

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 10 月 30 日(30.10.2014)



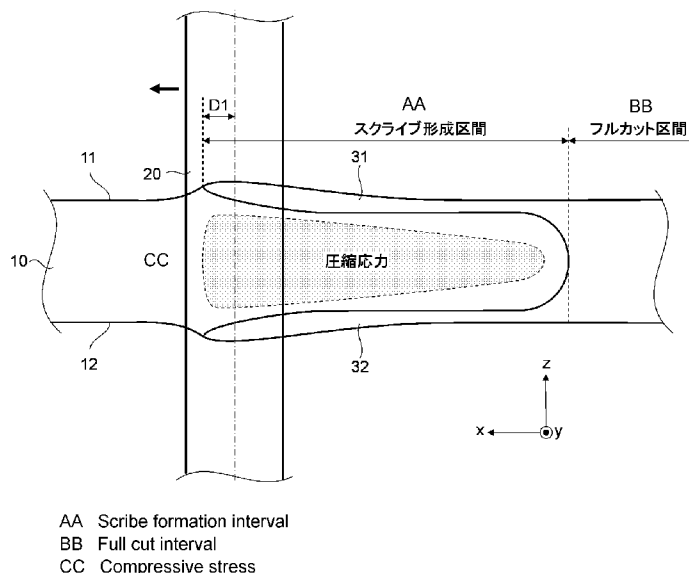
(10) 国際公開番号
WO 2014/175145 A1

- (51) 国際特許分類:
C03B 33/09 (2006.01) *B23K 26/073* (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01) *B28D 1/22* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/060870
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 16 日(16.04.2014)
- (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 2013-093430 2013 年 4 月 26 日(26.04.2013) JP
- (71) 出願人: 旭硝子株式会社 (ASAHI GLASS COMPANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 齋藤 勲(SAITO Isao); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP). 永田 孝弘(NAGATA Takahiro); 〒1008405 東京都千代田区丸の内一丁目 5 番 1 号 旭硝子株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 濱田 百合子, 外(HAMADA Yuriko et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 7 番 13 号 虎ノ門イーストビルディング 10 階 栄光特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR CUTTING GLASS PLATE

(54) 発明の名称 : ガラス板の切断方法



(57) Abstract: Provided is a method that is for cutting a glass plate and that has superior dimensional precision. One embodiment of this method for cutting a glass plate is provided with a step for forming scribe lines (31, 32) respectively at the first primary surface (11) and second primary surface (12) of a glass plate (10) by means of scanning laser light (20) while causing the laser light (20) to be transmitted from the first primary surface (11) to the second primary surface (12). The beam widths (W1, W2) at the first primary surface (11) and second primary surface (12) of the scanning laser light (20) are each caused to be no greater than the thickness (t) of the glass plate (10).

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/175145 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

寸法精度に優れたガラス板の切断方法を提供する。本発明の一の態様によるガラス板の切断方法は、ガラス板 (10) の第 1 主面 (11) から第 2 主面 (12) へレーザ光 (20) を透過させつつ当該レーザ光 (20) を走査することにより、第 1 主面 (11) 及び第 2 主面 (12) のそれぞれにスクレイブ線 (31)、(32) を形成するステップを備え、走査するレーザ光 (20) の第 1 主面 (11) 及び第 2 主面 (12) におけるビーム幅 $W1$ 、 $W2$ をそれぞれガラス板 (10) の板厚 t 以下とする。

明 細 書

発明の名称： ガラス板の切断方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガラス板の切断方法に関し、特にレーザ光による内部加熱を利用したガラス板の切断方法に関する。

背景技術

[0002] ガラス板の切断は、通常、ダイヤモンド等の硬質のローラやチップにより、主面に機械的にスクライブ線を導入し、当該スクライブ線に沿って折り曲げ力を加えることによりなされる。このような手法では、スクライブ線の導入により、ガラス板の切断端面に多数の微細クラックが生成されることになる。従って、切断端部に十分な強度が得られないという問題があった。

[0003] このような問題に対し、近年、レーザ光の照射によりガラス板の内部を加熱し、ガラス板の主面でなく端面に導入した初期クラックの伸展を制御することにより、ガラス板を切断する方法が提案されている（例えば、特許文献1）。このようなレーザ光を用いた切断（以下、「レーザ切断」ともいう）では、ガラス板の主面に機械的にスクライブ線を導入する必要がない。そのため、切断端面に上述の微細クラックが生成されることもなく、切断端部の強度に優れたガラス板を得ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2006-256944号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 発明者は、以下の課題を見出した。

例えば、特許文献1に記載のガラス板の切断方法では、レーザ光の照射により進展するクラックの先端とレーザ光の照射位置との距離が大きく、クラックの形成位置（つまり切断位置）がレーザ光の軌跡からずれ易かった。つ

まり、従来のガラス板の切断方法は、切断の寸法精度に劣るという問題があった。

[0006] 本発明は、上記に鑑みなされたものであって、寸法精度に優れたガラス板の切断方法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

[0007] 本発明の一の態様は、以下のガラス板の製造方法を提供する。

(1) ガラス板の第1主面から第2主面へレーザ光を透過させつつ当該レーザ光を走査することにより、前記第1主面及び前記第2主面のそれぞれにスクライブ線を形成するステップを備え、

走査する前記レーザ光の前記第1主面及び前記第2主面におけるビーム幅をそれぞれ前記ガラス板の板厚以下とし、

前記第1主面に形成された前記スクライブ線と前記第2主面に形成された前記スクライブ線とが結合される、ガラス板の切断方法。

(2) 前記スクライブ線を形成するステップにおいて、

前記ガラス板が前記レーザ光により加熱され、前記第1主面及び前記第2主面の一部が膨らみ、当該膨らんだ部分に作用する引張応力によって、前記第1主面及び前記第2主面に前記スクライブ線を形成する、

上記(1)に記載のガラス板の切断方法。

(3) 前記レーザ光の光軸を前記第1主面及び前記第2主面と垂直にする、

上記(1)又は(2)に記載のガラス板の切断方法。

(4) 前記ガラス板の端面に前記スクライブ線の起点となる初期クラックを形成するステップを更に備える、

上記(1)～(3)のいずれか一つに記載のガラス板の切断方法。

(5) 前記レーザ光の波長を250～5000nmとする、

上記(1)～(4)のいずれか一つに記載のガラス板の切断方法。

(6) 前記第1主面及び前記第2主面における前記レーザ光のビーム形状が円形である、

上記（１）～（５）のいずれか一つに記載のガラス板の切断方法。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、寸法精度に優れたガラス板の切断方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]ガラス板の上下面にそれぞれスクライプ線を形成する方法を説明するための斜視図である。

[図2]図１のガラス板の上面におけるレーザ光のビーム形状を示す平面図である。

[図3]図１のガラス板の下面におけるレーザ光のビーム形状を示す平面図である。

[図4]図２のⅠⅤ－ⅠⅤ線に沿った軸方向断面図である。

[図5]図２のⅤ－Ⅴ線に沿った断面図である。

[図6]ガラス板の切断に用いる冷却ノズルの断面図である。

[図7]図４の拡大図である。

[図8]特許文献１に開示されたフルカットの模式図である。

[図9]試験条件を模式的に示すガラス板１０の平面図である。

[図10]各試験例１１～１４におけるガラス板の切断条件及び切断結果を示す表である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。ただし、本発明が以下の実施の形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載及び図面は、適宜、簡略化されている。

[0011] ＜実施の形態１＞

まず、図１～図５を参照して、ガラス板の上面及び下面にそれぞれスクライプ線を形成する方法について説明する。図１は、ガラス板の上下面にそれぞれスクライプ線を形成する方法を説明するための斜視図である。図２は、

図 1 のガラス板の上面におけるレーザ光のビーム形状を示す平面図である。

図 3 は、図 1 のガラス板の下面におけるレーザ光のビーム形状を示す平面図である。図 4 は、図 2 の I V - I V 線に沿った断面図である。図 5 は、図 2 の V - V 線に沿った断面図である。

