

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7082042号

(P7082042)

(45)発行日 令和4年6月7日(2022.6.7)

(24)登録日 令和4年5月30日(2022.5.30)

(51)国際特許分類

F I

B 2 3 K 26/53 (2014.01)

B 2 3 K 26/53

C 0 3 B 33/09 (2006.01)

C 0 3 B 33/09

C 0 3 C 15/00 (2006.01)

C 0 3 C 15/00

B

B 2 3 K 26/55 (2014.01)

B 2 3 K 26/55

B 2 3 K 26/064 (2014.01)

B 2 3 K 26/064

A

請求項の数 9 (全34頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-500609(P2018-500609)

(86)(22)出願日 平成28年7月8日(2016.7.8)

(65)公表番号 特表2018-528078(P2018-528078  
A)

(43)公表日 平成30年9月27日(2018.9.27)

(86)国際出願番号 PCT/US2016/041485

(87)国際公開番号 WO2017/011296

(87)国際公開日 平成29年1月19日(2017.1.19)

審査請求日 令和1年7月8日(2019.7.8)

(31)優先権主張番号 62/190,823

(32)優先日 平成27年7月10日(2015.7.10)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

前置審査

(73)特許権者 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 1 4 8  
3 1 コーニング リヴァーフロント プ  
ラザ 1

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史

(72)発明者 クラーク, ジェフリー マシュー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8  
3 0 コーニング イー フォース ストリ  
ート 1 4

(72)発明者 キーチ, ジョン タイラー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8  
7 0 ペインテッド ポスト エス オーク  
ウッド ドライブ 3 0 4 6

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 可撓性基体シートに孔を連続形成する方法およびそれに関する製品

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基体を製作するプロセスにおいて、

( I ) レーザビームを出射するように動作可能な少なくとも1つのレーザを含むレーザ処理アセンブリに、前記レーザビームに実質的に透明な基体を配置する工程と、

( I I ) 前記レーザビームを、該レーザビームのビーム伝播方向に沿って見た、レーザビーム焦線に集光する工程と、

( I I I ) 前記レーザビーム焦線を前記基体内に向けて、該レーザビーム焦線が該基体内に誘起吸収を生成して、前記誘起吸収が該基体内に該レーザビーム焦線に沿った欠陥部を生成する工程と、

( I V ) 前記基体を前記レーザビームに対し平行移動しながら前記工程( I I I )を繰り返す工程であって、それにより、レーザが該基体内に第1の複数の欠陥部と第2の複数の欠陥部を生成し、前記第2の複数の欠陥部は閉じた境界部を画定し、前記第1の複数の欠陥部は前記閉じた境界部内に位置する、工程と、

( V ) 前記基体の少なくとも1つの構成片を前記基体の残りの部分から、前記第2の複数の欠陥部によって画定された前記閉じた境界部に沿って分離する工程と、

( V I ) 前記第1の複数の欠陥部を金属被覆する工程と、  
を有するプロセス。

## 【請求項 2】

前記基体を、ガラス基体シート、ガラス セラミック基体シート、溶融シリカ、および、

サファイアシートからなる群から選択するものである、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 3】

前記第 2 の複数の欠陥部が、約 20  $\mu\text{m}$  未満の欠陥部間のピッチを有するものである、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 4】

前記第 1 の複数の欠陥部の各々が、前記基体を通して延伸する孔を含み、前記孔を金属被覆して、前記孔を通る導電性を提供するものである、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 5】

前記第 1 の複数の欠陥部をエッチングして、該第 1 の複数の欠陥部を拡大する工程を、更に有する、請求項 1 に記載のプロセス。

10

【請求項 6】

前記構成片を、前記第 2 の複数の欠陥部によって画定された前記境界部に沿って分離する工程が、該構成片の少なくとも 1 つの側に沿って、鋸歯状の縁部を提供し、前記鋸歯状の縁部を、前記閉じた境界部の前記第 2 の複数の欠陥部によって形成し、前記鋸歯状の縁部を構成する各鋸歯状部の大きさが約 10  $\mu\text{m}$  未満で、該鋸歯状部のピッチが約 20  $\mu\text{m}$  未満である、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 7】

前記レーザービームが、パルス状レーザービームを含むものである、請求項 1 に記載のプロセス。

20

【請求項 8】

前記基体が、約 10 % 未満の前記レーザービームの波長の吸収率または散乱率を有するものである、請求項 1 に記載のプロセス。

【請求項 9】

各々が閉じた境界部を画定する、前記第 2 の複数の欠陥部の複数の群によって、複数の構成片を画定し、前記第 1 の複数の欠陥部の複数の群が、各前記閉じた境界部内に配置されるものである、請求項 1 に記載のプロセス。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

30

本願は、米国特許法第 119 条の下、2015 年 7 月 10 日出願の米国仮特許出願第 62 / 190,823 号の優先権の利益を主張し、その内容は依拠され、全体として参照により本明細書に組み込まれる。

【技術分野】

【0002】

本発明は、可撓性基体シートに孔を連続形成する方法、および、それに関する製品に関する。

【背景技術】

【0003】

ガラスは、半導体利用における電気インターポーザ基体の使用について、従来の結晶性シリコンおよび有機基体と比べて、多くの利点を有する。ガラスの 1 つの利点は、大型フラットパネル型、つまり、従来の 300 mm ウェハの大きさをかなり超えて、1 辺が何メートルもの大きさで製作しうることである。他の利点は、ガラスの機械的剛性である。ガラスの更に他の利点は、高い電氣的インピーダンスである。この点は、高周波数において、特に、高いデータ送信速度のために採用される無線周波数 (RF) について、特に有用である。更に、非常に平坦で平滑な表面を有する特殊ガラス基体を、熔融形成工程などを介して形成し、費用の高い研磨工程の必要性を削減または排除することができる。このガラスシートの低い粗さ、または、表面品質は、密集した (間隔が狭い) 電気トレースのパターン形成を可能にする。

40

【0004】

50

現在、半導体市場は、結晶性シリコンが支配しており、半導体チップ自体をシリコンから製作することが最も多い。したがって、大量のシリコンウェハのインフラストラクチャがあり、シリコンのように取扱いでき、シリコンのような振る舞いをするガラスを、既にあるインフラストラクチャにおいて用いてもよい。幸運にも、必要に応じて、ガラスを切断してウェハ形状にすることができる。更に、ガラス組成物を、シリコンと同様の熱膨張係数を有するように調整することができる（例えば、約  $3 \text{ ppm} / ^\circ\text{C}$ ）。

#### 【0005】

そのような結果的に得られるガラスウェハの使用例の1つは、その上に薄いシリコンウェハを貼り付けて処理する、単に担体基体としてである。他の使用例は、RF構成要素用または電氣的インターポーザ用基体を形成するために、ガラスウェハを用いることを含む。例えば、インターポーザは、CPU（中央処理装置）と他のCPUとの間で、または、CPUとGPU（画像処理装置）との間で、または、CPUと他の下層の装置との間でなど、2つの電氣的処理チップ間で電氣信号を伝達する相互接続ボードを提供する。このようにガラスウェハを使うためには、ウェハは、その中に、利用例に特有の位置に多数の（例えば、略数十万以上の）孔を有する必要がある。電氣的接続を実現するには、ガラス表面上に金属トレースをパターン形成して、リトグラフおよび金属蒸着または電氣めっきを用いて、孔の内側を同等に精密に金属被覆する。

#### 【0006】

金属被膜すると、ガラスを回路基板に一体化することができ、そこにチップを結合する。その後、ウェハをさいの目状に切断して、個々のコンポーネントへと分離する。

#### 【0007】

従来のガラスのインターポーザは、既に望ましい大きさおよび形状に切断したウェハから形成する。これらのウェハを、レーザシステムに載置する。これらのレーザシステムは、機械的な固定部または視覚的位置合わせを用いて、ウェハの縁部、または、ウェハ上の他の基準位置を位置合わせする。次に、レーザ処理は、ウェハ内に望ましい孔を生成する。次に、ウェハを取り除く。これは、一度に1つを行うタイプの動作である。このプロセスフローは、多くの製造非効率性につながる。

#### 【0008】

在庫管理が、問題となりうるものである。ウェハには、エンドユーザが望む多数の大きさおよび形状があり（直径が、100、150、200、および、300 mmで、切込み部、平坦部などがあり、様々な寸法のパネルで、各々、異なる組成または厚さを有する）、これらの全てを予め作製して、十分な量を在庫として保持しなければならない。

#### 【0009】

更に、パターンの精度、例えばウェハの縁部に対する孔の配置の精密さも、最適とはなっていない。概して、ウェハを、機械的な傷付け、および、切れ目入れ処理で切断し、次に、縁部研削処理を行うので、ウェハの幾何学形状および大きさの精度は略 $\pm 100$ マイクロメートル以上となる。これは、次に、ウェハの幾何学的縁部に対する孔パターンの配置位置の変動につながる。この不確実性は、金属トレースパターン形成用のリトグラフィ工程などの下流側処理で、孔パターンを配置するために必要な、孔パターンの位置合わせの複雑さを増加させることになる。

#### 【0010】

更に、ウェハの切断および仕上げ費用も重要である。機械的な傷付け、および、切れ目入れ機器は比較的高額ではないが、ウェハの縁部を望ましい正確な形状に研削する時間および費用は大きく（例えば、1ウェハ当たり数十ドル）、その理由は、除去が必要な材料の量、および、そのような切断研削処理が可能な設備は、必ずしも、インターポーザ穴あけ処理設備と同じ場所にはないからである。更に、機械的な縁部研削処理の主な目的は、機械的な切断工程からの損傷部分を除去して、ウェハが発送および下流側工程での取扱いに耐えることができるように、ウェハの縁部の信頼性または強度を高めることである。しかしながら、インターポーザのさいの目状部分をウェハから切断して、したがって、仕上げられた縁部は捨てられてしまうので、ウェハの縁部は最終的インターポーザ/チップでの利

10

20

30

40

50

用において機能を果たさない。したがって、ウェハ縁部に本当に必要なのは、単に、取扱いのための十分な強度および信頼性である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

例えば、RFおよびインターポーザ製品においてなど、ビアを有するガラスシートが必要な利用例で使用するために、ガラス基体シートなどのレーザ処理基体シートが必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0012】

対象基体を切断および穴あけするシステムおよびプロセスは、レーザ（例えば、パルス状レーザ）、および、光学システムを用いて、ガラス基体シートなどの対象基体内に、線焦点のレーザビームを生成する。パルス状レーザ切断穴あけシステムおよびプロセスは、孔または欠陥部を生成し、それは、ある実施形態において、個々の各レーザバーストパルスによってガラスシートの全深さに延伸し、レーザシステムが、輪郭または望ましい部品形状を形成する一連の穿孔を生成することによって、対象基体を任意の望ましい輪郭に切断分離するのを可能にする。ガラス基体シートは脆いので、次に、穿孔した輪郭を辿って割れ目が生成されて、ガラス基体シートを、穿孔によって画定された任意の必要な形状に分離するのを可能にする。

【0013】

第1の態様において、基体を製作するプロセスを提供する。レーザ処理アセンブリに、基体シートを配置する工程を含む。レーザ処理アセンブリは、レーザビームを出射するように動作可能な少なくとも1つのレーザを含む。基体シートは、レーザビームに実質的に透明である。プロセスは、更に、レーザビームを、レーザビームのビーム伝播方向に沿って見た、レーザビーム焦線に集光する工程を含む。レーザビーム焦線を基体内に向けて、レーザビーム焦線が基体内に誘起吸収を生成する。誘起吸収が基体内にレーザビーム焦線に沿った欠陥部を生成する。基体をレーザビームに対し平行移動して、レーザで基体内に複数の内側欠陥部を穴あけする。第1の複数の欠陥部、および、第2の複数の欠陥部を生成する。第2の複数の欠陥部は、閉じた境界部を画定し、第1の複数の欠陥部は、閉じた境界部の内側に位置する。基体の少なくとも1つの構成片を、第2の複数の欠陥部によって画定された閉じた境界部に沿って分離する。

【0014】

第1の態様による第2の態様において、基体を、ガラス基体シート、ガラスセラミック基体シート、溶融シリカ、および、サファイアシートからなる群から選択する。

【0015】

任意の態様による第3の態様において、第2の複数の欠陥部が、約20  $\mu\text{m}$ 未満の欠陥部間のピッチを有する。

【0016】

任意の上記態様による第4の態様において、第1の複数の欠陥部が、約10  $\mu\text{m}$ 未満の直径を有し、約100  $\mu\text{m}$ より深く延伸する。

【0017】

任意の上記態様による第5の態様において、第1の複数の欠陥部をエッチングして、第1の複数の欠陥部を拡大する工程を、更に有する。

【0018】

任意の上記態様による第6の態様において、第1の複数の欠陥部が、約10  $\mu\text{m}$ と120  $\mu\text{m}$ の間の直径を有する孔を含み、基体を通して延伸する。

【0019】

第6の態様による第7の態様において、基体を通して延伸する、第1の複数の欠陥部の孔を、金属被覆する工程を、更に有する。

【0020】

10

20

30

40

50

任意の上記態様により第 8 の態様において、構成片を、第 2 の複数の欠陥部によって画定された境界部に沿って分離する工程が、構成片の少なくとも 1 つの側に沿って、鋸歯状の縁部を提供する。

【 0 0 2 1 】

第 8 の態様による第 9 の態様において、鋸歯状の縁部を、閉じた境界部の第 2 の複数の欠陥部によって形成し、鋸歯状部の大きさが約 10  $\mu\text{m}$  未満で、鋸歯状部のピッチが約 20  $\mu\text{m}$  未満である。

【 0 0 2 2 】

任意の上記態様による第 10 の態様において、構成片を、複数の外側欠陥部によって画定された境界部に沿って分離する工程が、赤外線レーザーを用いて行われる。

10

【 0 0 2 3 】

任意の上記態様による第 11 の態様において、第 1 の複数の欠陥部を生成する工程が、第 2 の複数の欠陥部を生成する工程の前に行われる。

【 0 0 2 4 】

任意の上記態様による第 12 の態様において、第 2 の複数の欠陥部を生成する工程が、第 1 の複数の欠陥部を生成する工程の前に行われる。

【 0 0 2 5 】

任意の上記態様による第 13 の態様において、第 1 の光学ヘッドが、第 1 の複数の欠陥部を提供するように適合し、第 2 の光学ヘッドが、第 2 の複数の欠陥部を提供するように適合したものである。

