(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
2013 年 6 月 13 日 (13.06.2013)

W 画P O ¦ P C T

(10) 国際公開番号
W O 2013/084877 A 1

(51) 国際特許分類：
C03B 33/09 (2006.01) B23K 26/38 (2006.01)
$B_{23}K$ 26/00 (2006.01) B23K26/40 (2006 .01)
B23K 26/14 (2006.01) B28D 5/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2012/081368

(22) 国際出願日： 2012 年 に 月 4 日 (04. 12.2012)

(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 201 1-267745 201 1 年 12 月 7 日 (07.12.201 1) JP
特願 2012-153400 2012 年 7 月 9 日 (09.07.2012) JP

(71) 出願人 :旭硝子株式会社 (ASAHI GLASS COM - PANY, LIMITED) [JP/JP]; 〒 1008405 東¾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). 岩永 泰成 (IWANAGA Yasunari); 〒 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).

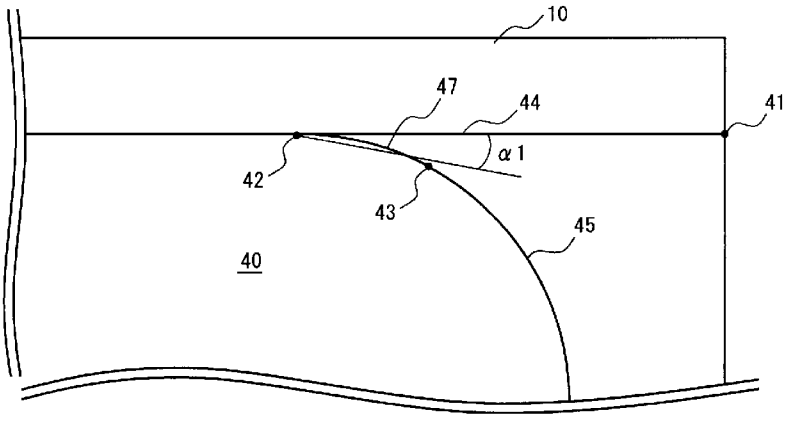
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続 葉有]

(54) Title: METHOD FOR CUTTING TOUGHENED GLASS PLATES AND DEVICE FOR CUTTING TOUGHENED GLASS PLATES

(54) 発明の名称 :強化ガラス板の切断方法、および強化ガラス板切断装置



(57) Abstract: In a method for cutting toughened glass plates in one embodiment of the present invention, a toughened glass plate (10) provided with a front layer and a back layer that have residual compressive stresses and a middle layer that is formed between said front and back layers and has internal residual tensile stress is cut by moving a laser-light exposure region. When doing so, the amount of laser-light energy to which the toughened glass plate is exposed per unit area is increased for a section extending fi"om be - fore a crack-initiation location (43) to a cutting endpoint (42). The present invention makes it possible to cut a toughened glass plate using laser light without degrading the quality of the glass plate.

(57) 要約： 本発明の一態様における強化ガラス板の切断方法においては、残留圧縮応力を有する表面層および裏面層と、当該表面層および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10を、レーザ光の照射領域を移動させることで切断する。その際、クラック発生位置43の手前から切断終了点42までの区間において、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくする。本発明により、品質を劣化させることなく、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断することができる。

WO 2013/084877 A1

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、および強化ガラス板切断装置

技術分野

[0001] 本発明は強化ガラス板の切断方法、および強化ガラス板切断装置に関する。

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 (タツチパネルを含む) 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つている。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およ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および裏面から急冷し、ガラスの表面およ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および裏面層を形成する。一方、化学強化法は、ガラスの表面およ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ィオン) に置換することで、圧縮応力が残留する表面層およ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

りするほうが効率的である。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 (特許文献１、特許文献２参照)。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１ :日本国特開２００８- ２４７７３２号公報

特許文献2 :国際公開第２０１０/ １２６９７７号

発明の概要

発明が解決しょうとする課題

[0007] レーザ光を用いて非強化ガラスを切断する際は、レーザ光の照射により発生する熱応力を用いてクラックを伸展させている。これに対して、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する際は、レーザ光が照射されている領域に発生する圧縮応力 (または、残留引張応力よりも小さい引張応力)を用いて、中間層に存在する内部残留引張応力によるクラックの伸展を制御しながら切断している。このため、クラックの伸展を適切に制御して、クラックが意図しない方向に伸展することを抑制しながら切断する必要がある。クラックが意図しない方向に伸展すると、切断線が切断予定線から外れ、切断後の強化ガラス板の品質が劣化してしまうという問題がある。

[0008] 上記課題に鑑み本発明の目的は、品質を劣化させることなく、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する強化ガラス板の切断方法、および強化ガラス板切断装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の第１の態様にかか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および裏面層と、当該表面層および裏面層との間に形成され、内部残留引張応力ＣＴ（ＭＰａ）を有する中間層とを備える強化ガラス板を、当該強化ガラス板に照射されるレーザ光の照射領域を移動させることで切

断する強化ガラス板の切断方法であって、前記表面層および前記裏面層の厚さをＤＯＬ（μｍ）、前記強化ガラス板の厚さをｔ，（μｍ）、前記強化ガラス板のヤング率をＹ（ＭＰａ）として、下式で表現される前記内部残留引張応力ＣＴに基づく単位面積当たりのひずみエネルギーU_{CT}（Ｊ／ｍ^2）を２．５Ｊ／ｍ^{2}以上とし、前記強化ガラス板の側面に位置する切断終了点に向かって前記側面に対して鋭角となるように前記強化ガラス板を切断する際、前記強化ガラス板の前記切断終了点から所定の距離手前の所定の位置から前記切断終了点までの区間において、前記強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを前記強化ガラス板を直線状に切断する際に必要な単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーよりも大きくする強化ガラス板の切断方法である。U_{CT}＝｛ＣＴ２Ｘ（t_1－２ＸＤＯＬ）｝／（２ＸＹ）。

[001 0] 本発明の第２の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記強化ガラス板に入射される前記レーザ光の実効的な出力をＰｅ（Ｗ）、前記レーザ光の走査速度をv（ｍｍ／ｓ）、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（mm^{-1}）、前記強化ガラス板の厚さをt_2（ｍｍ）、前記強化ガラス板の線膨張係数をα_L（K^{-1}）、前記強化ガラス板の密度をρ（ｇ／ｍｍ^3）、前記強化ガラス板の比熱をｃ（Ｊ／ｇ／Ｋ）として、下式で表現される切断指数Ｋ（Ｎ／ｍｍ）を１５０Ｎ／ｍｍ以下とするものである。Ｋ＝Ｐｅ／ｖＸｅｘｐ（－αＸt_2）Ｘ（ＹＸα_L）／（ｔ２×Ｐ×ｃ）。

[001 1] 本発明の第３の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記強化ガラス板と前記レーザ光とは、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（mm^{-1}）、前記強化ガラス板の厚さをt_2（ｍｍ）として、$0 < \alpha X t_2 \leqq 3.0$の式を満たすものである。

[001 2] 本発明の第４の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記切断終了点から所定の距離手前の前記所定の

位置は、前記強化ガラス板の側面に向かって意図しないクラックが発生するクラック発生位置の手前であるものである。

[001 3] 本発明の第5の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記レーザ光の走査位置と前記切断終了点とを結ぶ線分と前記強化ガラス板の側面とがなす角度が小さいほど、前記強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくするものである。

[0014] 本発明の第6の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記レーザ光の照射領域の移動速度を遅くすることで、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくするものである。

[001 5] 本発明の第7の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記レーザ光の出力を大きくすることで、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくするものである。

[001 6] 本発明の第8の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記レーザ光の照射領域の面積を小さくすることで、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくするものである。

[001 7] 本発明の第9の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記強化ガラス板の吸収係数αが大きくなるにつれて、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを小さくするものである。

[001 8] 本発明の第１０の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記強化ガラス板の熱膨張係数が大きくなるにつれて、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを小さくするものである。

[001 9] 本発明の第１１の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記強化ガラス板の厚さが厚くなるにつれて、

前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくするものである。

[0020] 本発明の第１２の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、更に前記レーザ光の照射領域の周囲を冷却するものである。

[0021] 本発明の第１３の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、前記強化ガラス板の表面および裏面のうちの少なくとも一方において前記レーザ光の照射領域の周囲を冷却するものである。

[0022] 本発明の第１４の態様にかかる強化ガラス板の切断方法は、上述の強化ガラス板の切断方法において、ノズルから気体を吹き付けることで前記レーザ光の照射領域の周囲を冷却するものである。

[0023] 本発明の第１５の態様にかかる強化ガラス板切断装置は、残留圧縮応力を有する表面層および裏面層と、当該表面層および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、当該強化ガラス板に照射されるレーザ光の照射領域を移動させることで切断する強化ガラス板切断装置であって、前記強化ガラス板を保持すると共に、当該強化ガラス板を所定の方向に移動するガラス保持駆動部と、前記強化ガラス板を切断するためのレーザ光を出力するレーザ出力部と、前記ガラス保持駆動部および前記レーザ出力部を制御プログラムに基づき制御する制御部と、前記制御プログラムを生成する制御プログラム生成部と、を備え、前記制御プロダラム生成部は、前記強化ガラス板の側面に位置する切断終了点に向かって前記側面に対して鋭角となるように前記強化ガラス板を切断する際、前記強化ガラス板の前記切断終了点から所定の距離手前の所定の位置から前記切断終了点までの区間において、前記強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーが前記強化ガラス板を直線状に切断する際に必要な単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーよりも大きくなるような制御プログラムを生成する強化ガラス板切断装置である。

発明の効果

[0024] 本発明により、品質を劣化させることなく、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する強化ガラス板の切断方法、および強化ガラス板切断装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1] 強化ガラス板の断面図である。

[図2] 図1に示す強化ガラス板の残留応力の分布を示す図である。

[図3] 強化ガラス板の切断方法を説明するための図である。

[図4] 図3のA_A線に沿った断面図である。

[図5] 図3のB_B線に沿った断面図である。

[図6] 実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を説明するための図である。

[図7A] 強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合の強化ガラス板の切断状態の一例を示す図である。

[図7B] 本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いた場合の強化ガラス板の切断状態の一例を示す図である。

[図8A] 強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。

[図8B] 本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いた場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。

[図9A] 強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。

[図9B] 本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いた場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。

[図10] 実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法に用いられる冷却ノズルを説明するための断面図である。

[図11] 実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法における冷却の効果を説明するための図である。

[図12] 実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法における冷却の効果を説明するための図である。

[図13] 実施の形態にかかる強化ガラス板の切断装置を説明するための図である。

[図14] 強化ガラス板についての切断結果を示す表である。

[図15] 非強化ガラス板についての切断結果を示す表である。

[図16] 強化ガラス板および非強化ガラス板についての切断結果を示す表である。

[図17] レーザ光を用いて非強化ガラス板を切断する際に作用する応力を説明するための図である。

[図18] レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する際に作用する応力の一例を示す図である。

[図19] レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する際に作用する応力の他の例を示す図である。

[図20] 参考例2に係る切断予定線の形状を示す図である。

[図21] サンプル1～12について、レーザ波長ス、内部ひずみエネルギー$U_{c\tau}$、臨界照射エネルギーEc、及び両者を導出するための諸条件が示された表である。

[図22A] 図11の表に示した臨界照射エネルギーEcの内部ひずみエネルギーUc_{τ}依存性を示すグラフである。

[図22B] 図11の表に示した臨界切断指数Kcの内部ひずみエネルギーU_{CT}依存性を示すグラフである。

[図23] 強化ガラス板の切断方法を説明するための図である。

[図24] 強化ガラス板の切断方法を説明するための図である。

[図25] 単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーと凸量との関係を示す表である。

[図26] 単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーと凸量との関係を示すグラフである。

[図27] 強化ガラス板の冷却の有無と凸量との関係を示す表である。

発明を実施するための形態

[0026] 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。

[0027] <強化ガラス板の構造及び切断方法の概要>

まず、図1～5を参照して、強化ガラス板の構造、及び強化ガラス板の切断方法の概要について説明する。

まず、図1、2を参照して、強化ガラス板の構造について説明する。図1は、レーザ光を照射する前の強化ガラス板10の断面図である。図1において、矢印の方向は、残留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。図1に示すように、強化ガラス板10は、表面層13及び裏面層15と、表面層13と裏面層15との間に設けられた中間層17とを有する。表面層13及び裏面層15には、下記の風冷強化法や化学強化法により圧縮応力が残留している。また、その反作用として、中間層17には引張応力が残留している。

[0028] 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（PLasma Display Panel）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、アルカリアルミノシリケートガラスやソーダライムガラスが用いられる。

[0029] 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。風冷強化法は、厚いガラスを強化するのに好適である。

[0030] 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。化学強化法は、アルカリアルミノシリケートガラスやソーダライムガラスを強化するのに好適である。

[0031] 図2は、レーザ光を照射する前の強化ガラス板の残留応力の分布を示す模式図である。

図2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。また、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傾向がある。

[0032] 図2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)、DOLは表面層13及び裏面層15の厚さ、tは強化ガラス板10の厚さ、をそれぞれ示す。従って、中間層17の厚さは、t_2xDOLとなる。

[0033] また、強化ガラス板の内部残留引張応力CT (MPa) は、通常、表面圧縮応力CS (MPa) 及び表面層13及び裏面層15の厚さDOL (μm) を測定し、その測定値と、強化ガラス板の厚さt, (μm) とから以下の式1を用いて算出する。

$$CT = (CS \times DOL) / (t_1 - 2 \times DOL) \quad \cdots \text{式1}$$

そして、内部残留引張応力CTによる単位面積当たりのひずみエネルギー (以下、単に「内部ひずみエネルギー」という) U_{CT} (J/m2) は、強化ガラス板のヤング率Y (MPa) を用いて以下の式2により求めることができる。

$$U_{CT} = \{CT^2 \times (t_1 - 2 \times DOL)\} / (2 \times Y) \quad \cdots \text{式2}$$

[0034] 発明者は、種々の内部ひずみエネルギーU_{CT}を有する強化ガラス板について、切断に必要なレーザ光の照射エネルギーEの最小値 (以下、臨界照射エネルギーという) Ecを調査した。その結果、強化ガラス板の内部ひずみエ

ネルギーU_{CT}< ２．５Ｊ／m^2とすると、切断条件が同一でも、臨界照射エネルギーＥｃが急激に（具体的には数倍程度）上昇するとともに、切断精度も悪化することを見出した。同時に、発明者は、強化ガラス板の内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／m^2とすると、強化ガラス板の材質、厚さ及びレーザ波長が同一であれば、臨界照射エネルギーＥｃは、略一定値となり、切断精度も向上することを見出した。つまり、発明者は、強化ガラス板を切断する場合、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／m^2とすることにより、内部残留引張応力によるクラック伸展が支配的となり、小さい照射エネルギーで精度良く切断することができることを見出した。

[0035] つまり、内部ひずみエネルギーU_{CT}＝２．５Ｊ／m^2近傍において、切断モードの変換が生じているものと考えられる。具体的には、強化ガラス板を切断するためのクラック伸展エネルギーとして、内部ひずみエネルギーU_{CT}<２．５Ｊ／m^2の場合、内部ひずみエネルギーに加え、レーザ光の照射エネルギーが必要となり、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／m^2の場合、内部ひずみエネルギーのみとなる。そして、U_{CT}≧２．５Ｊ／m^2の場合には、クラックを進展させるためでなく、逆にクラックの伸展を抑制し、制御するために、レーザ光の照射エネルギーが必要になる。

[0036] ここで、最大残留圧縮応力ＣＳや内部残留引張応力ＣＴ、表面層１３及び裏面層１５の厚さＤＯＬは、強化処理条件で調節可能である。例えば、最大残留圧縮応力ＣＳや内部残留引張応力ＣＴ、表面層１３及び裏面層１５の厚さＤＯＬは、風冷強化法の場合、ガラスの冷却速度などで調節可能である。また、最大残留圧縮応力ＣＳ、内部残留引張応力ＣＴ、表面層１３及び裏面層１５の厚さ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、本実施の形態の表面層１３及び裏面層１５は、同じ厚さＤＯＬ及び最大残留圧縮応力ＣＳを有するが、異なる厚さや最大残留圧縮応力を有してもよい。

[0037] 図３は、強化ガラス板の切断方法を説明するための図である。図３に示す

ように、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（走査）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。

[0038] 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、例えばカツタゃヤスリ、レーザで形成される。なお、レーザ光を用いた内部加熱切断では、強化ガラス板１０の表面１２に、切断予定線に沿ったスクライプ線（溝線）を形成する必要がない。

[0039] 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。これによつて、強化ガラス板１０の端部から内側に向けてクラック３０を伸展させ、強化ガラス板１０を切断する。

[0040] 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を支持する保持具を、移動又は回転してもよいし、レーザ光２０の光源を移動してもよい。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よい。

[0041] 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Ｃ丁、表面層１３や裏面層１５の厚さＤＯＬ、レーザ光２０の光源の出力などに応じた速度で移動される。

[0042] 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、２９４０ηｍ）、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よい。

[0043] 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。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よいし、裏面１４側であってもよい。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、レーザ光２０の集光位置は強化ガラス板１０中であってもよい。

[0044] レーザ光２０の光軸は、強化ガラス板１０の表面１２において、例えば図３に示すように表面１２と直交していてもよいし、表面１２と斜めに交わっていてもよい。

[0045] レーザ光２０に対する強化ガラス板１０の吸収係数をα（ｍｍ-リ、強化ガラス板１０の厚さをt_2（ｍｍ）として、強化ガラス板１０とレーザ光２０とが、$0 < \alpha \times t_2 \leqq 3.0$の式を満たす場合、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を切断することができる。すなわち、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。なお、強化ガラス板１０の厚さ（板厚）ｔの値t_2（ｍｍ）は式１、２における値ｔ，（μｍ）と単位のみが異なる。

[0046] 強化ガラス板１０に入射する前のレーザ光２０の強度をＩ。とし、強化ガラス板１０中を距離Ｌ（ｍｍ）だけ移動したときのレーザ光２０の強度をＩと

すると、ランベルト・ベールの法則により次式が成立する。

$$I = I_0 \times \exp(-\alpha \times L)$$

[0047] $\alpha \times t_2$を0より大きく3．0以下とすることで、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ため、強化ガラス板１０の内部を十分に加熱できる。その結果、強化ガラス板１０に生じる応力は、図１に示す状態から、図４や図５に示す状態に変化する。

[0048] 図４は、図３のＡ—Ａ線に沿った断面図であって、レーザ光の照射領域を含む断面図である。図５は、図３のＢ_Ｂ線に沿った断面図であって、図４に示す断面よりも後方の断面である。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４及び図５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。

[0049] 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１及び図２に示す残留引張応力よりも小さい引張応力、又は、圧縮応力が生じる。残留引張応力よりも小さい引張応力、又は、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４に示すように、圧縮応力が生じていることが好ましい。

[0050] なお、図４に示すように、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１及び図２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。

[0051] 図４に示す圧縮応力との釣り合いのため、図４に示す断面よりも後方の断面では、図５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、図３に示す切断は所謂フルカット切断である。

[0052] この状態で、レーザ光２０の照射領域２２を移動させると、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。すなわち、図３に示す切断方法では、強化ガラス板１０を切断する際に、レーザ光の走査

方向後方に発生する引張応力 (図５参照)によりクラック３０の伸展方向を制御し、レーザ光が照射されている領域に発生する圧縮応力 (図４参照)を用いて、クラック３０の伸展を抑制しながら切断している。つまり、レーザ光２０の照射により発生する圧縮応力を用いてクラック３０の伸展を制御している。この結果、クラック３０が切断予定線から外れて自走することを抑制することができる。

[0053] 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、$\alpha \times t_2$は0に近い程よい。しかし、$\alpha \times t_2$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 (レーザ光吸収率に ４％以上)である。

[0054] 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、$\alpha \times t_2$は大きい程よい。しかし、$\alpha \times t_2$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、$\alpha \times t_2$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0．１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。

[0055] 強化ガラス板１０の厚さt_2（ｍｍ）は、用途に応じて設定されるが、0．１～２．０ｍｍであることが好ましい。化学強化ガラスの場合、厚さt_2（ｍｍ）を2．Ｏｍｍ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_2（ｍｍ）が0．１ｍｍ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_2（ｍｍ）は、より好ましくは0．３～１．５ｍｍ、さらに好ましくは0．５～１．５ｍｍである。

