

フェムト秒レーザープロセッシングにおける加工開始の検出

レーザー計測制御プロジェクトスタッフ 神谷眞好

Detection of the Processing Start in the Femtosecond Laser Processing

Masayoshi Kamiya

1. はじめに

パルス幅が極めて短くピークパワーが大きいフェムト秒レーザー光を利用すれば、さまざまな材料に対して熱影響の少ない微細加工が可能である¹⁾。フェムト秒レーザー加工では、照射光エネルギーがある閾値を越えたときアブレーションが生じて加工が始まる。そのため、加工閾値をわずかに越えた光エネルギーを照射することが、非熱的な微細加工を行う上で重要となる。我々は、フェムト秒加工中の穴深度を連続して測定可能なモニタリング技術を開発してきた^{2,3)}。しかし、このモニタリング技術では測定分解能が足りず、加工開始時のわずかな形状変化を捕らえることができなかった。そこで、照射領域から反射する光エネルギーの変化を測定することによって加工開始の検出を試みた。

2. 方法

図1に示す光学構成を用いて、照射光エネルギーを徐々に上げながら被加工物の照射中心から反射する光エネルギーを連続して測定した。フェムト秒レーザーから出力された光パルスを焦点距離35mmのアクロマトレンズで集光し、焦点位置にセットした被加工物の表面に照射した。また、CCDカメラで照射光と同軸に照射表面を観察した。この観察機能は、被加工物表面のどの位置からの反射光を採光するか

を選択する際にも利用している。照射光から一定割合(約3%)で分岐させたモニター光のエネルギーと、反射中心から光ファイバ経由で採光された反射光のエネルギーを、それぞれのパワーメータにより同時測定してデータロガーに収集記録した。なお、フェムト秒レーザーは、中心波長810nm、パルス幅70fs、繰り返し周波数1kHzの光パルスを出力するレーザーシステムを用いた。また、照射エネルギーの制御は、回転ステージにマウントした反射型回転式NDフィルタにより自動で行った。

3. 結果

スライドガラスと石英ガラスを対象に、照射光エネルギーに対する反射光エネルギーを測定した。図2に、データロガーで収集したデータを示す。2つの被加工物ともに、照射光エネルギーが増大してい

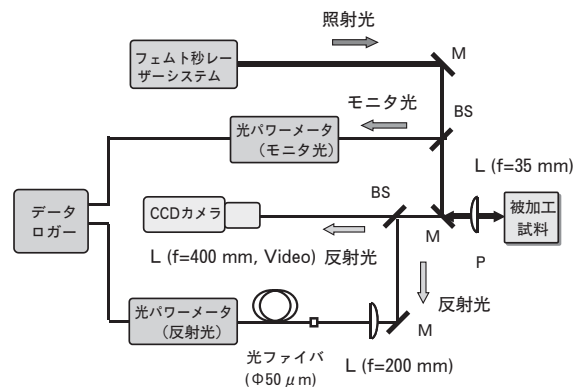


図1 反射光エネルギー連続測定のための光学構成

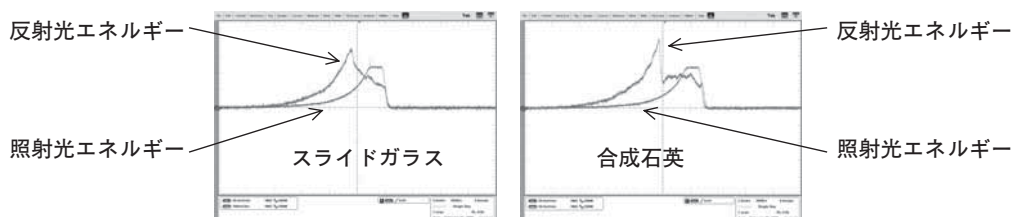


図2 データロガーに記録されたデータのプロット

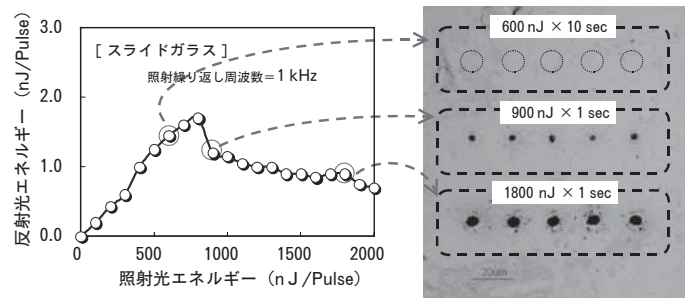


図3 スライドガラスの反射光エネルギー変化と加工痕

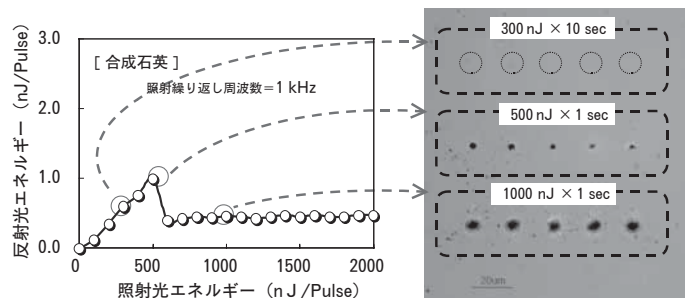


図4 合成石英の反射光エネルギー変化と加工痕

るのにもかかわらず、反射光エネルギーが急激に減少するポイントがある。このデータをXYに展開してグラフ化したものを図3、図4のいずれも左側に示す。また、反射光エネルギーが急激に減少するポイントの照射光エネルギーを基準に、同じエネルギーで1秒間、2倍のエネルギーで1秒間、さらに約60%のエネルギーで10秒間の照射を、それぞれ異なる位置で5回ずつ行った。それらの加工痕を図3、図4のいずれも右側に示す。基準エネルギー以下では変色はあるものの形状変化は認められなかった。基準エネルギーの照射では、いずれも開口が2 μm程度の浅穴が開いていた。さらに、基準エネルギーの2倍ではさらに大きく深い穴が加工されていた。これらのことから、反射光エネルギーが急激に減少するポイントの照射光エネルギーを加工閾値とみなすことができる。

4. まとめ

2種類の透明材料を対象に、照射光エネルギーに対する反射光エネルギーを測定した。その結果、反射光エネルギーが急激に減少するポイントがあった。さらに、そのポイント前後の光エネルギーを照射することによって、加工結果が大きく異なることが分かった。このことから、反射光エネルギーが急激に減少するポイントの照射光エネルギーを加工閾値と

し、ここを加工開始点とみなすことができる。

今後は、①対象材料の種類を増やして加工開始の検出再現性を確認するとともに、②加工開始の検出とその後の深度モニタリングを組み合わせ、制御性の高いフェムト秒レーザー微細加工の実現をめざしていく。

参考文献

- 1) 緑川克美： フェムト秒レーザー加工，O plus E, 21-9, (1999), 1130.
- 2) M. Kamiya, et al. : “Monitoring of Target Material Change in Femtosecond Laser Processing by Measurement of Spectral Reflectance”, Proc. 3rd Asian Pacific Laser Symposium, 458-461 (2002)
- 3) 神谷真好，青島紳一郎，“フェムト秒レーザー加工における加工穴深度のリアルタイムモニタリング”，レーザー研究，Vol. 33, No.10, pp. 685-689, (2005).