

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 2 部門第 2 区分
 【発行日】令和 2 年 8 月 27 日 (2020.8.27)

【公開番号】特開 2020-108904 (P2020-108904A)
 【公開日】令和 2 年 7 月 16 日 (2020.7.16)
 【年通号数】公開・登録公報 2020-028
 【出願番号】特願 2019-165755 (P2019-165755)
 【国際特許分類】

B 2 3 K 26/382 (2014.01)

B 2 3 K 26/066 (2014.01)

B 2 3 K 26/082 (2014.01)

H 0 5 K 3/00 (2006.01)

【F I】

B 2 3 K 26/382

B 2 3 K 26/066

B 2 3 K 26/082

H 0 5 K 3/00 K

H 0 5 K 3/00 M

H 0 5 K 3/00 N

【手続補正書】

【提出日】令和 2 年 5 月 12 日 (2020.5.12)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 5】

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、
スルーホールの内面を、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、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。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】請求項 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項 6】

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装置と、
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に配置し、

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プリント基板のレーザ加工機。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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（表面銅層）と下層の銅層（穴底銅層）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（裏面銅層）を接続するための貫通穴であるスルーホール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。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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。）を交互に積層して構成されている。銅層としてはレーザの吸収を高める目的で表面処理（黒化处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。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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。

レーザ出力装置 110 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 は一対のガルバノミラー 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 が位置決めに必要な時間は平均 0.4 ms (2.5 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 mm × 50 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。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

次に、従来のレーザ加工機の加工手順を説明する。

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 S10）。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 によりレーザ 2 のエネルギー密度を変更する（手順 S20）。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 7c に穴（以下、ウインドウという）を開ける（手順 S50、手順 S60）。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 5a、5b 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 7c 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 7z、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 7z（以下、「ウインドウ部絶縁層 7z」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 7z は温度が高くなっているため、銅層 7c の加工に続けて絶縁層 7z を加工すると、後述するように、ウインドウ外縁の銅層 7c 下部の絶縁層 7z にえぐれ（ウインドウ部絶縁層 7z の外縁がウインドウ外縁の銅層 7c の下部にまで拡大し、ウインドウ外縁の銅層 7c が絶縁層 7z 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 内の銅層 7c に残っている未加工の穴を先に加工する。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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T0)、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T1)。レーザ2は発振直後に出力が急上昇した後(時刻Tj)、一旦下がり(時刻Td)、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T2)引き続きエネルギーは減衰しながら出力され、時刻T3で0になる。同図に斜線を付して示す1パルスのパルスエネルギーEpは、1パルスの持続期間である時刻T1から出力レベルが0となる時刻T3までの期間の総エネルギー量であるが、実用上、パルス幅Pwを時刻T1～時刻T2の期間として制御している。すなわち、例えば、パルス幅Pwが2μsの場合、時刻T2は時刻T0から5μs経過した時刻である。ここで、時刻T0から時刻T1までの期間は、パルス周波数(パルス周期)によって変わり3μs±0.3μs程度である。なお、レーザ発振器1のレーザ発振周波数は最大5kHz(パルス周期200μs)程度である。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

次に、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の出力分布はレーザ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の交換装置としてはいくつかの装置が提案されている。(特許文献1)

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

図12はレーザ加工した穴形状の断面図である。

絶縁層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、穴側面の樹脂が挟られ、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。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

また、同図(c)に示すように、スルーホールを形成する場合、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($\pm 10 \mu\text{m}$ 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。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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Dkがウインドウの直径Dよりも $15 \mu\text{m}$ 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 $7.5 \mu\text{m}$ 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Dkがウインドウの直径Dよりも $15 \mu\text{m}$ 以上大きい場合、銅層7cと絶縁層7zとの間に剥離(銅層7cと絶縁層7zとの間に空気層がある状態)が発生したり、絶縁層7zの厚さ方向に微小なクラック(以下、単にクラックという。)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剥離部や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、指定回数Nは大きくなるが、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。

【手続補正 12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【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のオーバーハング)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との間に剥離やクラックが無いこと
 - (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) スルーホールを形成する場合は、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Pwzを小さく、すなわちパルスエネル

ギ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 Pwz を例えば $1.5 \mu s$ とする場合、時刻 $T1$ が $\pm 0.3 \mu s$ 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 Pwz 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 Pwz 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 5 a、5 b が位置決めに必要な時間は平均 $0.4 ms$ (周波数 $2.5 kHz$) 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 $0.4 ms$ 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。

【手続補正 13】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0018】

また、請求項 5 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、スルーホールの内面を仕上げ加工することを特徴とする。

