

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称： ガラス板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、貫通孔を有するガラス板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、タイリングディスプレイ（マイクロLED等）、ベゼルレスディスプレイ、ガラスインタポーザなどの基板として、配線（貫通電極等）用の微細な貫通孔を有するガラス板が利用されている。

[0003] この種の貫通孔を有するガラス板の製造方法としては、例えば、ガラス板における貫通孔の形成予定位置をレーザ光の照射により改質して改質部を形成する改質工程と、改質部を含む形成予定部をエッチングして貫通孔を形成するエッチング工程とを備える（例えば、特許文献1，2を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2018-199605号公報

特許文献2：特開2020-66551号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述の製造方法では、改質工程において形成された改質部は、改質されていない部分よりもエッチングレートが大きいため、エッチング工程において選択的に除去される。したがって、改質部をガラス板の板厚方向に沿って第一主面から第二主面まで形成することで、エッチングにより貫通孔を形成することができる。

[0006] このように貫通孔を形成した場合、ガラス板の主面に近い部分ほど、長時間エッチング液と接するためにエッチングされやすく、貫通孔の孔径は、主面に近い部分が板厚方向の中央部よりも大きくなり、貫通孔の内壁面はテーパ状となる。このようにガラス板の主面の孔径が大きくなると、ガラス板の

主面に高精細なパターンが形成できないなどの不具合が生じ得る。

[0007] 板厚方向と直交する方向に対する貫通孔の内壁面の傾斜角度（板厚方向と直交する方向と貫通孔の内壁面がなす角度、以下では単に「内壁面の傾斜角度」という）は、エッチング条件によって変化する。

[0008] 本発明は、貫通孔の内壁面の傾斜角度を大きくすることを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] (1) 上記の課題を解決するために創案された本発明は、第一主面と、第二主面と、第一主面と第二主面との間を貫通する貫通孔とを有するガラス板の製造方法であって、貫通孔の形成予定部をレーザ光の照射により改質する改質工程と、改質工程の後に、ガラス板をエッチング液に浸漬してエッチングすることにより、形成予定部に貫通孔を形成するエッチング工程とを備え、エッチング工程は、形成予定部が貫通していないガラス板をエッチングする第一エッチング工程と、第一エッチング工程の後に行われ、形成予定部が貫通したガラス板をエッチングする第二エッチング工程とを備え、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で速くすることを特徴とする。

[0010] 本発明者等は、鋭意研究の結果、最終的に形成される貫通孔の内壁面の傾斜角度は、(a) 形成予定部が貫通した時の形成予定部の内壁面の傾斜角度の大きさ、(b) 形成予定部が貫通した後の形成予定部の内壁面の傾斜角度の変化速度により決定されることを知見するに至った。つまり、最終的に形成される貫通孔の傾斜角度を大きくするためには、(a') 形成予定部が貫通した時の形成予定部の内壁面の傾斜角度を大きくする（90°に近づける）こと、(b') 形成予定部が貫通した後の形成予定部の内壁面の傾斜角度の変化速度を正方向に変化させることが重要となる。

[0011] レーザ照射により改質された形成予定部は、エッチングされやすい状態にある。しかしながら、形成予定部が貫通していない状態、つまり、形成予定部が底付きの凹部である状態では、形成予定部の内部をエッチング液が板厚方向に往来できない。そのため、この状態でガラス板に対するエッチング液

の平均相対速度を速くしても、ガラス板の主面におけるエッチング液の交換効率に比べて、形成予定部の凹部内におけるエッチング液の交換効率は上がらない。換言すると、エッチング液の平均相対速度を速くしても、エッチング液の入れ替わりに要する時間は、ガラス板の主面に比べて、形成予定部の凹部内では短くならない。その結果、ガラス板の主面近傍のエッチングのみが促進され、主面の孔径が優先的に拡大してしまう。これにより、貫通時の形成予定部の内壁面の傾斜角度が小さくなる。一方、形成予定部が貫通した状態では、形成予定部の内部をエッチング液が板厚方向に往来できる。そのため、この状態でガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を速くすると、ガラス板の主面におけるエッチング液の交換効率と同様に、形成予定部の内部におけるエッチング液の交換効率も上がる。その結果、貫通後の形成予定部の内壁面の傾斜角度の変化速度を正方向に変化させることができる。したがって、上記の構成のように、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で速くすれば、形成予定部が貫通した時の形成予定部の内壁面の傾斜角度を大きくすること、形成予定部が貫通した後の形成予定部の内壁面の傾斜角度の変化速度を正方向に変化させることができる。これにより、貫通孔の内壁面の傾斜角度を大きくすることができる。

[0012] (2) 上記の(1)の構成において、第二エッチング工程が、形成予定部が貫通した時に開始されることが好ましい。

[0013] このようにすれば、形成予定部が貫通した時から、形成予定部内のエッチングの進行速度を上げることができる。したがって、形成予定部が貫通した後の形成予定部の内壁面の傾斜角度の変化速度をより正方向に変化させることができる。これにより、貫通孔の内壁面の傾斜角度を大きくすることができる。

[0014] (3) 上記の(1)又は(2)の構成において、エッチング工程では、エッチング液を攪拌し、エッチング液の平均攪拌速度を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で速くしてもよい。

- [0015] このようにすれば、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で速くできる。
- [0016] (4) 上記の(1)～(3)の構成において、エッチング工程では、エッチング液中でガラス板を移動させ、ガラス板の平均移動速度を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で速くしてもよい。
- [0017] このようにすれば、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で速くできる。
- [0018] (5) 上記の課題を解決するために創案された本発明は、第一主面と、第二主面と、第一主面と第二主面との間を貫通する貫通孔とを有するガラス板の製造方法であって、貫通孔の形成予定部をレーザ光の照射により改質する改質工程と、改質工程の後に、第一主面および第二主面のそれぞれにエッチング液を噴射してエッチングすることにより、形成予定部に貫通孔を形成するエッチング工程とを備え、エッチング工程は、形成予定部が貫通していないガラス板をエッチングする第一エッチング工程と、第一エッチング工程の後に行われ、形成予定部が貫通したガラス板をエッチングする第二エッチング工程とを備え、ガラス板に対するエッチング液の平均噴射圧力を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で高くすることを特徴とする。
- [0019] このようにすれば、既に述べた同様の理由により、ガラス板に対するエッチング液の噴射による平均噴射圧力を、第一エッチング工程よりも第二エッチング工程で多くすれば、形成予定部が貫通した時の形成予定部の内壁面の傾斜角度を大きくすること、形成予定部が貫通した後の形成予定部の内壁面の傾斜角度の変化速度を正方向に変化させることができる。これにより、貫通孔の内壁面の傾斜角度を大きくすることができる。
- [0020] (6) 上記(5)の構成において、第二エッチング工程が、形成予定部が貫通した時に開始されることが好ましい。
- [0021] このようにすれば、貫通孔の内壁面の傾斜角度をより確実に大きくすることができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、貫通孔の内壁面の傾斜角度を大きくすることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]第一実施形態に係るガラス板の製造方法を示すフロー図である。

