

# マルチビーム光学系によるプリント配線板 穴あけ用レーザー加工機の高速度化

竹野祥瑞\* 成瀬正史\*\*  
石塚智彦\* 滝川靖弘\*\*  
小林信高\*

Productivity Improvement of Laser Processing Machine for PWB by Multi-beam Optics

Shozui Takeno, Tomohiko Ishizuka, Nobutaka Kobayashi, Masashi Naruse, Yasuhiro Takigawa

## 要旨

近年、スマートフォンなどに代表される電子機器のさらなる高機能化によって、これらに搭載されるプリント配線板も高密度化が進展している。そのため、CO<sub>2</sub>レーザーで加工されるマイクロビアと呼ばれる層間接続用の小径とまり穴も穴数の増加、小径化が急速に進んでおり、レーザー加工のさらなる高速化、小径化の要求が高まっている。

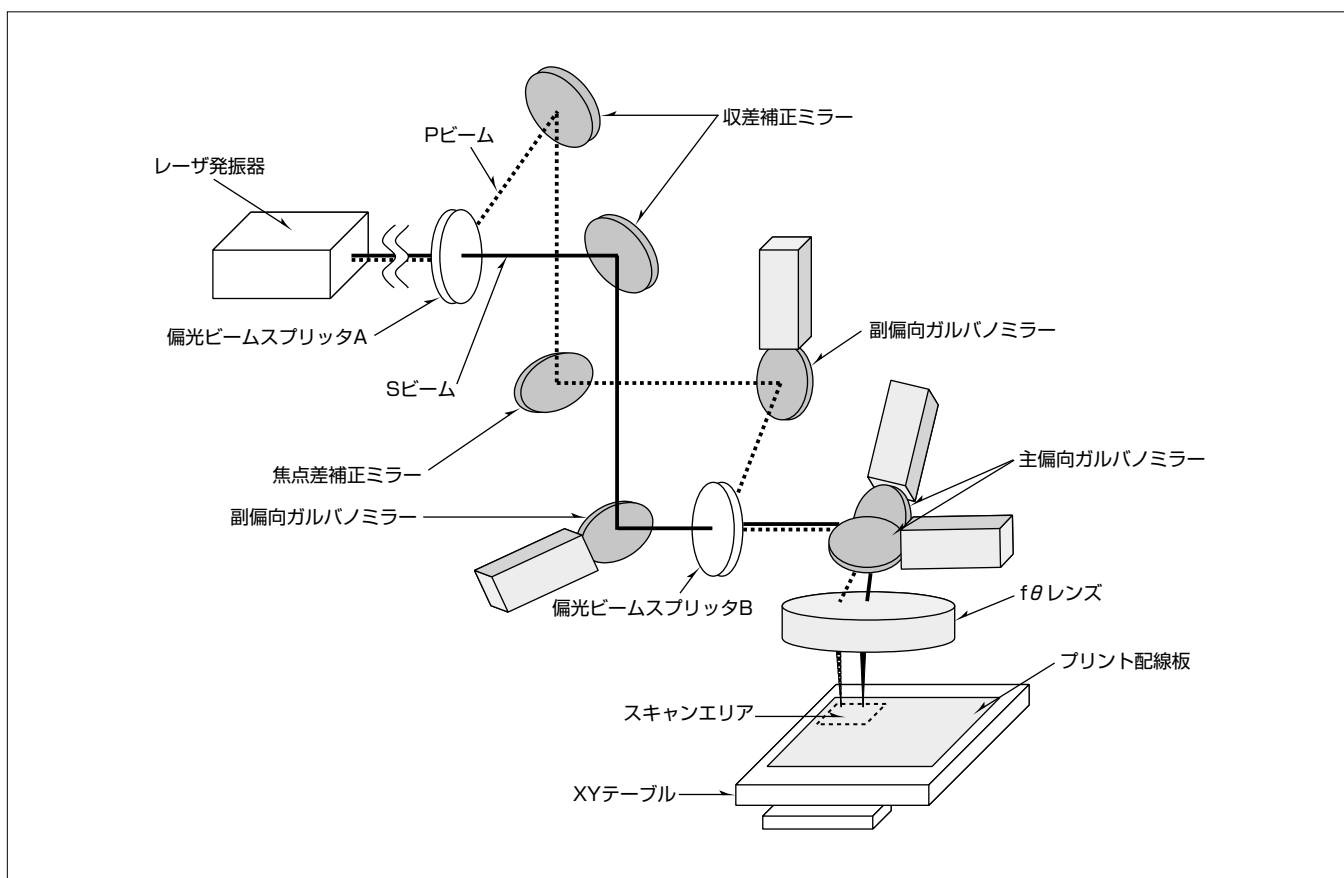
レーザー加工の高速化をねらいとして、“1つの集光レンズに2つのビームを入射して、それぞれを高速・高精度位置決めするマルチビーム光学系”を開発した。

