

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5050099号
(P5050099)

(45) 発行日 平成24年10月17日 (2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年7月27日 (2012.7.27)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 3 K 26/38 (2006.01)**B 2 8 D 5/00 (2006.01)****B 2 3 K 26/00 (2006.01)****B 2 3 K 26/08 (2006.01)****B 2 3 K 26/06 (2006.01)**

B 2 3 K 26/38 3 2 O

B 2 8 D 5/00 Z

B 2 3 K 26/00 G

B 2 3 K 26/00 D

B 2 3 K 26/08 B

請求項の数 4 (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-508155 (P2010-508155)
 (86) (22) 出願日 平成21年3月16日 (2009.3.16)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2009/055061
 (87) 国際公開番号 W02009/128316
 (87) 国際公開日 平成21年10月22日 (2009.10.22)
 審査請求日 平成22年10月13日 (2010.10.13)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-106219 (P2008-106219)
 (32) 優先日 平成20年4月15日 (2008.4.15)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 390000608
 三星ダイヤモンド工業株式会社
 大阪府摂津市香露園32番12号
 (74) 代理人 100114030
 弁理士 鹿島 義雄
 (72) 発明者 熊谷 透
 大阪府吹田市南金田2丁目12番12号三
 星ダイヤモンド工業株式会社内
 (72) 発明者 平内 裕介
 大阪府吹田市南金田2丁目12番12号三
 星ダイヤモンド工業株式会社内
 (72) 発明者 井上 修一
 大阪府吹田市南金田2丁目12番12号三
 星ダイヤモンド工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脆性材料基板の加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光源から出射されるレーザビームを、高速回転するポリゴンミラーで繰り返し反射して脆性材料基板にビームスポットが形成されるようにし、前記基板に設定したスクライプ予定ラインに沿って前記ビームスポットを相対移動することにより前記基板を加工する脆性材料基板の加工方法であって、

第一回目のレーザ照射による第一ビームスポットをスクライプ予定ラインに沿って相対移動させて前記基板を加熱するとともに、第一ビームスポットが通過した直後の部位を冷却することにより、深さ方向に変化する応力勾配を発生して有限深さのスクライプラインを形成するレーザスクライプ工程と、

第二回目のレーザ照射による第二ビームスポットを前記スクライプラインに沿って相対移動させ、前記スクライプラインをさらに深く浸透、または、完全分断させるレーザブレイク工程とからなり、

レーザブレイク工程の際にポリゴンミラーに入射するレーザビーム径が、レーザスクライプ工程の際に入射するレーザビーム径よりも小さくなるように調整して照射する脆性材料基板の加工方法。

【請求項 2】

レーザ光源とポリゴンミラーとの間のレーザビームの光路上に設けられた集光光学素子の位置を変更してポリゴンミラーに入射するレーザビーム径を調整する請求項 1 に記載の脆性材料基板の加工方法。

【請求項 3】

レーザブレイク工程の際に、前記集光光学素子の焦点位置近傍にポリゴンミラーを近づけるように調整する請求項 2 に記載の脆性材料基板の加工方法。

【請求項 4】

集光光学素子の位置とともに、ポリゴンミラーと基板との間の距離を同時に調整する請求項 2 または請求項 3 のいずれかに記載の脆性材料基板の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高速回転するポリゴンミラーでレーザビームを繰り返し反射することにより実質的に長軸方向を有するビームスポットを脆性材料基板上に整形し、このビームスポットを脆性材料基板上に設定したスクライプ予定ラインに沿って走査することにより、熱応力を利用してクラックを形成する脆性材料基板の加工方法に関する。

さらに詳細には、本発明は脆性材料基板に対し、第一回目のビームスポットの走査を行うことにより、有限深さのクラックからなるスクライプラインを形成し、続いて、第二回目のビームスポットの走査を行うことにより、このスクライプラインのクラックを深く浸透（以後、クラックが深さ方向に進行することを「浸透」という）させるか、あるいは完全に分断する脆性材料基板の加工方法に関する。

ここで、脆性材料基板とは、ガラス基板、焼結材料のセラミックス、単結晶シリコン、半導体ウエハ、サファイア基板、セラミック基板等をいう。

【背景技術】

【0002】

高速回転するポリゴンミラーにレーザビームを照射し、ポリゴンミラーで反射されたレーザビームを基板上に導くと、ポリゴンミラーの 1 つのミラー面によって反射されるレーザビームの走査軌跡の範囲が、高速で繰り返し走査されるようになり、基板上には 1 つのミラー面によって反射されるレーザビームの走査軌跡の範囲全体があたかも 1 つのビームスポットであるように照射されるようになる。したがって、高速回転中のポリゴンミラーの 1 つのミラー面によって基板上に形成される走査軌跡の範囲全体を「ビームスポット」と呼ぶこととする。

脆性材料である半導体ウエハに対し、ポリゴンミラーと f レンズとを用いてレーザビームを照射することにより楕円形のビームスポットを整形し、このビームスポットを走査して基板をアブレーションすると、基板表面に対し斜めの加工面が形成されるようになる。これを利用して、半導体ウエハ上で溝を形成しようとする部分を、斜め方向（加工面の法線方向）に気化させて蒸気形態で排出するようにしたレーザ加工装置が開示されている（特許文献 1）。アブレーションによる加工は、ビームスポットが通過した領域が熔融されるため、加工面が損傷してしまう。

【0003】

一方、ガラス基板に対し、楕円状に整形したビームスポットを走査して基板を熔融温度（あるいは軟化温度）以下で加熱し、応力勾配を生じさせてクラックを形成するレーザスクライプ加工も利用されている（特許文献 2、特許文献 3、特許文献 4 参照）。

【0004】

一般に、レーザスクライプ加工では、これから分断しようとする仮想線（スクライプ予定ラインという）を基板に設定する。そしてスクライプ予定ラインの始端となる基板端に、カッターホイール等で初期亀裂（トリガ）を形成し、ビームスポットおよび冷却スポット（冷媒が噴射される領域）を初期亀裂の位置からスクライプ予定ラインに沿って走査する。このとき、スクライプ予定ライン近傍に発生した温度分布に基づいて応力勾配が生じる結果、クラックが形成される。

【0005】

レーザスクライプ加工により形成されたクラックは、加工端面が美しく、優れた端面強度を有している。さらに、カッターホイール等を用いた機械的加工によるクラックに比べ

10

20

30

40

50

ると、カレットの発生を低減させることができる。

そのため、フラットパネルディスプレイをはじめ、ガラス基板等を分断することが必要な種々の製造工程等でレーザスクライプ加工が採用されている。

【 0 0 0 6 】

ところで、溶融温度以下でビームスポットを走査することによって形成されるクラックには、クラックの深さ方向の先端が基板の裏面まで到達しない「有限深さのクラック」と、クラックが基板の裏面まで到達し、基板を一挙に分断する「貫通クラック」（例えば特許文献 2 参照）とがある。

以後、前者の「有限深さのクラック」により形成される切筋をスクライプラインと呼び、後者の貫通クラックによる分断ラインをフルカットラインと呼ぶ。これらは異なるメカニズムにより形成される。

【 0 0 0 7 】

図 1 4 は有限深さのクラックが形成されるメカニズムを模式的に示した基板の断面図である。すなわち先行するレーザ加熱により、図 1 4 (a) に示すように基板 G A に圧縮応力 H R が生じる。続いて、加熱後の冷却により、図 1 4 (b) に示すように基板表面に引張応力 C R が生じる。このとき熱の移動により基板内部に圧縮応力 H R が移動し、内部応力場 H i n が形成されている。その結果、図 1 4 (c) に示すように、基板表面側に引張応力 C R、基板内部に圧縮応力 H R が分布した深さ方向の応力勾配が発生し、クラック C r が形成される。

【 0 0 0 8 】

上記メカニズムによってクラック C r が形成される条件では、基板内部に存在する圧縮応力場 H i n がクラック C r の深さ方向へのさらなる浸透を阻止してしまうために、クラック C r は基板内部の圧縮応力場 H i n の手前で停止し、原理的にクラック C r は有限深さとなる。そのため、基板を完全に分断するには、クラック C r による有限深さのスクライプラインが形成された後に、さらにブレイク処理を行わねばならない。その一方で、クラック C r によるスクライプラインの加工端面は非常に美しく（表面の凹凸が小さく）、しかも直進性に優れており、加工端面として理想的な状態となっている。