[0056] 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１０００ηｍ付近の近赤外線波長領域での吸収係数αは、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大きくなる。つまり、酸化鉄などの含有量を調節することにより、$\alpha \times t_2$の値を所望の範囲に調節可能である。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、ソーダライムガラスの場合、例えば0.02~1.0質量%である。但し、酸化鉄などの含有量が多くなるほど、強化ガラス板10の可視光領域の透明度は低下する。

[0057] 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0.3mm^{-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0.06mm^{-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0.02mm^{-1}以下であることが好ましい。

[0058] また、希土類原子の吸収波長付近での吸収係数αは、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大きくなる。

さらに、3000nm付近の中赤外線波長領域での吸収係数αは、強化ガラス板10中のOH基の含有量が多くなるほど大きくなる。ここで、OH基の含有量は、可視光領域の透明度に影響を及ぼさない。

[0059] レーザ光20の波長は、250~5000nmであればよいが、2500~3500nmとすることが好ましい。レーザ光20の波長が2500～3500nm（3000nm近傍）の場合、上述の通り、可視光領域の透明度を低下させずに吸収係数αを高めることができる。その結果、レーザ光20による加熱効率を高めることができる。レーザ光20の波長は、2700~3200nmとすることがさらに好ましい。

[0060] 例えばレーザ光の波長が1000nm近傍の場合、酸化鉄含有量0.04質量%の強化ガラス板の吸収率は、板厚t_2（mm）が1mmの場合、約2%（透過率：約98%）である。そのため、レーザ光の照射による加熱効率が悪い。また、Fe濃度により吸収率が変化するため、強化ガラス板の組成に

よりレーザ光の照射条件を大幅に変更する必要がある。

これに対し、例えばレーザ光の波長が３０００ｎｍ近傍の場合、酸化鉄含有量によらず強化ガラス板の吸収率は、板厚が１ｍｍの場合、約５０％（透過率 :約５０％）である。そのため、波長が１０００ｎｍ近傍の場合に比べ、加熱効率が向上する上、強化ガラス板の組成によりレーザ光の照射条件を大幅に変更する必要がない。

[0061] また、波長が１０００ｎｍ近傍で吸収率が約２％の場合、例えば切断に２Ｗの吸収パワーが必要であれば、１００Ｗが投入され、９８Ｗが透過する。そのため、レーザ光の通過する切断予定線の下にテーブルが位置していると、レーザ光によりテーブルまで損傷を受けてしまう。そのため、強化ガラス板から切り出す強化ガラスパネルよりもテーブルを一回り小さくするなどの工夫が必要であった。また、透過したレーザ光の処理も必要であった。さらに、透過率が高いため、強化ガラス板の端面における反射光が悪影響を及ぼす場合があった。また、表面あるいは裏面に付着した異物によりレーザ光の吸収率が高まると、吸収量の変化が大きく、悪影響を及ぼす場合があった。さらに、Ｆｅ濃度により吸収率が２％から１％へ１％しか変化しなかった場合でも、投入するパワーを１００Ｗから２００Ｗへ１００Ｗも変更する必要がある。

[0062] これに対し、波長が３０００ｎｍ近傍で吸収率が約５０％の場合、切断に２Ｗの吸収パワーが必要であれば、４Ｗが投入され、２Ｗが透過する。このように、波長が１０００ｎｍ近傍の場合に比べ、投入パワーを劇的に減少させ、加熱効率を向上させることができる。その上、透過光も劇的に減少するので、レーザ光の通過する切断予定線の下にテーブルが位置していても、テーブルが損傷を受けることがない。そのため、切断する強化ガラス板より大きなテーブルに強化ガラスを載せることにより、より安定した状態で切断することができる。また、透過したレーザ光の処理も不要となる。さらに、強化ガラス板の端面における反射光のパワーも小さく、悪影響を及ぼし難い。また、表面あるいは裏面に付着した異物によりレーザ光の吸収率が高まって

も、吸収量の変化が小さく、悪影響を及ぼし難い。さらに、Ｆｅ濃度による吸収率の変動もない上、仮に吸収率が５０％から４０％へ１０％も減少した場合でも、投入するパワーを４Ｗから５Ｗへ１Ｗだけ変更すればよい。

[0063] 以上で説明した方法を用いることで、強化ガラス板を切断することができる。

[0064] < 強化ガラス板の切断方法の詳細な説明>

次に、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法について詳細に説明する。

なお、上記ではレーザ光の波長として３０００ｎｍ近傍の波長が好ましいと説明したが、以下で説明する強化ガラス板の切断方法ではこの波長に限定されることはなく、例えば波長が２５０～５０００ｎｍのレーザ光について広く適用することができる。

[0065] 図６は、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を説明するための図である。図６は、強化ガラス板１０を上面から見た図である。また、強化ガラス板１０に示す破線４８は、上記で説明した切断方法を用いて、強化ガラス板１０からサンプル４０を切り出す際の切断予定線を示している。サンプル４０は、所定の曲率半径を有する４つのコーナー部および直線部分を有する四角形である。なお、図６に示すサンプル４０は一例であり、他の任意の形状を有するサンプルを強化ガラス板１０から切り出す場合にも、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いることができる。

[0066] 強化ガラス板１０からサンプル４０を切り出す際は、切断予定線４８を通過するようにレーザ光を走査する。つまり、切断開始点４１からレーザ光の走査を開始し、図６に示す矢印の方向に切断予定線４８に沿ってレーザ光を走査し、切断終了点４２でレーザ光の走査を終了する。このとき、切断開始点４１、つまり強化ガラス板１０の端部には初期クラックが予め形成されている。初期クラックは、例えばカツタ、ヤスリ、レーザで形成することができる。

[0067] このように、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する場合、強化ガラス

板に照射されるレーザ光の条件を最適化する必要がある。すなわち、強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合、クラックが意図しない方向に伸展し、切断線が切断予定線から外れ、切断後の強化ガラス板の品質が劣化してしまうという問題がある。

[0068] 図７Ａは、強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合の強化ガラス板の切断状態の一例を示す図であり、図６に示す切断終了点４２の近傍の拡大図である。図７Ａに示すように、レーザ光の条件が不適切な場合は、レーザ光を切断予定線４８に沿って走査している際に、クラック発生位置４３から切断線４４に向かって意図しないクラック４６が伸展する。ここで、図中の実線（切断線４４、４５）は強化ガラス板が切断されている状態（強化ガラス板１０の表面から裏面まで貫通している）を示しており、破線（切断予定線４８）は強化ガラス板が切断されていない状態を示している。

[0069] つまり、図７Ａに示す切断終了点４２は、既に切断された切断線４４上にある。換言すると、切断終了点４２は強化ガラス板の側面にある。そして、レーザ光の条件が不適切な場合は、切断終了点４２に向けて切断予定線４８に沿ってレーザ光を走査している際に、クラック発生位置４３から切断線４４に向かって意図しないクラック４６が伸展する。このため、強化ガラス板１０から切り出されたサンプル４０に凸部４９が形成され、切断後の強化ガラス板（サンプル４０）の品質が劣化する。

[0070] 上記で説明したように、強化ガラス板１０を切断する際は、レーザ光が照射されている領域に発生する圧縮応力（図４参照）を用いて、レーザ光の走査方向後方に発生する引張応力（図５参照）によるクラックの伸展をおさえながら切断している。よって、レーザ光の条件が不適切な場合は、走査方向後方に発生する引張応力によるクラックの伸展方向の制御ができなくなり、クラック発生位置４３から切断線４４に向かって意図しないクラック４６が伸展し、切断線が切断予定線４８から外れる場合があった。

[0071] 図７Ｂは、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いた場合の強化ガラス板の切断状態の一例を示す図である。本実施の形態にかかる強化

ガラス板の切断方法では、強化ガラス板の切断線（側面）４４に位置する切断終了点４２に向かって切断線４４に対して鋭角α１となるように強化ガラス板を切断する際、クラック発生位置４３の手前（つまり、強化ガラス板の切断終了点４２から所定の距離手前の所定の位置）から切断終了点４２までの区間において、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを通常の照射エネルギーよりも大きくしている。ここで、通常の照射エネルギーとは、例えば強化ガラス板を直線状に切断する際に必要な単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーである。また、クラック発生位置４３は、切断線４４に向かって伸展する意図しないクラック４６の開始点である。クラック発生位置４３は、強化ガラス板１０の切断条件（例えば、レーザ光の走査位置と切断線４４との距離やレーザ光の照射エネルギー等）によってその位置が変化する。

[0072] このように、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくすることで、レーザ光の走査方向後方に発生する引張応力を大きくすることができる。よって、走査方向後方におけるクラックの伸展方向を精度よく制御しながら強化ガラス板１０を切断することができるので、クラック発生位置４３から切断線４４に向かって意図しないクラック４６が伸展することを抑制することができる。これにより、サンプル４０を切断予定線４８に沿って切断することができる。

[0073] このとき、レーザ光の走査位置と切断終了点４２とを結ぶ線分と切断線４４（強化ガラス板１０の側面）とがなす角度α１が小さいほど、切断線４４に向かって意図しないクラック４６が発生しやすくなる。よって、例えば、角度α１が小さくなるほど、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくしてもよい。

[0074] また、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ/ ｍｍ^2）は、レーザ光の出力をＰ（W）、レーザ光の走査速度を$_V$（ｍｍ/ ｓ）、強化ガラス板１０に照射されるレーザ光のビーム径をφ（ｍｍ）とすると、次の式で表すことができる。

[0075] Ｅ（Ｊ／ｍｍ^2）＝Ｐ（Ｗ）／（ｖ（ｍｍ／ｓ）Ｘø（ｍｍ））　・・・式３

[0076] すなわち、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）は、レーザ光が単位時間（1秒間）に強化ガラス板１０を走査する面積あたりのエネルギーである。以下では、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを、単位エネルギーとも記載する。

[0077] 例えば、上記の式３より、レーザ光の照射領域の移動速度（走査速度）を遅くすることで、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を大きくすることができる。また、レーザ光の出力を大きくすることで、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を大きくすることができる。また、レーザ光の照射領域の面積（つまり、ビーム径ø）を小さくすることで、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を大きくすることができる。また、これら方法を適宜組み合わせることにより、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を大きくすることも可能である。

[0078] また、本実施の形態では、強化ガラス板１０の吸収係数αが大きくなるにつれて、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を小さくしてもよい。吸収係数αが大きい場合は、強化ガラス板１０に吸収されるエネルギーが多くなるため、その分だけ単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を小さくすることができる。

[0079] また、強化ガラス板の厚さｔが厚くなるにつれて、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ2）を大きくしてもよい。強化ガラス板の厚さｔが厚い場合は、強化ガラス板１０に供給するエネルギーを多くする必要があるため、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を大きくすることが好ましい。また、強化ガラス板１０の熱膨張係数が大きくなるにつれて、単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を小さくしてもよい。強化ガラス板１０の熱膨張係数が大きいとレーザ光の走査方向後方に発生する引張応力が大きくなるため、その分だけ単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーＥ（Ｊ／ｍｍ^2）を小さ

くすることができる。

[0080] 図８Ａは、強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。図８Ａに示す例では、切断終了点５２が強化ガラス板１０の側面５４に配置されている。また、切断終了点５２に向かう切断予定線５８が直線となっている。図８Ａに示すように、レーザ光の条件が不適切な場合は、レーザ光を切断予定線５８に沿って走査している際に、クラック発生位置５３から強化ガラス板１０の側面５４に向かって意図しないクラック５６が伸展する。このため、強化ガラス板１０から切り出されたサンプル５０に凸部５９が形成され、切断後の強化ガラス板 (サンプル５０）の品質が劣化する。

[0081] 図８Ｂは、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いた場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法では、強化ガラス板の側面５４に位置する切断終了点５２に向かって側面５４に対して鋭角α２となるように強化ガラス板を切断する際、クラック発生位置５３の手前から切断終了点５２までの区間において、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを通常の照射エネルギーよりも大きくしている。

[0082] このように、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくすることで、レーザ光の走査方向後方に発生する引張応力を大きくすることができる。よって、走査方向後方におけるクラックの伸展方向を精度よく制御しながら強化ガラス板１０を切断することができるので、クラック発生位置５３から側面５４に向かって意図しないクラック５６が伸展することを抑制することができる。これにより、サンプル５０を切断予定線５８に沿つて切断することができる。

[0083] このとき、レーザ光の走査位置と切断終了点５２とを結ぶ線分と側面５４（強化ガラス板１０の側面）とがなす角度α２が小さいほど、側面５４に向かって意図しないクラック５６が発生しやすくなる。よって、例えば、角度α２が小さくなるほど、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレ

—ザ光の照射工ネルギーを大きくしてもよい。なお、図８Ａ、図８Ｂに示す例では切断予定線５８が直線であるので、角度α２は切断予定線５８と側面５４とがなす角とも表現することができる。

[0084] 図９Ａは、強化ガラス板に照射されるレーザ光の条件が不適切な場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。図９Ａは、強化ガラス板１０を上面から見た図である。強化ガラス板１０からサンプル６０を切り出す際は、切断開始点６１からレーザ光の走査を開始し、図９Ａに示す矢印の方向に切断予定線に沿ってレーザ光を走査し、切断終了点６２でレーザ光の走査を終了する。

[0085] 図９Ａに示すように、レーザ光の条件が不適切な場合は、レーザ光を切断予定線６８に沿って走査している際に、クラック発生位置６３から切断線６４に向かって意図しないクラック６６が伸展する。このため、強化ガラス板１０から切り出されたサンプル６０に凸部６９が形成され、切断後の強化ガラス板 (サンプル６０) の品質が劣化する。

[0086] 図９Ｂは、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を用いた場合の強化ガラス板の切断状態の他の例を示す図である。本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法では、強化ガラス板の切断線 (側面) ６４に位置する切断終了点６２に向かって切断線６４に対して鋭角α３となるように強化ガラス板を切断する際、クラック発生位置６３の手前から切断終了点６２までの区間において、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射工ネルギーを通常の照射工ネルギーよりも大きくしている。

[0087] このように、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射工ネルギーを大きくすることで、レーザ光の走査方向後方に発生する引張応力を大きくすることができる。よって、走査方向後方におけるクラックの伸展方向を精度よく制御しながら強化ガラス板１０を切断することができるので、クラック発生位置６３から切断線６４に向かって意図しないクラック６６が伸展することを抑制することができる。これにより、サンプル６０を切断予定線６８に沿って切断することができる。このとき、図９Ｂに示す

例では、レーザ光の走査位置が切断終了点６２に近づくにつれて、切断線６７と切断線６４（この場合は切断線６４の接線）とがなす角度α３が小さくなる。

[0088] なお、図６～図９Ｂに示した例は一例であり、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法は、強化ガラス板の側面に位置する切断終了点に向かって強化ガラス板の側面に対して鋭角となるように強化ガラス板を切断する場合に広く適用することができる。

[0089] 以上で説明した本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法により、品質を劣化させることなく、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断することができる。

[0090] また、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法では、レーザ光を走査して強化ガラス板を切断する際に、強化ガラス板、特に、レーザ光の照射領域の周囲を冷却しながらレーザ光を走査するようにしてもよい。図１０は、本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法に用いられる冷却ノズルを説明するための断面図である。図１０に示すように、冷却ノズル２８は、冷却ノズル２８の内部を気体が流れるように、テーパー状の空洞が形成されている。このとき、テーパー状の空洞は、レンズ２５で集光されたレーザ光２０が冷却ノズル２８の内部を通過できるような大きさとする。また、冷却ノズル２８は、レーザ光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ように構成する。

[0091] 冷却に用いる気体として、例えば空気や窒素等を用いることができる。また、冷却能力を高めるために、気体に微小水分を含んだミストを含めてもよし。また、冷却に用いる気体として、強化ガラス板が切断される周囲の温度よりも低温の気体を用いてもよい。更に、冷却に用いる気体として、空気の熱伝達率よりも熱伝達率が大きい気体を用いてもよい。

[0092] 冷却ノズル２８の先端の開口部の直径φ１、および冷却ノズル２８の先端と強化ガラス板１０の表面１２との距離Ｇａｐは任意に決定することができる。ここで、冷却ノズル２８の先端の開口部の直径φ１が小さい程、強化ガ

ラス板１０に吹き付けられる気体の流速が速くなるため、強化ガラス板１０の表面１２における冷却能力が向上する。また、冷却ノズル２８の先端と強化ガラス板１０の表面１２との距離Ｇａｐが小さい程、強化ガラス板１０の表面１２における冷却能力が向上する。なお、冷却ノズル２８には、例えば気体供給部（不図示）から冷却用の気体が供給される。

[0093] このように、レーザ光を走査して強化ガラス板を切断する際に、強化ガラス板を冷却しながらレーザ光を走査することで、走査方向後方におけるクラックの伸展方向をより精度よく制御することができる。よって、強化ガラス板の切断時にクラックが切断予定線から外れて意図しない方向に伸展することをより確実に抑制することができる。

[0094] 図１１は、強化ガラス板１０上においてレーザ光を走査した際に、強化ガラス板１０の板厚中心部に発生する応力の分布を示す図である（冷却なし）。図１１に示すように、強化ガラス板１０のレーザ光の照射領域２２には圧縮応力３３が発生する。また、レーザ光の照射領域２２の中心Ｘ１から距離Ｄ１だけ離れた走査方向後方の位置Ｘ２には引張応力３５が発生する。本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法では、レーザ光の照射により発生する引張応力３５をクラック３０の端部に作用させつつ、レーザ光の照射領域２２に働く圧縮応力３３を用いてクラックの伸展を抑えることで、走査方向後方におけるクラック３０の伸展方向を制御しながら強化ガラス板１０を切断している。

[0095] 図１２は、強化ガラス板１０上においてレーザ光を走査した際に、強化ガラス板１０の板厚中心部に発生する応力の分布を示す図である（冷却あり）。図１２に示す場合も同様に、強化ガラス板１０のレーザ光の照射領域２２には圧縮応力３３が発生する。また、レーザ光の照射領域２２の中心Ｘ１から距離Ｄ２だけ離れた走査方向後方の位置Ｘ２'には引張応力３５が発生する。そして、図１２に示す場合は、強化ガラス板１０の表面を冷却しているので、圧縮応力３３が発生する位置Ｘ１と引張応力が発生する位置Ｘ２'との距離Ｄ２が、冷却をしていない場合の距離Ｄ１（図１１参照）と比べて短

くなつている。このため、強化ガラス板１０の表面を冷却した場合は、圧縮応力３３が発生する位置Ｘ１と引張応力が発生する位置Ｘ２'とを近づけることができるので、走査方向後方におけるクラックの伸展方向をより精度よく制御することができる。よって、強化ガラス板の切断時にクラックが切断予定線から外れて意図しない方向に伸展することをより確実に抑制することができる。

[0096] なお、上記例では強化ガラス板１０の表面を冷却した場合について説明したが、強化ガラス板１０の裏面を冷却してもよく、また強化ガラス板１０の表面および裏面の両方を冷却するように構成してもよい。強化ガラス板１０の裏面を冷却する場合も、冷却ノズルを用いることができる。

[0097] 次に、上記で説明した本実施の形態にかかる強化ガラス板の切断方法を実施するための強化ガラス板切断装置について説明する。図１３は、本実施の形態にかかる強化ガラス板切断装置を説明するための図である。本実施の形態にかかる強化ガラス板切断装置７０は、レーザ出力部７１、ガラス保持駆動部７２、制御部７３、および制御プログラム生成部７４を有する。

[0098] レーザ出力部７１は、強化ガラス板１０を切断するためのレーザ光２０を出力する。レーザ光２０の光源としては、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：１０６４ηｍ、２０８０ηｍ、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）などを用いることができる。

[0099] ここで、近赤外のレーザ光を用いる場合、近赤外における吸収を増加させるために強化ガラス板にＦｅ等の不純物を添加する必要がある。近赤外において吸収特性を持つ不純物を添加した場合、可視光領域の吸収特性にも影響を与えるため、強化ガラス板の色味や透過率に影響を及ぼす場合がある。このようなことを防止するために、レーザ光２０の光源として、波長が２５００～５０００ｎｍの中赤外のレーザを用いてもよい。波長が２５００～５０

００ｎｍの帯域ではガラス自体の分子振動に起因する吸収が発生するため、Ｆｅ等の不純物の添加が不要となる。

[01 00] レーザ出力部７１は、レーザ光の焦点を調整するための光学系を備えている。レーザ光のパワー (レーザ出力)、レーザ光のビーム径 (焦点)、レーザ照射のタイミングなどは、制御部７３を用いて制御される。また、レーザ光の照射部には、図１０に示した冷却ノズル２８を配置してもよい。この場合、冷却ノズルから吹き付けられる気体の流量は、制御部７３を用いて制御することができる。

