

軟 X 線光源用多価電離プラズマのための

協同トムソン散乱システムの開発

Development of a collective Thomson scattering system for high-Z plasmas produced for soft X-ray light sources

九大総理工 °佐藤 祐太, 深田 来夢, 伊藤 文崇, 富田 健太郎, 内野 喜一郎

Kyushu Univ. °Yuta Sato, Raimu Fukada, Fumitaka Ito, Kentaro Tomita, Kiichiro Uchino

E-mail: 3ES16011G@s.kyushu-u.ac.jp

軟 X 線の光源としてレーザー生成多価電離プラズマを利用する研究は、多方面で精力的に進められている。我々はこれまで、レーザートムソン散乱法を用いた、次世代の半導体リソグラフィ (EUVL : Extreme Ultraviolet Lithography) 光源プラズマの診断手法開発に取り組んできた。^[1] 波長 13.5 nm の EUV 光は、比較的安価で高い光量を得られることから、レーザー生成プラズマ (LPP : Laser Produced Plasma) を光源としている。光源の最適化にはプラズマ診断が不可欠であり、我々が開発した診断システムにより、実際の光源に近い状態のプラズマ診断にも成功している。^{[2][3]} 現在、EUV 光源開発で得られた知見を活かした、軟 X 線 (波長 1~20 nm) 光源開発への期待が高まっている。水の窓(W-W : Water Window)と呼ばれる、波長 2.3-4.4 nm を用いた、生きたまま細胞を観察できる顕微鏡などが代表例である。波長が変われば、最適な外部条件を再度模索することになる。プラズマ発光の波長ピークはイオン価数(Z)に直接的に決定されるため、電子密度 (n_e) や電子温度 (T_e) を制御し、最適な Z を達成する必要がある。開発時間や費用の大幅な削減のため、軟 X 線光源用 LPP の診断手法開発が強く求められている。

次世代の軟 X 線用の光源プラズマは、EUV 光源に比べてより多価電離しており、イオン項のみの計測では不十分となる。そこで、イオン項に加えて、電子項を同時に計測し、不足情報を補完し合うことで n_e 、 T_e 、Z の同時計測達成を目指している。イオン項・電子項は波長域や強度が大きく異なるため、同時計測にあたり、高分散と低分散を同時に達成できる新たな分光器を作製した。また、開発した分光器によって、低価数なプラズマ (He プラズマ) での、同時計測にも成功している。本研究では、実際の EUV 光源に使用されている Sn をターゲットとした、Z が 10 を超える多価電離プラズマでの同時計測達成を目的としている。イオン項は計測実績がある一方で、電子項は散乱光強度が小さく、プラズマの自発光が障害となり、計測が困難になることが予想される。偏光フィルタや誘導ブリルアン散乱による短時間計測を用いて、S/N 比の改善を試みている。

参考文献

- [1] K. Tomita, Y. Sato, N. Bolouki, et al, Applied Physics Express 8, 126101 (2015)
- [2] Y. Sato, K. Tomita, S. Tsukiyama, et al, *Jpn. J. Appl. Phys.*, 56, 036201 (2017)
- [3] K. Tomita, Y. Sato, S. Tsukiyama, et al., Scientific Reports, 7, 12328 (2017)