

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-216407

(P2004-216407A)

(43) 公開日 平成16年8月5日(2004.8.5)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 3 K 26/02

B 2 3 K 26/00

F I

B 2 3 K 26/02

B 2 3 K 26/00

C

3 2 O E

テーマコード (参考)

4 E O 6 8

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2003-4973 (P2003-4973)
 (22) 出願日 平成15年1月10日 (2003.1.10)

(71) 出願人 000000239
 株式会社荏原製作所
 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
 (71) 出願人 000207551
 大日本スクリーン製造株式会社
 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁
 目天神北町 1 番地の 1
 (74) 代理人 100091498
 弁理士 渡邊 勇
 (74) 代理人 100092406
 弁理士 堀田 信太郎
 (74) 代理人 100093942
 弁理士 小杉 良二
 (74) 代理人 100109896
 弁理士 森 友宏

最終頁に続く

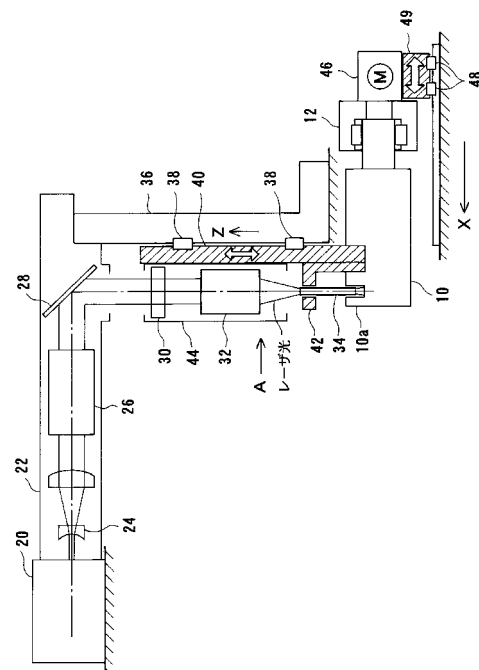
(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置及びレーザ加工方法

(57) 【要約】

【課題】被加工物に対する物理的、熱的損傷を最小限にするとともに、加工に伴う材料のロスを少なくすることができるレーザ加工装置及びレーザ加工方法を提供する。

【解決手段】レーザ光源 20 と、インゴット 10 を保持するインゴット保持部 12 と、保持部 12 に保持されたインゴット 10 の被加工部にレーザ光源 20 からのレーザ光を照射するレーザ照射部材 34 と、レーザ照射部材 34 とインゴット 10 とを相対的に移動させるモータ 46 と、レーザ照射部材 34 とインゴット 10 の被加工部との間の距離を調整するスライダ 38 と、インゴット 10 における加工点を検出する加工点検出器 110 とを備えた。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザ光源と、
被加工物を保持する保持部と、
前記保持部に保持された被加工物の被加工部に前記レーザ光源からのレーザ光を照射するレーザ照射部材と、
前記レーザ照射部材と前記被加工物とを相対的に移動させる相対移動機構と、前記レーザ照射部材と前記被加工物の被加工部との間の距離を調整する距離調整機構と、
前記被加工物における加工点を検出する加工点検出器とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。

10

【請求項 2】

前記加工点検出器は、前記被加工物の被加工部又は該被加工部と同等の位置にある点に当接する当接部材と、前記当接部材の位置を検知するセンサとを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 3】

前記加工点検出器は、前記被加工物に向けて測定光を発する投光アレイと、前記投光アレイからの測定光を受光する受光アレイとを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】

前記加工点検出器の投光アレイ及び受光アレイの少なくとも一方を前記被加工物の長手方向に移動させながら前記測定光を測定し、測定信号の大きさに基づいて検出すべき加工点の長手方向位置を決定することを特徴とする請求項 3 に記載のレーザ加工装置。

20

【請求項 5】

前記加工点検出器は、加工中の前記被加工物に測定光を通過させて前記加工点を光学的に直接検出することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】

前記測定光を加工材料端面を透過させ、その反射光を検出することにより前記加工点を検出することを特徴とする請求項 5 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】

前記レーザ照射部材の照射側の端部の位置と前記加工点検出器により検出された加工点の位置とから前記レーザ照射部材と前記被加工物の被加工部との間の距離を求め、該求められた距離に基づいて、前記被加工物又は前記レーザ照射部材の移動速度、又は前記レーザ光源のエネルギー強度を調整することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

30

【請求項 8】

前記距離調整機構は、前記距離が所定の閾値を超えた場合に、前記被加工物における加工の進行方向に前記レーザ照射部材を移動させることを特徴とする請求項 7 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 9】

被加工物を保持部により保持し、
前記保持部に保持された被加工物の被加工部にレーザ光源からのレーザ光をレーザ照射部材を介して照射し、
前記レーザ照射部材と前記被加工物の被加工部との間の距離を調整しつつ、前記レーザ照射部材と前記被加工物とを相対的に移動させて前記レーザ光により前記被加工物を加工し、
加工中に前記被加工物における加工点を検出することを特徴とするレーザ加工方法。

40

【請求項 10】

前記被加工物の被加工部又は該被加工部と同等の位置にある点に当接する当接部材の位置をセンサにより検知して前記加工点を検出することを特徴とする請求項 9 に記載のレーザ加工方法。

50

【請求項 1 1】

投光アレイから前記被加工物に向けて発された測定光を受光アレイにより受光して前記加工点を検出することを特徴とする請求項 9 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 1 2】

前記投光アレイ及び前記受光アレイの少なくとも一方を前記被加工物の長手方向に移動させながら前記測定光を測定し、測定信号の大きさに基づいて検出すべき加工点の長手方向位置を決定することを特徴とする請求項 1 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 1 3】

加工中の前記被加工物に測定光を通過させて前記加工点の位置を光学的に直接検出することを特徴とする請求項 9 に記載のレーザ加工方法。

10

【請求項 1 4】

前記測定光を加工材料端面を透過させ、その反射光を検出することにより前記加工点を検出することを特徴とする請求項 1 3 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 1 5】

前記レーザ照射部材の照射側の端部の位置と前記加工点検出器により検出された加工点の位置とから前記レーザ照射部材と前記被加工物の被加工部との間の距離を求め、該求められた距離に基づいて、前記被加工物又は前記レーザ照射部材の移動速度、又は前記レーザ光源のエネルギー強度を調整することを特徴とする請求項 9 乃至 1 4 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 1 6】

20

前記距離が所定の閾値を超えた場合に、前記被加工物における加工の進行方向に前記レーザ照射部材を移動させることを特徴とする請求項 1 5 に記載のレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、レーザ加工装置及びレーザ加工方法に係り、特に半導体インゴットやガラス、セラミックスなどの脆性材料を切断するレーザ加工装置及びレーザ加工方法に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

30

従来から、シリコンインゴットなどの硬脆性材料を複数枚のウェハに切断（スライス）する加工装置として、ブレードソーを用いた加工装置が知られている。図 1 は、従来のブレードソー式加工装置を示す概略斜視図である。図 1 に示すように、ブレードソー式加工装置は、インゴット 500 を載置する支持台 510 と、ドーナツ状の薄板ブレード 520 とを備えており、このブレード 520 の内周には、ダイヤモンドなどの砥粒を固着した内周刃 520a が形成されている。このようなブレードソー式加工装置においては、回転する 520 の内周刃 520a によりインゴット 500 が切断され、1 枚のウェハが切り出される。そして、支持台 510 をインゴット 500 の軸方向に移動させることで次のウェハが順次切り出される。

【0003】

40

また、最近では、複数のウェハを一括して切断可能なワイヤソー式加工装置も用いられている。図 2 は、従来のワイヤソー式加工装置を示す概略斜視図である。図 2 に示すように、ワイヤソー式加工装置は、ダイヤモンドなどの砥粒を付着させた複数本の金属ワイヤ 530 を備えている。このようなワイヤソー式加工装置においては、ワイヤ 530 の上に配置されたインゴット 500 を下方に押し付けるとともにワイヤ 530 を連続的に移動させることで、複数のウェハを同時に切り出すことができる。

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、このような従来の加工装置は、硬脆性材料を機械的に切断するものであるため、切り出されたウェハには、機械的加工に伴う材料欠陥（例えば、歪みや結晶の転位

50

などの物理的、熱的損傷)が生じてしまう。このため、従来の加工装置を用いてウェハを切り出した後には、上記欠陥が生じた部分(カーフロス)を研磨して除去する必要がある、この研磨除去によって材料のロスが多くなっていた。

【0005】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、被加工物に対する物理的、熱的損傷を最小限にするとともに、加工に伴う材料のロスを少なくすることができるレーザ加工装置及びレーザ加工方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

このような従来技術における問題点を解決するために、本発明の一態様は、レーザ光源と、被加工物を保持する保持部と、上記保持部に保持された被加工物の被加工部に上記レーザ光源からのレーザ光を照射するレーザ照射部材と、上記レーザ照射部材と上記被加工物とを相対的に移動させる相対移動機構と、上記レーザ照射部材と上記被加工物の被加工部との間の距離を調整する距離調整機構と、上記被加工物における加工点を検出する加工点検出器とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置である。 10

