

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7330771号
(P7330771)

(45)発行日 令和5年8月22日(2023.8.22)

(24)登録日 令和5年8月14日(2023.8.14)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 21/304 (2006.01) H 0 1 L 21/304 6 1 1 Z
B 2 3 K 26/53 (2014.01) B 2 3 K 26/53

請求項の数 5 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-111302(P2019-111302)	(73)特許権者	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
(22)出願日	令和1年6月14日(2019.6.14)	(74)代理人	110003524 弁理士法人愛宕総合特許事務所
(65)公開番号	特開2020-205312(P2020-205312 A)	(74)代理人	100075177 弁理士 小野 尚純
(43)公開日	令和2年12月24日(2020.12.24)	(74)代理人	100113217 弁理士 奥貫 佐知子
審査請求日	令和4年4月28日(2022.4.28)	(74)代理人	100202496 弁理士 鹿角 剛二
		(74)代理人	100202692 弁理士 金子 吉文
		(72)発明者	山本 涼兵 東京都大田区大森北二丁目13番11号 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ウエーハの生成方法およびウエーハの生成装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

S i Cインゴットからウエーハを生成するウエーハの生成方法であって、
S i Cインゴットの端面からS i Cに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をS i Cインゴットに照射し、S i CがS iとCとに分離すると共にS i Cインゴットのc面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成する剥離層形成工程と、
S i Cインゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離工程と、
を少なくとも備え、
該剥離層形成工程に先立ち、S i Cインゴットの端面からS i Cに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をS i Cインゴットに照射し、S i CがS iとCとに分離すると共にS i Cインゴットのc面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証工程を実施し、
該検証工程において、レーザー光線の出力を変化させて、所定方向と直交する方向においてレーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層を形成するとともに、該所定方向においてレーザー光線の出力条件が同一の複数の剥離層を形成し、該所定方向において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力を剥離層のクラックが適正に形成されるレーザー光線の出力として設定するウエーハの生成方法。

10

【請求項2】

20

剥離工程を実施した後、次の剥離工程を実施する前に検証工程を実施する請求項 1 記載のウエーハの生成方法。

【請求項 3】

S i C インゴットからウエーハを生成するウエーハの生成装置であって、

S i C インゴットの端面から S i C に対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線を S i C インゴットに照射し、S i C が S i と C とに分離すると共に S i C インゴットの c 面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成するレーザー光線照射手段と、

S i C インゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離手段と、

S i C インゴットの端面から S i C に対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線を S i C インゴットに照射し、S i C が S i と C とに分離すると共に S i C インゴットの c 面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証手段と、を備え、

該検証手段において、レーザー光線の出力を変化させて、所定方向と直交する方向においてレーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層を形成するとともに、該所定方向においてレーザー光線の出力条件が同一の複数の剥離層を形成し、該所定方向において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力を剥離層のクラックが適正に形成されるレーザー光線の出力として設定するウエーハの生成装置。

【請求項 4】

該検証手段は、剥離層に光を照射する発光体と、剥離層を撮像するカメラと、該カメラが撮像した画像の明るさが閾値内か否かによって、クラックが適正に形成されるレーザー光線の出力であるか否かを判断する判断部と、を含む請求項 3 記載のウエーハの生成装置。

【請求項 5】

該判断部は、画像を 2 値化処理し黒と白の比率が所定値内であれば、クラックが適正に形成されるレーザー光線の出力であると判断する請求項 4 記載のウエーハの生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、S i C インゴットからウエーハを生成するウエーハの生成方法およびウエーハの生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

I C、L S I、L E D 等のデバイスは、S i (シリコン) や A l₂O₃ (サファイア) 等を素材としたウエーハの表面に機能層が積層され分割予定ラインによって区画されて形成される。また、パワーデバイス、L E D 等は単結晶 S i C (炭化ケイ素) を素材としたウエーハの表面に機能層が積層され分割予定ラインによって区画されて形成される。デバイスが形成されたウエーハは、切削装置、レーザー加工装置によって分割予定ラインに加工が施されて個々のデバイスに分割され、分割された各デバイスは携帯電話やパソコン等の電気機器に利用される。