[0012] 図 1 ～図 4 において、矢印方向はガラス板におけるレーザ光の照射位置の変位方向を示す。図 5 において、矢印方向は応力の作用方向を示す。図 4 及び図 5 において、ガラス板の熱変形を誇張して示す。ガラス板の熱変形の様子は有限要素法解析によって確認できる。

図 1 ～図 5 に示した右手系の $x y z$ 直交座標空間において、ガラス板 10 の両方の主面（上面 11 及び下面 12）は、いずれも $x y$ 平面に平行である。また、レーザ光は、 z 軸マイナス方向に照射され、かつ、 x 軸プラス方向に走査される。レーザ光の光軸は z 軸に平行である。

[0013] ガラス板の切断方法は、ガラス板 10 にスクライブ線 31、32 を形成するスクライブ工程を有する。ガラス板 10 のガラスの種類は、特に限定されないが、例えばソーダライムガラス、無アルカリガラス等が挙げられる。ガラス板 10 の厚さは、ガラス板 10 の用途に応じて適宜設定され、例えば 0.005 cm ～ 2.5 cm である。ガラス板 10 は、非強化ガラスと強化ガラスのいずれであってもよいが、非強化ガラスの方が好ましい。強化ガラスの場合は、内部の残留引張応力の値が 15 MPa 未満である事が好ましい。これによって、残留引張応力によるクラック伸展は発生しないので、安定してガラス板の上面及び下面にそれぞれスクライブ線を形成する事が出来る。

[0014] スクライブ工程は、ガラス板 10 を上面 11 側から下面 12 側に透過するレーザ光 20 によってガラス板 10 を局所的に加熱し、ガラス板 10 におけるレーザ光 20 の照射位置を変位させる。ガラス板 10 に生じる熱応力によって、ガラス板 10 の上面 11 にスクライブ線 31 が形成されると同時に、ガラス板 10 の下面 12 にスクライブ線 32 が形成される。これにより、ガラス板 10 を裏返さずに、ガラス板 10 に外力を加えて、ガラス板 10 を切断することができる。例えば、ガラス板 10 を裏返さずに弾性体上に載せ、

ガラス板 10 を上方から押すことで、ガラス板 10 の下面 12 に引張応力が生じ、ガラス板 10 がスクライブ線 32 に沿って割断できる。

[0015] また、本実施の形態では、ガラス板 10 の上面 11 にもスクライブ線 31 が形成されているので、ガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 における切断精度が良い。さらに、本実施の形態では、1本のレーザ光 20 でガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 にそれぞれスクライブ線を同時に形成するので、ガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 に形成されるスクライブ線の位置関係が所望の位置関係になりやすい。例えば、レーザ光 20 がガラス板 10 の上面 11 に対して垂直に入射する場合、ガラス板 10 の上面 11 の法線方向から見て、ガラス板 10 の上面 11 に形成されるスクライブ線 31 と、ガラス板 10 の下面 12 に形成されるスクライブ線 32 とが重なりやすい。よって、ガラス板 10 の割断面が、ガラス板 10 の上面 11 や下面 12 に対して垂直になりやすい。

[0016] スクライブ線 31、32 の起点となる初期クラック 33 は、例えば図 1 に示すようにガラス板 10 の端面 13 に予め形成されてよい。初期クラック 33 は、ガラス板 10 の上面 11 や下面 12 に達していてもよく、ガラス板 10 の上面 11 や下面 12 にも形成されてよい。初期クラック 33 は、スクライブ線 31、32 の共通の起点となる。

[0017] なお、初期クラックは、ガラス板 10 の端面 13 に形成される場合、ガラス板 10 の上面 11 のみに達してもよいし、ガラス板 10 の下面 12 のみに達していてもよいし、ガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 に達していてもよい。また、初期クラックは、ガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 のそれぞれに形成されてもよく、この場合、端面 13 に達していてもよいし、端面 13 に達していてもよい。初期クラックは、ガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 の両面、及びガラス板 10 の端面 13 の少なくとも一方に形成されていけばよい。

[0018] 初期クラック 33 の形成方法は、一般的な方法であってよく、例えばカッター、ヤスリ、レーザ等を用いる方法であってよい。ガラス板 10 の端面 1

3が砥石で研削されたものである場合、研削によって形成されるマイクロクラックが初期クラックとして利用可能である。

[0019] ガラス板10の上面11の一部は、レーザ光20で加熱され、図4及び図5に示すように、レーザ光20の照射位置の移動軌跡を中心として左右対称に上に凸に膨らむ。上に凸に膨らむ部分では、レーザ光20の照射位置の変位方向と直交する方向の引張応力が生じる。この引張応力によって、初期クラック33を起点とするクラックがレーザ光20の照射位置の移動軌跡に沿って伸び、スクライブ線31が形成される。スクライブ線31の先端は、ガラス板10の上面11におけるレーザ光20の照射位置、またはその前方近傍にある。

[0020] 同様に、ガラス板10の下面12の一部は、レーザ光20で加熱され、図4及び図5に示すように、レーザ光20の照射位置の移動軌跡を中心として左右対称に下に凸に膨らむ。下に凸に膨らむ部分では、レーザ光20の照射位置の変位方向と直交する方向の引張応力が生じる。この引張応力によって、初期クラック33を起点とするクラックがレーザ光20の照射位置の移動軌跡に沿って伸び、スクライブ線32が形成される。スクライブ線32の先端は、ガラス板10の下面12におけるレーザ光20の照射位置、またはその前方近傍にある。

[0021] スクライブ線31、32は、いずれもガラス板10におけるレーザ光20の照射位置の変位に伴って伸びる。ガラス板10におけるレーザ光20の照射位置の変位は、切断装置のフレームに対する、ガラス板10の支持体の移動もしくは回転、またはレーザ光20の光源22の移動によって行われ、両者で行われてもよい。また、ガラス板10におけるレーザ光20の照射位置の変位は、光源22から出射したレーザ光20をガラス板10に向けて反射するガルバノミラーの回転によって行われてもよい。

[0022] ガラス板10の上面11や下面12にそれぞれスクライブ線を形成できるか否かは、主に、初期クラック33の形成位置、レーザ光20の照射条件で決まる。レーザ光20の照射条件としては、例えば(1)光源22の出力、

(2) ガラス板 10 に対するレーザ光 20 の透過率、(3) ガラス板 10 の上面 11 や下面 12 におけるレーザ光 20 のビーム形状、(4) ガラス板 10 の上面 11 におけるレーザ光 20 のパワー密度 (P_1) と、ガラス板 10 の下面 12 におけるレーザ光 20 のパワー密度 (P_2) との比 (P_1 / P_2) などが挙げられる。

[0023] ガラス板 10 の上面 11 におけるレーザ光 20 の強度を I_0 とし、ガラス板 10 中を距離 (D) (単位 [cm]) だけ移動したときのレーザ光 20 の強度を I とすると、 $I = I_0 \times \exp(-\alpha \times D)$ の式が成立する。この式は、ランベルト・ベールの法則と呼ばれるものである。 α はレーザ光 20 に対するガラス板 10 の吸収係数 (単位 [cm⁻¹]) を表し、レーザ光 20 の波長やガラス板 10 の化学組成等で決まる。 α は紫外可視近赤外分光光度計等により測定される。

[0024] レーザ光 20 に対するガラス板 10 の吸収係数 (α) (単位 [cm⁻¹]) と、レーザ光 20 がガラス板 10 の上面 11 から下面 12 まで移動する距離 (M) (単位 [cm]) との積 ($\alpha \times M$) は、好ましくは 0 よりも大きく 3.0 以下である。ガラス板 10 に対するレーザ光 20 の内部透過率が高く、ガラス板 10 の下面 12 が十分に加熱できる。 $\alpha \times M$ は、より好ましくは 2.3 以下 (内部透過率 10% 以上)、さらに好ましくは 1.6 以下 (内部透過率 20% 以上) である。 $\alpha \times M$ が小さすぎると、内部透過率が高すぎ、吸収効率が低すぎるので、好ましくは 0.002 以上 (内部透過率 99.8% 以下)、より好ましくは 0.01 以上 (内部透過率 99% 以下)、さらに好ましくは 0.02 以上 (内部透過率 98% 以下) である。内部透過率は、ガラス板 10 の上面 11 で反射がないとしたときの透過率である。