【手続補正 14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0019】

また、請求項 6 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 位置決め装置 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に配置し、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。

【手続補正 15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 2 2 】

また、スルーホールを形成する場合において、表裏の穴形状が均一な対称形状でない場合の穴中間部の径のばらつきだけでなく、表裏の穴形状が均一な対称形状の場合においても穴中間部の径のばらつき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。

【 手 続 補 正 1 6 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 5

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 2 5 】

【 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 】 加工の経過をパルスエネルギー E p を用いて説明する図である。

【 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 】 レーザ加工した穴形状の断面図である。

【 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 1 0 】 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 1 1 】 レーザ発振器の出力を説明する図である。

【 図 1 2 】 レーザ加工した穴形状の断面図である。

【 手 続 補 正 1 7 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 6

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 2 6 】

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 1 1 0 とガルバノミラー 5 a との間には反射率が高い銅製で円盤状の大プレート 2 0 が配置されている。大プレート 2 0 の回転の軸線 O から半径 r の円周上には、直径 4 0 ~ 2 5 0 μ m の穴を加工することができるように、径の異なる n 個のアーチャー 4 1 ~ 4 n が配置されている。アーチャー 4 1 ~ 4 n は円周方向等間隔に配置されている。アーチャー 4 1 ~ 4 n の各軸線と大プレート 2 0 の回転の軸線 O は平行である。大プレート 2 0 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 2 0 は大プレート位置決め装置 2 1 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 2 1 は制御装置 1 0 に接続されている。

大プレート 2 0 とガルバノミラー 5 a との間には大プレート 2 0 に設けられたアーチャー 4 1 ~ 4 n と同数のアーチャー 4 A 1 ~ 4 A n を備えるプレート 2 2 A がレーザ 2 の軸線と垂直な方向に配置されている。アーチャー 4 A 1 ~ 4 A n のそれぞれの穴径は対応するアーチャー 4 1 ~ 4 n のそれぞれの穴径よりも小径である。プレート 2 2 A は直線方向に移動する第 1 の直動装置 2 3 A に支持されている。プレート 2 2 A は第 1 の直動装置 2 3 A の一方の移動端においてアーチャー 4 A 1 ~ 4 A n 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 2 3 A の他方の移動端において、プレート 2 2 A 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 2 3 A は移動方向が第 1 の直動装置 2 3 A の移動方向と直角である第 2 の直動装置 2 4 A に支持されている。第 2 の直動装置 2 4 A は動作位置にあるアーチャー 4 A 1 ~ 4 A n 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。こ

の結果、加工に使用されるアパーチャ 4 A 1 ~ 4 A n の内のいずれかの軸線が加工位置に位置決めされる。すなわち、第 1 の直動装置 2 3 A と第 2 の直動装置 2 4 A とでアパーチャ 4 A 1 ~ 4 A n の位置決め装置を構成している。第 1 の直動装置 2 3 A と第 2 の直動装置 2 4 A はそれぞれ制御装置 1 0 に接続されている。ここで、直動装置 2 3 A の動作速度は大プレート位置決め装置 2 1 の動作速度よりも遥かに高速である。

【手続補正 1 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 0】

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 8 0 μ 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、すなわち絶縁層 7 z に加工する穴の径をウインドウの径と同じ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、何をパラメータとすれば実験で得られたデータをまとめられるかを検討した。その結果、絶縁物が蒸発するエネルギーレベル k (以下、単にエネルギーレベル k という) と、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 (以下、単にエネルギーレベル g という) と、銅が蒸発するエネルギーレベル j (以下、単にエネルギーレベル j という) と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 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。なお、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しても良いことは言うまでも無い。

【手続補正 1 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 3 6】

ここで、プリント基板として多用されている「ガラスエポキシ基板」のエネルギーレベル k、エネルギーレベル g の具体的な確認方法について説明する。

ガラスエポキシ基板は、ガラス繊維の布にエポキシ樹脂をしみ込ませ熱硬化処理を施して板状にした FR 4 を基材として、これに銅箔(銅層)を貼付けて一体にしたプリント基板であるが、ガラスエポキシ基板におけるガラス繊維とエポキシ樹脂の位置関係は厚さ方向に一様では無い。すなわち、ガラスエポキシ基板の位置によってガラス繊維が表面に近い(エポキシ樹脂の層が薄い)箇所と、ガラス繊維が奥にある(エポキシ樹脂の層が厚い)箇所とがある。そこで、表面の銅層をエッチングにより除去し、エポキシ樹脂の層が厚い箇所にレーザ 2 を照射して、穴径を測定する。測定された穴の径がこの場合のエネルギーレベル k の直径に対応する。また、エポキシ樹脂の層が薄い箇所にレーザ 2 を照射して、穴径を測定する。測定された穴の径がこの場合のエネルギーレベル g の直径に対応する。この場合、ガラス繊維が穴の外縁で円形に加工されている穴の径を測定するようにする。

