

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6594699号
(P6594699)

(45) 発行日 令和1年10月23日(2019.10.23)

(24) 登録日 令和1年10月4日(2019.10.4)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 1 L 21/301	(2006.01)	H O 1 L	21/78		L
B 2 3 K 26/53	(2014.01)	H O 1 L	21/78		B
		B 2 3 K	26/53		

請求項の数 12 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2015-161203 (P2015-161203)	(73) 特許権者	000236436
(22) 出願日	平成27年8月18日 (2015. 8. 18)		浜松ホトニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2017-41502 (P2017-41502A)		静岡県浜松市東区市野町1126番地の1
(43) 公開日	平成29年2月23日 (2017. 2. 23)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成30年8月10日 (2018. 8. 10)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100140442
			弁理士 柴山 健一
		(74) 代理人	100156395
			弁理士 荒井 寿王
		(72) 発明者	奥間 惇治
			静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工対象物切断方法及び加工対象物切断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

結晶材料からなる基板と前記基板の表面上に配列された複数の機能素子とを含む加工対象物を切断する加工対象物切断方法であって、

前記基板の結晶方位を特定する結晶方位特定工程と、

前記結晶方位特定工程の後、隣り合う機能素子の間に形成されたストリート領域を通る切断予定ラインを前記加工対象物に設定する切断予定ライン設定工程と、

前記切断予定ライン設定工程の後、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物を切断する切断工程と、を備え、

前記切断予定ライン設定工程では、

前記ストリート領域の延在方向が前記結晶方位と一致していない場合、前記結晶方位と平行で且つ前記ストリート領域の延在方向に対して傾斜する前記切断予定ラインを、前記加工対象物に設定する、加工対象物切断方法。

【請求項2】

前記切断予定ライン設定工程では、

前記ストリート領域の幅方向において前記切断予定ラインが前記ストリート領域内に収まる位置に、前記切断予定ラインを設定する、請求項1に記載の加工対象物切断方法。

【請求項3】

前記切断予定ライン設定工程では、

前記ストリート領域の幅方向において前記切断予定ラインが前記ストリート領域内に

収まらない場合、前記ストリート領域からはみ出た前記切断予定ラインが交差する前記機能素子の数が所定数以下となる位置に、前記切断予定ラインを設定する、請求項 1 又は 2 に記載の加工対象物切断方法。

【請求項 4】

前記結晶方位特定工程は、

前記加工対象物に対して互いに異なる方向に延在する複数の候補ラインを設定する第 1 工程と、

複数の前記候補ラインのそれぞれに沿って、前記基板の内部に改質領域が形成され、且つ前記改質領域から前記加工対象物の表面に亀裂が到達するように、レーザ光を前記加工対象物に集光する第 2 工程と、

前記亀裂の状態に基づいて前記結晶方位を特定する第 3 工程と、を有する、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の加工対象物切断方法。

【請求項 5】

前記結晶方位特定工程は、

前記加工対象物に形成され前記結晶方位を示す基準マークに基づいて、前記結晶方位を特定する、請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の加工対象物切断方法。

【請求項 6】

前記切断工程では、

前記加工対象物の内部にレーザ光を集光させ、前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物の内部に改質領域を形成し、前記改質領域を切断の起点として前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物を切断する、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載の加工対象物切断方法。

【請求項 7】

結晶材料からなる基板と前記基板の表面上に配列された複数の機能素子とを含む加工対象物を切断する加工対象物切断装置であって、

前記基板の結晶方位を特定する結晶方位特定部と、

隣り合う機能素子の間に形成されたストリート領域を通る切断予定ラインを前記加工対象物に設定する切断予定ライン設定部と、

前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物を切断する切断部と、を備え、

前記切断予定ライン設定部は、

前記ストリート領域の延在方向が前記結晶方位と一致していない場合、前記結晶方位と平行で且つ前記ストリート領域の延在方向に対して傾斜する前記切断予定ラインを、前記加工対象物に設定する、加工対象物切断装置。

【請求項 8】

前記切断予定ライン設定部は、

前記ストリート領域の幅方向において前記切断予定ラインが前記ストリート領域内に収まる位置に、前記切断予定ラインを設定する、請求項 7 に記載の加工対象物切断装置。

【請求項 9】

前記切断予定ライン設定部は、

前記ストリート領域の幅方向において前記切断予定ラインが前記ストリート領域内に収まらない場合、前記ストリート領域からはみ出た前記切断予定ラインが交差する前記機能素子の数が所定数以下となる位置に、前記切断予定ラインを設定する、請求項 7 又は 8 に記載の加工対象物切断装置。

【請求項 10】

前記結晶方位特定部は、

前記加工対象物を支持する支持台と、

レーザ光を出射するレーザ光源と、

前記レーザ光源から出射された前記レーザ光を、前記支持台に支持された前記加工対象物に集光する集光光学系と、

前記支持台に支持された前記加工対象物の表面を撮像する撮像部と、

10

20

30

40

50

前記加工対象物に対して互いに異なる方向に延在する複数の候補ラインを設定する候補ライン設定部と、

複数の前記候補ラインのそれぞれに沿って、前記基板の内部に改質領域が形成され、且つ前記改質領域から前記加工対象物の前記表面に亀裂が到達するように、前記支持台、前記レーザ光源及び前記集光光学系の少なくとも1つの動作を制御する動作制御部と、

前記撮像部によって撮像された前記亀裂の画像に基づいて前記結晶方位を特定する特定部と、を有する、請求項7～9の何れか一項に記載の加工対象物切断装置。

【請求項11】

前記結晶方位特定部は、

前記加工対象物に形成され前記結晶方位を示す基準マークを撮像する撮像部と、

前記撮像部によって撮像された前記基準マークの画像に基づいて前記結晶方位を特定する特定部と、を有する、請求項7～9の何れか一項に記載の加工対象物切断装置。

【請求項12】

前記切断部は、

前記加工対象物を支持する支持台と、

レーザ光を出射するレーザ光源と、

前記レーザ光源から出射された前記レーザ光を、前記支持台に支持された前記加工対象物に集光する集光光学系と、

前記切断予定ラインに沿って前記加工対象物の内部に切断の起点となる改質領域が形成されるように、前記支持台、前記レーザ光源及び前記集光光学系の少なくとも1つの動作を制御する動作制御部と、を有する、請求項7～11の何れか一項に記載の加工対象物切断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加工対象物切断方法及び加工対象物切断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

結晶材料からなる基板を含む加工対象物に対して格子状に設定された複数の切断予定ラインのそれぞれに沿って切断起点領域を形成し、当該切断起点領域から加工対象物の表面及び裏面に亀裂を到達させることで、複数の切断予定ラインのそれぞれに沿って加工対象物を切断して複数のチップを得る技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。切断起点領域としては、例えば、基板の内部に形成された改質領域、加工対象物の表面に形成された溝等が挙げられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-108459号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述したような技術で加工対象物を切断して複数のチップを得ると、チップの切断面に段差が出現し、チップの歩留まりが低下する場合がある。そのため、加工対象物切断方法では、切断面を平滑化することが求められている。

【0005】

本発明は、切断面を平滑化することができる加工対象物切断方法及び加工対象物切断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の加工対象物切断方法は、結晶材料からなる基板と基板の表面上に配列された複

10

20

30

40

50

数の機能素子とを含む加工対象物を切断する加工対象物切断方法であって、基板の結晶方位を特定する結晶方位特定工程と、結晶方位特定工程の後、隣り合う機能素子の間に形成されたストリート領域を通る切断予定ラインを加工対象物に設定する切断予定ライン設定工程と、切断予定ライン設定工程の後、切断予定ラインに沿って加工対象物を切断する切断工程と、を備え、切断予定ライン設定工程では、ストリート領域の延在方向が結晶方位と一致していない場合、結晶方位と平行で且つストリート領域の延在方向に対して傾斜する切断予定ラインを、加工対象物に設定する。

【 0 0 0 7 】

本発明の加工対象物切断装置は、結晶材料からなる基板と基板の表面上に配列された複数の機能素子とを含む加工対象物を切断する加工対象物切断装置であって、基板の結晶方位を特定する結晶方位特定部と、隣り合う機能素子の間に形成されたストリート領域を通る切断予定ラインを加工対象物に設定する切断予定ライン設定部と、切断予定ラインに沿って加工対象物を切断する切断部と、を備え、切断予定ライン設定部は、ストリート領域の延在方向が結晶方位と一致していない場合、結晶方位と平行で且つストリート領域の延在方向に対して傾斜する切断予定ラインを、加工対象物に設定する。

10

【 0 0 0 8 】

本発明者らは、切断面における段差の出現が、加工対象物の基板の結晶方位に対して切断予定ラインがずれて設定されたことに起因することを突き止めた。この知見の下、本発明の加工対象物切断方法及び加工対象物切断装置では、ストリート領域の延在方向が結晶方位と一致していない場合、結晶方位と平行で且つストリート領域の延在方向に対して傾斜する切断予定ラインを加工対象物に設定する。これにより、ストリート領域の延在方向が結晶方位と一致していない場合でも、結晶方位に対して切断予定ラインがずれて設定されるのを抑制し、切断面における段差の出現を抑制でき、切断面を平滑化することが可能となる。

20

【 0 0 0 9 】

本発明の加工対象物切断方法において、切断予定ライン設定工程では、ストリート領域の幅方向において切断予定ラインがストリート領域内に収まる位置に、切断予定ラインを設定してもよい。本発明の加工対象物切断装置において、切断予定ライン設定部は、ストリート領域の幅方向において切断予定ラインがストリート領域内に収まる位置に、切断予定ラインを設定してもよい。これにより、加工対象物を切断して複数のチップを得る場合に、不良となるチップの数を低減することができる。

30

【 0 0 1 0 】

本発明の加工対象物切断方法において、切断予定ライン設定工程では、ストリート領域の幅方向において切断予定ラインがストリート領域内に収まらない場合、ストリート領域からはみ出た切断予定ラインが交差する機能素子の数が所定数以下となる位置に、切断予定ラインを設定してもよい。本発明の加工対象物切断装置において、切断予定ライン設定部は、ストリート領域の幅方向において切断予定ラインがストリート領域内に収まらない場合、ストリート領域からはみ出た切断予定ラインが交差する機能素子の数が所定数以下となる位置に、切断予定ラインを設定してもよい。これにより、加工対象物を切断して複数のチップを得る場合において、切断予定ラインがストリート領域内に収まらないときでも、不良となるチップの数を低減することができる。

40

【 0 0 1 1 】

本発明の加工対象物切断方法において、結晶方位特定工程は、加工対象物に対して互いに異なる方向に延在する複数の候補ラインを設定する第1工程と、複数の候補ラインのそれぞれに沿って、基板の内部に改質領域が形成され、且つ改質領域から加工対象物の表面に亀裂が到達するように、レーザ光を加工対象物に集光する第2工程と、亀裂の状態に基づいて結晶方位を特定する第3工程と、を有していてもよい。本発明の加工対象物切断装置において、結晶方位特定部は、加工対象物を支持する支持台と、レーザ光を出射するレーザ光源と、レーザ光源から出射されたレーザ光を、支持台に支持された加工対象物に集光する集光光学系と、支持台に支持された加工対象物の表面を撮像する撮像部と、加工対

