

(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2004-216408

(P2004-216408A)

(43) 公開日 平成16年8月5日(2004.8.5)

(51) Int.Cl.⁷

B 2 3 K 26/06

B 2 3 K 26/08

F I

B 2 3 K 26/06

B 2 3 K 26/08

A

K

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 38 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2003-4974 (P2003-4974)
 (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

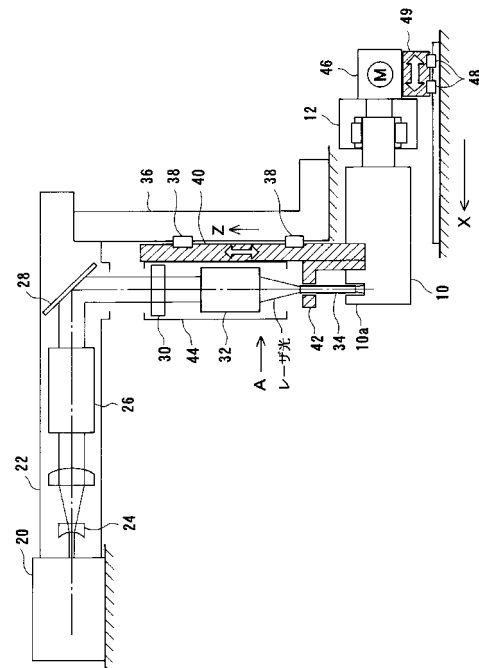
(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置及びレーザ加工方法

(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 とを備えた。レーザ照射部材 34 は、2 枚の側板 50、50 と、2 枚の側板 50、50 の間に挟持される石英ファイバ 52 とを有する。

【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を備え、
前記レーザ照射部材は、少なくとも 1 つの側板と、該側板に固定される導波材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】

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を備え、
前記レーザ照射部材は、2 枚の側板と、該 2 枚の側板の間に挟持される導波材とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置。 20

【請求項 3】

前記 2 枚の側板は、同一形状を有することを特徴とする請求項 2 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】

前記側板は、前記導波材の表面に対して垂直な方向に該導波材を支持する支持部を備えたことを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】

薄板をエッチングすることにより前記側板及び前記支持部を形成したことを特徴とする請求項 4 に記載のレーザ加工装置。 30

【請求項 6】

前記支持部は有機物からなることを特徴とする請求項 4 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】

フォトリソグラフィ法もしくは印刷法により前記支持部を前記側板上に形成し、
前記 2 枚の側板の間にスペーサを配置したことを特徴とする請求項 6 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 8】

前記側板は金属製であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 9】

前記側板の熱膨張率が前記導波材の熱膨張率と略同一であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。 40

【請求項 10】

前記導波材と前記側板とを接着材により固定することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 11】

前記側板には、前記接着材の溜まり部を形成したことを特徴とする請求項 10 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 12】

前記導波材に係合溝を形成し、前記側板に前記係合溝に係合する突起を形成したことを特 50

徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 13】

前記導波材及び前記側板に貫通孔を形成し、前記貫通孔にピンを挿通させて前記導波材と前記側板とを固定したことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 14】

前記側板の外側から前記導波材の表面に垂直な方向に押圧する押圧部材を更に備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 15】

前記レーザ照射部材の前記レーザ光の光軸と平行な 2 辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。 10

【請求項 16】

前記レーザ照射部材の前記レーザ光の光軸と垂直な 2 辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。

【請求項 17】

ばねにより前記レーザ照射部材を引っ張ることを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 18】

前記側板に振動を防止する複数の孔を形成したことを特徴とする請求項 15 乃至 17 のいずれか一項に記載のレーザ加工装置。 20

【請求項 19】

前記複数の孔は引っ張り方向に重ならないように配置されていることを特徴とする請求項 18 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 20】

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、少なくとも 1 つの側板と該側板に固定される導波材とを有する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することを特徴とするレーザ加工方法。 30

【請求項 21】

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、2 枚の側板と該 2 枚の側板の間に挟持される導波材とを有する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することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 22】

前記 2 枚の側板は、同一形状を有することを特徴とする請求項 21 に記載のレーザ加工方法。 40

【請求項 23】

前記側板は、前記導波材の表面に対して垂直な方向に該導波材を支持する支持部を備えたことを特徴とする請求項 21 又は 22 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 24】

薄板をエッチングすることにより前記側板及び前記支持部を形成することを特徴とする請求項 23 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 25】

前記支持部は有機物からなることを特徴とする請求項 23 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 26】

フォトリソグラフィ法もしくは印刷法により前記支持部を前記側板上に形成し、 50

前記 2 枚の側板の間にスペーサを配置したことを特徴とする請求項 25 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 27】

前記側板は金属製であることを特徴とする請求項 20 乃至 26 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 28】

前記側板の熱膨張率が前記導波材の熱膨張率と略同一であることを特徴とする請求項 20 乃至 27 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 29】

前記導波材と前記側板とを接着材により固定することを特徴とする請求項 20 乃至 28 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。 10

【請求項 30】

前記側板には、前記接着材の溜まり部を形成したことを特徴とする請求項 29 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 31】

前記導波材に係合溝を形成し、前記側板に前記係合溝に係合する突起を形成したことを特徴とする請求項 20 乃至 28 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 32】

