

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7014068号
(P7014068)

(45)発行日 令和4年2月1日(2022.2.1)

(24)登録日 令和4年1月24日(2022.1.24)

(51)国際特許分類	F I
H 0 1 L 23/15 (2006.01)	H 0 1 L 23/14 C
H 0 5 K 1/02 (2006.01)	H 0 5 K 1/02 C

請求項の数 5 (全12頁)

(21)出願番号	特願2018-130468(P2018-130468)	(73)特許権者	000000044 A G C 株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号
(22)出願日	平成30年7月10日(2018.7.10)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(65)公開番号	特開2019-21916(P2019-21916A)	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43)公開日	平成31年2月7日(2019.2.7)	(72)発明者	磯部 衛 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 A G C 株式会社内
審査請求日	令和3年2月9日(2021.2.9)	(72)発明者	小野 元司 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 A G C 株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2017-135755(P2017-135755)	(72)発明者	森 重俊 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 最終頁に続く
(32)優先日	平成29年7月11日(2017.7.11)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

(54)【発明の名称】 ガラス基板

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

相互に対向する第1の表面および第2の表面を有するガラス基板であって、当該ガラス基板は、第1の表面から第2の表面まで延在する複数の貫通孔を有し、ランダムに選択した5個の貫通孔を選定貫通孔と称したとき、各選定貫通孔において、前記第1の表面には第1の開口があり、前記第2の表面には第2の開口があり、前記第1の開口の近似円の直径は、前記第2の開口の近似円の直径よりも大きく、前記第1の開口は、真円度が5 μm以下であり、前記第1の開口の近似円の中心を第1の中心C₁とし、前記第2の開口の近似円の中心を第2の中心C₂とし、第1の中心C₁と第2の中心C₂の中心間距離をt_cとしたとき、当該ガラス基板の厚さをt₀として、

$$P = t_c / t_0 \quad (1) \text{式}$$

で表される垂直度Pは、1.00000～1.00015の範囲である、ガラス基板。

【請求項 2】

前記第1の開口は略円形であり、前記第1の開口の近似円の直径が20 μm～160 μmの範囲である、請求項1に記載のガラス基板。

【請求項 3】

前記第2の開口は略円形であり、前記第2の開口の近似円の直径が10 μm～150 μmの範囲である、請求項1または2に記載のガラス基板。

【請求項 4】

前記厚さ t_0 は、 $0.05\text{ mm} \sim 0.7\text{ mm}$ の範囲である、請求項 1 乃至 3 のいずれか一つに記載のガラス基板。

【請求項 5】

前記貫通孔の少なくとも一つには、導電性材料が充填されている、請求項 1 乃至 4 のいずれか一つに記載のガラス基板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガラス基板に関し、特に、貫通孔を有するガラス基板に関する。

【背景技術】

10

【0002】

従来より、貫通孔を有するガラス基板は、各種デバイスに広く利用されている。例えば、複数の貫通孔を有し、該貫通孔に導電性材料が充填されたガラス基板は、ガラスインターポーザとして利用されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

デバイスの高性能化が進むにつれ、ガラスインターポーザのような貫通電極を有する基板などの部材に対して、今後より高い寸法精度が求められるようになることが予想される。

【0004】

20

例えば、貫通孔を有するガラス基板の場合、貫通孔の形状の僅かの変化が、導電性材料の充填状態、さらにはデバイスの特性に影響を及ぼす可能性がある。このため、デバイスの特性を十分に発揮するためには、デバイスの基本部材として適用されるガラス基板に、高い寸法精度で所望の形状の貫通孔を形成する必要がある。

【0005】

本発明は、このような背景に鑑みなされたものであり、本発明では、今後の高性能化デバイスに対しても十分に適用することが可能な、貫通孔を有するガラス基板を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