【 0 0 0 9 】

図 1 5 は貫通クラックが形成されるメカニズムを模式的に示した基板の斜視図（図 1 5 (a)）と平面図（図 1 5 (b)）である。すなわち初期亀裂 T R の位置から走査されるレーザビームのビームスポット B S により、基板表面に圧縮応力 H R が生じている。同時に、ビームスポット B S の後方にある冷却スポット C S により、基板表面に引張応力 C R が生じている。その結果、走査ライン上（スクライプ予定ライン L 上）に前後方向の応力勾配が形成され、この応力勾配により、走査ライン方向に沿って基板を左右に裂くような力が働いて貫通クラックが形成され、基板が分断されるようになる。

【 0 0 1 0 】

この「貫通クラック」が形成される場合は、ブレイク処理を行うことなく基板を分断（フルカット）することができる点で便利であり、加工用途によってはこちらのメカニズムによる分断が望まれる場合もあるが、上述したスクライプラインの加工端面と比較すると、フルカットラインの加工端面の直進性が損なわれている場合があり、また、フルカットラインの端面の美しさ（表面の凹凸）についても上述したスクライプラインに比べると品質が劣る。

【 0 0 1 1 】

なお、レーザスクライプ加工によってスクライプラインが形成されるかフルカットラインが形成されるかは、加熱条件（レーザ波長、照射時間、出力パワー、走査速度、ビームスポット形状等）、冷却条件（冷媒温度、吹付量、吹付位置等）、基板の板厚等に依存する。

一般に、ガラス基板の板厚が薄い場合は厚い場合に比べてフルカットラインになりやすく、スクライプラインを形成できる加工条件のプロセスウインドウが狭い。

【 0 0 1 2 】

以上のことから、ガラス基板等に対し端面品質が優れた分断加工を行いたい場合には、フルカットラインではなく、スクライプラインが形成されるメカニズムの加熱条件、冷却条件を選択してレーザスクライプ加工を行い、その後、ブレイク処理を行うようにしている。

【0013】

レーザスクライプ加工後に行うブレイク処理方法としては、ブレイクバー等をスクライプラインに押圧して曲げモーメントを加える機械的なブレイク処理が利用されることがある。機械的なブレイク処理の場合、基板に大きな曲げモーメントを加えるとカレットが生じてしまうことがある。そのため、カレットの発生を嫌う製造工程では、できるだけ深いスクライプラインを形成するようにして、小さな曲げモーメントを加えるだけでブレイク処理ができるようにする必要がある。

10

【0014】

そこで、レーザスクライプ加工で形成したスクライプラインに沿って、2度目のレーザ照射を行い、有限深さのクラックをさらに深く浸透させたり（この場合は再度ブレイク処理を行う）、クラックを裏面まで浸透させて分断したりするレーザブレイク処理が行われている（例えば特許文献2～特許文献4参照）。

【特許文献1】特開2005-288541号公報

【特許文献2】特開2001-130921号公報

【特許文献3】特開2006-256944号公報

【特許文献4】WO2003/008352号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

このように第一回目のレーザ照射によりスクライプラインを形成するレーザスクライプ加工を行い、続いて第二回目のレーザ照射によりレーザブレイク処理を行うことにより、カレットの発生を抑えた分断加工が可能になる。

しかしながら、レーザスクライプ加工、すなわち第一回目のレーザ照射で形成するスクライプラインが浅いと、後のレーザブレイク処理によってクラックを基板裏面まで到達させることが困難になる。それゆえ、レーザブレイク処理で基板を完全に分断するには、レーザスクライプ加工時に、深いスクライプラインを形成しておくことが好ましい。

30

また、レーザブレイク処理で基板を完全分断しない場合であっても、レーザスクライプ加工において少しでも深いスクライプラインを形成しておく方が、後のレーザブレイク処理でさらに深いスクライプラインにすることが簡単にできるようになるので望ましい。

【0016】

ところで、レーザスクライプ加工により、従来よりも深いスクライプラインを形成しようとする、これまでスクライプラインを形成していたときの加熱条件や冷却条件を変更する必要がある。具体的には、レーザ出力を高めて加熱による入熱量を増大したり、冷却時の冷媒吹き付け量を増大したりして、これまでより深さ方向の温度差が生じやすい過激な条件にして、基板に発生する深さ方向の応力勾配を大きくする必要がある。

【0017】

40

しかしながら、従来のレーザスクライプ加工の加工手順のまま、応力勾配を大きくするような加熱条件、冷却条件に移行しようすると、1回目のレーザ照射で深いスクライプラインを形成することができず、代わりにクラックが基板を貫通してしまい（貫通クラックが形成されるメカニズムに移行）、フルカットラインが形成されることになった。すなわち、レーザスクライプ加工の際の加熱条件や冷却条件を適切に選ぶことで、浅いスクライプラインは比較的容易に形成できるが、深いスクライプラインを形成しようとして、加熱条件や冷却条件をこれまで使用していた条件から少し過激な条件に変更しようとしても、設定可能な加熱条件や冷却条件の範囲が存在しないか、存在したとしても設定可能な範囲（プロセスウインドウ）が狭くて不安定となり、いきなりフルカットラインが形成されてしまう条件に移行してしまい、思い通りの深いスクライプラインを形成することが困難

50

であった。

【 0 0 1 8 】

さらに、フルカットラインに移行してしまう問題とは別に、「先走り」現象が発生しやすくなる問題も生じる。「先走り」とは、図 1 6 に示すように、スクライプ予定ライン L の始端近傍において、始端に形成された初期亀裂 T R がビームスポット B S によって加熱された際に、ビームスポット B S による加熱領域を起点にビームスポットの前方に向けて制御できない方向にクラック K が形成される現象である。「先走り」が発生すると、スクライプ予定ライン L に沿ったスクライプラインを形成することができなくなり、スクライプラインの直進性が著しく損なわれてしまう。

第一回目のレーザ照射を行うレーザスクライプ加工において、深いスクライプラインを形成しようとして、加熱条件や冷却条件をこれまでよりも過激な加熱条件や冷却条件にシフトさせた場合に、このような「先走り」の発生する頻度が高まる。

【 0 0 1 9 】

そこで、本発明は、レーザスクライプ加工により基板にスクライプラインを形成し、続いてレーザブレイク処理を行って基板を完全分断したり、より深いスクライプラインを形成したりする加工を、安定して実行できる脆性材料基板の加工方法を提供することを目的とする。

また、「先走り」現象を発生させることなく、深いスクライプラインを形成したり、完全分断したりすることができる基板の加工方法を提供することを目的とする。

また、加工端面の端面品質が優れた分断加工を安定して行える脆性材料基板の加工方法を提供することを目的とする。

さらに、本発明はポリゴンミラーを利用してレーザスポットを形成し、このレーザスポットを走査してレーザブレイクを行う際に、ポリゴンミラーを利用してレーザスポットのエネルギー分布を調整することができるようにし、エネルギー分布の調整により、安定したレーザブレイクが可能な加工方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 2 0 】

上記課題を解決するためになされた本発明の脆性材料基板の加工方法は、レーザ光源から出射されるレーザビームを、高速回転するポリゴンミラーで繰り返し反射して脆性材料基板にビームスポットが形成されるようにし、基板に設定したスクライプ予定ラインに沿って、このビームスポットを相対移動することにより基板を加工する脆性材料基板の加工方法であって、以下の手順を行う。

まず、第一回目のレーザ照射による第一ビームスポットをスクライプ予定ラインに沿って相対移動させて前記基板を加熱するとともに、第一ビームスポットが通過した直後の部位に冷媒を吹き付けて冷却することにより、深さ方向に変化する応力勾配を発生して有限深さのクラックからなるスクライプラインを形成するレーザスクライプ工程を行う。ただし、基板が溶融してしまうと応力を利用した加工ができなくなるので、基板が溶融しないように加熱温度は常に基板の軟化温度未満にする。

これにより、スクライプ予定ラインには、深さ方向に変化する応力勾配（第一応力勾配という）が発生する。第一応力勾配は基板表面側に引張応力、基板内部側に圧縮応力が分布している応力勾配である。この第一応力勾配を利用して有限深さのクラックからなるスクライプラインを形成する。

