

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6139693号
(P6139693)

(45) 発行日 平成29年5月31日 (2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日 (2017.5.12)

(51) Int. Cl.	F I
C O 3 B 33/09 (2006.01)	C O 3 B 33/09
B 2 3 K 26/53 (2014.01)	B 2 3 K 26/53
B 2 3 K 26/12 (2014.01)	B 2 3 K 26/12
B 2 8 D 5/00 (2006.01)	B 2 8 D 5/00

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2015-542225 (P2015-542225)	(73) 特許権者	504299782
(86) (22) 出願日	平成25年11月8日 (2013.11.8)		ショット アクチエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2015-536896 (P2015-536896A)		Schott AG
(43) 公表日	平成27年12月24日 (2015.12.24)		ドイツ連邦共和国 マインツ ハッテンベルクシュトラーセ 10
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/073329		Hattenbergstr. 10, D-55122 Mainz, Germany
(87) 国際公開番号	W02014/075995	(74) 代理人	100094112
(87) 国際公開日	平成26年5月22日 (2014.5.22)		弁理士 岡部 譲
審査請求日	平成27年7月14日 (2015.7.14)	(74) 代理人	100101498
(31) 優先権主張番号	102012110971.0		弁理士 越智 隆夫
(32) 優先日	平成24年11月14日 (2012.11.14)	(74) 代理人	100107401
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 高橋 誠一郎
(31) 優先権主張番号	61/726,065	(74) 代理人	100120064
(32) 優先日	平成24年11月14日 (2012.11.14)		弁理士 松井 孝夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
前置審査			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透明ワークを分離する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

線(20)に沿って透明ワーク(2)に一連の線状の損傷形状部(14)を生成する方法であって、

a) 超短パルスレーザー(10)及び収束光学系(11)を備えるレーザー加工装置(1)を準備するステップであって、前記超短パルスレーザーの放射の波長は前記ワーク(2)の透過域内である、ステップと、

b) 前記ワーク(2)の或る場所に損傷形状部(14)を生成する間、前記収束光学系(11)を前記ワーク(2)に向けるように、またその後、生成される損傷形状部(14)の場所の前記線(20)に従って、前記収束光学系(11)及びワークテーブル(3)を互いに対して漸進的に移動させるように、前記ワークテーブル(3)及び移動手段を準備するステップと、

c) 前記収束光学系(11)を損傷形状部(14)の各それぞれの場所に向けている間、2つ以上の連続した期間においてレーザーパルスを放出するステップであって、各期間中の前記レーザーパルスのエネルギーは、前記透明ワーク(2)において対応するフィラメント形状部(4、5、6)が生成されるような大きさであり、前記連続したレーザーパルス期間は、前記ワーク(2)を横断方向に貫通する連続的に整列したフィラメント形状部(4、5、6)を生成する、ステップと、

を含み、各フィラメント形状部は、前記ワークに対して横断方向に一連の珠のように整列した複数の収束点及び発散点を有し、

前記収束光学系(11)は、線状の損傷形状部の場所の前記線(20)に沿った方向に、該方向に対する横断方向よりも大きい寸法の断面形状を有する放射ビーム(12)を生成する、方法。

【請求項2】

前記ワーク(2)に対する前記収束光学系(11)の移動の増分は、前記一連の線状の損傷形状部に沿った前記フィラメント形状部(4、5、6)の横寸法の大きさ程度である、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

損傷形状部(14)の各場所における連続したレーザーパルス期間の数は、前記ワークの局所的な厚さに応じて選択される、請求項1又は2に記載の方法。

10

【請求項4】

前記収束光学系(11)は、前記放射ビームの前記より大きい断面寸法に対して調整可能であり、それにより、前記より大きい断面寸法の整列は損傷形状部の場所の前記線に沿うように調整される、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記一連の線状の損傷形状部を生成する間、前記ワーク(2)は、前記線状の損傷形状部の場所の前記線に沿った早期の断裂を防ぐように窒素雰囲気さらされる、請求項1～4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

ワークを分離及び分割する方法であって、準備ステップとして、請求項1～5のいずれか1項に記載されている一連の線状の損傷形状部を生成する方法を実行することを含む、方法。

