

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5562254号
(P5562254)

(45) 発行日 平成26年7月30日(2014.7.30)

(24) 登録日 平成26年6月20日(2014.6.20)

(51) Int.Cl.

F I

B 2 8 D	5/00	(2006.01)	B 2 8 D	5/00	Z
B 2 3 K	26/00	(2014.01)	B 2 3 K	26/00	N
B 2 3 K	26/073	(2006.01)	B 2 3 K	26/073	
B 2 3 K	26/067	(2006.01)	B 2 3 K	26/067	
B 2 3 K	26/40	(2014.01)	B 2 3 K	26/40	

請求項の数 15 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-542973 (P2010-542973)
 (86) (22) 出願日 平成21年12月15日(2009.12.15)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2009/070900
 (87) 国際公開番号 W02010/071128
 (87) 国際公開日 平成22年6月24日(2010.6.24)
 審査請求日 平成24年8月24日(2012.8.24)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-320251 (P2008-320251)
 (32) 優先日 平成20年12月16日(2008.12.16)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 503390651
 株式会社レミ
 大阪府高槻市城北町一丁目6番8号
 (74) 代理人 100075258
 弁理士 吉田 研二
 (74) 代理人 100096976
 弁理士 石田 純
 (72) 発明者 榎園 人士
 大阪府高槻市城北町一丁目6番8号 株式
 会社レミ内
 (72) 発明者 軽部 規夫
 大阪府高槻市城北町一丁目6番8号 株式
 会社レミ内
 審査官 馬場 進吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脆性材料の分割装置および分割方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

脆性材料に想定された分割予定線に対して、その分割予定線上に形成された初亀裂の側から前記分割予定線に沿って前記脆性材料を加熱し、前記分割予定線に沿って加熱する位置を相対的に移動させることで前記脆性材料を分割する脆性材料の分割装置であって、

前記分割予定線に沿って、前記脆性材料にレーザービームを照射して加熱部分を生成するレーザービーム照射手段と、

前記分割予定線に沿った移動方向に関し前記加熱部分の後方の位置で前記脆性材料を局部的に冷却する冷却手段とを備え、

前記レーザービーム照射手段は、前記加熱部分にて、前記移動方向の前方に位置する第1レーザービーム照射領域を形成する第1ビーム照射部と、前記加熱部分にて、前記第1レーザービーム照射領域の前記移動方向の後方において前記分割予定線に沿って細長い形状の第2レーザービーム照射領域を形成する第2ビーム照射部とを含み、

前記第1レーザービーム照射領域の形状が略円形の中央部を所定の幅で分断した形状であることを特徴とする脆性材料の分割装置。

【請求項2】

前記第1レーザービーム照射領域を形成する第1レーザービームは、前記第1ビーム照射部からのレーザー光の光路の中央部に所定の幅の遮蔽物を配して生成されることを特徴とする請求項1に記載の脆性材料の分割装置。

【請求項3】

10

20

前記第1レーザビーム照射領域はガウシアン分布の強度分布を有することを特徴とする請求項1または2に記載の脆性材料の分割装置。

【請求項4】

前記第1レーザビーム照射領域は、割断予定線に沿う長さが第2レーザビーム照射領域よりも短くて割断予定線に直交する方向の長さが第2レーザビーム照射領域よりも長く、かつ、前記第1レーザビーム照射領域に与えられるレーザパワーが第2レーザビーム照射領域に与えられるレーザパワーよりも大きいことを特徴とする請求項3に記載の脆性材料の分割装置。

【請求項5】

前記第1レーザビーム照射領域は、割断予定線に沿う長さが第2レーザビーム照射領域よりも短くて割断予定線に直交する方向の長さが第2レーザビーム照射領域よりも長く、かつ、レーザパワー密度が第2レーザビーム照射領域よりも低いことを特徴とする請求項3に記載の脆性材料の分割装置。

10

【請求項6】

前記第1ビーム照射部によって形成される第1レーザビーム照射領域の位置は、前記第2レーザビーム照射領域の後端から離れた位置を前記冷却手段により局所的に冷却して形成される冷却位置に対して、前記割断予定線に沿った方向の距離が可変であることを特徴とする請求項3に記載の脆性材料の分割装置。

【請求項7】

前記第1レーザビーム照射領域の位置と前記冷却位置との距離は、前記脆性材料の割断速度および厚さの少なくとも一方に基づいて設定されることを特徴とする請求項6に記載の脆性材料の分割装置。

20

【請求項8】

前記第2レーザビーム照射領域を形成する第2レーザビームは、前記第2ビーム照射部のレーザ光源からのレーザ光を回折光学素子または平凸シリンドリカルレンズに通過させて整形して生成されることを特徴とする請求項1に記載の脆性材料の分割装置。

【請求項9】

前記レーザビーム照射手段は、前記第1ビーム照射部に50%以上のレーザパワーを分配し、前記第2ビーム照射部に50%未満のレーザパワーを分配する、ビームスプリッタを含むことを特徴とする請求項3に記載の脆性材料の分割装置。

30

【請求項10】

脆性材料の割断予定線に沿って加熱し、前記脆性材料と前記加熱する位置を前記割断予定線に沿って相対的に移動させて前記脆性材料を割断する脆性材料の割断方法であって、前記割断予定線上の脆性材料の端部に初亀裂を形成し、

前記初亀裂を始点として前記脆性材料の加熱を第1のレーザビームおよび第2のレーザビームで行い、前記第1のレーザビームは前記第2のレーザビームに対し前記割断予定線に沿った移動方向の前方に位置して略円形の中央部を所定の幅で分断した形状のビームであり、前記第2のレーザビームは前記割断予定線に沿って細長い形状のビームであり、

前記第2のレーザビームの後端から所定位置だけ離れた位置を局所的に冷却し、

これにより、前記初亀裂より伸張されて脆性材料の表面から裏面までに至る割断面を前記割断予定線上の脆性材料端部から終端部近傍まで形成し、前記割断予定線上の前記終端部近傍から前記移動方向後方の表面にスクライブ溝を形成し、その後前記割断予定線上の終端部近傍の表面に形成されたスクライブ溝に沿ってブレイクする、ことを特徴とする脆性材料の割断方法。

40

【請求項11】

前記第1レーザビーム照射領域は、断面形状が略円形で強度分布がガウシアン分布を有することを特徴とする請求項10に記載の脆性材料の割断方法。

【請求項12】

前記第1のレーザビームによって形成される第1レーザビーム照射領域に与えるレーザパワーは、前記第2のレーザビームによって形成される第2レーザビーム照射領域に与え

50

るレーザーパワーよりも大きいことを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の脆性材料の
 割断方法。

【請求項 13】

前記第 1 のレーザービームによって形成される第 1 レーザービーム照射領域は割断予定線に
 沿う長さが前記第 2 レーザービーム照射領域よりも短くて割断予定線に直交する方向の長さ
 が第 2 レーザービーム照射領域よりも長く、かつ、レーザーパワー密度が前記第 2 のレーザ
 ビームによって形成される第 2 レーザービーム照射領域のレーザーパワー密度よりも低いことを
 特徴とする請求項 10 または 11 に記載の脆性材料の割断方法。

【請求項 14】

前記第 1 のレーザービームによって形成される第 1 レーザービーム照射領域の位置は、前記
 第 2 のレーザービームの後端から離れた位置を局所的に冷却して形成される冷却位置に対し
 て、前記割断予定線に沿った方向の距離が可変であることを特徴とする請求項 10 または
 11 に記載の脆性材料の割断方法。

10

【請求項 15】

前記第 1 レーザービーム照射領域の位置と前記冷却位置との距離は、前記脆性材料の割断
 速度および厚さの少なくとも一方に基づいて設定されることを特徴とする請求項 14 に記
 載の脆性材料の割断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は脆性材料、特にフラットパネルディスプレイ用ガラスをフルボディ割断する脆
 性材料の分割装置および割断方法に関する。以下、脆性材料としてガラスを例に説明する
 が、本発明はガラスの他にも石英、セラミック、半導体などの脆性材料一般に適用が可能
 である。