[0025] なお、ガラス板 10 の加熱温度は、ガラスの徐冷点以下の温度であることが好ましい。ガラス板の加熱温度がガラスの徐冷点の温度を超えると、ガラスが粘性流動し、熱応力が緩和され、スクライブ線 31、32 の形成が困難である。

[0026] レーザ光 20 がガラス板 10 の上面 11 に垂直に入射する場合、レーザ光

20がガラス板10の上面11から下面12まで移動する距離(M)は、ガラス板10の板厚(t)と同じ値となる。一方、レーザ光20は、ガラス板10の上面11に斜めに入射する場合、スネルの法則に従って屈折するので、屈折角を γ とすると、レーザ光20がガラス板10の上面11から下面12まで移動する距離(M)は、 $M = t / \cos \gamma$ の式で近似的に求められる。

[0027] 光源22としては、例えば波長が800～1100nmの近赤外線（以下、単に「近赤外線」という）のレーザが用いられる。近赤外線レーザとしては、例えば、Ybファイバーレーザ（波長：1000～1100nm）、Ybディスクレーザ（波長：1000～1100nm）、Nd：YAGレーザ（波長：1064nm）、高出力半導体レーザ（波長：808～980nm）が挙げられる。これらの近赤外線レーザは、高出力で安価であり、また、 $\alpha \times M$ を所望の範囲に調整するのが容易である。

[0028] なお、本実施の形態では、光源22として高出力で安価な近赤外線レーザが用いられるが、波長が250～5000nmの光源が使用可能である。例えば、UVレーザ（波長：355nm）、グリーンレーザ（波長：532nm）、Ho：YAGレーザ（波長：2080nm）、Er：YAGレーザ（2940nm）、中赤外光パラメトリック発振器を使用したレーザ（波長：2600～3450nm）等が挙げられる。また、レーザ光20の発振方式に制限はなく、レーザ光を連続発振するCWレーザ、レーザ光を断続発振するパルスレーザのいずれも使用可能である。また、レーザ光20の強度分布に制限はなく、ガウシアン型であっても、トップハット型であってもよい。

[0029] 近赤外線レーザの場合、ガラス板10中の鉄(Fe)の含有量、コバルト(Co)の含有量、銅(Cu)の含有量が多くなるほど、吸収係数(α)が大きくなる。また、この場合、ガラス板10中の希土類元素（例えばYb）の含有量が多くなるほど、希土類原子の吸収波長付近で吸収係数(α)が大きくなる。吸収係数(α)の調節にはガラスの透明性、及びコストの観点から鉄が用いられ、コバルト、銅、及び希土類元素はガラス板10中に実質的

に含まれていなくてもよい。

[0030] ところで、上面 1 1 におけるレーザ光 2 0 の y 軸方向のビーム幅 W 1 が小さいほど、上に凸に膨らむ部分が急峻であり、レーザ光 2 0 の変位方向（x 軸方向）に直交する方向（y 軸方向）の引張応力が大きい。同様に、下面 1 2 におけるレーザ光 2 0 の y 軸方向のビーム幅 W 2 が小さいほど、下に凸に膨らむ部分が急峻であり、レーザ光 2 0 の変位方向（x 軸方向）に直交する方向（y 軸方向）の引張応力が大きい。

[0031] そこで、レーザ光 2 0 については、上面 1 1 における y 軸方向のビーム幅 W 1 及び下面 1 2 における y 軸方向のビーム幅 W 2 をともにガラス板 1 0 の板厚以下とする。これにより、上面 1 1 において上に凸に膨らむ部分、及び、下面 1 2 において下に凸に膨らむ部分が十分に急峻となり、ガラス板 1 0 の上面 1 1 や下面 1 2 にスクライブ線を形成するのに十分な引張応力が生じる。また、ガラス板 1 0 の上面 1 1 や下面 1 2 におけるレーザ光 2 0 の照射位置に引張応力が生じるので、従来のように引張応力を生じさせるためガラス板 1 0 の照射位置の後方近傍を冷媒で冷却する必要がない。

[0032] 上面 1 1 におけるレーザ光 2 0 の変位方向（x 軸方向）のビーム幅 L 1、及び、下面 1 2 におけるレーザ光 2 0 の変位方向（x 軸方向）のビーム幅 L 2 は、それぞれ、特に限定されない。L 1、L 2 が短ければ、曲線状のスクライブ線 3 1、3 2 の形成が容易である。また、L 1、L 2 が長ければ、ガラス板 1 0 における特定の位置の加熱時間が同じ場合、ガラス板 1 0 におけるレーザ光 2 0 の照射位置の変位速度が速く、スクライブ線 3 1、3 2 が短時間で形成できる。

[0033] ガラス板 1 0 の上面 1 1 や下面 1 2 におけるレーザ光 2 0 のビーム形状は、特に限定されないが、好ましくは円形である。スクライブ線の曲線部分を形成する場合、レーザ光 2 0 の照射位置の軌跡の幅が一定であり、スクライブ線の位置精度が良い。

[0034] レーザ光 2 0 がガラス板 1 0 を上面 1 1 側から下面 1 2 側に透過する間、レーザ光 2 0 の強度（W）はランベルト・ベールの法則に従って減衰する。

そして、ガラス板 10 のレーザ光 20 が透過する部分の温度は、主にレーザ光 20 のパワー密度（単位 $[W/cm^2]$ ）などで決まる。

[0035] そこで、レーザ光 20 は、ガラス板 10 の上面 11 でのパワー密度（ P_1 ）と、ガラス板 10 の下面 12 でのパワー密度（ P_2 ）との比（ P_1/P_2 ）が 0.5～2.0 であることが好ましい。 P_1/P_2 は、 $P_1/P_2 = S_2/S_1 \times \exp(-\alpha \times M)$ の式で算出する。 S_1 はガラス板 10 の上面 11 におけるレーザ光 20 の照射面積を表し、 S_2 はガラス板 10 の下面 12 におけるレーザ光 20 の照射面積を表す。 P_1/P_2 が 0.5～2.0 であると、ガラス板 10 の上面 11 におけるレーザ光 20 の照射位置の温度と、ガラス板 10 の下面 12 におけるレーザ光 20 の照射位置の温度とが同程度になる。よって、ガラス板 10 の上面 11 において上に凸に膨らむ部分と、ガラス板 10 の下面 12 において下に凸に膨らむ部分とが、同程度に急峻になる。その結果、ガラス板 10 の上面 11 に形成されるスクライブ線 31 の深さと、ガラス板 10 の下面 12 に形成されるスクライブ線 32 の深さとが、同程度の深さとなる。 P_1/P_2 は、より好ましくは 0.6 以上、さらに好ましくは 0.67 以上である。また、 P_1/P_2 は、より好ましくは 1.67 以下、さらに好ましくは 1.5 以下である。

[0036] ガラス板 10 の上面 11 におけるレーザ光 20 の照射面積（ S_1 ）と、ガラス板 10 の下面 12 におけるレーザ光 20 の照射面積（ S_2 ）との比（ S_1/S_2 ）の調節のため、光源 22 とガラス板 10 との間には、図示されない集光レンズ等が配設される。レーザ光 20 の集光位置がガラス板 10 よりも下側の場合、 S_1/S_2 は 1 よりも大きい。

