(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
2012 年 7 月 19 日(19.07.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/096285 A1

(51) 国際特許分類:
C03B 33/09 (2006.01) *B23K 26/14* (2006.01)
B23K 26/00 (2006.01) *B23K 26/38* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/050335

(22) 国際出願日: 2012 年 1 月 11 日(11.01.2012)

(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 2011-003496 2011 年 1 月 11 日(11.01.2011) JP
特願 2011-190024 2011 年 8 月 31 日(31.08.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 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; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 齋藤 勲(**SAITO, Isao**) [JP/JP]; 〒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). 小池 章夫(**KOIKE, Akio**) [JP/JP]; 〒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). 岩永 泰成(**IWANAGA, Yasunari**) [JP/JP]; 〒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). 小林 裕介(**KOBAYASHI, Yusuke**) [JP/JP]; 〒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). 岩崎 達弥(**IWASAKI, Tatsuya**) [JP/JP]; 〒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: 伊東 忠彦(**ITOH, Tadahiko**); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目１番１号 丸の内ＭＹ ＰＬＡＺＡ （明治安田生命ビル） １６階 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

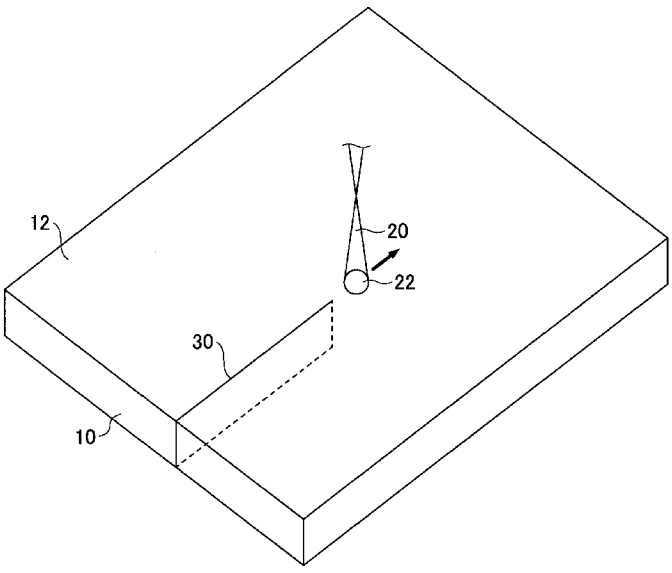
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

(54) **Title**: CUTTING METHOD FOR STRENGTHENED GLASS PLATE

(54) 発明の名称 : 強化ガラス板の切断方法

[図1A]



(57) **Abstract**: A cutting method for a strengthened glass plate, having a step that irradiates a laser light (20) on the surface (12) of the strengthened glass plate (10) and moves the irradiation area (22) for the laser light (20) on top of the surface (12) of the strengthened glass plate (10), and which cuts the strengthened glass plate (10) by causing a crack penetrating the strengthened glass plate (10) in the plate thickness direction to follow behind the irradiation area (22). By irradiating the laser light (20) on the surface (12) of the strengthened glass plate (10), an intermediate layer (17) in the irradiation area (22) is heated at an annealing point temperature max., a tensile stress or a compression stress smaller than the value for the internal residual tensile stress is formed in the intermediate layer (17) in the center of the irradiation area (22), and the extension of the crack is restrained.

(57) 要約: 強化ガラス板の切断方法は、強化ガラス板１０の表面１２にレーザ光２０を照射し、強化ガラス板１０の表面１２上でレーザ光２０の照射領域２２を移動させる工程を有し、照射領域２２の後方に強化ガラス板１０を板厚方向に貫通するクラックを追従させて強化ガラス板１０を切断する。レーザ光２０を強化ガラス板１０の表面１２に照射することにより、照射領域２２における中間層１７を徐冷点以下の温度で加熱し、照射領域２２の中心における中間層１７に内部残留引張応力の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を形成させ、クラックの伸展を抑制させる。

WO 2012/096285 A1

ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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 ： 強化ガラス板の切断方法

技術分野

[0001] 本発明は、強化ガラス板の切断方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、携帯電話やＰＤＡなどの携帯機器において、ディスプレイ（タッチパネルを含む）の保護や美観などを高めるため、カバーガラス（保護ガラス）を用いることが多くなっている。また、ディスプレイの基板として、ガラス基板が広く用いられている。

[0003] 一方、携帯機器の薄型化・軽量化が進行しており、携帯機器に用いられるガラスの薄板化が進行している。ガラスが薄くなると強度が低くなるので、ガラスの強度不足を補うため、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を有する強化ガラスが開発されている。強化ガラスは、自動車用窓ガラスや建築用窓ガラスとしても用いられている。

[0004] 強化ガラスは、例えば風冷強化法や化学強化法などで作製される。風冷強化法は、軟化点付近の温度のガラスを表面及び裏面から急冷し、ガラスの表面及び裏面と内部との間に温度差をつけることで、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を形成する。一方、化学強化法は、ガラスの表面及び裏面をイオン交換し、ガラスに含まれる小さなイオン半径のイオン（例えば、Ｌｉイオン、Ｎａイオン）を、大きなイオン半径のイオン（例えば、Ｋイオン）に置換することで、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を形成する。いずれの方法でも、反作用として、表面層と裏面層との間に、引張応力が残留する中間層を形成することになる。

[0005] 強化ガラスを製造する場合、製品サイズのガラスを１枚ずつ強化処理するよりも、製品サイズよりも大型のガラスを強化処理した後、切断して多面取りすることが効率的である。

[0006] そこで、強化ガラス板を切断する方法として、強化ガラス板の表面にレー

ザ光を照射し、強化ガラス板の表面上で、レーザ光の照射領域を移動させることで、強化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１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２００８－２４７７３２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ところで、上記の特許文献１では、レーザ光の光源として、炭酸ガスレーザを用いているので、レーザ光の大部分が強化ガラス板の表面近傍で熱として吸収されてしまう。そのため、ガラス表面におけるレーザ光の照射領域の直下に、残留引張応力よりも大きい引張応力が生じる。その結果、切断時に形成されるクラックが、レーザ光の照射領域を越えて、意図しない方向に急激に伸展することがあり、切断線の軌跡精度の悪化、すなわち切断線が所望の切断予定線から外れたり、または切断できずにガラスが粉砕したりすることもある。この傾向は、残留引張応力が大きくなるほど顕著である。

[0009] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、切断線の軌跡精度が良好な強化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

[0010] 上記目的を解決するため、本発明の一の態様による強化ガラス板の切断方法は、

残留圧縮応力を有する表面層及び裏面層と、表面層と裏面層との間に形成され、内部残留引張応力を有する中間層とを備える強化ガラス板を、該強化ガラス板の表面にレーザ光を照射し、該表面上で切断予定線に沿って前記レーザ光の照射領域を移動させ、前記照射領域の後方に前記強化ガラス板を板厚方向に貫通するクラックを追従させて前記強化ガラス板を切断する強化ガラス板の切断方法において、

前記レーザ光の前記照射領域における前記中間層を徐冷点以下の温度で加熱し、前記照射領域の中心における前記中間層に前記内部残留引張応力の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を形成させ、前記クラックの伸展を抑制させることを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、切断線の軌跡精度が良好な強化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

[0012] [図1A]本発明の第１の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（１）である。

[図1B]本発明の第１の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（２）である。

[図2A]レーザ光を照射する前の化学強化ガラス板の残留応力の分布例を示す模式図である。

[図2B]レーザ光を照射する前の風冷強化ガラス板の残留応力の分布例を示す模式図である。

[図3]レーザ光を照射する前の強化ガラス板の一例を示す断面図である。

[図4]レーザ光の照射領域の真円度の一例を示す説明図である。

[図5]レーザ光の集光位置の一例を示す模式図である。

[図6]レーザ光の光軸の一例を示す模式図である。

[図7]図１ＢのＡ－Ａ線に沿った断面における応力の分布例を示す模式図である。

[図8]図１ＢのＢ－Ｂ線に沿った断面における応力の分布例を示す模式図である。

[図9]本発明の第２の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。

[図10A]本発明の第３の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（１）である。

[図10B]本発明の第３の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（２）である。

[図11A]本発明の第４の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（１）である。

[図11B]本発明の第４の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（２）である。

[図12]本発明の第５の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。

[図13]例７－１～例７－２における強化ガラス板の表面の切断予定線を示す図である。

[図14]本発明の第１の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図（３）である。

発明を実施するための形態

[0013] 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て説明する。

[0014] ［第１の実施形態］

図１Ａ及び図１Ｂは、本発明の第１の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。図１Ｂは、図１Ａの平面図である。図１Ａ及び図１Ｂに示すように、強化ガラス板１０の表面（一方の主面）１２にレーザ光２０を照射し、強化ガラス板１０の表面１２上で、レーザ光２０の照射領域２２を移動させることで、強化ガラス板１０に応力を印加して、強化ガラス板１０を切断する。

[0015] 強化ガラス板１０は、例えば風冷強化法や化学強化法などで作製される。強化用のガラスの種類は、用途に応じて選択される。例えば、自動車用窓ガラスや建築用窓ガラス、ＰＤＰ用のガラス基板、カバーガラスの場合、強化用のガラスとしては、ソーダライムガラスが用いられる。また、ＬＣＤ用のガラス基板の場合、強化用のガラスとしては、アルカリ金属元素を実質的に含まない無アルカリガラスが用いられる。

[0016] 風冷強化法は、軟化点付近の温度のガラスを表面及び裏面（両主面）から

急冷し、ガラスの表面及び裏面（両主面）と内部との間に温度差をつけることで、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を形成する。風冷強化法は、厚いガラスを強化するのに好適である。

[0017] 化学強化法は、ガラスの表面及び裏面（両主面）をイオン交換し、ガラスに含まれる小さなイオン半径のイオン（例えば、Ｌｉイオン、Ｎａイオン）を大きなイオン半径のイオン（例えば、Ｋイオン）に置換することで、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を形成する。化学強化法は、アルカリ金属元素を含むソーダライムガラスを強化するのに好適である。

[0018] これらの風冷強化法、化学強化法では、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を形成する反作用として、表面層と裏面層との間に引張応力が残留する中間層を形成することになる。

[0019] 図２Ａは、レーザ光を照射する前の化学強化ガラス板の残留応力の分布例を示す模式図である。図２Ｂは、レーザ光を照射する前の風冷強化ガラス板の残留応力の分布例を示す模式図である。図３は、レーザ光を照射する前の強化ガラス板の一例の断面図である。図３において、矢印の方向は、応力の作用方向を示し、矢印の大きさは、応力の大きさを示す。

[0020] 図３に示すように、強化ガラス板１０は、圧縮応力が残留する表面層１３及び裏面層１５と、表面層１３と裏面層１５との間に設けられ、引張応力が残留する中間層１７とを有する。強化ガラス板１０の端面の表層は、圧縮応力が残留する層のみで構成されても良いし、圧縮応力が残留する層と引張応力が残留する層とで構成されても良い。

[0021] 図２Ａ及び図２Ｂに示すように、表面層１３及び裏面層１５に残留する圧縮応力（＞０）は、強化ガラス板１０の表面１２及び裏面１４から内部に向けて徐々に小さくなる傾向がある。化学強化の場合、図２Ａに示すように、中間層１７に残留する引張応力（＞０）はほぼ一定である。また、風冷強化の場合、図２Ｂに示すように、中間層１７に残留する引張応力（＞０）は、ガラスの内部から表面１２及び裏面１４に向けて徐々に小さくなる。

[0022] 図２Ａ及び図２Ｂにおいて、ＣＳは表面層１３や裏面層１５における最大

残留圧縮応力（表面圧縮応力）（＞０）、ＣＴは中間層１７における内部残留引張応力（中間層１７の残留引張応力の平均値）（＞０）、ＣＭ（図２Ｂ参照）は中間層１７における最大残留引張応力、ＤＯＬは表面層１３や裏面層１５の厚さをそれぞれ示す。ＣＳやＣＴ、ＣＭ、ＤＯＬは、強化処理条件で調節可能である。例えば、ＣＳやＣＴ、ＣＭ、ＤＯＬは、風冷強下法の場合、ガラスの冷却速度などで調節可能である。また、ＣＳやＣＴ、ＣＭ、ＤＯＬは、化学強化法の場合、ガラスを処理液（例えば、KNO_3溶融塩）に浸漬してイオン交換するので、処理液の濃度や温度、浸漬時間などで調節可能である。なお、本実施形態の表面層１３及び裏面層１５は、同じ厚さ、同じ最大残留圧縮応力を有するが、異なる厚さを有しても良いし、異なる最大残留圧縮応力を有しても良い。

[0023] 強化ガラス板１０の表面１２には、切断予定線に沿って、スクライブ線（溝線）が予め形成されていない。スクライブ線を予め形成しても良いが、この場合、工程数が増えるので、作業が繁雑である。また、スクライブ線を予め形成すると、ガラスが欠けることがある。

[0024] 強化ガラス板１０の端部には、切断開始位置に、初期クラックが予め形成されている。初期クラックの形成方法は、一般的な方法であって良く、例えばカッタやヤスリ、レーザで形成される。工程数を削減するため、初期クラックを予め形成しなくても良い。特に、強化ガラス板１０の端部が切断前に予め回転砥石などで研削されている場合、研削時にマイクロクラックが形成されるので、初期クラックを予め形成しなくて良い。

[0025] 強化ガラス板１０の表面１２上において、レーザ光２０の照射領域２２（例えばレーザ光２０の照射領域２２の中心）は、強化ガラス板１０の端部から内側に向けて、切断予定線に沿って、直線状や曲線状に移動される。これによって、強化ガラス板１０の端部から内側に向けてクラック３０（図１Ａ及び図１Ｂ参照）を形成し、強化ガラス板１０を切断する。レーザ光２０の照射領域２２は、Ｐ字状に移動されても良く、この場合、移動経路に含まれる切断予定線の終端は、切断予定線の途中と交わる。

[0026] 強化ガラス板１０の表面１２上において、レーザ光２０の照射領域２２を移動させるため、強化ガラス板１０を支持する支持体を、移動または回転しても良いし、レーザ光２０の光源を移動しても良い。また、レーザ光２０の経路の途中に設けられるミラーを回転しても良い。

[0027] 強化ガラス板１０の表面１２上において、レーザ光２０の照射領域２２は、例えば図１Ａ及び図１Ｂに示すように、円状に形成されているが、矩形状や楕円状などであっても良く、その形状に制限はない。なお、照射領域２２の真円度は０．５Ｒ以下が好ましい。真円度が０．５Ｒ以下であると、強化ガラス板１０の表面１２上で曲線形状の切断予定線に沿って照射領域２２の中心を移動させるとき、照射領域２２の回転制御の要求精度が低いので好ましい。また、照射領域２２の回転制御の精度が同程度の場合、切断予定線の法線方向における照射領域２２の幅の変化が小さくなるため、切断精度が高くなる。例えば、切断予定線の曲率半径が小さい場合であっても精度良く切断できる。より好ましくは、真円度が０．３Ｒ以下である。さらに好ましくは、真円度が０．２Ｒ以下である。ここで、真円度は、図４に示すように、照射領域２２の外接円Ｃ１１及び内接円Ｃ１２である２つの同心円の半径Ｒ、ｒの差である。なお、Ｒは照射領域２２の外接円Ｃ１１の半径を示し、ｒは照射領域２２の内接円Ｃ１２の半径を示す。

[0028] 強化ガラス板１０の表面１２上において、レーザ光２０の照射領域２２は、強化ガラス板１０の厚さや、最大残留圧縮応力（ＣＳ）、内部残留引張応力（ＣＴ）、表面層１３や裏面層１５の厚さ（ＤＯＬ）、レーザ光２０の光源出力などに応じた速度で移動される。

[0029] レーザ光２０の光源としては、特に限定されないが、例えば、ＵＶレーザ（波長：３５５ｎｍ）、グリーンレーザ（波長：５３２ｎｍ）、半導体レーザ（波長：８０８ｎｍ、９４０ｎｍ、９７５ｎｍ）、ファイバーレーザ（波長：１０６０～１１００ｎｍ）、ＹＡＧレーザ（波長：１０６４ｎｍ、２０８０ｎｍ、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）などが挙げられる。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良い。

