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

特許第5011048号
(P5011048)

(45)発行日　平成24年8月29日(2012.8.29)　(24)登録日　平成24年6月8日(2012.6.8)

(51)Int.Cl.		F I		
B28D 5/00	(2006.01)	B28D	5/00	Z
B23K 26/00	(2006.01)	B23K	26/00	D
B23K 26/14	(2006.01)	B23K	26/14	Z
C03B 33/09	(2006.01)	C03B	33/09	
C04B 41/80	(2006.01)	C04B	41/80	Z

請求項の数 5　(全 13 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2007-252093 (P2007-252093)
(22)出願日　平成19年9月27日 (2007.9.27)
(65)公開番号　特開2009-83119 (P2009-83119A)
(43)公開日　平成21年4月23日 (2009.4.23)
審査請求日　平成22年8月27日 (2010.8.27)

(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　井村　淳史
大阪府吹田市南金田２－１２－１２　三星ダイヤモンド工業株式会社内

審査官　馬場　進吾

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】
脆性材料基板に分断予定ラインを設定し、レーザビームのビームスポットを前記分断予定ラインに沿って相対移動させることにより前記基板を軟化温度よりも低温にて加熱する加熱工程と、冷媒の噴射により形成される冷却スポットを前記ビームスポットが走査された軌跡に沿って相対移動させて冷却する冷却工程とにより、前記分断予定ラインに沿ってクラックを形成する脆性材料基板の加工方法であって、前記冷却工程は、
（ａ）前記冷却スポットの幅を前記ビームスポットの幅より小さく絞った第一冷却スポットを、前記ビームスポットの直後に追随させて相対移動させることにより、浅いクラックを進展する第一冷却工程と、
（ｂ）前記冷却スポットの幅を前記ビームスポットの幅以上に広げた第二冷却スポットを、第一冷却スポットが走査された軌跡に沿って相対移動させることにより、先に形成された浅いクラックを基板の厚み方向に浸透させる第二冷却工程とが連続して行われることを特徴とする脆性材料基板の加工方法。
【請求項２】
ビームスポットの幅方向の熱エネルギー強度がビームスポット中央で最大となる請求項１に記載の脆性材料基板の加工方法。
【請求項３】
第一冷却工程は、第一冷却スポットが通過した直後における分断予定ラインに垂直な面内の温度分布が、分断予定ラインを挟んで左右両側に一対の高温領域が形成されるとともに

、分断予定ライン上に前記高温領域よりも低温である温度極小領域が形成されるように冷却が行われ、前記一対の高温領域と前記温度極小領域との温度差により生じる熱応力により浅いクラックを形成する請求項１に記載の脆性材料基板の加工方法。
【請求項４】
冷媒には水分が含まれ、第一冷却スポットは水分をミスト化した冷媒が吹き付けられるミストジェットにより形成され、第二冷却スポットは水分を気化して自己冷却により前記ミストジェットよりも低温化した冷媒を幅広に吹き付ける気化冷却により形成される請求項１に記載の脆性材料基板の加工方法。
【請求項５】
ビームスポット、第一冷却スポット、第二冷却スポットの相対移動速度を、１００ｍｍ／秒～７２０／秒で行う請求項１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、脆性材料基板にレーザビームを照射して局所加熱を行い、次いで加熱部位を冷却することにより、基板に生じる熱応力（引張応力）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。
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。
【０００２】
また、「クラック」は、深さ方向の先端が基板の裏面まで到達していないときはスクライブラインとなり、基板の裏面に到達したときは分断ライン（フルカットライン）となる。スクライブラインについては、スクライブラインに沿って曲げモーメントを加えるブレイク処理を行うことにより分断したり、クラックをさらに基板の奥深くまで浸透させる後工程を加えて分断したりすることになる。
なお、以下の説明において「クラックの浸透」とは、便宜上、クラックが基板の深さ方向（厚み方向）に進行する状態をいい、クラックが基板の面方向に進行する状態（「クラックの進展」という）とは区別して用いることとする。
【０００３】
また、以下の説明において「浅いクラック」は、深さ方向の先端が基板の裏面まで到達していないクラック（すなわちスクライブラインをなす）のうち、そのままで分断するにはクラックに沿って大きな曲げモーメントを加える必要があるため、厚み方向にクラックを浸透させてから分断する必要があるクラックをいう。
【背景技術】
【０００４】
ガラス基板等の脆性材料基板は、種々の製品において適宜の大きさや形状に加工された上で利用されている。例えば、液晶表示パネルは、通常、２枚のガラス基板を貼り合わせた大面積のマザー基板を作成し、それら２枚のガラス基板のギャップに液晶を注入した後、１つ１つの単位表示基板に分断する工程を経て製造される。
ガラス基板を分断する工程では、例えば特許文献１に記載されるように、カッターホイールを基板に対し圧接しながら移動することにより、基板上にスクライブラインを刻み、このスクライブラインに沿って基板の厚み方向に曲げモーメントを加えてブレイクすることにより、基板を分断する方法が利用されている。
【０００５】
カッターホイールを用いてスクライブライン（クラック）を形成する場合、厚み方向に浸透する垂直クラックの他に、スクライブライン付近にカレットが発生することがある。マザー基板、すなわち大面積のガラス基板に対し、複数本のスクライブラインを縦横に形成して、小さな単位基板を多面取りするような場合では、カッターホイールにより形成されるスクライブラインの累計長さが相当長くなる。この累計長さが長くなるに伴い、カレットが発生する確率が高まり、また、カレットの発生量が増加する。カレットが発生する

