

(11) 特許出願公開番号

特開2016-139727

(P2016-139727A)

(43) 公開日 平成28年8月4日(2016. 8. 4)

(51) Int.Cl.

F 1

テーマコード (参考)

H O 1 L 21/301 (2006.01)

H01 L 21/78

B

4 E 1 6 8

B23K 26/00 (2014.01)

B 2 3 K 26/00

M

5 F 0 6 3

B23K 26/046 (2014.01)

B 2 3 K 26/046

B23K 26/53 (2014.01)

B 2 3 K 26/53

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2015-14326 (P2015-14326)

(22) 出願日 平成27年1月28日 (2015. 1. 28)

(71) 出願人 000151494

株式会社東京精密

東京都八王子市石川町2968-2

(74) 代理人 100083116

弁理士 松浦 憲三

(72) 発明者 百村 和司

東京都八王子市石川町2968-2 株式

会社東京精密内

Fターム(参考) 4E168 AE01 CA07 CA15 CB13 CB15

DA40 DA44 EA02 EA03 EA11

EA13 EA17

3 AA48 CR03

DD29 DD31 DD32 DD78 DE11

DE17 DE33

DE17 DE33

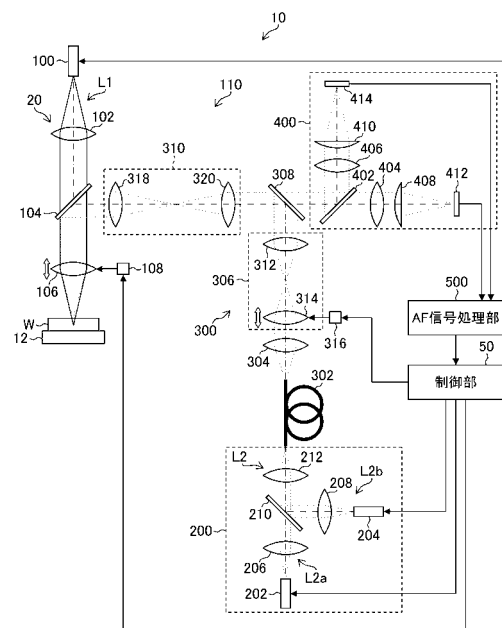
(54) 【発明の名称】 レーザーダイシング装置

(57) 【要約】

【課題】 ウェーハのレーザー照射面に形成された薄膜のばらつきによる影響を受けることなく、ウェーハのレーザー照射面の高さ位置の検出を精度よく安定して行うことができるレーザーダイシング装置を提供する。

【解決手段】A F装置110（高さ位置検出手段）は、光源部200から出力されたA F用レーザー光L2（波長の異なる複数のA F用レーザー光L2a、L2bの合成光）をウェーハWの表面に照射し、その反射光を検出光学系400にて波長毎に検出する。A F信号処理部500は、検出光学系400の検出結果に基づき、ウェーハWのレーザー光照射面の変位を示す変位信号を制御部50に送る。さらにA F装置110は、光源部200から集光レンズ106に至るまでの光路である照射光路に配設されたフォーカス光学系306を備える。フォーカス光学系306は、A F用レーザー光L2の集光点をウェーハ厚み方向に調整する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェーハを保持するテーブルと、前記テーブルに保持されたウェーハの内部に改質領域を形成するための加工用レーザー光を出射する加工用レーザー光源と、前記加工用レーザー光源から出射された前記加工用レーザー光をウェーハの内部に集光する集光レンズと、前記集光レンズを前記加工用レーザー光の光軸方向に移動させることにより前記集光レンズによって集光される前記加工用レーザー光の集光点をウェーハ厚み方向に変位させる集光レンズ駆動手段と、前記テーブルに保持された前記ウェーハのレーザー光照射面の高さ位置を検出する高さ位置検出手段と、前記高さ位置検出手段からの検出信号に基づいて前記集光レンズ駆動手段を制御する制御手段と、を備えるレーザーダイシング装置であって

10

、
前記高さ位置検出手段は、

波長の異なる複数の検出用レーザー光を出力する検出用レーザー光出力手段と、

前記検出用レーザー光出力手段から前記集光レンズに至るまでの光路である照射光路に配設され、前記集光レンズにより集光され前記ウェーハのレーザー光照射面に照射され反射した前記複数の検出用レーザー光の反射光の一部を前記照射光路から分岐させる光路分岐手段と、

前記光路分岐手段により分岐された前記複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎に検出する光検出手段と、

前記光検出手段で波長毎に検出された前記複数の検出用レーザー光の光量に基づき、前記ウェーハのレーザー光照射面の変位を示す変位信号を前記制御手段に送る変位信号生成手段と、

20

前記照射光路上であって前記検出用レーザー光出力手段と前記光路分岐手段との間に配設され、前記検出用レーザー光の集光点を前記ウェーハ厚み方向に調整する集光点調整光学系と、

を備えるレーザーダイシング装置。

【請求項 2】

前記検出用レーザー光出力手段は、前記複数の検出用レーザー光をそれぞれ出力する複数の検出用レーザー光源と、前記複数の検出用レーザー光源からそれぞれ出力された前記複数の検出用レーザー光を合成する光合成手段と、を有し、

30

前記光検出手段は、前記光路分岐手段により分岐された前記複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎に分割する波長分割手段と、前記波長分割手段によって分割された前記複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎にそれぞれ受光する複数の検出器と、を有する、

請求項 1 に記載のレーザーダイシング装置。

【請求項 3】

前記検出用レーザー光出力手段は、前記複数の検出用レーザー光を波長毎に時分割で出力する時分割出力手段であり、

前記光検出手段は、前記時分割出力手段に同期して前記複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎に時分割で検出する時分割検出手段である、

請求項 1 に記載のレーザーダイシング装置。

40

【請求項 4】

前記変位信号生成手段は、前記光検出手段で波長毎に検出された前記複数の検出用レーザー光の光量のうち最も高い光量が検出された波長の検出用レーザー光の光量に基づき、前記変位信号を得る、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイシング装置。

【請求項 5】

前記変位信号生成手段は、前記光検出手段で波長毎に検出された前記複数の検出用レーザー光の光量のそれぞれに対し予め定めた基準に従って重み付け加算を行うことにより前記変位信号を得る、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイシング装置。

50

【請求項 6】

前記集光点調整光学系は、前記集光レンズ側から順に少なくとも正レンズ及び負レンズを有し、前記負レンズを前記照射光路に沿って移動させることにより、前記検出用レーザー光の集光点を前記ウェーハ厚み方向に調整する、

請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイシング装置。

【請求項 7】

前記集光点調整光学系は、前記複数の検出用レーザー光の反射光の波長毎の色収差を補正する色収差補正手段を備える、

請求項 1～6 のいずれか 1 項に記載のレーザーダイシング装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置や電子部品等が形成されたウェーハを個々のチップに分割するレーザーダイシング装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、表面に半導体装置や電子部品等が形成されたウェーハを個々のチップに分割するには、細かなダイヤモンド砥粒で形成された厚さ 30 μm 程度の薄い砥石により、ウェーハに研削溝を入れてウェーハをカットするダイシング装置が用いられていた。

【0003】

20

ダイシング装置では、薄い砥石（以下、ダイシングブレードと称する）を例えば 30, 000～60, 000 rpm で高速回転させてウェーハを研削し、ウェーハを完全切断（フルカット）又は不完全切断（ハーフカット或いはセミフルカット）を行う。

【0004】

しかし、このダイシングブレードによる研削加工の場合、ウェーハが高脆性材料であるため脆性モード加工となり、ウェーハの表面や裏面にチッピングが生じ、このチッピングが分割されたチップの性能を低下させる要因になっていた。

【0005】

このような問題に対して、従来のダイシングブレードによる切断に替えて、ウェーハの内部に集光点を合わせてレーザー光を入射し、ウェーハ内部に多光子吸収による改質領域を形成して個々のチップに分割する技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。このような技術では、ウェーハの内部に形成する改質領域をウェーハの表面又は裏面（レーザー光照射面）から一定の深さに形成するため、オートフォーカス機構を用いてウェーハの表面の高さ位置（厚み方向位置）を検出してレーザー光の集光点の位置を高精度に制御する必要がある。

30

【0006】

特許文献 1 に開示された技術では、ウェーハ内部の所定深さに均一に改質領域（変質層）を形成するために、ウェーハのレーザー光照射面に検出用レーザー光（AF 用レーザー光）を照射し、その反射光に基づいてウェーハのレーザー光照射面の高さ位置を検出し、ウェーハのレーザー光照射面の高さ位置に応じて加工用レーザー光の集光点位置を制御しながら加工を行っている。

40

【0007】

また、特許文献 1 に開示された技術では、検出用レーザー光の集光点位置を変位させる集光点位置変位手段を備えており、ウェーハのレーザー光照射面から深い位置に改質領域を形成する場合には、検出用レーザー光の集光点位置と加工用レーザー光の集光点位置との距離を調整することができるようになっている。これにより、ウェーハのレーザー光照射面に照射される検出用レーザー光の照射面積（スポット面積）を小さくすることができるので、ウェーハのレーザー光照射面で反射された検出用レーザー光の反射光の単位面積あたりの光量を低下させることなく、ウェーハのレーザー光照射面の高さ位置を正確に検出することが可能となる。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2009-269074号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、上述したような技術では、ウェーハの内部に改質領域を形成するための加工用レーザー光は $1\mu\text{m}$ 以上の赤外線領域の波長の光が主に用いられ、加工領域を観察するための観察用光学系で用いられる観察光は可視領域の波長の光が主に用いられる。このため、ウェーハのレーザー光照射面の高さ位置を検出するための検出用レーザー光は、加工用レーザー光の波長域と観察光の波長域との間の波長域、すなわち、 $0.6\sim 1\mu\text{m}$ 程度の波長の光が用いられる。

10

【0010】

また、上述したような技術では、ウェーハの表面（デバイス面）とは反対側の裏面側からレーザー光を照射して加工を行うのが一般的であるが、ウェーハの裏面には加工工程で種々の薄膜（例えば、酸化膜、窒化膜など）が形成されていることがある。この薄膜は意図して形成されたものではないので、ウェーハ毎に膜厚のばらつきがあり、さらにはウェーハの裏面の場所によるばらつきも大きいことがある。このため、ウェーハ毎やウェーハの裏面の場所によるばらつきによって検出用レーザー光の反射率が低くなる場合があり、オートフォーカス機構が正常に機能しない不具合が生じる問題がある。すなわち、ウェーハの裏面に形成された薄膜のウェーハ毎あるいは場所によるばらつきによって、オートフォーカス機構の動作に影響を及ぼしてしまい、ウェーハの表面の高さ位置の検出を迅速にかつ精度よく安定して行うことができない問題がある。

20

【0011】

なお、ウェーハWの裏面がレーザー光照射面となる場合だけでなく、ウェーハWの表面（デバイス面）がレーザー光照射面となる場合についても同様な問題が生じる可能性がある。

