

## フェムト秒アブレーション加工による熱影響の定量評価

## Quantitative evaluation of thermal effects induced by femtosecond laser ablation

東大物性研<sup>1</sup> °谷 峻太郎<sup>1</sup>, 小林 洋平<sup>1</sup>ISSP, Univ. Tokyo<sup>1</sup>, °Shuntaro Tani<sup>1</sup>, Yohei Kobayashi<sup>2</sup>

E-mail: stani@issp.u-tokyo.ac.jp

フェムト秒レーザー光源によるアブレーション加工は、光から電子系への移行を支配する波長・パルス幅・フルエンス、電子系から格子系へのエネルギー移行に対応するサブピコ領域から熱伝搬が大きく寄与するピコ秒領域に大きな影響を与えるパルス幅、熱蓄積や表面形状に大きな影響を与えるバースト・繰り返し周波数など、数々のパラメーターに加工速度・加工品質が決定される。なかでもアブレーション後に対象内部に残留した熱は物質の変形などを引き起こすことから、微細加工の品質を制御するうえで重要な要素となっている[1,2]。熱影響の有無は主として光学顕微鏡ないしは電子顕微鏡により測定された画像をもとに人の目を通して評価が行われてきており、最適化のための加工と評価の繰り返しの過程で大きな人的・時間的コストが掛けられている。我々は全自動レーザー加工測定システムにその場測定装置を組み込むことで、加工直後の温度と表面形状の関係を定量的に評価可能なシステムを構築し、熱影響の定量的な評価を試みた。

前回の学会において報告した全自動レーザー加工測定システム[3]に赤外線カメラを導入し、パルス照射後の加工部近傍の温度を測定および顕微測定を行った。赤外線カメラとレーザーパルスのタイミングを同期させレーザーパルス照射後 10  $\mu$ s 後の温度測定をおこなった。レーザーのパラメーターに応じた表面形状の変化に伴い放射率が変化することから、赤外線カメラによって加工痕自体の温度評価が困難である。このため加工部周辺に予め放射率の高い構造を書き込み、加工部周辺の温度から加工後に蓄積された熱の評価を行った。加工対象には銅、ニッケル、SUS を用い、パルス幅、繰り返し周波数、バースト数、パルスエネルギーの様々な組み合わせに対し、加工部近傍の温度上昇と顕微測定画像の定量的な比較を行った。図 1 に銅に 20  $\mu$ J, 230 fs のパルスを照射した直後の温度上昇を示す。ジェントルアブレーション領域では数度程度の温度上昇に止まり、熱的影響が低減されていることがわかる。

本研究の一部は、NEDO 委託事業「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」および SIP 委託事業「光・量子を活用した Society 5.0 実現化技術」により実施した。

- [1] A. Ancona et al., *Opt. Express* **16**, 8958 (2008).
- [2] C. Kerse et al., *Nature* **537**, 84 (2016).
- [3] 谷、小林、第 81 回応用物理学会秋季学術講演会

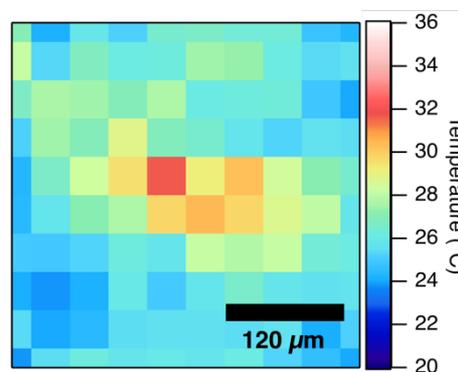


FIG. 1 Thermal distribution after laser pulse irradiation.