前記導波材及び前記側板に貫通孔を形成し、前記貫通孔にピンを挿通させて前記導波材と前記側板とを固定したことを特徴とする請求項 20 乃至 28 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。 20

【請求項 33】

前記側板の外側から前記導波材の表面に垂直な方向に押圧することを特徴とする請求項 20 乃至 28 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 34】

前記レーザ照射部材の前記レーザ光の光軸と平行な 2 辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴とする請求項 20 乃至 33 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 35】

前記レーザ照射部材の前記レーザ光の光軸と垂直な 2 辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴とする請求項 20 乃至 33 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。 30

【請求項 36】

ばねにより前記レーザ照射部材を引っ張ることを特徴とする請求項 34 又は 35 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 37】

前記側板に振動を防止する複数の孔を形成したことを特徴とする請求項 34 乃至 36 のいずれか一項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 38】

前記複数の孔を引っ張り方向に重ならないように配置したことを特徴とする請求項 37 に記載のレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】 40

【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】

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 50

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】

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。

10

【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。

20

【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、本発明の第 1 の態様は、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を備え、上記レーザ照射部材は、少なくとも 1 つの側板と、該側板に固定される導波材とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置である。

30

【0007】

本発明の第 2 の態様は、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を備え、上記レーザ照射部材は、2 枚の側板と、該 2 枚の側板の間に挟持される導波材とを備えたことを特徴とするレーザ加工装置である。この 2 枚の側板は、同一形状を有することが好ましい。

40

【0008】

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 (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、レーザ照射部材を薄板状とすることができるので、最小限の切断幅で被加工

50

物を切断することができ、切断加工に伴う材料のロスを大幅に少なくすることができる。

【0009】

上記側板は、上記導波材の表面に対して垂直な方向に該導波材を支持する支持部を備えることが好ましい。この場合において、薄板をエッチングすることにより上記側板及び上記支持部を容易に形成することができる。また、上記支持部を有機物により形成することもできる。この場合には、フォトリソグラフィ法もしくは印刷法により上記支持部を上記側板上に形成し、上記2枚の側板の間にスペーサを配置することができる。

【0010】

また、上記側板は金属製であることが好ましい。また、上記側板の熱膨張率が上記導波材の熱膨張率と略同一となるようにすれば、レーザ照射部材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。 10

【0011】

上記導波材と上記側板とを接着材により固定してもよい。この場合には、上記側板に、上記接着材の溜まり部を形成することもできる。あるいは、上記導波材に係合溝を形成し、上記側板に上記係合溝に係合する突起を形成してもよい。また、上記導波材及び上記側板に貫通孔を形成し、上記貫通孔にピンを挿通させて上記導波材と上記側板とを固定してもよい。また、上記側板の外側から上記導波材の表面に垂直な方向に押圧する押圧部材を更に備えてもよい。

【0012】

本発明の好ましい一態様は、上記レーザ照射部材の上記レーザ光の光軸と平行な2辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴としている。この場合において、ばねにより上記レーザ照射部材を引っ張ってもよい。 20

【0013】

本発明の好ましい一態様は、上記レーザ照射部材の上記レーザ光の光軸と垂直な2辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴としている。この場合において、ばねにより上記レーザ照射部材を引っ張ってもよい。

【0014】

本発明の好ましい一態様は、上記側板に振動を防止する複数の孔を形成したことを特徴としている。レーザ照射部材を引っ張って支持した場合、レーザ照射部材の側板の両面で圧力差が生じると、側板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。上述した構成によれば、振動を防止する複数の孔が側板に形成されているので、このような振動を防止することができる。この場合において、引っ張り方向と垂直な方向にシワが生じるのを防止するために、上記複数の孔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。 30

【0015】

本発明の第3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、少なくとも1つの側板と該側板に固定される導波材とを有する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することを特徴とするレーザ加工方法である。 40

【0016】

本発明の第4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、2枚の側板と該2枚の側板の間に挟持される導波材とを有する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することを特徴とするレーザ加工方法である。この2枚の側板は、同一形状を有することが好ましい。

【0017】

上記側板は、上記導波材の表面に対して垂直な方向に該導波材を支持する支持部を備える 50

ことが好ましい。この場合において、薄板をエッチングすることにより上記側板及び上記支持部を容易に形成することができる。また、上記支持部を有機物により形成することもできる。この場合には、フォトリソグラフィ法もしくは印刷法により上記支持部を上記側板上に形成し、上記２枚の側板の間にスペーサを配置することができる。

【００１８】

また、上記側板は金属製であることが好ましい。また、上記側板の熱膨張率が上記導波材の熱膨張率と略同一となるようにすれば、レーザ照射部材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。

【００１９】

上記導波材と上記側板とを接着材により固定してもよい。この場合には、上記側板に、上記接着材の溜まり部を形成することもできる。あるいは、上記導波材に係合溝を形成し、上記側板に上記係合溝に係合する突起を形成してもよい。また、上記導波材及び上記側板に貫通孔を形成し、上記貫通孔にピンを挿通させて上記導波材と上記側板とを固定してもよい。また、上記側板の外側から上記導波材の表面に垂直な方向に押圧してもよい。

