(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第5678816号
(P5678816)

(45)発行日　平成27年3月4日(2015.3.4)　(24)登録日　平成27年1月16日(2015.1.16)

(51)Int.Cl.		F I		
C03B 33/09	(2006.01)	C03B	33/09	
B23K 26/364	(2014.01)	B23K	26/364	
B23K 26/40	(2014.01)	B23K	26/40	
B23K 26/046	(2014.01)	B23K	26/046	
B28D 5/00	(2006.01)	B28D	5/00	Z

請求項の数 5　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2011-138672(P2011-138672)
(22)出願日　平成23年6月22日(2011.6.22)
(65)公開番号　特開2013-6706(P2013-6706A)
(43)公開日　平成25年1月10日(2013.1.10)
審査請求日　平成26年6月20日(2014.6.20)

(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
(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

審査官　大工原　大二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ガラス基板の割断方法および割断装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ガラス基板の割断予定線に沿って第1のレーザビームで加熱し、前記ガラス基板の前記第1のレーザビームによる加熱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ガラス基板にスクライブを形成するガラス基板の割断方法であって、可視領域から紫外領域の波長を有する第２のレーザビームをその焦点位置が前記ガラス基板の端部から前記割断予定線に沿った内側の位置の表面に位置するように集光させてスクライブの起点である初亀裂となる表面亀裂を形成するとともに、前記第２のレーザビームの焦点を前記ガラス基板の内部に設定して前記第２のレーザビームを前記ガラス基板に対して相対的に移動させて、前記表面亀裂から前記ガラス基板の内部を通り、前記ガラス基板の端面に延びる内部亀裂を形成することを特徴とするガラス基板の割断方法。

【請求項２】

内部亀裂がガラス基板の端面からガラス基板の内部に向かって延びる直線部と、ガラス基板の内部からガラス基板の表面における表面亀裂に向かって延びる曲線部により形成されたことを特徴とする請求項１に記載のガラス基板の割断方法。

【請求項３】

内部亀裂がガラス基板の端面からガラス基板の内部に延び、かつガラス基板の表面に達する直線部により形成されたことを特徴とする請求項１に記載のガラス基板の割断方法。

【請求項４】

内部亀裂がガラス基板の端面からガラス基板の内部に向かって延びる第１の波形部と、ガ

ラス基板の内部からガラス基板の表面における表面亀裂に向かって延びる第２の波形部により形成されたことを特徴とする請求項１に記載のガラス基板の割断方法。
【請求項５】
ガラス基板の割断予定線に沿って第1のレーザビームで加熱し、前記ガラス基板の前記第1のレーザビームによる加熱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ガラス基板にスクライブを形成するガラス基板の割断装置であって、前記ガラス基板を載置し少なくとも前記割断予定線方向に移動可能な可動式テーブルと、前記割断予定線上に加熱領域を形成する第１のレーザビーム照射手段と、前記ガラス基板に初亀裂を形成するための可視領域から紫外領域の波長を有する第２のレーザビーム照射手段と、前記割断予定線上の位置に冷媒を噴射して局所的に冷却する冷却手段と、前記第２のレーザビーム照射手段からのレーザビームを前記ガラス基板の表面に対して垂直方向に移動させる焦点位置調節手段を有することを特徴とするガラス基板の割断装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明はスマートフォンやタブレット端末、ノートパソコン、タッチテーブルのスクリーンやテレビのスクリーンなどに使用されるフラットパネルディスプレイ用ガラス、特にガラス表面を化学強化したアルミノケイ酸ガラスやフロートガラスに熱処理を加えて風冷強化した強化ガラス、あるいは厚さが例えば３ｍｍ以上の肉厚ガラス（以下これらを強化ガラスと総称する）を割断するガラス基板の割断方法および割断装置に関する。
【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アモンドチップによる機械的方法に代わって、レーザビーム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。
【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】
ガラスをレーザスクライブする場合、ガラスの端部近辺に初亀裂と言われるクラックを形成することが必要である。従来、この初亀裂の形成は、ダイヤモンドを使ったカッタで傷を形成するいわゆるメカニカルな初亀裂形成方法が一般的である。この方法は、ダイヤモンドカッタなどの刃物でガラスの表面を引掻くことにより傷を形成するのであるから表面にしか傷が形成されない。ソーダガラスのように硬度が低いガラスでは従来のメカニカル方式で問題なかった。
【０００５】
一方で、近年、スマートフォンやタブレット端末、ノートパソコン、タッチテーブルのスクリーンやテレビのスクリーンなどのフラットパネルディスプレイ用ガラスとしてガラス表面の硬度を増すために化学処理を施した強化ガラスが活用されている。
【０００６】
このような強化ガラスは表面が硬いためにダイヤモンドカッタなどでは傷を入れ難く、表面に安定してキズを入れることが難しい。また、レーザスクライブの安定性を確実なものにするためには、安定した初亀裂を何本も形成する必要があるが、強化ガラスの表面が硬いために傷の深さが安定せず、強化層の厚みを突き破ることができない場合もある。さらに、余りに強い力でカッタを押圧すると、特に薄いガラスの場合などでは、表面だけに留まらず、ガラス自体が割れてしまう場合もある。
【０００７】

