

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-521259
(P2017-521259A)

(43) 公表日 平成29年8月3日(2017.8.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23K 26/10 (2006.01)	B23K 26/10	4E168
B23K 26/50 (2014.01)	B23K 26/50	4G015
C03B 33/09 (2006.01)	C03B 33/09	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2017-501187 (P2017-501187)
 (86) (22) 出願日 平成27年7月8日 (2015.7.8)
 (85) 翻訳文提出日 平成29年3月2日 (2017.3.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/039468
 (87) 国際公開番号 WO2016/007572
 (87) 国際公開日 平成28年1月14日 (2016.1.14)
 (31) 優先権主張番号 62/021, 917
 (32) 優先日 平成26年7月8日 (2014.7.8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 397068274
 コーニング インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 31 コーニング リヴァーフロント ブ
 ラザ 1
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100175042
 弁理士 高橋 秀明
 (72) 発明者 グルンドミュラー, リヒャルト
 ドイツ連邦共和国 87663 レンゲン
 ヴァング アオサーレンゲンヴァング 1
 2

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 材料をレーザー加工するための方法および装置

(57) 【要約】

透明材料をレーザー加工する方法が開示される。この方法は、透明材料をキャリア上に配置する工程と、レーザービームを透明材料に透過させる工程とを含み得るものであり、レーザービームは、透明材料のキャリアとは反対側に入射し得る。透明材料はレーザービームに対して略透明であり得、キャリアは、支持基部およびレーザー攪乱要素を含み得る。レーザービームが、レーザー攪乱要素より下方においては、支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、レーザー攪乱要素は、透明材料を透過したレーザービームを攪乱させ得る。

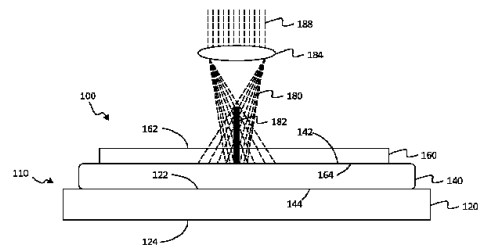


FIG. 1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

透明材料をレーザ加工する方法において、
前記透明材料をキャリア上に配置する工程と、
レーザビームを前記透明材料に透過させる工程であって、前記レーザビームが前記透明材料の前記キャリアとは反対側に入射する、工程と
を含み、

前記透明材料が前記レーザビームに対して略透明であり、
前記キャリアが支持基部およびレーザ攪乱要素を含み、
前記レーザビームが、前記レーザ攪乱要素より下方においては、前記支持基部を損傷するの十分な強度を有しないように、前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームを光学的に攪乱することを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

前記キャリアの少なくとも一部が、前記レーザビームに対して透明でない、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームによって損傷されない、請求項 1 または 2 記載の方法。

【請求項 4】

前記透明材料がガラスである、請求項 1 ~ 3 記載の方法。

20

【請求項 5】

前記透明材料に入射する前記レーザビームを用いて、前記透明材料に穿孔する工程を更に含む、請求項 1、2、または 3 記載の方法。

【請求項 6】

前記レーザビームが、(i) 約 1 ピコ秒 ~ 約 1 0 0 ピコ秒のパルス持続時間、および (i i) 各パルスバーストが少なくとも 2 つのパルスを有する、約 1 k H z ~ 2 M H z のパルスバースト繰り返し率のうち少なくとも一方を有する、請求項 1 ~ 5 記載の方法。

【請求項 7】

前記レーザ攪乱要素が、(i) 前記レーザビームを光学的に攪乱する粗面化された表面を有する、(i i) 曇りガラスを含む、(i i i) 半透明である、請求項 1 記載の方法。

30

【請求項 8】

レーザ加工のための多層スタック体において、
支持基部と、該支持基部上に配置されたレーザ攪乱要素とを含むキャリアと、
前記キャリア上に配置された、略平坦な上面および略平坦な底面を含む透明材料であって、該透明材料の前記キャリアとは反対側の表面に入射するレーザビームに対して略透明な透明材料と
を含み、

前記レーザビームが、前記レーザ攪乱要素より下方においては、前記支持基部を損傷するの十分な強度を有しないように、前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームを光学的に攪乱することを特徴とする多層スタック体。

40

【請求項 9】

前記レーザ攪乱要素が、前記レーザビームを光学的に攪乱する粗面化された表面を含む、請求項 8 記載の多層スタック体。

【発明の詳細な説明】

【関連出願】

【0001】

本願は、2014年7月8日出願された米国仮特許出願第62/021917号による権利を主張するものであり、上記出願の教示全体を参照して本明細書に組み込む。

50

【技術分野】

【0002】

本明細書は、一般的に、材料の製造に関し、より具体的には、材料のレーザ加工に関する。

【背景技術】

【0003】

近年の、装置のサイズ、重量、および材料コストの低減に対する顧客からの要求は、タッチスクリーン、タブレット、スマートフォン、およびテレビ用のフラットパネルディスプレイの大きな技術的成長につながっている。これらの材料の高精度の切断を必要とする用途において、工業用レーザが重要なツールになっている。しかし、高強度のレーザは、材料のレーザ加工において用いられる構成要素を損傷し得るので、レーザ加工は困難であり得る。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従って、材料をレーザ加工するための代替の方法および装置の必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書に記載される実施形態は、材料をレーザ加工するための方法および装置に関する。一実施形態によれば、透明材料がレーザ加工され得る。本方法は、透明材料をキャリア上に配置する工程と、レーザビームを透明材料に透過させる工程であって、レーザビームが、透明材料のキャリアとは反対側に入射し得る、工程とを含み得る。透明材料はレーザビームに対して略透明であり得、キャリアは、支持基部およびレーザ攪乱要素を含み得る。レーザビームがレーザ攪乱要素の下方において支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、レーザ攪乱要素は、透明材料を透過したレーザビームを攪乱し得る。

20

【0006】

別の実施形態において、レーザ加工のための多層スタック体は、支持基部とレーザ攪乱要素とを含むキャリアと、キャリア上に配置された透明材料とを含み得る。レーザ攪乱要素は、支持基部上に配置され得る。透明材料は、略平坦な上面および略平坦な底面を含んでもよく、透明材料は、透明材料のキャリアとは反対側の表面に入射するレーザビームに対して略透明であってもよい。レーザビームがレーザ攪乱要素の下方において支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、レーザ攪乱要素は、透明材料を透過したレーザビームを光学的に攪乱し得る。

30

【0007】

更に別の実施形態では、キャリア上に配置された透明材料がレーザ加工される際に、キャリアが保護され得る。この方法は、透明材料をキャリア上に配置する工程と、レーザビームを透明材料に透過させる工程と、支持基部と透明材料との間にレーザ攪乱要素を配置する工程とを含み得る。キャリアは、支持基部を含み得る。レーザビームは、透明材料のキャリアとは反対側の表面に入射してもよく、レーザビームは、キャリアを損傷するのに十分な強度を有する焦点領域を含み得る。レーザビームがレーザ攪乱要素の下方のどの位置においても支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、レーザ攪乱要素は、透明材料を透過したレーザビームを光学的に攪乱し得る。

