

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7655246号
(P7655246)

(45)発行日 令和7年4月2日(2025.4.2)

(24)登録日 令和7年3月25日(2025.3.25)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 B	5/02 (2006.01)	G 0 1 B	5/02
B 2 3 K	26/046 (2014.01)	B 2 3 K	26/046
B 2 3 K	26/53 (2014.01)	B 2 3 K	26/53
B 2 3 K	26/03 (2006.01)	B 2 3 K	26/03
B 2 3 K	26/08 (2014.01)	B 2 3 K	26/08

D

請求項の数 14 (全23頁)

(21)出願番号 特願2022-28301(P2022-28301)
 (22)出願日 令和4年2月25日(2022.2.25)
 (65)公開番号 特開2023-124506(P2023-124506
 A)
 (43)公開日 令和5年9月6日(2023.9.6)
 審査請求日 令和6年4月9日(2024.4.9)

(73)特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
 (74)代理人 110001128
 弁理士法人ゆうあい特許事務所
 (72)発明者 傍島 駿介
 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式
 会社デンソー内
 審査官 櫻井 仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 測定装置およびレーザ加工装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザ加工装置(30)の加工対象であるインゴット(2)の高さであるインゴット高さを測定する、測定装置(36)であって、

前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面(21)と前記高さ方向に沿って対向した状態で、前記頂面と当接可能に前記頂面に向かって前記高さ方向に沿って延設される、接触子(361)と、

前記接触子の前記高さ方向における一端部であって前記頂面と当接する先端部(361a)とは反対側の基端部(361b)にて、前記接触子を固定的に支持する、接触子支持部(362a)と、

前記接触子支持部を前記高さ方向に沿ってスライド可能に案内する、接触子案内部(363)と、

前記接触子または前記接触子支持部の前記高さ方向における位置に対応する出力を発生する、位置検出部(364)と、

前記接触子支持部と当接可能に、前記接触子支持部の下方に配置された、接触子持上部(365b)と、

前記接触子持上部を前記高さ方向に沿って上下動させる、持上部駆動装置(368)と、前記接触子支持部の下降により前記接触子の前記先端部が前記頂面と当接したときの衝撃を緩和するように設けられた、緩衝部(369)と、

を備え、

前記緩衝部は、前記高さ方向に沿って伸縮するカウンターバランスシリンダを備えた、測定装置。

【請求項 2】

前記接触子および前記接触子支持部は、自重により前記頂面に向かって付勢されつつ前記高さ方向に沿ってスライド可能に設けられ、

前記接触子持上部は、

前記接触子の前記先端部が前記頂面の上方にて前記頂面から離隔する非測定状態にて、前記接触子支持部と当接することで前記接触子支持部を下方から支持し、

前記接触子の前記先端部が前記頂面と当接する測定状態にて、前記接触子支持部の下方にて前記接触子支持部から離隔するように設けられた、

請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

レーザ加工装置 (3 0) の加工対象であるインゴット (2) の高さであるインゴット高さを測定する測定装置 (3 6) を備え、かかる測定装置により測定した前記インゴット高さに基づいて、前記インゴットからウェハ (1) を得るために前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面 (2 1) に対して透過性を有するレーザビームを照射するように構成された、レーザ加工装置 (3 0) であって、

前記頂面に前記レーザビームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザビームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器 (3 5 6) と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面 (2 2) と接合することで前記インゴットを支持するように設けられた、チャック (3 1) と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル (3 2 0) を前記高さ方向と交差する面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構 (3 2) と、

前記レーザビームの発生源である発信器 (3 4) と前記集光器との間のレーザ光路 (B L) 中に設けられた、光学系 (3 5 1) と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ (3 5 2) と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構 (3 5 4) と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構 (3 5 7) と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部 (3 7) と、

を備え、

前記測定装置は、

前記頂面と前記高さ方向に沿って対向した状態で、前記頂面と当接可能に前記頂面に向かって前記高さ方向に沿って延設される、接触子 (3 6 1) と、

前記接触子の前記高さ方向における一端部であって前記頂面と当接する先端部 (3 6 1 a) とは反対側の基端部 (3 6 1 b) にて、前記接触子を固定的に支持する、接触子支持部 (3 6 2 a) と、

前記接触子支持部を前記高さ方向に沿ってスライド可能に案内する、接触子案内部 (3 6 3) と、

前記接触子または前記接触子支持部の前記高さ方向における位置に対応する出力を発生する、位置検出部 (3 6 4) と、

前記接触子支持部と当接可能に、前記接触子支持部の下方に配置された、接触子持上部 (3 6 5 b) と、

前記接触子持上部を前記高さ方向に沿って上下動させる、持上部駆動装置 (3 6 8) と、
を備え、

前記制御部は、前記粗動機構の位置決め誤差に応じて、前記微動機構を制御する、

レーザ加工装置。

【請求項 4】

10

20

30

40

50

前記チャックテーブルにより固定的に支持された基準ブロック(381)と、
 前記基準ブロックの高さである基準ブロック高さを測定するように、前記微動機構に固定された、測長センサ(382)と、
 をさらに備え、
 前記測長センサは、1枚の前記ウェハを得るための一連のレーザ加工中に、前記基準ブロック高さを複数回測定し、
 前記制御部は、測定した前記基準ブロック高さに応じて、前記微動機構を制御する、
 請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項5】

レーザ加工装置(30)の加工対象であるインゴット(2)の高さであるインゴット高さを測定する測定装置(36)を備え、かかる測定装置により測定した前記インゴット高さに基づいて、前記インゴットからウェハ(1)を得るために前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面(21)に対して透過性を有するレーザビームを照射するように構成された、レーザ加工装置(30)であって、

10

前記頂面に前記レーザビームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザビームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器(356)と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面(22)と接合することで前記インゴットを支持するように設けられた、チャック(31)と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル(320)を前記高さ方向と交差する面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構(32)と、

20

前記レーザビームの発生源である発信器(34)と前記集光器との間のレーザ光路(BL)中に設けられた、光学系(351)と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ(352)と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構(354)と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構(357)と、

前記チャックテーブルにより固定的に支持された基準ブロック(381)と、

前記基準ブロックの高さである基準ブロック高さを測定するように、前記微動機構に固定された、測長センサ(382)と、

30

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部(37)と、
 を備え、

前記測定装置は、

前記頂面と前記高さ方向に沿って対向した状態で、前記頂面と当接可能に前記頂面に向かって前記高さ方向に沿って延設される、接触子(361)と、

前記接触子の前記高さ方向における一端部であって前記頂面と当接する先端部(361a)とは反対側の基端部(361b)にて、前記接触子を固定的に支持する、接触子支持部(362a)と、

前記接触子支持部を前記高さ方向に沿ってスライド可能に案内する、接触子案内部(363)と、

40

前記接触子または前記接触子支持部の前記高さ方向における位置に対応する出力を発生する、位置検出部(364)と、

前記接触子支持部と当接可能に、前記接触子支持部の下方に配置された、接触子持上部(365b)と、

前記接触子持上部を前記高さ方向に沿って上下動させる、持上部駆動装置(368)と、
 を備え、

前記測長センサは、1枚の前記ウェハを得るための一連のレーザ加工中に、前記基準ブロック高さを複数回測定し、

前記制御部は、測定した前記基準ブロック高さに応じて、前記微動機構を制御する、

50

レーザ加工装置。

【請求項 6】

前記測定装置は、前記面内方向における複数個所にて前記インゴット高さを測定し、
前記制御部は、前記測定装置により測定した前記インゴット高さに基づいて、前記レーザビームの照射毎に前記微動機構を制御する、
請求項 4 または 5 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】

前記接触子および前記接触子支持部は、自重により前記頂面に向かって付勢されつつ前記高さ方向に沿ってスライド可能に設けられ、

前記接触子持上部は、

前記接触子の前記先端部が前記頂面の上方にて前記頂面から離隔する非測定状態にて、前記接触子支持部と当接することで前記接触子支持部を下方から支持し、

前記接触子の前記先端部が前記頂面と当接する測定状態にて、前記接触子支持部の下方にて前記接触子支持部から離隔するように設けられた、

請求項 3 ~ 6 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工装置。

【請求項 8】

前記接触子支持部の下降により前記接触子の前記先端部が前記頂面と当接したときの衝撃を緩和するように設けられた、緩衝部 (3 6 9) をさらに備えた、

請求項 3 ~ 7 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工装置。

【請求項 9】

前記緩衝部は、前記高さ方向に沿って伸縮するカウンターバランスシリンダを備えた、

請求項 8 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 10】

インゴット (2) からウェハ (1) を得るために前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面 (2 1) に対して透過性を有するレーザビームを照射する、レーザ加工装置 (3 0) であって、

前記頂面に前記レーザビームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザビームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器 (3 5 6) と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面 (2 2) と接合することで前記インゴットを支持するように設けられた、チャック (3 1) と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル (3 2 0) を前記高さ方向と交差する面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構 (3 2) と、

前記レーザビームの発生源である発信器 (3 4) と前記集光器との間のレーザ光路 (B L) 中に設けられた、光学系 (3 5 1) と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ (3 5 2) と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構 (3 5 4) と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構 (3 5 7) と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部 (3 7) と、