20

【請求項7】

前記ワーク(2)の分離及び分割を促進するように、前記損傷形状部(14)を、或る量のヒドロキシル(OH)イオンを含むガスにさらすことを含む、請求項6に記載の方法。

【請求項8】

収束したレーザー放射によってワークを分離する方法であって、
前記ワークを、保護ガスを含む第1の雰囲気さらすステップと、
前記レーザー放射の波長域において透明である前記ワークに超短パルスレーザー放射を向けるステップと、
前記レーザー放射により既定のワーク体積の深さにおけるフィラメント状の材料改質部を生成するステップと、
前記レーザー放射後、前記ワークを前記第1の雰囲気におけるよりも多い或る量のヒドロキシル(OH)イオンを含む第2の雰囲気さらすステップと、
前記材料改質部によって規定された分離領域に沿って前記ワークを破断するステップと、
を含む、方法。

30

【請求項9】

前記ワークは強化ガラス又はガラスセラミックを含む、請求項8に記載のワークを分離する方法。

40

【請求項10】

ワーク、特に強化ガラス又はガラスセラミックを、収束したレーザー放射によって分離する装置であって、
前記ワークを収容するワークチャンバーと、
前記ワークを前記ワークチャンバーに送る手段と、
レーザー照射によって、既定のワーク体積の深さにおけるフィラメント状の材料改質部を生成する超短パルスレーザー光源と、
前記ワーク及び/又は前記超短パルスレーザー光源を互いに対して移動させる手段と、
湿り蒸気を前記ワークチャンバーに送る手段と、

50

前記材料改質部によって規定される分離線に沿って前記ワークを分離する分離手段と、
を備える、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超短パルスレーザー放射を用いてワーク及び基板を分離する準備に関する。
ワーク材料としては、特に強化ガラス又はガラスセラミックが想定される。本発明はまた、
ワークの分離に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1から、カー効果を利用して、ガラスにフィラメントの形態で不可逆的な損傷
をもたらすことができることが知られている。線状配列のそのような損傷をガラスに生成
することによって、透明基板を分離することが可能になる。フィラメントは超短レーザー
パルスによって形成される。カー効果によって、或る点でのエネルギー密度が、プラズマ
が着火するほど高くなるまで、レーザービームはガラスの内部で自己収束を経る。プラズ
マ爆発が引き起こされ、その間に、ガラスはこのプラズマ生成場所の周囲に不可逆的な損
傷を受ける。そのプラズマ生成場所から更なる放射が発生し、その放射は自己収束を受け
て、最終的にプラズマ爆発を起こす。この効果は強度に応じて数回繰り返される。エネル
ギーはガラスの総厚さにわたって減少し、そのため、最初のプラズマスポットが最高エネ
ルギーを有し、最大の損傷をもたらす。さらに、プラズマスポットは球形であり、このこ
とは、傷の発生(emanating defects)が全方向においてランダム分布で起こることを意
味する。

【0003】

導入応力を呈するガラス、例えば化学強化ガラスでは、自発的な自己破断を起こす場合
がある。それにより、特に比較的大きいガラス板の加工ではかなりの影響を受ける。破断
により、ガラス板の位置は変化する。更なる正確な加工は不可能になる。

【0004】

特許文献2は、材料を切削又は穿孔する方法を記載している。ここでも、高強度超短レ
ーザーパルスによって起こる非線形光学効果を利用して、レーザービームの交互の収束及
び発散によりフィラメントを生成する。それにより、フィラメントは、高強度レーザー光
ビームによって生成される小径の通路となる。

【0005】

さらに、特許文献3は、レーザーを用いて透明材料を加工する方法を記載している。超
短レーザーパルスを用いて、基板の表面溝と材料体積内の1つ又は複数のレーザー改質領
域との双方を生成する。最終的に分離をもたらす断裂は表面のスクライブ跡に生じ、基板
材料を横切って下方に伝播する。表面溝が浅すぎる場合、断裂は逸れ(migrate)やすい
。一貫した高品質を有する破断縁の生成は記載されていない。

【0006】

特許文献4も透明材料のレーザー加工の方法を開示しており、ナノ秒範囲におけるパル
スレーザー放射の使用を記載している。この特許文献は、プラズマ発光なしに材料の変化
が起こる放射強度の範囲に言及している。

【0007】

要約すると、超短パルスレーザー放射によって材料体積内の領域を改質することを可能
にする種々のプロセスが知られており、それにより分離プロセスの1ステップを提供する
。しかし、例えば、このようにして改質されている基板のダイシングに必要とされる分離
及び破断は、これまで産業プロセスに十分に利用可能ではなかった。この問題は、強化ガ
ラス又はガラスセラミックを含む基板にとって特に深刻である。なぜなら、強化ガラス又
はガラスセラミックを含む基板は、超短パルスレーザー放射によって加工される場合、強
化によって導入される固有応力に起因して、制御されない破断を生じやすいためである。

