

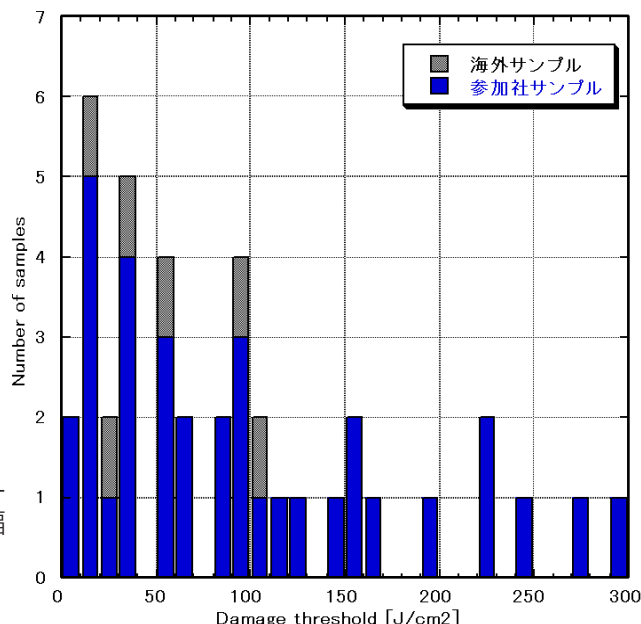
2009, Sep.
No. 258

レーザー・クロス CROSS

CONTENTS

■「高耐力光学素子研究会」報告
～レーザー損傷閾値評価の標準化に向けて～
■サブナノ秒レーザープラズマから放射される
マイクロ波を用いた土壌埋設金属の探査
■【光と藻】歌え千里を
■主な学会等報告予定

【表紙図】1064nm用45°ミラーのレーザー
損傷閾値データベース化試験結果(パルス幅
10ns、参加企業数19社44サンプル)



「高耐力光学素子研究会」報告 ～レーザー損傷閾値評価の標準化に向けて～

レーザー技術開発室 本越伸二

高出力レーザー光に対する光学素子の耐性(レーザー損傷閾値)評価試験を広く産業界に提供し始めて5年目に入り、依頼件数も昨年度は20件を超えるまで増加した。評価に際して、評価報告書にレーザー条件、評価結果に加え、今後の開発の目安になればと、できるだけ客観的なコメントを記すようにしている。しかし、メーカーとしてはデータとして優劣を知りたい、またユーザーとしては国内のレーザー用光学素子の現状を知りたい、などの要望があり、それに応えるために「高耐力光学素子研究会」と題して、各社に同一仕様の光学素子を提供してもらい、一斉に評価試験を行い、それぞれの光学素子の現状を比較確認できるデータベース化試験を始めた。平成20年度は、波長1064nmの一般的な光学素子について行った。

■光学素子仕様と評価レーザー条件

光学素子の仕様は、第1回を光軸調整に使用される45°ミラー、第2回をレンズや窓材に施される反射防止膜とした。それぞれの仕様と参加企業数を表1にまとめた。ミラーについては、P偏光に対して99%以上の反射率をもつものにした。反射率が高いため、基板材料の影響が受け難いことから、材料の種類、表面粗さなど、限定はしなかった。一方、反射防止膜については、表面

粗さ10Å以下の合成石英材料上にコートしたものを提供して頂いた。第1回、第2回の参加企業数は、それぞれ19社と22社。各社提供個数を最大3個までとしたので、試料数はそれぞれ44個と52個であった。

評価レーザーは、波長1064nm、パルス幅10nsの単一モードQスイッチYAGレーザーパルスを使用した。照射ビームサイズは、直径約500μmのガウス分布ビームに調整した。損傷閾値の評価方法は、1パルスを試料に照射する毎に損傷の有無に関わらず照射位置を移動し、損傷が発生した最小エネルギー密度(ガウス分布の尖頭値)を損傷閾値として定義した(1-on-1)。

