

回折型非球面レンズを用いた ガラス内部へのフェムト秒レーザー加工

Femtosecond laser processing inside glass using diffractive aspheric lens

○カオ ホアイ ヴ, 長谷川 智士, 早崎 芳夫

○Cao Hoai Vu, Satoshi Hasegawa, Yoshio Hayasaki

宇都宮大学 オプティクス教育研究センター

Center for Optical Research and Education (CORE), Utsunomiya University

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

1. はじめに

ホログラフィックフェムト秒レーザー加工は、空間光変調素子 (SLM: spatial light modulator) に表示された計算機ホログラム (CGH: computer generated hologram) によりレーザーパルスを空間的に成形し、高いスループットと高い光利用効率を可能にする。

本研究では、多様な回折型非球面レンズを設計して、ホログラフィックフェムト秒レーザー加工を行い、加工特性を評価する。

2. 回折型非球面レンズ

非球面形状式は、以下の式で与えられる。

$$Z(r) = \frac{r^2}{R \left(1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) \frac{r^2}{R^2}} \right)} + A_1 r^1 + A_2 r^2 + \dots \quad (1)$$

ここで、 $Z(r)$ はサグ量(レンズの光軸に平行な方向に対する)、 r は光軸からの距離(ラジアル方向)、 R は曲率半径、 κ は円錐定数である。上式の係数情報を回折型レンズの CGH の作成に必要な基礎データとして、様々な回折型非球面レンズを設計することができる。Fig. 1 には、(a)アキシコンレンズ、(b)非球面レンズ、(c)球面レンズの位相分布と、(d)対物レンズで集光されたサンプル空間での光軸上の光強度分布を示す。

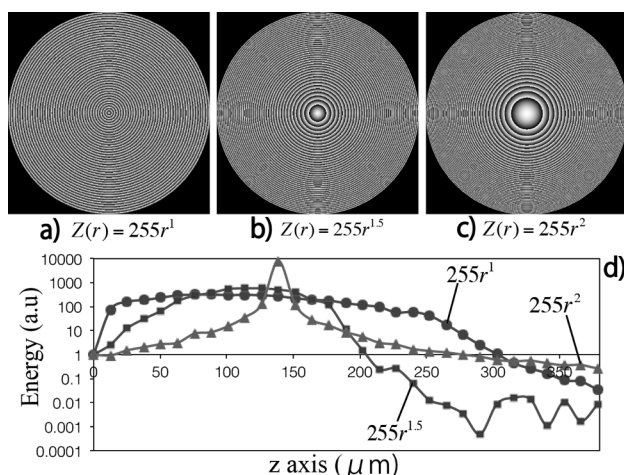


Fig. 1 (a) Axicon, (b) Aspheric, (c) Ordinary lenses. (d) Light intensity distributions along the optical axis.

3. 実験光学系

Fig. 2 は実験光学系を示す。中心波長 800nm, パルス幅 35fs を有するフェムト秒レーザーパルスは、コリメートされた後、レンズを表示する LCSLM (liquid-crystal SLM) に入射された。LCSLM により空間的に変調されたレーザー光は、レンズと 50 倍対物レンズ (NA = 0.8, $f = 4\text{mm}$) (OL: objective lens) により、サンプルに与えられた。加工は、ハロゲンランプ (HL: halogen lamp) と CMOS イメージセンサーを用いて観察された。加工サンプルは 150 μm の厚さのカバーガラスである。

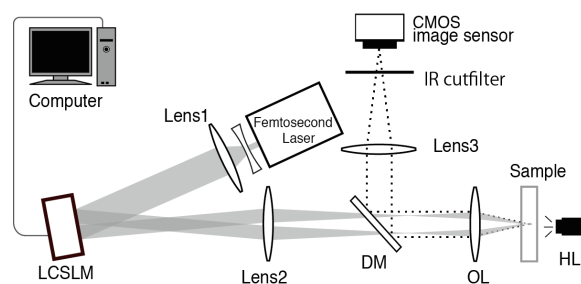


Fig. 2 Holographic laser processing system.

4. 実験結果

Fig. 3 は、ガラス表面から 300 μm 内部に集点を合わせた場合の加工領域の微分干渉顕微鏡像を示す。Figs. 3(a), 3(b), 3(c)は、それぞれ Figs. 1(a), 1(b), 1(c)に示されたレンズを用いて、シングルショットで加工された加工痕である。

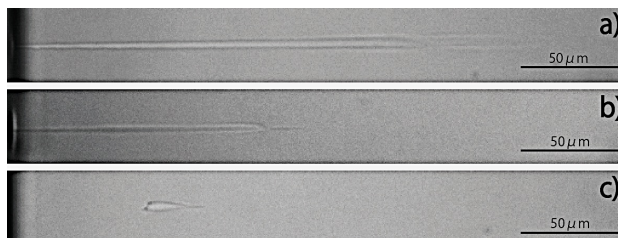


Fig. 3 Differential interference microscope images of the fabricated areas.

5. まとめ

回折型非球面レンズを用いてガラス内部へのフェムト秒レーザー加工を行い、加工形状を評価した。