続いて、第二回目のレーザ照射による第二ビームスポットをスクライプライン（有限深さのクラック）に沿って相対移動させてレーザブレイク工程を行う。このとき、ポリゴンミラーに入射するレーザビーム径が、レーザスクライプ工程の際に入射するレーザビーム径よりも小さくなるように調整する。この調整は、具体的にはレーザビームのビーム径自体を小さくしてもよいし、光路上にビーム径を調整する機構を設けてもよい。この調整により、ポリゴンミラーに照射されるレーザビームがポリゴンミラーの 1 つのミラー面のみに照射されているときの割合が増加し、隣接する 2 つのミラー面で分割された状態で照射されるときに割合が減少するようになり、その結果、第二ビームスポットのエネルギー分

10

20

30

40

50

布はエネルギーが増減する両端の領域が短くなり、第二ビームスポット全体の長さが第一ビームスポット全体の長さより短くなるとともに、エネルギーが均一な中央部の領域が長いトップハット型のエネルギー分布になる(図11で詳述する)。なお、ここでいう「トップハット型のエネルギー分布」とは、ビームスポットの中央部のエネルギーが略均一で、ビームスポットの両端の領域でエネルギーが変化するエネルギー分布をいう。

第二ビームスポットのエネルギー分布をこのように変化させることにより、単位時間あたりの入熱量を増やすことができ、基板の表層を集中して加熱することができ、基板表層に高温領域が形成される。その結果、レーザスクライプ加工のときの深さ方向に変化する応力勾配(第一応力勾配)とは深さ方向に逆向きに変化する応力勾配(第二応力勾配)が形成されるようになる。すなわち、基板表面に圧縮応力が発生し、その反作用として基板内部に引張応力が形成される。基板内部にはスクライプラインを形成するクラックの先端が存在しているが、このクラック先端に引張り応力が集中して加わるようになるため、クラック先端がより深く浸透するようになり、基板裏面に達すると完全分断されるようになる。

10

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、フルカットラインが形成されることなく、また、「先走り」現象を発生させることなく、レーザスクライプ工程により基板にスクライプライン(有限深さのクラック)を形成し、続いてレーザブレイク処理を行って基板を完全分断したり、より深いスクライプラインを形成したりする加工を実行することができるプロセスウインドウを拡大することができ、安定した加工を実現できる。

20

また、加工端面の端面品質が優れた分断加工を安定して行うことができる。さらに、本発明によれば、ポリゴンミラーを利用してビームスポットを形成し、このビームスポットを走査してレーザブレイクを行う際に、ポリゴンミラーを利用してビームスポットのエネルギー分布を調整することができる。これを利用して安定したレーザブレイクが可能になる。

【0022】

(その他の課題を解決するための手段及び効果)

上記発明において、レーザ光源とポリゴンミラーとの間のレーザビームの光路上に設けられた集光光学素子の位置を変更し、ポリゴンミラーに入射するレーザビーム径を調整するようによい。

30

ここで集光光学素子としては、集光レンズ(例えばメニスカスレンズ)、集光鏡を用いることができる。

これによれば、集光光学素子を光路方向に平行移動するだけでレーザビーム径を調整することができ、エネルギー分布をエネルギーが均一な中央部の領域が長いトップハット型にする調整が簡単に実現できる。

【0023】

上記発明において、レーザブレイク工程の際に、集光光学素子の焦点距離近傍にポリゴンミラーを近づけるように調整するようによい。

これによれば、焦点距離近傍に近づくにつれて、レーザビーム径が小さくなるので、ポリゴンミラーを理想的なトップハット型に近づけることができるようになる。

40

【0024】

上記発明において、集光光学素子の位置とともに、ポリゴンミラーと基板との間の距離を同時に調整するようによい。

これにより、エネルギー分布をトップハット型にするとともに、ビームスポットの長手方向の長さなどのビーム形状についても調整することができるので、単位時間あたりの入熱量とともに入熱領域も調整できるようになり、レーザブレイクのプロセスウインドウをさらに広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

50

【図 1】本発明の基板加工方法を実施する際に用いられる基板加工装置の一例の概略構成図。

【図 2】図 1 の基板加工装置の制御系を示すブロック図。

【図 3】光路調整機構 1 4 の動作例を示す図。

【図 4】ビーム径が大きい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図（１つのミラー面の始端近傍に照射される場合）。

【図 5】ビーム径が大きい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図（１つのミラー面の中央に照射される場合）。

【図 6】ビーム径が大きい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図（１つのミラー面の終端近傍に照射される場合）。

【図 7】ビーム径が大きい場合において、高速回転するミラー面に照射されるレーザビームの断面形状の経時変化と、ミラー面によってガラス基板 G に照射されるビームスポットのエネルギー分布との関係を示す図。

【図 8】ビーム径が小さい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図（１つのミラー面の始端近傍に照射される場合）。

【図 9】ビーム径が小さい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図（１つのミラー面の中央に照射される場合）。

【図 10】ビーム径が小さい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図（１つのミラー面の終端近傍に照射される場合）。

【図 11】ビーム径が小さい場合において、高速回転するミラー面に照射されるレーザビームの断面形状の経時変化と、ミラー面によってガラス基板 G に照射されるビームスポットのエネルギー分布との関係を示す図。

【図 12】レーザブレイク工程の際に形成しようとする応力勾配を模式的に示した断面図。

【図 13】本発明の基板加工方法による加工手順のフローチャート。

【図 14】有限深さのクラックが形成されるメカニズムを模式的に示した断面図。

【図 15】フルカットラインが形成されるメカニズムを模式的に示した斜視図および平面図。

【図 16】基板端で生じる先走り現象を示す図。

【符号の説明】

【0026】

2 スライドテーブル

7 台座

12 回転テーブル

13 レーザ装置

16 冷却ノズル

17 昇降機構

18 カッターホイール

31 メニスカスレンズ

32 反射ミラー

33 ポリゴンミラー

G ガラス基板（脆性材料基板）

C r クラック

T r 初期亀裂

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

（装置構成）

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

最初に、本発明の加工方法を実施する際に用いる基板加工装置の一例について説明する。図 1 は本発明の一実施形態であるレーザ分断装置 LC 1 の概略構成図である。図 2 は図

10

20

30

40

50

1のレーザ分断装置LC1における制御系の構成を示すブロック図である。

【0028】

まず、図1に基づいて、レーザ分断装置LC1の全体構成について説明する。

水平な架台1上に平行に配置された一対のガイドレール3、4に沿って、図1の紙面前後方向（以下Y方向という）に往復移動するスライドテーブル2が設けられている。両ガイドレール3、4の間に、スクリューネジ5が前後方向に沿って配置され、このスクリューネジ5に、前記スライドテーブル2に固定されたステー6が螺合されており、スクリューネジ5をモータ（図示外）によって正、逆転することにより、スライドテーブル2がガイドレール3、4に沿ってY方向に往復移動するように形成されている。

【0029】

スライドテーブル2上に、水平な台座7がガイドレール8に沿って、図1の左右方向（以下X方向という）に往復移動するように配置されている。台座7に固定されたステー10aに、モーター9によって回転するスクリューネジ10が貫通螺合されており、スクリューネジ10が正、逆転することにより、台座7がガイドレール8に沿って、X方向に往復移動する。

【0030】

台座7上には、回転機構11によって回転する回転テーブル12が設けられており、この回転テーブル12に、切断対象の脆性材料基板であるガラス基板Gが水平な状態で取り付けられる。回転機構11は、回転テーブル12を、垂直な軸の周りで回転させるようになっており、基準位置に対して任意の回転角度になるように回転できるように形成されている。ガラス基板Gは、例えば吸引チャックによって回転テーブル12に固定される。

【0031】

回転テーブル12の上方には、レーザ発振器13と光路調整機構14とが取付フレーム15に保持されている。光路調整機構14は、レーザ発振器13から出射するレーザ光の光路を調整するための光路調整素子群14a（メニスカスレンズ31、反射ミラー32、ポリゴンミラー33）と、光路調整素子群14aの位置を移動するモータ群14b（モータ34～36）と、光路調整素子群14aとモータ群14bとを連結するアーム群14c（アーム37～39）とからなる。メニスカスレンズ31はアーム37を介して昇降モータ34に接続され上下方向の位置が調整できるようにしてある。また、反射ミラー32はアーム38を介して昇降モータ35に接続され上下方向の位置が調整できるようにしてある。また、ポリゴンミラー33はアーム39を介して昇降モータ36に接続され上下方向の位置が調整できるようにしてある。