40

【0008】

本明細書に記載される実施形態の更なる特徴および長所は、以下の詳細な説明で述べられると共に、部分的にはその説明から当業者に自明であり、または、以下の詳細な説明、特許請求の範囲、および添付の図面を含む本明細書に記載される実施形態を実施することによって認識される。

【0009】

上記の概要説明および以下の詳細説明は、様々な実施形態を説明するものであり、特許請求される主題の性質および特徴を理解するための概観または枠組みを提供することを意

50

図したものであることを理解されたい。添付の図面は、様々な実施形態の更なる理解を提供するために含まれ、本明細書に組み込まれてその一部をなすものである。図面は本明細書に記載される様々な実施形態を示しており、明細書と共に、特許請求される主題の原理および作用を説明する役割をするものである。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本明細書において示され記載される1以上の実施形態による、レーザ加工を受ける多層スタック体の断面図を模式的に示す

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付の図面に例が示されている、材料をレーザ加工するための装置および方法の実施形態を詳細に参照する。可能な場合には常に、複数の図面を通して、同一または類似の部分参照するために同一の参照番号が用いられる。図1には、レーザ加工のための多層スタック体の一実施形態が模式的に示されている。一般的に、レーザ加工は、レーザに対して透明な材料（本明細書においては「透明材料」とも称する）に穿孔するものであり得、この穿孔は、穿孔された孔において透明材料の切断を生じさせるかまたはそれに寄与し得る。多層スタック体は、一般的に、透明材料の上面に入射するレーザビームによって穿孔可能または別様で機械的に変形可能な透明材料を含む。透明材料はキャリア上に配置され、キャリアの少なくとも一部は、レーザビームに対して透明でない。キャリアは、一般的に、支持基部と、該支持基部と透明材料との間に配置されたレーザ攪乱要素とを含む。支持基部は透明材料を支持すると共に、レーザ加工される透明材料を移送するために用いられ得る。一実施形態では、支持基部材料は、レーザビームに対して透明でなくてもよく、キャリアを損傷するのに十分に高い強度を有するレーザビームの一部（例えばレーザビームの焦点領域等）が接触すると、損傷され得る。しかし、透明材料から出たレーザビームが支持基部に接触する前に、透明材料と支持基部との間に配置されたレーザ攪乱要素がレーザビームを攪乱して拡散させ、レーザ攪乱要素によってレーザビームが光学的に攪乱されると、レーザビームは、レーザ攪乱要素の下方において、支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないようになる。従って、レーザ攪乱要素は、支持基部を損傷するのに十分な強度を有するレーザビームの一部との接触に伴う損傷から、支持基部を保護するシールドとして作用し得る。本明細書において、透明材料のレーザ加工において用いられる方法および装置の様々な実施形態が、添付の特許請求の範囲を具体的に参照して記載される。

【0012】

図1を参照すると、多層スタック体100が模式的に示されている。一般的に、多層スタック体100は、透明材料160とキャリア110とを含み、キャリア110は、レーザ攪乱要素140と支持基部120とを含む。本明細書に記載される実施形態では、透明材料160は、支持基部120上に配置されたレーザ攪乱要素140上に配置される。本明細書において用いられる、或る位置に対して「上」という位置の参照は、「上」または「最上部」の位置が、多層スタック体100の、レーザビーム180が最初に入射する表面であることを想定している。例えば、図1では、光源からのレーザ188に最も近い透明材料160の表面は上面162であり、透明材料160の下方にレーザ攪乱要素140を配置することは、レーザビーム180が、レーザ攪乱要素140と相互作用する前に透明材料160を横断することを意味する。図1に示されるように、光源からのレーザ188は、透明材料160に入射するレーザビーム180の焦点領域（例えば焦線182等）を形成する光学素子184を透過する。

【0013】

透明材料160は、透明材料160を切断するために単独でまたは他の製造工程と共に用いられ得るレーザビーム180を用いて、レーザ加工され得る。本明細書において用いられる「レーザ加工」とは、レーザビーム180を用いて、切断、穿孔、溶接、または別様で材料の機械的完全性を変えることを指す。一般的に、レーザビーム180は、透明材

10

20

30

40

50

料160の機械的完全性を変えるには、透明材料160の特定の領域において、特定の強度を有しなければならない。従って、デフォーカスまたは攪乱されたレーザービームは、選択された領域において材料に機械的に影響するのに十分な強度を有しないものとなり得、一方、集光されたレーザービームは、レーザー加工される材料の領域を切断、穿孔、または溶発するのに十分な強度を有し得る。しかし、レーザービームの焦点領域（例えば、集光された焦線182を有するレーザービーム等）は、透明材料160を穿孔すると共に焦線182が直接接触した支持基部120を損傷するのに十分な強度を有し得る。レーザービーム180の焦線182は、光源からのレーザー188の経路を光学的に変えることができる光学アセンブリ184によって生成され得る。また、本明細書においてレーザービームに関して用いられる「強度」は、「エネルギー密度」としても参照され得るものであり、これら2つの用語は交換可能である。レーザービーム180は或る波長を有し、本明細書において用いられる「透明」な材料は、レーザーの波長の電磁放射に対して略透明であり、そのレーザーの波長において、透明材料160による吸収率は、材料の深さ1mm当たり約10%未満、約5%未満、または約1%未満である。「電磁放射」は、本明細書においては「光」として参照され得るものであり、これら2つの用語は交換可能であり、可視スペクトル内および可視スペクトル外の電磁放射に対応し得る。

10

20

30

40

50

【0014】

支持基部120は、一般的に、レーザービーム180によってレーザー加工される透明材料160を支持可能な任意の構造である。支持基部120は、透明材料160を担持するトレーとして作用し得るものであり、平坦な透明材料160と相互作用する略平坦な上面122と、支持基部120が配置され得る略平坦な作業台と相互作用する略平坦な底面124とを有し得る。支持基部120は、レーザー加工中の安定性のために台または他の作業空間に配置され得る。一実施形態において、支持基部120はアルミニウムで構成され得る。例えば、支持基部120は、約50%を超える、約70%を超える、約90%を超える、約95%を超える、または約99%を超えるアルミニウムで構成され得る。一実施形態において、支持基部120は、例えば3A Composites International AGから市販されている「ALUCORE」（登録商標）等のハニカムアルミニウム構造を有し得る。別の実施形態では、支持基部120は、ポリオキシメチレンで構成され得る。例えば支持基部120の材料等の透明でない材料に焦線182が接触すると、支持基部120は損傷される場合があり、それによってレーザー加工された透明材料160に汚れが生じ得る。本明細書において用いられる「支持基部120を損傷する」とは、支持基部120の上面122のスクラッチ、溶発、切断、切り傷、擦り傷、引っかき傷、または別様の機械的完全性の攪乱を含むが、これらに限定されない。

