

(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2014-200822

(P2014-200822A)

(43) 公開日 平成26年10月27日(2014.10.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/046 (2014.01)	B 2 3 K 26/04	C 2 F 0 6 5
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00	M 4 E 0 6 8
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 B 11/00	B

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-79640 (P2013-79640)
 (22) 出願日 平成25年4月5日 (2013.4.5)

(71) 出願人 000134051
 株式会社ディスコ
 東京都大田区大森北二丁目13番11号
 (74) 代理人 100075177
 弁理士 小野 尚純
 (74) 代理人 100113217
 弁理士 奥貫 佐知子
 (72) 発明者 沢辺 大樹
 東京都大田区大森北二丁目13番11号
 株式会社ディスコ内
 (72) 発明者 尾上 わか奈
 東京都大田区大森北二丁目13番11号
 株式会社ディスコ内

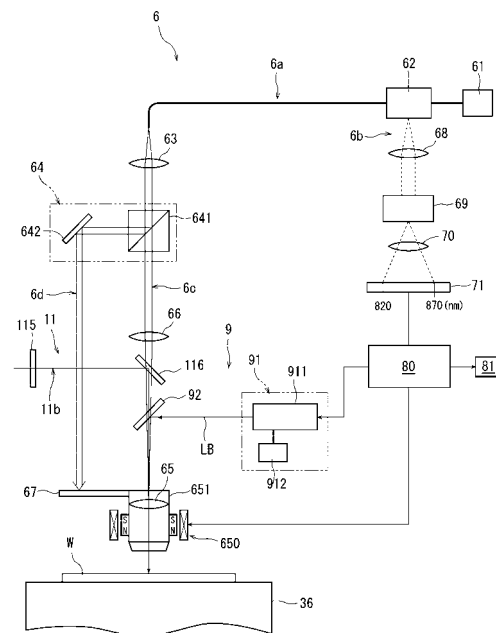
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー加工装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】被加工物上面高さを迅速かつ正確に計測する高さ位置検出機能を備えたレーザー加工装置の提供。

【解決手段】チャックテーブル36に保持された被加工物Wにレーザー照射する対物集光レンズ65を備えたレーザー光線照射手段9と、反射光と基準光との干渉により被加工物上面高さ検出する干渉式高さ位置検出手段6と、対物集光レンズを垂直方向に移動せしめる集光点位置調整手段650と、干渉式高さ位置検出手段で検出された被加工物上面高さ位置に基づき集光点位置調整手段を制御する制御手段80とを具備するレーザー加工装置であって、被加工物上面高さ位置検出する共焦点光学式高さ位置検出手段11を備え、制御手段は共焦点光学式高さ位置検出手段による上面高さ位置と干渉式高さ位置検出手段による上面高さ位置との差を補正值として設定し、干渉式高さ位置検出手段で検出された被加工物上面高さ位置を補正值により集光点位置調整手段を制御する。



【選択図】 図2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被加工物を保持する保持面を有するチャックテーブルと、該チャックテーブルに保持された被加工物にレーザー光線を集光して照射する対物集光レンズを備えたレーザー光線照射手段と、該チャックテーブルに保持された被加工物の上面から反射する光と基準光との干渉によって被加工物の上面高さ位置を検出する干渉式高さ位置検出手段と、該対物集光レンズを該チャックテーブルの保持面に対して垂直な方向に移動せしめる集光点位置調整手段と、該干渉式高さ位置検出手段によって検出された被加工物の上面高さ位置に基づいて該集光点位置調整手段を制御する制御手段と、を具備するレーザー加工装置において、

該チャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置を検出する共焦点光学式高さ位置検出手段を備え、

該制御手段は、該共焦点光学式高さ位置検出手段によって検出された該チャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置と該干渉式高さ位置検出手段によって検出された該チャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置との差を補正值として設定し、該干渉式高さ位置検出手段によって検出された被加工物の上面高さ位置を該補正值によって補正した高さ位置に基いて該集光点位置調整手段を制御する、ことを特徴とするレーザー加工装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、被加工物を保持するチャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置を検出する機能を備えたレーザー加工装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

半導体デバイス製造工程においては、略円板形状である半導体ウエーハの表面に格子状に配列されたストリートと呼ばれる分割予定ラインによって複数の領域が区画され、この区画された領域にIC、LSI等のデバイスを形成する。そして、半導体ウエーハをストリートに沿って切断することによりデバイスが形成された領域を分割して個々の半導体デバイスを製造している。また、略円板形状であるサファイア基板、炭化珪素基板、窒化ガリウム基板等の表面にn型半導体層およびp型半導体層からなる発光層が積層され格子状に形成された複数のストリートによって区画された複数の領域に発光ダイオード、レーザーダイオード等の光デバイスを形成して光デバイスウエーハを構成する。そして、光デバイスウエーハをストリートに沿って分割することにより個々の光デバイスを製造している。

【0003】

上述した半導体ウエーハや光デバイスウエーハ等のストリートに沿って分割する方法として、ウエーハに対して透過性を有するパルスレーザー光線を用い、分割すべき領域の内部に集光点を合わせてパルスレーザー光線を照射するレーザー加工方法が試みられている。このレーザー加工方法を用いた分割方法は、ウエーハの一方の面側から内部に集光点を合わせてウエーハに対して透過性を有する波長のパルスレーザー光線を照射し、ウエーハの内部にストリートに沿って改質層を連続的に形成し、この改質層が形成されることによって強度が低下したストリートに沿って外力を加えることにより、被加工物を分割するものである。(例えば、特許文献1参照。)このように被加工物に形成されたストリートに沿って内部に改質層を形成する場合、被加工物の上面から所定の深さ位置にレーザー光線の集光点を位置付けることが重要である。

【0004】

しかるに、半導体ウエーハ等の板状の被加工物にはウネリがあり、その厚さにバラツキがあるため、均一なレーザー加工を施すことが難しい。即ち、ウエーハの内部にストリートに沿って改質層を形成する場合、ウエーハの厚さにバラツキがあるとレーザー光線を照射する際に屈折率の関係で所定の深さ位置に均一に改質層を形成することができない。

【0005】

10

20

30

40

50

上述した問題を解消するために、被加工物を保持するチャックテーブルに保持されたウエーハの上面から反射する光と基準光との干渉によってウエーハの上面位置を検出する干渉式高さ位置検出装置が下記特許文献2および特許文献3に開示されている。

【0006】

また、被加工物を保持するチャックテーブルに保持されたウエーハの上面高さ位置を検出するための検出装置として、共焦点光学式高さ位置検出装置が下記特許文献4に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第3408805号公報

【特許文献2】特開2011-122894号公報

【特許文献3】特開2012-2604号公報

【特許文献4】特開2009-63446号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述した干渉式高さ位置検出装置は測定範囲が大きく検出速度が速いという特徴があり、一方共焦点光学式高さ位置検出装置は検出速度は高さ位置検出装置より遅いが被加工物の高さ位置を正確に計測することができるという利点がある。

被加工物を保持するチャックテーブルに保持されたウエーハの上面高さ位置を検出し、ウエーハの上面高さ位置に対応してレーザー光線の集光点位置を制御しつつレーザー加工を施すレーザー加工装置においては、測定範囲が大きく検出速度が速い干渉式高さ位置検出装置を装備することが望ましいが、サファイア基板の表面に発光層が積層されサファイア基板の裏面に輝度を向上させるDBR膜と呼ばれる反射膜が形成されている光デバイスウエーハにおいては、レーザー光線を照射すべきチャックテーブルに保持されたウエーハの上面位置から反射する光と基準光との干渉に乱れが生じて適正なウエーハの上面位置を計測することができない場合があるという問題がある。

【0009】

本発明は上記事実に鑑みてなされたものであり、その主たる技術的課題は、チャックテーブルに保持された半導体ウエーハ等の被加工物の上面高さを迅速かつ正確に計測することができる高さ位置検出機能を備えたレーザー加工装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記主たる技術的課題を解決するため、本発明によれば、被加工物を保持する保持面を有するチャックテーブルと、該チャックテーブルに保持された被加工物にレーザー光線を集光して照射する対物集光レンズを備えたレーザー光線照射手段と、該チャックテーブルに保持された被加工物の上面から反射する光と基準光との干渉によって被加工物の上面高さ位置を検出する干渉式高さ位置検出手段と、該対物集光レンズを該チャックテーブルの保持面に対して垂直な方向に移動せしめる集光点位置調整手段と、該干渉式高さ位置検出手段によって検出された被加工物の上面高さ位置に基づいて該集光点位置調整手段を制御する制御手段と、を具備するレーザー加工装置において、

該チャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置を検出する共焦点光学式高さ位置検出手段を備え、

該制御手段は、該共焦点光学式高さ位置検出手段によって検出された該チャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置と該干渉式高さ位置検出手段によって検出された該チャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置との差を補正值として設定し、該干渉式高さ位置検出手段によって検出された被加工物の上面高さ位置を該補正值によって補正した高さ位置に基づいて該集光点位置調整手段を制御する、ことを特徴とするレーザー加工装置が提供される。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0011】

本発明によるレーザー加工装置においては、共焦点光学式高さ位置検出手段によって検出されたチャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置と干渉式高さ位置検出手段によって検出されたチャックテーブルに保持された被加工物の上面高さ位置との差を補正值として設定し、干渉式高さ位置検出手段によって検出された被加工物の上面高さ位置を補正值によって補正した高さ位置に基いて集光点位置調整手段を制御するので、干渉式高さ位置検出手段による高さ位置の計測において被加工物の上面から反射する光と基準光との干渉に乱れが生じても高さ位置の計測が正確な共焦点光学式高さ位置検出手段の計測値によって補正するので、被加工物の適正な上面高さ位置を計測することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に従って構成されたレーザー加工装置の斜視図。

【図2】図1に示すレーザー加工装置に装備される位置検出兼レーザー照射ユニットを構成する位置検出装置およびレーザー光線照射手段のブロック構成図。

【図3】図1に示すレーザー加工装置に装備される共焦点光学式高さ位置検出手段の一例を示すブロック構成図。

【図4】図3に示す共焦点光学式高さ位置検出手段を構成する環状スポット形成手段によって円形スポット形状のレーザー光線を環状スポット形状に形成する状態を示す説明図およびチャックテーブルに保持された被加工物にレーザー光線を照射する状態を示す説明図。

20

【図5】図3に示す共焦点光学式高さ位置検出手段を構成する第1のビームスプリッターによって分岐された反射光の一部がピンホールマスクによって遮断されるとともに他の一部が通過する状態を示す説明図。

【図6】図3に示す共焦点光学式高さ位置検出手段によってチャックテーブルに保持された厚みが異なる被加工物にレーザー光線を照射する状態を示す説明図。

【図7】図3に示す共焦点光学式高さ位置検出手段を構成する第1の受光素子から出力される電圧値(V1)と第2の受光素子から出力される電圧値(V2)との比と、集光器から被加工物の上面までの距離との関係を示す制御マップ。

【図8】被加工物としての光デバイスウエーハの斜視図および要部拡大断面図。

30

【図9】図8に示す半導体ウエーハが図1に示すレーザー加工装置のチャックテーブルの所定位置に保持された状態における座標位置との関係を示す説明図。

【図10】図1に示すレーザー加工装置に装備された干渉式高さ位置検出手段および共焦点光学式高さ位置検出手段によって実施される高さ位置検出の説明図。

【図11】図1に示すレーザー加工装置に装備された干渉式高さ位置検出手段によって実施される高さ位置検出工程の説明図。

【図12】図1に示すレーザー加工装置によって実施する改質層形成工程の説明図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明に従って構成されたレーザー加工装置の好適な実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。

40

【0014】

図1には、本発明に従って構成されたレーザー加工装置の斜視図が示されている。図1に示すレーザー加工装置1は、静止基台2と、該静止基台2に矢印Xで示す加工送り方向(X軸方向)に移動可能に配設され被加工物を保持するチャックテーブル機構3と、静止基台2に上記X軸方向と直交する矢印Yで示す割り出し送り方向(Y軸方向)に移動可能に配設されたレーザー光線照射ユニット支持機構4と、該レーザー光線照射ユニット支持機構4に矢印Zで示す集光点位置調整方向(Z軸方向)に移動可能に配設された位置検出兼レーザー照射ユニット5とを具備している。

【0015】

50

上記チャックテーブル機構 3 は、静止基台 2 上に X 軸方向に沿って平行に配設された一対の案内レール 3 1、3 1 と、該案内レール 3 1、3 1 上に X 軸方向に移動可能に配設された第 1 の滑動ブロック 3 2 と、該第 1 の滑動ブロック 3 2 上に Y 軸方向に移動可能に配設された第 2 の滑動ブロック 3 3 と、該第 2 の滑動ブロック 3 3 上に円筒部材 3 4 によって支持された支持テーブル 3 5 と、被加工物保持手段としてのチャックテーブル 3 6 を具備している。このチャックテーブル 3 6 は多孔性材料から形成された吸着チャック 3 6 1 を具備しており、吸着チャック 3 6 1 の上面である保持面上に被加工物である例えば円形形状の半導体ウエーハを図示しない吸引手段によって保持するようになっている。このように構成されたチャックテーブル 3 6 は、円筒部材 3 4 内に配設された図示しないパルスモータによって回転せしめられる。なお、チャックテーブル 3 6 には、半導体ウエーハ等の被加工物を保護テープを介して支持する環状のフレームを固定するためのクランプ 3 6 2 が配設されている。

10

【0016】

上記第 1 の滑動ブロック 3 2 は、その下面に上記一対の案内レール 3 1、3 1 と嵌合する一対の被案内溝 3 2 1、3 2 1 が設けられているとともに、その上面に X 軸方向に沿って平行に形成された一対の案内レール 3 2 2、3 2 2 が設けられている。このように構成された第 1 の滑動ブロック 3 2 は、被案内溝 3 2 1、3 2 1 が一対の案内レール 3 1、3 1 に嵌合することにより、一対の案内レール 3 1、3 1 に沿って X 軸方向に移動可能に構成される。図示の実施形態におけるチャックテーブル機構 3 は、第 1 の滑動ブロック 3 2 を一対の案内レール 3 1、3 1 に沿って X 軸方向に移動させるための加工送り手段 3 7 を具備している。加工送り手段 3 7 は、上記一対の案内レール 3 1 と 3 1 の間に平行に配設された雄ネジロッド 3 7 1 と、該雄ネジロッド 3 7 1 を回転駆動するためのパルスモータ 3 7 2 等の駆動源を含んでいる。雄ネジロッド 3 7 1 は、その一端が上記静止基台 2 に固定された軸受ブロック 3 7 3 に回転自在に支持されており、その他端が上記パルスモータ 3 7 2 の出力軸に伝動連結されている。なお、雄ネジロッド 3 7 1 は、第 1 の滑動ブロック 3 2 の中央部下面に突出して設けられた図示しない雌ネジブロックに形成された貫通雌ネジ穴に螺合されている。従って、パルスモータ 3 7 2 によって雄ネジロッド 3 7 1 を正転および逆転駆動することにより、第 1 の滑動ブロック 3 2 は案内レール 3 1、3 1 に沿って X 軸方向に移動せしめられる。

20

【0017】

図示の実施形態におけるレーザー加工装置 1 は、上記チャックテーブル 3 6 の加工送り量を検出するための加工送り量検出手段 3 7 4 を備えている。加工送り量検出手段 3 7 4 は、案内レール 3 1 に沿って配設されたりニアスケール 3 7 4 a と、第 1 の滑動ブロック 3 2 に配設され第 1 の滑動ブロック 3 2 とともにリニアスケール 3 7 4 a に沿って移動する読み取りヘッド 3 7 4 b とからなっている。この送り量検出手段 3 7 4 の読み取りヘッド 3 7 4 b は、図示の実施形態においては 1 μ m 毎に 1 パルスのパルス信号を後述する制御手段に送る。そして後述する制御手段は、入力したパルス信号をカウントすることにより、チャックテーブル 3 6 の加工送り量を検出する。なお、上記加工送り手段 3 7 の駆動源としてパルスモータ 3 7 2 を用いた場合には、パルスモータ 3 7 2 に駆動信号を出力する後述する制御手段の駆動パルスのカウントすることにより、チャックテーブル 3 6 の加工送り量を検出することもできる。また、上記加工送り手段 3 7 の駆動源としてサーボモータを用いた場合には、サーボモータの回転数を検出するロータリーエンコーダが出力するパルス信号を後述する制御手段に送り、制御手段が入力したパルス信号をカウントすることにより、チャックテーブル 3 6 の加工送り量を検出することもできる。