[0030] 光源から出射されたレーザ光２０は、集光レンズなどで集光され、強化ガラス板１０の表面１２に結像される。

[0031] レーザ光２０の集光位置は、強化ガラス板１０の表面１２を基準として、レーザ光源側であっても良いし、裏面１４側であっても良い。また、加熱温度が高くなりすぎない、すなわち徐冷点以下を保てる集光面積であれば、図５に示すように、レーザ光２０の集光位置は強化ガラス板１０中、特に中間層１７内であっても良い。

[0032] レーザ光２０の集光位置が中間層１７内にある場合、レーザ光２０によって応力が発生する領域を最小にできるので、切断精度を高めることができると共に、レーザ光２０の光源出力を低減することができる。

[0033] ところで、詳しくは後述するが、レーザ光２０は、強化ガラス板１０を通過する過程で熱として吸収され、強度が低くなる。

[0034] レーザ光２０の集光位置が裏面１４またはその近傍（例えば裏面層１５と中間層１７との境界）にある場合、裏面１４におけるレーザ光２０の単位面積あたりの強度（パワー密度）が高くなるので、表面１２の加熱温度と、裏面１４の加熱温度との差が小さくなる。よって、加熱効率が良く、レーザ光２０の光源出力が低減される。

[0035] レーザ光２０の光軸２１は、強化ガラス板１０の表面１２において、例えば図１Ａ及び図５（図１Ａでは光軸の図示を省略する）に示すように表面１２と直交していても良いし、図６に示すように表面１２と斜めに交わっていても良い。表面１２で反射するレーザ光２０が、レーザ発振器に影響を及ぼすおそれがある場合、レーザ光２０の光軸２１が表面１２と斜めに交わると、ほとんどの反射光がレーザ発振器に戻らないため、影響を小さくすることができる。また、強化ガラス板１０の表面１２にレーザ光２０を吸収する性

質を有する膜１８が形成されているような場合、レーザ光２０が膜１８に吸収されることで表面１２が加熱され、強化ガラス板１０を切断することができない。しかしながら、図６に示すように、レーザ光２０の光軸２１が表面１２と斜めに交わると、切断予定線が膜１８の縁と重なっていても切断が可能となる。膜１８としては、例えば、意匠性向上のためのセラミック膜や樹脂膜、及び、機能性向上のための透明電極膜等が挙げられる。

[0036] 従来の方法は、レーザ光のみの作用で切断するため、残留引張応力が大きな強化ガラスでは中間層の残留引張応力によるクラックが意図しない方向に急激に伸展し、所望の形状で切断出来なかった。

[0037] 一方、本実施形態では、強化ガラス板１０とレーザ光２０とが後述の式を満たすことによって、レーザ光２０のみの作用ではなく、中間層１７の残留引張応力によるクラックの伸展を利用して強化ガラス板１０を切断する。すなわち、詳しくは後述するが、上記条件でレーザ光２０の照射領域２２における中間層１７を徐冷点以下の温度で加熱することによって、中間層１７の残留引張応力によって強化ガラス板１０に生じるクラック３０の伸展を制御して、残留引張応力によるクラック３０によって強化ガラス板１０を切断することが可能となる。なお、中間層１７を徐冷点以下の温度で加熱するのは、徐冷点を超えて加熱すると、レーザ光が通過する短時間でもガラスが高温となり粘性流動が発生しやすい状態となるため、この粘性流動によりレーザ光によって発生させた圧縮応力が緩和されるからである。

[0038] 図７は、図１ＢのＡ－Ａ線に沿った断面における応力の分布例を示す模式図であって、レーザ光の照射領域を含む断面における応力の分布例を示す模式図である。図８は、図１ＢのＢ－Ｂ線に沿った断面における応力の分布例を示す模式図であって、図７に示す断面よりも後方の断面における応力の分布例を示す模式である。ここで、「後方」とは、レーザ光２０の走査方向後方を意味する。図７及び図８において、矢印の方向は、応力の作用方向を示し、矢印の長さは、応力の大きさを示す。

[0039] レーザ光２０の照射領域２２における中間層１７では、レーザ光２０の強

度が十分に高いので、温度が周辺に比べて高くなり、図２Ａ、図２Ｂ及び図３に示す残留引張応力よりも小さい引張応力、または、圧縮応力が生じる。残留引張応力よりも小さい引張応力、または、圧縮応力が生じている部分では、クラック３０の伸展が抑制される。クラック３０の伸展を確実に防止するため、図７に示すように、圧縮応力が生じていることが好ましい。

[0040] なお、レーザ光２０の照射領域２２における表面層１３や裏面層１５では、図２Ａ、図２Ｂ及び図３に示す残留圧縮応力よりも大きい圧縮応力が生じているので、クラック３０の伸展が抑制されている。

[0041] 図７に示す圧縮応力との釣り合いのため、図７に示す断面よりも後方の断面では、図８に示すように、中間層１７に引張応力が生じる。この引張応力は、残留引張応力よりも大きく、引張応力が所定値に達している部分に、クラック３０が形成される。クラック３０は強化ガラス板１０の表面１２から裏面１４まで貫通しており、本実施形態の切断は所謂フルカット切断である。

[0042] この状態で、レーザ光２０の照射領域２２を移動させると、強化ガラス板１０の内部において照射領域２２の位置が前述したように図７のような応力分布になっているため、クラック３０が切断予定線から外れて自走するようなことはなく、照射領域２２の位置に追従するようにクラック３０の先端位置が移動する。従って、レーザ光２０によってクラック３０の伸展を制御できる。

[0043] 図１４は、照射領域２２近傍における強化ガラス板１０の板厚中心の応力分布を、切断予定線に沿った断面で示す図である。本実施形態では、強化ガラス板１０の内部において、切断予定線に沿って図１４のような応力を形成している。すなわち、レーザ光２０の照射領域２２の中心における中間層１７において、内部残留引張応力（ＣＴ）の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を形成させ、クラックの伸展を抑制している（図１４では圧縮応力を形成した例を示す）。言い換えると、本実施形態では内部残留引張応力（ＣＴ）の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を形成することによ

り、切断予定線上の照射領域２２後方から追従してくるクラックが照射領域２２を追い越して伸展していくことを防止している。なお、レーザ光２０の照射領域２２の中心における中間層１７に、内部残留引張応力（ＣＴ）の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を形成することで、この応力が形成された箇所の切断予定線における前後には、内部残留引張応力（ＣＴ）の値よりも大きい引張応力が形成されている。特に、照射領域２２の後方に形成される内部残留引張応力（ＣＴ）の値よりも大きい引張応力によって、クラックの伸展が促される。なお、切断予定線における照射領域２２の後方では、クラックの伸展により強化ガラス板１０が切断されているため、応力がゼロとなっている。

[0044] 強化ガラス板１０を通過するレーザ光２０は、強化ガラス板１０の表面１２における強度をI_0とし、強化ガラス板１０中を距離Ｌ（ｃｍ）だけ移動したときのレーザ光２０の強度をＩとすると、$I = I_0 \times \exp(-\alpha \times L)$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に対する強化ガラス板１０の吸収係数（cm^{-1}）を表す。

[0045] レーザ光２０は、強化ガラス板１０の表面１２に対して垂直に入射すると、強化ガラス板１０の厚さｔ（ｃｍ）と同じ距離を移動して裏面１４から出射する。この場合、強化ガラス板１０とレーザ光２０とが$0 < \alpha \times t \leqq 3.0$の式を満たすことによって、好適にレーザ光２０が強化ガラス板１０の表面で吸収されずに内部にまで到達するようになる。こうして、強化ガラス板１０の内部が十分に加熱され、上述のように強化ガラス板１０に生じる応力は図３に示す状態から図７や図８に示す状態に変化する。

[0046] このように、本実施形態では、$\alpha \times t$を０より大きく３．０以下とすることで、強化ガラス板１０において、レーザ光２０によってクラック３０の伸展を好適に制御できる。そして、照射領域２２の直後をクラック３０が伸展するため、切断線が照射領域２２の移動軌跡どおりに形成されるため、切断精度を向上できる。なお、クラック３０の先端は、照射領域２２の直後を追

従するのでなく、照射領域２２と重なって追従しても良い。クラック３０の先端が照射領域２２に近いほど、または重なっていることが切断精度をより向上させる。

[0047] ガラスは、用途によっては、高い透明度が要求されるので、使用レーザ波長が可視光の波長領域に近い場合はα×ｔは０に近いほど良い。しかし、α×ｔは、小さすぎると吸収効率が悪くなるので、好ましくは０．０００５以上（レーザ光吸収率０．０５％以上）、より好ましくは０．００２以上（レーザ光吸収率０．２％以上）、さらに好ましくは０．００４以上（レーザ光吸収率０．４％以上）である。

[0048] ガラスは、用途によっては、逆に低い透明度が要求されるので、使用レーザ波長が可視光の波長領域に近い場合はα×ｔは大きいほど良い。しかし、α×ｔが大きすぎるとレーザ光の表面吸収が大きくなるのでクラック伸展を制御できなくなる。このため、α×ｔは、好ましくは３．０以下（レーザ光吸収率９５％以下）、より好ましくは０．１０５以下（レーザ光吸収率１０％以下）、さらに好ましくは０．０２以下（レーザ光吸収率２％以下）である。

[0049] ところで、本発明者の知見によると、中間層１７の内部残留引張応力（ＣＴ）が３０ＭＰａ以上になると、中間層１７の残留引張応力のみで、強化ガラス板１０に形成されたクラックが自然に伸展する（自走する）。

[0050] そこで、切断に使用される引張応力のうち、中間層１７の残留引張応力が、レーザ光２０によって発生する引張応力よりも支配的となるように、内部残留引張応力（ＣＴ）は、１５ＭＰａ以上であることが好ましい。これによって、強化ガラス板１０の内部において、引張応力が所定値に達する位置（即ち、クラック３０の先端位置）と、レーザ光２０の位置との間の距離が十分に短くなるので、切断精度を向上できる。

[0051] 中間層１７の内部残留引張応力（ＣＴ）は、より好ましくは３０ＭＰａ以上、さらに好ましくは４０ＭＰａである。内部残留引張応力（ＣＴ）が３０ＭＰａ以上であると、切断に使用される引張応力は中間層１７の残留引張応

力のみとなり、切断線の軌跡精度をさらに向上できる。

[0052] 本実施形態の化学強化ガラスの切断において、内部残留引張応力（ＣＴ）の上限値は１２０ＭＰａである。現在の技術では、強化処理の技術上の理由で、１２０ＭＰａ程度までしか強化できないが、内部残留引張応力（ＣＴ）が１２０ＭＰａを超える化学強化ガラスを製造できれば、本発明を適用することも当然に可能である。

[0053] 吸収係数（α）は、レーザ光２０の波長、強化ガラス板１０のガラス組成などで定まる。例えば、強化ガラス板１０中の酸化鉄（ＦｅＯ、Fe_2O_3、Fe_3O_4を含む）の含有量、酸化コバルト（ＣｏＯ、Co_2O_3、Co_3O_4を含む）の含有量、酸化銅（ＣｕＯ、Cu_2Oを含む）の含有量が多くなるほど、１０００ｎｍ付近の近赤外線波長領域での吸収係数（α）が大きくなる。さらに、強化ガラス板１０中の希土類元素（例えばＹｂ）の酸化物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。

[0054] １０００ｎｍ付近の近赤外線波長領域での吸収係数（α）は、用途に応じて設定される。例えば、自動車用窓ガラスの場合、吸収係数（α）は３cm^{-1}以下であることが好ましい。また、建築用窓ガラスの場合、吸収係数（α）は０．６cm^{-1}以下であることが好ましい。また、ディスプレイ用ガラスの場合、吸収係数（α）は０．２cm^{-1}以下であることが好ましい。

[0055] レーザ光２０の波長は、２５０～５０００ｎｍであることが好ましい。レーザ光２０の波長を２５０～５０００ｎｍとすることで、レーザ光２０の透過率と、レーザ光２０による加熱効率とを両立できる。レーザ光２０の波長は、より好ましくは３００～４０００ｎｍ、さらに好ましくは８００～３０００ｎｍである。

[0056] 強化ガラス板１０中の酸化鉄の含有量は、強化ガラス板１０を構成するガラスの種類によるが、例えば０．０２～１．０質量％である。この範囲で酸化鉄の含有量を調節することで、１０００ｎｍ付近の汎用の近赤外線レーザを用いてα×ｔを所望の範囲に調節可能である。酸化鉄の含有量を調節する

代わりに、酸化コバルトや酸化銅、希土類元素の酸化物の含有量を調節しても良い。

[0057] 強化ガラス板１０の厚さ（ｔ）は、用途に応じて設定される。

[0058] 強化ガラス板１０が化学強化ガラスの場合、強化ガラス板１０の厚さ（ｔ）は０．０１～０．２ｃｍであることが好ましい。厚さ（ｔ）を０．２ｃｍ以下とすることで、内部残留引張応力（ＣＴ）を十分に高めることができる。一方、厚さ（ｔ）が０．０１ｃｍ未満になると、ガラスに化学強化処理を施すことが難しい。厚さ（ｔ）は、より好ましくは０．０３～０．１５ｃｍ、さらに好ましくは０．０５～０．１５ｃｍである。

[0059] 強化ガラス板１０が風冷強化ガラスの場合、強化ガラス板１０の厚さ（ｔ）は０．１～３ｃｍであることが好ましい。厚さ（ｔ）を３ｃｍ以下とすることで、内部残留引張応力（ＣＴ）を十分に高めることができる。一方、厚さ（ｔ）が０．１ｃｍ未満になると、ガラスに風冷強化処理を施すことが難しい。厚さ（ｔ）は、より好ましくは０．１５～２ｃｍ、さらに好ましくは０．２～１．５ｃｍである。

[0060] 強化ガラス板１０の表面（レーザ光２０が入射する面）１２において、レーザ光２０の照射領域２２は、円形に形成されている場合、０．１８ｍｍよりも大きく、且つ、強化ガラス板１０の厚さよりも小さい直径（Φ）を有することが好ましい。直径（Φ）が強化ガラス板１０の厚さ以上になると、レーザ光２０の照射領域２２が広すぎ、加熱領域が広すぎるので、切断面の一部（特に切断開始部分や切断終了部分）が僅かに湾曲することがある。直径（Φ）は１．０３ｍｍよりも小さくてよい。また、直径（Φ）が０．５ｍｍ以下であれば、クラック３０の位置制御性を高めるため切断精度が向上し、より好ましい。一方、直径（Φ）が０．１８ｍｍ以下になると、レーザ光２０のパワー制御にばらつきが生じた際にパワー密度が高くなり過ぎ、切断面が荒れて、微細な亀裂が形成されることがある。しかしながら、例えばα×ｔが０．１０５以下（レーザ光吸収率１０％以下）のように小さければ、パワー制御にばらつきが生じパワー密度が高くなったとしても影響を受けにく

いため、直径（Φ）が０．１８ｍｍ以下の場合でも、切断精度が向上することがある。また、レーザ光２０のパワー制御の精度が高ければ、α×ｔの値にかかわらず直径（Φ）が０．１８ｍｍ以下の場合でも、切断精度が向上することがある。

[0061] ［第２の実施形態］

図９は、本発明の第２の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。図９において、図１Ａと同一構成には同一符号を付して説明を省略する。

[0062] 本実施形態では、第１の実施形態と同様に、強化ガラス板１０の表面１２にレーザ光２０を照射し、強化ガラス板１０の表面１２上で、レーザ光２０の照射領域２２を移動させることで、強化ガラス板１０を切断する。

[0063] また、本実施形態では、強化ガラス板１０とレーザ光２０とが、レーザ光２０に対する強化ガラス板１０の吸収係数をα（cm^{-1}）とし、強化ガラス板１０の厚さをｔ（ｃｍ）として、０＜α×ｔ≦３．０の式を満たすことによって、中間層１７の残留引張応力よるクラックの伸展を利用して強化ガラス板１０を切断する。すなわち、レーザ光２０の照射領域２２における中間層１７を徐冷点以下の温度で加熱することによって、中間層１７の残留引張応力によって強化ガラス板１０に生じるクラック３０の伸展を制御することが可能となる。従って、本実施形態でも、第１の実施形態と同様の効果が得られる。

