

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)

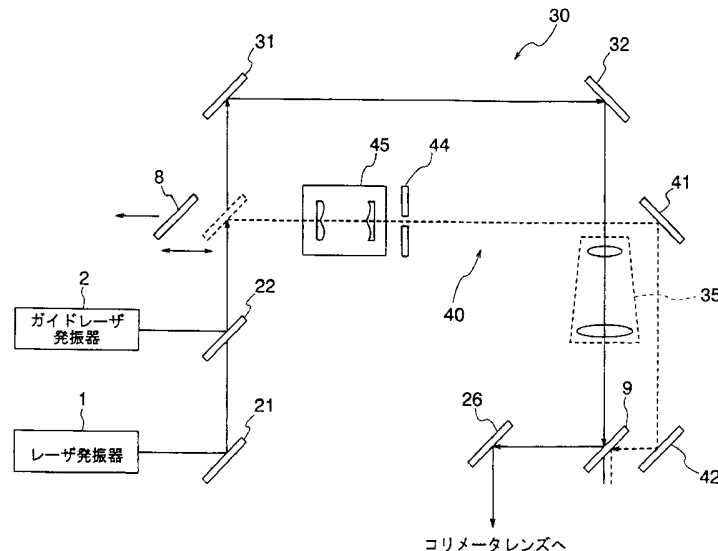
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/014595 A1

- (51) 国際特許分類⁷: **B23K 26/067** (AKASAKA, Akira) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 伊藤 敏文 (ITO, Toshifumi) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP). 高橋 喜久夫 (TAKAHASHI, Kikuo) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 TDK株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/010052
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 7 日 (07.08.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-232609 2002 年 8 月 9 日 (09.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): TDK 株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒103-8272 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 赤坂 朗
- (74) 代理人: 岡部 正夫, 外 (OKABE, Masao et al.); 〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 富士ビル602号室 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: LASER PROCESSING DEVICE, PROCESSING METHOD, AND METHOD OF PRODUCING CIRCUIT SUBSTRATE USING THE METHOD

(54) 発明の名称: レーザ加工装置、加工方法、および当該加工方法を用いた回路基板の製造方法



2...GUIDE LASER OSCILLATOR
1...LASER OSCILLATOR
26...COLLIMATOR LENS

(57) Abstract: A laser processing method for performing processing such as perforation etc. on a ceramic green sheet etc. by more effectively using laser light. Light path systems (30, 40) are provided between a laser oscillator (1) in the laser processing device and a radiation position-controlling optical system for radiating laser light to a predetermined position on a piece of work to be processed. A first light path system (30) and a second light path system (40) are arranged, and they are used appropriately depending on the condition of processing. The first light path system (30) guides laser light emitted from the laser

[続葉有]

WO 2004/014595 A1



oscillator to the radiation position-controlling optical system without changing a cross-sectional shape of the laser light in the direction perpendicular to the axis of the laser light. The second light path system (40) guides the laser light with varied cross-sectional shapes.

(57) 要約:

レーザ光を、より効率よく用いてセラミックグリーンシート等に穴開け等の加工を行うレーザ加工装置を提供する。レーザ加工装置におけるレーザ発振器（１）と、レーザ光を被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系との間に複数の光路系（３０，４０）を設ける。レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向の断面形状を変えことなくレーザ光を照射位置制御用光学系に導く第１の光路系（３０）と、断面形状を変化させて導く第２の光路系（４０）とを配置し、加工状況に応じてこれら光路系を使い分ける。

1

明細書

レーザ加工装置、加工方法、および当該加工方法を用いた回路基板の製造方法

5 技術分野

本発明は、レーザ光を用いて被加工物に対して穴開け、切断等の加工を施す加工装置および加工方法に関するものであり、より詳細には、セラミックスからなるいわゆるセラミックグリーンシートに対して効率よく穴開け加工を施す穴開け装置および穴開け方法、さらには当該グリーンシートに加工を施して回路基板を製造する方法に関するものである。

背景技術

一般的な樹脂基板に対して、セラミックスを素材とする回路基板は耐熱性および耐久性に優れているため、携帯情報端末機器等への用途が拡大している。同時に、高集積化を目的として、セラミック基板そのものに対しても回路としての機能を付加すると共に当該基板の積層化を図り多層基板として用いるケースも増加しつつある。グリーンシートは、焼成前のセラミック基板等の通称であるが、当該基板に対しては、一般的にはこのグリーンシートの段階で多層配線を形成するための穴開け加工等が施される。

これら穴開け加工等には、加工速度、加工穴形状を変えることあるいは真円度の高い加工穴を得ることの容易性、等の観点から、レーザ光を用いる事例が増えてきている。レーザ光を用いて種々の被加工物、特にセラミック・グリーンシートに対して穴開け加工を行う装置の従来例に関して、以下図面を参照としてその概略について説明する。

当該装置は、加工用のレーザ光を発信するレーザ発振器 101、ガイドレーザを発信するガイドレーザ発振装置 102、ガイドレーザ光および加工用レー

2

ざ光を成形し且つ被加工物 103 上の所定位置に導く光学系 120、被加工物 103 が載置されてこれを XY 方向に移動させる XY ステージ 104、被加工物 103 上に達したガイドレーザ光等の形状あるいは加工穴形状等を画像として捉え、且つ被加工物の位置決め用いられるカメラ 105、およびこれら
5 各構成要素を駆動する制御系 110 から構成されている。ガイドレーザとしては、例えば赤色光等が用いられ、予めこれを被加工物上に投影して、その投影位置、投影形状等から実際の加工用レーザを投影する位置あるいは投影する際の形状等の補正が行われる。