【0007】

このような構成により、レーザ照射部材から高エネルギーのレーザ光を被加工物の被加工部に照射することができる。このような高エネルギーのレーザ光の照射により、被加工物の被加工部においてアブレーション(ablation)現象が生じ、このアブレーション現象によって被加工物の被加工部を切断することができる。このアブレーション現象は、従来の機械的加工とは異なり、被加工物に対する熱的影響も少なく、切断加工で生ずる被加工物に対する物理的、熱的損傷を大幅に低減することができる。また、レーザ光を用いるため、切断部分の幅を小さくすることができ、切断加工に伴う材料のロスを少なくすることができる。また、加工中に被加工物における加工点を加工点検出器により検出することができるので、より正確な加工が可能となる。 20

【0008】

本発明の好ましい一態様は、上記加工点検出器は、上記被加工物の被加工部又は該被加工部と同等の位置にある点に当接する当接部材と、上記当接部材の位置を検知するセンサとを備えたことを特徴としている。このような構成により、センサにより検知された当接部材の位置に基づいて現在の加工点(加工深さ)を検出することが可能となる。 30

【0009】

本発明の好ましい一態様は、上記加工点検出器は、上記被加工物に向けて測定光を発する投光アレイと、上記投光アレイからの測定光を受光する受光アレイとを備えたことを特徴としている。このような構成により、投光アレイから発された測定光のうち、受光アレイで受光される測定光を検出することで、現在の加工点(加工深さ)を検出することが可能となる。

【0010】

本発明の好ましい一態様は、上記加工点検出器の投光アレイ及び受光アレイの少なくとも一方を上記被加工物の長手方向に移動させながら上記測定光を測定し、測定信号の大きさに基づいて検出すべき加工点の長手方向位置を決定することを特徴としている。 40

【0011】

本発明の好ましい一態様は、上記加工点検出器は、加工中の上記被加工物に測定光を通過させて上記加工点を光学的に直接検出することを特徴としている。

本発明の好ましい一態様は、上記測定光を加工材料端面を透過させ、その反射光を検出することにより上記加工点を検出することを特徴としている。

すなわち、上記加工点検出器は、加工中の上記被加工物に測定光を照射し、加工済み部と未加工部との反射光量の差から上記加工点を検出することを特徴としている。例えば、被加工物が実質的に透明な場合や、切断される被加工物が薄いために切断される被加工物に測定光を通過させることができる場合などにおいては、加工中の被加工物に測定光を通過させて加工点の位置を光学的に直接検出することができる。 50

【 0 0 1 2 】

本発明の好ましい一態様は、上記レーザ照射部材の照射側の端部の位置と上記加工点検出器により検出された加工点の位置とから上記レーザ照射部材と上記被加工物の被加工部との間の距離を求め、該求められた距離に基づいて、上記被加工物又は上記レーザ照射部材の移動速度、又は上記レーザ光源のエネルギー強度を調整することを特徴としている。このようにすれば、加工条件を最適化することができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の好ましい一態様は、上記距離調整機構は、上記距離が所定の閾値を超えた場合に、上記被加工物における加工の進行方向に上記レーザ照射部材を移動させることを特徴としている。

10

【 0 0 1 4 】

本発明の第2の態様は、被加工物を保持部により保持し、上記保持部に保持された被加工物の被加工部にレーザ光源からのレーザ光をレーザ照射部材を介して照射し、上記レーザ照射部材と上記被加工物の被加工部との間の距離を調整しつつ、上記レーザ照射部材と上記被加工物とを相対的に移動させて上記レーザ光により上記被加工物を加工し、加工中に上記被加工物における加工点を検出することを特徴とするレーザ加工方法である。

【 0 0 1 5 】

本発明の好ましい一態様は、上記被加工物の被加工部又は該被加工部と同等の位置にある点に当接する当接部材の位置をセンサにより検知して上記加工点を検出することを特徴としている。

20

【 0 0 1 6 】

本発明の好ましい一態様は、投光アレイから上記被加工物に向けて発せられた測定光を受光アレイにより受光して上記加工点を検出することを特徴としている。

【 0 0 1 7 】

本発明の好ましい一態様は、上記投光アレイ及び上記受光アレイの少なくとも一方を上記被加工物の長手方向に移動させながら上記測定光を測定し、測定信号の大きさに基づいて検出すべき加工点の長手方向位置を決定することを特徴としている。

【 0 0 1 8 】

本発明の好ましい一態様は、加工中の上記被加工物に測定光を通過させて上記加工点の位置を光学的に直接検出することを特徴としている。

30

本発明の好ましい一態様は、上記測定光を加工材料端面を透過させ、その反射光を検出することにより上記加工点を検出することを特徴としている。

【 0 0 1 9 】

本発明の好ましい一態様は、上記レーザ照射部材の照射側の端部の位置と上記加工点検出器により検出された加工点の位置とから上記レーザ照射部材と上記被加工物の被加工部との間の距離を求め、該求められた距離に基づいて、上記被加工物又は上記レーザ照射部材の移動速度、又は上記レーザ光源のエネルギー強度を調整することを特徴としている。

【 0 0 2 0 】

本発明の好ましい一態様は、上記距離が所定の閾値を超えた場合に、上記被加工物における加工の進行方向に上記レーザ照射部材を移動させることを特徴としている。

40

【 0 0 2 1 】

【 発明の実施の形態 】

以下、本発明に係るレーザ加工装置の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、図3乃至図35(c)において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【 0 0 2 2 】

図3は本発明の第1の実施形態におけるレーザ加工装置の全体構成を示す模式図、図4は図3のA方向から見た模式図である。図3に示すように、レーザ加工装置は、被加工物としてのGaPインゴット10を保持するインゴット保持部12と、所定の波長及びエネルギーのレーザを発生するレーザ光源20とを備えている。レーザ光源20にはレーザ導入管

50

22が接続されており、レーザ導入管22の内部にはビーム拡大器(エクспанダ)24、ビーム減光器(アテネータ)26、及び反射鏡28が配置されている。反射鏡28の下方には、シリンダレンズ30と、シリンダレンズ30を通過したレーザ光を集光する集光レンズ32と、集光レンズ32を通過したレーザ光をインゴット保持部12に保持されたインゴット10の被加工部に照射するレーザ照射部材34とが配置されている。

【0023】

レーザ照射部材34は、インゴット保持部12に保持されたインゴット10の上方に配置されており、上述したビーム拡大器24、ビーム減光器26、反射鏡28、シリンダレンズ30、集光レンズ32、及びレーザ照射部材34によって、レーザ光源20からのレーザ光をインゴット10の被加工部に導く光学系が形成されている。

10

【0024】

図3に示すように、固定フレーム36には、スライダ38を介して上下動自在な可動フレーム40が取り付けられている。可動フレーム40は、レーザ照射部材34を保持する保持部材42と、内部にシリンダレンズ30及び集光レンズ32を収容する筒体44とを備えており、可動フレーム40が上下方向(Z方向)に移動することにより、シリンダレンズ30、集光レンズ32、及びレーザ照射部材34が一体となって上下動するようになっている。

【0025】

また、インゴット保持部12はモータ46に連結されており、モータ46の回転に伴ってインゴット保持部12に保持されたインゴット10が回転するようになっている。また、このモータ46は、スライダ48を介して水平方向(X方向)に移動可能なモータ台49に載置されており、モータ台49がX方向に移動することによって、モータ46及びインゴット保持部12に保持されたインゴット10がX方向に移動するようになっている。

20

【0026】

このような構成のレーザ加工装置において、モータ46によりインゴット10を所定の回転速度(例えば $1 \sim 2 \text{ min}^{-1}$)で回転させ、レーザ光源20からのレーザ光をレーザ照射部材34を通してインゴット10の被加工部に照射する。このレーザ光の照射によりインゴット10の被加工部においてアブレーション(ablation)現象が生じ、このアブレーション現象によってインゴット10の被加工部が除去されていく。この場合において、上記スライダ38により可動フレーム40をZ方向に移動させ、レーザ照射部材34の下端部(照射側の端部)とインゴット10の被加工部との間の距離が一定となるように、レーザ照射部材34をZ方向に移動させる。これにより、Z方向に沿ってレーザ光の照射による切断加工が進行し、最終的には1枚のウェハ10aが切り出される。1枚のウェハを切り出した後、レーザ照射部材34を上昇させ、スライダ48によりインゴット10をX方向に移動させ、次のウェハの切り出しが上述と同様に行われる。

30

【0027】

本実施形態では、インゴット10を回転させるモータ46は、レーザ照射部材34とインゴット10とを相対的に移動させる相対移動機構を構成し、可動フレーム40及びレーザ照射部材34をZ方向に移動させるスライダ38は、インゴット10における加工の進行方向(Z方向)に沿って、レーザ照射部材34とインゴット10とを相対移動させ、レーザ照射部材34とインゴット10の被加工部との間の距離を調整する距離調整機構を構成するようになっている。

