

波面補償を用いたホログラフィック紫外ナノ秒レーザー加工

Holographic ultraviolet nanosecond laser processing using adaptive optics

宇都宮大 加藤 瑞樹, [○]長谷川 智士, 早崎 芳夫

Utsunomiya Univ., Mizuki Kato, [○]Satoshi Hasegawa, Yoshio Hayasaki

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

ポリイミドは耐熱性、機械的強度、および電気的特性に優れた機能性高分子であり、電子回路の多層フレキシブル基板に応用されている。その応用において、積層された基板間を電氣的に接続するための導通孔(スルーホール)がレーザー加工により形成される。近年の電子機器の小型・高機能化を背景として、孔の高密度化の要求の高まりとともに、レーザー加工のスループットが課題であった。加工スループットは、製造コストに直結するため、その向上は、ビームスキャナや自動ステージの高速化、およびレーザーの高繰り返し化により継続的に進められてきた。その加工の高スループット化の流れにおいて、我々は、計算機ホログラム(CGH, computer-generated hologram)を用いたビーム整形にもとづくホログラフィックレーザー加工に関する研究を進めてきた。

本研究では、CGHを用いたビーム整形によるポリイミドのレーザー加工について述べる。また、補償光学により加工光学系に含まれる収差を補正し、加工の高精度化を行なう。

Fig. 1 は実験光学系を示す。ポリイミドの吸収波長、および加工における熱影響を低減させるために、紫外レーザー(波長 355nm の Nd:YAG ナノ秒レーザーの第 3 高調波)が用いられた。レーザー光は、空間光変調素子(SLM, spatial light modulator)上の CGH によりビーム整形された。対物レンズの瞳面に配置されたシャックハルトマン波面センサー(WFS150C, Thorlabs)により、集光ビームの波面が計測され、計算機を用いてゼルニケ多項式に近似された。得られたゼルニケ係数により光学系の収差を補正する位相分布が求められた。その位相分布を SLM に表示する

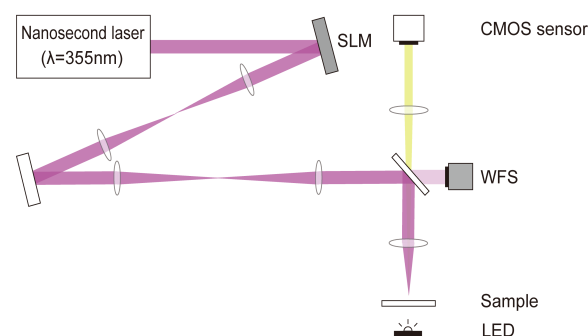


Fig. 1 Experimental setup.

ことで、波面補償されたビームが対物レンズに導入された。サンプルにはポリイミドを用いた。

Fig. 2 は、波面補償の前後において波面センサーが取得したゼルニケ係数を示す。ゼルニケ多項式の第 2 項(傾き x)と 3 項(傾き y)、および 5 項(デフォーカス)は、集光ビーム形状に影響しないため無視した。結果より光学系の収差が低減された。

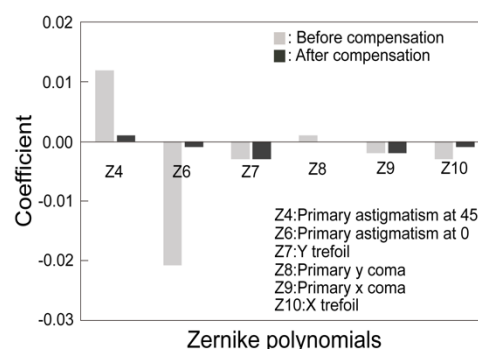


Fig. 2 Zernike coefficient of the wavefront before and after the compensation.

Fig.3 は、ポリイミドのレーザー加工において、照射エネルギーに対する加工痕の直径を示す。加工はシングルショット照射により行われ、波面補償の有無で比較された。挿入図は、加工痕の電子顕微鏡(SEM)画像を示す。結果より、波面補償は、加工閾値の低減と加工径の縮小を実現し、紫外レーザー加工の高精度化に寄与した。

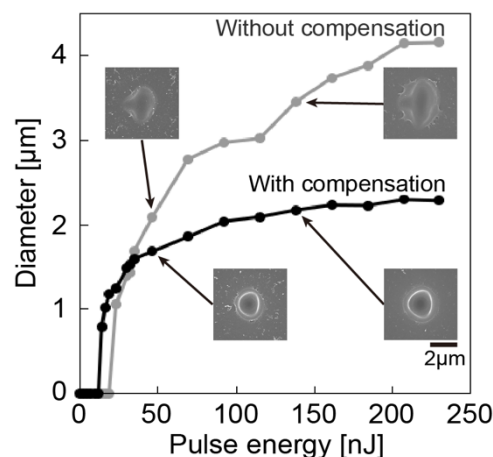


Fig. 3 Diameter of structure versus pulse energy without and with the wavefront compensation.