

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-109820

(P2020-109820A)

(43) 公開日 令和2年7月16日(2020.7.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H05K 3/00 (2006.01)</b>	H05K 3/00 N	4E168
<b>B23K 26/382 (2014.01)</b>	B23K 26/382	
	H05K 3/00 M	
	H05K 3/00 K	

審査請求 未請求 請求項の数 5 書面 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2019-107470 (P2019-107470)	(71) 出願人	512052904
(22) 出願日	令和1年5月22日 (2019.5.22)		大船企業日本株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2019-8844 (P2019-8844)		東京都町田市南町田5丁目1番30号
(32) 優先日	平成31年1月1日 (2019.1.1)	(72) 発明者	荒井 邦男
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		神奈川県厚木市岡田5丁目15番5号
		(72) 発明者	金谷 保彦
			東京都町田市玉川学園4丁目16番35号
		Fターム(参考)	4E168 AD12 AD14 CB04 DA46 DA47 EA15 EA19 JB01

(54) 【発明の名称】 プリント基板のレーザ加工方法およびプリント基板のレーザ加工機

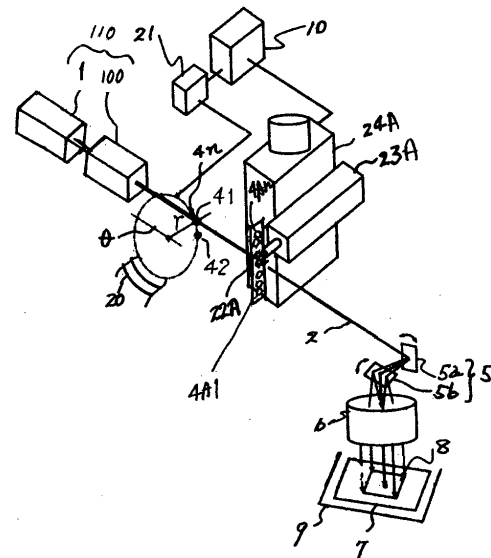
## (57) 【要約】

【課題】 品質に優れる穴を能率良く加工することができるプリント基板のレーザ加工方法およびプリント基板のレーザ加工機を提供すること。

【解決手段】 レーザ発振器 1 から発振されたレーザ 2 の外形をアパーチャ 4 により整形し、ガルバノ装置 5 と f レンズ 6 によりレーザ 2 を位置決めして、銅層 7 c と絶縁層 7 z とからなるプリント基板 7 の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工方法において、

第 1 のアパーチャ 4 で整形したレーザ 2 により銅層 7 c に貫通穴を形成し、その後、第 1 のアパーチャ 4 よりも小径の第 2 のアパーチャ 4 で整形したレーザ 2 により絶縁層 7 z を加工して、プリント基板 7 に穴を形成する。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーザ出力装置から出力されたレーザの外形をアパーチャにより整形し、ガルバノ装置と f レンズにより前記レーザを位置決めして、銅層と絶縁層とからなるプリント基板の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工方法において、

第 1 のアパーチャで整形した前記レーザにより前記銅層に貫通穴を形成し、

その後、前記第 1 のアパーチャよりも小径の第 2 のアパーチャで整形した前記レーザにより前記絶縁層を加工して、

前記プリント基板に穴を形成する

ことを特徴とするプリント基板のレーザ加工方法。

10

## 【請求項 2】

レーザ出力装置から出力されたレーザの外形をアパーチャにより整形し、ガルバノ装置と f レンズにより前記レーザを位置決めして、銅層と絶縁層とからなるプリント基板の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工方法において、

第 1 のアパーチャで整形した前記レーザにより前記銅層に貫通穴を形成し、

その後、前記絶縁層の加工に寄与する前記レーザの径を前記第 1 のアパーチャで加工された前記貫通穴の径以下とする第 2 のアパーチャで整形して前記絶縁層を加工することにより

前記プリント基板に穴を形成することを特徴とするプリント基板のレーザ加工方法。

20

## 【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載のプリント基板のレーザ加工方法において、前記第 2 のアパーチャで加工した前記絶縁層の穴底を、前記第 1 のアパーチャで成形したレーザにより加工する

ことを特徴とするプリント基板のレーザ加工方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載のプリント基板のレーザ加工方法において、前記絶縁層の加工に用いた前記第 2 のアパーチャの穴径よりも小径の第 3 のアパーチャにより、底付き穴の内面を仕上げ加工する

ことを特徴とするプリント基板のレーザ加工方法。

30

## 【請求項 5】

レーザ出力装置と、アパーチャを備えるプレートと、ガルバノ装置と、f レンズと、を備え、前記レーザ出力装置から出力されたレーザの外径を前記アパーチャにより整形し、整形した前記レーザを前記ガルバノ装置と前記 f レンズにより位置決めして、銅層と絶縁層とからなるプリント基板の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工機において、

径の異なる複数のアパーチャを備える第 1 のプレートと、

前記第 1 のプレートに設けた各アパーチャの軸線を前記レーザの軸線と同軸に位置決めする前記第 1 のプレート位置決め装置と、

それぞれの軸線が前記レーザの軸線と平行なアパーチャを n 個（ただし、n は正の整数）備える m 個（ただし、m は正の整数）のプレートと、

前記 m 個の各プレートの移動方向を前記レーザの軸心と垂直な方向、かつ、それぞれに設けたアパーチャの軸線を前記レーザの軸線と同軸に位置決めする加工位置と、当該プレートが前記レーザと干渉しない待避位置とに位置決めする m 個のプレート位置決め手段と、  
を設け、

40

前記第 1 のプレートを前記レーザの軸線方向の前記レーザ出力装置と前記ガルバノ装置との間の前記レーザ出力装置に最も近い側に配置すると共に、前記 m 個のプレートを前記レーザの軸線方向の前記第 1 のプレートと前記ガルバノ装置との間の配置し、

前記銅層を加工する場合には、前記第 1 のプレートの指定されたアパーチャの軸線を前記レーザの軸線と同軸に位置決めすると共に、他の m 個のプレートを総て待避位置に位置

50

決めし、

前記絶縁層を加工する場合は、 $n \times m$ 個の内の1個の前記銅層を加工するために用いたアパーチャよりも小径のアパーチャを加工位置に位置決めすることを特徴とするプリント基板のレーザ加工機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビルドアップ式のプリント基板の所望の位置に表面の銅層と下層の銅層を接続するブラインドホール（行止まり穴。以下、単に穴という。）あるいは両面基板を表と裏からそれぞれ加工して表面の銅層と裏面の銅層を接続する貫通穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工方法およびプリント基板のレーザ加工機に関する。

10

【背景技術】

【0002】

ビルドアップ式のプリント基板は導体である銅層とガラス繊維やフィラを含有する樹脂で形成された絶縁層（以下、単に「絶縁層」という。）とから構成されている。銅層としてはレーザの吸収を高める目的で表面処理（黒化処理やブラウン処理等と呼ばれる）がされた厚さ $5 \sim 12 \mu\text{m}$ のものだけで無く、表面処理がされていない光沢面の厚さ $1.5 \sim 2 \mu\text{m}$ のものも使用されている。また、絶縁層の厚さは $20 \sim 200 \mu\text{m}$ である。また、炭酸ガスレーザにより穴を加工する場合、表面の銅層と下層の銅層をめっきで接続する層間接続用として $40 \sim 120 \mu\text{m}$ の穴を、また、回路パターンを形成する場合に基準穴として使用する $120 \sim 250 \mu\text{m}$ の穴を、それぞれ加工する。そして、レーザ加工としては、後工程であるめっき工程を容易にする加工結果が要求されている。

20

【0003】

初めに、従来のレーザ加工機の構成について説明する。

図9は、従来のレーザ加工機の構成図である。

レーザ発振器1は、パルス状のレーザ2を出力する。レーザ発振器1とプレート3との間に配置されたビーム径調整装置100はレーザ2のエネルギー密度を調整するための装置であり、レーザ発振器1から出力されたレーザ2の外径を変更することによりレーザ2のエネルギー密度を調整する。すなわち、ビーム径調整装置100の前後におけるレーザ2のエネルギーは変化しない。したがって、ビーム径調整装置100から出射されたレーザ2はレーザ発振器1から出力されたレーザ2と見なすことができるので、以下、ビーム径調整装置100とレーザ発振器1を併せてレーザ出力装置110という。なお、ビーム径調整装置100は使用されない場合もある。