【背景技術】

【0002】

最近ガラス割断において、過去 1 世紀にわたって使用されてきたダイヤモンドチップに
 よる機械的方法に代わって、レーザー光照射による熱応力スクライブ方法（以下レーザスク
 ライブと略記する）が使用されるようになってきた。

30

【0003】

レーザスクライブによれば、機械的方法に固有の欠点、すなわちマイクロクラック発生
 によるガラス強度の低下、割断時のカレット発生による汚染、適用板厚の下限値の存在な
 どが一掃できる。

【0004】

レーザスクライブの原理は次の通りである。ガラスに局所的に加熱だけが発生し、気化
 、溶融やクラックが発生しない程度のレーザー光照射を行なう。この時ガラス加熱部は熱膨
 張しようとするが周辺ガラスからの反作用にあい十分な膨張ができず、照射点を中心とし
 て圧縮応力が発生する。周辺の非加熱領域でも、加熱部からの膨張に押されてさらに周辺
 に対して歪みが発生し、その結果圧縮応力が発生する。こうした圧縮応力は半径方向のも
 のである。ところで物体に圧縮応力がある場合には、その直交方向にはポアソン比が関係
 した引っ張り応力が発生する。ここでは、その方向は接線方向である。この様子を図 9 に
 示す。

40

【0005】

図 9 は、原点に中心をおくガウシアン分布の温度上昇がある場合の、半径方向応力成分
 σ_x と接線方向応力成分 σ_y の変化を示したものである。半径方向応力成分 σ_x は終始圧縮
 応力（図 9 では負値）であるが、接線方向応力成分 σ_y は加熱中心（距離 $r = 0$ ）では圧
 縮応力であるが、加熱中心から離れると引っ張り応力（図 9 で正值）に変化する。

【0006】

これらの応力のうち、割断に関係するのは引っ張り応力である。引っ張り応力が材料固

50

有値である破壊靱性値を超える時には、破壊が随所に発生し制御不能である。レーザ切断方法の場合には、引張り応力をこの破壊靱性値以下に選定しておくので破壊は発生しない。

【0007】

ところが、引張り応力存在位置に亀裂がある場合にはこの亀裂先端では応力拡大が発生し、この応力による応力拡大係数が材料の破壊靱性値を超えると亀裂が拡大する。すなわち、制御された切断が生じることになる。したがって、レーザ照射点を走査することで、亀裂を延長させていくことができる。

【0008】

このガラスのレーザスクライブ方法はコンドラテンコ氏によって初めて開発され、特許文献1の日本特許が成立している。図10(a)に特許文献1によるレーザ切断方法の原理を示す。レーザ光としてはCO₂レーザ光が使用され、CO₂レーザ光のビームスポット1におけるエネルギーの99%は、ガラス2の深さ3.7μmのガラス表面層において吸収され、ガラス2の全厚さにわたって透過しない。これは、CO₂レーザ波長におけるガラスの吸収係数が著しく大きいことによる。レーザスクライブによる深さはガラス2中の熱伝導4によって助けられても、通常100μm程度である。

【0009】

ガラス2は脆性が強く、このスクライブ線にあわせて応力を印加することで機械的に切断することができる。この機械的応力の印加によって全切断するプロセスをブレイクと称する。すなわち、レーザスクライブ法を採用する場合には、ガラスを分断するためにブレイクという後行程が必要不可欠となっており、ブレイク工程が必要であるために実用性が限られて、必ずしも普及が完全ではなかった。

【0010】

レーザビームを用いてガラスを完全に分断するという要望から考えると、レーザスクライブにはブレイクという後工程が付加されるので、必ずしもレーザスクライブだけで十分というわけではない。そこで必要とされ期待されているのがレーザビームを用いたフルボディ切断の技術である。しかし、特許文献1においては、フルボディ切断には後述するようないくつかの欠点があるのでレーザスクライブ技術の方が優れているとの主張がなされており、フルボディ切断の実効性に否定的な立場を示している。

【0011】

レーザスクライブの技術に関する他の先行文献として、特許文献2においては、レーザビームをガラス基板上に照射し、ガラス基板の走査方向に沿ってY軸方向に長くなった楕円形状のレーザスポットLS1と、X軸方向に沿って長くなった楕円形状のレーザスポットLS2とを、予め設定された所定の距離だけ離れて形成することが記されている。しかし、特許文献2に記載の発明の目的もフルボディ切断を目的としたものでは全くなく、あくまでも安定したレーザスクライブを行うことを目的としている。

【0012】

これに対して、図10(b)に示すようなガラス2に透過していきその一部が吸収されるようなレーザ光5を照射すると、透過光がガラス2の全板厚に対して切断6を発生させるので、ガラス2はこの工程のみで切断ができてブレイクが不要になる。この切断を、レーザによるフルボディ切断と称する。

【0013】

フルボディ切断の採用により、前記したレーザ切断方法の有する技術特徴に加えて、ブレイクが不要になる、自由曲線切断が可能になるなどのフルボディ切断特有のメリットが生じ、フラットパネル製造工程において大きな改善ができるようになる。本願出願人は、このフルボディ切断技術に対して特許文献3, 4等の提案をしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献1】特許第3027768号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】国際公開第03/008168号パンフレット

【特許文献3】特開2007-76077号公報

【特許文献4】特開2007-261885号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

特許文献1による割断はフルボディ割断でないのでブレイク工程が必要であり実用性が限られていることは前述したとおりである。特許文献3, 4に提案されているレーザによるフルボディ割断技術において、レーザ光源として汎用性の高いCO₂レーザ光を用いた場合は、ガラスの表面で大部分が吸収されてしまうのでそのまま適用することはできない。また、フルボディ割断技術には特許文献1で指摘されているように、いわゆるサイズ効果により割断位置がワーク端部から離れていると割断速度が著しく低下し、割断位置がガラスの端部に近いと割断面が曲がるという欠点がある。このサイズ効果による欠点を図11により説明する。

10

【0016】

まずガラスのフルボディ割断の第1の欠点である低速性について説明する。図11(a)において、ガラス板2を幅 W_1 および W_2 が大きい状態で割断する場合を考える。割断線7に沿って割断方向3にレーザ光5を走査すると、ガラス板2にはレーザ光照射による加熱によって前記した原理により引張り張力が発生し、ガラス板2はレーザ光5の走査軌跡に沿って割断されていく。図11(a)ではこの変形を誇張して示しており、割断後のガラスの実際の移動は数ミクロン程度である。

20

【0017】

このとき、割断線7の両側におけるガラス板2の幅 W_1 および W_2 が大きいと、レーザ光5の走査速度が著しく低下してしまう。まずガラス板2を割断させるために必要な引張り応力 F_0 および F_1 は上記した変形に対する抵抗力に打ち勝たねばならない。この抵抗力はガラス板2の面積で作用し、ガラス板2の幅 W_1 および W_2 が大きい場合には著しく増大する。ガラス板2の割断は大きな抵抗力に抗して行わなければならないので、レーザ光5の走査速度を小さくしてレーザ光5による加熱量を相対的に大きくする必要があるのである。

【0018】

この結果、レーザ光5の走査速度は低速にせざるを得ないので、割断速度にはおのずと限界がある。この傾向は割断線7の位置とガラス板2の端部との距離が大きいほど、すなわち、図11(a)における割断後のガラス板2の幅 W_1 および W_2 が大きいほど顕著である。たとえば、割断後のガラス板2の幅 W_1 および W_2 が500mmの距離である場合には、レーザ光5の走査速度を10mm/s程度と著しく小さい速度にしないとフルボディ割断することはできない。

30

【0019】

次に、脆性材料のフルボディ割断のもうひとつの欠点である脆性材料の割断面が割断予定位置に対して湾曲する事実について説明する。図11(a)で説明したように、割断線7に沿って割断方向3にレーザ光5を走査したときの割断はガラス板2に作用する引張り応力 F_0 および F_1 により沿面方向に行われる。その際に両側に対する上記した抵抗力に不均衡がある場合には割断面が割断予定線に対して湾曲しようとする力が働く。この様子を図11(b)に示す。図11(b)において、幅 W_3 が小さい場合に、幅 W_3 側の抵抗力が小さいので大きく湾曲し、割断後の割断面が弓状に反って湾曲してしまうことを示している。この傾向は割断後のガラス板2の幅 W_1 および W_3 が不均衡、特に一方の幅 W_3 が特に小さい場合に著しい。この場合にも前記したように、ワークの変形は実際の数ミクロン程度のものより著しく誇張して示されている。

