(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6647888号
(P6647888)

(45)発行日　令和2年2月14日(2020.2.14)　(24)登録日　令和2年1月17日(2020.1.17)

| (51)Int.Cl. | | F I | | |
|---|---|---|---|---|
| B23K 26/08 | (2014.01) | B23K | 26/08 | F |
| B23K 26/082 | (2014.01) | B23K | 26/082 | |
| H05K 3/00 | (2006.01) | H05K | 3/00 | N |

請求項の数 10　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2016-15693(P2016-15693)
(22)出願日　平成28年1月29日(2016.1.29)
(65)公開番号　特開2017-131958(P2017-131958A)
(43)公開日　平成29年8月3日(2017.8.3)
審査請求日　平成30年8月22日(2018.8.22)

(73)特許権者　000233332
ビアメカニクス株式会社
神奈川県厚木市田村町９番３２号
(72)発明者　大槻　治明
茨城県ひたちなか市堀口８３２番地２　株式会社日立製作所日立研究所　内
(72)発明者　鈴木　孝輔
神奈川県海老名市上今泉２６０番地　ビアメカニクス株式会社　内
(72)発明者　福島　智
神奈川県海老名市上今泉２６０番地　ビアメカニクス株式会社　内

審査官　奥隅　隆

最終頁に続く

(54)【発明の名称】レーザ加工方法及びレーザ加工装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
被加工物を載置するテーブルとレーザ走査系との相対移動と前記レーザ走査系によるレーザ走査とを同時に行うことにより加工を行うようにした同期加工と、前記相対移動を止めて前記レーザ走査を行うことにより加工を行うようにした停止加工とを組合わせたレーザ加工方法において、前記被加工物の加工領域における加工を必要とする区域に対して、前記レーザ走査によるスキャンエリアよりも小さい大きさの区画を単位にして、前記相対移動の方向と同じあるいは直角の第一の方向に行として端から順次並ぶように、また当該行が前記第一の方向とは直角方向の第二の方向に端から順次並ぶように割当てるとともに、前記加工領域を加工する場合の順序として、前記行の各々においては各行の端にある区画を先頭にして反対側の端にある区画へ向かう方向に進み、各行の終端区画の次には隣の行の同じ側にある端の区画を先頭にして反対側の端にある区画へ向かう方向に進むことで隣同士の行では往復させ、相対的に加工密度が低い区画では停止加工、当該停止加工を行う区画を除いた区画では同期加工を行うことを特徴とするレーザ加工方法。
【請求項２】
請求項１に記載のレーザ加工方法において、前記停止加工を行う区画として、前記行の各々における両端にある区画も含むことを特徴とするレーザ加工方法。
【請求項３】
請求項１に記載のレーザ加工方法において、前記加工領域を加工する場合の前記相対移動として、行間では、前記相対移動の動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速

度で移動するように指示することを特徴とするレーザ加工方法。
【請求項４】
請求項１に記載のレーザ加工方法において、前記区画は前記スキャンエリアの大きさを前記相対移動方向に２等分した大きさであり、前記行の中に停止加工を行うべき区画が連続している場合、当該区画を２個連結した大きさで順次停止加工することを特徴とするレーザ加工方法。
【請求項５】
請求項１に記載のレーザ加工方法において、前記加工領域を加工する場合の前記相対移動として、前記行の中で加工すべき区画が割当てられていない区域では、前記相対移動の動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示することを特徴とするレーザ加工方法。
【請求項６】
被加工物を載置するテーブルとレーザ走査系との相対移動を制御する相対移動制御部と、前記レーザ走査系におけるレーザ走査を制御するレーザ走査制御部と、前記レーザ走査系へのレーザパルスの供給を制御するレーザ制御部と、前記被加工物の加工データに基づいて加工動作を行うための加工プログラムを加工を行う前に作成する加工計画部と、前記加工プログラムに従って前記相対移動を止めて前記レーザ走査を行うことにより加工を行う停止加工と前記相対移動と前記レーザ走査とを同時に行うことにより加工を行う同期加工とが組合わせられるように前記相対移動制御部、レーザ走査制御部及びレーザ制御部を制御する加工制御部とを備えるレーザ加工装置において、
前記被加工物の加工領域における加工を必要とする区域に対して、前記レーザ走査によるスキャンエリアよりも小さい大きさの区画が、前記相対移動の方向と同じあるいは直角の第一の方向に行として端から順次並ぶように、また当該行が前記第一の方向とは直角方向の第二の方向に端から順次並ぶように割当てられ、
前記加工領域を加工する場合の順序として、前記行の各々においては各行の端にある区画を先頭にして反対側の端にある区画へ向かう方向に進み、各行の終端区画の次には隣の行の同じ側にある端の区画を先頭にして反対側の端にある区画へ向かう方向に進むことで隣同士の行では往復させるようにし、
前記加工制御部は相対的に加工密度が低い区画では前記停止加工、当該停止加工を行う区画を除いた区画では前記同期加工を行うようにしたことを特徴とするレーザ加工装置。
【請求項７】
請求項６に記載のレーザ加工装置において、前記停止加工を行う区画として、前記行の各々における両端にある区画も含むことを特徴とするレーザ加工装置。
【請求項８】
請求項６に記載のレーザ加工装置において、前記加工領域を加工する場合の前記相対移動として、行間では、前記相対移動の動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動することを特徴とするレーザ加工装置。
【請求項９】
請求項６に記載のレーザ加工装置において、前記区画は前記スキャンエリアの大きさを前記相対移動方向に２等分した大きさであり、前記行の中に停止加工を行うべき区画が連続している場合、当該区画を２個連結した大きさで順次停止加工することを特徴とするレーザ加工装置。
【請求項１０】
請求項６に記載のレーザ加工装置において、前記加工領域を加工する場合の前記相対移動として、前記行の中で加工すべき区画が割当てられていない区域では、前記相対移動の動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動することを特徴とするレーザ加工装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】

本発明は、例えばプリント基板に対してレーザ走査により複数箇所に穴あけを行うためのレーザ加工方法及びレーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

レーザ穴あけ方式として、被加工物を載置したテーブルを停止させてから当該被加工物にレーザを走査させる方法（以下、停止加工と呼ぶ）と、テーブルを移動させながら当該被加工物にレーザを走査させることにより高速化する方法（以下、同期加工と呼ぶ）がある。

同期加工については、特許文献１、２及び３に開示されており、特に特許文献２には、停止加工と同期加工を組合わせ（以下、混成加工と呼ぶ）、穴密度が一様に低い場合は同期加工、そして穴密度にむらがある場合は穴密度が低い領域で同期加工、穴密度が高い領域で停止加工をそれぞれ行う技術が開示されている。