このように、強化ガラスに安定した初亀裂を形成する上では、ダイヤモンドカッタのストローク、押圧力、ガラスの上での引掻く距離等の加工パラメータを最適に設定するのは試行錯誤が必要で、その最適範囲を見つけ出すのにも困難が伴っていた。

【０００８】

そこで、初亀裂の形成手段としてダイヤモンドカッタなどの刃物でガラスの表面を引掻くことにより傷を形成するかわりに、パルス発振型のレーザを利用する方法が検討されている。

たとえば、ガラスの表面近傍に可視領域から近赤外領域の波長を有する第１レーザビームを集光させて初期クラックを形成し、初期クラックおよびその周辺に炭酸ガスレーザビームなどの第２レーザビームを照射して加熱し、しかる後に第２レーザビームの照射位置を移動させつつ第２レーザビームが照射された領域に冷却媒体を吹き付けて冷却することにより初期クラックを起点としてガラス割断クラックを進展させてガラスを割断するレーザ加工方法（特許文献１参照）や、脆性材料基板に対する透過率の高いレーザビームを用いて脆性材料基板を割断する方法において、トリガークラックから予測できない方向にクラックが生じる先走り現象を抑えるために、CO_2レーザやＹＡＧレーザを使用して脆性材料基板の一方側表面の基板側端よりも内側にトリガークラックを形成する方法（特許文献２参照）が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００９】

【特許文献１】特開２００７－２６０７４９号公報

【特許文献２】特許公開２０１０－８９１４４号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１０】

特許文献１によるレーザ加工方法は、可視領域から近赤外領域の波長を有する第１レーザビームを集光させて初期クラックを形成しているが、第１レーザビームの焦点位置の高さ調整がシビアであり操作性に問題がある。また、特許文献１にはガラスの表面近傍からの深さについての記述はあるが、実際にその技術で形成した初期クラックを起点として、加熱と冷却の組み合わせによるレーザスクライブを行ったという記載はない。従って、この初期クラックが形成されたとしても、実際にレーザスクライブをする場合にはどのような技術が必要となるのかについては全く記載されていない。

【００１１】

実際、ガラス基板が強化ガラスである場合は、強く化学処理したガラスほどブレイクが難しく、さらに、ガラスが厚い場合にもブレイクのために大きな力が必要になり難しくなるが、特許文献１はこのような課題を解決する方法についての記載は一切ない。

また、ガラスの強化程度が強い場合、あるいはガラスが厚い場合には、ブレイクするために大きな曲げ応力が必要となり、ブレイクに困難が伴うがこの課題に対する解決策も何ら記載されていない。

【００１２】

特許文献２によるレーザ加工方法は、初期クラックをガラスの端部でなく内側に入れることにより、そのクラックから前方の方向、つまりガラスの内側に向かってスクライブ溝が形成される。内側に初期クラックを入れるとスクライブの安定性が期待できるとの記載がある。

【００１３】

しかし、ガラスの内側にクラックが形成された場合は、クラックから後方の方向のガラスの端の部分には、クラックやスクライブ溝が形成されていないため、ブレイクする場合に、割断予定線から外れた曲がった割断面となってしまうおそれがありブレイク時に直線性が得られない。このように、初期クラックを脆性材料の内側に形成した場合において、ブレイク後の割断面が割断予定線から外れてしまって湾曲する課題があるが、特許文献２に