マルチビーム光学系は レーザビームの偏光特性によってビームを分光、合成する偏光ビームスプリッターを応用した副偏向光学系、ビームの収差を補正する収差補正ミラー、

2ビーム間の焦点差を補正する焦点差補正ミラーで構成し、通常の1ビームと同様の安定性で2ビームでの高速加工を可能とする。

このマルチビーム光学系を2台搭載して4ビーム同時加工を実現した4ビーム加工機“ML605GTF-5150U”を製品化し、従来の2ビーム機と比較して1.6倍の4,915穴/秒の加工速度を達成した。

また、高収束光学系を新規に開発し、収差補正/焦点差補正ミラーと組み合わせることによって、集光性向上と焦点裕度拡大を実現し、これまでCO<sub>2</sub>レーザーでは加工困難とされていたφ40μm級穴の加工を可能とした。



## マルチビーム光学系の構成

1つの集光レンズに2つのビームを入射して、それぞれを高速・高精度位置決めするマルチビーム光学系はレーザービームの偏光特性によってビームを分光、合成する偏光ビームスプリッターを応用した副偏向光学系、ビームの収差を補正する収差補正ミラー、2ビーム間の焦点差を補正する焦点差補正ミラーで構成している。これらの機構によって、通常の1ビームと同様の安定性で2ビームでの高速加工を実現した。

### 1. ま え が き

携帯端末をはじめとする電子機器の小型・高性能化によって、これらに搭載されるプリント配線板も配線パターンの高精細化、多層化などの高密度化が進展している。高密度プリント配線板ではマイクロビアと呼ばれる層間接続用の小径とまり穴加工が必要とされるが、生産性と品質の面からCO<sub>2</sub>レーザによるマイクロビア加工が標準的な加工方法として適用されている。近年、スマートフォンなどに代表される電子機器のさらなる高機能化によって、マイクロビア数の増加、小径化が急速に進んでおり、レーザ加工の更なる高速化、小径化の要求が高まっている。本稿では、レーザ加工の高速化をねらいとして開発した“1つの集光レンズに2つのビームを入射して、それぞれを高速・高精度位置決めするマルチビーム光学系”の構成、動作原理について述べ、マルチビーム光学系を搭載したプリント配線板穴あけ用4ビーム加工機ML605GTF-5150Uでの高速加工や小径加工などについて述べる。

### 2. 高密度プリント配線板穴加工／加工機の動向

高密度プリント配線板の主たる用途は携帯端末であるが、近年、携帯端末に占めるスマートフォンの比率が増加傾向にある。図1は携帯端末の第2世代、第3世代、スマートフォンそれぞれについて、搭載されるプリント配線板の層数、端末1台あたりのレーザ加工穴数を比較したものである。