50

象物に対して互いに異なる方向に延在する複数の候補ラインを設定する候補ライン設定部と、複数の候補ラインのそれぞれに沿って、基板の内部に改質領域が形成され、且つ改質領域から加工対象物の表面に亀裂が到達するように、支持台、レーザ光源及び集光光学系の少なくとも1つの動作を制御する動作制御部と、撮像部によって撮像された亀裂の画像に基づいて結晶方位を特定する特定部と、を有していてもよい。

【0012】

本発明者らは、候補ラインに沿って基板内に改質領域を形成し、改質領域から表面に到達する亀裂を形成する場合、この亀裂の振れの度合いが小さいほど、当該候補ラインの方向と結晶方位との間の角度ずれが小さいことを見出した。この知見の下、本発明の加工対象物切断方法及び加工対象物切断装置では、候補ラインに沿って基板内に形成した改質領域から表面に到達する亀裂の状態に基づき、結晶方位を特定する。この場合、結晶方位を精度よく特定することが可能となる。

10

【0013】

本発明の加工対象物切断方法において、結晶方位特定工程は、加工対象物に形成され結晶方位を示す基準マークに基づいて、結晶方位を特定してもよい。本発明の加工対象物切断装置において、結晶方位特定部は、加工対象物に形成され結晶方位を示す基準マークを撮像する撮像部と、撮像部によって撮像された基準マークの画像に基づいて結晶方位を特定する特定部と、を有していてもよい。この場合、基準マークを利用して結晶方位を精度よく特定することが可能となる。

【0014】

本発明の加工対象物切断方法において、切断工程では、加工対象物の内部にレーザ光を集光させ、切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に改質領域を形成し、改質領域を切断の起点として切断予定ラインに沿って加工対象物を切断してもよい。本発明の加工対象物切断装置において、切断部は、加工対象物を支持する支持台と、レーザ光を出射するレーザ光源と、レーザ光源から出射されたレーザ光を、支持台に支持された加工対象物に集光する集光光学系と、切断予定ラインに沿って加工対象物の内部に切断の起点となる改質領域が形成されるように、支持台、レーザ光源及び集光光学系の少なくとも1つの動作を制御する動作制御部と、を有していてもよい。この場合、加工対象物の内部に形成した改質領域を切断の起点として、加工対象物を切断予定ラインに沿って精度よく切断することが可能となる。

20

30

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、切断面を平滑化することができる加工対象物切断方法及び加工対象物切断装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】改質領域の形成に用いられるレーザ加工装置の概略構成図である。

【図2】改質領域の形成の対象となる加工対象物の平面図である。

【図3】図2の加工対象物のIII-III線に沿っての断面図である。

【図4】レーザ加工後の加工対象物の平面図である。

40

【図5】図4の加工対象物のV-V線に沿っての断面図である。

【図6】図4の加工対象物のVI-VI線に沿っての断面図である。

【図7】候補ラインに沿ったレーザ加工を説明する加工対象物の断面図である。

【図8】(a)は、ハーフカットが形成された基板表面の第1例を示す平面図である。(b)は、ハーフカットが形成された基板表面の第2例を示す平面図である。

【図9】(a)は、結晶方位に対して候補ラインが成す角度とクランク周期との関係の一例を示すグラフである。図9(b)は、ハーフカットの長さとはクランク形状の出現頻度との関係の一例を示すグラフである。

【図10】(a)は、ハーフカットが形成された基板表面の第3例を示す平面図である。

(b)は、ハーフカットが形成された基板表面の第4例を示す平面図である。

50

【図 1 1】(a) は、ハーフカットが形成された基板表面を拡大して示す写真図である。(b) は、ハーフカットが形成された基板表面を拡大して示す他の平面図である。

【図 1 2】第 1 実施形態に係るレーザ加工装置を示す概略構成図である。

【図 1 3】第 1 実施形態に係るレーザ加工方法を示すフローチャートである。

【図 1 4】第 1 実施形態に係るレーザ加工方法において基準ラインを設定する処理を示すフローチャートである。

【図 1 5】(a) は、図 1 4 の処理で設定された候補ライン及び基準ラインの例を示す平面図である。(b) は、図 1 4 の処理における基準ラインの設定を説明するグラフである。

【図 1 6】マーキングが施された基板表面の例を示す平面図である。

10

【図 1 7】ストリート領域に設定された切断予定ラインの一例を拡大して示す平面図である。

【図 1 8】第 2 実施形態に係るレーザ加工方法において基準ラインを設定する処理を示すフローチャートである。

【図 1 9】(a) は、図 1 8 の処理により設定された候補ライン及び基準ラインの例を示す平面図である。(b) は、図 1 8 の処理における基準ラインの設定を説明するグラフである。

【図 2 0】第 3 実施形態に係るレーザ加工方法を示すフローチャートである。

【図 2 1】(a) は、切断予定ライン設定工程を説明する図である。(b) は、切断予定ライン設定工程を説明する他の図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0018】

実施形態に係る加工対象物切断装置であるレーザ加工装置、及び、実施形態に係る加工対象物切断方法であるレーザ加工方法では、加工対象物にレーザ光を集光することにより、加工ライン（候補ライン、基準ライン及び切断予定ラインを含む）に沿って加工対象物に改質領域を形成する。そこで、まず、改質領域の形成について、図 1 ~ 図 6 を参照して説明する。

30

【0019】

図 1 に示されるように、レーザ加工装置（加工対象物切断装置）100 は、レーザ光 L をパルス発振するレーザ光源 101 と、レーザ光 L の光軸（光路）の向きを 90° 変えるように配置されたダイクロイックミラー 103 と、レーザ光 L を集光するための集光用レンズ 105 と、を備えている。また、レーザ加工装置 100 は、集光用レンズ 105 で集光されたレーザ光 L が照射される加工対象物 1 を支持するための支持台 107 と、支持台 107 を移動させるためのステージ 111 と、レーザ光 L の出力やパルス幅、パルス波形等を調節するためにレーザ光源 101 を制御するレーザ光源制御部 102 と、ステージ 111 の移動を制御するステージ制御部 115 と、を備えている。

【0020】

40

レーザ加工装置 100 においては、レーザ光源 101 から出射されたレーザ光 L は、ダイクロイックミラー 103 によってその光軸の向きを 90° 変えられ、支持台 107 上に載置された加工対象物 1 の内部に集光用レンズ 105 によって集光される。これと共に、ステージ 111 が移動させられ、加工対象物 1 がレーザ光 L に対して加工ライン 5 に沿って相対移動させられる。これにより、加工ライン 5 に沿った改質領域が加工対象物 1 に形成される。なお、ここでは、レーザ光 L を相対的に移動させるためにステージ 111 を移動させたが、集光用レンズ 105 を移動させてもよいし、或いはこれらの両方を移動させてもよい。

【0021】

加工対象物 1 としては、半導体材料で形成された半導体基板や圧電材料で形成された圧

50

電基板等を含む板状の部材（例えば、基板、ウェハ等）が用いられる。図 2 に示されるように、加工対象物 1 には、加工ライン 5 として、加工対象物 1 を切断するための切断予定ラインが設定されている。加工ライン 5 は、直線状に延びた仮想線である。加工対象物 1 の内部に改質領域を形成する場合、図 3 に示されるように、加工対象物 1 の内部に集光点（集光位置）P を合わせた状態で、レーザ光 L を加工ライン 5 に沿って（すなわち、図 2 の矢印 A 方向に）相対的に移動させる。これにより、図 4、図 5 及び図 6 に示されるように、改質領域 7 が加工ライン 5 に沿って加工対象物 1 に形成される。加工ライン 5 が切断予定ラインの場合、加工ライン 5 に沿って形成された改質領域 7 が切断起点領域 8 となる。

【 0 0 2 2 】

集光点 P とは、レーザ光 L が集光する箇所のことである。加工ライン 5 は、直線状に限らず曲線状であってもよいし、これらが組み合わされた 3 次元状であってもよいし、座標指定されたものであってもよい。加工ライン 5 は、仮想線に限らず加工対象物 1 の表面 3 に実際に引かれた線であってもよい。改質領域 7 は、連続的に形成される場合もあるし、断続的に形成される場合もある。改質領域 7 は列状でも点状でもよく、要は、改質領域 7 は少なくとも加工対象物 1 の内部に形成されていればよい。また、改質領域 7 を起点に亀裂が形成される場合があり、亀裂及び改質領域 7 は、加工対象物 1 の外表面（表面 3、裏面 2 1、若しくは外周面）に露出しているてもよい。改質領域 7 を形成する際のレーザ光入射面は、加工対象物 1 の表面 3 に限定されるものではなく、加工対象物 1 の裏面 2 1 であってもよい。

【 0 0 2 3 】

ちなみに、加工対象物 1 の内部に改質領域 7 を形成する場合には、レーザ光 L は、加工対象物 1 を透過すると共に、加工対象物 1 の内部に位置する集光点 P 近傍にて特に吸収される。これにより、加工対象物 1 に改質領域 7 が形成される（すなわち、内部吸収型レーザ加工）。この場合、加工対象物 1 の表面 3 ではレーザ光 L が殆ど吸収されないので、加工対象物 1 の表面 3 が溶融することはない。一方、加工対象物 1 の表面 3 に改質領域 7 を形成する場合には、レーザ光 L は、表面 3 に位置する集光点 P 近傍にて特に吸収され、表面 3 から溶融され除去されて、穴や溝等の除去部が形成される（表面吸収型レーザ加工）。

【 0 0 2 4 】

改質領域 7 は、密度、屈折率、機械的強度やその他の物理的特性が周囲とは異なる状態になった領域をいう。改質領域 7 としては、例えば、溶融処理領域（一旦溶融後再固化した領域、溶融状態中の領域及び溶融から再固化する状態中の領域のうち少なくとも何れか一つを意味する）、クラック領域、絶縁破壊領域、屈折率変化領域等があり、これらが混在した領域もある。更に、改質領域 7 としては、加工対象物 1 の材料において改質領域 7 の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域や、格子欠陥が形成された領域がある（これらをまとめて高転位密度領域ともいう）。

【 0 0 2 5 】

溶融処理領域、屈折率変化領域、改質領域 7 の密度が非改質領域の密度と比較して変化した領域、及び、格子欠陥が形成された領域は、更に、それら領域の内部や改質領域 7 と非改質領域との界面に亀裂（割れ、マイクロクラック）を内包している場合がある。内包される亀裂は、改質領域 7 の全面に渡る場合や一部分のみや複数部分に形成される場合がある。加工対象物 1 は、結晶構造を有する結晶材料からなる基板を含む。例えば加工対象物 1 は、窒化ガリウム（GaN）、シリコン（Si）、シリコンカーバイド（SiC）、LiTaO₃、及び、サファイア（Al₂O₃）の少なくとも何れかで形成された基板を含む。換言すると、加工対象物 1 は、例えば、窒化ガリウム基板、シリコン基板、SiC 基板、LiTaO₃ 基板、又はサファイア基板を含む。結晶材料は、異方性結晶及び等方性結晶の何れであってもよい。