[0064] これに加えて、本実施形態では、図９に示すように、強化ガラス板１０の表面１２にガス４０を吹き付け、強化ガラス板１０の表面１２上でガス４０の吹き付け領域４２をレーザ光２０の照射領域２２と連動して（照射領域２２と共に）移動させる。吹き付け領域４２は、照射領域２２と重なっていても良いし、照射領域２２の近傍に配されても良い。また、吹き付け領域４２は、照射領域２２に先行しても良いし、照射領域２２に追従しても良い。ガス４０としては、特に限定されないが、例えば圧縮空気などが用いられる。

[0065] 圧縮空気によって、強化ガラス板１０の表面１２に付着している付着物（

例えば粉塵）を吹き飛ばして、付着物がレーザ光２０を吸収するのを防止できる。よって、強化ガラス板１０の表面１２が過熱されるのを防止できる。

[0066] ガス４０は、強化ガラス板１０を局所的に冷却する冷却ガスであっても良く、この場合、ガス４０の吹き付け領域４２は、図９に示すようにレーザ光２０の照射領域２２の移動方向後方近傍に位置するように、照射領域２２に追従させても良い。これによって、レーザ光２０の照射領域２２の移動方向後方近傍において、高い温度勾配が生じるので、引張応力が所定値に達する位置（即ち、クラック３０の先端位置）と、レーザ光２０の位置との間の距離が短くなる。よって、クラック３０の位置制御性が高まるため、切断精度をさらに向上できる。

[0067] ［第３の実施形態］

図１０Ａ及び図１０Ｂは、本発明の第３の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。図１０Ａは強化ガラス板の断面を示す断面図、図１０Ｂは強化ガラス板の表面を拡大して示す平面図である。図１０Ａにおいて、矢印方向はガスの流れ方向を示す。図１０Ａ及び図１０Ｂにおいて、図１Ａ及び図９等と同一構成には同一符号を付して説明を省略する。

[0068] 上記第２の実施形態ではガス４０の吹き付け領域４２がレーザ光２０の照射領域２２の後方近傍に配されるのに対し、本実施形態ではガス４０の吹き付け領域４２の外縁よりも内側にレーザ光２０の照射領域２２が配される点で相違する。その他の構成は第２の実施形態と同様であるので、相違点を中心に説明する。

[0069] ガス４０は、強化ガラス板１０を局所的に冷却する冷却ガスである。ガス４０の吹き付け領域４２の外縁よりも内側に、レーザ光２０の照射領域２２が配される。

[0070] ガス４０の吹き付け領域４２は、ガス４０の噴出口であるノズル５０の出口５２を、ノズル５０の中心軸５１と平行な方向に、強化ガラス板１０の表面１２に投影した領域のことである。

[0071] 図１０Ｂに示すように、強化ガラス板１０の表面１２上で、ガス４０の吹

き付け領域４２の外縁よりも内側にレーザ光２０の照射領域２２が配されているので、強化ガラス板１０の加熱領域を絞ることができる。よって、レーザ光２０の照射領域２２の後方近傍において、高い温度勾配が生じるので、引張応力が所定値に達する位置（即ち、クラック３０の先端位置）と、レーザ光２０の位置との間の距離が短くなる。よって、クラック３０の位置制御性が高まるため、切断精度をさらに向上できる。

[0072] ノズル５０は、例えば図１０Ａに示すように筒状に形成され、ノズル５０の内部をレーザ光２０が通過して良い。ノズル５０の中心軸５１と、レーザ光２０の光軸２１とは同軸的に配置されて良い。ガス４０の吹き付け領域４２と、レーザ光２０の照射領域２２との位置関係が固定されるので、位置関係の変更が不要な場合に有効である。

[0073] ［第４の実施形態］

図１１Ａ及び図１１Ｂは、本発明の第４の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。図１１Ａは、図１１ＢのＡ－Ａ線に沿った断面図である。図１１Ｂは、強化ガラス板の平面図である。図１１Ａ及び図１１Ｂにおいて、図１Ａ等と同一構成には同一符号を付して説明を省略する。

[0074] 上記第１の実施形態ではレーザ光２０が強化ガラス板１０の表面１２に対して垂直に入射するのに対し、本実施形態ではレーザ光２０が強化ガラス板１０の表面１２に対して斜めに入射する点で相違する。その他の構成は第２の実施形態と同様であるので、相違点を中心に説明する。

[0075] レーザ光２０の照射領域２２の移動方向視で、図１１Ａに示すようにレーザ光２０が強化ガラス板１０の表面１２に斜めに入射するので、強化ガラス板１０の切断面が板厚方向に対して斜めになる。よって、強化ガラス板１０の切断で得られる切断片同士の板厚方向への分離が可能である。

[0076] レーザ光２０の光軸２１の入射角βが大きくなるほど、スネルの法則に従って屈折角γが大きくなるので、強化ガラス板１０の切断面の板厚方向に対する傾きが大きくなる。この傾きが大きくなるほど、切断後の板厚方向への分離が容易となるが、切断後の切断面の面取り加工が面倒になる。

[0077] 入射角βは、レーザ光２０の光軸２１と、強化ガラス板１０の表面１２における切断予定線１１との位置関係に応じて設定される。例えば図１１Ｂに示すように平面視（板厚方向視）でレーザ光２０の光軸２１が切断予定線１１に対して垂直に配置される場合、入射角βは１～６０°の範囲内で設定される。尚、平面視（板厚方向視）で、レーザ光２０の光軸２１は、切断予定線１１に対して斜めに配置されても良い。

[0078] レーザ光２０は、強化ガラス板１０の表面１２に対して斜めに入射すると、ｔ／ｃｏｓγの距離を移動して裏面１４から出射する。この場合、強化ガラス板１０とレーザ光２０とが０＜α×ｔ／ｃｏｓγ≦３．０の式を満たすことによって、レーザ光２０が強化ガラス板１０の表面１２近傍で吸収されずに内部にまで到達するようになる。従って、第１の実施形態と同様に、中間層１７の残留引張応力によって強化ガラス板１０に生じるクラック３０の伸展を制御することが可能となる。従って、本実施形態でも、第１の実施形態と同様の効果が得られる。

[0079] 尚、本実施形態において、第２及び第３の実施形態と同様に、強化ガラス板１０の表面１２にガス４０を吹き付け、強化ガラス板１０の表面１２上でガス４０の吹き付け領域４２をレーザ光２０の照射領域２２と連動して移動させても良い。ガス４０の吹き付け領域４２は、レーザ光２０の照射領域２２と重なっていても良いし、レーザ光２０の照射領域２２の近傍に配されても良い。また、ガス４０の吹き付け領域４２の外縁よりも内側に、レーザ光２０の照射領域２２が配置されても良い。

[0080] ［第５の実施形態］

図１２は、本発明の第５の実施形態に係る強化ガラス板の切断方法の説明図である。図１２において、図１Ａと同一のまたは対応する構成には同一のまたは対応する符号を付して説明を省略する。

[0081] 上記第１の実施形態では１枚の強化ガラス板１０を切断するのに対し、本実施形態では複数枚（例えば３枚）の強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃを積層した状態で同時に切断する点で相違する。例えばα×ｔが０．１０５以下（レ

ーザ光吸収率１０％以下）のように小さければ、各強化ガラス１０板の表面に照射されたレーザ光のほとんどは透過されるため、積層された複数枚の強化ガラス板１０を同時に切断することが可能である。その他の構成は第２の実施形態と同様であるので、相違点を中心に説明する。

[0082] 本実施形態では、強化ガラス板１０Ａ～１０ＣをＮ枚（Ｎは２以上の自然数）積層してなる積層体１１０の表面（一方の主面）１１２にレーザ光２０を照射し、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃ上でレーザ光２０の照射領域２２を移動させることにより、Ｎ枚の強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃを切断する。

[0083] Ｎ枚の強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃは、互いに異なるガラス組成を有しても良いが、同じガラス組成を有することが好ましい。Ｎ枚の強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃは、互いに異なる厚さを有しても良いが、同じ厚さを有することが好ましい。Ｎ枚の強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃは、互いに異なる熱膨張係数を有しても良いが、同じ熱膨張係数を有することが好ましい。Ｎ枚の強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃは、互いに異なる吸収係数αを有しても良いが、同じ吸収係数αを有することが好ましい。

[0084] 積層体１１０において、互いに隣り合う強化ガラス板同士（例えば強化ガラス板１０Ａと強化ガラス板１０Ｂ）は接していても良いし、離れていても良い。また、積層体１１０において、互いに隣り合う強化ガラス板同士（例えば強化ガラス板１０Ａと強化ガラス板１０Ｂ）の間に樹脂等のスペーサを設けても良い。

[0085] レーザ光２０は、積層体１１０の表面（図において上面）１１２に対して垂直に入射して良い。即ち、レーザ光２０は、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃに対して垂直に入射して良い。

[0086] 各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃとレーザ光２０とは、レーザ光２０に対する各強化ガラス板１０の吸収係数をα_i（cm^{-1}）、各強化ガラス板１０の厚さをt_i（ｃｍ）として、$0 < \alpha_i \times t_i \leqq 3.0$（ｉは１以上、Ｎ以下の任意の自然数）の式を満たす。

[0087] レーザ光２０は、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃに対して垂直に入射すると、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの厚さt_i（ｃｍ）と同じ距離を移動して裏面から出射する。この場合、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃとレーザ光２０とが$0<\alpha_i \times t_i \leqq 3.0$の式を満たすことによって、レーザ光２０が各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃ近傍で吸収されずに内部にまで到達するようになる。従って、第１の実施形態と同様に、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの中間層の残留引張応力によって各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃに生じるクラックの伸展を制御することが可能となる。従って、本実施形態でも、第１の実施形態と同様の効果が得られる。

[0088] 尚、本実施形態において、第２及び第３の実施形態と同様に、積層体１１０の表面１１２にガス４０を吹き付け、積層体１１０の表面１１２上でガス４０の吹き付け領域４２をレーザ光２０の照射領域２２と連動して移動させても良い。ガス４０の吹き付け領域４２は、レーザ光２０の照射領域２２と重なっていても良いし、レーザ光２０の照射領域２２の近傍に配されてもよい。また、ガス４０の吹き付け領域４２の外縁よりも内側に、レーザ光２０の照射領域２２が配置されても良い。

[0089] また、本実施形態では、レーザ光２０が各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃに対して垂直に入射するが、第４の実施形態と同様に、レーザ光２０が各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃに対して斜めに入射しても良い。この場合、各強化ガラス板１０とレーザ光２０とは、各強化ガラス板１０Ａ～１０Ｃの表面１２Ａ～１２Ｃでのレーザ光２０の屈折角をγ_iとして、$0<\alpha_i \times t_i / \cos\gamma_i \leqq 3.0$（ｉは１以上、Ｎ以下の任意の自然数）の式を満たす。

実施例

[0090] 以下に、実施例などにより本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらの例によって限定されるものではない。

[0091] ［例１－１～例１－４］

（化学強化ガラス板の作製）

化学強化用のガラス板として、複数種類の原料を混ぜて調製したガラス原料を溶解し、溶解した溶融ガラスを板状に成形し室温付近まで徐冷し、切断、切削、両面鏡面研磨することにより、所定の厚さを有する５０ｍｍ×５０ｍｍのガラス板を作製した。ガラス原料は、ガラス板のレーザ光に対する吸収係数（α）が所望の値となるように、同じ配合比のベース材に対する酸化鉄（Fe_2O_3）の粉末の添加量を変えて調製した。

[0092] 各化学強化用ガラス板は、酸化物基準の質量%表示で、SiO_2：６０．７%、Al_2O_3：９．６%、ＭｇＯ：７．０%、ＣａＯ：０．１%、ＳｒＯ：０．１%、ＢａＯ：０．１%、Na_2O：１１．６%、K_2O：６．０%、ZrO_2：４．８%を含有しており、酸化鉄（Fe_2O_3）を外割りで所定量含有していた。

[0093] 各化学強化ガラス板は、上記の化学強化用ガラス板をKNO_3溶融塩に浸漬し、イオン交換処理した後、室温付近まで冷却することにより作製した。KNO_3溶融塩の温度や浸漬時間などの処理条件は、内部残留引張応力（ＣＴ）が所望の値となるように設定した。

[0094] 各化学強化ガラス板の内部残留引張応力（ＣＴ）は、表面応力計ＦＳＭ－６０００（折原製作所製）にて表面圧縮応力（ＣＳ）及び圧縮応力層の深さ（ＤＯＬ）を測定し、その測定値と、化学強化ガラス板の厚さ（ｔ）とから以下の数式（Ｉ）を用いて計算にて求めた。

$$CT = (CS \times DOL) / (t - 2 \times DOL) \qquad (I)$$

なお、測定の結果、各化学強化ガラス板の表面層及び裏面層は、同じ厚さ、同じ最大圧縮応力を有していた。

[0095] ちなみに、表面層及び裏面層が異なる厚さ、異なる最大圧縮応力を有している場合、内部残留引張応力（ＣＴ）は、下記の数式（II）を用いて計算にて求められる。

$$CT = (C1 \times D1 / 2 + C2 \times D2 / 2) / (t - D1 - D2) \qquad (II)$$

上記式（II）中、Ｃ１は表面層の最大残留圧縮応力、Ｄ１は表面層の厚さ、Ｃ２は裏面層の最大残留圧縮応力、Ｄ２は裏面層の厚さを示す。

[0096] （化学強化ガラス板の切断）

化学強化ガラス板の切断は、図１Ａ及び図１Ｂに示す切断方法で行った。各化学強化ガラス板の側面の切断開始位置にはヤスリで初期クラックを予め形成し、各化学強化ガラス板の表面にはスクライブ線を形成しなかった。

[0097] レーザ光の光源は、ファイバーレーザ（中心波長帯：１０７５～１０９５ｎｍ）とした。このレーザ光に対する各化学強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0098] レーザ光の光軸は、各化学強化ガラス板の表面に直交するように配置した。

[0099] レーザ光の照射領域は、各化学強化ガラス板の表面上において、切断予定線の一端（初期クラック）から他端まで５０ｍｍにわたって１０ｍｍ／ｓｅｃの一定速度で移動させた。移動経路の中心線である切断予定線は、矩形状の化学強化ガラス板の一辺と平行な直線状とし、一辺からの距離を１０ｍｍとした。レーザ光の照射領域の形状は、円状とした。

[0100] レーザ光の集光位置は、各化学強化ガラス板の表面（上面）から－１０．３～２０ｍｍ（上面を基準として上方（光源側）を正とする）の位置に配置した。レーザ光の集光角は、１．４～３３．４°とした。

[0101] （切断結果の評価）

切断結果は、（１）切断可否、（２）切断端部品質、（３）切断面品質、（４）最大ずれ量で評価した。

[0102] （１）切断可否は、化学強化ガラス板を切断予定線で切断できた場合を「○」とし、クラックの伸展を制御できずにクラックが切断予定線から外れ自走した場合及び切断できずにガラスが粉砕した場合を「×」とした。

[0103] （２）切断端部品質は、切断面を目視で観察し、切断面の端部（切断の開始部分及び終了部分）が平面であるか否かで評価した。切断面の端部が平面である場合を「○」とし、切断面の端部が湾曲面である場合を「×」とした

。

[0104] （３）切断面品質は、切断面を目視で観察し、切断面に亀裂が有るか否かで評価した。亀裂が視認できない場合を「○」とし、亀裂が視認できる場合を「×」とした。

[0105] なお、（２）切断端部品質や（３）切断面品質の評価が「×」の場合であっても、切断精度が良好であれば、用途によっては、使用可能である。

[0106] （４）最大ずれ量は、化学強化ガラス板の表面における切断予定線から切断線がどれだけ外れたかを表すものであって、切断予定線と直交する方向における変動幅を測定したものである。この最大ずれ量は、切断開始部分及び切断終了部分を除いて測定したものである。

[0107] 評価結果を、切断条件などと共に、表１に示す。

[0108]

[表1]

		例1-1	例1-2	例1-3	例1-4
レーザ光	光源出力(W)	180	200	50	4
	集光角度(°)	1.4	1.4	1.4	33.4
	集光位置(mm)	12.4	12.4	12.4	-0.8
	Φ(mm)	0.3	0.3	0.3	0.5
強化ガラス	CT(MPa)	68.2	115	43.6	65.5
	t(cm)	0.05	0.05	0.14	0.07
α(/cm)		0.09	0.09	0.48	38.3
α(/cm)×t(cm)		0.0045	0.0045	0.0672	2.68
切断可否		○	○	○	○
切断端部品質		○	○	○	○
切断面品質		○	○	○	○
最大ずれ量(mm)		0	0	0	0