30

40

【0018】

上記第 2 の滑動ブロック 3 3 は、その下面に上記第 1 の滑動ブロック 3 2 の上面に設けられた一対の案内レール 3 2 2、3 2 2 と嵌合する一対の被案内溝 3 3 1、3 3 1 が設けられており、この被案内溝 3 3 1、3 3 1 を一対の案内レール 3 2 2、3 2 2 に嵌合することにより、Y 軸方向に移動可能に構成される。図示の実施形態におけるチャックテーブル機構 3 は、第 2 の滑動ブロック 3 3 を第 1 の滑動ブロック 3 2 に設けられた一対の案内

50

レール 3 2 2、3 2 2 に沿って Y 軸方向に移動させるための第 1 の割り出し送り手段 3 8 を具備している。第 1 の割り出し送り手段 3 8 は、上記一对の案内レール 3 2 2 と 3 2 2 の間に平行に配設された雄ネジロッド 3 8 1 と、該雄ネジロッド 3 8 1 を回転駆動するためのパルスモータ 3 8 2 等の駆動源を含んでいる。雄ネジロッド 3 8 1 は、その一端が上記第 1 の滑動ブロック 3 2 の上面に固定された軸受ブロック 3 8 3 に回転自在に支持されており、その他端が上記パルスモータ 3 8 2 の出力軸に伝動連結されている。なお、雄ネジロッド 3 8 1 は、第 2 の滑動ブロック 3 3 の中央部下面に突出して設けられた図示しない雌ネジブロックに形成された貫通雌ネジ穴に螺合されている。従って、パルスモータ 3 8 2 によって雄ネジロッド 3 8 1 を正転および逆転駆動することにより、第 2 の滑動ブロック 3 3 は案内レール 3 2 2、3 2 2 に沿って Y 軸方向に移動せしめられる。

10

【 0 0 1 9 】

図示の実施形態におけるレーザー加工装置 1 は、上記第 2 の滑動ブロック 3 3 の割り出し送り量を検出するための割り出し送り量検出手段 3 8 4 を備えている。割り出し送り量検出手段 3 8 4 は、案内レール 3 2 2 に沿って配設されたりニアスケール 3 8 4 a と、第 2 の滑動ブロック 3 3 に配設され第 2 の滑動ブロック 3 3 とともにリニアスケール 3 8 4 a に沿って移動する読み取りヘッド 3 8 4 b とからなっている。この割り出し送り量検出手段 3 8 4 の読み取りヘッド 3 8 4 b は、図示に実施形態においては 1 μm 毎に 1 パルスのパルス信号を後述する制御手段に送る。そして後述する制御手段は、入力したパルス信号をカウントすることにより、チャックテーブル 3 6 の割り出し送り量を検出する。なお、上記第 1 の割り出し送り手段 3 8 の駆動源としてパルスモータ 3 8 2 を用いた場合には、パルスモータ 3 8 2 に駆動信号を出力する後述する制御手段の駆動パルスのカウントすることにより、チャックテーブル 3 6 の割り出し送り量を検出することもできる。また、上記加工送り手段 3 7 の駆動源としてサーボモータを用いた場合には、サーボモータの回転数を検出するロータリーエンコーダが出力するパルス信号を後述する制御手段に送り、制御手段が入力したパルス信号をカウントすることにより、チャックテーブル 3 6 の割り出し送り量を検出することもできる。

20

【 0 0 2 0 】

上記レーザー光線照射ユニット支持機構 4 は、静止基台 2 上に Y 軸方向に沿って平行に配設された一对の案内レール 4 1、4 1 と、該案内レール 4 1、4 1 上に矢印 Y で示す方向に移動可能に配設された可動支持基台 4 2 を具備している。この可動支持基台 4 2 は、案内レール 4 1、4 1 上に移動可能に配設された移動支持部 4 2 1 と、該移動支持部 4 2 1 に取り付けられた装着部 4 2 2 とからなっている。装着部 4 2 2 は、一側面に Z 軸方向に延びる一对の案内レール 4 2 3、4 2 3 が平行に設けられている。図示の実施形態におけるレーザー光線照射ユニット支持機構 4 は、可動支持基台 4 2 を一对の案内レール 4 1、4 1 に沿って Y 軸方向に移動させるための第 2 の割り出し送り手段 4 3 を具備している。第 2 の割り出し送り手段 4 3 は、上記一对の案内レール 4 1、4 1 の間に平行に配設された雄ネジロッド 4 3 1 と、該雄ネジロッド 4 3 1 を回転駆動するためのパルスモータ 4 3 2 等の駆動源を含んでいる。雄ネジロッド 4 3 1 は、その一端が上記静止基台 2 に固定された図示しない軸受ブロックに回転自在に支持されており、その他端が上記パルスモータ 4 3 2 の出力軸に伝動連結されている。なお、雄ネジロッド 4 3 1 は、可動支持基台 4 2 を構成する移動支持部 4 2 1 の中央部下面に突出して設けられた図示しない雌ネジブロックに形成された雌ネジ穴に螺合されている。このため、パルスモータ 4 3 2 によって雄ネジロッド 4 3 1 を正転および逆転駆動することにより、可動支持基台 4 2 は案内レール 4 1、4 1 に沿って Y 軸方向に移動せしめられる。

30

40

【 0 0 2 1 】

図示の実施形態における位置検出兼レーザー照射ユニット 5 は、ユニットホルダ 5 1 と、該ユニットホルダ 5 1 に取り付けられた円筒形状のユニットハウジング 5 2 を具備しており、ユニットホルダ 5 1 が上記可動支持基台 4 2 の装着部 4 2 2 に一对の案内レール 4 2 3、4 2 3 に沿って移動可能に配設されている。ユニットホルダ 5 1 に取り付けられたユニットハウジング 5 2 には、上記チャックテーブル 3 6 に保持された被加工物の高さ位

50

置を検出する干渉式高さ位置検出手段およびチャックテーブル36に保持された被加工物にレーザー光線を照射するレーザー光線照射手段が配設されている。この干渉式高さ位置検出手段およびレーザー光線照射手段について、図2を参照して説明する。

【0022】

図示の実施形態における干渉式高さ位置検出手段6は、所定の波長領域を有する光を発生する発光源61と、該発光源61からの光を第1の経路6aに導くとともに該第1の経路6aを逆行する反射光を第2の経路6bに導く第1の光分岐手段62と、第1の経路6aに導かれた光を平行光に形成するコリメーションレンズ63と、該コリメーションレンズ63によって平行光に形成された光を第3の経路6cと第4の経路6dに分ける第2の光分岐手段64とを具備している。

10

【0023】

発光源61は、例えば波長が820~870nm領域の光を発生するLED、SLD、LD、ハロゲン電源、ASE電源、スーパーコンティニウム電源を用いることができる。上記第1の光分岐手段62は、偏波保持ファイバーケーブル、偏波保持ファイバーサーキュレーター、シングルモードファイバーケーブル、シングルモードファイバーケーブルサーキュレーターなどを用いることができる。上記第2の光分岐手段64は、図示の実施形態においてはビームスプリッター641と、方向変換ミラー642とによって構成されている。なお、上記発光源61から第1の光分岐手段62までの経路および第1の経路6aは、光ファイバーによって構成されている。