40

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明はこれらの従来技術の課題を解決するもので、レーザによる熱応力割断の有する

50

高品質を実現しながら、切断速度を大幅に増加させるとともに、切断面が切断予定線に対して湾曲することがなく真直線状にフルボディ切断させることができる脆性材料の分割装置および切断方法を提供することを目的とするものである。

【0021】

本発明に係る脆性材料の分割装置は、脆性材料に想定された切断予定線に対して、その切断予定線上に形成された初亀裂の側から前記切断予定線に沿って前記脆性材料を加熱し、前記切断予定線に沿って加熱する位置を相対的に移動させることで前記脆性材料を分割する脆性材料の分割装置であって、前記切断予定線に沿って、前記脆性材料にレーザビームを照射して加熱部分を生成するレーザビーム照射手段と、前記切断予定線に沿った移動方向に関し前記加熱部分の後方の位置で前記脆性材料を局所的に冷却する冷却手段とを備え、前記レーザビーム照射手段は、前記加熱部分にて、前記移動方向の前方に位置する第1レーザビーム照射領域を形成する第1ビーム照射部と、前記加熱部分にて、前記第1レーザビーム照射領域の前記移動方向の後方において前記切断予定線に沿って細長い形状の第2レーザビーム照射領域を形成する第2ビーム照射部とを含むことを特徴とする。

10

【0022】

本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記第1ビーム照射部によって形成される第1レーザビーム照射領域に与えるレーザパワーは、前記第2ビーム照射部によって形成される第2レーザビーム照射領域に与えられるレーザパワーよりも大きいことが好ましい。この構成によれば、脆性材料を分断するために必要な熱エネルギーを、脆性材料に対して効率よく与えることができる。

20

【0023】

また、本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記第1ビーム照射部によって形成される第1レーザビーム照射領域のレーザパワー密度は、前記第2ビーム照射部によって形成される第2レーザビーム照射領域のレーザパワー密度よりも低いことが好ましい。この構成によれば、脆性材料の表面が熔融することなく、脆性材料を分断するために必要な熱エネルギーを与えることができる。

【0024】

また、本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記第1ビーム照射部によって形成される第1レーザビーム照射領域の位置は、前記第2レーザビーム照射領域の後端から離れた位置を前記冷却手段により局所的に冷却して形成される冷却位置に対して、前記切断予定線に沿った方向の距離が可変であってもよい。この構成によれば、脆性材料内部の熱拡散の経時状態を変化させることができる。

30

【0025】

この場合、前記第1レーザビーム照射領域の位置と前記冷却位置との距離は、前記脆性材料の切断速度および厚さの少なくとも一方に基づいて設定されてもよい。この構成によれば、第1レーザビーム照射領域で加熱された脆性材料が冷却開始されるまでの時間、および/または、熱拡散による温度伝導が脆性材料の裏面に至るまでの時間を調整設定することができる。

【0026】

また、本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記第1レーザビーム照射領域の形状が略円形であってもよい。この構成によれば、第1ビーム照射部から照射されたレーザ光をそのまままたはビーム径を変えるだけで使用することができる。

40

【0027】

また、本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記第1レーザビーム照射領域の形状が略円形の中央部を所定の幅で分断した形状であってもよい。この構成によれば、切断面の直線性を向上させることができる。

【0028】

この場合、前記第1レーザビーム照射領域を形成する第1レーザビームは、前記第1ビーム照射部からのレーザ光の光路の中央部に所定の幅の遮蔽物を配して生成されてもよい。この構成によれば、きわめて簡単な方法で第1のレーザビームの照射領域形状を略円形

50

の中央部を所定の幅で分断した形状にすることができる。

【0029】

また、本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記第2レーザビーム照射領域を形成する第2レーザビームは、前記第2ビーム照射部のレーザ光源からのレーザ光を回折光学素子または平凸シリンダカルレンズに通過させて整形して生成されてもよい。この構成によれば、きわめて簡単な方法で第2のレーザビームの照射位置形状を非円形にすることができる。

【0030】

また、本発明に係る脆性材料の分割装置において、脆性材料の割断予定線の端部に初亀裂を形成する初亀裂形成手段をさらに備え、前記第1ビーム照射部および第2ビーム照射部を前記初亀裂の位置から前記割断予定線に沿って移動させてもよい。この構成によれば、脆性材料の割断を行なうための亀裂拡大の出発を低閾値で行なうことができる。

10

【0031】

さらに、本発明に係る脆性材料の分割装置において、前記レーザビーム照射手段は、前記第1ビーム照射部に50%以上のレーザパワーを分配し、前記第2ビーム照射部に50%未満のレーザパワーを分配する、ビームスプリッタを含んでもよい。この構成によれば、1台のレーザビーム装置で足り、コストを低減できる。

【0032】

本発明に係る脆性材料の割断方法は、脆性材料の割断予定線に沿って加熱し、前記脆性材料と前記加熱する位置を前記割断予定線に沿って相対的に移動させて前記脆性材料を割断する脆性材料の割断方法であって、前記割断予定線上の脆性材料端部に初亀裂を形成し、前記初亀裂を始点として前記脆性材料の加熱を第1のレーザビームおよび第2のレーザビームで行い、前記第1のレーザビームは前記第2のレーザビームに対し前記割断予定線に沿った移動方向の前方に位置するビームであり、前記第2のレーザビームは前記割断予定線に沿って細長い形状のビームであり、前記第2のレーザビームの後端から所定位置だけ離れた位置を局部的に冷却することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0033】

本発明における第1および第2レーザビームには、例えば、一般に表面レーザスクライプに使用されるCO₂レーザを使用することができる。第2レーザビームによる脆性材料の割断の際に第1レーザビームにより割断予定位置の前方を加熱することにより第2レーザビームによる熱エネルギーが脆性材料の厚さ方向へ効率的に熱伝導し、その後所定位置を冷却することにより冷却位置直下で脆性材料の裏面にまで達する割れが発生する。したがって、第1ビーム照射部、第2ビーム照射部および冷却手段を脆性材料の割断予定位置に沿って相対的に移動させることにより、第1および第2レーザビームによる加熱、それに続く冷却によって脆性材料を割断予定位置に沿ってフルボディ割断させることができる。

30

【0034】

このようにして本発明によれば、レーザによる熱応力割断の有する高品質を実現しながら、脆性材料のフルボディ割断速度を従来技術に比較して大幅に増加させることができる。また、レーザによる熱応力のみで脆性材料を加工長さのほぼ全長にわたって分離させることができるので、ブレイク工程に伴うカレット発生を大幅に抑制することができる。さらに、割断面が割断予定線に対して湾曲することがなく真直線状に割断させることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】本発明による脆性材料の割断方法の原理を説明するためのレーザビームの位置関係および温度特性を示す概念図で、(a)は第1のレーザビームの照射位置、第2のレーザビームの照射位置および冷却位置の相互の位置関係を示す概念的平面図、(b)は図1(a)における第1のレーザビームおよび第2のレーザビームによる加熱をガラス基板表

50

面において重畳したときの温度プロファイルを示す図、(c)は図1(a)における第1のレーザービームおよび第2のレーザービームの位置ずれによる現象を説明する概念的平面図である。

【図2】本発明による脆性材料の割断方法の原理を説明するための主要部の概念的斜視図である。

【図3】本発明による脆性材料の割断方法の実施例1における割断装置の構成を示す概念図である。

【図4】本発明による脆性材料の割断方法の原理を詳細に説明するための主要部の断面概念図で、(a)は横断面概念図、(b)は図4(a)のA-A'線断面図である。

【図5】本発明による脆性材料の割断方法により割断されたガラス基板の割断面を説明する斜視図である。

【図6】本発明による脆性材料の割断方法の実施例2における割断装置の構成を示す概念図である。

【図7】本発明による脆性材料の割断方法の実施例2におけるレーザービームの位置関係および温度特性を示す概念図で、(a)は第1のレーザービームの照射位置、第2のレーザービームの照射位置および冷却位置の相互の位置関係を示す概念的平面図、(b)は図7(a)における第1のレーザービームおよび第2のレーザービームによる加熱をガラス基板表面において重畳したときの温度プロファイルを示す図である。