【 0 0 2 6 】

実施形態では、加工ライン 5 に沿って改質スポット（加工痕）を複数形成することによ

10

20

30

40

50

り、改質領域 7 を形成することができる。この場合、複数の改質スポットが集まることによって改質領域 7 となる。改質スポットとは、パルスレーザー光の 1 パルスのショット（つまり 1 パルスのレーザー照射：レーザーショット）で形成される改質部分である。改質スポットとしては、クラックスポット、溶融処理スポット若しくは屈折率変化スポット、又はこれらの少なくとも 1 つが混在するもの等が挙げられる。改質スポットについては、要求される切断精度、要求される切断面の平坦性、加工対象物 1 の厚さ、種類、結晶方位等を考慮して、その大きさや発生する亀裂の長さを適宜制御することができる。また、本実施形態では、加工ライン 5 に沿って、改質スポットを改質領域 7 として形成することができる。

【 0 0 2 7 】

実施形態においては、加工対象物 1 の内部に候補ラインに沿って改質領域 7 を形成し、当該改質領域 7 から表面 3 又は裏面 2 1 に到達する亀裂（以下、「ハーフカット」という）を候補ラインに沿って形成する。ハーフカットの状態に基づいて、加工対象物 1 の結晶方位を特定し、結晶方位を示すラインである基準ラインを設定する。以下、加工対象物 1 の結晶方位の特定及び基準ラインの設定に係る原理について説明する。

【 0 0 2 8 】

図 7 に示されるように、結晶材料の基板 1 2 を含む加工対象物 1 に、候補ライン 5 A を設定する。加工対象物 1 の内部に集光点 P を合わせ、候補ライン 5 A に沿って、基板 1 2 の表面 1 2 a をレーザー光入射面としてレーザー光 L を照射する。これにより、候補ライン 5 A に沿って、厚さ方向に 1 又は複数列（図示する例では 2 列）の改質領域 7 を基板 1 2 の内部に形成する。これと共に、候補ライン 5 A に沿って、当該改質領域 7 から表面 1 2 a に至る表面亀裂であるハーフカットを発生させる。なお、図示する Z 方向は加工対象物 1 の厚さ方向に対応する方向であり、X 方向は Z 方向に直交する方向であり、Y 方向は Z 方向及び Y 方向の双方に直交する方向である（以下、同じ）。

【 0 0 2 9 】

図 8 (a) 及び図 8 (b) は、表面 1 2 a から見たハーフカット H c の例を示す図である。図 8 (b) の例は、基板 1 2 の結晶方位 K の方向に対し候補ライン 5 A の延在方向がずれている角度である角度ずれ θ が、図 8 (a) の例に比べて大きい場合を示している。例えば基板 1 2 が SiC 基板の場合には、結晶方位 K は、m 面の結晶方位 K が挙げられる。

【 0 0 3 0 】

図 8 (a) 及び図 8 (b) に示されるように、ハーフカット H c は、表面 1 2 a から見て、候補ライン 5 A の延在方向に対して当該延在方向に交差する一方向に振れるように延びる形状が、周期的に繰り返されて構成されている。ハーフカット H c は、振れの形状であるクランク形状、すなわち、候補ライン 5 A に対して傾斜して延びた後に候補ライン 5 A に対して交差する方向に屈曲する鋸波形状が、周期的に繰り返される形状を有している。

【 0 0 3 1 】

角度ずれ θ が大きい場合、角度ずれ θ が小さい場合に比べて、ハーフカット H c の振れの度合いが小さいことが見出される。振れの度合いは、振れの程度を表す指標値であり、例えば、振れの周期、振れの頻度、及び、振れの量を含む。具体的には、振れの度合いは、1 つのクランク形状における候補ライン 5 A に沿う方向の長さ（間隔）であるクランク周期（振れの周期）、及び、ハーフカット H c の所定長さ当たりにおけるクランク形状の出現頻度（振れの頻度）を含む。

【 0 0 3 2 】

角度ずれ θ が大きい場合、角度ずれ θ が小さい場合に比べて、クランク周期は小さく、ハーフカット H c の所定長さ当たりにおけるクランク形状の出現頻度は多い。これにより、角度ずれ θ の大きさとハーフカット H c との度合いは、一定の相関を有することが見出される。具体的には、角度ずれ θ が小さいほど（結晶方位 K に候補ライン 5 A の延在方向が近づくほど）、クランク周期が大きく、クランク形状の出現頻度は少ないことが

10

20

30

40

50

見出される。

【 0 0 3 3 】

図 9 (a) は、結晶方位 K に対して候補ライン 5 A が成す角度と、ハーフカット H c の振れの度合であるクランク周期との関係の一例を示すグラフである。図 9 (b) は、候補ライン 5 A の座標と、ハーフカット H c の振れの度合であるクランク形状の出現頻度との関係の一例を示すグラフである。クランク形状の出現頻度の差分に該当する座標間距離がクランク間の長さ、すなわちクランク周期に相当する。図中において、結晶方位 K に対して候補ライン 5 A が成す角度（以下、単に「候補ライン 5 A の角度」という）は、標準設定として定められる標準加工ラインの角度を 0° としたときの角度である。標準加工ラインは、例えば、加工対象物 1 のオリエンテーションフラットに平行なラインである。こ

10

【 0 0 3 4 】

図 9 (a) に示されるように、候補ライン 5 A の角度を変えることにより、クランク周期が変化する。これにより、クランク周期が大きいほど角度ずれ が小さくなって加工ライン 5 の方向が結晶方位 K の方向に近づくという上記知見を考慮すると、クランク周期が大きい候補ライン 5 A から結晶方位 K を求め得ることがわかる。図示する例においては、候補ライン 5 A の角度とクランク周期とは反比例の関係性を有している。候補ライン 5 A の最適な角度が -0.05° であり、この場合、標準加工ラインの方向から -0.05° 回転した方向を結晶方位 K として特定することができ、標準加工ラインを -0.05° 回転した候補ライン 5 A を基準ライン 5 B として設定することができる。

20

【 0 0 3 5 】

図 9 (b) に示されるように、角度ずれ が大きいほど、ハーフカット H c の所定長さ当たりにおいてクランク形状の出現頻度が多い（クランク周期が短い）。これにより、クランク形状の出現頻度が小さい候補ライン 5 A から結晶方位 K を求め得ることがわかる。

【 0 0 3 6 】

図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) は、表面 1 2 a から見たハーフカット H c の他の例を示す図である。図 1 0 (a) の例と図 1 0 (b) の例とでは、候補ライン 5 A に対する角度ずれ の方向が互いに異なっている。候補ライン 5 A を境に一方側と他方側とに分けた場合において、図 1 0 (a) に示されるように、ハーフカット H c のクランク形状が候補ライン 5 A の一方側に傾斜して延びる形状を有していると、結晶方位 K の方向は、候補ライン 5 A に対して当該一方側に傾いている。図 1 0 (b) に示されるように、ハーフカット H c のクランク形状が候補ライン 5 A の他方側に傾斜して延びる形状を有していると、結晶方位 K の方向は、候補ライン 5 A に対して当該他方側に傾いている。

30

【 0 0 3 7 】

図 1 1 (a) 及び図 1 1 (b) は、表面 1 2 a から見たハーフカット H c の例を拡大して示す写真図である。図中の例では、基板 1 2 は Si C 基板であり、後述のストリート領域 1 7 が示されている。候補ライン 5 A は、ストリート領域 1 7 上において当該ストリート領域 1 7 の延在方向と平行に設定されている。図 1 1 (a) に示されるハーフカット H c は、クランク形状が候補ライン 5 A に対して上振れして延びる形状となっている。この場合、結晶方位 K の方向は、表面 1 2 a から見て、候補ライン 5 A に対して反時計回りの角度ずれ を有する。図 1 1 (b) に示されるハーフカット H c は、クランク形状が候補ライン 5 A に対して下振れして延びる形状となっている。この場合、結晶方位 K の方向は、表面 1 2 a から見て、候補ライン 5 A に対して時計回りの角度ずれ を有する。

40

【 0 0 3 8 】

以上の説明により、実施形態においては、複数の候補ライン 5 A のうち、ハーフカット H c の振れの度合が最も小さい（例えば、クランク周期が最も大きい、又は、クランク形状の出現頻度が最も少ない）候補ライン 5 A の方向を、結晶方位 K として特定できる。当該候補ライン 5 A を、結晶方位 K の方向を示す基準ライン 5 B として設定できる。

50

【 0 0 3 9 】

ハーフカットHcの振れの度合いが所定範囲内に収まる(例えば、クランク周期が閾値以上となる、又は、クランク形状の出現頻度が一定以下となる)候補ライン5Aを探索し、当該探索した候補ライン5Aの方向を、結晶方位Kとして特定できる。当該候補ライン5Aを基準ライン5Bとして設定することができる。ハーフカットHcの振れの方向(候補ライン5Aに対するクランク形状の傾斜方向)から、候補ライン5Aに対する結晶方位Kの角度の向きを特定できる。換言すると、ハーフカットHcが候補ライン5Aに対して上振れ及び下振れの何れであるかに基づいて、候補ライン5Aに対する結晶方位Kの角度ずれが正方向及び負方向の何れであるかを特定できる。

【 0 0 4 0 】

次に、第1実施形態のレーザ加工装置(加工対象物切断装置)について、図12の概略構成図を参照しつつ説明する。

【 0 0 4 1 】

レーザ加工装置(加工対象物切断装置)300は、加工対象物1にレーザ光Lを集光することにより、加工ライン5(候補ライン5A、基準ライン5B及び切断予定ライン5Cを含む)に沿って加工対象物1に改質領域7を形成する。また、レーザ加工装置300は、加工対象物1における基板12の表面12aにレーザ光Lを集光することにより、加工ライン5に沿った複数の打痕であるマークMを形成するマーキングを行う(図16参照)。加工ライン5に沿った複数のマークMは、例えばパルスピッチ(パルスレーザ光の加工対象物1に対する相対速度/パルスレーザ光の繰返し周期)に対応する間隔を有して加工ライン5に沿って並設される。複数のマークMは、結晶方位Kを示す基準マークである。ここでのマークMは、表面12aにおいて露出するように形成された改質スポット(改質領域7)により構成される。

【 0 0 4 2 】

レーザ加工装置300は、レーザ光源202と集光光学系204と表面観察ユニット(撮像部)211とを備え、これらが筐体231に設けられている。レーザ光源202は、加工対象物1に対して透過する波長のレーザ光Lを出射する。当該波長としては、例えば532nm~1500nmが挙げられる。レーザ光源202は、例えばファイバレーザ又は固体レーザである。集光光学系204は、レーザ光源202により出射されたレーザ光Lを加工対象物1の内部に集光する。集光光学系204は、複数のレンズを含んで構成されており、圧電素子等を含んで構成された駆動ユニット232を介して筐体231の底板233に設置されている。

【 0 0 4 3 】

レーザ加工装置300では、レーザ光源202から出射されたレーザ光Lは、ダイクロイックミラー210、238を順次透過して集光光学系204に入射し、ステージ111上の支持台107に載置された加工対象物1内に集光光学系204によって集光される。

【 0 0 4 4 】

表面観察ユニット211は、加工対象物1のレーザ光入射面を観察する。表面観察ユニット211は、支持台107に支持された加工対象物1における基板12の表面12aを撮像する。表面観察ユニット211は、観察用光源211aと、検出器211bと、を有している。観察用光源211aは、可視光VL1を出射する。観察用光源211aとしては、特に限定されず、公知の光源を用いることができる。