光学系 120 は、全反射ミラー 121、123、126、ダイクロイックミ
10 ラー 122、マスク 124、コリメータレンズ 127、XY ガルバノスキャナミラー 128、および $f\theta$ レンズ 129 から構成される。レーザ発振器 101 から発せられたレーザ光は、全反射ミラー 127 によってダイクロイックミラー 122 に向けてその向きを変え、ダイクロイックミラー 122 を裏面から透過し、さらに全反射ミラー 123 によってマスク 124 に向けて再度その向き
15 を変える。ガイドレーザ発振器 102 から発せられたガイドレーザ光は、加工用のレーザ光と同一の光軸上を進行するように、ダイクロイックミラー 122 によってその向きを変えている。

加工用レーザ光およびガイドレーザ光は、マスク 124 を経る際にその開口部 124a を通過することによって、その形状が例えば真円に近い形状等、加工穴形状と対応するように成形される。一般的に、マスク透過（通過）後のレーザ光は、ある程度の拡角を有してしまうため、コリメータレンズ等によって平行光として再成形する必要がある。このため、成形後のレーザ光は、当該光をコリメータレンズ 128 に入射するように、全反射ミラー 126 によって再度その向きを変える。コリメータレンズ 127 を介することによって平行光と
20 されたレーザ光は、XY ガルバノスキャナミラー 128 および $f\theta$ レンズ 129 によって、被加工物 103 上の任意の加工位置に達するようにその照射位置

が移動される。XYガルバノスキャナミラーおよび $f\theta$ レンズは、一体としてレーザ光の照射位置制御用光学系として作用する。

制御系110は、ガルバノスキャナ制御部112、画像処理部113、駆動系制御部114、およびこれら各部を制御すると共に当該制御と同期してレーザ発振器等を制御する主制御部とから構成される。ガルバノスキャナ制御部112は、XYガルバノスキャナミラー128と接続され、これらを制御することによってレーザ光の照射位置を制御している。画像処理部113は、カメラ105と接続されて当該カメラによって得られた画像から加工穴の状態、位置精度等を確認し、レーザ光のパルス数、強度に関連する情報を主制御部に対して出力している。駆動系処理部114は、XYステージ104を駆動し、被加工物上の穴開け予定位置がガルバノスキャナミラーによるレーザ光の照射可能範囲にはいるように被加工物103の位置を変更している。当該装置は、被加工物103の表面に、マスク124の形状を任意の縮小率で投影する構成とすることで、加工穴断面におけるテーパが少なく且つ真円に近い穴形状を得ている。

上述の従来装置においては、レーザ光の多くはマスク124によって遮断され、当該マスクの開口部124aを通過した部分のみが実際の加工に寄与している。従って、レーザ光の使用効率はそれほど高くなく、レーザ発振器101としては、この遮断分を考慮した比較的大きな出力を有した発振器を用いることが求められる。このようなレーザ光の使用効率が加工効率に対して特に大きく影響する場合として、レーザ光に対する吸収効率が比較的低い材料から表面層が構成されている場合が考えられる。このような場合、加工に要するレーザのパルス数が非常に多くなってしまい、結果として加工効率が大幅に低下してしまう。

本発明は、上記課題に鑑みて為されたものであり、レーザ光の使用効率を改善し、さらには表面が難加工性の材料からなる被加工物においても加工効率を高め、所望の加工形状が容易に得られるレーザ加工装置および加工方法を提供することを目的とするものである。また、本発明は、当該加工方法を用いた、
5 セラミックグリーンシート上に穴開け加工等を施す回路基板の製造方法を提供することを目的とするものである。

上記課題を解決するために、本発明に係るレーザ加工装置は、被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、レーザ光を発するレーザ発振器と、レーザ光を被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、レーザ発振器により発せられたレーザ光を照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、複数の光路系は、レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変えることなくレーザ光を照射位置制御用光学系に導く第1の光路系と、レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変化させてレーザ光を照射位置制御用光学系に導く第2の光路系とを少なくとも有することを特徴としている。
10
15

また、上記課題を解決するために、本発明に係るレーザ加工装置は、被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、レーザ光を発するレーザ発振器と、レーザ光を被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、レーザ発振器により発せられたレーザ光を照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、複数の光路系は、レーザ発振器より発せられたレーザ光のエネルギー強度を減ずることなく照射位置制御用光学系まで導く第1の光路系と、レーザ発振器より発せられたレーザ光の一部が照射位置制御用光学系に達することを妨げてその光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させる第2の光路系とを少なくとも有することを特徴としている。
20
25

なお、上述の装置は、レーザ光を導く際に用いられる光路系を切替える光路切替え手段を有し、光路系の切替えは前記レーザ光におけるパルス照射時のオフタイミングにおいて為されることとしても良い。さらに、上記装置において、レーザ光のエネルギー分布を変化させる第2の光路系は、レーザ光の光軸と垂直な方向におけるエネルギー分布を略均一なものとするマスク、ホモジナイザ、あるいはこれらの組み合わせを有することとしても良い。

また、上記課題を解決するために、本発明に係るレーザ加工方法は、被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工方法であって、レーザ発振器から発せられたレーザ光を、レーザ光の光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えことなく、被加工物上の所定位置に照射することによって為される第1の加工工程と、エネルギー分布が変えられていないレーザ光の照射を停止し、レーザ発振器から発せられたレーザ光に対して、レーザ光における光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させたレーザ光を被加工物上の所定位置に導くレーザ光の切替え工程と、エネルギー分布が変えられたレーザ光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することを特徴としている。

なお、上述の方法におけるレーザ光の切替え工程は、レーザ発振器から発せられるレーザ光におけるパルス照射時のオフタイミングにおいて為されることが好ましい。さらに、被加工物上に導かれる断面形状が変化されたレーザ光は、エネルギー分布上の強度の均一化が為されていることが好ましい。

また、上記課題を解決するために、本発明に係る製造方法は、セラミックグリーンシートに対して穴開け加工を施し、形成された穴に対して電極材を埋め込む工程を有する回路基板製造方法であって、穴開け加工は、レーザ発振器から発せられたレーザ光を、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えことなく、セラミックグリーンシート上の所定位置に照射することによって為される第1の穴開け工程と、エネルギー分布を変えないレーザ光の照射を停止