40

【0028】

本実施形態においては、レーザ光源20として、イットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)レーザの第2高調波を用いている。このYAGレーザの第2高調波の波長は 532 nm である。ここで、レーザ照射部材34からインゴット10の被加工部に照射されるレーザ光は、レーザ光の照射によってインゴット10の被加工部が除去される限界以上のエネルギーを有することが好ましい。YAGレーザの第2高調波を用いた場合には、インゴット10の被加工部に照射されるエネルギーは 1.5 J/cm^2 以上となる。このように、 1.5 J/cm^2 以上のエネルギーを有するレーザ光を被加工部に照射することで、シ

50

リコンや化合物半導体などの種々の脆性材料の切断を行うことができる。なお、上述したレーザ光源 20 は公知のものであるが、レーザ光源 20 として YAG レーザ以外のものを用いてもよいことは言うまでもない。

【0029】

次に、レーザ照射部材 34 について説明する。図 5 は、本実施形態におけるレーザ照射部材 34 の底面図である。図 5 に示すように、レーザ照射部材 34 は、ステンレス製の 2 枚の側板 50, 50 と、これらの側板 50, 50 の間に挟持される導波材としての石英ファイバ 52 とを備えている。この石英ファイバ 52 の厚さは例えば $40\ \mu\text{m}$ であり、側板 50 の厚さは例えば $30\ \mu\text{m}$ である。ここで、石英ファイバ 52 及び側板 50 の厚さとはそれぞれの X 方向、すなわちインゴット 10 の長手方向（軸方向）の厚さを意味する。なお、本実施形態における石英ファイバ 52 の屈折率は約 1.4 である。集光レンズ 32 からのレーザ光は、この石英ファイバ 52 の内部を通過してインゴット 10 の被加工部に照射される。図 5 に示すように、2 枚の側板 50, 50 は同一形状を有しており、これらの側板 50, 50 が互いに対向して配置される。なお、導波材としてはレーザ光を伝えることができるものであればよく、石英ファイバやその他のガラス体に限られるものではない。

10

【0030】

図 6 は、図 5 のレーザ照射部材 34 の 1 つの側板 50 を示す斜視図である。側板 50 は、例えば厚さ $30\ \mu\text{m}$ のステンレス薄板から形成されており、側板 50 の（Y 方向の）中央部には石英ファイバ 52 を配置するための凹部 54 が形成されている。この凹部 54 には、Z 方向に沿って互いに平行に延びる 2 つの支持部 56, 56 が設けられており、上方に突出した支持部 56, 56 の上面が石英ファイバ 52 の表面と接触するようになっている。

20

【0031】

対向配置された側板 50, 50 の凹部 54 に石英ファイバ 52 を配置し、側板 50, 50 の Y 方向の両端部に形成された孔 50a, 50a にボルトを締結することにより、石英ファイバ 52 が側板 50, 50 の間に挟み込まれて固定される。このとき、図 5 に示すように、側板 50, 50 は X 方向に撓んでおり、支持部 56, 56 は石英ファイバ 52 の表面に対して垂直な方向に石英ファイバ 52 を押さえて支持するようになっている。この状態においては、図 5 に示すように、支持部 56 と凹部 54 の側壁 54a との間に空間 58 が形成され、石英ファイバ 52 の Y 方向端部が側板 50 に接触しないようになっている。このような構成により、石英ファイバ 52 の角（端部）が側板 50 に接触して破損してしまうことが防止される。

30

【0032】

ここで、集光レンズ 32 からのレーザ光は、石英ファイバ 52 の Y 方向の中央部の例えば $1.4 \sim 3.2\ \text{mm}$ の領域 60（図 5 参照）を通過するようになっている。この領域 60 の表面は、上述した側板 50 の支持部 56 に接触しないようになっており、2 つの支持部 56 の間に形成された空間 62（図 5 参照）に露出している。

【0033】

本実施形態では、集光レンズ 32 によりレーザ光が X 方向に集光され（図 3 参照）、例えば幅 $30\ \mu\text{m}$ の集光ビームとなってレーザ照射部材 34 の石英ファイバ 52 に入射する。このレーザ光は、図 7（a）に示すように、石英ファイバ 52 と上述した空間 62 との界面において X 方向に全反射しながら進行する。上記空間 62 の X 方向の幅 W は、レーザ光の 1 波長以上あることが好ましく、この空間 62 は N_2 や空気などの気体又は水などの液体で満たされていることが好ましい。一方、X 方向に垂直な面内においては、レーザ光は、例えば幅 $1.6\ \text{mm}$ の平行光として石英ファイバ 52 に入射し（図 4 参照）、図 7（b）に示すように、石英ファイバ 52 内を平行光として進行する。

40

【0034】

石英ファイバ 52 に入射したレーザ光は X 方向に全反射しながら進行するため、石英ファイバ 52 内のレーザ光が通過する領域 60 の表面は他の物体と接触していないことが必要である。このため、本実施形態では、レーザ光が通過する領域 60 には支持部材 56 が接

50

触しないようにしており、領域 60 以外の少なくとも一箇所において石英ファイバ 52 と側板 50 とが接触するようになっている。

【0035】

ここで、X 方向に全反射しながらレーザ照射部材 34 内を通過したレーザ光は、図 8 (a) に示すように、X 方向に広がってインゴット 10 の被加工部に照射される。すなわち、インゴット 10 の被加工部に照射されるレーザ光の X 方向の幅がレーザ照射部材 34 の厚さよりも広がっており、レーザ照射部材 34 の幅よりも広い範囲で加工（切断）が行われるようになっている。このようにすることで、加工の進行とともに、レーザ照射部材 34 を加工進行方向（Z 方向）に連続的に挿入していくことが可能となる。なお、図 8 (b) に示すように、レーザ照射部材 34 の照射側の端部 34a にレンズ 34b を埋め込み、
10 レンズ 34b により集光した後のレーザ光をインゴット 10 の被加工部に照射してレーザ照射部材 34 の厚さよりも広い範囲で加工（切断）を行うようにしてもよい。

【0036】

また、本実施形態では、図 9 (a) に示すように、レーザ照射部材 34 の照射側の端部 34a 及び入射側の端部 34c がともに X 方向に関して薄板状となっているが、図 9 (b) に示すように、レーザ照射部材 34 の照射側の端部 34a のみ薄板状に形成してもよい。

【0037】

次に、上述したレーザ照射部材 34 を保持部材 42 に取り付ける構造について説明する。図 10 は図 5 のレーザ照射部材 34 を保持部材 42 に取り付けた状態を示す正面図、図 11 は図 10 の B - B 線断面図、図 12 は図 10 の C - C 線断面図である。
20

【0038】

図 10 に示すように、レーザ照射部材 34 の Y 方向の両端部には、ボルト 70 を介して第 1 の取付部材 72a と第 2 の取付部材 72b とが取り付けられている。上述したように、これらのボルト 70 の締結により、レーザ照射部材 34 の石英ファイバ 52 が側板 50 内に挟み込まれて固定されるようになっている。

【0039】

図 10 及び図 11 に示すように、第 1 の取付部材 72a には貫通孔 74 が形成されており、この貫通孔 74 には保持部材 42 に設けられたピン 76 が挿通される。このように、第 1 の取付部材 72a は保持部材 42 に設けられたピン 76 を中心として回転自在に構成されている。なお、ピン 76 の上方には、ピン 76 を保持部材 42 に押し付けるための押付
30 ボルト 78 が設けられている。

【0040】

第 2 の取付部材 72b は、Y 方向に延びる突出軸 80 と 2 つ突出片 82 とを備えている。図 12 に示すように、保持部材 42 には、この突出片 82 を保持部材 42 に押し付けるための押付ボルト 84 が設けられており、この押付ボルト 84 により第 2 の取付部材 72b を図 10 において Y 方向に摺動可能に保持することができる。また、突出軸 80 の先端には係合部 86 が設けられており、この係合部 86 と保持部材 42 との間には突出軸 80 を Y 方向に付勢する圧縮ばね 88 が設けられている。また、保持部材 42 の石英ファイバ 52 の上方には、通光孔 90 が形成されており、集光レンズ 32 からのレーザ光が通光孔 90 を通って石英ファイバ 52 に導入されるようになっている。
40

【0041】

このように、レーザ照射部材 34 は、ばね 88 により Y 方向（レーザ光の光軸に垂直な方向）に引っ張られた状態で保持部材 42 に保持されるようになっている。すなわち、ばね 88 によりレーザ照射部材 34 のレーザ光の光軸と平行な 2 辺がこれと垂直な方向に引っ張られ、これによりレーザ照射部材 34 が保持部材 42 に安定した状態で保持され、またレーザ照射部材 34 内の石英ファイバ 52 も側板 50、50 の間に確実に固定されるようになっている。

【0042】

上述した保持部材 42 の下部には、レーザ照射部材 34 とインゴット 10 の被加工部との間に高速水流を供給する供給ノズルが設けられている。図 13 は保持部材 42 に取り付け
50

