

軟X線レーザーによるアブレーション研究

Study of Soft X-Ray Laser Ablation

量研関西研¹ ○石野 雅彦¹

QST¹, Masahiko Ishino

E-mail: ishino.masahiko@qst.go.jp

パルスレーザーを物質に集光照射するとアブレーションが起こり、表面には不可逆的な損傷構造が形成される。アブレーションによる物質表面の損傷すなわち形状変化は、しばしば表面加工技術として利用研究の対象となる。アブレーションによって物質表面に損傷が形成される最小の照射エネルギーをアブレーション閾値または損傷閾値という。アブレーション閾値は、レーザーの発振波長またはパルス幅に依存することが知られている。同様にアブレーションによる損傷構造も照射レーザーのパルス幅によって変化する。また、表面加工技術への展開を考えた場合、微細化や精密化にはレーザー波長の短波長化が必須となる。照射レーザーの発振波長およびパルス幅はアブレーションを研究する上で、考慮すべき要素となる。

レーザー技術および加速器技術の進歩によって、波長 10 nm 領域に発振波長をもつプラズマ軟 X 線レーザーや軟 X 線自由電子レーザーが実現し、これらを用いたアブレーション研究が可能となった。また、軟 X 線をナノメートルサイズにまで集光可能な光学素子も開発されており、軟 X 線レーザーとの組み合わせによる微細加工研究の加速も期待されている。現在までに我々は、パルス幅 7 ps のプラズマ軟 X 線レーザー（発振波長 13.9 nm）およびパルス幅 70 fs の軟 X 線自由電子レーザー（発振波長 10.3 nm および 13.5 nm）を用いたアブレーション研究を行ってきた。そして、ピコ秒およびフェムト秒パルスの短パルス軟 X 線レーザー照射による物質のアブレーション閾値は、他の長パルスレーザーや長波長レーザー照射に比べて低いこと、また、物質の内殻吸収端の前後では形成される構造に相違が現れることなどを見出してきた。加えて、軟 X 線レーザーの短パルス性を利用した感光性樹脂材料の感度評価からは、従来のナノ秒パルスの軟 X 線照射に比して露光に必要な照射強度が低くなることも見出している。

発表では、我々のグループが行っている軟 X 線レーザーによるアブレーション研究の中から金属、半導体、誘電体、そして感光性樹脂材料に対する代表的な成果[1-4]を理論モデルとの比較も合わせて紹介する。

[1] M. Ishino *et al.*, *Applied Physics A* **110**, 179 (2013).

[2] T. -H. Dinh *et al.*, *Communications Physics* **2**, 150 (2019).

[3] K. Mikami *et al.*, *Optics Letters* **45**, 2435 (2020).

[4] Y. Hosaka *et al.*, *Applied Physics Letters* **115**, 073109 (2019).