本発明では、相互に対向する第 1 の表面および第 2 の表面を有するガラス基板であって、当該ガラス基板は、第 1 の表面から第 2 の表面まで延在する複数の貫通孔を有し、ランダムに選択した 5 個の貫通孔を選定貫通孔と称したとき、各選定貫通孔において、前記第 1 の表面には第 1 の開口があり、前記第 2 の表面には第 2 の開口があり、前記第 1 の開口の近似円の直径は、前記第 2 の開口の近似円の直径よりも大きく、前記第 1 の開口は、真円度が $5\ \mu\text{m}$ 以下であり、前記第 1 の開口の近似円の中心を第 1 の中心 C_1 とし、前記第 2 の開口の近似円の中心を第 2 の中心 C_2 とし、第 1 の中心 C_1 と第 2 の中心 C_2 の中心間距離を t_c としたとき、当該ガラス基板の厚さを t_0 として、

$$P = t_c / t_0 \quad (1) \text{式}$$

40

で表される垂直度 P は、 $1.00000 \sim 1.00015$ の範囲である、ガラス基板が提供される。

【発明の効果】

【0007】

本発明では、今後の高性能化デバイスにおいても十分に適用することが可能な、貫通孔を有するガラス基板を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】本発明の一実施形態によるガラス基板の一例を模式的に示した斜視図である。

【図 2】本発明の一実施形態によるガラス基板に設けられた一つの貫通孔の断面を模式的

50

に示した図である。

【図3】貫通孔の垂直度を説明するための貫通孔の断面を模式的に示した図である。

【図4】貫通孔の真円度を説明するための貫通孔の上面を模式的に示した図である。

【図5】本発明の一実施形態によるガラス基板の製造方法に利用され得る装置の構成を模式的に示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して、本発明の一実施形態について説明する。

【0010】

(本発明の一実施形態によるガラス基板)

10

図1には、本発明の一実施形態による、貫通孔を有するガラス基板(以下、「第1のガラス基板」と称する)の一例を模式的に示す。

【0011】

図1に示すように、第1のガラス基板100は、相互に対向する第1の表面102および第2の表面104を有する。また、第1のガラス基板100は、第1の表面102から第2の表面104まで貫通する、複数の貫通孔122を有する。

【0012】

なお、図1に示した例では、第1のガラス基板100は、略矩形形状である。しかしながら、これは単なる一例であって、第1のガラス基板100の形状は特に限られないことに留意する必要がある。

20

【0013】

また、図1に示した例では、貫通孔122は、第1のガラス基板100の略中央に配置されている。しかしながら、貫通孔122の配置位置は、特に限られないことに留意する必要がある。例えば、貫通孔122は、第1のガラス基板100の略中央部分に加えて、またはこれとは別に、第1のガラス基板100の略コーナー部近傍などに配置されても良い。また、複数の貫通孔122は一樣(等間隔)に配置されても良く、不規則(異なる間隔および/または異なるパターン)で配置されても良い。

【0014】

図2には、第1のガラス基板100に設けられた一つの貫通孔122の断面を模式的に示す。

30

【0015】

図2に示すように、貫通孔122は、第1のガラス基板100の第1の表面102に形成された第1の開口130と、第2の表面104に形成された第2の開口135と、側壁140とを有する。

【0016】

第1の開口130および第2の開口135は、略円形状(略楕円形状を含む)であることが好ましい。

【0017】

ここで、第1の開口130を「第1の近似円」として近似し、その直径を d_1 とする。同様に、第2の開口135を「第2の近似円」として近似し、その直径を d_2 とする。図2に示すように、貫通孔122の側壁140は、テーパ形状となっており、従って $d_1 > d_2$ である。

40

【0018】

なお、第1および第2の近似円の求め方については、後述する。

【0019】

ここで、第1のガラス基板100に設けられた貫通孔122の形状的特徴を説明するため、図3および図4を参照して、本願において使用される「垂直度」および「真円度」という用語の定義について説明する。

【0020】

図3には、貫通孔の「垂直度」を説明するための貫通孔の断面図を模式的に示す。また、

50

図 4 には、貫通孔の「真円度」を説明するための貫通孔の上面図を模式的に示す。

【 0 0 2 1 】

図 3 に示すように、ガラス基板 1 は、第 1 の表面 2 および第 2 の表面 4 を有する。また、ガラス基板 1 は、該ガラス基板 1 を貫通する貫通孔 2 2 を有する。貫通孔 2 2 は、第 1 の表面 2 側に第 1 の開口 3 0 を有し、第 2 の表面 4 側に第 2 の開口 3 5 を有する。