【００２０】

本発明の好ましい一態様は、上記レーザ照射部材の上記レーザ光の光軸と平行な２辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴としている。この場合において、ばねにより上記レーザ照射部材を引っ張ってもよい。

【００２１】

本発明の好ましい一態様は、上記レーザ照射部材の上記レーザ光の光軸と垂直な２辺を、その直角方向に引っ張って支持することを特徴としている。この場合において、ばねにより上記レーザ照射部材を引っ張ってもよい。

【００２２】

本発明の好ましい一態様は、上記側板に振動を防止する複数の孔を形成したことを特徴としている。この場合において、上記複数の孔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。

【００２３】

【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。

【００２４】

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。

【００２５】

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。

【００２６】

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。

【0027】

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。

【0028】

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。

【0029】

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。

【0030】

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。

【0031】

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

10

20

30

40

50

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。

【0032】

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 μ 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。

【0033】

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。

【0034】

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1.4~3.2mm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。

【0035】

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 μ 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N₂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1.6mm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。

【0036】

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。

【0037】

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、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。

【0038】

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3

4 a 及び入射側の端部 3 4 c 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 3 4 の照射側の端部 3 4 a のみ薄板状に形成してもよい。

【 0 0 3 9 】

次に、上述したレーザ照射部材 3 4 を保持部材 4 2 に取り付ける構造について説明する。図 1 0 は図 5 のレーザ照射部材 3 4 を保持部材 4 2 に取り付けた状態を示す正面図、図 1 1 は図 1 0 の B - B 線断面図、図 1 2 は図 1 0 の C - C 線断面図である。

【 0 0 4 0 】

図 1 0 に示すように、レーザ照射部材 3 4 の Y 方向の両端部には、ボルト 7 0 を介して第 1 の取付部材 7 2 a と第 2 の取付部材 7 2 b 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 7 0 の締結により、レーザ照射部材 3 4 の石英ファイバ 5 2 が側板 5 0 内に挟み込まれて固定されるようになっている。 10

【 0 0 4 1 】

図 1 0 及び図 1 1 に示すように、第 1 の取付部材 7 2 a には貫通孔 7 4 が形成されており、この貫通孔 7 4 には保持部材 4 2 に設けられたピン 7 6 が挿通される。このように、第 1 の取付部材 7 2 a は保持部材 4 2 に設けられたピン 7 6 を中心として回転自在に構成されている。なお、ピン 7 6 の上方には、ピン 7 6 を保持部材 4 2 に押し付けるための押付ボルト 7 8 が設けられている。

【 0 0 4 2 】

第 2 の取付部材 7 2 b は、Y 方向に延びる突出軸 8 0 と 2 つ突出片 8 2 とを備えている。図 1 2 に示すように、保持部材 4 2 には、この突出片 8 2 を保持部材 4 2 に押し付けるための押付ボルト 8 4 が設けられており、この押付ボルト 8 4 により第 2 の取付部材 7 2 b を図 1 0 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 8 0 の先端には係合部 8 6 が設けられており、この係合部 8 6 と保持部材 4 2 との間には突出軸 8 0 を Y 方向に付勢する圧縮ばね 8 8 が設けられている。また、保持部材 4 2 の石英ファイバ 5 2 の上方には、通光孔 9 0 が形成されており、集光レンズ 3 2 からのレーザ光が通光孔 9 0 を通って石英ファイバ 5 2 に導入されるようになっている。 20

【 0 0 4 3 】

このように、レーザ照射部材 3 4 は、ばね 8 8 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 4 2 に保持されるようになっている。すなわち、ばね 8 8 によりレーザ照射部材 3 4 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 3 4 が保持部材 4 2 に安定した状態で保持され、またレーザ照射部材 3 4 内の石英ファイバ 5 2 も側板 5 0 , 5 0 の間に確実に固定されるようになっている。 30

【 0 0 4 4 】

上述した保持部材 4 2 の下部には、レーザ照射部材 3 4 とインゴット 1 0 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 1 3 は保持部材 4 2 に取り付けられた供給ノズル 9 2 を示す正面図、図 1 4 は図 1 3 の部分拡大底面図である。

【 0 0 4 5 】

図 1 3 に示すように、保持部材 4 2 に設けられた供給ノズル 9 2 は、レーザ照射部材 3 4 の下端面とインゴット 1 0 の被加工部との間に高速水流 9 4 を Y 方向に供給する。この供給ノズル 9 2 から供給される水流は、レーザ照射部材 3 4 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 3 4 の厚さ方向（X 方向）の中心面と水流 9 4 の中心軸とが交差することが好ましく、レーザ照射部材 3 4 の石英ファイバ 5 2 の厚さ方向（X 方向）の中心面と水流 9 4 の中心軸とが交差することがより好ましい。 40

【 0 0 4 6 】

レーザ光を照射してインゴット 1 0 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 3 4 の下端面とインゴット 1 0 の被加工部との間に高速水流 9 4 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 9 4 により外部に排出することができ、切り屑などの付着に 50

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 に対するレーザー光の熱的損傷を抑えることができる。

【0047】

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 1 MPa 以上であることが好ましい。また、水以外の液体や N_2 や空気などの気体を供給することとしてもよい。

【0048】

図 15 は、図 10 のレーザー照射部材 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、レーザー照射部材 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 N_2 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、上述したレーザー照射部材 34 内の空間 58、62 (図 5 参照) に連通している。