【0032】

レーザ発振器13から出射されたレーザビームは、これらの光路調整素子群14aを通過することによって、所望の断面形状を有するビーム束が形成され、基板Gの上にビームスポットとして照射される。本実施形態では円形のレーザビームが出射され、メニスカスレンズ31でビーム径が調整され、ポリゴンミラー33で走査されることにより、実質的に楕円形状のレーザスポットLS（図2）がガラス基板G上に形成される。そして光路調整素子群14aを調整することにより、1回目レーザ照射（レーザスクライブ工程）の際に用いる第1ビームスポット、2回目レーザ照射（レーザブレイク工程）の際に用いる第2ビームスポットを切り換えるようにする。

【0033】

なお、調整の際に、反射ミラー32とポリゴンミラー33とを独立に調整することで、細かい調整が可能になるが、その反面、調整作業が複雑になる。そのため、反射ミラー32とポリゴンミラー33とを一体に移動するようにして調整作業を簡素化するようにしてもよい。具体的には、反射ミラー32とポリゴンミラー33とを連動させて移動することで基板Gとポリゴンミラー33との間の距離調整を行い、メニスカスレンズ31を移動し

10

20

30

40

50

てメニスカスレンズ 3 1 とポリゴンミラー 3 3 との距離調整を行うようにしてもよい。

【 0 0 3 4 】

取付フレーム 1 5 には、光路調整機構 1 4 に近接して、冷却ノズル 1 6 が設けられている。この冷却ノズル 1 6 からは、冷却水、Heガス、炭酸ガス等の冷却媒体がガラス基板 G に噴射されるようにしてある。冷却媒体は、ガラス基板 G に照射された楕円形状のレーザスポット L S の近傍に吹き付けられて、ガラス基板 G の表面に冷却スポット C S (図 2) を形成する。

【 0 0 3 5 】

取付フレーム 1 5 には、カッターホイール 1 8 が、上下移動調節機構 1 7 を介して取り付けられている。このカッターホイール 1 8 は、焼結ダイヤモンドまたは超硬合金を材料とし、外周面に頂点を刃先とする V 字形の稜線部を備えたものであって、ガラス基板 G への圧接力が上下移動調節機構 1 7 によって微細に調整できるようになっている。カッターホイール 1 8 は、専ら、ガラス基板 G の端縁に初期亀裂 T R (図 2) を形成するとき、台座 7 を X 方向に移動しつつ一時的に下降するようにして用いる。

【 0 0 3 6 】

また、取付フレーム 1 5 の上方に、一対のカメラ 2 0、2 1 が固定してあり、基板 G に刻印してある位置決め用マーカを映し出すことができるようにしてある。

【 0 0 3 7 】

続いて、図 2 に基づいて制御系を説明する。レーザ分断装置 L C 1 は、メモリに記憶された制御パラメータおよびプログラム (ソフトウェア) と C P U とにより、各種処理を実行する制御部 5 0 を備えている。この制御部 5 0 は、スライドテーブル 2、台座 7、回転テーブル 1 2 の位置決めや移動を行うためのモータ (モータ 9 等) を駆動するテーブル駆動部 5 1、レーザ照射を行うレーザ駆動部 5 2 (レーザ発振器 1 3 を駆動するレーザ光源駆動部 5 2 a、光路調整素子群 1 4 a 用のモータ群 1 4 b を駆動する光路調整機構駆動部 5 2 b を含む)、冷却ノズル 1 6 による冷媒噴射を制御する開閉弁 (不図示) を駆動するノズル駆動部 5 3、カッターホイール 1 8 および上下移動調節機構 1 7 によりガラス基板 G に初期亀裂を形成するカッター駆動部 5 4、カメラ 2 0、2 1 により基板 G に刻印してある位置決め用マーカを映し出すカメラ駆動部 5 5 の各駆動系を制御する。また、制御部 5 0 は、キーボード、マウスなどからなる入力部 5 6、および、表示画面上に各種表示を行う表示部 5 7 が接続され、必要な情報が画面に表示されるとともに、必要な指令や設定が入力できるようにしてある。

【 0 0 3 8 】

また、制御部 5 0 は、テーブル駆動部 5 1、レーザ駆動部 5 2 (レーザ光源駆動部 5 2 a、光路調整機構駆動部 5 2 b)、ノズル駆動部 5 3、カッター駆動部 5 4 を総合的に駆動してガラス基板 G の加工を行う加工制御部 5 8 を備えており、この加工制御部 5 8 により、1 回目レーザ照射、冷却、2 回目レーザ照射の手順によるレーザ加工が実行される。

具体的には、加工制御部 5 8 が、まずカッター駆動部 5 4 とテーブル駆動部 5 1 とを制御して、カッターホイール 1 8 を下降した状態で基板 G を移動し、これにより初期亀裂 T R を形成する処理が行われる。続いてテーブル駆動部 5 1、レーザ駆動部 5 2、ノズル駆動部 5 3 を制御して、レーザビーム (第 1 ビームスポット) を照射するとともに冷媒を噴射した状態で基板 G を移動する。これにより 1 回目レーザ照射および冷却を行い、基板に有限深さのクラックからなるスクライプラインを形成する処理が行われる。続いてテーブル駆動部 5 1、レーザ駆動部 5 2 を制御して、レーザビーム (第 2 ビームスポット) を照射した状態で基板 G を移動する。これにより 2 回目レーザ照射を行い、クラックを浸透させる処理 (あるいは完全分断させる処理) が行われる。

【 0 0 3 9 】

(光路調整動作)

次に、加工制御部 5 8 が光路調整機構 1 4 (光路調整素子群 1 4 a、モータ群 1 4 b、アーム群 1 4 c) を制御することにより行われる光路調整について説明する。

図 3 は光路調整機構 1 4 の動作例を示す図であり、具体的には、メニスカスレンズ 3 1

10

20

30

40

50

の上下移動により、ポリゴンミラー 33 のミラー面に照射するビーム径を変化させて、基板 G に照射されるビームスポットのエネルギー分布を変化させる動作を説明する図である。

【0040】

レーザ光源 13 から出射される円形断面のレーザビーム LB0 の進行方向は鉛直下方に向けてあり、レーザビーム LB0 はメニスカスレンズ 31 に入射する。メニスカスレンズ 31 を通過したレーザビーム LB1 は集光されながらさらに鉛直方向に進行し、反射ミラー 32 に入射する。このとき反射ミラー 32 の反射面に 45 度の入射角度で入射するとともに、45 度の反射角度で出射するように反射ミラー 32 の取付角度が調整してあり、反射ミラー 32 で反射したレーザビーム LB2 は、水平方向に進行する。

10

【0041】

水平方向に進行するレーザビーム LB2 は回転中のポリゴンミラー 33 に入射する。このとき、メニスカスレンズ 31 とポリゴンミラー 33 との間の距離に応じて、ポリゴンミラーのミラー面に照射されるビーム径が変化ようになる。

【0042】

図 4 ~ 図 6 はポリゴンミラー 33 のミラー面に照射されるビーム径が比較的大きい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザビームの光路およびビームスポットとの関係を示す図である。

この状態のビーム径は、メニスカスレンズ 31 を反射ミラー 32 に近づけ、メニスカスレンズ 31 の焦点がポリゴンミラー 33 のミラー面よりも基板 G 側になるように調整したときに実現される。そしてこの状態のビーム径は、レーザスクライプ工程の際に用いられる。

20

【0043】

図 4 (a) において、時計方向に回転中のポリゴンミラー 33 における 2 つのミラー面 M0 と M1 に注目する。ミラー面 M0 は、直前までレーザビーム LB2 が照射されていたミラー面である。回転が進み、レーザビーム LB2 のミラー面 M0 への照射がまもなく終了する時点になると、ミラー面 M0 の終端と次のミラー面 M1 の始端とにレーザビーム LB2 が分割されて同時に照射されるようになる。図 4 (c) はミラー面 M0 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。また、図 4 (d) はミラー面 M1 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。