【 0 0 2 2 】

第 1 の開口 3 0 は、中心 C_1 を有する。第 2 の開口 3 5 は、中心 C_2 を有する。第 1 の開口 3 0 の中心 C_1 からガラス基板 1 の厚さ方向に伸びる垂線を第 1 の中心軸 A_1 と称し、第 2 の開口 3 5 の中心 C_2 からガラス基板 1 の厚さ方向に伸びる垂線を第 2 の中心軸 A_2 と称する。

【 0 0 2 3 】

第 1 の開口 3 0 の中心 C_1 は、第 1 の開口 3 0 の第 1 の近似円 M_u から、その中心として求めることができる。同様に、第 2 の開口 3 5 の中心 C_2 は、第 2 の開口 3 5 の第 2 の近似円 M_b から、その中心として求めることができる。

【 0 0 2 4 】

第 1 の開口 3 0 の第 1 の近似円 M_u およびその中心 C_1 は、画像測定システム（例えばニコン製 NEXIV シリーズ）を用いて求めることができる。第 1 の表面 2 に、画像測定システムのカメラのピントを合わせ、貫通孔 2 2 の第 1 の開口 3 0 の画像を取得する。第 1 の開口 3 0 の画像から、第 1 の開口 3 0 の近似円およびその中心 C_1 を自動で求めることができる。同様に、第 2 の開口 3 5 の近似円 M_b およびその中心 C_2 は、画像測定システムを用いて求めることができる。

【 0 0 2 5 】

また、第 1 の開口 3 0 の第 1 の近似円 M_u の直径 d_1 は、上述の画像測定システムで求めた近似円から自動で求めることができる。第 2 の近似円 M_b の直径 d_2 も同様に自動で求めることができる。

【 0 0 2 6 】

図 3 に示すように、ガラス基板 1 の厚さを t_0 とし、中心 C_1 と中心 C_2 の間の中心間距離を t_c としたとき、貫通孔 2 2 の垂直度 P は、以下の (1) 式で求められる：

$$P = t_c / t_0 \quad (1) \text{ 式}$$

この定義に従えば、第 1 の中心軸 A_1 と第 2 の中心軸 A_2 とが一致する場合、すなわち中心 C_1 と中心 C_2 が同一軸上にある場合、垂直度 $P = 1$ となる。

【 0 0 2 7 】

t_c は、以下のように求めることができる。

【 0 0 2 8 】

【 数 1 】

$$t_c = \sqrt{((t_0)^2 + (\Delta A)^2)}$$

ここで、 t_0 は、ガラス基板 1 の厚さである。 t_0 は、ガラス基板の厚さが測定できる方法であれば特に限定されないが、例えばレーザ変位計で測定することができる。

【 0 0 2 9 】

A は、図 3 の中心 C_1 と C_2' の距離である。 C_2' は、中心 C_2 を通る中心軸 A_2 と第 1 の表面 2 の交点である。

【 0 0 3 0 】

A は、画像測定システム（例えばニコン製 NEXIV シリーズ）を用いて求めることができる。第 2 の表面 4 に、画像測定システムのカメラのピントを合わせて、貫通孔 2 2 の

10

20

30

40

50

第2の開口35の画像を取得する。第2の開口35の近似円 M_b およびその中心 C_2 （中心 C_2 の座標）が、自動で求められる。

【0031】

続けて、画像測定システムのカメラのピントを、第2の表面4と垂直方向（厚さ方向）に移動させる。第1の表面2に、画像測定システムのカメラのピントを合わせ、貫通孔22の第1の開口30の画像を取得する。第1の開口30の近似円 M_u およびその中心 C_1 （中心 C_1 の座標）が、自動で求められる。

【0032】

Aは、画像測定システムを用いて、第2の開口35の近似円 M_b およびその中心 C_2 座標と、第1の開口30の近似円 M_u およびその中心 C_1 座標から、自動計算で求めることができる。

10

【0033】

一方、図4に示すように、貫通孔22は、ガラス基板1の第1の表面2に、第1の開口30を有する。この例では、第1の開口30は、略楕円形状を有する。しかしながら、第1の開口30の形状は、これに限られるものではない。なお、図4には、参考のため、第1の開口30の第1の近似円 M_u が示されている。