しかしながら、この特許文献２の技術においては、いずれにしても穴密度が低い領域は同期加工であり、できるだけその領域でのレーザ走査時間内にその領域分だけテーブルを移動させる必要がある。しかしながら、穴密度が非常に低い領域においては、レーザ走査時間内にテーブルを移動させることが困難になり、レーザ走査の中断時間を設けなければならない場合があり、全体の加工速度が落ちる。また、穴密度が非常に低い領域の同期加工の次に停止加工が続く場合、あるいはその逆の順序の場合、テーブルを高速移動状態から停止状態、あるいはその逆の順序に推移させる必要がある。このため、加減速度が大きくなり加工精度を保つことが難しくなる。さらには、穴密度が高い領域は停止加工を行うが、その次の位置の加工を行う場合、停止加工を行った分、テーブルの移動量が長くなるため、テーブル速度を速くして加工速度を上げようとすれば、加減速度が大きくなり加工精度を保つことが難しくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特許第3561159号公報

【特許文献２】特開2004-142082号公報

【特許文献３】特開2012-187620号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

そこで本発明は、加工精度を保ち高速化効果が得られる混成加工を実現することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【０００５】

本願において開示される発明の代表的な一例を示せば以下の通りである。すなわち、被加工物を載置するテーブルとレーザ走査系との相対移動と前記レーザ走査系によるレーザ走査とを同時に行うことにより加工を行うようにした同期加工と、前記相対移動を止めて前記レーザ走査を行うことにより加工を行うようにした停止加工とを組合わせたレーザ加工方法において、前記被加工物の加工領域における加工を必要とする区域に対して、前記レーザ走査によるスキャンエリアよりも小さい大きさの区画を単位にして、前記相対移動の方向と同じあるいは直角の第一の方向に行として端から順次並ぶように、また当該行が前記第一の方向とは直角方向の第二の方向に端から順次並ぶように割当てるとともに、前記加工領域を加工する場合の順序として、前記行の各々においては各行の端にある区画を先頭にして反対側の端にある区画へ向かう方向に進み、各行の終端区画の次には隣の行の同じ側にある端の区画を先頭にして反対側の端にある区画へ向かう方向に進むことで隣同士の行では往復させ、相対的に加工密度が低い区画では停止加工、当該停止加工を行う区画を除いた区画では同期加工を行うことを特徴とする。

【発明の効果】
【０００６】
本発明によれば、加工精度を保ち高速化効果が得られる混成加工を実現することができる。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】本発明の第１の実施例における加工計画部の動作を説明するためのフローチャートである。
【図２】本発明の第１の実施例となるレーザ穴あけ装置のブロック図である。
【図３】図２における加工計画部の動作を説明するための図である。
【図４】図２における加工計画部の動作を説明するための図である。
【図５】図２における加工計画部の動作を説明するための図である。
【図６】図２における加工計画部の動作を説明するための図である。
【図７】図２における加工計画部の動作を説明するための図である。
【図８】図２におけるレーザ穴あけ装置の動作シーケンスを示すフローチャートである。
【図９】本発明の第１の実施例における区画連続帯域での経由点を説明するための図である。
【図１０】本発明の第１の実施例における区画連続帯域での加工例を説明するための図である。
【図１１】図２におけるレーザ穴あけ装置において同期加工を行うための制御系のブロック図である。
【図１２】図１０に示した区画連続帯域の加工例において、テーブルの速度指令とレーザ走査系の穴加工との関係を図示した概念図である。
【図１３】本発明の第２の実施例を説明するための図である。
【図１４】本発明の第３の実施例を説明するための図である。
【発明を実施するための形態】
【実施例１】
【０００８】
本発明の第１の実施例について説明する。図２は本発明の第１の実施例におけるレーザ穴あけ装置のブロック図である。図２において、１は穴あけ加工を行うプリント基板、２はプリント基板１が載置されるテーブル、３はレーザパルスの照射位置を移動させるためのレーザ走査系で、ここには、Ｘ軸系とＹ軸系のための一対のガルバノスキャナ４や集光（ｆθ）レンズ５等が設けられる。６はレーザパルスをレーザ走査系３に供給するレーザパルス供給系で、ここにはレーザパルスを発振させるレーザ発振器７や分岐制御によってレーザ走査系３へのレーザパルスの出力制御を行う音響光学変調器（ＡＯＭ）８等が含まれる。９はテーブル２のＸ軸方向とＹ軸方向の位置制御を行うテーブル制御部で、固定位置のレーザ走査系３に対しテーブル２を相対移動させることによりレーザ走査系３によるスキャンエリアの位置を変化させるためのものである。１０はレーザ走査系３内のガルバノスキャナ４の動作を制御するガルバノ制御部、１１はレーザパルス供給系６でのレーザ走査系３へのレーザパルスの出力を制御するレーザ制御部である。テーブル制御部９とガルバノ制御部１０には、それぞれＸ軸系のものとＹ軸系のものの一対が備えられているが、図２では省略して示してある。
【０００９】
２０は装置全体の動作を制御する全体制御部で、例えばプログラム制御の処理装置によっ

て実現され、いくつかの要素が含まれる。そのうちの一つである加工計画部２１は、加工動作を始める前に、加工データファイル２２に格納されたプリント基板１の加工データに基づき、加工動作を制御するための加工プログラムを作成し、それを加工プログラムファイル２３に格納する。加工制御部２４は加工を行う段階で加工プログラムファイル２３に格納された加工プログラムを読出し、それに基づいて配下にあるビーム走査制御部２５及びテーブル軌道生成部２６を使って加工動作を実行する。
なお、図２において、テーブル制御部９、ガルバノ制御部１０、レーザ制御部１１、ビーム走査制御部２５及びテーブル軌道生成部２６は、全体制御部２０とは別個に構築してあるが、これらの各々は、その全部あるいは一部が全体制御部２０の中の要素として構築されていても良く、その場合には全体制御部２０において、プログラムで実現されていても良い。また、図２において、各構成要素間を接続する線は、主に本実施例を説明するために必要と考えられるものを示してあり、必要な全てを示している訳ではない。

【００１０】

プリント基板１の穴あけすべき加工領域は、一般的には多種多様なパターンをしていて、特定パターンがＸ軸方向、Ｙ軸方向に繰り返し配置されている場合は多いが、ここでは発明を理解するため、特定パターンの繰り返し配置ではないパターンを例にとり説明する。

加工計画部２１は、図７に示すように、予めレーザ走査系３によるスキャンエリアをＸ軸方向（横方向）に２分割した大きさを単位にした区画を、加工領域６０の左端と下端を基準にして、Ｘ軸方向の右端に向かって順次論理的に覆いかぶせるように割当てる。Ｙ軸方向位置が同じの区画が複数並んで行６２が構成され、このような行６２が下端を基準にしてＹ軸方向の上方に向かって複数割当てられる。６３は区画が複数連なった帯域（以下、区画連続帯域と呼ぶ）、６４は加工を必要としないために区画が割当てられなかった行６２の中の非加工帯域、６５は加工を必要としないために行６２を割当てなかった行間帯域である。