[図2]第一実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる改質工程を示す断面図である。

[図3]第一実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第一エッチング工程を示す断面図である。

[図4]第一実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第二エッチング工程を示す断面図である。

[図5]第一実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第一エッチング工程におけるガラス板の断面図である。

[図6]第一実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第二エッチング工程におけるガラス板の断面図であって、ガラス板の形成予定部の貫通時の状態を示す。

[図7]第一実施形態に係るガラス板の製造方法により製造された貫通孔を有するガラス板の断面図である。

[図8]第二実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第一エッチング工程及び第二エッチング工程を示す断面図である。

[図9]第三実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第一エッチング工程を示す側面図である。

[図10]第三実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第二エッチング工程を示す側面図である。

[図11]第四実施形態に係るガラス板の製造方法に含まれる第一エッチング工程及び第二エッチング工程を示す側面図である。

[図12]形成予定部の貫通前における、形成予定部のテーパ角度とエッチング時間との関係を示すグラフである。

[図13]形成予定部の貫通前における、主面のエッチングレートと攪拌速度との関係を示すグラフである。

[図14]形成予定部の貫通前における、形成予定部のエッチングレートと攪拌速度との関係を示すグラフである。

[図15]形成予定部の貫通時における、形成予定部のテーパ角度と攪拌速度との関係を示すグラフである。

[図16]形成予定部の貫通後における、形成予定部のテーパ角度の変化速度と攪拌速度との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しながら説明する。なお、各実施形態において対応する構成要素には同一符号を付すことにより、重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部分のみを説明している場合、当該構成の他の部分については、先行して説明した他の実施形態の構成を適用することができる。各実施形態の説明において明示している構成の組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても複数の実施形態の構成同士を部分的に組み合わせることができる。

[0025] (第一実施形態)

図1に示すように、第一実施形態に係るガラス板の製造方法は、改質工程S1と、第一エッチング工程S2a及び第二エッチング工程S2bを含むエッチング工程S2とをこの順に備える。

[0026] 図2に示すように、改質工程S1は、レーザ装置1から照射されるレーザ光Lにより、ガラス板2における貫通孔の形成予定部3を改質する工程である。改質された形成予定部3は、板厚方向に延びる改質部4を含む。改質部4は、エッチングされやすい性質を有し、非改質部よりもエッチングレートが大きい。改質部4は、板厚方向で連続的に形成されていることが好ましいが、板厚方向で断続的に形成されていてもよい。ガラス板2に貫通孔を複数形成する場合、改質部4を含む形成予定部3も複数形成される。

[0027] レーザ光Lは、ガラス板2の貫通孔の形成予定部3に改質部4を形成できる限り、その種類及び照射条件は特に限定されない。本実施形態では、レー

ザ光 L は、短パルスレーザ光（ピコ秒レーザ光、ナノ秒レーザ光、フェムト秒レーザ光）である。改質部4の径 W は、レーザ光 L のスポット径などによって調整できる。

[0028] 図3及び図4に示すように、エッチング工程 $S2$ は、ガラス板2をエッチングすることにより、改質部4を含む形成予定部3に、ガラス板2の第一主面2aと第二主面2bとの間を板厚方向に貫通する貫通孔を形成する工程である。エッチング工程 $S2$ では、エッチング容器5に貯留されているエッチング液6にガラス板2を浸漬し、ガラス板2の第一主面2a及び第二主面2bの両側からエッチングを同時に進行させる。

[0029] 詳細には、エッチング工程 $S2$ は、形成予定部3が貫通していないガラス板2をエッチングする第一エッチング工程 $S2a$ （図3を参照）と、第一エッチング工程 $S2a$ の後に行われ、形成予定部3が貫通したガラス板2をエッチングする第二エッチング工程 $S2b$ （図4を参照）とを備える。第一エッチング工程 $S2a$ 及び第二エッチング工程 $S2b$ では、エッチング液6が貯留された同一のエッチング容器5が使用される。なお、第一エッチング工程 $S2a$ で使用するエッチング容器は、第二エッチング工程 $S2b$ で使用するエッチング容器と異なってもよい。

[0030] 第二エッチング工程 $S2b$ におけるガラス板2に対するエッチング液6の平均相対速度（以下、第二平均相対速度という） $V2$ は、第一エッチング工程 $S2a$ におけるガラス板2に対するエッチング液6の平均相対速度（以下、第一平均相対速度という） $V1$ よりも速い。

[0031] 第二平均相対速度 $V2$ を第一平均相対速度 $V1$ よりも速くする方法としては、例えば、エッチング液6を攪拌する方法、ガラス板2をエッチング液6中で移動させる方法などが挙げられる。なお、第二平均相対速度 $V2$ を第一平均相対速度 $V1$ よりも速くするために、エッチング液6を攪拌する方法と、ガラス板2をエッチング液6中で移動させる方法とを併用してもよい。

[0032] エッチング液6を攪拌する方法としては、例えば、ルーバーを揺動させる方法、超音波によりエッチング液6を振動させる方法などが挙げられるが、

本実施形態では、攪拌部材（スクリー回転を含む）7を回転させる方法が採用される。図示例では、攪拌部材7は、ガラス板2の側方に配置されているが、攪拌部材7の配置位置は特に限定されない。攪拌部材7は、ガラス板2の下方に配置してもよいし、ガラス板の上方に配置してもよい。エッチング液6を攪拌する場合、第二平均相対速度 V_2 を第一平均相対速度 V_1 よりも速くするために、第二エッチング工程S2bにおけるエッチング液6の平均攪拌速度（第二平均攪拌速度という）を、第一エッチング工程S2aにおけるエッチング液6の平均攪拌速度（第一平均攪拌速度という）よりも速くすることが好ましい。ここで、平均攪拌速度とは、攪拌部材7を用いる場合には、攪拌部材7の平均回転速度を意味する。なお、攪拌部材7の配置位置は特に限定されない。

[0033] ガラス板2をエッチング液6中で移動させる方法としては、例えば、エッチング液6中でガラス板2を揺動させる方法、エッチング液6中でガラス板2を回転させる方法などが挙げられる。ガラス板2をエッチング液6中で移動させる場合、第二平均相対速度 V_2 を第一平均相対速度 V_1 よりも速くするために、第二エッチング工程S2bにおけるガラス板2の平均移動速度（第二平均移動速度という）を、第一エッチング工程S2aにおけるガラス板2の平均移動速度（第一平均移動速度という）よりも速くすることが好ましい。

[0034] 第二エッチング工程S2bは、形成予定部3が板厚方向に貫通した時に開始される。つまり、形成予定部3が板厚方向に貫通した時点で、ガラス板2に対するエッチング液6の平均相対速度が、第一平均相対速度 V_1 から第二平均相対速度 V_2 に切り替えられる。

[0035] 本実施形態では、予め同じエッチング条件で形成予定部3が貫通するエッチング時間を測定しておき、この測定した時間が経過したときに形成予定部3が貫通したとみなし、第二エッチング工程S2bを開始する。なお、カメラ等を用いて形成予定部3が貫通した時をリアルタイムで観測し、形成予定部3の貫通が観測された時点で、第二エッチング工程S2bを開始するよう

