

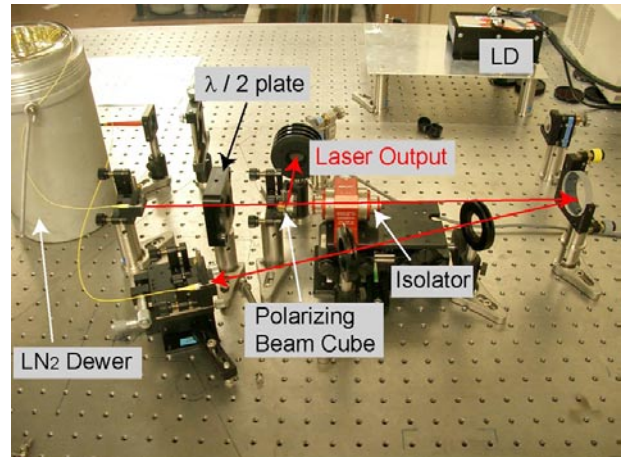


2008, Oct.

No. 247

## CONTENTS

- 低温冷却Ybファイバーレーザーの開発
- 大口径多層膜グレーティングの開発
- 【光と蔭】斃れて后已む
- 第1回レーザー超音波国際会議に参加  
(1<sup>st</sup> International Symposium on Laser Ultrasonics: Science, Technology and Applications, Montreal, Canada)
- 主な学会報告予定



【表紙写真】Ybファイバーレーザーの実物写真

## 低温冷却Ybファイバーレーザーの開発

レーザーエネルギー研究チーム 古瀬裕章  
共同研究員(大阪大学レーザーエネルギー学研究センター) 河仲準二

### ■次世代高出力レーザー“GENBU Laser”

現在大阪大学レーザーエネルギー学研究センターでは、産業・科学技術・学術の多分野において広く活用可能なGENBU (Generation of ENergetic Beam Ultimate) レーザーの開発が進められている。GENBUレーザーは高出力の主レーザーと超短パルスのOPCPA (Optical Parametric Chirped Pulse Amplification) レーザーとから構成されており、各々の開発目標は、1 kJ、50~100ps、100 Hzおよび、30J、5~10fs、100Hzである。本仕様達成できれば、ターロン爆発やレーザー加速などの新しい物理研究だけでなく、中性子ビームを使った癌治療などの医療応用や、レーザー駆動γ線による核変換を利用した高レベル放射性廃棄物処理などの産業応用も期待できる。そして将来レーザー核融合ドライバーとして新エネルギー開発に資することを目的としている。

GENBUレーザーのフロントエンド部には安定性の高いファイバーレーザー発振器が最適と考えられており、中心波長1030nmにおいて30fs、3 nJ、20 MHzの仕様が要求されている。現在レーザー技術総合研究所は大阪大学レーザーエネルギー学研究センターと共同で、このようなフロントエンド部となり得る超短パルスYbファイバーレーザーの開発を行っている。本稿では現在得られている成果について紹介する。

### ■超短パルスファイバーレーザー

今年、1 μm帯において高効率かつ広帯域動作が可能なYDF (Yb doped fiber)を用いて、中心波長1050nm、パルス幅28.3fsが国内で達成された。これはファイバーレーザーでは我々の知る最短パルス幅である。本研究でもYDFを利得媒質に採用したが、我々の場合は1030 nm中心において同等のパルス幅が必要である。これを実現するためには1030nmより長波長側にある利得帯域を短波長側にシフトさせる工夫が必要である。さらに、商用で得られるファイバー光学素子は波長1 μm前後のレーザー波長には対応していないという問題がある。特に1030nmのレーザー光と波長の近い976nmの励起光を合波する合波器 (Wavelength Division Multiplexing : WDM) やアイソレーターなどの光デバイスによる損失が大きく、短波長側の利得限界が1010nm程度に制限されてしまう。したがって、これらの種々の光学素子に対して当該波長実現のために多くの技術的課題を追及する必要がある。

