

# 自己組織化ラグランジメッシュを用いた流体コードによる EUV 光源 ターゲット分散過程のモデル化

Modeling of fragmentation of the target for EUV source using a self-organizing  
Lagrangian hydrodynamics simulation

佐々木明<sup>1</sup>、砂原淳<sup>2</sup>、西原功修<sup>3</sup>

原子力機構<sup>1</sup>、レーザー総研<sup>2</sup>、阪大レーザー研<sup>3</sup>

JAEA<sup>1</sup>, ILT<sup>2</sup>, ILE Osaka univ<sup>3</sup>. Akira Sasaki<sup>1</sup>, Atsushi Sunahara<sup>2</sup>, Katsunobu Nishihara<sup>3</sup>

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照射することによって高い変換効率が得られることが示されている [1]。すなわち、プリパルスレーザー照射で Sn 液滴を微粒子に分散することで、密度が低い ( $\approx 10^{19}/\text{cm}^3$ ) 均一なプラズマを生成することが出来ると考えられるが、高効率、高出力動作の実現のためには、微粒子の分布や、それがメインパルスレーザー光を吸収して加熱される過程を理解し、モデル化を通じて最適化することが重要と考えられる [2]。

われわれは、EUV 光源の特性を議論するためには流体手法に基づくマクロモデルがより役立つと考え、有限の時間的、空間的分解能の範囲において、自己組織化するラグランジメッシュを構築し、平衡熱力学に基づく気液相転移、二相共存状態を扱う、2次元流体シミュレーションコードの開発を行うこととした。三角形の非構造格子を用い、流体の運動に従って変化するメッシュのアスペクト比を評価して、メッシュの歪みが減少するように融合、分割を行うようにし、メッシュが境界条件や流体の諸量の変化の大きさに合わせて自己組織化し、気相の媒質中に生成する液相のクラスターや、液相中に生成する気相のバブルを含む流体運動を計算することを考えた。そして、Sn のファンデルワールス状態方程式を考え [3]、これにマクセルの規則を用いて、温度、密度に対する液相、気相の比率を求め、それを満足するようにセルを分割することで相転移、相分離を扱うようにし、レーザー照射された Sn 液滴が、溶融、蒸発する際に粒子となって飛散する過程や、いったん気化した Sn が凝結する過程を扱うことを考えた。講演では、開発したコードを用いた、初期に超臨界状態にある物質が自由空間に膨張する際に凝結するテスト計算の結果や、そこで見出された問題点、およびその解決方法について議論する。

参考文献：

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

[2] 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).

[3] D. A. Young and B. J. Alder, Phys. Rev. A, **3**, 364 (1971).

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。