

レーザー励起プラズマ EUV 光源ターゲット分散過程のモデル化 Modeling of fragmentation of the target for laser pumped plasma (LPP) EUV source

佐々木明¹、砂原淳²、西原功修³

原子力機構¹、レーザー総研²、阪大レーザー研³

JAEA¹, ILT², ILE Osaka univ³, Akira Sasaki¹, Atsushi Sunahara², Katsunobu Nishihara³

E-mail: sasaki.akira@jaea.go.jp

現在、次世代半導体リソグラフィ用 EUV 光源の実用化に向けた研究開発が進められており、微小 Sn 液滴ターゲットをダブルパルスレーザーで励起し、特にプリパルスレーザー照射によって Sn 液滴を微粒子に分散することが、発光に適した低密度プラズマを生成するために重要と考えられている [1]。

われわれは、EUV 光源の特性の評価、最適化のため、プラズマ流体シミュレーションに気液相転移の過程を考慮するための理論的検討、数値モデリングを行っている。Sn 液滴をレーザーで照射すると、加熱による沸騰、衝撃波による破碎の過程や、いったん気化した Sn が膨張、冷却する間に凝縮するなどのさまざまな過程で微粒子が発生すると考えられる [2]。従来のシミュレーションでは、気液共存状態について、両方の相が平均化された仮想的な状態を考えていたが、流体とともに動くラグランジアンメッシュを用い、それを各時刻、場所の温度、密度において熱力学的に与えられる気液の比に従って動的に分割することにより、微粒子や気泡の分布を直接取り扱うことを考えた [3]。そのために、状態方程式について検討し、気液を分割することにより夫々理想化された状態が考えられ、液相部分は調和振動子の集まりであって、温度と体積の変化に線形に応答し、ある温度に対して平衡体積があってそれからのずれに抵抗力が働き、外部から与えられた仕事（ひずみ）がポテンシャルエネルギーの形で蓄えられるようにした。気液の比はファンデルワールスモデルによって求め、その間の転移過程については、前後の自由エネルギー（熱、ひずみ、表面エネルギー）が保存されるように定式化した。このようなモデルについて、Sn 液滴の分散に対応する条件でテスト計算を行い、結果の検証を行っている。

参考文献：

[1] A. Endo, Proceedings of the 2013 EUVL workshop, <http://www.euvlitho.com/2012/>

[2] S. I. Anisimov and V. A. Khokhlov, *Instabilities in Laser-Matter Interaction*, (CRC Press Boca Raton, London, Tokyo, 1995).

[3] 大道、佐々木他、講座「レーザー生成プラズマの新しい温度、密度領域における物性とシミュレーション」プラズマ・核融合学会誌 89,403 (2013).

謝辞：本研究は、一部（独）新エネルギー・産業技術総合研究機構「平成 25 年度戦略的省エネルギー技術革新プログラム」の援助を受けて実施された。