し、レーザ発振器から発せられ、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布が変化されたレーザ光を被加工物上の所定位置に導くレーザ光の切替え工程と、エネルギー分布が変化されたレーザ光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することとしている。

5

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施例に係るレーザ加工装置の要部構成の概略を示す図である。

図2は、図1に示す第2の光路系における要部構成の概略を示す図である。

10

図3は、図1における光路系切替え用ミラーを説明するための図である。

図4A、4B、4C、4D、4Eは、従来の装置における加工の進行状態を順次示す図である。

図5A、5B、5C、5D、5Eは、本発明に係る装置における加工の進行状態を順次示す図である。

15

図6は、従来におけるレーザ穴開け装置の概略構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施例に係るレーザ加工装置について、以下図面を参照して詳述する。なお、本装置における光学系以外のレーザ発振器、ガイドレーザ発振器、XYステージ、制御部等は従来装置におけるこれら構成と特に異なる部分はないため、以下の説明においては主として光学系について述べることとする。図1に、本発明に係る加工装置における光学系の概略構成を示す。当該光学系は、全反射ミラー21、26、ダイクロイックミラー22、光路切替え用ミラー8、9、第1の光路系30および第2の光路系40から構成されている。

25

レーザ発振器1から発せられた加工用レーザ光は、全反射ミラー21によってダイクロイックミラー22に向けてその向きを変え、ダイクロイックミラー

22を透過した後、光路切替え用ミラー8の位置に達する。ガイドレーザ発振器2から発せられたガイドレーザ光は、ダイクロイックミラー22によってその向きが変えられ、加工用レーザ光と光路が一致するようにされている。加工用レーザ光およびガイドレーザ光は、光路切替え用ミラー8によって、第1の光路系30および第2の光路系40のうち、何れの光路系を通過するかが選択される。

第1あるいは第2の光路系30、40の何れかを通過したレーザ光は、光路切替え用ミラー9によって全反射ミラー26に向けて反射され、さらに当該ミラーによって不図示のコリメータレンズに導かれる。コリメータレンズの後段には、従来装置と同様のXYガルバノスキャナミラー等が配置され、レーザ光はこれら光学要素により被加工物上の任意の位置に導かれる。すなわち、本発明に係るレーザ加工装置は、図1には明示されていないが、XYガルバノスキャナミラー等からなる照射位置制御用光学系を有している。

第1の光路系30は、全反射ミラー31、32、およびビームエキスパンダ35から構成される。当該光路系においては、レーザ光は部分的な遮断等を何ら受けることなくエキスパンダ35に達し、当該エキスパンダにおいてレーザ光が所定の領域に対して照射可能となるようにその照射径が拡大され、光路切替え用ミラー9に導かれる。第1の光路系30を経たレーザ光は、その経路中においてレーザ光を部分的に遮断する構成を何ら配置していない。従って、レーザ発振器1から発せられた加工用レーザ光の大部分を、直接的に被加工物に対して照射することが可能となる。

すなわち、第1の光路系30を介して被加工物上導かれるレーザ光は、レーザ発振器1から発せられた状態からそのエネルギー強度を減ずることがなく、且つその光軸に垂直な方向におけるエネルギー分布（断面形状）を変えない。従って、利用効率の高い加工を行うことができる。なお、被加工物表面に達するレーザ光のエネルギー密度をより高めたい場合には、上述のエキス

パンダに変えて集光用のレンズ等を用いることとしても良い。この場合も、レーザー光の光軸に対して垂直な方向における総エネルギー量は変化せず、またエネルギー分布も基本的には相似状態を維持することとなる。

第2の光路系40は、ホモジナイザ45、スリット44、および全反射ミラー41、42から構成される。当該光路系においては、ホモジナイザ45によって、レーザー光におけるエネルギー分布がトップハット形状となるようにその出力波形の成形が為されている。図2にホモジナイザによるビーム成形の様子を概略的に示している。レーザー光の進行方向に対して垂直な方向に見たビーム波形（エネルギー分布）は図中E_{in}で示される形状を有している。レーザー光は、ホモジナイザ45中の任意の曲面からなる2つの非球面レンズ45a、45bを通過することによって、E_{in}中央部に対応するレーザー光は周辺部に分散され且つE_{in}周辺部に対応するレーザー光は中央部に集光される。その結果、ホモジナイザ45から出力されるレーザー光は、E_{out}で示されるいわゆるトップハット型と呼ばれる、照射領域内でのエネルギー強度がほぼ均一となるビーム波形を有することとなる。すなわち、第2の光路系40を経たレーザー光は、その光軸方向に垂直な方向のエネルギー分布が、発振器から照射した直後の分布と比較して大きく変形されていることとなる。

ホモジナイザ45によってトップハット型にビーム成形が為されたレーザー光は、さらにその後段に配置されたマスク44を通過し、その際に開口部44aに応じたビーム形状に成形される。ビーム成形が為されたレーザー光は、全反射ミラー41および42によって光路切替え用ミラー9に導かれ、さらに当該ミラーを介した後は、第1の光路系30を経たレーザー光と同様に、全反射ミラー26を介して不図示のコリメータレンズに導かれる。以上述べたように、レーザー光がホモジナイザ45およびマスク44を経ることによって、例えば真円に近い丸穴を被加工物に形成しようとする場合、真円形状を有し且つ真円内におけるビーム強度が均一なレーザー光を得ることが可能となる。

次に、光路切替え用ミラー 8 および 9 について、図 3 を参照として詳述する。

図 3 は、光路切替え用ミラー 8 を示すものであるが、基本的構成はミラー 9 と同一であるため、ここではミラー 8 についてのみ述べることにする。ミラー 8 はその後端部において 1 軸駆動のモータ、シリンダ等の不図示の駆動装置に連結されており、特定の軸 A 方向に駆動されて、レーザ光の光路内および光路外の二位置で停止可能となっている。当該ミラーにおけるレーザ光の反射面 8 a が光路外に存在する場合には、レーザ光はその方向を変えられることなく第 1 の光路系に導かれる。また、反射面 8 a が光路内に存在する場合には、レーザ光は当該反射面によってその進行方向を 90 度変えられ、第 2 の光路系に導かれる。