[01 01] ガラス保持駆動部７２は、加工対象である強化ガラス板１０を保持すると共に、強化ガラス板１０を所定の方向に移動する。すなわち、ガラス保持駆動部７２は、レーザ光が強化ガラス板１０の切断予定線を走査するように、強化ガラス板１０を移動する。ガラス保持駆動部７２は、制御部７３を用いて制御される。ガラス保持駆動部７２は、加工対象である強化ガラス板１０を多孔質板等を用いて吸着することで固定してもよい。また、ガラス保持駆動部７２は、強化ガラス板１０の位置を決定するための画像検出器を備えていてもよい。位置決め用の画像検出器を備えることで、強化ガラス板１０の加工精度を向上させることができる。

[01 02] なお、図１３に示した強化ガラス板切断装置７０では、レーザ光２０の照射領域が強化ガラス板１０上を移動するように、ガラス保持駆動部７２を用いて強化ガラス板１０を移動している。このとき、レーザ出力部７１は固定されている。しかし、ガラス保持駆動部７２に保持されている強化ガラス板１０を固定し、レーザ出力部７１を移動させることで、レーザ光２０の照射領域を強化ガラス板１０上において移動させてもよい。また、ガラス保持駆動部７２に保持されている強化ガラス板１０とレーザ出力部７１の両方が移動するように構成してもよい。

[01 03] 制御部７３は、レーザ出力部７１およびガラス保持駆動部７２を、制御プログラム生成部７４で生成された制御プログラムに基づき制御する。

[01 04] 制御プログラム生成部７４は、強化ガラス板１０の熱膨張係数、厚さ、レ

—ザ光に対する強化ガラス板の吸収係数、および強化ガラス板の中間層１７の残留引張応力の少なくとも一つに応じて、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを制御する制御プログラムを生成する。

[01 05] また、制御プログラム生成部７４は、強化ガラス板の側面に位置する切断終了点に向かって強化ガラス板の側面に対して鋭角となるように強化ガラス板を切断する際、クラック発生位置の手前から切断終了点までの区間において、強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーが通常の照射エネルギーよりも大きくなるような制御プログラムを生成する。例えば、制御プログラム生成部７４は、切断予定線の情報とレーザ光の位置情報（現在位置）とに基づいて、レーザ光の照射領域の面積（つまり、ビーム径φ）、レーザ光の出力、およびレーザ光の走査速度を制御する制御プログラムを生成する。

[01 06] 具体的には、例えば、制御プログラム生成部７４は、予め設定された強化ガラス板１０の物性（熱膨張係数、厚さ、レーザ光に対する強化ガラス板の吸収係数、強化ガラス板の中間層１７の残留引張応力など）に応じて、直線部分を切断する際に強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを決定する。そして、この決定された単位エネルギー、切断予定線の情報、およびレーザ光の位置情報（現在位置）に基づいて、レ—ザ光の照射領域の面積（つまり、ビーム径φ）、レーザ光の出力、およびレーザ光の走査速度を制御する制御プログラムを生成する。

[01 07] 以上で説明したように、本実施の形態にかかる発明により、品質を劣化させることなく、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する強化ガラス板の切断方法、および強化ガラス板切断装置を提供することができる。

[01 08] ＜参考例１＞

次に、図１４～１６を参照して、強化ガラス板の切断方法と非強化ガラス板の切断方法とでは、クラックの伸展の仕方が異なることについて説明する。図１４は、強化ガラス板についての切断結果を示す表である。図１５は、

非強化ガラス板についての切断結果を示す表である。図１６は、強化ガラス板（参考例）及び非強化ガラス板（比較例）についての切断結果を示す表である。図１６に示す切断結果は、図１４、図１５に示した切断結果よりもレーザ光のスポット径を小さくした場合の切断結果である。

[01 09] 参考例１０１～１０３、１０６～１０８では強化ガラス板を用意し、比較例１０４～１０５、１０９～１１０では非強化ガラス板を用意した。参考例１０１～１０３、１０６～１０８の強化ガラス板は、比較例１０４～１０５、１０９～１１０の非強化ガラス板と同じ寸法形状（矩形、長辺１００ｍｍ、短辺６０ｍｍ、板厚０．７ｍｍ）、同じ化学組成のガラス板を化学強化法で強化して作製した。強化ガラス板は、内部残留引張応力（ＣＴ）３０．４ＭＰａ、最大残留圧縮応力（ＣＳ）７６３ＭＰａ、圧縮応力層（表面層や裏面層）の厚さ（ＤＯＬ）２５．８μｍを有していた。ここで、内部ひずみエネルギーU_{CT}は４．０４Ｊ／ｍ^{2}であった。

[01 10] 参考例１０１～１０３、１０６～１０８、比較例１０４～１０５、１０９～１１０では、ガラス板の種類（強化、非強化の別）、光源の出力、及びレーザスポット径以外、同じ条件下で切断実験を行った。

（共通の条件）

レーザ光光源：ファイバーレーザ（波長１０７０ｎｍ）

レーザ光のガラス板への入射角：０°

レーザ光の集光角：２．５°

レーザ光の集光位置：ガラス板の表面から光源側に２３ｍｍ離れた位置

レーザ光に対するガラス板の吸収係数α：０．０９ｃｍ$^{-1}$（０．００９ｍｍ$^{-1}$）

ガラス板の板厚ｔ：０．０７ｃｍ（０．７ｍｍ）

ガラス板のヤング率Ｙ：７４０００ＭＰａ

αＸｔ：０．００６３

ノズルの出口径：φ１ｍｍ

ノズルからの冷却ガス（室温の圧縮空気）の流量：３０Ｌ／ｍｉｎ

目標切断位置 :ガラス板の短辺と平行な直線 (一方の短辺からの距離１０ｍｍ、他方の短辺からの距離９０ｍｍ)

切断速度 :２．５ｍｍ/ ｓ

[01 11] 図１４、図１５に示す参考例１０１~１０３及び比較例１０４~１０５では、ガラス板の表面におけるレーザスポット径φを１ｍｍとした。また、図１６に示す参考例１０６~１０８及び比較例１０９~１１０では、ガラス板の表面におけるレーザスポット径φを０．１ｍｍとした。

[01 12] 切断後、ガラス板の切断面を顕微鏡で観察した。ガラス板の切断面で観察される縞模様は、断続的に伸展するクラックの先端位置の経時変化を表す。縞模様の各線の形状から、クラックの伸展の様子がわかる。図１４~１６に示す顕微鏡写真において、縞模様の代表的な線を太い白線で強調表示する。

また、ガラス板の切断の途中で、レーザ照射及びガス冷却を中断したときのクラックの様子を目視で観察した。

[01 13] 各実験結果を図１４~１６に示す。図１４~１６において、ガラス板にクラックが形成された場合 (切断できた場合)を 「○」、ガラス板にクラックが形成されなかった場合 (切断できなかった場合)を 「X」として示した。

図１４~１６の切断面の顕微鏡写真における縞模様の線は、ある時点でのクラックの先端位置を表す。

図１４~１６における 「自走」とは、レーザ照射等の中断後に、ガラス板の２つの短辺のうち、切断位置から近い方の短辺に向けてクラックが伸展することを意味する。

[01 14] 凸量、及び直線誤差量は、ガラス板を切断した際の誤差量を示している。つまり、ガラス板を上面側から見た際に、ガラス板の切断線が切断予定線 (グラフのＸ軸で示す)からずれている量 (グラフのＹ軸で示す)を示している。凸量、及び直線誤差量 (つまり、Ｙ軸の絶対値)が小さいほど、ガラス板が切断予定線に沿って切断されている。

[01 15] 図１５に示すように、比較例１０４~１０５に係る非強化ガラス板の切断では、切断面の顕微鏡写真から明らかなように、ガラス板の板厚方向両端部

が、ガラス板の板厚方向中央部よりも先に割れる傾向にあった。また、切断の途中でレーザ照射及びガス冷却を中断すると、クラックの伸展が停止した。また、非強化ガラス板の切断では、大きな光源出力が必要であった。更に、非強化ガラス板の切断では、凸量、及び直線誤差量が大きくなつた。

[01 16] これに対し、図１４に示す参考例１０１～１０３に係る強化ガラス板の切断では、切断面の顕微鏡写真から明らかなように、ガラス板の板厚方向中央部が、ガラス板の板厚方向両端部よりも先に割れる傾向にあった。これは、元々強化ガラス板の内部に残留引張応力が存在しており、この内部残留引張応力によってクラックが伸展するためである。また、切断の途中でレーザ照射及びガス冷却を中断すると、クラックが意図しない方向に自ら伸展した。この結果から、レーザ光の照射により、内部残留引張応力によるクラックの伸展が抑制されていることが分かる。また、強化ガラス板の切断では、凸量、及び直線誤差量が非強化ガラス板の切断の場合よりも小さかった。図１６に示す参考例１０６～１０８に係る強化ガラス板の切断においても同様の結果となった。

[01 17] また、図１６に示すように、レーザスポット径を小さくした場合（参考例１０６～１０８）は、参考例１０１～１０３よりも小さい光源出力で強化ガラス板を切断することができた。また、参考例１０６～１０８では、図１４に示す参考例１０１～１０３と比べて凸量、及び直線誤差量が小さくなった。つまり、参考例１０６～１０８では、参考例１０１～１０３よりも精度よく強化ガラス板を切断することができた。また、参考例１０６～１０８に示すように、光源出力を低くするほど、凸量、及び直線誤差量が小さくなつた。特に参考例１０８では、凸量が１５μｍと非常に小さい値となった。

[01 18] 一方、レーザスポット径を小さくした場合は、非強化ガラス板を切断することができなかった。つまり、比較例１０９に示すように、光源の出力を２００Ｗとした場合は非強化ガラス板が溶融し、切断することができなかつた。すなわち、非強化ガラスの温度が徐冷点以上になり切断できなかった。また、比較例１１０に示すように、光源の出力を１００Ｗとした場合は非強化

ガラス板に変化がなかった。よって、レーザスポット径を小さく (例えば、板厚未満) した場合は、光源の出力によらずに非強化ガラス板を切断できなかった。

[01 19] このように、強化ガラス板の切断方法と非強化ガラス板の切断方法とでは、切断のメカニズムが根本的に異なり、クラックの伸展の仕方が全く異なる。そのため、本発明では、非強化ガラス板の切断方法からは予測できない効果が得られる。その理由を以下に説明する。

[01 20] 例えば、非強化ガラス板の切断方法では、レーザ光と冷却液の両方を用いてガラス板に熱応力場を形成し、切断に必要な引張応力を発生させる。より具体的には、レーザ光をガラス板に照射してガラス板内部に熱応力を発生させ、その熱応力により生じた圧縮応力を冷却液で急冷して、引張応力を発生させてクラックを伸展させる。従って、クラックの伸展は、レーザ光の照射エネルギーのみで行われ、ガラス板に照射するレーザのパワー (W) を大きく設定する必要がある。

[01 21] このような方法では、ガラス板に形成される割断亀裂の先端位置は、ガラス板を冷却する冷却液の位置で決まる。冷却液の位置に引張応力が生じるためである。従って、切断の途中で、レーザ光による加熱や冷却液による冷却を中断すると、クラックの伸展が止まる。

[01 22] 図１７は、レーザ光を用いて非強化ガラス板を切断する際に作用する応力を説明するための図である。図１７では非強化ガラス板１１０の上面図と、非強化ガラス板１１０の板厚中心部に発生する応力の分布を示している。図１７に示すように、非強化ガラス板１１０にレーザ光を照射すると、レーザ光の照射領域１２２に圧縮応力１３３が働く。この圧縮応力１３３は、レーザ光の照射により発生する熱応力である。そして、この圧縮応力１３３と釣り合うように、照射領域１２２の走査方向後方に引張応力１３５が発生する。この引張応力１３５がクラック１３０に作用することで非強化ガラス板１１０が切断される。

[01 23] 図１７のグラフに示すように、非強化ガラス板１１０では内部残留引張応

力ＣＴは略ゼロである。このため、非強化ガラス板１１０を切断する際にクラック１３０に作用する引張応力１３５は、レーザ光の照射によってのみ発生する。よって、引張応力１３５を大きくするために、レーザ光の照射エネルギーを高くしたり、レーザスポット径を大きくしたりする必要がある。このため、非強化ガラス板１１０では、レーザ光の吸収率が小さいガラスでは切断が困難となる。

[01 24] また、非強化ガラス板１１０を切断する際は、レーザ光の照射エネルギーと走査速度でクラックの伸展を制御している。このとき、レーザ光の照射エネルギーが、切断に必要な照射エネルギーよりも小さいとクラックの伸展が停止する。つまり、図１７のグラフに示すように、クラック１３０を伸展させるためには、クラック１３０の伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも大きな引張応力をクラック１３０に作用させる必要がある。非強化ガラス板１１０では内部残留引張応力ＣＴが略ゼロであるため、レーザ光の照射エネルギーのみでこの引張応力Ｓ_ｔｈの値よりも大きな引張応力を発生させる必要がある。

[01 25] これに対し、強化ガラス板の切断方法では、元々ガラス板内部に内部残留引張応力が存在するため、非強化ガラス板の切断の場合のように、レーザ光の照射エネルギーのみで大きな引張応力を発生させる必要がない。また、内部残留引張応力がクラックの伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも大きな引張応力の場合、強化ガラス板に何らかの力を作用させてクラックを発生させると、内部残留引張応力のためにクラックは自ら伸展する。他方、内部残留引張応力はガラス板内部に全体的に存在しているので、クラックの伸展を制御しない限り、クラックが意図しない方向に伸展してしまう。

[01 26] そのため、本発明では、照射領域の中心における中間層に内部残留引張応力の値よりも小さい引張応力、または、圧縮応力を発生させ、内部残留引張応力によるクラックの伸展を抑制している。即ち、レーザ光を照射することにより強化ガラス板の中間層における残留引張応力をクラックの伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも小さくして、クラックの伸展を制御している。

[01 27] 図１８は、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する際に作用する応力の一例を示す図である。図１８では強化ガラス板１０の上面図と、強化ガラス板１０の板厚中心部に発生する応力の分布を示している。図１８に示すように、強化ガラス板１０にレーザ光を照射すると、レーザ光の照射領域２２に圧縮応力３３が働く。また、照射領域２２の走査方向後方に引張応力３５が発生する。そして、この引張応力３５に内部残留引張応力が加算される事でクラックの伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも大きな引張応力が発生し、クラック３０に作用することで強化ガラス板１０が切断される。このとき、圧縮応力３３によってクラック３０の伸展が制御される。

[01 28] 図１８のグラフに示すように、強化ガラス板１０には内部残留引張応力Ｃ丁が存在する。このため、クラック３０の伸展に必要な引張応力３５は小さくてすむ。換言すると、引張応力Ｓ_ｔｈ（クラック３０の伸展に必要な引張応力）よりも大きな引張応力をクラック３０に作用させるために必要なレーザ光により発生させる圧縮応力３３を小さくすることができる。

[01 29] ここで、強化ガラス板１０を切断する際に必要な圧縮応力３３や引張応力３５は、非強化ガラス１１０を切断する際に必要な応力よりも小さくすることができるため、レーザ光の照射エネルギーを小さくしたり、レーザスポット径を小さくしたりすることができる。このため、切断精度を向上させることができる。また、レーザ光の吸収率が小さいガラスであっても容易に切断することができる。

[01 30] 図１９は、レーザ光を用いて強化ガラス板を切断する際に作用する応力の他の例を示す図である。図１９では強化ガラス板１０の上面図と、強化ガラス板１０の板厚中心部に発生する応力の分布を示している。図１９に示す強化ガラス板１０では、内部残留引張応力ＣＴが、クラック３０の伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも大きい。つまり、図１９に示すように、強化ガラス板１０にレーザ光を照射すると、レーザ光の照射領域２２には内部残留引張応力ＣＴの値よりも小さい引張応力３７が発生する。ここで、引張応力３７は、レーザ光の照射により発生した圧縮応力３３と内部残留引張応力ＣＴと

の合力である。また、照射領域２２の走査方向後方には引張応力３５が発生する。この場合は、内部残留引張応力ＣＴの値よりも小さい引張応力３７を、クラック３０の伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも小さくすることで、クラック３０の伸展を抑えることができる。

[01 31] 図１９に示す場合も、強化ガラス板１０を切断する際に必要な、内部残留引張応力ＣＴの値よりも小さい引張応力３７や引張応力３５は、非強化ガラス１１０を切断する際に必要な応力よりも小さくすることができるため、レーザ光の照射エネルギーを小さくしたり、レーザスポット径を小さくしたりすることができる。このため、切断精度を向上させることができる。また、レーザ光の吸収率が小さいガラスであっても容易に切断することができる。

[01 32] 上記で説明したように、強化ガラス板１０を切断する際は、内部残留引張応力ＣＴとレーザ光の照射エネルギーと走査速度のバランスを保つことで、クラック３０を自走させることなくクラック３０の伸展を制御している。よって、レーザ光の照射エネルギーが小さすぎると、内部残留引張応力Ｃ丁の値よりも小さい引張応力３７がクラック３０の伸展に必要な引張応力Ｓ_ｔｈよりも大きくなり、クラック３０の伸展は止まらずに自走する (図１９の場合)。

[01 33] このように、強化ガラス板の切断方法と非強化ガラス板の切断方法とでは、切断のメカニズムが根本的に異なり、クラックの伸展の仕方が全く異なる。そのため、本発明では、非強化ガラス板の切断方法からは予測できない効果が得られる。

[01 34] < 参考例２ >

次に、参考例２について説明する。参考例２では、内部ひずみエネルギーU_{CT}と切断可能な照射エネルギーE_Lの最小値である臨界照射エネルギーＥｃとの関係について説明する。

[01 35] 参考例２では、内部ひずみエネルギーU_{CT}が異なる２１個のサンプル１~２１について、臨界照射エネルギーＥｃとの関係を調査した。なお、サンプル１８~２１は、非強化ガラス板である。

図２０は、参考例２に係る切断予定線の形状を示す図である。図２０に示すように、参考例２に係る切断予定線は、２つの直線部と、クランク形状を構成する２つのコーナー部（曲率半径Ｒ＝５ｍｍ）を備えている。

[0136] 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整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た。これを室温付近まで徐冷した後、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５０ｍｍＸ５０ｍｍ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。

[0137] 各化学強化用ガラス板は、酸化物基準の質量％表示で、SiO_2：６０．９％、Al_2O_3：１２．８％、Na_2O：１２．２％、K_2O：５．９％、ＭｇＯ：６．７％、ＣａＯ：０．１％、ＳｒＯ：０．２％、ＢａＯ：０．２％、ZrO_2：１．０％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。

[0138] 各強化ガラス板は、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。

[0139] 強化ガラス板の内部残留引張応力ＣＴ（ＭＰａ）は、表面応力計ＦＳＭ－６０００（折原製作所製）にて表面圧縮応力ＣＳ（ＭＰａ）及び圧縮応力層（表面層及び裏面層）の厚さＤＯＬ（μｍ）を測定し、その測定値と、強化ガラス板の厚さｔ，（μ，νη）とから以下の式１を用いて計算した。

$$CT = (CS \times DOL) / (t_1 - 2 \times DOL) \quad \cdots \text{式}1$$

内部ひずみエネルギーU_{CT}（Ｊ／ｍ^2）は、強化ガラス板のヤング率Ｙ（ＭＰａ）を用いて以下の式２により求めた。

$$U_{CT} = \{CT2X(t_1 - 2XDOL)\} / (2XY) \quad \cdots \text{式}2$$

[0140] 単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーは、強化ガラス板に反射されずに入射される実効的なレーザ出力をＰｅ（Ｗ）、レーザ光の走査速度

をｖ（ｍｍ/ ｓ）、強化ガラス板１０に照射されるレーザ光のビーム径をφ（ｍｍ）とすると、ＰｅＺ（ｖＸ０）（単位：Ｊ／ｍｍ2）で表すことができる。しかしながら、切断性を判断するためには、これにビーム径φ（ｍｍ）を掛けた単位長さあたりのレーザ光の照射エネルギーE_L（Ｊ/ ｍｍ）を用いることが好ましい。詳細な理由については後述する。この照射エネルギーE_L（Ｊ/ ｍｍ）を以下の式４に示す。なお、実効的なレーザ出力Ｐｅ（W）は、レーザ出力Ｐ（W）と強化ガラス板での反射率ｒ（%）とを用いて、Ｐｅ＝ＰＸ（１- ｒ/ １００）と表すことができる。

$$E_L = Pe / v \quad \cdots \text{式}4$$

サンプル１～１１についての照射エネルギーE_Lの臨界値である臨界照射エネルギーＥｃは、照射エネルギーE_Lを約１（Ｊ/ ｍｍ）ずつ変化させて切断を繰り返すことにより求めた。その際、レーザ光の走査速度ｖ（ｍｍ/ ｓ）は固定したまま、レーザ出力Ｐ（W）のみを２．５Ｗずつ変化させた。