は、この課題に対しては何ら解決手段が提示されていない。
また、特許文献１と同様に、ガラスの強化程度が強い場合あるいはガラスが厚い場合におけるブレイクするために大きな曲げ応力が必要となりブレイクに困難が伴う課題に対する解決策も何ら記載されていない。
【課題を解決するための手段】
【００１４】
本発明はこれらの従来技術の課題を解決するもので、ガラス基板、特に強化ガラスにおいて、初亀裂となる傷を確実に入れることができ、スクライブが確実に形成されるとともに、ブレイクを容易にし、しかもブレイクが真っ直ぐに走るようにして、強化ガラスでも確実に割断させることができる割断方法および割断装置を提供することを目的とするものである。
【００１５】
上記目的を達成するために、本発明は、ガラス基板の割断予定線に沿って加熱用の第1のレーザビームで加熱し、ガラス基板の第1のレーザビームによる加熱位置を割断予定線に沿って相対的に移動させてガラス基板にスクライブ溝を形成するガラス基板の割断方法であって、可視領域から紫外領域の波長を有する第２のレーザビームをその焦点位置がガラス基板の端部から割断予定線に沿った内側の位置の表面に位置するように集光させてスクライブの起点である初亀裂となる表面亀裂を形成するとともに、第２のレーザビームの焦点を前記ガラス基板の内部に設定して第２のレーザビームをガラス基板に対して相対的に移動させて、表面亀裂からガラス基板の内部を通り、ガラス基板の端面に延びる内部亀裂を形成するものである。
上記構成によれば、ガラス基板、特にガラス基板が強化ガラスで形成されたガラス基板において、初亀裂となる傷を確実に入れることができるのでスクライブ溝が確実に形成されるとともに、ブレイク工程においてブレイクを容易にし、しかもガラス基板の割断予定線の全体に亘ってブレイクが真直に走るようにすることができ、ブレイクの困難な強化ガラスでも確実に割断させることができる。
【００１６】
また、スクライブ溝の形成は、第1のレーザビームで加熱した領域に冷却媒体を吹き付けて冷却することにより初亀裂となるキズを起点として初亀裂となるキズを進展させて形成している。
上記構成によれば、強化ガラスに十分な深さのスクライブ溝を確実に形成することができる。
【００１７】
また、第２のレーザビームは可視領域で緑色を示す波長域のレーザビームであることが好ましい。
上記構成によれば、強化ガラスにおいて初亀裂となる表面亀裂およびガラス内部の内部亀裂を簡単かつ確実に形成することができる。
【００１８】
また、内部亀裂がガラス基板の端面からガラス基板の内部に向かって延びる直線部と、ガラス基板の内部からガラス基板の表面における表面亀裂に向かって延びる曲線部により形成されたものである。
上記構成によれば、内部亀裂がガラス基板の深さ方向に延びて形成されておりこの内部亀裂がブレイクの案内をするので、ガラス基板の端部付近におけるブレイクの直線性を向上させることができる。
【００１９】
また、内部亀裂がガラス基板の端面からガラス基板の内部に延び、かつガラス基板の表面に達する直線部により形成されたものである。
上記構成によれば、内部亀裂がガラス基板の深さ方向に延びて形成されておりこの内部亀裂がブレイクの案内をするので、ガラス基板の端部付近におけるブレイクの直線性を向上させることができる。

【００２０】
また、内部亀裂がガラス基板の端面からガラス基板の内部に向かって延びる第１の波形部と、ガラス基板の内部からガラス基板の表面における表面亀裂に向かって延びる第２の波形部により形成されたものである。
上記構成によれば、内部亀裂がガラス基板の深さ方向に延びて形成されておりこの内部亀裂がブレイクの案内をするので、ガラス基板の端部付近におけるブレイクの直線性を向上させることができる。
【発明の効果】
【００２１】
本発明によれば、スクライブの初亀裂となるキズを可視領域から紫外領域の波長を有するレーザビームで行なっているので、ビームの焦点位置に亀裂を形成でき、ガラスの表面だけに限られず、ガラスの内部にキズを入れることができる。したがって、強化ガラスの端部から内側の位置の表面に集光させてスクライブの初亀裂となるキズを形成するとともに、強化ガラスの端部における強化ガラスの厚さ方向の内部の位置から初亀裂となるキズに延びる内部亀裂を形成することができる。
【００２２】
この結果、初亀裂となるキズから割断予定線に沿ってスクライブ溝が形成されてスクライブの安定性が向上する。また、ブレイク時には初亀裂となるキズの後方には強化ガラスの厚さ方向の内部においてガラスの端部に延びる内部亀裂が形成されているので、ブレイクによる割断がこの内部亀裂に沿って行なわれ、割断予定線に沿って高い直線性を有する割断面を形成することができる。
【００２３】
また、内部亀裂を形成する際に、レーザビームの焦点位置を上下移動させることにより、ガラスの断面方向において高さ位置が異なるように自在に内部亀裂を形成できるので、強化ガラスの厚さが厚い場合でも容易にブレイクすることができる。
【００２４】
また、レーザビームの焦点位置を上下移動させることにより、機械の精度に起因する位置ズレが発生した場合であっても、ガラスの表面に確実に初亀裂を形成することができる。
【図面の簡単な説明】
【００２５】
【図１】本発明の実施例１に係る脆性材料割断装置の概略図
【図２】本発明の実施例１に係る脆性材料割断装置の初亀裂形成装置部の全体構成を示す概略図
【図３】本発明の実施例１に係る脆性材料割断装置を用いて、ガラス基板を割断している最中の実施態様を模式的に示した斜視図
【図４】本発明の実施例１に係る脆性材料割断方法におけるガラス基板に初亀裂を形成しているときの実施態様を説明する断面側面図
【図５】本発明の実施例１に係る脆性材料割断方法における割断している最中の他の実施態様を模式的に示した斜視図
【図６】本発明の実施例２に係る脆性材料割断方法におけるガラス基板に初亀裂を形成しているときの実施態様を説明する断面側面図
【図７】本発明の実施例３に係る脆性材料割断方法におけるガラス基板に初亀裂を形成しているときの実施態様を説明する断面側面図
【図８】本発明の実施例２に係る脆性材料割断方法によって割段した厚さ１．１ｍｍｔのガラス基板サンプルの断面写真
【図９】本発明の実施例３に係る脆性材料割断方法によって割段した厚さ１．１ｍｍｔのガラス基板サンプルの断面写真
【図１０】本発明の実施例３に係る脆性材料割断方法によって割段した厚さ１．１ｍｍｔのガラス基板サンプルの表面付近の拡大断面写真
【発明を実施するための形態】