と、スクライブライン形成装置（クラック形成装置）、あるいは、スクライブラインに沿って基板に曲げモーメントを加えるブレイク装置のテーブル上に飛散するカレットの清掃を、頻繁に行わなければならなくなる。

【０００６】

これに対し、カレットの発生量を抑えることができる加工方法として、近年、レーザビームを照射して基板面にビームスポットを形成し、このビームスポットをスクライブ予定ラインに沿って走査することにより基板の軟化温度以下で局所加熱する工程と、ビームスポットが通過した軌跡に沿って冷媒を局所的に噴射させて冷却する工程とにより、基板に熱応力を生じさせ、この熱応力を利用してスクライブラインを形成するレーザスクライブ法が実用化されている（特許文献２参照）。

【０００７】

ところで、マザー基板から小さな単位基板を切り出す場合に、スクライブラインを縦横に形成するクロススクライブが行われるが、レーザスクライブ法によってクロススクライブを行う場合に、製品不良となる大きなクラック（不良クラック）がスクライブラインの交差点近傍に発生することがある。これを防止するために、第一方向の垂直クラックの深さよりも第二方向の垂直クラック深さが浅くなるようにレーザスクライブの条件を制御することが開示されている（特許文献３参照）。具体的には、第二方向のスクライブラインを形成するときのレーザ出力を第一方向より抑えたり、第二方向の走査速度を第一方向の走査速度より速めたりして、垂直クラックの深さを制御することが開示されている。

【０００８】

この場合、第一方向の垂直クラックを形成する際に、クラックを深く浸透させることが必要となる。上記文献に記載されているように、レーザ照射の出力を高めて入熱量を増やしたり、レーザの走査速度を遅くして単位長さあたりの加熱時間を増やしたりすることにより入熱量を増やしたりしている。入熱量が増えた分だけ基板温度が上昇し、その後の冷却時における温度差の増大により、熱応力（引張応力）を大きく発生させることができ、クラックを深く浸透させることができるようになる。

しかしながら、基板への入熱量を増やして基板温度を高める必要があり、製品によっては基板温度の上昇を避けたい場合がある。また、走査速度を遅くすれば、生産性に影響を及ぼすことになるため、できるだけ高速でクラックを形成することが好ましい。

【０００９】

これに対し、クラックを深く浸透させるための他の方法が開示されている（特許文献４参照）。まず、熱エネルギー強度が長軸方向の各端部において最大となるビームスポットにより、２段階でマザーガラス基板の表面を加熱する。すなわち大きな熱エネルギー強度によって加熱された後に、小さな熱エネルギー強度によって加熱されている間に、最初に加えた大きな熱が確実に内部まで伝導されるようにする。このとき、基板の表面が大きな熱エネルギー強度によって加熱され続けることが防止され、基板表面の軟化が防止されることになる。このような加熱が行われた場合に、基板内部に熱が伝達された状態となるため、冷却スポット（冷却ポイント）を形成する冷媒による冷却のみでは、冷却スポットとの間において、十分な熱応力勾配が得られず、深い垂直クラックが形成されない。

そこで、スクライブラインを効率よく、しかも確実に形成するために、ビームスポットの後方で、冷却スポット（主冷却スポット）よりもレーザスポット側であって、スクライブラインに沿った領域（例えば特許文献４の実施例１ではビームスポット後端より５５ｍｍ後方の位置付近）に、予め冷媒を噴射して冷却するアシスト冷却スポットを形成し、また、アシスト冷却スポットの冷媒温度を主冷却スポットの冷媒温度よりも高い冷媒温度に設定し、アシスト冷却スポットおよび主冷却スポットを走査するようにしている。

【００１０】

このアシスト冷却スポットは、無駄なサーマルショックを緩和し、サーマルショックで失われていたエネルギーを、クラック形成に費やそうとするものである。図６は、分断予定ラインＰに沿ってビームスポットＢＳによる基板加熱が行われ、その後アシスト冷却、主冷却が順次行われるときの各点での幅方向（短軸方向）の温度分布の変化、熱応力変化

を説明する模式図である。図６（ａ）はビームスポットＢＳによる加熱、およびアシスト冷却スポットＡＳ、主冷却スポットＭＳにより冷却が行われている領域の位置関係を示す平面図である。

【００１１】

図６（ａ）に示すように、ビームスポットＢＳによる加熱後、後方のアシスト冷却スポットＡＳによって冷却がなされる直前の位置での分断予定ラインＰに直交する断面をＡ－Ａ’断面とし、アシスト冷却スポットＡＳにより冷却がなされたときの分断予定ラインＰに直交する断面をＢ－Ｂ’断面とし、主冷却スポットＭＳにより冷却がなされたときの分断予定ラインＰに直交する断面をＣ－Ｃ’断面とする。

【００１２】

図６（ｂ）はＡ－Ａ’断面での基板表面および基板内部（厚さ方向の中間点）の温度分布図、および、基板内部の温度分布と熱応力を示す模式図である。ビームスポットＢＳによる加熱後、後方のアシスト冷却スポットＡＳによって冷却がなされる直前のＡ－Ａ’断面では、基板表面の温度分布は分断予定ラインＰを中心にして、上に凸の温度ピークを有する分布をしている。また、Ａ－Ａ’断面における基板内部での温度分布および熱応力は、ビームスポットＢＳの通過後は熱源の中心が分断予定ラインＰ上を基板内部に向けて進むとともに、熱源中心から放射状に熱が伝達される結果、楕円状の温度分布が形成され、基板表面近傍から内部にかけて圧縮応力がかかっている。