【 0 0 4 5 】

検出器211bは、加工対象物1のレーザ光入射面で反射された可視光VL1の反射光VL2を検出し、表面12aの画像(以下、単に「表面画像」という)を取得する。検出器211bは、ハーフカットHcが含まれる表面画像を取得する。また、検出器211bは、複数のマークMが含まれる表面画像を取得する。検出器211bとしては、特に限定されず、カメラ等の公知の撮像装置を用いることができる。

【 0 0 4 6 】

表面観察ユニット211では、観察用光源211aから出射された可視光VL1が、ミ

10

20

30

40

50

ラー 208 及びダイクロイックミラー 209, 210, 238 で反射又は透過され、集光光学系 204 で加工対象物 1 に向けて集光される。そして、加工対象物 1 のレーザ光入射面で反射された反射光 VL2 が、集光光学系 204 で集光されてダイクロイックミラー 238, 210 で透過又は反射された後、ダイクロイックミラー 209 を透過して検出器 211b にて受光される。

【0047】

レーザ加工装置 300 は、表面観察ユニット 211 で撮像された表面画像を表示する表示部 240 と、当該レーザ加工装置 300 を制御する制御部 250 と、を備えている。表示部 240 としては、モニタ等を用いることができる。

【0048】

制御部 250 は、例えば CPU、ROM、RAM 等により構成されている。制御部 250 は、レーザ光源 202 を制御し、レーザ光源 202 から出射されるレーザ光 L の出力やパルス幅等を調節する。制御部 250 は、改質領域 7 を形成する際、筐体 231、ステージ 111 (支持台 107) の位置、及び駆動ユニット 232 の駆動の少なくとも 1 つを制御し、レーザ光 L の集光点 P を加工対象物 1 の表面 3 (表面 12a) に位置させる、又は、表面 3 (もしくは裏面 21) から所定距離内部の位置に位置させる。制御部 250 は、改質領域 7 を形成する際、筐体 231、ステージ 111 の位置、及び駆動ユニット 232 の駆動の少なくとも 1 つを制御し、当該集光点 P を加工ライン 5 に沿って相対的に移動させる。

【0049】

制御部 250 は、互いに異なる方向に延在する複数の候補ライン 5A を加工対象物 1 に対して設定する。制御部 250 は、複数の候補ライン 5A のそれぞれに沿って、基板 12 の内部に改質領域 7 が形成され且つハーフカット Hc が形成されるように、ステージ 111 (支持台 107)、レーザ光源 202 及び駆動ユニット 232 (集光光学系 204) の少なくとも 1 つの動作を制御する。

【0050】

制御部 250 は、表面観察ユニット 211 の動作を制御し、表面画像を撮像させる。制御部 250 は、表面観察ユニット 211 によって撮像された表面画像に基づいて基準ライン 5B を決定し、基準ライン 5B を加工対象物 1 に対して設定する。具体的には、ハーフカット Hc を含む複数の表面画像に画像認識処理を施し、所定本数の候補ライン 5A のうちハーフカット Hc の振れの度合いが最も小さい候補ライン 5A を、基板 12 の結晶方位 K を示す基準ライン 5B として加工対象物 1 に対して設定する。ここでは、複数のハーフカット Hc それぞれのクランク周期を表面画像から認識し、クランク周期が最も大きいハーフカット Hc に対応する候補ライン 5A を基準ライン 5B として設定する。制御部 250 で実施する画像認識処理としては、特に限定されず、パターン認識等の公知の画像認識処理を採用することができる。

【0051】

制御部 250 は、基準ライン 5B に沿って複数のマーク M (図 16 参照) が加工対象物 1 に形成されるように、ステージ 111、レーザ光源 202 及び駆動ユニット 232 の少なくとも 1 つの動作を制御する。

【0052】

制御部 250 は、複数のマーク M を含む表面画像に画像認識処理を施し、マーク M の並設方向を認識する。制御部 250 は、認識したマーク M の並設方向に基づいて、結晶方位 K を特定し、切断予定ライン 5C をアライメントする。例えば、制御部 250 は、マーク M の並設方向と平行になるように (結晶方位 K と平行となるように)、切断予定ライン 5C を設定、又は、既設の切断予定ライン 5C を変更する。

【0053】

制御部 250 は、加工対象物 1 の後述のストリート領域 17 を通る切断予定ライン 5C を設定する。制御部 250 は、ストリート領域 17 の延在方向が結晶方位 K と一致していない場合、結晶方位 K と平行で且つストリート領域 17 の延在方向に対して傾斜する切断

10

20

30

40

50

予定ライン5Cを、加工対象物1に設定する。

【0054】

次に、レーザ加工装置300において実施されるレーザ加工方法（加工対象物切断方法）について、図13及び図14のフローチャートを参照しつつ説明する。

【0055】

本実施形態のレーザ加工方法は、例えば、発光ダイオード等の半導体チップを製造する製造方法に用いられる。本実施形態に係る加工対象物切断方法では、まず、加工対象物1を用意する。この加工対象物1は、図15(a)に示されるように、ペアウェハであって、基板12を含んでいる。基板12には、オリエンテーションフラットOFが設けられている。基板12は、表面12aにおいて、外縁部に設けられた非有効領域16xと、非有効領域16xの内側に設けられた有効領域16yと、を有している。有効領域16yは、後述の機能素子層15が設けられる領域であり、非有効領域16xは、機能素子層15が設けられない領域である。

10

【0056】

続いて、加工対象物1に基準ライン5Bを設定する(S10)。具体的には、まず、基板12をステージ111の支持台107上に載置する。制御部250により、オリエンテーションフラットOFに対して平行な（又は 方向に基準角度だけ傾く）候補ライン5Aを、標準加工ラインとして設定とする(S11)。制御部250により、標準加工ラインに対して 方向に指定角度ずれるように、 方向における候補ライン5Aの角度を変更する(S12)。 方向は、Z方向を軸方向とした回転方向である。基準角度及び指定角度は、予め設定された所定角度であり、特に限定されず、例えば基板12の仕様又は状態等から求めることができる。

20

【0057】

続いて、非有効領域16xにおける候補ライン5Aに沿って、基板12の内部にレーザ光Lを集光させつつ1又は複数回走査し、非有効領域16xにおける基板12の内部に1又は複数回の改質領域7を形成する。これにより、非有効領域16xにおける基板12の表面12aに到達するハーフカットHcを、当該候補ライン5Aに沿って形成する(S13)。複数回のレーザ光Lの走査では、同方向のレーザ光Lの走査（いわゆる片道加工）を複数回繰り返す。そして、ハーフカットHcを含む表面画像を表面観察ユニット211によって撮像し、制御部250の記憶部（ROM又はRAM）に記憶する。なお、複数回のレーザ光Lの走査では、候補ライン5Aに沿って往復するようにレーザ光Lを走査（いわゆる往復加工）してもよい。

30

【0058】

続いて、上記S12及び上記S13に係るレーザ加工を、その加工回数が予め設定された所定回数（ここでは5回）となるまで繰り返し実行する(S14)。複数回繰り返す上記S12では、 方向における候補ライン5Aの角度が同じにならないように角度を変更し、結果として、互いに異なる所定方向に延在する所定本数の候補ライン5Aを設定する。

【0059】

続いて、制御部250により、記憶した複数の表面画像に画像認識処理を施し、複数のハーフカットHcそれぞれの状態を認識して評価する(S15)。制御部250により、認識した複数のクランク周期のうち最も大きいクランク周期のハーフカットHcを選択する。制御部250により、クランク周期が最も大きいハーフカットHcが沿う候補ライン5Aを、複数の候補ライン5Aの中から選択する(S16)。そして、制御部250により、選択した候補ライン5Aを、基板12の結晶方位Kを示す基準ライン5Bとして加工対象物1に設定する(S17)。設定した基準ライン5Bの方向（結晶方位K）を、制御部250の記憶部に記憶する。

40

【0060】

例えば上記S16では、図15(b)に示されるように、非有効領域16xに設定された5つの候補ライン5Aのうち、クランク周期が最も大きい候補ライン5Gが選択される

50

。この場合、上記S 1 7では、候補ライン5 Gの方向が結晶方位Kとして決定され、当該候補ライン5 Gに平行な基準ライン5 Bが、非有効領域1 6 xに設定される。基準ライン5 Bの方向は、オリエンテーションフラットOFの平行方向からの方向における角度(最適角度)として表すことができる。基準ライン5 Bは、非有効領域1 6 xにおいて、オリエンテーションフラットOFの平行方向から最適角度だけ方向にずれて延びるラインである。

【0061】

続いて、基準ライン5 Bに沿って並ぶ複数のマークMを、基板1 2の表面1 2 aにマーキングする(S 2 0)。上記2 0では、非有効領域1 6 xにおける基準ライン5 Bに沿って基板1 2の表面1 2 aにレーザ光Lを集光させつつ走査し、非有効領域1 6 xにおける基板1 2の表面1 2 aに、基準ライン5 Bに沿って複数のマークMを形成する(図1 6参照)。

10

【0062】

続いて、基板1 2をステージ1 1 1から外し、基板1 2の表面1 2 a上に機能素子層1 5を形成する(S 3 0)。機能素子層1 5は、表面1 2 aの有効領域1 6 yにおいてマトリックス状に配列された複数の機能素子1 5 a(例えば、フォトダイオード等の受光素子、レーザダイオード等の発光素子、又は回路として形成された回路素子等)を含んでいる。隣り合う機能素子1 5 aの間には、ストリート領域(ダイシングストリート)1 7が形成されている。

【0063】

上記S 3 0では、オリエンテーションフラットOFを基準に機能素子層1 5を形成する。具体的には、オリエンテーションフラットOFの平行方向及び垂直方向に並ぶ複数の機能素子1 5 aを、表面1 2 aの有効領域1 6 y上に配列する。オリエンテーションフラットOFの平行方向及び垂直方向に延びる格子状のストリート領域1 7を、複数の機能素子1 5 a間に形成する。

20

【0064】

続いて、基板1 2及び機能素子層1 5を含む加工対象物1の裏面2 1にエキスパンドテープを貼り付け、当該加工対象物1をステージ1 1 1上に載置する。複数のマークMを含む表面画像を表面観察ユニット2 1 1によって撮像し、制御部2 5 0により、当該表面画像から複数のマークMの並設方向を認識する。制御部2 5 0により、複数のマークMの並設方向を結晶方位Kとして特定する。制御部2 5 0により、マークMの並設方向に対して平行で且つストリート領域1 7を通る切断予定ライン5 Cと、マークMの並設方向に直交し且つストリート領域1 7を通る切断予定ライン5 Cと、を設定する(S 4 0)。つまり、複数の機能素子1 5 a間のストリート領域1 7を通る格子状の切断予定ライン5 Cを、特定した結晶方位Kの平行方向及び直交方向に沿って延びるように、方向における角度を調整して設定する。

30

【0065】

図1 7は、機能素子層1 5を拡大して示す平面図である。図1 7に示されるように、例えば上記S 4 0では、切断予定ライン5 Cが加工対象物1のストリート領域1 7を通るように設定される。加えて、この切断予定ライン5 Cは、ストリート領域1 7中において、結晶方位Kの平行方向及び直交方向に沿うように設定される。図示する例では、ストリート領域1 7の延在方向(機能素子1 5 aが並ぶ方向)が結晶方位Kと一致していない。この場合、上記S 4 0では、Z方向から見てストリート領域1 7の延在方向に対して傾斜し、且つ結晶方位Kと平行になるように、ストリート領域1 7を通る切断予定ライン5 Cが設定される。また、Z方向から見てストリート領域1 7の延在方向に対して傾斜し、且つ結晶方位Kと垂直になるように、ストリート領域1 7を通る切断予定ライン5 Cが設定される。