【0034】

図4に示すように、第1の開口30の外接円を T_1 とし、内接円を T_2 とする。

【0035】

この場合、第1の開口30の真円度 U_u は、以下の(2)式で求められる：

20

真円度 $U_u = R_1 - R_2$ (2)式

ここで、 R_1 は外接円 T_1 の半径であり、 R_2 は内接円 T_2 の半径である。

【0036】

この定義に従えば、外接円 T_1 と内接円 T_2 とが一致する場合、真円度 $U_u = 0$ となる。

【0037】

貫通孔22の第2の開口35の真円度 U_b についても、同様に求めることができる。

【0038】

なお、第1の開口30の外接円 T_1 および内接円 T_2 は、画像測定システム（例えばニコン製NEXIVシリーズ）を用いて求めることができる。第1の表面2に、画像測定システムのカメラのピントを合わせて、貫通孔22の第1の開口30の画像を取得する。第1の開口30の画像から、第1の開口30の外接円 T_1 および内接円 T_2 を自動で求めることができる。同様に、第2の開口35の外接円および内接円は、画像測定システムを用いて求めることができる。

30

【0039】

なお、図3および図4では、1つの貫通孔22が例示されているが、ガラス基板1は複数の貫通孔22を有しても良い。この場合は、複数の貫通孔から任意の一つの貫通孔を選定する。選定した貫通孔に対して上述のように第1の開口の近似円、中心、内接円、および外接円、ならびに第2の開口の近似円、中心、内接円および外接円を求めれば良い。

【0040】

ここで、第1のガラス基板100において、ランダムに5個の貫通孔122を選定する。また、選定された貫通孔122を「選定貫通孔」と称する。この場合、これらの選定貫通孔のそれぞれは、

40

(i) 第1の開口の真円度 U_u が $5\mu\text{m}$ 以下であり、

(ii) 垂直度 P が $1.00000 \sim 1.00015$ の範囲である、

という特徴を有する。

【0041】

第1のガラス基板100は、このように選定貫通孔の形状的な特徴が有意に揃えられている。従って、第1のガラス基板100を、貫通電極を有するガラス基板（例えばガラスインターポーザ）のようなデバイスに適用した場合、形状因子によるデバイスの特性低下が有意に抑制され、デバイスに対して予測される特性を、十分に発現させることが可能にな

50

る。

【0042】

また、このため第1のガラス基板100は、高機能化デバイスに対しても十分に適用することができる。

【0043】

(第1のガラス基板100の詳細な特徴)

次に、第1のガラス基板100のその他の特徴について説明する。

【0044】

(第1のガラス基板100)

第1のガラス基板100に使用されるガラス基板の組成は、特に限られない。ガラス基板は、ソーダライムガラス、無アルカリガラス、石英、または感光性ガラス等であっても良い。

10

【0045】

ガラス基板の厚さは、特に限られない。ガラス基板の厚さは、例えば、0.05mm~0.7mmの範囲であっても良い。

【0046】

(貫通孔122)

前述のように、選定貫通孔は、

(i) 第1の開口130の真円度 U_U が5 μ m以下であり、

(ii) 垂直度Pが1.00000~1.00015の範囲である、

という特徴を有する。

20

【0047】

また、第1のガラス基板100に設けられた全貫通孔122の約80%以上、例えば90%以上において、前記(i)および(ii)の特徴が得られても良い。

【0048】

さらに、選定貫通孔は、

(iii) 第2の開口135の真円度 U_b が5 μ m以下である

という特徴を有しても良い。

【0049】

特に、第1のガラス基板100に設けられた全貫通孔122の約80%以上、例えば90%以上において、前記(iii)の特徴が得られても良い。

30

【0050】

また、貫通孔122において、第1の開口130の第1の近似円 M_U の直径 d_1 は、例えば20 μ m~160 μ mの範囲であり、40 μ m~100 μ mの範囲であることが好ましい。また、第2の開口135の第2の近似円 M_b の直径 d_2 は、例えば、10 μ m~150 μ mの範囲であり、30 μ m~90 μ mの範囲である。

【0051】

なお、前述の説明からも明らかなように、貫通孔122において、第1の開口130および第2の開口135は、必ずしも略円形状(略楕円形状を含む)である必要はない。例えば、貫通孔122において、第1の開口130および/または第2の開口135は、非円形状であっても良い。

40

【0052】

(本発明の一実施形態によるガラス基板の製造方法)