【0015】

一実施形態において、支持基部120は、レーザー加工中に台または他の作業台上に配置され得る。台または作業台は、台または作業台の表面に吸引力を生じる真空システムを有し得る。例えば、台または作業台は、表面に真空孔を有してもよく、支持基部120およびレーザー攪乱要素140はそれに対応する孔を有してもよく、その孔を通して、真空が吸引力を生じて、レーザー攪乱要素140上に配置された材料を固定し得る。例えば、透明材料160は、攪乱要素140、支持基部120、および作業台の貫通孔を透過する真空の吸引力によって攪乱要素140に固定され得る。支持基部120およびレーザー攪乱要素140は、例えばねじ、固定具、ピン、または他の適切な手段等を用いて、互いに機械的に固定され得る。従って、透明材料160は、レーザー加工される間、レーザー攪乱要素140上に載置されて、真空システムによって固定され得る。

【0016】

透明材料160は、レーザービーム180の電磁放射に対して略透明な任意の材料であり得る。例えば、透明材料160は、ガラス、サファイア、ケイ素、炭化ケイ素、水晶、アルミナ（ Al_2O_3 ）、窒化アルミニウム（ AlN ）、ジルコニア（ ZrO_2 ）、窒化ガリウム、ガリウムヒ素（ $GaAs$ ）、ガリウムリン（ GaP ）、アンチモン化ガリウム（ $GaSb$ ）、インジウムヒ素（ $InAs$ ）、インジウムリン（ InP ）、アンチモン化イ

ンジウム (InSb)、硫化カドミウム (CdS)、セレン化カドミウム (CdSe)、テルル化カドミウム (CdTe)、硫化亜鉛 (ZnS)、セレン化亜鉛 (ZnSe)、テルル化亜鉛 (ZnTe)、ゲルマニウム (Ge)、ニオブ酸リチウム (LiNbO₃)、タンタル酸リチウム (LiTaO₃)、またはそれらの組合せであり得るが、それらに限定されない。透明材料 160 は、例えば電子デバイスのカバーガラス等に適した略平坦な上面 162 および略平坦な底面 164 を有し得る。上面 162 および / または底面 164 は研磨され得る。別の実施形態では、透明材料 160 は半導体製造用のウェハ材料であり得る。透明材料 160 としてガラスが用いられる場合には、ガラスは、一般的に、シートとして形成するのに適した任意のガラスであってよい。一部の実施形態では、ガラスは、イオン交換可能なアルミノシリケートガラスであり得る。そのようなイオン交換可能なアルミノシリケートガラスの例としては、(コーニング社から市販されている)「Gorilla Glass」(登録商標)および「Gorilla Glass II」(登録商標)が挙げられるが、それらに限定されない。特にレーザ加工後のそのようなガラスは、例えば携帯型の民生用電子デバイスのカバーガラス等の多くの用途によく適したものとなり得る。

10

【0017】

レーザビーム 180 は、焦線 182 において透明材料 160 に対して穴あけ、切断、分離、穿孔、または別様の加工を行う目的で、透明材料 160 に小さい(マイクロメートル台以下の)「孔」を生じるよう動作可能であり得る。より具体的には、例えば 1064 nm、532 nm、355 nm、または 266 nm 等の波長を有する超短(即ち、 $10^{-10} \sim 10^{-15}$ 秒)パルスレーザビーム 180 が、焦線 182 として、透明材料 160 の表面または透明材料 160 内の焦点領域に欠陥を生じるのに必要な閾値を超えるエネルギー密度まで集光される。レーザビーム 180 は、約 1 kHz ~ 2 MHz の範囲内、別の実施形態では約 10 kHz ~ 約 650 kHz の範囲内の繰り返し率を有し得る。加工を繰り返すことにより、透明材料 160 に、レーザによって生じる所定の経路に沿って位置合わせされた一続きの欠陥を生じることができる。このレーザによって生じる特徴を十分に近接させることにより、透明材料 160 内に、制御された機械的脆弱性の領域を生成でき、透明材料 160 を、(図 1 では透明材料 160 の焦線 182 付近の領域として示されている)レーザによって生じた一続きの欠陥によって定められる経路に沿って、(機械的または熱的に)正確に破砕または分離できる。透明材料 160 の完全に自動化された分離を行うために、超短レーザのパルスの後に、必要に応じて、二酸化炭素(CO₂)レーザ、または他の熱応力源が続き得る。透明基体のレーザ加工に適用可能な代表的なレーザビーム 180 特性が、「METHOD AND DEVICE FOR THE LASER-BASED MACHINING OF SHEET-LIKE SUBSTRATES」という名称の米国特許出願第 61917092 号明細書に詳細に記載されており、その教示の全体を参照して本明細書に組み込む。

20

30

【0018】

レーザビーム 180 の波長は、レーザ加工される(レーザによって穴あけ、切断、溶融、損傷、または別様で知覚できるほど変性される)材料がレーザの波長に対して透明であるよう選択され得る。レーザ源の選択は、透明材料 160 内において多光子吸収(MPA)を生じる能力にも依存し得る。MPA は、より低いエネルギー状態(通常は接地状態)からより高いエネルギー状態(励起状態)まで材料を励起するための、同一または異なる周波数の複数の光子の同時吸収である。励起状態は、励起された電子状態または電離された状態であり得る。材料のより高いエネルギー状態とより低いエネルギー状態との間のエネルギー差は、2つの光子のエネルギーの合計に等しい。MPA は、線形吸収より数桁弱い三次の非線形のプロセスである。これは、MPA の強度が光強度の二乗に依存するという点で、線形吸収とは異なり、従って、これを非線形の光学プロセスとしている。普通の光強度においては、MPA は無視できるものである。例えばレーザビーム 180 (特にパルスレーザ源)の焦線 182 の領域等におけるように、光強度(エネルギー密度)が非常に高い場合には、MPA は感知できるものとなり、レーザビーム 180 のエネルギー密度が十分に高い領域(即ち焦線 182)内の材料内における測定可能な効果につながる。焦線 182 の領域内では、エネルギー密度は電離を生じるのに十分に高いものであり得る。

40

50

【 0 0 1 9 】

原子レベルでは、個々の原子の電離は個別のエネルギー要件を有する。ガラスで一般的に用いられている幾つかの元素（例えば、Si、Na、K）は、比較的低い電離エネルギー（例えば約5 eV）を有する。MPAの現象が生じないと、約5 eVで線形電離を生じるには約248 nmのレーザ波長が必要となる。MPAが生じると、約5 eVで、エネルギー的に離れた状態間の電離または励起を248 nmより長い波長で達成できる。例えば、532 nmの波長を有する光子は、約2.33 eVのエネルギーを有するので、532 nmの波長の2つの光子は、2光子吸収(TPA)において、約4.66 eVで、エネルギー的に離れた状態間の遷移を生じることができる。