【0012】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、ウェーハのレーザー光照射面に形成された薄膜のばらつきによる影響を受けることなく、ウェーハのレーザー光照射面の高さ位置の検出を精度よく安定して行うことができるレーザーダイシング装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記目的を達成するために、本発明の第1態様に係るレーザーダイシング装置は、ウェーハを保持するテーブルと、テーブルに保持されたウェーハの内部に改質領域を形成するための加工用レーザー光を出射する加工用レーザー光源と、加工用レーザー光源から出射された加工用レーザー光をウェーハの内部に集光する集光レンズと、集光レンズを加工用レーザー光の光軸方向に移動させることにより集光レンズによって集光される加工用レーザー光の集光点をウェーハ厚み方向に変位させる集光レンズ駆動手段と、テーブルに保持されたウェーハのレーザー光照射面の高さ位置を検出する高さ位置検出手段と、高さ位置検出手段からの検出信号に基づいて集光レンズ駆動手段を制御する制御手段と、を備えるレーザーダイシング装置であって、高さ位置検出手段は、波長の異なる複数の検出用レーザー光を出力する検出用レーザー光出力手段と、検出用レーザー光出力手段から集光レンズに至るまでの光路である照射光路に配設され、集光レンズにより集光されウェーハのレーザー光照射面に照射され反射した複数の検出用レーザー光の反射光の一部を照射光路から分岐させる光路分岐手段と、光路分岐手段により分岐された複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎に検出する光検出手段と、光検出手段で波長毎に検出された複数の検出用レーザー光の光量に基づき、ウェーハのレーザー光照射面の変位を示す変位信号を制御手

40

50

段に送る変位信号生成手段と、照射光路上であって検出用レーザー光出力手段と光路分岐手段との間に配設され、検出用レーザー光の集光点をウェーハ厚み方向に調整する集光点調整光学系と、を備える。

【0014】

本発明の第2態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様において、検出用レーザー光出力手段は、複数の検出用レーザー光をそれぞれ出力する複数の検出用レーザー光源と、複数の検出用レーザー光源からそれぞれ出力された複数の検出用レーザー光を合成する光合成手段と、を有し、光検出手段は、光路分岐手段により分岐された複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎に分割する波長分割手段と、波長分割手段によって分割された複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎にそれぞれ受光する複数の検出器と、を有する。

10

【0015】

本発明の第3態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様において、検出用レーザー光出力手段は、複数の検出用レーザー光を波長毎に時分割で出力する時分割出力手段であり、光検出手段は、時分割出力手段に同期して複数の検出用レーザー光の反射光を波長毎に時分割で検出する時分割検出手段である。

【0016】

本発明の第4態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様～第3態様のいずれか1つの態様において、変位信号生成手段は、光検出手段で波長毎に検出された複数の検出用レーザー光の光量のうち最も高い光量が検出された波長の検出用レーザー光の光量に基づき、変位信号を得る。

20

【0017】

本発明の第5態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様～第3態様のいずれか1つの態様において、変位信号生成手段は、光検出手段で波長毎に検出された複数の検出用レーザー光の光量のそれぞれに対し予め定めた基準に従って重み付け加算を行うことによって変位信号を得る。

【0018】

本発明の第6態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様～第5態様のいずれか1つの態様において、集光点調整光学系は、集光レンズ側から順に少なくとも正レンズ及び負レンズを有し、負レンズを照射光路に沿って移動させることにより、検出用レーザー光の集光点をウェーハ厚み方向に調整する。

30

【0019】

本発明の第7態様に係るレーザーダイシング装置は、第1態様～第6態様のいずれか1つの態様において、集光点調整光学系は、複数の検出用レーザー光の反射光の波長毎の色収差を補正する色収差補正手段を備える。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、ウェーハのレーザー光照射面に形成された薄膜のばらつきによる影響を受けることなく、ウェーハの表面の高さ位置の検出を精度よく安定して行うことができる。その結果、ウェーハの表面から所定の加工深さに改質領域を精度よく形成することが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】第1の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図

【図2】ウェーハ内部の集光点近傍に形成される改質領域を説明する概念図

【図3】4分割フォトダイオードの受光面に形成される集光像の様子を示した図

【図4】AF用レーザー光の集光点とウェーハの表面との位置関係を示した図

【図5】AF信号の出力特性を示したグラフ

【図6】AF用レーザー光の集光点がウェーハ厚み方向に変化する様子を示した図

【図7】本実施形態のレーザーダイシング装置を用いたダイシング方法の流れを示したフ

50

ローチャート

【図 8】図 7 に示すキャリブレーション動作の詳細な流れを示したフローチャート

【図 9】図 7 に示すリアルタイム加工動作の詳細な流れを示したフローチャート

【図 10】第 1 の実施形態における A F 信号の出力特性の一例を示した図

【図 11】第 2 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図

【図 12】4 分割フォトダイオードの受光面に形成される集光像の様子を示した図

【図 13】第 2 の実施形態における A F 信号の出力特性を示した図

【図 14】第 3 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図

【図 15】第 3 の実施形態における A F 信号の出力特性を示した図

【図 16】第 3 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の他の構成例を示した要部構成図 10

【図 17】第 3 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の更に他の構成例を示した構成図

【図 18】第 4 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、添付図面に従って本発明の実施の形態について説明する。

【0023】

(第 1 の実施形態)

まず、本発明の第 1 の実施形態について説明する。 20

【0024】

図 1 は、第 1 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図である。図 1 に示すように、レーザーダイシング装置 10 は、ステージ 12、レーザーヘッド 20、制御部 50 等で構成されている。

【0025】

ステージ 12 は、X Y Z θ 方向に移動可能に構成され、ウェーハ W を吸着保持する。ウェーハ W は、表面（デバイス面）とは反対側の裏面がレーザー光照射面となるようにステージ 12 上に載置される。なお、ウェーハ W の表面をレーザー光照射面としてもよい。後述する他の実施形態においても同様である。

【0026】 30

レーザーヘッド 20 は、ウェーハ W の内部に改質領域を形成するための加工用レーザー光 L1 をウェーハ W に対して照射する。

【0027】

制御部 50 は、CPU、メモリ、入出力回路部等からなり、レーザーダイシング装置 10 の各部の動作を制御する。

【0028】

レーザーダイシング装置 10 はこの他に、図示しないウェーハ搬送手段、操作板、テレビモニタ、及び表示灯等から構成されている。

【0029】

操作板には、レーザーダイシング装置 10 の各部の動作を操作するスイッチ類や表示装置が取り付けられている。テレビモニタは、図示しない CCD カメラで撮像したウェーハ画像の表示、又はプログラム内容や各種メッセージ等を表示する。表示灯は、レーザーダイシング装置 10 の加工中、加工終了、非常停止等の稼働状況を表示する。 40

【0030】

次に、レーザーヘッド 20 の詳細構成について説明する。

【0031】

図 1 に示すように、レーザーヘッド 20 は、加工用レーザー光源 100、コリメートレンズ 102、ダイクロイックミラー 104、集光レンズ 106、A F 装置（オートフォーカス装置）110 等で構成されている。

【0032】 50

加工用レーザー光源 100 は、ウェーハ W の内部に改質領域を形成するための加工用レーザー光 L1 を出射する。例えば、加工用レーザー光源 100 は、パルス幅が $1\ \mu\text{s}$ 以下であって、集光点におけるピークパワー密度が $1 \times 10^8\ (\text{W}/\text{cm}^2)$ 以上となるレーザー光を出射する。

【0033】

加工用レーザー光源 100 から出射された加工用レーザー光 L1 は、コリメートレンズ 102 でコリメートされ、ダイクロイックミラー 104 を透過した後、集光レンズ 106 によりウェーハ W の内部に集光される。加工用レーザー光 L1 の集光点の Z 方向位置（ウェーハ厚み方向位置）は、第 1 アクチュエータ 108 によって集光レンズ 106 を Z 方向（加工用レーザー光 L1 の光軸方向）に微小移動させることにより調節される。第 1 アクチュエータ 108 は、集光レンズ駆動手段の一例である。なお、詳細は後述するが、第 1 アクチュエータ 108 は、集光レンズ 106 とウェーハ W のレーザー光照射面との距離が一定となるように、制御部 50 によって駆動が制御される。

【0034】

図 2 は、ウェーハ内部の集光点近傍に形成される改質領域を説明する概念図である。図 2 (a) は、ウェーハ W の内部に入射された加工用レーザー光 L1 が集光点に改質領域 P を形成した状態を示し、図 2 (b) は断続するパルス状の加工用レーザー光 L1 の下でウェーハ W が水平方向に移動され、不連続な改質領域 P、P、… が並んで形成された状態を表している。図 2 (c) は、ウェーハ W の内部に改質領域 P が多層に形成された状態を示している。

【0035】

図 2 (a) に示すように、ウェーハ W のレーザー光照射面から入射した加工用レーザー光 L1 の集光点がウェーハ W の厚さ方向の内部に設定されていると、ウェーハ W のレーザー光照射面を透過した加工用レーザー光 L1 は、ウェーハ W の内部の集光点でエネルギーが集中し、ウェーハ W の内部の集光点近傍に多光子吸収によるクラック領域、溶融領域、屈折率変化領域等の改質領域が形成される。図 2 (b) に示すように、断続するパルス状の加工用レーザー光 L1 をウェーハ W に照射して複数の改質領域 P、P、… をダイシングストリートに沿って形成することで、ウェーハ W は分子間力のバランスが崩れ、改質領域 P、P、… を起点として自然に割断するか、或いは僅かな外力を加えることによって割断される。

【0036】

また、厚さの厚いウェーハ W の場合は、改質領域 P の層が 1 層では割断できないので、図 2 (c) に示すように、ウェーハ W の厚さ方向に加工用レーザー光 L1 の集光点を移動し、改質領域 P を多層に形成させて割断する。

【0037】

なお、図 2 (b)、(c) に示した例では、断続するパルス状の加工用レーザー光 L1 で不連続な改質領域 P、P、… を形成した状態を示したが、加工用レーザー光 L1 の連続波の下で連続的な改質領域 P を形成するようにしてもよい。不連続の改質領域 P を形成した場合は、連続した改質領域 P を形成した場合に比べて割断され難いので、ウェーハ W の厚さや搬送中の安全等の状況によって、加工用レーザー光 L1 の連続波を用いるか、断続波を用いるかが適宜選択される。

【0038】

A F 装置 110 は、A F 用レーザー光（検出用レーザー光）L2 をウェーハ W に対して照射し、ウェーハ W のレーザー光照射面で反射した A F 用レーザー光 L2 の反射光を受光し、その受光した反射光に基づいて、ウェーハ W のレーザー光照射面の高さ位置（Z 方向位置）を検出する。A F 装置 110 は、高さ位置検出手段の一例である。

【0039】

A F 装置 110 は、A F 用レーザー光 L2 を出力する光源部 200 と、光源部 200 から出力された A F 用レーザー光 L2 を集光レンズ 106 に導く照射光学系 300 と、集光レンズ 106 により集光されウェーハ W のレーザー光照射面で反射した A F 用レーザー光

10

20

30

40

50

L 2 の反射光を検出する検出光学系 4 0 0 と、検出光学系 4 0 0 で検出された A F 用レーザー光 L 2 の反射光を利用してウェーハ W のレーザー光照射面の高さ位置を示す A F 信号を生成する A F 信号処理部 5 0 0 と、を備えている。

【0040】

光源部 2 0 0 は、第 1 光源 2 0 2、第 2 光源 2 0 4、コリメートレンズ 2 0 6、2 0 8、ダイクロイックミラー 2 1 0、集光レンズ 2 1 2 等で構成されている。光源部 2 0 0 は、検出用レーザー光出力手段の一例である。