を備え、

前記制御部は、前記粗動機構の位置決め誤差に応じて、前記微動機構を制御する、

レーザ加工装置。

【請求項 11】

前記チャックテーブルにより固定的に支持された基準ブロック (3 8 1) と、

前記基準ブロックの高さである基準ブロック高さを測定するように、前記微動機構に固定された、測長センサ (3 8 2) と、

をさらに備え、

前記測長センサは、1枚の前記ウェハを得るための一連のレーザ加工中に、前記基準ブ

10

20

30

40

50

ロック高さを複数回測定し、

前記制御部は、測定した前記基準ブロック高さに応じて、前記微動機構を制御する、
請求項 10 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 12】

インゴット(2)からウェハ(1)を得るために前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面(21)に対して透過性を有するレーザビームを照射する、レーザ加工装置(30)であって、

前記頂面に前記レーザビームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザビームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器(356)と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面(22)と接合することで前記インゴットを支持するように設けられた、チャック(31)と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル(320)を前記高さ方向と交差する面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構(32)と、

前記レーザビームの発生源である発信器(34)と前記集光器との間のレーザ光路(BL)中に設けられた、光学系(351)と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ(352)と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構(354)と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構(357)と、

前記チャックテーブルにより固定的に支持された基準ブロック(381)と、

前記基準ブロックの高さである基準ブロック高さを測定するように、前記微動機構に固定された、測長センサ(382)と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部(37)と、
を備え、

前記測長センサは、1枚の前記ウェハを得るための一連のレーザ加工中に、前記基準ブロック高さを複数回測定し、

前記制御部は、測定した前記基準ブロック高さに応じて、前記微動機構を制御する、
レーザ加工装置。

【請求項 13】

前記制御部は、予め測定された、前記底面と接合される前記チャックの表面(311)の高さであるチャック面高さに基づいて、前記レーザビームの照射毎に前記微動機構を制御する、

請求項 3 ~ 12 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工装置。

【請求項 14】

前記光学系を複数備え、

複数の前記光学系の各々を通過した前記レーザビームを、前記頂面における互いに異なる位置に照射するように構成された、

請求項 3 ~ 13 のいずれか 1 つに記載のレーザ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、インゴットの高さを測定する測定装置、および、インゴットにレーザビームを照射するレーザ加工装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、インゴットの端面からインゴットに対して透過性を有する波長のレーザビームをインゴットの内部に集光点を位置付けて照射し剥離層を形成するレーザ加工装置が開示されている。このレーザ加工装置は、保持手段と、レーザビーム照射手段と、撮

10

20

30

40

50

像手段と、高さ検出手段と、集光点位置付け手段とで構成される。保持手段は、インゴットを保持し、インゴットの端面と平行な端面方向に移動する。レーザビーム照射手段は、保持手段に保持されたインゴットにレーザビームを照射する。レーザビーム照射手段は、レーザビームを照射するインゴットの端面に対し直角方向に集光点を移動する集光器を備える。撮像手段は、保持手段に保持されたインゴットの端面方向の位置を検出する。撮像手段は、レーザビーム照射手段に配設された集光器とX方向に間隔をおいて枠体の先端角部に付設されている。高さ検出手段は、インゴットの端面の高さを検出する。集光点位置付け手段は、高さ検出手段の検出値に基づいて、集光器の集光点をインゴットの端面からウェハの厚みに対応する位置に位置付ける。

【0003】

撮像手段は、チャックテーブルに保持されるインゴットの端面方向の位置すなわち外形形状を撮像するための対物レンズ器と、対物レンズ器を保持する撮像ハウジングと、撮像ハウジングを介して対物レンズ器が捕えた光が導かれる撮像素子と、撮像ハウジングをZ方向すなわち上下方向で移動させることで対物レンズ器および撮像素子をZ方向に移動させる移動部とを備えている。高さ検出手段は、撮像手段を構成する撮像ハウジングと一体的に構成することができる。高さ検出手段は、接触端子と、接触端子を保持するケースと、ケースに内蔵され接触端子を下方に向け押圧するスプリングと、ケースの内部空間の上端部に配設されたスイッチとから構成されており、接触端子が撮像手段に隣接して配設されている。接触端子は、先端部が形成された下方側がケースの下端部から下方に延びており、ケースの内部空間内に位置する部位にスプリングの押圧力を受けるフランジ部が形成されている。また、ケースの内部空間の上端には、定常状態において接触端子の上方側に位置する後端部に対して若干の隙間をもってスイッチが配設されている。スイッチは、接触端子がケース内を上方に移動して後端部が当接した場合にON信号を発生して制御手段に送信するようになっている。

【0004】

特許文献1に記載のレーザ加工装置においては、インゴットをチャックテーブルに載置して加工を開始する前に、高さ検出手段を用いてチャックテーブルの高さ位置を検出する。より具体的には、まず、高さ検出手段を、接触端子の先端部がチャックテーブルよりも所定距離上方に位置付けられる待機位置に撮像手段とともに移動しておく。次いで、撮像手段および高さ検出手段が待機位置にある状態で、移動手段を作動させることで、チャックテーブルの中心が高さ検出手段の接触端子の先端部の直下になるようにチャックテーブルを移動させる。先端部の直下にチャックテーブルの中心が位置付けられたならば、移動部の駆動モータを作動して高さ検出手段を下降させる。この際、接触端子の先端部がチャックテーブルに急激に衝突し破損等しないように低速度で下降させられる。

【0005】

接触端子は、ケースの内部に配設されたスプリングによって下方側に押圧されており、接触端子が下降してチャックテーブルに達すると接触端子の下降は停止する。その後、接触端子の後端部とスイッチとの間に設定されていた隙間の分だけスイッチが下降し、後端部に達するとスイッチからON信号が発生する。ON信号が制御手段に送られると、即座に駆動モータに対し停止信号が送られて駆動モータが停止し、高さ検出手段の下降も停止する。

【0006】

制御手段がスイッチからのON信号を受け、駆動モータが停止させられると、スケールの目盛を検出端子により読み取り、接触端子の先端部の位置が計測される。このときに読み取られた値が制御手段に送信されてチャックテーブルの高さ位置として記憶される。このようにしてチャックテーブルの高さ位置が検出されて記憶されたならば、駆動モータを駆動して今度は高さ検出手段を上昇させて上記した待機位置に移動させる。

【0007】

上記したようにチャックテーブルの高さ位置が検出され、高さ検出手段が待機位置とされたならば、インゴットをチャックテーブル上に載置する。インゴットがチャックテーブ

10

20

30

40

50

ル上に載置されたならば、上述したチャックテーブルの高さを検出する動作と同様の動作を実施する。すなわち、チャックテーブル上に載置されたインゴットに向けて高さ検出手段を下降させて、インゴットの上方の端面に接触端子の先端部を接触させて、接触端子の先端部の位置、すなわち、インゴットの端面の高さ位置を検出し、制御手段にて記憶する。このようにして、チャックテーブルの高さ位置と、インゴットの端面の高さ位置が検出されたならば、インゴットの厚さが算出される。集光点位置付け手段を作動して集光器をZ方向で移動させ、レーザビームの集光点位置を、剥離させるウェハの厚みに合わせてインゴットの端面から所定深さ位置に調整する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特許第6831253号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上述の通り、特許文献1に記載のレーザ加工装置においては、高さ検出手段は、接触端子の先端部とウェハ端面との接触により接触端子がスイッチに向かって相対移動して、接触端子の後端部がスイッチに当接することで、インゴットの端面の高さを検出する。このため、スイッチの感応する幅による検出誤差が生じる。また、チャックテーブルやインゴットの端面に傷を付けないように高さ検出手段の下降速度を低速にする必要があるため、サイクルタイムが長くなり、生産性が悪くなる。また、チャックテーブルの高さ位置や、インゴットの端面の高さ位置の検出が、1回限りであるため、インゴットの端面からの集光点位置の深さに対する、インゴットの平行度の誤差やテーブルの平面度の誤差等の影響を取り切ることができず、これにより研削時の加工代が大きくなって歩留まりが悪化する要因となっている。さらに、集光点位置付け手段による集光点位置の調整についても、高速化すなわちサイクルタイム短縮と高精度化とを両立することは困難であった。このように、従来のこの種のレーザ加工装置においては、サイクルタイムや歩留まり等を含む、生産性向上の観点から、まだまだ改善の余地がある。本発明は、上記に例示した事情等に鑑みてなされたものである。すなわち、本発明は、例えば、いわゆるレーザスライスによりインゴットからウェハを得るウェハ製造技術において、従来よりも生産性を向上することを可能とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1に記載の測定装置(36)は、レーザ加工装置(30)の加工対象であるインゴット(2)の高さであるインゴット高さを測定する装置であって、

前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面(21)と前記高さ方向に沿って対向した状態で、前記頂面と当接可能に前記頂面に向かって前記高さ方向に沿って延設される、接触子(361)と、

前記接触子の前記高さ方向における一端部であって前記頂面と当接する先端部(361a)とは反対側の基端部(361b)にて、前記接触子を固定的に支持する、接触子支持部(362a)と、

前記接触子支持部を前記高さ方向に沿ってスライド可能に案内する、接触子案内部(363)と、

前記接触子または前記接触子支持部の前記高さ方向における位置に対応する出力を発生する、位置検出部(364)と、

前記接触子支持部と当接可能に、前記接触子支持部の下方に配置された、接触子持上部(365b)と、

前記接触子持上部を前記高さ方向に沿って上下動させる、持上部駆動装置(368)と、前記接触子支持部の下降により前記接触子の前記先端部が前記頂面と当接したときの衝撃を緩和するように設けられた、緩衝部(369)と、