【００１３】

図６（ｃ）は、Ｂ－Ｂ’断面での基板表面および基板内部の温度分布図、および、基板内部の温度分布と熱応力を示す模式図である。アシスト冷却スポットＡＳによって冷却がなされたＢ－Ｂ’断面では、基板表面でのアシスト冷却スポットＡＳにより冷却される幅が、ビームスポットＢＳで加熱される幅と同等にしてあるので、基板表面付近は幅方向（短軸方向）全体に緩やかに冷却され、温度ピークが全体的に低められた状態に変化（図中、点線部分が冷却により変化）する。このとき基板内部は、表面から基板内部に伝達されてきた熱により、上に凸のピークが残っている。アシスト冷却スポットＡＳによる冷却が行われたことにより、基板表面では弱い引張応力が発生するものの、このとき発生する引張応力によっては（応力集中が不十分なため）クラックが形成されない。

【００１４】

図６（ｄ）は、Ｃ－Ｃ’断面での基板表面および基板内部の温度分布図、および、基板内部の温度分布と熱応力を示す模式図である。主冷却スポットＭＳによって冷却がなされたＣ－Ｃ’断面では、基板表面での主冷却スポットＭＳにより、基板表面付近全体が強く冷却され、大きな引張応力が幅方向（短軸方向）全体に発生する。このとき基板内部は、表面から基板内部に伝達されてきた熱により、上に凸のピークが残っており、圧縮応力が発生している。その結果、アシスト冷却スポットＡＳによる引張応力が発生している状態で、さらに主冷却スポットＭＳを形成する冷媒による冷却を行われることによって、強い引張応力が基板表面に対して作用する。このときに深く浸透したクラックが形成されるようになる。

そして、このようなアシスト冷却を実行することにより、アシスト冷却を実行しない場合に比較して、１０％程度クラックの深さを増すことが開示されている。

【特許文献１】特開平１１－１１６２６０号公報
【特許文献２】特表平８－５０９９４７号公報
【特許文献３】特開２００１－５８２８１公報
【特許文献４】ＷＯ２００４／０１４６２５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【００１５】

特許文献４に記載の方法によりクラックを深く浸透させる場合は、アシスト冷却スポットを作用させない場合よりも安定的にクラックを形成でき、クラックを浸透させることができるものの、ビームスポットの幅方向のクラック位置の制御性については不十分であり

、分断予定ラインに正確に位置を合わせることが困難であった。その理由は、アシスト冷却スポットは、既述のように無駄なサーマルショックを緩和し、サーマルショックで失われていたエネルギーをクラック形成に費やそうとするものであり、基板表面に弱い引張応力を発生させることになるが、クラックは次の主冷却スポットが通過した後に、形成されることになる。そのため、アシスト冷却スポットと主冷却スポットとの２つの冷却スポットが、ともに影響してクラックの形成位置を定めることになるため、２つの冷却スポットの形状や冷媒噴射の圧力、２つの冷却スポット間の距離、さらには２つの冷却スポットの走査速度等のパラメータによって、クラックが発生する位置が微妙に変動することになった。

【００１６】

そこで、本発明は、クラックをこれまで以上の安定性で形成し、しかも深く浸透させることができるとともに、その形成されるクラックは分断予定ラインに沿って正確に位置合わせすることができる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】

【００１７】

上記課題を解決するため、本発明の加工方法は、脆性材料基板に分断予定ラインを設定し、レーザビームのビームスポットを前記分断予定ラインに沿って相対移動させることにより前記基板を軟化温度よりも低温にて加熱する加熱工程と、冷媒の噴射により形成される冷却スポットを前記ビームスポットが走査された軌跡に沿って相対移動させて冷却する冷却工程とにより、前記分断予定ラインに沿ってクラックを形成する脆性材料基板の加工方法であって、前記冷却工程は、（ａ）前記冷却スポットの幅を前記ビームスポットの幅より小さく絞った第一冷却スポットを、前記ビームスポットの直後に追随させて相対移動させることにより、浅いクラックを進展する第一冷却工程と、（ｂ）前記冷却スポットの幅を前記ビームスポットの幅以上に広げた第二冷却スポットを、第一冷却スポットが走査された軌跡に沿って相対移動させることにより、先に形成された浅いクラックを基板の厚み方向に浸透させる第二冷却工程とが連続して行われるようにしている。

【００１８】

本発明によれば、基板に設定した分断予定ラインに沿って、ビームスポットを相対移動（すなわち基板に対してビームスポットを移動、または、ビームスポットに対して基板を移動）することにより、基板を局所加熱する。加熱後、ビームスポットが通過した直後を追随するように、ビームスポットの幅より小さく絞った第一冷却スポットを相対移動して急冷する。ビームスポットが移動した直後は、ビームスポットが通過した表面付近のみが加熱された状態である。そのため、第一冷却スポットがビームスポットの直後を急冷することにより、分断予定ラインの直上かつ表面付近のみに大きな熱応力（引張応力）が局所的に発生することとなり、分断予定ラインに沿って正確にクラックが形成され、また、確実にクラックが形成される。続いて、冷却スポットの幅をビームスポットの幅以上に広げた第二冷却スポットにより、ビームスポットが通過して温度が上昇した領域を全体的に冷却する。このときの冷却面積は広くなり、第二冷却スポットにより冷却された部分全体に、大きな引張応力が加わることとなる。第一冷却工程により既に浅いクラックが形成されている領域に、さらに大きな引張応力が加えられる結果、浅いクラックは、深さ方向に深く浸透することになる。