10

【0049】

ここで、気密空間 96 内の圧力は、レーザー照射部材 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、レーザー照射部材 34 内の空間 58、62 を通って照射側の端部 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ー照射部材 34 を組立ててレーザー照射部材 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。

20

【0050】

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 10a 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。

30

40

【0051】

上述したように、レーザー照射部材 34 からレーザー光をインゴット 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。

【0052】

50

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。

10

【0053】

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。

【0054】

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 X_0 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 X_0 において加工点の検出を行う。

20

【0055】

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。

30

【0056】

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。この場合にレーザ照射部材 34 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。

【0057】

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 22 に示すように、光学式の加工点検出器 128 を切り出されるウェハ 10a 側に設置し、このウェハ 10a に測定光を通過させてレーザ照射部材 34 の端部及び被加工部の位置を光学的に直接検出することができる。

40

【0058】

上述の実施形態では、被加工物としてのインゴット 10 を相対移動機構としてのモータ 46 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 23 に示すように、被加工物 10 が矩形状の断面を有する場合には、被加工物 10 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。

50

【 0 0 5 9 】

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 μm 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 μm の凹部 5 4 を形成する (図 2 4 (d)) 。

【 0 0 6 0 】

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 μm 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 6 1 】

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 2 】

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 3 】

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 方向の) 厚さは例えば 1 0 μm である。図 2 5 に示すように、2 枚の側板 1 5 0 , 1 5 0 は同一形状を有しており、これらの側板 1 5 0 , 1 5 0 が互いに対向して配置される。

【 0 0 6 4 】

図 2 6 は、図 2 5 のレーザ照射部材 1 3 4 の 1 つの側板 1 5 0 を示す斜視図である。側板 1 5 0 は、例えば厚さ 1 0 μm のステンレス薄板から形成されている。この側板 1 5 0 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 1 5 6 , 1 5 6 が設けられている。この支持部 1 5 6 , 1 5 6 の上面が石英ファイバ 5 2 の表面と接触するようになっている。

【 0 0 6 5 】

対向配置された側板 1 5 0 , 1 5 0 上の支持部 1 5 6 , 1 5 6 の間に石英ファイバ 5 2 を配置し、側板 1 5 0 , 1 5 0 の Y 方向の両端部に形成された孔 1 5 0 a , 1 5 0 a にボルトを締結することにより、石英ファイバ 5 2 が側板 1 5 0 , 1 5 0 上の支持部 1 5 6 , 1 5 6 の間に挟み込まれて固定される。このとき、図 2 5 に示すように、側板 1 5 0 , 1 5 0 は X 方向に撓んでおり、側板 1 5 0 , 1 5 0 の支持部 1 5 6 , 1 5 6 は石英ファイバ 5

2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。

【0066】

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 μ 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。

10

20

【0067】

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。

30

【0068】

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。

【0069】

また、石英ファイバ52を側板50, 50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31に示すように、押圧部材312を介して側板50の外部から石英ファイバ52の表面と垂直な方向に押圧することにより、側板50, 50の間に配置した石英ファイバ52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52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52を接着材により側板50, 50の間に固定することもできる。この場合には、図32に示すように、側板50に接着材を溜める溜め部50cを形成することが好ましい。

40

【0070】

また、図33に示すように、石英ファイバ52に係合溝52aを形成するとともに、側板50にこの係合溝52aに係合する突起50dを形成し、石英ファイバ52の係合溝52aに側板50の突起50dに係合させて石英ファイバ52を固定してもよい。更に、図34に示すように、側板50及び石英ファイバ52に貫通孔を形成し、この貫通孔にピン314を挿通させて石英ファイバ52を固定してもよい。これにより、石英ファイバ52の

50

ずれを防止することができる。

【0071】

また、図5に示す例では、2枚の側板50、50の間に石英ファイバ52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35(a)に示すように、1枚の側板250と、側板250に固定される石英ファイバ52とによりレーザ照射部材234を形成することもできる。この場合において、図35(b)に示すように、接着材316を用いて石英ファイバ52を側板250に固定してもよく、あるいは図35(c)に示すように、ブラケット318を用いて石英ファイバ52を側板250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52を側板250に固定することもできる。

【0072】

上述した実施形態では、被加工物としてGAP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Si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。

【0073】

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。

【0074】

【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(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、レーザ照射部材を薄板状とすることができるので、最小限の切断幅で被加工物を切断することができ、切断加工に伴う材料のロスを大幅に少なくすることができる。

【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。

【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。

10

20

30

40

50

【図 1 4】図 1 3 の部分拡大底面図である。

【図 1 5】図 1 0 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 1 6】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 1 7】切断加工後における図 1 6 に示す吸着部を示す模式図である。

【図 1 8】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 1 9】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 2 0】図 1 9 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。

【図 2 1】測定される信号の大きさと図 2 0 における X 方向位置との関係を示すグラフである。

【図 2 2】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 2 3】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 2 4】図 2 4 (a) 乃至図 2 4 (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 2 5】図 5 のレーザ照射部材の変形例を示す底面図である。