にしてもよい。

[0036] 第二エッチング工程 S 2 b の第二平均相対速度 V_2 を、第一エッチング工程 S 2 a の第一平均相対速度 V_1 よりも速くする理由は、次の通りである。
なお、図 5 ～ 図 7 において、符号 2 a o, 2 b o はエッチング前の主面 2 a, 2 b の位置を示している。

[0037] 図 5 に示すように、第一エッチング工程 S 2 a では、改質部 4 を含む形成予定部 3 はエッチングにより徐々に除去される。ただし、第一エッチング工程 S 2 a では、形成予定部 3 は貫通しておらず、底付きの凹部 8 をなす。この状態では、形成予定部 3 の内部をエッチング液 6 が板厚方向に往来できない。そのため、第一平均相対速度 V_1 を速くしても、形成予定部 3 の凹部 8 内におけるエッチング液 6 の交換効率は上がらない。このようにエッチング液 6 の交換効率が悪いと、形成予定部 3 の凹部 8 内のエッチング液 6 が反応生成物（スラッジ）により徐々に汚染される。そのため、形成予定部 3 のエッチングレートを R_1 、主面 2 a, 2 b のエッチングレートを R_2 とした場合に、 R_1 / R_2 の比が低下する。その結果、ガラス板 2 の主面 2 a, 2 b 近傍のエッチングのみが促進され、貫通時の形成予定部 3 の内壁面 3 a の傾斜角度（テーパ角度ともいう） θ_1 （図 6 を参照）が小さくなってしまう。

[0038] 一方、図 6 に示すように、第二エッチング工程 S 2 b では、形成予定部 3 は貫通した状態である。この状態では、形成予定部 3 の内部をエッチング液 6 が板厚方向に自由に往来できる。そのため、第二平均相対速度 V_2 を速くすると、ガラス板 2 の主面 2 a, 2 b におけるエッチング液 6 の交換効率と同様に、形成予定部 3 の内部におけるエッチング液 6 の交換効率も上がる。その結果、ガラス板 2 の主面 2 a, 2 b 近傍のエッチングと同様に、形成予定部 3 のエッチングも促進される。これにより、貫通後の形成予定部 3 の内壁面 3 a の傾斜角度 θ_1 の変化を小さくしつつ、所望の孔径にするまでのエッチング時間を短くできる。

[0039] このような理由から、第二エッチング工程 S 2 b における第二平均相対速度 V_2 を第一エッチング工程 S 2 a における第一平均相対速度 V_1 よりも速

くしている。そして、このようにすれば、（１）形成予定部３が貫通した時の形成予定部３の内壁面３aの傾斜角度 $\theta 1$ を大きくすること、（２）形成予定部３が貫通した後の形成予定部３の内壁面３aの傾斜角度 $\theta 1$ の変化速度を正方向に変化させることができる。これにより、図７に示すように、ガラス板２に最終的に形成される貫通孔９の内壁面９aの傾斜角度（テーパ角度ともいう） $\theta 2$ を大きくできる。

[0040] 貫通孔９の板厚方向の中心部における孔径が最小孔径 $D 1$ となり、貫通孔９の主面２a，２bにおける孔径が最大孔径 $D 2$ となる。

[0041] （第二実施形態）

図８に示すように、第二実施形態に係るガラス板の製造方法が、第一実施形態に係るガラス板の製造方法と相違するところは、エッチング工程Ｓ２において、エッチング液６に浸漬させたガラス板２を搬送する点である。

[0042] 本実施形態では、ガラス板２の搬送方向に長尺なエッチング容器１０にエッチング液６が貯留されている。ガラス板２は、エッチング液６に浸漬された状態で、ローラ等の搬送装置１１によって搬送される。ガラス板２の搬送経路では、形成予定部３が貫通する位置よりも搬送方向の上流側の第一エリア１２において第一エッチング工程Ｓ２aが行われ、形成予定部３が貫通する位置及びその搬送方向の下流側を含む第二エリア１３において第二エッチング工程Ｓ２bが行われる。つまり、ガラス板２に対するエッチング液６の平均相対速度は、第一エリア１２では相対的に小さい第一平均相対速度 $V 1$ とされ、第二エリア１３では相対的に大きい第二平均相対速度 $V 2$ とされる。

[0043] この場合、第二エリア１３における攪拌部材７bの平均攪拌速度を、第一エリア１２における攪拌部材７aの平均攪拌速度よりも速くしてもよい。また、第二エリア１３における搬送装置１１によるガラス板２の平均移動速度を、第一エリア１２における搬送装置１１によるガラス板２の平均移動速度よりも速くしてもよい。なお、各エリア１２，１３におけるガラス板２に対するエッチング液６の平均相対速度の調整方法としては、第一実施形態で説

明したその他の方法も同様に適用できる。

[0044] 本実施形態では、第一エリア 1 2 と第二エリア 1 3 との間には、両エリアの間でのエッチング液 6 の往来を抑制する仕切り壁 1 4 を設けている。このようにすれば、各エリア 1 2, 1 3 が仕切り壁 1 4 によって区画されるため、ガラス板 2 に対するエッチング液 6 の平均相対速度を各エリア 1 2, 1 3 で個別に調整しやすくなる。なお、仕切り壁 1 4 は省略してもよい。

[0045] (第三実施形態)

図 9 及び図 1 0 に示すように、第三実施形態に係るガラス板の製造方法が、第一及び第二実施形態に係るガラス板の製造方法と相違するところは、エッチング工程 S 2 において、ガラス板 2 をエッチング液 6 に浸漬する代わりに、ガラス板 2 の第一主面 2 a 及び第二主面 2 b に対してエッチング液 6 を噴射する点である。

[0046] 本実施形態では、エッチング工程 S 2 は、形成予定部 3 が貫通していないガラス板 2 の第一主面 2 a 及び第二主面 2 b にエッチング液 6 をノズル 1 5 から噴射してエッチングする第一エッチング工程 S 2 a (図 9 参照) と、第一エッチング工程 S 2 a の後に行われ、形成予定部 3 が貫通したガラス板 2 の第一主面 2 a 及び第二主面 2 b にエッチング液 6 をノズル 1 5 から噴射してエッチングする第二エッチング工程 S 2 b (図 1 0 参照) とを備える。

[0047] 第二エッチング工程 S 2 b におけるガラス板 2 に対するエッチング液 6 の平均噴射圧力 (以下、第二平均噴射圧力という) Q_2 は、第一エッチング工程 S 2 a におけるガラス板 2 に対するエッチング液 6 の平均噴射圧力 (以下、第一平均噴射圧力という) Q_1 よりも高い。

[0048] 第二エッチング工程 S 2 b は、形成予定部 3 が板厚方向に貫通した時に開始される。つまり、形成予定部 3 が板厚方向に貫通した時に、ガラス板 2 に対するエッチング液 6 の平均噴射圧力が、第一平均噴射圧力 Q_1 から第二平均噴射圧力 Q_2 に切り替えられる。

[0049] (第四実施形態)