30

分割されたレーザビームの断面の面積比に応じて、ミラー面 M0、M1 に照射されるレーザビームのエネルギーが分配されるようになる。このときミラー面 M0 側で反射されたレーザビーム LB3a はガラス基板 G のビームスポット LS1 の位置の左端部分を照射するようになり、この部分にエネルギーを与える。一方、ミラー面 M1 側で反射されたレーザビーム LB3b はビームスポット LS1 の位置の右端部分を照射するようになり、この部分にエネルギーを与える。

【0044】

図 4 (b) は基板 G のビームスポット LS1 の位置に照射されるエネルギー分布である。すなわち、レーザビーム LB3a、LB3b に分割されて照射されるため、基板 G に与えられるエネルギーも 2 つに分割され、ビームスポット LS1 の両端はそれぞれ分割比に対応したエネルギーで加熱されることになる。

40

【0045】

図 5 (a) はさらに回転が進み、ミラー面 M1 の中央部分にレーザビーム LB2 が照射されるようになった状態である。この時点では、1 つのミラー面 M1 だけに円形断面のレーザビーム LB2 が照射されるようになる。図 5 (c) はミラー面 M1 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。レーザビーム LB2 が有する円形断面のビームがそのまま照射されている。このときミラー面 M1 で反射されたレーザビーム LB3c はビームスポット LS1 の位置の中央を照射し、この部分に全エネルギーを与える。

【0046】

図 5 (b) は基板 G のビームスポット LS1 の位置に照射されるエネルギー分布である

50

。ビームスポット L S 1 の位置の中央部分にエネルギーが与えられ、この部分が集中的に加熱される。

【 0 0 4 7 】

図 6 はさらに回転が進み、ミラー面 M 1 の終端と次のミラー面 M 2 の始端とにレーザービーム L B 2 が分割されて同時に照射された状態である。図 6 (c) はミラー面 M 1 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面形状を示す図である。また、図 6 (d) はミラー面 M 2 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面形状を示す図である。

図 4 のときと同様に、分割されたレーザービームの断面の面積比に応じて、ミラー面 M 1 、 M 2 に照射されるレーザービームのエネルギーが分配されるようになる。このときミラー面 M 1 側で反射されたレーザービーム L B 3 d はガラス基板 G のビームスポット L S 1 の位置の左端部分を照射し、この部分にエネルギーを与える。ミラー面 M 2 側で反射されたレーザービーム L B 3 e はビームスポット L S 1 の位置の右端部分を照射するようになり、この部分にエネルギーを与える。

【 0 0 4 8 】

図 6 (b) は基板 G のビームスポット L S 1 の位置に照射されるエネルギー分布である。基板 G に照射されるエネルギーは 2 つに分配され、ビームスポット L S 1 の両端はそれぞれ分割比に対応したエネルギーで加熱されることになる。

【 0 0 4 9 】

そして、高速回転するポリゴンミラー 3 3 によって図 4 から図 6 までのレーザー照射が繰り返されることにより、図 4 (b)、図 5 (b)、図 6 (b) で示したエネルギー分布が足し合わされたエネルギー分布を有するビームスポット L S 1 が形成されるようになる。

【 0 0 5 0 】

図 7 は高速回転するミラー面 M 1 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面形状の経時変化とミラー面 M 1 によってガラス基板 G に照射されるビームスポット L S 1 のエネルギー分布との関係を示す図である。

図 7 (a) に示すように、ミラー面 M 1 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面は、回転が進むにつれて変化する。

すなわち、ミラー面 M 1 の始端 (ミラー面 M 0 との境界) がレーザービーム L B 2 の照射範囲を通過する期間には、ミラー面 M 1 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面形状は、円形断面の一部が欠けた形状であり、この間は断面積が次第に増加する。その後は、ミラー面 M 1 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面形状は、円形断面となり、ミラー面 M 1 の終端 (ミラー面 M 2 との境界) がレーザービーム L B 2 の照射範囲に入るまでは円形断面が続く。そしてミラー面 M 1 の終端が、レーザービーム L B 2 の照射範囲を通過する期間には、ミラー面 M 1 に照射されるレーザービーム L B 2 の断面形状は、再び円形断面の一部が欠けた断面形状となり、断面積が次第に減少する。

【 0 0 5 1 】

このような断面積の変化に対応して、ミラー面 M 1 により基板 G 上に形成されるビームスポット L S 1 のエネルギー分布が変化する。エネルギー分布を図 7 (b) に示す。ビームスポット L S 1 のエネルギー分布は、中央部のエネルギーが均一であり (トップハット型)、その両端がなだらかに変化するエネルギー分布となる。両端のなだらかな部分の幅は、レーザービーム L B 2 の照射範囲をミラー面 M 1 の始端または終端が通過する期間に、ミラー面 M 1 によって反射されたレーザービームが基板 G 上に照射された範囲に相当する。したがって、レーザービーム L B 2 のビーム径が大きくなるにつれてビームスポット L S 1 の両端のエネルギー分布がなだらかに変化する部分の幅が広がる。そして回転するポリゴンミラー 3 3 の各ミラー面によって、図 7 (b) のエネルギー分布を有する照射が繰り返される。

【 0 0 5 2 】

次に、ミラー面に照射されるビーム径が小さい場合について説明する。図 8 ~ 図 1 0 はミラー面に照射されるレーザービーム L B 2 のビーム径が比較的小さい場合のポリゴンミラーの回転角度とレーザービームの光路およびビームスポットとの関係を示す図である。

この状態のビーム径は、メニスカスレンズ 31 の焦点がポリゴンミラー 33 のミラー面 M1 の近傍にくるようにメニスカスレンズ 31 の位置を調整したときに実現される。そしてこの状態のビーム径はレーザブレイク工程の際に用いられる。

【0053】

図 8 (a) において、図 4 (a) と同様に、時計方向に回転中のポリゴンミラー 33 における 2 つのミラー面 M0 と M1 に注目する。ミラー面 M0 は、直前までレーザビーム LB2 が照射されていたミラー面である。回転が進み、レーザビーム LB2 のミラー面 M0 への照射がまもなく終了する時点になると、ミラー面 M0 の終端と次のミラー面 M1 の始端とにレーザビーム LB2 が分割されて同時に照射されるようになる。図 8 (c) はミラー面 M0 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。また、図 8 (d) はミラー面 M1 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状である。ビーム径が小さいために、2 つのミラー面 M0、M1 が同時に照射される範囲（始端、終端からビーム径までの範囲）は、図 4 の場合に比べて狭くなる。

【0054】

ミラー面 M0、M1 に照射されるレーザビームのエネルギーは、図 4 と同様に、分割されたビームの面積比に応じて分配されるようになる。このときミラー面 M0 側で反射されたレーザビーム LB3a はガラス基板 G のビームスポット LS1 の位置の左端部分を照射し、この部分にエネルギーを与える。一方、ミラー面 M1 側で反射されたレーザビーム LB3b はビームスポット LS1 の位置の右端部分を照射し、この部分にエネルギーを与える。

【0055】

図 8 (b) は基板 G のビームスポット LS1 の位置に照射されるエネルギー分布である。すなわち、レーザビーム LB3a、LB3b に分割されて照射されるため、基板 G に照射されるエネルギーも 2 つに分配され、ビームスポット LS1 の両端はそれぞれ分割比に対応したエネルギーで加熱されることになる。

【0056】

図 9 (a) はさらに回転が進み、ミラー面 M1 の中央部分にレーザビーム LB2 が照射されるようになった状態である。

この時点では、1 つのミラー面 M1 だけに円形断面のレーザビーム LB2 が照射されるようになる。図 9 (c) はミラー面 M1 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。レーザビーム LB2 が有する円形断面のビームがそのまま照射されている。このときミラー面 M1 で反射されたレーザビーム LB3c はビームスポット LS1 の位置の中央を照射し、この部分に全エネルギーを与える。

【0057】

図 9 (b) は、このとき基板 G のビームスポット LS1 の位置に照射されるエネルギー分布である。ビームスポット LS1 の位置の中央部分にエネルギーが与えられ、この部分が集中的に加熱される。

【0058】

図 10 はさらに回転が進み、ミラー面 M1 の終端と次のミラー面 M2 の始端とにレーザビーム LB2 が分割されて同時に照射された状態である。図 10 (c) はミラー面 M1 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。また、図 10 (d) はミラー面 M2 に照射されるレーザビーム LB2 の断面形状を示す図である。