【0024】

上記第3の経路6cには、第3の経路6cに導かれた光をチャックテーブル36に保持された被加工物Wに導く対物集光レンズ65と、該対物集光レンズ65と上記第2の光分岐手段64との間に集光レンズ66が配設されている。この集光レンズ66は、第2の光分岐手段64から第3の経路6cに導かれた平行光を集光し対物集光レンズ65内に集光点を位置付けて対物集光レンズ65からの光を擬似平行光に生成する。このように対物集光レンズ65と第2の光分岐手段64との間に集光レンズ66を配設して対物集光レンズ65からの光を擬似平行光に生成することにより、チャックテーブル36に保持された被加工物Wで反射した反射光が対物集光レンズ65と集光レンズ66と第2の光分岐手段64およびコリメーションレンズ63を介して逆行する際に第1の経路6aを構成する光ファイバーに収束させることができる。なお、対物集光レンズ65はレンズケース651に装着されており、このレンズケース651はボイスコイルモータやリニアモータ等からなる第1の集光点位置調整手段650によって図2において上下方向即ちチャックテーブル36の保持面に対して垂直な集光点位置調整方向(Z軸方向)に移動せしめられるようになっている。この第1の集光点位置調整手段650は、後述する制御手段によって制御される。

20

30

【0025】

上記第4の経路6dには、第4の経路6dに導かれた平行光を反射して第4の経路6dに反射光を逆行せしめる反射ミラー67が配設されている。この反射ミラー67は、図示の実施形態においては上記対物集光レンズ65のレンズケース651に装着されている。

【0026】

上記第2の経路6bには、コリメーションレンズ68と回折格子69と集光レンズ70およびラインイメージセンサー71が配設されている。コリメーションレンズ68は、反射ミラー67によって反射し第4の経路6dと第2の光分岐手段64とコリメーションレンズ63および第1の経路6aを逆行して第1の光分岐手段62から第2の経路6bに導かれた反射光と、チャックテーブル36に保持された被加工物Wで反射し対物集光レンズ65と集光レンズ66と第2の光分岐手段64とコリメーションレンズ63および第1の経路6aを逆行して第1の光分岐手段62から第2の経路6bに導かれた反射光を平行光に形成する。上記回折格子69は、コリメーションレンズ68によって平行光に形成された上記両反射光の干渉を回折し、各波長に対応する回折信号を集光レンズ70を介してラインイメージセンサー71に送る。上記ラインイメージセンサー71は、回折格子69によ

40

50

って回折した反射光の各波長における光強度を検出し、検出信号を制御手段 80 に送る。

【0027】

制御手段 80 は、ラインイメージセンサー 71 による検出信号から分光干渉波形を求め、該分光干渉波形と理論上の波形関数に基づいて波形解析を実行し、第 3 の経路 6c におけるチャックテーブル 36 に保持された被加工物 W までの光路長と第 4 の経路 6d における反射ミラー 67 までの光路長の光路長差を求め、該光路長差に基づいてチャックテーブル 36 の表面からチャックテーブル 36 に保持された被加工物 W の上面までの距離、即ち被加工物 W の上面高さ位置を求める。なお、分光干渉波形と理論上の波形関数に基づいて実行するフーリエ変換理論に基づく波形解析については、例えば特開 2011-122894 号公報に記載されており、詳細な説明は省略する。

10

【0028】

図 2 に基づいて説明を続けると、図 1 に示す位置検出兼レーザー照射ユニット 5 のユニットハウジング 52 に配設されたレーザー光線照射手段 9 は、パルスレーザー光線発振手段 91 と、該パルスレーザー光線発振手段 91 から発振されたパルスレーザー光線を上記対物集光レンズ 65 に向けて方向変換するダイクロイックミラー 92 を具備している。パルスレーザー光線発振手段 91 は、YAG レーザー発振器或いは YVO4 レーザー発振器からなるパルスレーザー光線発振器 911 と、これに付設された繰り返し周波数設定手段 912 とから構成されており、例えば波長が 1064 nm のパルスレーザー光線を発振する。ダイクロイックミラー 92 は、上記集光レンズ 66 と対物集光レンズ 65 との間に配設され、集光レンズ 66 からの光は通過させるが、パルスレーザー光線発振手段 91 から発振された例えば波長が 1064 nm のパルスレーザー光線を対物集光レンズ 65 に向けて方向変換する。従って、パルスレーザー光線発振手段 91 から発振されたパルスレーザー光線 (LB) は、ダイクロイックミラー 92 によって 90 度方向変換されて対物集光レンズ 65 に入光し、対物集光レンズ 65 によって集光されてチャックテーブル 36 に保持された被加工物 W に照射される。従って、対物集光レンズ 65 は、レーザー光線照射手段 9 を構成する対物集光レンズとしての機能を有する。

20

【0029】

図 1 に戻って説明を続けると、図示の実施形態におけるレーザー加工装置 1 は、ユニットホルダ 51 を可動支持基台 42 の装着部 422 に設けられた一対の案内レール 423、423 に沿って矢印 Z で示す集光点位置調整方向 (Z 軸方向) 即ちチャックテーブル 36 の保持面に対して垂直な方向に移動させるための第 2 の集光点位置調整手段 53 を具備している。第 2 の集光点位置調整手段 53 は、一対の案内レール 423、423 の間に配設された雄ネジロッド (図示せず) と、該雄ネジロッドを回転駆動するためのパルスモータ 532 等の駆動源を含んでおり、パルスモータ 532 によって図示しない雄ネジロッドを正転および逆転駆動することにより、上記位置検出兼レーザー照射ユニット 5 を案内レール 423、423 に沿って Z 軸方向に移動せしめる。なお、図示の実施形態においてはパルスモータ 532 を正転駆動することにより位置検出兼レーザー照射ユニット 5 を上方に移動し、パルスモータ 532 を逆転駆動することにより位置検出兼レーザー照射ユニット 5 を下方に移動するようになっている。

30

【0030】

図示の実施形態における位置検出兼レーザー光線照射ユニット 5 は、位置検出兼レーザー照射ユニット 5 を構成するユニットハウジング 52 の集光点位置調整方向 (Z 軸方向) 位置を検出するための Z 軸方向位置検出手段 54 を具備している。Z 軸方向位置検出手段 54 は、上記案内レール 423、423 と平行に配設されたりニアスケール 54a と、上記ユニットホルダ 51 に取り付けられユニットホルダ 51 とともにリニアスケール 54a に沿って移動する読み取りヘッド 54b とからなっている。この Z 軸方向位置検出手段 54 の読み取りヘッド 54b は、図示の実施形態においては 0.1 μm 毎に 1 パルスのパルス信号を上記制御手段 80 に送る。

40

【0031】

上記位置検出兼レーザー照射ユニット 5 を構成するユニットハウジング 52 の前端部に

50

は、撮像手段 95 が配設されている。この撮像手段 95 は、可視光線によって撮像する通常の撮像素子 (CCD) の外に、被加工物に赤外線を照射する赤外線照明手段と、該赤外線照明手段によって照射された赤外線を捕らえる光学系と、該光学系によって捕らえられた赤外線に対応した電気信号を出力する撮像素子 (赤外線 CCD) 等で構成されており、撮像した画像信号を上記制御手段 80 に送る。

【0032】

図 2 を参照して説明を続けると、図示の実施形態におけるレーザー加工装置は、チャックテーブル 36 に保持された被加工物の上面高さ位置を検出する共焦点光学式高さ位置検出手段 11 を具備している。この共焦点光学式高さ位置検出手段 11 の一例について、図 3 を参照して説明する。図 3 に示す実施形態における共焦点光学式高さ位置検出手段 11 は、検査用レーザー光線を第 1 の光路 11a に発振する検査用レーザー光線発振手段 111 と、該第 1 の光路 11a に配設され検査用レーザー光線発振手段 111 によって発振された検査用レーザー光線のスポット形状 (断面形状) を環状に形成する環状スポット形成手段 112 と、該環状スポット形成手段 112 によってスポット形状 (断面形状) が環状に形成された検査用レーザー光線を第 2 の光路 11b に分岐せしめる第 1 のビームスプリッター 113 と、環状スポット形成手段 112 と第 1 のビームスプリッター 113 との間に配設された 1/2 波長板 114 を具備している。