【図 2 6】図 2 5 のレーザ照射部材の側板を示す斜視図である。

【図 2 7】図 2 7 (a) 乃至図 2 7 (g) は、図 2 6 に示す側板を製造する工程を示す模式図である。

【図 2 8】図 1 0 のレーザ照射部材の改良例を示す正面図である。

【図 2 9】図 1 0 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 3 0】図 2 9 の側面図である。

【図 3 1】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 3 2】図 6 に示す側板の変形例を示す斜視図である。

【図 3 3】図 5 のレーザ照射部材の変形例を示す断面図である。

【図 3 4】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 3 5】図 3 5 (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、図 3 5 (b) は図 3 5 (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 3 5 (c) は図 3 5 (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】

1 0	インゴット
1 2	インゴット保持部
2 0	レーザ光源
2 2	レーザ導入管
2 4	ビーム拡大器 (エクスパンダ)
2 6	ビーム減光器 (アテネータ)
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
4 9	モータ台
5 0 , 1 5 0 , 2 5 0	側板
5 0 c	溜め部

10

20

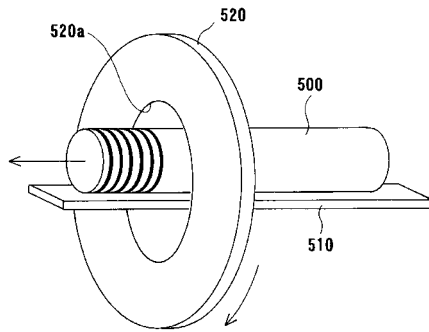
30

40

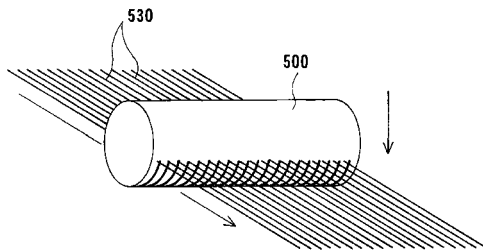
50

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	
7 4	貫通孔	
7 6	ピン	
7 8 , 8 4	押付ボルト	10
8 0	突出軸	
8 2	突出片	
8 6	係合部	
8 8	圧縮ばね	
9 0	通光孔	
9 2	供給ノズル	
9 4	水流	
9 5	枠体	
9 6	気密空間	
9 7	流体導入管	20
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	
1 2 2	測定光	
1 2 4	投光アレイ	
1 2 6	受光アレイ	30
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	
3 1 2	押圧部材	
3 1 4	ピン	
3 1 6	接着材	40
3 1 8	ブラケット	

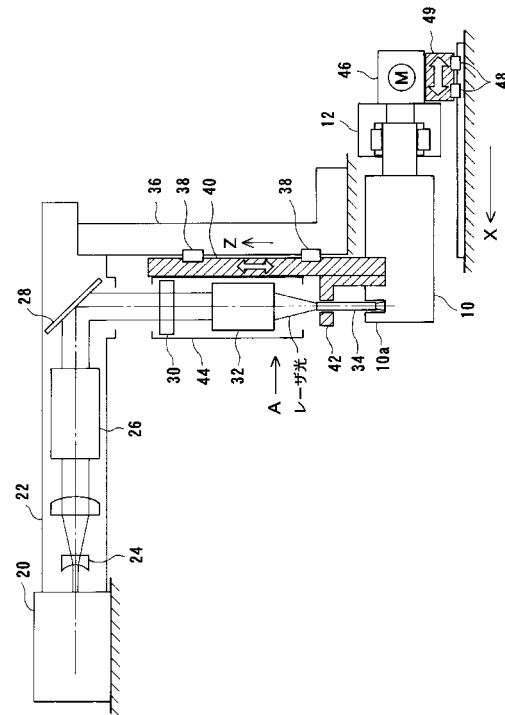
【図 1】



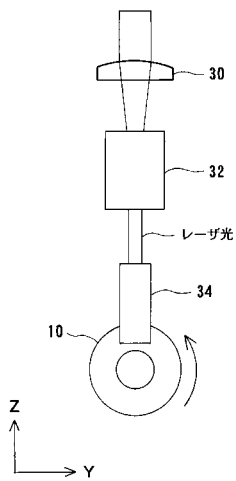
【図 2】



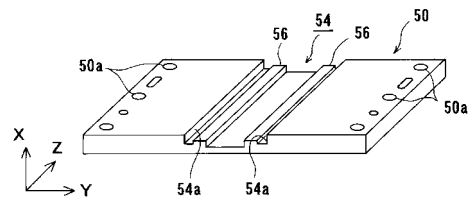
【図 3】



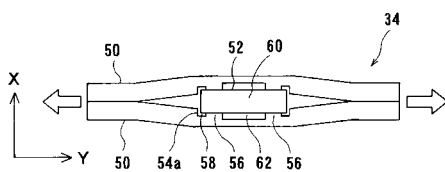
【図 4】



【図 6】

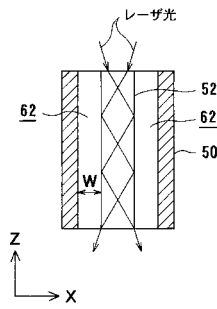


【図 5】

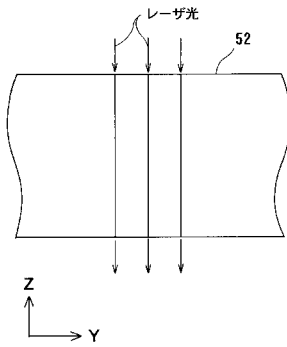


【図 7】

(a)