【0041】

第 1 光源 2 0 2 及び第 2 光源 2 0 4 は、例えば L D (Laser Diode) 光源や S L D (Super Luminescent Diode) 光源等からなり、互いに異なる波長の A F 用レーザー光 (検出用レーザー光) L 2 a、L 2 b をそれぞれ出射する。A F 用レーザー光 L 2 a、L 2 b は、加工用レーザー光 L 1 とは異なる波長であってウェーハ W のレーザー光照射面で反射可能な波長を有する。すなわち、A F 用レーザー光 L 2 a は第 1 波長域 (例えば、6 2 0 ~ 7 5 0 n m) の波長を有するレーザー光 (赤色レーザー光) であり、A F 用レーザー光 L 2 b は第 1 波長域とは異なる第 2 波長域 (例えば、4 5 0 ~ 4 9 5 n m) の波長を有するレーザー光 (青色レーザー光) である。第 1 光源 2 0 2 及び第 2 光源 2 0 4 は、複数の検出用レーザー光源の一例である。

【0042】

第 1 光源 2 0 2 及び第 2 光源 2 0 4 から出射された A F 用レーザー光 L 2 a、L 2 b は、それぞれ、コリメートレンズ 2 0 6、2 0 8 でコリメートされ、ダイクロイックミラー 2 1 0 に導かれる。

【0043】

ダイクロイックミラー 2 1 0 は、コリメートレンズ 2 0 6、2 0 8 を介して入射される A F 用レーザー光 L 2 a、L 2 b のうち、一方の A F 用レーザー光 L 2 a を透過し、他方の A F 用レーザー光 L 2 b を反射することにより、両方の光を同一光路に導く。ダイクロイックミラー 2 1 0 により同一光路に導かれた A F 用レーザー光 L 2 a、L 2 b の合成光は、集光レンズ 2 1 2 により集光されて光源光 (A F 用レーザー光 L 2) として光源部 2 0 0 から出力される。なお、ダイクロイックミラー 2 1 0 は、光合成手段の一例である。

【0044】

照射光学系 3 0 0 は、光ファイバ 3 0 2、コリメートレンズ 3 0 4、フォーカス光学系 3 0 6、ハーフミラー 3 0 8、4 f 光学系 3 1 0、ダイクロイックミラー 1 0 4 等で構成されている。

【0045】

光源部 2 0 0 から出力された A F 用レーザー光 L 2 (A F 用レーザー光 L 2 a、L 2 b の合成光) は、光ファイバ 3 0 2 の入射端に入射され、光ファイバ 3 0 2 を経由して光ファイバ 3 0 2 の出射端から出射される。さらに、この A F 用レーザー光 L 2 は、コリメートレンズ 3 0 4 でコリメートされ、フォーカス光学系 3 0 6 を経由し、ハーフミラー 3 0 8 で反射される。そして、4 f 光学系 3 1 0 を経由し、ダイクロイックミラー 1 0 4 で反射され、加工用レーザー光 L 1 と同一光路に導かれる。さらに、この A F 用レーザー光 L 2 は、集光レンズ 1 0 6 により集光されてウェーハ W に照射される。

【0046】

ウェーハ W のレーザー光照射面で反射した A F 用レーザー光 L 2 の反射光は、集光レンズ 1 0 6 により屈折され、ダイクロイックミラー 1 0 4 で反射され、4 f 光学系 3 1 0 を経由し、ハーフミラー 3 0 8 を透過し、照射光学系 3 0 0 の光路から分岐された光路上に設けられた検出光学系 4 0 0 に導かれる。

【0047】

なお、ハーフミラー 3 0 8 は、光路分岐手段の一例であり、照射光学系 3 0 0 の光路 (照射光路) に配設され、ウェーハ W のレーザー光照射面で反射した A F 用レーザー光 L 2 の反射光の一部を照射光学系 3 0 0 の光路から検出光学系 4 0 0 の光路 (検出光路) に分岐させる。

10

20

30

40

50

【0048】

検出光学系400は、ダイクロイックミラー402、結像レンズ404、406、シリンドリカルレンズ408、410、第1検出器412、第2検出器414等で構成されている。検出光学系400は、光検出手段の一例である。検出光学系400に入射したAF用レーザー光L2の反射光は、ダイクロイックミラー402に導かれる。

【0049】

ダイクロイックミラー402は、AF用レーザー光L2の反射光を特定の波長の光とそれ以外の波長の光に分割する波長分割手段である。すなわち、AF用レーザー光L2の反射光のうち、第1光源202から出射されたAF用レーザー光L2aの波長に相当する第1波長域の光は、ダイクロイックミラー402を透過し、結像レンズ404、シリンドリカルレンズ408を経由して、第1検出器412に受光される。一方、第2光源204から出射されたAF用レーザー光L2bの波長に相当する第2波長域の光は、ダイクロイックミラー402で反射され、結像レンズ406、シリンドリカルレンズ410を経由して、第2検出器414に受光される。なお、シリンドリカルレンズ408、410は、ダイクロイックミラー402で波長域毎に分割された光にそれぞれ非点収差を付与する非点収差付与手段である。

10

【0050】

第1検出器412及び第2検出器414は、4分割された受光素子（光電変換素子）を有する4分割フォトダイオードからなり、それぞれの波長域の光の集光像を分割して受光し、それぞれの光量に応じた出力信号（電気信号）をAF信号処理部500に出力する。

20

【0051】

なお、第1検出器412及び第2検出器414は、それぞれの波長域に対する色収差を考慮した位置に配置されており、同じ合焦位置を示すように調整されている。

【0052】

AF信号処理部500は、第1検出器412及び第2検出器414の少なくとも一方の検出器の各受光素子から出力された出力信号に基づいて、ウェーハWのレーザー光照射面の基準位置からのZ方向の変位（デフォーカス距離）を示す変位信号（検出信号）としてのAF信号（オートフォーカス信号）を生成して制御部50に出力する。なお、AF信号処理部500は、変位信号生成手段の一例である。

【0053】

ここで、ウェーハWのレーザー光照射面の变位の検出原理について説明する。

30

【0054】

図3は、検出器（第1検出器412及び第2検出器414に相当）を構成する4分割フォトダイオード600の受光面に形成される集光像の様子を示した図である。なお、図3（a）～（c）は、図4においてウェーハWのレーザー光照射面がそれぞれh1、h2、h3で示す位置にあるときに、4分割フォトダイオード600の受光面に形成される集光像の様子を示している。

【0055】

まず、ウェーハWのレーザー光照射面がh2の位置にある場合、すなわち、ウェーハWのレーザー光照射面とAF用レーザー光L2の集光点とが一致している場合には、図3（b）に示すように、4分割フォトダイオード600の受光面上に形成されるAF用レーザー光L2の反射光の集光像は真円となる。

40

【0056】

一方、ウェーハWのレーザー光照射面がh1の位置にある場合、すなわち、ウェーハWのレーザー光照射面がAF用レーザー光L2の集光点よりも集光レンズ106に近い位置にある場合には、図3（a）に示すように、4分割フォトダイオード600の受光面上に形成されるAF用レーザー光L2の反射光の集光像は縦方向に引き伸ばされた楕円となり、その大きさはウェーハWのレーザー光照射面の变位量に依存する。

【0057】

また、ウェーハWのレーザー光照射面がh3の位置にある場合、すなわち、ウェーハW

50

のレーザー光照射面が A F 用レーザー光 L 2 の集光点よりも集光レンズ 1 0 6 から遠い位置にある場合には、図 3 (c) に示すように、4 分割フォトダイオード 6 0 0 の受光面上に形成される A F 用レーザー光 L 2 の反射光の集光像は横方向に引き伸ばされた楕円となり、その大きさはウェーハ W のレーザー光照射面の変位量に依存する。

【0058】

このように、4 分割フォトダイオード 6 0 0 を構成する各受光素子 6 0 2 A ~ 6 0 2 D で受光される光量は、ウェーハ W のレーザー光照射面の変位に応じて変化する。したがって、このような性質を利用してウェーハ W のレーザー光照射面の変位を検出することができる。

【0059】

図 5 は、A F 信号の出力特性を示したグラフであり、横軸はウェーハ W のレーザー光照射面の基準位置から Z 方向（ウェーハ厚み方向）の変位（デフォーカス距離）を示し、縦軸は A F 信号の出力値を示している。なお、ウェーハ W のレーザー光照射面の基準位置（原点）に A F 用レーザー光 L 2 の集光点が一致するように予め調整されているものとする。

【0060】

図 5 に示すように、A F 信号の出力特性は、ウェーハ W のレーザー光照射面の基準位置（原点）をゼロクロス点とした S 字状の曲線となる。また、ウェーハ W のレーザー光照射面の位置が、図中に矢印で示した範囲、すなわち、ウェーハ W のレーザー光照射面の位置を検出可能な測定範囲（引き込み範囲）内にあるとき、ウェーハ W のレーザー光照射面の位置と A F 信号の出力との関係は、原点を通る単調増加曲線（又は単調減少曲線）となり、その大部分で略直線的な変化を示している。つまり、A F 信号の出力がゼロであれば、ウェーハ W のレーザー光照射面が A F 用レーザー光 L 2 の集光点と一致する合焦位置にあることが分かり、A F 信号の出力がゼロでなければ、ウェーハ W のレーザー光照射面の位置方向及び変位量を知ることができる。

【0061】

このような出力特性を有する A F 信号は、ウェーハ W のレーザー光照射面の基準位置から Z 方向の変位を示すウェーハ変位情報として A F 信号処理部 5 0 0 で生成され、制御部 5 0 に出力される。

【0062】

ここで、本実施形態における A F 信号処理部 5 0 0 は、第 1 検出器 4 1 2 及び第 2 検出器 4 1 4 でそれぞれ受光された光の総受光量が多い方の検出器から出力される出力信号を用いて A F 信号 E を生成している。

【0063】

具体的には、第 1 検出器 4 1 2 を構成する 4 分割フォトダイオード 6 0 0 の受光素子 6 0 0 A ~ 6 0 0 D から出力された出力信号をそれぞれ A 1 ~ D 1 とし、第 2 検出器 4 1 4 を構成する 4 分割フォトダイオード 6 0 0 の受光素子 6 0 0 A ~ 6 0 0 D から出力された出力信号をそれぞれ A 2 ~ D 2 としたとき、第 1 検出器 4 1 2 における出力信号の和（A 1 + B 1 + C 1 + D 1）が第 2 検出器 4 1 4 における出力信号の和（A 2 + B 2 + C 2 + D 2）以上である場合には、A F 信号 E を、次式（1）に従って求める。

【0064】

$$E = \{ (A 1 + C 1) - (B 1 + D 1) \} / \{ (A 1 + C 1) + (B 1 + D 1) \}$$

・・・（1）

一方、第 1 検出器 4 1 2 における出力信号の和（A 1 + B 1 + C 1 + D 1）が第 2 検出器 4 1 4 における出力信号の和（A 2 + B 2 + C 2 + D 2）未満である場合には、A F 信号 E を、次式（2）に従って求める。

【0065】

$$E = \{ (A 2 + C 2) - (B 2 + D 2) \} / \{ (A 2 + C 2) + (B 2 + D 2) \}$$

・・・（2）

すなわち、本実施形態における A F 信号処理部 5 0 0 では、A F 信号 E を求めるための

検出器を、第1検出器412及び第2検出器414のうち総受光量が多い方の検出器に切り替えて使用している。これにより、常に高い反射率の波長の光を用いてAF信号Eが生成されるので、ウェーハWのレーザー光照射面に照射されたAF用レーザー光L2の反射率が波長により変化しても、ウェーハWのレーザー光照射面に形成された薄膜のばらつきによる影響を受けることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置の検出を精度よく安定して行うことができる。