られた供給ノズル92を示す正面図、図14は図13の部分拡大底面図である。

【0043】

図13に示すように、保持部材42に設けられた供給ノズル92は、レーザ照射部材34の下端面とインゴット10の被加工部との間に高速水流94をY方向に供給する。この供給ノズル92から供給される水流は、レーザ照射部材34から照射されるレーザ光の光軸と実質的に交差するようになっている。この場合において、レーザ照射部材34の厚さ方向(X方向)の中心面と水流94の中心軸とが交差することが好ましく、レーザ照射部材34の石英ファイバ52の厚さ方向(X方向)の中心面と水流94の中心軸とが交差することがより好ましい。

【0044】

レーザ光を照射してインゴット10の被加工部を切断すると、切り屑などが被加工部の周囲に付着して加工を阻害することがある。上述したように、レーザ照射部材34の下端面とインゴット10の被加工部との間に高速水流94を供給すれば、このような加工に伴い生じた切り屑などを高速水流94により外部に排出することができ、切り屑などの付着により加工が阻害されることがない。また、高速水流94により被加工部を冷却することもでき、インゴット10に対するレーザ光の熱的損傷を抑えることができる。

【0045】

なお、供給ノズル92から供給される水流94の断面形状は、円形や長円形、矩形のいずれであってもよく、あるいはこれらの組み合わせであってもよい。また、水流94のノズル出口圧力は1MPa以上であることが好ましい。また、水以外の液体やN₂や空気などの気体を供給することとしてもよい。

【0046】

図15は、図10のレーザ照射部材34及び保持部材42の近傍を示す側断面図である。図15に示すように、レーザ照射部材34の側板50、50の上部には枠体95が設けられており、上述した保持部材42は枠体95の内部に形成される気密空間96内に收容されている。枠体95には、この気密空間96に連通する流体導入管97が接続されており、この流体導入管97から枠体95の気密空間96にN₂や空気などの気体又は水などの液体が導入されるようになっている。この気密空間96は、上述したレーザ照射部材34内の空間58、62(図5参照)に連通している。

【0047】

ここで、気密空間96内の圧力は、レーザ照射部材34内の空間58、62よりも高く設定されており、流体導入管97から気密空間96に導入された気体又は液体は、レーザ照射部材34内の空間58、62を通して照射側の端部34aから下方に噴出されるようになっている。加工に伴って発生する切り屑などの異物が石英ファイバ52の表面に付着するとエネルギー集中が生じて石英ファイバ52が割れてしまうことがあるが、上述したように、石英ファイバ52が面している空間58、62に気体又は液体を流通させることで、このような異物が石英ファイバ52の表面に付着することを防止して石英ファイバ52の物理的損傷を防止することができる。なお、本実施形態では、導波材としての石英ファイバ52の表面に気体又は液体を流通させる例を説明したが、気体又は液体を流通させずに、導波材の表面に気体又は液体を存在させるだけでもよい。本件発明者等の実験では、側板50又は石英ファイバ52の表面に予め水を垂らした後にレーザ照射部材34を組立ててレーザ照射部材34内に水を封じ込め、石英ファイバ52の表面に水を存在させただけでも、石英ファイバ52への異物の付着が防止できることが確認された。

【0048】

ここで、図3に示すように、インゴット10の一端部はインゴット保持部12により保持されているが、インゴット10の被加工部側の他端部は、図16に示すように、真空チャック機構を有する吸着部100により吸着保持されている。この吸着部100は、多数の吸着孔102aが形成された吸着板102と、インゴット保持部12を回転させるモータ46と同期して回転するモータ104とを備えている。吸着板102の吸着孔102aは図示しない真空ポンプ等に接続されており、吸着板102の表面に切断加工中のウェハ1

10

20

30

40

50

0 aの表面を吸着保持するようになっている。吸着板102を回転させるモータ104とインゴット10を回転させるモータ46とは互いに同期しているため、吸着板102はインゴット10と同一の回転速度で回転し、加工中の被加工部に無理な力が作用しないようになっている。

【0049】

上述したように、レーザ照射部材34からレーザ光をインゴット10の被加工部に照射することによりウェハ10aが切り出されるが、このウェハ10aの切断が完了した後、図17に示すように、吸着部100は、ウェハ10aを吸着した状態で所定の離脱位置まで移動した後、この離脱位置でウェハ10aを離脱する。ウェハ10aを離脱させるのに支障のない場所に離脱位置を設定すれば、ウェハ10aに損傷を与えずにウェハ10aの離脱を行うことができる。ここで、ウェハ10aが切り出された後のインゴット10の表面は切断により粗くなっているため、吸着板102の表面は、加工により切断されたインゴット10の表面に密着する程度の柔軟性を有することが好ましい。

10

【0050】

インゴット10の被加工部にレーザ光を照射して切断加工を行う場合、レーザ照射部材34と被加工部との間隔を一定に保つために現在の加工点位置を検出する必要がある。本実施形態では、図18に示すような加工点検出器110を用いて加工点の検出を行っている。この加工点検出器110は、支軸112を中心として回転可能な当接棒（当接部材）114と、当接棒114の一端を付勢して当接棒114をインゴット10の被加工面に当接させるばね116と、当接棒114の回転角（位置）を検知するセンサ118とを備えている。インゴット10は回転しているため、当接棒114が当接するインゴット10の被加工面は、加工深さに関して現在加工が行われている被加工部と同等の位置にあるといえる。したがって、このような加工点検出器110によれば、センサ118により検出された当接棒114の回転角に基づいて現在の加工点（加工深さ）を検出することができる。

20

【0051】

また、光学的に加工点を検出することもできる。図19は、光学的に加工点を検出する加工点検出器120を示す模式図である。図19に示す加工点検出器120は、インゴット10に向けて測定光122を発する複数の投光素子を有する投光アレイ124と、投光アレイ124からの測定光122を受光する複数の受光素子を有する受光アレイ126とを備えている。このような加工点検出器120によれば、投光アレイ124から発された測定光122のうち、受光アレイ126で受光される測定光122を検出することで、現在の加工点（加工深さ）を検出することができる。

30

【0052】

この場合において、図20に示すように、投光アレイ124をX方向（インゴット10の長手方向）に移動させて検出すべき加工点のX方向位置を決定することとしてもよい。すなわち、投光アレイ124をX方向に移動させると、受光アレイ126により測定される信号の大きさは図21に示すようなカーブを描く。このとき、図21において最大値を示す点X₀が検出すべき加工点のX方向位置を示すこととなるので、この点X₀において加工点の検出を行う。

【0053】

このようにして検出された加工深さとレーザ照射部材34の照射側の端部のZ方向位置とから、レーザ照射部材34とインゴット10の被加工部との間の距離を求めることができる。そして、この求められた距離に基づいて、モータ46によるインゴット10の回転速度やスライダ38によるレーザ照射部材34のZ方向への移動速度、あるいはレーザ光源20のエネルギー強度を調整すれば、加工条件を最適化することができる。

40

【0054】

また、上述したレーザ照射部材34とインゴット10の被加工部との間の距離が所定の値（閾値）を超えるまではレーザ照射部材34をZ方向に移動させずに、上記距離が所定の値を超えたときに所定の距離だけレーザ照射部材34をZ方向に移動させて、レーザ照射部材34とインゴット10の被加工部との間の距離を小さくするように制御してもよい。

50

この場合にレーザ照射部材 3 4 を移動させる距離は、上記閾値よりも小さくなるように設定する。

【 0 0 5 5 】

また、例えば、被加工物が実質的に透明な場合や、切断される被加工物が薄いために切断される被加工物に測定光を通過させることができる場合などにおいては、図 2 2 に示すように、光学式の加工点検出器 1 2 8 を切り出されるウェハ 1 0 a 側に設置し、このウェハ 1 0 a に測定光を照射し、加工済み部と未加工部との反射光量の差からレーザ照射部材 3 4 の端部及び被加工部の位置を光学的に直接検知することができる。

【 0 0 5 6 】

上述の実施形態では、被加工物としてのインゴット 1 0 を相対移動機構としてのモータ 4 6 により回転させて加工を行った例を説明したが、相対移動は回転に限られるものではない。例えば、図 2 3 に示すように、被加工物 1 0 が矩形状の断面を有する場合には、被加工物 1 0 を Y 方向、すなわち加工の進行方向に対して垂直な方向に往復運動させる相対移動機構を用いることができる。

【 0 0 5 7 】

次に、上述したレーザ照射部材 3 4 の側板 5 0 の製造方法について図 2 4 (a) 乃至図 2 4 (i) を参照して説明する。まず、厚さ 3 0 μ m のステンレス薄板 2 0 0 を切り出し、表面を洗浄する (図 2 4 (a))。このステンレス薄板 2 0 0 の表面にレジスト 2 0 2 を塗布する (図 2 4 (b))。次に、レジスト 2 0 2 にマスキングを施して露光、現像することにより、上述した側板の凹部 5 4 に対応する位置のレジスト 2 0 2 を取り除く (図 2 4 (c))。そして、残ったレジスト 2 0 2 をマスクとしてエッチングを施し、ステンレス薄板 2 0 0 に例えば深さ 1 0 μ m の凹部 5 4 を形成する (図 2 4 (d))。