【００１１】

図１は、加工計画部２１の動作を説明するためのフローチャートである。図１において、１０１は加工領域を仕切り、加工方向を選択するステップで、図３に示すように、プリント基板１の全ての穴あけ区域６６を囲むように矩形の加工領域６０を割当てるとともに加工方向をＸ軸方向あるいはＹ軸方向に選択するものである。ここでは、加工方向をＸ軸方向とした場合を説明する。１０２は最下位の行６２を割当てるステップで、前記加工領域６０の底辺に内接して、スキャンエリアの加工方向に直交する辺の長さと等しい幅（縦方向の長さ）を持つ長方形の行６２を割当てるものである。
１０３は既に割当て済の最上位の行の上に行を割当てるステップで、ステップ１０２による長方形の行６２の底辺とは反対側の辺から上側に見て、最も近い穴を包含もしくは下側の辺がちょうど通過するように、前記長方形領域と同じ大きさの長方形の行６２を割当てるものである。

【００１２】

１０４は行６２の割当て動作が完了したか否かを判定するステップで、全ての穴に行６２が割当てられたかどうかを判定するもので、否であればステップ１０３を繰り返し、図４に示すように全ての穴あけ区域６６が行６２で覆われるようにする。ステップ１０５は行６２の中に区画を割当てるステップで、前記長方形の行６２に対し、スキャンエリアを加工方向に前後２等分した大きさの区画を左端からＸ軸方向の右端に向かって順次論理的に覆いかぶせるように割当てていく。
なお、本実施例では、加工領域６０の加工方向の長さをスキャンエリアの加工方向に前後２等分した長さの整数倍になるようにすることで、一つの行の中に含まれる区画の数が整数になるようにする。
１０６は区画群から区画を削除するステップで、ステップ１０５により割当てた区画群のうち、左端の区画から順に見て穴を含まない区画であれば当該区画を削除するものであり、この結果は図５及び図６に示す通りである。図５においては、区画連続帯域６３の上に

穴あけ区域６６を重ねて示してあり、図６においては、区画連続帯域６３の先頭に代表として一つだけ区画６３１を示してある。

【００１３】

１０７は区画の各々に番号を付与するステップで、ステップ１０６で残された区画の中で最下位行の左端にある区画を起点として、Ｘ軸方向の右端に向かって順番に加工順序となる番号を付与するものである。このステップ１０７においては、行の端にある区画に到達したら、上側にみて隣の行にある同じ端側にある区画を起点として、引き続き加工方向に番号を付与し、以後、同様に繰り返す。

１０８は各区画の経由点座標を定めるステップで、各区画の加工のためにテーブルを移動させる際の目標位置を定めるものであり、行の中で最も番号の小さい区画（例えば最下位行の左端にある区画）については加工方向に見て前側の辺の中点を、ステップ１０６で区画を削除した区域（非加工帯域）の直後の区画については行の中で最も番号の大きい区画（例えば最下位行の右端にある区画）を除いて加工方向に見て前側の辺の中点を、他の区画（例えば区画が連続する場合の後方の区画）については加工方向に見て後方にある辺の中点を、それぞれ経由点と定める。

１０９は穴の各々に番号を付与するステップで、最下位行の左端にある区画において、その中から一つの穴を選び、それを起点として最適化された順序に従って加工順序となる番号を付与する。このステップ１０９においては、残りの区画の各々の穴についても、ステップ１０７での加工順序となる番号の順に従って同様に付与することによって、全ての穴に番号を付与する。前記の最適化は、例えば、区画内と区画間において、できるだけガルバノスキャナ所要変位が小さくなるようにすることで実現する。

【００１４】

１１０は全ての穴の変位を算出するステップで、全ての穴を対象に、各区画の経由点から当該区画内の各穴までの変位のＸＹ成分すなわちガルバノスキャナ所要変位を算出する。

１１１は区画の穴数を調べ加工属性を付与するステップで、穴数が閾値よりも低ければ停止加工を指示する加工属性を付与し、穴数が所定値以上であれば穴数に従った速度（以下、同期移動速度と呼ぶ）でテーブルを移動させながら加工を行う同期加工を指示する加工属性を付与するものである。

１１２はテーブルの高速移動を指示する高速移動指示情報を付与するステップで、例えば区画連続帯域６３の終端となる区画の如き非加工帯域の直前の区画、さらには区画の加工が完了したら行を切り替える必要のある区画、すなわち行の最終区画には、テーブル移動を短時間で相対移動できるように指示するための高速移動指示情報を付与するものである。

１１３は加工プログラムを格納するステップで、これまでの作業で得られた区画の経由点座標、加工属性、同期加工の加工属性が付与された区画での同期移動速度及び各穴のガルバノスキャナ所要変位、高速移動指示情報を、区画の番号順に従って並べ、加工プログラムとしてファイルに格納するものである。

【００１５】

なお、前記穴数の閾値や同期移動速度等は、例えば各穴を単一のレーザショットにより加工する場合については、以下の式によって求められる。

Ａｔ＝Ｋｐ／Ｖｓｍ、Ｖｓ＝Ｋｐ／Ｎｈ、Ｋｐ＝Ｌｓ／Ｔｍ

ここで、Ａｔは穴数の閾値、Ｖｓｍは同期加工を適用しても精度や品質を確保できる範囲の同期移動速度の上限、Ｖｓは同期移動速度、Ｎｈは穴数、Ｌｓは区画の加工方向距離、Ｋｐはレーザ走査系の応答速度、加工対象基板の種別、加工方法等の条件に応じて定まる比例定数、Ｔｍは前記条件での穴一つ当たりの平均加工時間である。

また、前記高速移動指示情報としては、これは加工をしない行間や非加工帯域での移動なので、前記同期移動速度の上限Ｖｓｍよりも速い速度を目標としたもので良く、この実施例では、レーザ走査系に対しテーブルを、両者の相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示するものとする。

【００１６】

全体の加工順序としては、図７において加工進行線ＭＬに示すように、先ずスキャンエリアを最下位にある第１行目の左側にある区画連続帯域６３の左端にある区画を先頭にしてＸ軸方向の右端に向かって各区画をその加工属性に従って順次加工していく。この区画連続帯域６３の終端にある区画の加工が終了したら、非加工帯域６４をレーザ走査系に対しテーブルを、両者の相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示し、次に右側にある区画連続帯域６３の左端にある区画を先頭にしてＸ軸方向の右端に向かって各区画をその加工属性に従って順次加工していく。この区画連続帯域６３の終端にある区画の加工が終了したら、次の第２行目を加工するため、行間をレーザ走査系に対しテーブルを、両者の相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示し、スキャンエリアを第２行目の同じ右側にある区画連続帯域６３の右端にある区画を先頭にして今度はＸ軸方向の左端に向かって順次加工していく。以下、非加工帯域や区画連続帯域が現れる毎に同様に進行させ、行の端まで行ったら次の行の同じ側の端に移動するようにすることで、スキャンエリアが往復するようにし、最後の行まで繰り返す。

