

フェムト秒レーザー加工過程のパルス毎散乱光イメージング

Pulse-by-pulse Scattered Light Imaging of Femtosecond Laser Processing

東大物性研¹, [○](M1)青柳 弓楓¹, 谷 峻太郎¹, 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, [○]Yutsuki Aoyagi¹, Shuntaro Tani¹, Yohei Kobayashi¹

E-mail: aoyagi@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】フェムト秒パルスレーザーによる材料加工は、一台の加工機で多様な材料に対して精密微細加工を実現できることから、超スマート社会において重要な役割を担うものと期待されている。フェムト秒加工の特長を活かすには用途毎に数多くのパラメータの最適化が必要であり、その作業の効率化が求められている。パラメータ最適化を困難にしている一つの要因は複数パルスの照射に伴う温度上昇・形状変化などの蓄積であり、とりわけフェムト秒加工ではパルス光が当たる度に表面形状が変化することが知られている[1]。表面形状に依存して光吸収や局所場などレーザー光が物質を励起する過程が変化することから[2]、1 パルス毎に表面形状がどのように変化し、その変化が次のパルス光によるレーザー加工に与える影響を解明は、複数パルス照射が本質的であるレーザー加工を最適化する上で重要な課題である。本研究では、加工部分の表面形状に敏感な散乱光を高速カメラでパルス毎に測定し、パルス毎の表面形状の変化及び表面形状がレーザー加工に与える影響を明らかにすることを試みた。

【実験】加工用の光源には Ti:Sapphire レーザー (波長 800 nm, 繰り返し周波数 1 kHz) を用いた。レーザー照射部分をプローブするため、He-Ne レーザーを Ti:Sapphire レーザーと同軸で入射し、サンプル (Si, 厚さ 500 μm) から散乱された He-Ne レーザー光を高速カメラによってパルス毎に撮影した。得られた散乱パターンを Fig. 1(a) に示す。パルス毎に変化する散乱パターンは表面形状に関する多くの情報を含みうるが、ここではパルス照射により引き起こされた表面形状の変化を定量化するため、隣接する画像の差分の二乗平均平方根を散乱光の明るさで規格化したもの (NRMS) の時間発展を示す (Fig. 1(b))。点線は照射されている Ti:Sapphire レーザーの強度を表しており、レーザー照射と同期して NRMS が増減していることが分かる。さらに 3D レーザー顕微鏡で得られたアブレーション体積と、NRMS を積算した値の関係を Fig. 1(c) に示す。これらは正に相関しており、パルス毎の表面形状の変化の大きさとアブレーション体積との相関を指示している。講演では散乱パターンと表面形状のより詳細な関係について報告する。

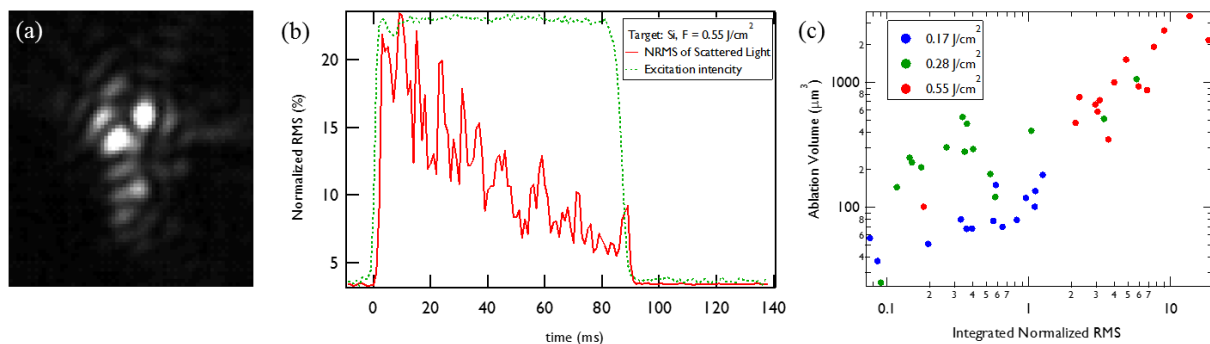


Fig. 1(a) The pattern of scattered light taken by the high-speed camera (0.17 J/cm², 505 pulses). (b) The time evolution of the NRMS and the excitation intensity. (c) The relation between the ablation volume and the integrated NRMS.

【参考文献】

[1] C.A.Zuhlke, T. P. Anderson, and D.R. Alexander, Opt. Express, 21, 8460-8473 (2013).

[2] A.Y. Vorobyev and C. Guo, Phys. Rev. B 72, 195422 (2005).

【謝辞】本研究の成果の一部は NEDO 委託事業により得られたものです。