10

20

30

40

50

を備え、

前記緩衝部は、前記高さ方向に沿って伸縮するカウンターバランスシリンダを備えている。
請求項 3 に記載のレーザ加工装置 (3 0) は、前記測定装置により測定した前記インゴット
高さに基づいて、前記インゴットからウェハ (1) を得るために前記頂面に対して透過
性を有するレーザビームを照射するように構成された装置であって、

前記頂面に前記レーザビームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザビ
ームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器 (3 5 6
) と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面 (2 2) と接合すること
で前記インゴットを支持するように設けられた、チャック (3 1) と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル (3 2 0) を前記高さ方向と交差する
面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構 (3 2) と、

前記レーザビームの発生源である発信器 (3 4) と前記集光器との間のレーザ光路 (B L
) 中に設けられた、光学系 (3 5 1) と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ (3 5 2) と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構 (3 5 4) と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに
上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に
上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構 (3 5 7) と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部 (3 7) と、

を備え、

前記制御部は、前記粗動機構の位置決め誤差に応じて、前記微動機構を制御するようにな
っている。

請求項 5 に記載のレーザ加工装置 (3 0) は、前記測定装置により測定した前記インゴ
ット高さに基づいて、前記インゴットからウェハ (1) を得るために前記頂面に対して透
過性を有するレーザビームを照射するように構成された装置であって、

前記頂面に前記レーザビームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザビ
ームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器 (3 5
 6) と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面 (2 2) と接合すること
で前記インゴットを支持するように設けられた、チャック (3 1) と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル (3 2 0) を前記高さ方向と交差す
る面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構 (3 2) と、

前記レーザビームの発生源である発信器 (3 4) と前記集光器との間のレーザ光路 (B
 L) 中に設けられた、光学系 (3 5 1) と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ (3 5 2) と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構 (3 5 4) と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに
上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的
に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構 (3 5 7) と、

前記チャックテーブルにより固定的に支持された基準ブロック (3 8 1) と、

前記基準ブロックの高さである基準ブロック高さを測定するように、前記微動機構に固定
された、測長センサ (3 8 2) と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部 (3 7) と、

を備え、

前記測長センサは、1 枚の前記ウェハを得るための一連のレーザ加工中に、前記基準ブロ
ック高さを複数回測定し、

前記制御部は、測定した前記基準ブロック高さに応じて、前記微動機構を制御するよう
になっている。

請求項 1 0 に記載のレーザ加工装置 (3 0) は、インゴット (2) からウェハ (1) を

10

20

30

40

50

得るために前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面（２１）に対して透過性を有するレーザービームを照射する装置であって、

前記頂面に前記レーザービームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザービームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器（３５６）と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面（２２）と接合することで前記インゴットを支持するように設けられた、チャック（３１）と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル（３２０）を前記高さ方向と交差する面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構（３２）と、

前記レーザービームの発生源である発信器（３４）と前記集光器との間のレーザー光路中に設けられた、光学系（３５１）と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ（３５２）と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構（３５４）と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構（３５７）と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部（３７）と、

を備え、

前記制御部は、前記粗動機構の位置決め誤差に応じて、前記微動機構を制御するようになっている。

請求項１２に記載のレーザー加工装置（３０）は、インゴット（２）からウェハ（１）を得るために前記インゴットの高さ方向における一方側の端面である頂面（２１）に対して透過性を有するレーザービームを照射する装置であって、

前記頂面に前記レーザービームを照射することで前記インゴットの内部にて前記レーザービームが集光するように、前記高さ方向に沿って前記頂面と対向配置される、集光器（３５６）と、

前記インゴットの前記高さ方向における他方側の端面である底面（２２）と接合することで前記インゴットを支持するように設けられた、チャック（３１）と、

前記チャックを固定的に支持するチャックテーブル（３２０）を前記高さ方向と交差する面内方向に移動可能に設けられた、チャック移動機構（３２）と、

前記レーザービームの発生源である発信器（３４）と前記集光器との間のレーザー光路中に設けられた、光学系（３５１）と、

前記光学系を支持する、光学系ステージ（３５２）と、

前記光学系ステージを前記高さ方向に沿って上下動させる、粗動機構（３５４）と、

前記光学系ステージに固定されることで前記粗動機構により前記光学系ステージとともに上下動しつつ、前記集光器を前記光学系ステージに対して前記高さ方向に沿って相対的に上下動可能に前記集光器を支持するように設けられた、微動機構（３５７）と、

前記チャックテーブルにより固定的に支持された基準ブロック（３８１）と、

前記基準ブロックの高さである基準ブロック高さを測定するように、前記微動機構に固定された、測長センサ（３８２）と、

前記粗動機構および前記微動機構の動作を制御する、制御部（３７）と、

を備え、

前記測長センサは、１枚の前記ウェハを得るための一連のレーザー加工中に、前記基準ブロック高さを複数回測定し、

前記制御部は、測定した前記基準ブロック高さに応じて、前記微動機構を制御するようになっている。

【００１１】

なお、出願書類中の各欄において、各要素に括弧付きの参照符号が付されている場合がある。この場合、参照符号は、同要素と後述する実施形態に記載の具体的構成との対応関係の単なる一例を示すものである。よって、本発明は、参照符号の記載によって、何ら限

10

20

30

40

50

定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の一実施形態に係るレーザ加工装置を用いたウェハ製造方法の概要を示す概略図である。

【図2】本発明の一実施形態に係るレーザ加工装置の概略的な構成を示す側面図である。

【図3】図2に示された本発明の一実施形態に係る測定装置の概略構成を示す側面図である。

【図4】図3に示された測定装置の動作の概要を示す側面図である。

【図5】一変形例に係るレーザ加工装置の一部を拡大して示す平面図である。

10

【図6】図5に示された構成の動作の概要を示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(実施形態)

以下、本発明の実施形態を、図面に基づいて説明する。なお、一つの実施形態に対して適用可能な各種の変形例については、当該実施形態に関する一連の説明の途中に挿入されると、当該実施形態の理解が妨げられるおそれがある。このため、変形例については、当該実施形態に関する一連の説明の途中には挿入せず、その後まとめて説明する。また、各図面の記載、および、これに対応して以下に説明する装置構成やその機能・動作の記載は、本発明の内容を簡潔に説明するために簡略化されたものであって、本発明の内容を何ら限定するものではない。このため、各図と、実際に製造販売される具体的な構成を示す図とで、必ずしも一致するとは限らないということは、云うまでもない。すなわち、出願人が本願の出願経過により明示的に限定しない限りにおいて、本発明は、各図面の記載、および、これに対応して以下に説明する装置構成やその機能・動作の記載によって限定的に解釈されてはならないことは、云うまでもない。

20

【0014】

(ウェハ製造の概要)

図1を参照すると、ウェハ1は、側面視にて略円柱状のインゴット2をスライスして得られるものであって、平面視にて略円形の薄板状に形成されている。すなわち、ウェハ1は、中心軸Lを囲む略円柱面状の端面を有している。同様に、インゴット2は、中心軸Lを囲む略円柱面状の側面を有している。中心軸Lは、ウェハ1における略円柱面状の端面やインゴット2における略円柱面状の側面と平行で、ウェハ1やインゴット2の軸中心を通る仮想直線である。なお、図示および説明の簡略化の観点から、ウェハ1やインゴット2に通常設けられる、いわゆるオリエンテーションフラットについては、本明細書においては、図示および説明を省略する。

30

【0015】

以下の説明を簡略化するため、便宜上、図中に示した通りに右手系XYZ座標を設定する。かかる右手系XYZ座標において、Z軸は中心軸Lと平行であり、ウェハ厚およびインゴット高さを規定する方向である。すなわち、Z軸方向は、ウェハ1の厚さ方向、あるいは、インゴット2の高さ方向に相当する。また、X軸およびY軸は、ウェハ1の主面やインゴット2の端面と平行であるものとする。「主面」は、ウェハ1のような板状物における板厚方向と直交する表面であって、「上面」や「下面」や「底面」や「板面」とも称され得る。ウェハ1の主面やインゴット2の端面に沿った方向、すなわち、Z軸方向と交差する任意の方向を、以下「面内方向」と称することがある。典型的には、ウェハ1の主面やインゴット2の端面は、Z軸と略直交する、ほぼ水平な面である。このため、典型的には、「面内方向」は、Z軸と直交する任意の方向である。すなわち、以下の説明において、「面内方向」とは、XY平面と平行な任意の方向を指すものとする。