[0037] また、本実施の形態に係るガラス板の切断方法では、レーザ光 20 の照射領域に空気を吹き付けることにより冷却してもよい。図 6 は、ガラス板の切断に用いる冷却ノズルの断面図である。図 6 に示す冷却ノズル 28 により、ガラス板 10 の上面 11 に気体を吹き付ける。図 6 に示すように、冷却ノズル 28 は、内部を気体（空気や窒素など）が矢印方向へ流れるように、テーパ状の空洞が形成されている。ここで、冷却ノズル 28 の軸はレーザ光 2

0の光軸と一致しており、レンズ25で集光されたレーザ光20は、冷却ノズル28の内部を通過し、冷却ノズル28の先端に設けられた直径 ϕn の開口部から出射される。また、レーザ光20の照射領域の移動と同期して（つまり、レーザ光と同じ走査速度で）移動することができる。このような構成により、レーザ照射部が気体により冷却される。レーザ照射部よりも広い領域を冷却することが好ましい。この冷却により、レーザ光の照射領域で引張応力が発生しやすくなる。すなわち、スクライブ線が生じやすくなり安定した加工が可能になる。

[0038] 冷却ガス流量、冷却ノズル28の開口部の直径 ϕn 、及び冷却ノズル28の先端とガラス板10の上面11とのギャップG2は任意に決定することができる。ここで、冷却ノズル28の開口部の直径 ϕn が小さい程、ガラス板10に吹き付けられる気体の流速が速くなり、ガラス板10の上面11における冷却能力が向上する。また、冷却ノズル28の先端とガラス板10の上面11とのギャップG2が小さい程、ガラス板10の上面11における冷却能力が向上する。例えば、ビーム径0.3mmのレーザ照射部に対して、直径 $\phi n = 1\text{ mm}$ の冷却ノズル28を用いて、室温の冷却エアを流量20 L/minで吹き付ける。なお、下面12側にも同様の冷却ノズルを設ければ、一層効果的である。

[0039] 続けて、図7を参照して、本実施の形態に係るガラス板の切断方法について詳細に説明する。図7は、図4の拡大図である。図7に示すように、本実施の形態に係る切断方法では、レーザ光20を照射することにより、ガラス板10の内部が加熱され、加熱された内部の熱膨張による圧縮応力が生じる。一方、上面11及び下面12は、レーザ光20の照射位置の移動軌跡を中心として凸に膨らむ。凸に膨らむ部分では、レーザ光20の照射位置の変位方向と直交する方向（y軸方向）の引張応力が生じるため、スクライブ線31、32が進展する。

[0040] また、図7に示すように、レーザ光20の照射位置よりも後方では（より具体的には、圧縮応力発生部の後端では）、レーザ光20の照射位置近傍と

異なり、板厚全体に引張応力が発生する。この引張応力も、レーザ光 20 の照射位置での加熱により発生する圧縮応力の反力としてレーザ光 20 の照射位置よりも後方で形成される。そのため、圧縮応力発生部後端での引張応力が大きい場合（すなわち、レーザ光 20 の照射による圧縮応力が大きい場合）、上面 11 に形成されたスクライブ線 31 と下面 12 に形成されたスクライブ線 32 とがそれぞれ板厚内部方向に伸展し、結合する。

[0041] 換言すると、図 7 に示すように、レーザ光 20 の照射位置から所定の区間は、上面 11 及び下面 12 においてスクライブ線 31、32 が別々に形成されるスクライブ形成区間となる。一方、スクライブ形成区間よりも後方の区間は、スクライブ線 31、32 が結合することによりガラス板 10 がフルカットされたフルカット区間となる。従って、本実施の形態に係る切断方法では、ブレイク工程（ガラス板 10 に外力を加え、スクライブ線 31、32 に沿ってガラス板 10 を割断する工程）を経ずに、レーザ照射のみによりフルカットすることができる。

[0042] ここで、スクライブ線 31、32 が結合することにより形成されるクラックの形状は、熱応力場やガラス板 10 の剛性の違いによって決定される。また、レーザ光 20 の照射に基づく熱応力によりスクライブ線 31、32 が結合するか否かは、主に、ガラス板 10 に対するレーザ光 20 の透過率、光源 22 の出力などで決まる。光源 22 の出力が大きく、レーザ光 20 の照射位置よりも後方の引張応力が大きくなると、スクライブ線 31、32 が結合する。なお、光源 22 の出力が小さい場合、スクライブ線 31、32 を結合させるために、光源 22 とは別の加熱光源から出射された加熱光をガラス板 10 に対して照射してもよい。

[0043] 本実施の形態によるガラス板 10 の切断は、特許文献 1 に開示されたフルカットよりも、ガラス板 10 の上面 11 及び下面 12 における切断精度が良い。図 8 は、特許文献 1 に開示されたフルカットの模式図である。図 8 に示すように、特許文献 1 では、レーザ光の照射位置の後方を冷媒で冷却することにより引張応力を発生させ、この引張応力によりガラス板 10 を板厚方向

に貫通するクラックを形成する。つまり、特許文献１では、レーザ光の照射によりスクライブ線を形成していない。そのため、クラックの先端とレーザ光２０の光軸との距離Ｄ２が大きく、クラックの形成位置（つまり、ガラス板１０の切断位置）がレーザ光２０の軌跡からずれ易く、切断の寸法精度に劣っていた。

- [0044] これに対し、本実施の形態では、ガラス板１０の上面１１及び下面１２におけるレーザ光２０の照射位置に生じた引張応力によりスクライブ線３１、３２を形成する。よって、図７に示すように、スクライブ線３１、３２の先端とレーザ光２０の光軸との距離Ｄ１が小さく、スクライブ線３１、３２の位置とレーザ光２０の軌跡とが一致しやすい。従って、ガラス板１０の上面１１及び下面１２に形成されるスクライブ線３１、３２の位置精度が良く、ガラス板１０の上面１１及び下面１２における切断の寸法精度が良い。

実施例

- [0045] 以下、本発明の具体的な実施例について説明するが、本発明はこれに限定されない。

[0046] （実施例１）

実施例１では、試験例１１～１４において、ガラス板１０の板厚 t に対するレーザ光２０の上面ビーム幅 $W1$ 及び下面ビーム幅 $W2$ を変化させ、切断精度を調査した。具体的には、切断端面の切断予定線（レーザ走査経路）からの最大のずれ量 ε_{max} と最小のずれ量 ε_{min} との差 $\Delta\varepsilon$ を誤差として調査した。

[0047] [試験例１１～１４]

図９は、試験条件を模式的に示すガラス板１０の平面図である。全試験例１１～１４において、図９に示すように、矩形状のガラス板（長辺１００mm、短辺５０mm、板厚１．１mm、旭硝子社製ソーダライムガラス）の上面に対してレーザ光を垂直に入射させた。レーザ光の光源は、Ｙｂファイバーレーザ（波長１０７０nm）を用いた。レーザ光に対するガラス板の吸収係数（ α ）は 0.57 cm^{-1} であり、 $\alpha \times M$ は０．０６３（つまり、内部透

過率は94%)であった。

[0048] ガラス板10の上下面において、レーザ光のビーム形状は円形とした。全試験例について、図9に示すように、レーザ光はガラス板10の一方の長辺から他方の長辺までガラス板10の短辺と平行に走査した。レーザ走査位置のガラス板10の短辺からの距離 d については、 $d = 10\text{ mm}$ とした。

[0049] 図10は、各試験例11～14におけるガラス板の切断条件及び切断結果を示す表である。具体的には、表の左列から順に、レーザ出力 P (W)、レーザ光の走査速度 v (mm/s)、上面ビーム幅 $W1$ (mm)、下面ビーム幅 $W2$ (mm)、板厚 t (mm)、上面ビーム幅 $W1$ と板厚 t との比 $W1/t$ 、下面ビーム幅 $W2$ と板厚 t との比 $W2/t$ 、上面での誤差 $\Delta\epsilon_1$ 、下面での誤差 $\Delta\epsilon_2$ 、及び切断形態が示されている。