第2世代に対して第3世代では2.5倍、スマートフォン

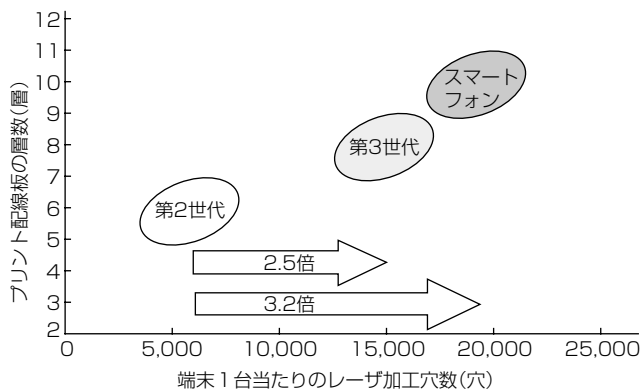


図1. 携帯端末1台あたりのプリント配線板の層数と加工穴数

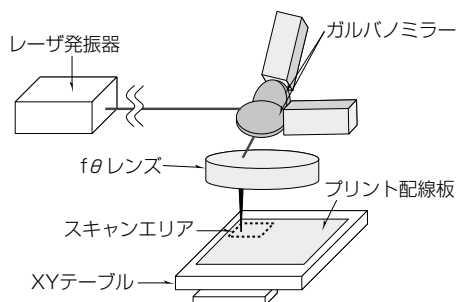


図2. プリント配線板穴あけ用レーザ加工機の構成

では3.2倍と穴数が著しく増加している。このような穴数の増加に伴い、プリント配線板穴あけ用レーザ加工機の加工速度向上の要求も高まっている。

プリント配線板穴あけ用レーザ加工機の構成は図2に示すとおりで、レーザビームを高速に回転するガルバノミラーとfθレンズでプリント配線板上の最大70×70(mm)のスキャンエリアに高速位置決めし、穴あけ加工を行う。スキャンエリア内の加工が終了すると、XYテーブルで次のスキャンエリアにプリント配線板を移動しレーザビームを照射する繰り返し動作によってプリント配線板全体を加工する。加工速度向上のため、これまではガルバノミラーの位置決め高速化と加工ヘッド多軸化が進んできた。加工ヘッドの多軸化はガルバノミラーとfθレンズからなる加工ヘッドを複数並べて、複数のレーザビームで同時加工するシステムであるが、加工ヘッドの増加に対応して装置の設置面積が大きくなるため、単位面積あたりの生産性が低下するという問題があった。この解決策として、“1つの集光レンズに2つのビームを入射し、それぞれを高速・高精度位置決めするマルチビーム光学系”を開発し、2ヘッド機と同じ設置面積で4ビーム加工機を実現した。

### 3. マルチビーム光学系

マルチビーム光学系は、①レーザビームの偏光特性によってビームを分光、合成する偏光ビームスプリッタを応用した副偏向光学系、②ビームの収差を補正する収差補正ミラー、③2ビーム間の焦点差を補正する焦点差補正ミラーから構成される。この構成によって、通常の1ビームと同様の安定性で2ビームでの高速加工を実現できる。