【００１９】

すなわち、第一冷却工程で浅いクラックを形成することにより、分断予定ラインに沿って正確な位置に確実にクラックを形成するようにし、さらに第二冷却工程で先に形成された浅いクラックを起点にして深く浸透させる。

【発明の効果】

【００２０】

本発明によれば、二種類の異なる条件の冷却スポットにより、浅いクラックを形成する工程と、深く浸透するクラックを形成する工程とを連続して行うことにより、分断予定ラインに沿って正確な位置に、安定してクラックを形成することができ、しかもクラックを

深く浸透することができるようになる。

【００２１】

（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、ビームスポットの幅方向の熱エネルギー強度がビームスポット中央で最大となるにようするのが好ましい。

これにより、ビームスポット中央が最も加熱されるようになり、第一冷却スポットによる冷却が行われたときに、ビームスポット中央で温度差が最大になるので、熱応力（引張応力）の集中部分をビームスポット中央、すなわち分断予定ライン上にすることができ、分断予定ラインに沿って浅いクラックを正確に形成することができる。

【００２２】

上記発明において、第一冷却工程は、第一冷却スポットが通過した直後における分断予定ラインに垂直な面内の温度分布が、分断予定ラインを挟んで左右両側に一対の高温領域が形成されるとともに、分断予定ライン上に前記高温領域よりも低温である温度極小領域が形成されるように冷却が行われ、前記一対の高温領域と前記温度極小領域との温度差により生じる熱応力により浅いクラックを形成するようにするのが好ましい。

これにより、分断予定ラインに垂直な面内の温度分布は、２つの温度ピーク（高温領域）の間に、温度極小領域が挟まれた形状になるので、温度極小領域に熱応力（引張応力）が集中することになり、温度極小領域にクラックを正確に形成することができる。

【００２３】

上記発明において、冷媒には水分が含まれ、第一冷却スポットは水分をミスト化した冷媒が吹き付けられるミストジェットにより形成され、第二冷却スポットは水分を気化して自己冷却により前記ミストジェットよりも低温化した冷媒を幅広に吹き付ける気化冷却により形成されるようにしてもよい。

ここで「ミスト化した冷媒」とは、水分を含む冷媒を小さい領域に向けて集中的に噴射するようにして、気化しにくい状態でノズルから噴射することにより、水分の気化による自己冷却現象が生じることなく噴射される状態の冷媒をいう。ミスト化した冷媒を用いた場合は、自己冷却が生じないため、冷媒温度は低温化しないが、小さい領域を集中して冷却することができる。

「気化冷却」とは、水分を含む冷媒を水分が拡散するように噴射して、気化しやすい状態でノズルから噴射することにより、冷媒中の水分の気化による自己冷却現象を利用して冷媒温度を低温化させ、低温化した冷媒で冷却することをいう。気化冷却によれば、小さい領域を集中して冷却することは困難であるが、広範な領域を低温で冷却することができる。

本発明によれば、ミスト化された冷媒により局所的な冷却が容易になり、一方、気化冷却された冷媒により広範囲を強く冷却することができる。

【００２４】

上記発明において、ビームスポット、第一冷却スポット、第二冷却スポットの相対移動速度を、１００ｍｍ／秒～７２０ｍｍ／秒で行うのが好ましい。

本発明によれば、板厚、材質、加工方法にも依存するが、浅いクラックを形成する工程と、深く浸透するクラックを形成する工程とを連続して行うことにより、１００ｍｍ／秒～７２０ｍｍ／秒の高速化を行っても分断予定ラインに沿って確実にクラックを形成することができるようになるので、高速度でクラックを形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２５】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図１は本発明の一実施形態である基板加工装置ＬＳ１の概略構成図である。ここではガラス基板を加工する場合を例に説明する。

まず、基板加工装置ＬＳ１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をモーター（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。

【００２６】

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１０に、モーター９によって回転するスクリューネジ１０ａが貫通螺合されており、スクリューネジ１０ａ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。

【００２７】

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の上に、ガラス基板Ａ等の脆性材料基板が水平な状態で取り付けられる。このガラス基板Ａは、例えば、小さな単位基板を切り出すためのマザー基板である。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。また、ガラス基板Ａは、吸引チャックによって回転テーブル１２に固定される。

【００２８】

回転テーブル１２の上方には、レーザ装置１３と光学ホルダ１４とが取付フレーム１５に保持されている。

レーザ装置１３は、脆性材料基板の加工用として一般的なものを使用すればよく、具体的にはエキシマレーザ、ＹＡＧレーザ、炭酸ガスレーザ又は一酸化炭素レーザなどが使用される。ガラス基板Ａの加工には、ガラス材料のエネルギー吸収効率が大きい波長の光を発振する炭酸ガスレーザを使用することが好ましい。