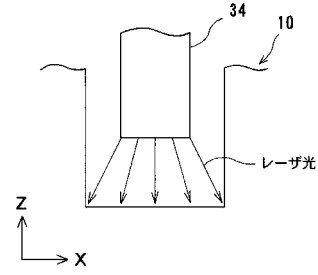


(b)

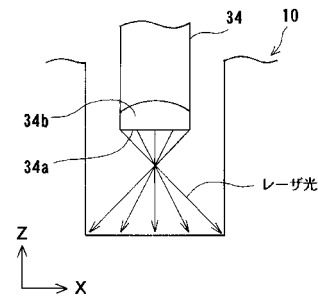


【図 8】

(a)

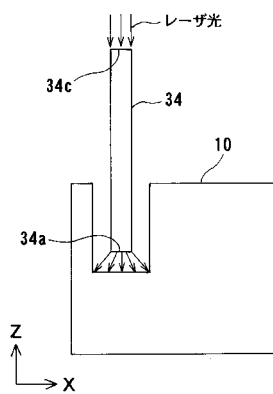


(b)

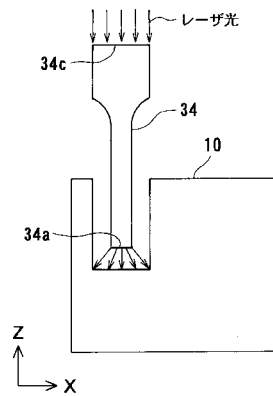


【図 9】

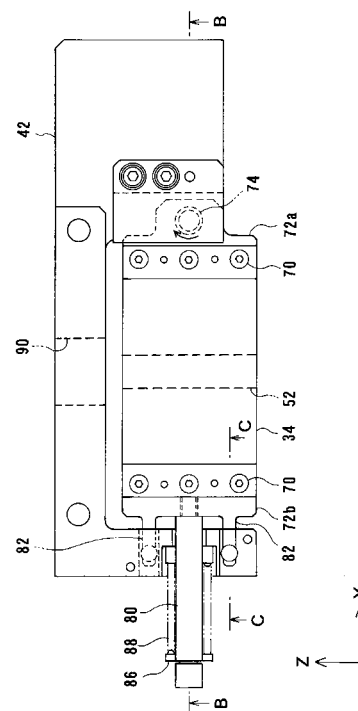
(a)



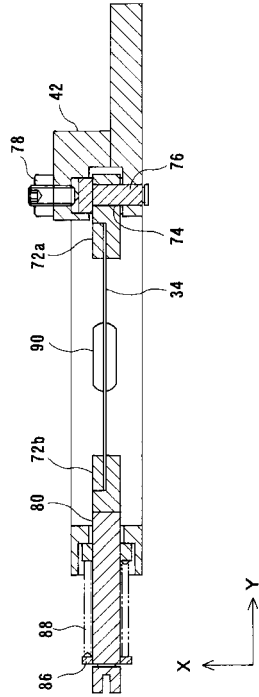
(b)



