

## 穴加工におけるフェムト秒レーザー生成超音波を用いた 対物レンズの位置制御

### Axial position control of an objective lens using laser excited ultrasound for laser drilling

宇都宮大オプティクス <sup>○(M2)</sup>三浦 拓真, 熊谷 幸汰, 早崎 芳夫

Utsunomiya Univ. CORE, <sup>○(M2)</sup> Takuma Miura, Kota Kumagai, Yoshio Hayasaki

E-mail: miura\_t@opt.utsunomiya-u.ac.jp

フェムト秒レーザーを物質に集光照射すると、多光子吸収によるキャリアの生成、電子格子相互作用を介して、広帯域の音波が生成される。この音波は、対象物の状態によって劇的に変化し、生体の構造や機能の計測に適応される。レーザー加工分野においても、生成音を用いたオートフォーカスシステムや材料分析に適応される。

フェムト秒レーザー加工において、ターゲットに対する適切な焦点位置の決定は、加工の品質やスループットを向上するために重要である。その適切な焦点位置は、材料の表面形状やアブレーションによる表面形状の変化により変動するため、事前の実験による条件出しやリアルタイムモニタリングを必要とする。代表的な方法として、光学的な観測方法が適用されているが、不透明材料において深部の観測を行うことが容易ではない。

本研究では、取得された生成音から対物レンズの位置を制御し、加工時のアブレーションによる表面形状の変化に応じた穴加工を目指す。ターゲットに集光照射した際の加工穴の深さと生成音の関係、一定の速度で対物レンズを近づけた際の加工穴の深さと生成音の関係を明らかにし、レーザー加工における焦点位置の制御を行う。

実験システムを Fig. 1 に示す。フェムト秒レーザーパルス(中心波長 1028nm, パルス幅 129fs)が、焦点距離 4 mm (NA = 0.55)の対物レンズによりターゲットのガラスへ集光照射された。発生する音波は、マイクロフォン(10Hz~200kHz)で検出され、信号増幅器と A/D 変換機を介してコンピュータで取得された。加工穴深さは、ターゲットを側面から撮影した画像から計測された。

Fig. 2 は、パルスの照射回数に対する生成された音波の音圧と加工穴の深さを示す。パルスエネルギーは 23.4μJ の場合の結果である。音圧は、パルスの照射回数に伴って小さくなった。これは、パルスの照射にともない表面がアブレーションされ、ターゲット表面に集光照射されなくなったことと、加工穴の構造によって音圧が減衰したと考察される。この音圧から、加工穴の深さを推定し、対物レンズの位置の制御を行うことで加工穴形状に適応した加工を行う。

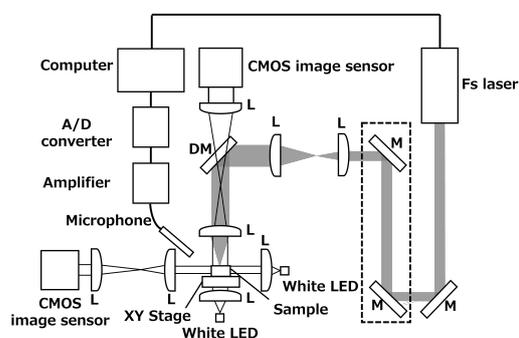


Fig. 1 Experiment setup. DM: dichroic mirror, L: lens, M: mirror.

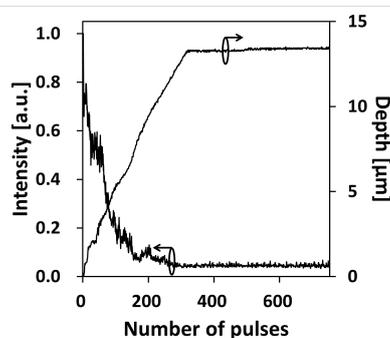


Fig. 2 Sound pressure and processing depth versus the number of pulses.