【００２９】

レーザ装置１３から出射されたレーザビームは、ビーム形状を調整するためのレンズ光学系が組み込まれた光学ホルダ１４によって、予め設定した形状のビームスポットがガラス基板Ａ上に照射される。ビームスポットの形状については、長軸を有する形状（楕円形状、長円形状など）が、分断予定ラインに沿って効率よく加熱できる点で優れているが、軟化温度よりも低温にて加熱することができる形状であれば、ビームスポットの形状は特に限定されない。

【００３０】

本実施形態では、楕円形状のビームスポットが形成されるものとする。図２は、照射される楕円形状のビームスポットの平面図（ａ）および幅方向（短軸方向）の熱エネルギー強度分布（ｂ）を示す。ビームスポットＢＳの幅方向の熱エネルギー強度分布は、例えばガウス分布のような、左右対称でビームスポット中央が最大の熱エネルギー分布にしてあり、このビームスポットＢＳが基板上を移動したときに、ビームスポットＢＳの中央部分の通過した跡が、最も高温（ただし、軟化温度以下）に加熱されるようにしてある。ビームスポットＢＳの長軸方向の熱エネルギー強度分布については、ガウス分布であってもよいし、加熱効率を高めたりする目的で異なる分布形状の熱エネルギー強度分布にしてもよい。

【００３１】

取付フレーム１５には、光学ホルダ１４に近接して、第一冷却ノズル１６ａおよび第二冷却ノズル１６ｂが設けられている。これらの冷却ノズル１６ａ，１６ｂからは冷媒が噴射される。冷媒には、冷却水、圧縮空気、Ｈｅガス、炭酸ガス等を用いることができるが、本実施形態では冷却水と圧縮空気の混合流体を噴射するようにしている。

第一冷却ノズル１６ａから噴射される冷却媒体は、光学ホルダ１４からガラス基板Ａに照射されるビームスポットＢＳの長手方向の後端部に向けられ、ガラス基板Ａの表面に第

一冷却スポットＣＳ１を形成する。第一冷却ノズル１６ａから噴射される冷却媒体は、ミスト状になるようにして、ノズルから噴射されるようにしてある。

第二冷却ノズル１６ｂから噴射される冷却媒体は、第一冷却スポットＣＳ１の後端部、あるいは第一冷却スポットと一部が重なる位置、あるいは第一冷却スポットＣＳ１の後端から少し離れた位置に向けられ、ガラス基板Ａの表面に第二冷却スポットＣＳ２を形成する。第二冷却ノズル１６ｂから噴射される冷却媒体は、ノズルから広く拡散するように噴射され、水分が気化するようにして効率的よく冷却できるようにしてある。

【００３２】

図３は、ガラス基板Ａ上で、分断予定ラインＰに沿って形成されるビームスポットＢＳと第一冷却スポットＣＳ１と第二冷却スポットＣＳ２との位置関係および寸法関係を示す平面図である。

ビームスポットＢＳと第一冷却スポットＣＳ１と第二冷却スポットＣＳ２とはいずれも長軸を有する楕円形状あるいは長円にしてあり、それぞれ長軸方向が分断予定ラインＰに軸合わせしてある。ビームスポットＢＳの幅（短軸）をW_B、第一冷却スポットの幅をW_{cs1}、第二冷却スポットの幅をW_{cs2}とすると、これらの幅の大小関係が、$W_{cs1} < W_B \leqq W_{cs2}$となるようにしてある。

【００３３】

具体的には、第一冷却スポットＣＳ１の幅W_{cs1}が、ビームスポットＢＳの幅W_Bの１／４～３／４程度、さらに好ましくは１／２程度になるように設定してある。例えばビームスポットＢＳの幅（短軸）を２ｍｍに設定し、第一冷却スポットＣＳ１は短軸が１ｍｍに設定して噴射するようにしてある。

また、第二冷却スポットＣＳ２の幅W_{cs2}は、ビームスポットＢＳの幅W_Bと同じか、少し広い程度になるように設定してある。例えばビームスポットＢＳの幅（短軸）を２ｍｍとし、第二冷却スポットＣＳ２は短軸が３ｍｍ程度にして噴射するようにしてある。

【００３４】

また、取付フレーム１５には、カッターホイール１８が、上下移動調節機構１７を介して取り付けられている。このカッターホイール１８は、ガラス基板Ａの端縁に初期亀裂（トリガ）を形成するときに、台座７をＸ方向に移動させつつ一時的に下降させるようにして用いられる。

【００３５】

また、基板加工装置ＬＳ１には、ガラス基板Ａに刻印されている位置決め用のアライメントマークを検出することができるカメラ２０が搭載されており、カメラ２０により検出されたアライメントマークの位置から、分断予定ラインＰの位置を求め、位置決めを行うことができるようにしてある。

【００３６】

次に、上記基板加工装置ＬＳ１による加工動作について説明する。ガラス基板Ａが回転テーブル１２の上に載置され、吸引チャックによって固定される。カメラ２０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が検出され、その検出結果に基づいて、分断予定ラインＰと、回転テーブル１２およびスライドテーブル２との位置が関係付けられる。そして分断予定ラインＰがカッターホイール１８に対向する位置にくるように、回転テーブル１２およびスライドテーブル２の位置が調整される。

【００３７】

続いて、ガラス基板Ａの端部に初期亀裂ＴＲを形成するため、回転テーブル１２を初期位置（図１では右端）に戻し、カッターホイール１８を下降した状態で回転テーブル１２を－Ｘ方向（図１では右から左）に移動することにより、ガラス基板Ａの側端にカッターホイール１８を圧接して、初期亀裂（ＴＲ）を形成する。

