

フェムト秒レーザー穴あけ加工におけるフィードバック制御

Automated Feedback Control for Femtosecond Laser Microdrilling

東大物性研¹, [○]場本 圭一¹, 谷 峻太郎¹, 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, [○]Keiichi Bamoto¹, Shuntaro Tani¹, Yohei Kobayashi¹

E-mail: k.bamoto@issp.u-tokyo.ac.jp

フェムト秒パルスレーザーは多様な材料に種々の高精度加工を施す手段として期待されている。中でも高速に高品質な微細穴をあけるためのレーザー加工の手法としてパーカッションドリリング[1]、トレパニング[2]などが研究されてきた。これらの利点を兼ね備えた穴あけを実現するため、我々は加工中のビームの伝搬に着目してビームモード可変レーザー加工システムを構築した。さらに裏面穴形状のモニタリング系を組み込み、最適化アルゴリズムを用いてビームモードにフィードバックすることで自動的に裏面穴形状の真円度を向上できる可能性を報告した[3]。レーザー加工は高次の非線形過程を内包する不可逆過程であるため、同じパラメータでも異なる結果となる場合がある。このような系において、フィードバックによる最適化が進むかどうかは重要な研究課題となっている。本発表ではレーザー穴あけ加工におけるビームモードの最適化において、再現性を検証するために繰り返し実験を行ったので報告する。

楕円形の微細穴あけをターゲットとし、加工パラメータの自動最適化を行った。実験系を図 1. に示す。光源は中心波長 800 nm、パルス幅 35 fs、繰り返し 1 kHz の Ti:Sapphire レーザーである。空間光位相変調器(SLM)により集光点でのビームモードを変化させている。材料の裏面に顕微光学系を構築することで加工直後にその場で裏面穴形状を取得する。得られた穴形状と目標形状との差分を評価関数として使い、次のビームモードにフィードバックして加工することを繰り返し、最適化を行なった。図 2. にレーザー微細穴あけ加工のビームモード最適化の過程を示す。材料は 50 μm 厚の SUS304 である。グラフの横軸は最適化の試行回数、縦軸は加工の結果得られた穴形状と目標形状との差分、エラーバーは同一パラメータで 7 回加工した結果の標準偏差を示している。画像は最適化の過程における裏面穴形状の SEM 像であり、赤色点線で示した目標形状との差が徐々に減少し、最適化が進行していることがわかる。発表では繰り返し実験による再現性の検証結果について報告する。

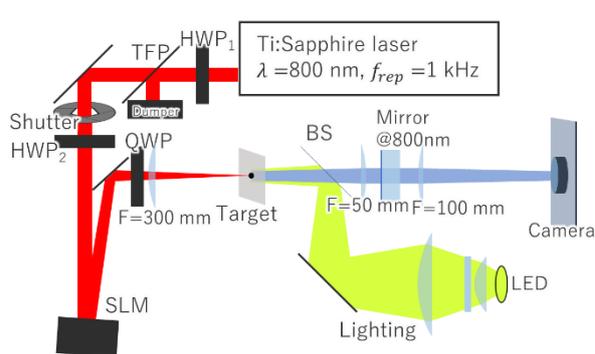


Fig.1 Laser beam mode optimizer for microdrilling
HWP: Half Wave Plate, QWP: Quarter Wave Plate TFP: Thin Film
Polarizer, SLM: Spatial Light Modulator BS: Beam Splitter

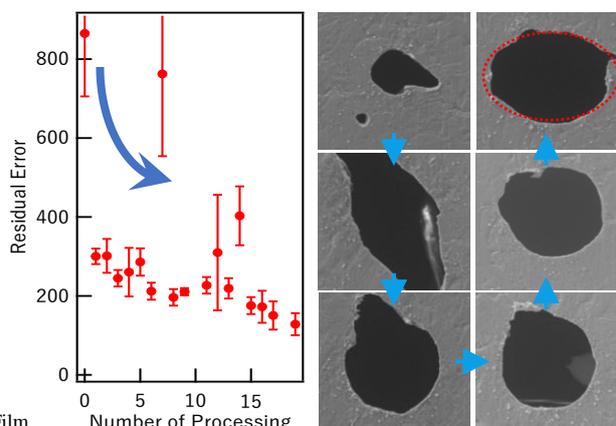


Fig.2 Beam mode optimization

- [1] M. Ghoreishi, D.K.Y. Low, L. Li, Int. J. Mach. Tool. Manu. 42(9), 985-995. (2002)
[2] J. J. Chang, B. E. Warner, E. P. Dragon, and M. W. Martinez, J. Laser Appl. 10, 285 (1998)
[3] 場本 圭一、他、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会[18p-N304-14]、北海道大学札幌キャンパス(2019)

【謝辞】本研究の成果の一部は SIP 光・量子を活用した Society5.0 実現化技術及び NEDO 委託事業により得られたものです。