図 1 1 に示すように、第四実施形態に係るガラス板の製造方法が、第三実

施形態に係るガラス板の製造方法と相違するところは、エッチング工程 S 2 において、搬送されるガラス板 2 に対してエッチング液 6 を噴射する点である。

[0050] 本実施形態では、ガラス板 2 は、搬送装置 1 6 によって搬送方向の下流側に向かって搬送される。ガラス板 2 の搬送経路上では、ガラス板 2 の第一主面 2 a 及び第二主面 2 b のそれぞれにノズル 1 5 a, 1 5 b からエッチング液 6 が噴射される。ガラス板 2 の搬送経路では、形成予定部 3 が貫通する位置よりも上流側の第一エリア 1 7 において第一エッチング工程 S 2 a が行われ、形成予定部 3 が貫通する位置及びその下流側を含む第二エリア 1 8 において第二エッチング工程 S 2 b が行われる。つまり、ガラス板 2 に対するエッチング液 6 の平均噴射圧力は、第一エリア 1 7 では相対的に低い第一平均噴射圧力 Q 1 とされ、第二エリア 1 8 では相対的に高い第二平均噴射圧力 Q 2 とされる。

[0051] この場合、第二エリア 1 8 のノズル 1 5 b から単位時間当たりに噴射されるエッチング液 6 の量を、第一エリア 1 7 のノズル 1 5 a から単位時間当たりに噴射されるエッチング液 6 の量よりも多くしてもよい。また、第二エリア 1 8 におけるノズル 1 5 b の数量を、第一エリア 1 7 におけるノズル 1 5 a の数量よりも相対的に増やしてもよい。

[0052] なお、本発明は、上記実施形態の構成に限定されるものではなく、上記した作用効果に限定されるものでもない。本発明は、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

[0053] 第二エッチング工程 S 2 b は、形成予定部 3 の貫通時よりも前（例えば貫通時の数分前）から開始してもよい。あるいは、第二エッチング工程 S 2 b は、形成予定部 3 の貫通時よりも後（例えば貫通時の数分後）から開始してもよい。つまり、第二エッチング工程 S 2 b は、形成予定部 3 が貫通したガラス板 2 をエッチングする工程を含んでいれば、その開始タイミングは特に限定されない。ただし、最終的に形成される貫通孔 9 の内壁面 9 a の傾斜角度 $\theta 2$ を可及的に大きくする観点からは、第二エッチング工程 S 2 b は、形

成予定部 3 が貫通した時に開始されることが好ましい。

- [0054] エッチング工程 S 2 では、ガラス板 2 を 1 枚ずつエッチングしてもよいし、複数枚のガラス板 2 を同時にエッチングしてもよい。また、エッチング工程 S 2 において、ガラス板 2 を搬送しながらエッチングする場合、ガラス板 2 の搬送経路は直線状に限らず、円環状などの曲線状であってもよい。

実施例

- [0055] 以下、本発明を実施例に基づいて詳細に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されない。

- [0056] まず、ガラス板に最終的に形成される貫通孔の内壁面の傾斜角度（テーパ角度）が、エッチング時間によってどのように変化するかを測定した。その結果を図 1 2 に示す。

- [0057] 図中の符号 P で示す点は、形成予定部が貫通した時の形成予定部のテーパ角度である。この形成予定部の貫通時のテーパ角度は、最終的に貫通孔が形成されるまでに、テーパ角度の変化速度（図例では、 $-0.07^{\circ}/\text{分}$ ）及びエッチング時間に応じて変化している。つまり、貫通孔のテーパ角度は、（1）形成予定部が貫通した時の形成予定部のテーパ角度、（2）形成予定部が貫通した後の形成予定部のテーパ角度の変化速度、及び、（3）エッチング時間により決定される。

- [0058] 次に、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度が、ガラス板に形成される貫通孔のテーパ角度にどのように影響するかを評価した。その結果を図 1 3 ～図 1 6 に示す。ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度の調整は、ウォーターバススターラを用いてエッチング液を攪拌することによって行った。ウォーターバススターラは、磁力を利用して攪拌子を回転させ、エッチング液などの液体を攪拌する装置である。

- [0059] 図 1 3 に示すように、形成予定部が貫通する前の状態では、ガラス板の主面のエッチングレートは、エッチング液の攪拌速度が速くなるに連れて上昇する。これに対し、図 1 4 に示すように、形成予定部が貫通する前の状態では、形成予定部のエッチングレートは、エッチング液の攪拌速度が速くなっ

てもほぼ変化しない。また、図15に示すように、形成予定部が貫通した時の形成予定部のテーパ角度は、エッチング液の攪拌速度を速くすると小さくなる。これらの結果から、形成予定部が貫通する前に、エッチング液の攪拌速度を大きくすると、ガラス板の主面近傍のエッチングのみが促進され、形成予定部が貫通した時の形成予定部のテーパ角度が小さくなることが分かる。したがって、形成予定部が貫通する前は、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を遅くすることが好ましいと言える。

[0060] 図16に示すように、形成予定部が貫通した後の形成予定部のテーパ角度の変化速度は、エッチング液の攪拌速度が速くなるに連れて正方向に変化する。この結果から、形成予定部が貫通した後にエッチング液の攪拌速度を大きくすると、形成予定部が貫通した時の形成予定部のテーパ角度からの角度変化を正方向に変化させることができることが分かる。したがって、形成予定部が貫通した後は、ガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を速くすることが好ましいと言える。

[0061] 以上より、形成予定部が貫通する前はガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を遅くし、形成予定部が貫通した後はガラス板に対するエッチング液の平均相対速度を速くすれば、最終的に形成される貫通孔のテーパ角度を大きくできることが分かる。

符号の説明

- [0062]
- | | |
|-----|---------|
| 1 | レーザー装置 |
| 2 | ガラス板 |
| 2 a | 第一主面 |
| 2 b | 第二主面 |
| 3 | 形成予定部 |
| 3 a | 内壁面 |
| 4 | 改質部 |
| 5 | エッチング容器 |
| 6 | エッチング液 |

- 7 攪拌部材
- 8 凹部
- 9 貫通孔
- 10 エッチング容器
- 11 搬送装置
- 12 第一エリア
- 13 第二エリア
- 14 仕切り壁
- 15 ノズル
- 16 搬送装置
- 17 第一エリア
- 18 第二エリア
- L レーザ光
- S1 改質工程
- S2 エッチング工程
- S2 a 第一エッチング工程
- S2 b 第二エッチング工程
- $\theta 1$ 形成予定部の内壁面の傾斜角度（テーパ角度）
- $\theta 2$ 貫通孔の内壁面の傾斜角度（テーパ角度）

請求の範囲

- [請求項1] 第一主面と、第二主面と、前記第一主面と前記第二主面との間を貫通する貫通孔とを有するガラス板の製造方法であって、
- 前記貫通孔の形成予定部をレーザ光の照射により改質する改質工程と、
- 前記改質工程の後に、前記ガラス板をエッチング液に浸漬してエッチングすることにより、前記形成予定部に前記貫通孔を形成するエッチング工程とを備え、
- 前記エッチング工程は、前記形成予定部が貫通していない前記ガラス板をエッチングする第一エッチング工程と、前記第一エッチング工程の後に行われ、前記形成予定部が貫通した前記ガラス板をエッチングする第二エッチング工程とを含み、
- 前記ガラス板に対する前記エッチング液の平均相対速度を、前記第一エッチング工程よりも前記第二エッチング工程で速くすることを特徴とするガラス板の製造方法。
- [請求項2] 前記第二エッチング工程が、前記形成予定部が貫通した時に開始される請求項1に記載のガラス板の製造方法。
- [請求項3] 前記エッチング工程では、前記エッチング液を攪拌し、
- 前記エッチング液の平均攪拌速度を、前記第一エッチング工程よりも前記第二エッチング工程で速くする請求項1又は2に記載のガラス板の製造方法。
- [請求項4] 前記エッチング工程では、前記エッチング液中で前記ガラス板を移動させ、
- 前記ガラス板の平均移動速度を、前記第一エッチング工程よりも前記第二エッチング工程で速くする請求項1～3のいずれか1項に記載のガラス板の製造方法。
- [請求項5] 第一主面と、第二主面と、前記第一主面と前記第二主面との間を貫通する貫通孔とを有するガラス板の製造方法であって、