[0050] 図10の表に示された数値について左列から順に説明する。

レーザ出力 P は、試験例11については300W、試験例12については340W、試験例13については360W、試験例14については480Wとした。

レーザ光の走査速度 v は、試験例11、12については20mm/s、試験例13、14については10mm/sとした。

[0051] 上面ビーム幅 $W1$ は、試験例11については0.60mm、試験例12については0.80mm、試験例13については1.00mm、試験例14については1.20mmとした。下面ビーム幅 $W2$ は、試験例11については0.63mm、試験例12については0.83mm、試験例13については1.03mm、試験例14については1.23mmとした。上述の通り、ガラス板の板厚 t はいずれの試験例でも1.1mmとした。

[0052] そのため、上面ビーム幅 $W1$ と板厚 t との比 $W1/t$ は、試験例11については0.55、試験例12については0.73、試験例13については0.91、試験例14については1.09であった。また、下面ビーム幅 $W2$ と板厚 t との比 $W2/t$ は、試験例11については0.57、試験例12については0.75、試験例13については0.94、試験例14については

1. 12であった。

[0053] 切断の結果、上面での誤差 $\Delta \varepsilon 1$ は、試験例11については0.03mm、試験例12については0.05mm、試験例13については0.04mm、試験例14については0.16mmであった。また、下面での誤差 $\Delta \varepsilon 2$ は、試験例11については0.03mm、試験例12については0.05mm、試験例13については0.04mm、試験例14については0.16mmであった。

試験例11～13の切断形態は、図7に示したように、いずれも上面11及び下面12にスクライブ線31、32が形成された後、両者が結合することによりフルカットされるものである。一方、試験例14の切断形態は、図8に示したように、スクライブ線が形成されずにレーザ光20の照射位置の後方でフルカットされるものである。

[0054] 試験例11～13の結果から分かるように、上面ビーム幅 $W1$ と板厚 t との比 $W1/t$ 及び下面ビーム幅 $W2$ と板厚 t との比 $W2/t$ のいずれもが1以下（上面ビーム幅 $W1$ と下面ビーム幅 $W2$ のいずれもが板厚 t 以下）の場合、上面11及び下面12のレーザ光20の照射位置にスクライブ線31、32が形成される。そして、このスクライブ線31、32が結合することによりフルカットされる。そのため、上面での誤差 $\Delta \varepsilon 1$ 及び下面での誤差 $\Delta \varepsilon 2$ が小さく、切断精度に優れる。

[0055] 一方、試験例14の結果から分かるように、上面ビーム幅 $W1$ と板厚 t との比 $W1/t$ 及び下面ビーム幅 $W2$ と板厚 t との比 $W2/t$ のいずれもが1より大きい（上面ビーム幅 $W1$ と下面ビーム幅 $W2$ のいずれもが板厚 t より大きい）場合、上面11及び下面12のレーザ光20の照射位置にスクライブ線31、32が形成されず、上面での誤差 $\Delta \varepsilon 1$ 及び下面での誤差 $\Delta \varepsilon 2$ が大きくなるため、切断精度に劣る。

[0056] 以上、ガラス板の切断方法の実施の形態等を説明したが、本発明は上記実施の形態等に限定されず、特許請求の範囲に記載された範囲で、種々の変形及び改良が可能である。

例えば、ガラス板 10 の両面にスクライブ線 31、32 を形成するレーザー光を複数本同時にガラス板 10 に照射してもよい。

また、ガラス板 10 は、平板、湾曲板のいずれでもよく、表面に凹凸模様をつけた型板ガラス、金属製の網または線を内部に含む網入りガラス、合わせガラスのいずれかであってもよい。

[0057] 本出願は、2013年4月26日出願の日本特許出願2013-093430に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0058] 本発明によれば、寸法精度に優れたガラス板の切断方法を提供することができる。

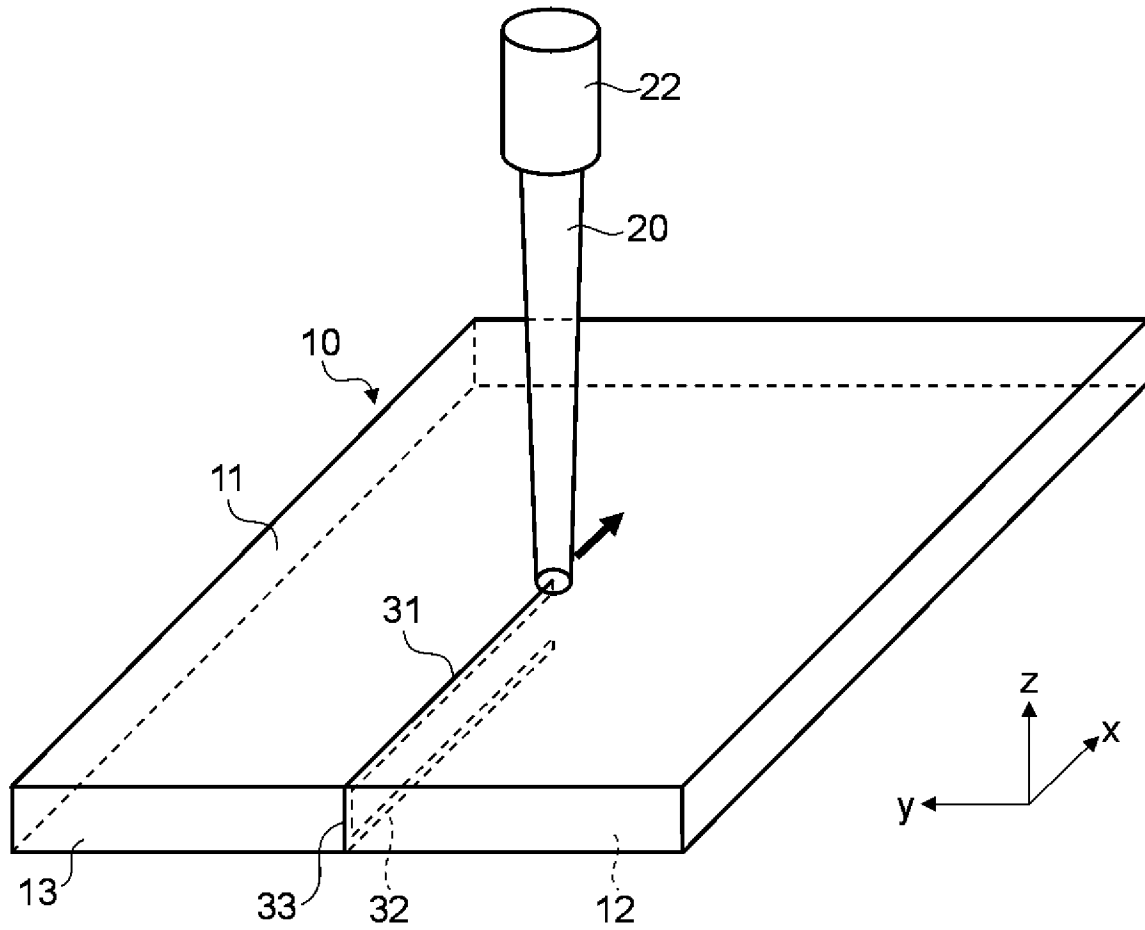
符号の説明

[0059] 10 ガラス板
11 上面
12 下面
13 端面
20 レーザ光
22 光源
25 レンズ
28 冷却ノズル
31、32 スクライブ線
33 初期クラック