【0003】

デバイスが形成されるウエーハは、一般的に円柱形状のインゴットをワイヤーソーで薄く切断することにより生成される。切断されたウエーハの表面および裏面は、研磨することにより鏡面に仕上げられる(たとえば特許文献 1 参照)。しかし、インゴットをワイヤーソーで切断し、切断したウエーハの表面および裏面を研磨すると、インゴットの大部分(70~80%)が捨てられることになり不経済であるという問題がある。特に S i C インゴットにおいては、硬度が高くワイヤーソーでの切断が困難であり相当の時間を要するため生産性が悪いと共に、インゴットの単価が高く効率よくウエーハを生成することに課題を有している。

【0004】

そこで本出願人は、単結晶 S i C に対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点

をSiCインゴットの内部に位置づけてSiCインゴットにレーザー光線を照射して切断予定面に剥離層を形成し、剥離層が形成された切断予定面に沿ってSiCインゴットからウエーハを剥離する技術を提案した(たとえば特許文献2参照)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2000-94221号公報

特開2016-111143号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、ウエーハの剥離を繰り返すことによってインゴットの高さが減少し切断予定面の結晶構造に変化が生じると、当初の加工条件では切断予定面に沿って適正な剥離層を形成するのが困難になるという問題がある。また、SiCインゴットの結晶構造はインゴットごとに異なるので、SiCインゴットから最初のウエーハを剥離するための適正な剥離層を形成する加工条件がインゴットごとに異なる場合がある。したがって、加工すべきインゴットが変わると、以前に加工を施した時の加工条件では切断予定面に沿って適正な剥離層を形成することができない場合がある。

【0007】

上記事実に鑑みてなされた本発明の課題は、ウエーハの剥離を繰り返すことによってインゴットの高さが減少して切断予定面の結晶構造が変化しても、あるいは加工すべきインゴットが変わり切断予定面の結晶構造が変化しても、切断予定面に沿って適正な剥離層を形成することができるウエーハの生成方法およびウエーハの生成装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第一の局面は上記課題を解決するために以下のウエーハの生成方法を提供する。すなわち、SiCインゴットからウエーハを生成するウエーハの生成方法であって、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成する剥離層形成工程と、SiCインゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離工程と、を少なくとも備え、該剥離層形成工程に先立ち、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証工程を実施し、該検証工程において、レーザー光線の出力を変化させて、所定方向と直交する方向においてレーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層を形成するとともに、該所定方向においてレーザー光線の出力条件が同一の複数の剥離層を形成し、該所定方向において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力を剥離層のクラックが適正に形成されるレーザー光線の出力として設定するウエーハの生成方法を本発明の第一の局面は提供する。

【0009】

剥離工程を実施した後、次の剥離工程を実施する前に検証工程を実施するのが好ましい。

【0010】

本発明の第二の局面は上記課題を解決するために以下のウエーハの生成装置を提供する。すなわち、SiCインゴットからウエーハを生成するウエーハの生成装置であって、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラック

10

20

30

40

50

クが生じた剥離層を形成するレーザー光線照射手段と、SiCインゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離手段と、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証手段と、を備え、該検証手段において、レーザー光線の出力を変化させて、所定方向と直交する方向においてレーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層を形成するとともに、該所定方向においてレーザー光線の出力条件が同一の複数の剥離層を形成し、該所定方向において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力を剥離層のクラックが適正に形成されるレーザー光線の出力として設定するウエーハの生成装置を本発明の第二の局面は提供する。

10

【0011】

該検証手段は、剥離層に光を照射する発光体と、剥離層を撮像するカメラと、該カメラが撮像した画像の明るさが閾値内か否かによって、クラックが適正に形成されるレーザー光線の出力であるか否かを判断する判断部と、を含むのが好都合である。該判断部は、画像を2値化処理し黒と白の比率が所定値内であれば、クラックが適正に形成されるレーザー光線の出力であると判断するのが好ましい。