【 0 0 2 0 】

従って、原子および結合は、レーザビーム180のエネルギー密度が、必要な励起エネルギーの半分を有するレーザ波長の非線形TPAを生じるのに十分高い透明材料160の領域内において、選択的に励起または電離され得る。MPAは、励起された原子または結合の局所的な再配置、および隣接する原子または結合からの分離を生じることができる。その結果、結合または構造内に生じる変性は、MPAが生じた材料領域からの物質の非熱的溶発および除去を生じさせることができる。この物質の除去は、透明材料160を機械的に脆弱にして、機械的または熱的応力が加えられた際にクラックまたは破砕を生じやすくする構造的欠陥（例えば、欠陥線、または「穿孔」）を生成する。穿孔の配置を制御することにより、それに沿ってクラックが生じる輪郭または経路を正確に定めることができ、材料の正確な微細加工を達成できる。一続きの穿孔によって定められる輪郭は、断層線として見なされ得るものであり、透明材料160内の構造的脆弱性の領域に対応する。一実施形態において、レーザ加工は、レーザビーム180によって処理された透明材料160からの部品の分離を含み、この場合、部品は、レーザによって生じるMPA効果によって形成された複数の穿孔の閉じた輪郭によって決定される正確に定められた形状または周囲を有する。本明細書において用いられる閉じた輪郭という用語は、レーザラインによって形成された穿孔の経路を指し、経路は一部の位置においてはそれ自体と交差している。内部輪郭とは、得られる形状が、材料の外側の部分によって完全に囲まれている場合に形成される経路である。

【 0 0 2 1 】

一実施形態によれば、穿孔は、超短パルスレーザを、ガラス組成物の或る範囲の本体を完全に穿孔するための焦線を生成する光学系と組み合わせて用いて達成され得る。一実施形態では、これらのパルスは単一のパルスであり（即ち、レーザは、パルスバースト（複数の単一パルスが近接した群）ではなく、等しく離間した単一のパルスであり）、個々のパルスのパルス持続時間は、約1ピコ秒より大きく且つ約100ピコ秒より小さい範囲内（例えば約5ピコ秒より大きく且つ約20ピコ秒より小さい等）であり、個々のパルスの繰り返し率は、約1kHz~4MHzの範囲内（例えば約10kHz~650kHzの範囲内等）であり得る。また、穿孔は、高エネルギーの短い持続時間の時間的に近接した複数のパルスの単一の「バースト」を用いて達成され得る。そのようなパルスは、バースト内の個々のパルス間の約1ナノ秒~約50ナノ秒（例えば、10~30ナノ秒、約20ナノ秒等）の範囲内の持続時間によって分離された2つ以上のパルス（例えば、例えば、3つのパルス、4つのパルス、5つのパルス、10個のパルス、15個のパルス、20個のパルス、またはそれ以上等）のバーストとして生成されてもよく、バースト繰り返し周波数は、約1kHz~約200kHzの範囲内であり得る。（バーストまたはパルスバーストの生成は、パルスの発光が均一且つ安定した流れではなく、パルスの密集したクラスタとなる、1つのタイプのレーザ動作である。）パルスバーストレーザビームは、その波長において材料が略透明であるよう選択される波長を有し得る。レーザパルス持続時間は、 10^{-10} 秒以下、 10^{-11} 秒以下、 10^{-12} 秒以下、または 10^{-13} 秒以下であり得る。例えば、レーザパルスの持続時間は、約1ピコ秒~約100ピコ秒、または別の実施形態では約5ピコ秒~約20ピコ秒であり得る。これらの「バースト」は、高い繰り返し率（例えばkHz台またはMHz台）で繰り返され得る。材料における

10

20

30

40

50

、測定された1バースト当たりの平均レーザ出力(バーストパルスが用いられる場合)は、材料の厚さ1mm当たり40 μ Jより大きいものであり得る(例えば、40 μ J/mm \sim 2500 μ J/mm、または500 \sim 2250 μ J/mm)。例えば、0.1mm \sim 0.2mmの厚さのガラスを用いる場合の一実施形態では、ガラスを切断および分離するために、1000 \sim 2000 μ J/mmの例示的な範囲を与える200 μ Jのパルスバーストが用いられ得る。例えば、例示的な0.5 \sim 0.7mmの厚さのガラスについては、ガラスを切断および分離するために、570 μ J/mm(400 μ J/0.7mm) \sim 1400 μ J/mm(700 μ J/0.5mm)の例示的な範囲に対応する400 \sim 700 μ Jのパルスバーストが用いられ得る。穿孔は、レーザおよび/または基体もしくはスタック体の移動を制御することによってレーザに対する基体またはスタック体の相対的な速度を制御することにより、離間されて正確に配置され得る。一実施形態では、レーザを用いて、1回の通過で、材料を貫通する高度に制御された完全な線の穿孔を生じることができ、これに伴う表面下損傷(約75 μ m未満、または約50 μ m未満)およびデブリの発生は非常に僅かである。これは、ガラスの厚さを完全に貫通するにはしばしば複数回の通過が必要となり、溶発処理から大量のデブリが生じ、より大きな表面下損傷(約100 μ m未満)およびエッジの欠けが生じる、材料を溶発させるための典型的なスポット集光レーザの使用とは対照的である。これらの穿孔、欠陥領域、損傷進路、または欠陥線は、一般的に、1 \sim 25マイクロメートル(例えば、3 \sim 12マイクロメートル、または5 \sim 20マイクロメートル)離間される。一部の実施形態によれば、パルスレーザは10W \sim 150Wのレーザ出力を有し、1パルスバースト当たり少なくとも2パルスのパルスバーストを生じる。一部の実施形態によれば、パルスレーザは10W \sim 100Wのレーザ出力を有し、1パルスバースト当たり少なくとも2 \sim 25パルスのパルスバーストを生じる。一部の実施形態によれば、パルスレーザは25W \sim 60Wのレーザ出力を有し、1バースト当たり少なくとも2 \sim 25パルスのパルスバーストを生じ、欠陥線間の周期性は2 \sim 20マイクロメートル、2 \sim 15マイクロメートル、または2 \sim 10マイクロメートルである。このパルスバーストレーザビームは、その波長において材料が略透明であるよう選択された波長を有し得る。一部の実施形態によれば、パルスは、10ピコ秒未満のパルス持続時間を有する。一部の実施形態によれば、パルスレーザは、10kHz \sim 1000kHzのパルス繰り返し周波数を有する。

10

20

30

40

50

【0022】

従って、単一の高エネルギーのパルスパルスを用いて、透明材料160内に顕微鏡的な(即ち、直径が約1 μ m未満、0.5nm未満(例えば400nm、または300nm)、または約100nm未満(例えば、50nm \sim 100nm)の)細長い「孔」(本明細書においては穿孔または欠陥線とも称する)を生成することが可能である。個々の穿孔は、数百キロヘルツ(例えば1秒当たり数十万個の穿孔)の速度で生成できる。従って、レーザ源と材料とを相対移動させることにより、これらの穿孔を互いに隣接させて配置できる(空間的分離は所望に応じて1マイクロメートル未満から数マイクロメートルまで様々である)。この空間的分離は、切断を容易にするよう選択される。一部の実施形態では、欠陥線は、透明材料160の上部から底部まで延びる孔または開いたチャネルである「貫通孔」である。更に、欠陥線の内径は、例えばレーザビーム焦線のスポット径と同じ大きさであり得る。レーザビーム焦線は、約0.1マイクロメートル \sim 約5マイクロメートル(例えば1.5 \sim 3.5マイクロメートル)の範囲内の平均スポット径を有し得る。