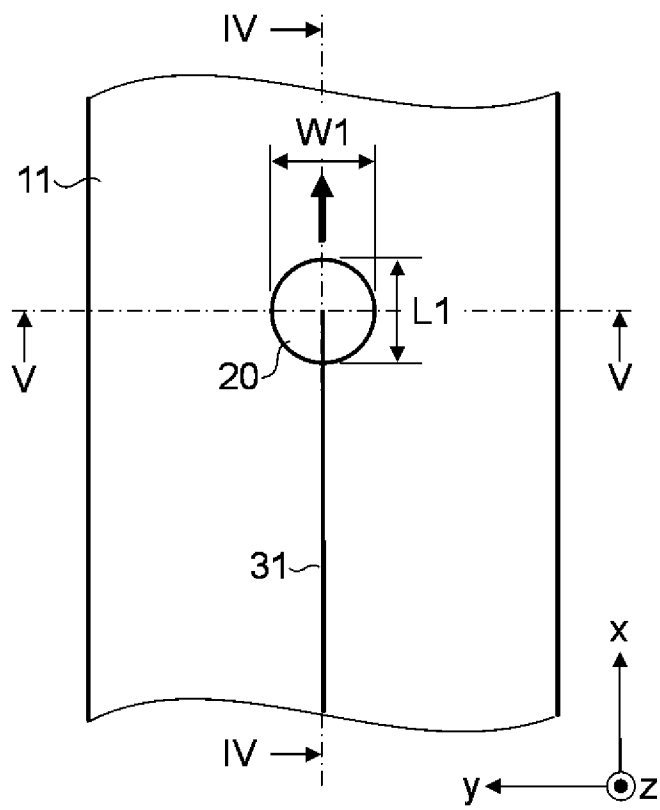
請求の範囲

- [請求項1] ガラス板の第1主面から第2主面へレーザー光を透過させつつ当該レーザー光を走査することにより、前記第1主面及び前記第2主面のそれぞれにスクライブ線を形成するステップを備え、
- 走査する前記レーザー光の前記第1主面及び前記第2主面におけるビーム幅をそれぞれ前記ガラス板の板厚以下とし、
- 前記第1主面に形成された前記スクライブ線と前記第2主面に形成された前記スクライブ線とが結合される、ガラス板の切断方法。
- [請求項2] 前記スクライブ線を形成するステップにおいて、
- 前記ガラス板が前記レーザー光により加熱され、前記第1主面及び前記第2主面の一部が膨らみ、当該膨らんだ部分に作用する引張応力によって、前記第1主面及び前記第2主面に前記スクライブ線を形成する、
- 請求項1に記載のガラス板の切断方法。
- [請求項3] 前記レーザー光の光軸を前記第1主面及び前記第2主面と垂直にする、
- 請求項1又は2に記載のガラス板の切断方法。
- [請求項4] 前記ガラス板の端面に前記スクライブ線の起点となる初期クラックを形成するステップを更に備える、
- 請求項1～3のいずれか一項に記載のガラス板の切断方法。
- [請求項5] 前記レーザー光の波長を250～5000nmとする、
- 請求項1～4のいずれか一項に記載のガラス板の切断方法。
- [請求項6] 前記第1主面及び前記第2主面における前記レーザー光のビーム形状が円形である、
- 請求項1～5のいずれか一項に記載のガラス板の切断方法。

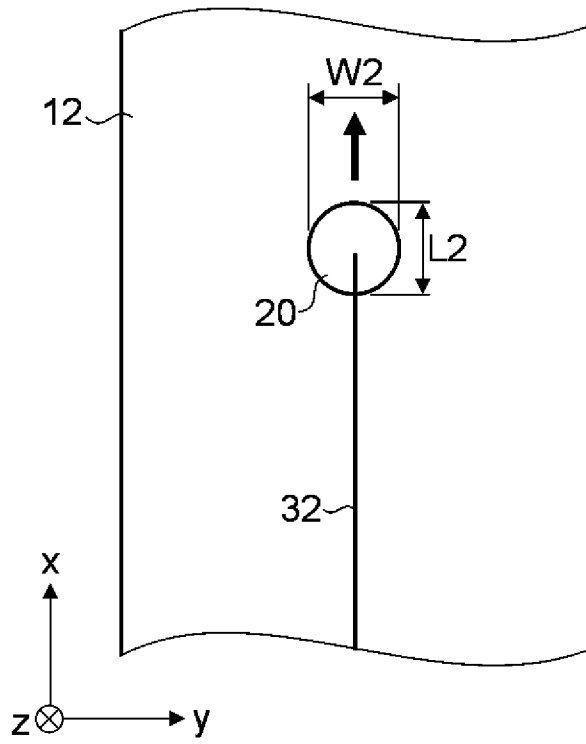
[図1]



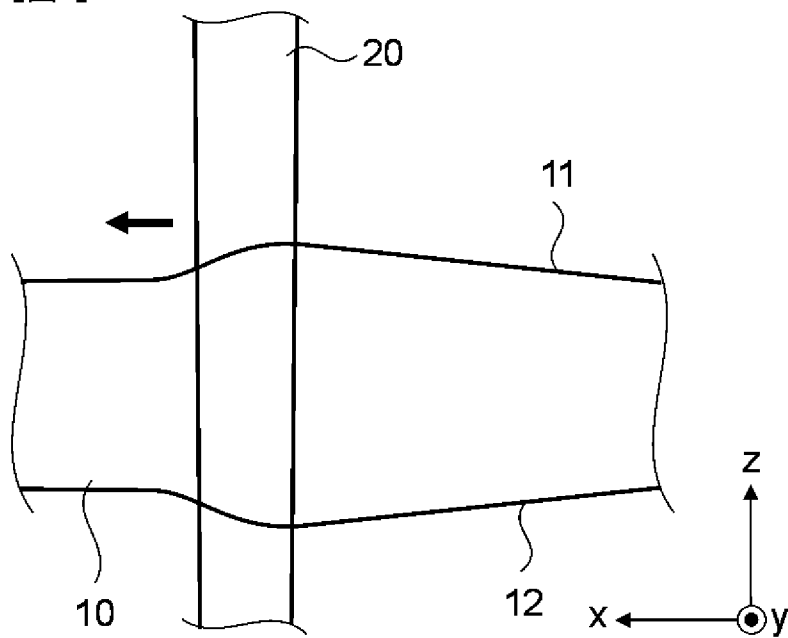
[図2]



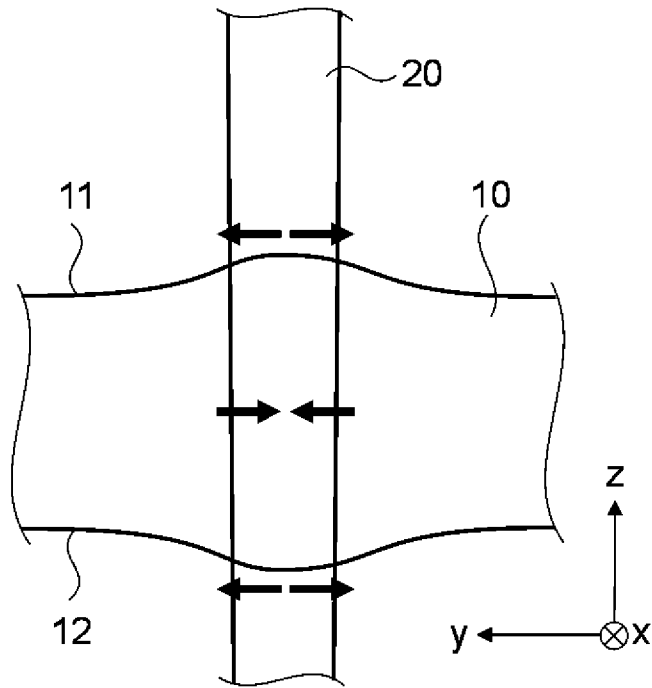
[図3]