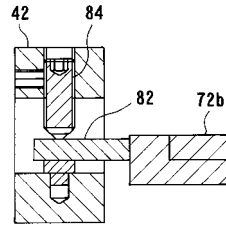
【図 10】



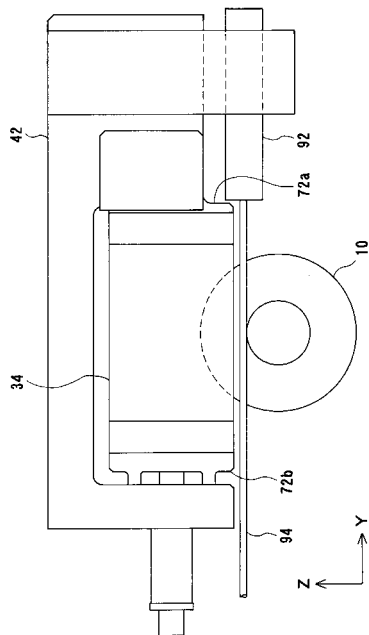
【図 1 1】



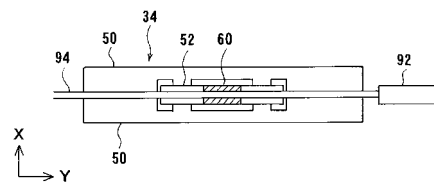
【図 1 2】



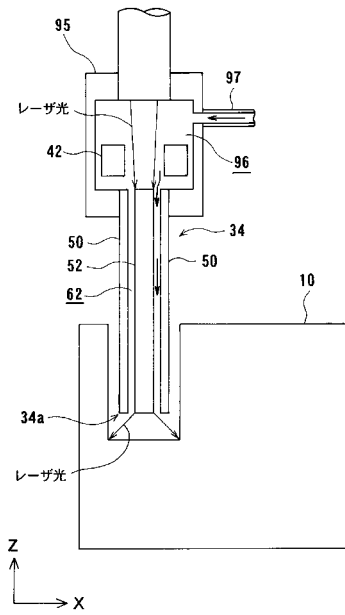
【図 1 3】



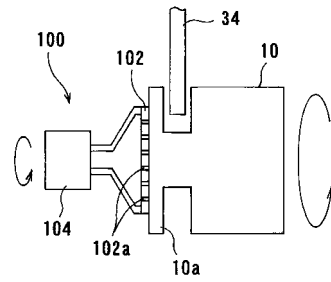
【図 1 4】



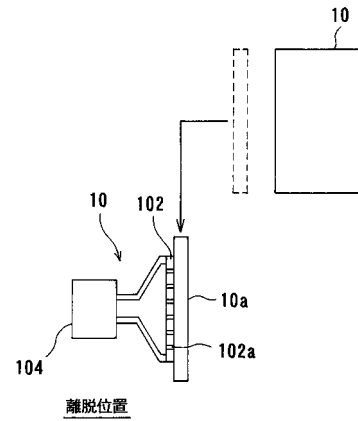
【図 15】



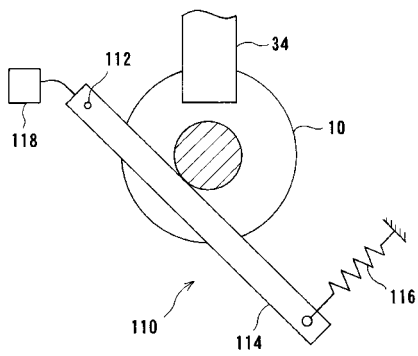
【図 16】



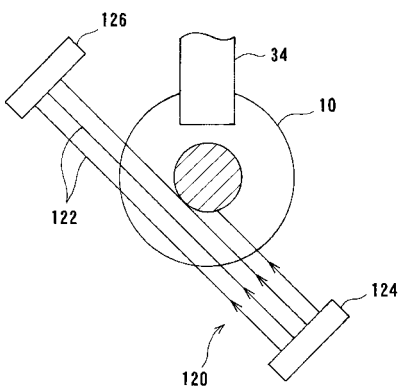
【図 17】



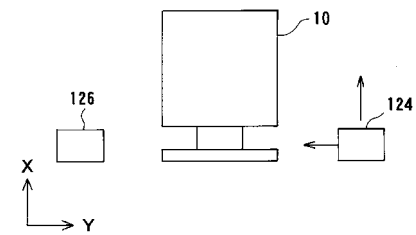
【図 18】



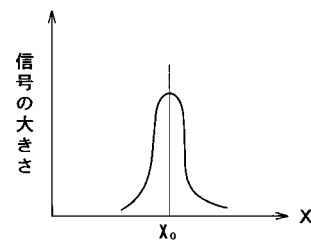
【図 19】



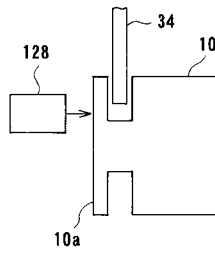
【図 20】



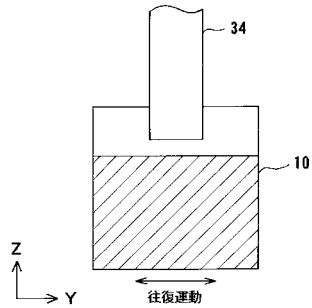
【図 21】



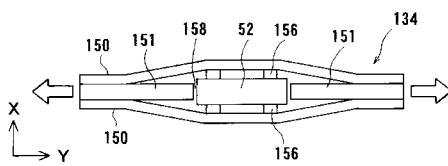
【図 2 2】



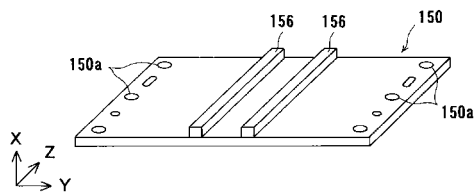
【図 2 3】