30

レーザ発振器1とガルバノミラー5aとの間に配置されたプレート3はレーザ2を透過させない材質（例えば、銅）で形成されており、所定の位置にアパーチャ（窓であり、この場合は円形の貫通穴）4が複数個かつ選択可能に形成されている。プレート3は図示を省略する駆動装置により駆動され、選択されたアパーチャ4の軸線をレーザ2の軸線と同軸に位置決めする。ガルバノ装置5は一对のガルバノミラー5a、5bで構成され、図中矢印で示すように回転軸の回りに回転自在であり、反射面を任意の角度に位置決めすることができる。なお、ガルバノミラー5a、5bが位置決めに要する時間は平均 $0.4 \text{ ms}$ （ $2.5 \text{ kHz}$ ）程度である。f レンズ（集光レンズ）6は、図示を省略する加工ヘッドに保持されている。ガルバノミラー5a、5bとf レンズ6とでレーザ2の光軸をプリント基板7の所望の位置に位置決めする光軸位置決め装置を構成しており、ガルバノミラー5a、5bの回転角度とf レンズ6の直径とで定まるスキャン領域（すなわち、加工領域）8は、 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 程度の大きさである。ワークである銅層7cと絶縁層7zとからなるプリント基板7は、X-Yテーブル9に固定されている。制御装置10は入力された制御プログラムに従い、レーザ発振器1、ビーム径調整装置100、プレート3の駆動装置、ガルバノミラー5a、5bおよびX-Yテーブル9を制御する。

40

【0004】

次に、従来のレーザ加工機の加工手順を説明する。

50

図 10 は従来のレーザ加工機の加工手順を示すフローチャートである。

制御装置 10 は加工プログラムを読み込み、X - Y テーブル 9 を移動させて、最初のスキャン領域 8 を f レンズ 6 に対向させる（手順 S 10）。そして、スキャン領域 8 内で最初に加工する穴径に対応するアパーチャ 4 を選択し、選択したアパーチャ 4 の軸線をレーザ 2 の軸線と同軸に位置決めすると共に、必要に応じてビーム径調整装置 100 によりビーム 2 のエネルギー密度を変更する（手順 S 20）。そして、先ず、当該スキャン領域 8 内において指定された位置の総ての銅層 7 c に穴（以下、ウインドウという）を開ける（手順 S 50、手順 S 60）。すなわち、レーザ出力装置 110 から出力されたレーザ 2 の外径をアパーチャ 4 により整形し、ガルバノミラー 5 a、5 b と f レンズ 6 とで構成される光軸位置決め装置により集光したレーザ 2 の軸線を位置決めしてプリント基板 7 に入射させる。入射したレーザ 2 により銅層 7 c が蒸発してウインドウが形成される。この場合、ウインドウに対応する絶縁層 7 z、すなわち、ウインドウが形成されることにより表面に露出する絶縁層 7 z（以下、「ウインドウ部絶縁層 7 z」という。）の劣化を防ぐため、ウインドウをレーザ 2 の 1 回の照射（すなわち、1 パルスの照射）で形成する。また、ウインドウ形成直後のウインドウ部絶縁層 7 z は温度が高くなっているため、銅層 7 c の加工に続けて絶縁層 7 z を加工すると、後述するように、ウインドウ外縁の銅層 7 c 下部の絶縁層 7 z にえぐれ（ウインドウ部絶縁層 7 z の外縁がウインドウ外縁の銅層 7 c の下部にまで拡大し、ウインドウ外縁の銅層 7 c が絶縁層 7 z に対してオーバーハングの状態になること。以下、単にえぐれと呼ぶ）が発生したり、穴の内部がビヤ樽状になったりする可能性が高くなる。そこで、スキャン領域 8 内の残りの穴の銅層 7 c を先に加工する。

10

20

#### 【0005】

ウインドウの加工が終了したら、当該スキャン領域 8 内において指定された位置の総ての絶縁層 7 z、すなわち、ウインドウ部絶縁層 7 z を加工して穴を完成させる。ここで、絶縁層 7 z を過大なエネルギーで加工すると、えぐれが発生したり、穴の内部がビヤ樽状になったりする可能性が高くなる。そこで、1 個の穴をパルス幅  $Pw_z$  の複数のパルスで加工することとし、かつ、1 つの穴にレーザ 2 を 1 パルス照射したら次の穴を加工することを繰り返すことにより絶縁層 7 z を加工してそれぞれの穴を完成させる。すなわち、先ず、絶縁層 7 z にレーザ 2 を照射する指定回数  $N$  を記憶し、照射回数  $i$  を  $i = 1$  とする（手順 S 80、手順 S 90）。そして、当該スキャン領域 8 内における総てのウインドウ部絶縁層 7 z にレーザ 2 を 1 パルスずつ照射する（手順 S 100、手順 S 110）。そして、当該スキャン領域 8 内における総てのウインドウ部絶縁層 7 z にレーザ 2 を照射したら、照射回数  $i$  を  $i = i + 1$  とした後、指定回数  $N$  と照射回数  $i$  とを比較し（手順 S 120、手順 S 130）、 $i = N$  の場合は手順 S 100 の処理を行い、 $i > N$  の場合は手順 S 500 の処理を行う。手順 S 500 では当該スキャン領域 8 内に径の異なる未加工の穴があるかどうかを確認し、未加工の穴がある場合は手順 S 20 の作業を行う。また、未加工の穴がない場合は未加工のスキャン領域 8 があるかどうかを確認し（手順 S 510）、未加工のスキャン領域 8 がある場合は手順 S 10 の作業を行い、未加工のスキャン領域 8 がない場合は加工を終了する。

30

40

#### 【0006】

ここで、レーザ 2 が炭酸ガスレーザである場合についてその特性を説明する。

図 11 はレーザ発振器 1 の出力を説明する図であり、上段はレーザ発振器 1 の制御信号によって起動される高周波パルス RF 出力である。また、下段はレーザ 2 の 1 パルスの出力波形であり、縦軸は出力レベルを、横軸は時間を、それぞれ表している。レーザ発振器 1 を起動すると（時刻  $T_0$ ）、レーザ発振器 1 内部のレーザ媒体に高周波パルス RF が印可されエネルギーのチャージが開始される。そして、エネルギーが飽和するとレーザ 2 が発振される（時刻  $T_1$ ）。レーザ 2 は発振直後に出力が急上昇した後（時刻  $T_j$ ）、一旦下がり（時刻  $T_d$ ）、以降、エネルギーチャージと出力放出とがバランスし、出力が増大する。レーザ発振器 1 を停止、すなわち高周波パルス RF の印可を停止しても（時刻  $T_2$ ）引き続きエネルギーは減衰しながら出力され、時刻  $T_3$  で 0 になる。同図に斜線を付して示す 1

50

パルスのパルスエネルギー  $E_p$  は、1パルスの持続期間である時刻  $T_1$  から出力レベルが 0 となる時刻  $T_3$  までの期間の総エネルギー量であるが、実用上、パルス幅  $P_w$  を時刻  $T_1 \sim$  時刻  $T_2$  の期間として制御している。すなわち、例えば、パルス幅  $P_w$  が  $2 \mu s$  の場合、時刻  $T_2$  は時刻  $T_0$  から  $5 \mu s$  経過した時刻である。ここで、時刻  $T_0$  から時刻  $T_1$  までの期間は、パルス周波数（パルス周期）によって変わり  $3 \mu s \pm 0.3 \mu s$  程度である。なお、レーザ発振器 100 のレーザ発振周波数は最大  $5 kHz$ （パルス周期  $200 \mu s$ ）程度である。

#### 【0007】

ここで、アパーチャ 4 の径を選定する手順を説明する。レーザ 2 は f レンズ 6 によりアパーチャ径を縮小投影（集光）されるので、レーザ 2 の出力の大きさはレーザ 2 の軸線を対称軸とするガウス分布曲線に似た釣鐘状の曲線になる。そして、上記したように、レーザ 2 の照射により銅層 7c が蒸発してウインドウが形成される。

そこで、アパーチャ 4 の径として、所望の穴径すなわちウインドウ部が銅の蒸発閾値となるような大きさの径が選定される。このため、加工する穴径が異なる場合は、径の異なるアパーチャを選定する。このように、加工しようとする穴径に応じてレーザ 2 の径を設定すると、光軸位置決め装置を構成する f レンズ 6 の高さを上下方向に移動させる必要がなくなり、加工精度が向上するだけでなく、作業性も向上する。アパーチャ 4 の交換装置段としてはいくつかの装置が提案されている。（特許文献 1）

#### 【0008】

図 12 はレーザ加工した穴形状の断面図である。

加工部のガラス繊維の密度が小さく、下層の銅層 7c に反射された最終パルスのレーザ 2 のほとんどが穴の内部を照射した場合、あるいは形成する穴が深い場合、穴内に生じた分解飛散物により、穴側面の樹脂が抉られ、穴の深さ方向の中間部の直径が上下の直径よりも広がり、同図（a）に示すように穴側面がビヤ樽状の穴になることがある。穴がビヤ樽状になると、同図（b）に示すように後工程のめっき時に穴内にボイド（めっき加工中に穴入口が塞がり、めっき液が穴内に閉じ込められた状態になる）が生じ易くなり、プリント基板不良の主要因になる。

