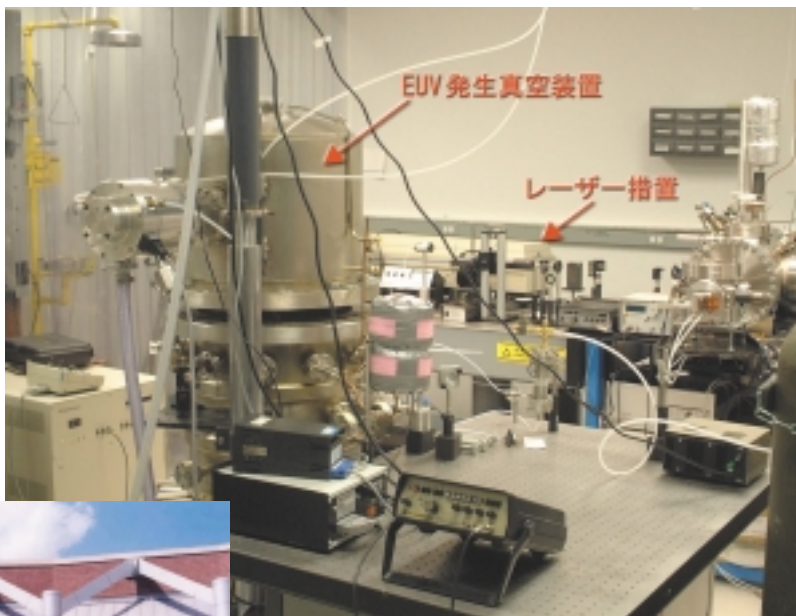


2002, Aug.

No. 173

CONTENTS

- 中央フロリダ大学におけるEUV研究
～縮小投影リソグラフィ技術に必要な光源研究～
- 『光と蔭』光陰は矢の如し
- 第3回アジア・太平洋レーザーシンポジウム
(APLS2002)の開催



【写真】EUVの研究施設(上)
とCREOL研究所(左)

中央フロリダ大学におけるEUV研究

～縮小投影リソグラフィ技術に必要な光源研究～

共同研究員(姫路工業大学) 藤原 関夫

EUVその目的

筆者は昨年来中央フロリダ大学のリチャードソン教授が主催するCREOLに客員研究員として滞在しているが、EUVとその展開を目のあたりにしている。1個の半導体チップにたくさんのトランジスタなどを搭載するために、小さな部品や配線を露光して作成する縮小投影リソグラフィ技術がある。その部品サイズは光の波長よりも小さくなっていて、投影に必要な光源の波長は現在の紫外線から2005年頃にはEUV(Extreme Ultra-Violet 極端紫外光)に移行するスケジュール(国際半導体技術

ロードマップ)が公表されている。EUV光の波長は13～14nmとX線と紫外線の間位置し、EUV光平均出力として50～150W、パルス繰り返し5kHz以上が必要とされている。

強いニーズがありロードマップも示されているものの、その要求性能を満足する技術は存在せず、未踏の分野である。このため、アメリカではデバイスメーカーが共同して1997年に開発会社EUVLLC(Extreme Ultra-violet Limited Liability Co.)を設立して世界をリードすると共に、研究開発はSandia国立研究所、Lawrence Livermore国立研究所、Lawrence Berkeley研究所

次ページへつづく▶



(前ページよりつづく)

などへ委託されている。

光源として何が問題になっているか？

リソグラフィEUV光の発生方式として、レーザー生成プラズマ(LPP: Laser Produced Plasma)からの発光を利用する方式とガス放電(EUVランプ)からの発光を利用する方式の2種類に大別される。それぞれ一長一短があり、両方式共に多くの研究開発が行われている。