■1064nm用ミラー試験結果

第1回1064nm用45°ミラーの試験結果を表紙図に示す。図の横軸はレーザー損傷閾値、縦軸は試料数である。試料数44に対して、最大294J/cm²、最小5J/cm²、試料数の多い標準的な損傷閾値も20～100J/cm²と大きくばらついた。石英材料の内部損傷閾値が約300J/cm²と評価されているので、高い損傷閾値を示したいくつかの試料では、石英内部損傷閾値と同程度であると言える。一般に、レーザー損傷閾値は、材料内部、材料表面、コーティングの順に低くなる。これは、損傷の原因となる欠陥や不純物が増加することによるものと考えられ

次ページへつづく▶

「高耐力光学素子研究会」報告 ～レーザー損傷閾値評価の標準化に向けて～

	第1回	第2回
素子	高反射膜	反射防止膜
波長	1064nm	1064nm
入射角度	45°	0°
偏光	P	—
反射率	>99.0%	<0.5%
基板材料	指定なし	合成石英
基板表面粗さ	光学研磨	RMS <10 Å
裏面仕様	指定なし	同等研磨 コートなし
参加企業数	19社	22社
試料数	44	52

【表1】データベース化試験光学素子仕様

る。しかし、これらの高い損傷閾値の試料においては、固体材料内部と同程度まで欠陥が減少しているものと考えられることができる。つまり、レーザー装置内において、この高反射膜が損傷するのであれば、他の光学素子の殆どが

損傷を引き起こすと言える。

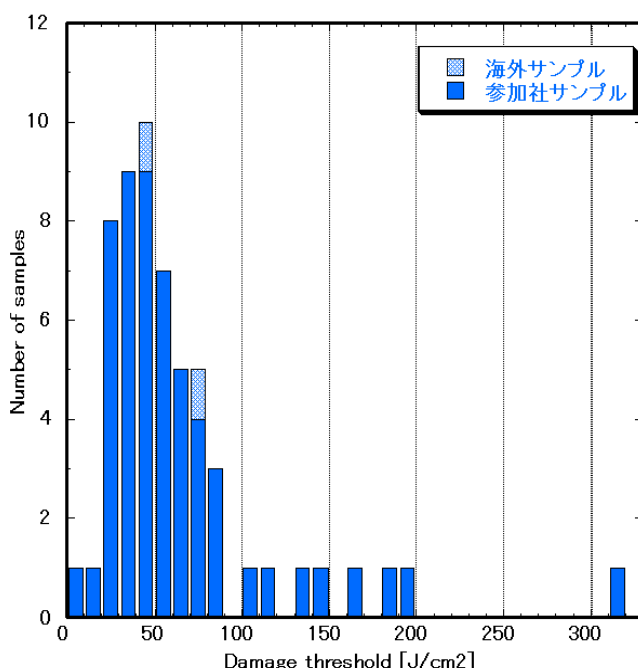
■1064nm反射防止膜試験結果

第2回の反射防止膜の試験結果を図2に示す。試料数52の大半が100J/cm²以下の閾値であり、最も多いのが40J/cm²代であることが分かる。この結果は、高反射膜と違い、試料により大きな差はないことを示している。その一方で、分布の塊から外れる高耐力の試料が確認され、最大317J/cm²は石英材料の内部損傷閾値と変わらない値を示した。反射防止膜の場合、高反射膜ほど多様な設計はないことから、製膜材料と技術、そして基板表面処理に依存する。損傷閾値に余り差がないことは、製膜技術では大差がないことを示している。その一方で、100J/cm²を超える試料については、独自の基板表面処理技術が確立しているものと伺える。

■損傷閾値の標準化へ

比較のために入手した海外カタログ光学素子の結果も同時に示しているが、概ねカタログ品と遜色がない。

く、中にはカタログ品の2倍以上の損傷閾値を有する光学素子があり、優れた国内技術があることが確認できた。これら優れた光学技術をより良くするために、メーカーと一緒に開発を進めるとともに、ユーザーと情報を共有化することが重要である。平成21年度は波長を532nmに変え、第3回、第4回を予定している。少しずつではあるが、レーザー損傷閾値とその評価方法の標準化へ流れを進めていきたい。