次に、前述のような特徴を有する本発明の一実施形態によるガラス基板の製造方法の一例について説明する。

【0053】

図5には、本発明の一実施形態によるガラス基板を製造する方法(以下、「第1の製造方法」という)に利用され得る装置の構成を模式的に示す。

【0054】

図5に示すように、この装置500は、レーザ源510と、波長板520と、レンズ系5

50

30と、ステージ540と、ブロー550とを備える。

【0055】

レーザー源510は、例えば、CO₂レーザー源またはYAGレーザー源等である。

【0056】

レンズ系530は、例えば1または2以上のレンズで構成される。レンズ系530は、波長板520から出射されるレーザー522を、ステージ540上に設置された被加工体580に収束させる役割を有する。

【0057】

このような装置500を用いて被加工体580に貫通孔を形成する際には、まず被加工体580がステージ540の上に配置される。また、ステージ540を水平方向/鉛直方向

10

【0058】

次に、レーザー源510から波長板520に向かって、レーザー512が出射される。レーザー512は、波長板520からレーザー522として出射される。その後、レーザー522は、レンズ系530により収束され、レーザー532となる。このレーザー532が被加工体580の貫通孔形成位置に照射される結果、該貫通孔形成位置に貫通孔が形成される。

【0059】

また、このような工程を繰り返すことにより、被加工体580に複数の貫通孔を形成することができる。

【0060】

ここで、従来のレーザー加工方法では、貫通孔の形成途中の過程、すなわちレーザーの照射により、被加工体580に徐々に深い孔が形成される段階では、孔の深さ方向に垂直な断面で見たとき、レーザーは、エネルギー強度分布が必ずしも均一であるとは言えない状態にある。

20

【0061】

これは、レーザーが直線偏向となっているためである。すなわち、一般に、直線偏向のレーザーの場合、孔の内壁(内周)におけるレーザーの吸収および反射の挙動は、レーザーの振動方向と、壁面に照射されるレーザーの角度との関係に強く依存する。そのため、直線偏向のレーザーでは、壁面の位置により、レーザーの吸収および反射の挙動が大きく変化してしまう。

【0062】

従って、直線偏向のレーザーを照射して、被加工体580に貫通孔を形成した場合、レーザーのエネルギー強度分布の偏りにより、真円から大きく逸脱した形状の断面を有する貫通孔が生じ易くなる。また、同様の理由により、貫通孔の延伸軸が鉛直方向に対して傾斜し易くなる。

30

【0063】

また、従来のレーザー加工方法では、貫通孔の形成中に、孔内には、ガス、デブリ、プラズマ等(以下、「充填物」と称する)が充填する。

【0064】

そのため、孔内に照射されたレーザーは、この充填物によって、エネルギー強度が不均一に減衰されてしまう。換言すれば、孔内の各空間位置において、レーザーのエネルギー強度は大きく変動してしまう。特に、表面からの位置が深くなるほど、レーザーのエネルギー強度は大きく減衰してしまう。そして、このような影響により、貫通孔の形状が、所望の形状から逸脱してしまう傾向が強くなる。

40

【0065】

このように、従来のレーザー加工方法では、高精度に所望の形状の貫通孔を形成することは難しい。

【0066】

例えば、得られる貫通孔において、第1の開口の第1の中心軸A₁と第2の開口の第2の中心軸A₂の位置のずれ(図3のA参照)が大きくなったり、第1の開口の真円度U_u、および第2の開口の真円度U_bが悪くなったりしてしまう。

50

【0067】

これに対して、第1の製造方法において、装置500は、波長板520を有する。この波長板520は、レーザー源510から照射されたレーザー512を、円偏向させる役割を有する。従って、レーザー源510から波長板520に入射後、波長板520から出射されるレーザー522は、円偏向のレーザーとなる。そして、この円偏向のレーザー532が、レンズ系530を介して被加工体580に照射される。

【0068】

このような円偏向のレーザー532では、前述のような直線偏向のレーザーによる悪影響が生じ難い。従って、第1の製造方法では、直線偏向のレーザーに比べて、より均一なエネルギー強度分布を有するレーザーを貫通孔形成位置に照射することが可能になる。

