

ダブルパルス照射による基板表面励起加工過程の調査に関する研究

Investigation for ablation dynamics for photo-excited surface by ultrashort pulse laser

九州大学 林 照剛¹⁾ 廣津佑紀¹⁾ 量 研 長谷川 登²⁾ 錦野 将元²⁾ Dinh Thanh Hung²⁾

Terutake Hayashi, Yuki Hirotsu, Norobru Hasegawa, Masaharu Nishikino, Dinh Thanh Hung

¹⁾九州大学 ²⁾量 研

(概要)

ダブルパルスビームを用いたフェムト秒レーザー加工の加工現象解明のため、X線プローブを用いたカーボン膜付き合成石英基板の加工面の時間発展の特徴を調査するための研究を遂行する。本年度は、X線プローブを用いた観察を行うレーザー加工現象について、レーザー照射条件の設定、また、加工時の基板の状態変化を確認するための基礎実験を遂行したのでその結果について報告する。

キーワード : Femtosecond laser, Synthetic quartz, Ablation, Carbon film, Double pulse laser

(1行あける)

1. 目的

近年、その高い化学的安定性、電気絶縁性から、パワー半導体デバイス、マイクロ流路デバイスなどの材料として注目されている^{1,2)}。しかし、高脆性材料を機械的に微細加工するには制約が多く、また、バンドギャップ値が高く、光吸収率も低いことから、レーザーによる微細加工を行う場合にも、使用できるレーザーの波長、また、ビームの出力の点で大きな制約を受けることから、低コストで、高精度、かつ高い生産性を確保した工業的加工技術は未だ確立されていない。

そこで、合成石英基板の新たなレーザー加工技術として、基板表面にカーボン薄膜で光吸収層を形成し、フェムト秒レーザーを照射する新たな光励起加工法を提案している。本研究では、低照度の近赤外フェムト秒レーザーを用いて合成石英表面の薄膜をアブレーションし、直近の合成石英基板を高効率に微細加工する技術を確認することを目指している。

本研究課題では、カーボン薄膜を塗布した合成石英基板の加工現象をX線プローブを用いた計測で観測することをその加工現象の理解を進める予定である。本年度の課題では、X線プローブ計測を実施するために、様々なフェムト秒レーザー照射条件で、基板加工面の加工後の状態の観察を行い、カーボン薄膜付き合成石英基板の加工閾値を測定し、加工現象観察のための基板のレーザー加工条件の確認と、また、加工後の基板の加工痕を観察し、基板加工中に生じる加工現象について検討した。

2. 方法

本実験では、カーボン膜をコーティングした合成石英基板に、近赤外フェムト秒レーザーを照射し、時間的に近接した二つのピークを持つダブルパルスビームを用いて、レーザー加工を行い、X線プローブ計測に最適な合成石英の加工条件を検討する。

まず、カーボン膜(C膜)を塗布した合成石英と塗布していない合成石英をシングルパルスビームで加工し、カーボン膜の有無による加工閾値の違いを調べた。以後、C膜を塗布した合成石英をC:SiO₂、塗布していない合成石英をSiO₂と記載する。また、次に、ダブルパルスビーム照射時のカーボン光吸収層の光励起効果を調べるために、C:SiO₂に対し、ダブルパルスビームを照射し、第一パルスと第二パルスの時間間隔を変化させ、加工閾値の変化を計測した。

本実験では、加工対象としてシグマ光機社の合成石英平行平面基板(直径 25mm 厚さ 3mm 面精度 $\lambda/10$)を用いた。C膜を塗布したことによる加工閾値の変化を調べるため、上記の基板にカーボンコート(SC-701: サンユー電子(株))を用いてC膜を10~15nm塗布し、C:SiO₂とSiO₂にシングルパルス照射した。この時、照射するフルエンスを1500~7500mJ/cm²の間で変化させた。その後、加工痕を共焦点レーザー顕微鏡(CLSM: OLS 4100, OLYMPUS(株))により観察し加工閾値を計測した。

光励起効果を調べるためにC:SiO₂にパルス間隔を0.1ps, 0.5ps, 1ps, 5ps, 10ps, 20ps, 50ps, 80ps, 100ps, 150ps, 200psに設定しダブルパルス照射し、加工痕を共焦点レーザー顕微鏡(CLSM: OLS 4100, OLYMPUS(株))により観察し加工閾値を計測した。