【図8】本発明による脆性材料の割断方法の実施例における、厚さ0.7mmのノンアルカリガラスの片面に初期熱量を加えた場合に、ガラス内部の温度変化の様子を経時的にプロットした温度分布グラフである。

【図9】レーザー割断方法の熱応力発生原理を説明するための、原点に中心をおくガウシアン分布の温度上昇がある場合における半径方向応力成分 σ_x と接線方向応力成分 σ_y の変化を示す特性図である。

【図10】従来のガラスのレーザー割断方法を説明する概念的斜視図で、(a)は表面スクライブ、(b)はフルカットの場合の模式図である。

【図11】従来のガラスのレーザー割断方法におけるサイズ効果を説明する概念的斜視図で、(a)はガラス板の両側の割断幅が大きい場合、(b)はガラス板の片側の割断幅が小さい場合を示す図である。

【図12】厚さ0.7mmのノンアルカリガラスを使用した、フルボディ割断の加工実験結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、図面とともに本発明の原理および実施形態について詳細に説明する。以下の説明では脆性材料としてガラス基板を例に説明する。

【0037】

図3は、本発明の一実施形態であるガラス基板フルカット装置の構成を模式的に示したものである。ガラス基板11は可動式テーブル32上に載置され、可動式テーブル32はX-Y駆動装置によりX-Y平面において移動する。図においては、ガラスの移動方向であるY軸駆動用のサーボモータ33とシャフト軸のみが示されており、X軸駆動系は図示省略されている。

【0038】

ガラスを加熱するためのレーザー発振器は、本実施形態においてはCO₂レーザー21とCO₂レーザー25の2台が用いられている。CO₂レーザー21から出射されるレーザービーム22は、反射鏡23により鉛直下方に反射され、集光レンズ24を通して所定のビーム径になるように整形される。なお、集光レンズ24を通過したビームは、そのままガラス基板11の表面に照射されるが、場合によっては、ビーム減衰部としてのビーム遮蔽物35(図6参照)をビーム伝送経路上に配置することによりビームの形状を部分的に変形させることも行われる。いずれにせよ、レーザービーム22によって、ガラス基板11上に第1レーザービームによる第1ビーム照射領域が形成される。ガラス基板11上における第1ビ-

10

20

30

40

50

ム照射領域がどの位置に形成されるのかは、反射鏡 2 3 の折り返し角度を振って位置調整される。図 3 においては、反射鏡 2 3 の折り返し角度が 90° 近くに設定されているが、同角度を約 80° から 110° にまで振って、同時に集光レンズ 2 4 の位置をアライメントすることで第 1 ビーム照射領域の位置調整が行われる。あるいは、反射鏡 2 3 と集光レンズ 2 4 との相対位置を固定する 1 つのユニットを組み上げ、そのユニットをレーザービーム 2 2 の光軸方向に沿って水平に移動することによって第 1 ビーム照射領域の位置調整が可能となる。

【 0 0 3 9 】

CO₂レーザー 2 5 から出射されるレーザービーム 2 6 は、ビームエキスパンダ 2 7 を経由して、反射鏡 2 8 により鉛直下方に反射される。ビーム径 4 mm のレーザービーム 2 6 が、ビームエキスパンダ 2 7 を通過することで、ビーム径が約 4 倍に拡大され、16 mm のビームとなる。拡大されたビームは、回折光学素子 2 9 を通過することで、細長いビームに整形され、ガラス基板 1 1 上で第 2 のレーザービームによる第 2 ビーム照射領域を形成する。

【 0 0 4 0 】

第 2 のレーザービームによる第 2 ビーム照射領域の後方には、冷却装置 3 0 が設置される。冷却装置 3 0 としては、2 筒管式の冷却ノズルを使用し、内円筒管から水を、外円筒管から空気を噴射させる。水と空気の混合媒体がガラスに向かって噴射されることにより、ガラス基板 1 1 上に冷却点が形成される。第 1 のレーザービームの前方には、初亀裂形成装置 3 1 が設けられる。初亀裂形成装置 3 1 は、下端部にダイヤモンドカッタを備え、そのダイヤモンドカッタを上下に動かす昇降機構を有している。昇降機構と Y 軸駆動用のサーボモータ 3 3 との連動により、ガラス基板 1 1 の端部に初亀裂を形成することができる。

【 0 0 4 1 】

なお、本実施形態においては、2 台の CO₂レーザーを使用しているが、1 台の CO₂レーザーのみを使用して、ビーム伝送経路上にビームスプリッタを配置して、2 経路に分かれるビーム伝送を行ってもよい。この場合に、ビームスプリッタによるエネルギーの分配率は、前方を照射する第 1 のレーザービーム側に 50% 以上のエネルギーを分配し、後方を照射する第 2 のレーザービーム側には 50% 未満のエネルギーが分配されるようにした方が望ましい。

【 0 0 4 2 】

図 1 (a) は本発明による脆性材料の切断方法の原理を説明するためのガラス基板表面における第 1 のレーザービームの照射位置、第 2 のレーザービームの照射位置および冷却位置の相互の位置関係を示す概念的平面図、図 1 (b) は図 1 (a) における第 1 のレーザービームおよび第 2 のレーザービームによる加熱をガラス基板表面において重畳したときの温度プロファイルを示す図、図 1 (c) は図 1 (a) における第 1 のレーザービームおよび第 2 のレーザービームの位置ずれによる現象を説明する概念的平面図である。図 2 は本発明による脆性材料の切断方法の原理を説明するための主要部の概念的斜視図である。

【 0 0 4 3 】

本発明による脆性材料の切断方法の基本原理は、図 1 (a) に示すように、ガラス基板 1 1 の切断予定線 1 2 に沿って、切断の前方から第 1 ビーム照射領域 1 3、第 2 ビーム照射領域 1 4 および冷却点 (または冷却位置) 1 5 を順に配置することである。

【 0 0 4 4 】

図 3 に示すように、第 1 ビーム照射領域 1 3 は CO₂レーザー 2 1 からのレーザービーム 2 2 を反射鏡 2 3 で所定方向に反射させ、集光レンズ 2 4 を通して所定のビーム径に調整して生成し、その断面形状は円形または楕円形であり、本明細書および特許請求の範囲を通じてこれらを略円形と総称する。第 1 ビーム照射領域 1 3 はガラス基板 1 1 に局所的に加熱だけが発生し、熔融やクラックが発生しない程度の強さのレーザービームである。

【 0 0 4 5 】

第 2 ビーム照射領域 1 4 は第 1 ビーム照射領域 1 3 の後方に位置し、その断面形状はガラス基板 1 1 の切断予定線 1 2 に沿った方向に細長い形状に整形される。すなわち、第 2

10

20

30

40

50

ビーム照射領域 14 は図 1 (a) に示すようにガラス基板 11 の割断予定線 12 に沿った方向の長さ a がその直角方向である幅方向の長さ b よりも長い非円形のビームである。細長い非円形のビームにおける割断予定線 12 に沿った長さ方向の長さ a の幅方向の長さ b に対する比 a / b は 26 ~ 30 程度であることが好ましい。

【 0046 】

このような細長い非円形のビームは、CO₂レーザ 25 からのレーザビーム 26 をビームエキスパンダ 27 で所定の倍率の径に広げ、反射鏡 28 で所定方向に反射させた後、回折光学素子または平凸シリンドリカルレンズのようなビーム整形手段 29 に通過させて整形することにより生成される。第 2 ビーム照射領域 14 もガラス基板 11 に局所的に加熱だけが発生し、溶融やクラックが発生しない程度の強さのレーザビームである。