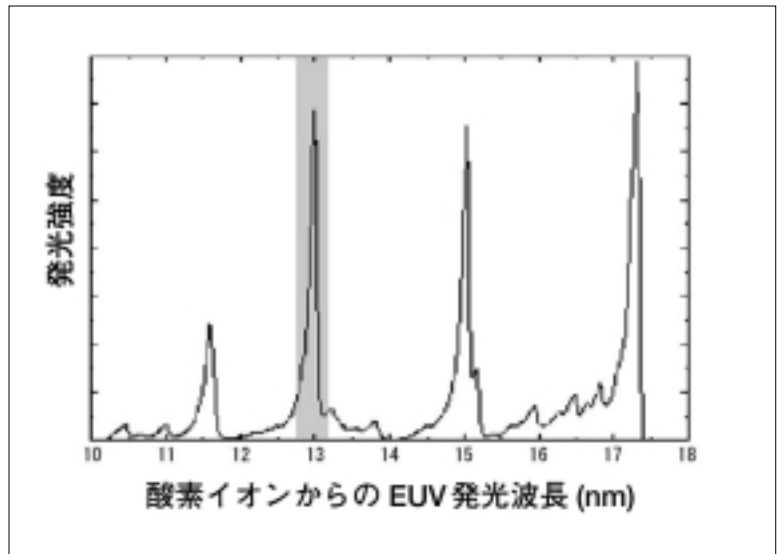
LPP方式は高繰り返し運転やデブリと呼ばれる飛散微粒子ゴミの発生が少ないなどの特徴があり、現時点ではEUVランプよりもゴールに近いとされている。それでも達成されている平均光出力は数Wレベルで、目標には1桁のパワーアップが必要であり、技術的なギャップは大きいのが現状である。

EUVリソグラフィではEUVを透過するガラスや窓がないために、従来のレンズを使った透過型ではなく、全て反射型で構成される。EUV光源、露光光学系、マスク、ステージなど全てが同一の真空容器内に設置され、光源プラズマからの発生熱やデブリの問題などが他の機器に影響を及ぼすためにシステムとの整合性がより重視される。レーザーにはYAGレーザーが、光源となるターゲットには希ガスのXeが使われているが、レーザーから13nm帯EUVへの変換効率率は現状0.13%程度と低い問題がある。そのためにXeガスジェットから密度が高くガス拡散が少ないXe液体ノズルを用いるなどでプラズマ密度を上げ、EUVへの変換効率を改善するターゲット側の研究も活発である。またレーザー側でも3~15kW以上の平均出力が必要など技術的な壁は極めて高い。

CREOLの取り組み

CREOL (Center for Research and Education in Optics and Lasers) は州立中央フロリダ大学に属し、光学に関する幅広い分野の研究を行っている研究所である。EUV研究ではレーザー生成プラズマ方式を筆者が属しているM.Richardson教授のグループで、EUVランプに属するキャピラリ放電方式をW.T.Silfvast教授のグループで研究している。

M.Richardsonグループの特徴はレーザー照射ターゲットに希ガスXeではなく微小水滴を使用していることにある。水は安価で取り扱いも容易であり、またデブリの問題も微小ターゲットの採用などで改善されている。酸素イオン O^{5+} からの発光の



【図】発光のspectrum

一つは図に示すように13nmにあり、また水分子中の水素によるEUV光吸収などの悪影響は少ない。CREOLでは、レーザーにはYAGパルスレーザーを使用し、平均出力30W、繰り返し100Hzでパルス幅は10nsであり、集光直径は80 μ mである。EUV発生のための真空容器内に設置されたピエゾ制御ノズルで直径30~80 μ mの微小水滴を発生し、水滴粒の繰り返しは20k~200kHzと高速である。これはEUVの要求繰り返しを満足している。レーザーから13nmEUVへの変換効率率は4 全角で0.6%が得られており、EUV出力はおよそ2mJである。基礎研究が中心であり、微小水滴のレーザー干渉写真撮影によってレーザー照射直後の水滴から発生するプラズマの密度分布計測は微小ターゲットを用いたEUV研究では初めてである。シミュレーションとの比較検討などによって効率的なEUV発生メカニズムの解明を図っている。

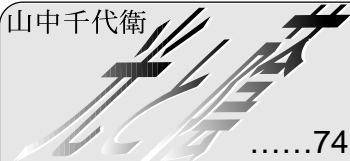
サンディア国立研究所との共同研究

キャピラリ放電方式ではサンディア国立研究所との共同研究が行われており、CREOLは低繰り返し装置を用いた基礎的な研究に重点を置いている。キャピラリ放電方式は絶縁体に開けられた直径1mm程度の微小な穴を通した放電で、ガスにはXeガスを用いる。放電電流は1kAオーダーでパルス幅は1 μ s程度の短パルス大電流放電であり、放電部のガス温度を上げることによってEUV光を得ている。放電電流の自己磁場などによってキャピラリからわずかに離れた所に発光の中心があるものの、キャピラリ材料や電極材料他からのデブリ発生の問題が