#### 【0009】

また、同図（c）に示すように、貫通穴を形成する場合、表裏の穴形状が均一な対称形状でない場合や穴中間部の径がばらつく（ $\pm 10 \mu m$  程度）と、めっき仕上がり面の一方の面が凹み、他方の面が凸になり易い。このため、めっき厚を増やして、専用の研磨工程で表面を平らに仕上げる必要がある。

#### 【0010】

また、同図（d）に示すようにウインドウ部絶縁層 7z だけでなくウインドウ外縁の銅層 7c 下部の絶縁物 7z も熱により抉られ、くぼみ 11 が形成されることが多い。くぼみ 11 の直径  $D_k$  がウインドウの直径  $D$  よりも  $15 \mu m$  以上大きいと、絶縁物 7z に形成された穴に対して銅層 7c がオーバーハングが  $7.5 \mu m$  以上となる結果、後工程のめっき時に穴内にボイドが生じ易くなる。さらに、くぼみ 11 の直径  $D_k$  がウインドウの直径  $D$  よりも  $15 \mu m$  以上大きい場合、銅層 7c と絶縁層 7z との間に微小なクラックが発生することがある。隣り合う穴の片方あるいは両方にこのようなクラックが発生していると、後工程のめっき時にクラックがめっきされることにより隣接する他の銅層 7c との間で短絡が発生する。したがって、このようなクラックの発生も防止する必要がある。そこで、照射回数  $N$  は増えるが、1 回のパルスのエネルギーを小さくして、加工した穴内面の品質を優れたものにする場合が多い。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0011】

【特許文献 1】特開 2000 - 84692 号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【0012】

プリント基板7に実装する高密度半導体に対応するため、プリント基板のレーザ加工には、めっきが確実に行える形状の穴を加工することが要求されている。すなわち、

- (1) ウインドウおよび絶縁層7zに形成する穴径のばらつきを $\pm 5\%$ 以下にすること
- (2) 絶縁層7zに形成する穴は、底面の径が上面の径の80%以上の円錐台であること
- (3) ガラス繊維が穴内面に突き出さないようにして穴内面の平滑化をはかること

に加えて、

- (4) ウインドウ部絶縁層7z外縁のえぐれ(銅層7cのオバハンク)を $7.5\mu\text{m}$ (径では、ウインドウ径 $+15\mu\text{m}$ )以下にすること
- (5) ウインドウ周辺の銅層7cと絶縁層7zとの間に剥離が無いこと
- (6) 穴径をさらに小径にすること
- (7) 隣接する穴との距離を穴径の2倍程度にする(現在は穴径の3~4倍)こと
- (8) 穴底に損傷が無いこと
- (9) 貫通穴を形成する場合は、穴中間部の径のばらつきを小さくすること

が要求されている。

上記したように、一度に過大なエネルギーで絶縁層7zを加工すると、えぐれが発生したり、穴内部がビヤ樽状になる。そこで、パルス幅 $Pw_z$ を小さく、すなわちパルスエネルギーを小さくしたレーザ2を複数回照射して加工することにより、上記(1)~(3)に関してはある程度解決されていた。しかし、パルス幅 $Pw_z$ を例えば $1.5\mu\text{s}$ とする場合、時刻 $T_1$ が $\pm 0.3\mu\text{s}$ 程度ばらつくため、エネルギーが不足して穴底の径が小さくなる場合があった。このような状態を回避するためにパルス幅 $Pw_z$ を大きくすると、えぐれが発生したり、穴内部がビヤ樽状になる可能性が大きくなった。また、パルス幅 $Pw_z$ を変えずに、照射数を増すと、上記したようにガルバノミラー5a、5bが位置決めに必要な時間は平均 $0.4\text{ms}$ (周波数 $2.5\text{kHz}$ )程度であるため、照射数を1回増す毎に1つの穴の加工時間が $0.4\text{ms}$ 増加した。このため、さらなる穴品質の向上および加工時間の短縮が求められていた。また、上記の(4)~(9)に関しても改善が要求されていた。

## 【0013】

本発明の目的は、プリント基板7の実装密度をさらに向上させると共に、品質に優れる穴を能率良く加工することができるプリント基板のレーザ加工方法およびプリント基板のレーザ加工機を提供するにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0014】

上記課題を解決するため、請求項1の発明は、レーザ出力装置から出力されたレーザの外形をアパーチャにより整形し、ガルバノ装置とf レンズにより前記レーザを位置決めして、銅層と絶縁層とからなるプリント基板の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工方法において、第1のアパーチャで整形した前記レーザにより前記銅層に貫通穴を形成し、その後、前記第1のアパーチャよりも小径の第2のアパーチャで整形した前記レーザにより前記絶縁層を加工して、前記プリント基板に穴を形成することを特徴とする。

## 【0015】

また、請求項2の発明は、レーザ出力装置から出力されたレーザの外形をアパーチャにより整形し、ガルバノ装置とf レンズにより前記レーザを位置決めして、銅層と絶縁層とからなるプリント基板の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工方法において、第1のアパーチャで整形した前記レーザにより前記銅層に貫通穴を形成し、その後、前記絶縁層の加工に寄与する前記レーザの径を前記第1のアパーチャで加工された前記貫通穴の径以下とする第2のアパーチャで整形して前記絶縁層を加工することにより前記プリント基板に穴を形成することを特徴とする。

## 【0016】

また、請求項3の発明は、請求項1または請求項2のいずれかに記載のプリント基板の

レーザ加工方法において、前記第 2 のアパーチャで加工した前記絶縁層の穴底を、前記第 1 のアパーチャで成形したレ - ザにより加工することを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 4 の発明は、請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載のプリント基板のレーザ加工方法において、前記絶縁層の加工に用いた前記第 2 のアパーチャの穴径よりも小径の第 3 のアパーチャにより、底付き穴の内面を仕上げ加工することを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 5 の発明は、レーザ出力装置と、アパーチャを備えるプレートと、ガルバノ装置と、 $f$  レンズと、を備え、前記レーザ出力装置から出力されたレーザの外径を前記アパーチャにより整形し、整形した前記レーザを前記ガルバノ装置と前記  $f$  レンズにより位置決めして、銅層と絶縁層とからなるプリント基板の所望の位置に穴を形成するようにしたプリント基板のレーザ加工機において、径の異なる複数のアパーチャを備える第 1 のプレートと、前記第 1 のプレートに設けた各アパーチャの軸線を前記レーザの軸線と同軸に位置決めする前記第 1 のプレート位置決め装置と、それぞれの軸線が前記レーザの軸線と平行なアパーチャを  $n$  個（ただし、 $n$  は正の整数）備える  $m$  個（ただし、 $m$  は正の整数）のプレ - トと、前記  $m$  個の各プレ - トの移動方向を前記レーザの軸心と垂直な方向、かつ、それぞれに設けたアパーチャの軸線を前記レーザの軸線と同軸に位置決めする加工位置と、当該プレートが前記レーザと干渉しない待避位置とに位置決めする  $m$  個のプレート位置決め手段と、を設け、前記第 1 のプレートを前記レーザの軸線方向の前記レーザ出力装置と前記ガルバノ装置との間の前記レーザ出力装置に最も近い側に配置すると共に、前記  $m$  個のプレートを前記レーザの軸線方向の前記第 1 のプレートと前記ガルバノ装置との間の配置し、前記銅層を加工する場合には、前記第 1 のプレートの指定されたアパーチャの軸線を前記レーザの軸線と同軸に位置決めすると共に、他の  $m$  個のプレートを総て待避位置に位置決めし、前記絶縁層を加工する場合は、 $n \times m$  個の内の 1 個の前記銅層を加工するために用いたアパーチャよりも小径のアパーチャを加工位置に位置決めすることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

絶縁層  $7z$  を加工するレーザ 2 の径を銅層  $7c$  を加工するレーザ 2 の径よりも小径にするが、1 つの穴を開ける場合の絶縁層  $7z$  の量を従来よりも多くできるので、1 つの穴を開ける場合のレーザの照射回数を減らすことができる。また、後述するように、同一のエネルギーレベルであってもパルス幅  $Pw$  を大きくすることができるので、安定した加工結果が得られるだけでなく、1 つの穴を開ける場合のレーザの照射回数を減らすことができる。この結果、ウインドウおよび絶縁層  $7z$  に形成する穴径のばらつきを  $\pm 5\%$  以下にすること、絶縁層  $7z$  に形成する穴の底面の径を表面の穴径の  $80\%$  以上にする、ガラス繊維が穴内面に突き出さないようにして穴内面の平滑化をはかること、が可能になり、加工時間を短くすることができると共に、プリント基板の熱変形が小さくなるので加工精度が向上する。