40

【0016】

ウェハ1は、一对の主面であるウェハ表面11およびウェハ裏面12を有している。同様に、インゴット2は、一对の端面であるインゴット頂面21およびインゴット底面22

50

を有している。インゴット 2 からウェハ 1 を得るウェハ製造方法は、主要な工程として、以下の各工程を含む。

【 0 0 1 7 】

(1) 剥離層形成工程：インゴット 2 に対する所定程度の透過性を有するレーザビーム B を、インゴット 2 の高さ方向における一方側の端面であるインゴット頂面 2 1 に照射しつつ、レーザビーム B の照射位置 P R を面内方向に移動させる。これにより、インゴット頂面 2 1 からウェハ 1 の厚みに対応する深さに、剥離層 2 3 を形成する。ここで、「所定程度の透過性」とは、インゴット 2 の内側におけるウェハ 1 の厚みに対応する深さにレーザビーム B の集光点 B P を形成することが可能な程度の透過性である。また、「ウェハ 1 の厚みに対応する深さ」は、完成品であるウェハ 1 の厚み（すなわち厚みの狙い値）に、後述するウェハ平坦化工程等における所定の加工代に相当する厚みを加算した寸法であって、「ウェハ 1 の厚みに相当する深さ」とも称され得る。レーザ照射面であるインゴット頂面 2 1 上での面内方向におけるレーザビーム B の照射位置 P R は、図 1 に示されている往路走査 S c 1 や復路走査 S c 2 のように、X 軸方向と平行な走査方向 D s に走査される。また、照射位置 P R は、走査方向 D s に 1 回走査される毎に、Y 軸方向と平行なラインフィード方向 D f にインデックス送りされる。ラインフィード方向 D f および走査方向 D s は、ともに、面内方向（すなわちインゴット頂面 2 1 に沿った方向）であって、互いに直交する方向である。

10

【 0 0 1 8 】

(2) ウェハ剥離工程：インゴット頂面 2 1 と剥離層 2 3 との間の部分であるウェハ前駆体 2 4 を、剥離層 2 3 にてインゴット 2 から剥離することで、ウェハ 1 を得る。剥離直後のウェハ裏面 1 2 は、剥離層 2 3 およびウェハ剥離工程による剥離に起因する、粗い（すなわち研削あるいは研磨が必要な程度の）凹凸を有している。

20

【 0 0 1 9 】

(3) ウェハ平坦化工程：ウェハ 1 の主面であるウェハ表面 1 1 およびウェハ裏面 1 2 のうちの、少なくとも、剥離層 2 3 およびウェハ剥離工程による剥離に起因する凹凸を有するウェハ裏面 1 2 を平坦化することで、エピレディな主面を有する最終的なウェハ 1 を得る。ウェハ平坦化工程においては、一般的な砥石研磨や C M P に加えて、E C M G や E C M P を用いることが可能である。なお、C M P は C h e m i c a l M e c h a n i c a l P o l i s h i n g の略である。E C M G は E l e c t r o - C h e m i c a l M e c h a n i c a l G r i n d i n g の略である。E C M P は E l e c t r o - C h e m i c a l M e c h a n i c a l P o l i s h i n g の略である。ウェハ平坦化工程は、これらの選択可能な複数種類の平坦化工程のうちから、1 つを単独で、あるいは、複数を適宜組み合わせることで行われ得る。

30

【 0 0 2 0 】

(4) インゴット平坦化工程：ウェハ前駆体 2 4 を剥離した後に新たに生じたインゴット頂面 2 1 は、剥離層 2 3 およびウェハ剥離工程による剥離に起因する、粗い（すなわち研削あるいは研磨が必要な程度の）凹凸を有している。そこで、ウェハ剥離工程を経たインゴット 2 を剥離層形成工程に再度用いることができるように、かかるインゴット頂面 2 1 を平坦化すなわち鏡面化する。インゴット平坦化工程においても、一般的な砥石研磨や C M P に加えて、E C M G や E C M P を用いることが可能である。インゴット平坦化工程も、これらの選択可能な複数種類の平坦化工程のうちから、1 つを単独で、あるいは、複数を適宜組み合わせることで行われ得る。

40

【 0 0 2 1 】

(レーザ加工装置)

図 2 は、剥離層形成工程に用いられるレーザ加工装置 3 0 の概略構成を示す。すなわち、レーザ加工装置 3 0 は、インゴット 2 からウェハ 1 を得るためにインゴット 2 の高さ方向における一方側の端面であるインゴット頂面 2 1 に対して透過性を有するレーザビーム B を照射するように構成されている。具体的には、図 2 に示されているように、レーザ加工装置 3 0 は、チャック 3 1 と、チャック移動機構 3 2 と、支持台 3 3 と、発信器 3 4 と

50

、レーザ照射装置 35 と、測定装置 36 と、制御部 37 とを備えている。以下、レーザ加工装置 30 を構成する各部について、順に説明する。なお、図 2 以降の各図に示された右手系 X Y Z 座標は、図 1 に示された右手系 X Y Z 座標と整合するように表示されているものとする。また、本実施形態においては、Z 軸正方向は、鉛直上方を指すものとする。すなわち、Z 軸負方向は、重力作用方向と同一方向あるいは略同一方向であるものとする。また、測定装置 36 については、図示の簡略化および説明の都合上、図 2 においては Y 軸方向における配置箇所のみを 2 点鎖線の矩形によって示し、具体的な構成は図 3 および図 4 にて示す。

【 0 0 2 2 】

(チャック)

チャック 31 は、インゴット 2 の高さ方向における他方側の端面であるインゴット底面 22 と接合することで、インゴット頂面 21 を上方に露出させた状態でインゴット 2 を支持するように設けられている。具体的には、チャック 31 は、インゴット 2 を支持していない状態にて上方に露出するチャック面 311 を有している。インゴット底面 22 と接合されるチャック面 311 は、良好な平面度を有していて、X Y 平面と略平行となるように設けられている。チャック 31 は、チャック面 311 上にインゴット 2 を周知の方法（すなわち例えば負圧による吸着や接着等）により固定的に支持するようになっている。チャック 31 は、チャック移動機構 32 に設けられたチャックテーブル 320 における上面にて固定的に支持されている。

【 0 0 2 3 】

(チャック移動機構)

チャック移動機構 32 は、チャック 31 を固定的に支持しつつ面内方向に移動可能に構成されている。具体的には、チャック移動機構 32 は、チャックテーブル 320 と、第一スライド機構 321 と、第二スライド機構 322 と、第一スライドモータ 323 と、第二スライドモータ 324 とを備えている。チャックテーブル 320 は、Z 軸方向に板厚方向を有する板状に形成されていて、上方に露出する主面上にてチャック 31 をネジ止め等により固定的に支持するようになっている。第一スライド機構 321 は、チャックテーブル 320 を面内方向すなわち X 軸方向に往復移動可能に構成されている。第二スライド機構 322 は、チャックテーブル 320 を面内方向すなわち Y 軸方向に往復移動可能に構成されている。具体的には、第一スライド機構 321 および第二スライド機構 322 は、それぞれ、いわゆるボールネジ駆動の一軸ステージとしての構成を有している。すなわち、第二スライド機構 322 は、Y 軸方向に延設されつつ支持台 33 上に載置された一対の Y 軸スライドレール 322a と、この Y 軸スライドレール 322a 上にて滑動可能に設けられた Y 軸スライダ 322b とを備えている。そして、第一スライド機構 321 は、Y 軸スライダ 322b 上に固定的に支持されている。第一スライドモータ 323 は、第一スライド機構 321 における不図示のボールネジを駆動してチャックテーブル 320 を X 軸方向に往復移動可能に設けられている。第二スライドモータ 324 は、第二スライド機構 322 における不図示のボールネジを駆動して第一スライド機構 321 とともにチャックテーブル 320 を Y 軸方向に往復移動可能に設けられている。

【 0 0 2 4 】

(支持台)

レーザ加工装置 30 における基礎構造部をなす支持台 33 は、定盤部 331 と台座部 332 とを有している。定盤部 331 としては、例えば、温度変化による変形や寸法変化の影響が少なく、物理的および機械的な強度に優れた石定盤が用いられ得る。かかる石定盤は、例えば、花崗岩（すなわちミカゲ石）等により形成され得る。定盤部 331 は、厚板状に形成されるとともに、上下の板面の水平度が精密に仕上げられている。定盤部 331 は、制振機能を有する台座部 332 によって下方から支持されている。定盤部 331 の上には、チャック移動機構 32 と、レーザ照射装置 35 と、測定装置 36 とが設けられている。

【 0 0 2 5 】

(レーザ照射装置)

レーザ照射装置 35 は、第二スライド機構 322 によるチャックテーブル 320 の Y 軸方向に沿った移動可能範囲における一方側（すなわち図 2 に示された構成例においては Y 軸正方向側）に配置されている。レーザ照射装置 35 は、レーザビーム B の発生源である発信器 34 から出力されたレーザビーム B を、チャック 31 に保持されたインゴット 2 に向けて図中下方に照射するように構成されている。具体的には、レーザ照射装置 35 は、光学系 351 と、光学系ステージ 352 と、光学系ガイド体 353 と、ステージ移動機構 354 と、ステージ位置スケール 355 と、集光器 356 と、集光器移動機構 357 とを備えている。

【 0026 】

光学系 351 は、発信器 34 と集光器 356 との間のレーザ光路 BL 中に設けられている。光学系 351 は、レンズや反射鏡等の各種光学素子類や、レーザビーム B のビーム径を拡大させるビームエキスパンダーや、レーザビーム B を変調する空間光変調器等を備えている。光学系 351 は、剛性を有する金属等の材料により Z 軸方向に板厚方向を有する板状に形成された光学系ステージ 352 における上側の主面上に設置されている。すなわち、光学系ステージ 352 は、光学系 351 を下方から支持するように設けられている。光学系ステージ 352 には、Z 軸方向に延設された棒状部材である複数の光学系ガイド体 353 が貫通する貫通孔が設けられている。光学系ガイド体 353 は、下端部が支持台 33 上にて支持されるとともに上端部が光学系ステージ 352 を貫通して上方に所定量突出するように設けられている。光学系ガイド体 353 は、Z 軸方向と平行な視線で上側から見た平面視にて、矩形の角または辺上に位置するように、少なくとも 4 つ配置されている。そして、光学系ステージ 352 は、複数の光学系ガイド体 353 にガイドされつつ、Z 軸方向に沿って上下動可能に設けられている。粗動機構としてのステージ移動機構 354 は、粗動モータ 354a を含むボールネジ機構であって、光学系ステージ 352 を Z 軸方向すなわちインゴット 2 の高さ方向に沿って上下動させるように構成されている。ステージ位置スケール 355 は、光学系ステージ 352 の Z 軸方向における位置を検出するためのリニアスケールとしての構成を有している。