20

【 0 0 2 6 】

任意の上記態様による第 14 の態様において、レーザー処理アセンブリに配置した基体を提供する工程が、ロールに巻かれた基体を提供する工程を含む。

【 0 0 2 7 】

任意の上記態様による第 15 の態様において、レーザービームが、パルス状レーザービームを含む。

【 0 0 2 8 】

任意の上記態様による第 16 の態様において、基体は、約 10 % 未満のレーザービームの波長の吸収率または散乱率を有する。

【 0 0 2 9 】

30

任意の上記態様による第 17 の態様において、第 1 の複数の欠陥部を金属被覆して、第 1 の複数の欠陥部を通る導電性を提供する工程を、更に有する。

【 0 0 3 0 】

任意の上記態様による第 18 の態様において、レーザービームが、材料位置で測定した約 40  $\mu\text{J}$  より大きい平均レーザーパルスエネルギーと、約 1 ピコ秒より長く約 100 ピコ秒より短い間の範囲の持続時間を有するパルスと、約 100 Hz と約 1 MHz の間の範囲の繰返し率とを有する。

【 0 0 3 1 】

任意の上記態様による第 19 の態様において、各々が閉じた境界部を画定する、第 2 の複数の欠陥部の複数の群によって、複数の構成片を画定し、第 1 の複数の欠陥部の複数の群が、各閉じた境界部の内側に配置されるものである。

40

【 0 0 3 2 】

第 20 の態様において、物品を提供する。物品は、第 1 の面および反対を向いた第 2 の面を有する基体を含む。基体は、約 20 % 未満のレーザービームの波長の吸収率または散乱率を有する。第 1 の複数の欠陥部が、基体の境界部の内側に形成されて、基体内に延伸する。境界縁部が、第 2 の複数の欠陥境界部、および、第 2 の複数の欠陥部間に延伸する複数の微小割れ目によって形成される。第 2 の複数の欠陥部は、約 20  $\mu\text{m}$  未満のピッチで互いに離間する。各第 2 の複数の欠陥部は、約 10  $\mu\text{m}$  未満の幅を有し、基体の厚さの少なくとも約 50 % に延伸する。

【 0 0 3 3 】

50

第 2 0 の態様による第 2 1 の態様において、各第 2 の複数の欠陥部が、ガラス基体層の全厚さを通して延伸する。

【 0 0 3 4 】

第 2 0 または第 2 1 の態様による第 2 2 の態様において、基体が、第 2 の複数の欠陥部によって画定された境界部の内側に形成された、1 0 0 0 個より多い第 1 の複数の欠陥部を含み、各第 1 の複数の欠陥部が、約 3  $\mu\text{m}$  未満の直径を有する。

【 0 0 3 5 】

第 2 0 から第 2 2 の態様のいずれか 1 つの態様による第 2 3 の態様において、基体が、第 2 の複数の欠陥部によって画定された境界部の内側に形成された、1 0 0 0 個より多い第 1 の複数の欠陥部を含み、各第 1 の複数の欠陥部が、約 5  $\mu\text{m}$  より大きく約 1 2 0  $\mu\text{m}$  未満の直径を有する。

10

【 0 0 3 6 】

第 2 0 から第 2 3 の態様のいずれか 1 つの態様による第 2 4 の態様において、第 1 の複数の欠陥部が、複数のブラインドホールを含むものである。

【 0 0 3 7 】

第 2 0 から第 2 4 の態様のいずれか 1 つの態様による第 2 5 の態様において、導電性経路が、第 1 の複数の孔を通して延伸する、金属被覆層によって形成されている。

【 0 0 3 8 】

第 2 0 から第 2 5 の態様のいずれか 1 つの態様による第 2 6 の態様において、各々が閉じた境界部を画定する、第 2 の複数の欠陥部の複数の群によって、基体から複数の構成片が画定され、第 1 の複数の欠陥部の複数の群が、各閉じた境界部の内側に配置されている。

20

【 0 0 3 9 】

上記記載は、添付の図面に示した、例示的な実施形態の以下のより詳細な記載から明らかになるだろう。添付の異なる図面においても、同じ部分を称するには類似の参照番号を用いている。図面は、必ずしも縮尺通りではなく、むしろ、代表的な実施形態を示すのに強調して示している。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 0 】

【図 1】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、レーザビームを用いて基体进行处理するように適合した例示的な光学システムを、概略的に示す。

30

【図 2 A】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、基体シート内に欠陥部を形成するための、例示的なレーザ処理アセンブリのレーザ処理構成要素を概略的に示す。

【図 2 B】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、図 2 A に示したレーザ処理構成要素によって生成した焦線に沿った誘起吸収による欠陥線の形成を示す、基体シートの側面図を概略的に示す。

【図 3】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、基体シート内に欠陥部を形成するための、例示的なレーザ処理アセンブリのレーザ処理構成要素を概略的に示す。

【図 4】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、例示的な基体の顕微鏡画像であり、レーザが形成した欠陥部または穿孔をつなぐ割れ目を示している。

40

【図 5】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、1 つ以上のレーザ線焦点切断処理の実施形態から結果的に得られる特徴的な縁部を示す、例示的な走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像を示す。

【図 6】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、1 つ以上のレーザ線焦点切断工程などによって形成しうる、ガラス基体内の個々の欠陥部の入射側の例示的な SEM 画像を示す。

【図 7】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、ガラス基体の例示的なエッチング前およびエッチング後の顕微鏡画像を示す。

【図 8】本明細書に記載および図示した 1 つ以上の実施形態による、2 点曲げ試験方法を

50

用いて、厚さ130 μmのEagle XGガラスを測定した、結果的に得られる縁部強度の例示的なワイブルプロットを示す。

【図9】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、例示的なガラス基体を穴あけするための検討プロセスの例示的な結果を示し、パルスエネルギーおよび最終対物レンズの焦点距離を変えて、効果を示している。

【図10】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、図9の検討結果を示す、例示的なチャートを示す。

【図11】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、2つの光学ヘッドを採用した例示的なレーザシステムを概略的に示す。

【図12】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、焦線レーザ、および/または、短パルスレーザを用いて基体を製作する、例示的な工程のフローチャートを示す。

10

【図13】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、より大きい1つのパネルから生成した1つ以上の望ましいパターンの多数のウェハを概略的に示す。

【図14】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、より大きい1つのパネルから生成した1つ以上の望ましいパターンの多数のパネルを概略的に示す。

【図15】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、例示的なレイアウトを概略的に示し、1枚のガラスのシートを、4つの異なる大きさに2つの異なるパターンに切断している。

【図16】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、他の例示的なレイアウトを概略的に示し、望ましいパターンのウェハを含む多数のサブパネルを、より大きい1つのパネルから生成できる。

20

【図17】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、基体シートを製作するレーザ用の例示的なプロセスおよびシステムを概略的に示す。

【図18】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、基体シートを製作するためのロールツーロール工程を概略的に示す。

【図19A】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、例示的なエッチングアセンブリを概略的に示す。

【図19B】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、例示的なエッチングアセンブリを概略的に示す。

30

【図19C】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、例示的なエッチングアセンブリを概略的に示す。

【図20A】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、孔を形成した後の基体シートの部分図を概略的に示す。

【図20B】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、図20Aの孔を金属被覆した後の基体シートの部分図を概略的に示す。

【図21】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、基体シートおよびインターリーフ層を含むスプールの部分図を概略的に示す。

【図22】本明細書に記載および図示した1つ以上の実施形態による、基体シートおよびインターリーフ層を含み、エッチングアセンブリ内に配置されるスプールを、概略的に示す。

40

【発明を実施するための形態】

【0041】

本明細書に開示した実施形態は、ガラス材料を、穴あけ、および、切断するための方法に関する。一実施形態において、例えば、第1の複数の欠陥部、および、第2の複数の欠陥部を生成する。この実施形態において、第2の複数の欠陥部は、閉じた境界部を画定し、第1の複数の欠陥部は、閉じた境界部の内側に配置されている。基体から少なくとも1つのコンポーネントを、第2の複数の欠陥部によって画定された閉じた境界部に沿って、分離する。

【0042】

50

様々な態様において、対象基体を切断および穴あけするシステムおよびプロセスは、パルス状レーザおよび光学システムを用いて、ガラス基体シートなどの対象基体内にレーザビームの線焦点を生成する。パルス状レーザ切断および穴あけシステムおよびプロセスは、ある実施形態ではガラスシートの全深さに延伸する孔または欠陥部を、個々の各レーザパルスで形成して、レーザシステムが、輪郭または望ましい部品形状を形成する一連の穿孔を生成することによって、対象基体を任意の望ましい輪郭に切断分離するのを可能にする。ガラス基体シートは脆いので、次に、割れ目が穿孔した輪郭を辿り、ガラス基体シートを、穿孔によって画定された任意の必要な形状に分離するのを可能にする。システムおよびプロセスは、高応力ガラス（例えば、イオン交換された）から低応力ガラス（例えば、コーニング社のEagle XG）に亘る多数のガラス組成物を、高速で（ $> 500 \text{ mm / 秒}$ ）切断し、複雑な形状を厳密な半径および複雑な輪郭に切断するのを可能にする。更に、システムおよびプロセスを、望ましい案内孔パターンをガラスウェハに作るように、更に適合することができる。酸エッチング処理も用いて、孔を拡大してもよい。結果的に得られる物品を、次に、インターポーザ、RF構成要素用基体、または、指紋センサ用基体を含むが限定されない、ビアを有するガラス基体を使用しうる利用例で利用できる。

#### 【0043】

いくつかの実施形態において、本明細書に記載のシステムおよびプロセスは、1つの線焦点パルス状レーザプラットフォーム内で、ガラス部品の切断と、望ましい内側の孔パターンの生成の両方を組み合わせることによって、上記問題を解決する。これらの特定の実施形態において、案内孔パターンなどの第1群の欠陥部を生成するレーザビーム送達システムと同じシステムを、より大きい基体（例えば、ガラスシート基体）を穿孔して、ウェハ、パネル、または、サブパネルに分離する（つまり、切断する）ように適合した第2群の欠陥部を生成するのにも使用できる。ユーザが、適切な厚さおよびガラス組成のガラスパネルをシステムに載置すると、次の処理工程でエッチングしうる案内孔パターン（第1群の欠陥部）を有する完全に切断した部品（例えば、ウェハまたはサブパネル）を産出する。これは、1つの光学ヘッドで行ってもよいが、その代わりに、他の選択肢としては、同じ機械/プロセス内で2つの異なる光学ヘッドを、つまり、望ましい第1群の欠陥部（例えば、案内孔パターン）を生成するための1つのヘッド、および、輪郭を辿るように向けられて望ましいウェハ形状を切断するのに用いる第2群の欠陥部を生成する第2のヘッドを使用することである。これは、製造処理工程（研削/仕上げ）の削減と、在庫管理の簡略化と、異なる製品の迅速な製造能力を高めることによって、費用を大きく削減する。更に、結果的に得られる部品の寸法精度を高めることによって、製品性能を高める。

#### 【0044】

ウェハという用語を用いているが、エンドユーザは、非ウェハ形状を要望することが多いことに留意すべきである。これらは、パネルまたはサブパネルであってもよく、独自の特定の幾何学形状を有していてもよい。ウェハという用語を用いる場合には、パネルまたはサブパネルにも同等に有効であると理解すべきである。

#### 【0045】

他の実施形態において、基体を、第2群の欠陥部によって形成された境界部または周縁部に沿って、個々のコンポーネントに切断して、基体を、第2群の欠陥部によって形成された境界部または周縁部に沿った様々なコンポーネントに切断した後に、次に、別の工程で、個々のコンポーネント内に第1群の欠陥部（例えば、案内孔）を、穴あけ、または、他の方法で形成してもよい。この実施形態において、第1群の欠陥部の穴あけ工程を、焦線レーザ処理、または、任意の他の受け入れうる穴あけ処理を介して行ってもよい。同様に、基体を、第2群の欠陥部によって形成された境界部または周縁部に沿って個々のコンポーネントに切断する他の処理、および、焦線レーザ処理を用いて、個々のコンポーネントを、穴あけ、または、他の方法で処理して、第1群の欠陥部（例えば、案内孔、ビア、または、インターポーザ）を生成してもよい。

#### 【0046】

本明細書に記載の線焦点および短パルスレーザ処理は、高速（数百mm/秒から1m/秒

10

20

30

40

50



より速い切断、数百か数千個の孔 / 秒以上の穴あけ) で、および / または、適切な品質 (100 MPa より高い縁部強度、100 マイクロメートル未満の低い表面下損傷、5 マイクロメートルほどの小さな直径の孔、表面欠けのない孔、および / または、穴あけしていないガラス基体と比べて90%より高い強度を保持する部品) での、ガラス基体などの基体の切断および穴あけの両方を可能にする点で、独特である。

#### 【0047】

これらのレーザで生成した欠陥部は、基体 (例えば、ガラスシート基体) を、部品の境界部または周縁部の周りで、欠陥部 / 穿孔 (例えば、上記第2群の欠陥部) を用いて切断して、更に、欠陥部 / 穿孔 (例えば、上記第1群の欠陥部) をエッチングして孔を作ることによって、部品の内部に孔を生成して孔を作製することを可能にする。本明細書の実施形態は、いかに1つのレーザシステムで切断および穴あけプロセスを採用して、ガラスインターポーザ部品を非常に効率的かつ正確に製作しうるかを、または、多数のシステムによって行われた場合にも、他の方法より費用効果が高く、ガラスインターポーザ部品を製作するのに用いうるかを、詳細に記載した。

10

#### 【0048】

典型的なレーザ機械加工は、スポット (または、点) に集光したガウシアン、または、略ガウシアンレーザビームを用いる。ガラスを気化またはアブレーションするのに十分な強度の非常に小さい領域 (典型的には、直径がマイクロメートル領域まで) に集光した場合、そのようなビームは、非常に急速に、典型的には、数十マイクロメートル内で回折または拡散する。これは、ガラスの非常に小さな部分だけを、各レーザパルスによって改質しうることを意味する。

20

#### 【0049】

これに対して、本明細書に記載の焦線レーザおよび短パルスレーザ処理は、延伸焦点または線焦点を生成する光学系を採用する。そのような線焦点を生成するように適合した光学システム10の例を図1に示す。

#### 【0050】

ここで図1を参照すると、ガラス基体などの基体12を、レーザビーム14を用いて処理するように適合した例示的な光学システム10を概略的に示している。システム10において、例えば、光学システム10は、レーザビーム14について、基体12上に線焦点16を生成するように適合している。レーザビーム14の線焦点16を、基体12を欠陥部または穿孔の境界部または周縁部に沿って切断すること、および / または、基体12内に、第2群の欠陥部の境界部または周縁部の内側に配置された第1群の欠陥部を生成することを、可能にするように向いた欠陥部および穿孔 (例えば、上記第2群の欠陥部) を生成するように適合しうる。