3. 結果及び考察

Fig. 1 に C:SiO₂, SiO₂に対して、照射するフルエンスを 1500~7500mJ/cm² の間で変化させながらシングルパルス照射したときの加工閾値を計測したものを示す. C 膜を塗布した場合、塗布していない場合よりも低いフルエンスで加工が可能になったことがわかった. SiO₂の加工閾値が平均 3160mJ/cm²に対し、C:SiO₂の加工閾値は平均 1290mJ/cm²だった. C 膜の塗布により、合成石英の加工閾値の 59.1%の低下が見られた.

Fig. 2 に C:SiO₂に、ダブルパルスを照射したときの加工閾値の変化を計測したものを示す. パルス間隔が 0.1~1ps では、シングルパルス加工での加工閾値に対し、ダブルパルス加工での加工閾値は同程度である. パルス間隔が 1ps 以上から加工閾値は徐々に上昇している. このとき、加工閾値の上昇に従って、加工領域の増加が見られた. パルス間隔 100ms でレーザパルスを二発照射した実験では、SiO₂部分の加工が見られなかった. このことから、C:SiO₂へのダブルパルス加工では、1ps 後までは継続し、その後、収束していく励起現象が生じたと考えられる.

以上から、カーボン膜を塗布した合成石英と塗布していない合成石英に対しシングルパルス加工を行った結果、C 膜を塗布することで合成石英の加工閾値が 59.1%低下することを確認した. C 膜を塗布した合成石英に対し、パルス間隔を変化させながらダブルパルス加工を行った結果、パルス間隔が 1ps 以上の場合、加工閾値が上昇し、加工領域の減少がみられた.

本研究課題の遂行によって、カーボン膜付き合成石英基板について、X線プローブを用いたレーザー加工現象の計測に向けた加工用ターゲットの作成技術が確立し、X線プローブ計測のためのレーザー加工条件が確認できた. 今後、上記の基板について、X線レーザープローブを用いた加工現象計測を目指した研究を進める予定である.

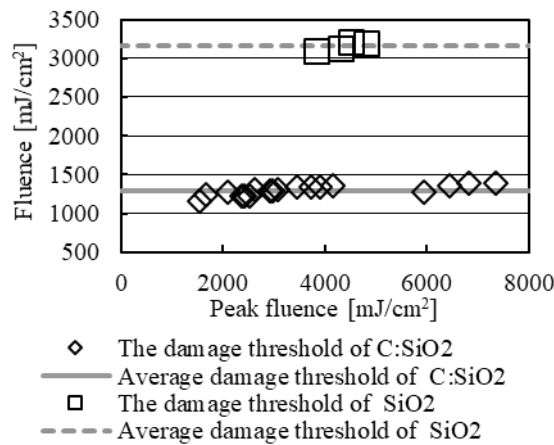


Fig. 1 C:SiO₂ and SiO₂ damage threshold of single pulse processing each peak fluence

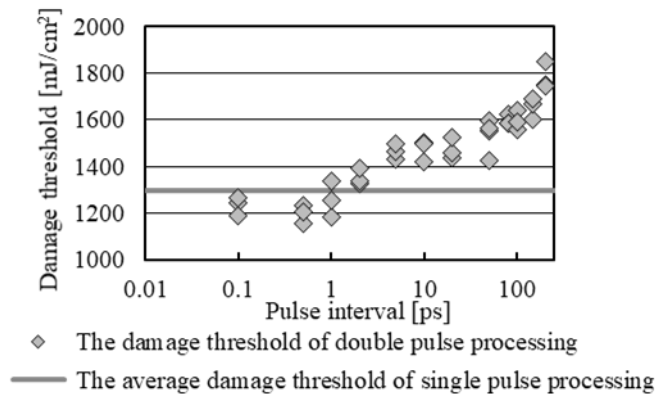


Fig.2 C:SiO₂ damage threshold of double pulse processing each pulse interval

4. 引用(参照)文献等

- (1) 山田和宏 他, 精密工学会誌, Vol. 74, No. 8 (2008), pp.785-788.
- (2) 田中健一郎 他, エレクトロニクス実装学会誌, Vol. 15, No. 6 (2012), pp.476-482.