【0008】

10

20

30

40

50

しかし、産業用途では、正確な制御は、基板内又は基板上に分離線を生成するのに必要なだけでなく、一貫した高品質の破断縁をもたらすとともに、プロセスの安定性及び安全性を確実にするために、分離又は破断するのにも必要である。このことは、特に強化ガラスの場合には非常に困難である。なぜなら、レーザー照射によって引き起こされる材料改質は、制御されない亀裂の発生及び伝播につながる可能性があるためである。そのため、分離の正確な制御は非常に困難である。

【0009】

以下の問題点が考慮される。

1) フィラメント形成 (filamentation) を用いる切削/穿孔: フィラメントの形成はプロセスに起因して不均一に起こる: 初めの高エネルギー密度に起因して、フィラメントを生成するレーザービームの入射側では、ワークのより深い後続のプラズマスポットに比べて比較的大きいプラズマ体積が着火し、すなわち、ワークの損傷溝 (形成されるフィラメントに対応する) はテーパ状になる。このように、引き起こされる損傷 (微小亀裂) は、レーザービームの入射側において出射側よりも一層強大になる。指向性強度試験 (4点曲げ試験等) によると、0.7 mm のガラス厚さでも縁強度の著しい差が明らかである。

10

2) プラズマ生成スポットの空間幾何形状: 自己収束によって生じるプラズマ生成スポットは、球対称のエネルギー分布を伴う略球対称形状である。この形状は、プラズマ体積の周囲に方向とは無関係にランダム分布した微小亀裂をもたらす。結果として、亀裂は後の破断縁に突出し、強度減少作用を有する。

20

3) 自発的な破断: 脆い材料のフィラメント形成中、内在応力によって、ワークの制御されない自発的な破断がプロセス中に起こり、結果として廃棄率が増加する。さらに、自発的な破断はワークの位置の変化をもたらし、それにより、自動加工が妨げられるか又は更には不可能になる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】国際公開第2012/006736号

【特許文献2】独国特許第10213044号

【特許文献3】独国特許出願公開第102006042280号

30

【特許文献4】独国特許第102007028042号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の主な目的は、生成される縁の品質を向上することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は独立請求項において規定される。本発明の好ましい実施形態及び変更形態は、それぞれの従属請求項において記載される。

【0013】

40

本発明は、固く脆い材料の分離プロセスを向上することを可能にする。

【0014】

1) マルチフィラメント形成: 従来技術とは対照的に、単一のテーパ状フィラメント形状部 (filament formation) を生成するだけでなく、一連の複数の連続したフィラメント形状部を生成することによって、ワークを分割することによる分離の準備が達成される。これらのフィラメント形状部のそれぞれは、比較的狭く、ワークを貫通する単一のフィラメント形状部を用いた分離プロセスと比較して、フィラメント形状部の方向に対して横断方向に非常に少ない数の微小亀裂をもたらす。各単一のフィラメント形状部 (= フィラメント + 微小亀裂) のあまり顕著でないテーパに起因して、ワークが分離された場合、破断縁のより高い縁強度と組み合わせて、加工溝の全体のより良好な幾何学的正確性が達

50

成される。

【 0 0 1 5 】

個別のフィラメント形状部がピコ秒～フェムト秒のパルス列によって生成され、このパルス列は、時間で分割及びオフセットされ、レーザービームの出射側から開始してワークに導入される。同じレーザー出力において、切削速度が対応して削減された状態で、マルチパルスシーケンスによってより大きい切削深さを実現することができる。

【 0 0 1 6 】

2) プラズマの空間幾何形状は、特殊な光学系によって影響を与えることができる。レーザー放射ビームは、細長い断面形状、例えば、ランセット形、楕円形、又は滴形の断面を有して生成される。このようにして、プラズマ爆発によって生じる制御可能な好ましい方向の損傷/亀裂が得られる。

10

【 0 0 1 7 】

意図された破断線が湾曲するか又は方向を変える場合、レーザー放射ビームは、断面形状の方向位置合わせに関して制御されるべきである。それにより、断面形状の長手方向延長部がワークの意図された分離線に沿う。

【 0 0 1 8 】

3) 保護雰囲気下でのフィラメント形状部の生成は、主として装置構成の一態様であり、この製造装置は、加工されるワークを取り巻く雰囲気を既定的方法で調整することができるようになっている。

