

大規模並列フェムト秒レーザー加工

Large-scale parallel femtosecond laser processing

○長谷川 智士、早崎 芳夫 (宇都宮大オプティクス)

°Satoshi Hasegawa, Yoshio Hayasaki (CORE, Utsunomiya Univ.)

E-mail: hasegawa_s@opt.utsunomiya-u.ac.jp

我々は、高速・高効率なフェムト秒レーザー加工を実現するために、空間光変調器(SLM)に表示された計算機ホログラム(CGH)を用いたホログラフィックフェムト秒レーザー加工に関する研究を行っている。これまでのホログラフィックレーザー加工システムにおける大規模な並列加工では、CGH再生像の均一性が不十分であったため、システムの最大加工スループットの評価に関する報告は殆どなかった。本報告では、システムの最大加工スループットの評価と1000点並列加工について報告する。

Fig. 1は、実験光学系を示す。レーザーシステム(Fs laser)から出射されたレーザーのスペクトル幅は、CGH再生像における波長分散の影響を低減するため、干渉フィルター(IF)を用いて8 nmに調節され、パルス幅は110 fsとなる。SLM上のCGHに照射されたレーザーは、フーリエ面(P)で所望のパターンを生成する。CGHの光学再生像を評価するため、ビームサンプラー(BS)で分割された再生像が、冷却CCD(charge coupled device)イメージセンサーを用いてPCに取り込まれる。PCは、各回折光強度値をもとにCGHを最適化する。十分に最適化されたCGHは、シャッター(SH)を通して対物レンズ(OL)の瞳面に縮小結像され、加工が行われる。加工対象(Sample)には、ガラス(Super white crown glass)を使用した。

Fig. 2(a), 2(b)は、それぞれ、最適化されたCGHとその光学再生像である。Fig. 2(c)は、CGHの最適化における光学再生像の均一性 U の変化を示す。 U は回折ピーク強度の最大値と最小値の比で定義され、最大で0.82であった。Fig. 3(a), 3(b)は、それぞれ、最適化を有しないCGHの再生像と、最適化を有するCGHの再生像を用いて、ガラス表面へ加工した結果における構造物の光学顕微鏡像を示す。Fig. 3の加工において、両者ともにパルス照射数は5に設定され、照射パルスエネルギー E は、それぞれ、 $E = 56, 59$ nJに設定された。 E は、サンプル面における各回折点の平均エネルギーを示す。両者で E は、ほぼ同じにも関わらず、構造物の均一性や加工された構造物の数に差が生じた。Fig. 3(c)は、 E に対する加工された構造物の数を示す。実線と破線は、それぞれ、最適化を有しないCGHと最適化を有するCGHを用いた結果を示す。Fig. 3(c)より、CGHの最適化は、1000並列加工を達成するのに必要な E を約30%(69 nJから49 nJ)に減少させた。その結果は、より小さな照射エネルギーでより多くの点を均一に加工したことを示す。

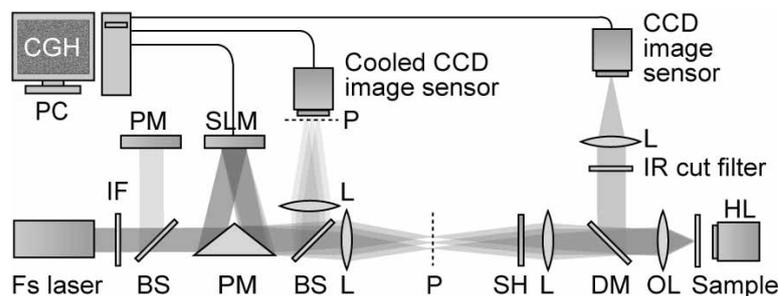


Fig. 1 Experimental setup.

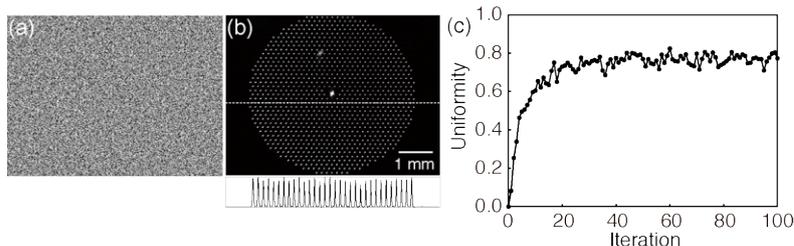


Fig. 2 (a) Optical reconstruction of the optimized CGH. (b) Change of the uniformity in the reconstruction versus an iteration of the CGH optimization.

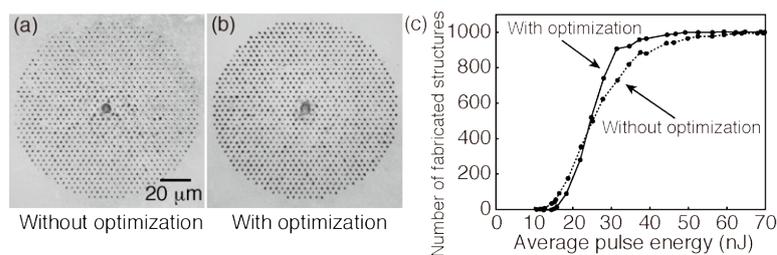


Fig. 3 Optical microscope image of structures on the glass surface fabricated (a) without and (b) with the optimized CGH. (c) Number of the fabricated structures versus the average pulse energy on the sample plane.

Fig. 3(c)より、CGHの最適化は、1000並列加工を達成するのに必要な E を約30%(69 nJから49 nJ)に減少させた。その結果は、より小さな照射エネルギーでより多くの点を均一に加工したことを示す。