【００２６】
本発明においては、可視領域から紫外領域の波長を有するレーザビームをその焦点位置がガラス基板の端部から割断予定線に沿った内側の位置の表面に位置するように集光させてスクライブの起点である初亀裂となる表面亀裂を形成するとともに、このレーザビームの焦点をガラス基板の内部に設定してレーザビームをガラス基板に対して相対的に移動させて、表面亀裂からガラス基板の内部を通りガラス基板の端面に延びる内部亀裂を形成させる。
以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。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。
【実施例１】
【００２７】
図１は本発明による強化ガラスの割断方法を実施するための割断装置の全体構成を示す概念図である。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。
【００２８】
ガラス基板１１を加熱するためのレーザ発振器は、CO_2レーザ２５が用いられている。CO_2レーザ２５はたとえば最大出力１００Ｗのガス封じ切り型が使用される。ガラス基板１１の表面強化層が厚かったり、ガラス基板１１の厚さが３ｍｍ以上など厚い場合には、ブレイクが困難である場合がしばしばあるので、最大出力が１００Ｗ以上のレーザ発振器を使用することが好ましい。
【００２９】
ビーム径φ４ｍｍのレーザビーム２６が、ビームエキスパンダ２７を通過することでビーム径が約４倍に拡大されφ１６ｍｍのビームとなる。拡大されたビームは、反射鏡２８により鉛直下方に反射され、ビーム整形手段８０を通過することにより円形のビーム形状から細長いビーム形状に整形されて、ガラス基板１１上では細長いビーム形状で照射される。
【００３０】
ビーム整形手段８０としては、具体的に回折光学素子（ＤＯＥ）あるいはシリンドリカルレンズのような光学部品を利用できるが、本実施例においては、矩形アパーチャとシリンドリカルレンズとを組み合わせて用いている。
【００３１】
レーザビーム２６がガラス基板１１上に照射される位置の後方には、冷却装置３０が設置される。冷却装置３０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１１上に冷却点が形成される。
【００３２】
ガラス基板１１上のレーザビームの照射位置に対して、その前方には、初亀裂形成装置５０が設けられる。初亀裂形成装置５０は、可視領域から紫外領域の波長のパルス状のレーザビームを発生するパルスレーザ発振器５１と、パルスレーザ発振器５１から発振されたレーザビームを収束する集束レンズ系５２を有しており、集束レンズ系５２で収束されたレーザビーム５３はガラス基板１１に対して照射される。
【００３３】
パルスレーザ発振器５１が発振する可視領域から紫外領域の波長のレーザビームとしては、たとえば波長５１０～５４０ｎｍの波長域のグリーン光を発振するグリーンレーザや波長３５５ｎｍの紫外光を発振する紫外線レーザなどが使用される。いずれもピーク出力が大きい方が好ましい。本実施形態においては波長５３２ｎｍのＱスイッチ内蔵パルス発振型Ｎｄ：ＹＡＧレーザを使用した。
【００３４】

図２は初亀裂形成装置５０の全体構成を示す。パルスレーザ発振器５１からのレーザビームは反射鏡５４、５５で光路調整され、ビームエキスパンダ５６で直径を拡げた円形ビームに整形されて集束レンズ系５２に入射し、集束レンズ系５２で収束されたレーザビーム５３はガラス基板１１上に照射される。集束レンズ系５２はＺ軸アクチュエータ５７によりガラス基板１１の表面に対して上下方向、すなわち垂直方向に移動可能であり、レーザビーム５３のガラス基板１１に対する焦点位置６５を調整することができる。焦点位置６５の位置は、集束レンズ系５２によって決定される焦点距離ｆの値によって決められた位置となる。ガラス基板１１に対する集束レンズ系５２の上下方向の位置は、Ｚ軸方向の原点リミットスイッチ５８の設置位置を基準として定められる。

【００３５】

パルスレーザ発振器５１はレーザドライバ６１と電気的に接続されており、Ｚ軸アクチュエータ５７はＺ軸アクチュエータドライバ６２と接続されており、原点リミットスイッチ５８は原点リミット検出装置６３と接続されている。これらのレーザドライバ６１と、Ｚ軸アクチュエータドライバ６２と、原点リミット検出装置６３とは、それぞれ制御部６４からの電気的制御信号に従って駆動される。

【００３６】

次に図３を用いて、レーザビームで初亀裂および内部亀裂を形成した後に、スクライブする構成及び動作を説明する。図３では、図１に示したガラス基板１１をその中央位置まで割断加工している最中の状態を示している。つまり、図３では、レーザ初亀裂の形成が既に完了した後で、スクライブ最中の状態を示しているので、以下の説明では、時間を遡ってレーザ初亀裂を形成する最初の段階から説明する。

【００３７】

強化ガラスを割断するために、まず、初亀裂形成装置５０（図１参照）によりガラス基板１１の割断予定線１２の割断加工の開始端の位置にレーザ初亀裂を形成する。レーザ初亀裂は、図３において、内部亀裂１６と表面亀裂１７との２つの部分に分けて示してある。

