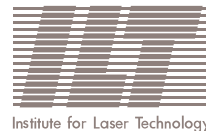


# LASER

ISSN 0914-9805



Institute for Laser Technology

レーザー・クロス

# CROSS

2010, Jan.

No. 262

## CONTENTS

- レーザー技術総合研究所所員一同
- 【謹賀新年】光科学技術の発展と振興に貢献
- 光学素子レーザー損傷の温度依存性
- 国際会議報告「Boulder Damage Symposium 2009」
- 主な学会報告予定

恭賀新年

2010



レーザー技術総合研究所所員一同

## 【写真】

前列左より 又賀 昇、今崎一夫、中塚正大、山中千代衛、井澤靖和、野坂明信、藤田雅之  
中列左より 坂井寛久、佐伯 拓、コチャエフ オレグ、コスロービアン ハイク、古河裕之、小野田理恵、幸脇朱美、片岡紀子  
後列左より 島田義則、本越伸二、砂原 淳、李 大治、谷口誠治、梁川智弘、古瀬裕章

# 謹賀新年

## 光科学技術の発展と振興に貢献

所長 井澤靖和

2010年の新年を迎え、皆様にご祝辞を申し上げます。

(財)レーザー技術総合研究所も1987年の創立以来23回目の新年を迎えることになりました。これまでの光科学技術に関する研究開発と技術展開を通して蓄積してきた経験と実績は私どもにとって何よりも大きな財産であります。長年にわたる関係各位からのご指導、ご鞭撻に心よりお礼申し上げます。

昨年は当研究所にとって実り多き年であったといえます。山中前所長の退任にあたりその功績を記念してレーザー功績賞とレーザー進歩賞からなる泰山賞を創設し、成果報告会において第1回泰山賞贈呈式を挙行することができました。NEDOプロジェクトの下で実施してきたMEMSウェハのレーザーダイシング技術開発では、基板内部に欠陥を形成するという新しい手法を開発し、レーザー学会、電気学会より、それぞれ進歩賞、論文賞を受賞いたしました。レーザーコンプトン散乱ガンマ線による核変換やレーザー超音波によるコンクリート内部欠陥検出は基礎研究から実用化研究への移行段階に入りました。太陽光励起レーザー、Yb:YAGレーザー、フェムト秒加工、白色光ライダー、蛋白質の光反応過程、EUV光源物理などの研究も順調に進展しています。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して設立した高耐力光学素子研究会では、20社を超える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いたしました。また、賛助会員をはじめとする皆様方への情報発信と技術相談などのサービス提供を積極的に展開すべく、準備を進めています。

米国発の金融危機で低下したわが国の経済状況はやや回復の兆しが見え始めているとはいえ、円高やデフレの影響で不安定な状態が続いています。このようなときにこそ新しい科学技術の展開が求められます。わが国の光科学技術の発展と振興に貢献すべく、これまでの経験と技術基盤をベースに、所員一同初心に還り精一杯努力する覚悟であります。皆様方には、本年もなお一層のご支援、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

# 光学素子レーザー損傷の温度依存性

レーザー技術開発室 本越伸二

レーザーを産業用途に展開する場合、その環境は実験室のような安定な場所とは限らない。誘電体多層膜ミラーが、温度、湿度の影響により、屈折率が変化し光学特性が変わることはよく知られている。同様に、レーザー耐性(レーザー損傷閾値)も変化することが予想される。また、当研究所では、低温冷却Yb:YAGレーザー媒質を基にした高効率、高出力レーザー装置の開発を進めている。極低温に冷却されたレーザー媒質やそのコーティングのレーザー損傷閾値に関する情報も明らかでない。

現在、高温および低温条件下における光学素子のレーザー損傷閾値を評価することにより、レーザー損傷機構における温度の役割について研究を進めている。

## ■異なった石英ガラス試料

レーザー材料やコーティングは、製造条件により特性が大きく異なるため、今回は測定試料として、含有不純物濃度の異なった石英ガラス(東ソー・クォーツ、 $30 \times 30 \times 30 \text{ mm}^3$ )を用意した(表1)。石英ガラスは、レーザー光を照射する入出射面のみ光学研磨を行った。