30

#### 【0051】

光学システム10は、レーザビーム14 (例えば、パルス状レーザビーム) を、ビーム伝播方向に沿って向いたレーザビーム焦線16に集光するように適合している。基体12 (例えば、ガラス基体シート) は、吸収が、レーザの波長で、材料の厚さ1mm当たり約10%未満の場合、いくつかの例においては、材料の厚さ1mm当たり約1%未満の場合、この波長に対して実質的に透明である。図1に示すように、レーザは、光学アセンブリ10に入射する部分を有するレーザビーム14を出射する。光学アセンブリ10は、入射したレーザビームの向きを変えて、ビーム方向に沿って画定された拡張範囲に亘り、光学システム10の出射側の延伸レーザビーム焦線16に向ける。平坦な基体12 (例えば、ガラス基体シート) を、ビーム経路に配置して、少なくとも部分的に、レーザビーム14のレーザビーム焦線16と重なるようにする。したがって、レーザビーム焦線16を、基体12内に向けることになる。

40

#### 【0052】

一実施形態において、例えば、レーザからの入射したガウシアンビームは、線焦点を生成するアキシコン18 (円錐形光学要素) を通り抜ける。線焦点は、それを他の位置に投射して、その空間的広がりも変えるために、望遠鏡を形成するレンズなどの他の標準的な光

50

学要素を通り抜けて、伝播するか、像を再形成しうる。これは、ベッセルビーム、または、より具体的には、ガウシアンベッセルビームを生成すると称することもある。そのようなビームは、ガウシアンビームより非常にゆっくりと回折して、非常に高い光強度の中心領域（直径が略数マイクロメートル）を、非常に長い範囲で（略ミリメートル領域で）維持するのを可能にする。広義では、非回折ビームと称することが多い、延伸した線焦点を形成する他の解決策も可能である。

#### 【0053】

図1に示した特定の実施形態において、例えば、アキシコン18は、光学アセンブリ10に入射するレーザビーム14の少なくとも一部を、第1レンズ20に向けて分散する。第1レンズ20は、光学アセンブリ10内で、分散したレーザビーム14を平行光にして第2レンズ22に向ける。第2レンズ22は、レーザビーム14の平行光部分を受光して、ビーム14を基体12に向けて集光して、ビームをレーザビーム焦線16内に集光する。

10

#### 【0054】

一実施形態において、線焦点を、非常に高パルスエネルギーの短パルス状レーザ（例えば、パルス幅が10 ps未満で、約50から500 μJ /バースト）と共に用いる。多くの短パルスレーザは、「バースト」パルスモードと称する動作モードを可能にする。「バースト」パルスは、時間的に接近した間隔の一連のパルスであり（例えば、20ナノ秒）、一方、各「バースト」間の時間は、10ナノ秒など、もっと長くてもよい。各レーザ用の利得媒質は、短時間のスケールで抽出できる一定量のエネルギーを有し、典型的には、バースト内の全エネルギーが保たれ、つまり、レーザが一定周波数で動作すると、2つのパルスバースト内の全エネルギーは、6つのパルスバースト内の全エネルギーと同じになる。各パルスを、線へと集光して、非線形吸収プロセスを介して、ガラス内に線状欠陥部を生成する。この実施形態において、基体は、照射に対して実質的に透明であり（典型的には、1 mm当たり<10%の吸収）、そうでないと、エネルギーは、ガラスの表面で、または、その近くで吸収されてしまい、内部に達して線を形成しないだろう。しかしながら、完全な貫通孔を必要としない他の実施形態において、透明性がもっと低い基体も用いてもよい。一実施形態において、レーザの波長は、約1064 nmであり、それは、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザ、または、同様の（例えば、YAG）利得材料によって生成できる。更に、約532 nm（2倍の周波数）、または、約355 nm（3倍の周波数）など、この波長の様々な高調波も用いてもよい。これらの高調波は、レーザヘッドの出射部で非線形変換結晶を採用することによって容易に得られる。

20

30

#### 【0055】

透明基体における結果は、紙を穿孔する効果に非常に近い。穿孔は、非常に少量の材料を除去するが、亀裂、または、割れ目を誘導して、最終的には基体を分離するすることができる。これらの欠陥部が互いに接近した間隔の場合には、割れ目が形成されて、欠陥部を互いに接続する。このプロセスの1つの利点は、非常に少量の材料を除去するので、非常に少量の破片を生成するということである。

#### 【0056】

多くのイオン交換ガラスの場合のように、基体が内部に十分な応力を有すると、割れ目は、更なる処理を必要とせずに、1つの欠陥部位置から他の欠陥部位置へ伝播するだろう。しかしながら、コーニング社のEagle XGなどの表示装置用ガラスまたはイオン交換前ガラスの場合のように、基体が低い応力を有する場合には、次に、更なる応力を加えて、損傷位置間に割れ目を完全に形成することができる。一実施形態において、例えば、この処理は、二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）レーザなどの赤外線レーザを用いて、同じ穿孔（欠陥）パターンを辿ることによって行うことができる。これにより、割れ目の伝播を高める熱応力を生じて、結果的に、2つの部分に分離する。図4は、欠陥部が形成されているが、分離していないガラスの画像を示している。図5は、結果的に得られる、分離後の縁部の画像を示している。

40

#### 【0057】

図2Aおよび2Bを参照すると、材料をレーザ処理する光学システムおよび方法の他の実

50

施形態は、パルス状レーザービーム 2 を、ビーム伝播方向に沿った向きのレーザービーム焦線 2 b に集光する工程を含む。吸収が、レーザーの波長で材料の深さ 1 mm 当たり約 10 % 未満、好ましくは、約 1 % 未満の場合に、基体 1 (例えば、ガラス基体シート) は、この波長に対して実質的に透明である。図 2 A に示すように、レーザー (不図示) は、光学アセンブリ 6 に入射する部分 2 a を有するレーザービーム 2 を出射する。光学アセンブリ 6 は、入射レーザービームを、ビーム方向に沿って画定された拡大範囲に亘る (長さ 1 の焦線)、光学アセンブリ 6 の出射側の延伸レーザービーム焦線 2 b に向ける。平坦な基体 1 は、ビーム経路内に位置して、少なくとも部分的に、レーザービーム 2 のレーザービーム焦線 2 b と重なる。したがって、レーザービーム焦線は、基体内に向けられる。参照符号 1 a は、光学アセンブリ 6 またはレーザーと向い合う平坦な基体の表面を指し、参照符号 1 b は、基体 1 の反対側の面を指す。基体または材料の (この実施形態において、平面 1 a および 1 b に、つまり、基体平面に垂直に測定した) 厚さは、d と符号を付している。

10

#### 【0058】

図 2 A に示したように、基体 1 を、ビームの長軸に垂直に、したがって、光学アセンブリ 6 によって生成された同じ焦線 2 b の後ろ側に位置合わせする (基体は、描画平面に垂直である)。焦線を、ビーム方向に沿って向けるか、位置合わせして、焦線 2 b が基体の表面 1 a の前で始まり基体の表面 1 b の前で止まるように、つまり、焦線 2 b は基体内で終端して表面 1 b を越えて延伸しないように、基体を焦線 2 b に対し位置決めする。レーザービーム焦線 2 b が基体と重なる領域において、つまり、焦線 2 b に重なる基体材料中で、(レーザービーム 2 を、長さ 1 の部分、つまり、長さ 1 の線焦点上に集光することによって確保される強度である、レーザービーム焦線 2 b に沿った適切なレーザー強度だと仮定すると、) 延伸レーザービーム焦線 2 b は、(レーザービームの長軸に沿って位置合わせされた) 延伸部分 2 c を生成し、それに沿って基体材料中に誘起吸収を生じる。誘起吸収は、部分 2 c に沿って、基体材料中に欠陥線を形成する。欠陥線は、1 つの高エネルギーパルスを用いた、基体内の微細な (例えば、直径が、 $> 100 \text{ nm}$ 、かつ、 $< 0.5 \text{ }\mu\text{m}$  (マイクロメートル) 細長い「孔」(穿孔または欠陥線とも称する)) である。個々の欠陥線を、例えば、数百キロヘルツの速度で (毎秒数十万の欠陥線で) 生成できる。レーザー源と基体間の相対的な動きにより、これらの孔を互いに隣接して、(マイクロメートル未満から数マイクロメートルまで変動して空間的に分離し) 配置できる。欠陥線形成は、局所的なだけではなく、誘起吸収の延伸部分 2 c の全長に亘る。(レーザービーム焦線 2 b が基体 1 と重なる部分の長さに対応する) 部分 2 c の長さには、符号 L が付されている。誘起吸収部分 2 c の平均直径または範囲 (または、基体 1 の材料中の欠陥線形成を受けた部分) には、符号 D を付している。この平均範囲 D は、基本的にレーザービーム焦線 2 b の平均直径、つまり、約  $0.1 \text{ }\mu\text{m}$  と約  $5 \text{ }\mu\text{m}$  の間の範囲の平均スポット直径に対応する。

20

30

#### 【0059】

図 2 A に示すように、(レーザービーム 2 の波長 に対し透明な) 基体材料は、焦線 2 b 内のレーザービームの高い強度に関連した非線形効果に起因する焦線 2 b に沿った誘起吸収によって、加熱される。図 2 B は、対応する誘起張力が微細な割れ目形成につながるように、張力が表面 1 a で最も高い状態で、加熱された基体材料が最終的に膨張するのを示している。

40

#### 【0060】

レーザー源の選択は、透明材料中に多光子吸収 (MPA) を生じる能力に基づく。MPA は、分子を、1 つの状態 (通常、基底状態) から、より高エネルギー電子状態 (イオン化) へ励起させるための同一または異なる周波数の 2 つ以上の光子の同時吸収である。関わる分子のエネルギーがより低い状態とより高い状態との差は、2 つ以上の光子のエネルギーの合計に等しくなりうる。誘起吸収とも称する MPA は、例えば、線形吸収より数桁弱い、三次のプロセスでありうる。MPA は、例えば、誘起吸収の強度が、光強度自体に比例ではなく、光強度の二乗または三乗に比例しうる点で、線形吸収と異なる。したがって、MPA は、非線形の光学プロセスである。

50

## 【 0 0 6 1 】

焦線 2 b を生成するのに適用しうる代表的な光学アセンブリ 6、および、これらの光学アセンブリを適用しうる代表的な光学機構を、以下に記載する。同一の構成要素または特徴物、若しくは、等しい機能の構成要素または特徴物には、同一の参照符号を用いている。

## 【 0 0 6 2 】

図 2 A に示した実施形態において、必要な開口数を実現するために、光学系は、一方では、公知のアッペ式 ( $N.A. = n \sin(\theta)$ )、 $n$  : 加工されるガラスまたは他の材料の屈折率、 $\theta$  : 開口角の半分、更に、 $\theta = \arctan(D/2f)$ 、 $D$  : 口径、および、 $f$  : 焦点距離) による、所定の焦点距離に必要な開口を有さなければならない。他方では、レーザビームは、光学系に必要な口径まで照射しなければならず、典型的には、レーザと集光光学系との間に拡大望遠鏡を用いてビームを広げることによって実現する。

10

## 【 0 0 6 3 】

スポットの大きさの変化は、焦線に沿った均一な相互作用のために、強すぎるべきでない。これは、例えば、ビーム開口、したがって、開口数の割合が僅かだけ変化するように、小さい円形領域だけの集光光学系を照射することによって確実にできる (以下の実施形態を参照)。

## 【 0 0 6 4 】

図 3 によれば (レーザ放射 2 のレーザビーム光束における中心ビームのレベルで基体平面に対して垂直な部分 ; ここでも、レーザビーム 2 は基体平面に垂直に入射し、つまり、焦線 2 b または誘起吸収 2 c の延伸部分が基体の垂線に平行となるように入射角は  $0^\circ$ )、レーザによって出射したレーザ放射光 2 a は、最初に、使用したレーザ放射光に対して完全に不透明な円形の開口部 8 に向けられる。開口部 8 は、ビームの縦軸に垂直に向き、図示したビーム光束 2 a の中心ビームに中心が合わせられる。開口部 8 の直径を、ビーム光束 2 a の中心付近のビーム光束、または、中心ビーム (ここでは 2 a Z と符号を付した) が開口部に当たって開口部によって完全に吸収されるように、選択する。ビーム光束 2 a の外縁範囲内のビーム (ここでは 2 a R と符号を付した周辺光線) だけは、開口部の大きさがビーム直径と比べて小さいので吸収されずに、開口部 8 の横を通過して、本実施形態では、球面状に切断した両凸レンズ 7 として設計している光学アセンブリ 6 の集光光学要素の、周辺領域に当たる。

20

30

## 【 0 0 6 5 】

図 3 に示したように、レーザビーム焦線 2 b は、レーザビームについての単一の焦点のみでなく、むしろ、レーザビーム内の異なる光線についての一連の焦点である。この一連の焦点は、図 3 に長さ 1 のレーザビーム焦線 2 b として示した、画定された長さの細長い焦線を形成する。レンズ 7 は中心ビームに中心が合わせられ、本実施形態において、補正していない両凸集光レンズとして、一般的な球面状に切断したレンズの形状で設計している。このようなレンズの球面収差は有利であり得る。その代わりに、理想的な焦点を形成しないが、画定した長さの明確な細長い焦線を形成する、理想的に補正した系から逸脱した非球面レンズ系または多レンズ系 (即ち、単一の焦点を持たないレンズまたは系) も用いることができる。従って、レンズのゾーンは、レンズ中心からの距離に応じて焦線 2 b に沿って集光する。ビーム方向を横断する開口部 8 の直径は、(ビーム強度がピーク強度の  $1/e^2$  まで減少するのに必要な距離によって画定される) ビーム光束の直径の約 90% であり、光学アセンブリ 6 のレンズの直径の約 75% である。従って、収差補正していない球面レンズ 7 の、中心においてビーム光束を遮断することによって生じる焦線 2 b を用いる。図 3 は、中心ビームを通る 1 つの平面における断面を示しており、図示したビームを焦線 2 b の周りに回転すると、完全な三次元光束を見ることができる。

40

## 【 0 0 6 6 】

少なくとも 1 つの表面 1 a、1 b が焦線に重なるように焦線 2 b を配置して、誘起吸収 2 c の部分が、基体の少なくとも 1 つの表面上で始まるようにすることは、利点があるかもしれない。