【００１７】

図８は図２のレーザ穴あけ装置の動作シーケンスを示すフローチャートであり、加工プログラムの内容に従ってこの動作シーケンスが進行する。図８において、２０１は１番目の区画の経由点にテーブルを位置決めするステップである。２０２は経由点に対応する区画の加工属性が同期加工か否かを判定するステップで、同期加工を指定していれば当該区画の同期加工を行うステップ２０３に進み、停止加工を指定していれば当該区画の停止加工を行うステップ２０９に進む。同期加工を行うステップ２０３では所定の速度プロファイルを持つ軌道に従って次の区画の経由点に向けてテーブルを移動させながら並行してガルバノスキャナは既定の順序で当該区画内の穴加工を進める。

【００１８】

２０４は停止距離分手前の位置に到達したか否かを判定するステップで、テーブルを次の区画の経由点に減速停止できる限界の位置すなわち次の区画の経由点から停止距離分手前の位置に到達しなければ同期加工を行うステップ２０３を繰り返し、到達したら当該区画内の加工が完了したか否かを判定するステップ２０５に進むものである。ステップ２０５で完了していると判定するとステップ２０８へ進み、未完了と判定するとステップ２０６へ進む。ステップ２０６ではテーブルを次の区画の経由点で減速停止する軌道に沿って移動させながら並行してガルバノスキャナは既定の順序で当該区画内の加工を継続する。

【００１９】

２０７は当該区画内の加工が完了したか否かを判定するステップで、完了していると判定するとステップ２０８へ進み、未完了と判定するとステップ２０６へ進む。２０８は加工すべき次の区画が有るか否かを判定するステップで、有ればステップ２０２へ戻り、無ければ加工を終了する。ステップ２０９に進んだ場合、当該区画の停止加工を行なった後、加工すべき次の区画が有るか否かを判定するステップ２１０に進む。ここで、加工すべき次の区画が有れば、次の区画の経由点を位置決めするステップ２１１に進み、加工すべき次の区画が無ければ加工を終了する。

なお、このステップ２１１においては、次の区画の経由点が現区画の経由点と同じである場合、ステップ２１１の位置決めは完了と見做し、ただちにステップ２０２へ進む。

【００２０】

図９は区画連続帯域での経由点を説明するための図である。図９において、Ｓはレーザ走査系によるスキャンエリアであり、固定位置のレーザ走査系３に対しテーブル２を相対移動させることによって移動するものである。ＣＳはスキャンエリアＳの中央、Ａ１～Ａ４はそれぞれ区画連続帯域の中の区画である。区画Ａ１～Ａ４のそれぞれの大きさは、前述したように、スキャンエリアＳをＸ軸方向（横方向）に２分割したものと等しくなっている。

経由点は、前述したように、行の中で最も番号の小さい区画（例えば最下位行の左端にある区画）については加工方向に見て前側の辺の中点が、非加工帯域の直後の区画について

は行の中で最も番号の大きい区画（例えば最下位行の右端にある区画）を除いて加工方向に見て前側の辺の中点が、他の区画（例えば区画が連続する場合の後方の区画）については加工方向に見て後方にある辺の中点が、それぞれ定められる。従って、区画Ａ１～Ａ４が連なった区画連続帯域の場合、各区画間の中点Ｐ１、Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４のそれぞれが経由点となる。

【００２１】

図１０は区画連続帯域での加工例を説明するための図であり、図８のフローチャートも使ってこの加工例を以下説明する。

図１０において、破線の矩形はスキャンエリアＳを表す。（ａ）は区画Ａ１の経由点にテーブルが位置決めされた状態であり、図８のステップ２０１に対応し、経由点がスキャンエリアＳの中央ＣＳすなわちレーザ走査系の座標原点に位置する。区画Ａ１が停止加工の加工属性が与えられているとすると、ステップ２０９に対応して、テーブルがこの位置に位置決めされた状態のまま加工を行う。区画Ａ１に対する加工が完了した状態が（ｂ）である。ここで、次の区画Ａ２の経由点は現区画の経由点と同じとなるので、ステップ２１１の位置決めは完了と見做し、区画Ａ２の加工属性を判定するステップ２０２に進む。この区画Ａ２が同期加工の加工属性を与えられているとすると、ステップ２０３に基づいて、テーブルを所定の速度プロファイルを持つ軌道に従って次の区画Ａ３の経由点に向けて移動させながら並行して区画Ａ２の加工を進める。

【００２２】

テーブルが区画Ａ３の経由点から停止距離分手前の位置に到達した後、区画Ａ２の加工が終了すると、ステップ２０８を経由して区画Ａ３の加工属性を判定するステップ２０２に進む。区画Ａ２に対する加工が完了した状態が（ｃ）である。区画Ａ３が同期加工の加工属性を与えられているとすると、区画Ａ２の場合と同様にして、ステップ２０３に基づいて、テーブルを所定の速度プロファイルを持つ軌道に従って次の区画Ａ４の経由点に向けてテーブルの移動を継続しつつ区画Ａ３の加工を開始する。なお、対象の穴がスキャンエリアに未進入でレーザ走査系の射程外となる状況が生じた場合にはテーブルの進行を待ち、当該穴がスキャンエリアに進入した時点でショットを行う。テーブルが区画Ａ４の経由点から停止距離分手前の位置に到達した後、区画Ａ３の加工が終了すると、ステップ２０８を経由してステップ２０２に進む。この状態が（ｄ）である。

【００２３】

再び図２の説明に戻ると、加工制御部２４は加工プログラムファイル２３に格納された加工プログラムに基づき加工動作を実行するが、この際、ビーム走査制御部２５にガルバノスキャナ変位指令とレーザ制御信号を、またテーブル軌道生成部２６にテーブル２のＸ軸とＹ軸の変位指令を送出する。テーブル軌道生成部２６は、テーブル２の各軸の変位指令を受けて、台形状あるいは三角形状の速度プロファイルを持つ軌道を生成し、それに基づくＸ軸指令値、Ｙ軸指令値をＸ軸系とＹ軸系のテーブル制御部９に所定の周期で設定する。これにより、それぞれのテーブル制御部９はテーブル２を駆動して位置決めする。ビーム走査制御部２５は、ガルバノスキャナの変位指令を受けてＸ軸方向のガルバノスキャナ変位信号、Ｙ軸方向のガルバノスキャナ変位信号を分離し、それぞれをＸ軸系とＹ軸系のガルバノ制御部１０に入力する。それぞれのガルバノ制御部１０には、対応する軸系のテーブル制御部９からテーブル変位量も入力されており、それぞれのガルバノ制御部１０はガルバノスキャナ変位信号とテーブル変位量に基づいて対応するガルバノスキャナ４を制御し、所要の偏向角に位置決めする。またビーム走査制御部２５は、レーザ制御信号を受けてレーザ制御部１１を制御し、レーザパルス供給系６からレーザパルスを発生させる。

【００２５】

図１１は、図２におけるレーザ穴あけ装置において同期加工を行う場合のテーブル２とレーザ走査系３との同期動作を実現するための制御系のブロック図である。この制御系にはＸ軸系のものとＹ軸系のものとの一対が備えられ、両者は同じ構成であり、ここではＸ軸系のものを説明する。図１１において、ｒｔは、加工制御部２４からテーブル軌道生成部２６を介してＸ軸系テーブル制御部３０に与えられるテーブル位置指令である。Ｘ軸系テ