10

【0069】

また、装置500は、ブロー550を有する。このブロー550は、被加工体580のレーザー532が照射される領域に、気体が吹き付けられるように構成されている。従って、この気体により、孔内の充満物を孔内から排除することができる。

【0070】

このため、第1の製造方法では、被加工体580の加工中に、孔内に充満物が充満する傾向を有意に低減することができ、孔の最深部においても、比較的均一にレーザーを照射することが可能になる。

【0071】

その結果、第1の製造方法では、良好な垂直度P、および良好な真円度 U_u 、 U_b を有する貫通孔を形成することができる。

20

【0072】

ここで、ブロー550の先端の角度は、水平面に対して $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲で傾斜していることが好ましく、 $40^\circ \sim 55^\circ$ の範囲でもよい。また、ブロー550の先端は、被加工体580の表面から、 $10\text{mm} \sim 30\text{mm}$ の範囲の高さ位置にあることが好ましく、 $15\text{mm} \sim 25\text{mm}$ がより好ましい。

【0073】

この場合、孔加工中に、孔内の充満物をより確実に排除することができる。従って、より高精度で所望の形状の貫通孔を形成することができる。

【0074】

以上説明した工程により、被加工体580に貫通孔を形成することができる。ただし、その後、さらに、貫通孔が形成された被加工体580に対してエッチング処理を実施しても良い。また、エッチング処理の前に、被加工体580に対して熱処理を実施しても良い。

30

【0075】

以上の工程により、前述のような形状的特徴を有する貫通孔を有するガラス基板を製造することができる。

【0076】

その後、貫通孔には、導電性材料が充填されても良い。

【実施例】

【0077】

次に、本発明の実施例について説明する。

40

【0078】

(実施例1)

前述の図5に示したような装置を用いて、ガラス基板に貫通孔を形成した。

【0079】

ガラス基板には、厚さが 0.4mm の無アルカリガラス基板を使用した。

【0080】

レーザー源には、 CO_2 レーザー源を使用した。また、波長板には、ZnSe製の波長板を使用した。ブローは、先端が水平面に対して約 45° 傾斜した角度で、貫通孔形成位置に空気が供給されるようにして設置した。先端のガラス基板の表面からの高さは、 25mm

50

とした。

【0081】

レーザーパワーは、9 Wとし、ガラス基板には、200個の貫通孔を形成した。

【0082】

各貫通孔において、第1の開口の直径は、75 μm を目標とし、第2の開口の直径は、30 μm を目標とした。

【0083】

(比較例1)

実施例1と同様の方法により、ガラス基板に貫通孔を形成した。ただし、この比較例1では、ブローを使用せずに孔加工を実施した。

【0084】

(評価)

実施例1および比較例1において得られたガラス基板を用いて、貫通孔の各部分の寸法を評価した。具体的には、貫通孔の第1の開口の近似円 M_u の直径、真円度 U_u 、貫通孔の第2の開口の近似円 M_b の直径、真円度 U_b 、ならびに垂直度Pを測定した。

【0085】

評価結果をまとめて、以下の表1に示す。

【0086】

【表1】

例	第1の開口		第2の開口		垂直度Pの 最大値
	近似円 M_u の 直径の平均値 (μm)	真円度 U_u の 最大値 (μm)	近似円 M_b の 直径の平均値 (μm)	真円度 U_b の 最大値 (μm)	
実施例1	75.5	4.0	33.8	2.6	1.00014
比較例1	74.9	7.1	31.4	5.1	1.00250

なお、表1において、近似円 M_u および近似円 M_b の直径は、200個の貫通孔の平均値とした。また、真円度 U_u および真円度 U_b 、ならびに垂直度Pは、200個の貫通孔のうちの最大値として示した。

【0087】

表1に示すように、比較例1では、第1の開口の真円度 U_u の最大値は、7.1 μm であり、第2の開口の真円度 U_b の最大値は、5.1 μm であった。また、垂直度Pは、1.00250であった。

【0088】

これに対して実施例1では、第1の開口の真円度 U_u の最大値は、4.0 μm であり、第2の開口の真円度 U_b の最大値は、2.6 μm であった。また、垂直度Pは、1.00014であった。