【 0 0 1 9 】

雰囲気を選択的に調整することによって、ワークの自発的な破断を阻止又は防止することが可能になる。

20

【 0 0 2 0 】

本発明はまた、収束したレーザー放射によって基板を分離する方法に関する。本方法は、

基板を保護ガス雰囲気にさらすステップと、
レーザー放射の波長域において透明である基板に超短パルスレーザー放射を向けるステップと、

レーザー照射により既定の基板体積の深さにおけるフィラメント状の材料改質部を生成するステップと、

30

材料改質部によって規定される分離線に沿って基板を破断するステップと、
を含む。

【 0 0 2 1 】

透明材料における超短パルスレーザー放射によって引き起こされ得る2つの非線形光学効果が存在する。2つの非線形光学効果のうち、一方は光学カー効果であり、他方は、プラズマバブルにおけるレーザービームの発散である。このような効果は既知であり、したがって簡潔に概説だけする。

【 0 0 2 2 】

カー効果は、印加又は発生する電界の強度に応じる透明材料(レーザー放射の波長域において透明である)の光学特性の変化を指す。レーザー放射は、レーザー放射の光強度に応じる強度を有する透明材料内の電界を伴う。この電界によって、屈折率の増加を含む、照射された材料の光学特性の変化が生じる。これは更に、レーザー放射の自己収束につながる。

40

【 0 0 2 3 】

自己収束及び結果として起こる照射された断面積の減少に起因して、単位面積あたりの出力密度及びひいては放射強度が強力に増加し、非常に高い値に達することができる。結果として、電界は更に増強され、多光子イオン化につながる。イオン化は、分子又は原子における電荷分離、及び収束点におけるプラズマ形成を意味する。いずれにせよ、収束点において基板の材料に損傷がもたらされ、その損傷は材料改質部と以下で称され、それ自体はプラズマバブルとして現れる。

50

【 0 0 2 4 】

局所的に生成されるプラズマバブルの領域において、レーザービームの発散が起こり、再びレーザービームの次の収束がそれに続く。このようにして、一連の珠 (pearl string) のようなものを基板の材料に生成することができる。これは一連の連続的に整列した複数の収束領域及び発散領域からなり、フィラメントと称される。

【 0 0 2 5 】

収束及び発散によって、レーザービームは基板の材料に伝播するようにもたすことができ、それにより、材料は深さ方向に一種の穿孔を受ける。この効果は、ガラス等の透明材料の加工から知られており、例えば、基板をレーザー放射に対して動かすことにより、意図された破断線又は分離線として基板に一種のミシン目線を生成するのに用いられる。

10

【 0 0 2 6 】

より高いレーザー出力の場合、それに応じてより深い穿孔を達成することができ、それにより穿孔の領域における分離が容易になる。

【 0 0 2 7 】

しかし、より深い穿孔を施すことは、予め応力を受けているガラス、つまり、開始状態で既に増大した固有応力を呈する材料に関して問題を提示する。特に特許文献 1 に記載されているように、高まった固有応力により、穿孔された領域において亀裂の自発的な形成及び伝播につながる場合がある。特に比較的高いレーザー出力の場合、加工中に既に基板の破断が起こり得る。したがって、分離プロセスを確実に管理及び制御することができないため、産業用途はかなり困難になる。

20

【 0 0 2 8 】

基板のレーザー照射中にワークを特殊な雰囲気にとらると、自発的な亀裂を低減又は更には完全に防止することができることがわかっている。例えば、レーザー照射中、ヒドロキシル (OH) イオンが少ないか又は更にはOHイオンのない保護ガス雰囲気が優勢な場合、亀裂が著しく低減又は遅延する。

【 0 0 2 9 】

レーザー照射中、窒素雰囲気を与えることにより、穿孔の領域に自発的な破断亀裂が生じるまでの時間が十分に延長される。

【 0 0 3 0 】

このようにして、基板が破断するように自発的な破断亀裂が基板に生じる前に、基板のレーザー照射のプロセスを終了することが可能になる。それに応じて、超短パルスレーザー放射による照射中、基板は、OHイオンが少ないか又はOHイオンのない雰囲気にとらされる。例えば、レーザー照射中に基板を収容する適度にガス密のチャンバーをこの目的で用いることができる。

30

【 0 0 3 1 】

0.2 vol % 未満、好ましくは 0.1 vol % 未満の水分を含む保護ガス雰囲気によって特に良好な実績 (experiences) が得られた。

【 0 0 3 2 】

したがって、レーザー照射により、既定の基板体積の穿孔と同様の深さにおいてフィラメント状の材料改質部を生成することが可能になる。既定の基板体積は、既定の分離領域を指し、この分離領域に沿って穿孔が生成され、したがって基板の表面に後の分離領域又は分離線を画定する。