【0066】

制御部50は、AF信号処理部500から出力されたAF信号に基づいて、集光レンズ106とウェーハWのレーザー光照射面との距離が一定となるように、第1アクチュエータ108の駆動を制御する。これにより、ウェーハWのレーザー光照射面の変位に追従するように集光レンズ106がZ方向（ウェーハ厚み方向）に微小移動され、ウェーハWのレーザー光照射面から一定の距離（深さ）に加工用レーザー光L1の集光点が位置するようになるので、ウェーハWの内部の所望の位置に改質領域を形成することができる。なお、制御部50は、制御手段の一例である。

10

【0067】

以上のように構成されるAF装置110には、照射光学系300の光路にフォーカス光学系306が配設されている。具体的には、光源部200とハーフミラー308との間の光路にフォーカス光学系306が配設されている。

【0068】

フォーカス光学系306は、集光点調整光学系の一例であり、加工用レーザー光L1の集光点とは独立してAF用レーザー光L2の集光点をZ方向（ウェーハ厚み方向）に調整する。このフォーカス光学系306は、少なくとも照射光学系300の光路に沿って移動可能に構成された移動レンズを含む複数のレンズからなり、本例では、被写体側（ウェーハW側）から順に、照射光学系300の光路に沿って移動不能に設けられた固定レンズ（正レンズ）312と、照射光学系300の光路に沿って移動可能に設けられた移動レンズ（負レンズ）314とから構成される。

20

【0069】

第2アクチュエータ316は、移動レンズ314を照射光学系300の光路に沿って移動させる。移動レンズ314が照射光学系300の光路に沿って移動すると、加工用レーザー光L1の集光点のZ方向位置は固定された状態で、移動レンズ314の移動方向及び移動量に応じてAF用レーザー光L2の集光点のZ方向位置が変化する。すなわち、加工用レーザー光L1の集光点とAF用レーザー光L2の集光点との相対的な距離が変化する。

30

【0070】

制御部50は、AF信号処理部500から出力されるAF信号に基づいて、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWのレーザー光照射面に一致するように（具体的には、AF信号の出力がゼロとなるように）、第2アクチュエータ316の駆動を制御する。

【0071】

本実施形態のように、ダイクロイックミラー104によりAF用レーザー光L2が加工用レーザー光L1と同一光路に導かれる構成においては、改質領域の加工深さを変えるために集光レンズ106とウェーハWとの相対的な距離が変化すると、加工用レーザー光L1の集光点とともにAF用レーザー光L2の集光点もウェーハWに対するZ方向位置が変化する。

40

【0072】

例えば、図6（a）に示すように、ウェーハWのレーザー光照射面から浅い位置に改質領域を形成する場合において、ウェーハWのレーザー光照射面にAF用レーザー光L2の集光点が一致していたとする。このような場合、図6（b）に示すように、ウェーハWのレーザー光照射面から深い位置に改質領域を形成するために、集光レンズ106とウェーハWとの相対的な距離を変化させると、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWのレーザー光照射面からZ方向（ウェーハ厚み方向）に大きくずれてしまう。そして、AF用

50

レーザー光 L 2 の集光点とウェーハ W のレーザー光照射面との距離が測定範囲（引き込み範囲）を超えてしまうと、ウェーハ W のレーザー光照射面の変位を検出することができなくなってしまう。特に、集光レンズ 1 0 6 は高 N A レンズが用いられるため、ウェーハ W のレーザー光照射面の変位を検出可能な測定範囲が A F 用レーザー光 L 2 の集光点（合焦位置）の近傍に限られるため、上記問題はより顕著なものとなる。

【0073】

かかる問題に対処するため、本実施形態の A F 装置 1 1 0 では、加工用レーザー光 L 1 の集光点の位置を変えることなく、A F 用レーザー光 L 2 の集光点の位置を変化させることができるようにするために、フォーカス光学系 3 0 6 が照射光学系 3 0 0 の光路上に設けられている。これにより、図 6（a）に示した状態から図 6（b）に示した状態のように、改質領域の加工深さを変化させるために集光レンズ 1 0 6 とウェーハ W との相対的な距離が変化する場合においても、上記のようにフォーカス光学系 3 0 6 の移動レンズ 3 1 4 を照射光学系 3 0 0 の光路に沿って移動させることにより、図 6（c）に示した状態のように、加工用レーザー光 L 1 の集光点の Z 方向位置を固定した状態で、A F 用レーザー光 L 2 の集光点をウェーハ W のレーザー光照射面に一致させることが可能となる。

10

【0074】

したがって、改質領域の加工深さが変化する場合においても、加工用レーザー光 L 1 の集光点と A F 用レーザー光 L 2 の集光点との間隔を調整することができるので、A F 用レーザー光 L 2 の集光点をウェーハ W のレーザー光照射面に一致させることができ、ウェーハ W のレーザー光照射面で反射された A F 用レーザー光 L 2 の反射光の単位面積あたりの光量が低下することなく、ウェーハ W の Z 方向位置（高さ位置）を正確に検出することが可能となる。

20

【0075】

また、本実施形態では、図 1 に示すように、フォーカス光学系 3 0 6 と集光レンズ 1 0 6 との間には 4 f 光学系 3 1 0 が配設されている。4 f 光学系 3 1 0 は、第 1 リレーレンズ 3 1 8 と第 2 リレーレンズ 3 2 0 とから構成されており、第 1 リレーレンズ 3 1 8 と集光レンズ 1 0 6 との距離が第 1 リレーレンズ 3 1 8 の焦点距離 f_1 と等しい位置に配され、第 2 リレーレンズ 3 2 0 とフォーカス光学系 3 0 6 との距離が第 2 リレーレンズ 3 2 0 の焦点距離 f_2 と等しい位置に配され、第 1 リレーレンズ 3 1 8 と第 2 リレーレンズ 3 2 0 との距離がこれらの焦点距離の和（ $f_1 + f_2$ ）に等しい位置に配される。

30

【0076】

このような構成によれば、集光レンズ 1 0 6 の射出瞳と共役な面を集光レンズ 1 0 6 から物理的に離れた位置に配置することが可能となるので、集光レンズ 1 0 6 とフォーカス光学系 3 0 6 との光学的距離を所望の範囲に容易に設定することが可能となる。

【0077】

次に、本実施形態のレーザーダイシング装置 1 0 を用いたダイシング方法について説明する。図 7 は、本実施形態のレーザーダイシング装置 1 0 を用いたダイシング方法の流れを示したフローチャートである。

【0078】

図 7 に示すように、レーザーダイシング装置 1 0 は、後述するリアルタイム加工動作に先立って、A F 信号の出力特性を測定するキャリブレーション動作を実行する（ステップ S 1 0）。

40

【0079】

キャリブレーション動作が完了した後、レーザーダイシング装置 1 0 は、ウェーハ W のレーザー光照射面の変位に追従するように加工用レーザー光 L 1 の集光点の Z 方向位置を調整しながらウェーハ W の内部に改質領域を形成するリアルタイム加工動作を実行する（ステップ S 1 2）。

【0080】

図 8 は、図 7 に示すキャリブレーション動作の詳細な流れを示したフローチャートである。

50

【0081】

まず、制御部50は、第2アクチュエータ316の駆動を制御して、フォーカス光学系306の移動レンズ314を改質領域の加工深さに応じた位置に移動させる（ステップS20）。なお、制御部50のメモリ部（不図示）には、改質領域の加工深さとフォーカス光学系306の移動レンズ314の位置との対応関係が保持されている。

【0082】

続いて、制御部50は、ステージ12の移動を制御して、ウェーハWのレーザー光照射面の基準位置を集光レンズ106の直下に移動させる（ステップS22）。なお、ウェーハWのレーザー光照射面の基準位置は、AF用レーザー光L2の集光点を一致させる位置であって、ウェーハWのレーザー光照射面のZ方向の変位の基準となる位置なので、ウェーハWのレーザー光照射面の段差が少ない部分（平滑面）であることが望ましく、例えば、ウェーハWの外周部を除く中央部分の所定位置を基準位置とする。

10

【0083】

続いて、制御部50は、第2アクチュエータ316の駆動を制御して、AF信号処理部500から出力されるAF信号がゼロとなるように、フォーカス光学系306の移動レンズ314を照射光学系300の光路に沿って移動させる（ステップS24）。これにより、図6（b）に示すように、AF用レーザー光L2の集光点とウェーハWのレーザー光照射面の基準位置とにずれがある場合でも、図6（c）に示すように、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWのレーザー光照射面の基準位置と一致するように集光点調整が行われる。なお、制御部50は、メモリ部（不図示）に保持されているフォーカス光学系306の移動レンズ314の位置を、集光点調整後の移動レンズ314の位置（補正位置）に書き換える。

20

【0084】

このとき、AF信号処理部500では、第1検出器412及び第2検出器414のうち総受光量が多い方の検出器を構成する4分割フォトダイオード600の受光素子600A～600Dから出力された出力信号に基づいてAF信号を生成する。このため、ウェーハWのレーザー光照射面に形成された薄膜のばらつき（ウェーハW毎あるいは場所によるばらつき）による影響を受けることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を安定かつ精度よく検出することができる。

【0085】

30

続いて、制御部50は、第1アクチュエータ108の駆動を制御して、集光レンズ106をZ方向に沿って移動可能範囲の全体にわたって移動させながらAF信号処理部500から出力されるAF信号の出力特性を測定して、その出力特性をルックアップテーブルとしてメモリ部（不図示）に保持しておく（ステップS26）。

【0086】

なお、ウェーハWの内部に改質領域の層を複数形成する場合には、ステップS20からステップS26までの処理を改質領域の加工深さ毎に実行する。

【0087】

以上の処理により、制御部50は、図7のステップS12のリアルタイム加工動作において、メモリ部（不図示）に保持されたルックアップテーブルを参照することにより、AF信号処理部500から出力されるAF信号の出力値からウェーハWのレーザー光照射面の基準位置からのZ方向の変位（デフォーカス距離）を簡単に求めることができるので、リアルタイム加工動作における加工効率（スループット）を向上させることが可能となる。

40

【0088】

図9は、図7に示すリアルタイム加工動作の詳細な流れを示したフローチャートである。

【0089】

まず、制御部50は、図8のステップS20と同様に、第2アクチュエータ316の駆動を制御して、フォーカス光学系306の移動レンズ314を改質領域の加工深さに応じ

50

た位置に移動させる（ステップS30）。このとき、制御部50は、メモリ部（不図示）に保持されている移動レンズ314の位置（補正位置）に移動させる。これにより、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWのレーザー光照射面の基準位置と一致し、AF装置110は、ウェーハWのレーザー光照射面の基準位置を基準としたZ方向の変位を検出することが可能となる。

【0090】

続いて、制御部50は、ステージ12の移動を制御して、ステージ12に吸着保持されたウェーハWを所定の加工開始位置に移動させる（ステップS32）。

【0091】

続いて、制御部50は、加工用レーザー光源100をONとした後、ウェーハWを水平方向（XY方向）に移動させながら、加工用レーザー光源100から出射された加工用レーザー光L1により、ダイシングストリートに沿ってウェーハWの内部に改質領域を形成する（ステップS34）。 10