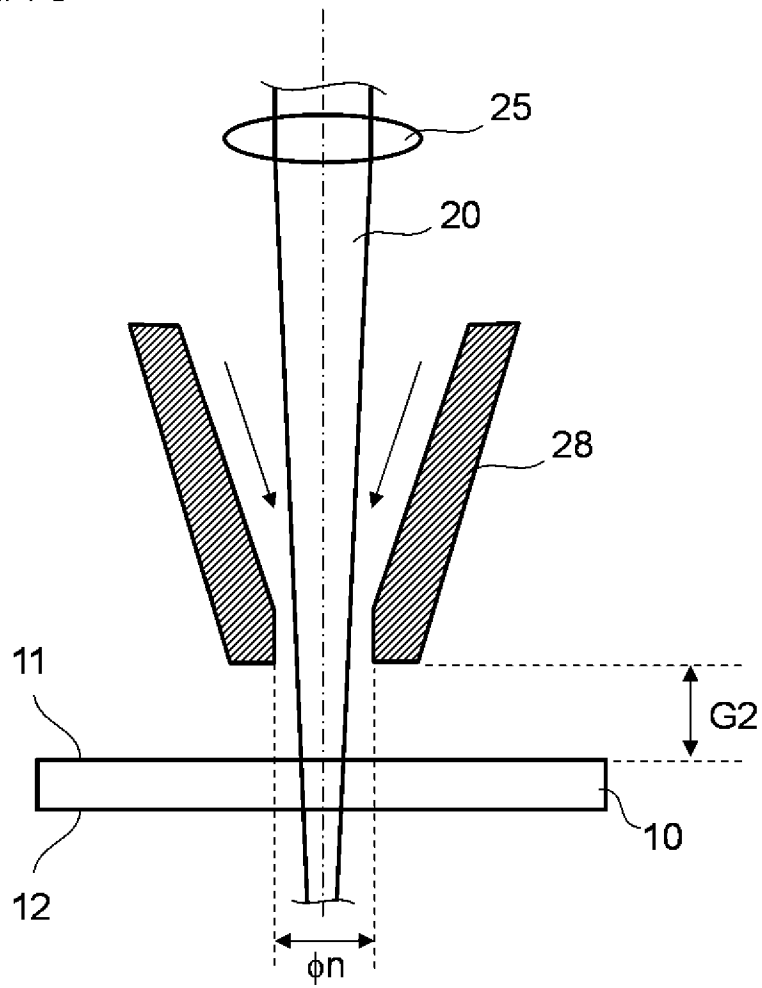
[図4]



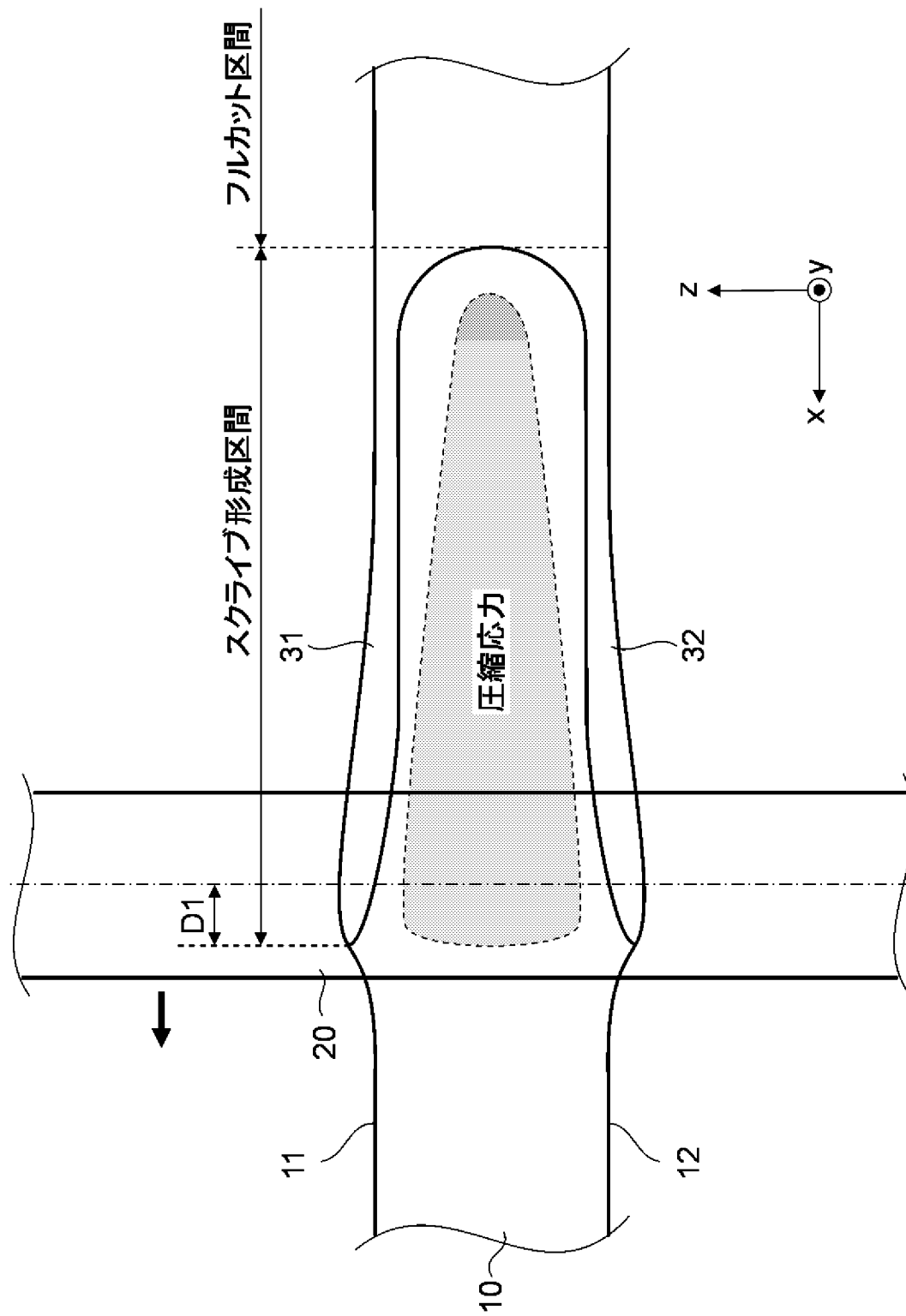
[図5]



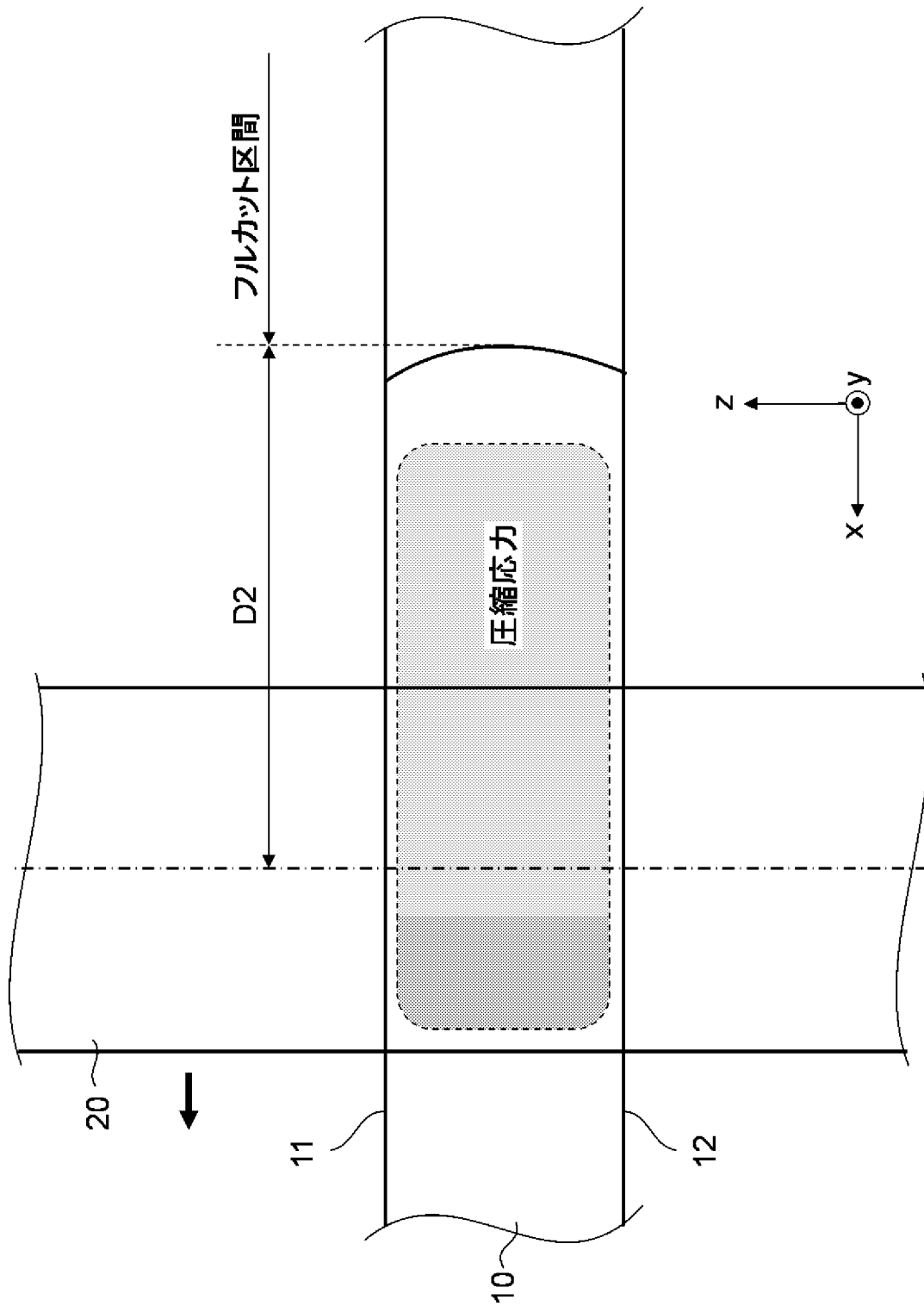
[図6]