ーブル制御部３０がテーブル位置指令ｒｔを受け取ると、Ｘ軸系補間軌道生成部３１は台形状速度プロファイルを持つ軌道に沿って刻々のＸ軸目標値を生成する。このＸ軸目標値はＸ軸系テーブル駆動装置３２に入力される。Ｘ軸モータ３３はボールねじ３４を介してテーブル２のＸ軸を駆動しており、その変位量は位置検出器３５で検出されてＸ軸系テーブル駆動装置３２にフィードバックされる。Ｘ軸系テーブル駆動装置３２はＸ軸目標値とＸ軸変位量を比較してモータ３３に与える電圧を設定する。

【００２６】

一方、ｒｇはビーム走査制御部２５からＸ軸系ガルバノ制御部４０に与えられるガルバノ位置指令である。Ｘ軸系ガルバノ制御部４０にはＸ軸テーブル変位信号も入力されている。この信号は、ガルバノ位置指令ｒｇが更新されるタイミングでホールド部４１によってサンプルホールドされ、このときのＸ軸テーブル変位ｘｈを保持する。従って、Ｘ軸系ガルバノ補間軌道生成部４２の入力側には、Ｘ軸テーブル変位を差し引いたＸ軸ガルバノスキャナのみの所要変位が入力される。これと、前回のＸ軸ガルバノ位置指令ｒｇが与えられたときの所要変位との差が、Ｘ軸系ガルバノスキャナ４３に要求される移動量となる。Ｘ軸系ガルバノ補間軌道生成部４２は、この移動量に対応する補間軌道を生成し、刻々の目標値として出力するが、一方ではテーブル２のＸ軸位置が刻々変位しているので、ｒｇ更新時のテーブル変位ｘｈに対する変化量を補正した上で、Ｘ軸系ガルバノスキャナサーボ制御部４４に目標値として入力する。Ｘ軸系ガルバノスキャナサーボ制御装置４４は、この目標値とＸ軸系ガルバノスキャナ４３から検出する揺動角を比較してＸ軸系ガルバノスキャナ４３に印加すべき電圧を定めて出力し、その揺動軸に取り付けられたミラー４５の角度を制御することで、レーザパルス４６を偏向し、集光レンズ５を介してプリント基板１上の標的位置に照射する。

なお、図１１において、各構成要素間を接続する線は、主に本実施例を説明するために必要と考えられるものを示してあり、必要な全てを示している訳ではない。

【００２７】

図１２は、図１０に示した区画連続帯域の加工例において、テーブルの速度指令とレーザ走査系の穴加工との関係を図示した概念図である。上側のグラフはテーブルの速度指令の速度波形であり、台形速度プロファイルを用いている。下側のグラフはレーザ走査系のレーザショット区間を示しており、黒三角が各区画の加工開始時点を示し、ハッチングを示した部分の時間帯でレーザショットして穴加工を行っている。最初の区画Ａ１の経由点への位置決めを完了すると区画Ａ１を停止加工する。この区画Ａ１の加工が完了すると、直ちに加速度及び速度を抑えた軌道で同期加工の加工属性を持った次の区画Ａ２の経由点に向かってテーブルの移動を開始し、同時にレーザ走査系が加工を開始する。同期加工の加工属性を持った次の区画Ａ３の経由点から停止距離分手前に到達しても区画Ａ２の加工が終了しない場合は、前記経由点で停止する軌道に沿って進み、区画Ａ２の加工が終了した時点で次の区画Ａ３に対応する台形速度プロファイルの速度成分を重畳しつつ加工を行う。なお、穴数が少ない場合は加工が先に終了し、次の区画Ａ３の経由点から停止距離分手前に到達するまでの時間はテーブルの到達を待つことになる。停止距離分手前に到達すると、区画Ａ３加工を開始するとともに、区画Ａ２とＡ３に対応する台形速度プロファイルの速度成分を重畳し、テーブルの移動を行う。

【００２８】

以上の第１の実施例によれば、相対的に加工密度が低い区画では、停止加工を行うのでレーザ走査が短時間に終了し、次の区画へは同期加工で行った時よりも速い速度で移動することができ、全体の加工速度を向上することができる。

また、穴数が多い方の区画は同期加工を行うので、レーザ走査時間が長くかかる間に次の経由点へのテーブル移動が完了してしまうため、テーブルの移動時間無しにすみやかに次の区画の加工に移ることができ、同期加工による高速化効果を享受することができる。

また、同期加工は穴数が多い方の区画で行うので、同期移動速度は極端に早いものでなくなり、同期加工の次に停止加工が続く場合、あるいはその逆の順序の場合でも、加減速度

が大きくなることがなくなり、加工精度を保つことができる。
また、行の端から次の行の同じ側の端に移動する行間移動の場合、レーザ走査系に対しテーブルを、両者の相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示するので、行間での移動時間を短くでき、全体の加工速度を向上させることができる。
またさらに、非加工帯域がある場合、区画連続帯域での終端区画の加工を終了して次の区画連続帯域での始端区画の加工を開始する位置まで、レーザ走査系に対しテーブルを、両者の相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示するので、非加工帯域での移動時間を短くでき、全体の加工時間を短縮できる。なお、短い非加工帯域の場合は、加速度を高くしても、加速してすぐに減速させなくてはならず、実際には目標とする速い速度に到達できるとは限らない。
以上により、加工精度を保ち高速化効果が得られる混成加工を実現することが可能となる。

【実施例２】
【００２９】
本発明の第２の実施例について説明する。
一般的に、プリント基板の加工領域６０の内縁周辺は穴密度が低い。また、非加工帯域については、急激に穴がなくなる訳ではなく、徐々に少なくなることが多い。従って、前述のように所定の大きさの区画を順次割当てていく場合、例えば、図５や図６における最下位にある第１行目の左側にある区画連続帯域６３の場合、図１３（ａ）に示すように、加工領域６０の内縁周辺にある左端（始端）にある区画６３１や非加工帯域直前にある終端となる区画６３２の穴明け区域６６は穴数が少なくなる場合が多い。また、図１３（ｂ）に示すように、最下位にある第１行目の右側にある区画連続帯域６３の場合、非加工帯域直後にある左端（始端）となる区画６３３や加工領域６０の内縁周辺にある終端となる区画６３４の穴明け区域６６は穴数が少なくなる場合が多い。
【００３０】
従って、実施例１において、各行の両端にある区画及び区画連続帯域の始端と終端にある区画については、穴密度を判定するまでもなく、停止加工の加工属性を付与するように変更しても良い。これは、例えば、図１に示した加工計画部２１のフローチャートの区画の穴数を調べ加工属性を付与するステップ１１１の前に、各行の両端にある区画及び区画連続帯域の始端と終端にある区画については、停止加工の加工属性を付与するステップを追加するとともに、加工属性を付与するステップ１１１においては、加工属性が付与されていない区画についてだけ加工属性を付与するようにすることにより実現する。
この第２の実施例によれば、停止加工の加工属性を付与するものの中に、多少、同期加工をした方が有利な区画が含まれていても、全体的にみれば、停止加工を行う区画が増えるので、全体の加工速度を向上することができる。
停止加工の経由点は二つの区画の中央となるので、特に各行の両端を停止加工とすることにより、各行毎のテーブル相対移動距離は２区画分短くなり、テーブル相対移動機構の長寿命化、省エネルギー効果がある。
従って、この第２の実施例の場合、各行の両端だけでも停止加工とすることにしても良い。