50

## 【 0 0 6 7 】

米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 6 6 3 9 6 号明細書に開示された、基体に孔をあけるためにレーザ焦線を生成する更なる実施形態を利用してもよい。更に、レーザ焦線を用いない他のレーザ穴あけ方法も利用してもよいと理解すべきである。

## 【 0 0 6 8 】

図 4 は、レーザによって形成した欠陥部 3 6 または穿孔をつなぐ割れ目 3 4 を示す、基体 3 2 の例示的な顕微鏡画像 3 0 を示している。割れ目 3 4、および、レーザで形成された欠陥部を用いて、基体 3 2 を切断または傷付けてもよい。一実施形態において、例えば、ガラス基体の欠陥部間のピッチは、10  $\mu\text{m}$  未満でもよいが、他の寸法も想定され、任意の所定の基体の特徴に応じて変わりうる。欠陥部 3 6 または穿孔は、例えば、望ましい形状のコンポーネントの周りの閉じた境界部または周縁部に概して配置されて、上記第 2 群の欠陥部を提供して、基体 3 2 を切断または傷付けて、1 つ以上のコンポーネントにしてもよい。例えば、閉じた境界部は、第 2 群の欠陥部、および、それらをつなぐ割れ目によって全体的に形成した閉じた境界部を含むか、第 2 群の欠陥部と、全基体 3 2 の 1 つ以上の縁部との組合せによって形成し、基体から形成されたコンポーネントは、全基体 3 2 と共通の縁部を含んでもよい。

10

## 【 0 0 6 9 】

図 5 は、本明細書に記載の 1 つ以上のレーザ線焦点切断プロセスの実施形態から結果的に得られる特徴的な縁部 4 2 を示す、例示的な走査型電子顕微鏡 (SEM) 画像 4 0 を示している。この特定の例において、一連の損傷跡または欠陥部 4 4 (例えば、境界部または周縁部を形成する第 2 群の欠陥部) が見え、各々が、上面 4 6 から底面 4 8 までガラス基体の全厚さを通して、ガラス基体から分離した縁部に、波形または鋸歯状のテクスチャを提供している。

20

## 【 0 0 7 0 】

そのような波形の、または、穿孔された縁部は、独特の特徴を有する。目視すると、つや消し、または、軽く研磨した外観を有する。顕微鏡で見ると、線状欠陥部から生成された縞部によって容易に特徴付けられて、縁部に波形のテクスチャを提供する。これらの線状欠陥部のピッチは、縞部の間隔を決定する。ここでも、これらを、光学顕微鏡で容易に見ることができる。縁部は、切断片の内部に延伸する低い表面下損傷 (例えば、典型的には、100 マイクロメートル未満)、良好で非常に一貫した縁部強度 (例えば、典型的には、100 MPa より高く、150 MPa より高いことが多く、ばらつきは、10 MPa 未満であることが多い)、および、90 度の輪郭を含む、多くの望ましい特性を有する。

30

## 【 0 0 7 1 】

これらの穿孔が、もっと大きく間隔をあけると (例えば、20 マイクロメートル以上)、(基体によっては) 互いの間をつなぐ割れ目を形成しない。図 6 において、例示的な SEM 画像 5 0 は、レーザビームがガラスに入射する位置で、欠陥部または穿孔がどう見えるかを示している。これらの欠陥部または損傷跡 (または、案内孔) は、非常に小さく、350 nm 程度の直径である。これらの欠陥部を、化学エッチングによる更なる処理を用いた拡大して、マイクロメートル領域の大きさの孔を生成しうる。図 7 は、エッチング前と後の両方のそのような穿孔または孔の側断面図を示している。そのようなエッチングは、5% の HF / 10% の HNO<sub>3</sub> 溶液などの酸性混合物、若しくは、KOH または NaOH などの塩基性溶液を用いて行いうる。全ての場合において、エッチング液は、レーザによって形成した損傷跡に優先的に浸透して、エッチング液に対する露出時間の関数として、損傷跡が放射状に広がるのを可能にする。

40

## 【 0 0 7 2 】

図 6 は、本明細書に記載の 1 つ以上のレーザ線焦点切断工程などによって形成してもよい、ガラス基体 5 6 内の個々の欠陥部 5 4 の入射側 5 2 の例示的な SEM 画像 5 0 を示している。例えば、欠陥部 5 4 は、基体内に形成した第 1 群の欠陥部の 1 つに対応して、孔、ビア、インターポーザなどを、他の欠陥部または穿孔 (例えば、第 2 群の欠陥部) の周縁部内に提供してもよい。この例示的な SEM 画像 5 0 において、例えば、個々の欠陥部 5

50

4 は、基体 5 6 の入射側 5 2 から基体 5 6 内に延伸する開口孔またはチャネル 5 8 を含む。この特定の例において、チャネル 5 8 は、約 3 5 0 n m である。

【 0 0 7 3 】

図 7 は、例示的なエッチング前 6 0 およびエッチング後 7 0 のガラス基体 6 2 の S E M 画像を示している。この特定の例において、エッチング前の画像 6 0 は、焦線レーザ方法によって基体 6 2 ( 本実施形態においては、コーニング社が販売する、厚さが 3 0 0  $\mu$  m の E a g l e X G ( E X G ) ガラス基体 ) 内に作られた複数の焦線レーザ穿孔 6 4 を示している。エッチング前の S E M 画像 6 0 は、1 片のガラス基体 6 2 の裂いた縁部 6 6 を通して見たものである。この特定の実施形態において、穿孔 / 孔 6 4 は、ガラス基体 6 2 の縁部 6 6 から約 2 0 0  $\mu$  m 内側に位置して、基体の全厚さを通して延伸している。図 7 は、機械的に清浄した縁部 6 6 の非平坦面からの画像の僅かな歪みを示している。エッチング後の S E M 画像 7 0 は、H F と H N O <sub>3</sub> の混合物によるウェットエッチングを用いて直径を約 5 0  $\mu$  m に拡大した、同じ穿孔 6 4 ' を示している。線焦点レーザビームを、基体に対して非常に高く、または、低く位置させて、基体の全厚さに延伸するものではないブラインドホールを形成することも可能である。これらの孔を上記と同様にエッチングして、金属被覆などの下流側処理において好まれることもあるブラインドビアを形成しうる。

【 0 0 7 4 】

更に、最終的な開口孔の直径とするために案内孔をエッチングするので、切断縁部の強度も高めることになる。図 8 は、厚さ 1 3 0  $\mu$  m の E X G ガラスについて、2 点曲げ試験方法を用いて、結果的に得られる縁部強度のワイブルプロットを示している。切断した状態で、ガラス部品の縁部の強度は、約 1 4 5 M P a の B 1 0 値を有し、データは、この切断方法の特徴である、非常に一貫した縁部を示す非常に急峻な傾きを有する。酸エッチング後に、切断工程により存在する損傷部のいくつかの除去、および、ガラス内の亀裂または割れ目を、酸で丸まった角にすることにより、縁部の強度は高まる。これにより、インターポーザ用の孔を生成するのに概して必要な最低エッチング量である、わずか 1 0  $\mu$  m 以上のエッチング後に、結果的に B 1 0 縁部強度値は約 3 0 0 ~ 4 0 0 M P a になる。そのような強度は、純粋に機械的な切断および縁部研削方法によって製作したウェハの典型的な縁部強度より非常に高く、レーザ切断した部品に酸エッチングを加えることで、典型的な下流側処理に必要な縁部強度を超えることを意味する。

【 0 0 7 5 】

ガラスの切断は、多数の調節可能なパラメータを伴う。最も重要なのは、レーザパラメータであり、レーザ繰返し周波数 ( k H z ) 、パースト数 ( B ) 、パルスエネルギー (  $\mu$  J ) 、最終対物レンズの焦点距離によって制御することが多い線焦点の長さ、および、基体に対する焦点位置を含む。パルスエネルギー、および、基体に穿孔を生成するプロセスの速度は、周波数に直接的に関係している。パースト数は、レーザと材料との相互作用の強度に、したがって、欠陥部の周りに形成される微細な割れ目の度合いに影響を与えるのに有用である。本明細書において、微細な割れ目という用語は、基体内に欠陥部の略中心から形成される放射状の割れ目を称する。微細な割れ目は、約 2 0  $\mu$  m 以下で、基体の厚さを全て貫通しても、そうでなくてもよい。欠陥部を用いて、基体を切断または切り目を入れる際に、微細な割れ目は、基体を弱くすることによって、促進される。

【 0 0 7 6 】

パルスエネルギーの閾値は、基体に応じて材料を改質するのに必要であり、欠陥部の周りに形成される割れ目の度合いに影響する。光送達部で用いる最終対物レンズは、線焦点の長さ、および、エネルギー密度を変える。最後のパラメータは、任意の穿孔をつなげて部品輪郭の形成に影響する欠陥部間のピッチであり、レーザのトリガーとステージの移動の関係によって決定する。

【 0 0 7 7 】

ガラス基体の切断について、表 1 に示した、以下の穿孔パラメータは、切断した際の良好な縁部強度 ( 1 0 0 M P a より高い ) と共に、切断部品の一貫した分離を行うことを見出した。N I X は、イオン交換前にレーザ処理したガラスを示し、I O X は、同じガラスで

10

20

30

40

50

あるが、イオン交換後にレーザーで処理したものを示し、2318および2319は、2つのタイプのイオン交換可能ガラスについてのコーニング社のガラス組成コードを示す。

【0078】

【表1】

表1

材料	パルスエネルギー ( $\mu\text{J}$ )	パルス／バースト	ピッチ (マイクロメートル)	対物レンズ の焦点距離 (mm)	線焦点長さ (mm)
EXG 厚さ100～ 200 $\mu\text{m}$	150～250	2～3	1～2	30	1
EXG 厚さ700 $\mu\text{m}$	350～450	5～12	7～10	30	1.3
NIX2318 厚さ300 $\mu\text{m}$	150～200	2～5	3～5	50	2.5
NIX2318 厚さ700 $\mu\text{m}$	150～250	2～5	3～5	50	2.5
IOX2319 厚さ700 $\mu\text{m}$	150～225	2～5	6～11	40	1.8

10

20

【0079】

表1に示した上記条件は、上記材料を切断するのに用いてもよい全ての可能なパラメータ範囲を示すのではなく、一貫した部品切断、次のCO<sub>2</sub>レーザーの利用による容易な分離、および、良好な縁部強度について良好な結果を生じる、例示的なパラメータを示している。

【0080】

CO<sub>2</sub>レーザーによる分離について、約50から100Wのレーザーパワーを、ガラスにおいて、直径が約2から6mmのスポットに集光することは、予め穿孔した輪郭を、約100から250mm/秒の速度で分離するのに十分であることを見出した。全ての場合において、望ましい分離速度と、集光スポットの大きさと、レーザーパワーとの間にはトレードオフの関係がある。より速い分離速度にするには、より高いレーザーパワーを用い、より大きいスポット直径にするには、より高いレーザーパワーも用いる。より遅い分離速度にするには、レーザーパワーを低下させるか、および/または、スポットの大きさを大きくして、ガラス表面の熱によるアブレーションを回避しうる。

30

【0081】

表1の最後の場合（IOX2319）において、ガラスは、既にイオン交換されているので、かなりの引っ張り応力を有しており、輪郭を穿孔すると直ちに分離し、従って、分離するのにCO<sub>2</sub>熱曝露を必要としない。

【0082】

ガラスの穴あけについて良好な結果を得るには、金属被覆工程には丸い（円形の）孔が概して望ましく、部品の強度および信頼性を高めるか、または、最高にするためには、材料の微細な割れを減少または最小にすべきである。従って、強い損傷跡を基体を通して作って、結果的にエッチング液の通り易い経路を提供することに対し、材料に大きすぎる損傷を生じさせて、非理想的な孔形状を生成することとは、互いにトレードオフの関係がある。図9は、厚さ300 $\mu\text{m}$ のEXGガラスについてプロセスを検討した結果を示し、パルスエネルギー、および、最終対物レンズの焦点距離を変えて、これらの効果を示している。画像は、エッチング後の孔の上面図および側面図を示している。この実験について、100%のパワーは、1バースト当たり約185 $\mu\text{J}$ のエネルギーに対応し、全条件は、1バースト当たり2パルスにおけるものであった。線焦点の長さは、レンズAについては約1.3mmであり、レンズBについては約1.8mmであり、レンズCについては約2.