【 0 0 5 8 】

上記レジスト 2 0 2 を剥離した後、再びレジスト 2 0 4 を塗布し、凹部 5 4 内の支持部 5 6 に対応する位置にレジスト 2 0 4 が残るように、レジスト 2 0 4 にマスキングを施して露光、現像する (図 2 4 (e))。そして、残ったレジスト 2 0 4 をマスクとして例えば 1 0 μ m の深さまでエッチングを施し、凹部 5 4 内に支持部 5 6 を形成する (図 2 4 (f))。

【 0 0 5 9 】

上記レジスト 2 0 4 を剥離した後、再びレジスト 2 0 6 を塗布し、レジスト 2 0 6 にマスキングを施して露光、現像することにより、側板の両端部の孔 5 0 a 及び不要部分に対応する位置のレジスト 2 0 6 を取り除く (図 2 4 (g))。そして、残ったレジスト 2 0 6 をマスクとしてエッチングを施し、側板の外形及び孔 5 0 a を形成する (図 2 4 (h))。その後、レジスト 2 0 6 を剥離することで、上述した側板 5 0 を容易に製造することができる (図 2 4 (i))。なお、このような製造工程は、一般的な半導体製造装置を用いて行うことが可能である。

【 0 0 6 0 】

なお、本実施形態においては、側板 5 0 をステンレス薄板で形成した例を説明したが、ステンレス以外の金属を用いてもよいことは言うまでもない。この場合において、側板 5 0 を、石英ファイバ 5 2 と熱膨張率が略同一の材料で形成すれば、レーザ照射部材 3 4 の温度変化によって部材に歪みが生じて導波材が割れてしまうことを防止することができる。例えば、側板 5 0 を、石英ファイバと略同一の熱膨張率を有するアンバー (インバー) 材で形成してもよい。

【 0 0 6 1 】

ここで、図 5 に示す構造のレーザ照射部材 3 4 に代えて、図 2 5 に示す構造のレーザ照射部材 1 3 4 を用いることもできる。図 2 5 に示すレーザ照射部材 1 3 4 は、ステンレス製の 2 枚の平板状側板 1 5 0 , 1 5 0 と、これらの側板 1 5 0 , 1 5 0 の間に挟持されるステンレス製のスペーサ 1 5 1 , 1 5 1 とを備えている。側板 1 5 0 は、有機物からなる支持部 1 5 6 , 1 5 6 をその表面に有している。側板 1 5 0 , 1 5 0 の支持部 1 5 6 , 1 5 6 の間には導波材としての石英ファイバ 5 2 が挟持されている。この側板 1 5 0 の (X 方

10

20

30

40

50

向の) 厚さは例えば $10\ \mu\text{m}$ である。図 25 に示すように、2 枚の側板 150, 150 は同一形状を有しており、これらの側板 150, 150 が互いに対向して配置される。

【0062】

図 26 は、図 25 のレーザ照射部材 134 の 1 つの側板 150 を示す斜視図である。側板 150 は、例えば厚さ $10\ \mu\text{m}$ のステンレス薄板から形成されている。この側板 150 の表面には、Z 方向に沿って互いに平行に延びる 2 つの支持部 156, 156 が設けられている。この支持部 156, 156 の上面が石英ファイバ 52 の表面と接触するようになっている。

【0063】

対向配置された側板 150, 150 上の支持部 156, 156 の間に石英ファイバ 52 を配置し、側板 150, 150 の Y 方向の両端部に形成された孔 150a, 150a にボルトを締結することにより、石英ファイバ 52 が側板 150, 150 上の支持部 156, 156 の間に挟み込まれて固定される。このとき、図 25 に示すように、側板 150, 150 は X 方向に撓んでおり、側板 150, 150 の支持部 156, 156 は石英ファイバ 52 の表面に対して垂直な方向に石英ファイバ 52 を押さえて支持する。この状態においては、図 25 に示すように、スペーサ 151 と石英ファイバ 52 の Y 方向端部との間に空間 158 が形成され、石英ファイバ 52 の Y 方向端部がスペーサ 151 に接触しないようになっている。このような構成により、石英ファイバ 52 の角(端部)がスペーサ 151 に接触して破損してしまうことが防止される。

10

【0064】

次に、上述したレーザ照射部材 134 の側板 150 の製造方法について図 27 (a) 乃至図 27 (g) を参照して説明する。まず、両端に孔 150a を形成した厚さ $10\ \mu\text{m}$ のステンレス薄板 300 を用意する(図 27 (a))。この例では、半導体製造装置を用いて側板を製造するため、便宜上、ウェハ 301 上に粘着テープ 302 を用いて上記ステンレス薄板 300 を固定する(図 27 (b))。そして、このステンレス薄板 300 の表面に絶縁膜形成用のレジスト(有機物) 304 を塗布する(図 27 (c))。次に、マスキングテープ 306 で支持部 156 に対応する部分以外をマスキングし、露光する(図 27 (d))。その後、マスキングテープ 306 を取り除き(図 27 (e))、現像してレジスト 304 の未露光部分を除去すると、露光部分 304a のみがステンレス薄板 300 上に残る(図 27 (f))。そして、粘着テープ 302 をはがしてステンレス薄板 300 をウェハ 301 上からはがすことで、有機物からなるレジスト 304a を支持部 156 として有する側板 150 が完成する(図 27 (g))。このような方法により、肉厚の薄い側板 150 を容易に製造することができる。側板 150 の製造方法としては、上述した方法(フォトリソグラフィ法)以外に、印刷法がある。

20

30

【0065】

図 10 に示す例では、側板 50, 50 の間に石英ファイバ 52 を配置し、側板 50, 50 を引っ張ることにより、レーザ照射部材 34 を保持しているが、このようにレーザ照射部材 34 を引っ張って保持した場合に、側板 50 の両面で圧力差が生じると、側板 50 が振動して加工の精度が悪くなってしまうことが考えられる。したがって、このような振動を防止するために、図 28 に示すように、側板 50 に振動を防止するための複数の孔 50b を形成することが好ましい。また、この場合において、これらの複数の孔 50b を引っ張り方向(図 28 の例では Y 方向)に重ねて配置すると、この重なった部分に、引っ張り方向と垂直な方向のシワが生じるので、これらの複数の孔 50b を引っ張り方向に重ならないように配置することが好ましい。

40

【0066】

また、上述の実施形態では、Y 方向にレーザ照射部材 34 を引っ張る例を説明したが、図 29 及び図 30 に示すように、Z 方向にレーザ照射部材 34 を引っ張ることとしてもよい。すなわち、レーザ照射部材 34 のレーザ光の光軸と垂直な 2 辺をレーザ光の光軸の方向に引っ張ってもよい。図 29 及び図 30 に示す例では、図 29 のレーザ照射部材 34 の斜線で示した四隅を例えばクランプなどの治具 310 で把持して Z 方向に引っ張っている。

50

【 0 0 6 7 】

また、石英ファイバ 5 2 を側板 5 0 , 5 0 の内部に固定する方法は、上述したものに限られない。例えば、図 3 1 に示すように、押圧部材 3 1 2 を介して側板 5 0 の外部から石英ファイバ 5 2 の表面と垂直な方向に押圧することにより、側板 5 0 , 5 0 の間に配置した石英ファイバ 5 2 を固定することもできる。このような構成により、石英ファイバ 5 2 の内部を通過するレーザ光の光軸のずれを防止することができる。また、石英ファイバ 5 2 を接着材により側板 5 0 , 5 0 の間に固定することもできる。この場合には、図 3 2 に示すように、側板 5 0 に接着材を溜める溜め部 5 0 c を形成することが好ましい。

【 0 0 6 8 】

また、図 3 3 に示すように、石英ファイバ 5 2 に係合溝 5 2 a を形成するとともに、側板 5 0 にこの係合溝 5 2 a に係合する突起 5 0 d を形成し、石英ファイバ 5 2 の係合溝 5 2 a に側板 5 0 の突起 5 0 d に係合させて石英ファイバ 5 2 を固定してもよい。更に、図 3 4 に示すように、側板 5 0 及び石英ファイバ 5 2 に貫通孔を形成し、この貫通孔にピン 3 1 4 を挿通させて石英ファイバ 5 2 を固定してもよい。これにより、石英ファイバ 5 2 のずれを防止することができる。

【 0 0 6 9 】

また、図 5 に示す例では、2 枚の側板 5 0 , 5 0 の間に石英ファイバ 5 2 を挟み込んでいるが、これに限られるものではない。例えば、図 3 5 (a) に示すように、1 枚の側板 2 5 0 と、側板 2 5 0 に固定される石英ファイバ 5 2 とによりレーザ照射部材 2 3 4 を形成することもできる。この場合において、図 3 5 (b) に示すように、接着材 3 1 6 を用いて石英ファイバ 5 2 を側板 2 5 0 に固定してもよく、あるいは図 3 5 (c) に示すように、ブラケット 3 1 8 を用いて石英ファイバ 5 2 を側板 2 5 0 に固定してもよい。また、ねじやピン、溶接などにより石英ファイバ 5 2 を側板 2 5 0 に固定することもできる。