### ■低温冷却による中心波長の短波長化を目指す

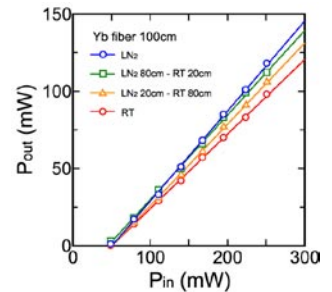
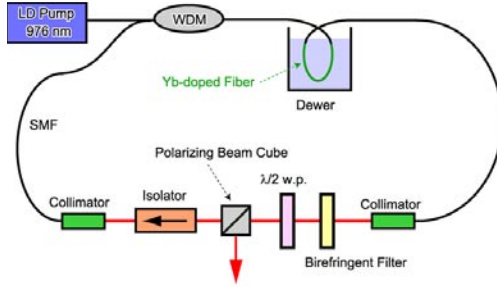
我々は、YDFを低温冷却した際に蛍光スペクトルが短波長側へシフトする分光特性に着目した。YDFの温度を低温でうまくコントロールできれば、中心波長1030nmの発振帯域を得ることが可能である。我々はまず、YDFを液体窒素の入った容器に浸した場合と、

次ページへつづく▶

室温の場合においてCW発振試験を行い、YDFを冷却することによって発振帯域が短波長側への程度シフトするかを調べた。

■レーザー発振特性

CW発振試験の構成を図1に示す。励起用LD (Laser Diode)の波長、および最大出力は、それぞれ976nm、450mWである。励起光をWDMを用いてSMF (Single Mode Fiber) に入射し、これに直接融着したYDF【図1】発振試験の構成



【図2】発振出力特性

を励起した。YDFの長さは100cmである。

本装置では温度の直接制御が困難なため、YDFを液体窒素に浸す長さを調整することにした。出てきたレーザー光の偏光角をλ/2板を用いて変化させ、偏光ビームスプリッターでの取り出し効率を調整した。またレーザー発振時に複屈折フィルターを用いて発振波長を掃引し、レーザースペクトルの帯域幅を調べた。

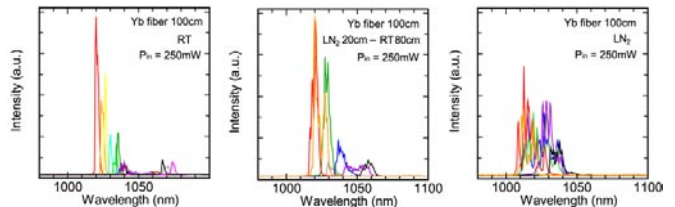
■低温冷却で中心波長の短波長化

図2に発振出力特性の測定結果を示す。図2より、YDFを低温に冷却した方が、出力が向上することがわかる。これはYDFを低温にすることでYDF内でのレーザー光の再吸収がなくなるためである。図3にそれぞれの測定におけるレーザースペクトルを示す。発振波長を複屈折フィルターを用いて掃引するごとに、色を変えて区別している。図3より、YDFが低温になるにしたがって、発振帯域が短波長側へシフトすることがわかった。

■超短パルスYbファイバーレーザーの可能性

今回得られた結果より、YDFを低温冷却することによって中心波長を広範囲で選択できることがわかつ

た。また、スペクトル幅が1010~1050 nm以上の広帯域での発振も期待でき、高次の分散補償を行いフーリエ変換限界パルスに近づけることでパルス幅30fsの仕様が実現できると考えており、我々は年内の完成を目標としている。これらを達成することで安定なGENBUレーザーのフロントエンドが実現できるが、その他にも白色光発生に伴うアト秒パルス発生や環境計測、レーザーリソグラフィを用いた微小光学素子の作製、多光子吸収を利用した3次元多層メモリの開発など、本レーザー単体での産業利用も可能である。



【図3】Ybファイバー 100cmを用いた際のレーザースペクトル、(左)室温、(中央)20cmが液体窒素温度、(右)液体窒素温度での測定結果

大口径多層膜グレーティングの開発

レーザー技術開発室 本越伸二  
共同研究員(大阪大学エネルギー学研究センター) 實野孝久

超短パルスによる高強度レーザー光源は、発振器から出力されたレーザーパルスを分散素子を用いてパルス幅を広げ(ピーク強度を下げ)、増幅後パルスを圧縮する、チャープパルス増幅法が広く用いられている。この装置の鍵となるのは、パルス伸延、圧縮に使用する分散素子であり、特に増幅後の圧縮に使用される回折格子(グレーティング)は高エネルギーのレーザーパルスに曝されることから、容易にレーザー損傷が生じ、グレーティングのレーザー損傷が装置の出力エネルギーを制限する。そのため、大口径かつ高耐力を持つ