以上に述べた構成からなるレーザ加工装置を用いることによって、レーザ光の使用効率を改善し、さらには表面が難加工性の材料からなる被加工物においても加工効率を高め、所望の加工形状を容易に得ることが可能となる。具体的に、難加工性の第一層および易加工性の第二層からなる被加工物に対して穴開け加工を行った場合について、従来に装置における加工の進行状態を図 4 A、4 B、4 C、4 D、4 E、また本発明に係る装置における加工の進行状態を図 5 A、5 B、5 C、5 D、5 E に示し、当該発明の効果について次に述べる。

図 4 A、4 B、4 C、4 D、4 E および図 5 A、5 B、5 C、5 D、5 E は、PET 等からなるベースフィルム 60 上に易加工性の第二層 62 および難加工性の第一層 61 が積層されてなる被加工物に対して、ベースフィルム 60 を残して穴を開ける場合を示している。マスク等によって成形されたレーザ光を用いる場合、図 4 B、4 C、4 D に示すように、レーザ光の照射範囲において第一層 61 がその最表面から略均一な速度で穴が形成されていく。この場合、単位面積あたりに照射されるレーザ光のエネルギー密度は小さいため、穴の形成速度は小さく、従って照射されるべきレーザ光のパルス数も非常に大きな値となる。難加工層である第一層 61 を除去した後は、図 4 D および 4 E に示すよ

うに、加工容易な第2層62に対しての穴開け加工となり加工速度は大きくなり、照射パルス数も小さな値に押さえられる。

本発明に係るレーザ加工装置を用いた場合、第一層61表面には、まず第1の光路系を経たレーザ光が照射される。この場合のレーザ光はそのエネルギーを何ら低減することなく、また例えばその中央のエネルギー密度が高いガウス分布を有した状態で、被加工物表面に導かれる。このため、図5Bに示すように、レーザ光の照射領域の略中心部に急速に穴が形成される。しかしながら、ここで用いられるレーザ光は、形状、エネルギー分布等何ら成形処理が施されていないため、このレーザ光によって加工を進めた場合、所望の穴形状等を得ることは困難である。このため、第一層61の一部が完全に除去され、レーザ光の照射範囲に第二層62の一部が露出した段階で、用いるレーザ光を第2の光路系を経た成形および均一化が施されたレーザ光に切替える（図5C）。この切替操作は光路切替え用ミラー8および9によって行われる。

なお、レーザ光を切替えた段階では、レーザ光の照射範囲にはまだ難加工性の第一層61がある程度残存している。このため、レーザ光切替後も、その照射範囲の外周近傍と中央近傍とで加工速度が異なり、図5Cあるいは5Dに示されるように、形成された穴には断面形状としてテーパが存在することとなる。しかし、レーザ光の照射パルス数等を適切なものとすることでベースフィルム60において穴開け加工を終端させ、引き続いてレーザ光の照射を行うことにより照射範囲の外周近傍を除去し、このテーパを取り除くことが可能である。

図5A、5B、5C、5Dに示す以上の工程を経ることによって、図4Dに示す従来装置による場合と同等の、断面にテーパ部を有さない形状の穴を形成することが可能となる。同時に、本発明を実施することにより、第一層61表面にレーザ光を照射してからレーザ光が第2層に達するまでの時間を短縮することが可能となり、レーザ加工装置としての生産性を高めることが可能となる。また、例えば、第2の光路系を経たレーザ光をより精度の高い形状等に対

応させることにより当該レーザ光を用いた際の加工速度が低下した場合であっても、第1の光路系を経たレーザ光によって加工速度を高めていることから、従来と同等以上の速度でより精度の高い例えば真円に近い開口を有する穴を形成することが可能となる。

- 5 ここで述べた複層構造としては、例えば、加工最表面に金属電極層が形成され、その下にフェライト系あるいはアルミナ系のセラミックなどが形成されている場合等が考えられる。また、レーザ光の吸収率が比較的低く、一般的にレーザ加工が難しいとされている、例えばアルミナ系セラミックス単層からなるシートに穴開け加工を施すような場合に対しても本発明は有効と考えられる。
- 10 この場合も、前述の光路切替えの手順と同様の手順に従い、まず第1の光路系を経たレーザ光によってシート上に穴を形成し、続いて第2の光路系を経たレーザ光によってその穴形状を整えると良い。

- なお、上述の例では、説明を容易なものとするために、レーザ光のエネルギー密度、照射時間、照射パルス数等の加工条件に関連するパラメータについて
- 15 特に述べていない。しかしながら、光路系の切替えと同時にこれらパラメータを制御することにより、任意の深さやテーパ形状を有した穴を形成することが可能となる。また、本発明は発振器から発せられるレーザのエネルギーあるいはパルスエネルギーが小さい場合に特に有効と考えられ、CO₂レーザ、YAGレーザのみならず、UV領域の高調波レーザ等に特に有効と考えられる。

- 20 また、本実施例においては、光路切替えミラー8とマスク44との間に、ビーム成型素子としてのホモジナイザ25を配置しているが、照射範囲におけるエネルギー分布の変化幅が所望のレベルを満たすものであればこれを除いても良い。本実施例においては、当該素子を配置することによって、より良好なトップハット型のエネルギー分布を有するレーザ光を用いて加工を行うこと
- 25 が可能であることから、テーパが非常に少ない形状の穴を成形することが可能となる。このような形状の穴は、例えば、セラミック部分の厚さが30 μm以

下の薄いシートに対する穴開け加工の場合、あるいは、形成された穴に対して電極材料等を充填する際に、その充填剤ペーストの粘度が $50\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下と小さな値である場合、等に適している。