【図2】1064nm用反射防止膜のレーザー損傷閾値データベース化試験結果(パルス幅10ns、参加企業数22社52サンプル)

INFORMATION

サブナノ秒レーザープラズマから放射されるマイクロ波を用いた土壌埋設金属の探査



埋設地雷の探査



トンネル、高架の検査



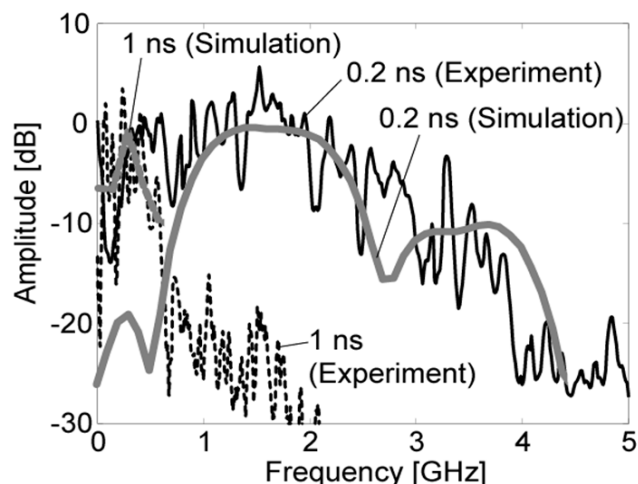
土石流で埋まった車両の探査

レーザー加工計測研究チーム 島田義則
防衛省技術研究本部陸上装備研究所 中島弘朋
大阪大学大学院工学研究科 田中和夫

【図1】レーザープラズマから放射されるマイクロ波を用いた探査

■マイクロ波を用いた遠隔探査のニーズ

コンクリート構造物内部の金属探査はマイクロ波や超音波、渦電流や電磁誘導を用いた方式が用いられる。しかし、これらの手法は被検査物の近くに装置を設置することが必要であり、人が近づけない場所や近づくと危険な場所での探査には不向きである。筆者らはレーザープラズマから放射されるマイクロ波を利用して遠隔で金属探査を行う研究開発を進めている。この方式は埋設地雷の探知やトンネル、高架の検査、土石流で埋まった車両の探知など多くの場所で使用できると思われる(図1)。



【図2】サブナノ秒レーザープラズマからのマイクロ波放射スペクトル

山中千代衛



歌え千里を

今から39年前、今は大阪大学のキャンパスになっている千里の地で大阪万国博覧会が開催された。そこで大阪大学レーザー核融合研究センターは軌道に乗ったのである。当時わが国は高度成長期を迎えまさに日は昇るという表現がぴったりの時代、“Japan as No.1”へと発展していった。

わが研究センターは設備充実し、人員が増強され、研究実績は着々と上がり、世界のレーザー核融合研究センターとして通用する日々を迎えたのである。

その頃センター団結のよすがとしてセンター歌を設定したいと考え、詩人の竹中 郁先生に作詞をお願いしたところ、実態を見聞しないことには詩想が湧かぬとのことで、ご来所願ひ、数時間にわたりレーザー施設の見学とレーザー核融合の現状説明を申し上げた。いかがですかと聞くと「レーザーも核融合もさっぱり分からん」と言われる。しかし、研究所全体にみなぎる若さには強い感銘を受けられたようである。そこで私はレーザーも、核融合も、大阪大学も結構です、どうか研究所の若さと雰囲気の高揚を宜しく願いしますよと申し上げた記憶がある。その結果出来たのがこのセンター歌である。

作曲は川澄健一先生が担当して下さった。先生の子息 陽一君は1972年阪大工学部卒の当時山中研修士の学生でその縁でいいメロディーを付けて頂いた。尤も音楽に不案内なセンターメンバーにも歌えるようにと1オクターブ内に音程が収められている。