【 0 0 7 0 】

上述した実施形態では、被加工物として G a P インゴットを用いた例について説明したが、被加工物はこれに限られるものではなく、例えば S i インゴットやウェハを被加工物として用いることもできる。

【 0 0 7 1 】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【 0 0 7 2 】

【 発明の効果 】

上述したように、本発明によれば、レーザ照射部材から高エネルギーのレーザ光を被加工物の被加工部に照射することができる。このような高エネルギーのレーザ光の照射により、被加工物の被加工部においてアブレーション (a b l a t i o n) 現象が生じ、このアブレーション現象によって被加工物の被加工部を切断することができる。このアブレーション現象は、従来の機械的加工とは異なり、被加工物に対する熱的影響も少なく、切断加工で生ずる被加工物に対する物理的、熱的損傷を大幅に低減することができる。また、レーザ光を用いるため、切断部分の幅を小さくすることができ、切断加工に伴う材料のロスを少なくすることができる。また、加工中に被加工物における加工点を加工点検出器により検出することができるので、より正確な加工が可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 従来のブレードソー式加工装置を示す概略斜視図である。

【 図 2 】 従来のワイヤソー式加工装置を示す概略斜視図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施形態におけるレーザ加工装置の全体構成を示す模式図である。

【 図 4 】 図 3 の A 方向から見た模式図である。

【 図 5 】 本発明の第 1 の実施形態におけるレーザ加工装置のレーザ照射部材を示す底面図である。

【図 6】図 5 のレーザ照射部材の側板を示す斜視図である。

【図 7】図 7 (a) 及び図 7 (b) は、図 5 のレーザ照射部材の石英ファイバの内部を通るレーザ光を示す模式図であり、図 7 (a) は X 方向の断面図、図 7 (b) は Y 方向の断面図である。

【図 8】図 8 (a) は図 5 のレーザ照射部材から照射されるレーザを示す模式図であり図 8 (b) は本発明の他の実施形態におけるレーザ照射部材から照射されるレーザを示す模式図である。

【図 9】図 9 (a) は図 5 のレーザ照射部材の形状を示す模式図であり、図 9 (b) は本発明の他の実施形態におけるレーザ照射部材の形状を示す模式図である。

【図 10】図 5 のレーザ照射部材を保持部材に取り付けた状態を示す正面図である。

10

【図 11】図 10 の B - B 線断面図である。

【図 12】図 10 の C - C 線断面図である。

【図 13】図 10 の保持部材に取り付けられた供給ノズルを示す正面図である。

【図 14】図 13 の部分拡大底面図である。

【図 15】図 10 のレーザ照射部材及び保持部材の近傍を示す側断面図である。

【図 16】本発明の第 1 の実施形態における吸着部を示す模式図である。

【図 17】切断加工後における図 16 に示す吸着部を示す模式図である。

【図 18】本発明の第 1 の実施形態における加工点検出器を示す模式図である。

【図 19】本発明の他の実施形態における加工点検出器を示す模式図である。

【図 20】図 19 の加工点検出器を用いて検出すべき加工点を決定する方法を説明する模式図である。

20

【図 21】測定される信号の大きさと図 20 における X 方向位置との関係を示すグラフである。

【図 22】本発明の他の実施形態における加工点検出器を示す模式図である。

【図 23】本発明の他の実施形態における相対移動機構による相対移動を示す模式図である。

【図 24】図 24 (a) 乃至図 24 (i) は、図 6 に示す側板を製造する工程を示す模式図である。

【図 25】図 5 のレーザ照射部材の変形例を示す底面図である。

【図 26】図 25 のレーザ照射部材の側板を示す斜視図である。

30

【図 27】図 27 (a) 乃至図 27 (g) は、図 26 に示す側板を製造する工程を示す模式図である。

【図 28】図 10 のレーザ照射部材の改良例を示す正面図である。

【図 29】図 10 のレーザ照射部材の引っ張り方向を変えた例を示す正面図である。

【図 30】図 29 の側面図である。

【図 31】図 5 の石英ファイバを側板の間に固定する方法の変形例を示す斜視図である。

【図 32】図 6 に示す側板の変形例を示す斜視図である。

【図 33】図 5 のレーザ照射部材の変形例を示す断面図である。

【図 34】図 5 のレーザ照射部材の他の変形例を示す斜視図である。

【図 35】図 35 (a) は本発明の他の実施形態におけるレーザ照射部材を示す斜視図、

40

図 35 (b) は図 35 (a) における側板と石英ファイバとの固定方法を示す断面図、図 35 (c) は図 35 (a) における側板と石英ファイバとの他の固定方法を示す断面図である。

【符号の説明】

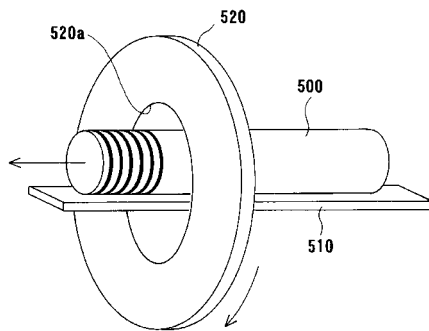
- 10 インゴット
- 12 インゴット保持部
- 20 レーザ光源
- 22 レーザ導入管
- 24 ビーム拡大器 (エクспанダ)
- 26 ビーム減光器 (アテネータ)

50

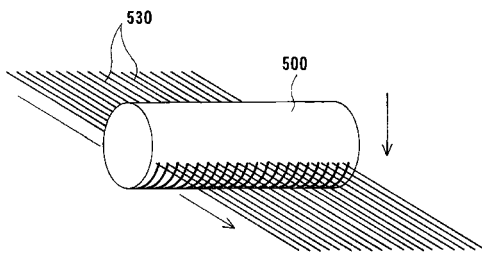
2 8	反 射 鏡	
3 0	シ リ ン ダ レ ン ズ	
3 2	集 光 レ ン ズ	
3 4 , 1 3 4 , 2 3 4	レ ー ザ 照 射 部 材	
3 6	固 定 フ レ ー ム	
3 8 , 4 8	ス ラ イ ダ	
4 0	可 動 フ レ ー ム	
4 2	保 持 部 材	
4 4	筒 体	
4 6 , 1 0 4	モ ー タ	10
4 9	モ ー タ 台	
5 0 , 1 5 0 , 2 5 0	側 板	
5 0 c	溜 め 部	
5 0 d	突 起	
5 2	石 英 フ ァ イ バ	
5 2 a	係 合 溝	
5 4	凹 部	
5 6 , 1 5 6	支 持 部	
7 0	ボ ル ト	
7 2 a , 7 2 b	取 付 部 材	20
7 4	貫 通 孔	
7 6	ピ ン	
7 8 , 8 4	押 付 ボ ル ト	
8 0	突 出 軸	
8 2	突 出 片	
8 6	係 合 部	
8 8	圧 縮 バ ネ	
9 0	通 光 孔	
9 2	供 給 ノ ズ ル	
9 4	水 流	30
9 5	枠 体	
9 6	気 密 空 間	
9 7	流 体 導 入 管	
1 0 0	吸 着 部	
1 0 2	吸 着 板	
1 1 0 , 1 2 0 , 1 2 8	加 工 点 検 出 器	
1 1 2	支 軸	
1 1 4	当 接 棒 (当 接 部 材)	
1 1 6	ば ね	
1 1 8	セ ン サ	40
1 2 2	測 定 光	
1 2 4	投 光 ア レ イ	
1 2 6	受 光 ア レ イ	
1 5 1	ス ペ ー サ	
2 0 0 , 3 0 0	ス テ ン レ ス 薄 板	
2 0 2 , 2 0 4 , 2 0 6 , 3 0 4	レ ジ ス ト	
3 0 1	ウ ェ ハ	
3 0 2	粘 着 テ ー プ	
3 0 6	マ ス キ ン グ テ ー プ	
3 1 0	治 具	50