【００３８】

まず、ガラス基板１１の割断予定線１２の開始端部から内部亀裂１６を形成する。そのためには、ビーム停止の状態で、可動式テーブル３２（図１参照）の上に載置されたガラス基板１１をサーボモータ３３（図１参照）により＋Ｙ方向に移動させる。そして、レーザビーム５３を出力してもその下方のガラス基板１１に照射されない位置まで退避させる。

Ｚ軸アクチュエータ５７による高さ位置調整については、集束レンズ系５２で収束されたレーザビーム５３によって作られる焦点位置６５の高さが、ガラスの上側表面の高さよりも低くなるように設定する。レーザビーム５３の出力指令は、制御部６４において、Ｚ軸アクチュエータ５７の位置が所定位置にあることや、Ｙ軸駆動用のサーボモータ３３（図１参照）が駆動して－Ｙ方向に移動し始めたこと等の条件を検知した上で出力指令が開始される。次に、ビーム初亀裂を形成する工程について、図４を用いて説明する。

【００３９】

図４に示すように、焦点位置６５の高さがガラスの上側表面の高さよりも低い状態でレーザビーム５３の出射を開始する。ガラス基板１１を載置している可動式テーブル３２（図１参照）がサーボモータ３３（図１参照）により－Ｙ方向に移動されると同時にレーザビーム５３を照射し、ガラス基板１１を割断予定線の方向に沿って移動させる。すると、焦点位置６５が横方向に移動し、ガラス断面部のＰ点に接する。その後も焦点位置６５を横方向に移動させることにより、Ｐ点をスタートとして、ガラス基板１１の内部に白濁点が点列状または点列が連続した線状に形成される。この点列状または線状の白濁点が内部亀裂１６を形成する。

【００４０】

内部亀裂１６が所定の長さになったとき、レーザビーム５３を照射したまま可動式テーブル３２を移動させつつＺ軸アクチュエータ５７により集束レンズ系５２を徐々に上方に移

動させると、内部亀裂１６の先端がガラス基板１１の上表面方向に伸びてやがてガラス基板１１の上表面に達する。こうしてガラス基板の厚さ方向の内部にガラス基板１１の端部から割断予定線１２の方向に沿って伸びる内部亀裂１６は、ガラス基板１１の上表面において表面亀裂１７を形成する。表面亀裂１７が形成される位置はガラス基板１１の開始端部から所定距離ｄだけ離れた内側の位置に設けられる。表面亀裂１７を形成した後は、焦点位置６５はガラス基板１１の上表面を離れて、より上の位置に移動する。Ｚ軸アクチュエータ５７が所定の上限位置に達して、焦点位置６５がガラス基板１１の内部には位置しない状態になった時、レーザビーム５３の照射は停止される。以上の工程により、内部亀裂１６と表面亀裂１７とから成るレーザ初亀裂の形成が完了する。

【００４１】

ここで、内部亀裂１６と表面亀裂１７とを便宜上分けて説明しているのは、次のような理由からである。強化ガラスでは、特にケミカル強化ガラスでは、イオン交換法により強化される領域は厚さ数１０ミクロン程度の表面の強化層だけであり、それを超える深さの部分は強化処理されていない。このようなガラスを表面スクライブ加工する場合において、トリガーになり得る好ましい初亀裂として、少なくともガラス表面の強化層の深さだけは貫通している亀裂であった方が良い。すなわち、求められる初亀裂として、薄い強化層を貫通している表面亀裂１７が必要であり、ガラス内部の内部亀裂１６は必ずしも必要ではない。このようにレーザスクライブ加工を行う上で必要かどうかに応じて、内部亀裂１６と表面亀裂１７との意味を使い分けて示している。

【００４２】

次に、図３に戻って、レーザ初亀裂形成後の動作を示す。集束レンズ系５２によって集光されたレーザビーム５２により、内部亀裂１６と表面亀裂１７とが形成された。その後、可動式テーブル３２をサーボモータ３３により＋Ｙ方向に移動させて割断予定線１２の方向に沿って一定速度で移動させると同時にＣＯ２レーザビームの照射を開始する。すると、シリンドリカルレンズによって、ガラス基板１１上にはＣＯ２レーザビームにより細長いレーザ加熱部１４が形成される。

【００４３】

一方、ビーム整形手段８０の後方には冷却装置３０が配置されており、その冷却装置３０からは水と空気の混合媒体が下方に噴射される。その結果、ガラス基板１１上の冷却装置３０の直下位置に冷却点１５が形成される。ガラス基板１１は割断予定線１２の方向に沿って一定速度で移動しているので、冷却点１５はレーザ加熱部１４の後端から所定距離離間した位置において割断予定線１２の方向に沿ってレーザ加熱部１４を冷却する。

