

EUV 光源ターゲットのアブレーションによる粒子発生モデル構築 Modeling of article emission from the target of EUV source through laser ablation

佐々木明¹、砂原淳²、西原功修³、西川亘⁴

原子力機構¹、パデュー大²、阪大レーザー研³、岡山大⁴

QST¹, Purdue univ.², ILE Osaka univ.³, Okayama univ.⁴

Akira Sasaki¹, Atsushi Sunahara², Katsunobu Nishihara³, Takeshi Nishihkawa⁴

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

われわれは、次世代半導体リソグラフィ用レーザープラズマ EUV 光源の実用化に重要な、プラズマの密度分布の最適化や、照射後残留するデブリ粒子の抑制方法を明らかにするためのシミュレーション研究を行っている。

EUV 光源に用いられる Sn ターゲットのレーザーアブレーションの過程では、初期に液体の物質がプラズマ化するまでの間に気液相転移が起こり、粒子が発生すると考えられる。物質の状態は状態方程式によって決まり、マクセルの規則によって決まる温度、密度領域において二相共存状態となり、物質は気体と液体の部分に分かれることが知られている。われわれは、ラグランジ流体シミュレーションにメッシュの動的再配置のアルゴリズムを組み込み、メッシュの分割、再配置を行って、気液相転移にともなう粒子発生ダイナミクスを計算するようにした。このような二相共存状態の振る舞いを評価するために、流体方程式を保存系で解くことが重要である。

(図) は初期直径 20 μm 、温度 2,000 K の Sn 円柱を、一様、一定に $2.5 \times 10^{12} \text{ W/cm}^3$ のレートで加熱した場合の密度分布の時間発展を示し、最初に液相の物質の内部に気泡が発生し、それが成長してターゲット全体が粒子に分解する様子を示す。計算の結果は、ターゲット内部で気相の部分が支配的になることによりそれまで静止していた物質が急激に膨張を始めることや、加熱レートが小さい時は粒子発生が見られるのに対し、加熱レートが大きく、膨張前に臨界温度を超える時は一様な密度分布を保ったまま膨張するなどの特徴を示す。

現在、EUV 光源で実際に行われている、短パルスレーザー照射によって生じる衝撃波でターゲットを分散させる過程のシミュレーションや、粒子とレーザー光の相互作用の解析を行い、EUV 光源のより具体的な評価を行うことを目指し、モデル、計算手法の研究開発を進めている。



(図) 加熱された Sn 円柱の膨張のシミュレーション例

謝辞：本研究は、科研費挑戦的萌芽研究（26610195）の援助を受けて実施された。