40

50

5 mmだった。最小焦点距離、および、最高パルスエネルギーについて、エッチングにより長円の特徴物になった孔の周りに放射状の割れ目が形成されて、最上部の画像のような楕円状の孔が生成された（例えば、レンズA、100%パワー）。最低のパルスエネルギーでは、材料を通る損傷跡は、エッチング液の急速な浸透を可能にするには十分強くなく、エッチング後に、真の貫通孔は観察されない（例えば、レンズC、50%パワー）。図10は、結果をまとめて示している。最良の妥協条件を、緑で示しており、パワー（パルスエネルギー）が閾値より僅かに高く保たれて、材料を損傷するが、エッチングで長円の孔になる大きい放射状の割れ目を形成するには、十分には高くない。概して、最も長い線焦点の長さについて、最も幅広の処理領域が観察された（レンズC）。

【0083】

同様の結果が、コーニング社のコード2318または2319ガラスなどの他の材料についても観察された。従って、穴あけ/穿孔について、いくつかの良好な条件を、以下の表2に示す。

【0084】

【表2】

表2

材料	パルスエネルギー( $\mu$ J)	パルス/バースト	対物レンズ焦点距離(mm)	線焦点長さ(mm)
EXG 厚さ100~300 $\mu$ m	150~200	2~3	50	2.5
NIOX(非イオン交換)2318 厚さ700 $\mu$ m	100~160	2~3	50	2.5
NIOX2319 厚さ700 $\mu$ m	100~160	2~3	50	2.5

【0085】

上記処理条件を用いて、厚さ0.7 mmのコーニング社のコード2318ガラスで作られたウェハの切断および穴あけを実施した。プロセスは、以下の通りだった。

1. 300 x 300 mmのガラスシートを、機械に載置した。

2. 200 mmのウェハの輪郭を、放出線に沿って穿孔し、余分なガラス片の除去を容易にした。

3. CO<sub>2</sub>レーザを用いて、穿孔した輪郭を分離した。

4. 中心の孔パターンを、穿孔により露出した。

【0086】

切断、および、このウェハ内に320,000個の孔パターンのレーザ露光の両方を行った全時間は、5分未満だった。これは、ウェハを機械的に切断して、形状に研削しなければならない場合より、かなり速く、更に、切断を任意の大きさに行ってもよく、機械に供給するガラスの在庫は、100 mmのウェハ、200 mmのウェハ用などに、異なる在庫品を必要とせず、単に空の大きいシートでありうることを意味する。更に、ガラスウェハを、切断工程と穴あけ工程の間に、機械から降ろすことがなかったので、ウェハの切断縁部に対して孔パターンを配置する工程は、ステージの精度のみによって支配され、この例においては、約+/-5マイクロメートルだった。

【0087】

他の厚さ、並びに、EXG、2319 NIOXガラス、および、post-IOXガラスなどのガラス組成物も、穿孔および分離処理条件を適切に調節して、切断および穴あけした。

【0088】

上記実施例において、1つのピコ秒レーザ光学ヘッドを用いて、穿孔の切断と穴あけの両



方を行ったが、これらの工程を、2つの光学ヘッドを用いて、同じ機械で、または、2つの異なる機械でさえ行うことも可能である。2つの異なる光学ヘッドを採用する利点は、僅かに異なる線焦点の長さが、切断工程と、穴あけ工程とに最適であり得ることであり、概して、切断工程については、ガラスの損傷が大きい方が、間をつなぐ割れ目の生成を容易にするので望ましく、一方、穴あけ工程については、損傷を最小にして、最終的なエッチング後の孔の輪郭が、できるだけ丸く滑らかにするのが望ましい。そのような場合には、図11に示したように、電気光学（偏光に基づく）スイッチ、偏光ビームスプリッタと組み合わせた機械的に作動または回転する波長板、若しくは、空気力学的または機械的に駆動されるミラーの動きを用いて、1つのレーザビーム源を2つの光学ヘッド間で切り換えてもよい。

10

#### 【0089】

図11は、2つの光学ヘッド82、84を採用した例示的なレーザシステム80を、概略的に示している。この例示的な実施形態において、1つの光学ヘッド82を、切断に最適に構成し、第2の光学ヘッド84は、穴あけ/基体内に孔を形成するのに最適に構成してもよい。光学スイッチ86を用いて、プロセス内の任意の所定の時間に、どちらのヘッドを使うか選択してもよい。例えば、光学スイッチ86は、空気力学的に、または、機械的に作動するミラー、偏光ビームスプリッタと組み合わせた回転可能な波長板、または、他の光学要素、若しくは、偏光ビームスプリッタを通して送られる光の偏光状態に影響を与えることによって、レーザ88からのレーザビームの向きを変える電気光学スイッチを含んでもよい。

20

#### 【0090】

図12は、ガラスシート基体などの基体を切断および/または穴あけするのに、焦線レーザおよび/または短パルスレーザを用いて、基体を製作する例示的なプロセス200のフローチャートを示している。図12に示した実施形態において、動作202で、基体シートを担体に載置する。この実施形態において、例えば、システムは、ガラスまたは光送達部（または、それらの両方）を移動することによって、レーザをガラスに対し移動するステージを有する。図13～17を参照して、以下により詳しく記載するように、基体シートは、例えば、1枚以上の別々の基体シート、または、基体シート材料の連続したウェブ（例えば、システムの1つ以上のローラから供給する）を含んでもよい。動作204において、基体シートを、真空チャックなどを介して、担体に固定する。特定の第1群のレーザパラメータを、動作206で選択して、内側欠陥部（例えば、第1群の欠陥部）の望ましい形状、深さ、大きさ、または、他の特徴に対応する、1つ以上の特定の内側欠陥部を生成する。特定の第2群のレーザパラメータを、動作208で選択して、外側欠陥部（例えば、1つ以上の望ましい個々のコンポーネントの周りに境界部または周縁部を形成する第2群の欠陥部）の望ましい形状、深さ、大きさ、または、他の特徴に対応する、1つ以上の特定の外側欠陥部を生成する。動作210において、個々の形状を、CO<sub>2</sub>レーザを用いることなどにより、基体から分離する。動作212において、基体/分離した片を、真空チャックを解除することなどにより、担体から放出する。動作214において、基体シートから切断した担体および片を排出するか、他の方法でシステムから除去し、動作216において、自動および/または手動動作により、分離した片を担体から除去する。動作218において、担体を清浄して、破片を基体から除去し、再使用するよう待ち列に配置する。図12に示した動作の順序は、例にすぎない。例えば、切断および穴あけ動作を、本明細書に記載したように、同じ、または、異なる装置で、どちらの順序で行ってもよい。更に、上記のように、特定の基体の特徴によっては、分離動作を追加のCO<sub>2</sub>レーザで行っても、行わなくてもよい。

30

40

#### 【0091】

焦線レーザ処理により、切断ガラス縁部の特性（強度、粗さ、表面下の損傷など）は、更に研削、面取り、および、研磨処理を行わずに、適切なものである。これにより、同じ製品を製造するための時間および費用を削減して、これらの処理による歩留まりの損失をなくす。更に、洗浄工程の回数を削減する。従来の工程については、ウェハを切断して、機

50

械的な破片を除去するように研削した後に、洗浄工程が必要である。この工程を、上記の工程では除いてもよい。

#### 【 0 0 9 2 】

同じシステムが、ガラスサンプルを切断および穴あけするので、いくつかの実施形態において、このことも、外側特徴物と孔パターン（例えば、インターポーザ孔）との間で位置の精度を大きく高めるといった利点を有する。従来では、機械的な切断および部品の縁部の研削の精度が低いので、部品の真の中心に対するパターン配置の全精度は、 $200\text{ }\mu\text{m}$ 程度である。ビジョンシステムを用いて、孔を穴あけする前に部品縁部を見つけるようにしても、誤差は大きくなりうる。これに対し、本明細書に記載のプロセスは、機械的に研削および研磨した部品と比べて、もっと非常に精密で高精度の外側寸法を有するレーザ処理した部品を、生成することができる。従って、切断および穴あけ工程が、時間の節約となるだけでなく、部品の仕様精度を大きく高めて、絶対許容誤差は約 $\pm 5\text{ }\mu\text{m}$ になる。

10

#### 【 0 0 9 3 】

更に、薄いガラス（ガラス厚さ $<200$ マイクロメートル）を処理する際の最大の困難点の1つは、手でのガラス取扱いである。ガラスは非常に薄いので、1枚の紙のような振舞いをする。このプロセスは、取扱いを削減し、したがって、薄いガラスの処理を可能にする。完全なシステムは、穴あけの前および後において、部品の手での取扱いを最小限にする。従来のシステムにおいて、部品を切断する時と、部品を穴あけシステムに載置し、次に、そこから取り除く時とに、部品を手で取り扱う。本願の工程では、取扱いは、システムから取り除く時だけであり、それは、自動化できる可能性もある。このことは、全体的な歩留まりの改善に直結する。

20

#### 【 0 0 9 4 】

大きいシートを処理して一連の個々の部品を製作する他の利点は、穴あけ工程の速度が、穴あけ処理自体の物理的過程ではなく、ビームをガラスに対して移動する速度によって、制限されるということである。ガラスを移動する工程を更に分解すると、ほとんどの時間が、加速および減速段階に使われる。多くの部品を同じパターンと組み合わせることによって、1つの部品当たりの実効時間を削減できる。パネル上で多くの部品を組み合わせることによって、レーザビームを大きいパネルに亘って走査する時の穴あけ速度を全体として高め、小さな部品だけを扱う時に必要な加速/減速の回数が少なくなる。

#### 【 0 0 9 5 】

図13および14は、多数のウェハ222、および、1つ以上の望ましいパターンを有するパネル224を、1つのより大きいパネル220から生成できることを示している。この場合、レーザ処理を用いて、孔パターン（例えば、案内孔、ビア、インターポーザなど）に対応する第1群の欠陥部を生成し、部品輪郭内の位置合わせ基準位置を含むウェハの輪郭を形成するなど、境界部または周縁部を形成する第2群の欠陥部を生成しうる。第2群の欠陥部のこの外側ウェハパターンを、別のレーザ工程（例えば、 $\text{CO}_2$ レーザによる熱分離）を用いて放出するか、または、下流側の工程（酸エッチング）で放出しうる。利点は、各望ましい片を、任意の大きさ、および、寸法にし、各片が異なる内側の孔パターンを有することができることである。図13および14において、例えば、個々のウェハ222（図13）、および、個々のパネル224の外側の境界部または周縁部は、ウェハ222については概して円形の境界部または周縁部に、および、パネル224については概して矩形的境界部または周縁部に配置された第2群の欠陥部によって形成される。更に、第1群の欠陥部は、個々のウェハ222およびパネル224の境界部または周縁部に配置して示した内側の孔（例えば、案内孔、ビア、インターポーザなど）を提供する。

30

40

#### 【 0 0 9 6 】

図15は、例示的なレイアウトを示し、1枚のガラスシートを、4つの異なる大きさで、2つの異なるパターンに切断している。これは、ガラスの在庫管理を簡略にし、プロセスの用途を非常に広げるので、本明細書に記載の切断および穴あけ工程に特定の利点である。

#### 【 0 0 9 7 】

例えば、図15に示すように、1枚の基体シート230において、1枚のパネル232、

50

3つの300mmウェハ234、7つの150mmウェハ236、並びに、第1のパターンを有する2つの100mmのウェハ238、および、第2の別個のパターンを有する2つの100mmウェハ240を、同時に、1枚の基体シート230から穴あけできる。多くの個々のウェハまたはサブパネルを載置するのではなく、1枚の大きいガラスシートを載置して処理できる。図15において、例えば、個々のウェハ234、236、238および240、並びに、個々のパネル232の外側の境界部または周縁部を、ウェハ234、236、238および240については概して円形の境界部または周縁部に、および、パネル232については概して矩形の境界部または周縁部に配置された第2群の欠陥部によって形成する。更に、第1群の欠陥部は、個々のウェハおよびパネルの境界部または周縁部内に配置して示した内側の孔（例えば、案内孔、ビア、インターポーザなど）を提供する。

10

#### 【0098】

これに対して、部品を所定の大きさに予め切断す場合には、様々な寸法のウェハの大量の在庫管理が必要となる。異なる販売業者用に、多くの異なる大きさ、および、厚さが必要なので、在庫は巨大になりうる。本明細書に記載のプロセスは、1つの大きさのマザーシートから、ウェハまたはパネルを切断して、多くの異なる大きさの在庫片を取得して、必要な在庫を削減し、単に異なる厚さのシート（または、スプール）を保有するという利点を有する。このことは、載置時間を削減し、部品の取扱い、および、トラッキングの複雑さを削減して、製造スループットを高める。

#### 【0099】

20

図16は、望ましいパターンを有するウェハを含む多数のサブパネル252を、1枚のより大きいパネル250から生成できることを示している。この場合、レーザ処理を用いて、第1群の欠陥部などを介してインターポーザパターンを生成し、第1群の欠陥部の周りの境界部または周縁部を形成するように配置された第2群の欠陥部などを介して任意の位置合わせ基準位置を含むウェハ輪郭を生成しうる。更に、レーザ処理を用いて、サブパネル252を生成してもよい。このサブパネルパターンを、別のレーザ処理を用いて放出するか、酸エッチングなどの下流側処理で放出しうる。

#### 【0100】

図17は、概略的に、供給材料を基体シート（例えば、コーニング社のWillowガラスなどのガラス基体）のスプールを介して供給する工程を示している。ロールを受け付ける能力は、材料の取扱い、および、ロールをパネルに変換する必要性を減少させる。レーザ処理アセンブリにおいて、システムは、切断、穴あけ、および、放出工程を行ってもよい。このシステムの出口側で、ピックアンドブレース装置を用いて、望ましい部品を搬出してもよい。

30

#### 【0101】

図17を参照すると、レーザで基体シート302を製作するための例示的なプロセスおよびシステム300を、概略的に示している。概して、基体シート302を、処理前にスプール304で提供する。本明細書において、「基体シート」という用語は、ガラス基体シート、熔融シリカシート、サファイアシート、ガラスセラミック基体シート、または、セラミックシートを意味する。ガラス基体シートを、本明細書に記載したように、レーザで穴あけしてエッチングできる任意のガラス材料から製作してもよい。同様に、ガラスセラミック基体シート、および、セラミック基体シートを、本明細書に記載したように、レーザで穴あけしてエッチングできる任意のガラスセラミック、または、セラミック材料から製作してもよい。例示的なガラス組成物は、コーニング社のコード2318、2319および2320などの、コーニング社のEagle XGガラス、または、コーニング社のGorillaガラスの組成物であろう。特定のレーザに対し約20%未満の透過ロスを持つものなどの、部分的にセラミック化された材料を使用してもよい。

40

#### 【0102】

上記のように、基体シート302に、レーザ穴あけ工程で穴をあけて、1つ以上の案内孔、ビア、インターポーザなどを提供するように適応した第1群の欠陥部、および、第1群

50

の欠陥部を囲む境界部または周縁部に沿って配置された第2群の欠陥部または穿孔を、生成することができる。したがって、レーザ処理中に基体シート302を支持枠に固定する必要がないように、基体シート302は、最小の寸法変化で熱エネルギーを受け取ることができるべきである。例えば、典型的には高温の電子機器に利用されるポリイミドフィルムは、熱サイクルに曝されると、10 μmから100 μmの範囲の予想外の歪みを生じるかもしれない。比較すると、ガラス基体などの本明細書に記載の基体は、同じ熱サイクルに曝されても、検知可能な歪みを有さない。寸法上の安定性に加え、基体シート302は、約500 °Cより高い温度に耐え、約50 GPaより高いヤング率を有し、約3 GPaより高い硬さを有すべきである。

#### 【0103】

基体シート302は、図17に示したように、スプールに巻き取ることができる厚さを有すべきである。限定するものではない例として、薄いガラス基体の場合には、基体シート302は、300 μm未満の厚さを有してもよい。基体シート302は、材料の組成および特性に応じて他の厚さを有してもよいと理解すべきである。

#### 【0104】

図17に示すように、スプール304は、機械的に回転するスプールアセンブリ(番号を不付与)上に配置されて、基体シート302を巻き解く。このスプールアセンブリ、および、本明細書に記載の他のスプールアセンブリは、回転し、その上に巻き取った基体シート302を有することができる任意の装置として構成してもよい。