【0092】

このとき、制御部50は、加工用レーザー光源100をONにするタイミングと略同時、或いはそれよりも先のタイミングで、第1光源202及び第2光源204をONとする。これにより、加工用レーザー光L1とAF用レーザー光L2（互いに波長の異なる2つのAF用レーザー光L2a、L2bの合成光）が集光レンズ106によりウェーハWに向かって集光される。そして、ウェーハWのレーザー光照射面に照射され反射したAF用レーザー光L2の反射光は、ダイクロイックミラー402で互いに異なる波長に分割され、分割された各々の光は第1検出器412及び第2検出器414にそれぞれ受光される。AF信号処理部500は、第1検出器412及び第2検出器414のうち総受光量が多い方の検出器から出力された出力信号に基づいて、ウェーハWのレーザー光照射面の基準位置からのZ方向の変位を示すAF信号を生成して制御部50に出力する。 20

【0093】

そして、制御部50は、AF信号処理部500から出力されるAF信号に基づいて、第1アクチュエータ108の駆動を制御することによって、加工用レーザー光L1の集光点のZ方向位置を調整しながら、ウェーハWの内部に改質領域を形成する。

【0094】

続いて、制御部50は、ウェーハWの全てのダイシングストリートに対して改質領域の形成が終了しているか否かを判断する（ステップS36）。全てのダイシングストリートに対して改質領域の形成が終了していない場合（Noの場合）、次のダイシングストリートに移動し（ステップS38）、そのダイシングストリートについてステップS34からステップS36までの処理を繰り返す。一方、全てのダイシングストリートに対して改質領域の形成が終了した場合（Yesの場合）、次のステップS40に進む。 30

【0095】

続いて、制御部50は、全ての加工深さについて改質領域の形成が終了しているか否かを判断する（ステップS40）。全ての加工深さについて改質領域の形成が終了していない場合には、次の加工深さに移動し（ステップS42）、ステップS30からステップS40までの処理を繰り返す。一方、全ての加工深さについて改質領域の形成が終了した場合には、リアルタイム加工動作を終了する。 40

【0096】

このようにして、ウェーハの内部の所望の位置に改質領域を形成することにより、改質領域を起点としてウェーハWを複数のチップに分割することが可能となる。

【0097】

図10は、第1の実施形態におけるAF信号の出力特性の一例を示した図であり、改質領域の加工深さを0～800μmの範囲で変化させたときの出力特性を示している。

【0098】

本実施形態では、改質領域の加工深さに応じてAF用レーザー光L2の集光点のZ方向位置がウェーハWのレーザー光照射面の基準位置と一致するように調節されるので、図1 50

0に示すように、各加工深さに対応するAF信号の出力特性は略揃ったものとなり、いずれもウェーハWのレーザー光照射面の基準位置（原点）をゼロクロス点としたほぼ直線状の出力特性となる。したがって、このような出力特性を有するAF信号を用いてリアルタイム加工動作を実行することにより、改質領域の加工深さの変更に影響されることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の変位を安定かつ高精度に検出することが可能となる。

【0099】

以上のとおり、本実施形態では、互いに波長の異なる2つのAF用レーザー光L2a、L2bを用いてウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を検出しているので、ウェーハWのレーザー光照射面に形成される薄膜のばらつきによる影響を受けることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を安定かつ精度よく検出することが可能となる。

10

【0100】

また、本実施形態では、AF用レーザー光L2を集光レンズ106に導くための照射光学系300の光路上であってダイクロイックミラー104とハーフミラー308との間には、AF用レーザー光L2の集光点をZ方向（ウェーハ厚み方向）に調整する集光点調整光学系としてフォーカス光学系306が設けられている。このため、改質領域の加工深さの変化に伴い、集光レンズ106とウェーハWとの相対的距離が変化する場合でも、AF用レーザー光L2の集光点がウェーハWのレーザー光照射面に一致させるように調整することができるので、ウェーハのレーザー光照射面から所定の加工深さに改質領域を精度よく形成することが可能となる。

【0101】

20

また、本実施形態では、本発明者が鋭意検討を重ねた結果、加工深さによらず安定したオートフォーカス特性（AF特性）を得る上で、集光レンズ106の射出瞳とフォーカス光学系306との光学的距離D0、集光レンズ106の射出瞳と結像レンズ404、406との光学的距離をD1が重要なパラメータであることを見出した。具体的には、光学的距離D0、D1を50mm未満とすることで、AF感度が高く、引き込み範囲を広く、加工深さによらず安定したAF特性を得ることが可能となる。したがって、改質領域の加工深さによらず、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を迅速にかつ精度よく安定して検出することができる。その結果、ウェーハWのレーザー光照射面にばらつきがあっても、ウェーハWのレーザー光照射面から所定の加工深さに改質領域を精度よく形成することが可能となる。

30

【0102】

なお、本実施形態では、第1検出器412及び第2検出器414のうち総受光量の多い方の検出器から出力される出力信号を用いたが、これに限らず、第1検出器412及び第2検出器414でそれぞれ受光された光量に対し予め定めた基準に従って重み付け加算を行うことによってAF信号を得るようにしてもよい。例えば、第1検出器412で受光された光量をS1とし、第2検出器414で受光された光量をS2としたとき、S1、S2に対してそれぞれ重み係数 α 、 β （但し、 α 、 $\beta > 0$ ）を乗じたものを加算したものをを用いてもよい。また、S1、S2をそれぞれ二乗して加算したものをを用いてもよいし、他の重み付けの方法を用いてもよい。

【0103】

40

また、本実施形態では、互いに波長が異なる2つのAF用レーザー光L2a、L2bが用いられるため、第1検出器412及び第2検出器414は、それぞれの波長域に対する色収差を考慮した位置に配置される構成としたが、これに限らず、例えば、色収差補正手段としてフォーカス光学系306内に貼り合わせレンズを含んでいてもよい。この場合、フォーカス光学系306は色収差補正手段として機能するので、第1検出器412及び第2検出器414の位置調整が不要となり、AF装置110の装置構成を簡素化することが可能となる。

【0104】

また、本実施形態では、互いに波長が異なる2つのAF用レーザー光L2a、L2bを用いてウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を検出する場合について説明したが、こ

50

れに限らず、互いに波長が異なる 3 つ以上の A F 用レーザー光を用いてもよい。

【0105】

また、本実施形態では、第 1 検出器 412 及び第 2 検出器 414 が 4 分割フォトダイオードで構成される例を示したが、これに限らず、光量バランスを測定できるものであればよく、例えば、2 次元撮像素子等を用いてもよい。

【0106】

また、本実施形態では、光ファイバ 302 を用いているが、レイアウト上の問題がなければ、コリメートレンズ 304 の前側焦点位置に光源像を直接作り、光ファイバ 302 を省略してもかまわない。

【0107】

10

(第 2 の実施形態)

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。以下、第 1 の実施形態と共通する部分については説明を省略し、本実施形態の特徴的部分を中心に説明する。

【0108】

図 11 は、第 2 の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図である。図 11 中、図 1 と共通又は類似する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0109】

第 2 の実施形態は、ウェーハ W のレーザー光照射面の高さ位置を検出する方法として、ナイフエッジ法を用いるものである。

20

【0110】

図 11 に示すように、A F 装置 110 の照射光学系 300 は、ナイフエッジ 322 を備えている。ナイフエッジ 322 は、照射光学系 300 の光路上であってコリメートレンズ 304 とフォーカス光学系 306 との間に配設され、A F 用レーザー光 L2 の一部を遮光する。

【0111】

A F 装置 110 の光源部 200 から出力された A F 用レーザー光 L2 は、光ファイバ 302 を経由して、コリメートレンズ 304 でコリメートされ、ナイフエッジ 322 によってその一部が遮光される。そして、ナイフエッジ 322 によって遮光されことなく進行した光は、フォーカス光学系 306、ハーフミラー 308、4 f 光学系 310、ダイクロイックミラー 104 を経由して、集光レンズ 106 により集光されてウェーハ W に照射される。ウェーハ W のレーザー光照射面で反射した A F 用レーザー光 L2 の反射光は、A F 用レーザー光 L2 と同一光路を逆向きに進み、その光路上に配置されるハーフミラー 308 を透過し、照射光学系 300 の光路から分岐した光路に設けられた検出光学系 400 に導かれる。

30

【0112】

検出光学系 400 は、ダイクロイックミラー 402、結像レンズ 404、406、第 1 検出器 416、第 2 検出器 418 等で構成されている。

【0113】

ダイクロイックミラー 402 は、第 1 の実施形態と同様に、検出光学系 400 に導かれた A F 用レーザー光 L2 の反射光を特定の波長の光とそれ以外の波長の光に分割する。すなわち、A F 用レーザー光 L2 の反射光のうち、第 1 光源 202 から出射された A F 用レーザー光 L2 a の波長に相当する第 1 波長域の光は、ダイクロイックミラー 402 を透過し、結像レンズ 404 を経由し、第 1 検出器 416 に受光される。一方、第 2 光源 204 から出射された A F 用レーザー光 L2 b の波長に相当する第 2 波長域の光は、ダイクロイックミラー 402 で反射され、結像レンズ 406 を経由し、第 2 検出器 418 に受光される。

40

【0114】

第 1 検出器 416 及び第 2 検出器 418 は、2 分割された受光素子を有する 2 分割フォトダイオードからなり、それぞれの波長域の光の集光像を分割して受光し、それぞれの光

50

量に応じた出力信号を A F 信号処理部 5 0 0 に出力する。

【0 1 1 5】

なお、第 1 検出器 4 1 6 及び第 2 検出器 4 1 8 は、それぞれの波長域に対する色収差を考慮した位置に配置されており、同じ合焦位置を示すように調整されている。

【0 1 1 6】

ここで、ウェーハ W のレーザー光照射面の変位の検出原理について説明する。

【0 1 1 7】

図 1 2 は、検出器（第 1 検出器 4 1 6 及び第 2 検出器 4 1 8 に相当）を構成する 2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光面に形成される集光像の様子を示した図である。なお、図 1 2 (a) ~ (c) は、図 4 においてウェーハ W のレーザー光照射面がそれぞれ h 1 、 h 2 、 h 3 で示す位置にあるときに、2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光面に形成される集光像の様子を示している。

【0 1 1 8】

まず、ウェーハ W のレーザー光照射面が h 2 の位置にある場合、すなわち、ウェーハ W のレーザー光照射面と A F 用レーザー光 L 2 の集光点とが一致している場合、図 1 2 (b) に示すように、2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光面には真ん中にシャープな像（真円）が形成される。このとき、2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光素子 6 0 2 A 、 6 0 2 B で受光される光量は共に等しくなり、ウェーハ W のレーザー光照射面は合焦位置にあることが分かる。

【0 1 1 9】

一方、ウェーハ W のレーザー光照射面が h 1 の位置にある場合、すなわち、ウェーハ W のレーザー光照射面が A F 用レーザー光 L 2 の集光点よりも集光レンズ 1 0 6 に近い位置にある場合、図 1 2 (a) に示すように、2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光面には、受光素子 6 0 2 A 側に半円状の集光像が形成され、その大きさ（ぼけ量）はウェーハ W と集光レンズ 1 0 6 との距離に応じて変化する。