40

【 0 0 3 3 】

このようにして分離線に沿って基板の深さ方向に穿孔することを可能にするために、基板又はレーザービームは互いに対して動かすことができることが特に有利である。通常、基板は、例えば、レーザー放射に対して一定の距離を有して基板の二次元移動を可能にする X-Y 軸調整アセンブリによって動かすことができる。さらに、この構成は、基板とレーザービームとの間の距離の調整を可能にするために、可動な Z 軸構成と組み合わせることができる。

【 0 0 3 4 】

50

基板材料は、少なくともレーザー放射の波長域において光学的に透明である。この場合、この波長域における光透過率は、少なくとも80%/cm、好ましくは少なくとも85%/cm、及び最も好ましくは少なくとも90%/cmである。したがって、レーザー放射は材料を貫通することができる。

【0035】

基板は、ガラス、サファイア、ダイヤモンドを含む群から選択される材料を含むことができる。驚くことに、本発明に係るレーザー照射は、例えばディスプレイ用途で知られている強化ガラス、及びまた板ガラスにも用いることができる。更に驚くことに、ガラスセラミック材料も加工することができる。

【0036】

経路に沿って基板に生成される深さ方向の穿孔は、基板の分離が起こることを意図されている分離線に沿って延びる。分離線は直線とすることができるが、真っ直ぐでなくても曲線であってもよい。例えば、分離線は、ドリル穴と同様に材料の分離を可能にするように非常に小さい半径を有することができる。

【0037】

穿孔は、基板の表面から深さ方向に垂直に延びることができる。しかし、同様に、表面に対して或る特定の角度で穿孔を生成し、例えば、基板に斜めの分離縁を生成することができる。この場合、レーザービームは垂直ではなく、代わりに基板の表面に対して既定の角度に向けられる。

【0038】

その後、穿孔された分離線に沿って材料の分離が達成される。この目的で、穿孔によって生じ、材料の損傷に相当する材料改質部が、分離縁の特定の表面品質と分離される基板の強度とを伴う分離を可能にするために、特定の程度に達することが必要である。

【0039】

分離線における分離は、穿孔が基板の材料の厚さの少なくとも40%、好ましくは少なくとも50%、及び最も好ましくは少なくとも55%に相当する深さに延びる場合に良好に行われることがわかっている。この場合、フィラメントは互いに対して約200µm~800µmの間隔を有するべきである。フィラメントは約15µm~250µmの断面を有することができる。

【0040】

このようにして、基板材料の十分広範囲にわたる予めの損傷を分離線に沿って達成することができ、それにより良好な分離能力が得られる。分離線に沿って材料を分離する場合、そのように生成された分離縁の驚くほど良好な品質を伴う分離縁が形成される。

【0041】

穿孔の領域において、分離縁は通常、隣接する平行なフィラメントのパターンを示し、分離縁の下にある領域ではそうではなく貝殻状の断裂パターンを示す。分離縁に得られる粗さ値は $R_a < 100 \mu m$ の範囲である。

【0042】

生成された分離縁は高レベルの縁強度を更に示す。これは4点曲げ試験によって求められる。達成される平均強度値は、強化ガラスの場合、少なくとも120MPaである。

【0043】

レーザー源は、基板が透明である波長域に応じて選択される。放出される放射の波長域は、基板の透過域内にある。

【0044】

レーザービームは、十分に高い強度を達成するために、ガウス強度分布を伴って空間的に収束することができる。第1の焦点は、基板、つまり基板体積内に位置する。レーザーパルスが基板体積においてこの点に当たる場合、プラズマを生成することができ、したがってその場所に材料改質部を生じることができる。その後の発散効果及び更なる収束効果によって、複数の収束点を含むフィラメント状の穿孔を基板体積において生成することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

例えば、透明ガラスにおける収束点は略球対称形状であることが多い。しかし、特殊な光学系によって、強化ガラスに非球状の空間形状の収束点を生成することが可能になる。例えば、楕円形、ランセット形、又は滴形の収束点が生成される。収束点のそのような形状は、亀裂の良好な伝播に起因して、特に1つの収束点から次の収束点へと亀裂の形成を促進し、したがってまた、達成することができる分離線の品質を向上する。

【 0 0 4 6 】

本発明に係る好適なレーザー源は、10kHz～120kHz、好ましくは30kHz～110kHz、及び最も好ましくは35kHz～105kHzの反復周波数(repetition rate)で動作する。