また、絶縁層  $7z$  のえぐれを  $7.5 \mu m$  以下にすること、ウインドウ周辺の銅層  $7c$  と絶縁層  $7z$  との間の剥離を低減すること、穴径をさらに小径にすること、隣接する穴との距離を穴径の 2 倍程度にすること、が可能になるので、プリント基板の実装密度を高くすることができる。

また、貫通穴を形成する場合における穴中間部の径のばらつきおよびずれを小さくすることができるので、プリント基板の品質が向上する。

さらに、底付き穴の底面を仕上げ加工する工程を設けることにより、穴径が均一になるので、穴径をさらに小径化することができる。

また、加工する穴径が小径の場合でも、絶縁層  $7z$  に加工する穴の径をウインドウ径に一致させることにより品質に優れる穴を加工することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

10

20

30

40

50

- 【図 1】本発明を実施するための第 1 のレーザ加工機の全体図である。  
 【図 2】本発明に係る第 1 のレーザ加工機の加工手順を示すフローチャートである。  
 【図 3】パルスエネルギー  $E_p$  の空間分布を示す図である。  
 【図 4】パルスエネルギー  $E_p$  の空間分布を示す図である。  
 【図 5】エネルギー分布曲線とプリント基板との関係を示す図である。  
 【図 6】本発明を実施するための第 2 のレーザ加工機の全体図である。  
 【図 7】本発明に係る第 2 のレーザ加工機の加工手順を示すフローチャートである。  
 【図 8】本発明に係る第 2 の穴底処理の加工手順を示すフローチャートである。  
 【図 9】従来のレーザ加工機の構成図である。  
 【図 10】従来のレーザ加工機の加工手順を示すフローチャートである。  
 【図 11】レーザ発振器の出力を説明する図である。  
 【図 12】レーザ加工した穴形状の断面図である。  
 【発明を実施するための形態】

# 【0021】

図 1 は本発明を実施するための第 1 のレーザ加工機の全体図であり、従来と同じ物あるいは同一機能の物は同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

レーザ出力装置 110 とガルバノミラー 5a との間には反射率が高い銅製で円盤状の大プレート 20 が配置されている。大プレート 20 の回転の軸線 O から半径  $r$  の円周上には、直径  $40 \sim 250 \mu\text{m}$  の穴を加工することができるように、径の異なる  $n$  個のアーチャ 41 ~ 4n が配置されている。アーチャ 41 ~ 4n は円周方向等間隔に配置されている。アーチャ 41 ~ 4n の各軸線と大プレート 20 の回転の軸線 O は平行である。大プレート 20 の回転の軸線 O はレーザ 2 の軸線と平行かつ距離  $r$  の位置に位置決めされている。大プレート 20 は大プレート位置決め装置 21 により回転および回転方向位置決め自在に保持されている。大プレート位置決め装置 21 は制御装置 10 に接続されている。

大プレート 20 とガルバノミラー 5a との間には大プレート 20 に設けられたアーチャ 41 ~ 4n と同数のアパ - チャ 4A1 ~ 4An を備えるプレート 22A がレーザ 2 の軸線と垂直な方向に配置されている。アパ - チャ 4A1 ~ 4An のそれぞれの穴径は対応するアパ - チャ 41 ~ 4n のそれぞれの穴径よりも小径である。プレート 22A は直線方向に移動する第 1 の直動装置 23A に支持されている。プレート 22A は第 1 の直動装置 23A の一方の移動端においてアーチャ 4A1 ~ 4An のいずれかの軸線がレーザ 2 の軸線と同軸になる位置（動作位置）に位置決めされる。また、第 1 の直動装置 23A の他方の移動端において、プレート 22A はレーザ 2 と干渉しない位置（待避位置）に位置決めされる。第 1 の直動装置 23A は移動方向が第 1 の直動装置 23A の移動方向と直角である第 2 の直動装置 24A に支持されている。第 2 の直動装置 24A は動作位置にあるアパ - チャ 4A1 ~ 4An の内のいずれかの軸線をレーザ 2 の軸線と同軸に位置決めする。そして、第 1 の直動装置 23A と第 2 の直動装置 24A とでアパ - チャ 4A1 ~ 4An の位置決め手段を構成している。第 1 の直動装置 23A と第 2 の直動装置 24A はそれぞれ制御装置 10 に接続されている。ここで、直動装置 23A の動作速度は大プレート位置決め装置 21 の動作速度よりも遥かに高速である。

# 【0022】

次に、動作を説明する。

図 2 は本発明に係る第 1 のレーザ加工機の加工手順を示すフローチャートである。

制御装置 10 は加工プログラムを読み込み、X - Y テーブル 9 を移動させて、最初のスキャン領域 8 を f レンズ 6 に対向させる（手順 S10）。また、最初のスキャン領域 8 内で最初に加工する穴径に対応する大プレート 20 のアーチャ（アーチャ 41 ~ 4n のいずれか 1 個）を選択し、当該アーチャの軸線をレーザ 2 の軸線と同軸に位置決めすると共に、必要に応じてビーム径調整装置 100 によりビーム 2 のエネルギー密度を変更する（手順 S20）。また、プレート 22A を動作位置に位置決めした時に、アパ - チャ 4A1 ~ 4An の内の絶縁物加工時に使用するアパ - チャの軸線がレーザ 2 の軸線と一致するように第 2 の直動装置 24A を動作させると共に、プレート 22A を待避位置に位置決



めする（手順 S 3 0）。そして、当該スキャン領域 8 内において指定された位置の総ての銅層 7 c にウインドウを加工する（手順 S 5 0、手順 S 6 0）。すなわち、レ - ザ出力装置 1 1 0 から出力されたレーザ 2 の外径をアパーチャ 4 により整形し、ガルバノミラー 5 a、5 b と f レンズ 6 とで構成される光軸位置決め装置によりレーザ 2 の軸線を位置決めしてプリント基板 7 に入射させる。ここで、従来技術と同様、ウインドウをレ - ザ 2 の 1 回の照射（すなわち、1 パルスの照射）で形成すると共に、スキャン領域 8 内の残りの穴の銅層 7 c を加工する。銅層 7 c の加工が終了したら、プレ - ト 2 2 A を動作位置に位置決めし、すなわち、絶縁物加工時に使用するアパ - チャ 4 A 1 ~ 4 A n の内の一つのアパ - チャの軸線をレーザ 2 の軸線と一致させ（手順 S 7 0）、当該スキャン領域 8 内におけるウインドウ部絶縁層 7 z を加工して穴を完成させる。すなわち、絶縁層 7 z にレーザ 2 を照射する指定回数 N を記憶し、照射回数 i を  $i = 1$  とする（手順 S 8 0、手順 S 9 0）。そして、当該スキャン領域 8 内における総てのウインドウ部絶縁層 7 z にレーザ 2 を 1 パルスずつ照射する（手順 S 1 0 0、手順 S 1 1 0）。そして、当該スキャン領域 8 内における総てのウインドウ部絶縁層 7 z にレーザ 2 を照射したら、照射回数 i を  $i = i + 1$  とした後、指定回数 N と照射回数 i とを比較し（手順 S 1 2 0、手順 S 1 3 0）、i N の場合は手順 S 1 0 0 の処理を行い、 $i > N$  の場合は手順 S 5 0 0 の処理を行う。手順 S 5 0 0 では当該スキャン領域 8 内に径の異なる未加工の穴があるかどうかを確認し、未加工の穴がある場合は手順 S 2 0 の作業を行う。また、未加工の穴がない場合は未加工のスキャン領域 8 があるかどうかを確認し（手順 S 5 1 0）、未加工のスキャン領域 8 がある場合は手順 S 1 0 の作業を行い、未加工のスキャン領域 8 がない場合は加工を終了する。

10

20

#### 【 0 0 2 3 】

次に、従来技術で説明したと同じ径のウインドウを加工する場合において、本願を適用した加工を具体的に説明する。

本願ではウインドウの径が D である場合、絶縁物に開ける穴の径を D より小さい、例えば  $0.7D$  として加工する。このようにすると、除去する絶縁物の量が従来の 49% すなわち約  $1/2$  であるから、例えば、従来 6 パルスで加工していた場合、本願では同じエネルギーの 3 パルスで加工することができる。この場合、従来の 6 パルスの場合と同じエネルギーで加工するので、加工した穴内面の品質が低下することはない。

30

#### 【 0 0 2 4 】

また、絶縁層 7 z を加工する際、加工する穴径はウインドウの径より小さいから、くぼみ 1 1 の径が拡大することもほとんどないし、えぐれも発生しない。

#### 【 0 0 2 5 】

以上、絶縁層に加工する穴の径をウインドウの径よりも小さくする場合について説明したが、加工する穴が例えば  $80\mu\text{m}$  以下の小径穴である場合、絶縁層 7 z に加工する穴の径をウインドウの径よりも小径にすると加工が難しくなる場合がある。

