件あった。

Imperial Collegeからは、ピコ秒パルス(波長1060nm)をPCFへ入射し0.6~1.8 $\mu$ m帯での白色光を発生させていたが、PCFをテーパー状にすることで波長域を0.32~2.3 $\mu$ mへと拡張できることが報告された。PCFをテーパー形状にすると、ファイバーの長さ方向にゼロ分散波長が徐々に短くなるという特徴を利用している。また、フランス国立科学研究センター(CNRS)からもテーパー状PCFを用いた白色光発生の報告があった。長さ16mの太さが均一なPCFとテーパー状PCFを、パルス幅600ピコ秒、波長1064nmの光で励起したときのスペクトルを比較すると、赤外端には大きな差が見られないが紫外端はテーパー状PCFの方が短波長側へ(450nmから350nmまで)シフトしていた。

#### ◆CFRPのレーザー加工

フォトニックセンター KaiserslauternのWolynskiからは赤外~紫外のピコ秒レーザーを用いたCFRPのアブレーション実験の発表があった。彼は最近までStuttgart大学でCFRPのレーザー加工をしていた。パルス幅8ピコ秒で、3種類の波長(1064nm、532nm、355nm)のレーザーを駆使して加工データを充実させている。結論としては、アブレーションレートは波長

山中千代衛



……172

## サマータイム考

昨今原子力発電所の事故により電力の不足が喧伝され、節電の要請が話題になっている。働き方を変え効率を上げる節電対策としてサマータイム制

度の導入が各地で広がる傾向にある。

しかしサマータイムは欧米のように緯度の高い地域で一斉に実施してこそ初めて効用がある。日本は低緯度で仙台38度、東京35度、大阪34度、鹿児島31度、那覇26度である。夏至の日の出、日の入りは春分、秋分に比べ1時間位の早まりと遅れがあるが、サマータイムの効果は薄く限定的である。

世界の都市の緯度を比較するとストックホルムの59度は別格であるが、ベルリン52度、ロンドン51度とヨーロッパ諸国の首都は軒並み50度を超え、パリは48度で、これでも北海道札幌の43度よりはるかに北で、ほとんど樺太(サハリン)の中部位にあたる。ローマ42度。米国ではシアトルが47度、ボストン42度、ニューヨークが40度で青森、北京と同緯度である。サンディエゴは33度だ。

高緯度のロンドンやパリは冬の日暮れは早く、逆に夏は遅くまで明るい。10時頃まで明るい夏を精一杯楽しもうとして生まれたのがサマータイム制である。国を挙げて時計の針を1時間進め朝早くから活動し、デイライトセービングを実施する。これでこそサマータイムだ。

わが国では終戦後昭和23年(1948)、電力不足の時代、占領軍GHQのアドバイスもあってサマータイムを採用したが、大した効果もなく、生活のテンポがくるって不評的となり4年間で廃止された。

もっと低緯度のカイロ30度、ニューデリー28度、ホノルル21度、マニラ15度ではサマータイムなど全く無意味である。シンガポールは0度だ。

時代が変わるとかつての経験が忘却され、サマータイム論が新鮮に受け取られ勝ちである。しかし日本の緯度の低さ、すなわち太陽に恵まれた日の本の意義を忘れては何の利益もない。何よりも電力の供給を回復することが最上の手段である。

【研究名誉所長】

に関係なく 1 mm<sup>3</sup>/min/W程度、短波長ほど微細加工の制御性が良い、の2点が実験的に確認されていた。

Stuttgart大学のWeberから熱影響層に関する理論的考察が報告されていた。熱影響を与える時間スケールはレーザー強度に反比例しレーザーのパルス幅に依存しない、とのことである。レーザー強度10<sup>9</sup>W/cm<sup>2</sup>に対して熱負荷時間は1ナノ秒と見積もられていた。同じレーザー照射強度10<sup>9</sup>W/cm<sup>2</sup>で加工する限りにおいては、100フェムト秒でも、1ナノ秒のレーザーパルスを用いた時と同じような熱影響層が発生することになる。しかし、パルス幅が短いほど同じエネルギー密度に対してレーザー照射強度が高くなるので熱影響層の

低減には短パルスが有効と考えられる。

CLEO Europeでもファイバーレーザーを用いた基礎研究が盛んであった。ファイバーレーザーの波長域の拡大や、様々な形状のフォトニッククリスタルファイバー(PCF)の利用、PCFを非線形媒質として扱った基礎研究など知的好奇心がそそられる発表が多かった。レーザー媒質としてのセラミックスの供給元は世界でも数社しかないが、ファイバーの供給元はEU内に数多くあることが一因かもしれないと感じた。

## 新入研究員

レーザー計測研究チーム わたなべ ひでよ 渡邊英世



4月よりレーザー技術総合研究所に入所しました渡邊英世と申します。以前は超音波関係の会社で材料評価の仕事を行っておりました。今回、レーザー計測研究チームでレーザー超音波の研究に参加させてもらうこととなりました。今後ともよろしくお願いいたします。

## 主な学会等報告予定

- 8月22日(月)~26日(金) 33rd Free Electron Laser Conference(中国・上海)  
李大治「Improvement of Smith-Purcell Free-electron laser」
- 8月29日(月)~9月2日(金) 第72回応用物理学会学術講演会(山形大学小白川キャンパス)  
染川 智弘「海水溶存二酸化炭素の遠隔計測に向けたラマンライダの開発2」  
古瀬 裕章「低温冷却Yb:YAG TRAMレーザーの増幅特性」
- 9月4日(日)~9日(金) GLOBAL2011(名古屋国際会議場)  
今崎 一夫「New Laser Fusion Method by Intense Laser」  
李 大治 「Gamma ray generation for nuclear transmutation」
- 9月5日(月)~9日(金) MULTIMAT2011(フランス・ボルドー)  
砂原 淳 「Multi-material Simulation of Laser-produced Plasmas by Smoothed Particle Hydrodynamics」
- 9月6日(火)~8日(木) 2011年光化学討論会(宮崎市河畔コンベンションセンター)  
ハイク・コスロービアン「セリンヒドロキシメチル転移酵素(SHMT)の超高速蛍光ダイナミクス」  
谷口 誠治「sub-10fsポンププローブ計測による光活性黄色蛋白質(PYP)の光初期異性化ダイナミクス」
- 9月7日(水)~9日(金) 土木学会全国大会(愛媛大学)  
オレグ・コチャエフ 「レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート欠陥探傷技術の検討・開発 (1)レーザーリモートセンシング装置の概要」
- 9月7日(水)~9日(金) レーザセンシングシンポジウム(石川・和倉温泉)  
島田 義則「レーザーリモートセンシングによるコンクリート欠陥検出装置の開発」  
染川 智弘「海水溶存二酸化炭素の遠隔計測に向けたラマンライダの開発」
- 9月7日(水)~9日(金) 電気学会C部門大会(富山大学)  
島田 義則「レーザーリモートセンシングによるコンクリート欠陥検出装置の開発」
- 9月12日(月)~16日(木) IFSA2011(フランス・ボルドー)  
砂原 淳 「DESIGN OF A CONE TARGET IN FAST IGNITION SCHEME」
- 9月18日(木)~21日(火) Laser Damage Symposium 2011(アメリカ・コロラド州)  
本越 伸二「Database on damage thresholds by picoseconds laser pulse for 1064-nm HR and AR coatings」
- 9月19日(金)~22日(水) SPIE Remote Sensing(チェコ・プラハ)  
染川 智弘「Development of white light polarization lidar system」