また、ホモジナイザを構成する非球面レンズの曲率、屈折率等を変更することで、任意のビーム形成を行うことが可能である。従って、複数種類のホモジナイザを予め用意しておき、これらを用途に応じて光軸上に配置することで、加工穴の断面におけるテーパを制御することも可能である。このようなテーパ制御が為された穴は、例えば、グリーンシートの厚みに対して穴径（アスペクト比）が大きい場合、あるいは、形成された穴に対して電極材料等を充填する際に、その充填剤ペーストの粘度が $200\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上と大きな値である場合、等に適している。

また、上述の実施例においては、光路系の切替えに全反射ミラーを用いているが、この切替え方法として、レーザ照射パルスに応じ、このパルスと同期させた速度でミラーの移動を行うことが好ましい。具体的には、パルス照射におけるレーザ光のオフ状態に応じ、このオフ状態の間、すなわちオフタイミング時に、光路中へのあるいは光路中からのミラーの移動が完了するような速度にてミラーを駆動することが好ましい。この場合、レーザ照射がオフ状態に変化した瞬間に同期させてミラー等を駆動させる、あるいはオン状態に切り替わる所定時間前に駆動を終了させる等、パルスと何らかの関係を保ってミラー等の駆動を行うことが装置構成上より好ましい。これにより連続的な光路系の切替えが可能となり加工効率を向上させることができる。

また、上述の実施例においては光軸の切替えに一軸移動するミラーを用いているが、本発明はこれに限定されない。例えば、ミラーのある面と無い面とが交互に配置された円板状のいわゆるチョッパーを光軸上に配置し、これを回転させることで光路系の切替えを行うこととしても良い。あるいは、全反射ミラーに変えて、光量の 50% を透過するハーフミラーを配置すると共に各光路系

におけるこの後段にシャッタ等を配置し、これらシャッタ等の開閉によって光路系の切替を行うこととしても良い。シャッタ等の開閉の速度は、ミラーを直接駆動する速度より高速化することが容易であり、より高速な光路系の切替えが実施できる。さらにこの場合、ハーフミラーの反射と透過との比率を任意に切替えることによって、被加工物の特性により適した条件にて穴開け等の加工を行うことが可能となる。

また、上述の実施例においては、光路系として2つの光路系を示しているが、本発明はこれに限定されず、さらなる光路系を加えることも可能である。この場合、例えば第1の光路系に準じ且つエキスパンダを除くことでレーザ光照射領域の中央部のエネルギー強度がより高いレーザ光が得られる光路系を加えても良く、あるいは、第2の光路系に準じ且つホモジナイザによってレーザ光照射領域の外周近傍のエネルギー強度を高めたレーザ光が得られる光路系を加えることとしても良い。あるいは、異なるビーム形状に対応した複数の光路系を配置し、被加工物の特性、求められる加工形状等に応じてこれら複数の光路系から任意の光路を選択する構成としても良い。

また、上述の実施例においては、第1の光路系を用いての穴開け加工終了後に第2の光路系による加工を行う工程を示している。しかしながら、本発明はこれに限定されず、例えば第1の光路系および第2の光路系各々を用いた穴開け加工を所定のレーザパルス数ずつ繰り返して行うこととしても良い。さらに、加工の進行状況あるいは穴形状の精度等に応じて各光路系を用いる時間の配分を随時変更する構成としても良い。

また、上述の実施例は、セラミックグリーンシート等に対する穴開け加工、および当該加工を用いた回路基板の製造方法を主たる対象として述べているが、本発明による加工はこれらに限定されない。穴開け加工の対象としては、金属、樹脂等種々の材料かなるもの、あるいはこれらが複数層積層されてなるものであっても良い。また、本発明は穴開け加工における実施のみならず、切

断加工、パターンの修正加工等、比較的強度の高いレーザ光と、成形されたレーザ光とを使い分けることで加工速度あるいは加工精度の向上が図れる種々の加工においても実施することが可能である。

- 5 本発明の実施により、レーザ光をより効率よく用いてセラミックグリーンシート等に穴開け等の加工を行うことが可能となり、さらには、ビーム形状の異なるレーザ光を任意に用いることで、表面が難加工性の材料からなる被加工物においても加工効率を高め、所望の加工形状が容易に得られるようになる。

請求の範囲

1. 被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、

前記レーザ光を発するレーザ発振器と、

5 前記レーザ光を前記被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、

前記レーザ発振器により発せられたレーザ光を前記照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、

10 前記複数の光路系は、前記レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変えることなく前記レーザ光を前記照射位置制御用光学系に導く第1の光路系と、前記レーザ発振器より発せられたレーザ光の光軸と垂直な方向のエネルギー分布を変化させて前記レーザ光を前記照射位置制御用光学系に導く第2の光路系とを少なくとも有することを特徴とするレーザ加工装置。

15 2. 被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工装置であって、

前記レーザ光を発するレーザ発振器と、

前記レーザ光を前記被加工物上の所定位置に照射させる照射位置制御用光学系と、

20 前記レーザ発振器により発せられたレーザ光を前記照射位置制御用光学系まで導く複数の光路系とを有し、

前記複数の光路系は、前記レーザ発振器より発せられた前記レーザ光のエネルギー強度を減ずることなく前記照射位置制御用光学系まで導く第1の光路系と、前記レーザ発振器より発せられたレーザ光の一部が前記照射位置
25 制御用光学系に達することを妨げてその光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変化させる第2の光路系とを少なくとも有することを特徴とするレーザ加

工装置。

3. 前記レーザ光を導く際に用いられる光路系を切替える光路切替え手段を有することを特徴とする請求項1または2記載のレーザ加工装置。

4. 前記光路系の切替えは前記レーザ光におけるパルス照射時のオフタイミ
5 イミングにおいて為されることを特徴とする請求項1または2記載のレーザ加工装置。

5. 前記レーザ光のエネルギー分布を変化させる第2の光路系は、前記レーザ光の光軸と垂直な方向におけるエネルギー分布を略均一なものとするマスクを有することを特徴とする請求項1または2記載のレーザ加工装置。