【0 1 2 0】

また、ウェーハ W のレーザー光照射面が h 3 の位置にある場合、すなわち、ウェーハ W のレーザー光照射面が A F 用レーザー光 L 2 の集光点よりも集光レンズ 1 0 6 から遠い位置にある場合、図 1 2 (c) に示すように、2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光面には、受光素子 6 0 2 B 側に半円状の集光像が形成され、その大きさ（ぼけ量）はウェーハ W と集光レンズ 1 0 6 との距離に応じて変化する。

【0 1 2 1】

このように、2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光素子 6 0 2 A 、 6 0 2 B で受光される光量は、ウェーハ W のレーザー光照射面の変位に応じて変化する。したがって、このような性質を利用してウェーハ W のレーザー光照射面の変位を検出することができる。

【0 1 2 2】

A F 信号処理部 5 0 0 は、第 1 検出器 4 1 6 を構成する 2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光素子 6 0 2 A 、 6 0 2 B から出力された出力信号をそれぞれ A 1 、 B 1 とし、第 2 検出器 4 1 8 を構成する 2 分割フォトダイオード 6 0 2 の受光素子 6 0 2 A 、 6 0 2 B から出力された出力信号をそれぞれ A 2 、 B 2 としたとき、第 1 検出器 4 1 6 における出力信号の和 (A 1 + B 1) が第 2 検出器 4 1 8 における出力信号の和 (A 2 + B 2) 以上である場合には、A F 信号 E を、次式 (3) に従って求める。

【0 1 2 3】

$$E = (A1 - B1) / (A1 + B1) \quad \cdots (3)$$

一方、第 1 検出器 4 1 6 における出力信号の和 (A 1 + B 1) が第 2 検出器 4 1 8 における出力信号の和 (A 2 + B 2) 未満である場合には、A F 信号 E を、次式 (4) に従って求める。

【0 1 2 4】

$$E = (A2 - B2) / (A2 + B2) \quad \cdots (4)$$

かかる構成によれば、制御部 5 0 は、A F 信号処理部 5 0 0 から出力される A F 信号に

基づいて、上述した第1の実施形態と同様に、第1アクチュエータ108や第2アクチュエータ316の駆動を制御することができるので、改質領域の加工深さに対する変更に影響を受けることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の変位を追従するように加工用レーザー光L1の集光点を高精度に制御することができ、ウェーハWの内部の所望の位置に改質領域を高精度に形成することが可能となる。

【0125】

なお、第1検出器416及び第2検出器418は、2分割フォトダイオードに限らず、光量バランスを測定できるものであればよく、例えば、4分割フォトダイオードや2次元撮像素子等を用いてもよい。

【0126】

図13は、第2の実施形態におけるAF信号の出力特性を示した図である。図13に示すように、第2の実施形態では、第1の実施形態におけるAF信号の出力特性（図10参照）に比べてフォーカス引き込み範囲は若干狭くなっているが、AF信号の出力特性のカーブの傾き（合焦位置を中心とした比例関係にある略直線部分の傾き）は大きくフォーカス感度が高く、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を安定して検出することが可能なものとなっている。

【0127】

このように第2の実施形態においても、第1の実施形態と同様の効果が得られる。また、第1の実施形態と同様に、光学的距離D0、D1を50mm未満とすることで、AF感度が高く、引き込み範囲を広く、加工深さによらず安定したAF特性を得ることが可能となる。したがって、改質領域の加工深さによらず、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を迅速にかつ精度よく安定して検出することができる。その結果、ウェーハWのレーザー光照射面にばらつきがあっても、ウェーハWのレーザー光照射面から所定の加工深さに改質領域を精度よく形成することが可能となる。

【0128】

（第3の実施形態）

次に、本発明の第3の実施形態について説明する。以下、第1の実施形態と共通する部分については説明を省略し、本実施形態の特徴的部分を中心に説明する。

【0129】

図14は、第3の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図である。図14中、図1と共通又は類似する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0130】

第3の実施形態は、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を検出する方法として、中心強度法を用いるものである。なお、中心強度法とは、2つの検出器のいずれか一方の検出器で反射光の一部を受光し、他方の検出器で反射光の全部又は一部を受光し、それぞれの検出器における受光量を用いてウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を検出する方法である。

【0131】

図14に示すように、AF装置110の照射光学系300は、上述した第1の実施形態と同様の構成を有しており、AF装置110の光源部200から出力されたAF用レーザー光L2は、照射光学系300の光路を経由して集光レンズ106に導かれ、集光レンズ106により集光されてウェーハWに照射される。ウェーハWのレーザー光照射面で反射したAF用レーザー光L2の反射光は、照射光学系300の光路を逆向きに進み、その光路上に配置されるハーフミラー308を透過し、照射光学系300の光路から分岐した光路に設けられた検出光学系400に導かれる。

【0132】

検出光学系400は、ダイクロイックミラー402、穴あきミラー422、424、結像レンズ426、428、第1検出器430a、430b、第2検出器432a、432b等で構成されている。

【0133】

ダイクロイックミラー402は、第1の実施形態と同様に、検出光学系400に導かれたAF用レーザー光L2の反射光を特定の波長とそれ以外の波長の光に分割する。すなわち、AF用レーザー光L2の反射光のうち、第1光源202から出射されたAF用レーザー光L2aの波長に相当する第1波長域の光は、ダイクロイックミラー402を透過し、その一部の光は穴あきミラー422の中央部分に形成される開口部を通過して第1検出器430aで受光され、残りの光は穴あきミラー422の周辺部分の反射面で反射されて結像レンズ426により集光されて第1検出器430bで受光される。一方、第2光源204から出射されたAF用レーザー光L2bの波長に相当する第2波長域の光は、ダイクロイックミラー402で反射され、その一部の光は穴あきミラー424の中央部分に形成される開口部を通過して第2検出器432aで受光され、残りの光は穴あきミラー424の周辺部分の反射面で反射されて結像レンズ428により集光されて第2検出器432bで受光される。

10

【0134】

第1検出器430a、430b及び第2検出器432a、432bは、受光した光量に応じた出力信号をAF信号処理部500に出力する。

【0135】

AF信号処理部500は、第1検出器430a、430b及び第2検出器432a、432bの少なくとも一方の検出器から出力された出力信号に基づいて、ウェーハWのレーザー光照射面の基準位置からのZ方向の変位（デフォーカス距離）を示すAF信号を生成して制御部50に出力する。

20

【0136】

ここで、ウェーハWのレーザー光照射面の変位の検出原理について説明する。なお、第1検出器430a、430bを用いた検出原理と第2検出器432a、432bの検出原理を用いた検出原理は同様なので、これらを代表して第1検出器430a、430bを用いた検出原理について説明する。

【0137】

ダイクロイックミラー402を透過した反射光のうち、一部の光は穴あきミラー422の開口部を通過して第1検出器430aで受光され、残りの光は穴あきミラー422の周辺部分の反射面で反射されて結像レンズ426により集光されて第1検出器430bで受光される。このため、第1検出器430a、430bで受光される反射光の光量の和（総受光量）は、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置によらず常に一定であり、第1検出器430a、430bの出力の和は一定となる。一方、第1検出器430aに受光される反射光は、穴あきミラー422の開口部によって受光領域が中心部分に制限されるので、集光レンズ106からウェーハWのレーザー光照射面までの距離、すなわち、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置（Z方向位置）によって受光量が変化する。そのため、第1検出器430aの出力は、AF用レーザー光L2が照射されるウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置によって変化する。したがって、このような性質を利用することで、ウェーハWのレーザー光照射面の変位を検出することができる。

30

【0138】

AF信号処理部500では、第1検出器430a、430bから出力された出力信号をそれぞれPa、Pb、第2検出器432a、432bから出力された出力信号をそれぞれQa、Qbとしたとき、第1検出器430a、430bにおける出力信号の和（Pa+Pb）が第2検出器432a、432bにおける出力信号の和（Qa+Qb）以上である場合には、AF信号Eを、次式（5）に従って求める。

40

【0139】

$$E = (Pa + Pb) / Pa \cdots (5)$$

一方、第1検出器430a、430bにおける出力信号の和（Pa+Pb）が第2検出器432a、432bにおける出力信号の和（Qa+Qb）未満である場合には、AF信号Eを、次式（6）に従って求める。

50

【0140】

$$E = (Qa + Qb) / Qa \cdots (6)$$

すなわち、AF信号処理部500は、AF信号Eを求めるための検出器を、第1検出器430a、430b及び第2検出器432a、432bのうち総受光量が多い方の検出器に切り替えて使用している。これにより、常に高い反射率の波長の光を用いてAF信号Eが生成されるので、ウェーハWのレーザー光照射面に照射されたAF用レーザー光L2の反射率が波長により変化しても、ウェーハWのレーザー光照射面に形成された薄膜のぼらつきによる影響を受けることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置の検出を精度よく安定して行うことができる。

【0141】

かかる構成によれば、制御部50は、AF信号処理部500から出力されるAF信号に基づいて、上述した第1の実施形態と同様に、第1アクチュエータ108や第2アクチュエータ316の駆動を制御することができるので、改質領域の加工深さに対する変更に影響を受けることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の変位を追従するように加工用レーザー光L1の集光点を高精度に制御することができ、ウェーハWの内部の所望の位置に改質領域を高精度に形成することが可能となる。

【0142】

図15は、第3の実施形態におけるAF信号の出力特性を示した図である。図15に示すように、第3の実施形態では、第1の実施形態と同様に、各加工深さに対応するAF信号の出力特性は略揃ったものとなり、いずれもウェーハWのレーザー光照射面の基準位置（原点）で一定の出力値を示すほぼ直線状の特性となる。したがって、このような出力特性を有するAF信号を用いてリアルタイム加工動作を実行することにより、改質領域の加工深さの変更に影響されることなく、ウェーハWのレーザー光照射面の変位を安定かつ高精度に検出することが可能となる。

【0143】

このように第3の実施形態においても、第1の実施形態と同様の効果が得られる。また、第3の実施形態では、集光レンズ106と穴あきミラー422、424（受光領域規制手段）との光学的距離が20mm以上150mm以下であり、かつ集光レンズ106の射出瞳とフォーカス光学系306の固定レンズ312との光学的距離が120mm以下であることが好ましい。これらの光学的距離を上記範囲に設定することで、AF感度が高く、引き込み範囲を広く、加工深さによらず安定したAF特性を得ることが可能となる。

【0144】

なお、第3の実施形態では、受光領域規制手段である穴あきミラー422、424を用いたが、これに限らず、例えば、分割ミラーを用いてもよい。この場合、ダイクロイックミラー402で波長毎に分割されたAF用レーザー光L2の反射光を分割ミラーで2つの経路に分割し、分割された各々の反射光を第1検出器430a、430b及び第2検出器432a、432bでそれぞれ検出する。これにより、穴あきミラー422、424を用いる場合と同様にしてAF信号を求めることができ、ウェーハWのレーザー光照射面の高さ位置を検出することが可能となる。

【0145】

また、第3の実施形態では、AF用レーザー光L2を検出する検出光学系400の構成として、第1検出器430a、430b及び第2検出器432a、432bを用いた構成を例に挙げて説明したが、必ずしもこのような構成に限定されるものではない。AF用レーザー光L2を検出する検出光学系400の構成として、例えば、図16に示すような構成を採用することもできる。