【実施例３】
【００３１】
本発明の第３の実施例について説明する。
この実施例３においては、上記実施例１に以下の変更を行う。すなわち、図１４（ａ）に示すように、ある行６２において、停止加工の属性を持つ区画６３５が連続していて、その数が所定数より多い場合、図１４（ｂ）に示すように、区画を２個連結した大きさ、すなわちスキャンエリアの大きさの論理的な新たな区画（以下、倍区画と呼ぶ）６３６を順次割当てて、加工を行うようにするものである。
【００３２】

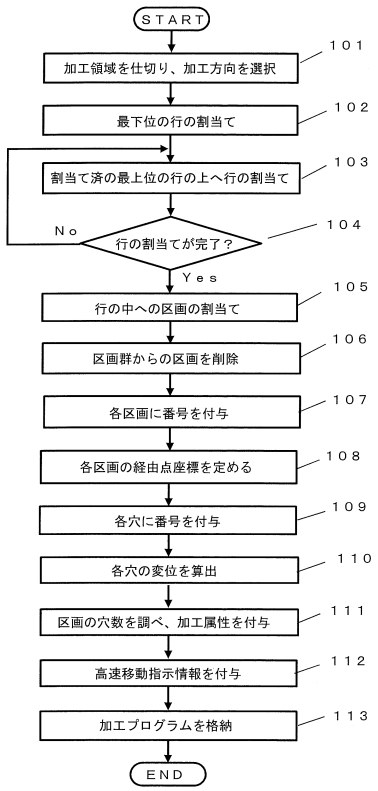
この第３の実施例は、図１に示した図２における加工計画部２１のフローチャートに下記（１）～（６）を組入れることにより実現する。
（１）図１のステップ１１１で加工属性を付与した後、各行毎に左端から見て停止加工の属性を持つ区画が連続している場合、その連続数をカウントする。
（２）上記（１）でのカウント数が所定数より多ければ、区画を２個連結した大きさ、すなわちスキャンエリアの大きさの論理的な新たな区画（以下、倍区画と呼ぶ）を順次割当てる。
（３）区画の各々に加工順序となる番号を付与する場合、倍区画に対しては、それより前に位置する区画（あるいは倍区画）から引き続く加工順序となる番号を付与する。
（４）経由点を定める場合、倍区画については、倍区画の中央を経由点に定めたうえで、最も番号の小さい区画については加工方向に見て前側の辺の中点を、図１のステップ１０６で削除した区画の直後の区画についてはそれが行の端にある区画の場合を除いて加工方向に見て前側の辺の中点を、他の区画については加工方向に見て後方にある辺の中点を、それぞれ経由点と定める。
（５）全ての穴に加工順序となる番号を付与する場合、倍区画の各々の中の穴に対しては、倍区画の中で一つの穴を起点として最適化された順序になるようにする。この場合の最適化は、例えば倍区画の中、倍区画間及び倍区画と区画間で、できるだけガルバノスキャナ所要変位が小さくなるようにすることで実現する。
（６）全ての穴に対し、経由点から各穴までの変位のＸＹ成分すなわちガルバノスキャナ所要変位を算出する場合、倍区画の各々の中の穴に対しては、上記（４）で定めた経由点を使う。

【００３３】
例えば、図５における最上位の行６２の場合、図１４（ｃ）における行６２となって、区画連続帯域６３の中に穴あけ区域６６が細々と存在するだけとなり、代表として一つだけ示した区画６３５から判るように、停止加工の属性を持つ区画が連続していて、その数が所定数より多くなる可能性が高い。
この第３の実施例によれば、このような行６２については、倍区画を割当てて順次停止加工するので行の加工が速く進行し、全体として実施例１の場合よりも加工時間を短縮できる。
なお、この第３の実施例においては、停止加工の属性を持つ区画の隣に同期加工の属性を持つ区画や穴を含まない区画が存在していて、停止加工の属性を持つ区画が途切れ途切れで連続していても良い。

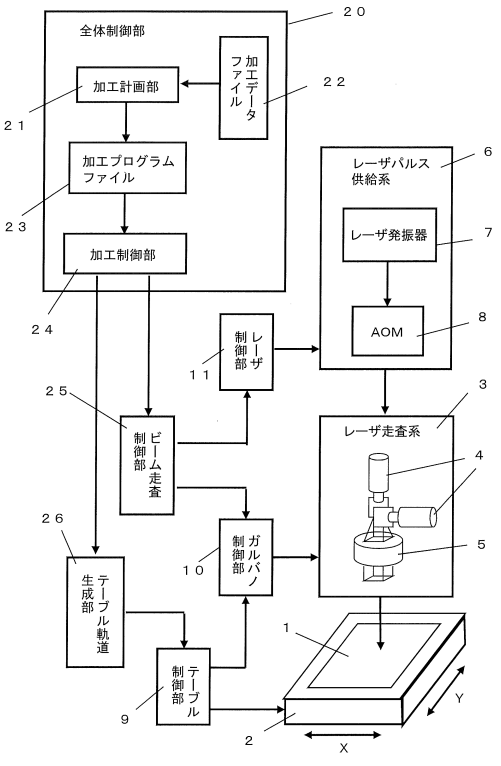
【００３４】
なお、以上の実施例においては、行の中に区画を割当てる場合、常に一方の側（左端）から順次Ｘ軸方向の右端に向かって順次論理的に覆いかぶせるようにしているが、例えば最下位行は左端から、その上の行は右端から割当てるようにして、割当ての起点となる区画が交互に反対側になるようにしても良い。
また、加工方向をＸ軸方向として当該方向に行を割当てるようにしたが、加工方向をＹ軸方向として当該方向に行を割当てるようにしても良い。
また、以上の実施例においては、高速移動指示情報は、レーザ走査系に対しテーブルを、両者の相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示するものとしたが、必ずしもそのようにする必要はなく、それよりも低い加速度で移動するように指示するものとしても良い。
また、以上の実施例においては、行間での移動と非加工帯域での移動を、ともに相対移動動作に用いる複数種類の加速度のうちの最も高い加速度で移動するように指示するものとしたが、必ずしも同じ加速度でなくても良い。
また、以上の実施例においては、高速移動指示情報を、区画連続帯域の終端となる区画の如き非加工帯域の直前の区画、さらには区画の加工が完了したら行を切り替える必要のある区画、すなわち行の最終区画に付与するようにした。この代わりに、前記の如き区画に、それに該当することを表示する情報を付与しておき、この情報を高速移動指示情報とし

