

励起電子への過渡選択的光吸収による合成石英ガラス除去閾値の評価

Material Removal Threshold of Transient and Selective Laser Absorption

into Excited Electrons in Fused Silica

東大院工¹, AGC 株式会社² ○(D)吉崎 れいな¹, 吉武 俊哉¹, 伊藤 佑介¹, 魏 超然¹, 柴田 章
広², 長澤 郁夫², 長藤 圭介¹, 杉田 直彦¹

Univ. Tokyo¹, AGC Inc.², °Reina Yoshizaki¹, Shunya Yoshitake¹, Yusuke Ito¹, Chaoran Wei¹,

Akihiro Shibata², Ikuko Nagasawa², Keisuke Nagato¹, Naohiko Sugita¹

E-mail: r.yoshizaki@mfg.t.u-tokyo.ac.jp

ガラス微細加工技術の中で、超短パルスレーザ加工は非接触に高精度かつ自由度の高い加工が行える点で優れるが能率に課題がある。我々が開発した過渡選択的レーザ加工法 (Transient and Selective Laser processing: TSL) では超短パルスレーザによって生成した電子励起領域にガラスを透過する波長の低強度な長パルスレーザを選択的に吸収させることで超短パルスレーザ加工の能率を飛躍的に増大することに成功した[1]。ただしこの加工メカニズムの詳細は明らかになっていない。そこで本研究ではTSLの加工メカニズムを検討するため、合成石英ガラスにTSLを適用し、加工閾値を計測した。

実験では図1に示す光学系を用いて、波長 514 nm, パルス幅 180 fs の超短パルスレーザ 1 パルスと、波長 1070 nm の連続波ファイバーレーザから 100 μs の時間幅を切り出した長パルスレーザを 5 倍の対物レンズ(M Plan Apo NIR 5x, Mitsutoyo)で同軸に集光した。ビームプロファイラで空間分布を計測することで TSL 加工の可否の条件依存性を精密に調査した。TSL 加工の一例を図 2(a)に示す。サンプル表面位置と超短パルスレーザパルスエネルギー, 長パルスレーザ出力を変化させ、明らかにした加工の成立条件を図 2(b)に示す。成立した TSL 加工における除去・非除去領域の境界に対応する超短パルスレーザによる励起電子密度 [2]と長パルスレーザ強度を計算し、除去領域が長パルスレーザ光強度と超短パルスレーザ電子励起密度の関係であらわされることが示された (図 3)。講演では長パルスレーザの吸収メカニズムについて計算モデルを用いて議論する。本研究で TSL 加工メカニズムの一端が明らかになると共に、除去の簡易モデルが示されたことで、TSL を用いた任意形状の加工の実現につながることが期待される。

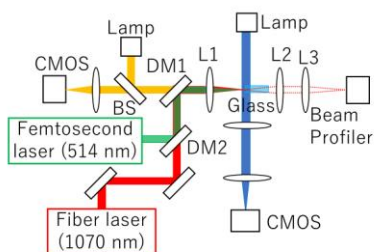


図1 光学系
(BS: Beam Splitter,
DM: Dichroic mirror)

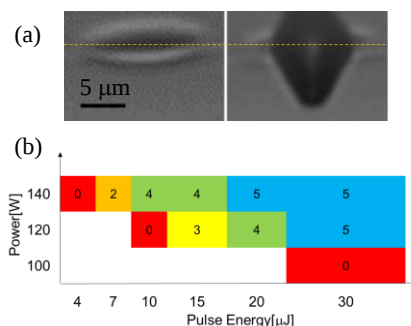


図 2(a)(左)超短パルスレーザ加工(Ep: 60 μJ), (右)TSL 加工(Ep: 60 μJ, P: 200 W),
(b)加工成立回数(n=5)のパルスエネルギー・
CW レーザ出力依存性

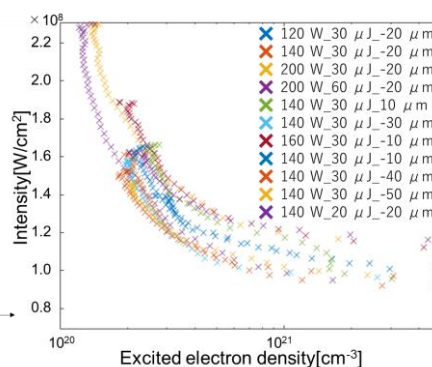


図3 除去・非除去領域境界における
長パルスレーザ強度と励起電子密度

[1] Y. Ito, et al. *Appl. Phys. Lett.*, 113, 061101 (2018)

[2] C. Wei, et al. *Opt. Express*, 28, 10: 15240-15249(2020)