#### 3.1 副偏向光学系構成

図3にマルチビーム光学系に用いられる偏光ビームスプリッタによるビーム分光の模式図を示す。

偏光ビームスプリッタは入射ビームと反射ビームを含む平面に対して垂直方向と水平方向に振動する電界ベクトル

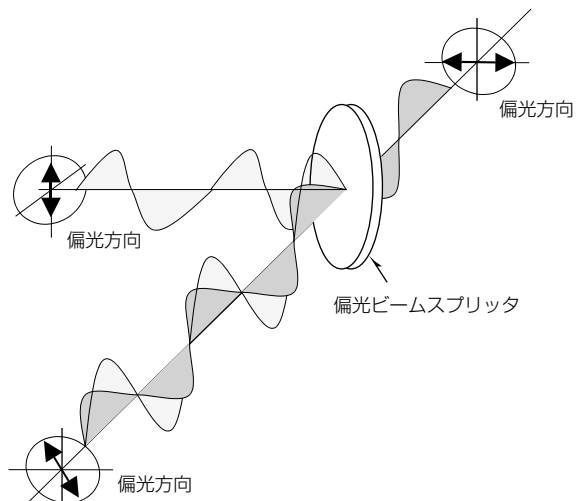


図3. 偏光ビームスプリッタによるビーム分光

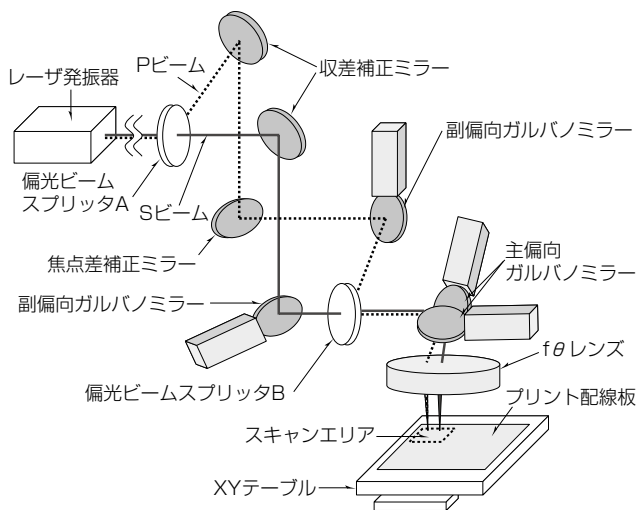


図4. マルチビーム光学系の構成

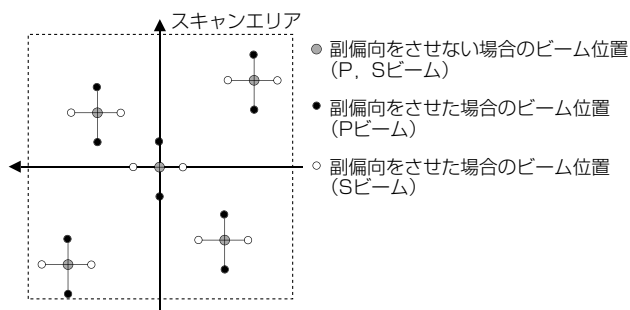


図5. マルチビーム光学系による2ビーム加工の模式図

を持つレーザービームが入射した際、垂直方向に振動する電界ベクトル成分を反射し、水平方向に振動する電界ベクトル成分を透過する特性を持った光学部品である。図4にマルチビーム光学系の構成を示す。垂直方向と水平方向に振動する電界ベクトルを持つ一本の直線偏光のビームを偏光ビームスプリッタAで垂直方向に振動する電界ベクトル成分のPビームと水平方向に振動する電界ベクトル成分のSビームの2本に分光し、それぞれ1枚の副偏向ガルバノミラーを経由して、偏光ビームスプリッタBで同じ光路に戻す。この2つのビームを1対の主偏向ガルバノミラーで位置決めする。プリント配線板上では、図5に示すように主偏向ガルバノミラーによって2ビームを一括で位置決めし、それぞれの副偏向ガルバノミラーで、互いに直交する方向に2つのビームの相対位置を位置決めすることによって、2ビームをスキャンエリア内の任意の場所にそれぞれ独立に位置決めできる。

### 3.2 収差補正ミラー

マルチビーム光学系の場合、2ビームの分光、合成などを行うため、通常の光学系と比較して多数のミラーやビームスプリッタを使用する必要がある。これらの光学部品の幾何光学的な歪(ひずみ)などによって、伝送されるレーザービームの非点収差が増大し、焦点裕度が低下する場合がある。このため、反射面の形状を図6のように変化させるこ