また、非強化ガラス板のサンプル１８～２１についての臨界照射エネルギーＥｃは、照射エネルギーE_Lを約４（Ｊ/ ｍｍ）ずつ変化させて切断を繰り返すことにより求めた。その際、レーザ光の走査速度ｖ（ｍｍ/ ｓ）は固定したまま、レーザ出力Ｐ（W）のみを１０Ｗずつ変化させた。

他方、サンプル１２～１７についての臨界照射エネルギーＥｃは、照射エネルギーE_Lを徐々に変化させて切断を繰り返すことにより求めた。その際、レーザ出力Ｐ（W）は固定したまま、レーザ光の走査速度ｖ（ｍｍ/ ｓ）のみを０．２５ｍｍ/ ｓずつ変化させた。

[0141] 図２１は、サンプル１～２１について、レーザ波長ス、内部ひずみエネルギーU_{CT}、臨界照射エネルギーＥｃ、及び両者を導出するための諸条件が示された表である。表の左列から順に、レーザ波長ス（ｎｍ）、サンプル番号、強化ガラス板のヤング率Ｙ（ＭＰａ）、線膨張係数α_L（K-リ、密度ｐ（ｇ／ｍｍ3）、比熱ｃ（Ｊ/ ｇ/ Ｋ）、厚さｔ（ｍｍ）、吸収係数α（mm^{-1}）、強化ガラス板での反射率ｒ（%）、表面圧縮応力ＣＳ（ＭＰａ）、表面層及び裏面層の厚さＤＯＬ（μｍ）、内部残留引張応力ＣＴ（ＭＰａ）、内

部ひずみエネルギーU_{CT}（J/ m2）、レーザ光の走査速度ｖ（ｍｍ/ ｓ）、レーザ光のビーム径φ（ｍｍ）、レーザ出力Ｐ (W) 、実効的なレーザ出力Ｐｅ (W) 、臨界照射エネルギーＥｃ（J/ ｍｍ）、臨界吸収エネルギーＥａ（J/ ｍｍ）、臨界切断指数Ｋｃ（N/ ｍｍ）が示されている。

[0142] 図２１に示すように、サンプル1~ １１、１８~２１については、レーザ光の光源にファイバーレーザ (中心波長帯 :１０７０ｎｍ) を用い、サンプル１２~ １７については、レーザ光の光源に中赤外光パラメトリック発振器を使用したＣｒ :ＺｎＳｅレーザ (中心波長帯 :２９５０ｎｍ) を用いた。

[0143] また、いずれのサンプルも材質は同じであるため、図２１に示す通り、ヤング率Ｙ＝７４００ＯＭＰａ、線膨張係数α_L＝９．８Ｘ１０-^{6}Ｋ$^{-1}$、密度ρ＝２．４８Ｘ１０-^{3}g/ ｍｍ^{3}、比熱$_{c}$＝０．９１８Ｊ/ g/ Ｋで共通である。

なお、図２１に示す通り、サンプル1~ １１については、ビーム径φ＝０．１ｍｍ、サンプル１２~ １７については、ビーム径φ＝０．２ｍｍとした。また、非強化ガラス板のサンプル１８についてはビーム径φ＝０．５ｍｍ、サンプル１９についてはビーム径φ＝０．８ｍｍ、サンプル２０についてはビーム径φ＝１．Ｏｍｍ、サンプル２１についてはビーム径φ＝２．０ｍｍとした。

また、全てのサンプルについて、レーザ光照射側から直径１ｍｍφのノズルを用いて、流量１５Ｌ/ ｍｉｎの空気を吹き付けた。ここで、強化ガラス板とノズル先端との距離 (ギャップ) は3ｍｍとした。

[0144] 図２２Ａは、図２１の表に示した臨界照射エネルギーＥｃの内部ひずみエネルギーU_{CT}依存性を示すグラフである。図２２Ａの横軸は内部ひずみエネルギーU_{CT}（J/ ｍ2）、縦軸は臨界照射エネルギーＥｃ（J/ ｍｍ）である。図２２Ａにおいて、會印はサンプル1~ １１、１８~２１（レーザ波長ス＝１０７０ｎｍ）、○印はサンプル１２~ １７（レーザ波長ス=２９５０ｎｍ）を示してしる。

[0145] 図２１、図２２Ａに示すように、レーザ波長ス=１０７０ｎｍの場合、強

化ガラス板の内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／ｍ^{2}では、臨界照射エネルギーＥｃ＝９～１５Ｊ／ｍｍで安定している（サンプル１～１０）。これに対し、内部ひずみエネルギーU_{CT}＜２．５Ｊ／ｍ^{2}では、臨界照射エネルギーＥｃ＝５６Ｊ／ｍｍまで急激に（具体的には数倍程度）上昇する（サンプル１１）。この臨界照射エネルギーＥｃの上昇に伴い、サンプル１１では、切断精度も悪化した。この結果から、強化ガラス板を切断する場合、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／ｍ^{2}とすることにより、小さい照射エネルギーで精度良く切断することができることが分かった。

[0146] さらに、非強化ガラス板のサンプル１８については切断することができなかった。すなわち、板厚ｔ（＝０．７ｍｍ）以下のビーム径φ＝０．５ｍｍでは、非強化ガラス板のサンプルは切断することができなかった。そして、ビーム径φ＝０．８ｍｍのサンプル１９については臨界照射エネルギーＥｃ＝８３Ｊ／ｍｍ、ビーム径φ＝１．０ｍｍのサンプル２０については臨界照射エネルギーＥｃ＝７６Ｊ／ｍｍ、ビーム径φ＝２．Ｏｍｍのサンプル２１については臨界照射エネルギーＥｃ＝６５Ｊ／ｍｍであった。すなわち、ビーム径の増大とともに、臨界照射エネルギーＥｃは漸減した。ここで、ビーム径が大きくなる程、レーザ光の中心とクラックの先端位置とが離れるため、切断精度が低下する。そのため、強化ガラス板の切断において、ビーム径φは板厚ｔ以下とすることが好ましく、板厚ｔの１／２以下とすることがさらに好ましい。

[0147] 図２２Ａのグラフから、内部ひずみエネルギーU_{CT}＝２．５Ｊ／ｍ^{2}近傍において、切断モードの変換が生じているものと考えられる。具体的には、強化ガラス板を切断するためのクラック伸展エネルギーとして、内部ひずみエネルギーU_{CT}＜２．５Ｊ／ｍ^{2}の場合、内部ひずみエネルギーに加え、レーザ光の照射エネルギーが必要となり（図１８参照）、内部ひずみエネルギー$U_{c\tau}$≧２．５Ｊ／ｍ^{2}の場合、内部ひずみエネルギーのみになるものと考えられる（図１９参照）。

[0148] また、レーザ波長スを１０７０ｎｍから２９５０ｎｍへ変更することによ

り、強化ガラス板の吸収係数αが０．０１１ｍｍ-1から０．５９ｍｍ-1へ向上する。そのため、図２１、２２に示すように、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ/ｍ2において、臨界照射エネルギーＥｃ＝９～１５Ｊ/ｍｍ程度（サンプル１～１０）から臨界照射エネルギーＥｃ＝０．３～０．５Ｊ/ｍｍ（サンプル１２～１５）まで２桁も低減することができる。

[0149] このように、レーザ波長を３０００ｎｍ近傍とすることにより、透明度を低下させずに吸収係数αを高めることができ、照射エネルギーを低減することができる。そのため、加熱効率が向上する。その上、強化ガラス板の組成によりレーザ光の照射条件を大幅に変更する必要がない。

さらに、上述の通り、切断する強化ガラス板より大きなテーブルに強化ガラスを載せ、より安定した状態で切断することができる。また、透過光が劇的に減少するため、その処理も不要となる。さらに、強化ガラス板の端面における反射光も劇的に減少するため、悪影響を及ぼし難い。

[0150] また、レーザ波長スが２９５０ｎｍの場合も、１０７０ｎｍの場合と同様に、内部ひずみエネルギーU_{CT}＜２．５Ｊ/ｍ2では、臨界照射エネルギーＥｃ＝０．９～１．２Ｊ/ｍｍ程度あるいはそれ以上まで急激に上昇する（サンプル１６、１７）。この臨界照射エネルギーＥｃの上昇に伴い、サンプル１６、１７では、切断精度も悪化した。この結果から、レーザ波長ス＝２９５０ｎｍで強化ガラス板を切断する場合も、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ/ｍ2とすることにより、小さい照射エネルギーで精度良く切断することができることが分かった。

[0151] ここで、臨界照射エネルギーＥｃのうち、切断に使用されるエネルギーは強化ガラス板に吸収されるエネルギー（以下、臨界吸収エネルギーという）Ｅａである。臨界吸収エネルギーＥａ（Ｊ/ｍｍ）は、臨界照射エネルギーＥｃ（Ｊ/ｍｍ）、吸収係数α（ｍｍ-リ、厚さt_2（ｍｍ）を用いて、ランベルト・ベールの法則から次式で表すことができる。

$$Ea = Ec \times \exp(-\alpha \times t_2) \quad \cdots \text{式}5$$

図２１に示すように、臨界吸収エネルギーＥａ（Ｊ/ｍｍ）の値は、レー

ザ波長スが２９５０ｎｍの場合と１０７０ηｍの場合とを比較しても、ほとんど差が無い。

[01 52] 強化ガラス板の厚さや材質による影響を排除し、より一般化するため、臨界吸収エネルギーＥａでの内部加熱 (温度変化ΔＴ）によって発生する熱応力 (臨界圧縮応力）σｃについて考察する。この臨界圧縮応力σｃは、切断に必要な最小の圧縮応力である。ここで、臨界圧縮応力σｃは、内部残留引張応力ＣＴを基準とした場合に圧縮応力となるので 臨界圧縮応力」と表現している。しかし、図１８、図１９に示すように、強化ガラス板の板厚中心部に発生する応力で考えた場合は、内部残留引張応力ＣＴと臨界圧縮応力σｃとの合力で表されるので、引張応力となる場合もある。

[01 53] 臨界圧縮応力σｃは、図１８、１９に示すように、ガウス分布様のプロファイルを有している。この臨界圧縮応力σｃの積分値 (図１８、１９における斜線部の面積）が、切断可否を決定する。内部ひずみエネルギーU_{CT}が同じであれば、臨界圧縮応力σｃの積分値は、強化ガラス板の厚さｔ、材質によらず一定であると考えられる。臨界圧縮応力σｃのプロファイルの幅は、ビーム径φに比例するから、臨界圧縮応力σｃの積分値も、σｃＸφに比例すると考えてよい。

[01 54] ここで、単純化のために、内部加熱によっても強化ガラス板の板厚ｔは変化せず、表面層１３と裏面層１５との間で拘束されることによりこの臨界圧縮応力σｃが生じるものとする。すなわち、両端拘束モデルを考える。

臨界圧縮応力σｃ（ＭＰａ）は、ヤング率Ｙ（ＭＰａ）、線膨張係数α_L（Ｋ-1）、温度変化ΔＴ（Ｋ）を用いて、次式６で表すことができる。

$$\sigma c = Y \times \alpha_L \times \Delta T \quad \cdots \text{式}6$$

[01 55] また、臨界吸収エネルギーＥａが供給されることによる強化ガラス板の温度変化ΔＴは、ΔＴ＝（臨界吸収エネルギー）/（レーザ照射部の強化ガラス板の熱容量）により求めることができる。

ここで、レーザ照射面積Ｓ，(ｍｍ^2）とすれば、 (臨界吸収エネルギー）は、臨界吸収エネルギーＥａ（Ｊ/ ｍｍ）をφ（ｍｍ）で割った単位面積当

たりの臨界吸収エネルギーＥａ／０（Ｊ／ｍｍ2）を用いて、ＥａＸＳ$_1$／０（Ｊ）で表すことができる。

また、強化ガラス板における加熱領域の面積Ｓ$_2$（ｍｍ^2）とすると、（レーザ照射部の強化ガラス板の熱容量）は、強化ガラス板の厚さｔ$_2$（ｍｍ）、密度Ｐ（ｇ／ｍｍ^3）、比熱$_c$（Ｊ／ｇ／Ｋ）を用いて、Ｓ$_2$Ｘｔ$_2$ＸｐＸｃ（Ｊ／Ｋ）で表すことができる。

[01 56] 従って、温度変化ΔＴ（Ｋ）は次式７で表すことができる。

$$\Delta T = EaXS_1 / (S_2 \times t_2 \times P \times c) / \phi$$

$$= (S_1 / S_2) X Ea / (t_2 X p X c) / \phi \quad \cdots \text{式}7$$

式６に式７を代入することにより、臨界圧縮応力σｃ（ＭＰａ）は次式８で表すことができる。

$$\sigma c = (S_1 / S_2) X Y X \alpha_L \times Ea / (t_2 X p X c) / \phi \quad \cdots \text{式}8$$

ここで、単純化のために、Ｓ$_1$／Ｓ$_2$＝一定と考えれば、求めるべき臨界圧縮応力σｃの積分値に比例するσｃＸφは次式９で表すことができる。

$$\sigma c X 0 \propto Ea X (Y X \alpha_L) / (t_2 X p X c) = Kc \quad \cdots \text{式}9$$

式９のＫｃを臨界切断指数と名付ける。切断可能な臨界値を示すこの臨界切断指数Ｋｃの値が小さくなる程、切断が容易になり、臨界切断指数Ｋｃの値が大きくなる程、切断が困難になる。このように、切断性は、式４で示された単位長さあたりのレーザ光の照射エネルギーＥ$_L$（Ｊ／ｍｍ）により判断できる。

[01 57] 臨界切断指数Ｋｃを構成するヤング率Ｙ、線膨張係数α_L、密度ｐ、比熱ｃは、いずれも温度依存性を有するが、あくまで指標として室温の値を用いている。

図２１の最右列に臨界切断指数Ｋｃ（Ｎ／ｍｍ）を示した。

[01 58] 図２２Ｂは、図２１の表に示した臨界切断指数Ｋｃの内部ひずみエネルギーU_{CT}依存性を示すグラフである。図２２Ｂの横軸は内部ひずみエネルギーU_{CT}（Ｊ／ｍ^2）、縦軸は臨界切断指数Ｋｃ（Ｎ／ｍｍ）である。図２２Ｂに

おいて、き印はサンプル１~１１、１８~２１（レーザ波長ス=１０７０ｎｍ）、○印はサンプル１２~１７（レーザ波長ス=２９５０ｎｍ）を示している。

[01 59] 図２１、図２２Ｂに示すように、レーザ波長スによらず、強化ガラス板の内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ/ ｍ^{2}では、臨界切断指数Ｋｃ＝５０Ｎ/ ｍｍ近傍で安定している（サンプル１~１０、１２~１５）。これに対し、内部ひずみエネルギーU_{CT}＜２．５Ｊ／$_{m^2}$では、臨界切断指数Ｋｃ＝１５０Ｎ/ ｍｍ（サンプル１６）あるいは２００Ｎ/ ｍｍを超えるようになる（サンプル１１、１７）。さらに、非強化ガラス板では２５０Ｎ/ ｍｍを超えるようになる（サンプル１８~２１）。ここで、ビーム径が小さくなる程臨界切断指数Ｋｃが大きくなり、ビーム径が０．５ｍｍ以下では切断できなくなる（サンプル１８）。

[01 60] この臨界切断指数Ｋｃの上昇に伴い、切断精度も悪化した。この結果から、強化ガラス板を切断する場合、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ/ ｍ^{2}とすることにより、小さい照射エネルギーで精度良く切断することができることが分かった。また、ビーム径が大きくなる程、レーザ光の中心とクラックの先端位置とが離れるため、切断精度が低下する。そのため、ビーム径φは板厚t_2（ｍｍ）以下とすることが好ましく、板厚t_2（ｍｍ）の１/ ２以下とすることがさらに好ましい。

[01 61] 単位長さあたりの照射エネルギーE_L（Ｊ/ ｍｍ）での切断指数Ｋは、式５におけるＥｃをE_Lに置き換えた上で、式９におけるＥａに代入することにより、次式１０で表すことができる。ここで、切断指数Ｋが臨界切断指数Ｋｃ以上であれば切断可能となる。

$$K = E_L X exp(-\alpha X t_2) \times (Y X \alpha_L) / (t_2 X p X c)$$ ・・・式１０

さらに、式１０に式４を代入することにより、以下の式１１が得られる。

$$K = Pe / v X exp(-\alpha X t_2) \times (Y X \alpha_L) / (t_2 X p X c)$$ ・・・式１１

[01 62] 図２２Ｂから、内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／ｍ^{2}であれば、臨界切断指数Ｋｃが５０Ｎ／ｍｍ程度であるため、切断指数Ｋ≦１５０Ｎ／ｍｍを満たす照射エネルギーE_Lで十分に切断できる。一方、図２２Ｂから、内部ひずみエネルギーU_{CT}＜２．５Ｊ／ｍ^{2}であれば、臨界切断指数Ｋｃが１５０Ｎ／ｍｍ以上となるため、切断指数Ｋ≦１５０Ｎ／ｍｍを満たす照射エネルギーE_Lでは、切断が不可能あるいは困難になる。内部ひずみエネルギーU_{CT}≧２．５Ｊ／ｍ$_2$とした上で、切断指数Ｋ≦１５０Ｎ／ｍｍを満たす照射エネルギーE_Lとすることにより、小さい照射エネルギーで精度良く切断することができる。切断指数Ｋ≦１００Ｎ／ｍｍを満たす照射エネルギーE_Lとすることにより、さらに小さい照射エネルギーでさらに精度良く切断することができる。

実施例

[01 63] ＜実施例１＞

以下、本発明の実施例１について説明する。以下に示す実施例１では、板厚が０．８ｍｍ、表面圧縮応力ＣＳが８１８ＭＰａ、表面層および裏面層それぞれの厚さＤＯＬが２７．４μｍ、残留引張応力ＣＴが３０ＭＰａの強化ガラス板を用いた。

[01 64] 強化ガラス板の残留引張応力ＣＴは、表面応力計ＦＳＭ—６０００（折原製作所製）にて表面圧縮応力ＣＳおよび圧縮応力層（表面層および裏面層）の深さＤＯＬを測定し、その測定値と、強化ガラス板の厚さｔとから以下の式１２を用いて計算にて求めた。

[01 65] ＣＴ＝（ＣＳＸＤＯＬ）／（ｔ－２ＸＤＯＬ）　・・・式１２

[01 66] 本実施例では、図２３に示す形状のサンプル８０（本実施例の場合は、５０ｍｍＸ９０ｍｍ）を強化ガラス板１０から切断した。つまり、強化ガラス板１０からサンプル８０を切り出す際は、切断開始点８１からレーザ光の走査を開始し、図２３に示す矢印の方向に切断予定線８８に沿ってレーザ光を走査し、切断終了点８２でレーザ光の走査を終了した。サンプル８０のコーナー部の曲率半径はＲ＝５ｍｍとした。また、強化ガラス板の端部の切断開

始点８１には、初期クラックを予め形成し、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。レーザ光の光源は、ファイバーレーザ (中心波長帯 :１０７０ｎｍ）とした。

[01 67] レーザ光のビーム径は０．１ｍｍとした。レーザ光の走査速度は直線区間では５ｍｍ/ ｓとし、コーナー部では２．５ｍｍ/ ｓとした。ここで、コーナー部には図２４のクラック発生位置８３の手前から切断終了点８２までの区間が含まれている。また、本実施例では、レーザ光を走査して強化ガラス板を切断する際に、図１０に示した冷却ノズル２８を用いて強化ガラス板を冷却しながらレーザ光を走査した。このとき用いた冷却ノズルの開口部の直径φ１は２ｍｍとし、冷却ノズルと強化ガラス板１０の表面との距離Ｇａｐは３ｍｍとした。また、冷却ノズルを流れる空気の流量は５０Ｌ/ ｍｉｎとした。

[01 68] 本実施例では、図２４に示す、クラック発生位置８３から切断線８４に向かって意図しないクラック８６が伸展することで形成された凸部８９の凸量Ｐ１を測定し、当該凸量Ｐ１の量を用いて強化ガラス板から切断されたサンプル８０の品質を評価した。