図 6 と同様に、分割されたレーザビームの断面の面積比に応じて、ミラー面 M1、M2 に照射されるレーザビームのエネルギーが分配されるようになる。このときミラー面 M1 側で反射されたレーザビーム LB3d はガラス基板 G のビームスポット LS1 の位置の左端部分を照射し、この部分にエネルギーを与える。ミラー面 M2 側で反射されたレーザビーム LB3e はビームスポット LS1 の位置の右端部分を照射するようになり、この部分にエネルギーを与える。

【0059】

図 10 (b) はこのとき基板 G のビームスポット LS1 の位置に照射されるエネルギー

10

20

30

40

50

分布である。基板 G に照射されるエネルギーは 2 つに分配され、ビームスポット L S 1 の両端はそれぞれ分割比に対応したエネルギーで加熱されることになる。

【 0 0 6 0 】

そして、高速回転するポリゴンミラー 3 3 によって図 8 から図 1 0 までのレーザ照射が繰り返されることにより、図 8 (b)、図 9 (b)、図 1 0 (b) で示したエネルギー分布が足し合わされたエネルギー分布を有するビームスポット L S 1 が形成されるようになる。

【 0 0 6 1 】

図 1 1 は高速回転するミラー面 M 1 に照射されるレーザビーム L B 2 の断面形状の経時変化とミラー面 M 1 によってガラス基板 G に照射されるビームスポット L S 1 のエネルギー分布との関係を示す図である。

10

【 0 0 6 2 】

ミラー面 M 1 に照射されるレーザビーム L B 2 のビーム径が小さいため、図 1 1 (a) に示すように、図 7 (a) で示したビーム径が大きい場合に比べて照射される断面積が全体的に小さくなるが、エネルギー密度は高くなっている。さらに、図 1 1 (a) に示すように、ミラー面 M 1 に照射されるレーザビーム L B 2 の断面は回転が進むにつれて変化する。すなわち、図 7 (a) と同様に、ミラー面 M 1 の始端 (ミラー面 M 0 との境界) がレーザビーム L B 2 の照射範囲を通過する期間、および、ミラー面 M 1 の終端 (ミラー面 M 2 との境界) がレーザビーム L B 2 の照射範囲を通過する期間については、ミラー面 M 1 に照射されるレーザビーム L B 2 の断面は、円形断面の一部が欠けた断面形状になり、この範囲内で断面積が増大または減少する。その間の、レーザビーム L B 2 の照射範囲全体がミラー面 M 1 に照射される期間については、ミラー面 M 1 に照射されるレーザビーム L B 2 の断面は、円形断面となる。

20

【 0 0 6 3 】

レーザビーム L B 2 のビーム径が小さいため、ミラー面 M 1 の始端近傍および終端近傍でミラー面 M 1 に照射されるレーザビーム L B 2 の断面積が変化する範囲の幅は、図 7 (a) に比べると狭くなり、断面積が急激に増減する。この断面積の変化に対応して、ミラー面 M 1 により基板 G 上に形成されるビームスポット L S 1 のエネルギー分布が変化する。このときのビームスポット L S 1 のエネルギー分布を図 1 1 (b) に示す。なお、比較のため、ビーム径が小さい場合のエネルギー分布を実線で示すとともに、ビーム径が大きい場合のエネルギー分布 (図 7 (b) のエネルギー分布) を一点鎖線で示しておく。

30

照射されるレーザビーム L B 2 のビーム径が小さくなるほど、ビームスポット L S 1 のエネルギー分布は、エネルギーが変化する両端の領域が短くなり、ビームスポット L S 1 全体の長さが短くなるとともに、エネルギーが均一な中央部の領域が長いトップハット型のエネルギー分布になる。

【 0 0 6 4 】

そして回転するポリゴンミラー 3 3 の各ミラー面によって、ミラー面 M 1 と同様のエネルギー分布を有するビームスポット L S 1 で照射が繰り返される。

【 0 0 6 5 】

このようにして、メニスカスレンズ 3 1 の高さ調整だけでビームスポットのエネルギー分布の調整を行うことができる。

40

【 0 0 6 6 】

なお、メニスカスレンズ 3 1 の高さを変えることにより、基板 G に照射されるビームスポットのエネルギー分布を調整することができるが、その際に、ビームスポット全体の長さも変化するようになる。

そのため、工程ごとでビームスポットの長軸長さを変化させたくない場合や、逆に、レーザブレイク工程において長軸の長さをさらに短く調整したい場合には、メニスカスレンズ 3 1 とポリゴンミラー 3 3 との距離を調整すると同時に、ポリゴンミラー 3 3、反射ミラー 3 2 とを一体で移動し、基板 G との距離を調整するようにして、長軸長さも調整するようにする。

50

これにより、所望のビームスポット形状で、かつ、所望のエネルギー分布でもって加熱を行うようにする。

【 0 0 6 7 】

レーザブレイク工程の際には、エネルギーが均一な中央部の領域が長いトップハット型のエネルギー分布を有するビームスポットを照射することにより短時間でより大きい入熱量を与えるようにする。

図 1 2 は、本発明の加工方法によってレーザブレイク工程の際に形成しようとする応力勾配を模式的に示した断面図である。ビームスポットをトップハット型のエネルギー分布にして基板表層から短時間に集中して加熱し、加熱領域 H を形成する。すると、基板表層に大きな圧縮応力 H R が形成され、その影響を受けて基板内部には、反対に引張応力 C R が発生する。基板内部に直前のレーザスクライプ工程により生じたクラック C r が存在すると、引張応力はクラック C r の先端に集中するようになり、その結果、クラック C r は、さらに深く浸透するようになる。また、クラック C r が裏面まで達することにより完全分断されるようになる。

【 0 0 6 8 】

(加工手順)

次に、加工装置 L C 1 を用いて基板 G を分断する際の加工手順について説明する。図 1 3 は加工手順のフローチャートである。

まず、基板 G を回転テーブル 1 2 の上に載置し、吸引チャックによって固定する。回転テーブル 1 2 をカメラ 2 0、2 1 の下に移動し、カメラ 2 0、2 1 によってガラス基板 A に刻印されてあるアライメントマーク（不図示）を検出する。その検出結果に基づいて、スクライプ予定ラインと、回転テーブル 1 2、スライドテーブル 2、台座 7 との位置の関係付けを記憶する。そして回転テーブル 1 2 およびスライドテーブル 2 を作動し、カッターホイール 1 8 の刃先方向がスクライプ予定ラインの方向に並ぶようにするとともに、初期亀裂を形成する位置の近傍に刃先がくるようにする（S 1 0 1）。このときの位置を加工開始位置として記憶する。

【 0 0 6 9 】

続いて、昇降機構 1 7 を作動してカッターホイール 1 8 を下降する。

回転テーブル 1 2（台座 7）を移動して基板端カッターホイール 1 8 を圧接する。これにより初期亀裂 T R を形成する。初期亀裂 T R が形成されると、昇降機構 1 7 を作動してカッターホイール 1 8 を上昇する（S 1 0 2）。

【 0 0 7 0 】

続いて、基板 G を加工開始位置に戻し、レーザ装置 1 3 を作動して第一回目のレーザビームを照射する。このときメニスカスレンズ 3 1 の位置を調整し、ポリゴンミラー 3 1 のミラー面に比較的大きなビーム径（図 4～図 7 参照）で入射する。これにより、基板 G に形成されるビームスポットのエネルギー分布がなだらかに立ち上がる状態のエネルギー分布にする。また、冷却ノズル 1 6 から冷媒を噴射する。この状態で、回転テーブル 1 2（台座 7）を移動して、スクライプ予定ラインに沿ってビームスポットおよび冷却スポットを走査することにより、スクライプラインを形成する（S 1 0 3）。

【 0 0 7 1 】

続いて、基板 G を加工開始位置に戻し、第二回目のレーザビームを照射する。このときメニスカスレンズ 3 1 の位置を、第一回目の照射時よりも反射ミラー 3 2 から遠ざけ、ポリゴンミラー 3 3 のミラー面に入射するビーム径を小さく絞る（図 8～図 1 1 参照）。これにより、基板 G に形成されるビームスポットのエネルギー分布が急峻に立ち上がり、第一回目よりトップハット型のエネルギー分布にする。冷却ノズル 1 6 は噴射を続けてもよいが、必ず必要ということではないので、ここでは停止する。この状態で、回転テーブル 1 2（台座 7）を移動して、前回の走査で形成したスクライプラインに沿って、トップハット型のエネルギー分布を有するビームスポットを走査する。これにより、スクライプラインを形成しているクラックが深く浸透し、基板裏面に達すると完全分断される（S 1 0