10

【0033】

検査用レーザー光線発振手段 111 は、例えば波長が 635 nm の検査用レーザー光線 LB1a を発振する He-Ne パルスレーザー発振器を用いることができる。環状スポット形成手段 112 は、図示の実施形態においては検査用レーザー光線 LB1a の光軸に沿って所定の間隔を持って直列に配設された一対の第 1 の円錐レンズ 112a と第 2 の円錐レンズ 112b とによって構成されている。なお、図示の実施形態においては一対の第 1 の円錐レンズ 112a と第 2 の円錐レンズ 112b は、頂点を互いに向かい合わせて配設した例を示したが、互いに背中合わせでも同じ方向に向けて配設してもよい。このように構成された環状スポット形成手段 112 は、検査用レーザー光線発振手段 111 によって発振されたスポット形状が円形の検査用レーザー光線 LB1a をスポット形状が環状のレーザー光線 LB1b にする。上記 1/2 波長板 114 は、検査用レーザー光線発振手段 111 によって発振され環状スポット形成手段 112 によって環状のレーザー光線 LB1b に形成された直線偏光の検査用レーザー光線の偏光面を第 1 のビームスプリッター 113 に対して S 偏光になるように調整する。上記第 1 のビームスプリッター 113 は、1/2 波長板 114 によって S 偏光になるように調整された環状のレーザー光線 LB1b に形成された直線偏光の検査用レーザー光線を第 2 の光路 11b に導く。また、上記第 1 のビームスプリッター 113 は、検査用レーザー光線の後述する反射光を第 3 の光路 11c に導く。

20

30

【0034】

上記第 2 の光路 11b には、1/4 波長板 115 が配設されているとともに、上記干渉式高さ位置検出手段 6 の第 3 の光路 6c との交点にダイクロイックミラー 116 が配設されている。1/4 波長板 115 は、上記 1/2 波長板 114 によって S 偏光になるように調整された環状のレーザー光線 LB1b に形成された直線偏光の検査用レーザー光線を円偏光に変換する。上記ダイクロイックミラー 116 は、上記干渉式高さ位置検出手段 6 の集光レンズ 66 からの光は通過させるが、1/4 波長板 115 によって円偏光に変換された例えば波長が 635 nm の検査用レーザー光線を上記対物集光レンズ 65 に向けて方向変換する。対物集光レンズ 65 に向けて方向変換された検査用レーザー光線は、チャックテーブル 36 に保持された被加工物 W の上面に照射され、その反射光がダイクロイックミラー 116 を介して 1/4 波長板 115 に達する。1/4 波長板 115 に達した円偏光の検査用レーザー光線の反射光は、P 偏光に変換されて第 1 のビームスプリッター 113 に達する。第 1 のビームスプリッター 113 に達した P 偏光の反射光は、第 1 のビームスプリッター 113 を通過して第 3 の光路 11c に導かれる。

40

【0035】

図示の実施形態における共焦点光学式高さ位置検出手段 11 は、第 3 の光路 11c に配

50

設され所定の径より大きい径の反射光の通過を規制するピンホール117aを備えたピンホールマスク117と、該ピンホールマスク117を通過した反射光の偏光面を45度に調整する1/2波長板118と、該1/2波長板118を通過した反射光を第4の光路11dと第5の光路11eに分岐する第2のビームスプリッター119と、該第2のビームスプリッター119によって第4の光路11dに分岐された反射光を100%集光する集光レンズ120と、該集光レンズ120によって集光された反射光の全てを受光する第1の受光素子121を具備している。第1の受光素子121は、受光した光量に対応した電圧信号を上記制御手段80に送る。なお、上記ピンホールマスク117に形成されたピンホール117aは、その直径が例えば1mmに設定されている。また、図示の実施形態における共焦点光学式高さ位置検出手段11は、第2のビームスプリッター119によって第5の経路11eに分岐された反射光を受光する第2の受光素子122と、該第2の受光素子122が受光する反射光の受光領域を規制する受光領域規制手段123を具備している。受光領域規制手段123は、図示の実施形態においては第2のビームスプリッター119によって第5の光路11eに分岐された反射光を一次元に集光するシリンドリカルレンズ124と、該シリンドリカルレンズ124によって一次元に集光された反射光を単位長さに規制する一次元マスク125とからなっている。該一次元マスク125を通過した反射光を受光する第2の受光素子122は、受光した光量に対応した電圧信号を上記制御手段80に送る。

10

【0036】

図示の実施形態における共焦点光学式高さ位置検出手段11は以上のように構成されており、以下その作用について説明する。

20

図4の(a)に示すように検査用レーザー光線発振手段111から発振された円形のスポット形状S1を有する検査用レーザー光線LB1aは、環状スポット形成手段112によって環状のスポット形状S2を有する検査用レーザー光線LB1bに形成される。即ち、環状スポット形成手段112は、直径が2mmのレーザー光線LB1aを例えば外径(D1)が10mm、内径(D2)が8mmの環状のレーザー光線LB1bに拡張するとともに、平行な光線に形成する。環状スポット形成手段112によって環状のスポット形状S2に形成された直線偏光の検査用レーザー光線LB1bは、図3に示すように1/2波長板114によって偏光面が第1のビームスプリッター113に対してS偏光になるように調整され、第1のビームスプリッター113に導かれ、第1のビームスプリッター113によって第2の光路11bに導かれる。第2の光路11bに導かれた検査用レーザー光線LB1bは、ダイクロックミラー116に達し、該ダイクロックミラー116によって図2に示すように上記対物集光レンズ65に向けて反射される。対物集光レンズ65に向けて反射された検査用レーザー光線LB1bは、ダイクロックミラー92を通過して対物集光レンズ65によって集光される。

30

【0037】

上記のようにして環状のスポット形状S2に形成された検査用レーザー光線LB1bをチャックテーブル36に保持された被加工物Wの上面に照射する場合には、第2の集光点位置調整手段53を作動して図4の(b)に示すように集光点Pbを被加工物Wの上面よりレーザー光線照射方向の上流側(上側)に位置するように調整する。この結果、環状のスポット形状S2に形成された検査用レーザー光線LB1bは、チャックテーブル36に保持された被加工物Wの上面に環状のスポット形状S3で照射され、環状のスポット形状S3の大きさで反射する(第1の反射光)。このとき、被加工物Wが透明性を有するサファイアや石英によって形成されている場合には、検査用レーザー光線LB1bは被加工物Wを透過して下面に達し、環状のスポット形状S4の大きさで反射する(第2の反射光)。

40

【0038】

このように被加工物Wの上面で反射した環状スポット形状S3の第1の反射光と、被加工物Wの下面で反射した環状スポット形状S4の第2の反射光は、対物集光レンズ65、ダイクロックミラー92を通してダイクロックミラー116に達し、該ダイクロックミラー116によって第2の光路11bに導かれる。第2の光路11bに導かれた円偏光の検査用レーザー光線の反射光は回転方向が逆転しているので、1/4波長板115によってP偏光

50

に変換されて第1のビームスプリッター113に達する。図5に示すように第1のビームスプリッター113に達した環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cと環状スポット形状S4の第2の反射光LB2dは、第1のビームスプリッター113を通過して第2の光路11bに導かれ、ピンホールマスク117に達する。ピンホールマスク117に形成されたピンホール117aは図示の実施形態においては例えば直径が1mmに設定されており、環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cは通過するが、環状スポット形状S4の第2の反射光LB2dは遮断される。なお、ピンホールマスク117に形成されるピンホール117aの直径は、被加工物Wの厚みや上記集光点Pbの位置等を考慮して、環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cは通過するが環状スポット形状S4の第2の反射光LB2dは遮断する値に設定する。このように、被加工物Wの下面で反射した環状スポット形状S4の第2の反射光LB2dはピンホールマスク117によって遮断され、被加工物Wの上面で反射した環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cだけがピンホールマスク117のピンホール117aを通過することになる。

10

【0039】

上記のようにピンホールマスク117のピンホール117aを通過した被加工物Wの上面で反射した環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cは、図3に示すように1/2波長板118によって偏光面を45度に調整されて第2のビームスプリッター119に達する。第2のビームスプリッター119に達した第1の反射光LB2cは、第2のビームスプリッター119によって第4の光路11dと第5の光路11eに分岐される。第4の光路11dに分岐された環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cは、集光レンズ120によって100%集光され第1の受光素子121に受光される。そして、第1の受光素子121が受光した光量に対応した電圧信号を上記制御手段80に送る。一方、第5の光路11eに分岐された環状スポット形状S3の第2の反射光LB2dは、受光領域規制手段123のシリンドリカルレンズ124によって一次元に集光され、一次元マスク125によって所定の単位長さに規制されて第2の受光素子122に受光される。そして、第2の受光素子122は、受光した光量に対応した電圧信号を上記制御手段80に送る。