【 0027 】

集光器 356 は、対物レンズ等の光学素子を備えていて、下方の所定位置にてレーザビーム B の集光点 BP を形成するように構成されている。すなわち、集光器 356 は、チャック 31 がインゴット 2 を支持している状態でチャックテーブル 320 が所定の加工領域に到達した場合に、インゴット頂面 21 にレーザビーム B を照射することでインゴット 2 の内部にてレーザビーム B が集光するように、インゴット 2 の高さ方向に沿ってインゴット頂面 21 と対向配置されるようになっている。

【 0028 】

集光器 356 は、集光器移動機構 357 を介して光学系ステージ 352 に支持されている。すなわち、集光器 356 は、集光器移動機構 357 の底面に固定されている。そして、集光器移動機構 357 は、光学系ステージ 352 に固定されている。集光器移動機構 357 は、Z 軸方向に伸縮する直動ステージであって、例えば圧電素子によって駆動されるピエゾステージとしての構成を有している。このように、微動機構としての集光器移動機構 357 は、光学系ステージ 352 に固定されることで粗動機構としてのステージ移動機構 354 により光学系ステージ 352 とともに上下動しつつ、集光器 356 を光学系ステージ 352 に対してインゴット 2 の高さ方向に沿って相対的に上下動可能に集光器 356 を支持するように設けられている。

【 0029 】

(測定装置)

測定装置 36 は、レーザ加工装置 30 の加工対象であるインゴット 2 の高さであるインゴット高さを測定する装置であって、第二スライド機構 322 によるチャックテーブル 320 の Y 軸方向に沿った移動可能範囲における他方側（すなわち図 2 に示された構成例においては Y 軸負方向側）に配置されている。すなわち、レーザ照射装置 35 および測定装

10

20

30

40

50

置 3 6 は、Y 軸方向に沿って隣接するように設けられている。そして、レーザ加工装置 3 0 は、測定装置 3 6 により測定したインゴット高さに基づいて、インゴット 2 からウェハ 1 を得るためにインゴット頂面 2 1 に対して透過性を有するレーザビーム B をレーザ照射装置 3 5 により照射するように構成されている。

【 0 0 3 0 】

以下、図 2 に加えて図 3 および図 4 を参照しつつ、測定装置 3 6 の具体的な構成について説明する。測定装置 3 6 は、図 2 に示された支持台 3 3 に固定的に支持された支持フレーム 3 6 0 に支持されている。測定装置 3 6 は、接触子 3 6 1 と、接触子保持具 3 6 2 と、接触子可動ステージ 3 6 3 と、位置検出部 3 6 4 と、昇降部材 3 6 5 と、持上部昇降機構 3 6 6 とを備えている。

10

【 0 0 3 1 】

接触子 3 6 1 は、インゴット頂面 2 1 と Z 軸方向すなわちインゴット 2 の高さ方向に沿って対向した状態で、インゴット頂面 2 1 と当接可能に、インゴット頂面 2 1 に向かって Z 軸方向に沿って延設されている。具体的には、接触子 3 6 1 は、延設方向すなわち Z 軸方向における一端部であってインゴット頂面 2 1 と当接する先端部 3 6 1 a と、その反対側の基端部 3 6 1 b とを有している。接触子 3 6 1 は、基端部 3 6 1 b にて、接触子保持具 3 6 2 に固定的に支持されている。

【 0 0 3 2 】

接触子保持具 3 6 2 は、接触子 3 6 1 の基端部 3 6 1 b を固定的に支持する接触子支持部 3 6 2 a と、接触子支持部 3 6 2 a を片持ち梁状に支持するように Z 軸に沿って設けられた固定部 3 6 2 b とを有している。接触子保持具 3 6 2 は、Y 軸方向に板厚方向を有する平板状の固定部 3 6 2 b から Z 軸方向に板厚方向を有する平板状の接触子支持部 3 6 2 a が Y 軸負方向に向かって延設されるように、側面視にて略 L 字状に形成されている。本実施形態においては、接触子 3 6 1 は、ネジ止め、接着、あるいは溶接等の任意の固定手段により、接触子支持部 3 6 2 a に固定されている。固定部 3 6 2 b は、Z 軸方向に沿って往復移動可能に、接触子可動ステージ 3 6 3 に取り付けられている。すなわち、接触子案内部としての接触子可動ステージ 3 6 3 は、接触子支持部 3 6 2 a とともに接触子 3 6 1 を Z 軸方向に沿ってスライド可能に案内するように設けられている。そして、接触子 3 6 1 および接触子保持具 3 6 2 は、自重によりインゴット頂面 2 1 に向かって付勢されつつ、接触子可動ステージ 3 6 3 により案内されることで Z 軸方向に沿ってスライド可能に設けられている。位置検出部 3 6 4 は、接触子 3 6 1 または接触子支持部 3 6 2 a の Z 軸方向における位置に対応する出力を発生するように設けられている。具体的には、位置検出部 3 6 4 は、固定部 3 6 2 b に取り付けられたリニアスケールとしての構成を有している。

20

30

【 0 0 3 3 】

昇降部材 3 6 5 は、ベース板状部 3 6 5 a と接触子持上部 3 6 5 b とを有している。ベース板状部 3 6 5 a は、Y 軸方向に板厚方向を有する平板状に形成されていて、持上部昇降機構 3 6 6 により Z 軸方向に沿ってスライド可能に支持されている。接触子持上部 3 6 5 b は、接触子支持部 3 6 2 a と当接可能に、接触子支持部 3 6 2 a の下方に配置されている。接触子持上部 3 6 5 b は、ベース板状部 3 6 5 a と一体的に設けられていて、ベース板状部 3 6 5 a の下端部から Y 軸負方向に向かって延設されている。接触子持上部 3 6 5 b は、図 3 に示されているように、接触子 3 6 1 の先端部 3 6 1 a がインゴット頂面 2 1 と当接する測定状態にて、接触子支持部 3 6 2 a の下方にて接触子支持部 3 6 2 a から離隔するようになっている。一方、接触子持上部 3 6 5 b は、図 4 に示されているように、接触子 3 6 1 の先端部 3 6 1 a がインゴット頂面 2 1 の上方にてインゴット頂面 2 1 から離隔する非測定状態にて、接触子支持部 3 6 2 a と当接することで接触子支持部 3 6 2 a を下方から支持するようになっている。

40

【 0 0 3 4 】

本実施形態においては、接触子持上部 3 6 5 b は、側方突設部 3 6 5 c と当接突起部 3 6 5 d とを有している。側方突設部 3 6 5 c は、Z 軸方向に板厚方向を有する平板状の部

50

分であって、Y軸正方向側の端部がベース板状部365aの下端部に結合されている。当接突起部365dは、側方突設部365cから上方に向かって突設されている。当接突起部365dは、昇降部材365が図3に示されている下降位置から図4に示されているように上方に移動した場合に接触子支持部362aに下方から当接するように、接触子支持部362aの面内方向における接触子361が設けられていない部分の真下に配置されている。

【0035】

持上部昇降機構366は、昇降部材365をZ軸方向に往復移動可能な、いわゆるボールネジ駆動の一軸ステージとしての構成を有している。すなわち、持上部昇降機構366は、持上部スライド機構367と持上部駆動装置368とを備えている。持上部スライド機構367は、スライドレールとスライダとを有する一軸スライドステージであって、スライダ部分には昇降部材365におけるベース板状部365aが固定されている。持上部駆動装置368は、持上部昇降機構366に設けられたボールネジを駆動するモータであって、昇降部材365すなわち接触子持上部365bをZ軸方向に沿って上下動させるように設けられている。

10

【0036】

緩衝部369は、接触子支持部362aの下降により接触子361の先端部361aがインゴット頂面21と当接したときの衝撃を緩和するように設けられている。具体的には、本実施形態においては、緩衝部369は、Z軸方向に沿って伸縮するカウンターバランスシリンダとしての構成を有している。

20

【0037】

(制御部)

再び図2を参照すると、制御部37は、レーザ加工装置30の全体の動作を制御するように設けられている。本実施形態においては、制御部37は、プロセッサとメモリとを備えた、いわゆるマイクロコンピュータとしての構成を有していて、メモリに予め格納されたプログラムをプロセッサにより読み出して起動することでレーザ加工装置30における各部の動作を制御するようになっている。「メモリ」は、ROM、磁気ディスク、光学ディスク、フラッシュメモリ、等の、非遷移的実体的記憶媒体である。プロセッサおよびメモリは、それぞれ、少なくとも1つ設けられている。