10

【 0 0 4 7 】

レーザーパルスの適切なパルス幅は、100ピコ秒を下回る、好ましくは10ピコ秒未満、及び最も好ましくは1ピコ秒未満の範囲である。レーザー源は約7ワット～12ワットの範囲の電力で動作することが特に好都合である。

【 0 0 4 8 】

このようなレーザー放射によって、強化ガラスの深さ方向に穿孔された分離線の生成にとって非常に良好な結果が得られる。

【 0 0 4 9 】

レーザー出力の増大により、特に強化ガラスにおいて自発的な亀裂の形成がより起こりやすくなることにつながり得る。一方、非強化ガラスでは、より密集した穿孔を達成することが可能であり、それにより更に分離能力が向上する。

20

【 0 0 5 0 】

本発明は更に、収束したレーザー放射によって、基板、特に強化ガラス又はガラスセラミックを分離する装置に関する。本装置は、

基板を収容するガス密チャンバーと、

超短パルスレーザー光源と、

基板及び/又はレーザー光源を互いに対して移動させる手段と、
を備え、それとともに、

基板は保護ガス雰囲気さらされ、

レーザー放射の波長域において透明である基板に超短パルスレーザー放射が向けられ、

レーザー照射により、フィラメント状の材料改質部が既定の体積において生成され、基板の深さ方向に延び、

30

材料改質部によって規定される分離線に沿って分離が達成される。

【 0 0 5 1 】

本発明は更に、少なくとも一面が本発明に係る方法によって加工されている、強化ガラス又はガラスセラミックの物品に関する。

【 0 0 5 2 】

収束したレーザー放射によって基板、特に強化ガラス又はガラスセラミックを分離する方法の一変更形態において、基板は第2の雰囲気にさらされ、その後、後の分離線に沿って基板に穿孔する。この第2の雰囲気は、ヒドロキシル(OH)イオンを含む保護ガス雰囲気(したがって第1の雰囲気を表す)とは異なる。第2の雰囲気は、第1の雰囲気よりも多い量のOHイオンを含む。

40

【 0 0 5 3 】

OHイオンの量の増大により、穿孔された分離線に沿ったワークの分離又は分割を促進することができるがわかっている。湿り蒸気等のOHイオンが豊富な雰囲気にさらすことにより、亀裂の形成を促進し、ひいては制御することができる。このようにして、材料の分離を達成する分割のプロセスステップに選択的に影響を与えることができ、それにより産業への容易な適用性がもたらされる。特に、自発的な破断亀裂が生じることを防止することが可能になる。

【 0 0 5 4 】

50

少なくとも1.4vol%、好ましくは少なくとも2vol%のOHイオン量を有する第2の雰囲気によって特に良好な実績が得られた。

【0055】

したがって、基板を収容するチャンバーはガス密とすることができ、それにより、OHイオンが少ない第1の雰囲気が容易に確立されることが特に有利である。さらに、このチャンバーは、基板をOHイオンが豊富な雰囲気にさらすようにも構成することができる。しかし、この装置は2つの別個のチャンバーを備えることが同様に可能であり、2つの別個のチャンバーはそれに応じて第1の雰囲気又は第2の雰囲気を与えるようになっている。

【0056】

本発明の更なる詳細は、図示の例示的な実施形態及び添付の特許請求の範囲の記載から明らかとなる。

【0057】

以下、本発明の例示的な実施形態を図面を参照して記載する。

【図面の簡単な説明】

【0058】

【図1】ワークテーブル上のワークを加工している間のレーザー加工装置を示す図である。

【図2】図1の拡大詳細図である。

【図3】レーザー加工装置の楕円形ビームの断面図である。

【図4】ランセット形ビームの断面図である。

【図5】滴形ビームの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0059】

図1は、ワークテーブル3上に載っているワーク2の上方のレーザー加工装置1を示している。レーザー加工装置は、超短パルスレーザー10及び収束光学系11を備え、ワーク2の上面付近に焦点13を有する収束した放射ビーム12を提供する。切削線又は破断線20がワーク2上に示されており、この線に沿ってワークを分離又は分割する。焦点13がこの線20に沿って移動することができるように準備が行われる。このことは、2つの座標方向21、22においてテーブルを調整することによって容易になる。非常に小さい調整増分が用いられる。