#### 【0105】

図示した実施形態において、基体シート302は、スプール304から巻き解く時に、レーザ処理アセンブリ306を通過する。より詳細に以下に記載するように、レーザ処理アセンブリ306は、基体シート302を切断(例えば、第2群の欠陥部)、および/または、穴あけ(例えば、第1群の欠陥部)するために、基体シート302上、または、それに貫通して、複数の欠陥部(図17に不図示)をレーザで穴あけするように動作可能な1つ以上のレーザを含む。欠陥部は、以下により詳細に記載するように、多光子吸収によって形成された、ガラス基体内の貫通孔、ブラインドホール、欠陥線、または、損傷領域であってもよい。レーザ誘起した欠陥部を基体シート302内に形成することができる、任意のレーザ処理を、最終的な利用および孔の必要条件に応じて用いてもよい。例としてであり、限定するものではないが、1つ以上のレーザが、紫外線または赤外線波長範囲のレーザビームを生成するように動作可能であってもよい。例示的であり、限定するものではないレーザ処理アセンブリを、図1、2Aおよび2Bに示し、上記のように詳細に記載した。

#### 【0106】

但し、いくつかの基体シートを同時に処理できることを記載しておく。例えば、レーザ処理アセンブリ306内で多数の基体シートを積み上げて配置した時に、同時にレーザで穴あけしてもよいように、スプール304は、いくつかの巻き取った基体シートを含んでもよい。

#### 【0107】

図17に示した例において、既に個々の構成部品に分離した基体シート302が、レーザ処理アセンブリ306を出る。しかしながら、本明細書に記載したように、穿孔/欠陥線に沿った分離は、レーザ処理アセンブリ306の下流側で起きてもよい。更に、基体シート302を、ロール上に配置した連続シートして示しているが、基体シートを、レーザ処理アセンブリ306内で処理するための別々の基体シートとして、レーザ処理アセンブリ306に導入してもよい。

#### 【0108】

工程300は、レーザ処理アセンブリ306内で、レーザ処理アセンブリ306と連続して、または、図17に示したように工程300の下流側のシステム/プロセスの別に分かれた位置に、配置される(例えば、基体シート内の孔を仕上げるための)エッチング処理も含んでもよい。エッチングアセンブリにおいて、基体シート、または、別々に分かれた

10

20

30

40

50

部品にエッチング処理を行って、レーザ処理で生成した欠陥部を開口して、望ましい孔を形成してもよい。任意の既知、または、これから開発すべきエッチング処理を用いて開口するか、他の方法で、孔を望ましい形状に形作ってもよい。例示的であり、限定するものではないエッチング処理を、図 19 A ~ 19 C に示し、以下に詳細に記載する。図 20 A は、エッチング処理後の、基体シート 302 の一部の複数の孔 320 を示している。孔の断面形状は、円筒状、円錐状、または、他の形状というように、利用の際の必要条件によって異なりうる。一方、図 20 B は、金属皮膜した接触パッド 322 を金属で充填した孔 320 の外側に形成する金属皮膜層で、複数の孔 320 を充填した後の、基体シート 302 を示している。

#### 【0109】

図 18 は、供給材料 332 の全ロール 334 を、処理領域 336 で穿孔および穴あけするが、放出せずに、レーザ穿孔後にスプール 338 に巻き上げる、ロールツーロール工程 330 を概略的に示している。但し、放出動作 340（例えば、CO<sub>2</sub>レーザ露光）は、穿孔工程で形成した割れ目を、単に伝播させる。したがって、孔パターンおよび部品輪郭を、同じ機械のままで全て穿孔するので、生じる寸法公差を犠牲にすることはない。結果的に得られる部品は、同一で、既に要点を記載したような望ましい特性を全て有する。穴あけして切断したスプールを、次に、酸エッチングして、望ましい形状を切り落とすか、または、図 18 に「放出」と印を付した次の工程を通して、望ましい形状を辿って分離する。これは、ある部品を切断して穴あけする時間が、処理時間の大部分であるので、有利でありうる。これらの工程を分けることによって、1つの生産ライン当たりの全スループットが非常に高くなり、スループット単位当たりの資本投資を低くしうる。例えば、一実施形態は、5つの異なるロール材料の輪郭の穿孔および穴あけを、それぞれ行う5つの機械でありうる。これらの切断および穴あけした材料の5つのロールを、スプールを受けて部品を放出する、1つの分離機に送りうる。

#### 【0110】

ここで図 19 A ~ 19 C を参照すると、エッチングアセンブリ 352 によって提供しうる例示的なエッチング処理 350 を、概略的に示している。上記のように、基体シート 302 にレーザで穴あけした穴を、通すことができる任意のエッチング処理を用いてもよい。最初に図 19 A を参照すると、例示的なエッチングアセンブリ 352 は、スプレーエッチングによって、前進する基体シート 302 をエッチングするように構成している。複数のノズル（不図示）は、エッチング溶液のスプレー噴出物 355 を基体シート 302 に向ける。図 19 A は、基体シート 302 の両側のスプレー噴出物 355 を示しているが、実施形態は、スプレー噴出物 355 を、基体シート 302 の1つの面だけに向けてもよい。スプレー噴出物 355 の流体速度は、エッチングアセンブリ 352 の長さに沿って変動してもよい。

#### 【0111】

図 19 B は、基体シート 302 をエッチング溶液に浸漬して、水溶液によるエッチングを提供するエッチングアセンブリ 352' を、概略的に示している。上記のように、基体シート 302 の特性に応じて、任意のエッチング溶液の化学的性質を用いてもよい。図 19 B には示していないが、耐エッチング液ローラを、エッチングアセンブリ 352' に備えて、基体シート 302 を、完全にエッチング溶液に浸漬するように下方に押し出してもよい。図 19 B に示すように、光学超音波エネルギー、および/または、攪拌（形状 357 によって示した）をエッチング溶液、および/または、基体シート 302 に加えて、孔のエッチングを更に促進してもよい。

#### 【0112】

図 19 C は、エッチングゾーン 359 A および 359 B の形状の多数のエッチングゾーンを備えるエッチングアセンブリ 352'' を概略的に示している。利用例に応じて、任意の数のエッチングゾーンを備えてもよいと理解すべきである。図示した実施形態において、エッチングゾーン 359 A は、水溶液エッチングゾーン（光学超音波エネルギーまたは攪拌を提供しても、しなくてもよい）であり、次のエッチングゾーン 359 B は、ドライエッ

10

20

30

40

50

チングゾーンである。他のエッチングゾーンを、図示したエッチングゾーン 3 5 9 A および 3 5 9 B の代わりに、または、追加で備えてもよいと理解すべきである。例えば、エッチングゾーンは、スプレー処理、または、基体の浸漬を提供してもよい。

【 0 1 1 3 】

異なるエッチングゾーンを、特に、異なるエッチング条件で最適化してもよい。エッチング条件の急な変更は、基体の個々のシートをエッチングするバッチ処理において実現が難しい。しかしながら、本明細書に記載の連続またはロールツーロール工程において、基体シート 3 0 2 がエッチングアセンブリ 3 5 2 を通って前進する時に、一連の群のスプレイノズルはエッチング組成物を変えて、水洗工程を提供し、温度を変更し、攪拌を追加または除くなどすることができる。

10

【 0 1 1 4 】

上記のように、基体シート 3 0 2 の各表面を独立に処理してもよい。例えば、基体シート 3 0 2 の両面を、同じに、または、異なるようにエッチングしてもよい。または、他の構成において、基体シート 3 0 2 の 1 つの表面だけをエッチングしてもよい。各表面を異なるようにエッチングすることができるので、第 1 の表面を積極的にエッチングし、他の面を軽くエッチングすることによって、同時に孔を生成する可能性がある。基体の各表面の処理を、ずらしてもよい。エッチング条件も、基体の水平方向の幅に亘って変えてもよい。

【 0 1 1 5 】

連続エッチングは、貫通孔の特性に影響するだけでなく、基体シートの縁部、および、全体的な機械的信頼性にも影響する。基体シートの縁部のエッチングは、基体シートの傷をなくすか、または、削減して、それによって、曲げ強度を高める。縁部近くでのエッチングは、丸まった、先細の、または、厚さが変わる縁部プロファイルも生成する。エッチング工程は、基体シートを薄くもする。この薄くする処理は、基体シートの幅に亘って均一か、若しくは、機械的または装置の機能性のためにもっと積極的に、もっと薄い領域を基体シートに生成しうる。これらの変更は、エッチング条件を基体表面に亘って変動させるか、マスキング技術によって可能である。

20

【 0 1 1 6 】

代替の実施形態において、レーザ処理後に、基体シート 3 0 2 を個々の部分に分離してもよい。ロールツーロール処理ではなく、基体シート 3 0 2 の個々の部分を連続して、本明細書に記載のエッチングアセンブリに通してもよい。いくつかの実施形態において、基体シート 3 0 2 は、巻き解いたシートとして、エッチングアセンブリ 1 0 4 に入り、次に、エッチングアセンブリを通った後に、スプールに巻き取ってもよい。

30

【 0 1 1 7 】

ここで、図 2 1 および 2 2 を参照すると、いくつかの実施形態において、基体シート 3 0 2 をエッチングアセンブリ 3 5 2 に連続して通すのではなく、レーザ工程に続いて、全スプール 3 6 0 がスプール形状でエッチングする。図 2 1 は、巻き取った基体シート 3 0 2 の最終スプール 3 6 0 の一部を、概略的に示している。エッチング溶液が、基体シート 3 0 2 の実質的に全表面に確実に届くように、基体シート 3 0 2 の隣接した表面の間に空隙が存在すべきである。図 2 1 に示すように、耐エッチング液インターリーフ層 3 6 1 を、基体シート 3 0 2 の隣接した表面の間に配置する。格子として構成するか、他の方法で開口部を有する、インターリーフ層 3 6 1 は、基体シート 3 0 2 の隣接した表面の間に空隙を提供する。これは、最終スプール 3 6 0 をエッチング溶液に浸漬した時に、エッチング溶液が基体シート 3 0 2 の表面の間を流れることを可能にする。インターリーフ層 3 6 1 を、レーザ処理アセンブリ 3 0 6 の前または後に、加えてもよい。最終スプール 3 6 0 は、複数の基体シート、および、複数のインターリーフ層も含んでもよい。

40

【 0 1 1 8 】

レーザ処理アセンブリ 3 0 6 に通して、最終スプール 3 6 0 (または、中間スプール)に巻き取った後に、矢印 B が示すように、基体シート 3 0 2 を、エッチングアセンブリ 3 6 2 内に配置してもよい。エッチング溶液の化学的特性およびエッチング持続時間は、基体シート 3 0 2 の材料および望ましい特性 (例えば、孔の直径、基体シートの厚さなど) に

50

よるものとなる。結果的に得られる製品は、そこに孔を形成した、巻き取った基体シートのスプールである。エッチング後に、最終スプール360を清浄して（例えば、水洗浄、または、プラズマ洗浄）、および/または、更なる処理を行ってもよい。例えば、最終スプール360を容易に梱包して、更なる処理のために他の施設に出荷してもよい。

#### 【0119】

ここで、本明細書に記載した実施形態は、パルス状レーザ、および、光学システムを用いて、レーザビームの線焦点を、ガラス基体シートなどの対象基体内に生成する、対象基体を切断および穴あけするシステムおよびプロセスを提供すると理解すべきである。パルス状レーザ切断および穴あけシステムおよびプロセスは、孔または欠陥部を生成し、ある実施形態においては、個々の各レーザパルスで、ガラスシートの深さ全体に延伸し、レーザシステムが、輪郭または望ましい部品形状を形成する一連の穿孔を生成することによって、対象基体を任意の望ましい輪郭に切断分離するのを可能にする。ガラス基体シートは脆いので、次に、割れ目が、穿孔した輪郭を辿り、ガラス基体シートを、穿孔によって画定された任意の必要な形状に分離するのを可能にする。システムおよびプロセスは、高応力ガラス（例えば、イオン交換された）から、低応力ガラス（例えば、コーニング社のEXG）までの範囲の多数のガラス組成物を、高速で（ $> 500 \text{ mm/秒}$ ）切断して、複雑な形状を、厳密な半径および複雑な輪郭で切断するのを可能にする。更に、システムおよびプロセスは、更に、望ましいインターポーザ案内孔パターンを、ガラスウェハに作製するように適合しうる。酸エッチング処理も用いて、孔を拡大して、これらのウェハを、適切なガラスインターポーザにしてもよい。

#### 【0120】

本明細書において例示的な実施形態を示したが、当業者は、添付の請求項の包含する範囲を逸脱することなく、形態および詳細において様々な変更が可能だと理解するだろう。

#### 【0121】

以下、本発明の好ましい実施形態を項分け記載する。

#### 【0122】

##### 実施形態1

基体シートを製作するプロセスにおいて、

レーザビームを出射するように動作可能な少なくとも1つのレーザを含むレーザ処理アセンブリに、前記レーザビームに実質的に透明な基体を配置する工程と、

前記レーザビームを、該レーザビームのビーム伝播方向に沿って見た、レーザビーム焦線に集光する工程と、

前記レーザビーム焦線を前記基体内に向けて、該レーザビーム焦線が該基体シート内に誘起吸収を生成して、前記誘起吸収が該基体内に該レーザビーム焦線に沿った欠陥部を生成する工程と、

前記基体シートを前記レーザビームに対し平行移動して、それにより、レーザが該基体内に複数の内側欠陥部を穴あけする工程と、

第1の複数の欠陥部、および、閉じた境界部を画定する第2の複数の欠陥部を生成する工程であって、前記第1の複数の欠陥部は、前記閉じた境界部内に位置する工程と、

前記基体の少なくとも1つの構成片を、前記第2の複数の欠陥部によって画定された前記閉じた境界部に沿って分離する工程と、

を有するプロセス。

#### 【0123】

##### 実施形態2

前記基体を、ガラス基体シート、ガラスセラミック基体シート、溶融シリカ、および、サファイアシートからなる群から選択するものである、実施形態1に記載のプロセス。

#### 【0124】

##### 実施形態3

前記第2の複数の欠陥部が、約 $20 \mu\text{m}$ 未満の欠陥部間のピッチを有するものである、実施形態1または2に記載のプロセス。

## 【 0 1 2 5 】

## 実施形態 4

前記第 1 の複数の欠陥部が、約 1 0  $\mu\text{m}$  未満の直径を有し、約 1 0 0  $\mu\text{m}$  より深く延伸するものである、実施形態 1 から 3 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 2 6 】