表１に示す例１－１～例１－４では、切断可否、切断端部品質、切断面品質のいずれの評価も「○」であり、最大ずれ量は０ｍｍであった。

[0109] ［例１－５～例１－１０］

例１－５～例１－１０（比較例）では、例１－１～例１－４（実施例）と異なり、厚さ（ｔ）×吸収係数（α）の値を３．０超とし、化学強化ガラス

板の切断を試みた。

[0110] 例１－５では、厚さ（ｔ）を変更した他は、例１－４と同様にして、化学強化ガラス板を作製し、作製した化学強化ガラス板上で、レーザ光の照射領域を移動させた。

[0111] 例１－６～例１－１０では、レーザ光の光源として炭酸ガスレーザ（波長：１０６００ｎｍ）を用いて吸収係数（α）を変更した（例１－６～例１－８では厚さ（ｔ）も変更した）他は、例１－２と同様にして、化学強化ガラス板を作製し、作製した化学強化ガラス板上で、レーザ光の照射領域を移動させた。化学強化ガラス板の表面におけるレーザ光の照射領域は、レーザ光の照射時間を長くして、熱伝達時間を確保するため、その移動方向に長い楕円形状（長さ１２ｍｍ、幅３ｍｍ）とした。

[0112] 評価結果を、切断条件などと共に、表２に示す。

[0113]

[表2]

		例1-5	例1-6	例1-7	例1-8	例1-9	例1-10
レーザ光	光源出力(W)	4	25	20	25	15	30
	集光角度(°)	33.4	–	–	–	–	–
	集光位置(mm)	-0.8	–	–	–	–	–
	Φ(mm)	0.5	–	–	–	–	–
強化ガラス	CT(MPa)	44	15.3	18.1	25.2	28.1	46.7
	t(cm)	0.1	0.09	0.09	0.09	0.05	0.05
α(/cm)		38.3	1000以上	1000以上	1000以上	1000以上	1000以上
α(/cm)×t(cm)		3.83	90以上	90以上	90以上	50以上	50以上
切断可否		×	○	○	×	○	×
切断端部品質		–	×	×	–	×	–
切断面品質		–	○	○	–	○	–
最大ずれ量(mm)		–	0.7	0.3	–	0.35	–

表１及び表２から、厚さ（ｔ）×吸収係数（α）の値を３．０以下とすることで、化学強化ガラス板を、良好な切断精度で切断できることがわかる。

厚さ（ｔ）×吸収係数（α）の値が３．０を越えると、切断できないか、切断できても最大ずれ量が大きく、切断精度が悪かった。

[0114] ［例２－１～例２－２０］

例２－１～例２－２０（実施例）では、化学強化処理条件を変更して、内部残留引張応力（ＣＴ）を調節し、内部残留引張応力（ＣＴ）と最大ずれ量との関係を調べた。化学強化ガラス板の作製、切断、評価は、例１－１～例１－４と同様とした。評価結果を、切断条件などと共に、表３～表５に示す。

[0115]

[表3]

		例2-1	例2-2	例2-3	例2-4	例2-5	例2-6	例2-7
レーザ光	光源出力(W)	20	40	150	150	80	70	140
	集光角度(°)	5.7	11.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	集光位置(mm)	-4.8	-3	20	12	20	12	20
	Φ(mm)	0.5	0.6	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5
強化ガラス	CT(MPa)	21.4	21.4	27.8	27.8	27.9	27.9	36.3
	t(cm)	0.1	0.1	0.09	0.09	0.09	0.09	0.07
α(/cm)		2.99	2.99	0.3	0.3	0.8	0.8	0.3
α(/cm)×t(cm)		0.299	0.299	0.027	0.027	0.072	0.072	0.021
切断可否		○	○	○	○	○	○	○
切断端部品質		○	○	○	○	○	○	○
切断面品質		○	○	○	○	○	○	○
最大ずれ量(mm)		0.2	0.1	0.1	0.15	0.15	0.2	0.15

[0116]

[表4]

		例2-8	例2-9	例2-10	例2-11	例2-12	例2-13	例2-14
レーザ光	光源出力(W)	120	60	50	40	20	60	50
	集光角度(°)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	集光位置(mm)	12	12	8	20	12	20	12
	Φ(mm)	0.3	0.3	0.2	0.5	0.3	0.5	0.3
強化ガラス	CT(MPa)	36.3	36.5	36.5	40.8	40.8	43.6	43.6
	t(cm)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.14	0.14
α(/cm)		0.3	0.8	0.8	0.48	1.2	0.48	0.48
α(/cm)×t(cm)		0.021	0.056	0.056	0.0336	0.084	0.0672	0.0672
切断可否		○	○	○	○	○	○	○
切断端部品質		○	○	○	○	○	○	○
切断面品質		○	○	○	○	○	○	○
最大ずれ量(mm)		0	0.15	0	0	0	0	0

[0117]

［表5］

		例2-15	例2-16	例2-17	例2-18	例2-19	例2-20
レーザ光	光源出力(W)	20	30	50	40	70	70
	集光角度(°)	5.7	5.7	1.4	1.4	1.4	1.4
	集光位置(mm)	-4.8	-3	20	12	20	12
	Φ(mm)	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3
強化ガラス	CT(MPa)	47.4	47.4	50.8	50.8	74.6	74.6
	t(cm)	0.1	0.1	0.14	0.14	0.06	0.06
α(/cm)		2.99	2.99	1.2	1.2	0.8	0.8
α(/cm)×t(cm)		0.299	0.299	0.168	0.168	0.048	0.048
切断可否		○	○	○	○	○	○
切断端部品質		○	○	○	○	○	○
切断面品質		○	○	○	○	○	○
最大ずれ量(mm)		0	0	0	0	0	0

表３～表５から、内部残留引張応力（ＣＴ）を３０ＭＰａ以上とすることで、残留引張応力によるクラックの伸展が支配的になり、最大ずれ量を０ｍｍにできることがわかる。

[0118] ［例３－１～例３－８］

例３－１～例３－８（実施例）では、化学強化ガラス板の表面におけるレーザ光の照射領域の寸法形状を変更して、切断結果を評価した。化学強化ガラス板の作製、切断、評価は、例１－１～例１－４と同様とした。

[0119] 評価結果を、切断条件などと共に、表６に示す。

[0120]

[表6]

		例3-1	例3-2	例3-3	例3-4	例3-5	例3-6	例3-7	例3-8
レーザ光	光源出力(W)	20	30	20	30	20	20	40	30
	集光角度(°)	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	11.4	5.7
	集光位置(mm)	-1.8	-3	-4.8	-10.3	-1.8	-4.8	-4.8	-10.3
	Φ(mm)	0.18	0.3	0.5	1.03	0.18	0.5	0.95	1.03
強化ガラス	CT(MPa)	47.4	47.4	47.4	47.4	21.4	21.4	21.4	21.4
	t(cm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
α(/cm)		2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
α(/cm)×t(cm)		0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299
切断可否		○	○	○	○	○	○	○	○
切断端部品質		○	○	○	×	○	○	○	×
切断面品質		×	○	○	○	×	○	○	○
最大ずれ量(mm)		0	0	0	0	0.15	0.2	0.2	0.2

表６から、化学強化ガラス板の表面において、レーザ光の照射領域は、円

形に形成されている場合、直径（Φ）が０．１８ｍｍよりも大きく、化学強化ガラス板の厚さ（１．０ｍｍ）よりも小さいと、切断端部品質や切断面品質が良いことがわかる。直径（Φ）が０．１８ｍｍの場合、切断面に微細な亀裂があった。また、直径（Φ）が１．０３ｍｍの場合、切断面の端部が僅かに湾曲していた。

[0121] ［例４－１～例４－４］

例４－１～例４－４では、化学強化ガラス板を切断予定線で切断できる（クラックの自走やガラスの粉砕が起きない）最大のレーザ走査速度と、化学強化ガラス板の表面におけるレーザ光の直径との関係について調べた。

[0122] 各化学強化ガラス板としては、酸化物基準の質量％表示で、SiO_2：６１．０％、Al_2O_3：１２．８％、ＭｇＯ：６．６％、ＣａＯ：０．１％、ＳｒＯ：０．２％、ＢａＯ：０．２％、Na_2O：１２．２％、K_2O：５．９％、ZrO_2：１．０％を含有するものを用いた。

[0123] 各化学強化ガラス板において、表面圧縮応力（ＣＳ）は７３５ＭＰａ、圧縮応力層の深さ（ＤＯＬ）は５１．２（μｍ）、内部引張応力（ＣＴ）は３８（ＭＰａ）であった。

[0124] 各化学強化ガラス板（３００ｍｍ×３００ｍｍ×１．１ｍｍ）の切断は、図１０Ａ及び図１０Ｂに示す切断方法で行った。各化学強化ガラス板の側面の切断開始位置にはヤスリで初期クラックを予め形成し、各化学強化ガラス板の表面にはスクライブ線を形成しなかった。

[0125] ノズルの出口は、直径２ｍｍの円形であって、各化学強化ガラス板の表面との間のギャップＧ（図１０Ａ参照）が３ｍｍの位置に配置した。１００Ｌ／ｍｉｎの流量で室温の圧縮空気をノズルの出口から各化学強化ガラス板の表面に向けて噴射した。

[0126] ノズルの中心軸及びレーザ光の光軸は、各化学強化ガラス板の表面に直交するように同軸的に配置した。

[0127] レーザ光の光源としては、ファイバーレーザ（中心波長：１０７０ｎｍ）を用いた。レーザ光に対する各化学強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近

赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0128] レーザ光の集光位置は、各化学強化ガラス板の表面から０～２．８ｍｍ上方（裏面と反対側）の位置に配置した。レーザ光の集光角は、４°とした。

[0129] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、切断予定線の一端から他端まで３００ｍｍにわたってレーザ光の中心を移動させた。移動経路である切断予定線は、矩形状の各化学強化ガラス板の一辺（短辺）と平行な直線状とし、一辺からの距離を１０ｍｍとした。

[0130] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、レーザ光の直径を０．２ｍｍとすると共にレーザ光の中心を切断開始端から２．５ｍｍ／ｓｅｃの速度で１５ｍｍ移動させ、続いてレーザ光の中心をさらに５ｍｍ移動させる間にレーザ光の直径を表７に示す直径とした。その後、レーザ光の移動速度を目標の速度に加速し、目標の速度で維持した。切断可能であった最高速度を表７に示す。

[0131]

[表7]

		例4-1	例4-2	例4-3	例4-4
レーザ光	光源出力(W)	120	120	120	120
	集光角度(°)	4	4	4	4
	集光位置(mm)	0	0.7	1.4	2.8
	Φ(mm)	0.02	0.05	0.1	0.2
強化ガラス	CT(MPa)	38	38	38	38
	t(cm)	0.11	0.11	0.11	0.11
α(/cm)		0.09	0.09	0.09	0.09
α(/cm)×t(cm)		0.010	0.010	0.010	0.010
切断可能な最大速度(mm/s)		60	60	50	30

表７から、光源出力が一定の場合、化学強化ガラス板の表面において、レーザ光の直径が小さくなるほど、レーザ光の走査速度が向上できることがわかる。レーザ光の光源出力が一定の場合、化学強化ガラス板の表面において、レーザ光の直径が小さくなるほど、レーザ光のパワー密度（W／ｍｍ^2）が上がるので、加熱時間が短縮可能なためである。

[0132] ［例５－１～例５－２］

例５－１～例５－２では、化学強化ガラス板を切断予定線で切断できる（クラックの自走やガラスの粉砕が起きない）最小の光源出力と、ノズルの使用の有無との関係について調べた。

[0133] 各化学強化ガラス板としては、例４－１と同じ組成のガラス（ＣＳ＝６９

９（ＭＰａ）、ＤＯＬ＝６４．８（μｍ）、ＣＴ＝４６．７（ＭＰａ））を用いた。

[0134] 各化学強化ガラス板（１５０ｍｍ×１００ｍｍ×１．１ｍｍ）の切断は、図１０Ａ及び図１０Ｂに示す切断方法で行った。各化学強化ガラス板の側面の切断開始位置にはヤスリで初期クラックを予め形成し、各化学強化ガラス板の表面にはスクライブ線を形成しなかった。

[0135] レーザ光の光源としては、ファイバーレーザ（中心波長：１０７０ｎｍ）を用いた。レーザ光に対する各化学強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0136] レーザ光の集光位置は、各化学強化ガラス板の表面から０ｍｍ上方（裏面と反対側）の位置に配置した。レーザ光の集光角は、８．９°とした。

[0137] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、切断予定線の一端から他端まで１５０ｍｍにわたってレーザ光の中心を移動させた。移動経路である切断予定線は、矩形状の各化学強化ガラス板の一辺（短辺）と平行な直線状とし、一辺からの距離を１０ｍｍとした。

[0138] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、レーザ光の直径を０．２ｍｍとすると共にレーザ光の中心を切断予定線の切断開始端から２．５ｍｍ／ｓｅｃの速度で１５ｍｍ移動させ、続いてレーザ光の中心をさらに５ｍｍ移動させる間にレーザ光の直径を０．２ｍｍから０．１ｍｍに縮径した。その後、レーザ光の移動速度を目標の速度（１０ｍｍ／ｓｅｃ）に加速し、目標の速度で維持した。切断開始時に、移動速度が遅いのは、クラックの形成に時間がかかるためである。

[0139] 例５－１ではノズルを用いず、例５－２ではノズルを用いて化学強化ガラス板の表面に冷却ガスを吹き付けた。ノズルの中心軸は、各化学強化ガラス板の表面に直交するように、レーザ光の光軸と同軸的に配置した。ノズルの出口は、直径１ｍｍの円形であって、各化学強化ガラス板の表面との間のギャップＧ（図１０Ａ参照）が２ｍｍの位置に配置した。１５Ｌ／ｍｉｎの流量で室温の圧縮空気をノズルの出口から各化学強化ガラス板の表面に向けて

噴射した。切断可能であった最小の光源出力を表９に示す。

[0140] [表8]

		例5-1	例5-2
レーザ光	光源出力(W)	70	55
	集光角度(°)	8.9	8.9
	集光位置(mm)	0	0
	Φ(mm)	0.1	0.1
ノズルの有無		無	有
強化ガラス	CT(MPa)	46.7	46.7
	t(cm)	0.11	0.11
α(/cm)		0.09	0.09
α(/cm)×t(cm)		0.010	0.010
切断可否		○	○

表８から、冷却ガスを噴出するノズルを用いることで、光源出力を低減可能なことがわかる。

[0141] [例６－１～例６－５]

例６－１～例６－５では、化学強化ガラス板を切断予定線で切断できる（クラックの自走やガラスの粉砕が起きない）最小の光源出力と、レーザ光の集光位置との関係について調べた。

[0142] 各化学強化ガラス板としては、例５－１と同じ組成及び同じ物性のガラス（ＣＳ＝６９９（ＭＰａ）、ＤＯＬ＝６４．８（μｍ）、ＣＴ＝４６．７（ＭＰａ））を用いた。

[0143] 各化学強化ガラス板（１５０ｍｍ×１００ｍｍ×１．１ｍｍ）の切断は、図１０Ａ及び図１０Ｂに示す切断方法で行った。各化学強化ガラス板の側面の切断開始位置にはヤスリで初期クラックを予め形成し、各化学強化ガラス板の表面にはスクライブ線を形成しなかった。

[0144] レーザ光の光源としては、ファイバーレーザ（中心波長：１０７０ｎｍ）を用いた。レーザ光に対する各化学強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0145] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、切断予定線の一端から他端まで１５０ｍｍにわたってレーザ光の中心を移動させた。移動経路である切断予定線は、矩形状の各化学強化ガラス板の一辺（短辺）と平行な直線状とし、一辺からの距離を１０ｍｍとした。

[0146] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、レーザ光の直径を０．２ｍｍとすると共にレーザ光の中心を切断予定線の切断開始端から２．５ｍｍ／ｓｅｃの速度で１５ｍｍ移動させ、続いてレーザ光の中心をさらに５ｍｍ移動させる間にレーザ光の直径を０．２ｍｍから０．１ｍｍに縮径した。その後、レーザ光の移動速度を目標の速度（１０ｍｍ／ｓｅｃ）に加速し、目標の速度で維持した。切断開始時に、移動速度が遅いのは、クラックの形成に時間がかかるためである。