10 6. 前記レーザ光のエネルギー分布を変化させる第2の光路系は、前記レーザ光の光軸に垂直な方向におけるエネルギー分布を略均一なものとするホモジナイザを有することを特徴とする請求項5記載のレーザ加工装置。

7. 被加工物に対してレーザ光を照射してその照射部分に加工を施すレーザ加工方法であって、

15 レーザ発振器から発せられたレーザ光を、前記レーザ光の光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えることなく、前記被加工物上の所定位置に照射することによって為される第1の加工工程と、

前記エネルギー分布が変えられていないレーザ光の照射を停止し、前記レーザ発振器から発せられたレーザ光に対して、前記レーザ光における光軸
20 に垂直な方向のエネルギー分布を変化させたレーザ光を前記被加工物上の前記所定位置に導くレーザ光の切替え工程と、

前記エネルギー分布が変化されたレーザ光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することを特徴とするレーザ加工方法。

8. 前記レーザ光の切替え工程は、前記レーザ発振器から発せられるレーザ光におけるパルス照射時のオフタイミ
25 ングにおいて為されることを特徴とする請求項7記載の加工方法。

9. 前記被加工物上に導かれる前記エネルギー分布が変化されたレーザー光は、前記エネルギー分布上の強度の均一化が為されていることを特徴とする請求項7記載の方法。

5 10. セラミックグリーンシートに対して穴開け加工を施し、形成された穴に対して電極材を埋め込む工程を有する回路基板製造方法であって、

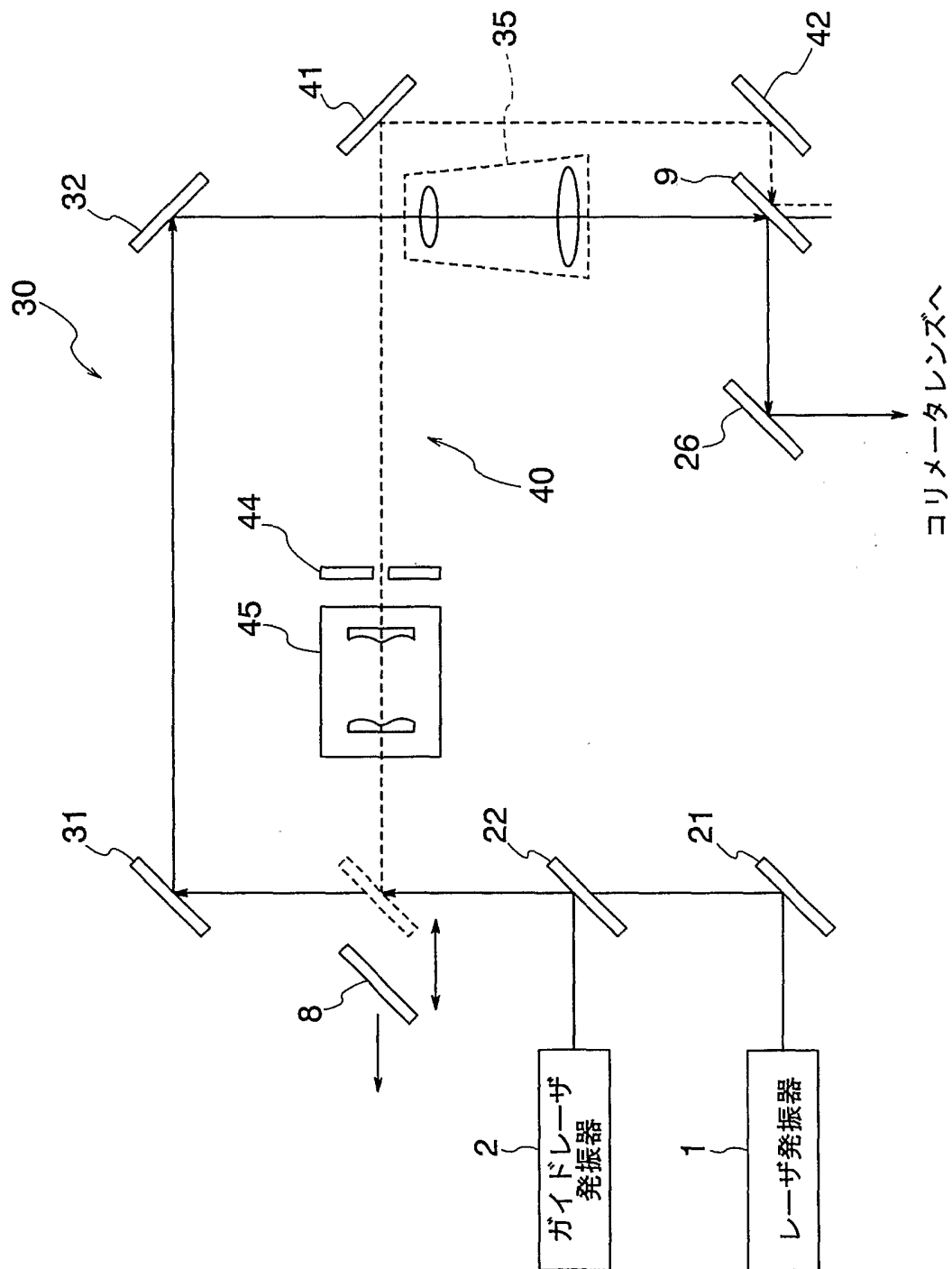
前記穴開け加工は、

レーザー発振器から発せられたレーザー光を、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布を変えることなく、前記セラミックグリーンシート上の所定位置に照射することによって為される第1の穴開け工程と、

10 第1の穴開け工程終了後に前記エネルギー分布を変えないレーザー光の照射を停止し、前記レーザー発振器から発せられて、その光軸に垂直な方向のエネルギー分布が変化されたレーザー光を前記被加工物上の前記所定位置に導く、レーザー光の切替え工程と、