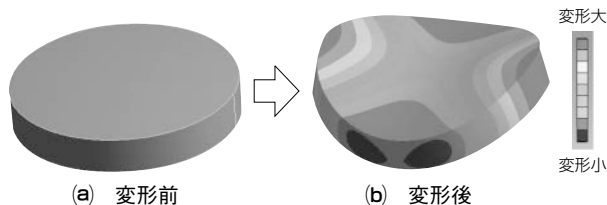


図6. 収差補正ミラーの反射面形状

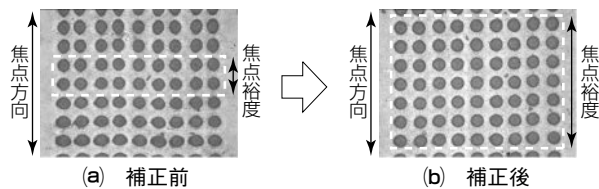


図7. 収差補正による焦点裕度拡大

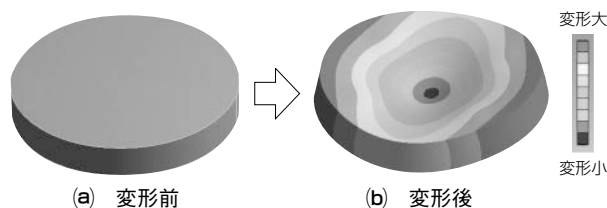


図8. 焦点差補正ミラーの反射面形状

とで非点収差を補正できる収差補正ミラーを開発し、2ビームそれぞれの光路に設置した(図4)。収差補正ミラーによる収差補正の例を図7に示す。それぞれの写真は、横方向にはスキャンエリア内の異なる位置での加工穴を並べ、縦方向にはそれぞれの位置でビームの焦点位置を変化させた時の加工穴を並べている。収差補正ミラーによって収差を補正することで、非点収差によって狭くなっていた焦点裕度(スキャンエリアのどの位置でも真円度の高い穴加工ができる焦点位置の範囲)が拡大されることがわかる。

### 3.3 焦点差補正ミラー

2つのビームが1つの集光レンズに入射する場合、光路中の光学部品の影響でレーザービームの広がり角が微妙に変化し、2ビーム間での焦点位置のずれが生じる。このため、マルチビーム光学系では、反射面の曲率を図8のように変化させることで焦点位置を調整できる焦点差補正ミラーを開発し、焦点差を解消させている(図4)。焦点差補正ミラーによる焦点位置補正の例を図9に示す。Pビーム、Sビーム間の焦点差をなくすことによって焦点裕度を拡大できる。

## 4. プリント配線板用2ヘッド4ビーム穴あけ加工機

2ヘッド2ビーム加工機に2台のマルチビーム光学系を搭載し、従来の2ヘッド2ビーム加工機と同じ設置面積で4ビーム同時加工を実現した2ヘッド4ビーム加工機ML605GTF-5150U(以下“GTF”と言う。)を開発した<sup>(1)</sup>。

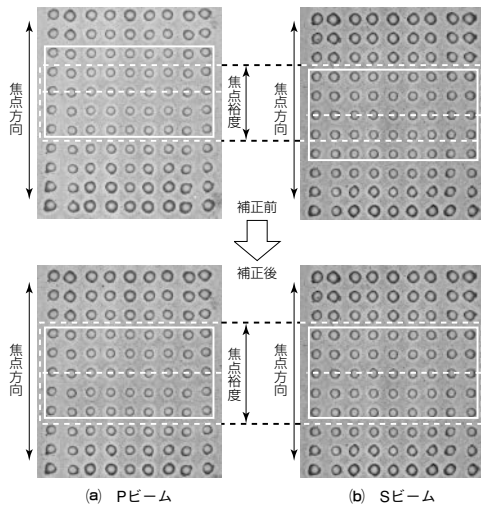


図9. 焦点差補正による焦点裕度拡大



図10. GTFの外観

表1. GTFの基本仕様

項目		仕様	
システム	外径寸(mm)	加工機+発振器+制御装置+L/UL ※シグナルタワー含む	
	機器質量(kg)	(オプション) 8,900	
加工機	XYテーブル	加工ワーク寸法(mm)	620×560
		同時加工ワーク数(数)	2
		最大送り速度(m/mm)	50
発振器	レーザーの種類	CO <sub>2</sub> レーザー	
	出力(W)	150	
	設定パルス周波数(Hz)	10~10,000	

