フェムト秒レーザー微細穴あけ加工におけるビームモード自動最適化

Automated Beam Mode Optimization for Femtosecond Laser-based Microdrilling

東大物性研 [1], ○場本 圭一 [1], 谷 峻太郎 [1], 小林 洋平 [1]

ISSP, Univ. Tokyo[1], ○Keiichi Bamoto[1], Shuntaro Tani[1], Yohei Kobayashi[1]

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。パーカッションドリリングは優れたアスペクト比や加工時間が達成可能である一方で加工中のプラズマやデブリによる影響を受けやすく、加工穴の内部形状が歪められてしまうためトレパニングなどの手法には表面及び裏面穴形状の真円度などにおいて劣る。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、パーカッションドリリングにおける穴形状を改善する最適ビームモードが存在することを明らかにした[3]。本発表では加工システム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した結果について報告する。

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)を導入し、波面の位相変調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撮影し、輪郭検出アルゴリズムを用いて穴形状を評価した。得られた穴形状の面積と真円度を組み合わせた評価関数を用い、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 200μm厚の SUS304 である。横軸は試行回数、縦軸は加工の結果得られた穴形状の面積と真円度からなる評価関数を示している。上部に矢印で示したタイミングにおける輪郭検出した裏面穴形状の画像を示す。試行を重ねるごとに評価関数が改善しており、真円度の高い穴加工に向けたビームモードの自動最適化システムの稼働に成功した。

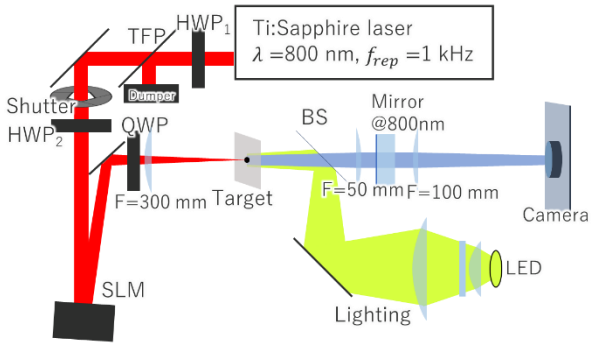

Fig.1 Laser beam mode optimizer for microdrilling
HWP: Half Wave Plate, , QWP: Quarter Wave Plate TFP: Thin Film Polarizer, SLM: Spatial Light Modulator BS: Beam Splitter

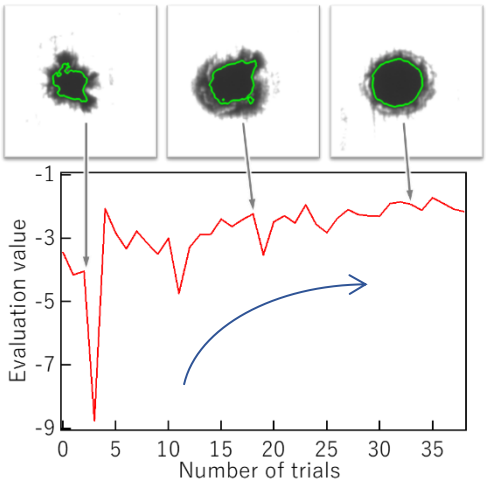

Fig.2 Beam mode optimization

[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 66 回応用物理学会春季学術講演会[9a-W631-8]、東京工業大学大岡山キャンパス(2019)

【謝辞】本研究の成果の一部は NEDO 委託事業により得られたものです。