10

【 0047 】

次に動作を説明する。図 2 において、まず、ガラス基板 11 の割断予定線 12 の端部に初亀裂形成装置 31 により初亀裂 16 を形成する。この初亀裂 16 がガラス基板 11 の割断の出発位置である。次に、テーブル 32 上に載置されたガラス基板 11 を Y 軸駆動用のサーボモータ 33 により Y 方向に移動させて、ガラス基板 11 の割断予定線 12 の出発位置に相当する初亀裂 16 の方向からガラスの加熱を開始する。図 1 (a) に示したように、第 1 ビーム照射領域 13、第 2 ビーム照射領域 14 および冷却点 15 の列の方向は一直線上に並んで配置されているので、割断予定線 12 の方向に一致して移動可能になっている。このとき、図 1 (c) のように、調整不足により、ガラス基板 11 の割断予定線 12 に対して第 1 ビーム照射領域 13 の中心位置と第 2 ビーム照射領域 14 の中心位置が微小

20

【 0048 】

次に、ガラス基板 11 に形成された初亀裂 16 の位置と第 1 ビーム照射領域 13、第 2 ビーム照射領域 14 および冷却点 15 の列の方向が一致した状態から第 1 のレーザビームおよび第 2 のレーザビームを照射させながら冷却装置 30 から冷媒を噴射させ、テーブル 32 上に載置されたガラス基板 11 をサーボモータ 33 により Y 方向に移動させると、テーブル 32 上に載置されたガラス基板 11 の割断予定線 12 に沿って第 1 ビーム照射領域 13、第 2 ビーム照射領域 14 および冷媒による冷却点 15 の列が相対的に移動し割断作用が開始する。

30

【 0049 】

本発明による脆性材料の割断方法の基本原理は、図 1 (a) に示すように、ガラス基板 11 の割断予定線 12 に沿って、割断の前方から第 1 ビーム照射領域 13、第 2 ビーム照射領域 14 および冷却点 15 を順に配置することである。第 1 ビーム照射領域 13 はガラス基板 11 の割断の最前部を予熱し、その位置を後続する第 2 ビーム照射領域 14 により加熱して割断開始直前の状態にする。図 1 (b) はこのときのガラス基板 11 表面における温度プロファイルである。すなわち、第 1 ビーム照射領域 13 による温度プロファイル 131 に第 2 ビーム照射領域 14 による温度プロファイル 141 が重畳し、ガラス基板 11 の表面における第 2 ビーム照射領域 14 が照射された位置が割断開始直前の高温に加熱

40

【 0050 】

略円形の第 1 ビーム照射領域 13 で予熱され、細長い第 2 ビーム照射領域 14 で加熱された状態のガラス基板 11 に冷却装置 30 から冷媒が噴射されると、図 2 に示すように、冷却点直下で初亀裂 16 から拡大した亀裂がガラス基板 11 の深さ方向に進行し、その亀裂がガラス基板 11 と第 1 ビーム照射領域 13、第 2 ビーム照射領域 14 および冷却点 15 の列の Y 方向への相対移動に従ってさらにガラス基板 11 の割断予定線 12 に沿って進行する。この結果、ガラス基板 11 の全板厚に亘って割断面 17 が発生する。

【 0051 】

この様子を図 4 によりさらに詳細に説明する。図 4 は図 2 における本発明による脆性材

50

料の割断方法の原理を詳細に説明するための主要部の断面概念図で、(a)は横断面概念図、(b)は図4(a)のA-A'線断面図である。

【0052】

第1ビーム照射領域13、第2ビーム照射領域14および冷却点15の列をガラス基板11に対してY方向に走査させると、ガラス基板11はまず第1ビーム照射領域13で加熱され、その加熱による熱はY方向への走査につれてガラス基板11の裏面方向に熱伝導してガラス基板11内に加熱領域130が形成される。つぎに、ガラス基板11は第2ビーム照射領域14で加熱され、その加熱による熱はY方向への走査につれてガラス基板11の裏面方向に熱伝導してガラス基板11内に加熱領域140が形成される。第2ビーム照射領域14の後部における冷却点15による冷却は同様にガラス基板11のY方向への走査につれてガラス基板11の裏面方向に熱伝導してガラス基板11内に冷却領域150が形成される。

10

【0053】

この結果、冷却点15の直下におけるガラス基板11の熱分布は図4(b)のようになり、ガラス基板11は第1ビーム照射領域13により裏面近辺まで加熱されている加熱領域130とそれに続く第2ビーム照射領域14により加熱されている加熱領域140に対して冷却点15による冷却が作用して、冷却点直下で亀裂がガラス基板11の深さ方向に進行し、ガラス基板11の裏面にまで達して全板厚方向に亘って割断される。この現象がガラス基板11のY方向への走査につれてガラス基板11の割断予定線12に沿って進行し、割断予定線12に沿ってガラス基板11の裏面にまで達した割断が進行する。

20

【0054】

図8は、ガラスの厚み方向に対する温度分布を示したグラフである。前述の図4(a)を用いた説明においては、ガラスの厚み方向への熱伝播の様子について、ガラスの表から裏の面に向かって、熱が一次関数的に一定の速度で単純に伝播するかのよう説明した。しかし、ガラス内部の熱の伝播は、実際には、熱拡散方程式に基づいて計算されるべきものであるので、同方程式をノンアルカリガラスに適用して計算した結果を一つ例示する。

【0055】

図8のグラフは、厚さ0.7mmで、無限大の大きさのノンアルカリガラスの片面に20J/cm²の均一な熱分布を加えたと想定した場合に、厚み方向の温度分布がどのように変化するかを計算し、その結果をグラフにしたものである。グラフの横軸は熱伝播の深さ、つまりガラスの厚み(mm)を示しており、縦軸は温度上昇、つまりガラスが初期状態からどれくらい温度が上昇するかを示している。グラフ内に複数の曲線が記されているのは、初期加熱された後の経過時間をパラメータとして状態変化させて、複数のグラフを重ねて表示しているためである。

30

【0056】

ガラスの片面に20J/cm²の熱量を初期的に加えるだけで、加熱されたガラス面は瞬間的に400を超え、その後急激にガラスの表面温度は低下する。加熱面側が温度低下すると同時に、加熱のない裏面側には表面からの熱が伝わってくるので温度上昇が起こり、100を少し超える程度になる。経過時間のパラメータは、1.0秒までの時間の中から10個をサンプリングして計算してあり、経過時間の短い方から、T1=30msec、T2=40msec、T3=50msec、T4=75msec、T5=100msec、T6=200msec、T7=300msec、T8=400msec、T9=700msec、T10=1000msecである。このグラフから判ることは、T1すなわち30msec後には、厚さ0.7mmのガラスの表と裏とで400もの大きな温度差があるが、T6すなわち200msec後には温度差50程度に緩和されていることである。更に、T7すなわち300msec後には温度差30弱となり、表面と裏面とは概ね同じ温度になっているといえる。

40

【0057】

CO₂レーザを用いた本実施形態においては、進行方向の前方に照射される第1のレーザビームによって供給される熱エネルギーがガラスの裏面まで伝播することによって、フルボディ割断をするためのエネルギー源として活用されることに特徴がある。そのような

50

フルボディ割断が行われるためには、ガラス表面で吸収された熱エネルギーが、ある程度ガラス内で均等に熱拡散することが必要となる。そうすると、割断予定線に沿って、冷却点と第1のレーザービームの照射領域との間に、どの程度の距離Lを設けるのかがひとつの重要項目となる。ここで、ガラスの移動速度をVとし、第1のレーザービームによって照射されたガラス表面が冷却点の下まで移動するのにかかる移動時間を t とすると、 $L = V \cdot t$

の関係が成り立つ。前述したように、ガラスの表と裏との温度が概ね同じになるには、200から300msecの時間が必要である。つまり、ガラスの移動速度が180mm/sであれば、200msecの経過時間には36mm、そして300msecの経過時間には54mmの距離を移動する。従って、冷却点と第1のレーザービームの照射領域との間の距離Lとしては、少なくとも36mm、望ましくは54mm以上の距離を設ける必要がある。