前記貫通孔の形成予定部をレーザ光の照射により改質する改質工程と、

前記改質工程の後に、前記第一主面および前記第二主面のそれぞれにエッチング液を噴射してエッチングすることにより、前記形成予定部に前記貫通孔を形成するエッチング工程とを備え、

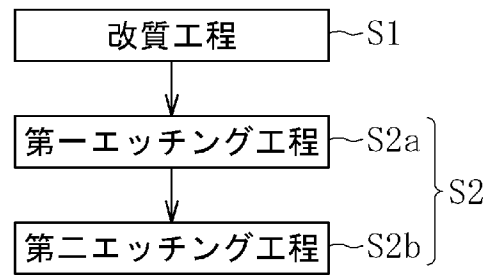
前記エッチング工程は、前記形成予定部が貫通していない前記ガラス板をエッチングする第一エッチング工程と、前記第一エッチング工程の後に行われ、前記形成予定部が貫通した前記ガラス板をエッチングする第二エッチング工程とを備え、

前記ガラス板に対する前記エッチング液の平均噴射圧力を、前記第一エッチング工程よりも前記第二エッチング工程で高くすることを特徴とするガラス板の製造方法。

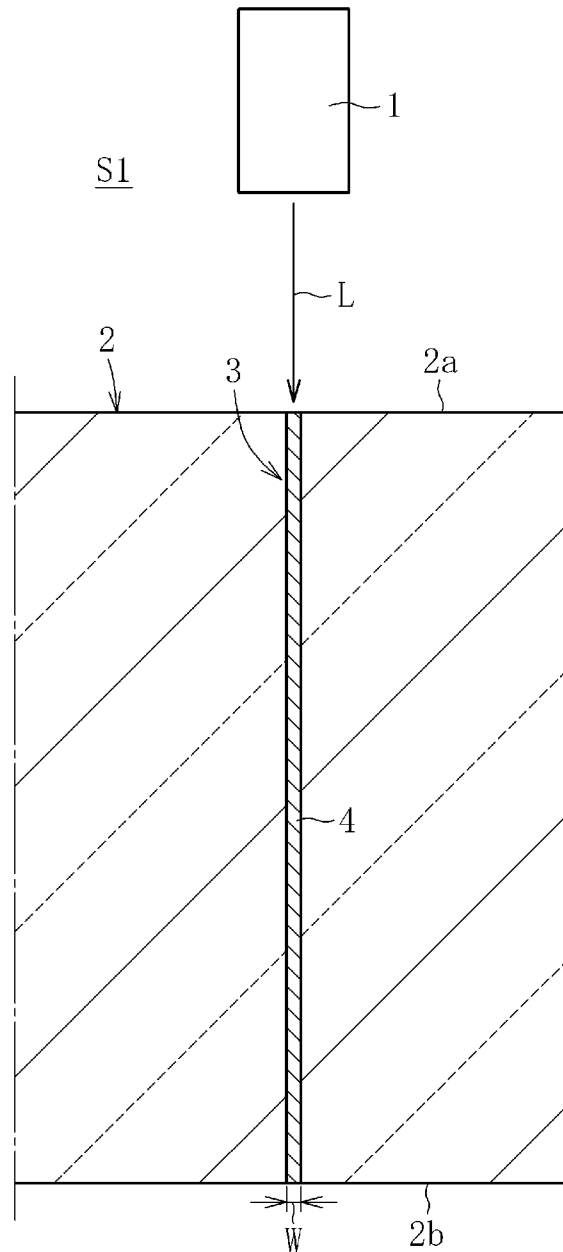
[請求項6]

前記第二エッチング工程が、前記形成予定部が貫通した時に開始される請求項5に記載のガラス板の製造方法。

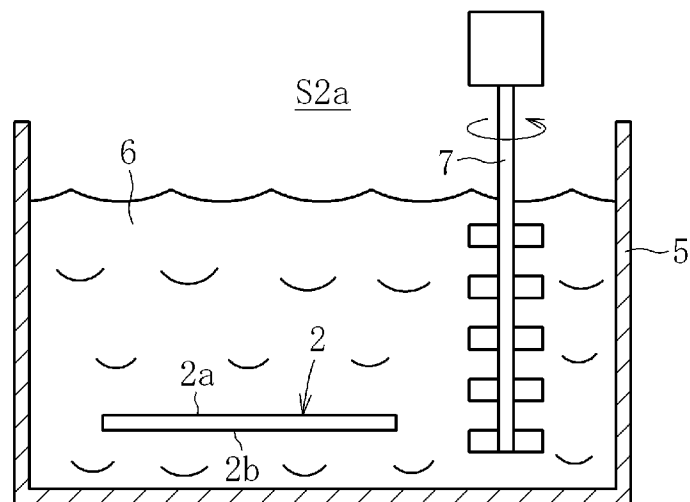
[図1]



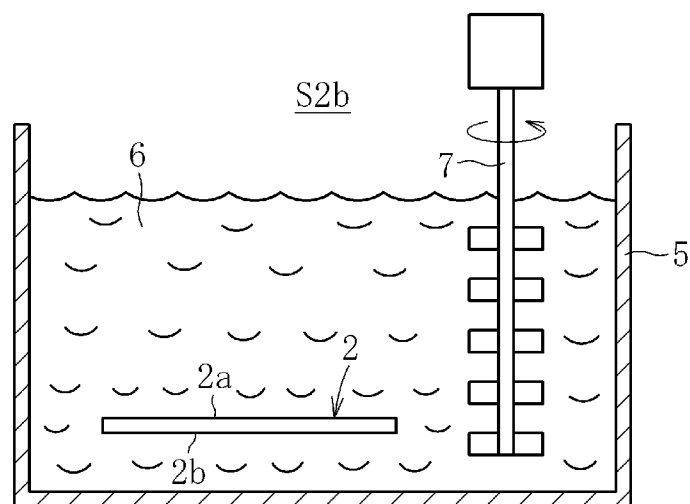
[図2]