【００４４】

この結果、冷却装置３０の直下に表面亀裂１７から拡大した亀裂線１３がガラス基板１１の板厚方向に発生する。表面亀裂１７の付近で板厚方向に拡大した亀裂線１３は、レーザ加熱部１４および冷却点１５の組み合わせがガラス基板１１に対して相対的に移送するのに伴って、割断予定線１２の前方方向に亀裂を拡大させることができる。この結果、ガラス基板１１の全板厚に亘って割断予定線１２に沿ってスクライブ溝１３が形成される。

【００４５】

こうして形成されたスクライブ溝１３は、表面亀裂１７をスタート地点として形成されており、表面亀裂１７の位置はガラス基板１１の端部から所定距離ｄだけ離れた内側の位置にある。このように、表面亀裂１７の位置をガラスの内側に設けることにより、スクライブ溝１３が形成する上での加工の安定性が増す。従来技術のように、表面亀裂１７をダイヤモンドホイールを用いてガラスの端部に形成する場合においては、特に強化ガラスの場合に、端部に形成した初亀裂から加熱によりガラスが自己破壊し、スクライブ溝の形成を阻害することがあった。しかし、本実施例においては、ガラスが自己破壊しやすい端部を避けて、離れた位置に表面亀裂１７を形成しているので、スクライブ溝１３の加工成功率が高まる利点がある。

【００４６】

ガラス表面には表面亀裂１７が形成されるとともに、ガラス内部には内部亀裂１６が形成

されている。この内部亀裂１６はガラス基板１１に外力を加えてブレイクする場合に効果を奏する。すなわち、ガラス基板１１をブレイクする場合に、ガラス基板の端部から距離ｄだけ離れた表面亀裂１７までの間の場所には、ガラス表面にスクライブ溝が形成されていない。従って、もし、内部亀裂１６が存在しないとすると、ブレイク面が割断予定線から外れて婉曲してしまうことになる。本実施形態において加工したガラスには、内部亀裂１６により、ガラス内部に割れやすい部分が出来ているため、ブレイクの際の割断面を内部亀裂１６に沿って導くことができるので、ブレイクの割断面が割断予定線から外れないようにできる。従って、スクライブ溝１３の始端となる表面亀裂１７の位置をガラス基板１１の端部から割断予定線１２に沿って所定距離ｄだけ離れた内側の位置に形成した場合でも、ブレイク面の全体的な直線性が保たれる。

【００４７】

冷却点１５の直下で表面亀裂１７から拡大したスクライブ溝１３はガラス基板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、スクライブ溝１３が割断予定線１２に対して湾曲することはない。

【００４８】

一方、レーザ加熱部１４および冷却点１５の組み合わせがガラス基板１１に対して相対的に移動して、表面亀裂１７とは反対側の割断予定線１２上の終端部に達した場合に、スクライブ溝１３が終端部に到達すると、終端部側からガラスが自己破壊して、ガラスの表面から底面に到るまでのフルカットの亀裂面が発生することがある。特に強化ガラスの場合には顕著に現れる。このような終端部の破壊は制御されていない割れ方なので、湾曲することが多くブレイク面の直線性を阻害する。

【００４９】

そこで図５に示すように、ガラス基板１１の内部亀裂１６および表面亀裂１７とは反対側の終端部における割断予定線１２に沿った位置においても、内部亀裂１６および表面亀裂１７の形成したのと同様の手順で、内部亀裂１９および表面亀裂２０を形成する。さらに、ＣＯ２レーザビームによるスクライブ溝を形成する場合に、レーザ加熱部１４（図３参照）が、ちょうど表面亀裂２０の位置に差し掛かったタイミングで、ＣＯ２レーザビームの照射を停止する。正確なタイミングでＣＯ２レーザビームの照射を停止する手段としては、ＣＯ２レーザビームに対する機械的な外部シャッタ機構を用いても良いし、ファラデー回転子により偏光方向を選択する機構であっても、単純にＣＯ２レーザのビーム出力指令をオフにする手段であってもよい。ＣＯ２レーザビームの照射タイミング制御手段により、表面亀裂２０からガラス終端部までの間で加熱領域が形成されないので、ガラスの終端部にもスクライブ溝は形成されない。このようにすれば、ガラス基板１１の終端部において、自己破壊による亀裂が形成されることなく、かつ、ガラス基板１１をブレイクする場合にあって、内部亀裂１９がブレイクの面を案内するので、ブレイク面が割断予定線から外れないようにすることができる。

【実施例２】

【００５０】

図６は実施例２における強化ガラスの割断方法を実施するため動作原理を説明する概念図である。実施例１においては、図４に示すように内部亀裂を形成するためにレーザビームの焦点を最初はガラス基板１１の内部で水平に移動させ、その後斜め上方に持ち上げることで表面亀裂１７を形成したが、本実施例においては初亀裂としての内部亀裂１６をガラス基板１１内において斜め上方向に通過する直線状に形成し、この直線状内部亀裂１６がガラス基板１１の表面に出た位置に表面亀裂１７を形成する。