このような場合、本発明者は、絶縁層 7 z に加工する穴の径をウインドウの径に合わせるようにすれば解決できることに気がついた。また、従来は試行錯誤的に決定されていた絶縁層 7 z の加工条件を適切に定める手段を見つけることにより、品質に優れる穴を加工できると共に、短時間で加工条件を設定することが可能になると考えた。そこで、種々の条件を変えて加工実験を行い、何をパラメ - タとすれば実験で得られたデ - タをまとめられるかを検討した。

40

その結果、絶縁物が蒸発するエネルギーレベル k、絶縁層を構成するガラス繊維が蒸発するエネルギーレベル g、銅が蒸発するエネルギーレベル j に基づいて加工データを整理すると、加工結果をうまく説明できることを見いだした。そして、絶縁層 7 z の表面を絶縁層 7 z を構成するガラス繊維が蒸発するエネルギーレベル g（以下、単にエネルギーレベル g という）に一致させることにより、えぐれがほとんど発生せず、穴の内部がピヤ樽状になることもないことを確認した。

#### 【 0 0 2 6 】

以下、上記知見に基づく本願発明による加工方法を、失敗例と比較して説明する。

50

図 3 はパルスエネルギー  $E_p$  の空間分布を示す図であり、横軸は径、縦軸はエネルギーの大きさである。また、 $D$  はウインドウ径、 $D_{rs}$  は図 1 における選択されたプレート 22A のアパーチャの集光径、 $D_r$  は図 1 におけるプレート 20 のアパーチャの集光径である。また、一点鎖線で示す曲線  $L_{dr}$  は集光径が  $D_r$  である場合のパルスエネルギー  $E_p$  の空間分布を示すエネルギー分布曲線、実線で示す曲線  $L_{drs}$  は集光径が  $D_{rs}$  である場合のパルスエネルギー  $E_p$  の空間分布を示すエネルギー分布曲線であり、 $E_0$  はエネルギーレベル 0 の位置である。なお、同図においては横軸を拡大して、また、縦軸は縮小して模式的に示してある。

はじめに、同図 (d) ~ (f) により失敗例について説明する。

今、絶縁層 7z の厚さが  $h$  であり、3 パルスで加工するとする。この場合、1 パルスで絶縁層 7z を  $h/3$  加工するので、絶縁層 7z を  $h/3$  加工するエネルギーレベルをエネルギーレベル  $p$  とすると、穴の深さが表面から  $h/3$  の位置のエネルギーレベルが  $(g + p)$  となるようにエネルギー分布曲線  $L_{dp}$  を定める。すると、(d) に示すように、第 1 パルスで深さ  $h/3$  の穴が加工される。また、同図 (e) に示すように、第 2 パルスで深さ  $2h/3$  の穴が加工され、同図 (f) に示すように、第 3 パルスで深さ  $h$  の穴が加工される。しかし、第 1 パルス照射時において、表面から深さ  $h/3$  の絶縁層が過熱状態になり、絶縁層の蒸発物により、ウインドウの外縁にえぐれが発生する。また、第 2 パルス照射時には穴底が深くなるため、過熱状態になった絶縁層の蒸発物が穴から逃げにくくなるため、えぐれが拡大する。第 3 パルス照射時には穴底が第 2 パルス照射時よりもさらに深くなるため、えぐれがさらに拡大する。

【0027】

次に、同図 (a) ~ (c) により本発明の加工例について説明する。

同図 (a) に示すように、エネルギー分布曲線  $L_{drs}$  のエネルギーレベル  $g$  の径を  $D$  とするため、パルス幅  $P_w$  をエネルギー分布曲線  $L_{dr}$  の場合に比べて大きくする。この結果、同図 (a) に示すように、第 1 パルスにより加工された穴の穴底が下層の銅層 7c に到達するが、下層の銅層 7c に反射されたレーザ 2 によるえぐれはほとんど発生しない。そして、同図 (b) に示すように、第 2 パルスにより穴底の径と穴側面の径が増大し、第 3 パルスにより穴底の径と穴側面の径が  $0.8D$  以上になる。したがって、絶縁層 7z に照射するレーザ 2 の指定回数  $N$  を  $N = 3$  に設定することができ、かつ、従来の 6 パルス場合とほぼ同じ加工結果を得ることができる。しかも、エネルギー分布曲線  $L_{drs}$  の場合、パルス幅  $P_w$  を大きくするので、パルス幅  $P_w$  に対する遅れ時間  $T_1$  のばらつきによる影響が小さく、加工した穴の品質が従来の場合に比べて安定する。なお、パルス幅  $P_w$  を大きくしても、パルス周期は変わらないので、加工速度が遅くなることはない。

これに対して、従来の場合 (エネルギー分布曲線  $L_{dr}$  の場合)、同図 (a) に示すように、第 1 パルスでは加工された穴の穴底が下層の銅層に到達せず、同図 (c) に近い穴を加工することができるのは 6 パルス目である。

【0028】

次に、加工時におけるウインドウ付近の熱影響について説明する。

図 4 はパルスエネルギー  $E_p$  の空間分布を示す図であり、横軸は径、縦軸はエネルギーの大きさである。図において、 $E_0$  はエネルギーが 0 のレベル、 $E_z$  で示すエネルギーレベル  $k$  は絶縁物が蒸発するエネルギーレベル、 $E_g$  で示すエネルギーレベル  $g$  は絶縁層を構成するガラス繊維が蒸発するエネルギーレベル、 $A - A$  で示すエネルギーレベル  $j$  は銅が蒸発するエネルギーレベルである。また、一点鎖線で示すエネルギー分布曲線  $L_D$  は図 1 におけるプレート 20 のアパーチャの集光径が  $D_r$  の場合を、実線で示すエネルギー分布曲線  $L_d$  は図 1 における選択されたプレート 22A のアパーチャの集光径が  $D_{rs}$  である場合を、それぞれ示している。ここで、エネルギー分布曲線  $L_D$  は銅が蒸発するエネルギーレベル  $j$  における径が  $D$  (すなわちウインドウ径) でありエネルギー分布曲線  $L_d$  は絶縁層のガラス繊維が蒸発するエネルギーレベル  $g$  における径が  $D$  である。

ここで、エネルギー分布曲線  $L_D$  がエネルギーレベル  $E_z$  で交わる点を点  $C$ 、 $C$  とし、エネルギー分布曲線  $L_d$  がエネルギーレベル  $E_z$  で交わる点を点  $Q$ 、 $Q$  とする。また、エネルギーレ

ベル E z において直径 D に対応する位置を B - B とする。すると、エネルギー分布曲線 L d の場合、絶縁物から見て断面が略三角形 P B Q で囲まれるエネルギーがウインドウの外周に供給される。一方、銅層加工時に採用したパルス幅 P w (エネルギー分布曲線はエネルギー分布曲線 L D) のパルス幅 P w を小さくし、エネルギー分布曲線がウインドウの外周においてエネルギーレベル g となるエネルギー分布曲線 L D z にしたとするとパルス数を増す必要がある。また、エネルギー分布曲線 L D z はエネルギーレベル E z と点 R、R で交わり、絶縁物から見て断面が略三角形 P B Q よりも大きい略三角形 P B R で囲まれるエネルギーがウインドウの外周に供給されるため、熱影響が大きくなる。また、上記図 3 で説明したように、選択したエネルギーレベルがエネルギーレベル g よりも大きい場合、えぐれが発生しやすくなり、穴内部がバレル状になりやすい。

10

#### 【0029】

本発明者は、実際の加工により、黒化処理した厚さ 5 ~ 12  $\mu\text{m}$  の銅層と絶縁層 60  $\mu\text{m}$  のビルドアップ層、および表面処理がされていない厚さ 1.5  $\mu\text{m}$  の銅層と絶縁層 40  $\mu\text{m}$  のビルドアップ層を持つプリンと基板の場合、エネルギーレベル g およびエネルギーレベル j はそれぞれ、 $g = 5\text{ k}$ 、 $j = 11\text{ k}$  程度であることを確認した。

なお、エネルギーレベル E z をウインドウの径 D に合わせた場合、くぼみ 11 の発生を抑えることはできるが、加工された穴の内部にガラス繊維が残りやすくなる。