【0023】

焦線182を形成するために、光源からのレーザ188は光学アセンブリ184を透過し得る。適用可能な適切な光学アセンブリが、「STACKED TRANSPARENT MATERIAL CUTTING WITH ULTRAFAST LASER BEAM OPTICS, DISRUPTIVE LAYERS AND OTHER LAYERS」という名称の米国仮特許出願第61/917092号明細書に詳細に記載されており、その教示の全体を参照して本明細書に組み込む。例えば、光源からのレーザ188のビーム経路に配置される光学アセンブリ184は、光源からのレーザ188を、ビーム伝搬方向に沿って

見た場合に焦線 182 に変形するよう構成され、レーザビーム焦線 182 は、0.1 mm ~ 100 mm (例えば、0.1 ~ 10 nm) の範囲内の長さを有する。レーザビーム焦線は、約 0.1 mm ~ 約 10 mm、または約 0.5 mm ~ 約 5 mm の範囲内 (例えば約 1 mm、約 2 mm、約 3 mm、約 4 mm、約 5 mm、約 6 mm、約 7 mm、約 8 mm、または約 9 mm 等) の長さ、または約 0.1 mm ~ 約 1 mm の範囲内の長さを有してもよく、平均スポット径は約 0.1 マイクロメートル ~ 約 5 マイクロメートルの範囲内である。各孔または欠陥線は、0.1 マイクロメートル ~ 10 マイクロメートル、例えば 0.25 ~ 5 マイクロメートル (例えば、0.2 ~ 0.75 マイクロメートル) の直径を有し得る。光源からのレーザ 188 を集光して、定められた長さの焦線 182 を形成するために、例えば、図 1 に示されるように、球形または円盤形状の光学アセンブリ 184 が用いられ得る。

10

【0024】

なお、本明細書に記載されるそのようなピコ秒レーザの典型的な動作は、パルス 500 A の「バースト」500 を生じる。各「バースト」(本明細書においては「パルスバースト」500 とも称する) は、非常に短い持続時間の複数の個々のパルス 500 A (例えば 2 つのパルス、3 つのパルス、4 つのパルス、5 つのパルス、10 個、15 個、20 個、またはそれ以上) を含み得る。即ち、パルスバーストはパルスの「ポケット」であり、バーストは、各バースト内の個々の隣接するパルス間の分離より長い持続時間だけ互いから分離される。パルス 500 A は、100 ピコ秒まで (例えば、0.1 ピコ秒、5 ピコ秒、10 ピコ秒、15 ピコ秒、18 ピコ秒、20 ピコ秒、22 ピコ秒、25 ピコ秒、30 ピコ秒、50 ピコ秒、75 ピコ秒、またはそれらの間) のパルス持続時間 T_d を有する。バースト内の個々のパルス 500 A のエネルギーまたは強度は、バースト内の他のパルスのエネルギーまたは強度と等しくなくてもよく、バースト 500 内の複数のパルスの強度分布は、レーザ設計によって支配される時間的な指数関数的減衰にしばしば従う。好ましくは、本明細書に記載される例示的な実施形態のバースト 500 内の各パルス 500 A は、バースト内の後続のパルスから 1 ナノ秒 ~ 50 ナノ秒 (例えば 10 ~ 50 ナノ秒、または 10 ~ 30 ナノ秒) であり、この時間はレーザキャビティの設計によってしばしば支配される) の持続時間 T_p だけ時間的に分離される。所与のレーザについて、バースト 500 内の隣接するパルス間の時間的分離 T_p (パルスとパルスとの間) は比較的均一 ($\pm 10\%$) である。例えば、一部の実施形態では、バースト内の各パルスは、後続のパルスから約 20 ナノ秒だけ時間的に分離される (50 MHz)。例えば、約 20 ナノ秒のパルス間分離 T_p を生じるレーザでは、バースト内のパルス間分離 T_p は約 $\pm 10\%$ 以内または約 ± 2 ナノ秒以内に維持される。パルスの各「バースト」間の時間 (即ち、バースト間の時間的分離 T_b) は、それより遥かに長くなる (例えば $0.25 T_b$ 、1000 マイクロ秒、例えば 1 ~ 10 マイクロ秒、または 3 ~ 8 マイクロ秒)。本明細書に記載されるレーザの例示的な一部の実施形態では、約 200 kHz のバースト繰り返し率または周波数を有するレーザに対して、時間的分離 T_b は 5 マイクロ秒前後である。レーザバースト繰り返し率は、バースト内の最初のパルスと後続のバースト内の最初のパルスとの間の時間 T_b に関する (レーザバースト繰り返し率 = $1/T_b$)。一部の実施形態では、バースト繰り返し周波数は、約 1 kHz ~ 約 4 MHz の範囲内であり得る。より好ましくは、レーザバースト繰り返し率は、例えば約 10 kHz ~ 650 kHz の範囲内であり得る。各バースト内の最初のパルスと後続のバースト内の最初のパルスとの間の時間 T_b は、0.25 マイクロ秒 (4 MHz のバースト繰り返し率) ~ 1000 マイクロ秒 (1 kHz のバースト繰り返し率)、例えば 0.5 マイクロ秒 (2 MHz のバースト繰り返し率) ~ 40 マイクロ秒 (25 kHz のバースト繰り返し率)、または 2 マイクロ秒 (500 kHz のバースト繰り返し率) ~ 20 マイクロ秒 (50 kHz のバースト繰り返し率) であり得る。正確なタイミング、パルス持続時間、およびバースト繰り返し率は、レーザ設計に応じて変わり得るが、高い強度の短いパルス ($T_d < 20$ ピコ秒、および好ましくは $T_d = 15$ ピコ秒) が特に良好に働くことが示されている。

20

30

40

【0025】

50

材料（例えば、ガラス）を変性または穿孔するのに必要なエネルギーは、バーストエネルギー、即ち（各バースト500が一続きのパルス500Aを含む）1つのバースト内に含まれるエネルギーに関して、または（その多くがバーストを構成し得る）単一のレーザパルスに含まれるエネルギーに関して説明できる。これらの用途では、エネルギー/バーストは25~750 μ J、より好ましくは50~500 μ J、または50~250 μ Jであり得る。一部の実施形態では、エネルギー/バーストは100~250 μ Jである。パルスバースト内の個々のパルスのエネルギーはそれより低くなり、正確な個々のレーザパルスエネルギーは、パルスバースト500内のパルス500Aの数、およびレーザの減衰率（例えば、指数関数的減衰率）に応じて異なる。例えば、一定のエネルギー/バーストについて、1つのパルスバーストが10個のレーザパルス500Aを含む場合、各レーザパルス500Aは、同じパルスバースト500が2個のレーザパルスのみを有する場合よりも低いエネルギーを含む。