- 3 1 2 押圧部材
- 3 1 4 ピン
- 3 1 6 接着材
- 3 1 8 ブラケット

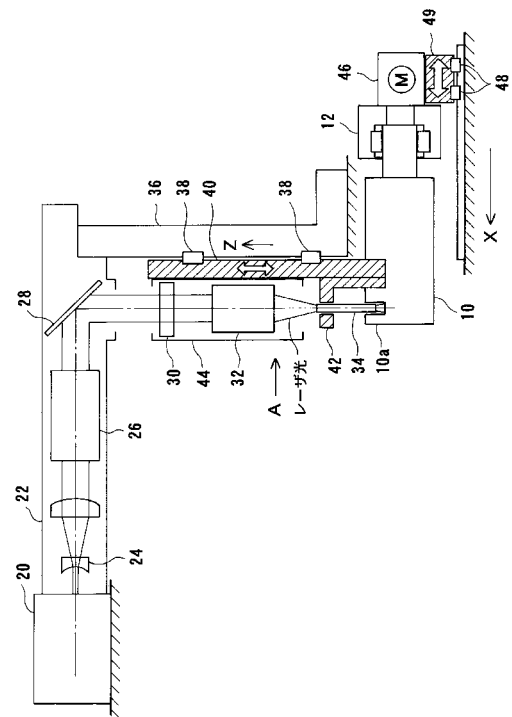
【図 1】



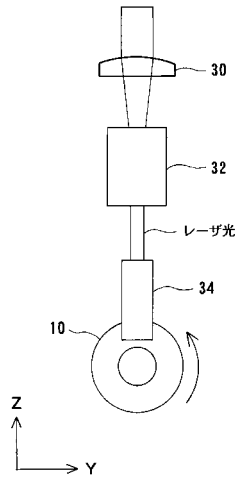
【図 2】



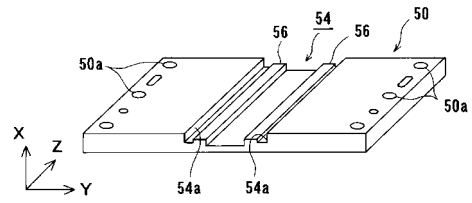
【図 3】



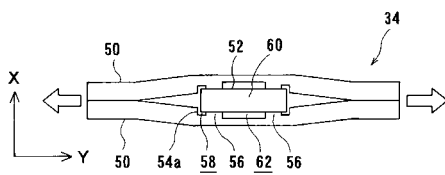
【図 4】



【図 6】

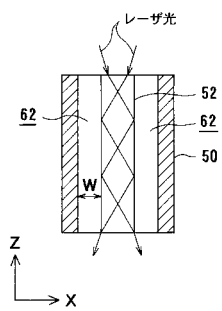


【図 5】

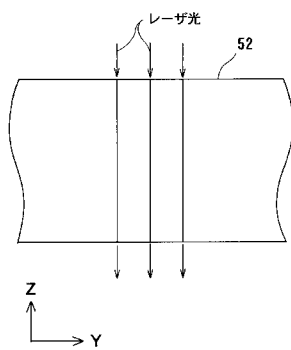


【図 7】

(a)

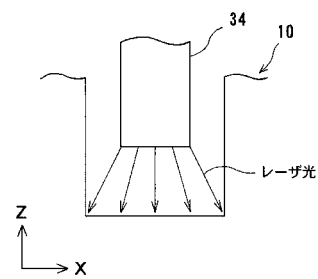


(b)

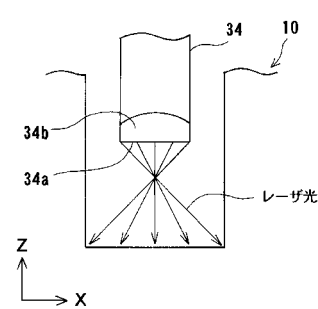


【図 8】

(a)

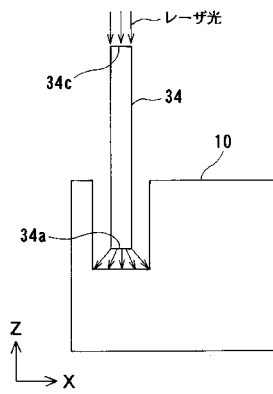


(b)

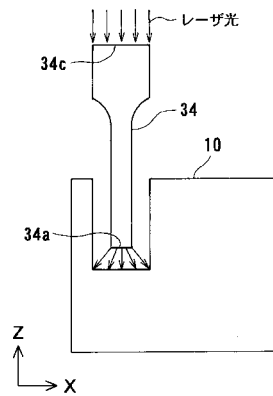


【図 9】

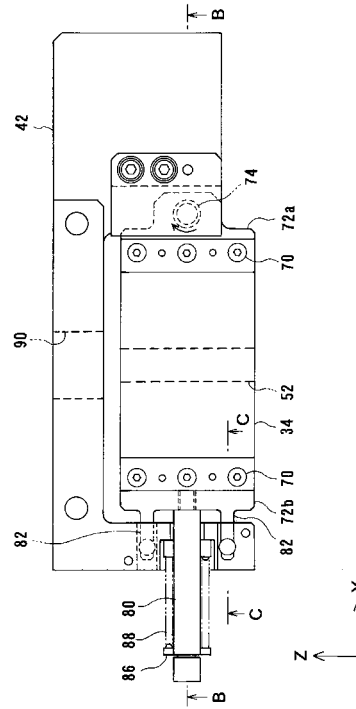
(a)



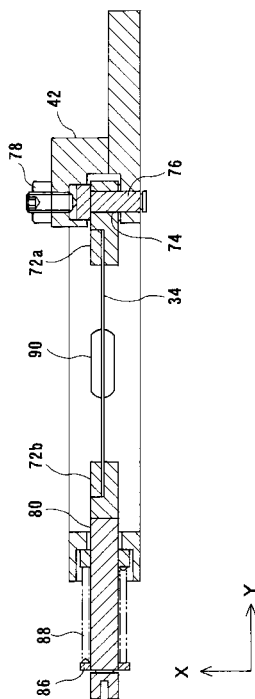
(b)