4)。

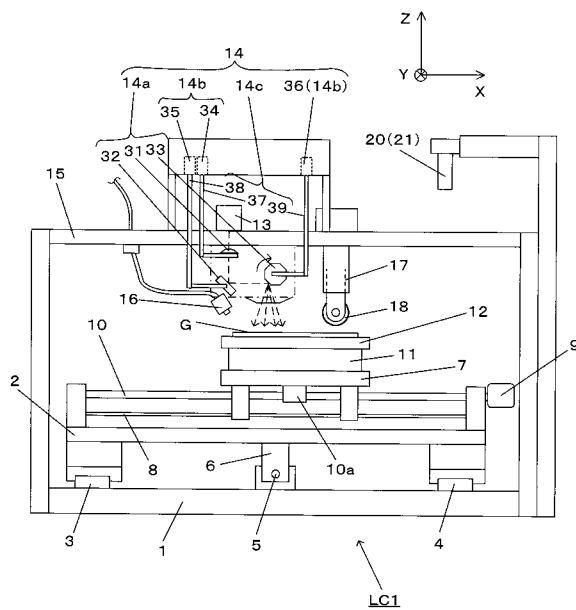
このようにして形成されたスクライプラインは、非常に優れた加工断面であり、端面強度も強くなる。

【産業上の利用可能性】

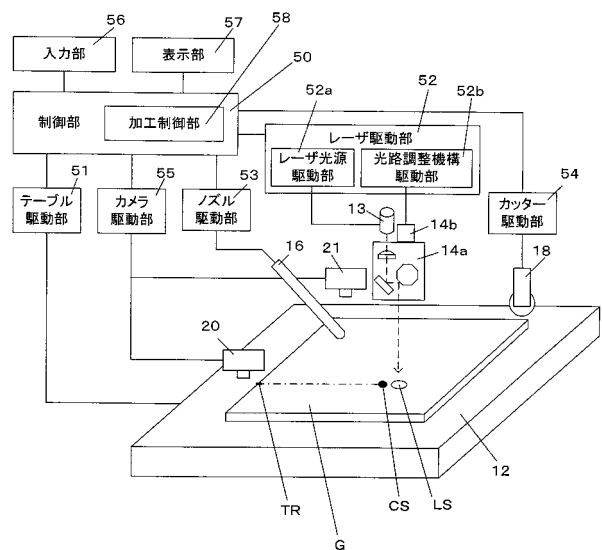
【0072】

本発明は、ガラス基板等の脆性材料基板に対し、深いスクライプラインを形成したり、完全分断したりする加工に利用することができる。

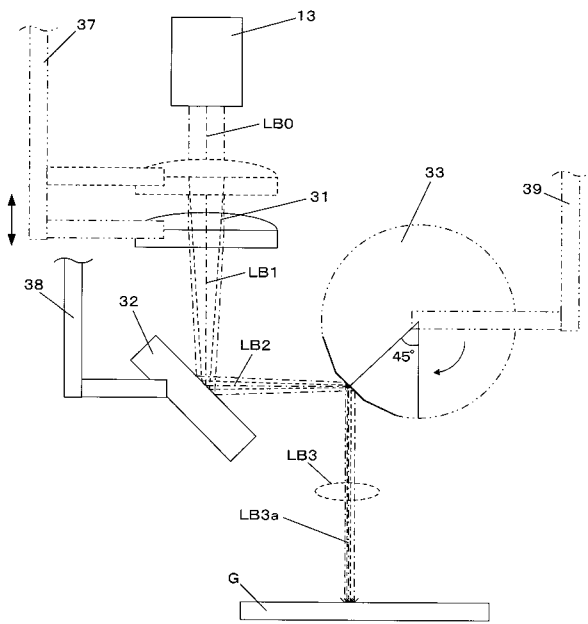
【図1】



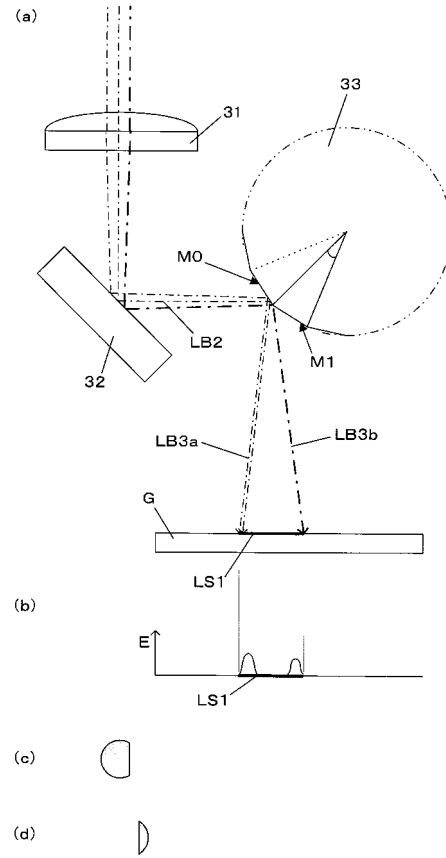
【図2】



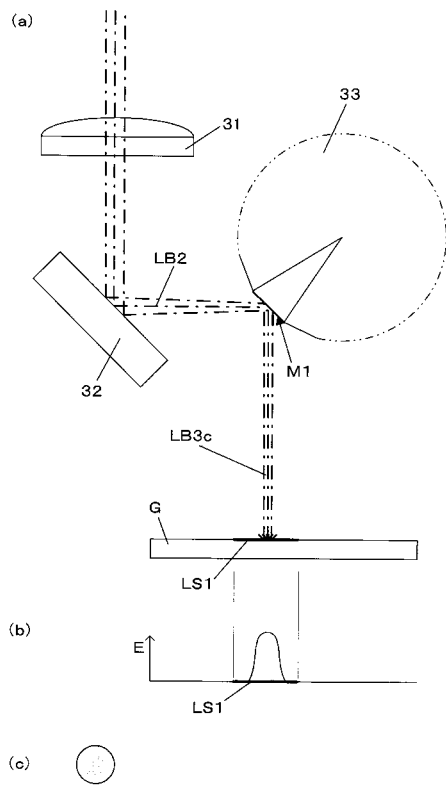
【図 3】



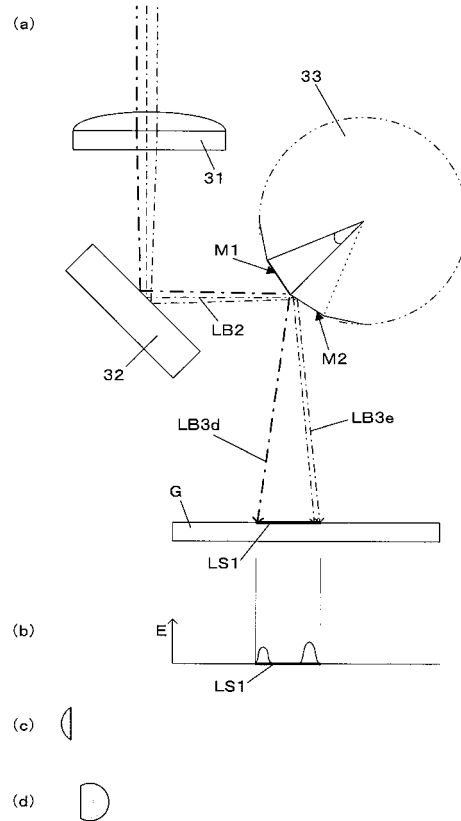
【図 4】



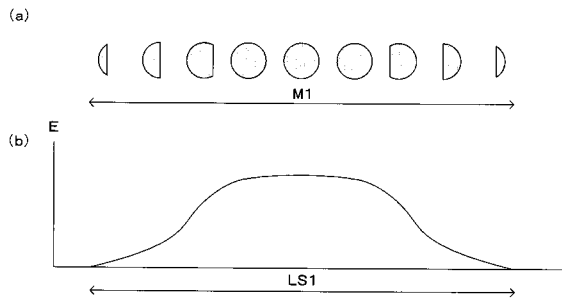
【図 5】



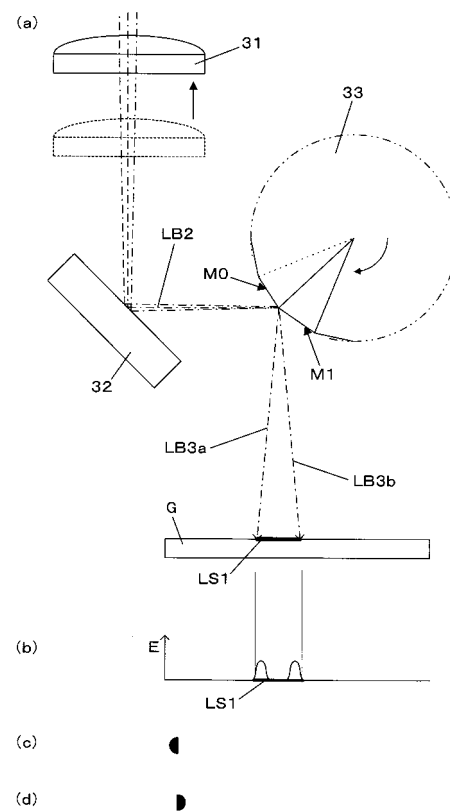
【図 6】



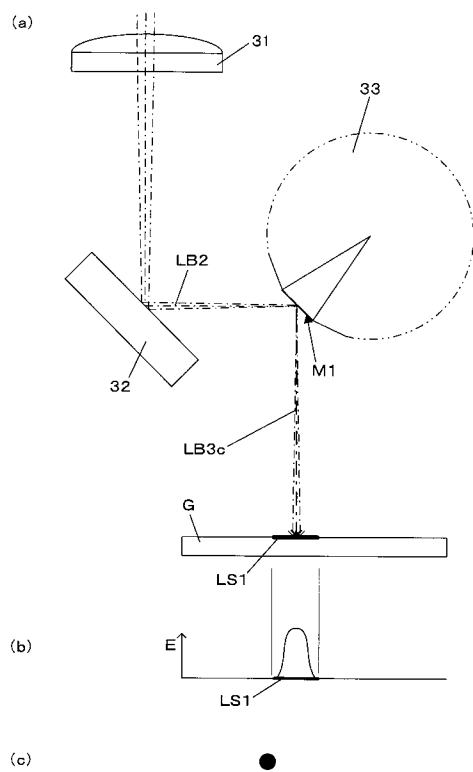
【図 7】



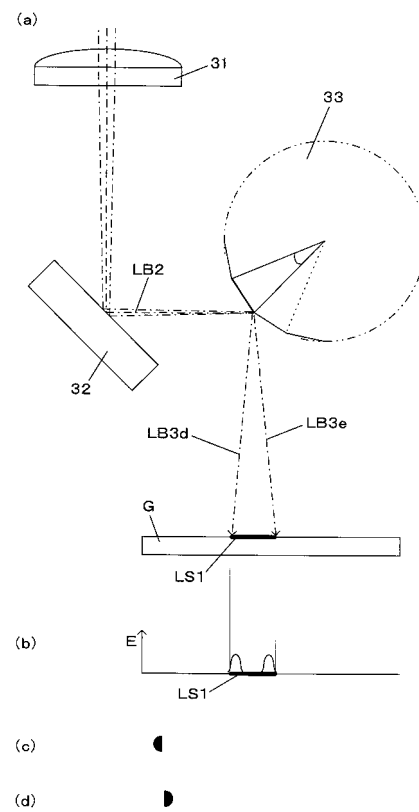
【図 8】



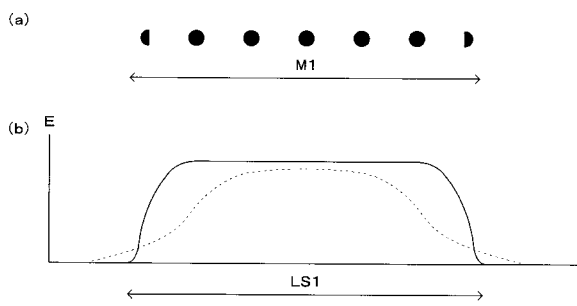
【図 9】



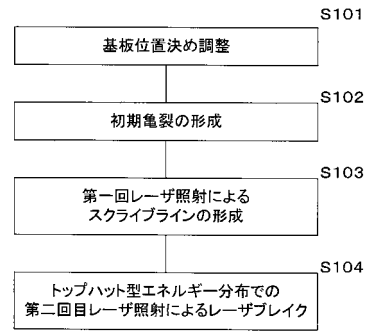
【図 10】



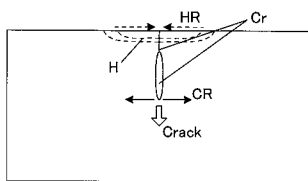
【図 1 1】



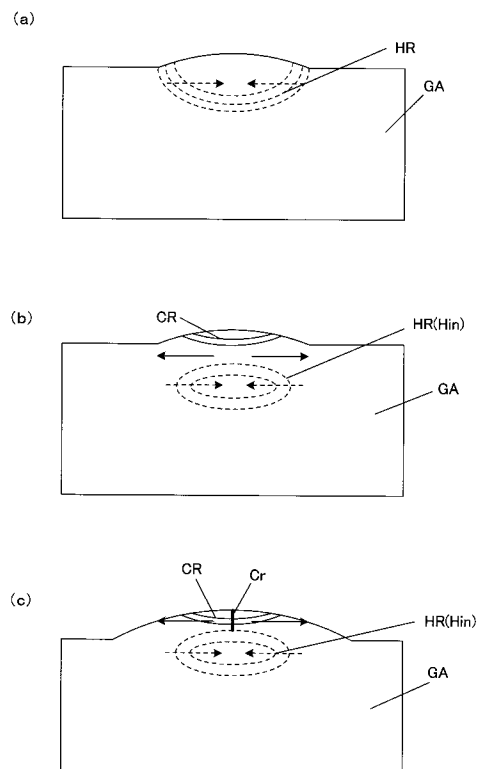
【図 1 3】