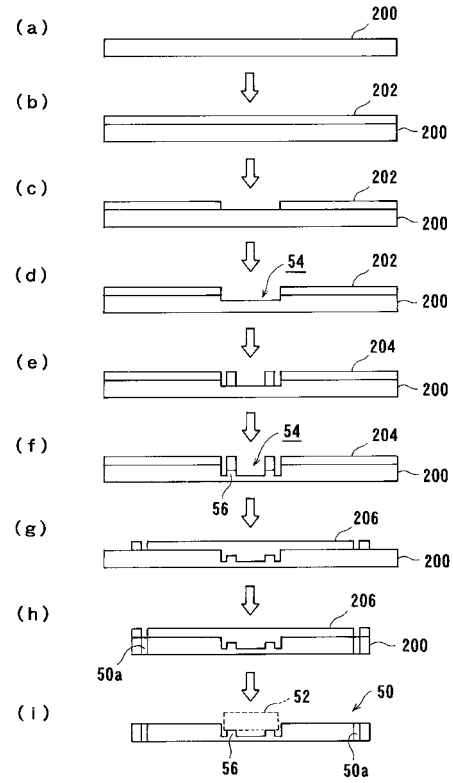
【図 2 5】



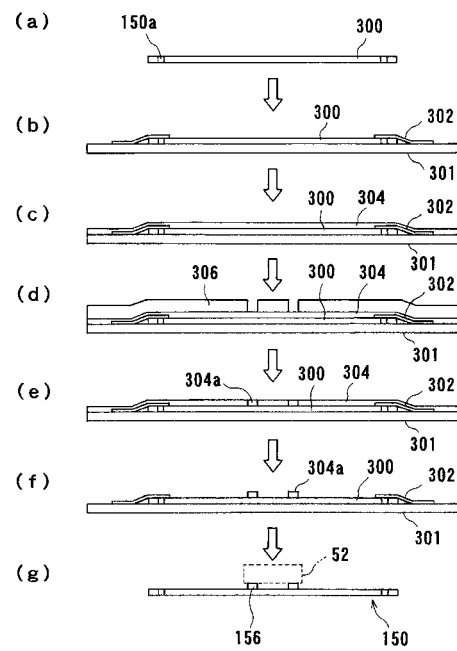
【図 2 6】



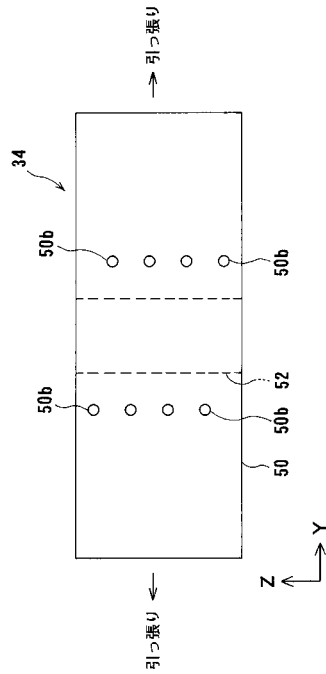
【図 2 4】



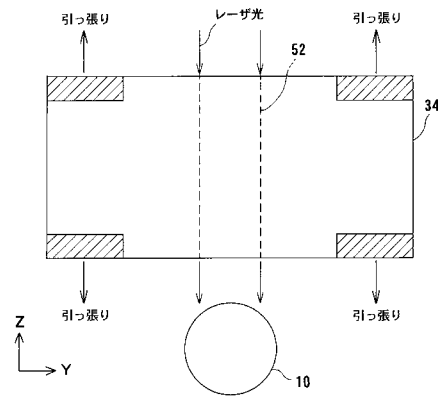
【図 2 7】



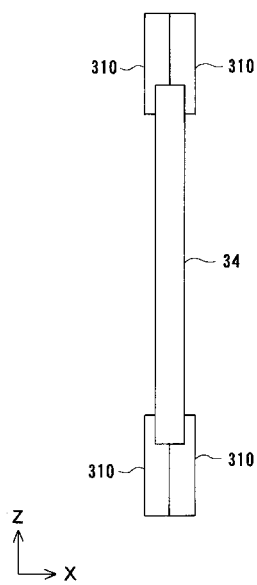
【図 28】



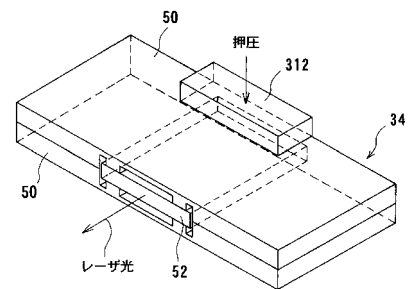
【図 29】



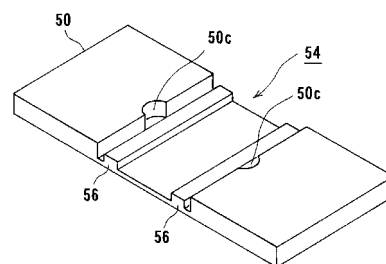
【図 30】



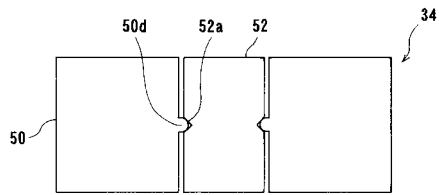
【図 31】



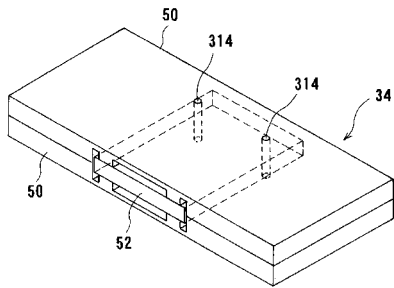
【図 32】



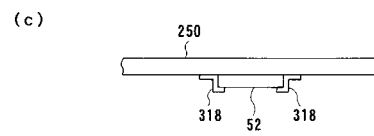
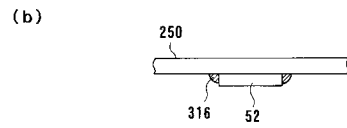
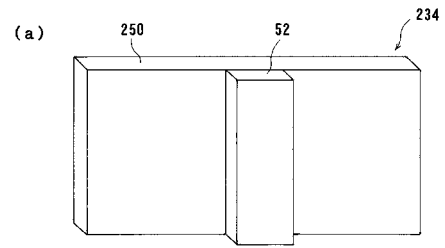
【図 3 3】



【図 3 4】



【図 3 5】



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 CA05 CA12 CB05 CB08 CD08 CE01 CE08 DA10