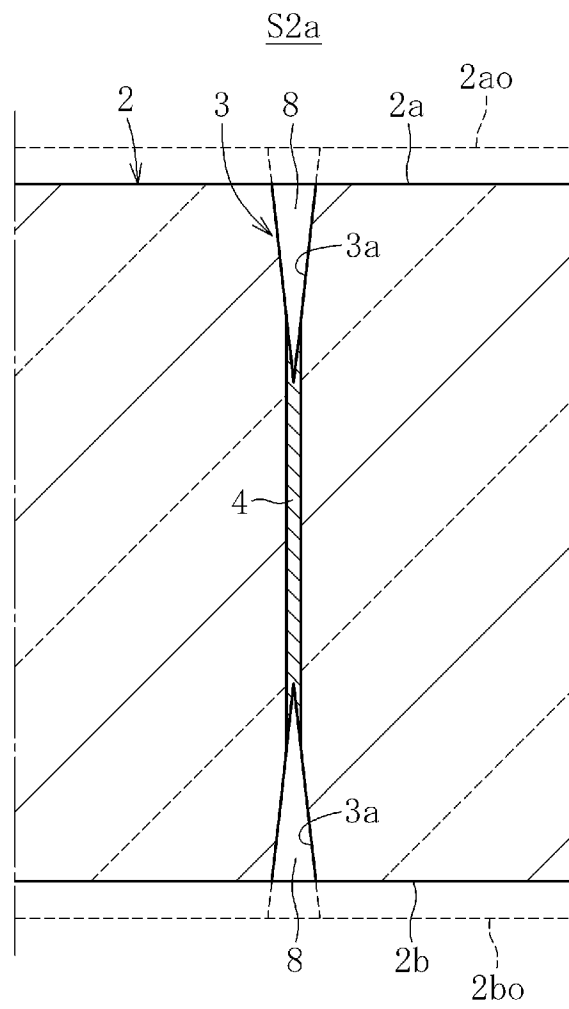
[図3]



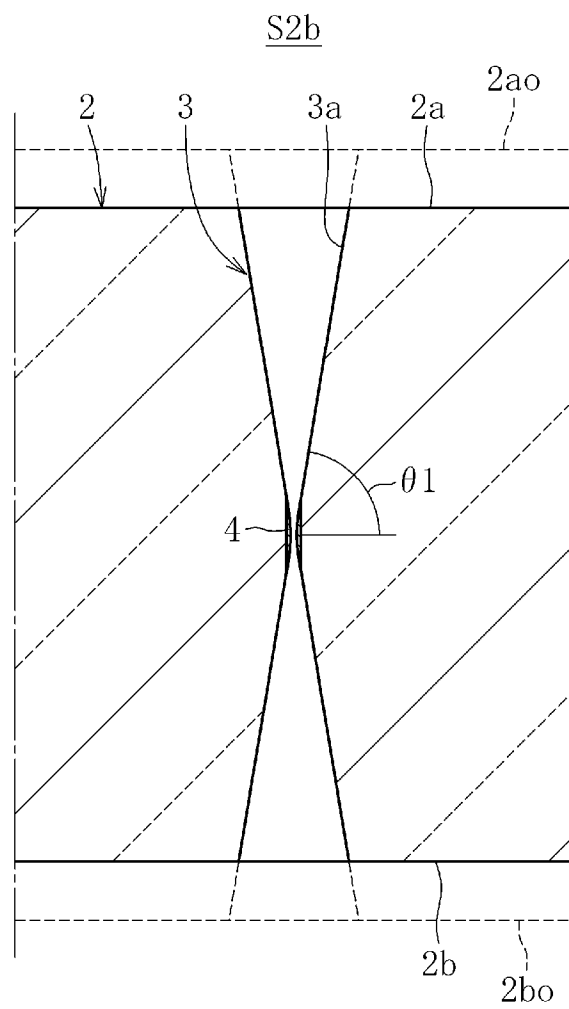
[図4]



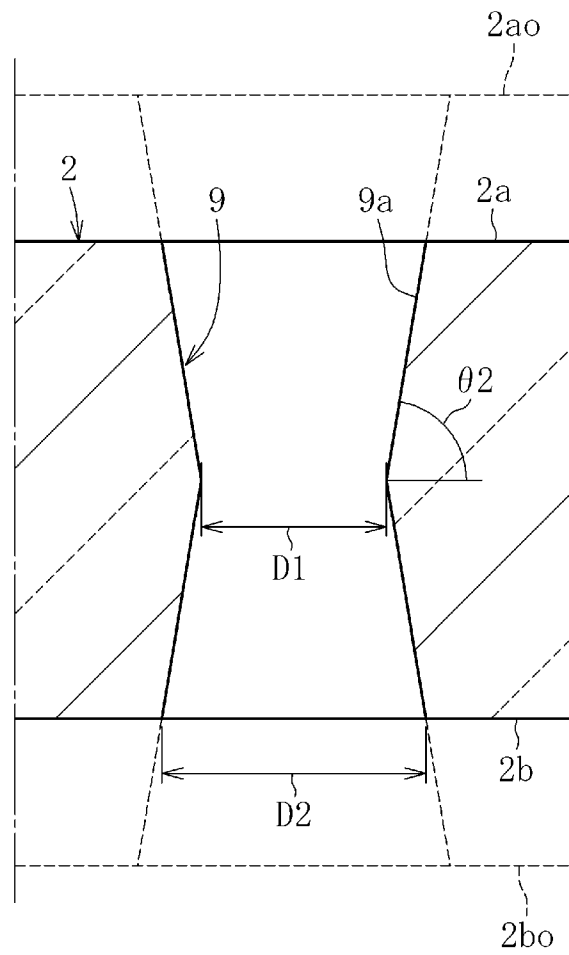
[図5]



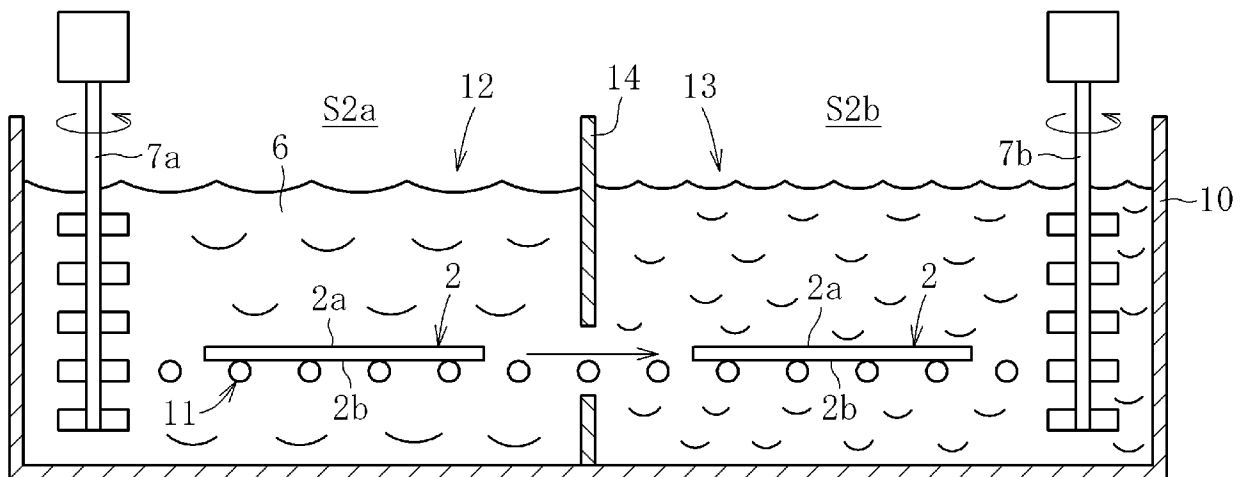
[図6]