【0146】

図16は、第3の実施形態に係るダイシング装置の他の構成例を示した要部構成図である。図16に示した構成例においては、図14に示した穴あきミラー422、424に代えて、ハーフミラー434、436、マスク438、440が設けられている。

【0147】

この構成例によれば、ダイクロイックミラー４０２に導かれたＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光のうち、ダイクロイックミラー４０２を透過した第１波長域の光の一部はハーフミラー４３４を透過して、光路上に中央開口を有するマスク４３８を介して第１検出器４３０ａで受光され、残りの光はハーフミラー４３４で反射され、結像レンズ４２６により第１検出器４３０ｂに１００％受光される。一方、ダイクロイックミラー４０２で反射された第２波長域の光の一部はハーフミラー４３６を透過して、光路上に中央開口を有するマスク４４０を介して第２検出器４３２ａで受光され、残りの光はハーフミラー４３６で反射され、結像レンズ４２８により第２検出器４３２ｂに１００％受光される。第１検出器４３０ｂ、第２検出器４３２ｂに受光される反射光の光量は一定であるのに対し、第１検出器４３０ａ、第２検出器４３２ａに受光される反射光の光量はウェーハＷのレーザー光照射面の高さ位置によって変化する。この性質を利用することで、第３の実施形態と同様に、ウェーハＷのレーザー光照射面の高さ位置を検出することが可能となる。

10

【０１４８】

すなわち、ＡＦ信号処理部５００では、第１検出器４３０ａ、４３０ｂから出力された出力信号をそれぞれＰａ、Ｐｂ、第２検出器４３２ａ、４３２ｂから出力された出力信号をそれぞれＱａ、Ｑｂとしたとき、第１検出器４３０ｂにおける出力信号Ｐｂが第２検出器４３２ｂにおける出力信号Ｑｂ以上である場合には、ＡＦ信号Ｅを、次式（７）に従って求める。

【０１４９】

$$E = P b / P a \cdots (7)$$

20

一方、第１検出器４３０ｂにおける出力信号Ｐｂが第２検出器４３２ｂにおける出力信号Ｑｂ未満である場合には、ＡＦ信号Ｅを、次式（８）に従って求める。

【０１５０】

$$E = Q b / Q a \cdots (8)$$

かかる構成によれば、制御部５０は、ＡＦ信号処理部５００から出力されるＡＦ信号に基づいて、上述した第１の実施形態と同様に、第１アクチュエータ１０８や第２アクチュエータ３１６の駆動を制御することにより、改質領域の加工深さに対する変更に影響を受けることなく、ウェーハＷのレーザー光照射面の変位を追従するように加工用レーザー光Ｌ１の集光点を高精度に制御することができ、ウェーハＷの内部の所望の位置に改質領域を高精度に形成することが可能となる。

30

【０１５１】

また、第３の実施形態では、図１７に示すような構成を採用することができる。すなわち、ダイクロイックミラー１０４と４ｆ光学系３１０との間にハーフミラー４４２が配置されている。ハーフミラー４４２は、光路分岐手段の一例であり、照射光学系３００の光路に配設され、ウェーハＷのレーザー光照射面で反射したＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光の一部を照射光学系３００の光路から検出光学系４００の光路に分岐させる。

【０１５２】

ＡＦ装置１１０の光源部２００から出力されたＡＦ用レーザー光Ｌ２は、照射光学系３００の光路を経由して集光レンズ１０６に導かれ、集光レンズ１０６により集光されてウェーハＷに照射される。ウェーハＷのレーザー光照射面で反射したＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光は、ＡＦ用レーザー光Ｌ２と同一光路を逆向きに進み、その光路上に配置されるハーフミラー４４２で反射され、照射光学系３００の光路から分岐した光路に設けられた検出光学系４００に導かれる。

40

【０１５３】

検出光学系４００に導かれたＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光は、第３の実施形態と同様に、ダイクロイックミラー４０２で波長毎に分割される。すなわち、ダイクロイックミラー４０２に導かれたＡＦ用レーザー光Ｌ２の反射光のうち、ダイクロイックミラー４０２を透過した第１波長域の光の一部は穴あきミラー４２２の中央部分に形成される開口部を通過して第１検出器４３０ａで受光され、残りの光は穴あきミラー４２２の周辺部分の反射面で反射されて結像レンズ４２６により集光されて第１検出器４３０ｂで受光される。

50

同様に、ダイクロイックミラー４０２で反射された第２波長域の光の一部は穴あきミラー４２４の中央部分に形成される開口部を通過して第２検出器４３２ａで受光され、残りの光は穴あきミラー４２４の周辺部分の反射面で反射されて結像レンズ４２８により集光されて第２検出器４３２ｂで受光される。

【０１５４】

このような構成においても、上述した第３の実施形態と同様にしてウェーハＷのレーザー光照射面の高さ位置を検出することができるので、ウェーハＷのレーザー光照射面に形成される薄膜のばらつきによる影響を受けることなく、ウェーハＷのレーザー光照射面の高さ位置を正確に検出することが可能となる。したがって、ウェーハのレーザー光照射面から所定の加工深さに改質領域を精度よく形成することが可能となる。

10

【０１５５】

（第４の実施形態）

次に、本発明の第４の実施形態について説明する。以下、第１の実施形態と共通する部分については説明を省略し、本実施形態の特徴的部分を中心に説明する。

【０１５６】

図１８は、第４の実施形態に係るレーザーダイシング装置の概略を示した構成図である。図１８中、図１と共通又は類似する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【０１５７】

第１の実施形態では、ＡＦ装置１１０は、２つの検出器４１２、４１４を用いて波長が異なる２つのＡＦ用レーザー光Ｌ２ａ、Ｌ２ｂの反射光を同時に検出していたのに対し、第４の実施形態では、波長が異なる２つのＡＦ用レーザー光Ｌ２ａ、Ｌ２ｂを時間的に交互に出射して、ウェーハＷのレーザー光入射面で反射したＡＦ用レーザー光Ｌ２ａ、Ｌ２ｂの反射光を波長域毎に時分割的に交互に検出するものである。

20

【０１５８】

すなわち、ＡＦ装置１１０は、光源部２００の第１光源２０２及び第２光源２０４のＯＮ／ＯＦＦを時分割的に交互に切り替え、その切替タイミングに同期してＡＦ用レーザー光Ｌ２ａ、Ｌ２ｂの反射光を波長域毎に１つの検出器４１２で時分割的に検出できるように構成されている。なお、光源部２００は、時分割出力手段の一例である。また、検出器４１２は、時分割検出手段の一例である。

30

【０１５９】

制御部５０は、光源制御部５２と検出制御部５４とを備えている。光源制御部５２は、第１光源２０２及び第２光源２０４のＯＮ／ＯＦＦの切り替えを制御する。検出制御部５４は、光源制御部５２における切替タイミングに同期して検出器４１２の検出動作（受光動作）を制御する

以上のような構成により、第４の実施形態においても、ＡＦ用レーザー光Ｌ２ａ、Ｌ２ｂの反射光の光量に応じた出力信号が検出器４１２から時分割的に交互に出力されるので、第１の実施形態と同様な効果を得ることができる。さらに第４の実施形態では、波長の異なる複数のＡＦ用レーザー光を検出するために複数の検出器を備える必要がないので、装置構成を簡略化することが可能となる。

40

【０１６０】

なお、第４の実施形態では、ウェーハＷのレーザー光照射面の高さ位置を検出する方法として、非点収差法を適用した場合を例に挙げて説明したが、必ずしもこのような構成に限定されるものではない。ウェーハＷのレーザー光照射面の高さ位置を検出する方法として、上述した第２の実施形態や第３の実施形態のように、ナイフエッジ法や中心強度法を採用することもできる。

【０１６１】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、以上の例には限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良や変形を行ってもよいのはもちろんである。

50

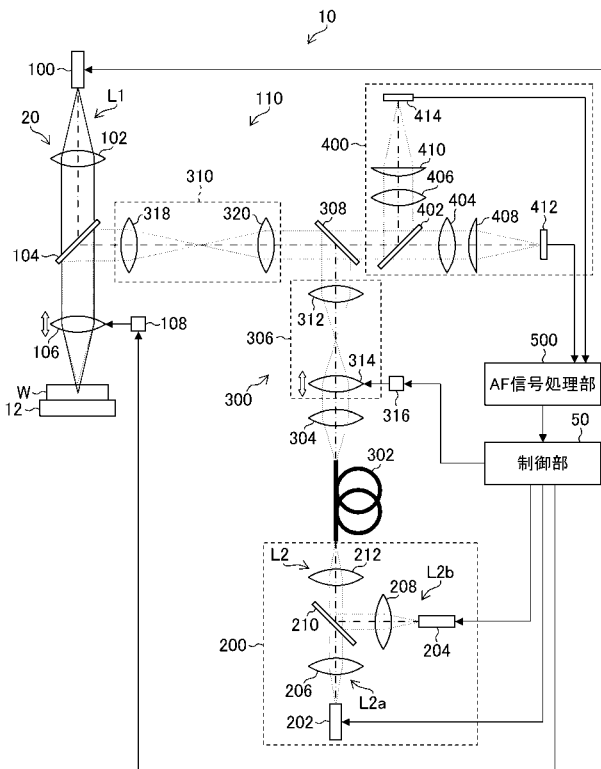
【符号の説明】

【0162】

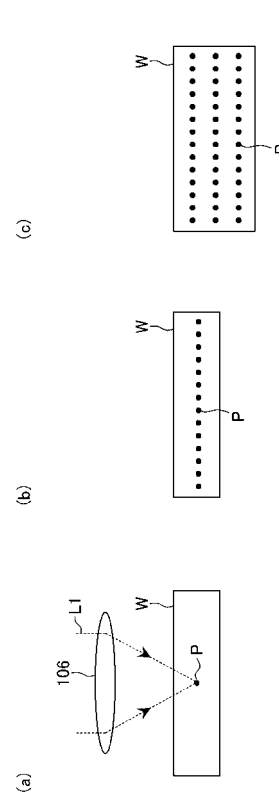
10…レーザーダイシング装置、12…ステージ、20…レーザーヘッド、50…制御部、100…加工用レーザー光源、102…コリメートレンズ、104…ダイクロイックミラー、106…集光レンズ、108…第1アクチュエータ、110…AF装置、200…光源部、202…第1光源、204…第2光源、210…ダイクロイックミラー、300…照射光学系、302…光ファイバ、304…コリメートレンズ、306…フォーカス光学系、308…ハーフミラー、310…4f光学系、400…検出光学系、402…ダイクロイックミラー、408、410…シリンドリカルレンズ、412…第1検出器、414…第2検出器、500…AF信号処理部、L1…加工用レーザー光、L2…AF用レーザー光