【0038】

具体的には、制御部37は、チャック移動機構32における第一スライドモータ323および第二スライドモータ324の動作を制御して、チャック31すなわちインゴット2のXY平面内における位置を所望の位置に設定するようになっている。また、制御部37は、発信器34におけるレーザビームBの発生および停止を制御するようになっている。また、制御部37は、光学系351における各部の動作を制御して、レーザビームBのビーム形状やレーザ光路BL等を調整するようになっている。また、制御部37は、粗動機構であるステージ移動機構354の動作を制御して、光学系ステージ352すなわち光学系351のZ軸方向における位置を調整するようになっている。また、制御部37は、微動機構である集光器移動機構357の動作を制御して、集光器356のZ軸方向における光学系ステージ352との相対位置を調整するようになっている。具体的には、制御部37は、ステージ移動機構354の位置決め誤差に応じて、集光器移動機構357の動作を制御して、集光器356の高さすなわちZ軸方向における位置を調整するようになっている。また、制御部37は、測定装置36の動作を制御して、インゴット頂面21の面内方向における複数個所にてインゴット高さを測定し、測定装置36により測定したインゴット高さに基づいて、レーザビームBの照射毎に集光器移動機構357の動作を制御するようになっている。また、制御部37は、予め測定されたチャック面311の高さであるチャック面高さに基づいて、レーザビームBの照射毎に(すなわちインゴット頂面21における複数の照射位置PRの各々について)集光器移動機構357の動作を制御するようになっている。

30

40

【0039】

50

(動作)

以下、上記の通りの構成を有するレーザ加工装置 30 の動作の概要について、同構成により奏される効果とともに、各図面を参照しつつ説明する。

【0040】

まず、制御部 37 は、チャック移動機構 32 における第二スライドモータ 324 の動作を制御して、チャックテーブル 320 の Y 軸方向における位置を、図 2 に示されているように、測定領域内に設定する。測定領域においては、チャック 31 に固定されたインゴット 2 が、測定装置 36 の直下に位置する。そして、かかる測定領域にて、制御部 37 は、チャック移動機構 32 における第一スライドモータ 323 および第二スライドモータ 324 の動作を制御しつつ、測定装置 36 により、インゴット頂面 21 の面内方向における複数個所にてインゴット高さを測定する。

10

【0041】

インゴット高さの測定開始にあたって、測定装置 36 は、最初は、図 4 に示されているように、非測定状態としての初期状態となっている。初期状態にて、昇降部材 365 は、接触子 361 の先端部 361a がインゴット頂面 21 の上方にてインゴット頂面 21 から離隔する非測定状態となる程度まで上昇している。初期状態は、チャックテーブル 320 が X 軸方向または Y 軸方向に駆動されてインゴット 2 が移動しても接触子 361 の先端部 361a とインゴット頂面 21 との接触が生じない程度の十分なギャップが形成されるまで昇降部材 365 が上昇した状態をいうものとする。かかる初期状態において、接触子 361 および接触子保持具 362 は、自重によりインゴット頂面 21 に向かって下方に付勢されることで、接触子支持部 362a が接触子持上部 365b すなわち当接突起部 365d と当接する。すなわち、接触子持上部 365b は、接触子 361 の先端部 361a がインゴット頂面 21 の上方にてインゴット頂面 21 から離隔する非測定状態にて、接触子支持部 362a と当接することで接触子支持部 362a を下方から支持する。このような初期位置から、昇降部材 365 が持上部昇降機構 366 の動作によって下降を開始すると、接触子 361 および接触子保持具 362 は、接触子 361 における先端部 361a がインゴット頂面 21 に当接するまでは、接触子持上部 365b により下方から支持されつつ、昇降部材 365 とともに下降する。

20

【0042】

接触子支持部 362a とともに下降中の接触子 361 の先端部 361a がインゴット頂面 21 に当接することで、測定状態が形成される。このときの当接の衝撃は、緩衝部 369 により良好に緩和される。また、昇降部材 365 が持上部昇降機構 366 の動作によってさらに下降しても、接触子 361 および接触子保持具 362 は、それ以上下降できなくなる。このため、接触子 361 における先端部 361a がインゴット頂面 21 に当接して測定状態が形成された以降は、図 3 に示されているように、接触子持上部 365b は、接触子支持部 362a の下方にて接触子支持部 362a から離隔する。すなわち、接触子 361 および接触子保持具 362 は、昇降部材 365 の下降の「置き去り」にされる。

30

【0043】

図 4 に示されているように、非測定状態、すなわち、接触子持上部 365b が接触子支持部 362a を下側から当接しつつ支持する状態においては、昇降部材 365 の一定速度の下降に伴って、位置検出部 364 の出力が連続的に変化する。一方、接触子 361 における先端部 361a がインゴット頂面 21 に当接して測定状態が形成されると、上記のような位置検出部 364 の出力の連続的な変化が終了する。但し、当接の瞬間やその直後においては、カウンターバランス手段である緩衝部 369 による緩衝作用が生じている。そこで、制御部 37 は、接触子 361 における先端部 361a がインゴット頂面 21 に当接した瞬間やその直後ではなく、接触子持上部 365b が接触子支持部 362a から所定程度離隔した時点で、位置検出部 364 の出力に基づいて、面内方向における或る 1 箇所におけるインゴット高さを測定する。

40

【0044】

制御部 37 は、このようにして面内方向における 1 箇所にてインゴット高さを測定する

50

と、持上部昇降機構 3 6 6 を駆動して昇降部材 3 6 5 を上昇させる。接触子持上部 3 6 5 b すなわち当接突起部 3 6 5 d が接触子支持部 3 6 2 a と当接するまで昇降部材 3 6 5 が上昇すると、昇降部材 3 6 5 の上昇に伴って、接触子保持具 3 6 2 とともに接触子 3 6 1 が上昇する。すなわち、接触子 3 6 1 および接触子保持具 3 6 2 は、上昇中の昇降部材 3 6 5 によって「吊り上げ」られる。そして、上記の初期状態まで昇降部材 3 6 5 および接触子 3 6 1 が上昇すると、チャックテーブル 3 2 0 が X 軸方向および / または Y 軸方向に所定量駆動されることで、インゴット頂面 2 1 の面内方向における次の測定箇所へ接触子 3 6 1 が対向する。

【 0 0 4 5 】

このように、本実施形態に係る構成によれば、インゴット高さの測定が、インゴット 2 に対するダメージ（すなわち例えばインゴット頂面 2 1 における傷の発生）を抑制しつつ、比較的高速で且つ精度よく行われる。すなわち、光学的手法や超音波測距手法よりも、インゴット高さを精度よく測定することが可能となる。また、接触子 3 6 1 の下降速度を遅くしなくても、測定時のインゴット 2 に対するダメージが良好に抑制され得る。したがって、本実施形態によれば、いわゆるレーザスライスによりインゴット 2 からウェハ 1 を得るウェハ製造技術において、従来よりも生産性を向上することが可能となる。

【 0 0 4 6 】

インゴット頂面 2 1 の面内方向における異なる位置にてインゴット高さの測定が測定されることでインゴット高さの測定が完了すると、制御部 3 7 は、チャック移動機構 3 2 における第二スライドモータ 3 2 4 の動作を制御して、チャックテーブル 3 2 0 の Y 軸方向における位置を、加工領域内に設定する。加工領域においては、チャック 3 1 に固定されたインゴット 2 が集光器 3 5 6 の直下に位置する。すると、制御部 3 7 は、インゴット高さの測定結果に基づいて集光点 B P のインゴット頂面 2 1 からの深さを制御しつつレーザビーム B をインゴット頂面 2 1 に照射することで、剥離層 2 3 を形成する。図 1 には、インゴット 2 に対するレーザビーム B の照射および走査の様子が示されている。なお、かかる図示は、集光器 3 5 6 や照射位置 P R のインゴット 2 に対する相対移動の様子を示しているため、集光器 3 5 6 や照射位置 P R が X Y 方向に移動しているように見えるが、実際は、レーザ加工装置 3 0 において、集光器 3 5 6 すなわち照射位置 P R は X Y 方向について不動である一方、インゴット 2 がチャック移動機構 3 2 により X Y 方向に移動する。図 1 に示されているように、集光器 3 5 6 がインゴット 2 に対して X 軸と平行な第一方向に相対移動する往路走査 S c 1 と、集光器 3 5 6 がインゴット 2 に対して X 軸と平行で且つ第一方向とは反対の第二方向に相対移動する復路走査 S c 2 とが、交互に繰り返される。往路走査 S c 1 と復路走査 S c 2 との間に、チャックテーブル 3 2 0 が Y 軸方向に所定の少量送られるインデックス送りが行われる。レーザビーム B の照射は、インゴット頂面 2 1 の領域内にて、往路走査 S c 1 と復路走査 S c 2 とのうちの少なくともいずれか一方の間に、断続的に行われる。すなわち、往路走査 S c 1 および / または復路走査 S c 2 の間に、複数回のレーザビーム B の照射が実行される。なお、1 回の往路走査 S c 1 または復路走査 S c 2 の間のレーザビーム B の走査を、以下「レーザ走査」と称する。