15 前記エネルギー分布が変化されたレーザー光を照射することによって為される第2の加工工程とを有することを特徴とする回路基板の製造方法。

FIG. 1



2/5

FIG. 2

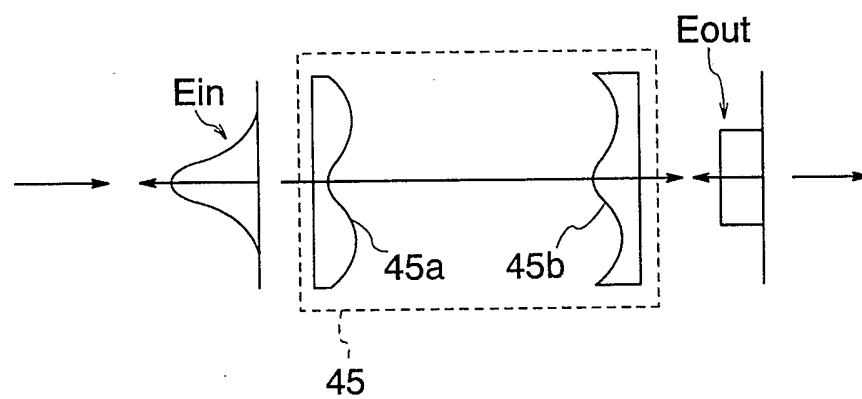
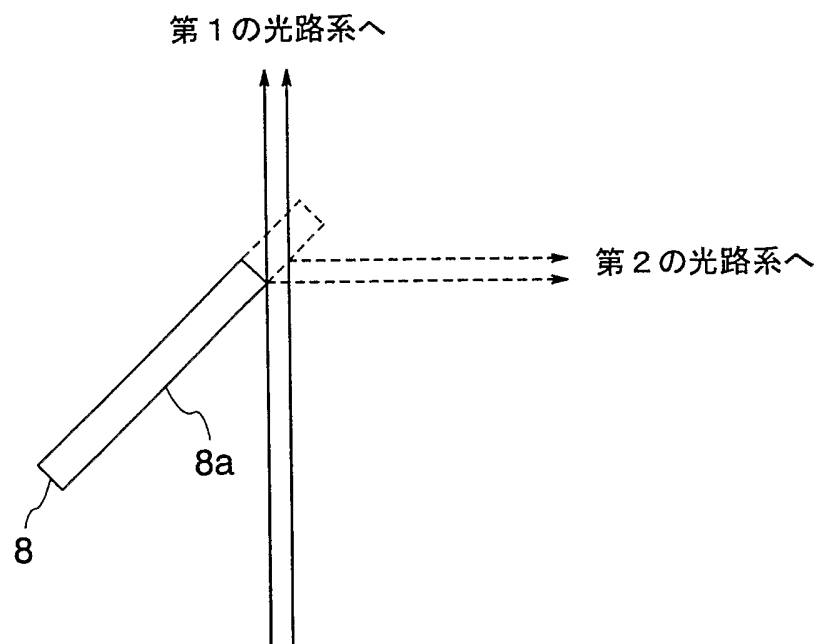
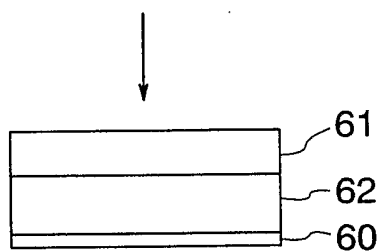
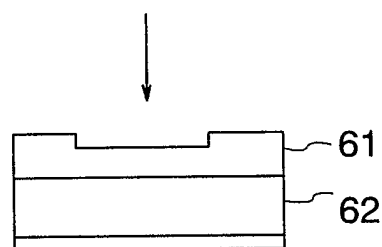
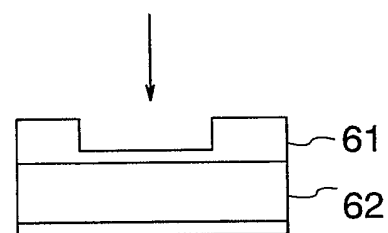
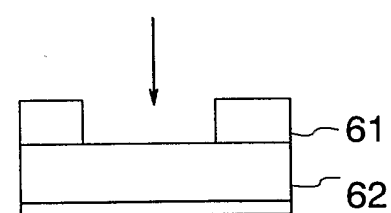
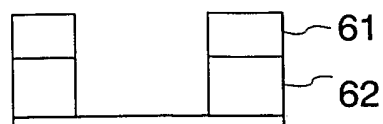