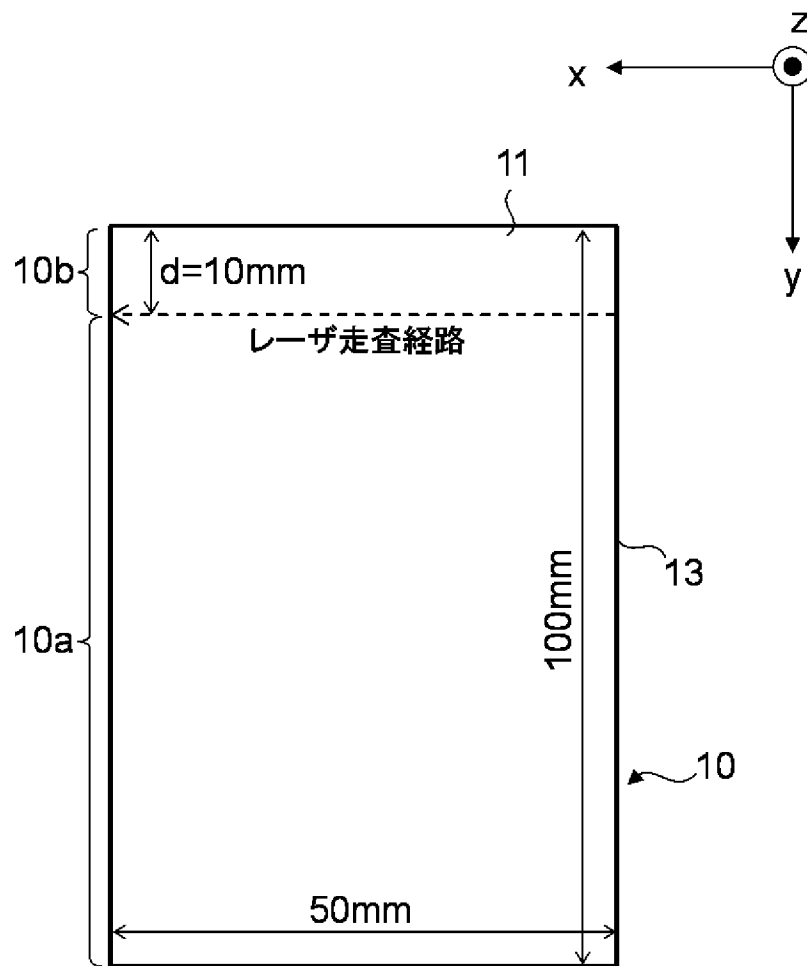
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

No.	P [W]	v [mm/s]	W ₁ [mm]	W ₂ [mm]	t [mm]	W ₁ /t	W ₂ /t	$\Delta\epsilon_1$ [mm]	$\Delta\epsilon_2$ [mm]	切断形態
11	300	20	0.60	0.63	1.1	0.55	0.57	0.03	0.03	スクライプ形成後フルカット
12	340		0.80	0.83		0.73	0.75	0.05	0.05	スクライプ形成後フルカット
13	360	10	1.00	1.03		0.91	0.94	0.04	0.04	スクライプ形成後フルカット
14	480		1.20	1.23		1.09	1.12	0.16	0.16	フルカット(スクライプ未形成)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/060870

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03B33/09(2006.01)i, B23K26/00(2014.01)i, B23K26/073(2006.01)i, B28D1/22(2006.01)i

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)

C03B23/00-35/26, C03B40/00-40/04, B23K26/00-26/70, B28D1/22

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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	WO 2012/096284 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 19 July 2012 (19.07.2012), claims; paragraphs [0037] to [0046]; fig. 1A, 1B, 5, 8 & US 2013/0291598 A1 & US 2013/0291597 A1 & TW 201245063 A & TW 201242920 A & TW 201240931 A & TW 201240930 A & TW 201235326 A & JP 5201295 B & EP 2664592 A1 & EP 2664591 A1 & CN 103298757 A & CN 103298756 A	1-6
A	JP 05-305467 A (Central Glass Co., Ltd.), 19 November 1993 (19.11.1993), claims; example 1; drawings (Family: none)	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
02 July, 2014 (02.07.14)

Date of mailing of the international search report
15 July, 2014 (15.07.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/060870

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-179154 A (Shibuya Kogyo Co., Ltd.), 07 July 2005 (07.07.2005), claims; paragraphs [0013] to [0014]; fig. 2 (Family: none)	1-6
A	JP 2003-089538 A (Mitsuboshi Diamond Industrial Co., Ltd.), 28 March 2003 (28.03.2003), claims; paragraphs [0065] to [0071]; fig. 15 & JP 4482328 B & WO 2003/002471 A1 & TW 559620 B & CN 1464866 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C03B33/09(2006.01)i, B23K26/00(2014.01)i, B23K26/073(2006.01)i, B28D1/22(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. C03B23/00-35/26, C03B40/00-40/04, B23K26/00-26/70, B28D1/22

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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	WO 2012/096284 A1 (旭硝子株式会社) 2012. 07. 19, 特許請求の範囲、 [0 0 3 7] - [0 0 4 6]、図 1 A、図 1 B、図 5、図 8 & US 2013/0291598 A1 & US 2013/0291597 A1 & TW 201245063 A & TW 201242920 A & TW 201240931 A & TW 201240930 A & TW 201235326 A & JP 5201295 B & EP 2664592 A1 & EP 2664591 A1 & CN 103298757 A & CN 103298756 A	1-6
A	JP 05-305467 A (セントラル硝子株式会社) 1993. 11. 19, 特許請求の範囲、実施例 1、図面（ファミリーなし）	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

0 2 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

大工原 大二

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 5

4 T

9 3 4 3

C (続き) . 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	JP 2005-179154 A (澁谷工業株式会社) 2005. 07. 07, 特許請求の範囲、【 0 0 1 3 】 - 【 0 0 1 4 】、図 2 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2003-089538 A (三星ダイヤモンド工業株式会社) 2003. 03. 28, 特許請求の範囲、【 0 0 6 5 】 - 【 0 0 7 1 】、図 1 5 & JP 4482328 B & WO 2003/002471 A1 & TW 559620 B & CN 1464866 A	1-6