

レーザー駆動 EUV 光による物質アブレーションにおける イオン膨張に関する研究

**Study of ion expansion from material ablation plasma generated
with laser-driven Extreme ultraviolet (EUV) radiation**

阪大レーザー研¹, (公財)レーザー総研²

◦出口亮¹, 田中のぞみ¹, 増田将也¹, 砂原淳², 村上匡且¹, 余語覚文¹, 西村博明¹

Institute of Laser Engineering, Osaka Univ.¹, Institute for Laser Technology²,

◦R. Deguchi¹, N. Tanaka¹, M. Masuda¹, A. Sunahara², M. Murakami¹,

A. Yogo¹, H. Nishimura¹

E-mail: deguchi-r@ile.osaka-u.ac.jp

次世代半導体技術として脚光を浴びている極端紫外(EUV)光の研究が進展し、実験室レベルで高出力の EUV 光が得られるようになり、集光させた EUV 光による物質アブレーションに関する研究を進めている。光子エネルギーが数 10-数 100 eV の EUV の臨界密度は固体密度($n_e > 10^{23} / \text{cm}^3$)を超え、また、光電離作用により物質を直接電離させることができる。しかし EUV アブレーションの物理の詳細は解明されていない部分が多く、特にアブレーションで生じたプラズマプルームが如何に膨張し加速されるのかは明確にされていない。従来のレーザーアブレーションとの比較を交えながら、この物理を解明することで、ワイドバンドギャップ材料を対象とした微細加工など EUV 光の新しい応用手段を見出す契機となることが期待できる。

本研究では液体窒素で冷却した銅の回転ドラムの周りに凝着した固体 Xe に Nd:YAG レーザー(1064 nm, 10 ns, 10 Hz)を集光照射し、波長 11 nm を中心とした EUV 光パルスが発生させ、これをトロイダル金ミラーにより Si サンプル面に集中照射した(照射強度: $5 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$)。比較として、同じ集光強度とした Nd:YAG レーザーによる Si アブレーションも行った。

これまでの研究より、レーザーアブレーションでは球状のプラズマから広角にイオンが膨張し、EUV 光によるアブレーションでは平板状のプラズマからサンプル面垂直方向主に多くイオンが膨張していることが分かっている。本研究ではプルームの膨張の物理をより詳細に理解するため、サンプル面から膨張するイオンの運動エネルギー分布に着目した。レーザーアブレーションでは低エネルギー(100-200 eV)側にイオン分布が集中しているのに対し、EUV 光によるアブレーションでは高エネルギー側にもイオンが分布し、指数関数的に減少していることが分かった。更に電磁場を用いた価数、質量、エネルギー分析器を用いて、EUV アブレーションの特性を明らかにしている。講演では膨張イオンの運動エネルギースペクトルに対する考察に加え、上記の価数、質量、運動エネルギー分析の詳細な実験結果も合わせて発表する。