【００３８】

初期亀裂（ＴＲ）が形成されると、再び回転テーブル１２を初期位置に戻すとともに、レーザ装置１３からレーザビームが出射され、第一冷却ノズル１６ａおよび第二冷却ノズ

ル１６ｂから冷媒が噴射されるようにする。
この状態で、回転テーブル１２を－Ｘ方向（図１では右から左）に移動する。これにより、ガラス基板Ａの分断予定ラインＰに沿って、ビームスポットＢＳ、第一冷却スポットＣＳ１、第二冷却スポットＣＳ２がこの順で走査されるようにする。

【００３９】
以上の動作により、ガラス基板Ａの分断予定ラインＰに沿って初期亀裂（ＴＲ）を起点として、クラックが形成されることになるが、このときにガラス基板Ａに生成されるクラックが、第一冷却スポットＣＳ１および第二冷却スポットＣＳ２による冷却で基板内部に浸透する状態について説明する。

【００４０】
図４は、分断予定ラインＰに沿って、ビームスポットＢＳによる基板加熱、および、第一冷却スポットＣＳ１、第二冷却スポットＣＳ２により冷却が行われるときの、各点での幅方向（短軸方向）の温度分布の変化、応力変化を説明する模式図である。図４（ａ）はビームスポットＢＳによる加熱、および第一冷却スポット、第二冷却スポットにより冷却が行われている領域の位置関係を示す平面図である。

【００４１】
図４（ａ）に示すように、ビームスポットＢＳによる加熱後、第一冷却スポットＣＳ１によって冷却がなされる直前の位置での分断予定ラインＰに直交する断面をＤ－Ｄ’断面とし、第一冷却スポットＣＳ１により冷却がなされたときの分断予定ラインＰに直交する断面をＥ－Ｅ’断面とし、第二冷却スポットＣＳ２により冷却がなされたときの分断予定ラインＰに直交する断面をＦ－Ｆ’断面とする。

【００４２】
図４（ｂ）はＤ－Ｄ’断面での基板表面の温度分布図、および、基板内部の温度分布と熱応力を示す模式図である。ビームスポットＢＳによる加熱後、第一冷却スポットＣＳ１によって冷却がなされる直前のＤ－Ｄ’断面では、ビームスポットＢＳの熱エネルギー強度分布が中央で最大であることから、基板表面の温度分布は分断予定ラインＰを中心にして、上に凸の温度ピークを有する分布をしている。また、Ｄ－Ｄ’断面における基板内部での温度分布および熱応力は、分断予定ラインＰを中心に基板表面側から放射状に熱が広がる結果、半円状の温度分布が形成され、基板表面近傍に圧縮応力がかかっている。

【００４３】
図４（ｃ）は、Ｅ－Ｅ’断面での基板表面および基板内部の温度分布図、および、基板内部の温度分布と熱応力を示す模式図である。第一冷却スポットＣＳ１によって冷却がなされたＥ－Ｅ’断面では、基板表面での第一冷却スポットＣＳ１により冷却される幅が、ビームスポットＢＳで加熱される幅よりも小さく絞ってあるので、温度ピークの中央に谷（温度極小領域）が形成され、ピークが２つに分かれた温度分布に変化する。その結果、分断予定ラインＰの直上かつ表面付近に大きな熱応力（引張応力）が局所的に発生することとなり、表面にクラックが形成される。一方、基板内部は、ビームスポットＢＳにより局所加熱された直後であるため、基板表面から伝達されてくる熱が基板内部まで十分には伝達されておらず、基板内部での温度上昇があまり発生していない。その結果、基板表面付近のみに発生した大きな熱応力によって、基板表面付近には確実にクラックが形成されるが、基板内部にはクラックが浸透できないため、結果的に浅いクラックが形成されることになる。

【００４４】
図４（ｄ）は、Ｆ－Ｆ’断面での基板表面および基板内部の温度分布図、および、基板内部の温度分布と熱応力を示す模式図である。第二冷却スポットＣＳ２によって冷却がなされたＦ－Ｆ’断面では、基板表面での第二冷却スポットＣＳ２により冷却される幅が、ビームスポットＢＳで加熱される幅と同じか、それより広くしてあるので、温度ピークが全体的に冷やされて、温度ピークが解消し、表面全体に大きな熱応力（引張応力）が形成される。一方、基板内部には表面から伝達されてきた熱が残っており、その結果、基板内

部と基板表面とに広い範囲で大きな温度差が発生する。この温度差により基板表面には引張応力、基板内部には圧縮応力が発生し、これにより先に形成された浅いクラックを引き裂く力が周囲の応力分布によって発生し、浅いクラックが深く浸透するように作用する。

【００４５】

図５は、分断予定ラインＰに沿った方向の断面におけるクラックの発生状態を示す模式図である。

これまで説明したように、ビームスポットＢＳにより加熱される領域Ｌ１では、表面近傍に紙面に垂直な方向の圧縮応力が作用しているがクラックは発生していない。

第一冷却スポットＣＳ１により冷却される領域Ｌ２では、表面近傍において紙面に垂直な方向の局所的な引張応力が発生し（図４（ｃ）参照）、浅いクラックＳ２が形成される。

さらに第二冷却スポットＣＳ２により冷却された領域Ｌ３では、基板内部における紙面に垂直な方向の圧縮応力と基板表面における紙面に垂直な方向の引張応力とにより、表面近傍に形成された浅いクラックＳ２をさらに浸透させる力が働き（図４（ｄ）参照）、深く浸透したクラックＳ３が形成されるようになる。

