

【L16】レーザーマイクロ加工システムの性能向上に関する研究

00E1030 古賀 雅弘 00E1033 定松 隆輔 00E2083 村岡 良輔 99E1068 三村 富之
 [指導院生] 甲斐 晶寛 [指導教員] 河村 良行 教授

1. 緒言

本研究では、制御系の性能向上を目的とする。今まで使用していたオペレーションシステム（以下 OS）や制御プログラムは周辺機器との互換性が悪かった。このような問題を解決するため OS とプログラム言語の変更を行った。

次に、今までは焦点合わせを手動で行っていたため精度が低かった。その改善として、レーザーアブレーション時のプラズマの強弱を検知する事で焦点位置を判定し、そこに移動する焦点合わせ装置の製作を行った。また、今までは加工深さを測定する事が出来なかったため、4分割光検出装置を用いて非点収差法により距離を測定する微小変位測定装置の製作を行った。

2. OS の変更とそれに伴う改善

5軸加工台とレーザーの制御に使用していたパソコンの OS を DOS 形式から Windows 形式に変更するため、パソコンを新しくした。これにあたり、プログラム言語を N88-Basic から Visual Basic6.0 に変更した。このことによりプログラムの簡略化や Windows 画面への切り替えによって、表示がわかり易くなった。

次に5軸加工台制御装置を改善した。電源装置、ステッピングモータードライバー、マイクロステップドライバーなどの各種装置を取り付け、以前使用していた5軸加工台制御装置内の配線図を描き、それを基に配線して制御装置を完成させた。その外観を図1に示す。

また、5軸加工台とレーザー照射を制御し、様々な加工を行うことが出来るプログラムを作成した。

3. 実験装置

レーザーマイクロ加工システムの外観を図2に示す。レーザー照射と5軸加工台の制御はTTLボードからのデジタル信号で行う。

加工物の動作（X軸、Y軸、Z軸、θ軸）にはモータードライバーを使用し、θ軸の回転には細かい回転でも滑らかに動くマイクロステップドライバーを使用する。光軸方向に対してX軸は垂直方向、Y軸は前後、Z軸は上下の直線運動をし、残りのθ軸はZ軸周り、φ軸はX軸周りの回転をさせることが出来る。

レーザーはNd-YAGレーザー光を高周波発生装置により4倍波（波長 266nm）に変換したものをを使用した。また、レーザー照射エネルギーの調節は、レーザー発生装置により自由に調節出来る。

ターゲットからの発光電圧を検出する4分割光検出装置はフォトダイオードを用いた。その回路図を図3に示す。



図1. 5軸加工台制御装置の外観と内部図

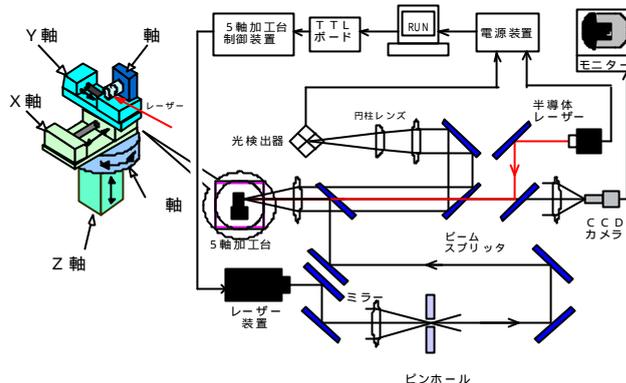


図2. レーザーマイクロ加工システムの外観

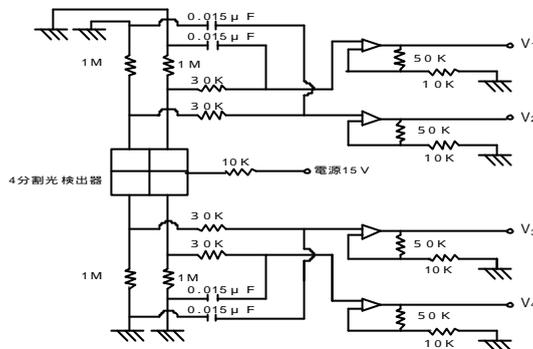


図3. 4分割光検出装置の回路図

4. 実験方法

4-1. レーザープラズマを光源とした焦点合わせ法

4分割光検出装置を用いて光軸方向に加工物を移動させながらポリイミドフィルムにレーザーを照射する。レーザーアブレーション時のプラズマ光の出力電圧を測定することにより、焦点位置を判定する。この一連の動作をプログラム上で制御し測定を行う。同じレーザーパワーにおいて焦点位置をずらすとプラズマ光の出力電圧は変動し、焦点で最大となる。これを利用する事によりレーザーの焦点位置を判定する。

4-2. 非点収差法による微小変位測定法

半導体レーザーより照射された光ビームは、50%のビームスプリッターで反射し加工物用凸レンズで集光される。集光された光は、加工物上に焦点を結ぶ。この時加工物表面では光は反射し散乱する。その光を加工用凸レンズで集光して円柱レンズを通じて4分割光検出器上の集光像の変化に応じて、4分割光検出装置回路の4電極に電流が流れ V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 の電圧が発生する。それを A/D 変換ボードによりパソコン上に出力させる。その電圧量の変化により、加工物の移動変位を測定する。4分割光検出器で検出された電圧 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 をパソコン上で計算し縦横比 (H) を算出する。その計算式は以下の式となる。

$$H = \{ (V_1 + V_3) - (V_2 + V_4) \} / (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