て扱うようにしても良い。
また、以上の実施例においては、区画の大きさはスキャンエリアを加工方向に２等分した大きさにしたが、それよりも小さいものであっても良い。
　また、以上の実施例においては、プリント基板に穴あけを行う場合の実施例を説明したが、これに限らず、被加工物の複数個所にレーザ走査により加工を施すレーザ加工に適用できる。
【００３５】
　以上、本発明を実施例を主体に説明したが、実施例は本発明を理解しやすくするための例であり、実施例における構成要素を種々置換したり、別の要素を付加することにより、各種の変形が可能である。従って、本発明は実施例に限定されるものではない。
【符号の説明】
【００３６】
１：プリント基板　２：テーブル　３：レーザ走査系　４：ガルバノスキャナ
５：集光（ｆθ）レンズ　６：レーザパルス供給系　７：レーザ発振器
８：音響光学変調器（ＡＯＭ）　９：テーブル制御部　１０：ガルバノ制御部
１１：レーザ制御部　２０：全体制御部　２１：加工計画部
２２：加工データファイル　２３：加工プログラムファイル　２４：加工制御部
６０：加工領域　６３１、６３２、６３４、６３５、Ａ１～Ａ４：区画
６３６：倍区画　６２：行　６３：区画連続帯域　６４：非加工帯域
６５：行間帯域　６６：穴あけ区域　ＭＬ：加工進行線
Ｓ：スキャンエリア　ＣＳ：スキャンエリアの中央　Ｐ１～Ｐ４：経由点