## 実施形態 5

前記第 1 の複数の欠陥部をエッチングして、該第 1 の複数の欠陥部を拡大する工程を、更に有する、実施形態 4 に記載のプロセス。

## 【 0 1 2 7 】

## 実施形態 6

前記第 1 の複数の欠陥部が、約 1 0  $\mu\text{m}$  と 1 2 0  $\mu\text{m}$  の間の直径を有する孔を含み、前記基体を通して延伸するものである、実施形態 1 から 5 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 2 8 】

## 実施形態 7

前記基体を通して延伸する、前記第 1 の複数の欠陥部の前記孔を、金属被覆する工程を、更に有する、実施形態 6 に記載のプロセス。

## 【 0 1 2 9 】

## 実施形態 8

前記構成片を、前記第 2 の複数の欠陥部によって画定された前記境界部に沿って分離する工程が、該構成片の少なくとも 1 つの側に沿って、鋸歯状の縁部を提供するものである、実施形態 1 から 7 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 3 0 】

## 実施形態 9

前記鋸歯状の縁部を、前記閉じた境界部の前記第 2 の複数の欠陥部によって形成し、前記鋸歯状部の大きさが約 1 0  $\mu\text{m}$  未満で、該鋸歯状部のピッチが約 2 0  $\mu\text{m}$  未満である、実施形態 8 に記載のプロセス。

## 【 0 1 3 1 】

## 実施形態 1 0

前記構成片を、前記複数の外側欠陥部によって画定された前記境界部に沿って分離する工程が、赤外線レーザーを用いて行われるものである、実施形態 8 に記載のプロセス。

## 【 0 1 3 2 】

## 実施形態 1 1

前記第 1 の複数の欠陥部を生成する工程が、前記第 2 の複数の欠陥部を生成する工程の前に行われるものである、実施形態 1 から 1 0 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 3 3 】

## 実施形態 1 2

前記第 2 の複数の欠陥部を生成する工程が、前記第 1 の複数の欠陥部を生成する工程の前に行われるものである、実施形態 1 から 1 1 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 3 4 】

## 実施形態 1 3

第 1 の光学ヘッドが、前記第 1 の複数の欠陥部を提供するように適合し、第 2 の光学ヘッドが、前記第 2 の複数の欠陥部を提供するように適合したものである、実施形態 1 から 1 2 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 3 5 】

## 実施形態 1 4

前記レーザー処理アセンブリに配置した前記基体を提供する工程が、ロールに巻かれた該基体を提供する工程を含むものである、実施形態 1 から 1 3 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

## 【 0 1 3 6 】

## 実施形態 1 5

10

20

30

40

50



前記レーザビームが、パルス状レーザビームを含むものである、実施形態 1 から 14 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

【0137】

実施形態 16

前記基体は、約 10 % 未満の前記レーザビームの波長の吸収率または散乱率を有するものである、実施形態 1 から 15 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

【0138】

実施形態 17

前記第 1 の複数の欠陥部を金属被覆して、該第 1 の複数の欠陥部を通る導電性を提供する工程を、

10

更に有する、実施形態 1 から 16 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

【0139】

実施形態 18

前記レーザビームが、材料位置で測定した約 40  $\mu$ J より大きい平均レーザバーストパルスエネルギーと、約 1 ピコ秒より長く約 100 ピコ秒より短い間の範囲の持続時間を有するパルスと、約 100 Hz と約 1 MHz の間の範囲の繰返し率とを有するものである、実施形態 1 から 17 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

【0140】

実施形態 19

各々が閉じた境界部を画定する、前記第 2 の複数の欠陥部の複数の群によって、複数の構成片を画定し、前記第 1 の複数の欠陥部の複数の群が、各前記閉じた境界部内に配置されるものである、実施形態 1 から 18 のいずれか 1 つに記載のプロセス。

20

【0141】

実施形態 20

物品において、

第 1 の面および反対を向いた第 2 の面を有し、約 10 % 未満のレーザビームの波長の吸収率または散乱率を有する基体と、

前記基体の境界部の内側に形成されて、該基体内に延伸する第 1 の複数の欠陥部と、

第 2 の複数の欠陥境界部、および、前記第 2 の複数の欠陥部間に延伸する複数の微小割れ目によって形成された境界縁部と、

30

を含み、

前記第 2 の複数の欠陥部は、約 20  $\mu$ m 未満のピッチで互いに離間し、各該第 2 の複数の欠陥部は、約 10  $\mu$ m 未満の幅を有し、前記基体の厚さの少なくとも約 50 % に延伸するものである、物品。

【0142】

実施形態 21

各前記第 2 の複数の欠陥部が、ガラス基体層の全厚さを通して延伸するものである、

実施形態 20 に記載の物品。

【0143】

実施形態 22

前記基体が、前記第 2 の複数の欠陥部によって画定された境界部内に形成された、1000 個より多い前記第 1 の複数の欠陥部を含み、各該第 1 の複数の欠陥部が、約 3  $\mu$ m 未満の直径を有するものである、実施形態 20 または 21 に記載の物品。

40

【0144】

実施形態 23

前記基体が、前記第 2 の複数の欠陥部によって画定された境界部内に形成された、1000 個より多い前記第 1 の複数の欠陥部を含み、各該第 1 の複数の欠陥部が、約 5  $\mu$ m より大きく約 120  $\mu$ m 未満の直径を有するものである、実施形態 20 から 22 のいずれか 1 つに記載の物品。

【0145】

50

## 実施形態 2 4

前記第 1 の複数の欠陥部が、複数のブラインドホールを含むものである、実施形態 2 0 から 2 3 のいずれか 1 つに記載の物品。

【 0 1 4 6 】

## 実施形態 2 5

導電性経路が、前記第 1 の複数の孔を通して延伸する、金属被覆層によって形成されたものである、実施形態 2 0 から 2 4 のいずれか 1 つに記載の物品。

【 0 1 4 7 】

## 実施形態 2 6

各々が閉じた境界部を画定する、前記第 2 の複数の欠陥部の複数の群によって、前記基体から複数の構成片が画定され、前記第 1 の複数の欠陥部の複数の群が、各前記閉じた境界部内に配置されたものである、実施形態 2 0 から 2 5 のいずれか 1 つに記載の物品。

【 符号の説明 】

【 0 1 4 8 】

1、3 2、5 6 基体

7 レンズ

8 開口部

1 2 ガラス

3 6、4 4、5 4 欠陥部

8 0 レーザシステム

8 2、8 4 光学ヘッド

8 6 スイッチ

8 8 レーザ

2 2 0、2 2 4、2 3 2、2 5 0 パネル

2 2 2、2 3 4、2 3 6、2 4 0、2 5 2 ウェハ

3 0 2 基体シート

3 0 6 レーザ処理アセンブリ

3 2 0 孔

3 2 2 接触パッド

3 5 2、3 5 2'、3 5 2''、3 6 2 エッチングアセンブリ

10

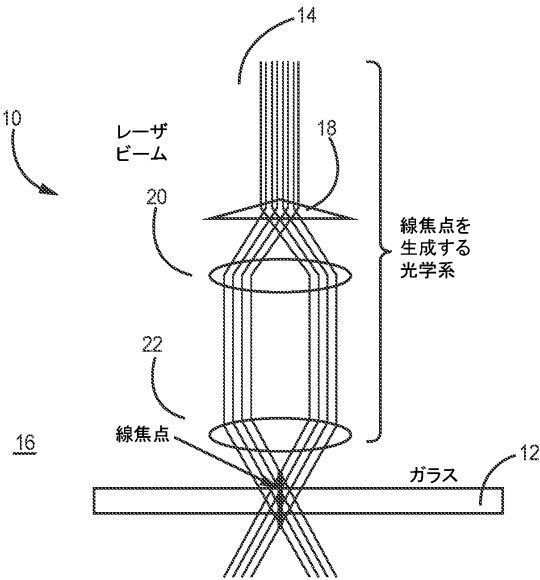
20

30

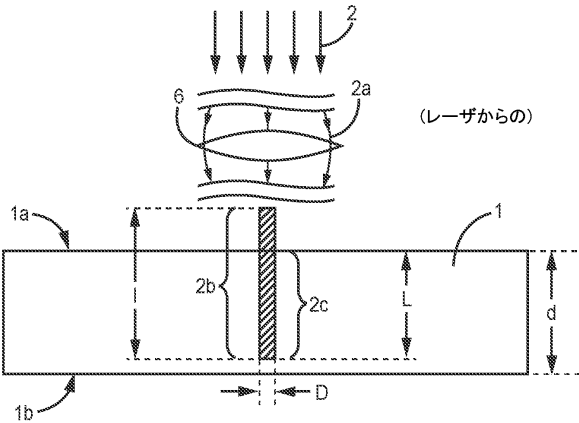
40

50

【図面】  
【図 1】



【図 2 A】



10

20

【図 2 B】

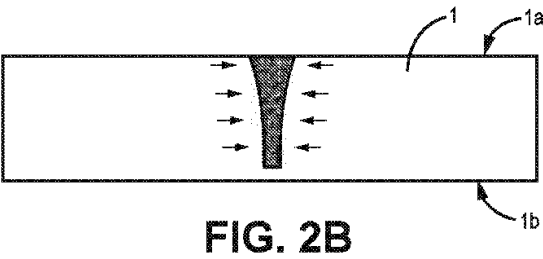
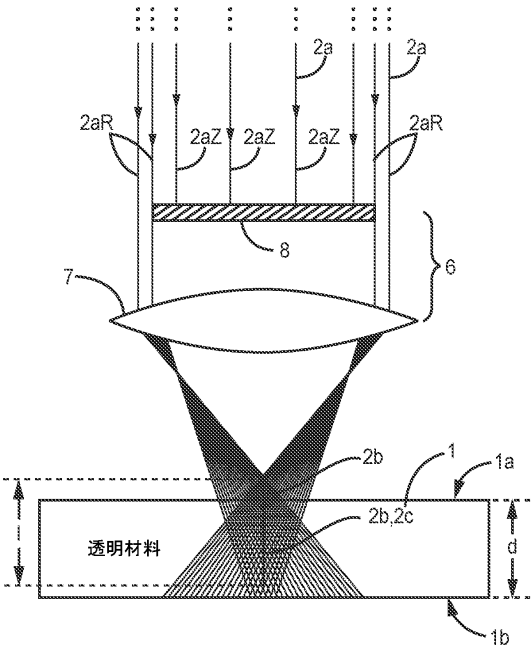