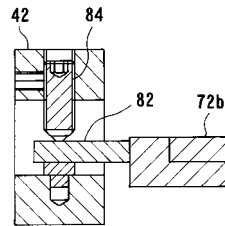
【図 10】



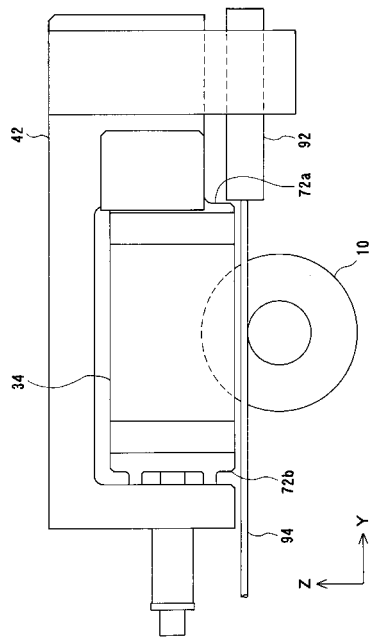
【図 11】



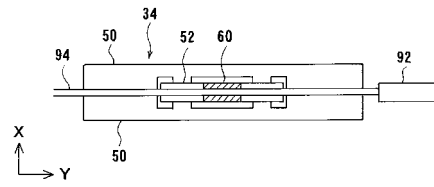
【図 12】



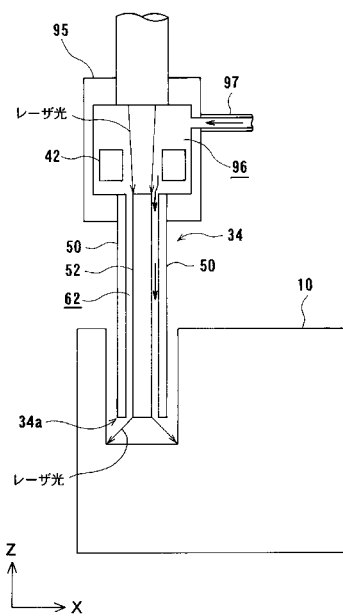
【図 13】



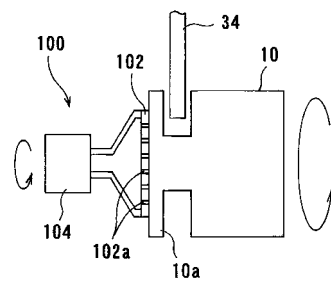
【図 14】



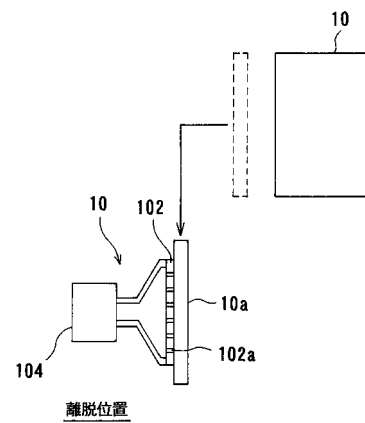
【図 15】



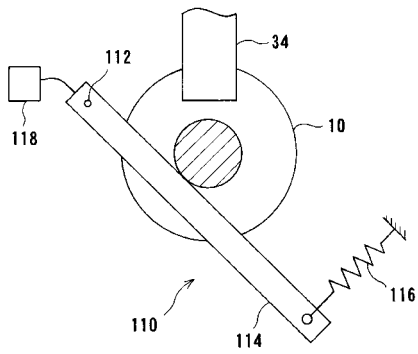
【図 16】



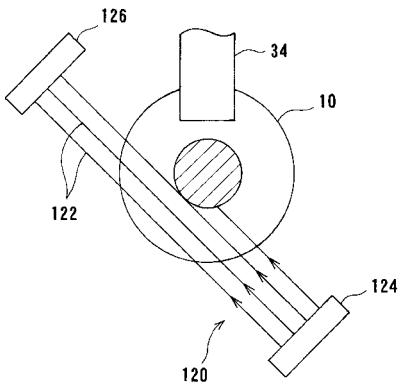
【図 17】



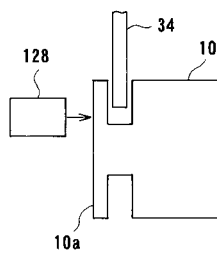
【図 18】



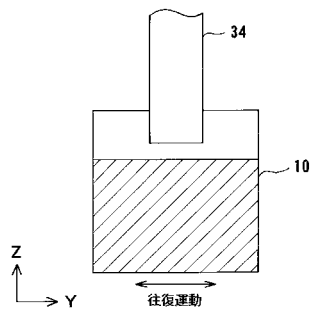
【図 19】



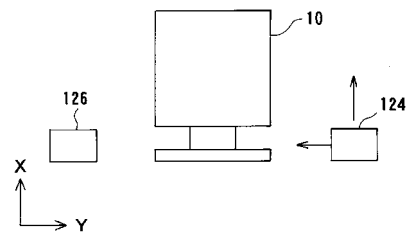
【図 22】



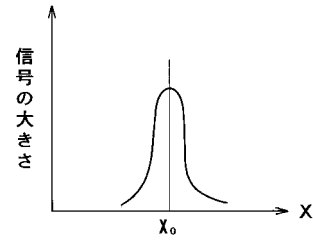
【図 23】



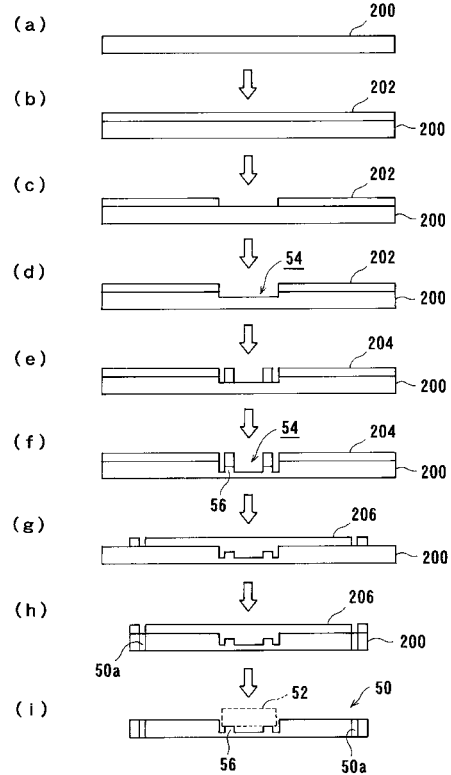
【図 20】



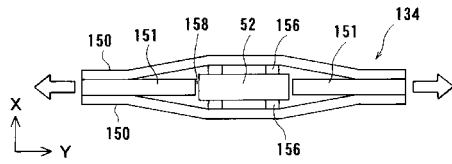
【図 21】



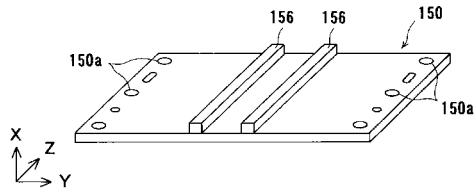
【図 24】



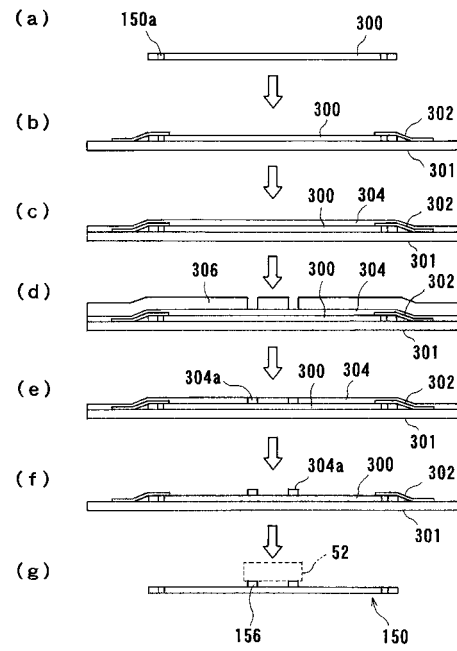
【図 25】



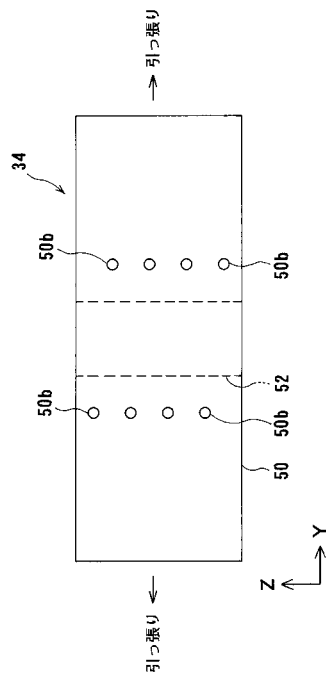
【図 26】



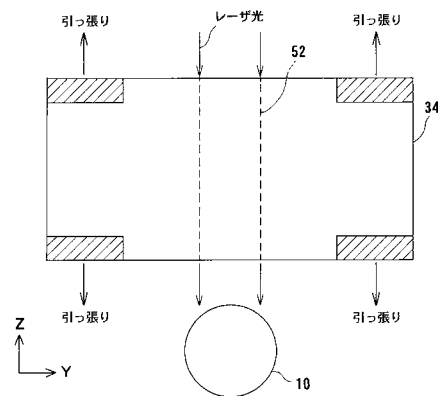
【図 27】



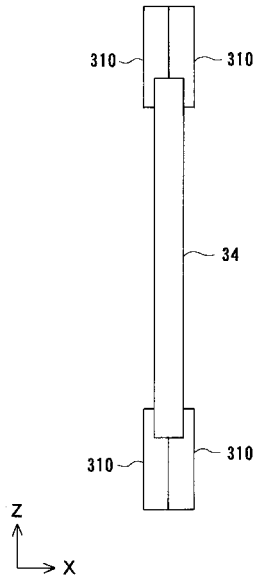
【図 28】



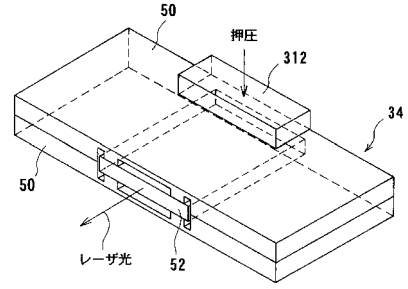
【図 29】



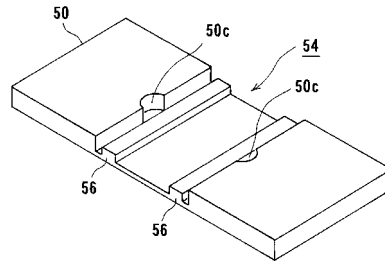
【図 30】



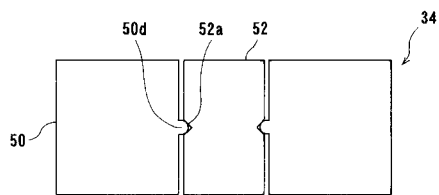
【図 31】



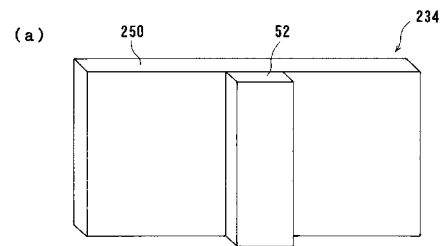
【図 32】



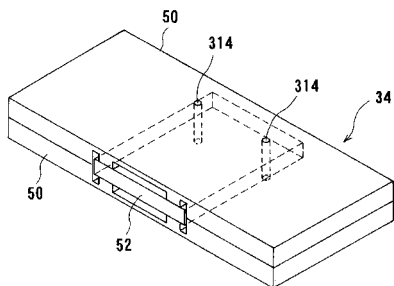
【図 33】



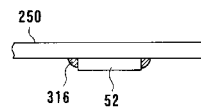
【図 35】



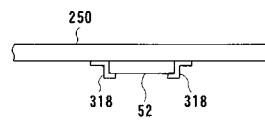
【図 34】



(b)



(c)



フロントページの続き

- (72)発明者 立石 秀樹
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 福永 由紀夫
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 野路 伸治
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 辻村 学
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社荏原製作所内
- (72)発明者 植村 春生
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社
内
- (72)発明者 近藤 教之
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る 4 丁目天神北町 1 番地の 1 大日本スクリーン製造株式会社
内
- F ターム(参考) 4E068 AE01 CA02 CA12 CA14 CA15 CB01 CB08 CC01 CC06