【００５１】

図８には、実施例２に示す構成および方法によってサンプル加工された化学強化ガラス断面の写真を示している。ガラスの厚さは１．１ｍｍｔ、レーザ初亀裂の形成のための加工条件は、レーザ平均パワー１．０Ｗ、パルス幅１０ｎｓｅｃ、繰り返し周波数６ｋＨｚ、ガラスの水平方向送り速度１ｍｍ／ｓｅｃ、Ｚ軸アクチュエータによる垂直方向の上昇送り速度０．３ｍｍ／ｓｅｃである。このサンプルにおいては、焦点位置が表面に達した時

点でＺ軸アクチュエータの上昇速度を遅くして、０．１ｍｍ／ｓｅｃにしているため、表面亀裂が長くなっている。

【００５２】

図６に戻って、内部亀裂１６をガラス基板１１内において斜め上方向に通過する直線状に形成するには、図３または図４の構成において、可動式テーブル３２を図１における－Ｙ方向に一旦移動させ、レーザビーム５３を照射してもその下方にガラス基板１１が無い位置まで退避させ、Ｚ軸アクチュエータドライバ６２によりＺ軸アクチュエータ５７を作動させて集束レンズ系５２を下方に移動させ、パルスレーザ発振器５１からのレーザビームを反射鏡５４、５５で光路調整してビームエキスパンダ５６で整形した後、集束レンズ系５２に入射させたレーザビーム５３の焦点が図４に示すようにガラス基板１１の端部における内部Ｐに位置するように設定してレーザビーム５３をガラス基板１１に照射する。

【００５３】

ついで、レーザビーム５３がガラス基板１１を照射している状態のままでガラス基板１１を載置している可動式テーブル３２をサーボモータ３３により＋Ｙ方向に移動させて割断予定線１２の方向に沿って移動させるとともに、Ｚ軸アクチュエータ５７により集束レンズ系５２を一定速度で徐々に上方に移動させると、内部亀裂１６の先端がガラス基板１１内を斜め上方向に直線的に伸びてガラス基板１１の上表面に達して表面亀裂１７としてのキズを形成して終了する。なお、亀裂を入れる順番としては、表面亀裂１７を先に形成し、後から内部亀裂１６を形成する順番であってもよい。その他の構成および作用は実施例１と同様であるので説明を省略する。

【実施例３】

【００５４】

図７は実施例３における強化ガラスの割断方法を実施するための動作原理を説明する概念図である。本実施例においては、初亀裂としての内部亀裂１６をガラス基板１１内において正弦波状やのこぎり波状などの波形に形成し、ガラス基板１１が水平移動中はレーザビーム５３の焦点位置を表面に出さずにガラス基板１１の内部で内部亀裂１６が上下に揺動するように維持する。この波形の内部亀裂１６が所定の長さになったとき、レーザビーム５３を照射したまま可動式テーブル３２を割断予定線１２の方向に沿って移動させつつＺ軸アクチュエータ５７により集束レンズ系５２を徐々に上方に移動させると、波形の内部亀裂１６がガラス基板１１内を次第に上方に曲がってガラス基板１１の上表面方向に伸びてゆく。そして、レーザビーム５３の焦点をガラス基板１１の内部を上下に揺動させつつ移動させ、ガラス基盤１１の表面をレーザビーム５３の焦点が１乃至複数回交差させると、波形の内部亀裂１６がガラス基板１１の表面を１乃至複数回交差して表面亀裂１７としてのキズに連結する。

【００５５】

図９および図１０には、実施例３に示す構成および方法によってサンプル加工された厚さ１．１ｍｍｔの化学強化ガラス断面の写真を示している。特に図１０に示されているように、ガラスの表面位置付近で焦点位置を上下に振動させることにより、強化層を複数回貫通することができる。

【００５６】

この実施例においても、あらかじめ表面亀裂を形成せずに、波形の内部亀裂１６がガラス基板１１の表面と交差したときその位置にレーザビーム５３の照射を継続して表面亀裂１７を形成させるようにしてもよい。この場合、波形の内部亀裂１６がガラス基板１１の表面を１回交差させた場合は表面亀裂１７は１箇所であるが、複数回交差させてもよくその場合は表面亀裂１７は複数の点状亀裂が連続した状態で形成される。

その他の構成および作用は実施例１または実施例２と同様であるので説明を省略する。

【産業上の利用可能性】

【００５７】

本発明による強化ガラスの割断方法および割断装置は、近年、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や携帯電話、携帯端末などの表示装置

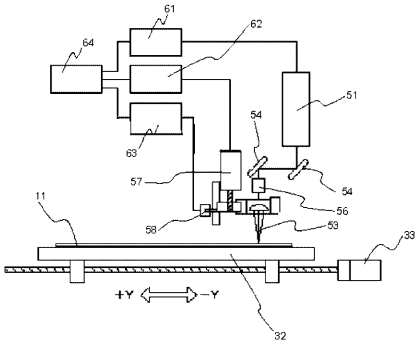
用に用いられているガラス表面に強化層を形成した強化ガラスや厚さが厚いガラスの鏡面割断に適用して好適である。