ところで時流れ、年月が立った昨日本日は高齢化と人口減少時代を迎え、経済発展も頭打ちとなり、昔日の活力が衰えつつあるのは誠に遺憾なことである。それにつれてかこのセンター歌も一向に歌う機会が乏しくなっている。

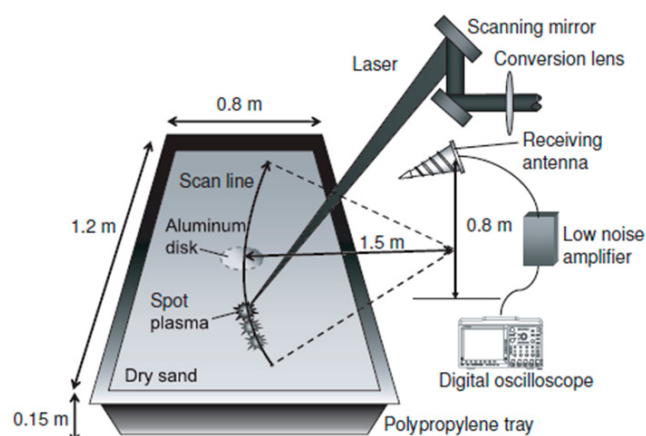
この度三間罔興センター長の退職記念パーティーハイアットリージェンシー京都において彼の業績に捧げるお礼の印として乾杯の席上元センター長すなわち中井貞雄、三間罔興、山中龍彦、井澤靖和の諸君と疇地宏君、それに当然センター長をつとめたであろう加藤義章、望月孝晏両君を壇上に呼び出して、かつてその昔常にこのセンター歌合唱のタクトを取ってくれた西村博明君の指揮の下「歌え千里を」を斉唱した。満場若さに溢れ感無量であった。

これからも機会があればセンター歌を聞きたいものである。若さこそ研究者に必要な第一の要素であるから。

【研究名誉所長】

「歌え千里を」

千里 千里 千里
大阪千里
千里の風の一走り
千里の炎 韋駄天走り
地球の知恵の一つかみ
人あり ここに
知恵あり われら
若木の枝に 若葉のひかり
若木の枝に 若葉のほつえ
千里 千里 千里



【図3】埋設したアルミ円盤の探査実験配置

■サブナノ秒レーザープラズマからのマイクロ波放射

マイクロ波を用いて地中探査を行う場合、使用する周波数帯域は探知対象の埋設深さ、大きさ、およびマイクロ波の土中減衰から決定される。探知対象の大きさが直径30 cm、地表から数10 cmの場合は0.5 GHz～3 GHz程度(L,Sバンド)を用いる。筆者らはL,Sバンドのマイクロ波を発生するためにレーザープラズマチャンネルの長さを変化させることで所要の波長を発生させた(レーザークロスNo.240)。しかし、この方法では必要なレーザーエネルギーが大きく装置が大型化する。そこで、レーザーパルス幅を短くすると、立ち上がり時間が急峻となり放射されるマイクロ波長帯域が広がることを利用し、L,Sバンドのマイクロ波を発生させる実験を行った。実験結果を図2に示す。レーザーエネルギーを140 mJ、パルス幅を0.2 nsとした場合、マイクロ波のピーク波長は1.5 GHzで帯域は3 GHz程度となり、探査に使用できるマイクロ波放射を確認した。