【0026】

本明細書の一部の実施形態に記載される薄いガラスのレーザ「溶発」切断は、溶発領域またはその付近におけるクラックの生成を抑制または防止しないこと、および任意の形状の自由形状切断を行う能力を含む長所を有する。フラットパネルディスプレイは、たとえ中心部に応力が加えられた場合でもエッジから壊れる傾向が顕著であるため、フラットパネルディスプレイ用のガラス基体においてエッジのクラックおよび残留エッジ応力を回避することは有益である。本方法は、有害な熱効果を生じずに切断する「低温」溶発技術であるため、本明細書に記載される方法における、調節されたビーム送出と組み合わされた超高速レーザの高いピーク出力は、上記の問題を回避できる。本方法による超高速レーザによるレーザ切断は、ガラスに応力を実質的に生じない。しかし、本明細書に記載されるレーザ加工方法および装置では、任意のタイプのレーザが用いられ得ることを理解されたい。

【0027】

引き続き図1を参照すると、レーザ攪乱要素140は、支持基部120上であって、支持基部120と透明材料160との間に配置されている。一実施形態において、レーザ攪乱要素140は、支持基部120の上面122の平坦な表面および透明材料160の底面164にそれぞれ対応する略平坦な上面142および底面144を有する略平坦なシートであり得る。一般的に、レーザ攪乱要素140は、レーザビーム180が（即ち、焦線182において）、レーザ攪乱要素140の下方において支持基部120を損傷するのに十分な強度を有しないように、透明材料160を透過したレーザビーム180を光学的に攪乱する。例えば、光学的攪乱は、レーザビーム180を反射、吸収、散乱、デフォーカスする、または別様でレーザビーム180と干渉することを含み得る。攪乱要素140は、レーザビーム180が多層スタック体100内の下層（例えば支持基部120等）を損傷または別様で変性するのを阻止または防止するために、入射レーザビーム180を反射、吸収、散乱、デフォーカス、または別様で入射レーザビーム180と干渉し得る。

【0028】

一実施形態において、レーザ攪乱要素140は、レーザ加工される透明材料160の直下に配置される。図1に、そのような構成が示されており、ビーム攪乱要素140は、本明細書に記載されるレーザ加工が行われる透明材料160の直下に配置された略平坦なシートである。一部の実施形態では、レーザ攪乱要素140は、支持基部120と直接接触するよう配置され得るが、他の実施形態では、支持基部120とレーザ攪乱要素140との間に、材料の別の層が配置され得る。一実施形態において、レーザ攪乱要素140は、その上面142から底面144まで測定された約0.5mm~約3mmの厚さを有し得る。レーザ攪乱要素140のエッジは、鋭い角部が実質的に存在しない、角部が面取りされた丸みのある形状を有し得る。

【0029】

レーザ攪乱要素140は、レーザ加工によって切断される透明材料160とは異なる光学特性を有する。例えば、ビーム攪乱要素140は、デフォーカス要素、散乱要素、半透

明の要素、または反射要素で構成され得る。デフォーカス要素は、レーザビーム光 180 がデフォーカス要素上またはその下方においてレーザビーム焦線 182 を形成するのを防止する材料で構成された界面または層である。デフォーカス要素は、レーザビーム 180 の波面を散乱させるまたは攪乱する屈折率の不均一性を有する材料または界面で構成され得る。レーザ攪乱要素が半透明の要素である実施形態では、半透明の要素は、レーザビーム 180 が、レーザビーム焦線 182 の形成を防止するのに十分低いエネルギー密度になるよう、半透明の要素のレーザビーム 180 とは反対側にある多層スタック体 100 の部分内で散乱または減衰した後にのみ、光の透過を可能にする界面または材料の層である。

【0030】

図 1 に示されるように、レーザビーム 180 は、透明材料 160 を透過して、レーザ攪乱要素 140 の上面 142 に接触し得る。レーザ攪乱要素 140 は、支持基部 120 に到達する前にレーザビーム 180 の強度が減少するよう、レーザビーム 180 を攪乱し得る。より具体的には、攪乱要素 140 の反射、吸収、デフォーカス、減衰、および/または散乱を用いて、レーザ放射に対する障壁または障害を生じることができる。攪乱要素 140 によるレーザビーム 180 の吸収、反射、散乱、減衰、デフォーカス等は、完全なものである必要はない。レーザビーム 180 に対する攪乱要素 140 の効果は、焦線 182 のエネルギー密度または強度を、支持基部 120 の切断、溶発、穿孔等に必要な閾値より低いレベルまで下げるのに十分なものであり得る。一実施形態において、攪乱要素 140 は、焦線 182 のエネルギー密度または強度を、支持基部 120 を損傷するのに必要な閾値より低いレベルまで下げる。レーザ攪乱要素 140 は、層または界面であり得、レーザビーム 180 を吸収、反射、散乱するよう構成され得るが、この吸収、反射、または散乱は、支持基部 120 (または他の下層) まで透過するレーザビーム 180 のエネルギー密度または強度を、支持基部 120 または他の下層の損傷を生じるのに必要なレベルより低いレベルまで下げるのに十分なものであり得る。

【0031】

一実施形態において、レーザ攪乱要素 140 は、レーザ攪乱要素 140 の上面 142 において、レーザビーム 180 を光学的に攪乱してもよい。例えば、一実施形態において、レーザ攪乱要素 140 は、その最上層 142 または表面改質された上面 142 に、膜を含み得る。例えば、攪乱要素 140 は、入射光を散乱させるために実質的に粗くなるよう改質された粗面化された上面 142 (透明材料 160 に最も近い表面) を含み得る。更に、レーザ攪乱要素 140 の上面 142 が、レーザビーム 180 と干渉するよう作用する場合には、レーザ攪乱要素 140 の上面 142 より下方には焦線 182 が形成されないので、レーザ攪乱層のバルク材料は、透明基体と略同じ材料であってもよい。例えば、一実施形態において、透明材料 160 はガラスであってもよく、攪乱要素 140 もガラスであってもよい。更に、レーザの波長に対して透明なバルク材料を有するレーザ攪乱要素 140 は、レーザを透過させて、攪乱要素 140 のバルク材料構造にわたって強度を実質的に分散させ得る。そのような実施形態では、レーザ攪乱要素 140 は、透明材料 160 を透過したレーザビーム 180 によって損傷されない。

【0032】

一実施形態において、レーザ攪乱要素 140 は、例えば、曇りガラスのシート等の曇りガラスで構成され得る。曇りガラス(結霜ガラスとも称される)は、略半透明であり得る。比較的粗い上面 142 は、入射レーザビーム 180 を散乱させる半透明の要素として作用し得る。曇りガラスは、入射光を攪乱させるよう作用する半透明の外観を有するよう、化学エッチングによって、サンドブラストによって、または別様で製造され得る。しかし、一実施形態において、曇りガラスは、レーザ加工中に上面 142 に載置される透明材料 160 を損傷しないよう、略平滑であってもよい。例えば、サンドブラストによる曇りガラスは、レーザ加工される透明材料 160 がレーザ攪乱要素 140 上に配置される際に、透明材料 160 を引っ掻いて損傷するほど粗い場合がある。しかし、化学エッチングによるガラスは、透明材料 160 を損傷しないために十分に平滑でありながら、適切な光学特性を提供し得る。本明細書において用いられる、透明材料 160 の「損傷」とは、例えば