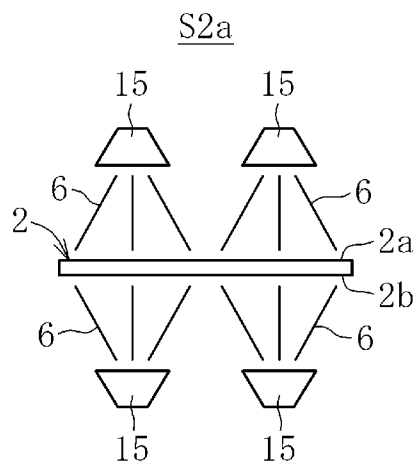
[図7]



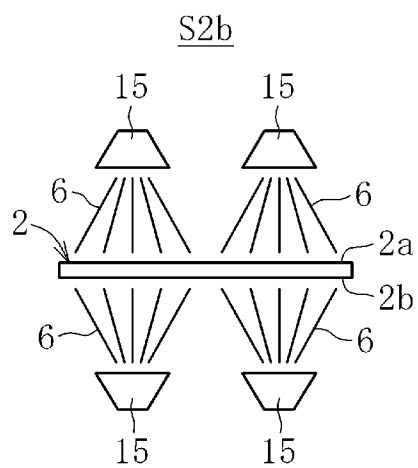
[図8]



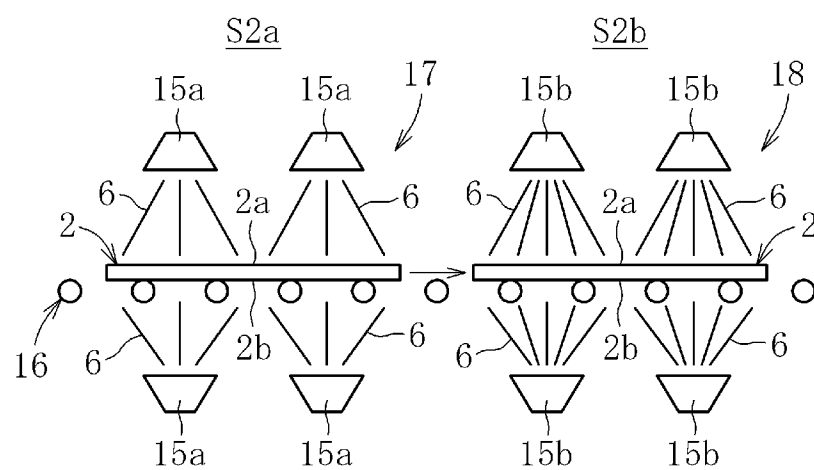
[図9]



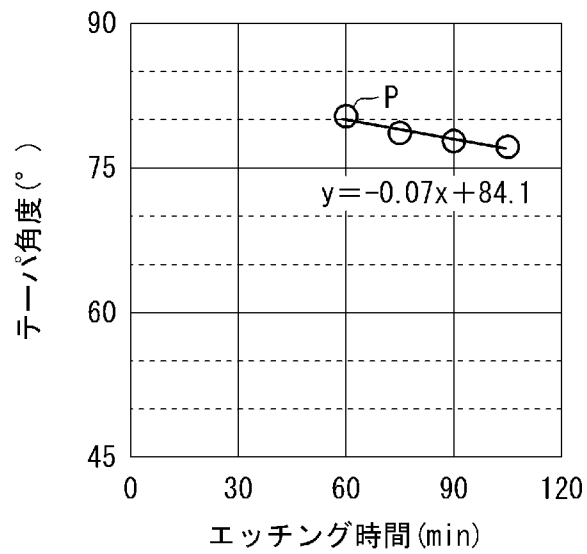
[図10]



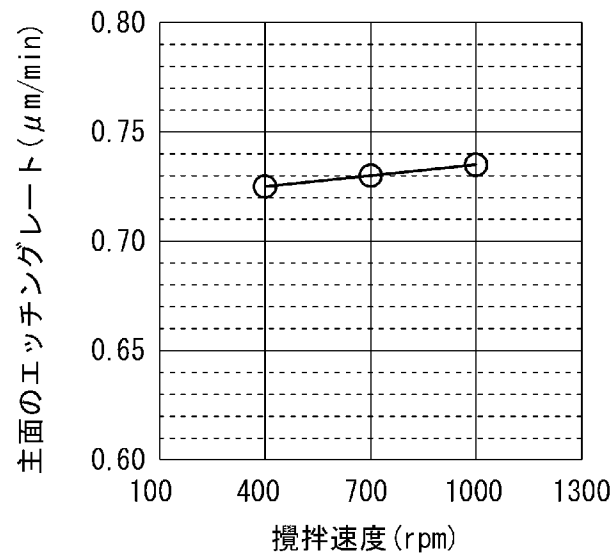
[図11]



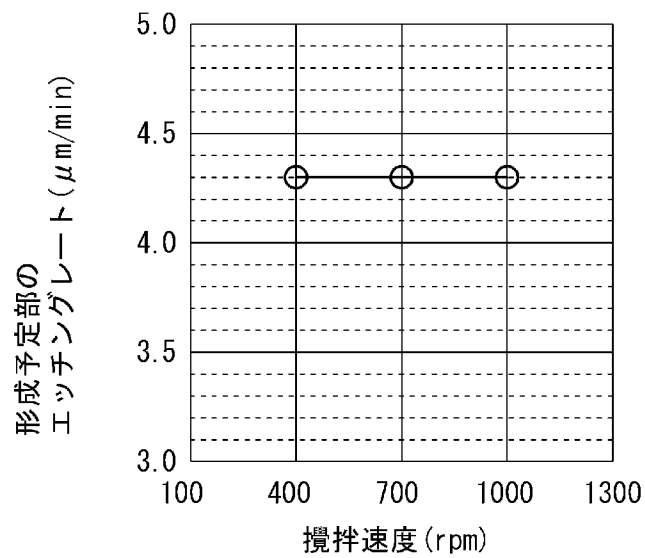
[図12]



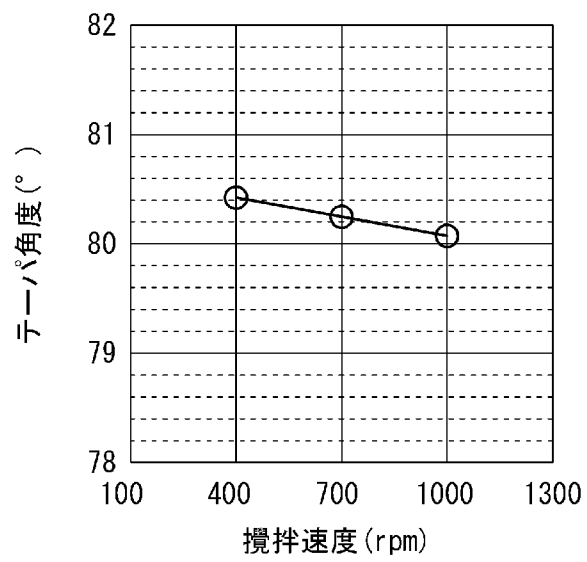
[図13]