FIG. 2B

【図 3】



30

40

50

【 図 4 】

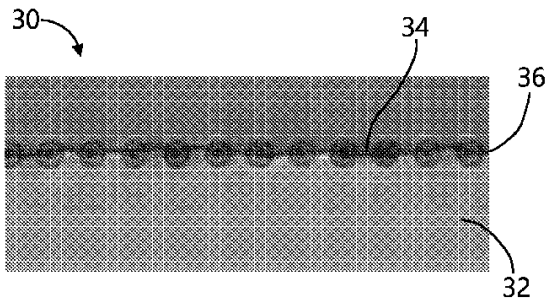


FIG. 4

【 図 5 】

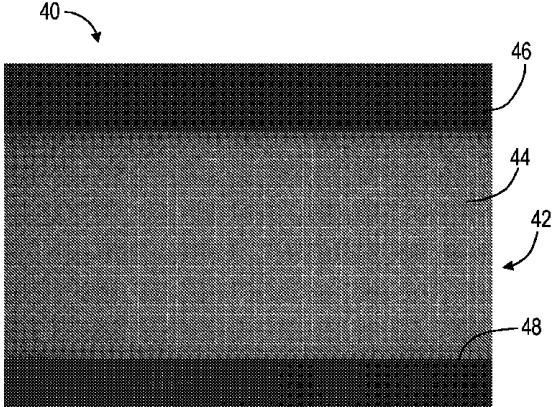


FIG. 5

【 図 6 】

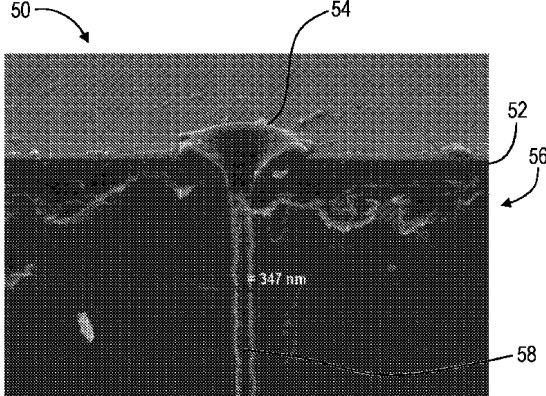


FIG. 6

【 図 7 】

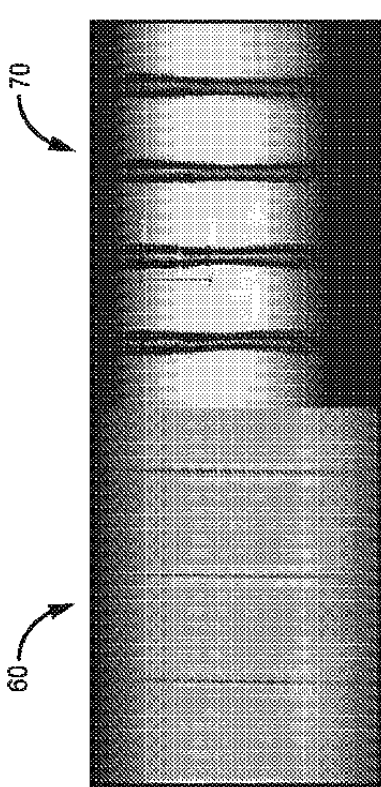


FIG. 7

10

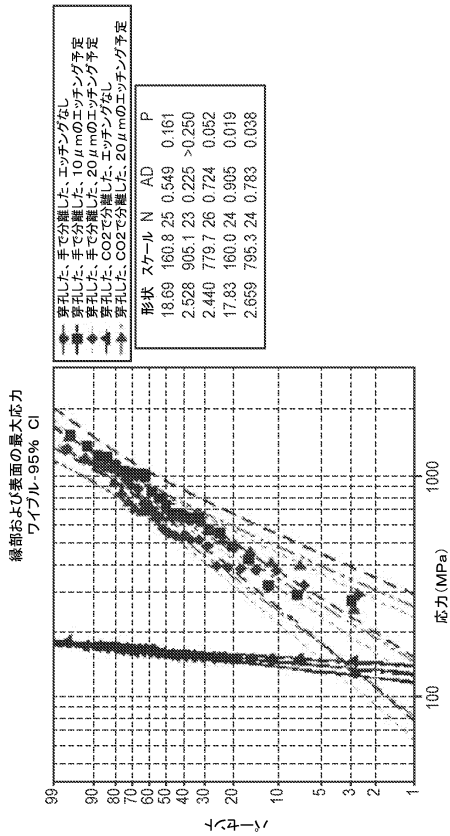
20

30

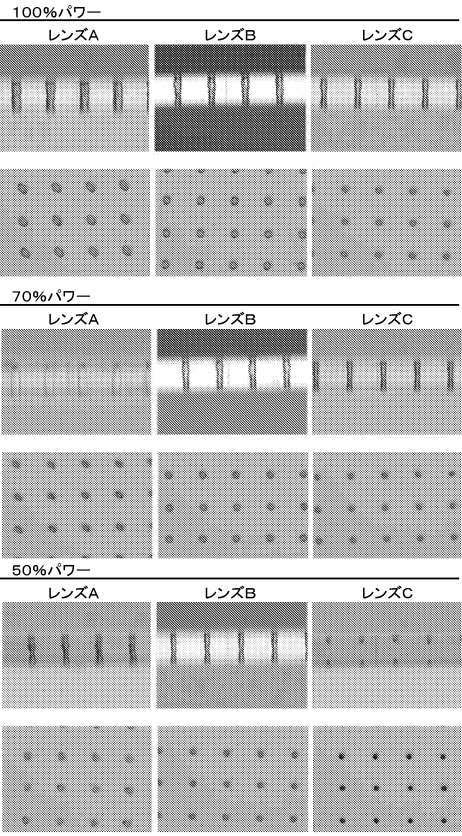
40

50

【図 8】



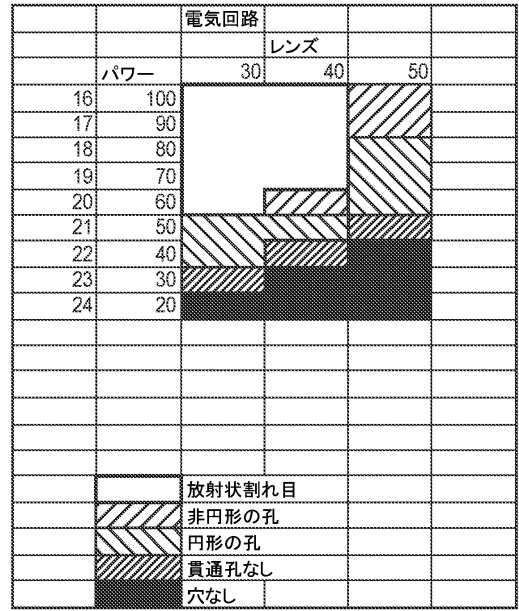
【図 9】



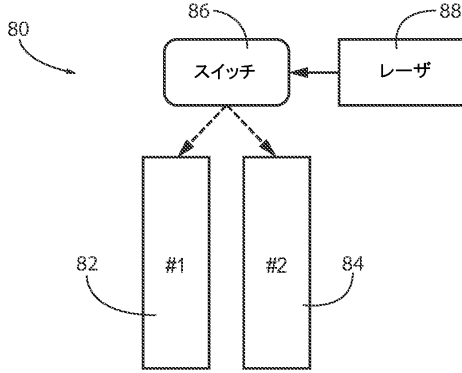
10

20

【図 10】



【図 11】

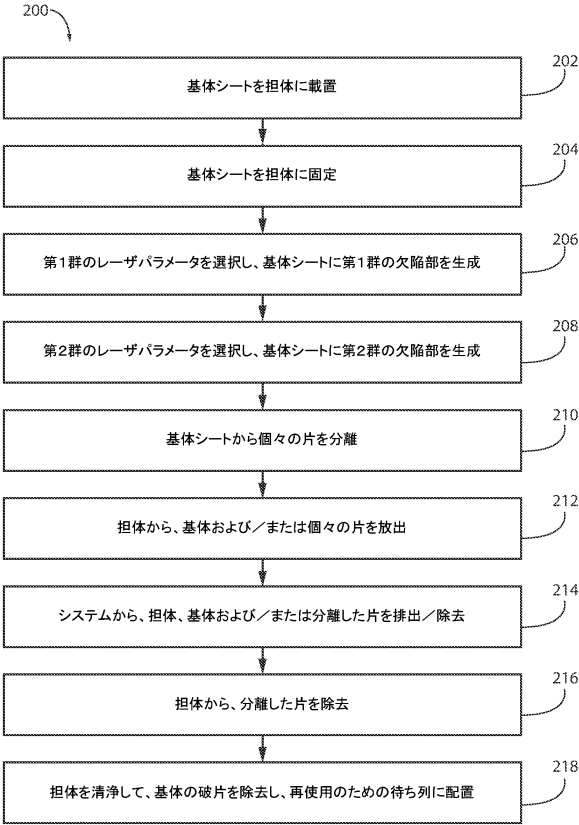


30

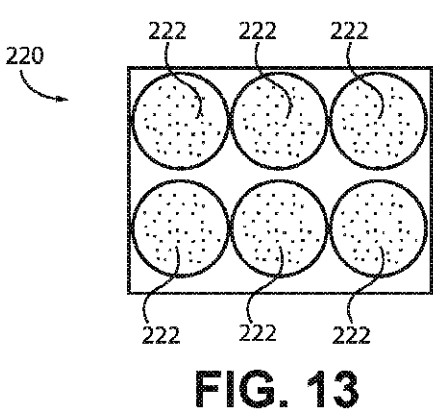
40

50

【図 1 2】



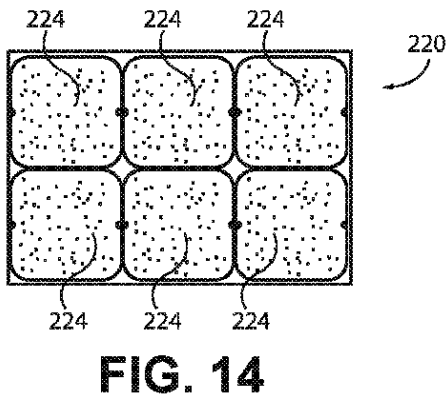
【図 1 3】



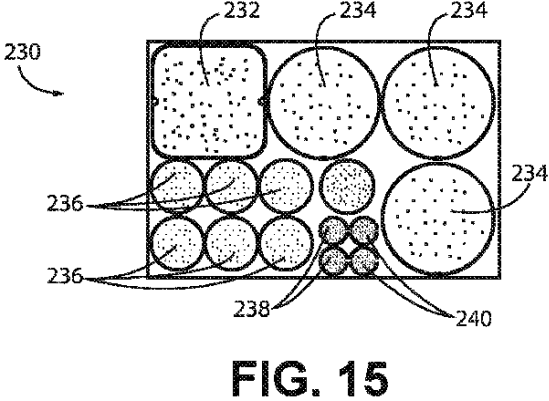
10

20

【図 1 4】



【図 1 5】



30

40

50

【図 16】

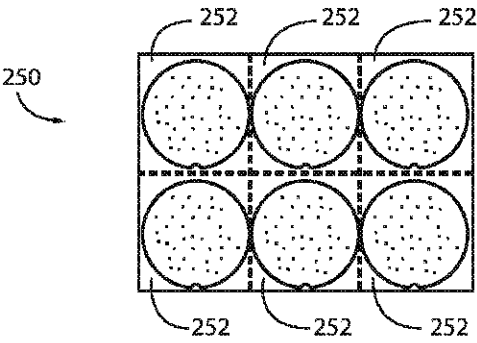
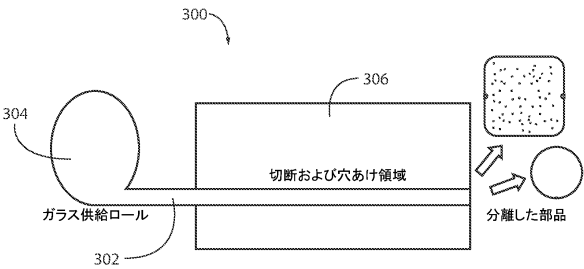


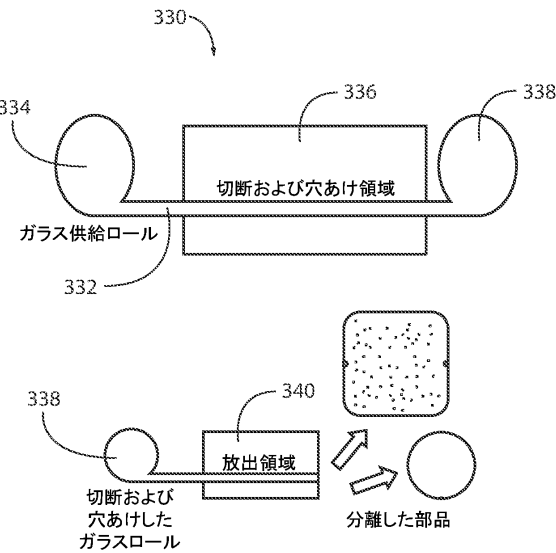
FIG. 16

【図 17】



10

【図 18】



【図 19 A】

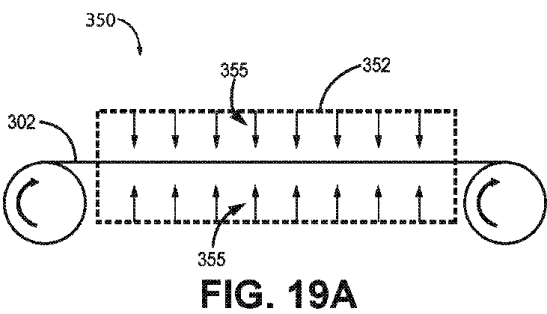


FIG. 19A

20

30

40

50

【 図 1 9 B 】

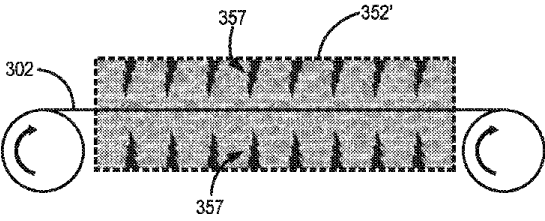


FIG. 19B

【 図 1 9 C 】

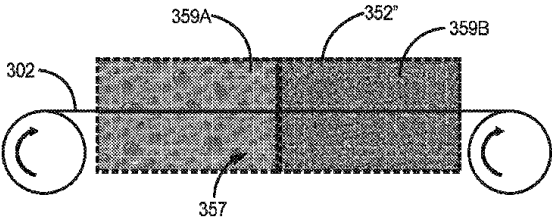


FIG. 19C

10

【 図 2 0 A 】

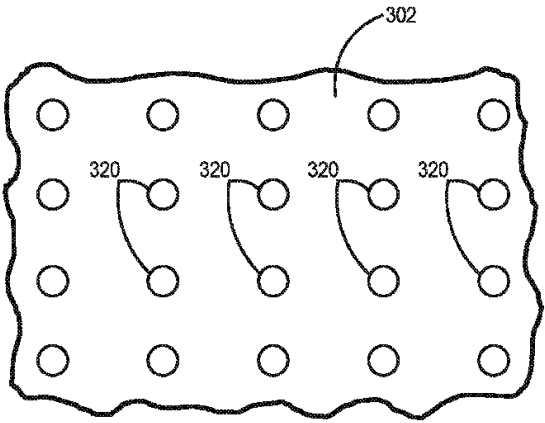


FIG. 20A

【 図 2 0 B 】

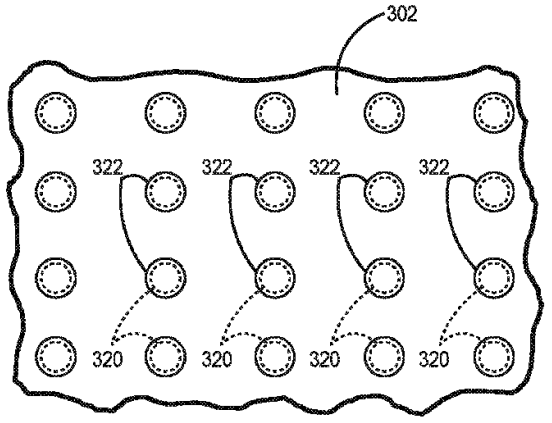


FIG. 20B

20

30

40

50



【 図 2 1 】

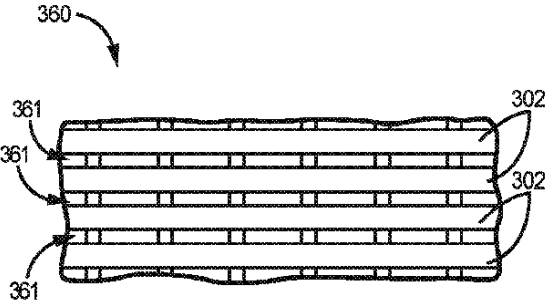


FIG. 21

【 図 2 2 】

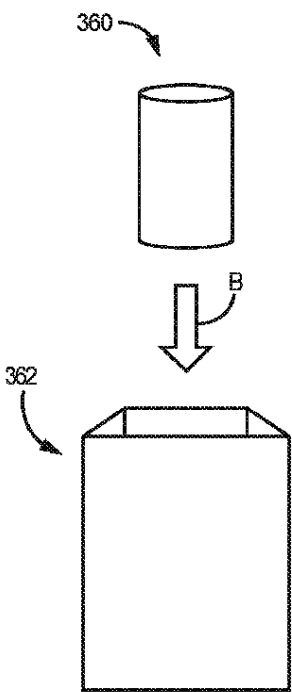


FIG. 22

10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F I

**H 0 1 L 23/15 (2006.01)**

H 0 1 L 23/14

C

C 0 4 B 35/622 (2006.01)

C 0 4 B 35/622

## (72)発明者 ピーチ, ギャレット アンドリュー

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 3 0 コーニング ホーンビー ロード 4 2 2 6

## (72)発明者 ウィーランド, クリストファー アレン

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 7 0 ペインテッド ポスト オーヴァーブルック ロード 2 1

審査官 柏原 郁昭

## (56)参考文献 再公表特許第2 0 0 3 / 0 0 7 3 7 0 ( J P , A 1 )

米国特許出願公開第2 0 1 5 / 0 1 6 6 3 9 1 ( U S , A 1 )

米国特許出願公開第2 0 1 5 / 0 1 6 6 3 9 5 ( U S , A 1 )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

B 2 3 K 2 6 / 5 3

C 0 3 B 3 3 / 0 9

C 0 3 C 1 5 / 0 0

B 2 3 K 2 6 / 5 5

B 2 3 K 2 6 / 0 6 4

H 0 1 L 2 3 / 1 5

C 0 4 B 3 5 / 6 2 2