【 0 0 4 7 】

ここで、加工の高速化（例えば 5 0 0 m m / s 、 0 . 5 G 加減速等）を図る際には、高さ方向の振動が問題となる。この点、チャックテーブル 3 2 0 側に上下段取り（すなわち Z 軸方向の位置調整）機構を設けると、かかる振動を助長してしまうおそれがある。そこで、本実施形態においては、チャックテーブル 3 2 0 側ではなく、レーザビーム B の照射側、すなわち、集光器 3 5 6 側に、上下段取り機構を設けている。かかる上下段取り機構においては、通常、5 0 m m 程度の上下段取りストロークが必要となる。また、近年は、光学系 3 5 1 のサイズ増大により、上下段取り機構におけるイナーシャが増大している。このため、従来技術においては、上下段取り機構における大きなストロークと大きなイナーシャとに起因して、集光点 B P のインゴット頂面 2 1 からの深さを精密に（例えばサブミクロンレベルで）制御することや、焦点位置をリアルタイムに制御することが困難であった。これにより、ウェハ平坦化工程における研磨や研削の加工代が増大し、ウェハ製造

10

20

30

40

50

における材料歩留まりの悪化につながっていた。特に、インゴット2の面内方向における中心部の1点のみの測定値、あるいは、複数点の検出値の平均値を用いる特許文献1に記載の方法においては、インゴット2の平行度やステージの真直度の影響を打ち消すことができなかった。

【0048】

そこで、本実施形態に係る構成は、大ストローク且つ高イナーシャの粗動機構であるステージ移動機構354により粗い上下段取りを行うとともに、小ストローク且つ低イナーシャの微動機構である集光器移動機構357により精密な上下段取りを行う。ここで、集光器移動機構357として、例えば、いわゆるピエゾステージを用いることで、10nmレベルの分解能での上下段取りを高速で行うことが可能となる。また、インゴット頂面21の面内方向における複数個所にて測定したインゴット高さの、平均値ではなく、各々の箇所における測定値を、集光器移動機構357による精密且つ高速な上下段取りに反映させることで、レーザビームBの照射毎に集光点BPのインゴット頂面21からの深さをリアルタイムで精密に制御することが可能となる。これにより、ウェハ平坦化工程における研磨や研削の加工代が良好に低減され得る。したがって、本実施形態によれば、いわゆるレーザスライスによりインゴット2からウェハ1を得るウェハ製造技術において、従来よりも生産性を向上することが可能となる。

【0049】

上記の通り、集光器356の位置がXY方向について固定されているため、インゴット2を集光器356に対してXY方向に相対移動させるためのチャック移動機構32には、少なくともインゴット2の外径以上のストロークが必要である。測定装置36についても同様である。このため、実際には、少なくともインゴット2の外径の2倍程度あるいはそれ以上のストロークが必要となる。よって、チャック移動機構32における真直誤差が問題となる。すなわち、チャック移動機構32における真直誤差の影響で、剥離層23に傾きが生じたり、集光点BPのインゴット頂面21からの深さに誤差が生じたりすると、ウェハ平坦化工程における研磨や研削の加工代が増大し、ウェハ製造における材料歩留まりの悪化につながる。チャック移動機構32における真直誤差は、チャック面311の平面度に反映される。さらに、チャック面311の平面度についても、チャック31の製造時の寸法誤差の影響を受ける。

【0050】

そこで、本実施形態に係る構成においては、チャック面311の高さであるチャック面高さを予め測定し、かかるチャック面高さの測定値を集光器移動機構357による集光器356のZ軸方向位置制御に反映させる。すなわち、制御部37は、予め測定されたチャック面高さに基づいて、レーザビームBの照射毎に集光器移動機構357を制御する。これにより、ウェハ平坦化工程における研磨や研削の加工代が良好に低減され、以て従来よりも生産性がよりいっそう向上する。なお、かかるチャック面高さは、例えば、集光器356とともに集光器移動機構357に固定された不図示の高さ測定装置によって測定され得る。あるいは、かかるチャック面高さは、例えば、Y軸スライドラール322aの真直度の影響を或る程度無視して良い程度に、測定領域と加工領域との間のY軸方向における距離が充分小さければ、測定装置36を用いて測定され得る。

【0051】

精密な測定結果に基づいて、粗動機構であるステージ移動機構354における目標値は決まるものの、位置決め指令によって偏差が完全に0になるとは限らない。そこで、本実施形態に係る構成においては、制御部37は、ステージ移動機構354の位置決め誤差に応じて、集光器移動機構357を制御する。すなわち、制御部37は、粗動機構であるステージ移動機構354の位置決め誤差に対して、微動機構である集光器移動機構357に補正をかける。具体的には、例えば、制御部37は、ステージ位置スケール355の出力を参照しつつ、サーボモータである粗動モータ354aの駆動を制御する。そして、制御部37は、溜まりパルス分の誤差を、集光器移動機構357に補正值として返す。これにより、集光点BPのインゴット頂面21からの深さを精度よく制御することが可能となり

10

20

30

40

50

、従来よりも生産性がさらに向上する。

【0052】

(変形例)

本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。故に、上記実施形態に対しては、適宜変更が可能である。以下、代表的な変形例について説明する。以下の変形例の説明においては、上記実施形態との相違点を主として説明する。また、上記実施形態と変形例とにおいて、互いに同一または均等である部分には、同一符号が付されている。したがって、以下の変形例の説明において、上記実施形態と同一の符号を有する構成要素に関しては、技術的矛盾または特段の追加説明なき限り、上記実施形態における説明が適宜援用され得る。

10

【0053】

本発明は、上記実施形態にて示された具体的な構成に限定されない。例えば、Z軸正方向は、鉛直上方ではなくてもよい。すなわち、Z軸正方向は、重力作用方向の反対方向である鉛直上方に対して交差する方向であってもよい。

【0054】

第一スライド機構321は、チャックテーブル320をXY2方向に移動可能に構成されていてもよい。すなわち、チャックテーブル320を比較的長距離にわたってY軸方向に移動可能な粗動機構としての第二スライド機構322とは異なり、インゴット2の外径程度の比較的短距離の可動範囲を有する第一スライド機構321に、Y軸方向における微動機構としての機能を付与してもよい。これにより、測定装置36における測定中、および、レーザ照射装置35による加工中の、チャックテーブル320すなわちインゴット2のY軸方向における送り量が、よりいっそう精密に制御され得る。

20

【0055】

第一スライドモータ323、第二スライドモータ324、粗動モータ354a、等の各種モータの種類にも、特段の限定はない。すなわち、例えば、リニアモータが用いられ得る。

【0056】

接触子361は、接触子支持部362aと同一材料により継ぎ目なく一体に形成されていてもよい。すなわち、接触子361は、接触子支持部362aに形成された突起部であってもよい。

30

【0057】

当接突起部365dは、側方突設部365cと同一材料により継ぎ目なく一体に形成されていてもよい。すなわち、当接突起部365dは、側方突設部365cに形成された突起部であってもよい。あるいは、当接突起部365dは、省略され得る。すなわち、接触子持上部365bは、側方突設部365cのみにより構成されていてもよい。

【0058】

持上部昇降機構366は、ボールネジ構造に限定されず、流体圧シリンダ等であってもよい。

【0059】

緩衝部369は、カウンターバランスシリンダに限定されず、例えば、バネやエラストマーゴム(例えばシリコンゴム)等を用いた構成であってもよい。

40

【0060】

レーザ加工中の温度上昇に伴う熱伸びに起因して、集光点BPのインゴット頂面21からの深さに変動が生じることがあり得る。そこで、図5および図6に示されているように、チャック31側に基準ブロック381を設け、かかる基準ブロック381の頂面である基準面381aと集光器移動機構357との間の距離を測長センサ382により随時測定することで、熱伸びに対する補正機能を実現することが可能である。基準ブロック381は、例えば、熱膨張係数の小さな材質(例えば石定盤を構成する石材等)によって形成され得る。基準ブロック381は、チャック面311またはチャックテーブル320の上面に接着等により取付けられることで、チャックテーブル320により固定的に支持されて

50

いる。測長センサ 382 は、基準ブロック 381 すなわち基準面 381 a の高さである基準ブロック高さを測定するように、周知の接触式あるいは非接触式の構成を有して、集光器 356 とともに集光器移動機構 357 に固定されている。

【0061】

かかる構成においては、測長センサ 382 は、1 枚のウェハ 1 を得るための一連のレーザ加工に際し、基準ブロック高さを複数回測定する。そして、制御部 37 は、測定した基準ブロック高さに応じて、集光器移動機構 357 を適時制御する。具体的には、例えば、制御部 37 は、チャックテーブル 320 が測定領域から加工領域に移動してからレーザ加工を開始する前に、図 6 に示されているように基準面 381 a が測長センサ 382 の直下に位置する測長位置までチャックテーブル 320 を移動して、基準ブロック高さを測定する。そして、制御部 37 は、所定回数あるいは所定時間のレーザ加工を実行した後、チャックテーブル 320 を測長位置まで移動して、基準ブロック高さを再測定し、加工前に測定した基準ブロック高さを基準値として、基準値との変化分を熱伸び量として集光器移動機構 357 の補正に反映する。再測定は、所定回数のレーザ走査、あるいは、所定時間毎に行われ得る。

10

【0062】

1 回のレーザ走査中にてインゴット頂面 21 の面内方向における異なる位置にそれぞれレーザビーム B を照射可能に、レーザ加工装置 30 を構成することで、サイクルタイムが良好に短縮され、生産性がよりいっそう向上する。そこで、レーザ加工装置 30 は、光学系 351 を複数備えていて、複数の光学系 351 の各々を通過したレーザビーム B をインゴット頂面 21 の面内方向における互いに異なる位置に照射するように構成されていてもよい。具体的には、例えば、共通の発信器 34 から出射されたレーザビーム B がビームスプリッタにより 2 つに分岐され、それぞれが 2 つの光学系 351 の各々を通過して、2 つの集光器 356 の各々からインゴット頂面 21 に照射され得る。なお、この場合の集光器 356 は、上記のように光学系 351 と同数設けられていてもよいし、複数の光学系 351 が同一すなわち共通の集光器 356 にレーザビーム B を導入するように構成されていてもよい。あるいは、例えば、特開 2016 - 225536 号公報に記載されているように、集光器 356 の内部に設けられた回折光学素子によってレーザビーム B が複数に分岐されてもよい。