20

【0040】

ここで、第1の受光素子121と第2の受光素子122によって受光される環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cの受光量について説明する。

第1の受光素子121に受光される環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cは、集光レンズ120によって100%集光されるので受光量は一定であり、第1の受光素子121から出力される電圧値(V1)は一定(例えば10V)となる。一方、第2の受光素子122によって受光される環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cは、シリンドリカルレンズ124によって一次元に集光された後、一次元マスク125によって所定の単位長さに規制されて第2の受光素子122に受光されるので、図4の(b)に示すように検査用レーザー光線LB1bが被加工物Wの上面に照射される際に、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離、即ち被加工物Wの高さ位置(厚み)によって第2の受光素子122の受光量は変化する。従って、第2の受光素子122から出力される電圧値(V2)は、検査用レーザー光線LB1bが照射される被加工物Wの上面高さ位置によって変化する。

30

【0041】

例えば、図6の(a)に示すように被加工物Wの高さ位置が高く(被加工物Wの厚みが厚く)対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)が小さい場合には、検査用レーザー光線LB1bは被加工物Wの上面に照射される環状のスポットS3aで反射する。この反射光は上述したように第2のビームスプリッター119によって第4の光路11dと第5の光路11eに分岐されるが、第4の光路11dに分岐された環状のスポットS3aの反射光は集光レンズ120によって100%集光されるので、反射光の全ての光量が第1の受光素子121に受光される。一方、第2のビームスプリッター119によって第5の光路11eに分岐された環状のスポットS3aの反射光は、シリンドリカルレンズ124によって一次元に集光されるので断面が略長方形となる。このようにして断面が略長方形に絞られた反射光は、一次元マスク125によって所定の単位長さに規制されるので、第5の経路1

40

50

1eに分岐された反射光の一部が第2の受光素子122によって受光されることになる。従って、第2の受光素子122に受光される反射光の光量は上述した第1の受光素子121に受光される光量より少なくなる。

【0042】

次に、図6の(b)に示すように被加工物Wの高さ位置が低く(被加工物Wの厚みが薄く)対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)大きい場合には、検査用レーザー光線LB1bは被加工物Wの上面に照射される環状のスポットS3bで反射する。この環状のスポットS3bは上記環状のスポットS3aより大きい。この環状のスポットS3bの反射光は上述したように第2のビームスプリッター119によって第4の経路11dと第5の光路11eに分岐されるが、第4の光路11dに分岐された環状の面積S3bの反射光は集光レンズ120によって100%集光されるので、反射光の全ての光量が第1の受光素子121に受光される。一方、第2のビームスプリッター119によって第5の光路11eに分岐された環状のスポットS3bの反射光は、シリンドリカルレンズ124によって一次元に集光されるので断面が略長方形となる。この略長方形の長辺の長さは、反射光の環状のスポットS3bが上記環状のスポットS3aより大きいので環状のスポットS3aの場合より長くなる。このようにして断面が略長方形に集光された反射光は、一次元マスク125によって所定の長さに区切られ一部が第2の受光素子122によって受光される。従って、第2の受光素子122によって受光される光量は、上記図6の(a)に示す場合より少なくなる。このように第2の受光素子122に受光される反射光の光量は、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)、即ち被加工物Wの高さ位置が高い(被加工物Wの厚みが厚い)程多く、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)、即ち被加工物Wの高さ位置が低い(被加工物Wの厚みが薄い)程少なくなる。

【0043】

ここで、上記第1の受光素子121から出力される電圧値(V1)と第2の受光素子122から出力される電圧値(V2)との比と、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H)、即ち被加工物Wの高さ位置との関係について、図7に示す制御マップを参照して説明する。なお、図7において横軸は対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)で、縦軸は第1の受光素子121から出力される電圧値(V1)と第2の受光素子122から出力される電圧値(V2)との比(V1/V2)を示している。図7に示す例においては、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)が30.0mmの場合上記電圧値の比(V1/V2)は“1”で、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)が30.6mmの場合上記電圧値の比(V1/V2)は“10”に設定されている。従って、上述したように第1の受光素子121から出力される電圧値(V1)と第2の受光素子122から出力される電圧値(V2)との比(V1/V2)を求め、この電圧値の比(V1/V2)を図7に示す制御マップに照合することにより、対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)を求めることができる。なお、図7に示す制御マップは、上記制御手段80のメモリに格納される。このようにして対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)を求めたならば、対物集光レンズ65からチャックテーブル36の表面までの距離(H2)から対物集光レンズ65から被加工物Wの上面までの距離(H1)を減算することにより、チャックテーブル36の表面からチャックテーブル36に保持された被加工物Wの上面までの距離(H)、即ち被加工物Wの上面高さ位置を求めることができる。なお、対物集光レンズ65からチャックテーブル36の表面までの距離(H2)は、上記Z軸方向位置検出手段54からの検出信号によって求めることができる。

【0044】

図示の実施形態における共焦点光学式高さ位置検出手段11は以上のように構成され、検査用レーザー光線発振手段111から発振された円形のスポット形状S1を有する検査用レーザー光線LB1aを環状スポット形成手段112によって環状のスポット形状S2を有する検査用レーザー光線LB1bに形成し、この環状のスポット形状S2を有する検査用レーザー光線LB1bを被加工物Wに照射する。従って、図4の(b)に示すように被加工物Wに照射された環状のスポット形状S2を有する検査用レーザー光線LB1bは、上面で環状のスポット形状S

3で反射するとともに、被加工物Wが透明性を有する場合には下面で環状のスポット形状S4で反射する。そして、被加工物Wの下面で反射した環状スポット形状S4の第2の反射光LB2dはピンホールマスク117によって遮断し、ピンホールマスク117のピンホール117aを通過した被加工物Wの上面で反射した環状スポット形状S3の第1の反射光LB2cに基いて受光量を検出するので、被加工物Wが透明性を有する場合であっても被加工物Wの上面位置を正確に検出することができる。

【0045】

以上、共焦点光学式高さ位置検出手段の一例について説明したが、共焦点光学式高さ位置検出手段としては上記図3乃至図7に示す実施形態に限定されるものではない。共焦点光学式高さ位置検出手段としては、白色光を各種の波長に分光して波長ごとに異なる集光点を光軸上に複数並べ被加工物の表面から反射した波長の光をもって被加工物の上面位置を検出する特開2008-170366号公報に開示された光学系、および被加工物の上面を撮像し画像処理によって被加工物の上面位置を検出する特開2007-331049号公報、特開2006-324397号公報、特開昭61-198204号公報に開示された光学系による共焦点光学式高さ位置検出手段を用いることができる。

【0046】

図示の実施形態における共焦点光学式高さ位置検出手段11は以上のように構成されており、以下その作用について説明する。

図8にはレーザー加工される被加工物としての光デバイスウエーハの斜視図および要部断面拡大図が示されている。図8に示す光デバイスウエーハ10は、例えば直径が50mm、厚みが200 μ mのサファイア基板100の表面に窒化物半導体からなる発光層(エピ層)101が5 μ mの厚みで積層されている。そして、発光層(エピ層)101が格子状に形成された複数の分割予定ライン102によって区画された複数の領域に発光ダイオード、レーザーダイオード等の光デバイス103が形成されている。この光デバイスウエーハ10を構成するサファイア基板100の裏面には、光デバイス103の輝度を向上させるための酸化珪素等からなる透過性を有するDBR膜と呼ばれる反射膜104が形成されている。

【0047】

上述したレーザー加工装置1を用い、上記光デバイスウエーハ10の内部に分割予定ライン111に沿って改質層を形成する方法について説明する。なお、光デバイスウエーハ10の内部に改質層を形成する際に、光デバイスウエーハ10の厚さにバラツキがあると、上述したように屈折率の関係で所定の深さに均一に改質層を形成することができない。そこで、レーザー加工を施す前に、上述した干渉式高さ位置検出手段6および共焦点光学式高さ位置検出手段11によってチャックテーブル36に保持された光デバイスウエーハ10の上面位置を計測する。即ち、先ず上述した図1に示すレーザー加工装置1のチャックテーブル36上に光デバイスウエーハ10の裏面10b(反射膜104が形成されている側)を上にして載置し、該チャックテーブル36上に光デバイスウエーハ10を吸引保持する。光デバイスウエーハ10を吸引保持したチャックテーブル36は、加工送り手段37によって撮像手段95の直下に位置付けられる。