【0089】

このように、実施例1では、形成された貫通孔が、前述の(i)および(ii)を満たすことがわかった。

【符号の説明】

【0090】

1 ガラス基板

2 第1の表面

- 4 第 2 の表面
- 2 2 貫通孔
- 3 0 第 1 の開口
- 3 5 第 2 の開口
- 1 0 0 第 1 のガラス基板
- 1 0 2 第 1 の表面
- 1 0 4 第 2 の表面
- 1 2 2 貫通孔
- 1 3 0 第 1 の開口
- 1 3 5 第 2 の開口
- 1 4 0 側壁
- 5 0 0 装置
- 5 1 0 レーザ源
- 5 1 2 レーザ
- 5 2 0 波長板
- 5 2 2 レーザ
- 5 3 0 レンズ系
- 5 3 2 レーザ
- 5 4 0 ステージ
- 5 5 0 ブLOWER
- 5 8 0 被加工体
- A 1 第 1 の中心軸
- A 2 第 2 の中心軸
- T 1 外接円
- T 2 内接円
- M u 近似円

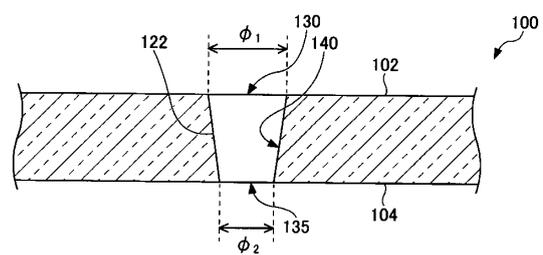
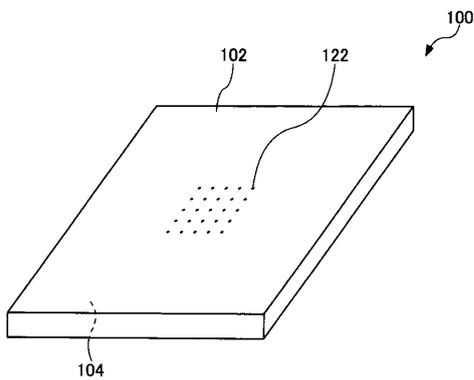
10

20

【 図 面 】

【 図 1 】

【 図 2 】

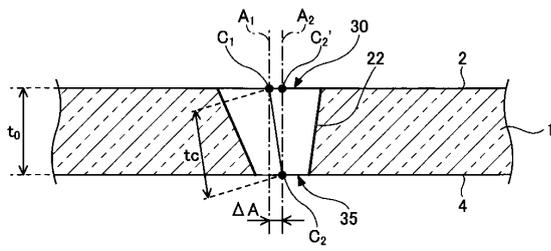


30

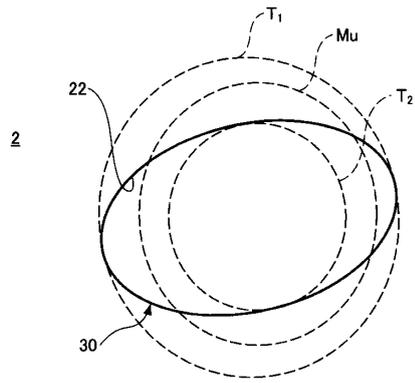
40

50

【 図 3 】

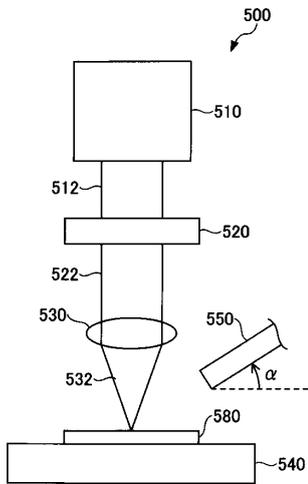


【 図 4 】



10

【 図 5 】



20

30

40

50

フロントページの続き

A G C 株式会社内

(72)発明者 堀内 浩平

東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 A G C 株式会社内

審査官 正山 旭

- (56)参考文献 特開2015-193036(JP,A)
特開2016-113358(JP,A)
米国特許出願公開第2019/0118281(US,A1)
特開2000-246475(JP,A)
特表2016-508069(JP,A)
特開2015-054348(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0076113(US,A1)
特開2017-061401(JP,A)
米国特許出願公開第2017/0088457(US,A1)
特開2017-059669(JP,A)
特開2011-228511(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 23/15
H05K 1/02
C03B 33/02