10

20

30

40

50

引っ掻き傷、切断、または他の擦り傷等の、人間の目で検出可能な損傷を意味する。

【 0 0 3 3 】

一実施形態において、上面 1 4 2 の平均粗さ (R a) は、約 0 . 5 マイクロメートル以上、約 0 . 8 マイクロメートル以上、約 1 . 0 マイクロメートル以上、約 1 . 5 マイクロメートル以上、または約 2 . 0 マイクロメートル以上であり得る。本明細書において用いられる「 R a 」は、局所的な表面高さと平均表面高さとの差の算術平均として定義され、以下の式によって記述できる。

【 0 0 3 4 】

【 数 1 】

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

10

【 0 0 3 5 】

式中、 Y i は、平均表面高さに対する相対的な局所的表面高さである。他の実施形態では、 R a は約 0 . 5 マイクロメートル～約 2 . 0 マイクロメートル、約 0 . 5 マイクロメートル～約 1 . 5 マイクロメートル、または約 0 . 5 マイクロメートル～約 1 . 0 マイクロメートルであり得る。例えば、一実施形態において、曇りガラスは、米国ウェストバージニア州クラークスバーグのEuropTec USAから市販されているEagleEtch (登録商標) 酸エッチングガラスであり得る。

20

【 0 0 3 6 】

別の実施形態では、レーザ攪乱要素 1 4 0 は、レーザビーム 1 8 0 を攪乱すると共に、例えば支持基部 1 2 0 等の下層を実質的に保護するよう作用する表面膜層を含み得る。この光学的攪乱膜層は、熱蒸着、物理蒸着、および/またはスパッタリングによって付着され得るものであり、その厚さは、用いられるレーザの波長の関数であり得る。この薄膜は、 M g F 2 、 C a F 2 、ポリ (メチルメタクリレート) 、 P M M I 、ポリカーボネート、スチレン - アクリロニトリルコポリマー、ポリスチレン、環状オレフィンポリマー、環状オレフィンコポリマー、およびそれらの組合せで構成され得るが、それらに限定されない。

【 0 0 3 7 】

特許請求される主題の趣旨および範囲から逸脱することなく、本明細書に記載される実施形態に対して様々な変形および変更が行われ得ることが、当業者には自明であろう。従って、本明細書は、添付の特許請求の範囲およびそれらの等価物の範囲内である、本明細書に記載される様々な実施形態のそのような変形および変更を網羅することが意図される。

30

【 0 0 3 8 】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

【 0 0 3 9 】

実施形態 1

透明材料をレーザ加工する方法において、
前記透明材料をキャリア上に配置する工程と、
レーザビームを前記透明材料に透過させる工程であって、前記レーザビームが前記透明材料の前記キャリアとは反対側に入射する、工程と
を含み、

40

前記透明材料が前記レーザビームに対して略透明であり、

前記キャリアが支持基部およびレーザ攪乱要素を含み、

前記レーザビームが、前記レーザ攪乱要素より下方においては、前記支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームを光学的に攪乱する

ことを特徴とする方法。

50

- 【 0 0 4 0 】
 実施形態 2
 前記レーザ攪乱要素が曇りガラスを含む、実施形態 1 記載の方法。
- 【 0 0 4 1 】
 実施形態 3
 前記キャリアの少なくとも一部が、前記レーザビームに対して透明でない、実施形態 1 または 2 記載の方法。
- 【 0 0 4 2 】
 実施形態 4
 前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームによって損傷されない、実施形態 1、2、または 3 記載の方法。 10
- 【 0 0 4 3 】
 実施形態 5
 前記透明材料がガラスである、実施形態 1 記載の方法。
- 【 0 0 4 4 】
 実施形態 6
 前記透明材料に入射する前記レーザビームを用いて、前記透明材料に穿孔する工程を更
 に含む、実施形態 1 記載の方法。
- 【 0 0 4 5 】
 実施形態 7 20
 前記レーザビームが、約 1 ピコ秒～約 1 0 0 ピコ秒のパルス持続時間を有する、実施形
 態 1～6 のいずれか 1 つに記載の方法。
- 【 0 0 4 6 】
 実施形態 8
 前記レーザビームが約 1 k H z ～ 2 M H z のパルスバースト繰り返し率を有し、各パル
 スバーストが少なくとも 2 つのパルスを有する、実施形態 1～7 のいずれか 1 つに記載の
 方法。
- 【 0 0 4 7 】
 実施形態 9 30
 前記レーザ攪乱要素が、前記レーザビームを光学的に攪乱する粗面化された表面を含む
 、実施形態 1～8 のいずれか 1 つに記載の方法。
- 【 0 0 4 8 】
 実施形態 1 0
 前記粗面化された表面の平均粗さ (R a) が約 0 . 5 マイクロメートル以上である、実
 施形態 9 記載の方法。
- 【 0 0 4 9 】
 実施形態 1 1
 前記粗面化された表面が、前記透明材料に最も近い前記レーザ攪乱要素の表面である、
 実施形態 9 または 1 0 記載の方法。
- 【 0 0 5 0 】 40
 実施形態 1 2
 前記レーザ攪乱要素が略平坦なシートである、実施形態 1～8 のいずれか 1 つに記載の
 方法。
- 【 0 0 5 1 】
 実施形態 1 3
 前記レーザ攪乱要素が半透明である、実施形態 1～8、および 1 2 のいずれか 1 つに記
 載の方法。
- 【 0 0 5 2 】
 実施形態 1 4 50
 レーザ加工のための多層スタック体において、

支持基部と、該支持基部上に配置されたレーザ攪乱要素とを含むキャリアと、
前記キャリア上に配置された、略平坦な上面および略平坦な底面を含む透明材料であつて、該透明材料の前記キャリアとは反対側の表面に入射するレーザビームに対して略透明な透明材料と
を含み、

前記レーザビームが、前記レーザ攪乱要素より下方においては、前記支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームを光学的に攪乱することを特徴とする多層スタック体。

【 0 0 5 3 】

実施形態 1 5

前記レーザ攪乱要素が、前記レーザビームを光学的に攪乱する粗面化された表面を含む、実施形態 1 4 記載の多層スタック体。

【 0 0 5 4 】

実施形態 1 6

前記粗面化された表面の平均粗さ (R a) が約 0 . 5 マイクロメートル以上である、実施形態 1 5 記載の多層スタック体。

【 0 0 5 5 】

実施形態 1 7

キャリア上に配置された透明材料をレーザ加工する際にキャリアを保護する方法において、

支持基部を含む前記キャリア上に前記透明材料を配置する工程と、

レーザビームを前記透明材料に透過させる工程であつて、前記レーザビームが前記透明材料の前記キャリアとは反対側の表面に入射し、前記レーザビームが、前記キャリアを損傷するのに十分な強度を有する焦点領域を含む、工程と、

