

# 励起電子への過渡選択的吸収による合成石英ガラス除去メカニズム

## Material Removal Mechanism of Transient and Selective Laser Absorption into Excited Electrons in Fused Silica

東大院工<sup>1</sup>, AGC株式会社<sup>2</sup> ○(D)吉崎 れいな<sup>1</sup>, 伊藤 佑介<sup>1</sup>, 吉武 俊哉<sup>1</sup>, 小池 匠<sup>1</sup>,

魏 超然<sup>1</sup>, 柴田 章広<sup>2</sup>, 長澤 郁夫<sup>2</sup>, 長藤 圭介<sup>1</sup>, 杉田 直彦<sup>1</sup>

Univ. Tokyo<sup>1</sup>, AGC Inc.<sup>2</sup>, °Reina Yoshizaki<sup>1</sup>, Shunya Yoshitake<sup>1</sup>, Yusuke Ito<sup>1</sup>, Takumi Koike<sup>1</sup>,

Chaoran Wei<sup>1</sup>, Akihiro Shibata<sup>2</sup>, Ikuo Nagasawa<sup>2</sup>, Keisuke Nagato<sup>1</sup>, Naohiko Sugita<sup>1</sup>

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

ガラス微細加工技術の中で、超短パルスレーザー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てい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ー加工法 (Transient and Selective Laser processing: TSL) は超短パルスレーザーで生成した電子励起領域にガラスを通常透過する波長の低強度な長パルスレーザーを選択的に吸収させることで、超短パルスレーザー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。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 を適用した際の加工現象を高速観察し、加工進展可能時間とレーザーパラメータの関係を調査した。

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ー 1 パルスと、波長 1070 nm の連続波ファイバーレーザーから 100  $\mu$ s の時間幅を切り出した長パルスレーザーを 5 倍の対物レンズ(M Plan Apo NIR 5x, Mitsutoyo)で同軸に集光した。その加工の様子を、横面からレーザー光源 (CAVILUX HF, Cavitator) と高速度カメラ (HPV-X2, Shimadzu) を用いて高速観察した。超短パルスレーザー加工と TSL 加工の高速観察をそれぞれ図 2(a)(b)に示す。超短パルスレーザーのみによる加工と比較して、加工領域が 4  $\mu$ 秒程度で深さ方向に広がる (図 2(b))。加工深さが広がる速度は長パルスレーザーの出力に依存し (図 3(a))、加工の終了時刻は超短パルスレーザーのパルスエネルギーに大きく依存することが明らかになった (図 3(b))。このことから、超短パルスレーザーによって形成される過渡的な材料状態が加工可能時間を決定づけることが示唆された。講演においては過渡的な吸収を可能にする要因と、長パルスレーザー照射の吸収への影響を議論する。

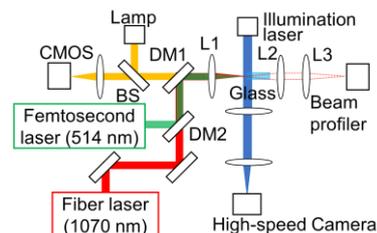


図 1 光学系

(BS: Beam Splitter, DM: Dichroic mirror)

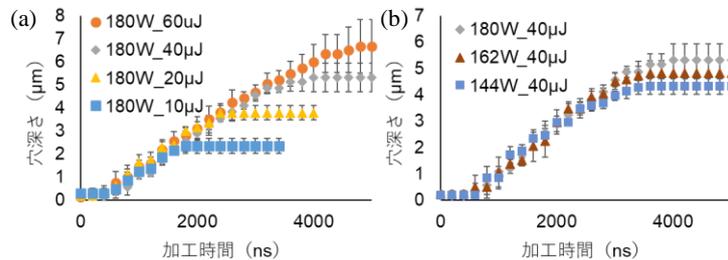


図 3 穴深さの時間変化. (a)パルスエネルギー(b)レーザー出力依存性

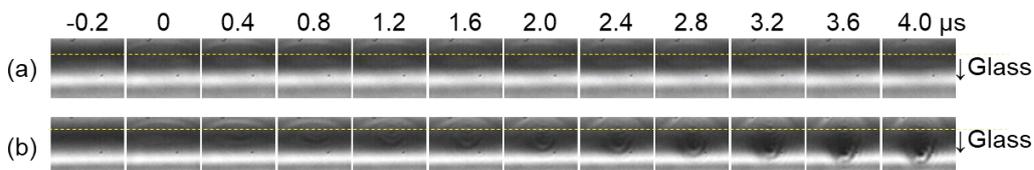


図 2 高速観察結果. (a)超短パルスレーザー加工. (b)TSL 加工(パルスエネルギー 40  $\mu$ J, 長パルスレーザー出力 180 W)

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