損傷閾値の評価には、波長1064nmのQスイッチNd:YAGレーザー装置を用いた。レーザー装置から出力されたパルスは、ポッケルスセルスイッチを用いて、4nsのパルスにスライスされた後、焦点距離30mmのレンズにより、石英ガラス試料内部に集光照射された。集光点におけるビームサイズは、予め大気中でCCDカメラを用いて測定評価された。試料を冷却および加熱を行うために、試料と集光レンズは、到達真空度50mTorrの真空容器の中に設置された。レーザー損傷

|      | Type | Al    | Ca    | Cu    | Fe    | Na    | K     | Li    | Mg    | OH   |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 合成石英 | ED-B | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <10  |
|      | ED-A | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <200 |
|      | ES   | 0.1   | 0.1   | 0.01  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | <0.01 | 1000 |
| 熔融石英 | S    | 0.7   | <0.01 | <0.01 | 0.05  | 0.3   | <0.01 | <0.01 | <0.01 | 160  |
|      | N    | 8     | 0.6   | <0.01 | 0.2   | 0.6   | 0.1   | <0.01 | 0.04  | 200  |

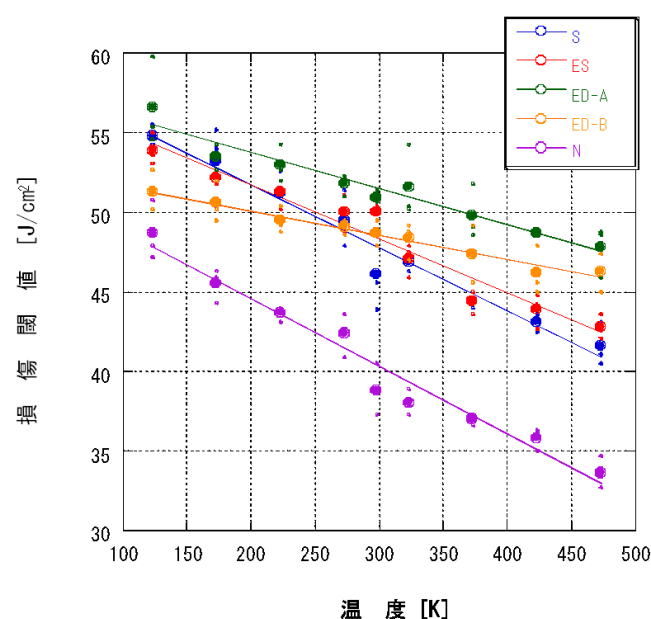
【表1】石英ガラス材料の含有不純物濃度(東ソー・クォーツデータ)

閾値はN-on-1(同一照射箇所、損傷が発生するまで、低いエネルギー密度から徐々に上げていく方法)で行い、損傷の確認は、プラズマ発光、試料透過後のエネルギーおよびパターンの変化から行った。試料の冷却は、液体窒素により行い、プレートヒータと白金抵抗体により温度制御を行った。

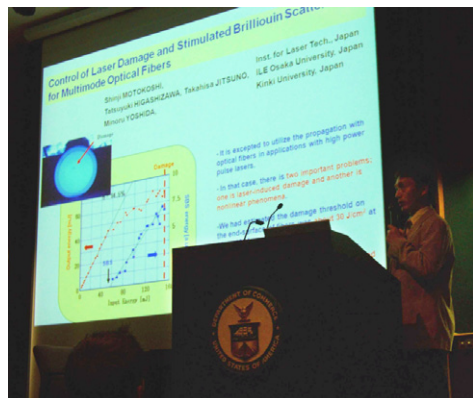
## ■直線的に温度に依存

測定結果を図1に示す。試料の違いがあっても、全ての石英ガラス材料において、温度を上げることにより、レーザー損傷閾値は低下することが判った。興味ある点は、温度と損傷閾値との関係は、直線で近似できることである。この結果は、冷却された光学材料に対しては、室温の時以上のエネルギーで使用しても損傷が発生しないことを意味し、低温冷却Yb:YAGレーザー装置にとっては、より高い出力の動作が期待できる。

温度に対するレーザー損傷閾値の変化の傾きを表1の石英材料内不純物濃度と比較すると、強い相関があることも確認できた。今後、コーティング材料等の評価を進めるとともに、レーザー損傷閾値の温度依存性を説明するモデルの構築を進めていく。