40

【0066】

続いて、加工対象物1を切断予定ライン5 Cに沿って切断し、複数の半導体チップ(例えばメモリ、IC、発光素子、受光素子等)を形成する(S 5 0)。具体的には、加工対

50

象物 1 の内部にレーザ光 L を集光させつつ切断予定ライン 5 C に沿って 1 又は複数回走査する。これにより、切断予定ライン 5 C に沿って、加工対象物 1 の内部に 1 又は複数列の改質領域 7 を形成する。そして、エキスパンドテープを拡張することで、当該改質領域 7 を切断の起点として、加工対象物 1 を切断予定ライン 5 C に沿って切断し、複数の半導体チップとして互いに離間させる。

【 0 0 6 7 】

ここで、加工対象物 1 を切断予定ライン 5 C に沿って切断した場合の切断面における段差の出現は、結晶方位 K に対して切断予定ライン 5 C がずれて設定されたことに起因することが見出される。この知見の下、本実施形態では、ストリート領域 1 7 の延在方向が結晶方位 K と一致していない場合に、結晶方位 K と平行で且つストリート領域 1 7 の延在方向に対して傾斜する切断予定ライン 5 C を加工対象物 1 に設定する。これにより、ストリート領域 1 7 の延在方向が結晶方位 K と一致していない場合でも、結晶方位 K に対して切断予定ライン 5 C がずれて設定されるのを抑制し、切断面における段差の出現を抑制でき、切断面を平滑化ひいては鏡面化することが可能となる。

10

【 0 0 6 8 】

本実施形態では、加工対象物 1 の表面 1 2 a に形成され結晶方位 K を示す複数のマーク M に基づいて、結晶方位 K を特定する。これにより、表面 1 2 a に形成されたマーク M を利用して結晶方位 K を精度よく特定することが可能となる。

【 0 0 6 9 】

本実施形態では、加工対象物 1 の内部にレーザ光 L を集光させ、切断予定ライン 5 C に沿って加工対象物 1 の内部に改質領域 7 を形成する。この改質領域 7 を切断の起点として、切断予定ライン 5 C に沿って加工対象物 1 を切断する。これにより、加工対象物 1 の内部に形成した改質領域 7 を切断の起点として、加工対象物 1 を切断予定ライン 5 C に沿って精度よく切断することが可能となる。

20

【 0 0 7 0 】

ところで、加工ライン 5 に沿って切断された加工対象物 1 の切断面に出現する段差の数は、加工ライン 5 に沿って改質領域 7 を形成した場合に生じるハーフカット H c の振れの度合いが大きいほど多くなることが見出される。この知見の下、本実施形態では、互いに異なる方向に延在する複数の候補ライン 5 A のそれぞれに沿ったハーフカット H c を含む表面画像に基づいて、基準ライン 5 B が加工対象物 1 に対して設定される。

30

【 0 0 7 1 】

これにより、基準ライン 5 B に平行な方向に延在する切断予定ライン 5 C を設定することが可能となる。その結果、基板 1 2 の結晶方位 K に対して切断予定ライン 5 C がずれて設定されるのを抑制することができる。加工対象物 1 を切断して得られたチップの切断面（端面）に段差が出現するのを抑制し、チップの切断面の平滑化ひいては鏡面化することができる。更にチップの歩留まりを向上させることができる。

【 0 0 7 2 】

ちなみに、一般的に、オリエンテーションフラット O F と結晶方位 K とは、その方向が最大約 1 ° 程度ずれていることがある。よって、オリエンテーションフラット O F と平行に切断予定ライン 5 C を設定する場合に比べて、上記作用効果を有する本実施形態は特に効果的である。

40

【 0 0 7 3 】

本実施形態では、制御部 2 5 0 により、互いに異なる所定方向に延在する所定本数の候補ライン 5 A を設定し、所定本数の候補ライン 5 A のうちハーフカット H c の振れの度合いが最も小さい候補ライン 5 A を基準ライン 5 B として設定する。これにより、所定本数の候補ライン 5 A についてのみ、レーザ光 L の照射、ハーフカット H c の状態の確認等を実施すればよいので、基準ライン 5 B の設定を簡易に実施することができる。

【 0 0 7 4 】

本実施形態では、制御部 2 5 0 により、加工対象物 1 に設けられたオリエンテーションフラット O F を基準として、互いに異なる所定方向に延在する所定本数の候補ライン 5 A

50

を基板 1 2 に対して設定する。つまり、オリエンテーションフラット OF と平行な標準加工ラインを設定し、この標準加工ラインを基準に所定本数の候補ライン 5 A を設定する。これにより、加工対象物 1 ごとに候補ライン 5 A の設定がばらつくのを抑制することができる。特に、オリエンテーションフラット OF の方向と結晶方位 K の方向との一致精度が高い場合、複数の候補ライン 5 A の設定が標準加工ラインから微調整することで足りるために有効である。更に、加工対象物 1 からチップを量産する場合に有効である。

【 0 0 7 5 】

本実施形態は、表面観察ユニット 2 1 1 によって撮像された表面画像を表示する表示部 2 6 0 を備えている。これにより、オペレータがハーフカット H c の状態の確認等を実施することができる。

10

【 0 0 7 6 】

本実施形態では、基準ライン 5 B に沿って複数のマーク M を加工対象物 1 に形成する。これにより、複数のマーク M を基準として、基準ライン 5 B に平行な方向に延在する切断予定ライン 5 C を加工対象物 1 に対して設定することができる。

【 0 0 7 7 】

本実施形態では、基準ライン 5 B に平行な方向に延在する切断予定ライン 5 C を加工対象物 1 に対して設定し、切断予定ライン 5 C に沿って基板 1 2 の内部に改質領域 7 を形成する。これにより、候補ライン 5 A に沿ってのレーザ光 L の照射、ハーフカット H c の状態の確認、基準ライン 5 B の設定、切断予定ライン 5 C の設定、切断予定ライン 5 C に沿ってのレーザ光 L の照射等の一連の工程を、同一のレーザ加工装置 3 0 0 上で実施することができる。

20

【 0 0 7 8 】

本実施形態では、基板 1 2 の非有効領域 1 6 x に候補ライン 5 A 及び基準ライン 5 B を設定し、基板 1 2 の非有効領域 1 6 x における表面 1 2 a に複数のマーク M を形成している。これにより、加工対象物 1 を切断してチップを製造するに当たり、通常は除去されて廃棄される部分（非有効領域 1 6 x ）を有効活用することができる。なお、候補ライン 5 A 及び基準ライン 5 B は、非有効領域 1 6 x に設定されてもよいし、複数のマーク M は、有効領域 1 6 y に形成されてもよい。

【 0 0 7 9 】

本実施形態では、候補ライン 5 A に沿って複数列の改質領域 7 を形成してハーフカット H c を形成する際、候補ライン 5 A に沿って往復するようにレーザ光 L を走査するのではなく、同方向のレーザ光 L の走査を複数回繰り返す。これにより、改質領域 7 からのハーフカット H c を好適に表面 1 2 a に到達させ、ハーフカット H c の振れ（クランク形状）を顕著に生じさせることができる。

30

【 0 0 8 0 】

なお、本実施形態は、上記に限定されず、以下のように構成してもよい。

【 0 0 8 1 】

本実施形態では、基準マークとして、基準ライン 5 B に沿って並ぶ複数のマーク M を形成したが、形成する基準マークは特に限定されない。例えば、オリエンテーションフラット OF とは別の新たなオリエンテーションフラット（基板 1 2 の外周面の一部に形成された平面）を、基準マークとして基準ライン 5 B と平行に設けてもよい。また、最適な候補ライン 5 A のハーフカット H c を利用して切断した面を、基準マークとしての新たなオリエンテーションフラットとしてもよい。また、レーザ光 L の照射によって基準ライン 5 B に沿って加工対象物 1 の内部に改質領域 7 を形成し、その改質領域 7 を切断の起点として切断した面を、基準マークとしての新たなオリエンテーションフラットとしてもよい。なお、当該新たなオリエンテーションフラットの形成には、公知の種々の加工方法を採用できる。

40

【 0 0 8 2 】

基準マークは、基板 1 2 内の改質領域 7 から表面 1 2 a に到達した亀裂であってもよい。基準マークは、結晶方位を示す形状（2次元形状及び3次元形状を含む）、模様、色彩

50

、表示、1次元コード、2次元コード等、又はこれらの組み合わせにより構成されていてもよい。基準マークは、基準ライン5Bに沿って形成したケガキ線であってもよい。

【0083】

本実施形態では、制御部250において基板12の表面画像に画像認識処理を行い、ハーフカットHcの振れの度合を自動で認識したが、表示部240に表示された表面画像から又は目視でオペレータがハーフカットHcの振れの度合を認識してもよい。この場合、例えば制御部250に接続された操作部において、当該オペレータが、ハーフカットHcの振れの度合に基づき基準ライン5Bを設定する操作を行うことにより、基準ライン5Bを加工対象物1に設定してもよい。

【0084】

本実施形態では、制御部250において基板12の表面画像に画像認識処理を行い、複数のマークMを自動で認識したが、表示部240に表示された表面画像から又は目視でオペレータが複数のマークMを認識してもよい。この場合、例えば制御部250に接続された操作部において、当該オペレータが複数のマークMの並設方向と平行な切断予定ライン5Cを設定する操作を行うことにより、切断予定ライン5Cを加工対象物1に設定してもよい。

【0085】

本実施形態では、基板12の表面12a上に機能素子層15を形成する上記S30において、オリエンテーションフラットOFを基準に機能素子層15を形成したが、複数のマークMを基準に機能素子層15を形成してもよい。具体的には、複数のマークMの並設方向及びその垂直方向に並ぶ複数の機能素子15aを表面12aの有効領域16yに配列し、複数のマークMの並設方向及びその垂直方向に延びる格子状のストリート領域17を複数の機能素子15a間に形成してもよい。これにより、複数の機能素子15a及びストリート領域17を、結晶方位Kに沿って精度よく配置することができる。

【0086】

本実施形態では、基板12にマーキングを行う上記S20の後に、機能素子層15を形成する上記S30を実施したが、これに限定されず、機能素子15aが基板12に予め形成されている加工対象物1（いわゆる、デバイス形成済みウエハ）を用いてもよい。すなわち、機能素子15aが基板12に予め形成されている加工対象物1に対して基準ライン5Bを設定する上記S10の後、マーキングを行う上記S20を実施し、そのまま切断予定ラインを設定する上記S40を実施してもよい。この場合、マーキングを行う上記S20を実施せず、上記S40において、設定された基準ライン5Bと平行になるように切断予定ライン5Cを設定してもよい。

【0087】

次に、第2実施形態について説明する。なお、第2実施形態の説明では、上記第1実施形態と異なる点について説明する。

【0088】

本実施形態において、制御部250は、表面観察ユニット211によって撮像された表面画像に基づいて、ハーフカットHcの振れの度合が所定範囲内に収まるまで、複数の候補ライン5Aを加工対象物1に対して順次に設定する。制御部250は、ハーフカットHcの振れの度合が所定範囲内に収まった候補ライン5Aを、基準ライン5Bとして加工対象物1に対して設定する。ここでは、クランク周期が閾値以上となるハーフカットHcに沿う候補ライン5Aを、基準ライン5Bとして設定する。