#### 【0030】

図 5 は、レーザ加工した穴形状の断面図である。

ウインドウの外周に供給される 1 パルス目のエネルギーによって銅層 7 c 直下の絶縁物の高温の分解物が銅層 7 c に放散を阻まれる結果、従来技術のように銅層 7 c を加工したアパーチャで絶縁層を加工すると、同図 (a) に示すように、銅層 7 c 直下のくぼみ 11 が拡大して、くぼみ 11 に接続するえぐれが形成される場合があった。しかし、本願技術のように、エネルギー分布曲線の絶縁層 7 z 入り口側における直径がウインドウ径に等しくなるアパーチャを用いて絶縁層 7 z を加工すると、図 4 で説明したように略三角形 P B Q の面積は略三角形 P B C よりもはるかに小さいので、同図 (b) に示すように、銅層 7 c の下面にはえぐれがほとんど発生しない。さらに、えぐれがほとんど発生しないので、銅層 7 c と絶縁層 7 z との間に微小なクラックが発生することも無い。したがって、絶縁層に加工する穴の径をウインドウの径と同じにしても、銅層 7 c の下側に発生するくぼみ 11 は大きくなる。また、P - P 断面がガラス繊維が蒸発するエネルギーレベル E g であるから、絶縁物はもちろんガラス繊維が穴の中に残ることはない。

20

30

#### 【0031】

なお、エネルギーレベル E z をウインドウの径 D に合わせた場合、くぼみ 11 の発生を抑えることはできるが、加工された穴の内部にガラス繊維が残りやすくなる。

#### 【0032】

以下、参考までに、表面を黒化処理した銅層の厚さが 7  $\mu\text{m}$ 、絶縁層の厚さが 60  $\mu\text{m}$  のプリント基板 7 を実際に加工した結果を説明する。

まず、径が 3.4 mm のアパーチャを用いてパルス幅 P w が 5  $\mu\text{s}$  (この場合のパルスエネルギーは約 6 mJ である) の 1 パルスにより銅層 7 c を加工し、直径が 65  $\mu\text{m}$  のウインドウを形成した。次に、ウインドウ縁で直径が 65  $\mu\text{m}$  になる径が 2.6 mm のアパーチャを用いて、パルス幅 P w が 3  $\mu\text{s}$  (この場合のパルスエネルギーは約 2.5 mJ である) の 3 パルスにより絶縁層 7 z を加工した。その結果、ガラス繊維密度の高低に係わらずくぼみ 11 のない、銅層下の絶縁層直径が約 75  $\mu\text{m}$  (銅層 7 c のオーバーハング 5  $\mu\text{m}$ )、穴底径 60  $\mu\text{m}$  以上の均一な円錐台形状の穴を加工することができることを確認した。

40

また、絶縁層 7 z 加工時においてウインドウ周辺に照射されるエネルギーが従来比で約 60 % 低減されたことにより、銅層と絶縁層の剥離・クラックの発生はほとんどなかった。また、加工中の基板の変形の影響が小さくなるので、ウインドウと穴底との芯ずれのない穴を形成できた。また、絶縁層 7 z に均一な円錐台状の穴が得られる結果、穴径の 2 倍の穴径ピッチ化が可能になることを確認した。さらに、プリント基板に貫通穴を形成する場

50

合、表裏の穴形状が均一な対称形状になり、穴中間部の径のばらつきも小さくなるので、めっき仕上がり面が均一になる。この結果、めっき工程に先立って行われるハーフエッチング（エッチングにより銅層 7 c を厚さの半分よりも少し多く除去する）によるウインドウ周辺の銅層 7 c のオーバーハングが約  $3\ \mu\text{m}$  に低減され、銅層 7 c のオーバーハングの専用の除去作業を省略することができるので、めっきの作業工程を簡略化できるという効果も確認できた。

#### 【0033】

なお、従来技術の場合、径が  $3.4\ \text{mm}$  のアパーチャを用いて、パルス幅  $5\ \mu\text{s} \times 1$  パルスでウインドウを形成した後、パルス幅  $P_w$  が  $1.5\ \mu\text{s} \times 6$  パルスで直径がウインドウ径に等しい  $65\ \mu\text{m}$  の穴を絶縁層 7 z に形成したところ、ガラス繊維密度の高い部分ではくぼみ 11 の発生がなく、ガラス繊維密度の低い樹脂比率の高い部分で僅かなくぼみ 11 の発生があったが、その直径は  $80\ \mu\text{m}$ （銅層 7 c のオーバーハング  $7.5\ \mu\text{m}$ ）前後であり、ほぼ本願に近いレベルであった。

一方、従来技術の場合、径が  $3.4\ \text{mm}$  のアパーチャを用いて、パルス幅  $5\ \mu\text{s} \times 1$  パルスでウインドウを形成した後、パルス幅  $P_w$  が  $3\ \mu\text{s}$  の 3 パルスで、直径がウインドウ径に等しい  $65\ \mu\text{m}$  の穴を絶縁層 7 z に形成したところ、ガラス繊維密度の高い部分と低い部分の両方でくぼみ 11 が発生し、ガラス繊維密度の低い場合は直径が  $95\ \mu\text{m}$ （銅層 7 c のオーバーハング  $15\ \mu\text{m}$ ）前後となり、しかも形状のばらつきが大きくなった。ハーフエッチング後でも銅層 7 c のオーバーハングが約  $10\ \mu\text{m}$  以上になり、めっき工程でボイドの発生が多くなる可能性があることが分かった。

#### 【0034】

次に、表面処理がされていない銅層の厚さが  $1.5\ \mu\text{m}$ 、絶縁層の厚さが  $40\ \mu\text{m}$  のプリント基板を実際に加工した結果を説明する。

径が  $3.4\ \text{mm}$  のアパーチャを用いて、パルス幅  $5\ \mu\text{s} \times 1$  パルスで直径が  $65\ \mu\text{m}$  のウインドウを形成した。その後、径が  $2.6\ \text{mm}$  のアパーチャを用いて、パルス幅  $P_w$  が  $3\ \mu\text{s} \times 1$  パルスによりガラス繊維密度の高低に係わらずくぼみ 11 のない、銅層下の絶縁層直径が約  $75\ \mu\text{m}$ （オーバーハング  $5\ \mu\text{m}$ ）、穴底径  $60\ \mu\text{m}$  以上の均一な円錐台形状の穴を加工することができることを確認した。また、めっき工程のフラッシュエッチング（エッチングの量が  $1\ \mu\text{m}$  以下のエッチング）により、銅層 7 c のオーバーハングを除去できることが分かった。

#### 【0035】

次に、加工時間の短縮効果について説明する。

上記したように、ガルバノミラー 5 a、5 b 位置決め時間は平均  $0.4\ \text{ms}$ （ $2.5\ \text{kHz}$ ）程度である。したがって、絶縁層 7 z の加工を 6 パルスから 3 パルスに減らすと、ガルバノミラー 5 a、5 b 位置決め時間は半減するので、例えば、1 枚のプリント基板の穴数が 800、000 個の場合、約 40% 程度加工時間を短縮できる。

#### 【0036】

図 6 は本発明を実施するための第 2 のレーザ加工機の全体図であり、図 1 と同じ物あるいは同一機能の物は同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

プレート 22 A とガルバノミラー 5 a との間には、アパーチャ 41 ~ 4n と同数のアパーチャ 4 B1 ~ 4 Bn を備えるプレート 22 B がレーザ 2 の軸線方向に配置されている。アパーチャ 4 B1 ~ 4 Bn のそれぞれの穴径は対応するアパーチャ 4 A1 ~ 4 An のそれぞれの穴径よりも小径である。プレート 22 B は構造が第 1 の直動装置 23 A と同じである第 1 の直動装置 23 B に支持されている。プレート 22 B は第 1 の直動装置 23 B の一方の移動端においてアパーチャ 4 B1 ~ 4 Bn のいずれかの軸線がレーザ 2 の軸線と同軸になる位置（動作位置）に位置決めされる。また、第 1 の直動装置 23 B の他方の移動端において、プレート 22 B はレーザ 2 と干渉しない位置（待避位置）に位置決めされる。

第 1 の直動装置 23 B は構造が第 1 の直動装置 24 A と同じである第 2 の直動装置 24 B に支持されている。第 2 の直動装置 24 B は、動作位置にあるアパーチャ 4 B1 ~ 4 Bn の内のいずれかの軸線をレーザ 2 の軸線と同軸に位置決めする。第 1 の直動装置 23 B

と第2の直動装置24Bとでアパーチャ4B1～4Bnの位置決め手段を構成している。  
第1の直動装置23Bと第2の直動装置24Bはそれぞれ制御装置10に接続されている。