FIG. 3



3 / 5

FIG. 4A*FIG. 4B**FIG. 4C**FIG. 4D**FIG. 4E*

4/5

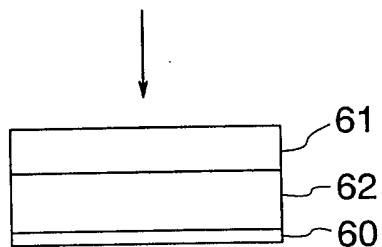
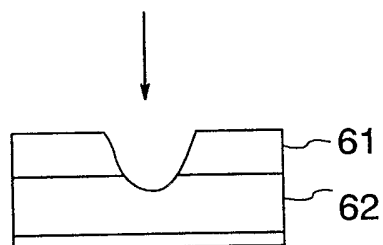
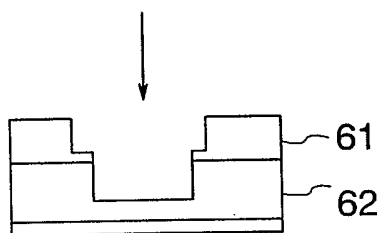
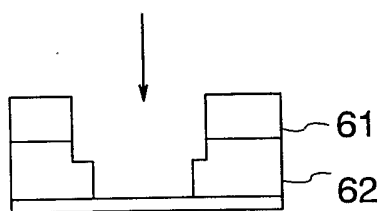
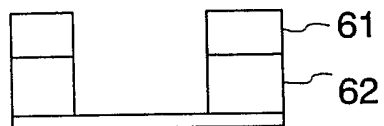
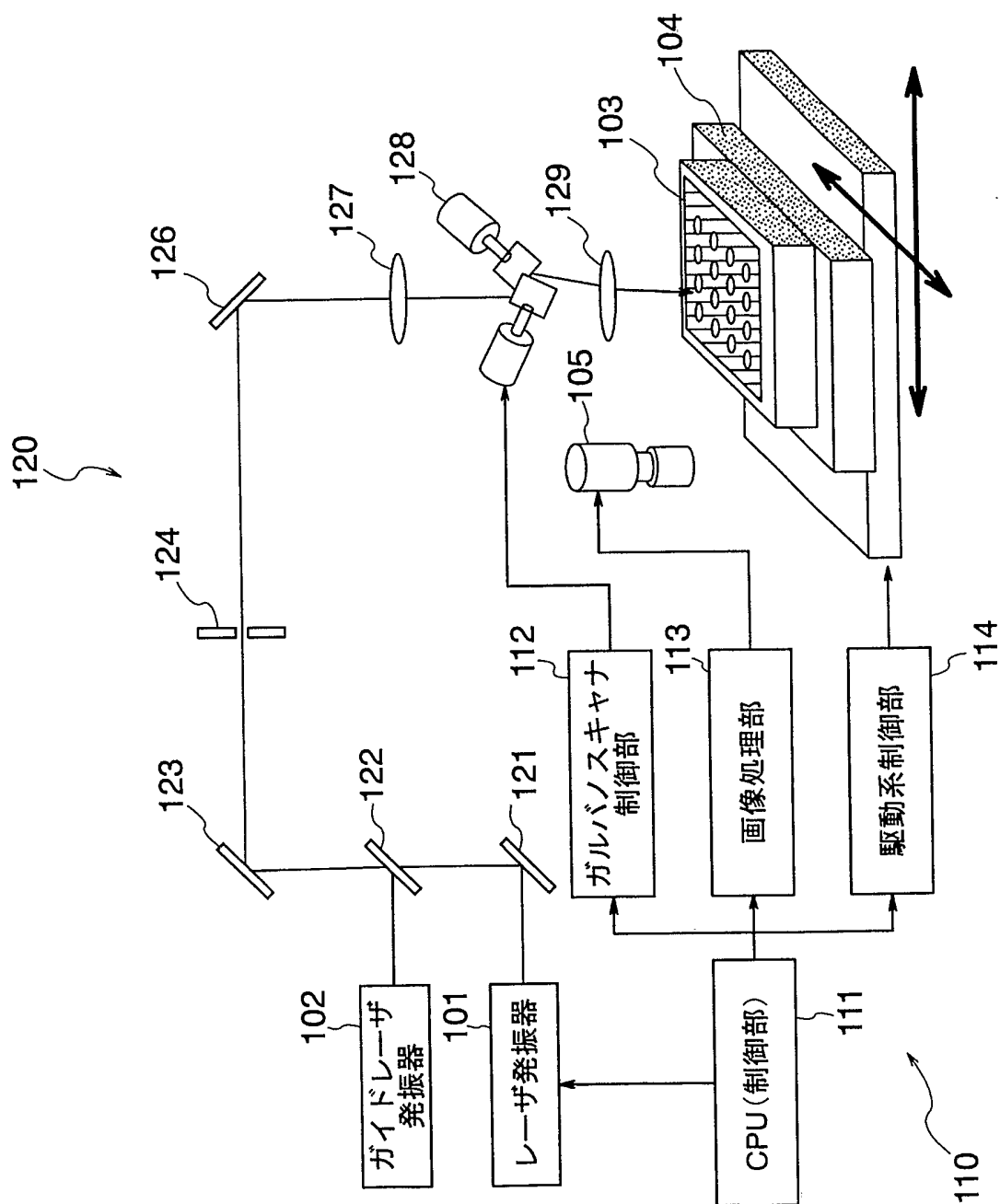
FIG. 5A*FIG. 5B**FIG. 5C**FIG. 5D**FIG. 5E*

FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/10052

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B23K26/067

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B23K26/067

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
$\frac{X}{Y}$	US 2002/0040893 A1 (HITACHI VIA MECHANICS, LTD.), 11 April, 2002 (11.04.02), Claims; Par. Nos. [0070] to [0102]; Figs. 1 to 3 & JP 2002-335063 A	$\frac{1-9}{10}$
$\frac{X}{Y}$	JP 2002-96187 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 02 April, 2002 (02.04.02), Claims; detailed explanation of the invention; Par. Nos. [0002] to [0003], [0010] to [0019], [0026] to [0033]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	$\frac{1-9}{10}$
$\frac{Y}{A}$	EP 1043110 A2 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.), 11 October, 2000 (11.10.00), Claims; all drawings & JP 2000-280226 A	$\frac{10}{1-9}$



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 October, 2003 (15.10.03)

Date of mailing of the international search report
28 October, 2003 (28.10.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ B23K26/067		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ B23K26/067		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US 2002/0040893 A1 (HITACHI VIA MECHANICS, LTD.) 2002. 04. 11, 特許請求の範囲, 段落[0070]-[0102], 第1-3図 & JP 2002-335063 A	1-9 10
X Y	JP 2002-96187 A (住友重機械工業株式会社) 2002. 04. 02, 特許請求の範囲, 発明の詳細な説明【0002】-【0003】, 【0010】- 【0019】, 【0026】-【0033】, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-9 10
Y A	EP 1043110 A2 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 2000. 10. 11, 特許請求の範囲, 全図 & JP 2000-280226 A	10 1-9
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15. 10. 03	国際調査報告の発送日 28.10.03	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 加藤 昌人 電話番号 03-3581-1101 内線 3362	3P 9257