【0060】

超短パルスレーザー10は、2つ以上の連続した期間においてレーザーパルス列を送達することを可能にする。この放射の波長は、ワーク2が透明である波長域にあるように選択される。レーザーパルスのエネルギーは、各場合においてそれぞれの線状の損傷形状部14がワーク2の表面に対して横断方向に形成されるような大きさである。意図された破断線20に沿って収束光学系11を移動させることによって、一連の線状の損傷形状部14がワーク2において生成され、意図された破断面を実質的に画定する。本発明は、この一連の線状の損傷形状部14を線20に沿って生成することに関する。

【0061】

図2は、ワーク2を横断方向に貫通する損傷形状部14を概略的に示している。図示の例示的な実施形態において、損傷形状部14は、直線に沿って整列している3つのフィラメント形状部4、5、及び6を含む。これらのフィラメント形状部のそれぞれは、超短パルスレーザーのパルス列によって生成される。フィラメント形状部4の場合、プラズマスポット41がレーザービーム12の自己収束によって生成され、このプラズマスポットにおいてワークの材料はプラズマ相に遷移する。これに付随して、放射42が放出され、この放射は自己収束によって更なるプラズマスポット43をもたらす。このプロセスはレーザーパルスのエネルギーを使い果たすまで続く。実質的なプラズマ爆発が、熱膨張に起因してプラズマ生成スポット41、43、45において起こる。これは、主に、ワークの内部に生じる間隙に沿って形成される亀裂をもたらすことが望ましいが、亀裂46によって

10

20

30

40

50

示されているように、この溝に対して横断方向にも亀裂がもたらされる。これらの横断方向の亀裂46は望ましくなく、本発明によって可能な限り小さく保たれることが意図される。

【0062】

この目的のために、損傷形状部14は幾つかの段階で生成される。これは、2つ以上の連続した期間においてレーザーパルスを放出することによって達成される。1つの期間中のレーザーパルスのエネルギーは、1つの放出期間中に極僅かな小さいプラズマ爆発スポットが生成されるほど小さく選択される。このようにして、不都合な横方向の亀裂46の形成が著しく低減される。ワークの後の破断を予め規定する間隙及び分割亀裂が、フィラメント形状部4に沿って形成される。

10

【0063】

第2のレーザーパルス期間において、フィラメント形状部5がフィラメント形状部4と同様に生成される。プラズマバブル51、53、55及び発散収束スポット52、54が生成される。これらは第3のレーザーパルス期間中のプラズマバブル61、63及び発散収束スポット62と同様である。破断点の方向において事前に形成した間隙及び分割亀裂によって、より大きい深さに近づくことに成功する。上記破断点は、第2のレーザーパルス期間及び後続のレーザーパルス期間のためのガイド溝を実質的に提示している。連続したレーザーパルス期間の数はワーク2の厚さに応じて決まる。

【0064】

破断面20の方向における間隙の形成を促進するために、意図された破断方向に細長いすなわちより大きい寸法を有するレーザービームの断面形状を選択することが有用である。そのような断面形状は図3、図4、及び図5に示されている。楕円形の断面形状は、レーザービームの元の円形の断面形状を基にシリンダリカルレンズを組み合わせることによって得ることができる。ビーム断面の図4のランセット状の形状及び図5の滴形状は、特殊なレンズによって得ることができる。これらの形状は、意図された破断線20の方向における分割亀裂及び間隙を促進する。

20

【0065】

図示のように、破断線が湾曲することが所望される場合、レーザー放射ビームは、それに応じて、意図された破断方向に沿ってより大きい断面寸法が連続的に整列するように制御される必要がある。

30

【0066】

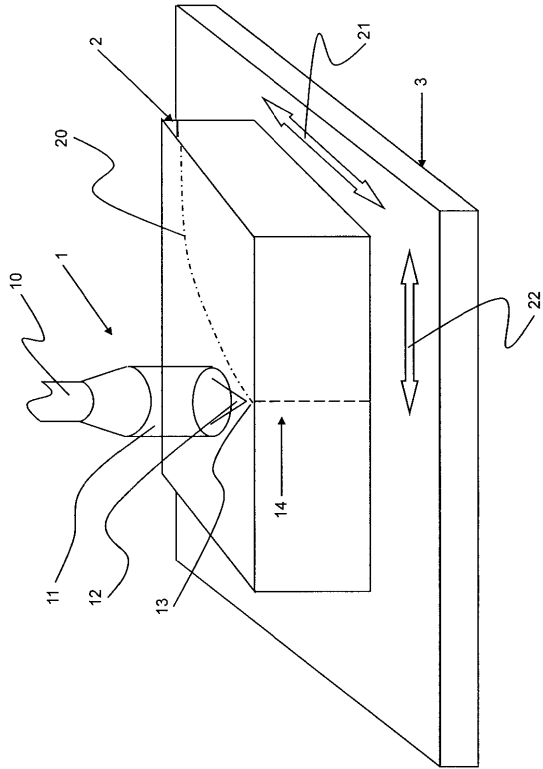
脆い材料を加工する際、意図された破断線20に沿った損傷形状部がまだ全て完成していないときに、ワークが自発的に破断する危険性がある。この危険性を最小限にするか又は完全に回避するために、窒素下のような「中性」雰囲気において加工が実行される。このようにして、分離又は分割されるように準備されている準備済みワークが得られる。次に、最終的な分離又は分割は、ワークを機械的張力にさらすことによって、水蒸気下又はヒドロキシル(OH)基を含む別の雰囲気において実行される。

