

Si におけるレーザー加工痕のパルス時間幅依存性

The pulse duration dependence of laser ablation crater on Si

徳島大院創成¹, 東大物性研², 秋田大理工³ ○三村 一暉¹, 高橋 孝², 山口 誠³, 小林 洋平², 富田 卓朗¹Tokushima Univ.¹, Univ. of Tokyo², Akita Univ.³, °Kazuki Mimura¹, Takashi Takahashi²,Makoto Yamaguchi³, Yohei Kobayashi², Takuro Tomita¹

E-mail: mimura@ee.tokushima-u.ac.jp, tomita@tokushima-u.ac.jp

超短パルスレーザーは非熱加工及び透明材料への内部加工が可能である点から、産業分野において新規加工手法として期待されている。一方で加工メカニズムには未解明な点も多く、その一つとして熱加工・非熱加工が遷移するパルス時間幅が不明な点が挙げられる。

今回、シリコン(Si)表面上にレーザー光を照射した場合の、レーザー加工痕のパルス幅依存性及びフルエンス依存性観察を目的として研究を行った。試料として表面粗さ $R_a \approx 0.2 \text{ nm}$ の Si を用意した。レーザー照射を行った後、加工痕を走査型電子顕微鏡により観察した。照射に用いたパルスレーザーは波長 $1.03 \text{ }\mu\text{m}$ 、繰り返し周波数 1 MHz 、パルス数 10^5 shot である。今回ピークフルエンスを 1 から 10 J/cm^2 、パルス時間幅を 1.5 から 23 ps まで変化させ照射を行った。

ピークフルエンス 10 J/cm^2 、パルス時間幅はそれぞれ 1.5 ps (左図)、 23 ps (右図)で照射を行った照射痕の走査型電子顕微鏡像を図 1 に示す。光電場方向は図 1 の水平方向である。観察された加工痕において、周辺部分から、隆起領域、穴あき領域の二つの領域が観察された。穴あき領域はレーザー照射に伴ってアブレーションが発生したと考えられる。一方、隆起領域については、蓄積熱影響で溶融が発生したと考えている。本研究において、アブレーションについて議論するため、穴あき領域の横方向の直径を加工径として測定を行った。

図 1 より、パルス時間幅が 1.5 ps の場合、 23 ps と比較して加工径が広がることが分かった。加工径はそれぞれ図 1 の赤矢印で示された長さに対応する。図 2 に加工径のピーク電場依存性を示す。図 2 より、約 2 TW/cm^2 未満ではピーク電場に対して変化が見られない一方、約 2 TW/cm^2 以上ではピーク電場が増加すると共に加工径が広がることが分かる。パルス幅により加工径及び表面形状が異なる理由として、パルス時間幅が短い場合、ピーク電場が増加するためだと考えている。

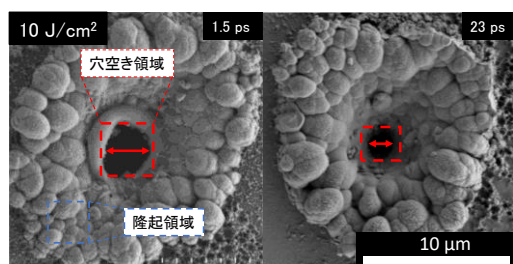


Fig. 1 Pulse duration dependence of ablated crater

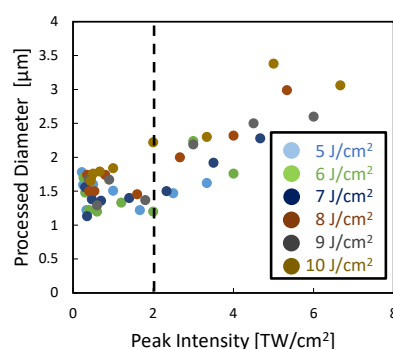


Fig. 2 Peak intensity dependence of the processed diameter