なお、エネルギーレベル j の直径はウインドウ径で得られることは言うまでも無い。

本発明者は、例えば、黒化処理した厚さ 7 μ m の銅層と絶縁層 6 0 μ m のビルドアップ層を持つプリント基板の場合、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、 $g = 5 k$ 、 $j = 11 k$ 程度であることを確認した。また、表面処理がされていない厚さ 1 .

5 μm の銅層と絶縁層40 μm のビルドアップ層を持つプリント基板の場合もエネルギーレベルk、エネルギーレベルg、エネルギーレベルjとの間には上記の場合とほぼ同様の関係があることを確認した。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

以下、参考までに、表面を黒化処理した銅層の厚さが7 μm 、絶縁層の厚さが60 μm 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のアーチャ4sを用いてパルス幅Pwが5 μs （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7cを加工し、直径が65 μm のウインドウを形成した。次に、ウインドウ縁でエネルギーレベルgの直径が65 μm になる径が2.6 mmのアーチャ4Asを用いて、パルス幅Pwが3 μs （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7z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 μm （銅層7cのオーバーハング5 μm ）、穴底径60 μm 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、絶縁層7z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、熱による加工中の基板の変形が小さくなるので、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7z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、プリント基板にスルーホールを形成する場合、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7c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7cのオーバーハングが約3 μm に低減され、銅層7c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。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

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22Aとガルバノミラー5aの間には、アーチャ41～4nと同数のアーチャ4B1～4Bnを備えるプレート22Bがレーザ2の軸線方向に配置されている。アーチャ4B1～4Bnのそれぞれの穴径は対応するアーチャ4A1～4Anのそれぞれの穴径よりも小径である。プレート22Bは構造が第1の直動装置23Aと同じである第1の直動装置23Bに支持されている。プレート22Bは第1の直動装置23Bの一方の移動端においてアーチャ4B1～4Bn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23Bの他方の移動端において、プレート22B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23Bは構造が第1の直動装置24Aと同じである第2の直動装置24Bに支持されている。第2の直動装置24Bは、動作位置にあるアーチャ4B1～4Bn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23Bと第2の直動装置24Bとでアーチャ4B1～4Bnの位置決め装置を構成している。

第 1 の直動装置 2 3 B と第 2 の直動装置 2 4 B はそれぞれ制御装置 1 0 に接続されている。

【手続補正 2 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 4】

また、この加工法は中間部の穴径が小さい X 形状の 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 2 1 0 ~ 手順 S 2 3 0 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。

【手続補正 2 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 8

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 4 8】

ところで、絶縁層の下部の銅層すなわち穴底に露出する銅層は絶縁層との密着強度（引き剥がし強度、ピール強度ともいう。）を高めるために表面が粗化されている。このため、レーザ 2 の吸収率が高く、軸線 O_L 付近のエネルギーレベルが大きくなり（ただし、エネルギーレベル j よりは遙かに小さい）、表面が溶融する場合がある。下層の銅層の表面が溶融すると、下層の銅層裏面の絶縁層が劣化する恐れがあるため、穴底銅層の表面の溶融を避ける必要がある。

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 7 ~ 9 μm）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 1 0 ~ 手順 S 1 3 0 の処理および手順 S 5 0 0、手順 S 5 1 0 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 2 0 0）、穴底の処理をしない場合は手順 S 5 0 0 の処理を行い、穴底の処理をする場合は、プレート 2 2 A およびプレート 2 2 B（図 1 の場合はプレート 2 2 A のみである）を待避位置に戻し（手順 S 3 0 0）、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 3 1 0、手順 S 3 2 0）。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 5 0 0）、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。この実施形態の場合、穴底を加工するアパーチャとして銅層を加工したアパーチャ 4 s を使用するので、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 3 1 0 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。

【手続補正 2 4】

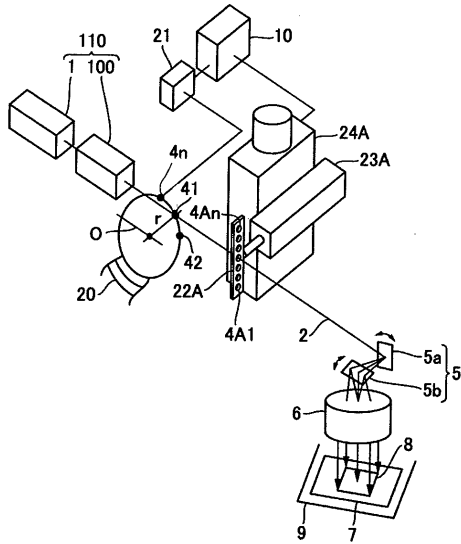
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】全図