10

【0058】

このように、冷却点と第1のレーザービームの照射領域との間にどの程度の距離Lを設ければ良いのかは、ガラスの移動速度やガラスの厚みに依存している。さらに詳細には、ガラス内部の熱拡散速度に関係する物理定数、つまり、ガラスの熱伝導率、比熱、密度にも関係する。また、ガラスの裏面における境界条件にも関係する。つまり、ガラスの裏面が金属テーブルに密着するような手段で固定されているのか、それとも空気中に浮かせるような手段で固定してあるのかにも影響される。

【0059】

本実施形態においては、冷却点直下で初亀裂16から拡大した亀裂は本質的にガラス基板11の深さ方向に進行するので、ガラス基板11の沿面方向に作用する引張り応力に不均衡を生じることがなく、割断面17が割断予定線12に対して湾曲することはない。また、レーザーによる熱応力のみで亀裂を進行させて形成される割断面17にはマイクロクラック発生がなく、分断後のガラス基板11の機械強度も高い。

20

【0060】

初亀裂16とは反対側の割断予定線12上の端部においては、ガラスをフルボディ割断するのに十分な引張り応力が失われてしまうため、フルボディの割断面が反対側の端部に近づくと割断17は停止する。このとき、図5に示すように、ガラス基板15の端部に割断面17が生じていない領域18が残る。この領域18には割断面17は生じないが、表面にはスクライブ溝19が形成される。従って、必要であれば簡易なブレイク手段を用いることでガラスを完全に分断することができる。この場合、ガラス基板11は加工長さのほぼ全長にわたって既にフルボディ割断されているため、ブレイク工程に伴うカレット発生を大幅に抑制することができる。

30

【実施例1】

【0061】

図3に示すガラス分断装置において、第1ビーム照射領域13としては、出力165WのCO₂レーザー21からのレーザービーム22を反射鏡23で鉛直下方に反射させ、集光レンズ24を通して集光した。その結果、ガラス基板11上には、ビーム径15mmの gaussian 分布に近い円形ビーム照射領域が形成される。第2ビーム照射領域14としては、CO₂レーザー25から出力98W、ビーム径4mmのレーザービーム26を利用した。そのレーザービーム26は、ビームエキスパンダ27を経由することで、ビーム径16mmに拡大され、さらに反射鏡28により鉛直下方に伝送される。ビーム径16mmのレーザービームが回折光学素子29を通過すると、ガラス基板11上において、長さaが26mm、幅bが1mmの細長いビームが形成される。

40

【0062】

このように、第1ビーム照射領域13には第1のレーザービームによって165Wが与えられ、第2ビーム照射領域14には第2のレーザービームによって98Wが与えられる。つまり、ガラス基板11の上においてビーム伝送の損失を考慮しても、第1ビーム照射領域13に与えられる熱エネルギーは第2ビーム照射領域14に与えられる熱エネルギーよりも大きく設定される。

【0063】

50

また、レーザパワー密度に関して、第1レーザ照射領域13のレーザパワー密度は0.93W/mm²であり、第2レーザ照射領域13のレーザパワー密度は3.77W/mm²である。つまり、第1ビーム照射領域13のレーザパワー密度は第2レーザ照射領域13のレーザパワー密度よりも低く設定される。

【0064】

ガラス基板11としては、厚さ0.7mm、全長580mmのノンアルカリガラスを使用した。冷却装置としては、2筒管式の冷却ノズルを使用し、内円筒管から水を、外円筒管から空気を噴射させた。第2ビーム照射領域14の後端と冷却点15との距離は5mmに設定した。ガラス基板11と第1ビーム照射領域13、第2ビーム照射領域14および冷却点15の列との相対移動距離、すなわちガラスの切断加工速度を180mm/sとして加工を行った。この結果、ガラス基板11の終端部約40mmを除いた540mmの長さ

10

に亘ってフルボディ切断が可能となった。このときの切断の直線性精度は±250μm以内であった。同様の条件で、幅290mm、長さ580mmの同ガラスを端面から15mm離れた位置を切断する場合においても、直線性精度は±250μmであり、いわゆるサイズ効果による湾曲の影響はなかった。

【0065】

第1ビーム照射領域13のビーム径を10mm~16mm、第2ビーム照射領域14の後端と冷却点15との距離を3~7mmで変化させたところ、ほぼ同一の切断結果が得られた。なお、走査速度は、CO₂レーザ21、25のパワーを上げると同時に、冷却点と第2ビーム照射領域14の距離および、第2ビーム照射領域14と第1ビーム照射領域

20

13の距離を増やすことにより、さらに速度増加が可能であることが確認された。また、細長い非円形の第2ビーム照射領域14の長さaと幅bに対する比率a/bを26~30の範囲で変化させても、ほぼ同様の切断結果が得られた。

【実施例2】

【0066】

図6は、実施例2における脆性材料の切断装置を示す概念図である。図7には加熱のためのビームプロファイルが示されている。このビームプロファイルは、図7に示すガラス分断装置において、第1ビーム照射領域13の集光レンズ24からの出力ビームの中央部を所定の幅のビーム遮蔽物35で遮蔽することで得られるビームプロファイルである。例えば、ビームが伝送されるビーム経路上に直径2mmの金属棒を配置する。すると第1

30

のレーザビームの一部分は、金属棒に遮光されるので、ガラス基板にはいわゆる影の部分が投影されるため、その部分は加熱されない。実施例2においては、第1ビーム照射領域130の形状が図7(a)のように略円形の中央部を所定の幅wで分断した形状になる。第1ビーム照射領域130における所定幅wの遮断部分133が、第2ビーム照射領域14のビーム幅eよりもわずかに大きくなるように設定すると、ガラスの表面においては、第1ビーム照射領域130による加熱領域と、第2のレーザビームによる加熱領域とが重なる部分が存在しなくなる。従って、第1ビーム照射領域13および第2ビーム照射領域14によるガラス基板表面における温度プロファイルは、図7(b)のようになり、切断予定線を加熱するのに用いられる熱エネルギー141と、切断予定線を挟む両側の部分を加熱する熱エネルギー131とが分別できる。

40

【0067】

本実施例2における切断のプロセスは本質的に実施例1の場合と同様であり、実施例1と同様にフルボディ切断が可能であった。なお、実施例1においては、切断予定線を加熱するための熱エネルギーが、第1のレーザビームが切断予定線を照射するレーザビームと、第2ビーム照射領域14とが重畳された熱エネルギーとして供給される。しかし、この実施例2によれば、切断予定線を加熱するための熱エネルギーが第1のレーザビーム14のみで供給されるので、照射するレーザパワーの設定が容易となる。その結果として直線性精度が向上するという利点があり、全長540mmに亘って±100μm以内の精度でフルボディ切断が可能となった。

【0068】

50

図12には、図3に示す加工装置の構成においてガラス割断実験した場合に、フルボディ割断が達成されるかどうかの結果をまとめたものである。ビームプロファイルとしては、図1(a)に示す略円形の第1ビーム照射の方法を用いた。使用したガラスは、厚さ0.7mmのノンアルカリガラスである。加工の手順として、外形の幅550mmで加工方向長さ290mmのガラスを一方の端面から一定の間隔(30mm)で、短冊形状に切り分けるという手法を採った。

【0069】

図12の表中の記載から判るように、第1ビーム照射領域に照射されるレーザーパワーP1を、第2ビーム照射領域に照射されるレーザーパワーP2よりも大きく設定した場合には、フルボディ割断が良好な状態で達成される(加工条件#1,#5,#6,#9,#10,#11参照)。レーザーパワーP1をレーザーパワーP2と実質的に同じに設定した場合には、ガラス終端部の切れ残りの長さがやや長くなる傾向があった(加工条件#2,#7参照)。一方、レーザーパワーP1がレーザーパワーP2よりも小さい場合には、フルボディ割断が達成されない、またはガラス終端部の切れ残りの長さが長くなる、または割断面の面品質が劣化するなど、好ましくない加工結果が得られた(加工条件#3,#4,#8参照)。特に、速い加工速度(例えば200mm/s以上)を達成するためには、レーザーパワーP1をレーザーパワーP2よりも、遥かに大きく設定することが有効であると判明した(加工条件#9,#10,#11参照)。また、加工速度Vを230mm/sにした場合において、冷却位置と第1ビーム照射領域との距離Lは95mmに設定した。これらの数値を $L = V \cdot t$ の関係式に代入すると、 $t = 413$ (msec)の値が得られる。この値は、第1のレーザービームの照射によって加熱されたガラス表面が冷却位置まで移動するのにかかる経過時間を示す。一方において、前述の図8で示したシミュレーション結果のグラフからは、グラフが平坦な状態となり、熱平衡に達するまでの時間として、200msecあるいは300msec以上の経過時間が必要という考察結果が得られている。この経過時間 $t = 413$ (msec)という値は300msec以上の値であるので、図8に基づく考察結果と矛盾しない。つまり、冷却位置と第1ビーム照射領域との距離Lは、加工速度Vがより速くなれば、それに応じて距離Lをより長く設定した方が良いことが判明した。