[0147] レーザ光の集光位置は、レーザ光の移動速度が低速の間、化学強化ガラス板の表面よりも１．３ｍｍ上方（裏面と反対側）の位置に設定した。レーザ光の移動速度が低速から高速に切り替わる前に、レーザ光の集光位置を変更した。変更後のレーザ光の集光位置は、例６－１では化学強化ガラス板の表

面から０．４ｍｍ上方の位置、例６－２では化学強化ガラス板の表面上の位置、例６－３では化学強化ガラス板の板厚方向中心の位置、例６－４では化学強化ガラス板の裏面上の位置、例６－５では化学強化ガラス板の裏面から０．４ｍｍ下方の位置に設定した。

[0148] ノズルの中心軸は、各化学強化ガラス板の表面に直交するように、レーザ光の光軸と同軸的に配置した。

[0149] ノズルの出口は、直径１ｍｍの円形であって、各化学強化ガラス板の表面との間のギャップＧ（図１０Ａ参照）が２ｍｍの位置に配置した。１５Ｌ／ｍｉｎの流量で室温の圧縮空気をノズルの出口から各化学強化ガラス板の表面に向けて噴射した。切断可能であった最小の光源出力を表９に示す。

[0150]

[表9]

		例6-1	例6-2	例6-3	例6-4	例6-5
レーザ光	光源出力(W)	60	55	50	48	55
	Φ(mm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	焦点位置	表面より上	表面	板厚中心	裏面	裏面より下
強化ガラス	CT(MPa)	46.7	46.7	46.7	46.7	46.7
	t(cm)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
α(/cm)		0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
α(/cm)×t(cm)		0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
切断可否		○	○	○	○	○

表９から、光源出力を低減するためには、レーザ光の集光位置は、化学強化ガラス板の表面と裏面との間にあることが好ましく、裏面に近いほど好ましいことがわかる。

[0151] ［例７－１～例７－２］

例７－１～例７－２では、異なるガラス組成の化学強化ガラス板の切断の可否を調べた。

[0152] 例７－１では、例４－１と同じ組成の化学強化ガラス板の切断を行った。一方、例７－２では、酸化物基準の質量％表示で、SiO_2：６２．０％、Al_2O_3：１７．１％、ＭｇＯ：３．９％、ＣａＯ：０．６％、Na_2O：１２．７％、K_2O：３．５％、SnO_2：０．３％を含有する化学強化ガラス板の切断を行った。

[0153] 各化学強化ガラス板（１２０ｍｍ×１００ｍｍ×０．８ｍｍ）の切断は、図１０Ａ及び図１０Ｂに示す切断方法で行った。各化学強化ガラス板の側面の切断開始位置にはヤスリで初期クラックを予め形成し、各化学強化ガラス板の表面にはスクライブ線を形成しなかった。

[0154] レーザ光の光源としては、ファイバーレーザ（中心波長：１０７０ｎｍ）を用いた。レーザ光に対する各化学強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0155] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、切断予定線の一端から他端までレーザ光の中心を移動させた。移動経路である切断予定線１１は、図１３に示すように、２つの直線状部分（長さ５５ｍｍ）１１－１、１１－４と、該２つの直線状部分１１－１、１１－４の間に配置される２つの曲線状部分（半径５ｍｍの１／４円弧状部分）１１－２、１１－３を含む。

[0156] 各化学強化ガラス板の表面と同一平面において、レーザ光の直径を０．２ｍｍとすると共にレーザ光の中心を切断予定線の切断開始端から２．５ｍｍ／ｓｅｃの速度で１５ｍｍ移動させ、続いてレーザ光の中心をさらに５ｍｍ移動させる間にレーザ光の直径を０．２ｍｍから０．１ｍｍに縮径した。その後、レーザ光の移動速度を目標の速度（１０ｍｍ／ｓｅｃ）に加速し、目標の速度で維持した。切断開始時に、移動速度が遅いのは、クラックの形成に時間がかかるためである。

[0157] レーザ光の集光位置は、各化学強化ガラス板の表面から０ｍｍ上方（裏面

と反対側）の位置に配置した。レーザ光の集光角は、８．９°とした。

[0158] ノズルの中心軸は、各化学強化ガラス板の表面に直交するように、レーザ光の光軸と同軸的に配置した。

[0159] ノズルの出口は、直径２ｍｍの円形であって、各化学強化ガラス板の表面との間のギャップＧ（図１０Ａ参照）が３ｍｍの位置に配置した。５０Ｌ／ｍｉｎの流量で室温の圧縮空気をノズルの出口から各化学強化ガラス板の表面に向けて噴射した。

[0160] 切断の評価結果を、切断条件などと共に、表１０に示す。

[0161]

[表10]

		例7-1	例7-2
レーザ光	光源出力(W)	37.5	200
	集光角度(°)	8.9	8.9
	集光位置(mm)	0	0
	Φ(mm)	0.1	0.1
強化ガラス	CT(MPa)	37.4	48
	t(cm)	0.08	0.08
α(/cm)		0.09	0.04
α(/cm)×t(cm)		0.007	0.003
切断可否		○	○

表１０から、化学強化ガラス板のガラス組成は特に限定されないことがわかる。

[0162] [例８－１～例８－２]

例８－１～例８－２では、化学強化ガラス板の表面に対してレーザ光を斜

めに入射した（図１１Ａ及び図１１Ｂ参照）他は、例５－２と同様にして、化学強化ガラス板の表面上で、レーザ光の照射領域を移動させた。

[0163] 評価結果を、切断条件などと共に、表１１に示す。

[0164] [表11]

		例8-1	例8-2
レーザ光	光源出力(W)	60	60
	Φ(mm)	0.1	0.1
	入射角β(°)	23.0	40.0
	屈折角γ(°)	15.1	25.4
強化ガラス	CT(MPa)	46.7	46.7
	t(cm)	0.11	0.11
α(/cm)		0.09	0.09
α(/cm)×t(cm)/cos γ		0.010	0.011
切断可否		○	○
切断面の傾斜角		14.4	23.2

表１１から、化学強化ガラス板の表面に対してレーザ光を斜めに入射することで、切断面が板厚方向に対して傾斜することがわかる。また、切断面の

傾斜角がレーザ光の屈折角と略同じことがわかる。

[0165] ［例９］

例９では、化学強化ガラス板を３枚重ねた積層体の切断の可否を調べた。

[0166] ３枚の化学強化ガラス板には、それぞれ、例４－１と同じ組成及び同じ物性のガラス（ＣＳ＝７３５（ＭＰａ）、ＤＯＬ＝５１．２（μｍ）、ＣＴ＝３７．７（ＭＰａ））を用いた。

[0167] ３枚の化学強化ガラス板（１５０ｍｍ×１００ｍｍ×１．１ｍｍ）は、図１２に示す切断方法で同時に切断した。各化学強化ガラス板の側面の切断開始位置にはヤスリで初期クラックを予め形成し、各化学強化ガラス板の表面にはスクライブ線を形成しなかった。

[0168] レーザ光の光源としては、ファイバーレーザ（中心波長帯：１０７５～１０９５ｎｍ、光源出力：８０Ｗ）を用いた。レーザ光に対する各化学強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0169] レーザ光の集光位置は、積層体の上面から９ｍｍ上方の位置に配置した。レーザ光の集光角は、１．６°とした。

[0170] 各化学強化ガラス板の上面と同一平面におけるレーザ光の直径は、それぞれ、上側から０．２４ｍｍ、０．２７ｍｍ、０．３０ｍｍであった。

[0171] 各化学強化ガラス板の上面と同一平面において、切断予定線の一端から他端まで１５０ｍｍにわたってレーザ光の中心を２．５ｍｍ／ｓｅｃの一定速度で移動させた。移動経路である切断予定線は、矩形状の化学強化ガラス板の一辺（短辺）と平行な直線状とし、一辺からの距離を１０ｍｍとした。

[0172] その結果、３枚の化学強化ガラス板を切断予定線に沿って同時に切断することができた。クラックの自走やガラスの粉砕は見られなかった。

[0173] ［例１０－１～例１０－２］

例１０－１～例１０－２では、風冷強化ガラス板の切断の可否を調べた。

[0174] 各風冷強化ガラス板は、複数種類の原料を混ぜて調製したガラス原料を溶解し、溶解した溶融ガラスを板状に成形して室温付近まで冷却し、切断、切

削、両面鏡面研磨することにより作製した。冷却の過程で、軟化点付近の温度のガラスを表面及び裏面から急冷し、圧縮応力が残留する表面層及び裏面層を形成した。急冷の条件は、内部残留引張応力（ＣＴ）が所望の値となるように設定した。

[0175] 各風冷強化ガラス板は、酸化物基準の質量％表示で、SiO_2：７２．４％、Al_2O_3：１．９％、ＭｇＯ：３．８％、ＣａＯ：８．３％、Na_2O：１２．７％、K_2O：１．０％を含有していた。

[0176] 各風冷強化ガラス板の最大残留引張応力（ＣＭ）は、表面応力計ＦＳＭ－６０００（折原製作所製）にて表面圧縮応力（ＣＳ）を測定し、その測定値から以下の数式（III）を用いて計算にて求めた。

ＣＭ＝ＣＳ／ａ　　（III）

数式（III）において、ａはガラスの急冷開始時の温度、ガラスの急冷速度、ガラスの厚さなどで決まる定数であって、通常は２．２～２．５の範囲内である。例１０－１～例１０－２では、ａの値として２．３５を用いた。

[0177] 各風冷強化ガラス板（３００ｍｍ×３００ｍｍ×５ｍｍ）の切断は、図１Ａ及び図１Ｂに示す切断方法で行った。各風冷強化ガラス板の側面は切断前に予め回転砥石で研削された面であるので、各風冷強化ガラス板の側面の切断開始位置には初期クラックを切断前に形成しなかった。また、各風冷強化ガラス板の表面には、スクライブ線を形成しなかった。

[0178] レーザ光の光源としては、ファイバーレーザ（中心波長：１０７０ｎｍ）を用いた。レーザ光に対する各風冷強化ガラス板の吸収係数は、紫外可視近赤外分光光度計Ｌａｍｂｄａ９５０を用いて測定した。

[0179] レーザ光の光軸は、各風冷強化ガラス板の表面に直交するように配置した。

[0180] レーザ光の集光位置は、各風冷強化ガラス板の表面から２５．６ｍｍ上方（裏面と反対側）の位置に配置した。レーザ光の集光角は、８．９°とした。

[0181] 各風冷強化ガラス板の表面と同一平面において、切断予定線の一端から他

端まで３００ｍｍにわたってレーザ光の中心を移動させた。移動経路である切断予定線は、矩形状の各風冷強化ガラス板の一辺（短辺）と平行な直線状とし、一辺からの距離を２０ｍｍとした。

[0182] 各風冷強化ガラス板の表面と同一平面において、レーザ光の照射領域は、直径４ｍｍの円形であって２．５ｍｍ／ｓｅｃの一定速度で移動させた。各風冷強化ガラス板の表面において、レーザ光の中心が切断開始端から１５ｍｍ以内の位置にある間はレーザ光の光源出力を例１０－１では２００Ｗ、例１０－２では２４０Ｗに設定し、その後は１００Ｗに設定した。

[0183]

[表12]

		例10-1	例10-2
レーザ光	光源出力(W)	100	100
	集光角度(°)	8.9	8.9
	集光位置(mm)	25.6	25.6
	Φ(mm)	4	4
強化ガラス	CM(MPa)	55	81
	t(cm)	0.5	0.5
α(/cm)		0.57	0.57
α(/cm)×t(cm)		0.285	0.285
切断可否		○	○

表１２から、本発明を風冷強化ガラス板に適用できることがわかる。

[0184] 以上、本発明の実施形態および実施例について説明したが、本発明は上記実施形態および上記実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形、変更が可能である。

[0185] 例えば、上記実施形態の図６に示すように、強化ガラス板１０の表面１２に膜１８が形成されている場合、パルスレーザによって切断予定線に沿って

膜１８を除去した後、切断しても良い。膜１８を除去する手段は、パルスレーザ等のレーザ光を用いるものに限らず、機械的手段によるもの等、膜を除去できるものであれば良い。

[0186] 本出願は、２０１１年１月１１日に日本国特許庁に出願された特願２０１１－００３４９６号、及び２０１１年８月３１日に日本国特許庁に出願された特願２０１１－１９００２４号に基づく優先権主張するものであり、特願２０１１－００３４９６号、及び特願２０１１－１９００２４号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

[0187] １０ 強化ガラス板
１１ 切断予定線
１２ 表面
１３ 表面層
１４ 裏面
１５ 裏面層
１７ 中間層
２０ レーザ光
２１ レーザ光の光軸
２２ レーザ光の照射領域
３０ クラック
４０ ガス
４２ ガスの吹き付け領域
５０ ノズル
５１ ノズルの中心軸
５２ ノズルの出口
１１０ 積層体
１１２ 積層体の表面

請求の範囲

[請求項1] 残留圧縮応力を有する表面層及び裏面層と、表面層と裏面層との間に形成され、内部残留引張応力を有する中間層とを備える強化ガラス板を、該強化ガラス板の表面にレーザ光を照射し、該表面上で切断予定線に沿って前記レーザ光の照射領域を移動させ、前記照射領域の後方に前記強化ガラス板を板厚方向に貫通するクラックを追従させて前記強化ガラス板を切断する強化ガラス板の切断方法において、

前記レーザ光の前記照射領域における前記中間層を徐冷点以下の温度で加熱し、前記照射領域の中心における前記中間層に前記内部残留引張応力の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を形成させ、前記クラックの伸展を抑制させることを特徴とする強化ガラス板の切断方法。

[請求項2] 前記強化ガラス板と前記レーザ光とは、

前記レーザ光が前記強化ガラス板の前記表面に対して垂直に入射する場合、前記レーザ光に対する前記強化ガラス板の吸収係数をα（cm^{-1}）、前記強化ガラス板の厚さをｔ（ｃｍ）として、$0<\alpha\times t\leqq 3.0$の式を満たし、

前記レーザ光が前記強化ガラス板の前記表面に対して斜めに入射する場合、前記強化ガラス板の前記表面での前記レーザ光の屈折角をγ（°）として、$0<\alpha\times t/\cos\gamma\leqq 3.0$の式を満たす請求項１に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項3] 前記レーザ光の波長が２５０～５０００ｎｍである請求項１または２に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項4] 前記中間層の内部残留引張応力が１５ＭＰａ以上である請求項１～３のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項5] 前記中間層の内部残留引張応力が３０ＭＰａ以上である請求項４に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項6] 前記強化ガラス板の前記表面において、前記レーザ光の照射領域は

、円状に形成されており、前記強化ガラス板の厚さよりも小さい直径を有する請求項１～５のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項7] 前記強化ガラス板は、化学強化ガラスである請求項１～６のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項8] 前記強化ガラス板の厚さは、０．０１ｃｍ以上０．２ｃｍ以下である請求項７に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項9] 前記強化ガラス板は、風冷強化ガラスである請求項１～６のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項10] 前記強化ガラス板の厚さは、０．１ｃｍ以上３ｃｍ以下である請求項９に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項11] 前記レーザ光の光軸は、前記強化ガラス板の表面に対して斜めである請求項１～１０のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