[01 69] 図２５に、強化ガラス板を切断した際のコーナー部における単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギー (単位エネルギー）と、凸量との関係を示す。なお、本実施例では、レーザ出力をそれぞれ４ＯＷ、５０Ｗ、７５Ｗと変化させることで、レーザ光の単位エネルギーを変化させた。レーザ光の単位エネルギーは、上記の式３に各レーザ出力 (Ｗ) 、レーザ光の走査速度（コーナー部）２．５ｍｍ/ ｓ、およびビーム径０．１ｍｍを代入することで求めた。

[01 70] 図２５に示すように、レーザ光の単位エネルギーが１６０Ｊ／ｍｍ２（レーザ出力＝４０Ｗ）であるサンプルＮｏ．１～Ｎｏ．３では、凸量がそれぞれ０．４ｍｍ、０．５ｍｍ、０．４５ｍｍとなった。レーザ光の単位エネルギーが２００Ｊ/ ｍｍ^2（レーザ出力＝５０Ｗ）であるサンプルＮｏ．４～Ｎｏ．６では、凸量がそれぞれ０．２ｍｍ、０．４ｍｍ、０．２５ｍｍとなった

。レーザ光の単位エネルギーが３００Ｊ/ ｍｍ$_2$（レーザ出力＝７５Ｗ）であるサンプルＮｏ．７、Ｎｏ．８では、凸量がそれぞれ０．１５ｍｍ、０．１ｍｍとなった。

[01 71] 図２６に、レーザ光の単位エネルギーと凸部８９の凸量との関係を示す。図２６に示すグラフは、図２５の表における各サンプルの単位エネルギーと凸量をプロットしたグラフである。図２５および図２６に示す結果から、レーザ光の単位エネルギーが増加するにつれて凸部８９の凸量が減少する傾向があることがわかった。

[01 72] つまり、クラック発生位置８３の手前から切断終了点８２までの区間において、強化ガラス板に照射されるレーザ光の単位エネルギーを大きくするほど、レーザ光の走査方向後方に発生する引張応力が大きくなる。そして、走査方向後方に発生する引張応力が大きいほど、走査方向後方におけるクラックの伸展方向を精度よく制御することができるので、凸部８９の凸量が減少すると考えられる。

[01 73] < 実施例２ >

以下、本発明の実施例２について説明する。以下に示す実施例２では、板厚が１．１ｍｍ、表面圧縮応力ＣＳが７１６ＭＰａ、表面層および裏面層それぞれの厚さＤＯＬが６８．８μｍ、残留引張応力ＣＴが５１ＭＰａの強化ガラス板を用いた。

[01 74] 本実施例においても、図２３に示す形状のサンプル８０（本実施例の場合は、３５ｍｍＸ５０ｍｍ）を強化ガラス板１０から切断した。レーザ光の光源は、ファイバーレーザ（中心波長帯：１０７０ｎｍ）とした。レーザ光のビーム径は０．１ｍｍとした。レーザ光の走査速度は直線区間では５ｍｍ/ ｓとし、コーナー部では１ｍｍ/ ｓとした。ここで、コーナー部には図２４のクラック発生位置８３の手前から切断終了点８２までの区間が含まれている。

[01 75] また、本実施例では、レーザ光を走査する際に強化ガラス板を冷却する場合と冷却しない場合とについて実験をおこなった。レーザ光を走査する際に

強化ガラス板を冷却する場合は、図１０に示した冷却ノズル２８を用いた。このとき用いた冷却ノズルの開口部の直径φ１は１ｍｍとし、冷却ノズルと強化ガラス板１０の表面との距離Ｇａｐは２ｍｍとした。また、冷却ノズルを流れる空気の流量は１５Ｌ/ ｍｉｎとした。

[01 76] 本実施例においても、図２４に示す凸部８９の凸量Ｐ１を測定し、当該凸量Ｐ１の量を用いて強化ガラス板から切断されたサンプルの品質を評価した。

[01 77] 図２７に、強化ガラス板の冷却の有無と凸量との関係を示す。なお、本実施例ではレーザ出力が８ＯＷ、レーザ光のコーナー部における走査速度が１ｍｍ/ ｓ、ビーム径が０．１ｍｍであるので、上記の式3からコーナー部における単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーは８００Ｊ/ ｍｍ^{2}となる。

[01 78] 図２７に示すように、サンプルＮｏ．９（冷却なし）では凸量が０．１５ｍｍであった。これに対してサンプルＮｏ．１０（冷却あり）では凸量が０．１ｍｍであった。よって、レーザ光を走査する際に強化ガラス板を冷却したほうが凸部の凸量が少なくなつた。これは、強化ガラス板の表面を冷却した場合は、圧縮応力が発生する位置（レーザ照射領域）と引張応力が発生する位置（レーザ光の走査方向後方）との距離が短くなり（図１２参照）、走査方向後方におけるクラックの伸展方向をより精度よく制御することができたためと考えられる。

[01 79] 以上、本発明を上記実施の形態および実施例に即して説明したが、上記実施の形態および実施例の構成にのみ限定されるものではなく、本願特許請求の範囲の請求項の発明の範囲内で当業者であればなし得る各種変形、修正、組み合わせを含むことは勿論である。

[01 80] この出願は、２０１１年１２月７日に出願された日本出願特願２０１１_２６７７４５及び２０１２年７月９日に出願された日本出願特願２０１２-１５３４００を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0181] １０　強化ガラス板

１２　表面

１３　表面層

１４　裏面

１５　裏面層

１７　中間層

２０　レーザ光

２２　照射領域

２５　レンズ

２８　冷却ノズル

３０　クラック

３３　圧縮応力

３５　引っ張り応力

４０、５０、６０　サンプル

４１、６１　切断開始点

４２、５２、６２、８２　切断終了点

４３、５３、６３、８３　クラック発生位置

４４、５４、６４、８４　切断線（側面）

４５、５５、６５　切断線

４６、５６、６６、８６　クラック

４８、５８、６８、８８　切断予定線

４９、５９、６９、８９　凸部

７１　レーザ出力部

７２　ガラス保持駆動部

７３　制御部

７４　制御プログラム生成部

請求の範囲

[請求項1] 残留圧縮応力を有する表面層および裏面層と、当該表面層および裏面層との間に形成され、内部残留引張応力ＣＴ（ＭＰａ）を有する中間層とを備える強化ガラス板を、当該強化ガラス板に照射されるレーザ光の照射領域を移動させることで切断する強化ガラス板の切断方法であって、

前記表面層および前記裏面層の厚さをＤＯＬ（μｍ）、前記強化ガラス板の厚さをｔ，(μｍ)、前記強化ガラス板のヤング率をＹ（ＭＰａ）として、下式で表現される前記内部残留引張応力ＣＴに基づく単位面積当たりのひずみエネルギーU_{CT}（Ｊ／ｍ^2）を２．５Ｊ／ｍ^{2}以上とし、

前記強化ガラス板の側面に位置する切断終了点に向かって前記側面に対して鋭角となるように前記強化ガラス板を切断する際、前記強化ガラス板の前記切断終了点から所定の距離手前の所定の位置から前記切断終了点までの区間において、前記強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを前記強化ガラス板を直線状に切断する際に必要な単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーよりも大きくする、

強化ガラス板の切断方法。

U_{CT}＝｛ＣＴ^{2}Ｘ（ｔ !- ２ＸＤ０Ｌ）｝／（２ＸＹ）

[請求項2] 前記強化ガラス板に入射される前記レーザ光の実効的な出力をＰｅ(W)、前記レーザ光の走査速度を$_V$（ｍｍ／ｓ）、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（ｍｍ-^{1}）、前記強化ガラス板の厚さをt_2（ｍｍ）、前記強化ガラス板の線膨張係数をα_L（Ｋ-り、前記強化ガラス板の密度をｐ（ｇ／ｍｍ^3）、前記強化ガラス板の比熱をｃ（Ｊ／ｇ／Ｋ）として、下式で表現される切断指数Ｋ（Ｎ／ｍｍ）を１５０Ｎ／ｍｍ以下とする、請求項１に記載の強化ガラス板の切断方法。

$K = Pe / v \times \exp(-\alpha \times t_2) \times (Y \times \alpha_L) / (t_2 \times p \times c)$

[請求項3] 前記強化ガラス板と前記レーザ光とは、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 (mm-1)、前記強化ガラス板の厚さをt_2 (mm)として、$0 < \alpha \times t_2 \leqq 3.0$の式を満たす、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] 前記切断終了点から所定の距離手前の前記所定の位置は、前記強化ガラス板の側面に向かって意図しないクラックが発生するクラック発生位置の手前である、請求項1~3のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項5] 前記レーザ光の走査位置と前記切断終了点とを結ぶ線分と前記強化ガラス板の側面とがなす角度が小さいほど、前記強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくする、請求項1~4のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項6] 前記レーザ光の照射領域の移動速度を遅くすることで、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくする、請求項1~5のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項7] 前記レーザ光の出力を大きくすることで、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくする、請求項1~6のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項8] 前記レーザ光の照射領域の面積を小さくすることで、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくする、請求項1~7のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項9] 前記強化ガラス板の吸収係数αが大きくなるにつれて、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを小さくする、請求項3~8のうちいずれか一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熱膨張係数が大きくなるにつれて、前記単位照

射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを小さくする、請求項１～９のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項11] 前記強化ガラス板の厚さが厚くなるにつれて、前記単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーを大きくする、請求項１～１０のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項12] 前記区間において、更に前記レーザ光の照射領域の周囲を冷却する、請求項１～１１のうちいずれか一項に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項13] 前記強化ガラス板の表面および裏面のうちの少なくとも一方において前記レーザ光の照射領域の周囲を冷却する、請求項１２に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項14] ノズルから気体を吹き付けることで前記レーザ光の照射領域の周囲を冷却する、請求項１２または１３に記載の強化ガラス板の切断方法。

[請求項15] 残留圧縮応力を有する表面層および裏面層と、当該表面層および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、当該強化ガラス板に照射されるレーザ光の照射領域を移動させることで切断する強化ガラス板切断装置であって、

前記強化ガラス板を保持すると共に、当該強化ガラス板を所定の方向に移動するガラス保持駆動部と、

前記強化ガラス板を切断するためのレーザ光を出力するレーザ出力部と、

前記ガラス保持駆動部および前記レーザ出力部を制御プログラムに基づき制御する制御部と、

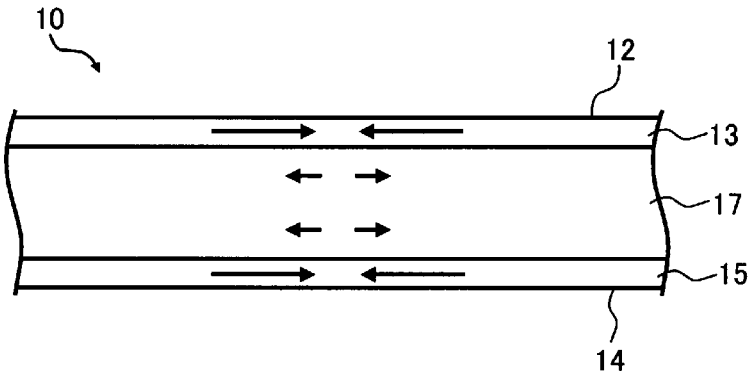
前記制御プログラムを生成する制御プログラム生成部と、を備え、

前記制御プログラム生成部は、前記強化ガラス板の側面に位置する切断終了点に向かって前記側面に対して鋭角となるように前記強化ガラス板を切断する際、前記強化ガラス板の前記切断終了点から所定の

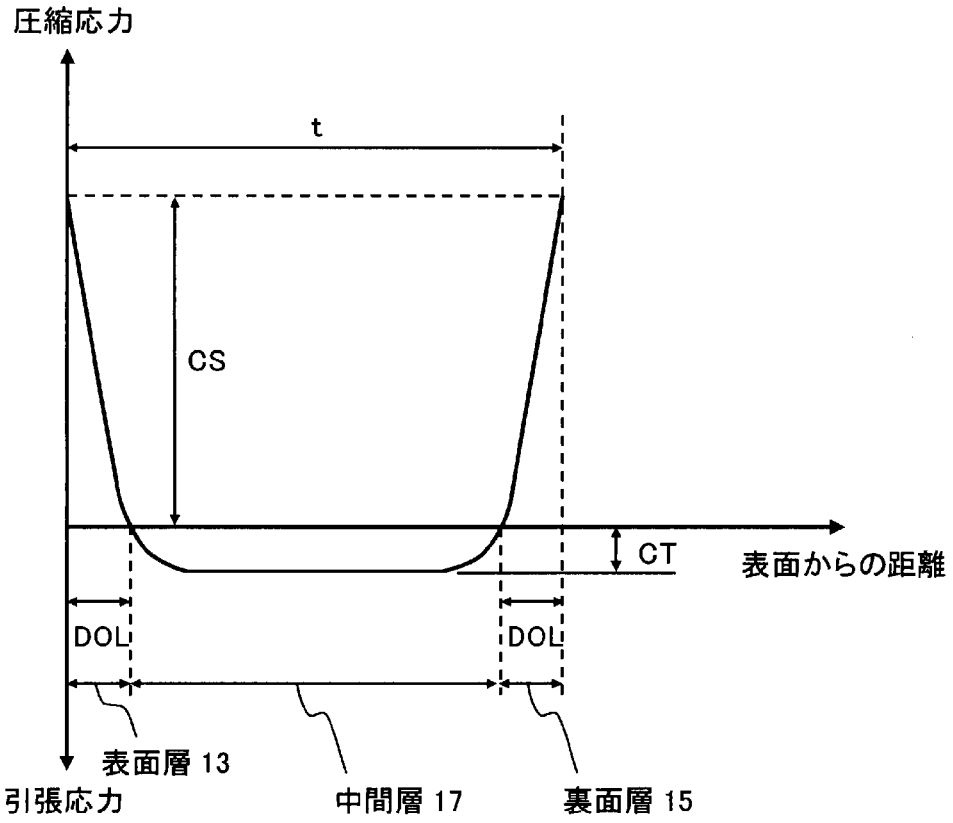
距離手前の所定の位置から前記切断終了点までの区間において、前記強化ガラス板に照射される単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーが前記強化ガラス板を直線状に切断する際に必要な単位照射面積あたりのレーザ光の照射エネルギーよりも大きくなるような制御プログラムを生成する、

強化ガラス板切断装置。

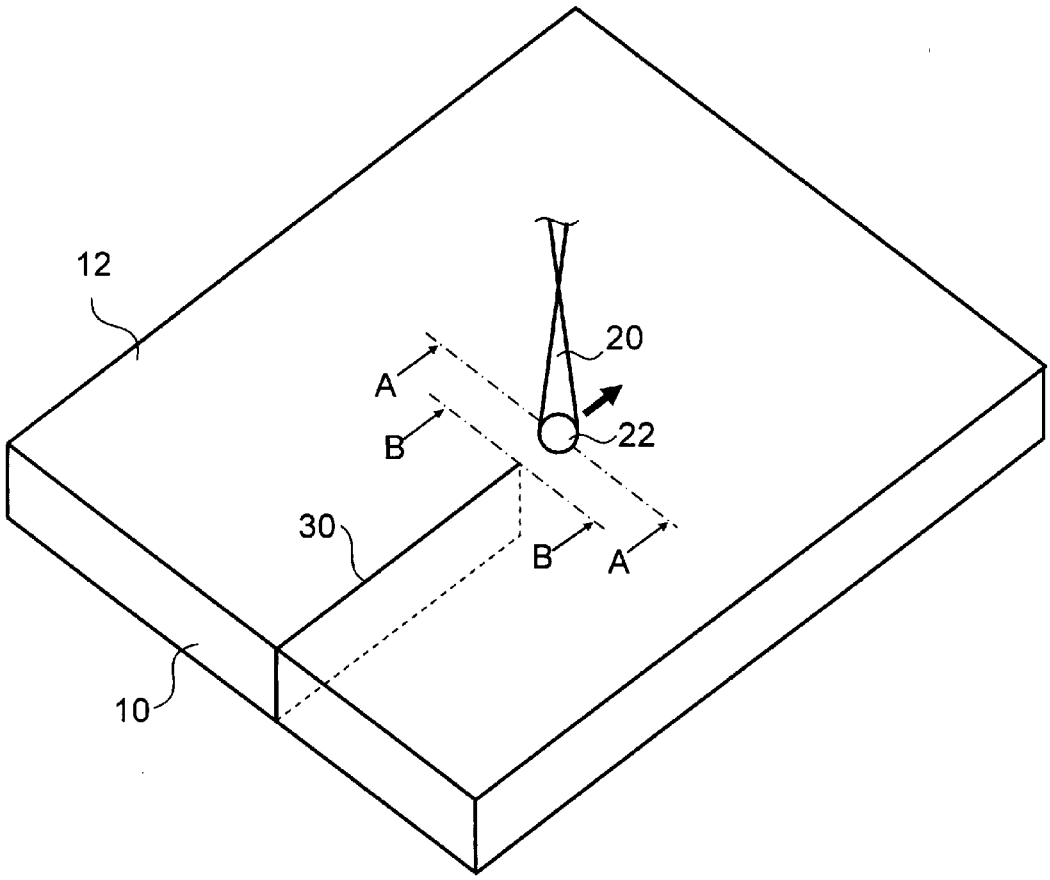
[図1]


10
12
13
17
15
14

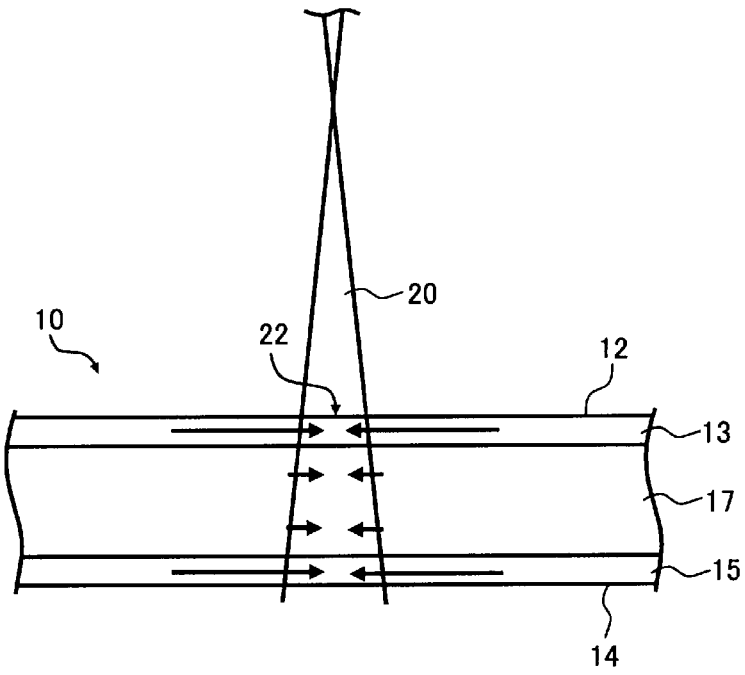
[図2]


圧縮応力
t
CS
CT
表面からの距離
DOL
DOL
表面層 13
引張応力
中間層 17
裏面層 15

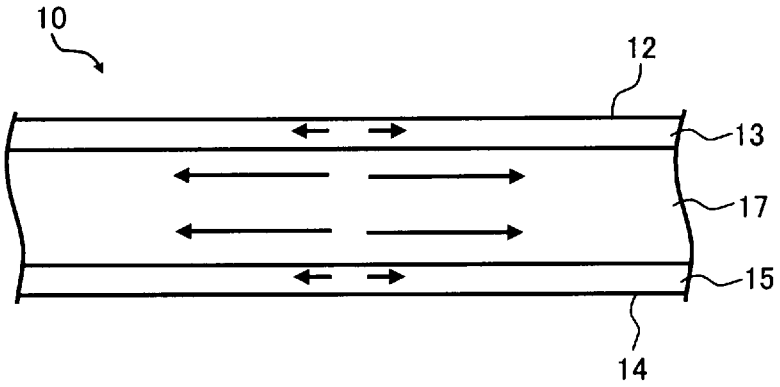
[図3]