5. 実験結果及び考察

5-1. レーザープラズマを光源とした焦点合わせ法

レーザー出力とレーザープラズマの発光電圧の関係図を図4に示す。レーザーの出力が、1mJ付近から上昇していることが解る。これよりレーザーの出力を1mJ以上に合わせる事で測定結果が得られる。

次に焦点位置の判定図を図5に示す。ポリイミドフィルムを光軸方向に10 μm ずつ移動させながら測定を行った。焦点に近づくにつれ電圧が上がっている事が確認できた。これより焦点位置は470 μm の地点である事が予測される。

この精度を確かめるため、走査電子顕微鏡 (SEM) を用いた焦点付近の写真と測定結果の比較を行った。焦点付近の写真を図6に示す。焦点付近では加工時におけるレーザーの集光径が最も小さくなっており、より高いパワーのレーザーアブレーションが発生している事がわかる。今回の測定では10 μm の測定精度で焦点を判定する事ができた。

5-2. 非点収差法による微小変位測定法

光軸方向に1 μm ずつ加工物を移動させ、その時の発光電圧を測定し、その結果より縦横比を求めた。半導体レーザーでの測定結果を図7、測定平均回数に対する標準偏差の変化を図8、レーザープラズマでの測定結果を図9に示す。半導体レーザーでの標準偏差は0.824 μm 、レーザープラズマでの標準偏差は12.870 μm が測定できた。これよりレーザープラズマの測定結果は半導体レーザーの測定結果より精度が出なかったものの、測定できる事が確認できた。

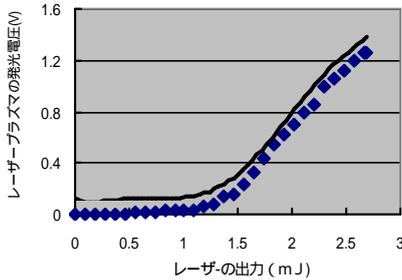


図4. レーザー出力とレーザープラズマの発光電圧の関係

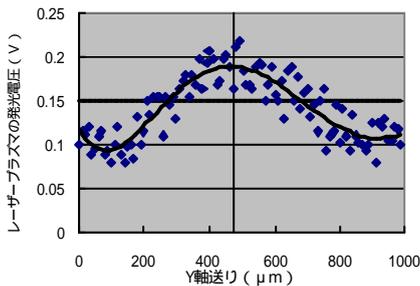


図5. 焦点位置の判定図

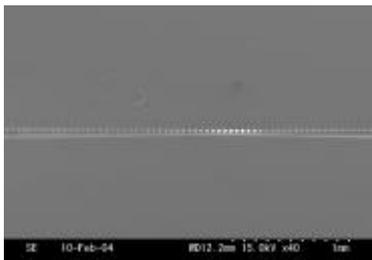


図6. SEMによる焦点位置の写真

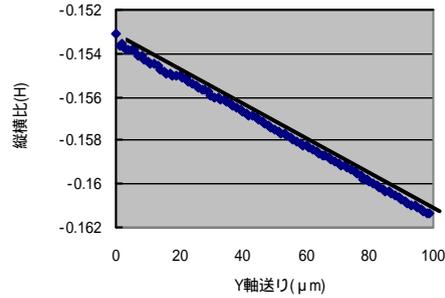


図7. ステージの移動距離と縦横比 (半導体レーザー)

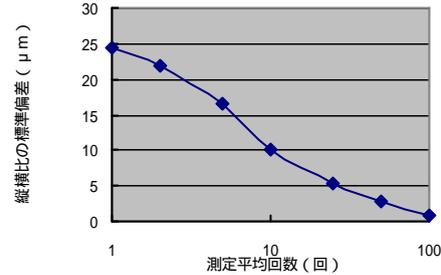


図8. 測定平均回数に対する標準偏差の変化

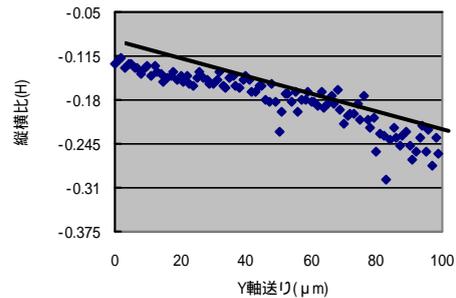


図9. ステージの移動距離と縦横比 (レーザープラズマ)

6. 結言

本研究の成果を以下に示す。

- (1) OSをDOS形式からWindows形式に変更した。
- (2) 5軸加工台制御装置の改善を行った。
- (3) 5軸加工台とレーザー照射を制御するプログラム言語を変更し、様々な加工を行えるソフトウェアの開発を行った。
- (4) 焦点合わせと微小変位測定に用いる4分割光検出装置とソフトウェアの開発を行った。
- (5) レーザープラズマを光源とした焦点合わせ法により、焦点位置の判定に成功した。
- (6) 非点収差法による微小変位測定法により、半導体レーザーでは0.824 μm 、レーザープラズマでは12.87 μm の測定精度を得ることが出来た。

参考文献

- (1) 川口 輝久 他、「Visual Basic6.0 (基礎編)」、技術評論社
- (2) 浦田 雅士 他、「非点収差法による微小変位測定器の改良」、平成12年度卒業論文