【図1】石英ガラス材料内部損傷閾値の温度依存性



【写真】発表する筆者

## 国際会議報告 「Boulder Damage Symposium 2009」

レーザー技術開発室 本越伸二

去る9月21日～23日に、米国ボルダーで、第41回レーザー損傷に関する国際会議

(Boulder Damage Symposium 2009)が開催された。当研究所からは、先述の「石英ガラスのレーザー損傷の温度依存性(大阪大学 三上氏発表)」と「ファイバ伝送時のブリリアン散乱の抑制」の2件を報告した。ここでは、他のトピックスを紹介する。

### ● 窒素添加は有効か？

繰返しパルス照射すると、1-on-1 閾値よりも低い閾値で損傷を起こすことは既に知られている。しかし、原因はまだ解明されていない。コロラド大学グループは、欠陥準位の生成とこれまでに説明している。今回は、酸化ハフニウム ( $\text{HfO}_2$ ) 材料をIBSで製膜する時に窒素を混入(～7%)すると、混入しない膜に比べて、パルス幅50fsの繰返し照射では閾値は変わらないが、800fsパルスでは約10%耐力が向上したと報告された。彼等は、窒素イオンにより欠陥順位が補われたとしている。通常、真空容器内の残留ガスなどは、膜質を不安定にする要因として避けられるが、この場合、未結合手を窒素が補うようである。

### ● 磁気流体研磨では、表面欠陥が抑制

非線形結晶KDP材料は、大型化が可能であるため、

レーザー核融合用高出力レーザー装置の波長変換に用いられる。但し、柔らかく、潮解性があり、熱にも弱いなど、加工研磨することが難しい材料である。その結晶を磁気流体研磨装置(MRF)で表面を仕上げると、約5倍( $1\mu\text{m}$ に対して)耐力が向上するという報告が米国リバモア研からされた。磁気流体研磨は、QED Technology 社が製造販売しており、通常は水を溶媒に鉄と研磨剤を混ぜて使用する。KDP 結晶は潮解性があるため、水は使用できない。また鉄が結晶に混入するとレーザー耐力が低下することから、アルコールを溶媒に炭化水素化合物を入れることにより研磨を可能にしている。

### ● レーザー耐性競争

今年は、波長800nm 仕様のフェムト秒レーザー用ミラーについて15社27個の試料が集まり、ドイツのハノーバーレーザーセンターが評価を実施した。パルス幅180fs に対して、最も高い耐力を示したのが、IBS 製膜による  $\text{HfO}_2/\text{SiO}_2$  の28層のミラーで、 $1.05\text{ J/cm}^2$  であった。他、これまで有用とされていたミラー最表面層のオーバーコートは効果がなく、相対的に反射率が低いものは耐力が低いなどが報告された。興味ある点は、 $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$  のミラーにおいても、 $0.9\text{ J/cm}^2$  の閾値が得られている点である。ロングパルスでは、吸収の多い  $\text{TiO}_2$  材料は、使われなくなってきたが、短パルスでは非線形吸収の方が損傷の主原因となることから、 $\text{TiO}_2$  でも十分に使えることが示された。

### 主な学会報告予定

- 1月18日(月)～20日(水) 2nd NIFS-CRC International Symposium(岐阜県土岐市・核融合研)  
砂原 淳 「Atomic number Z dependence on dynamic of laser-ablated material」
- 1月23日(土)～28日(木) Photonics West(San Francisco, CA USA)  
古瀬 裕章 「Thermal effect of cryogenic Yb:YAG total-reflection active-mirror laser」
- 1月31日(日)～2月3日(水) Advanced Solid-State Photonics(San Diego, CA USA)  
古瀬 裕章 「Zig-Zag Active-Mirror Laser with Cryogenic Yb:YAG」
- 2月2日(火)～4日(木) レーザー学会学術講演会第30回年次大会(大阪・千里ライフサイエンスセンター)  
染川 智弘 「コヒーレント白色光を用いたチャネル分光偏光計測」  
古河 裕之 「レーザービーミングのシミュレーション」  
李 大治 「二段グレーティングでのスミス・パーセル超放射」  
島田 義則 「レーザーリモートセンシングを用いたコンクリート内部欠陥探傷野外実験」  
砂原 淳 「次世代半導体リソグラフィ極端紫外光源開発の進展」