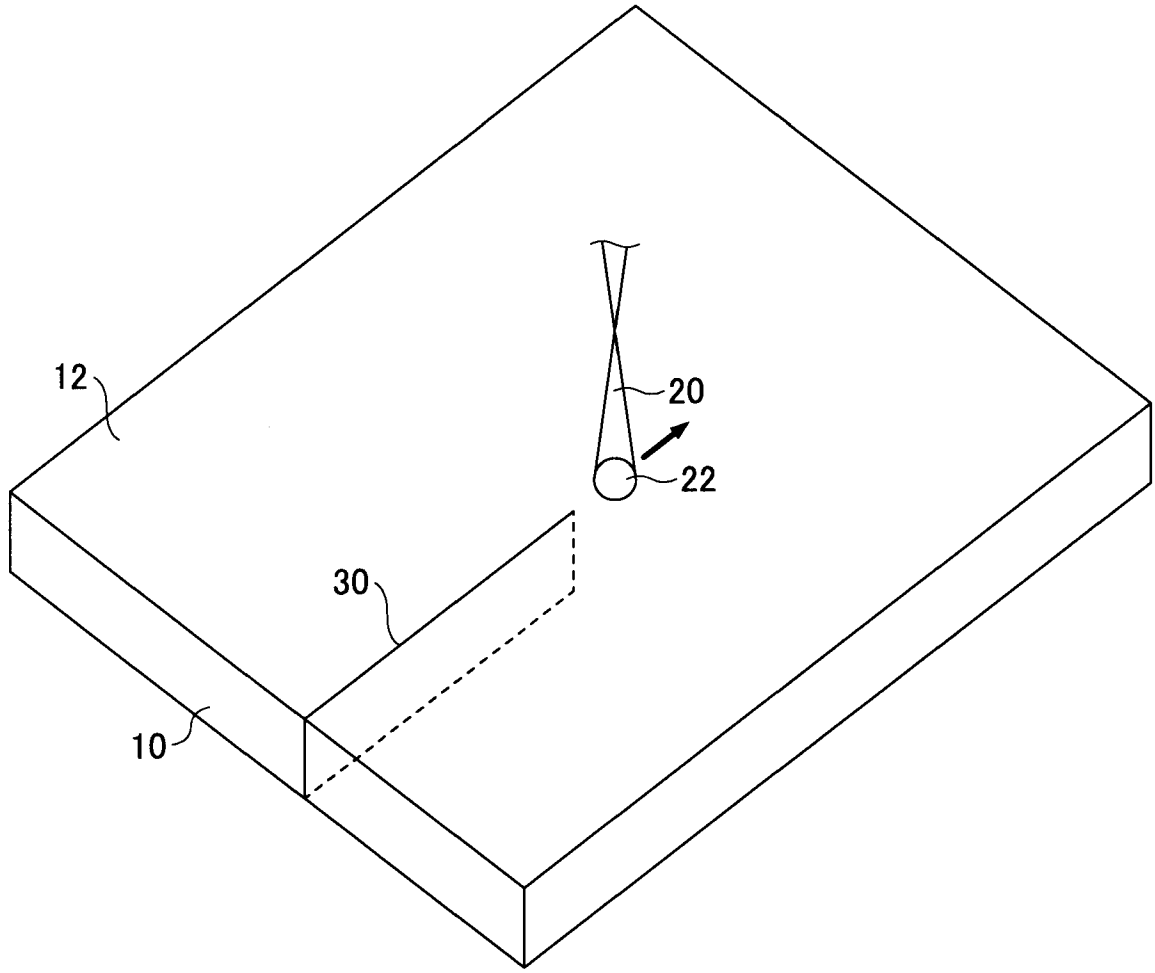
[請求項12] 前記強化ガラス板の前記表面において、前記レーザ光の照射領域の外接円の半径をＲとしたとき、前記照射領域の真円度が０．５Ｒ以下である請求項１～１１のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項13] 前記レーザ光の集光位置が、前記強化ガラス板の前記中間層に位置する請求項１～１２のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

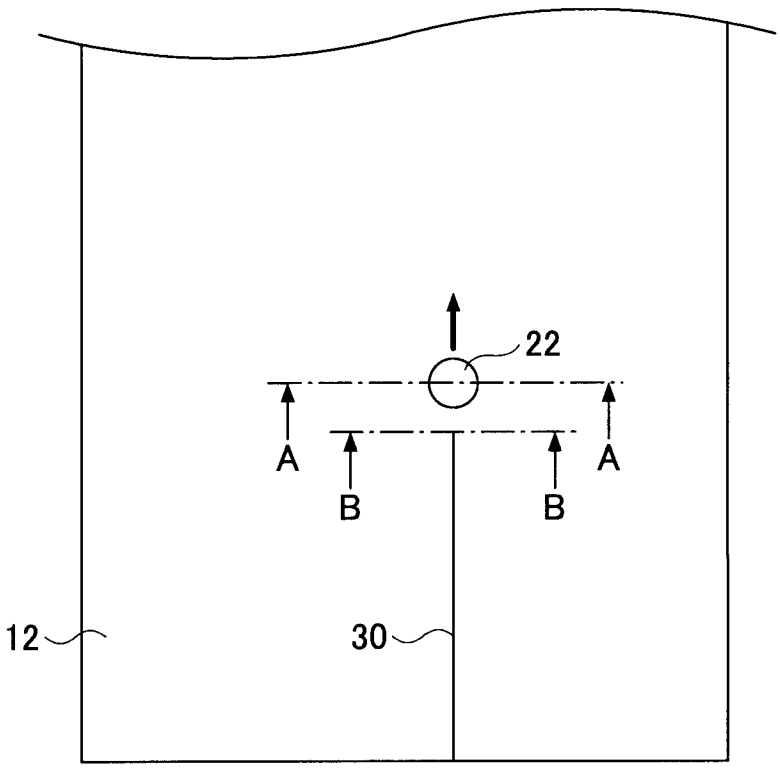
[請求項14] 前記強化ガラス板の表面にガスを吹き付け、前記強化ガラス板の表面上で、前記ガスの吹き付け領域を前記レーザ光の照射領域と連動して移動させる請求項１～１３のいずれか１項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項15] 前記ガスは、前記強化ガラス板を局所的に冷却する冷却ガスである請求項１４に記載の強化ガラス板の切断方法。

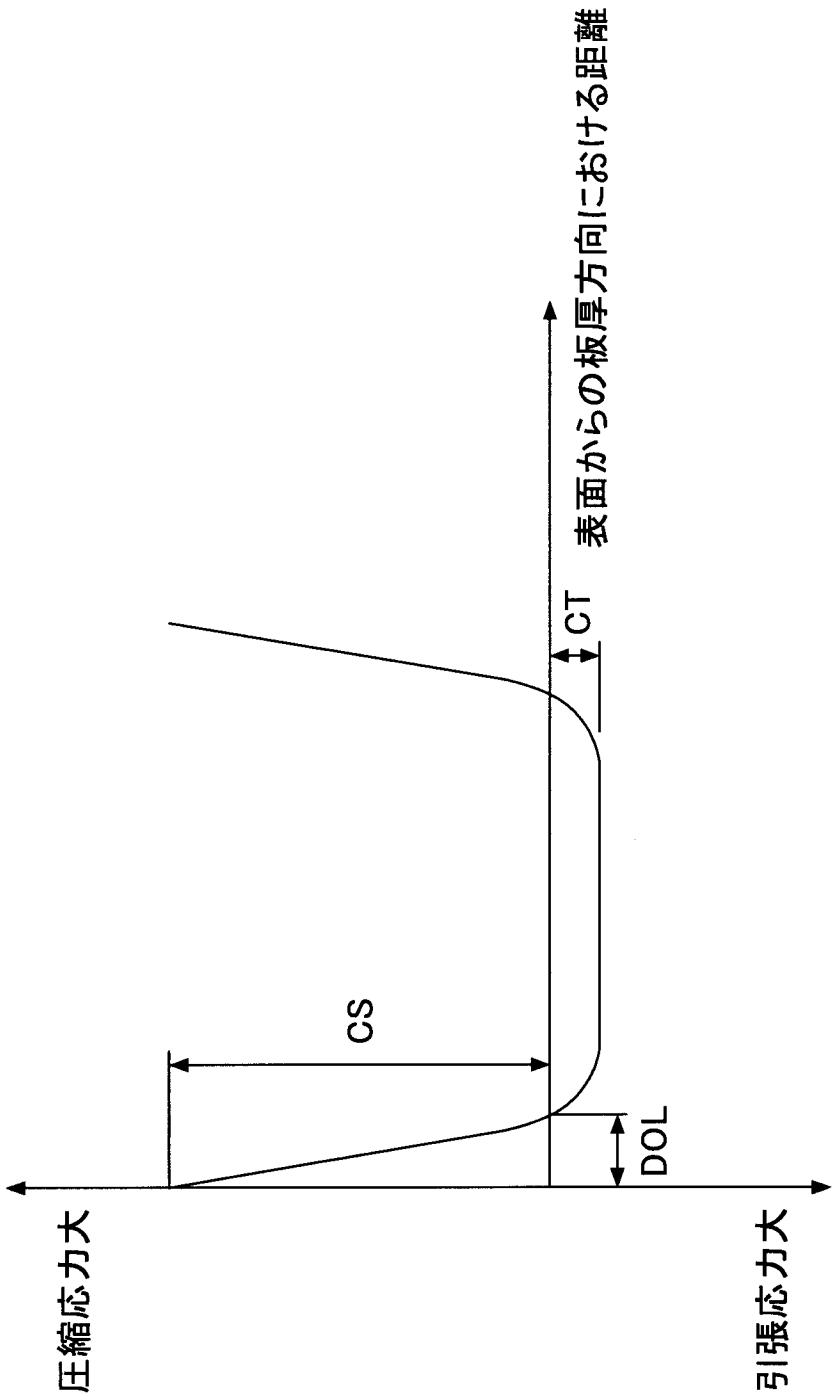
[図1A]



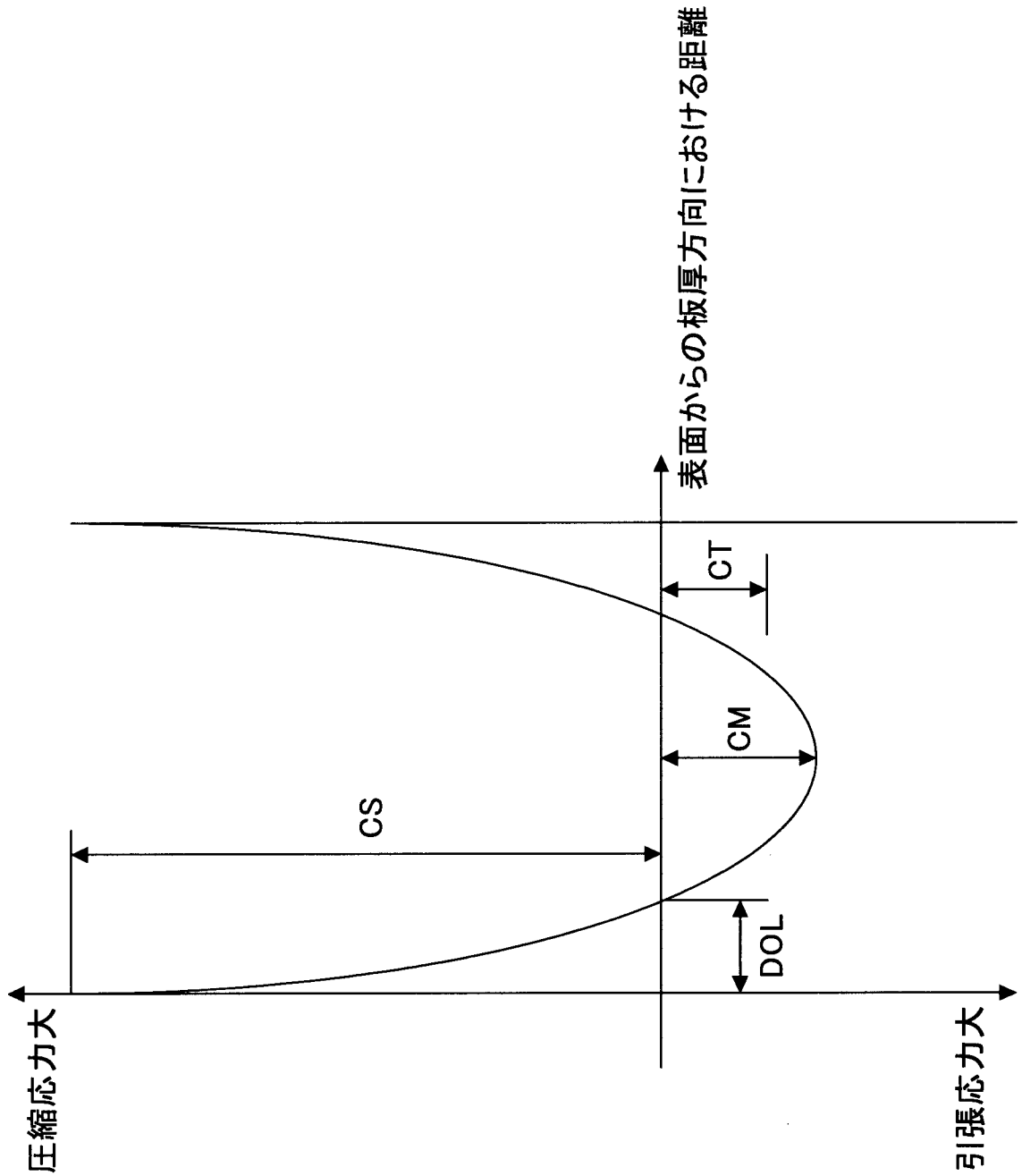
[図1B]



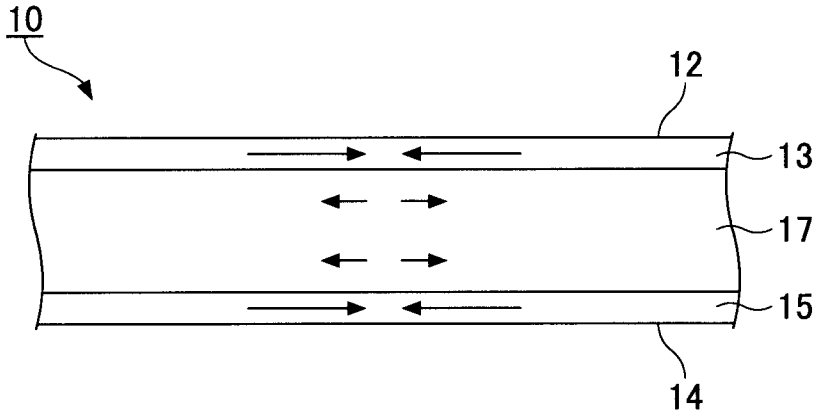
[図2A]



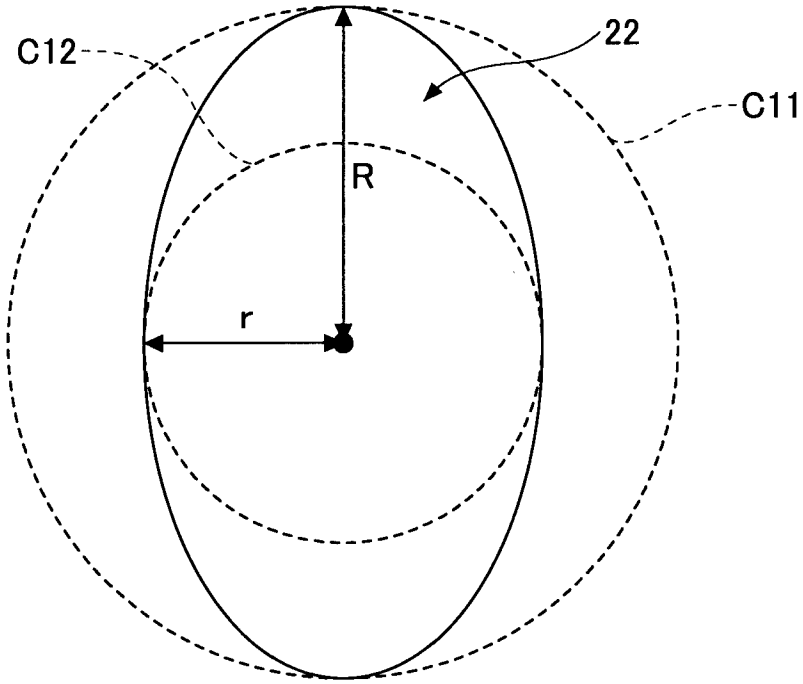
[図2B]