20

【0063】

上記の説明において、互いに継ぎ目無く一体に形成されていた複数の構成要素は、互いに別体の部材を貼り合わせることによって形成されてもよい。同様に、互いに別体の部材を貼り合わせることによって形成されていた複数の構成要素は、互いに継ぎ目無く一体に形成されてもよい。また、上記の説明において、互いに同一の材料によって形成されていた複数の構成要素は、互いに異なる材料によって形成されてもよい。同様に、互いに異なる材料によって形成されていた複数の構成要素は、互いに同一の材料によって形成されてもよい。

30

【0064】

上記実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。また、構成要素の個数、量、範囲等の数値が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに特定の数値に限定される場合等を除き、その特定の数値に本発明が限定されることはない。同様に、構成要素等の形状、方向、位置関係等が言及されている場合、特に必須であると明示した場合および原理的に特定の形状、方向、位置関係等に限定される場合等を除き、その形状、方向、位置関係等に本発明が限定されることはない。

40

【0065】

変形例も、上記の例示に限定されない。また、複数の変形例が、技術的に矛盾しない限り、互いに組み合わせられ得る。

【符号の説明】

50

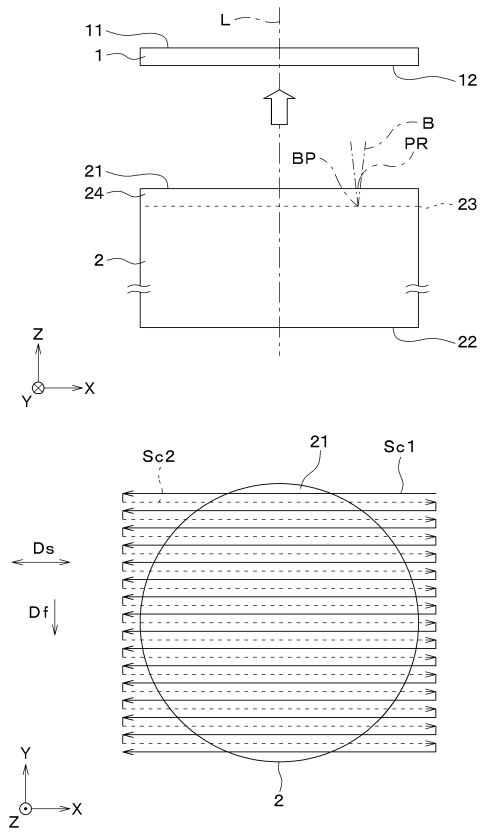
【 0 0 6 6 】

- 2 インゴット
- 3 6 測定装置
- 3 6 1 接触子
- 3 6 1 a 先端部
- 3 6 1 b 基端部
- 3 6 2 a 接触子支持部
- 3 6 3 接触子可動ステージ（接触子案内部）
- 3 6 4 位置検出部
- 3 6 5 b 接触子持上部
- 3 6 8 持上部駆動装置

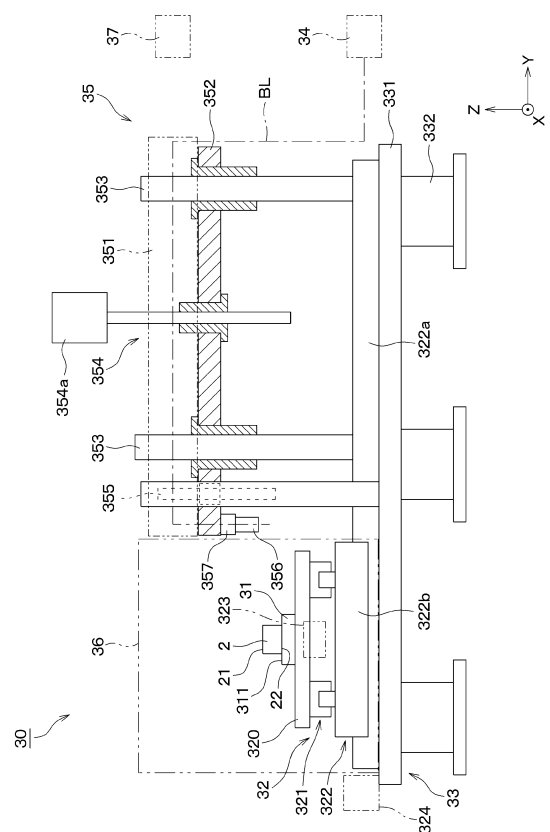
10

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



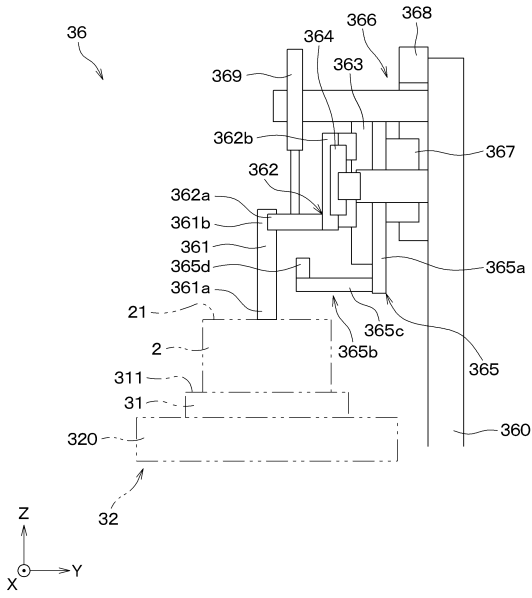
20

30

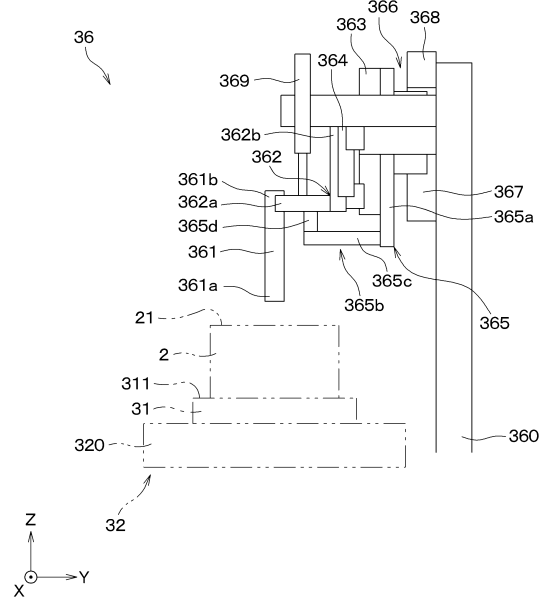
40

50

【 図 3 】

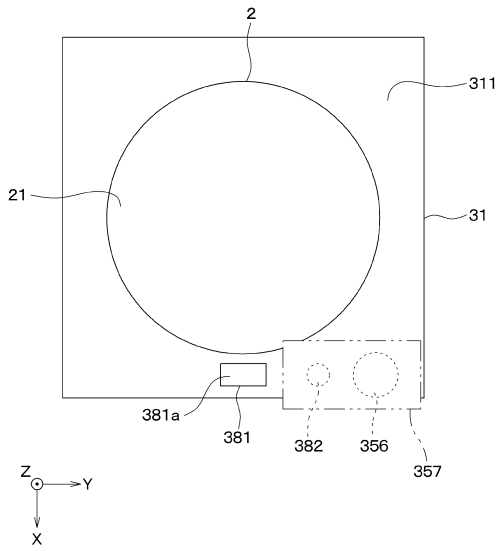


【 図 4 】

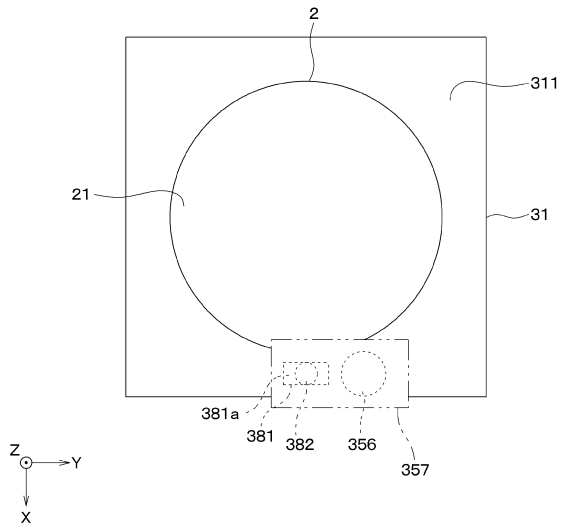


10

【 図 5 】



【 図 6 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2018 - 119824 (JP, A)
特開 2018 - 118296 (JP, A)
特開 2016 - 161514 (JP, A)
特開 2014 - 015352 (JP, A)
特開 2021 - 171803 (JP, A)
米国特許出願公開第 2010 / 0081362 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G 0 1 B 5 / 0 0 - 5 / 3 0
B 2 3 K 2 6 / 0 0 - 2 6 / 7 0