グレーティングの開発が重要な課題である。

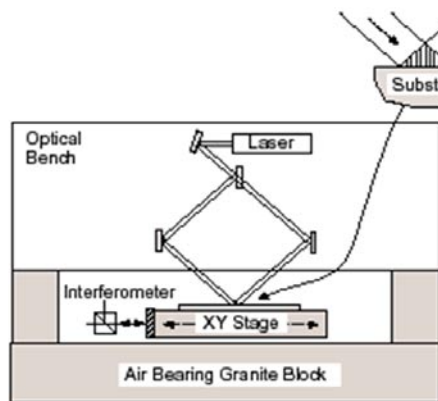
●LFEXレーザー装置

高速点火方式レーザー核融合の実証試験に使うLFEXレーザー装置は、パルス幅1~20 ps、出力10 kJ(4ビーム)の世界最大の高強度レーザー装置である。そこには多くの新しい技術が取り入れられている。これまでの高速点火用レーザー装置に使用されていたパルス圧縮用グレーティングは、格子構造を形成されたフォトリソ膜の上に金コートを施したものであり、そのレーザー耐性は金コートの耐性で決定され、0.5 J/cm<sup>2</sup>

を越えることはなかった。誘電体多層膜ミラーを基礎とした多層膜グレーティングでは、高いレーザー耐性が報告されているが、最大口径は30 cmであった。LFEXレーザー装置の口径は40 cm×40 cm、グレーティング入射角約70°、分散によるビーム広がり方を考慮すると、170 cmになる。そのため、高いレーザー耐性を持つ大口径グレーティングの開発が必要となった。

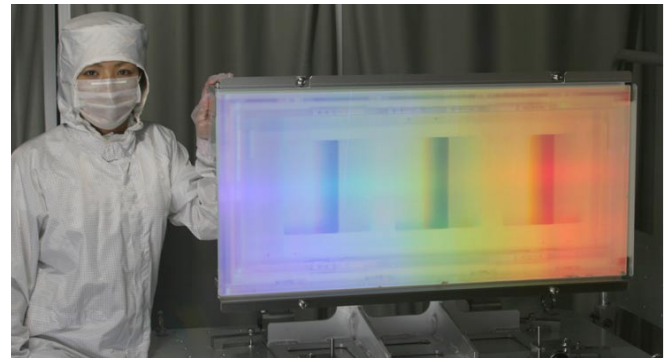
● **開発課題**

大きく2つの課題が上げられる。1つは、多層膜グ



【図1】ナノルーラ原理図

レーティングに必要な大口径多層膜ミラーの開発、もう1つは大口径に対する高精度の格子構造形成技術である。これまで、国内で



【図2】大口径多層膜グレーティング(910 × 420 × 90 mm)(写真提供大阪大学)

製造可能な多層膜ミラーの口径は、1 m以下であり、しかもグレーティングにするためにはその口径に対して数%以下の膜厚精度が要求される。また格子構造を形成するためには、2本のレーザー光の干渉縞を用いるのが一般的であり、空間的・時間的に位相が揃った大口径の干渉ビームが要求される。

● **ナノルーラの選択**

マサチューセッツ工科大学からナノルーラという新しい技術が紹介された。この方法は、図1に示すよ



**斃れて后已む**

福田康夫総理がこの9月1日(月)に突如辞任を表明し、首相の座を抛り投げ在任1年足らずで退出してしまった。ちょうど1年前安部晋三首相が困難に直面するや急に在職1年で退職したのと全く同じ構図である。国民の一人としてやりきれない思いで一杯だ。

一方先代の福田赳夫総理大臣は在任中いろいろな経綸を發揮し、業績を上げたがレーザー核融合研究についても理解が深く1981年5月2日大阪大学レーザー核融合研究センターを派閥の一族郎党を従え訪問された。

随行者は田中龍夫文部大臣、中山太郎総理府総務長官、石橋一弥文部政務次官、村田敬次郎、田名部匡省両衆議院議員、松浦泰次郎文部省学術国際局長、大山 超研究助成課研究調整官他秘書ら8人とSP3人の多人数である。3階の会議室で山村雄一阪大総長の挨拶のあと筆者がセンター概要を説明し、レーザー核融合「金剛計画」の映画を見せ実験棟に案内した。

激光XII号は建設中で、展示室、激光IV号、烈光II号、III号を経て激光II号で照射実験を行い、レーザーフォーカスを通り激光MII号を御覧に入れた。激光MII号棟でレーザー装置に魅了された福田元首相一行の姿は現在でも記憶に新しい。