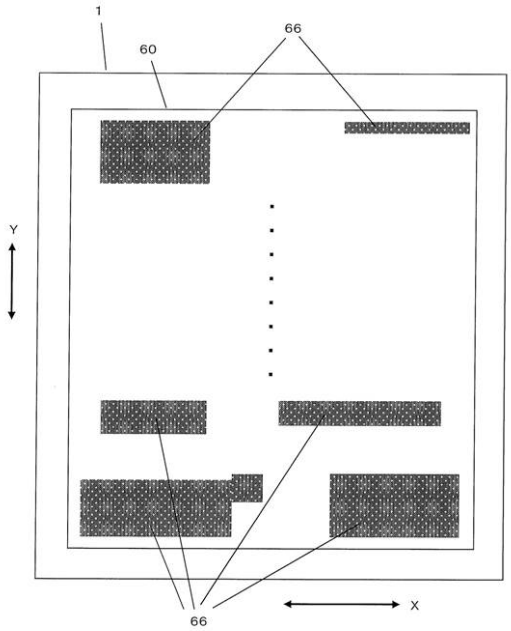
【図１】



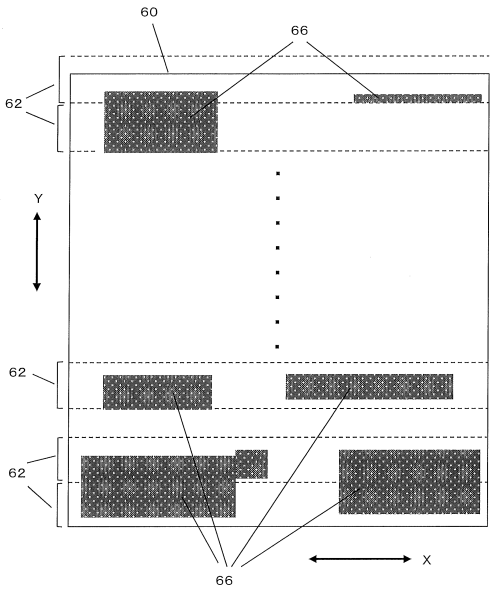

【図２】



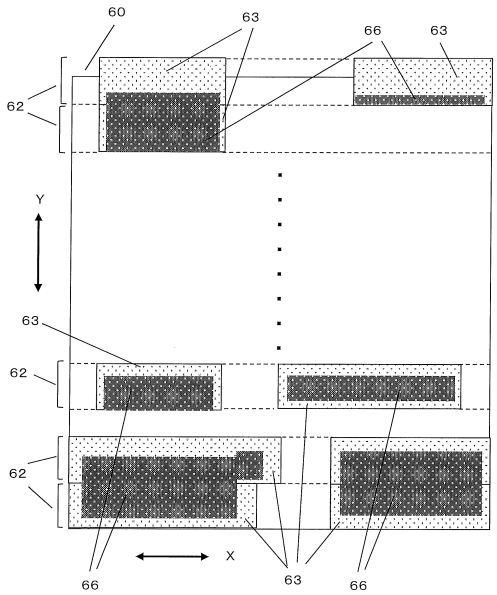
【図３】


1
60
66
Y
X
66

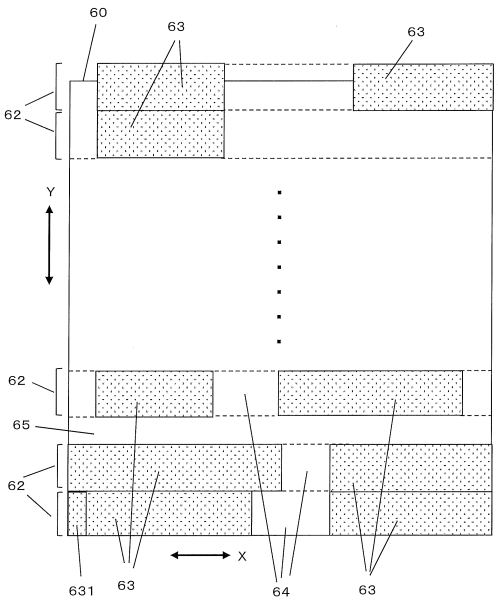
【図４】


60
66
62
Y
62
62
X
66

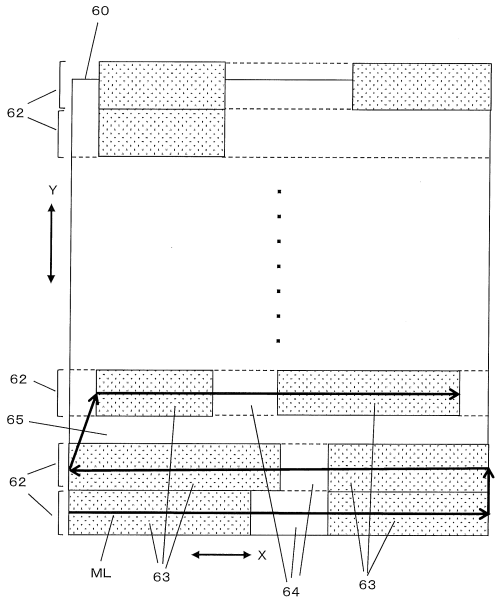
【図５】


60
63
66
63
62
Y
63
62
62
X
66
63
66

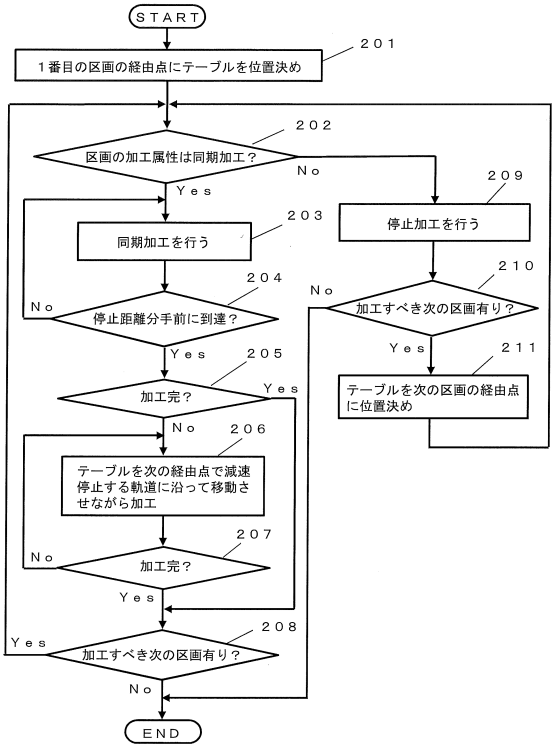
【図６】


60
63
63
62
Y
62
65
62
X
631
63
64
63

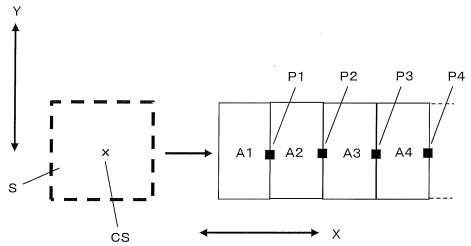
【図７】


60
62
Y
62
65
62
ML
63
X
64
63

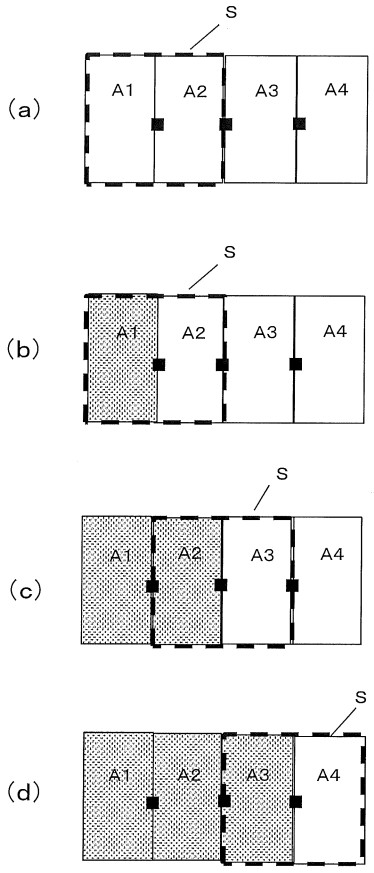
【図８】


START
１番目の区画の経由点にテーブルを位置決め
201
区画の加工属性は同期加工？
202
No
Yes
209
停止加工を行う
同期加工を行う
203
210
No
停止距離分手前に到達？
204
No
加工すべき次の区画有り？
Yes
211
Yes
加工完？
205
Yes
テーブルを次の区画の経由点に位置決め
No
206
テーブルを次の経由点で減速停止する軌道に沿って移動させながら加工
207
No
加工完？
Yes
208
Yes
加工すべき次の区画有り？
No
END

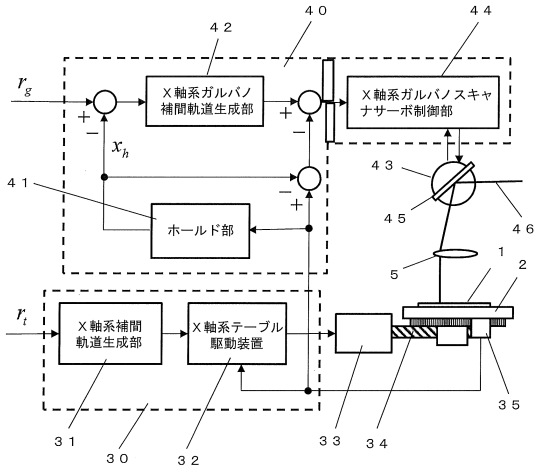
【図９】


Y
P1
P2
P3
P4
x
A1
A2
A3
A4
S
CS
X

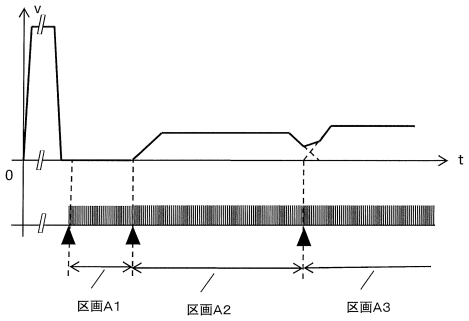
【図１０】


(a)
S
A1
A2
A3
A4
(b)
S
A1
A2
A3
A4
(c)
S
A1
A2
A3
A4
(d)
S
A1
A2
A3
A4

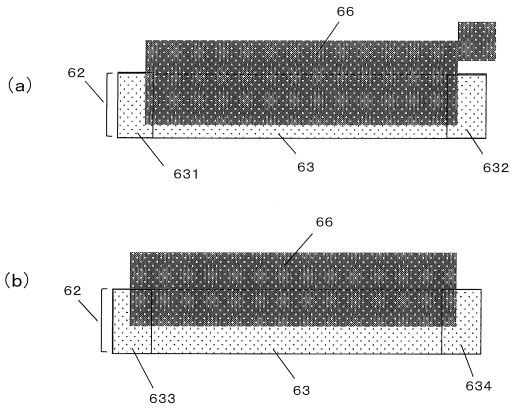
【図１１】



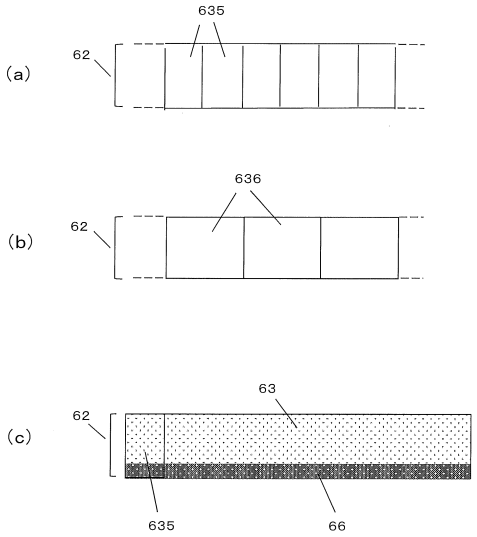

【図１２】




【図１３】




【図１４】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第２０１４／１０６９１９（WO，Ａ1）
特開２００５－１６９４８１（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０２９４７６（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１４２０８２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｋ ２６／００－２６／７０
Ｈ０５Ｋ ３／００