

高電子密度領域への選択的光吸収によるガラスの 超高速微細精密レーザ加工

Ultrafast and precision processing of glass by selective absorption of laser beam into
high-electron-density region

東大院工¹, AGC 株式会社² °伊藤 佑介¹, 吉崎 れいな¹, 宮本 直之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 °Yusuke Ito¹, Reina Yoshizaki¹, Naoyuki Miyamoto¹, Akihiro Shibata²,
Ikuo Nagasawa², Keisuke Nagato¹, Naohiko Sugita¹

E-mail: y.ito@mfg.t.u-tokyo.ac.jp

ガラス材料に微細加工を高能率かつ精密に施す技術が、光学機器、電子機器、バイオ製品など様々な分野において求められている。微細加工を施す手法としてフェムト秒レーザ加工が注目されているものの、ガラスのフェムト秒レーザ加工には加工能率が低い、精密加工が困難という課題が存在する。我々は、フェムト秒レーザ照射によりガラス内部に局所的な高電子密度領域を形成し、その領域にのみ選択的に連続波レーザを吸収させることにより、従来の 5000 倍の加工速度で、クラックのない精密加工を実現した[1]。本研究では、フェムト秒レーザと連続波レーザの照射タイミングが加工に及ぼす影響を評価することで、加工メカニズムの推定を試みた。

実験では、ガラス表面に波長 780 nm、パルス幅 210 fs、パルスエネルギー 60 μ J のフェムト秒レーザを 1 パルス集光し、材料内部へと伸びる高アスペクト比の高電子密度領域を形成した。形成した高電子密度領域に、出力 80 W の連続波レーザを 50 μ s 照射し、穴加工を行った。Fig. 1(a)に、フェムト秒レーザと連続波レーザの照射タイミングを示す。フェムト秒レーザ照射と連続波レーザ照射開始の時間差を t_0 と定義する。 t_0 を変化させながら、各条件において 4 回ずつ実験を行った。その結果、Fig. 1(b)に示すように、 $t_0 = 600$ ns を境として、加工の有無が劇的に変化することが明らかとなった。加工閾値となる $t_0 = 600$ ns において、4 回の実験のうち、2 回では全く加工が起こらず、残りの 2 回では深さ約 150 μ m の穴加工が実現したために、誤差範囲が大きく示されている。

以上の結果は、光吸収が一旦開始すれば、吸収開始位置を起点として、ダイナミックに加工が伸展することを示唆している。講演では、加工閾値となる時間のパルスエネルギー依存性を示し、材料内部の温度分布シミュレーションと比較することにより、連続波レーザ光の吸収が引き起こされるメカニズムについて議論する。

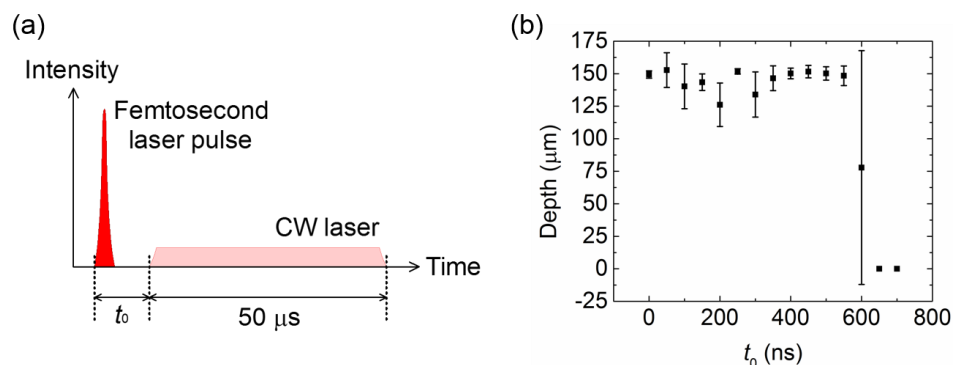


Fig. 1 (a) Timing of irradiations. (b) Dependence of depth of drilled holes on t_0 .

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