【符号の説明】

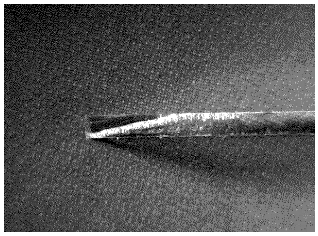
【００５８】

１１　ガラス基板
１３　スクライブ溝
１４　レーザ加熱部
１５　冷却点
１６、１９　内部亀裂
１７、２０　表面亀裂
２５　CO_2レーザ
２６　レーザビーム
２７　ビームエキスパンダ
２８　反射鏡
３０　冷却装置
３２　可動式テーブル
３３　サーボモータ
５０　初亀裂形成装置
５１　パルスレーザ発振器
５２　集束レンズ系
５３　レーザビーム
５４、５５　反射鏡
５６　ビームエキスパンダ
５７　Ｚ軸アクチュエータ
５８　原点リミットスイッチ
６１　レーザドライバ
６２　Ｚ軸アクチュエータドライバ
６３　原点リミット検出装置
６４　制御部
６５　焦点位置
８０　ビーム整形手段

【図２】



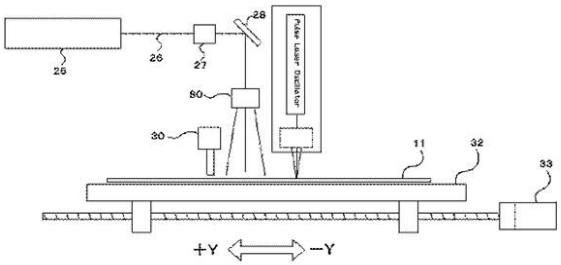
【図８】



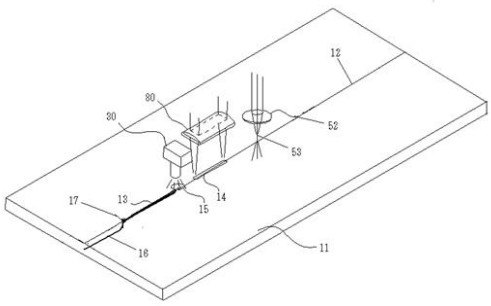
【図９】



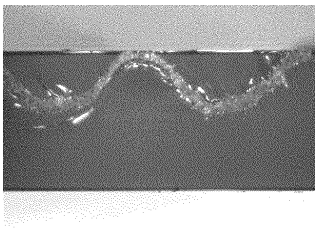
【図１】



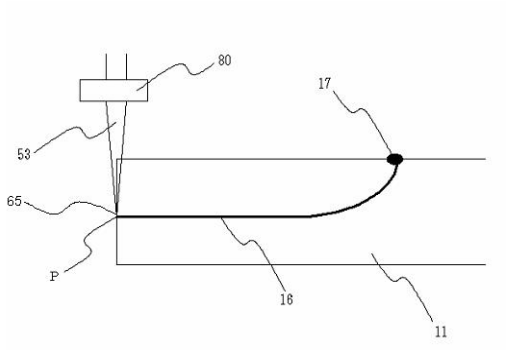
【図３】



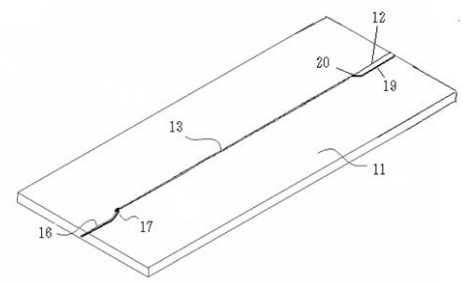
【図１０】



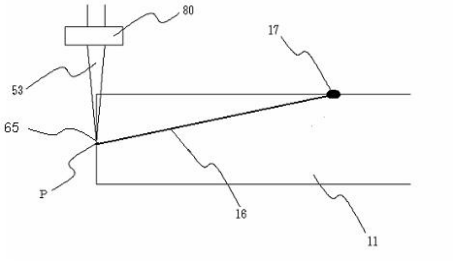
【図４】


80
17
53
65
P
16
11

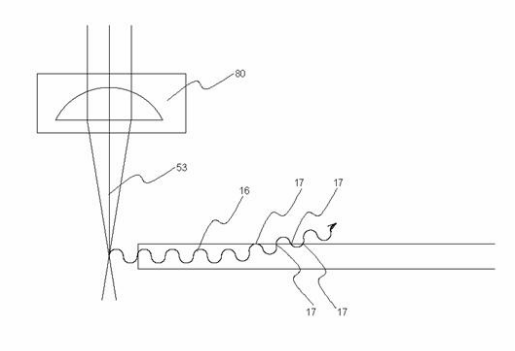
【図５】


12
20
19
13
11
16
17

【図６】


80
17
53
65
P
16
11

【図７】


80
53
16
17
17
17
17

フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００５－１７９１５４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００７／１１９７４０（WO，Ａ１）
特開２００６－１３１４４３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１１／０２５９０８（WO，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１２／０１４５３３１（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ０３Ｂ ２３／００－３５／２６
Ｃ０３Ｂ ４０／００－４０／０４
Ｂ２３Ｋ ２６／００－２６／７０