

## EUV光源用スズプラズマの電子密度・電子温度・イオン価数計測 Measurements of Electron Density, Electron Temperature, and Averaged Ionic Charge of EUV Light Source Plasmas

富田健太郎<sup>1)</sup>, 佐藤佑太<sup>1)</sup>, 築山晶一<sup>1)</sup>, 江口寿明<sup>1)</sup>, 内野喜一郎<sup>1)</sup>, 神家幸一郎<sup>2)</sup>,  
戸室弘明<sup>2)</sup>, 柳田達哉<sup>2)</sup>, 和田靖典<sup>2)</sup>, 國島正人<sup>2)</sup>, 児玉健<sup>2)</sup>, 溝口計<sup>2)</sup>

Kentaro TOMITA<sup>1)</sup>, Yuta SATO<sup>1)</sup>, Shoichi TSUKIYAMA<sup>1)</sup>, Toshiaki EGUCHI<sup>1)</sup>, Kiichiro UCHINO<sup>1)</sup>, Kouichiro KOUGE<sup>2)</sup>, Hiroaki TOMURO<sup>2)</sup>, Tatsuya YANAGIDA<sup>2)</sup>, Yasunori WADA<sup>2)</sup>, Masahiro KUNISHIMA<sup>2)</sup>, Takeshi KODAMA<sup>2)</sup>, Hakaru MIZOGUCHI<sup>2)</sup>

九大総理工<sup>1)</sup>, ギガフォトン(株)<sup>2)</sup>  
Kyushu Univ.<sup>1)</sup>, Gigaphoton Inc.<sup>2)</sup>

### はじめに

極端紫外 (Extreme ultraviolet: EUV) リソグラフィの実用化に向けて、光源出力改善が強く望まれている。プラズマを光源として使用する以上、それを最適化するためには、電子密度 ( $n_e$ ) や電子温度 ( $T_e$ ) といった基礎パラメータを制御し、最適なイオン価数 ( $Z$ ) を達成することが重要となる。微小 (< 1 mm)、短命 (< 100 ns) な光源プラズマの  $n_e$ ,  $T_e$ ,  $Z$  を十分な時間空間分解能で計測するために、筆者らは協同トムソン散乱で得られるイオン項スペクトルを、独自の分光器を用いて計測してきた[1]。本発表では、CO<sub>2</sub>レーザーを液滴スズターゲットに照射して生成したEUV光源用プラズマの  $n_e$ ,  $T_e$ ,  $Z$  の空間分布計測結果について報告する。

### 実験装置及び結果

図1に、実験装置の概要を示す。真空チャンバー内に、直径26  $\mu\text{m}$  の液滴スズを落下させた。予備レーザー (Nd:YVO<sub>4</sub> laser, 波長1064 nm, パルス幅14 ps, 2 mJ) でスズをミスト状に拡散させたのち、メインレーザー (CO<sub>2</sub> laser, 波長10.6  $\mu\text{m}$ , パルス幅10 ns, 100 mJ) でプラズマ生成を行った。トムソン散乱計測用レーザーには、Nd:YAGレーザーの第2高調波 (波長532 nm, パルス幅8 ns, スペクトル広がり<0.1 pm) を使用し、エネルギーは10 mJ 以下である。スズプラズマからの散乱光を計測用レーザーの入射方向に対して120° の角度からレンズで集光して差分散型6回折格子分光器に導き、分光した光信号をICCDカメラ (Princeton社製, PI-MAX4) で検出した。

実験では、予備レーザー照射からメインレーザー照射までの時間 (遅延時間) を1.3  $\mu\text{s}$  から2.5  $\mu\text{s}$  まで変化してプラズマを生成した。最もEUV光への変換効率が高かったのは、遅延時間が2.0  $\mu\text{s}$  の時で、4%であった。このときの  $n_e$ ,  $T_e$  空間分布を計測すると、ピーク値はそれぞれ35 eV,  $4 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$  を超えるものであった。遅延時間により電子温度・密度のピーク値や空間分布には、明確な差異が確認された。

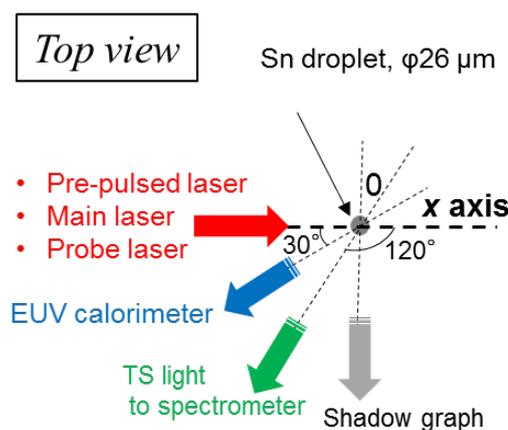


図 1. 実験配置図

### 参考文献

[1] K. Tomita et al. Appl. Phys. Express **8**, 126101 (2015).