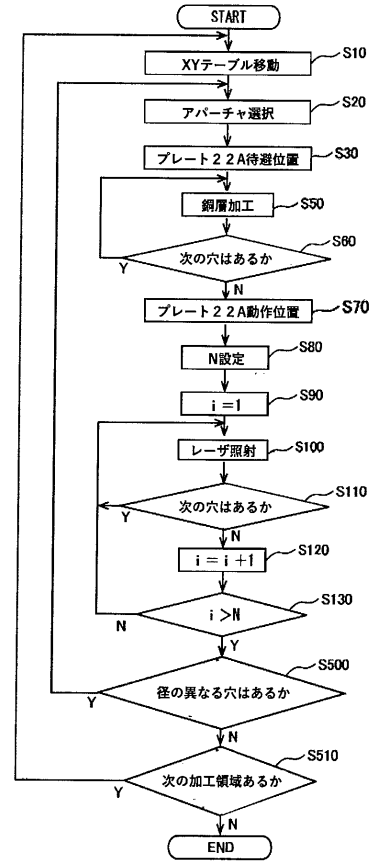
【補正方法】変更

【補正の内容】

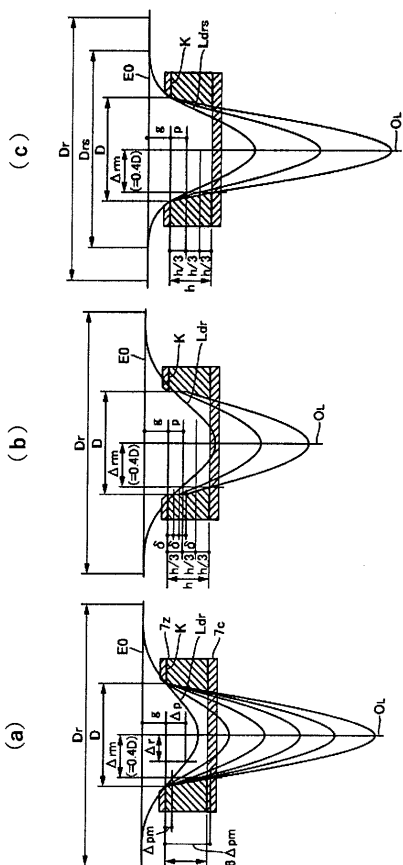
【図 1】



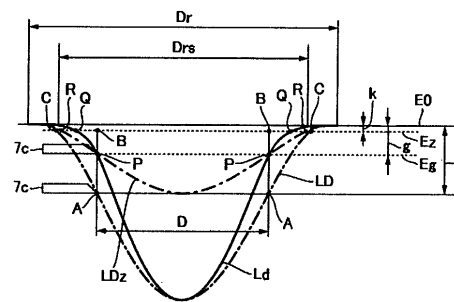
【図 2】



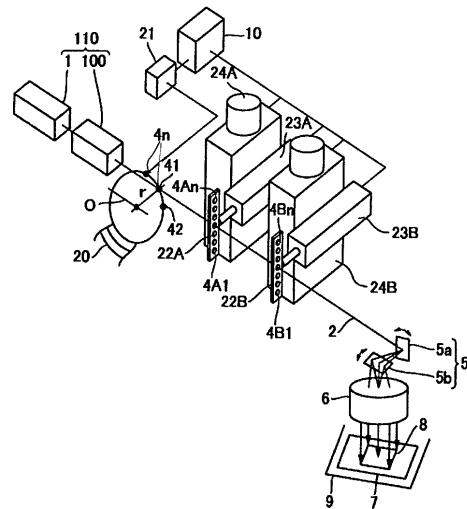
【図 3】



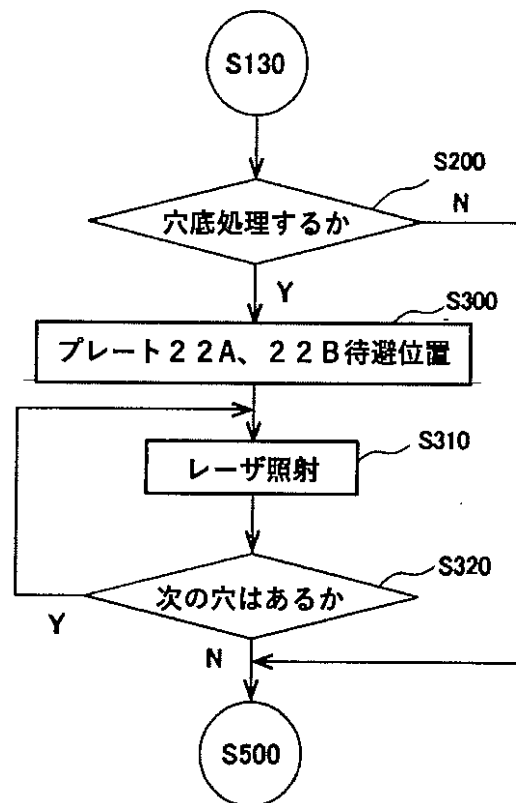