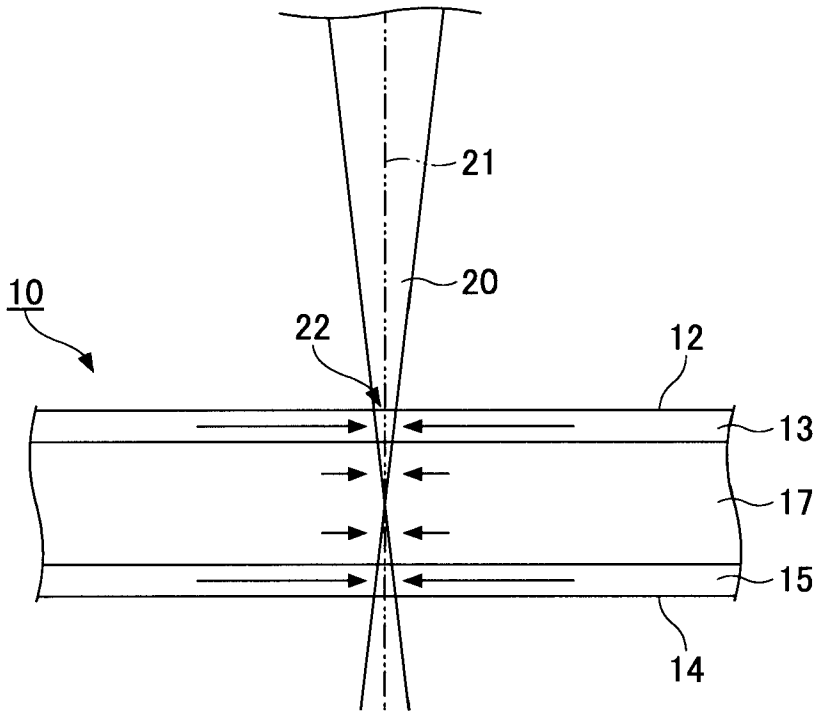
[図3]



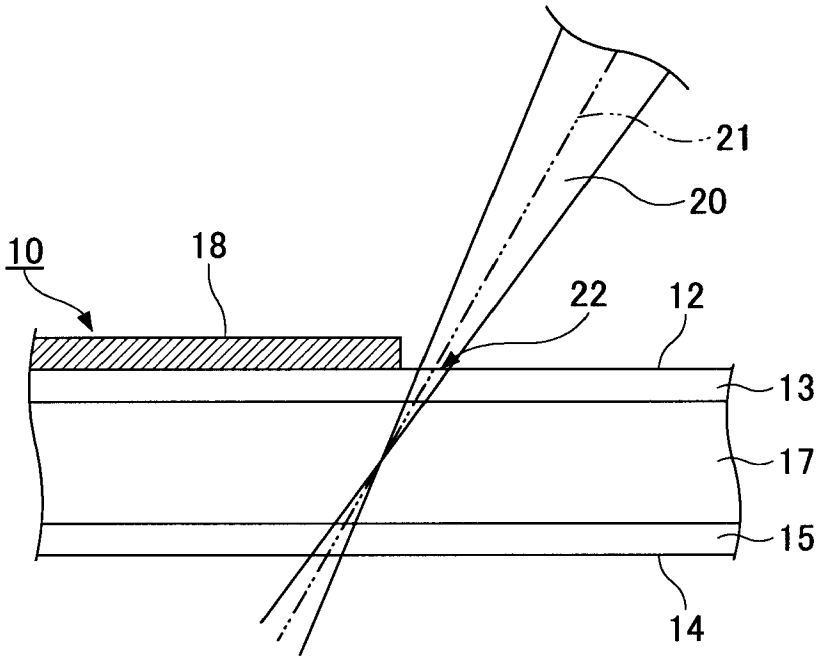
[図4]



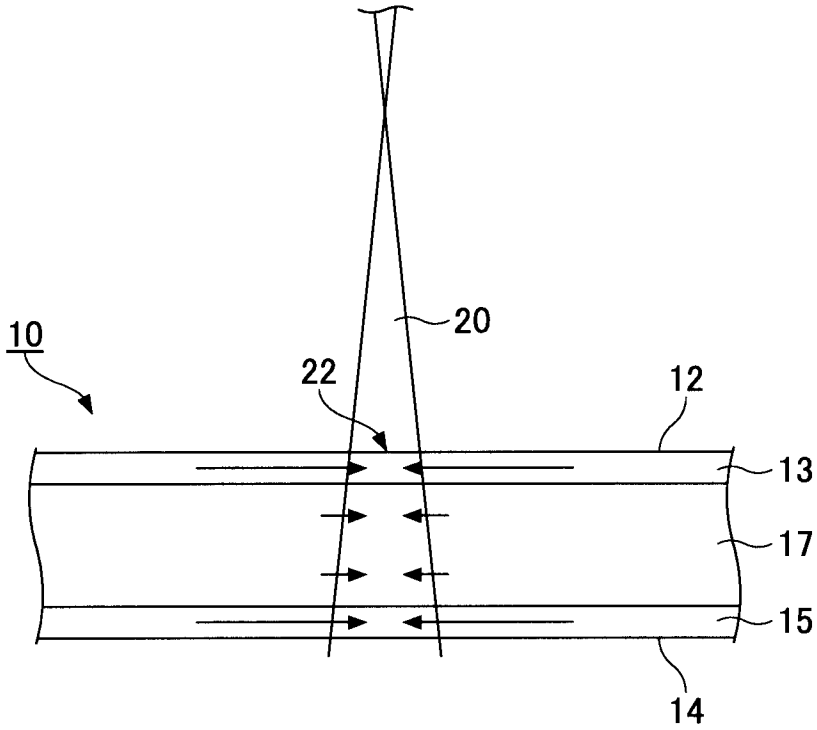
[図5]



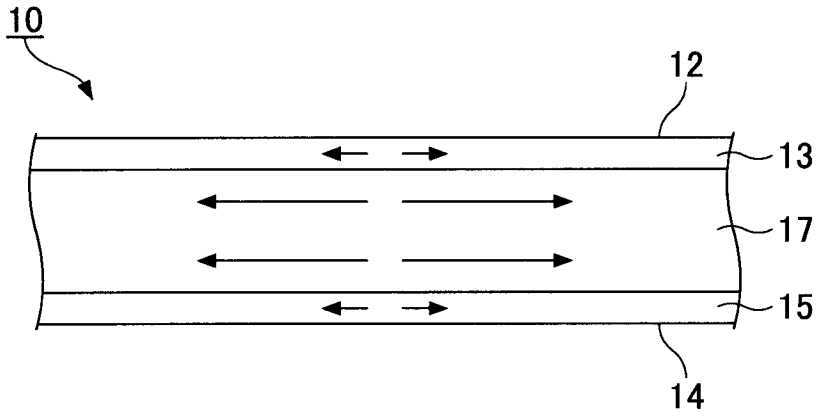
[図6]



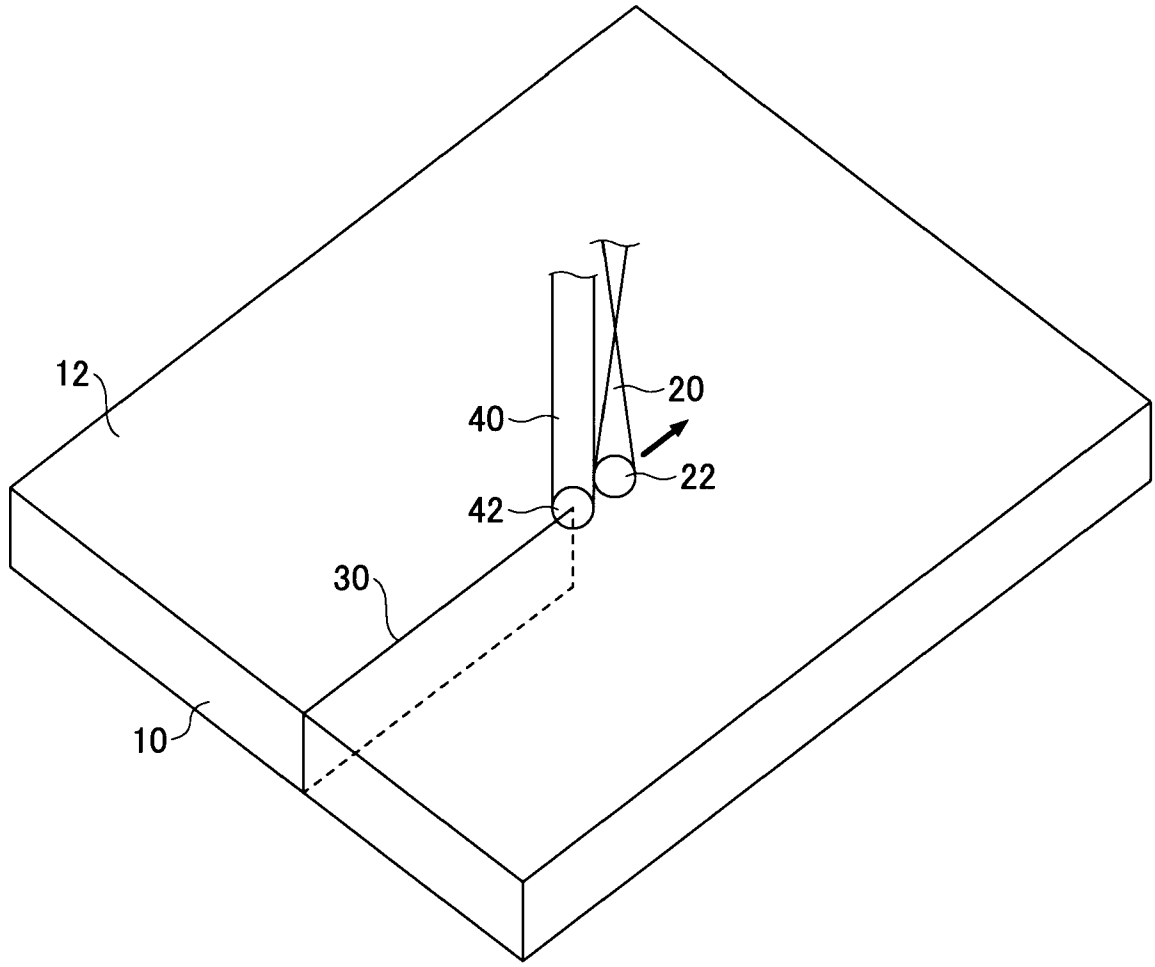
[図7]



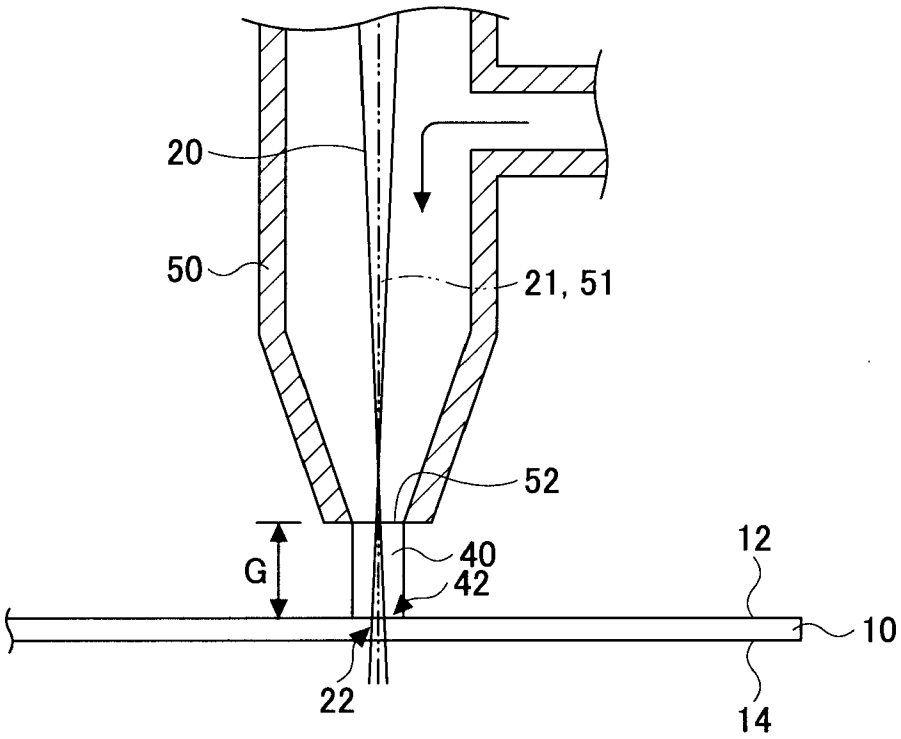
[図8]



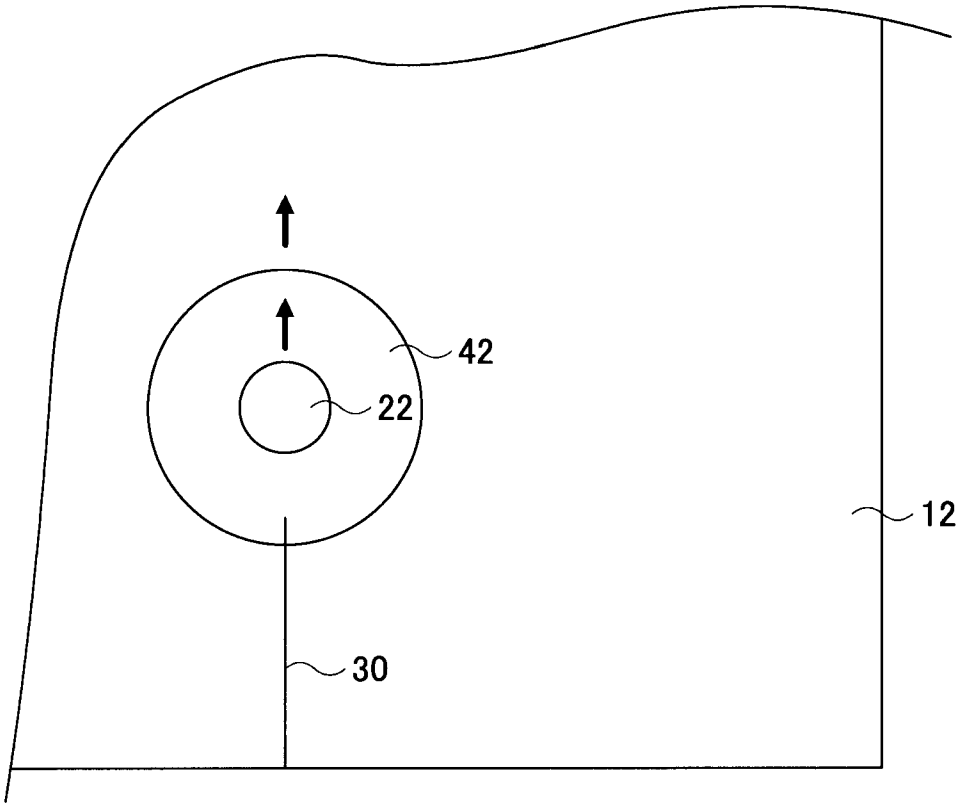
[図9]



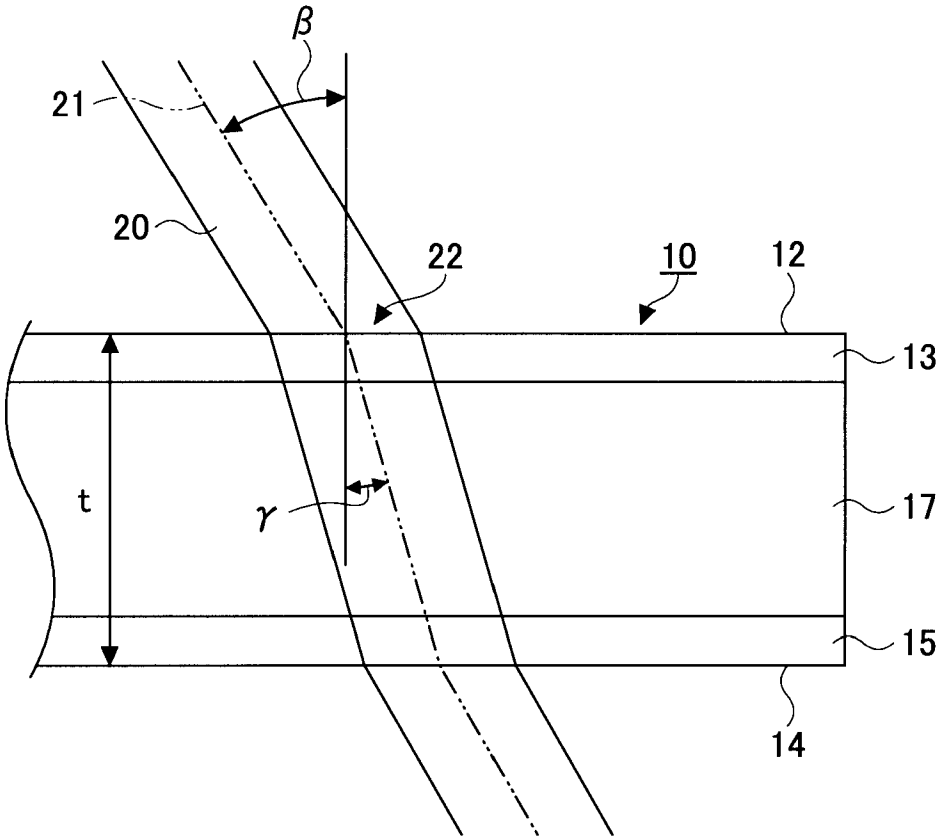
[図10A]