【００４６】

このように、第一段階として、浅いクラックを安定して確実に形成し、これをトリガとして第二段階で深く浸透させることにより、これまで以上の高速でビームスポットＢＳ等を走査する場合でも、深く浸透したクラックを安定して形成することができるようになる。具体的には１００ｍｍ／秒以上では、安定してクラックを形成することができなかったガラス基板に対してでも、７２０ｍｍ／秒以下まで安定してクラックを形成することができるようになる。

例えば、CO_2レーザを照射してスクライブ加工する場合に、出力２４０Ｗで５００ｍｍ／秒以下の走査速度でしかスクライブ加工ができなかったが、本発明を用いることにより、同じ基板に対して５５０ｍｍ／秒まで走査速度を速めても加工が可能である。その結果、高速でクロスカットを実現することができる。そして、最大７２０ｍｍ／秒での高速クラック形成が実験的に確認できている。

【００４７】

さらに、本発明によれば、クラックを従来よりも深く浸透させることができる。その結果、従来はブレイク装置を用いて、クラック（スクライブライン）に沿って、ブレイクバーを押圧することにより基板をブレイクしていたが、このようなブレイク工程を行うまでもなく、基板の分断が可能になり、ブレイク工程のないフルボディカットを実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【００４８】

本発明は、ガラス基板等の脆性材料基板へのクラック形成、ひいては分断に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【００４９】

【図１】本発明の加工方法を用いる基板加工装置の概略的な構成図。

【図２】レーザビームの熱エネルギー強度分布の一例を示す図。

【図３】ビームスポット、第一冷却スポット、第二冷却スポットの位置関係等を示す平面図。

【図４】ビームスポットによる基板加熱、および、第一冷却スポットＣＳ１、第二冷却スポットＣＳ２による冷却が行われるときの各点での幅方向（短軸方向）の温度分布の変化、応力変化を説明する模式図。

【図５】分断予定ラインに沿った方向の断面におけるクラックの発生状態を示す模式図。

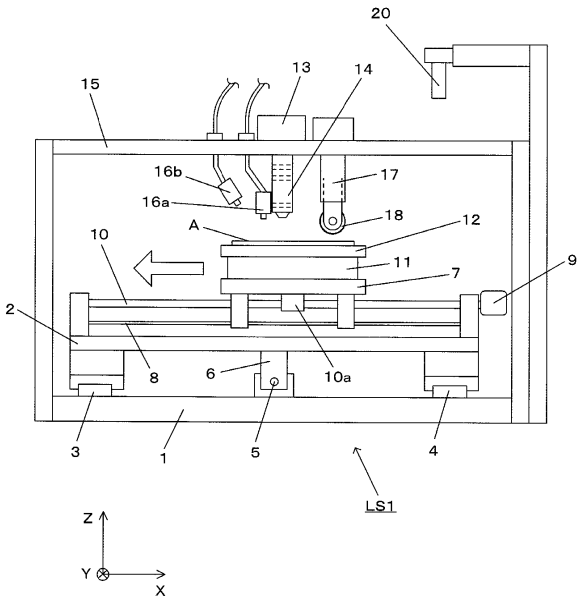
【図６】ビームスポットによる基板加熱が行われ、その後のアシスト冷却が行われるときの各点での幅方向（短軸方向）の温度分布の変化、熱応力変化を説明する模式図。

【符号の説明】

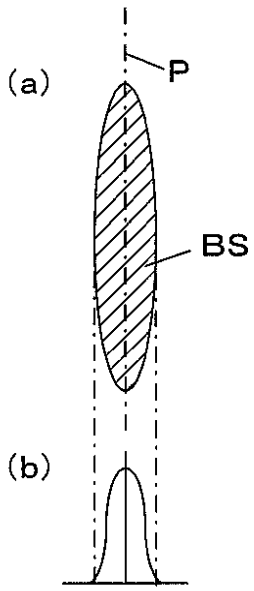
【００５０】

Ａ　　ガラス基板（脆性材料基板）
ＢＳ　　ビームスポット
ＣＳ１　第一冷却スポット
ＣＳ２　第二冷却スポット
Ｐ　　分断予定ライン
Ｓ２　　浅いクラック
Ｓ３　　深く浸透したクラック
　２　スライドテーブル
　１２　回転テーブル
　１３　レーザ装置
　１４　光学ホルダ
１６ａ　第一冷却ノズル
１６ｂ　第二冷却ノズル

