軸方向放電励起 CO_2 レーザーによる薄板ガラスの穴あけ加工

Thin glass drilling by longitudinally excited CO_2 laser

山梨大 [1]，°馬場善仁 [1]，宇野和行 [1]
Univ. Yamanashi [1], °Yoshihito Baba [1], Kazuyuki Uno[1]
E-mail: g20te016@yamanashi.ac.jp

1. 背景・目的

ガラスは，建築物や自動車，家具，スマートフォンなど身の回りの様々な物に用いられている．そのため、ガラスの加工技術の高効率・高品質化は，産業分野の大きな発展に繋がる．ガラスは，CO_2 レーザーの発振波長である 9.2 μm—11.4 μm の光を高く吸収する．高効率・高品質な CO_2 レーザー加工のためには，レーザーパルス波形の制御が重要となる．我々は，レーザーパルス波形の制御が可能な小型で単純な装置の実現のために，軸方向放電励起 CO_2 レーザーの研究を行ってきた．これまでに小型で単純な装置によるレーザーパルス波形（テールフリー短パルス，テール付き短パルス，長パルス）の制御が実現した[1]．本研究では，軸方向放電励起 CO_2 レーザーによる厚さ 146 μm のホウケイ酸ガラスの高効率・高品質な穴あけ加工の条件が調査された．

2. 実験装置

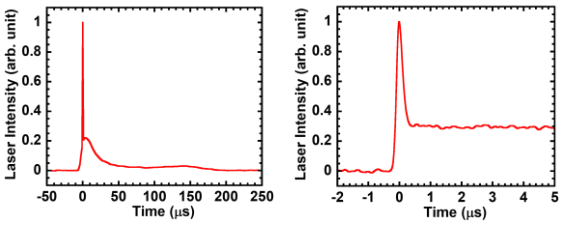

Fig. 1. Laser pulse waveform.

Fig. 1 は，本研究で用いられたレーザーパルス波形である．レーザーパルスは，尖頭パルス幅 270 ns，尖頭パルス部分のエネルギー2.32 mJ，テール長 198 μs，尖頭パルスに対するテールのエネルギー比 1：25 のテール付き短パルスであった．レーザーの繰り返し周波数は 1 Hz であった．サンプルに対する冷却やデブリ除去のためのアシストガスは用いられなかった．集光レンズの焦点距離は 12.7 mm であり，集光レンズの焦点位置がガラス表面になるよう設置された．レーザーの集光径は，118.6 μm であった．レーザー1 パルスあたりのフルエンスは，365 J/cm^2 と 89.0 J/cm^2，62.3 J/cm^2 であった．NA は，0.706 であった．ガラスには，厚さ 146 μm のホウケイ酸ガラスが用いられた．本研究では，総照射フルエンス（1 パルスあたりのフルエンス×照射パルス数）に依存する集光径と加工径の比（(貫通穴径/集光径）×100，（熱影響層の径/集光径）×100）が調査された．

3. 実験結果

Fig. 2 は，サンプルの表面写真とテール付き短パルスにおける総照射フルエンスに依存する集光径と加工径の比である．1 パルスあたりのフルエンスに依存せず，最小の貫通穴径は，集光径に対して約 50%の大きさであった．1 パルスあたりのフルエンスが 89.0 J/cm^2 以上において，総照射フルエンスに依存する集光径と熱影響層の比は，1 パルスあたりのフルエンスに依存しなかった．表面写真は，1 パルスあたりのフルエンス 89.0 J/cm^2，照射回数 3 回の加工結果である．このとき，貫通穴径は 54.5 μm，熱影響層の径は 153.5 μm であった．

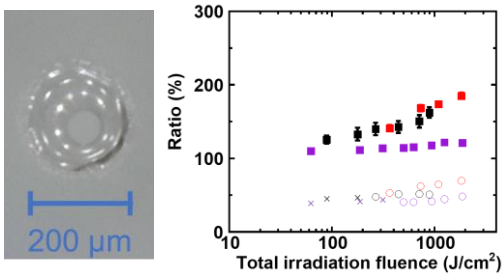

Fig. 2. Picture of sample surface and dependence of Ratio on total irradiation fluence. Red is 365 J/cm^2, black is 89.0 J/cm^2 and purple is 62.3 J/cm^2. Circles are holes diameter, squares are heat affect zones diameter and crosses are no holes.

謝辞

研究成果の一部は，JST A-STEP シーズ育成タイプ（AS3015041S）によるものである．

本研究は，精電舎電子工業株式会社の支援を受けている．

参考文献

[1] K. Uno, T. Yamamoto, T. Akitsu, T. Jitsunno, “Glass drilling by longitudinally excited CO_2 laser with short pulse”, Proceedings of SPIE, 9350, 93501E (2015).