【0048】

チャックテーブル36が撮像手段95の直下に位置付けられると、撮像手段95および制御手段80によって光デバイスウエーハ10のレーザー加工すべき加工領域を検出するアライメント作業を実行する。即ち、撮像手段95および制御手段80は、光デバイスウエーハ10の所定方向に形成されている分割予定ライン102と、該分割予定ライン102に沿って半導体ウエーハ10の位置検出兼レーザー照射ユニット5を構成する干渉式高さ位置検出手段6の対物集光レンズ65との位置合わせを行うためのパターンマッチング等の画像処理を実行し、検出位置のアライメントを遂行する。また、光デバイスウエーハ10に形成されている所定方向と直交する方向に形成されている分割予定ライン102に対しても、同様に検出位置のアライメントが遂行される。このとき、光デバイスウエーハ10の分割予定ライン102が形成されている表面10aは下側に位置しているが、撮像

10

20

30

40

50

手段 95 が上述したように赤外線照明手段と赤外線を捕らえる光学系および赤外線に対応した電気信号を出力する撮像素子（赤外線 CCD）等で構成された撮像手段を備えているので、裏面 10b から透かして分割予定ライン 102 を撮像することができる。

【0049】

上述したようにアライメントが行われると、チャックテーブル 36 上の光デバイスウエーハ 10 は、図 9 の (a) に示す座標位置に位置付けられた状態となる。なお、図 9 の (b) はチャックテーブル 36 即ち光デバイスウエーハ 10 を図 9 の (a) に示す状態から 90 度回転した状態を示している。

【0050】

なお、図 9 の (a) および図 9 の (b) に示す座標位置に位置付けられた状態における光デバイスウエーハ 10 に形成された各分割予定ライン 111 の送り開始位置座標値 (A1, A2, A3, … An) と送り終了位置座標値 (B1, B2, B3, … Bn) および送り開始位置座標値 (C1, C2, C3, … Cn) と送り終了位置座標値 (D1, D2, D3, … Dn) は、その設計値のデータが制御手段 80 のメモリに格納されている。

【0051】

次に、上記干渉式高さ位置検出手段 6 と共焦点光学式高さ位置検出手段 11 によってそれぞれ光デバイスウエーハ 10 の高さ位置を検出する。この干渉式高さ位置検出手段 6 と共焦点光学式高さ位置検出手段 11 による高さ位置の検出は、図 10 に示すように任意の分割予定ライン 102 を対物集光レンズ 65 の直下に位置付ける。そして、先ず干渉式高さ位置検出手段 6 を作動して上述したように光デバイスウエーハ 10 の高さ位置 (Ha) を検出する。次に、共焦点光学式高さ位置検出手段 11 を作動して上述したように光デバイスウエーハ 10 の高さ位置 (Hb) を検出する。このようにして、干渉式高さ位置検出手段 6 による光デバイスウエーハ 10 の高さ位置 (Ha) と共焦点光学式高さ位置検出手段 11 による光デバイスウエーハ 10 の高さ位置 (Hb) を検出したならば、制御手段 80 は高さ位置 (Ha) と高さ位置 (Hb) との差 (Hx) を求め、この差を補正值 (Hx) = (Ha) - (Hb) として設定しメモリに格納する。

【0052】

上述したように補正值 (Hx) = (Ha) - (Hb) を求めたならば、チャックテーブル 36 を移動して図 9 の (a) において最上位の分割予定ライン 102 を対物集光レンズ 65 の直下に位置付ける。そして、更に図 11 で示すように分割予定ライン 102 の一端 (図 11 において左端) である送り開始位置座標値 (A1) (図 9 の (a) 参照) を対物集光レンズ 65 の直下に位置付ける。そして、干渉式高さ位置検出手段 6 を作動するとともに、チャックテーブル 36 を図 11 において矢印 X1 で示す方向に移動し、送り終了位置座標値 (B1) まで移動する (高さ位置検出工程)。この結果、分割予定ライン 102 の図 9 の (a) において最上位の分割予定ライン 102 に沿って上面の高さ位置が干渉式高さ位置検出手段 6 によって上述したように計測される。この計測された高さ位置は、上記制御手段 80 のメモリに格納される。このようにして、光デバイスウエーハ 10 に形成された全ての分割予定ライン 102 に沿って高さ位置検出工程を実施し、各分割予定ライン 102 における上面の高さ位置を制御手段 80 のメモリに格納する。そして、制御手段 80 は、高さ位置検出工程によって検出した各分割予定ライン 102 における上面の高さ位置を上記補正值 (Hx) によって補正した値を補正高さ位置としてメモリに格納する。これにより、干渉式高さ位置検出手段 6 によって計測された各分割予定ライン 102 における上面の高さ位置は、光デバイスウエーハ 10 の上面から反射する光と基準光との干渉に乱れが生じても高さ位置の計測が正確な共焦点光学式高さ位置検出手段 11 の計測値によって補正されたことになる。

【0053】

以上のようにして光デバイスウエーハ 10 に形成された全ての分割予定ライン 102 に沿って高さ位置検出工程を実施したならば、光デバイスウエーハ 10 の内部に分割予定ライン 102 に沿って改質層を形成する改質層形成工程を実施する。

この改質層形成工程を実施するためには、先ずチャックテーブル 36 を移動して図 9 の

(a)において最上位の分割予定ライン102を対物集光レンズ65の直下に位置付ける。そして、更に図12の(a)で示すように分割予定ライン102の一端(図12の(a)において左端)である送り開始位置座標値(A1)(図9の(a)参照)を対物集光レンズ65の直下に位置付ける。そして、レーザー光線照射手段9を構成する対物集光レンズ65から照射されるパルスレーザー光線の集光点Paを分割予定ライン102の裏面10b(上面)から所定の深さ位置に合わせる。次に、レーザー光線照射手段9を作動し、対物レンズ65からサファイア基板に対して透過性を有する波長のパルスレーザー光線を照射しつつチャックテーブル36を矢印X1で示す方向に所定の加工送り速度で移動せしめる(レーザー加工工程)。そして、図12の(b)で示すように対物集光レンズ65の照射位置が分割予定ライン102の他端(図12の(b)において右端)に達したら、パルスレーザー光線の照射を停止するとともに、チャックテーブル36の移動を停止する。この改質層形成工程においては、制御手段80はメモリに格納されている光デバイスウエーハ10の分割予定ライン102における裏面10b(上面)の高さ位置に基づいて、第1の集光点位置調整手段650を制御し、位置検出兼レーザー照射ユニット5をZ軸方向(集光点位置調整方向)に移動し、レーザー光線照射手段9を構成する対物集光レンズ65を図12の(b)で示すように光デバイスウエーハ10の分割予定ライン102における裏面10b(上面)の高さ位置に対応して上下方向に移動せしめる。この結果、光デバイスウエーハ10の内部には、図12の(b)で示すように裏面10b(上面)から所定の深さ位置に裏面10b(上面)と平行に改質層105が形成される。

10

20

【0054】

上記改質層形成工程における加工条件は、例えば次のように設定されている。

光源	: LD励起QスイッチNd:YVO4レーザー
波長	: 1064nmのパルスレーザー
繰り返し周波数	: 100kHz
平均出力	: 0.3W
集光スポット径	: 1μm
加工送り速度	: 400mm/秒

【0055】

以上のようにして、光デバイスウエーハ10の所定方向に延在する全ての分割予定ライン102に沿って上記改質層形成工程を実行したならば、チャックテーブル36を90度回転せしめて、上記所定方向に対して直交する方向に延びる各分割予定ライン102に沿って上記改質層形成工程を実行する。このようにして、光デバイスウエーハ10に形成された全ての分割予定ライン102に沿って上記改質層形成工程を実行したならば、光デバイスウエーハ10を保持しているチャックテーブル36は、最初に光デバイスウエーハ10を吸引保持した位置に戻され、ここで光デバイスウエーハ10の吸引保持を解除する。そして、光デバイスウエーハ10は、図示しない搬送手段によって分割工程に搬送される。