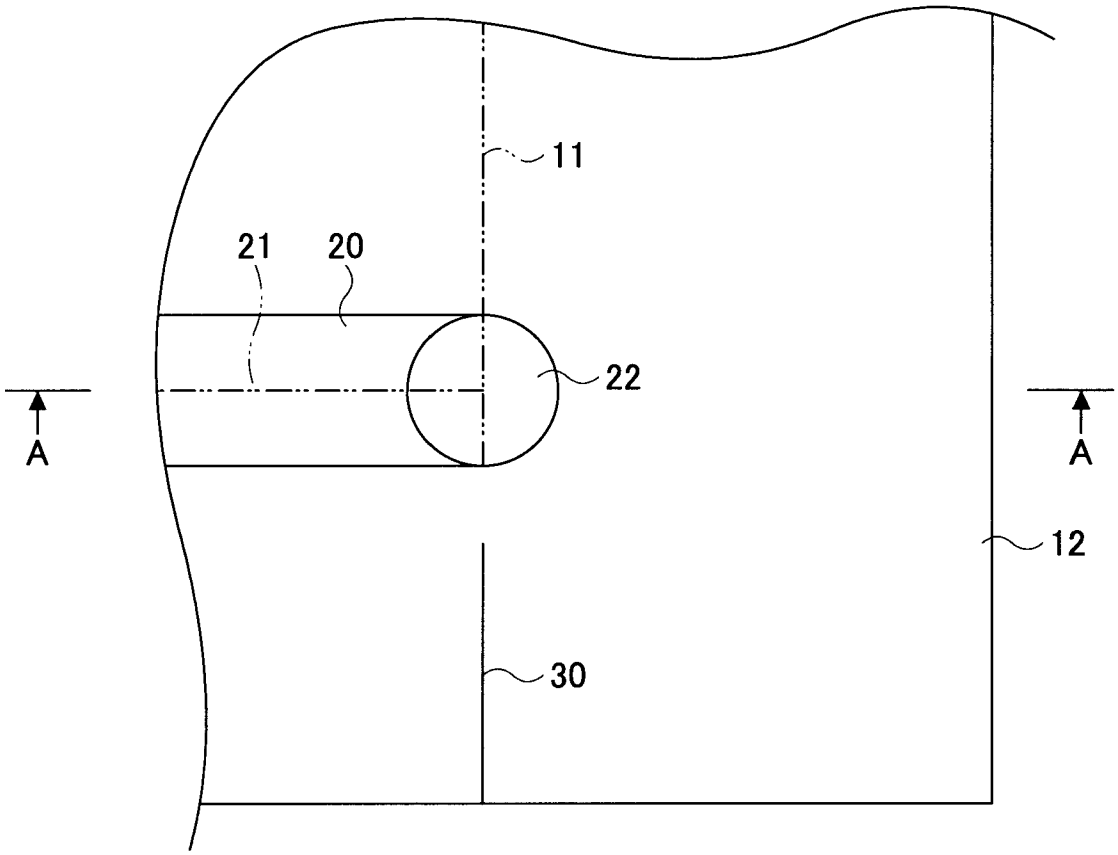
[図10B]



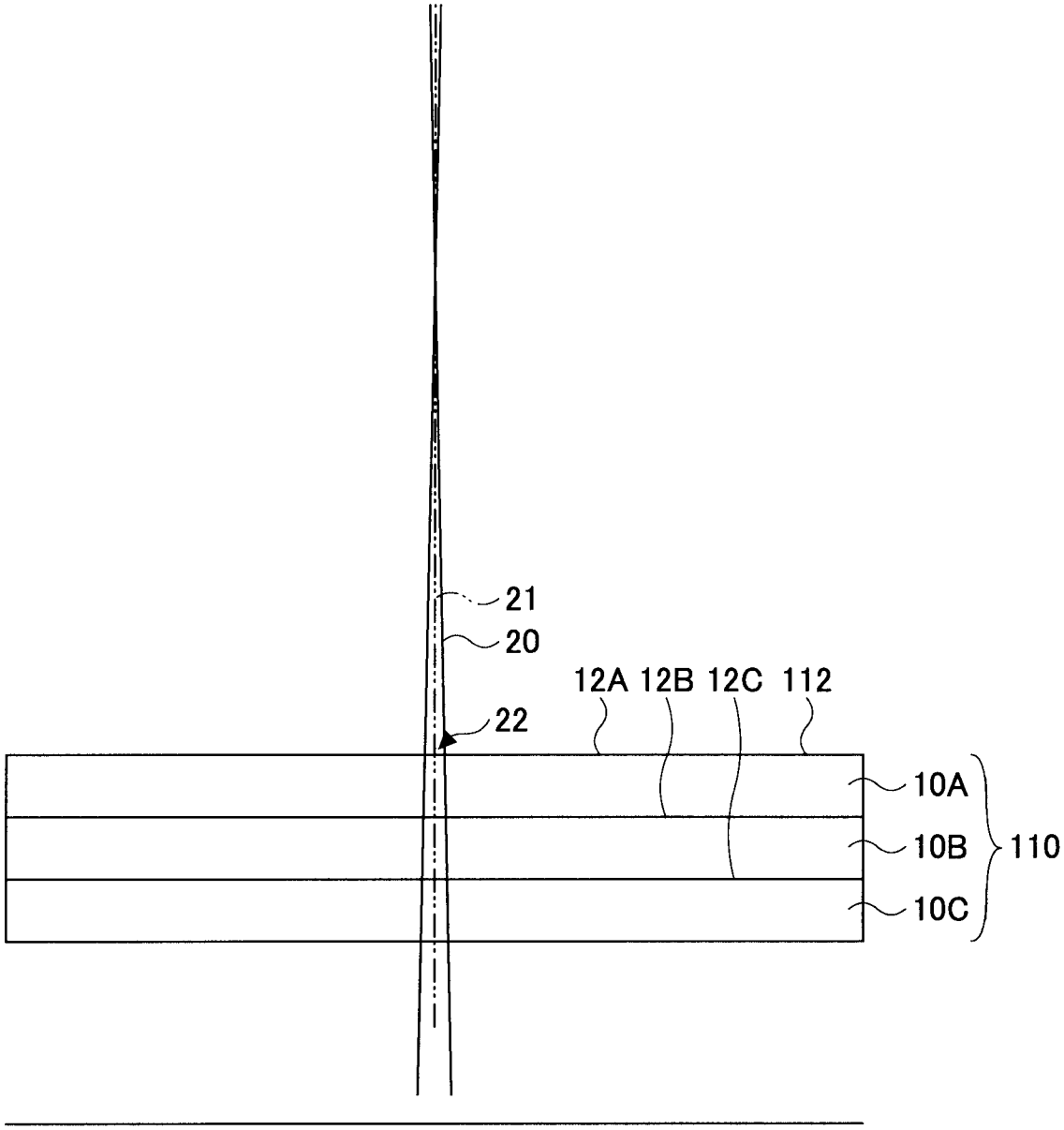
[図11A]



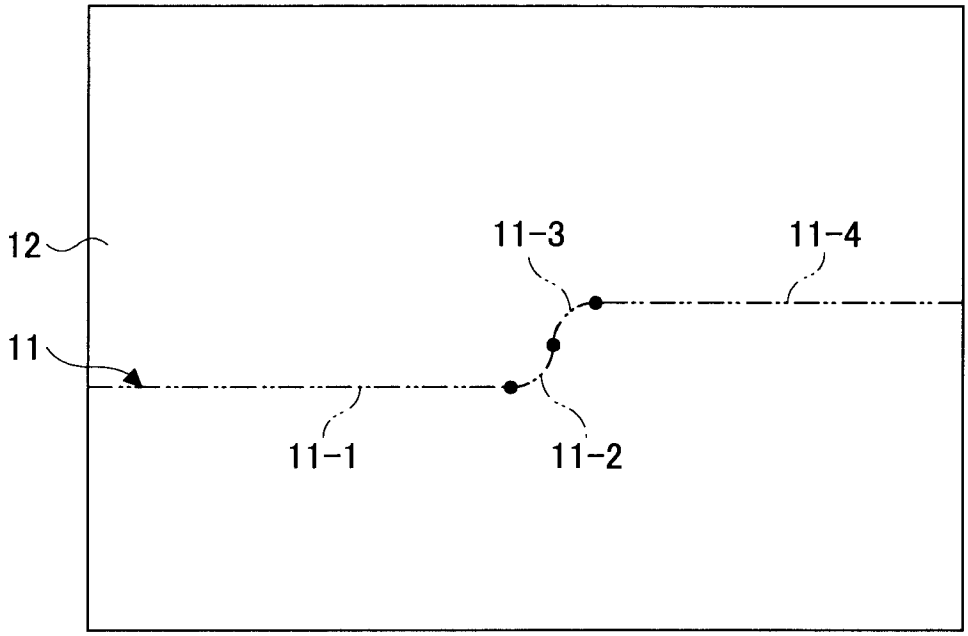
[図11B]



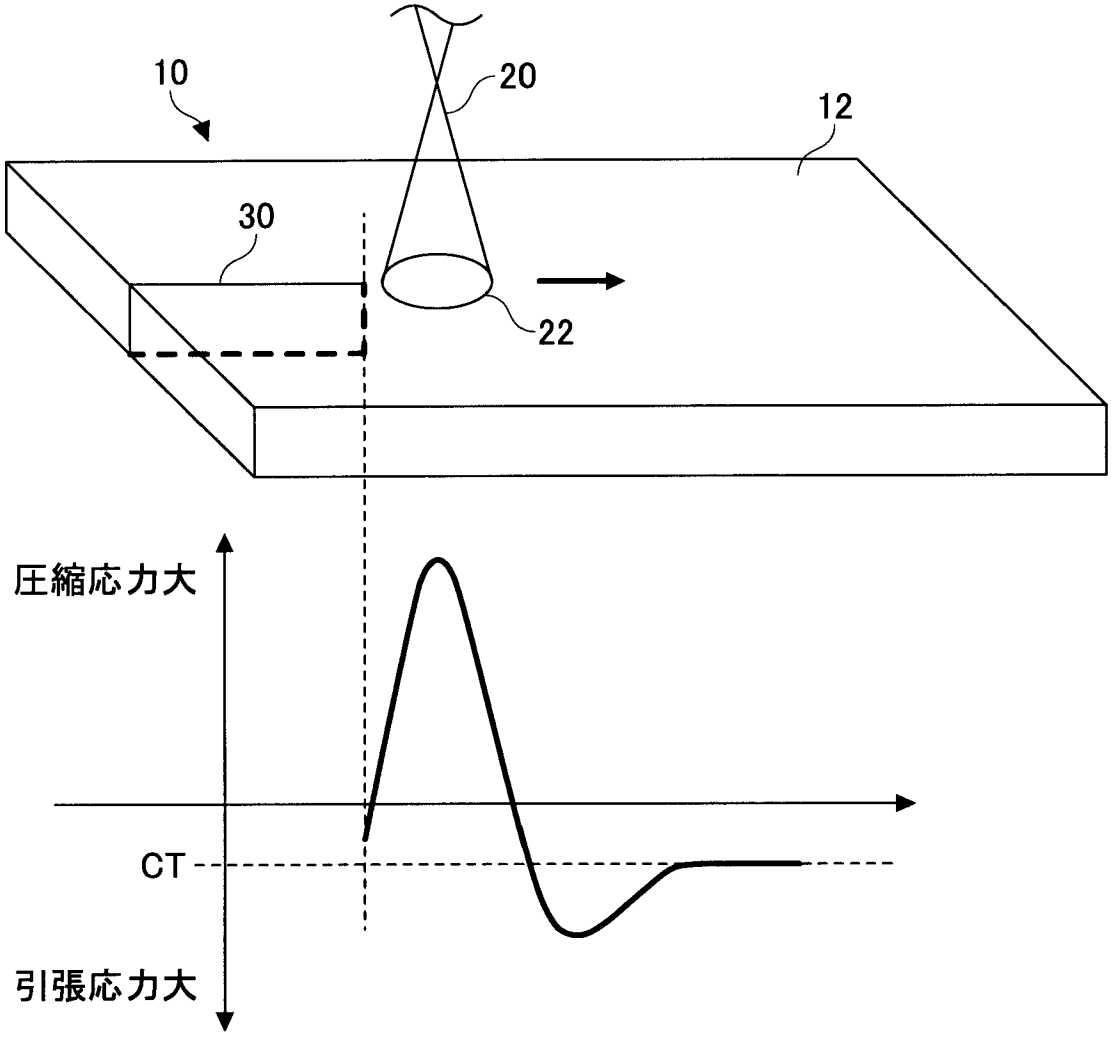
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/050335

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C03B33/09(2006.01)i, *B23K26/00*(2006.01)i, *B23K26/14*(2006.01)i, *B23K26/38*(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, B23K26/14, B23K26/38

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
X	JP 2006-256944 A (Lemi Co., Ltd.), 28 September 2006 (28.09.2006), claims; paragraphs [0008] to [0017], [0044]; examples (Family: none)	1-15
A	JP 2007-301624 A (Shibaura Mechatronics Co., Ltd.), 22 November 2007 (22.11.2007), entire text (Family: none)	1-15

☒ 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	Date of mailing of the international search report
04 April, 2012 (04.04.12)	17 April, 2012 (17.04.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/050335

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2003/076151 A1 (Mitsuboshi Diamond Industrial Co., Ltd.), 18 September 2003 (18.09.2003), entire text & US 2005/0150254 A1 & EP 1498243 A1 & AU 2003213332 A & CN 1642704 A	1-15
A	JP 2010-089143 A (Mitsuboshi Diamond Industrial Co., Ltd.), 22 April 2010 (22.04.2010), entire text (Family: none)	1-15
A	JP 2003-001449 A (Hamamatsu Photonics Kabushiki Kaisha), 08 January 2003 (08.01.2003), entire text & US 2004/0002199 A1 & EP 1338371 A1 & WO 2002/022301 A1 & FR 2877400 A & AU 8622701 A & IL 154910 D & TW 250060 B & KR 10-2005-0073628 A & CN 1473087 A & SG 146432 A	1-15

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５０３３５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C03B33/09(2006.01)i, B23K26/00(2006.01)i, B23K26/14(2006.01)i, B23K26/38(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C03B23/00-35/26, C03B40/00-40/04, B23K26/00, B23K26/14, B23K26/38

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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
X	JP 2006-256944 A (株式会社レミ) 2006.09.28, 特許請求の範囲, 段落[0008]-[0017], [0044], 実施例 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2007-301624 A (芝浦メカトロニクス株式会社) 2007.11.22, 全文 (ファミリーなし)	1-15

☑　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 ０４．０４．２０１２	国際調査報告の発送日 １７．０４．２０１２
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）　４Ｔ　３７７４ 若土　雅之 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６５

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	WO 2003/076151 A1（三星ダイヤモンド工業株式会社）2003.09.18, 全文 & US 2005/0150254 A1 & EP 1498243 A1 & AU 2003213332 A & CN 1642704 A	1-15
A	JP 2010-089143 A（三星ダイヤモンド工業株式会社）2010.04.22, 全文 （ファミリーなし）	1-15
A	JP 2003-001449 A（浜松ホトニクス株式会社）2003.01.08, 全文 & US 2004/0002199 A1 & EP 1338371 A1 & WO 2002/022301 A1 & FR 2877400 A & AU 8622701 A & IL 154910 D & TW 250060 B & KR 10-2005-0073628 A & CN 1473087 A & SG 146432 A	1-15