L: Loader UL: UnLoader

4.1 加工性能

図10にGTFの外観を、表1に仕様を示す。GTFでは、2枚のワークの4ビーム同時加工によって、図11に示すように従来の2ビーム機と比較して1.6倍の4,915穴/秒の加工速度を実現した。穴位置精度についても図12に示すように従来の2ビーム機と同等の位置精度を確保している。

4.2 加工例

図13に小径穴の加工例を示す。高収束光学系を開発し、収差補正/焦点差補正ミラーと組み合わせることによって、集光性向上と焦点裕度拡大を実現し、これまでCO<sub>2</sub>レーザーでは加工困難とされていたφ40μm級穴の加工を可能とした。

5. むすび

レーザー加工の高速化をねらいとして開発した“1つの集

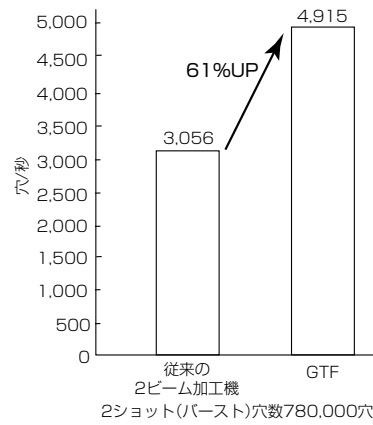


図11. 穴あけ加工速度の比較

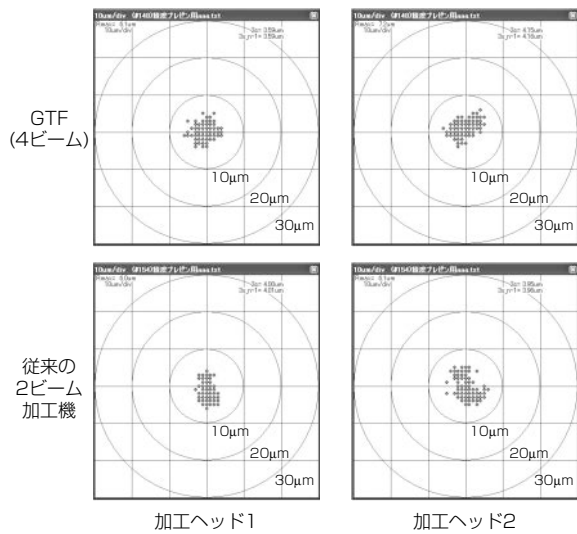


図12. 穴位置精度の比較

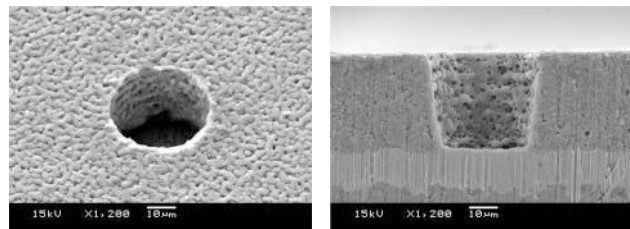


図13. φ40μm級穴のSEM画像

光レンズに2つのビームを入射して、それぞれを高速・高精度位置決めするマルチビーム光学系の構成、動作原理について述べ、マルチビーム光学系を搭載したプリント配線板用4ビーム加工機ML605GTF-5150Uでの高速加工や小径加工について述べた。今後も携帯端末の小型・高性能化が進みプリント配線板の穴数増加がますます進行するものと考えられ、更なるレーザー穴あけ加工の生産性向上を図っていく必要がある。

参考文献

- (1) 岩下美隆：新型プリント基板穴あけ用レーザー加工機“ML605GTF-5150U”，三菱電機技報，83，No.4，287~290（2009）