10

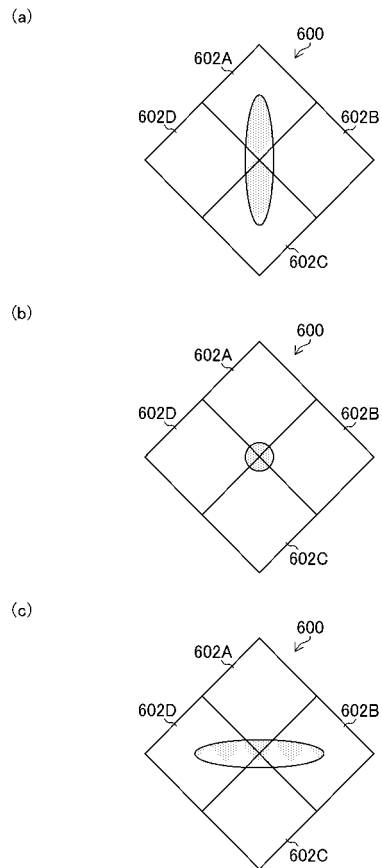
【図1】



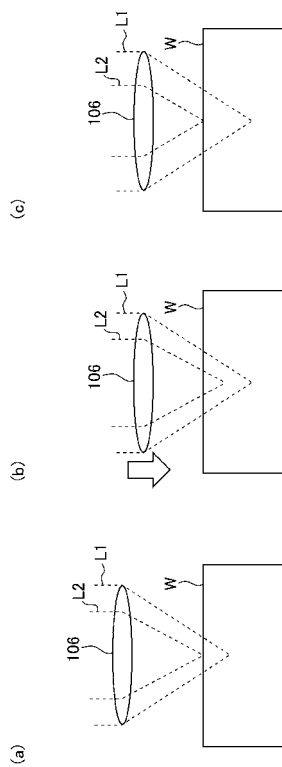
【図2】



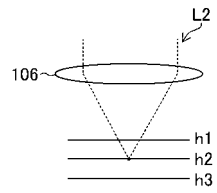
【図 3】



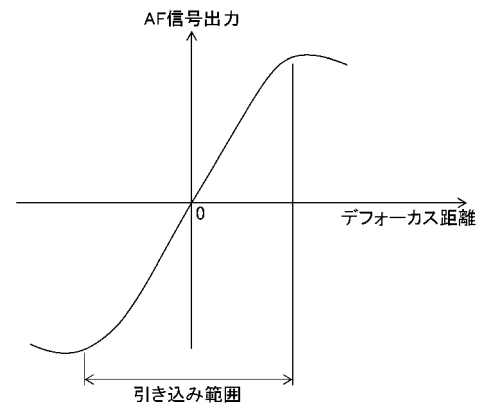
【図 6】



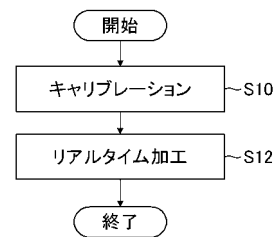
【図 4】



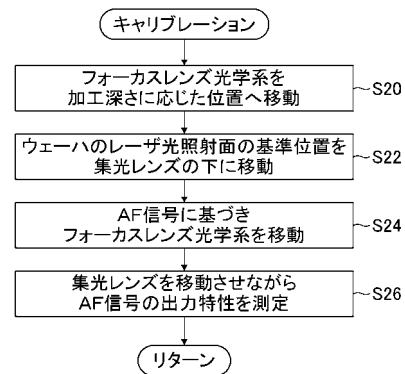
【図 5】



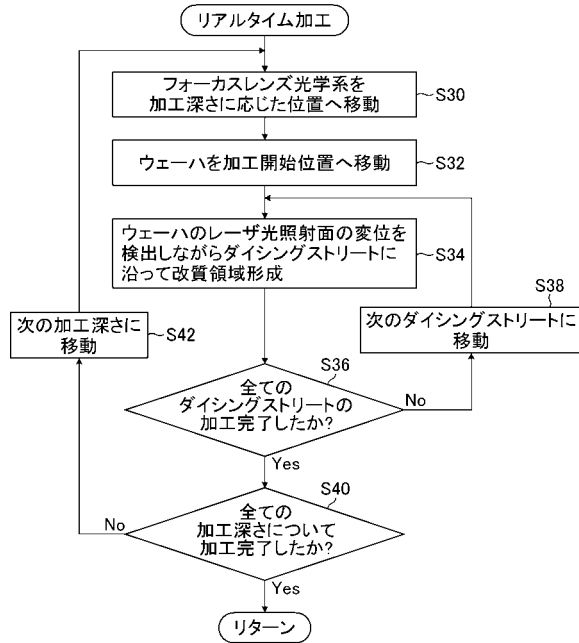
【図 7】



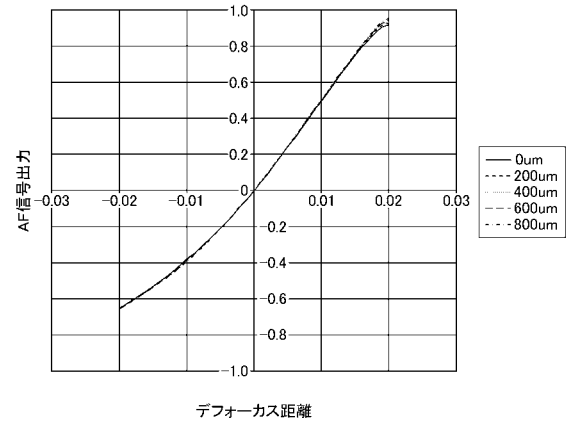
【図 8】



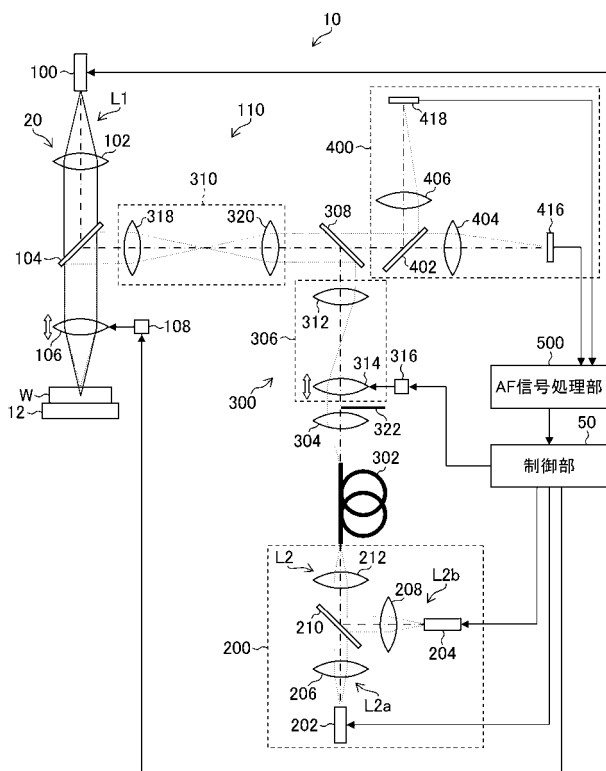
【図 9】



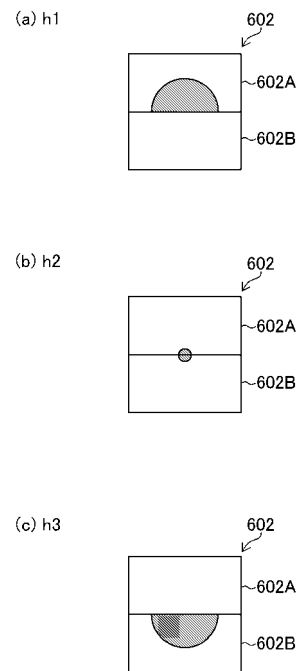
【図 10】



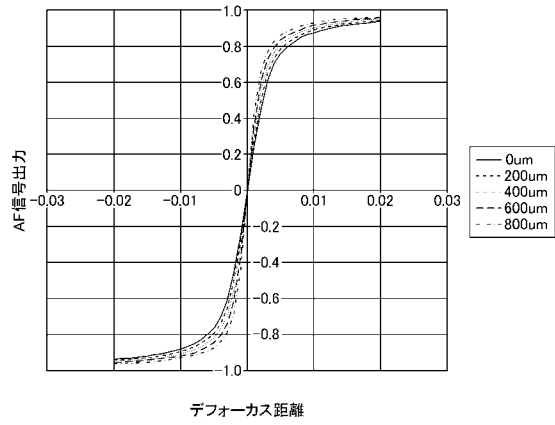
【図 11】



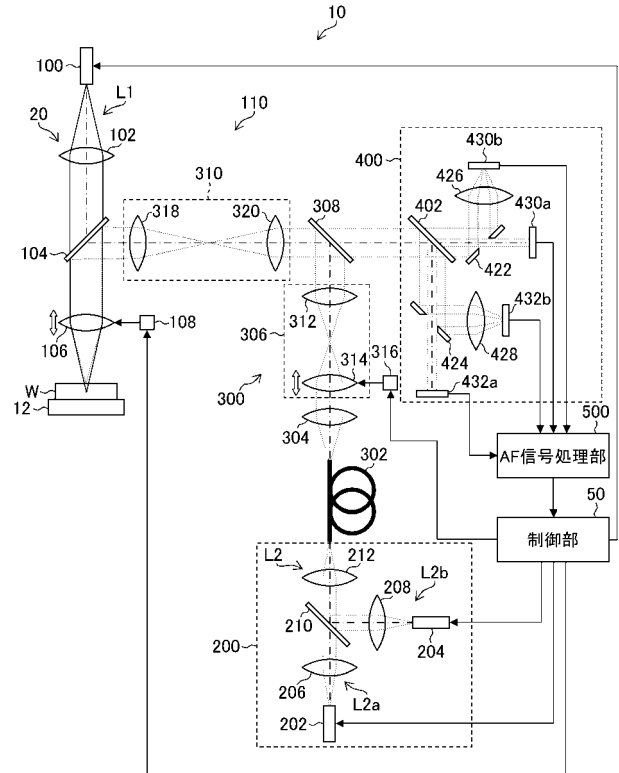
【図 12】



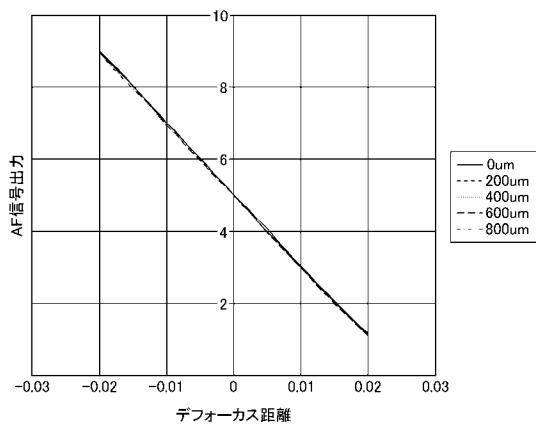
【図 13】



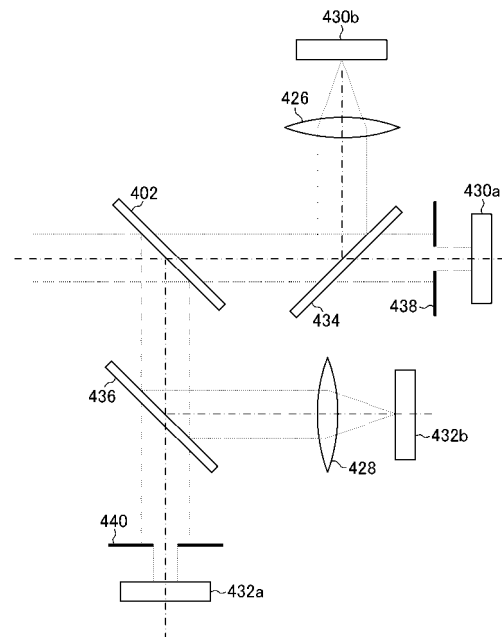
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【 図 1 8 】

