

## 28aB02 レーザー生成プラズマからの極端紫外線(EUV)放射特性 Characterization of EUV emission from Laser Produced Plasma

西村博明、重森啓介、中井光男、藤岡慎介、島田義則<sup>1)</sup>、橋本和久<sup>1)</sup>、山浦道照<sup>1)</sup>、  
内田成明<sup>1)</sup>、松井亮二、日比野隆宏、奥野智晴、F. L. Sohnatzadeh、陶 業争、  
長井圭治、乗松孝好、V. Zhakhovickii、古河裕之<sup>1)</sup>、河村 徹<sup>1)</sup>、砂原 淳<sup>1)</sup>、村上匡且、  
西原功修、藤間一美<sup>2)</sup>、香川貴司<sup>3)</sup>、加藤隆子<sup>4)</sup>、R. More<sup>4)</sup>、小池文博<sup>5)</sup>、西川亘<sup>6)</sup>、  
佐々木明<sup>7)</sup>、田沼肇<sup>8)</sup>、藤田尚徳、吉田英次、椿本孝治、藤本 靖、中塚正大、宮永憲明、  
井澤靖和  
阪大レーザー研、レーザー総研<sup>1)</sup>、山梨大工<sup>2)</sup>、奈良女理<sup>3)</sup>、核融合研<sup>4)</sup>、北里大医<sup>5)</sup>、  
岡山大工<sup>6)</sup>、原研関西研<sup>7)</sup>、都立大理<sup>8)</sup>  
NISHIMURA Hiroaki, SHIGEMORI Keisuke, NAKAI Mitsuo, FUJIOKA Shinsuke, et al.,  
ILE, Osaka U., ILT<sup>1)</sup>, Yamanashi U. Nara Women U. NIFS, Kitazato U. Okayama U.  
JAERI-Kansai, Tokyo Metropolitan U.

レーザープラズマ放射極端紫外線 (EUV) を次世代半導体製造用リソグラフ光源として実用化すべく、平成 15 年度より文科省リーディング・プロジェクト (LP) が開始された。この研究プロジェクトの目的は波長 13.5nm の EUV 光を放射するレーザープラズマの物理を明らかにし、実験データベースならびに理論・シミュレーションデータベースを整え、経産省が進める EUV 光源開発プロジェクトと連携を進めながら、クリーンで高効率な実用機の開発指針を与えることにある。これまでレーザー核融合研究で生み出された高出力レーザー技術、ターゲット技術、プラズマ診断、理論・シミュレーションの成果がそのまま本プロジェクト研究の資源として活用されようとしている。

実験的アプローチにおいては目標波長の EUV を高効率に放射する Sn, SnO<sub>2</sub>, Xe などを基本ターゲットとして、その初期密度や形状などのターゲット条件ならび、レーザー波長、照射強度などのレーザー照射条件に対する広帯域 X 線放射特性 (10 eV~2keV) やプラズマ密度、温度などの詳細計測を進めている。これらの実験では 1J/10ns の YAG レーザーによる平面ターゲット照射に加え、激光 XII 号レーザーによる球状ターゲットの照射実験を実施している。これは、球対称プラズマを観測対象として 1 次元放射流体コードのベンチマークデータとするためである。これまでの実験で、13.5nm (2%バンド幅) 光に対し、レーザー照射強度が  $1-2 \times 10^{11} \text{W/cm}^2$  で数%の最大変換効率が得られることが明らかとなった。このような EUV 放射特性計測に加え、Sn を測定対象とするオパシティ計測ならびに EUV 放射プラズマの密度プロファイル計測も実施した。前者においてはオパシティサンプルをレーザー生成キャビティ X 線にて一様加熱し、これを X 線バックライト法により吸収スペクトルならびにサンプル密度を求めた。後者においては EUV 放射プラズマに 2 段からなるアブレーション構造があることを見いだした。このダブルアブレーション構造は吸収領域からの熱電子ならびに X 線の 2 つのエネルギーキャリアが介在していることに起因していると考えられており、低密度側に形成される密度プラトー領域は EUV 光源開発にキーとなる領域として重要であると予想されている。

理論的なアプローチにおいてはこのような高 Z プラズマの詳細原子モデル (含 1 スプリット) の構築を進めている。また、レーザー照射強度が比較的低いため、ターゲットの相変化とともに状態方程式 (EOS) を新たにモデル化しており、これらは最終的には放射流体コードへ統合し、実験との比較により改良を進める。

本講演では、本プロジェクト研究の背景を述べた上で、現在まで得られたプラズマ実験の結果ならびに関連する理論的考察を延べ、EUV 光源としての高効率化へ向けた指針を議論する。