【0089】

図18に示されるように、第2実施形態に係るレーザー加工方法（加工対象物切断方法）は、上記S10において、以下のとおり基準ライン5Bを設定する。すなわち、まず、基板12をステージ111の支持台107上に載置する。オリエンテーションフラットOFに対して平行な（又は 方向に基準角度だけ傾く）候補ライン5Aを、標準加工ラインとして設定とする（S61）。

【0090】

10

20

30

40

50

続いて、非有効領域 16x の候補ライン 5A に沿って、基板 12 の内部にレーザ光 L を集光させつつ 1 又は複数回走査し、非有効領域 16x における基板 12 の内部に 1 又は複数列の改質領域 7 を形成する。これにより、非有効領域 16x における基板 12 の表面 12a に到達するハーフカット Hc を、当該候補ライン 5A に沿って形成する (S62)。そして、ハーフカット Hc を含む表面画像を表面観察ユニット 211 によって撮像し、制御部 250 の記憶部 (ROM 又は RAM) に記憶する。

【0091】

続いて、制御部 250 により、記憶した表面画像に画像認識処理を施し、そのハーフカット Hc の状態を認識して評価する (S63)。ハーフカット Hc のクランク周期が閾値以上であるか否かを判定する (S64)。上記 S64 で NO の場合 (クランク周期が閾値よりも小さい場合)、認識結果に応じて候補ライン 5A の方向における角度を変更し、新たな候補ライン 5A を設定する (S65)。

10

【0092】

上記 S65 では、平面視において、ハーフカット Hc の振れの方向に候補ライン 5A が回転する方向の向き (正方向か又は負方向か) を、指定回転方向として求める。ハーフカット Hc のクランク周期から、予め設定されたデータ関数又はデータテーブルを用い、指定回転角度を求める。指定回転方向に指定角度ずれるように、方向における候補ライン 5A の角度を変更する。上記 S65 の後、上記 S62 へ戻る。

【0093】

なお、閾値は、結晶方位 K の方向と候補ライン 5A の方向との角度ずれが十分に小さいときのクランク周期に基づいて設定できる。データ関数又はデータテーブルは、結晶方位 K に対して候補ライン 5A が成す角度とクランク周期 (ハーフカット Hc の振れの度合) との相関関係 66 (図 19 (b) 参照) に関するデータである。閾値とデータ関数又はデータテーブルとは、制御部 250 の記憶部 (ROM) に記憶されている。ちなみに、方向におけるクランク形状の振れ側へ加工ライン 5 を回転することは、方向におけるクランク形状の振れ側と反対側へ加工対象物 1 を回転することと同義である。

20

【0094】

上記 S64 で YES の場合 (クランク周期が閾値以上の場合)、現在の候補ライン 5A を基準ライン 5B として設定し、設定した基準ライン 5B の方向を結晶方位 K として制御部 250 の記憶部に記憶する (S66)。

30

【0095】

図 19 (a) 及び図 19 (b) に示される例においては、まず、候補ライン 5A₁ に沿ってレーザ加工され、ハーフカット Hc が形成される。当該ハーフカット Hc のクランク周期 C₁ は閾値よりも小さいことから、候補ライン 5A₂ が新たに設定される。続いて、候補ライン 5A₂ に沿ってレーザ加工され、ハーフカット Hc が形成される。当該ハーフカット Hc のクランク周期 C₂ は閾値よりも未だ小さいことから、候補ライン 5A₃ が新たに設定される。続いて、候補ライン 5A₃ に沿ってレーザ加工され、ハーフカット Hc が形成される。当該ハーフカット Hc のクランク周期 C₃ は閾値以上であり、よって、当該候補ライン 5A₃ が基準ライン 5B と設定される。その後、上記 20 では、基準ライン 5B に沿って複数のマーク M を形成される。

40

【0096】

以上、本実施形態においても、加工対象物 1 を切断予定ライン 5C に沿って切断して複数のチップを得た場合に、その切断面を平滑化ひいては鏡面化できるという上記効果が奏される。

【0097】

本実施形態では、制御部 250 によりハーフカット Hc の振れの度合が所定範囲内に収まる (ここでは、クランク周期が閾値となる) まで、複数の候補ライン 5A を加工対象物 1 に対して順次に設定する。そして、ハーフカット Hc の振れの度合が所定範囲内に収まった候補ライン 5A を、基準ライン 5B として設定する。これにより、加工対象物 1 に対する基準ライン 5B の設定を、所望の精度で実施することができる。例えば、閾値を

50

結晶方位Kと候補ライン5Aの方向とが一致するときに対応する値とすることで、結晶方位Kと基準ライン5Bとの高い一致精度を実現できる。

【0098】

本実施形態では、制御部250により、加工対象物1に設けられたオリエンテーションフラットOFを基準として、最初の候補ライン5A₁を加工対象物1に対して設定する。つまり、オリエンテーションフラットOFと平行な標準加工ラインを設定し、この標準加工ラインを基準に候補ライン5A₁を設定する。この場合、加工対象物1ごとに候補ライン5Aの設定がばらつくのを抑制することができる。

【0099】

本実施形態の制御部250は、結晶方位Kに対して候補ライン5Aが成す角度とハーフカットHcの振れの度合との相関関係66（データ関数又はデータテーブル）を記憶する記憶部を有している。これにより、上記S65において新たな候補ライン5Aを設定するときに、当該相関関係66を指標とすることができる。その結果、基準ライン5Bが設定されるまでに順次に設定される候補ライン5Aの本数を、減少させることができる。

10

【0100】

次に、第3実施形態について説明する。なお、第3実施形態の説明では、上記第1実施形態と異なる点について説明する。

【0101】

本実施形態において、制御部250は、ストリート領域17の幅方向（ストリート領域17の延在方向と直交する方向、以下、「ストリート幅方向」という）において切断予定ライン5Cがストリート領域17内に収まる位置に、切断予定ライン5Cを設定する。また、制御部250は、ストリート幅方向において切断予定ライン5Cがストリート領域17内に収まらない場合、ストリート領域17からはみ出た切断予定ライン5Cが交差する機能素子15a'（図21（b）参照）の数が所定数以下となる又は最も少なくなる位置に、切断予定ライン5Cを設定する。

20

【0102】

本実施形態に係るレーザ加工方法（加工対象物切断方法）について、図20のフローチャートを参照しつつ説明する。まず、加工対象物1を用意する（図21参照）。ここでの加工対象物1は、デバイス形成済みウェハであって、基板12と、基板12の表面12a上に配列された複数の機能素子15aを含む機能素子層15と、を有している。隣り合う機能素子15aの間には、ストリート領域17が形成されている。複数の機能素子15aは、オリエンテーションフラットOFの平行方向及び垂直方向に並設されている。ストリート領域17は、オリエンテーションフラットOFの平行方向及び垂直方向に延在している。

30

【0103】

続いて、基板12の結晶方位Kを特定する（S71）。上記S71では、上記S11～上記S17の処理と同様な処理を行い、結晶方位Kを特定することができる。すなわち、加工対象物1をステージ111の支持台107上に載置する。オリエンテーションフラットOFに対して平行な候補ライン5Aを標準加工ラインとして設定する。標準加工ラインに対して 方向に指定角度ずれるように 方向における候補ライン5Aの角度を変更する。候補ライン5Aに沿って、レーザ光Lを加工対象物1内に集光させつつ1又は複数回走査する。これにより、基板12の内部に1又は複数列の改質領域7を形成し、ハーフカットHcを当該候補ライン5Aに沿って形成する。ハーフカットHcを含む表面画像を表面観察ユニット211によって撮像し、制御部250の記憶部（ROM又はRAM）に記憶する。

40

【0104】

このような候補ライン5Aの角度の変更及びハーフカットHcの形成に係るレーザ加工を、予め設定された所定回数繰り返し実行する。記憶した複数の表面画像に画像認識処理を施し、複数のハーフカットHcそれぞれのクランク周期を認識する。クランク周期のうち最も大きいクランク周期のハーフカットHcを選択し、選択した当該ハーフカットHc

50

に対応する候補ライン 5 A の方向を、結晶方位 K として特定する。

【 0 1 0 5 】

或いは、上記 7 1 では、上記 S 6 1 ~ 上記 S 6 6 の処理と同様な処理を行い、結晶方位 K を特定することができる。すなわち、加工対象物 1 をステージ 1 1 1 の支持台 1 0 7 上に載置する。オリエンテーションフラット OF に対して平行な候補ライン 5 A を標準加工ラインとして設定する。候補ライン 5 A に沿って、レーザ光 L を加工対象物 1 内に集光させつつ 1 又は複数回走査する。これにより、基板 1 2 の内部に 1 又は複数列の改質領域 7 を形成し、ハーフカット H c を当該候補ライン 5 A に沿って形成する。ハーフカット H c を含む表面画像を表面観察ユニット 2 1 1 によって撮像し、制御部 2 5 0 の記憶部 (R O M 又は R A M) に記憶する。

10

【 0 1 0 6 】

記憶した表面画像に画像認識処理を施し、そのハーフカット H c のクランク周期を認識する。認識したクランク周期が閾値以上となるまで、方向における角度を変更した新たな候補ライン 5 A の設定、上記ハーフカット H c の形成、上記表面画像の撮像、及び、上記クランク周期の認識を繰り返す。クランク周期が閾値 以上の場合、このクランク周期のハーフカット H c に対応する候補ライン 5 A の方向を、結晶方位 K として特定する。

【 0 1 0 7 】

続いて、結晶方位 K とストリート領域 1 7 の延在方向とが一致するか否かを判定する (S 7 2)。上記 S 7 2 で Y E S の場合、標準加工ライン、つまり、オリエンテーションフラット OF に対して平行及び垂直な方向に伸びる格子状の切断予定ライン 5 C を設定する (S 7 3)。上記 S 7 2 で N O の場合、結晶方位 K と平行で且つストリート領域 1 7 の延在方向に対して傾斜する切断予定ライン 5 C を、加工対象物 1 に設定する (S 7 4)。上記 S 7 3 又は上記 S 7 4 の後、加工対象物 1 を切断予定ライン 5 C に沿って切断し、複数の半導体チップを形成する (S 7 5)。

20

【 0 1 0 8 】

図 2 1 (a) は、加工対象物 1 に設定された切断予定ライン 5 C の例を示す図である。図中では、加工対象物 1 の表面 3 を Z 方向から見た状態が示されている。図 2 1 (a) に示されるように、上記 S 7 4 では、ストリート幅方向において、切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 内に収まる位置に切断予定ライン 5 C を設定する。

【 0 1 0 9 】

例えば 1 つの切断予定ライン 5 C に関する設定について詳説すると、まず、結晶方位 K と平行な切断予定ライン 5 C をストリート幅方向に沿って移動させ、切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 からはみ出ない (機能素子 1 5 a と交差しない) ときの位置を、切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 内に収まる位置として決定する。決定した当該位置に切断予定ライン 5 C を設定する。