30

40

【0056】

以上、本発明を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は実施形態のみに限定されるものではなく本発明の趣旨の範囲で種々の変形は可能である。例えば、干渉式高さ位置検出手段を対物集光レンズ65の加工送り方向両側にそれぞれ配設し、チャックテーブルの往復に対応して被加工物の上面高さ位置を検出しつつレーザー加工を行う特開2012-2604号公報に記載されたレーザー加工装置に本発明を適用することができる。

【符号の説明】

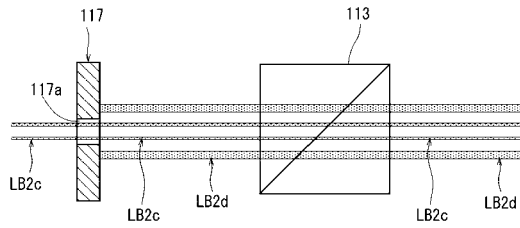
【0057】

2	: 静止基台
3	: チャックテーブル機構
36	: チャックテーブル
37	: 加工送り手段
374	: 加工送り量検出手段
38	: 第1の割り出し送り手段

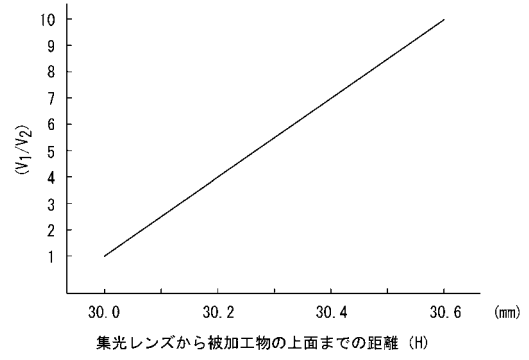
50

4	レーザー光線照射ユニット支持機構	
4 2	可動支持基台	
4 3	第 2 の割り出し送り手段	
5	高さ検出兼レーザー照射ユニット	
5 3	第 2 の集光点位置調整手段	
6	干渉式高さ位置検出手段	
6 1	発光源	
6 2	第 1 の光分岐手段	
6 3	コリメーションレンズ	
6 4	第 2 の光分岐手段	10
6 5	対物集光レンズ	
6 6	集光レンズ	
6 7	反射ミラー	
6 8	コリメーションレンズ	
6 9	回折格子	
7 0	集光レンズ	
7 1	ラインイメージセンサー	
8 0	制御手段	
9	レーザー光線照射手段	
9 1	パルスレーザー光線発振手段	20
9 2	ダイクロイックミラー	
1 0	光デバイスウエーハ	
1 1	共焦点光学式高さ位置検出手段	
1 1 1	検査用レーザー光線発振手段	
1 1 2	環状スポット形成手段	
1 1 3	第1のビームスプリッター	
1 1 4	1 / 2 波長板	
1 1 5	1 / 4 波長板	
1 1 6	ダイクロイックミラー	
1 1 7	ピンホールマスク	30
1 1 8	1 / 2 波長板	
1 1 9	第 2 のビームスプリッター	
1 2 0	集光レンズ	
1 2 1	第1の受光素子	
1 2 2	第 2 の受光素子	
1 2 3	受光領域規制手段	

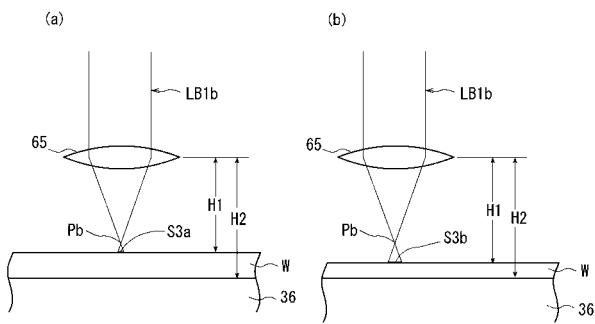
【図5】



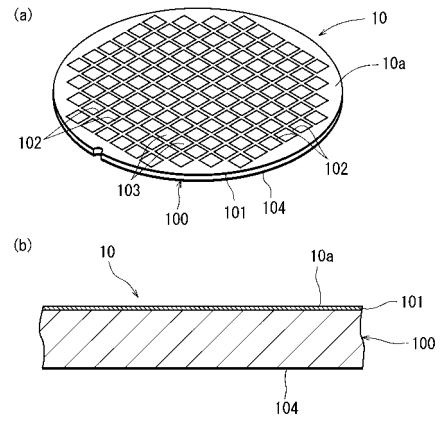
【図7】



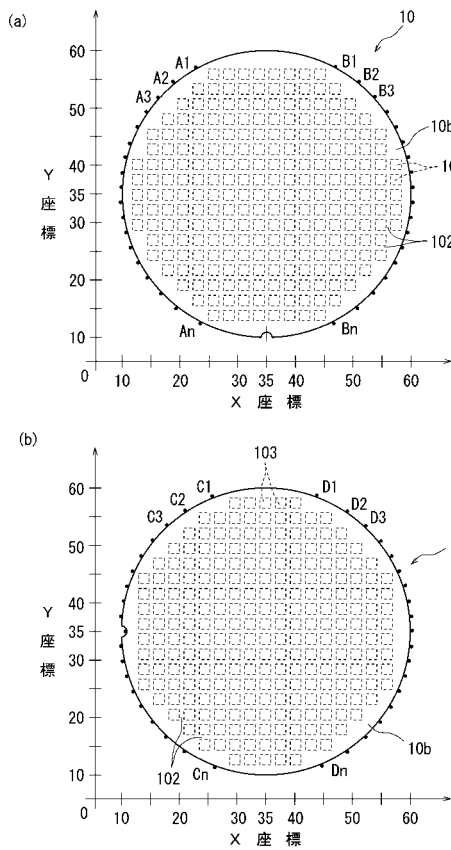
【図6】



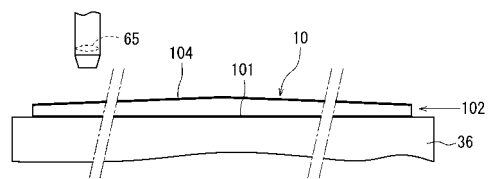
【図8】



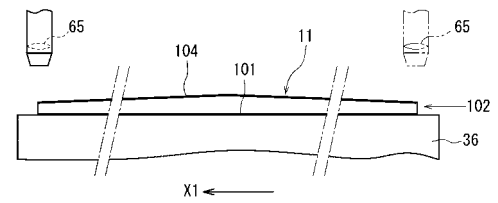
【図9】



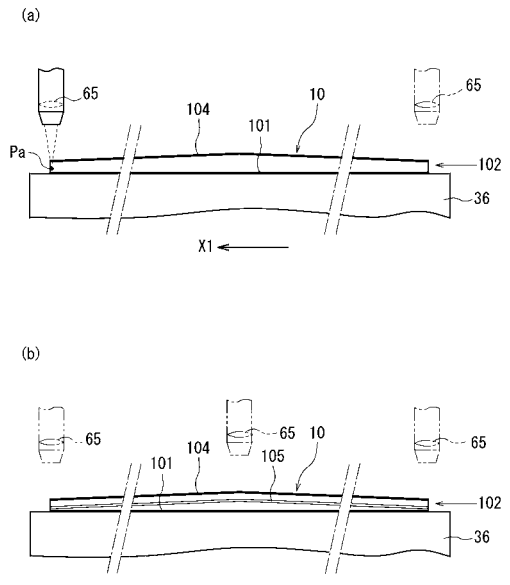
【図10】



【図11】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 遠藤 智裕

東京都大田区大森北二丁目 1 3 番 1 1 号 株式会社ディスコ内

Fターム(参考) 2F065 AA02 AA24 CC19 DD03 DD06 DD11 FF16 FF17 FF44 FF52
GG04 GG07 HH04 HH08 HH13 JJ02 JJ05 JJ15 JJ25 LL02
LL04 LL22 LL30 LL35 LL36 LL42 MM03 MM16 MM26 MM28
PP12 QQ16 QQ26 QQ29 UU07
4E068 AE01 CA01 CA02 CA04 CA07 CA11 CA15 CC01 CC02 CC06
CD08 CE04 CE09 DA10 DB11