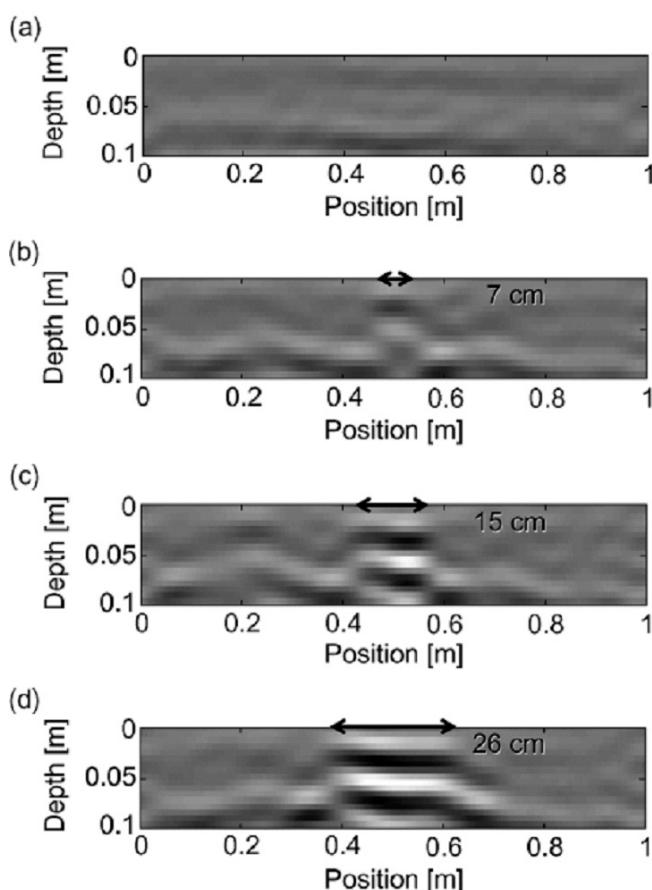
■マイクロ波を用いた金属探傷実験

サブナノ秒レーザープラズマから放射されるマイクロ波を用いて、砂中に埋設したアルミ円盤を探査する実験を行った。実験配置を図3に示す。アルミ円盤はマイクロ波受信アンテナから1.5 m離れたところに設置した。レーザーエネルギーは140 mJ、パルス幅は0.2 nsである。レーザーを走査してアルミ円盤から反射して戻ってくるマイクロ波を受信することでアルミ円盤の有無を探査した。レーザー照射間隔は2.5 mmとした。アルミ円盤は砂表面から1.5 cmの深さに埋設した。円盤直径は7, 15, 26 cmを用いた。実験結果を図4に示す。図a)は埋設物無し、図b)はアルミ円盤直径が7 cm、

図c)は15 cm、図d)は26 cmの探査結果である。いずれの場合もアルミ円盤を確認することができた。図2にも示すように、スペクトルは完全に平坦でないため、円盤直下にはリングングが生じ、サンプリング定理から予想される分解能(約3 cm)よりも悪い。計測できる最小円盤直径は4 cm程度であった。また、探査可能埋設深度は放射されるマイクロ波の強度や砂の条件にもよるが、今回の実験条件なら約45 cm程度まで探査できることが分かった。

■実用化にはマイクロ波放射エネルギーの増加が必要

上述の結果より、サブナノ秒レーザーを用いることでレーザー装置が小型化できるため、装置一式を車両に積載して移動することができる。図1に示すような埋設地雷の探知等が現実味を帯びてきた。しかし、水分を含んだ土や泥などを探査するためには、より大きなマイクロ波エネルギーが必要である。今後はマイクロ波の発生効率を高めるための研究を進め実用化を目指す。



【図4】マイクロ波を用いたアルミ円盤の探査実験結果

主な学会等報告予定

10月15日(木)～16日(金) 電気学会センサシンポジウム(東京・タワーホール船堀)

藤田 雅之「積層MEMSのためのデブリフリー低ストレス高速レーザ支援ダイシング」

Laser Cross No.258 2009, Sep.

<http://www.ilt.or.jp>

発行/財団法人レーザー技術総合研究所 編集者代表/島田義則 〒550-0004 大阪市西区靱本町1-8-4 大阪科学技術センタービル4F TEL(06)6443-6311 FAX(06)6443-6313

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表・島田義則までお願いいたします。
(TEL:06-6879-8737, FAX:06-6878-1568, Email:shimada@ile.osaka-u.ac.jp)