30

【 0 1 1 0 】

図 2 1 (b) は、加工対象物 1 に設定された切断予定ライン 5 C の他の例を示す図である。図中では、加工対象物 1 の表面 3 を Z 方向から見た状態が示されている。図 2 1 (b) に示されるように、上記 S 7 4 では、ストリート幅方向において切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 内に収まらない場合、ストリート領域 1 7 からはみ出た (ストリート領域 1 7 外へ進出した) 切断予定ライン 5 C が交差する機能素子 1 5 a ' の数が、所定数以下又は最も少なくなる位置に、切断予定ライン 5 C を設定する。

40

【 0 1 1 1 】

例えば 1 つの切断予定ライン 5 C に関する設定について詳説すると、まず、結晶方位 K と平行な切断予定ライン 5 C をストリート幅方向に沿って移動させ、切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 からはみ出ないときの位置が存在しないとき、切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 内に収まらないと判定する。ここで、切断予定ライン 5 C をストリート幅方向に移動させるに連れて、ストリート領域 1 7 からはみ出た切断予定ライン 5 C と交差する機能素子 1 5 a ' の数は変化する。よって、切断予定ライン 5 C がストリート領域 1 7 内に収まらない場合には、切断予定ライン 5 C のストリート幅方向における位置

50

と切断予定ライン5 Cと交差する機能素子1 5 a'との関係を演算する。そして、演算した関係に基づいて、切断予定ライン5 Cと交差する機能素子1 5 a'の数が所定数以下又は最も少なくなる位置を決定する。決定した当該位置に切断予定ライン5 Cを設定する。所定数は、予め設定された値であり、固定値又は変動値であってもよく、例えば経験、実験又は要求仕様等の観点から設定できる。

【0112】

以上、本実施形態においても、ストリート領域1 7の延在方向が結晶方位Kと一致していない場合、結晶方位Kと平行で且つストリート領域1 7の延在方向に対して傾斜する切断予定ライン5 Cを加工対象物1に設定する。よって、加工対象物1を切断予定ライン5 Cに沿って切断して複数のチップを得た場合に、その切断面を平滑化ひいては鏡面化できるという上記効果が奏される。

10

【0113】

候補ライン5 Aに沿って基板1 2内に改質領域7を形成してハーフカットH cを形成する場合、このハーフカットH cにおける振れの度合いが小さいほど、当該候補ライン5 Aの方向と結晶方位Kとの間の角度ずれが小さいことが見出される。この知見の下、本実施形態では、候補ライン5 Aに沿うハーフカットH cの状態に基づき、結晶方位Kを特定する。これにより、結晶方位Kを精度よく特定することが可能となる。

【0114】

本実施形態では、ストリート領域1 7の幅方向において切断予定ライン5 Cがストリート領域1 7内に収まる位置に、切断予定ライン5 Cを設定する。これにより、加工対象物1を切断して複数のチップを得る場合に、不良となるチップの数を低減することができる。

20

【0115】

本実施形態では、ストリート領域1 7の幅方向において切断予定ライン5 Cがストリート領域1 7内に収まらない場合、ストリート領域1 7からはみ出た切断予定ライン5 Cが交差する機能素子1 5 a'の数が所定数以下となる位置に、切断予定ライン5 Cを設定する。これにより、加工対象物1を切断して複数のチップを得る場合において、切断予定ライン5 Cがストリート領域1 7内に収まらないときでも、不良となるチップの数を低減することができる。

【0116】

以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られるものではなく、各請求項に記載した要旨を変更しない範囲で変形し、又は他のものに適用してもよい。

30

【0117】

上記本実施形態では、切断予定ライン5 Cに沿って加工対象物1の内部に改質領域7を形成することにより、加工対象物1を切断予定ライン5 Cに沿って切断したが、加工対象物1の切断する工程及び構成は特に限定されない。例えば、切断予定ライン5 Cに沿ってダイシングブレードによるブレードダイシングを行って加工対象物1を切断する工程及び構成を備えていてもよい。例えば、切断予定ライン5 Cに沿ってアブレーション加工を行って加工対象物1を切断する工程及び構成を備えていてもよい。加工対象物1を切断予定ライン5 Cに沿って切断できるものであれば、公知の工程及び構成(装置)を採用することができる。

40

【0118】

上記実施形態において、結晶方位Kの特定する工程及び構成は限定されない。例えば、基板1 2を断面観察することにより結晶方位Kを特定する工程及び構成であってもよい。結晶方位Kの特定する工程及び構成としては、結晶方位Kの特定できるものであれば、公知の工程及び構成(装置)を採用することができる。

【0119】

上記実施形態では、加工対象物1の内部において厚さ方向の位置が互いに異なる改質領域7を1列のみ形成してもよいし、2列以上形成してもよい。また、上記実施形態では、

50

「レーザ光入射面」を表面 3（表面 1 2 a）とし、「レーザ光入射面の反対面」を裏面 2 1 としたが、裏面 2 1 が「レーザ光入射面」とされる場合、表面 3 が「レーザ光入射面の反対面」となる。上記実施形態において、「一致」には、完全一致だけでなく、略一致が含まれる。また「一致」には、設計誤差、製造誤差及び計測誤差が含まれる。

【 0 1 2 0 】

本発明は、上記加工対象物切断装置又は上記加工対象物切断方法により製造されたチップとして捉えることもできる。本発明は、オリエンテーションフラット OF と平行な方向に沿って加工ライン 5 を設定する場合にのみ適用されてもよいし、オリエンテーションフラット OF と垂直な方向に沿って加工ライン 5 を設定する場合にのみ適用されてもよい。更に、本発明は、オリエンテーションフラット OF と平行な方向及び垂直な方向に沿って加工ライン 5 を設定する場合に適用されてもよい。上記において、制御部 2 5 0 は、切断予定ライン設定部を構成する。また、制御部 2 5 0 は、結晶方位特定部における候補ライン設定部、動作制御部及び特定部を構成する。また、制御部 2 5 0 は、切断部における動作制御部を構成する。

10

【符号の説明】

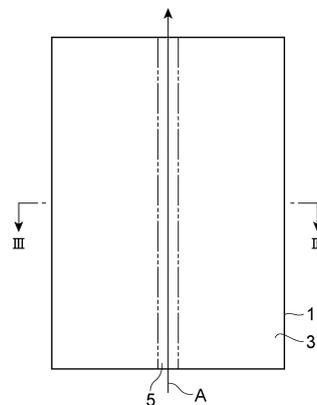
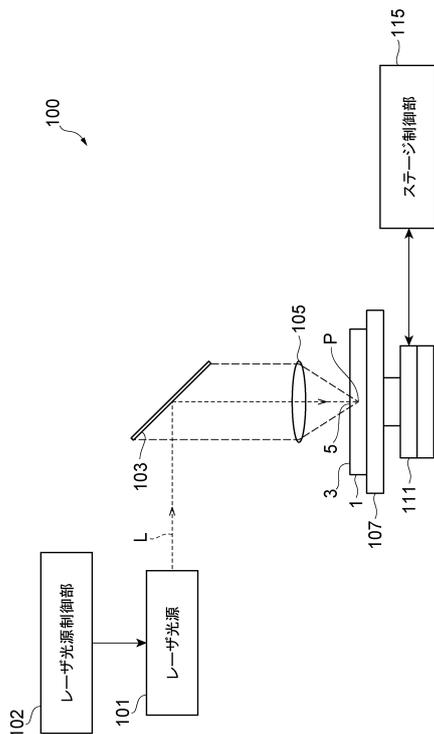
【 0 1 2 1 】

1 ... 加工対象物、3, 1 2 a ... 表面、5 A ... 候補ライン、5 C ... 切断予定ライン、7 ... 改質領域、1 2 ... 基板、1 5 a, 1 5 a' ... 機能素子、1 7 ... ストリート領域、1 0 0, 3 0 0 ... レーザ加工装置（加工対象物切断装置）、1 0 7 ... 支持台（結晶方位特定部）、2 0 2 ... レーザ光源（結晶方位特定部）、2 0 4 ... 集光光学系（結晶方位特定部）、2 1 1 ... 表面観察ユニット（撮像部、結晶方位特定部）、2 4 0 ... 表示部、2 5 0 ... 制御部（結晶方位特定部、切断予定ライン設定部、切断部、候補ライン設定部、動作制御部、特定部）、H c ... ハーフカット（亀裂）、K ... 結晶方位、L ... レーザ光、M ... マーク（基準マーク）。