【産業上の利用可能性】

【0070】

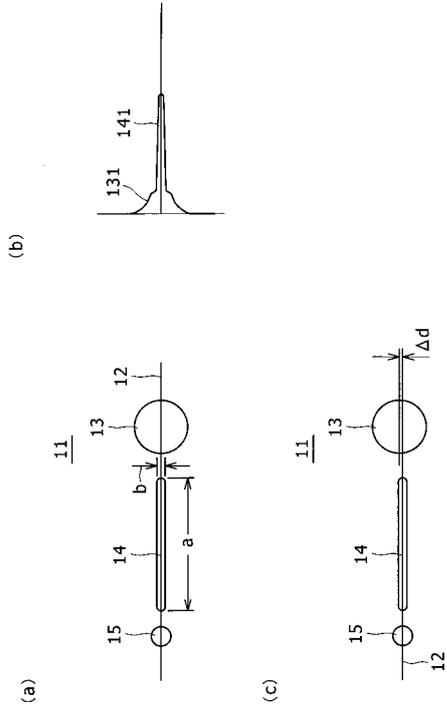
液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイなどのフラットパネルディスプレイに用いるガラスの切断が、現在はダイヤモンドカッターで行われており、カレット発生のための切断後の洗浄工程の必要性や、マイクロクラックの存在による強度低下などの問題を呈している。本発明による脆性材料の分割装置および割断方法は、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイなどのフラットパネルディスプレイに用いるガラスの割断、石英、セラミック、半導体などの各種の脆性材料の割断に使用することができる。本発明に係る脆性材料の分割装置および割断方法がフラットパネルディスプレイ等の製造過程に導入されれば、加工速度、加工品質、経済性などの向上、従来技術の弱点克服などにおいて大きな効果が期待できる。

【符号の説明】

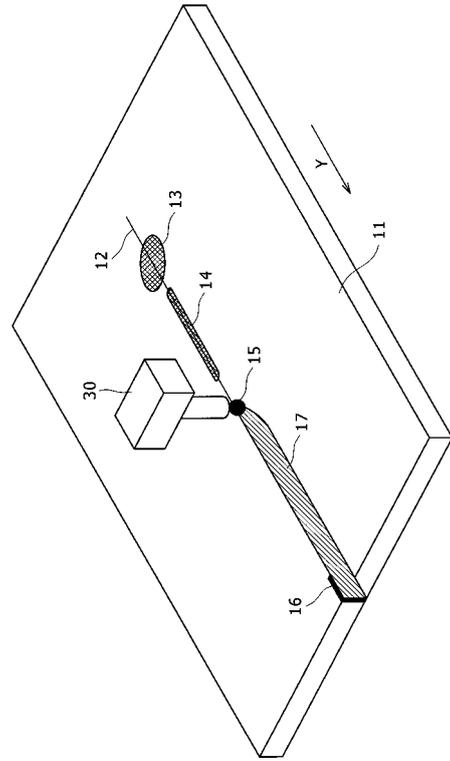
【0071】

11 ガラス基板、12 割断予定線、13 第1のレーザービーム、14 第2のレーザービーム、15 冷却点または冷却位置、16 初亀裂、17 割断面、18 割断面が生じていない領域、19 スクライブ溝、21 CO2レーザー、22 レーザービーム、23 反射鏡、24 集光レンズ、25 CO2レーザー、26 レーザービーム、27 ビームエキスパンダ、28 反射鏡、29 ビーム整形手段、31 冷却装置、31 初亀裂形成装置、32 テーブル、33 X-Y駆動装置、131 第1のレーザービームによる温度プロファイル、133 遮蔽部分、141 第2のレーザービームによる温度プロファイル。