重要な課題になっている。CREOLでは放電プラズマのレーザー干渉写真の撮影によって、放電初期にキャピラリ中心軸上に高い電子密度が、その後放電の後半にはキャピラリ円周からも高い密度のプラズマを観測している。キャピラリ円周からのプラズマ発生は不純物発生を意味している。キャピラリ形状の最適化などによってEUV発生効率改善やデブリ低減を図っている。

筆者は、赤外YAGレーザーを緑色に波長変換するための新しい非線形結晶の評価を行うと共に、出力2J、パルス幅数nsのYAGレーザーシステムの開発をフランス人学生と共に進めている。このレーザーはX線マイクロ写真のX線源になると共に、レーザーEUV研究にも使われる予定である。

山中千代衛



光陰は矢の如し

時のたつのはまことに速いものである。(財)レーザー技術総合研究所は大島恵一先生らのお勧めもあり、東電の豊田正敏氏、関電の飯田孝三氏、中部電の山崎

魏氏、NECの関本忠弘氏、三菱電機の片山仁八郎氏、日立の金井 務氏、富士電機の中里良彦氏、三菱重工の中根秀彦氏、東芝の葦原悦朗氏、松下の早川 茂氏、ら電力・電機会社の皆様のご支援により、また科技庁原子力局核燃料課長石田寛人氏、通産省エネ庁原子力産業課長荒井寿光氏、文部省学際局研究機関課長山田勝兵氏の協力により、1987年10月にレーザーとその応用を研究する財団として発足した。筆者は同年大阪大学レーザー核融合研究センター長を退官し、大学で開発研究したレーザーの基盤技術を産業界へ応用するため一大構想を胸に出発したが、2002年現在盛んに進められている産学官連携推進の走りであった。

まず第一着手としてレーザーによるウラン濃縮のデータベース確立に取り組み、米国リバモア研究所に対抗して、レーザー核融合研究の好敵手からさらにすすんで同位体分離の領域でも名乗りを上げたのである。

時代に先行して開拓の苦労を重ねてきたが、それでも時勢に恵まれ順調な15年であった。自由電子レーザーの研究でも地道な努力をかさね通産省基盤技術研究促進センター事業の自由電子レーザー研究所が1991年関西文化学術研究都市の津田地区に開設された。7年の設置期間を経て、現在は大阪大学工学部の研究施設として活動している。ここでも財団の果たした努力は忘れることが出来ない。一連のビーム研究の流れとしてレーザーコンプトン 線を用いる原子燃料サイクルにおける核廃棄物処理の研究が進行中である。

レーザー誘雷研究では世界に先駆けて冬季雷の誘雷に成功し、世界各国にこの方面への関心を引き起こした。地球環境問題では NO_x 、 SO_x 、 CO_2 のレーザー放電対応プロジェクトを立上げ、ダイオキシン検出では独自の手法を開発している。ナノ微細加工ではフェムト秒のレーザーによる新しいプロセス方式を確立し産業界に大きく貢献している。バイオ光化学ではタンパク質内のエネルギー授受機構で新しい知見を重ね、高い国際評価を受けている。

レーザー開発ではダイオードレーザーポンピングによる固体レーザーの高性能をはかり、光パラメトリック増幅レーザー(OPCPA)の研究をすすめ、リソグラフィに必要なEUV光源の研究にも一石を投じている。宇宙太陽光発電ではレーザーシステムを導入する研究計画を展開している。

本年15周年を迎えるに当たり、この秋記念事業として産学官の連携をさらにすすめる契機とすべく記念シンポジウムを計画している。ぜひ関係する皆様の賛同を得て、さらなる未来への展望を切り開き、21世紀の科学技術立国に寄与したいと願っている。

なお記念出版「レーザーと現代社会」を9月に上梓することになっている。(社)レーザー学会も来年創立30周年を迎える。「時も潮も人を待たず」いや全くその通りである。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