この時福田元総理は格言発想の名手の噂通り、私達を激励するため「資源有限 人智無限」山中先生恵存という揮毫を認めて下さった。時あたかも石油危機の直後で国を上げてエネルギー対策に力を傾注していた時代である。核融合による新エネルギー開発はまさに長期的に力を尽くさねばならないテーマである。時はめぐり27年たった今日、この分野での不断の努力が再び強く望まれる時節となった。

昨今つくづく思うことであるが、オリンピックを見ても分かる通り精神力を重視しなければ大願は成就達成できない。今こそレーザー研の力の見せ所である。一国の総理が気迫にかけるとなるとどうして国民に努力を促すことが出来ようか。

俛焉(べんえん)として日に孳孳(しし)たるあり、斃れて后已む

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

うに、小口径ビームで干渉縞を形成し、それを大口径に亘って移動し描いていくという手法である。この手法では精度よく安定に移動制御ができれば、原理的には口径の制限はない。この技術をいち早く取り入れたPlymouth Grating Laboratory社が既に30 cmまでを成功している。

### ● 大口径素子の国内開発

もう一方の大口径多層膜ミラーの開発には、岡本光学加工所が新しく大型コーティング装置を導入した。

これにより国内で大口径素子を作りたいという願いが叶ったことになる。

### ● 更に開発は進む

その成果が図2の写真である。縦42 cm、横91 cmの誘電体多層膜グレーティングである。高耐力の問題は残っている。誘電体多層膜とは言え、格子構造に起因した光強度の集中など、更なる改良開発が必要である。それらの課題も多くの皆さんの御協力を得つつ、無事に乗り越えて行きたい。

REPORT

## 第1回レーザー超音波国際会議に参加

(1<sup>st</sup> International Symposium on Laser Ultrasonics: Science, Technology and Applications. Montreal, Canada)

レーザー加工計測研究チーム オレグ コチャエフ

標記のシンポジウムはQuebec Materials Networkとthe Industrial Materials Institute of the National Research Council of Canada (IMI-NRC)によって2008年7月16日から18日にモントリオール(カナダ)で行われた。このシンポジウムはレーザー超音波の研究、開発、および応用に関連する研究を網羅していた。シンポジウムは15カ国からレーザー超音波装置開発や応用に関する研究を行っている専門家たち約100名が参加した。会議は特別講演、一般口頭発表、ポスターセッション、および展示会で構成され、レーザー超音波の基礎、計測手法、ピコ秒超音波、内部欠陥検出、複合素材、

材料特性、および新技術のセッションがあった。

著者らの発表は欠陥検出のセッションで行った。タイトルは「レーザー超音波遠隔探査システムによるコンクリートの構造の非破壊装置の開発」で、基礎実験と野外での実験結果について7月18日に口頭発表、17日にはポスターセッションを行った。

著者らのプレゼンテーションは関心を引き付け、発表の後、カナダ、スペイン、中国、およびオーストリアからの科学者や技術者から質問があった。そこでAlain Blouin博士とJean-Pierre Monchalain博士と知り合った。彼らはこの分野の重鎮であり、筆者は彼らの論文で様々な知識を得た。それを応用したコンクリート探傷研究は斯界にインパクトを与えたと考えている。国際会議でコンクリート探傷の発表は当方のみであった。この研究が非常にユニークで、オンリーワンの技術であることを確認した次第である。



【写真】ポスターセッションの会場(左)、発表を行う筆者(右)

### 主な学会報告予定

- 10月6日(月)～10日(金) The International Conference on Laser Probing (LAP2008)(名古屋大学)  
島田 義則、オレグ・コチャエフ「Study of Laser Ultrasonics Generation Technique Part 1」  
オレグ・コチャエフ「Examination of ultrasonic vibration transferring from metal membrane to liquid」
- 10月20日(月)～23日(木) 27th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics(ICALEO)(Temecula,CA. USA)  
藤田 雅之「Debris-Free Laser Dicing for Multi-Layered Mems」
- 11月17日(月)～21日(金) 50th Annual Meeting of the Division of plasma Physics(Dallas, TX. USA)  
砂原 淳 「Expansion of Cone Inner Surface Irradiated by Low intensity Pre-Pulse of Main Heating Laser in Fast-Ignition」

Laser Cross No.247 2008, Oct.

<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)