【0067】

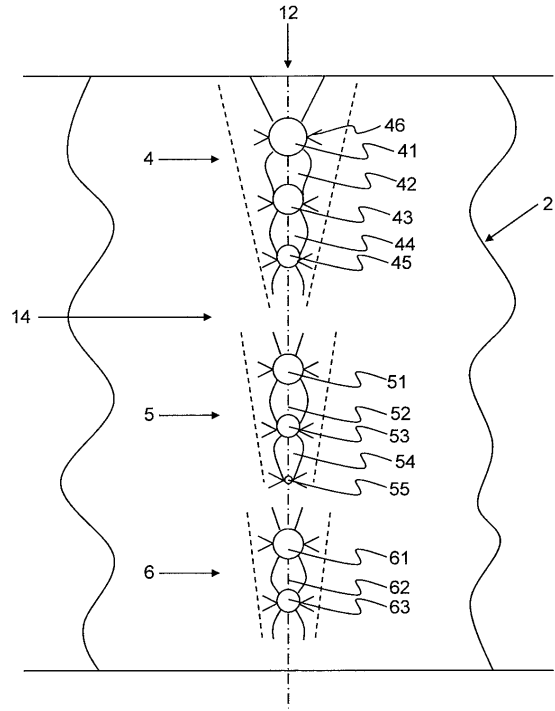
分離面においてより細かい断裂パターンを得ることを所望するほど、線20に沿った損傷形状部14の場所の間の間隔はより小さく選択されることに留意するべきである。この間隔は、損傷形状部の直径と同程度の大きさである。

40

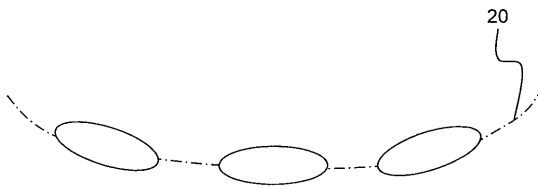
【 図 1 】



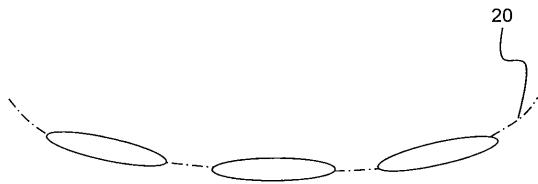
【 図 2 】



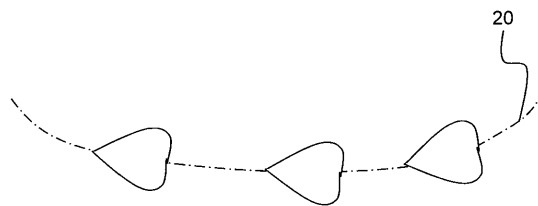
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 オートナー, アンドレアス
ドイツ 5 5 4 3 5 ガウ - アレグスハイム, マインツァー シュトラーセ 6 エル
- (72)発明者 ハーベック, アンドレアス
ドイツ 5 5 2 7 8 ウンデンハイム, アム アイスヴァイヤー 1 7
- (72)発明者 ガーストナー, クラウス
ドイツ 6 5 4 7 4 ビスフォスファイム, エレオーノレンシュトラーセ 2
- (72)発明者 ハーゼルホスト, ゲオルグ
ドイツ 6 1 3 8 9 シュミッテン, ダルヴェク 2 3
- (72)発明者 ワーグナー, ファービアン
ドイツ 5 5 1 1 8 マインツ, ワラウシュトラーセ 3 4

審査官 山崎 直也

- (56)参考文献 国際公開第2012/006736(WO, A2)
特表2006-513036(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 0 3 B 2 3 / 0 0 - 3 5 / 2 6
B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0
B 2 8 D 5 / 0 0