第3回アジア・太平洋レーザーシンポジウム (APLS2002)の開催

本シンポジウムはレーザー学会、韓国光学会、中国光学会の共同開催により、アジア・太平洋地域のレーザーとその応用に関わる研究者の交流を目的として、隔年で行われている国際会議で、韓国、中国、日本で順次開催されています。今回はその3回目で、大阪で開催されます。

アジア・太平洋地域のレーザー研究の連携を強めること、特に若手研究者のアジア地域での交流を目指して下記のレーザー研究の分野で講演が行われます。

講演分野

1. 最新のレーザー技術と新しいレーザー
固体レーザー、超短パルスレーザー、超高強度レーザー、
X線レーザー、レーザー用光学素子、レーザー制御他
2. 非線形光学とレーザー分光
波長変換、位相共役、パラメトリック発振、レーザー分光
他

3. レーザーと物質との相互作用

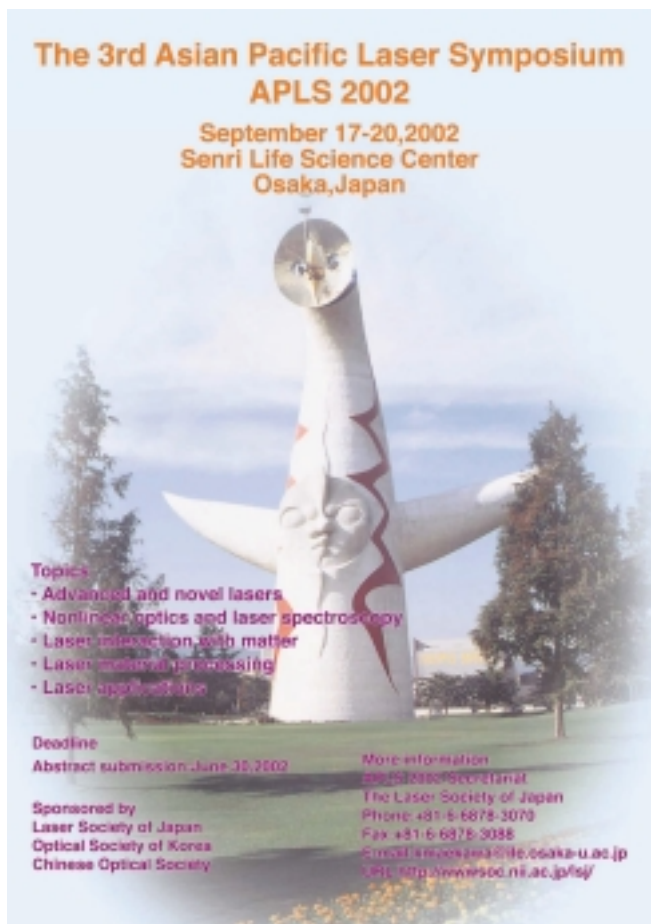
レーザー・プラズマ相互作用、高電場物理、X線発生、X線光学

4. レーザー加工

加工用レーザー、レーザー溶接・切断・穴あけ・マーキング、超短パルスレーザー応用、レーザーアブレーション他

5. レーザー応用計測

レーザーの産業応用、レーザー計測、医学応用、レーザーレーダー他



APLS2002の開催ポスター

- 開催日時 2002年9月17日(火)~20日(金)
開催地 千里ライフサイエンスセンター
(〒565-0082 大阪府豊中市新千里東町1-4-2)
主催 レーザー学会
共催 韓国光学会、中国光学会
参加費 一般/国内参加者: 2万5,000円(学生: 5,000円)
海外参加者: \$ 200(学生: \$ 40)
見学会 9月20日に予定しています。
見学先 ・大阪大学レーザー核融合研究センター
(接合科学研究所)
・大阪大学大学院工学研究科 佐々木研究室
・大阪大学大学院工学研究科 増原研究室
・三菱電機 関西加工技術センター)
申込方法 参加を希望される方、および詳細情報を希望される方は下記までお問い合わせ下さい。Call for Papersはホームページに掲載しています。
ホームページアドレス
<http://www.soc.nii.ac.jp/laj/>

問い合わせ先

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-6
社団法人レーザー学会 事務局
電話: 06-6878-3070, Fax: 06-6878-3088
e-mail: nishi@ile.osaka-u.ac.jp