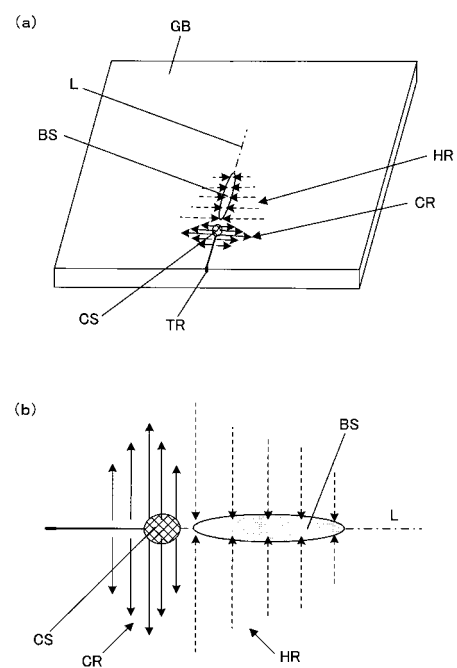
【図 1 2】



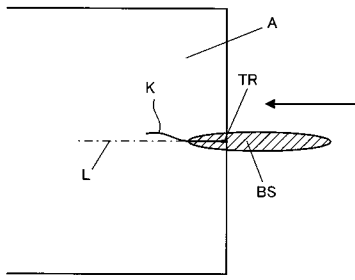
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 16】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
B 2 3 K 26/40 (2006.01)		B 2 3 K 26/06	Z
H 0 1 L 21/301 (2006.01)		B 2 3 K 26/40	
C 0 3 B 33/09 (2006.01)		H 0 1 L 21/78	B
		C 0 3 B 33/09	

(72)発明者 山本 幸司
 大阪府吹田市南金田 2 丁目 1 2 番 1 2 号三星ダイヤモンド工業株式会社内

審査官 大屋 静男

(56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 8 8 5 4 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 1 - 1 3 0 9 2 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 7 - 0 9 9 5 8 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 2 - 1 4 4 0 6 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B23K 26/38
 B23K 26/00
 B23K 26/06
 B23K 26/08
 B23K 26/40
 B28D 5/00
 C03B 33/09
 H01L 21/301