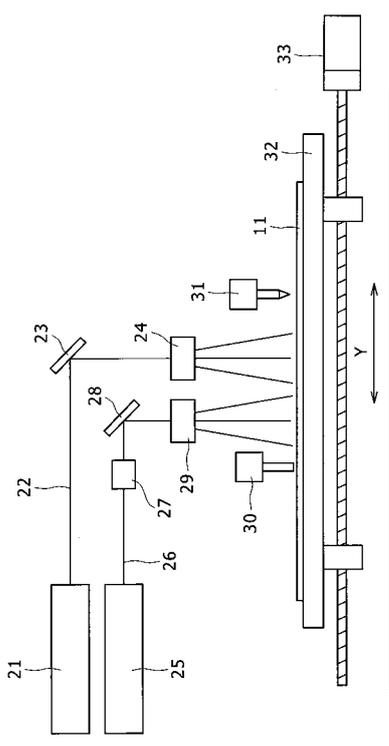
【 図 1 】



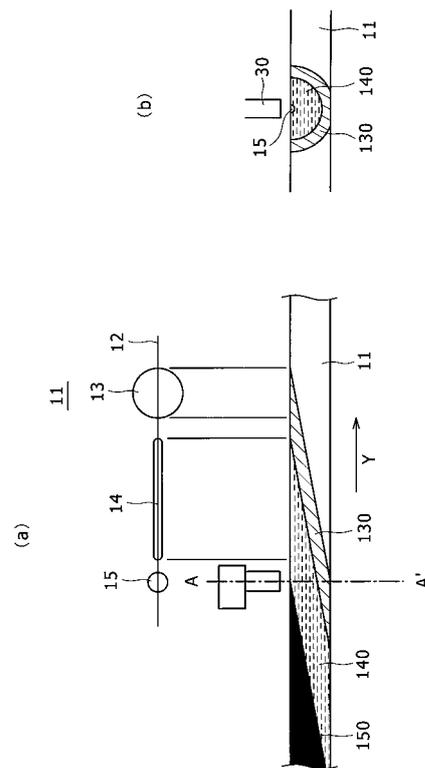
【 図 2 】



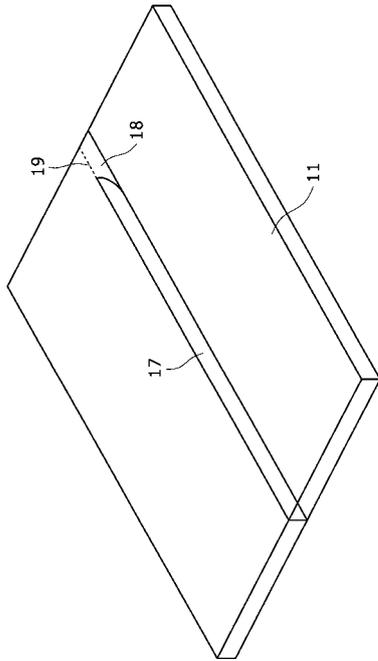
【 図 3 】



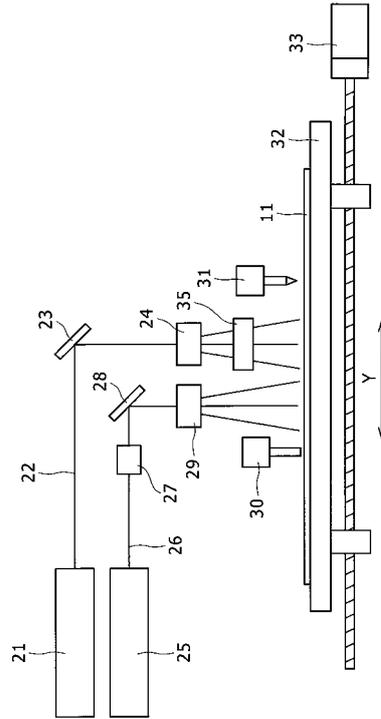
【 図 4 】



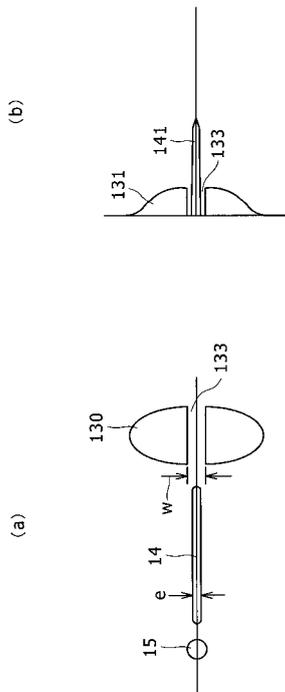
【 図 5 】



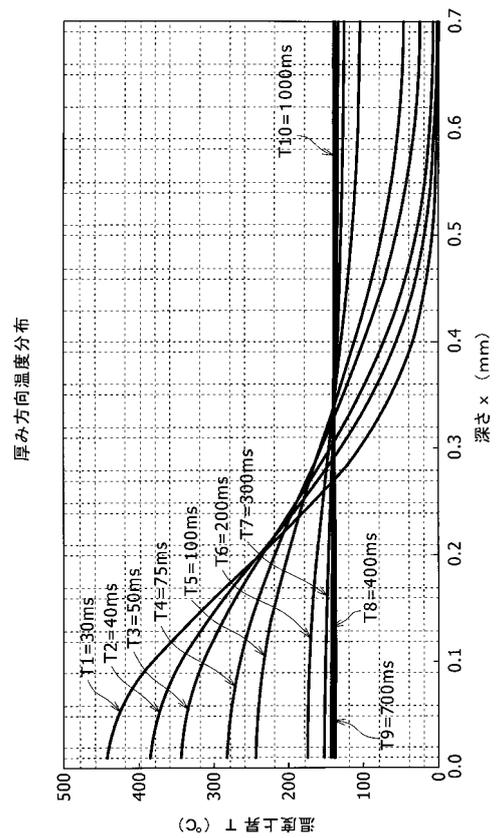
【 図 6 】



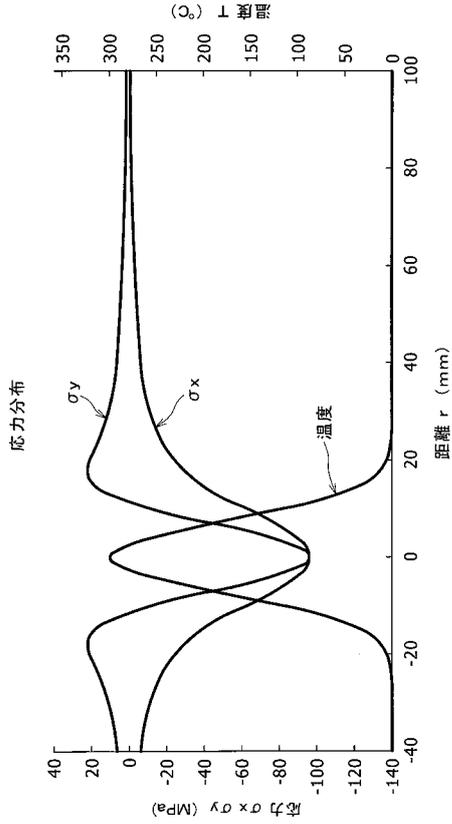
【 図 7 】



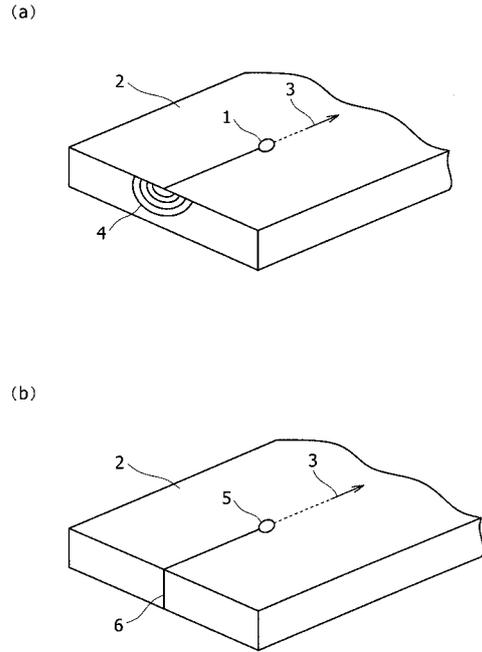
【 図 8 】



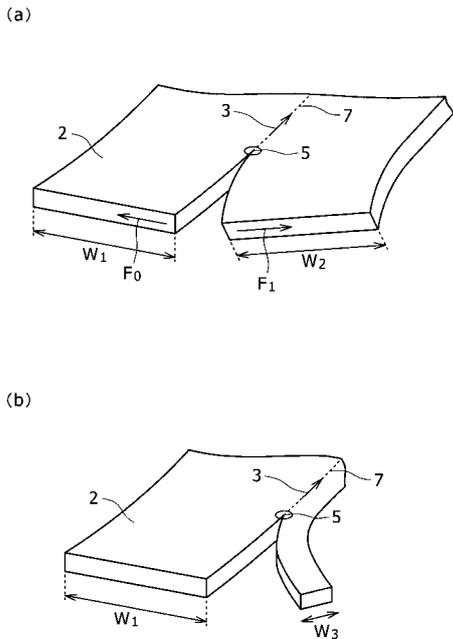
【図9】



【図10】



【図11】



【図12】

加工条件 #	前方に照射する際の照射面		後方に照射する際の照射面		加工速度 度 V (mm/s)	第1レーザビームと作動位置との距離 L1 (mm)	第1レーザビーム照射領域の平均パワー密度 (W/mm ²)	第2レーザビーム照射領域の平均パワー密度 (W/mm ²)	加工後の切れかけ長さ (mm)	加工状態
	照射面 (mm ²)	照射面 (mm ²)	照射面 (mm ²)	照射面 (mm ²)						
#1	83	63.6	80	18	170	75	1.31	4.44	65	○ フルボリイオン断面形成。ガラス繊維部の切れかけ長さが短い。
#2	80	63.6	80	18	170	75	1.26	4.44	170	△ 切れかけ長さがやや長い。
#3	75	63.6	80	18	170	75	1.18	4.44	222	× 切れかけ長さが長い。
#4	75	63.6	85	18	140	75	1.18	4.72	15	× 切れかけ長さが短い。道線粗多化。断面の面磨き。
#5	92	63.6	79	18	170	75	1.45	4.39	15	○ フルボリイオン断面形成。切れかけ長さが短い。
#6	83	63.6	79	18	170	75	1.31	4.39	20	○ フルボリイオン断面形成。切れかけ長さが短い。
#7	80	63.6	79	18	170	75	1.26	4.39	160	△ 切れかけ長さがやや長い。
#8	70	63.6	70	18	170	75	1.10	3.89	290	× フルボリイオン断面形成。面磨き。
#9	211	82.4	81	18	200	95	2.56	4.50	35	○ フルボリイオン断面形成。面磨き。切れかけ長さが短い。
#10	220	82.4	79	18	210	95	2.67	4.39	45	○ フルボリイオン断面形成。面磨き。切れかけ長さが短い。
#11	238	82.4	78	18	230	95	2.69	4.33	59	○ フルボリイオン断面形成。面磨き。切れかけ長さが短い。

フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I		
C 0 3 B	33/09	(2006.01)	C 0 3 B	33/09	
C 0 3 B	33/037	(2006.01)	C 0 3 B	33/037	
G 0 2 F	1/13	(2006.01)	G 0 2 F	1/13	1 0 1

(56) 参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 1 2 3 6 4 (J P , A)
国際公開第 0 3 / 0 0 8 1 6 8 (W O , A 1)
特開 2 0 0 8 - 2 4 6 8 0 8 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 9 7 2 7 1 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 3 7 1 6 9 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 7 / 0 9 4 3 4 8 (W O , A 1)
特開 2 0 0 7 - 0 7 6 9 3 0 (J P , A)