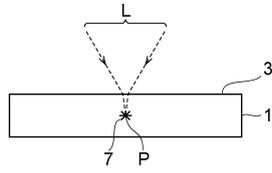
20

【 図 1 】

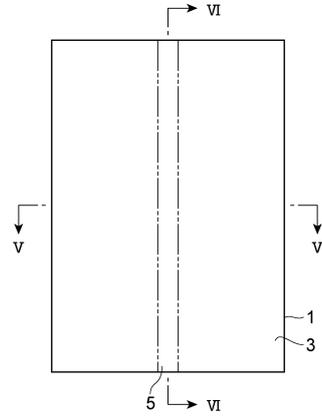
【 図 2 】



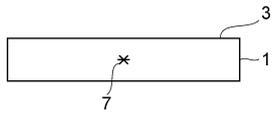
【 図 3 】



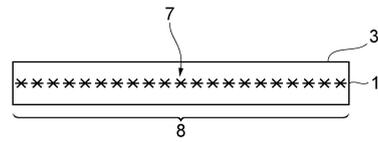
【 図 4 】



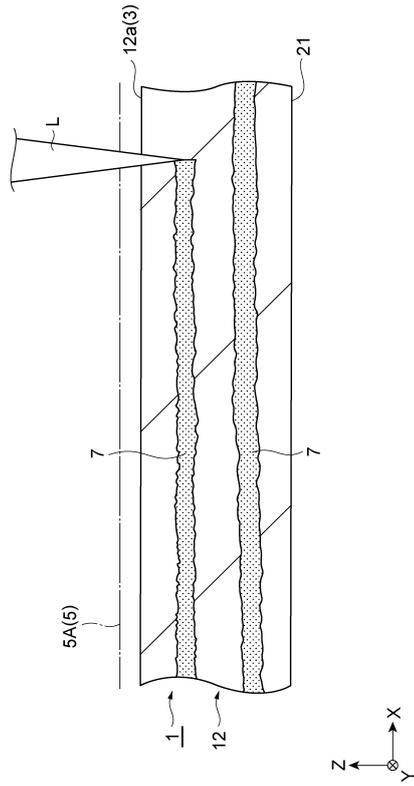
【 図 5 】



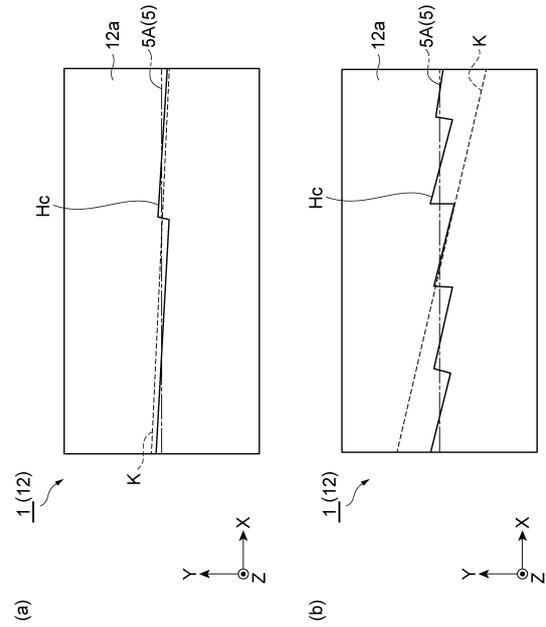
【 図 6 】



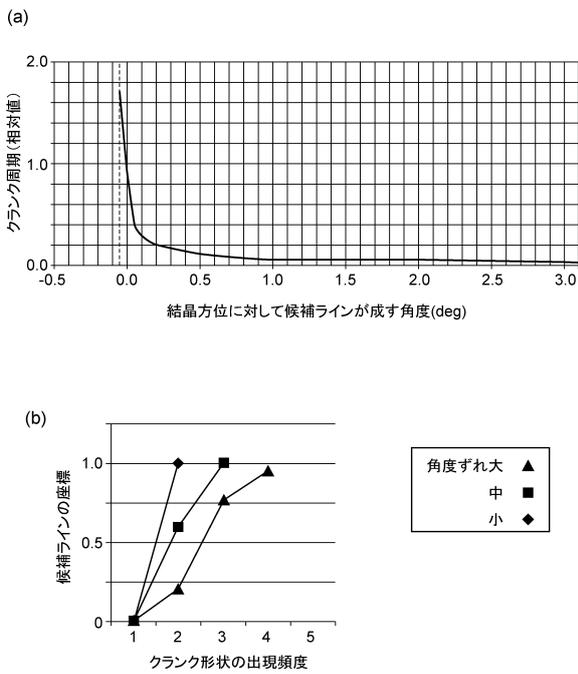
【 図 7 】



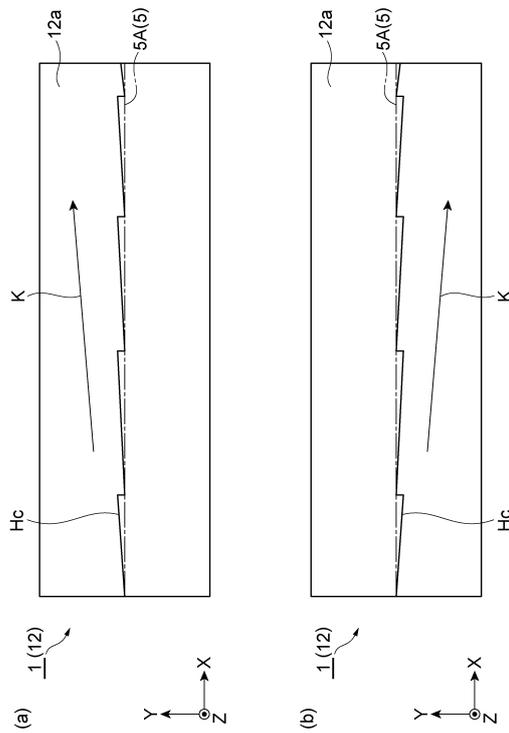
【 図 8 】



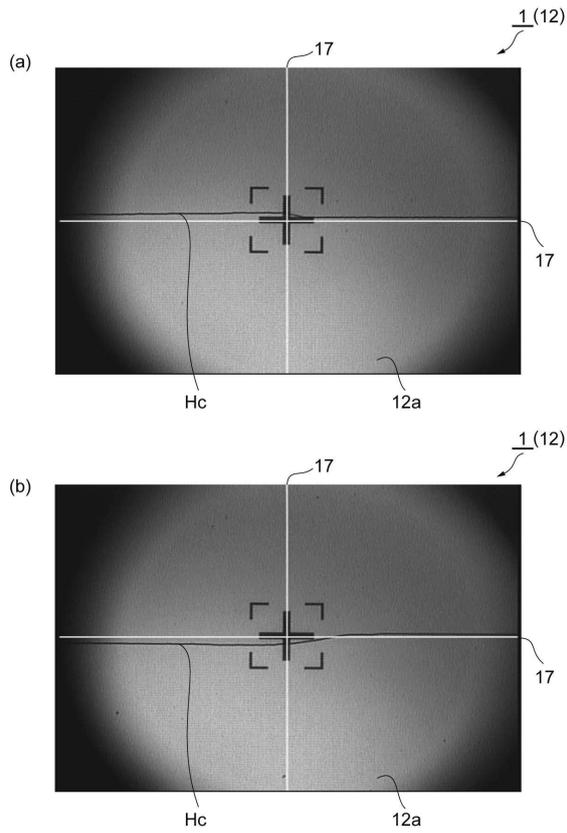
【 図 9 】



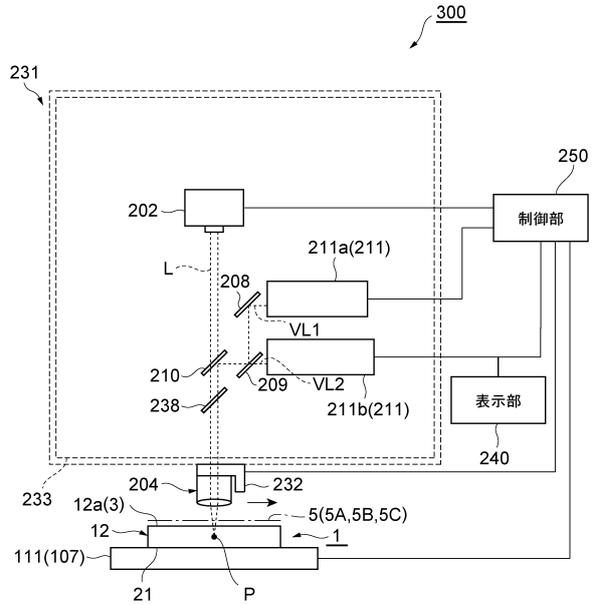
【 図 10 】



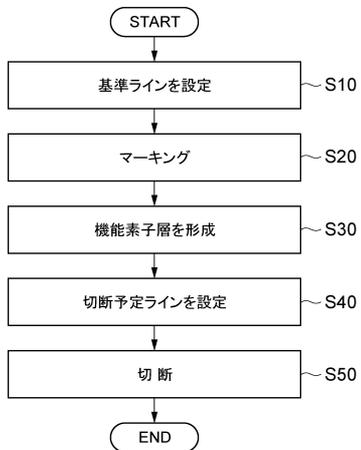
【図 1 1】



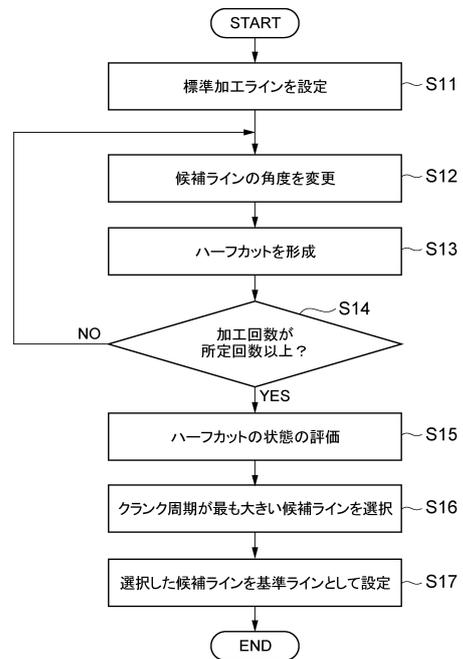
【図 1 2】



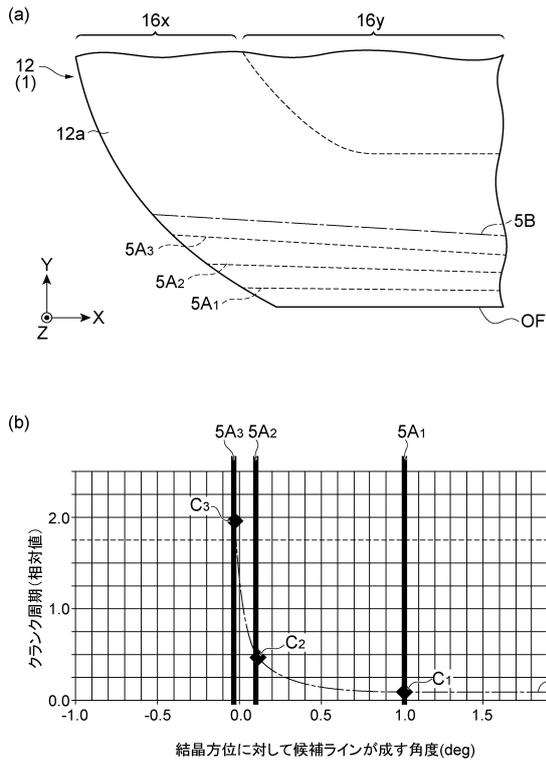
【図 1 3】



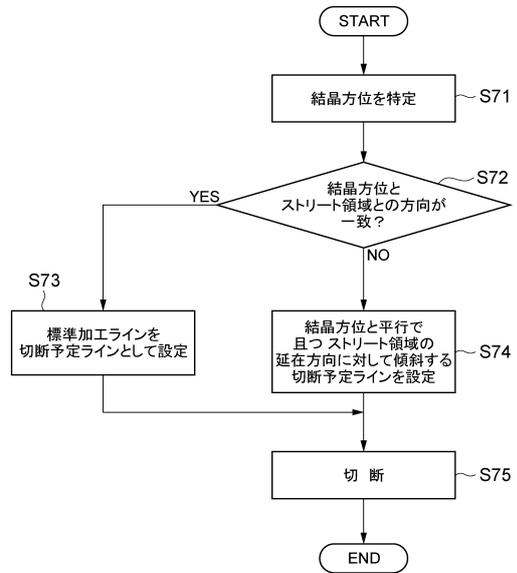
【図 1 4】



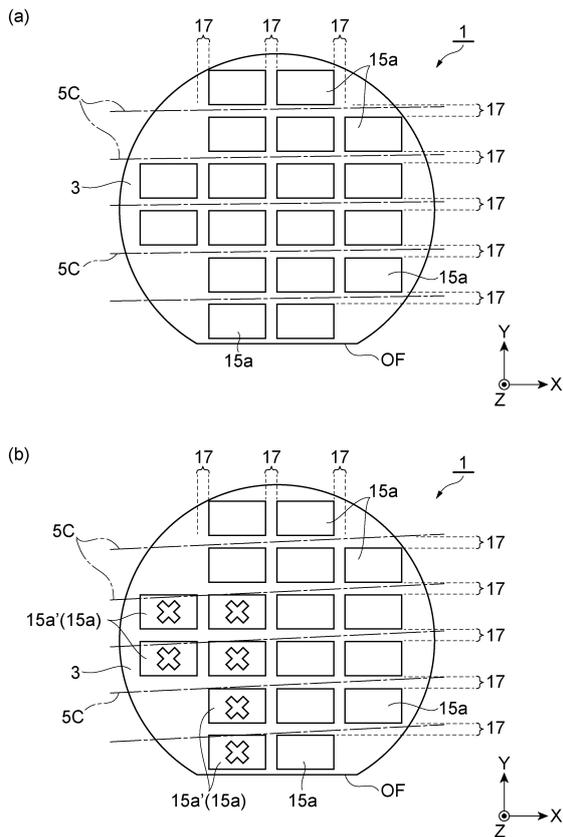
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 杉本 陽

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 内田 正和

(56)参考文献 特開2014-111275 (J P , A)

特開2008-186961 (J P , A)

特開2012-24816 (J P , A)

特開2009-75273 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 1

B 2 3 K 2 6 / 5 3