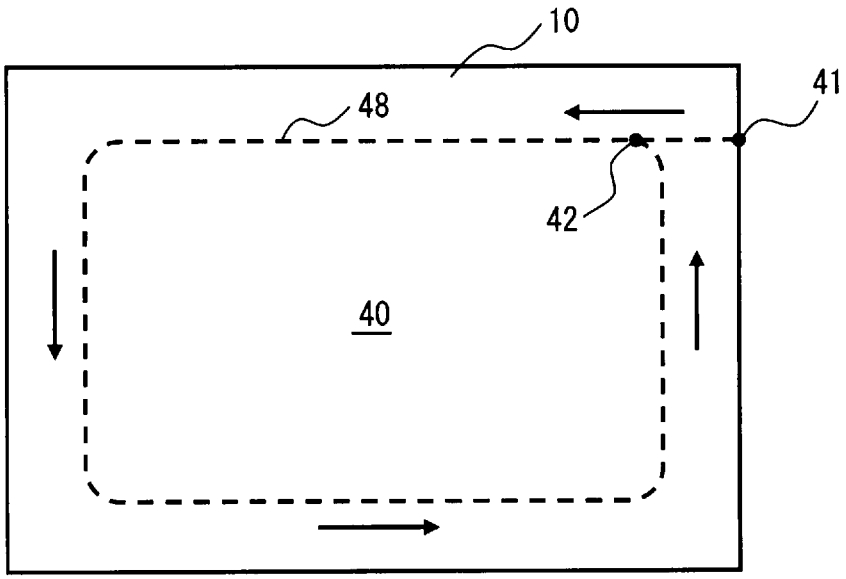
[図4]



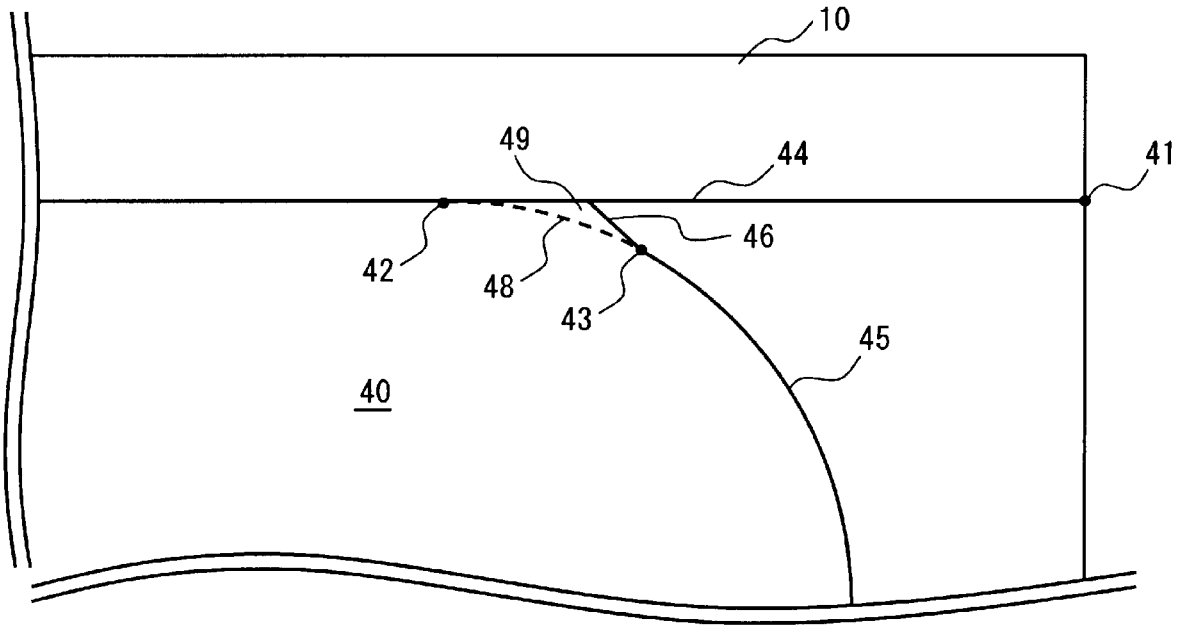
[図5]



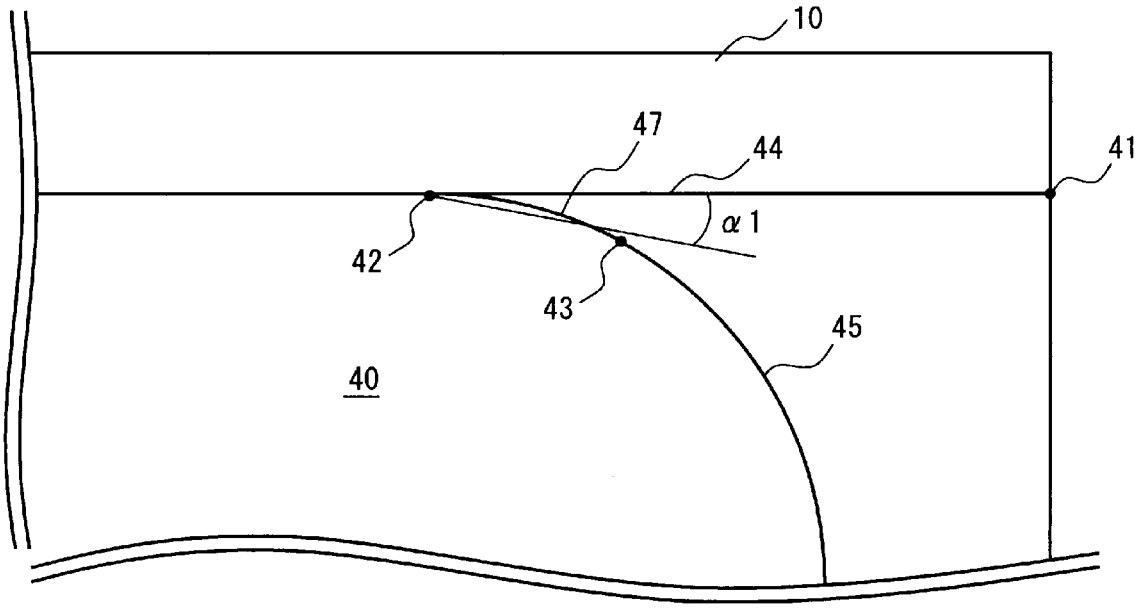
[図6]



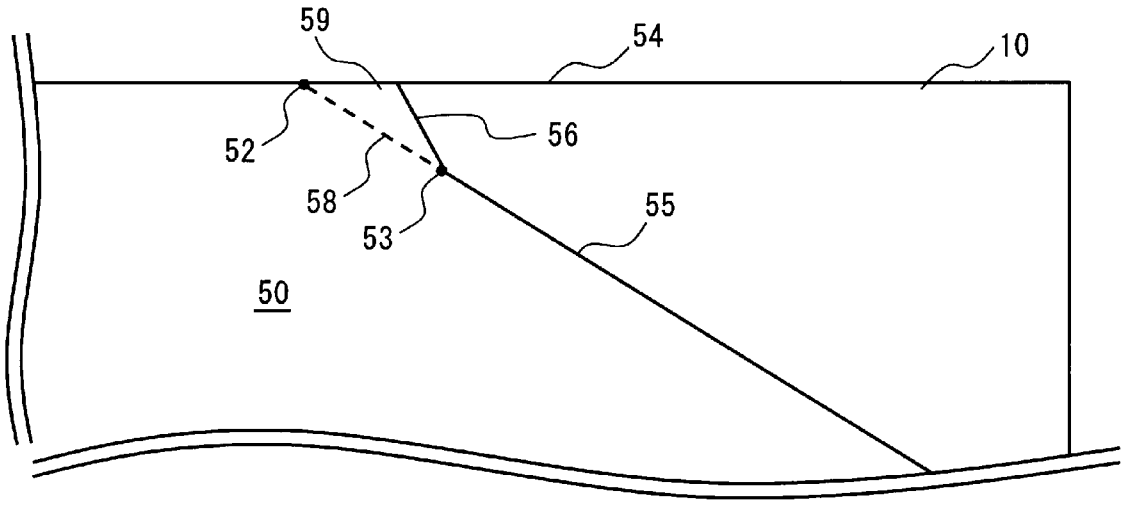
[図7A]



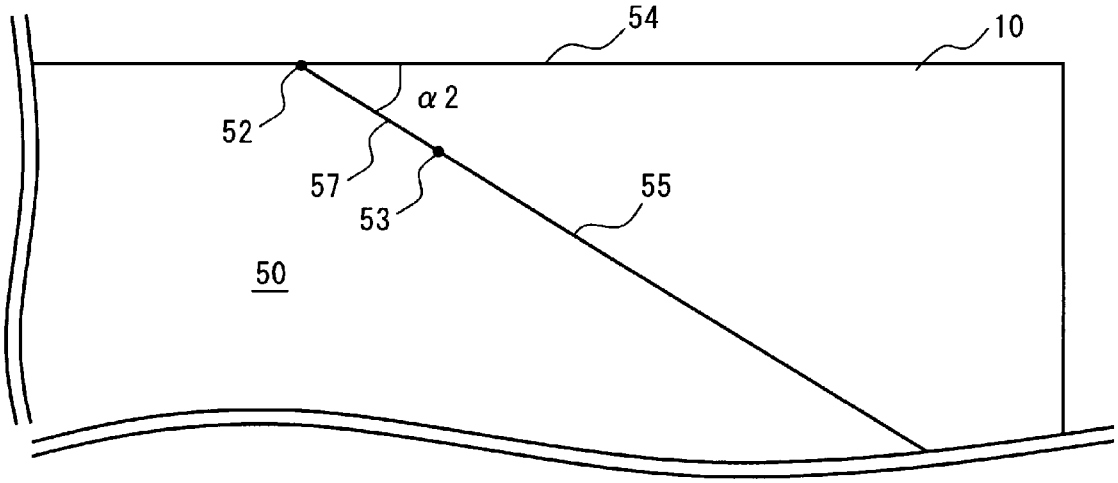
[図7B]



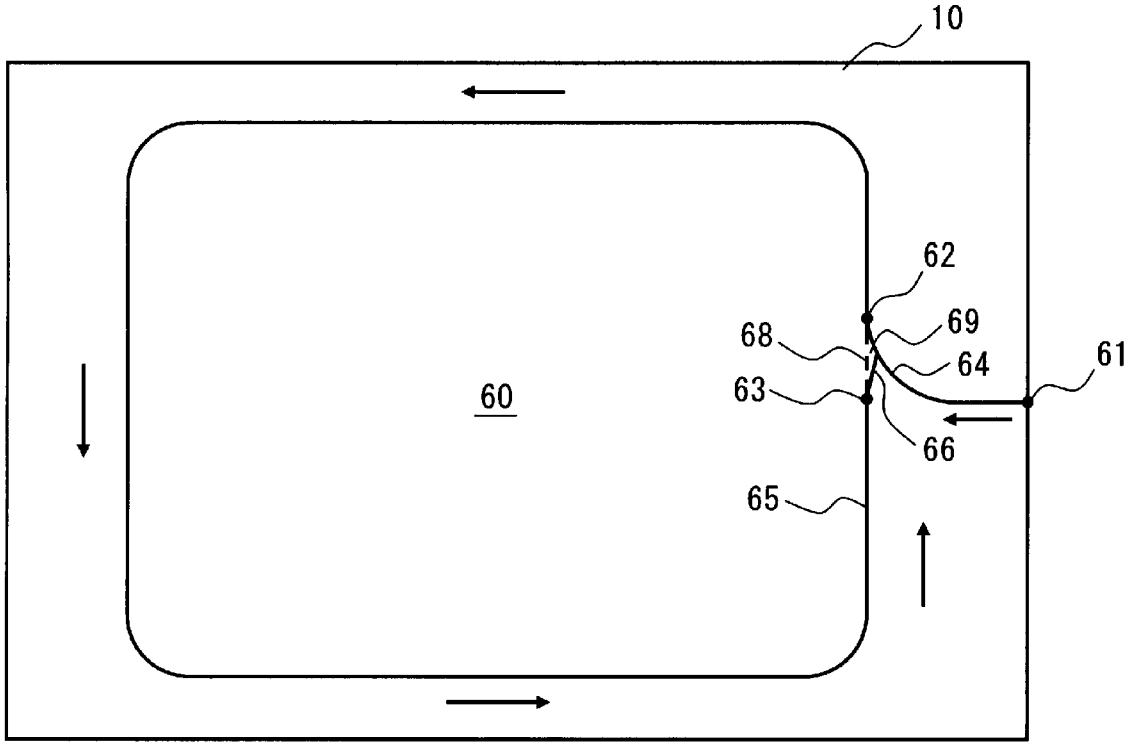
[図8A]



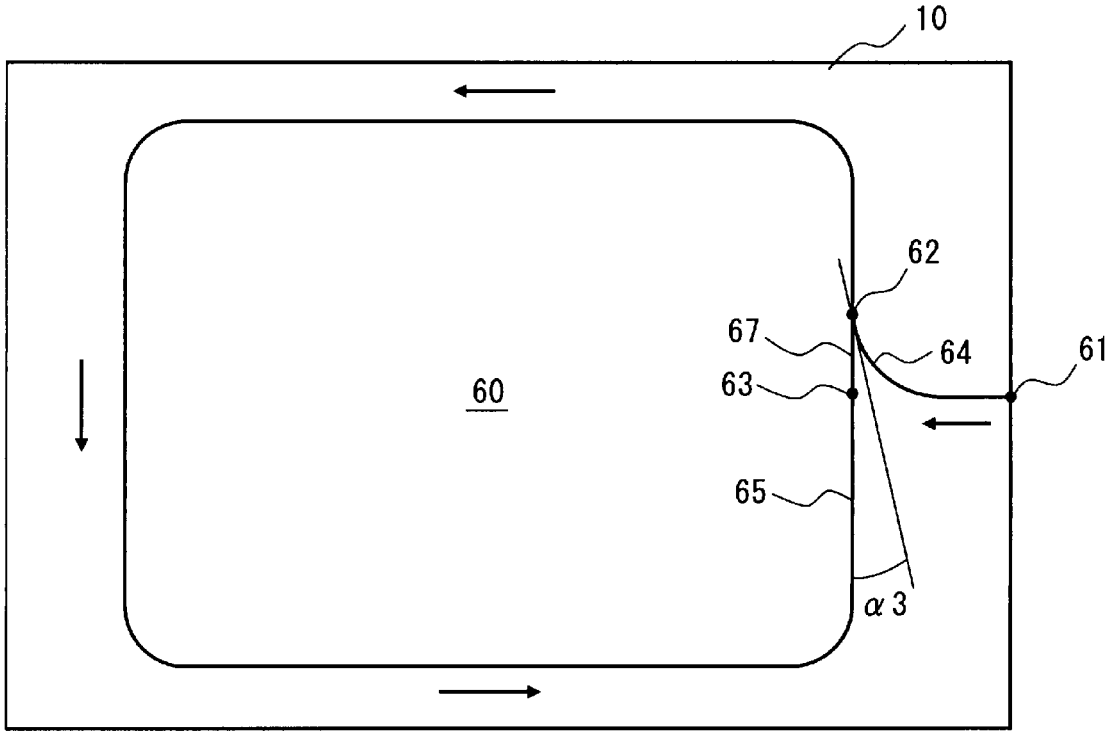
[図8B]



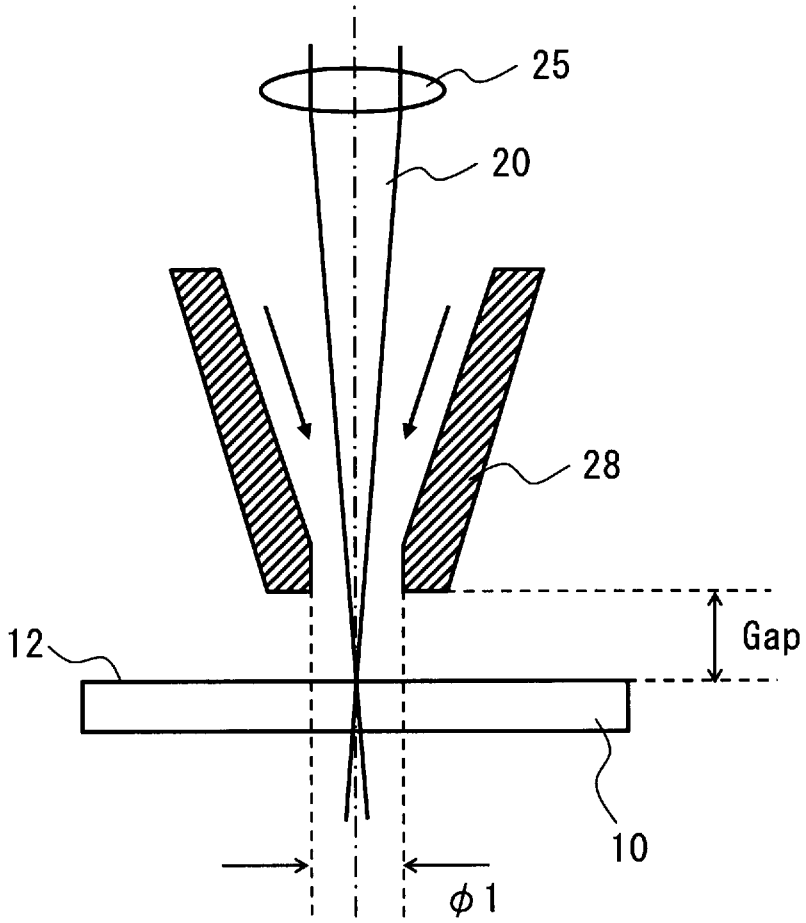
[図9A]



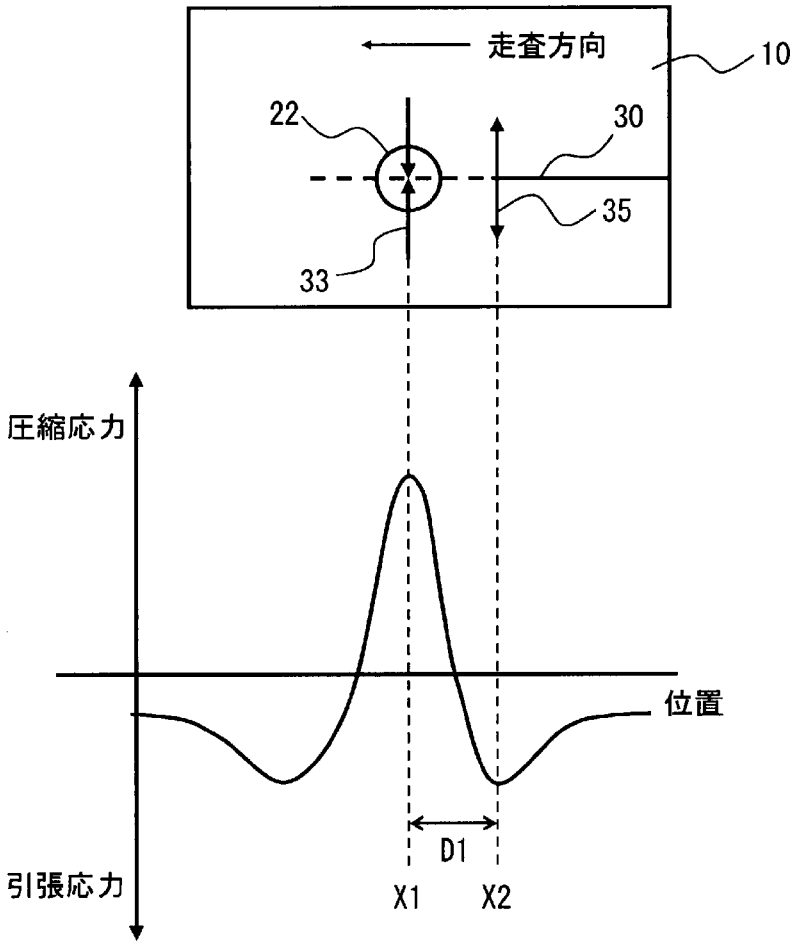
[図9B]