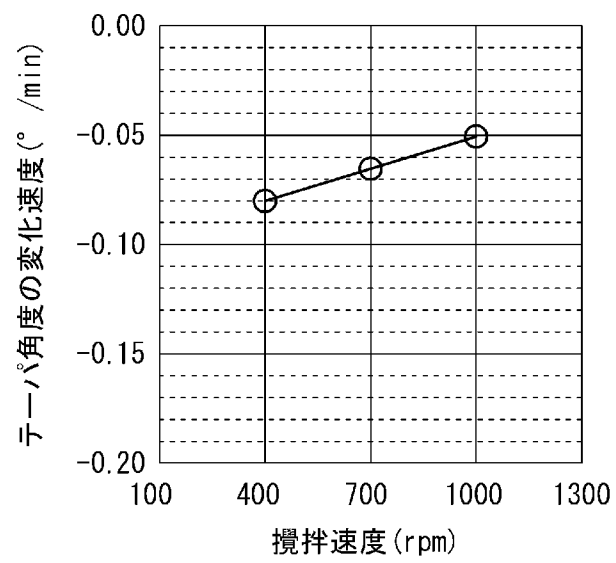
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/042814

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C03C 15/00**(2006.01)i; **B23K 26/53**(2014.01)i; **C03B 33/09**(2006.01)i

FI: C03C15/00 C; C03B33/09; B23K26/53

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)

C03C15/00; B23K26/53; B23K26/36; B23K26/38; C03B33/09

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
A	US 2020/0254557 A1 (CORNING INCORPORATED) 13 August 2020 (2020-08-13) claims 1, 5-6, 8, paragraphs [0081]-[0084], [0090], fig. 1A, 1B, 3, 6	1-6
A	JP 2011-037707 A (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) 24 February 2011 (2011-02-24) claim 1, paragraphs [0083]-[0087]	1-6
A	JP 2016-222529 A (NSC KABUSHIKI KAISHA) 28 December 2016 (2016-12-28) claims 2-4, fig. 1-3	1-6
A	JP 2020-517573 A (CORNING INCORPORATED) 18 June 2020 (2020-06-18) entire text, all drawings	1-6
A	JP 2018-199605 A (AGC INCORPORATED) 20 December 2018 (2018-12-20) entire text, all drawings	1-6
A	WO 2017/038075 A1 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) 09 March 2017 (2017-03-09) entire text, all drawings	1-6

☒ 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 application or patent 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

13 January 2023

Date of mailing of the international search report

24 January 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/042814**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-196665 A (CORNING INCORPORATED) 10 December 2020 (2020-12-10) entire text, all drawings	1-6
A	WO 2016/063460 A1 (NIPPON SHEET GLASS COMPANY, LIMITED) 28 April 2016 (2016-04-28) entire text, all drawings	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/042814

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2020/0254557	A1	13 August 2020	JP 2022-519724 A claims 1, 5-6, 8, paragraphs [0071]-[0074], [0080], fig. 1A, 1B, 3, 6 WO 2020/163051 A1 KR 10-2021-0124384 A CN 113614045 A TW 202039134 A	
JP	2011-037707	A	24 February 2011	(Family: none)	
JP	2016-222529	A	28 December 2016	US 2016/0347643 A1 claims 2-4, fig. 1-3	
JP	2020-517573	A	18 June 2020	US 2020/0079057 A1 whole document WO 2018/200760 A1 EP 3615488 A1 CN 110573470 A KR 10-2019-0135058 A	
JP	2018-199605	A	20 December 2018	US 2018/0339936 A1 whole document TW 201901796 A	
WO	2017/038075	A1	09 March 2017	US 2018/0340262 A1 whole document CN 107922254 A KR 10-2018-0048891 A TW 201722881 A	
JP	2020-196665	A	10 December 2020	US 2015/0166396 A1 whole document WO 2015/100056 A1 EP 3083125 A1 KR 10-2016-0101085 A CN 106029286 A	
WO	2016/063460	A1	28 April 2016	US 2017/0229318 A1 whole document KR 10-2017-0087881 A CN 107074633 A TW 201628754 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C03C 15/00(2006.01)i; B23K 26/53(2014.01)i; C03B 33/09(2006.01)i FI: C03C15/00 C; C03B33/09; B23K26/53		
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）） C03C15/00; B23K26/53; B23K26/36; B23K26/38; C03B33/09		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 請求項の番号
A	US 2020/0254557 A1 (CORNING INCORPORATED) 13.08.2020 (2020-08-13) 請求項 1、5-6、8、段落 [0081] - [0084]、[0090]、図 1 A、1B、3、6	1-6
A	JP 2011-037707 A (日本板硝子株式会社) 24.02.2011 (2011-02-24) 請求項 1、段落 [0083] - [0087]	1-6
A	JP 2016-222529 A (株式会社NSC) 28.12.2016 (2016-12-28) 請求項 2-4、図 1-3	1-6
A	JP 2020-517573 A (コーニング インコーポレイテッド) 18.06.2020 (2020-06-18) 全文、全図	1-6
A	JP 2018-199605 A (AGC株式会社) 20.12.2018 (2018-12-20) 全文、全図	1-6
A	WO 2017/038075 A1 (日本板硝子株式会社) 09.03.2017 (2017-03-09) 全文、全図	1-6
A	JP 2020-196665 A (コーニング インコーポレイテッド) 10.12.2020 (2020-12-10) 全文、全図	1-6
☒ 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、一般的な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抵触するものではなく、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 13.01.2023		国際調査報告の発送日 24.01.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 大塚 晴彦 4T 1784 電話番号 03-3581-1101 内線 3465

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 請求項の番号
A	W0 2016/063460 A1 (日本板硝子株式会社) 28.04.2016 (2016 - 04 - 28) 全文、全図	1-6

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/042814

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
US	2020/0254557	A1	13.08.2020	JP 2022-519724 A 請求項1、5-6、8、段落 [0071] - [0074]、[0080]、図1 A、1 B、3、6 WO 2020/163051 A1 KR 10-2021-0124384 A CN 113614045 A TW 202039134 A	
JP	2011-037707	A	24.02.2011	(ファミリーなし)	
JP	2016-222529	A	28.12.2016	US 2016/0347643 A1 claims 2-4, FIGs. 1-3	
JP	2020-517573	A	18.06.2020	US 2020/0079057 A1 whole document WO 2018/200760 A1 EP 3615488 A1 CN 110573470 A KR 10-2019-0135058 A	
JP	2018-199605	A	20.12.2018	US 2018/0339936 A1 whole document TW 201901796 A	
WO	2017/038075	A1	09.03.2017	US 2018/0340262 A1 whole document CN 107922254 A KR 10-2018-0048891 A TW 201722881 A	
JP	2020-196665	A	10.12.2020	US 2015/0166396 A1 whole document WO 2015/100056 A1 EP 3083125 A1 KR 10-2016-0101085 A CN 106029286 A	
WO	2016/063460	A1	28.04.2016	US 2017/0229318 A1 whole document KR 10-2017-0087881 A CN 107074633 A TW 201628754 A	