#### 【0037】

次に、本発明を実施するための第2のレーザ加工機の動作を説明する。

図7は本発明に係る第2のレーザ加工装置の加工手順を示すフローチャートである。なお、第2のレーザ加工装置の加工手順と同じ手順については説明を簡略化して説明する。

制御装置10は加工プログラムを読み込み、X-Yテーブル9を移動させて、最初のスキャン領域8をf レンズ6に対向させる(手順S10)。また、最初のスキャン領域8  
10  
内で最初に加工する穴径に対応する大プレート20のアパーチャ(アパーチャ41～4n  
のいずれか1個)を選択し、当該アパーチャの軸線をレーザ2の軸線と同軸に位置決めする(手順S20)。また、プレート22Aを動作位置に位置決めした時に、アパ-チャ4  
A1～4Anの内の絶縁物加工時に使用するアパ-チャの軸線がレーザ2の軸線と一致する  
ように第2の直動装置24Aを動作させると共に、プレート22Aを待避位置に位置決  
めする(手順S30)。また、プレート22Bを動作位置に位置決めした時に、アパ-チャ  
4B1～4Bnの内の絶縁物加工時に使用するアパ-チャの軸線がレーザ2の軸線と一  
20  
致するように第2の直動装置24Bを動作させると共に、プレート22Bを待避位置に位  
置決めする(手順S40)。なお、加工に使用するアパ-チャ4B1～4Bnの径は、加  
工に使用するアパ-チャ4A1～4Anの径よりも小径のものを選択しておく。そして、  
従来技術と同様、ウインドウを1パルスのレ-ザ2で形成すると共に、スキャン領域8内  
の残りの穴の銅層7cを加工する(手順S50、手順S60)。銅層7cの加工が終了し  
たら、プレ-ト22Aを動作位置に位置決めし、すなわち、絶縁物加工時に使用するアパ  
-チャ4A1～4Anの内の一つのアパ-チャの軸線をレーザ2の軸線と一致させ(手順  
S70)、当該スキャン領域8内におけるウインドウ部絶縁層7zを加工して穴を完成さ  
せる(手順S80～手順S130)。そして、当該スキャン領域8内におけるウインドウ  
部絶縁層7zの加工が終了したら、穴底の処理をするかどうかを確認し(手順S200)  
、穴底の処理をしない場合は手順S500の処理を行い、穴底の処理をする場合は、プレ  
ート22Bを動作位置に位置決めし、すなわち、アパ-チャ4B1～4Bnの内の予め選  
30  
択されている一つのアパ-チャの軸線をレーザ2の軸線と一致させ(手順S210)、当  
該スキャン領域8内の加工が終了した総ての穴底にレ-ザ2を1パルスずつ照射すること  
により、加工した穴の穴底を追加加工する(手順S220、手順S230)。そして、当該  
スキャン領域8内の穴底の処理が終了したら、当該スキャン領域8内に径の異なる未加工  
の穴があるかどうかを確認し(手順S500)、未加工の穴がある場合は手順S20の作  
業を行う。また、未加工の穴がない場合は未加工のスキャン領域8があるかどうかを確認  
し(手順S510)、未加工のスキャン領域8がある場合は手順S10の作業を行い、未  
加工のスキャン領域8がない場合は加工を終了する。

このように、アパ-チャ4Anよりも小径のアパ-チャ4Bnにより穴底を加工するの  
で、穴底径をより均一にできる。

また、この加工法は中間部の穴径が小さいX形状の貫通穴(スルーホール)加工におい  
ても有効である。すなわち、先ず、両面基板の一方から中間部まで穴を加工してから、両  
40  
面基板を反転し、他方から中間部まで穴を加工する。そして、最後に穴の中間部を手順S  
220、手順S230により加工すると、中間部の穴径のばらつきを小さくすることがで  
きるだけでなく、中間部の穴壁面の品質を向上させることができる。

#### 【0038】

この実施の形態ではプレート22A、22Bのそれぞれに大プレート20のアパーチャ  
と同数のアパーチャを設けるようにしたので、アパーチャの管理が容易である。なお、こ  
の実施例ではプレート22Aのアパ-チャ4A1～4Anおよびプレート22Bのアパ-  
チャ4B1～4Bnを1列に配置したが、2列に配置する等、適宜に変更することができ  
る。

#### 【0039】

また、この実施形態では第 1 の直動装置 2 3 A、2 4 B をレーザ 2 の軸線方向に並べるようにしたが、レーザ 2 の軸線の周りに配置しても良い。

【0040】

また、上記第 1 および第 2 の実施形態ではアパ - チャ 4 A 1 ~ 4 A n およびアパ - チャ 4 B 1 ~ 4 B n をアパ - チャ 4 1 ~ 4 n と同数としたが、加工する穴径が 100  $\mu$ m 以上の場合、めっきが絶縁物 7 z に形成された穴底まで到達しやすいので、例えば、200  $\mu$ m の用のアパ - チャで 210  $\mu$ m の穴あるいは 190  $\mu$ m の穴を加工するようにして、アパ - チャ 4 A 1 ~ 4 A n あるいはアパ - チャ 4 B 1 ~ 4 B n の数を減らしても良い。

【0041】

図 8 は穴底の処理をする場合の第 2 の穴底処理手順であり、下層の銅層 7 c の厚さが薄い（特に 9  $\mu$ m）場合に好適であり、図 1 および図 6 で示した本願のレーザ加工機のいずれにも適用することができる。なお、手順 S 10 ~ 手順 S 130 の処理および手順 S 500、手順 S 510 の処理の処理は図 2 および図 7 で説明したフローチャートと同じであるので、重複する説明を省略して説明する。

スキャン領域 8 内におけるウインドウ部絶縁層 7 z の加工が終了したら、穴底の処理をするかどうかを確認し（手順 S 200）、穴底の処理をしない場合は手順 S 500 の処理を行い、穴底の処理をする場合は、プレート 22 A およびプレート 22 B（図 1 の場合はプレート 22 A のみである）を待機位置に戻し（手順 S 300）、当該スキャン領域 8 内の加工が終了した総ての穴底にレーザ 2 を 1 パルスずつ照射することにより、加工した穴の穴底を追加加工する（手順 S 310、手順 S 320）。そして、当該スキャン領域 8 内の穴底の処理が終了したら、当該スキャン領域 8 内に径の異なる未加工の穴があるかどうかを確認し（手順 S 500）、未加工の穴がある場合は手順 S 20 の作業を行う。また、未加工の穴がない場合は未加工のスキャン領域 8 があるかどうかを確認し（手順 S 510）、未加工のスキャン領域 8 がある場合は手順 S 10 の作業を行い、未加工のスキャン領域 8 がない場合は加工を終了する。この実施形態の場合、エネルギー密度を小さくする作業が容易になるという利点がある。なお、手順 S 310 においては、穴底がエネルギーレベル g となるようにエネルギー分布曲線を定めるようにすると効果的である。

【0042】

ここで、本発明と特許文献 1 の技術との違いについて説明する。

プリント基板 7 に加工する穴径としては 40  $\mu$ m ~ 250  $\mu$ m がほとんどである。そして、例えば、50  $\mu$ m の穴を加工する場合は穴径が 2 mm のアパーチャを、また、250  $\mu$ m の穴を加工する場合は穴径が 8 mm のアパーチャを、それぞれ採用する。特許文献 1 の技術の場合、50  $\mu$ m の穴を加工する場合であっても、直径が 8 mm のレーザが 50  $\mu$ m の穴を加工するアパーチャを備えたプレートに供給されるため、個々のプレートの冷却装置を大きくする必要がある。これに対して、本発明では、大プレート 20 で銅層 7 c を加工するレーザ 2 の外形を制限し、外形が制限されたレーザ 2 で絶縁層 7 z を加工するので、プレート 22 A、22 B に供給されるエネルギーは小さくなる。この結果、プレート 22 A、22 B を冷却する冷却装置を小さくすることができる。

【0043】

また、この実施形態ではレーザ 2 が炭酸ガスレーザの場合について説明したが、他のレーザであっても良い。また、銅層を 1 パルスで加工する場合について説明したが、銅層をパルス幅 Pw の小さい（例えばピコ秒、フェムト秒）の複数パルスで加工するようにしても良い。