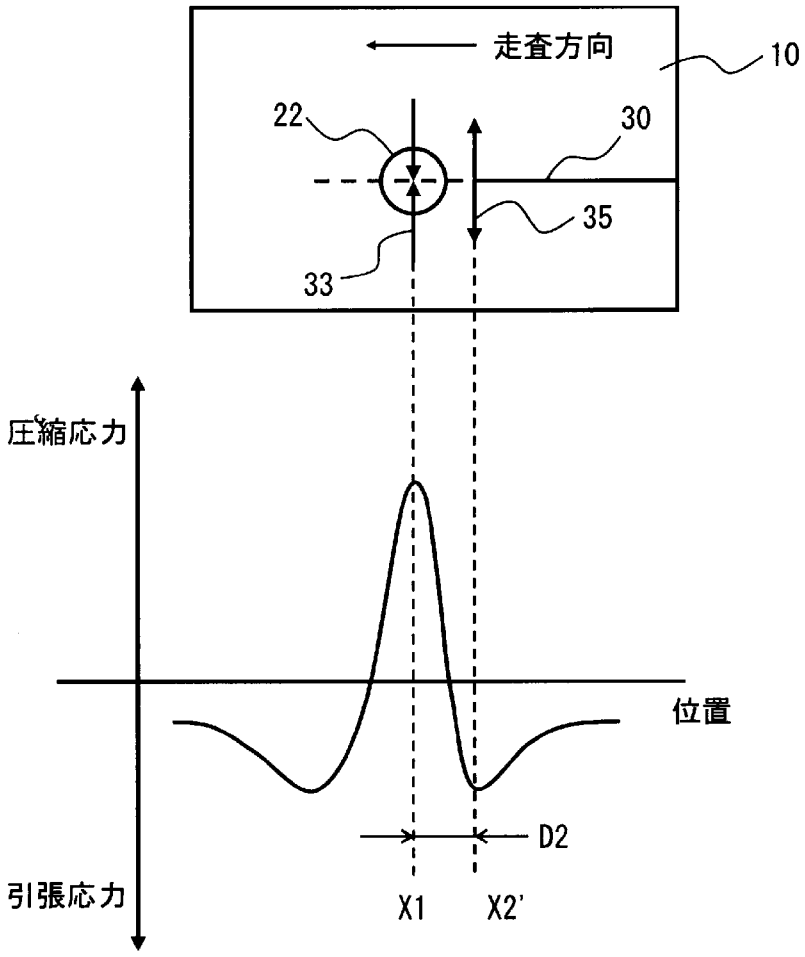
[図10]



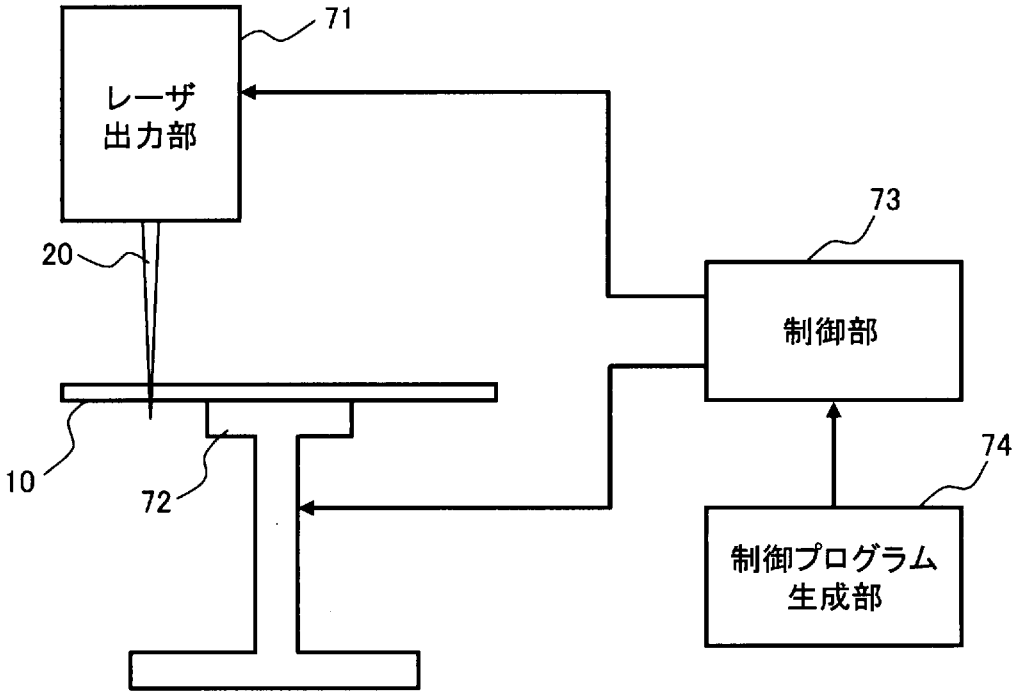
[図11]



[図12]

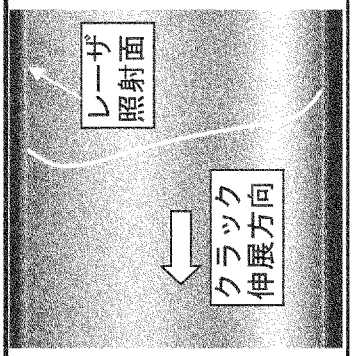
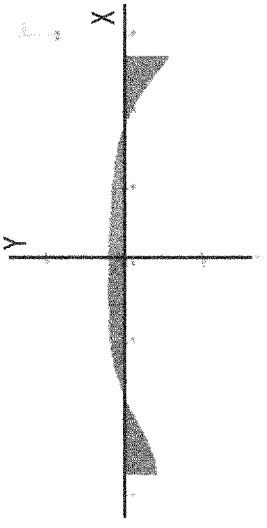
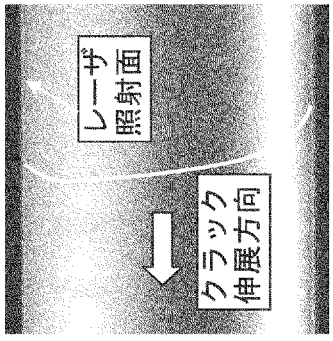
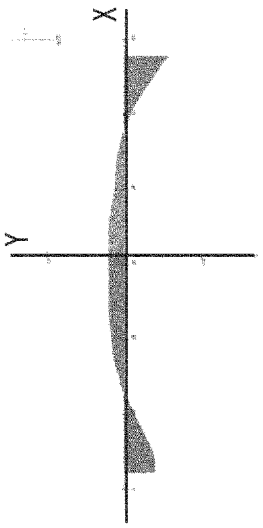
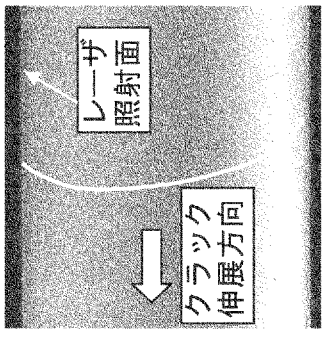
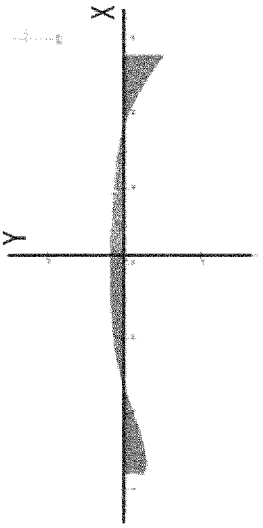


[図13]

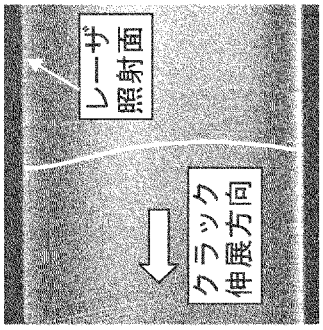
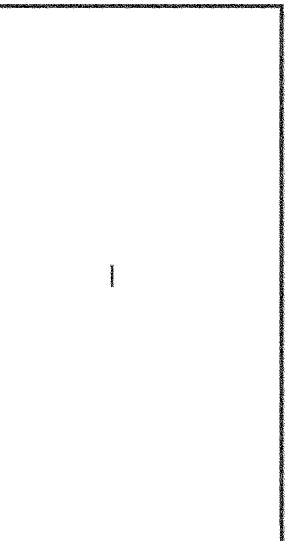


70

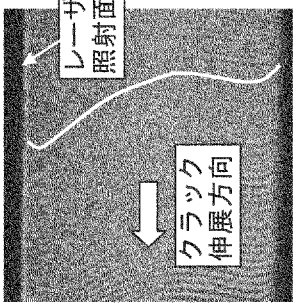
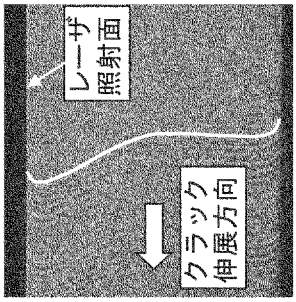
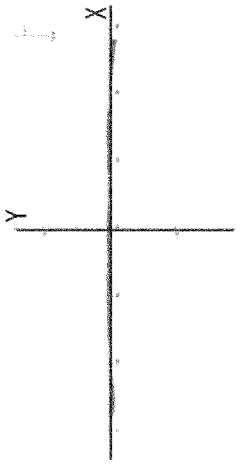
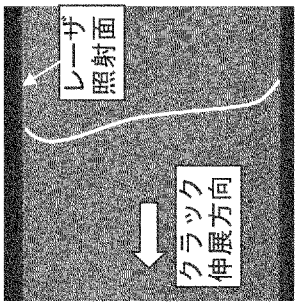
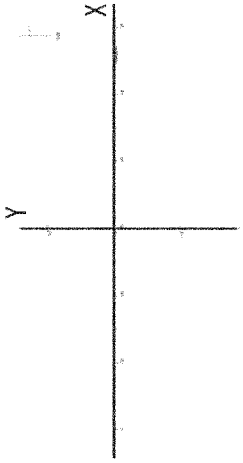
[図14]

参考例	光源出力（W）	切断可否	切断面の顕微鏡写真	レーザ照射等の中断後のクラック	凸量（μm）	直線誤差量
101	200	○		自走	160	
102	150	○		自走	160	
103	100	○		自走	140	

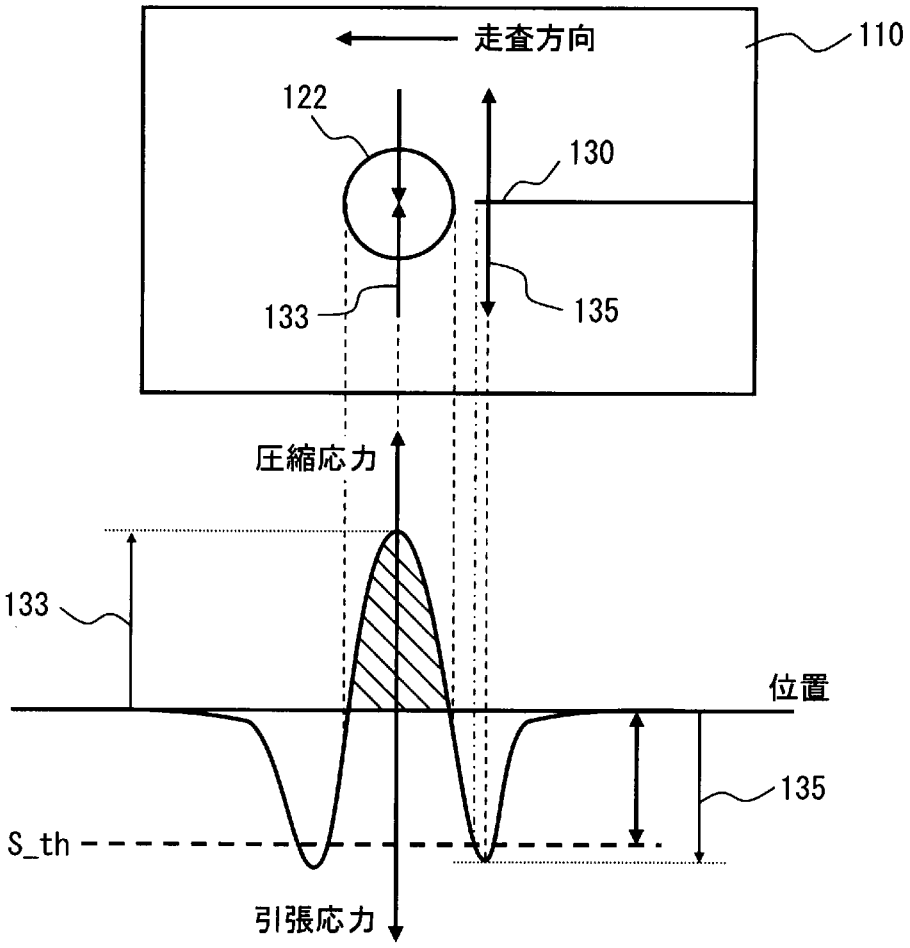
[図15]

比較例	光源出力（W）	切断可否	切断面の顕微鏡写真	レーザ照射等の中断後のクラック	凸量（μm）	直線誤差量
104	200	○		停止	280	
105	150	×	—	—	—	—

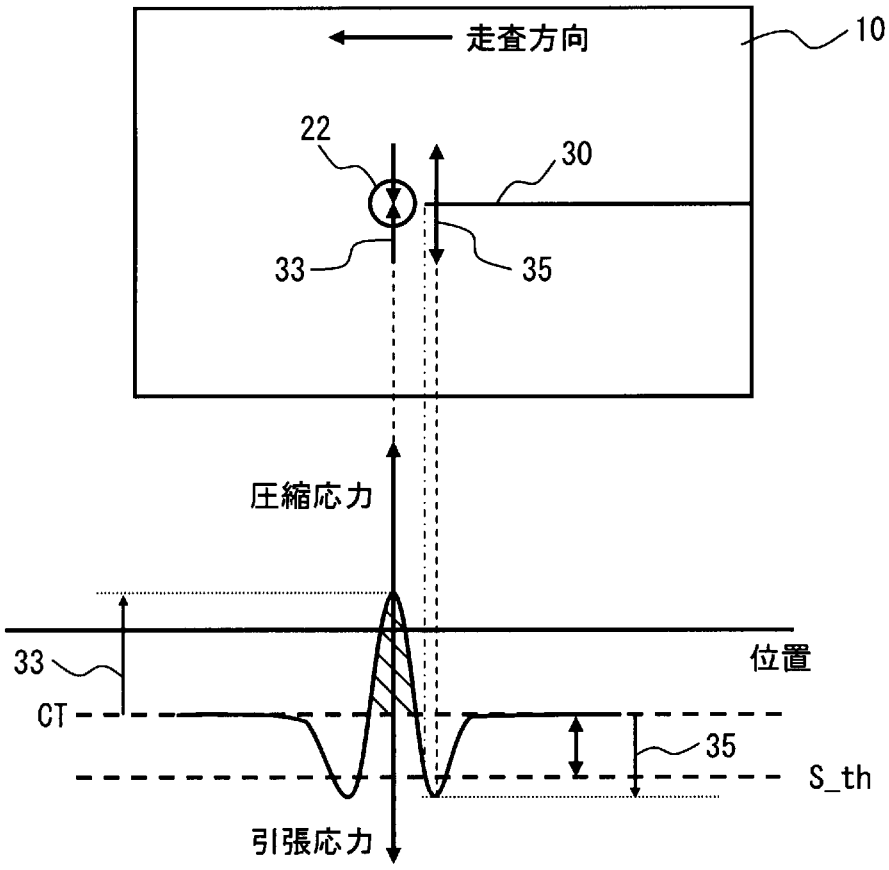
[図16]

サンプル	光源出力（W）	切断可否	切断面の顕微鏡写真	レーザ照射等の中断後のクラック	凸量（μm）	直線誤差量
参考例106	100	○		自走	54	
参考例107	75	○		自走	35	
参考例108	50	○		自走	15	
比較例109	200	×（溶融）	—	—	—	—
比較例110	100	×	—	—	—	—

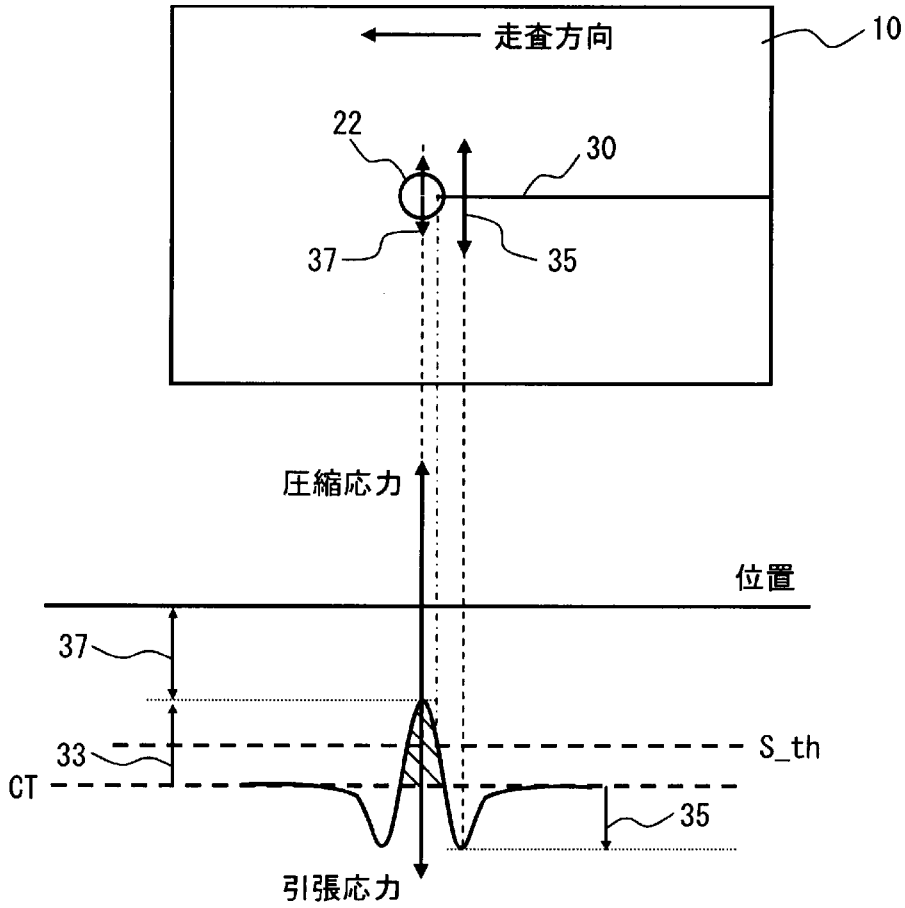
[図17]



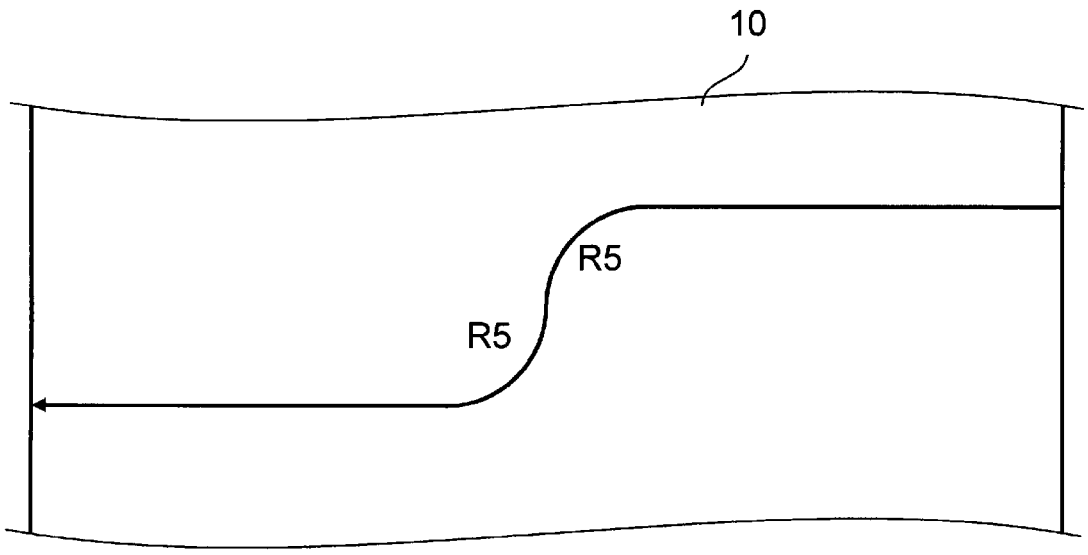
[図18]



[図19]