前記支持基部と前記透明材料との間にレーザ攪乱要素を配置する工程であつて、前記レーザビームが、前記レーザ攪乱要素より下方のどの位置においても、前記支持基部を損傷するのに十分な強度を有しないように、前記レーザ攪乱要素が、前記透明材料を透過した前記レーザビームを光学的に攪乱する、工程と
を含むことを特徴とする方法。

【 0 0 5 6 】

実施形態 1 8

前記レーザ攪乱要素が、前記レーザビームを光学的に攪乱する粗面化された表面を含む、実施形態 1 7 記載の方法。

【 0 0 5 7 】

実施形態 1 9

前記粗面化された表面の平均粗さ (R a) が約 0 . 5 マイクロメートル以上である、実施形態 1 8 記載の方法。

【 0 0 5 8 】

実施形態 2 0

前記レーザ攪乱要素が曇りガラスを含む、実施形態 1 7 記載の方法。

【 0 0 5 9 】

実施形態 2 1

前記レーザビームがパルスレーザによって生じ、該パルスレーザが 1 0 W ~ 1 5 0 W のレーザ出力を有し、 1 パルスバースト当たり少なくとも 2 パルスのパルスバーストを生じる、実施形態 1 記載の方法。

【 0 0 6 0 】

実施形態 2 2

前記パルスレーザが 1 0 W ~ 1 0 0 W のレーザ出力を有し、 1 パルスバースト当たり少なくとも 2 ~ 2 5 パルスのパルスバーストを生じる、実施形態 2 1 記載の方法。

10

20

30

40

50

- 【 0 0 6 1 】
 実施形態 2 3
 前記パルスレーザが 2 5 W ~ 6 0 W のレーザ出力を有し、1 バースト当たり少なくとも 2 ~ 2 5 パルスのパルスバーストを生じ、欠陥線間の周期性が 2 ~ 2 0 マイクロメートルである、実施形態 2 1 記載の方法。
- 【 0 0 6 2 】
 実施形態 2 4
 前記レーザ攪乱要素が曇りガラスを含む、実施形態 2 3 記載の方法。
- 【 0 0 6 3 】
 実施形態 2 5 10
 前記パルスレーザが 1 0 W ~ 1 5 0 W のレーザ出力を有し、1 パルスバースト当たり少なくとも 2 パルスのパルスバーストを生じる、実施形態 1 または 1 7 記載の方法。
- 【 0 0 6 4 】
 実施形態 2 6
 前記パルスレーザが 1 0 W ~ 1 0 0 W のレーザ出力を有し、1 パルスバースト当たり少なくとも 2 ~ 2 5 パルスのパルスバーストを生じる、実施形態 2 5 記載の方法。
- 【 0 0 6 5 】
 実施形態 2 7
 前記パルスレーザが 2 5 W ~ 6 0 W のレーザ出力を有し、1 バースト当たり少なくとも 2 ~ 2 5 パルスのパルスバーストを生じ、欠陥線間の周期性が 2 ~ 2 0 マイクロメートルである、実施形態 2 5 記載の方法。 20
- 【 0 0 6 6 】
 実施形態 2 8
 前記レーザビームがパルスレーザによって生じる、実施形態 1 または 1 7 記載の方法。
- 【 0 0 6 7 】
 実施形態 2 9
 前記パルスレーザが約 1 0 ピコ秒 ~ 約 1 0 0 ピコ秒のパルス持続時間を有する、実施形態 2 8 記載の方法。
- 【 0 0 6 8 】
 実施形態 3 0 30
 前記パルスレーザが 1 0 ピコ秒未満のパルス持続時間を有する、実施形態 2 9 記載の方法。
- 【 0 0 6 9 】
 実施形態 3 1
 前記パルスレーザが 1 0 k H z ~ 1 0 0 0 k H z のパルス繰り返し周波数を有する、実施形態 2 8、2 9、または 3 0 記載の方法。
- 【 符号の説明 】
- 【 0 0 7 0 】
- 1 0 0 多層スタック体
 - 1 1 0 キャリア 40
 - 1 2 0 支持基部
 - 1 6 0 透明材料
 - 1 4 0 レーザ攪乱要素
 - 1 8 0 レーザビーム
 - 1 8 2 焦線
 - 1 8 4 光学アセンブリ
 - 1 8 8 光源からのレーザ

【 図 1 】

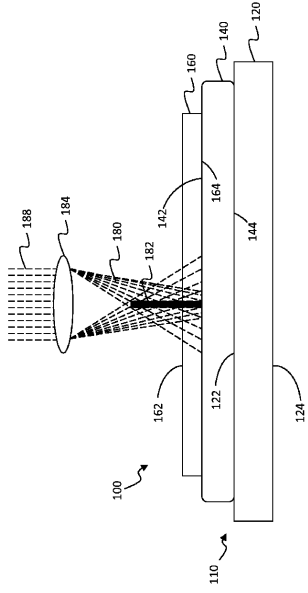


FIG. 1

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2015/039468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. C03B33/02 C03B33/09 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C03B B23K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/111480 A1 (MARUYAMA YUMI [JP] ET AL) 17 May 2007 (2007-05-17) paragraphs [0022], [0023], [0081] - [0085]; figures 1-4, 8-10b -----	1-14, 16-31
X	EP 2 133 170 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]) 16 December 2009 (2009-12-16) paragraphs [0050], [0051]; figures 1, 4 -----	1-31
X	US 2013/189806 A1 (HOSHINO HITOSHI [JP]) 25 July 2013 (2013-07-25) paragraphs [0035], [0036]; figure all -----	1-31
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 9 October 2015		Date of mailing of the international search report 19/10/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Marrec, Patrick

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2015/039468

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007111480 A1	17-05-2007	DE 102006052694 A1 KR 20070052203 A US 2007111480 A1	31-05-2007 21-05-2007 17-05-2007
EP 2133170 A1	16-12-2009	CN 101602148 A EP 2133170 A1 JP 2009297734 A KR 20090129368 A TW 201012582 A US 2010032087 A1	16-12-2009 16-12-2009 24-12-2009 16-12-2009 01-04-2010 11-02-2010
US 2013189806 A1	25-07-2013	JP 2013152986 A US 2013189806 A1	08-08-2013 25-07-2013

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ヘルンベルガー, フランク ファビアン

ドイツ連邦共和国 8 1 6 7 5 ミュンヘン トロガーシュトラッセ 6 0

(72)発明者 クライン, ミヒャエル

ドイツ連邦共和国 8 2 2 0 5 ギルヒング シェルゲナンツヴェーク 8

(72)発明者 スパエス, フロリアン

ドイツ連邦共和国 8 2 2 7 9 エヒング ランゲツッカーシュトラッセ 2 0

Fターム(参考) 4E168 AD07 AD11 AE01 DA02 DA03 DA04 DA23 DA37 DA40 DA46

EA11 EA26 HA01 JA13 JA14

4G015 FA06 FA09 FB01 FC14