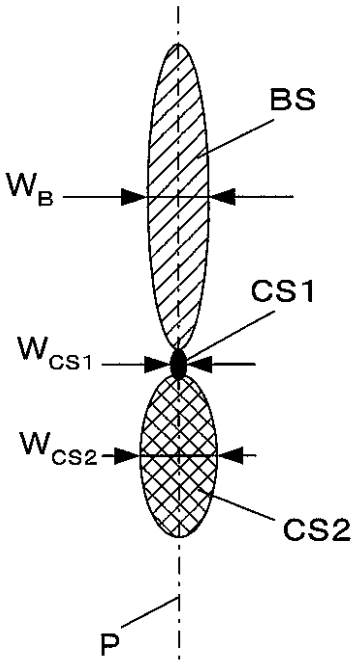
【図１】



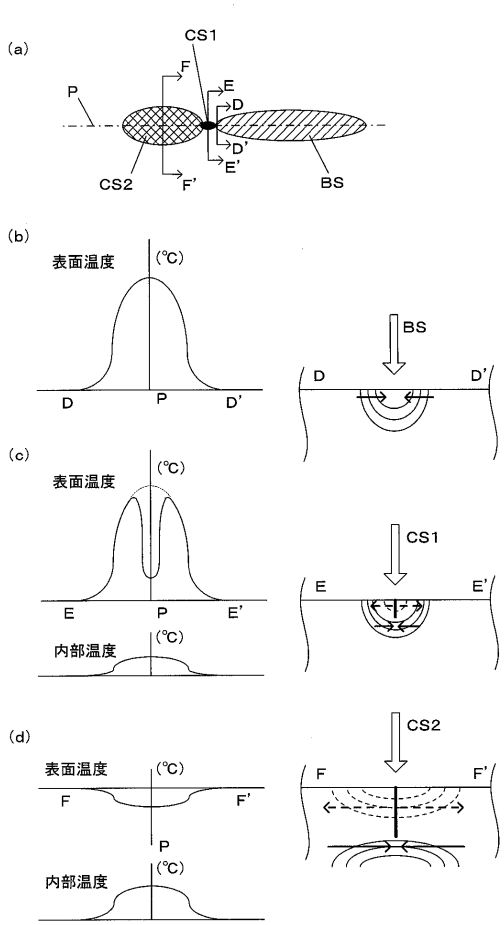
【図２】



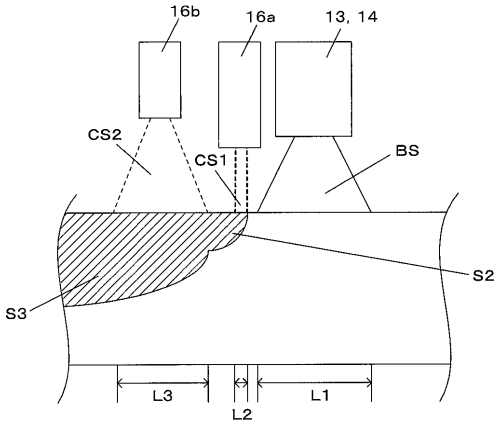
【図３】


BS
W_B
CS1
W_{CS1}
W_{CS2}
CS2
P

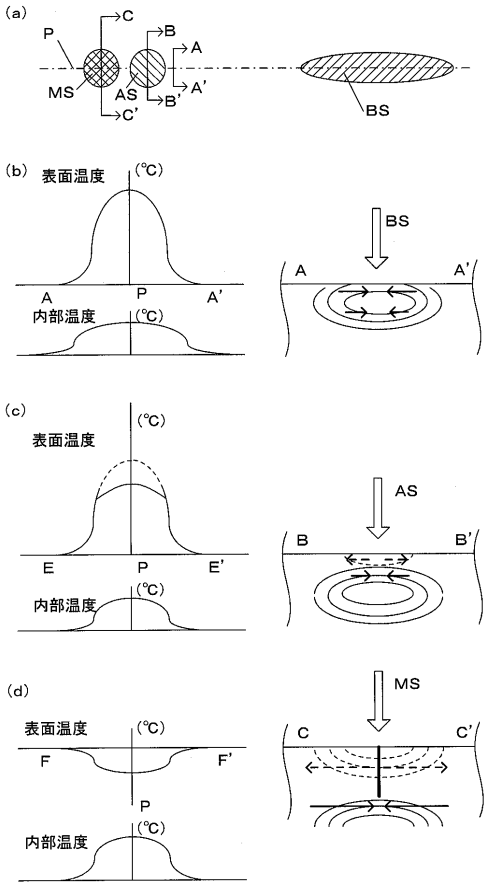
【図４】


(a)
CS1
F
E
D
P
D'
E'
CS2
F'
BS
(b)
表面温度
(℃)
D
P
D'
BS
(c)
表面温度
(℃)
E
P
E'
CS1
内部温度
(℃)
(d)
表面温度
(℃)
F
F'
P
CS2
内部温度
(℃)

【図５】


16b
16a
13, 14
CS2
CS1
BS
S2
S3
L3
L2
L1

【図６】


(a)
P
C
B
A
MS
AS
B'
A'
C'
BS
(b)
表面温度
(℃)
A
P
A'
内部温度
(℃)
BS
(c)
表面温度
(℃)
E
P
E'
内部温度
(℃)
AS
B
B'
(d)
表面温度
(℃)
F
F'
P
内部温度
(℃)
MS
C
C'

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI	
H01L 21/301	*(2006.01)*	H01L 21/78	B
		H01L 21/78	Q

(56)参考文献 国際公開第２００４／０１４６２５（WO，Ａ１）
国際公開第２００６／００２１６８（WO，Ａ１）
特開２００５－２１２４７３（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００５／１０２６３８（WO，Ａ１）
国際公開第２００４／０８３１３３（WO，Ａ２）
特開２００７－９０８６０（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００３／０１０１０２（WO，Ａ１）
特開２００１－１５１５２５（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－５５０００（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００６／０３８５６５（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｂ２８Ｄ　５／００
Ｂ２３Ｋ　２６／００
Ｂ２３Ｋ　２６／１４
Ｃ０３Ｂ　３３／０９
Ｃ０４Ｂ　４１／８０
Ｈ０１Ｌ　２１／３０１