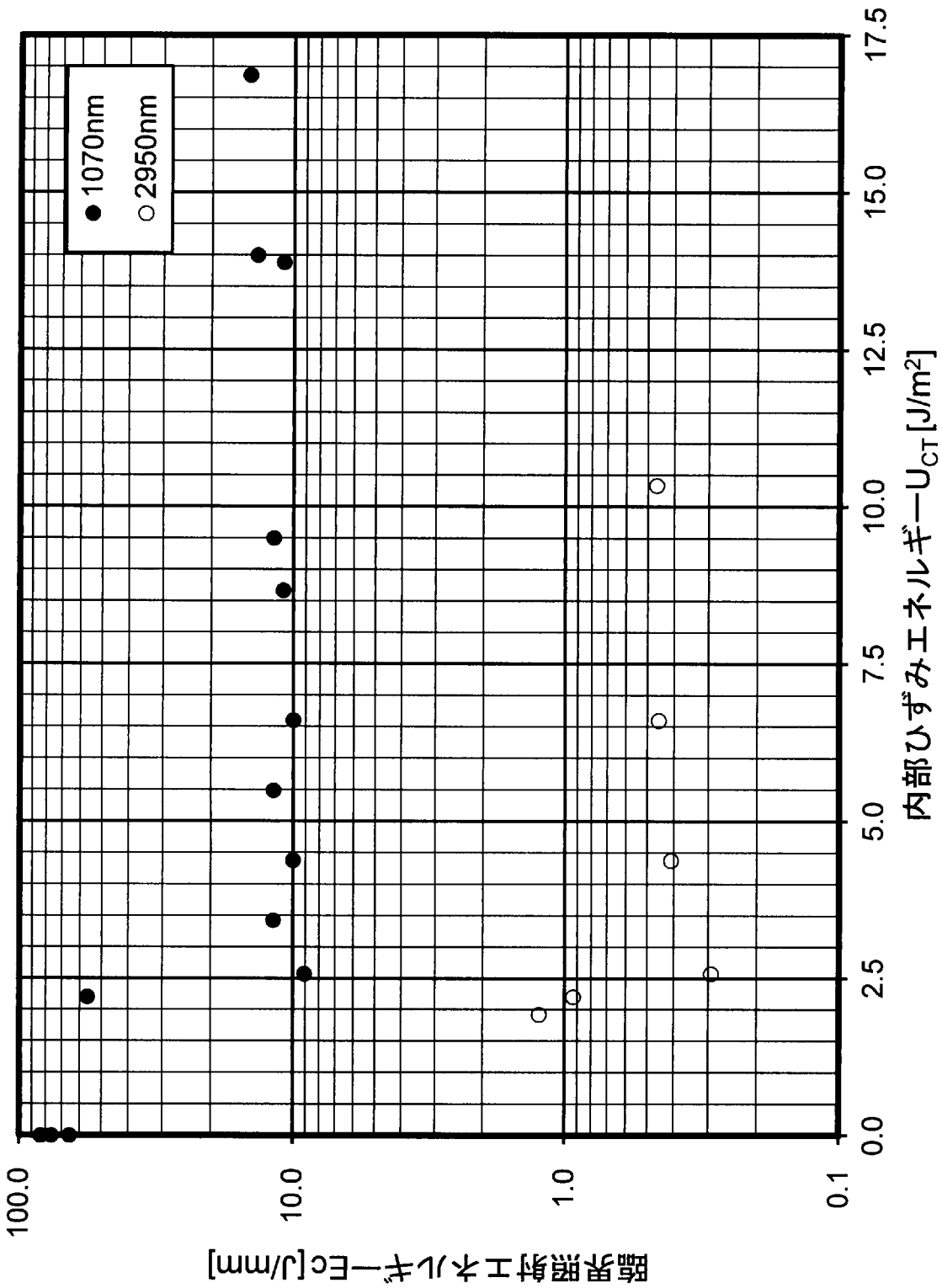
[図20]



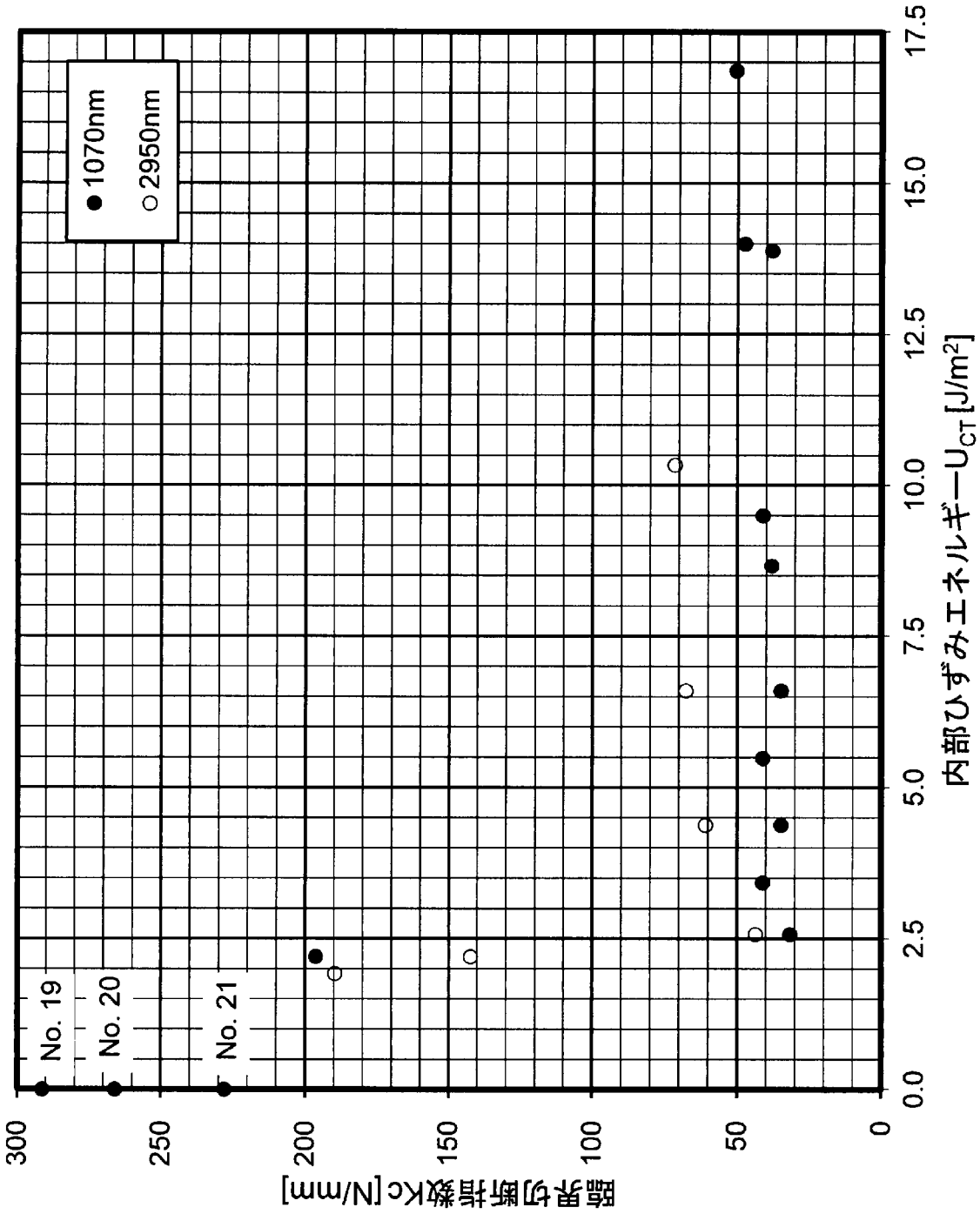
[図21]

λ	No.	Y	α_L	ρ	c	t	α	r	CS	DOL	CT	U_{CT}	v	φ	P	Pe	Ec	Ea	Kc
[nm]		[MPa]	$\times 10^{-6}$[1/K]	$\times 10^{-3}$[g/mm^3]	[J/g/K]	[mm]	[1/mm]	[%]	[MPa]	[μm]	[MPa]	[J/m^2]	[mm/s]	[mm]	[W]	[W]	[J/mm]	[J/mm]	[N/mm]
1070	1	74000	9.8	2.48	0.918	1.10	0.011	9.3	789	36.6	28.1	5.49	2.50	0.1	32.5	29.5	11.8	0.14	41
	2					1.11			735	51.2	37.3	9.50			32.5	29.5	11.8	0.14	41
	3					1.12			699	64.8	45.7	14.00			37.5	34.0	13.6	0.17	47
	4					1.11			716	68.8	50.7	16.86			40.0	36.3	14.5	0.18	51
	5					0.83			818	27.4	28.9	4.38			27.5	24.9	10.0	0.09	35
	6					0.83			726	37.4	36.0	6.60			27.5	24.9	10.0	0.09	35
	7					0.82			763	22.5	22.2	2.57			25.0	22.7	9.1	0.08	32
	8					1.11			756	30.5	22.0	3.42			32.5	29.5	11.8	0.14	41
	9					0.70			705	40.0	45.5	8.67			30.0	27.2	10.9	0.08	38
	10					0.72			687	51.8	57.7	13.88			30.0	27.2	10.9	0.09	38
	11					0.72			711	20.9	21.9	2.20			155	140.6	56.2	0.44	196
2950	12	74000	9.8	2.48	0.918	0.70	0.59	5.2	750	41.0	49.8	10.34	2.00	0.2	0.98	0.93	0.46	0.16	72
	13					0.83			818	27.4	28.9	4.38	2.50		1.08	1.02	0.41	0.16	61
	14					0.83			726	37.4	36.0	6.60	2.25		1.08	1.02	0.46	0.18	68
	15					0.82			763	22.5	22.2	2.57	3.50		1.08	1.02	0.29	0.11	44
	16					0.72			711	20.9	21.9	2.20	1.00		0.98	0.93	0.93	0.32	142
	17					0.72			681	20.4	20.5	1.92	0.75		0.98	0.93	1.24	0.43	190
1070	18	74000	9.8	2.48	0.918	0.70	0.011	9.3	0	0	0	0	2.50	0.5	切断不可				
	19					0.70			0	0	0	0		0.8	230	209	83	0.64	291
	20					0.70			0	0	0	0		1.0	210	190	76	0.58	266
	21					0.70			0	0	0	0		2.0	180	163	65	0.50	228

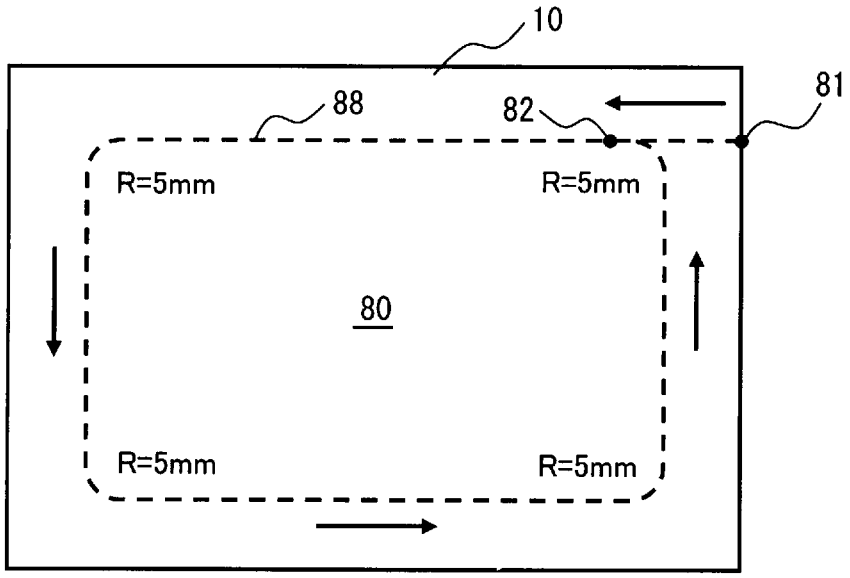
[図22A]


● 1070nm
○ 2950nm
臨界照射エネルギー—Ec[J/mm]
100.0
10.0
1.0
0.1
内部ひずみエネルギー—U_{CT}[J/m²]
0.0
2.5
5.0
7.5
10.0
12.5
15.0
17.5

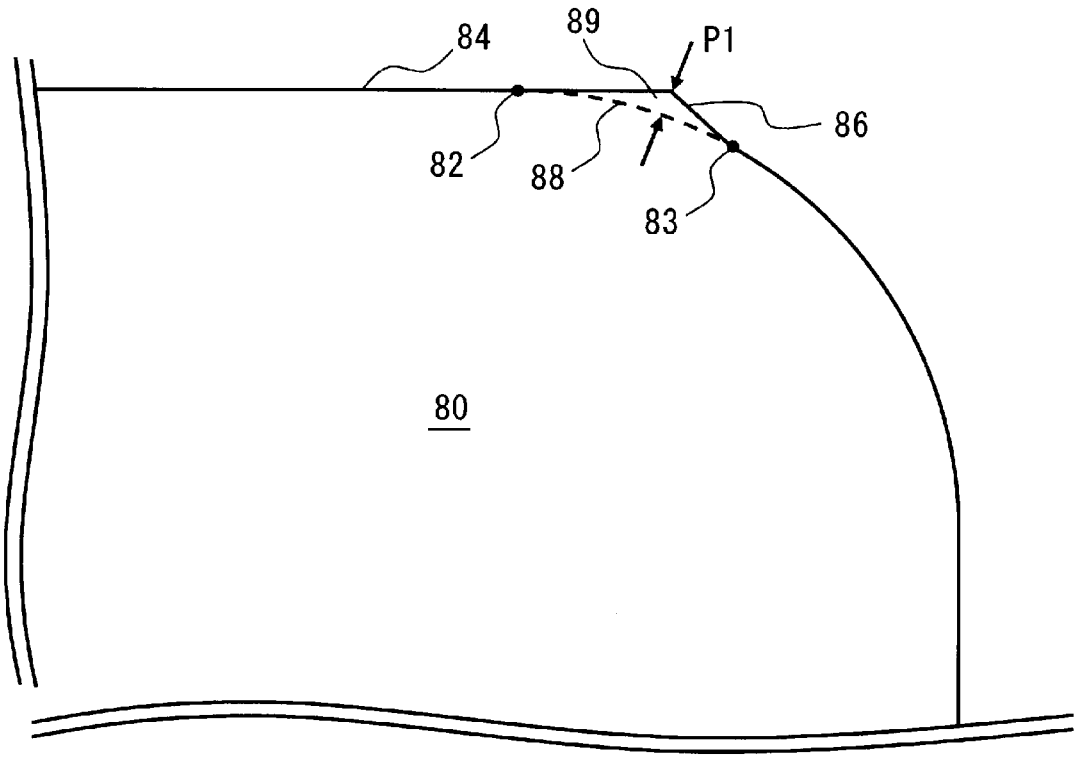
[図22B]


● 1070nm
○ 2950nm
No. 19
No. 20
No. 21
臨界切断指数Kc [N/mm]
300
250
200
150
100
50
0
0.0
2.5
5.0
7.5
10.0
12.5
15.0
17.5
内部ひずみエネルギーU_{CT} [J/m²]

[図23]



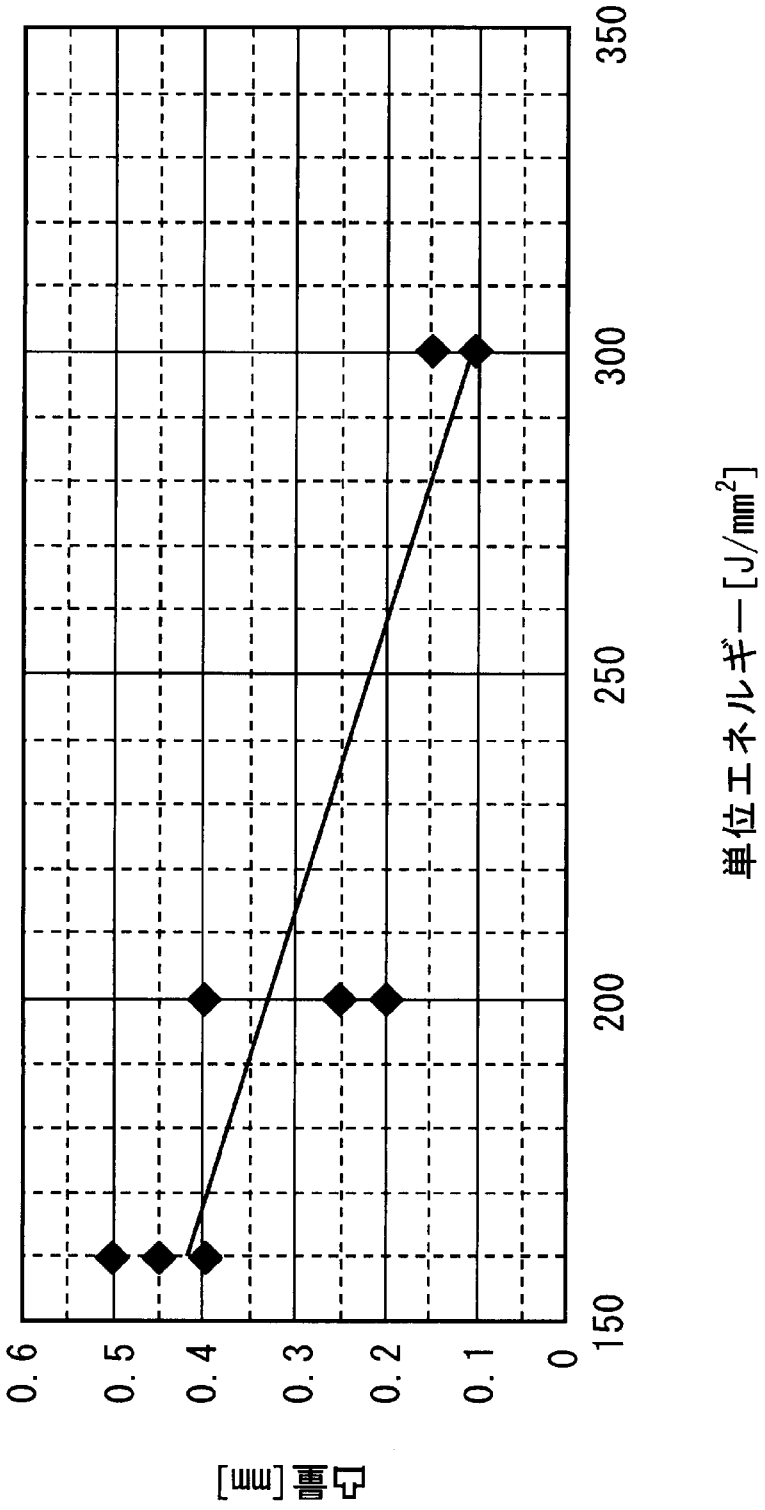
[図24]



[図25]

サンプルNo.	レーザ出力[W]	単位エネルギー [J/mm^2]	凸量[mm]
1	40	160	0.4
2	40	160	0.5
3	40	160	0.45
4	50	200	0.2
5	50	200	0.4
6	50	200	0.25
7	75	300	0.15
8	75	300	0.1

[図26]



[図27]

サンプルNo.	単位エネルギー [J/mm^2]	冷却の有無	凸量[mm]
9	800	なし	0.15
10	800	あり	0.1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT / JP2 012 / 081368

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C03B33/09 (2006.01)i, B23K2 6/0 0(2006.01)i, B23K2 6/1 4(2006.01)i, B23K2 6/3 8 (2006.01)i, B23K2 6/4 0(2006.01)i, B28D5/0 0{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)
C03B3 3/00-33/14, C03C2 1/00, B23K2 6/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1 996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 2011/142464 A1 (Asahi Glass Co., Ltd.), 17 November 2011 (17.11.2011), claims; example 37; fig. 1, 5 (Family: none)	1-15
A	WO 2008/108332 A1 (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 12 September 2008 (12.09.2008), claims; examples; fig. 2 & US 2010/0119846 A1	1-15
A	JP 2006-256944 A (Lemi Co., Ltd.), 28 September 2006 (28.09.2006), claims; paragraph [0044] (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, exhibnion 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 tiie 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
15 February, 2013 (15.02.13)	26 February, 2013 (26.02.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT / JP2 012/ 081368

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 2010-116276 A (Nippon Electric Glass Co., Ltd.), 21 May 2010 (27.05.2010), claims; examples (Family: none)	1-15

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2012/081368

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, B23K26/40 (2006.01)i, B28D5/00 (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. C03B33/00- 33/14, C03C21/00, B23K26/00

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—2013年
日本国実用新案登録公報 1996—2013年
日本国登録実用新案公報 1994—2013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 2011/142464 A1 (旭硝子株式会社) 2011.11.17, 特許請求の範囲、例37、図1, 5 (ファミリーなし)	1-15
A	WO 2008/108332 A1 (日本電気硝子株式会社) 2008.09.12, 特許請求の範囲、実施例、図2 & US 2010/0119846 A1	1-15
A	JP 2006-256944 A (株式会社レミ) 2006.09.28, 特許請求の範囲、【0044】 (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	国際調査報告の発送日
15.02.2013	26.02.2013

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 3234
山崎 直也
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	JP 2010-116276 A (日本電気硝子株式会社) 2010. 05. 27, 特許請求の範囲、実施例 (ファミリーなし)	1-15