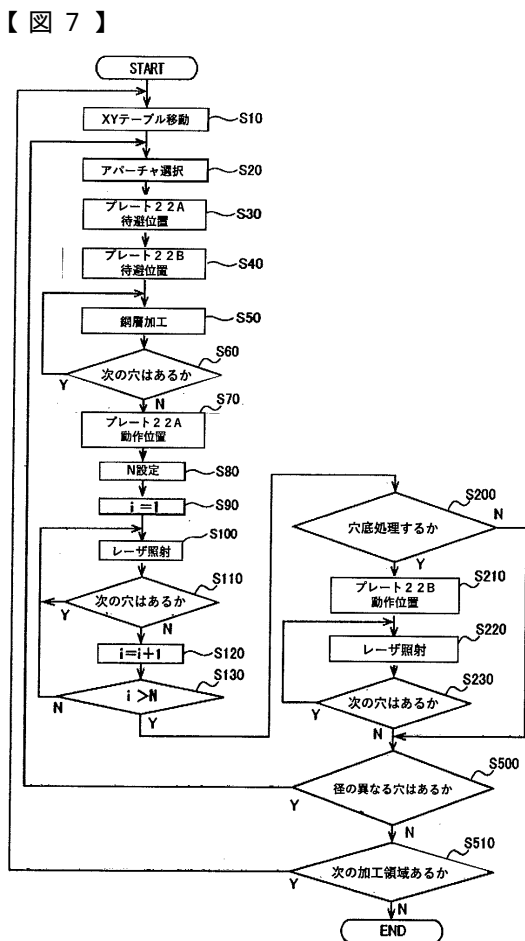
【図 4】



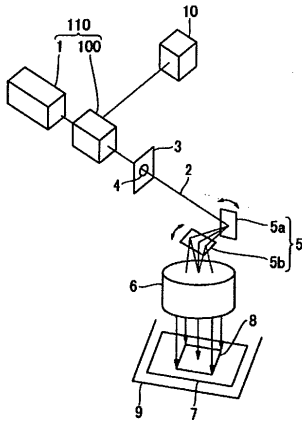
【 図 6 】



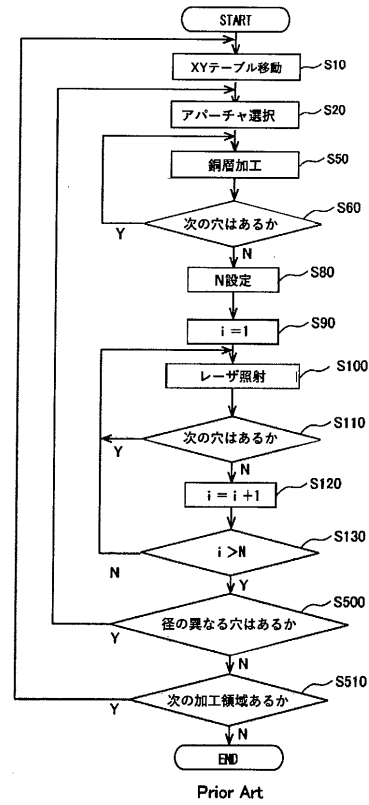
【 図 8 】



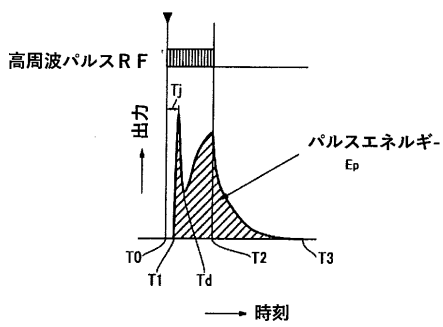
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