【符号の説明】

【0044】

- 1 レーザ発振器
- 2 レーザ 2
- 4 アパーチャ
- 5 ガルバノ装置
- 6 f レンズ

10

20

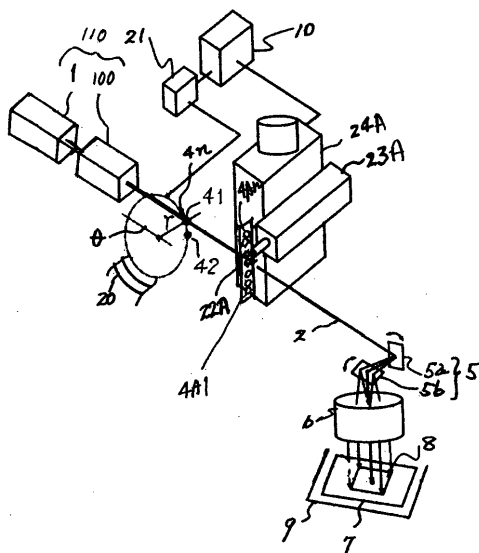
30

40

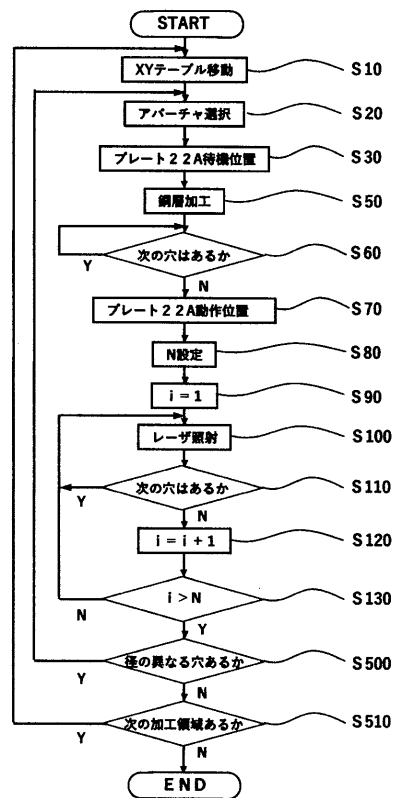
50

- 7 プリント基板  
 7c プリント基板7の銅層  
 7z プリント基板7の絶縁層

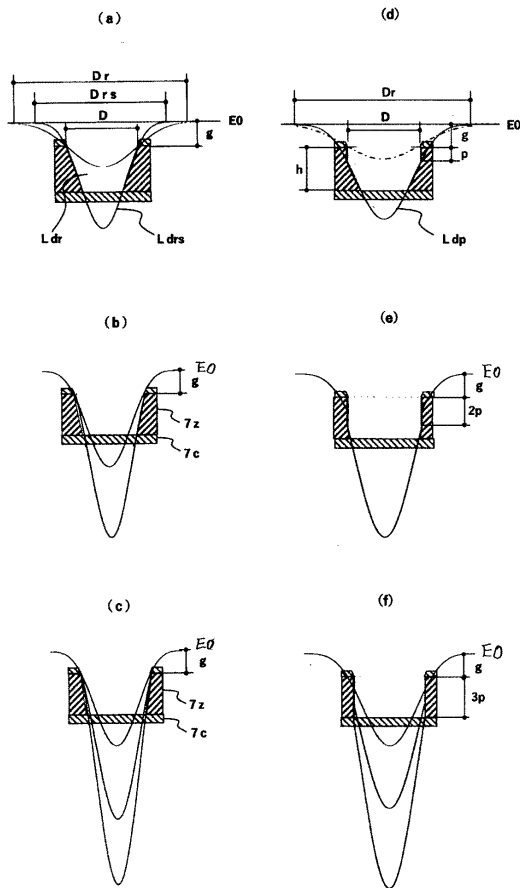
【図1】



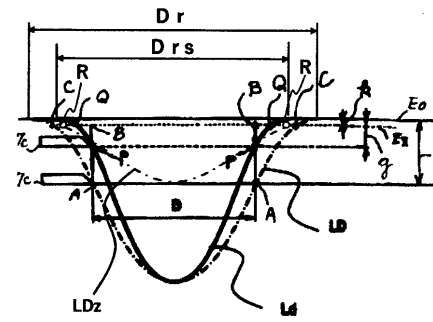
【図2】



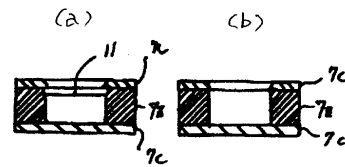
【図 3】



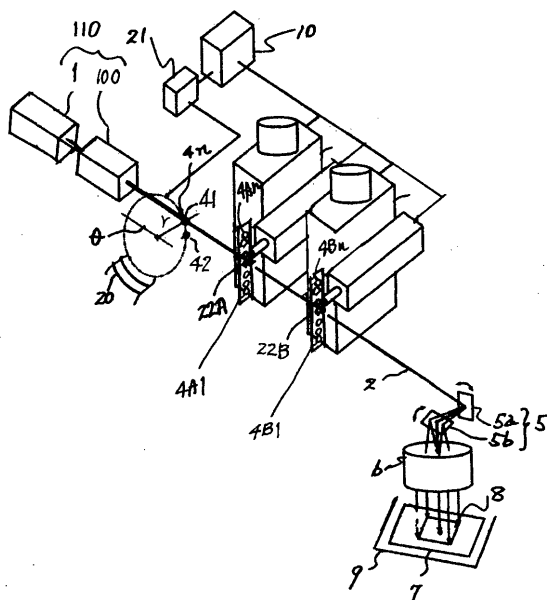
【図 4】



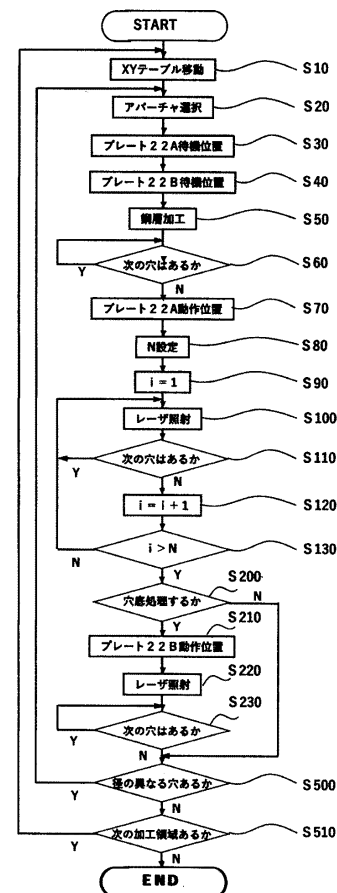
【図 5】



【図 6】

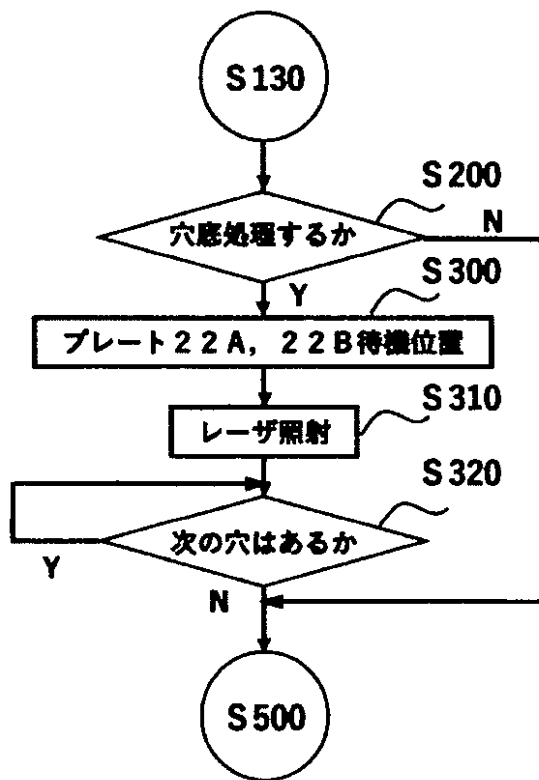


【図 7】

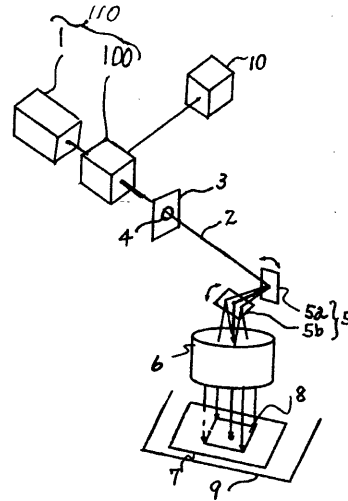




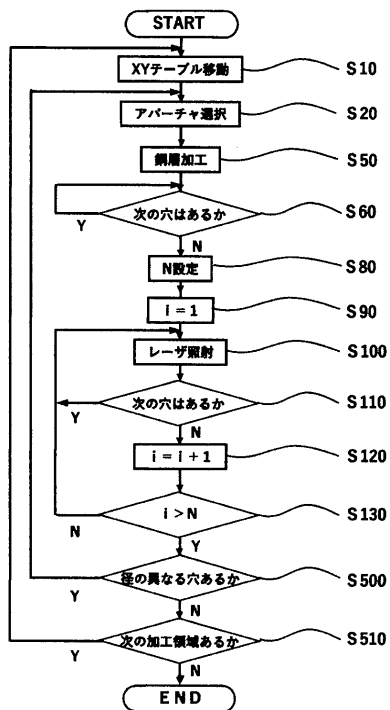
【図 8】



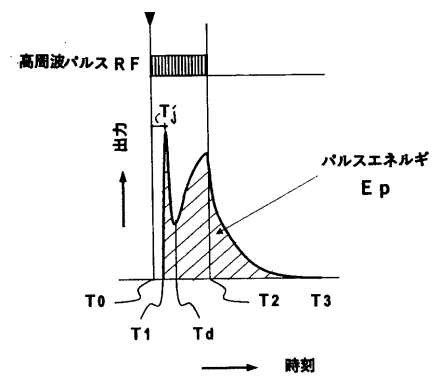
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

