

波長掃引光源を用いた光干渉断層法による フェムト秒レーザー加工の穴深度のインプロセス計測

In-process measurement of processed hole depth under femtosecond laser processing using optical coherence tomography with swept light source

宇大オプティクス¹, 浜松ホトニクス² ○長谷川 智士¹, 藤本 正俊², 早崎 芳夫¹

Utsunomiya Univ.¹, Hamamatsu Photonics K.K.², ○S. Hasegawa¹, M. Fujimoto², Y. Hayasaki¹

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

1 はじめに

フェムト秒レーザー加工は、多光子吸収を介した物質励起により、透明材料内部への回折限界以下の加工を特徴とする。これまでに、フェムト秒レーザー加工を用いて材料内部への回折光学素子の作製が報告された。その光学素子の作製において、通常、所望の加工結果を得るため、事前にパルスパラメータを変えて多くの試行加工を行った後に、別途用意された計測系で形状を評価し、最適なパルスパラメータが決定される。しかし、難加工材料の加工など、これまでにない多様で付加価値の高いニーズに対応するためには、上記の加工手順は不十分である。その課題を解決する方法は、レーザー加工のインプロセスで計測である。

本研究では、フーリエドメイン光干渉断層法(FD-OCT)を用いて、レーザー加工中の穴深度のインプロセス計測を行う。FD-OCTは、機械的な走査が不要で瞬時に深さ情報を定量的に取得できるため、インプロセス計測に適している。また、FD-OCTの中でも波長掃引型(SS-OCT)[1]は、光散乱の影響を受けにくい波長1.3 μm 帯を利用するため、レーザー加工時に発生する噴出物の影響下での計測を可能にする。

2 実験結果

はじめに、システムの計測精度の評価を行った。Fig.1は、サンプルにガラス(厚さ100 μm)を用いた時の結果を示す。Fig.1(a), 1(b)は、それぞれ、検出された干渉波形とそのフーリエスペクトルを示す。結果より、フーリエスペクトルに2つのピークが得られ、そのピーク間距離(破線の両矢印)は143 μm であった。ガラスの屈折率($n=1.45$)を換算すると、計測の相対誤差は

1.4%であった。Fig. 1(b)内の挿入図は、第2ピーク近傍の拡大図であり、その半値全幅から計測分解能は13 μm であった。次に、計測におけるシステムの安定性を評価した。1回の計測(5ms間)で100個の干渉波形を連続取得した。Fig.1(c)は、計測時間に対する第2ピークの深さ位置を示す。その位置は、100個の干渉波形より得られた第2ピークの平均位置を示しており、1回目の計測値を基準とした。Fig.1(d)は、Fig.1(c)の標準偏差を示す。

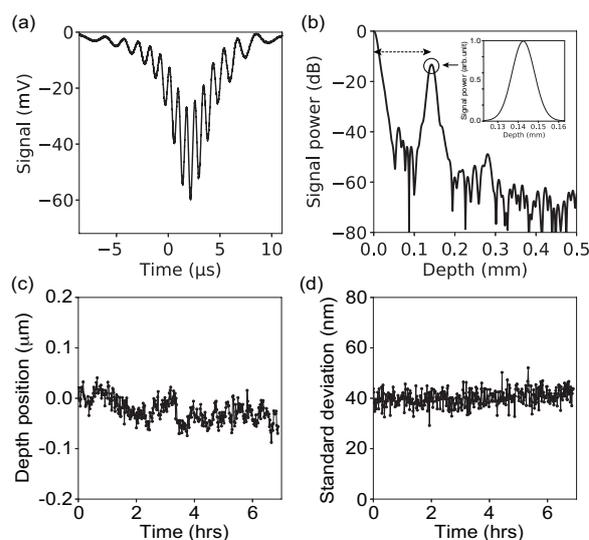


Fig. 1 (a) Interference signal and (b) power spectrum. (c) Change of the second peak position in the power spectrum versus time and (d) its standard deviation versus time.

3 おわりに

SS-OCTによる奥行き方向の計測分解能と精度を評価した。分解能は、光源のスペクトル幅をガウシアンと仮定した際に求まる値(9 μm)と比較して、おおよそ一致した。

参考文献

1) M. Fujimoto et al: Proc. of SPIE 10110 (2017).