【発明の効果】

【0012】

本発明の第一の局面のウエーハの生成方法は、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成する剥離層形成工程と、SiCインゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離工程と、を少なくとも備え、該剥離層形成工程に先立ち、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証工程を実施し、該検証工程において、レーザー光線の出力を変化させて、所定方向と直交する方向においてレーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層を形成するとともに、該所定方向においてレーザー光線の出力条件が同一の複数の剥離層を形成し、該所定方向において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力を剥離層のクラックが適正に形成されるレーザー光線の出力として設定するので、ウエーハの剥離を繰り返すことによってインゴットの高さが減少して切断予定面の結晶構造が変化しても、あるいは加工すべきインゴットが変わり切断予定面の結晶構造が変化しても、切断予定面に沿って適正な剥離層を形成することができる。

20

30

【0013】

本発明の第二の局面のウエーハの生成装置は、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成するレーザー光線照射手段と、SiCインゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離手段と、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証手段と、を備え、該検証手段において、レーザー光線の出力を変化させて、所定方向と直交する方向においてレーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層を形成するとともに、該所定方向においてレーザー光線の出力条件が同一の複数の剥離層を形成し、該所定方向において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力を剥離層のクラックが適正に形成

40

50

されるレーザー光線の出力として設定するので、ウエーハの剥離を繰り返すことによってインゴットの高さが減少して切断予定面の結晶構造が変化しても、あるいは加工すべきインゴットが変わり切断予定面の結晶構造が変化しても、切断予定面に沿って適正な剥離層を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に従って構成されたウエーハの生成装置の斜視図。

【図2】(a) SiCインゴットの正面図、(b) SiCインゴットの平面図。

【図3】(a) 検査工程においてSiCインゴットにレーザー光線を照射している状態を示す斜視図、(b) 検査工程においてSiCインゴットにレーザー光線を照射している状態を示す断面図。

10

【図4】検査工程においてSiCインゴットをカメラで撮像している状態を示す斜視図。

【図5】レーザー光線の出力条件が異なる複数の剥離層の上面画像の模式図。

【図6】(a) 剥離層形成工程を実施している状態を示す斜視図、(b) 剥離層が形成されたSiCインゴットの断面図。

【図7】剥離工程を実施している状態を示す斜視図。

【図8】研削工程を実施している状態を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明のウエーハの生成方法およびウエーハの生成装置の好適実施形態について図面を参照しつつ説明する。

20

【0016】

まず、図1を参照して本発明に従って構成されたウエーハの生成装置の好適実施形態について説明する。全体を符号2で示すウエーハの生成装置は、SiCインゴットを保持する保持手段4と、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSi(シリコン)とC(炭素)とに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成するレーザー光線照射手段6と、保持手段4とレーザー光線照射手段6とを相対的にX軸方向に加工送りするX軸送り手段8と、保持手段4とレーザー光線照射手段6とを相対的にY軸方向にインデックス送りするY軸送り手段10と、SiCインゴットから剥離層を起点としてウエーハを剥離する剥離手段12と、SiCインゴットの端面からSiCに対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線をSiCインゴットに照射し、SiCがSiとCとに分離すると共にSiCインゴットのc面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証手段14とを備える。なお、X軸方向は図1に矢印Xで示す方向であり、Y軸方向は図1に矢印Yで示す方向であってX軸方向に直交する方向である。また、X軸方向およびY軸方向が規定する平面は実質上水平である。

30

【0017】

図1に示すとおり、保持手段4は、X軸方向に移動自在に基台16に搭載されたX軸可動板18と、Y軸方向に移動自在にX軸可動板18に搭載されたY軸可動板20と、Y軸可動板20の上面に回転自在に搭載された円形の保持テーブル22と、保持テーブル22を回転させる保持テーブル用モータ(図示していない。)とを含む。

40

【0018】

レーザー光線照射手段6は、基台16の上面から上方に延び次いで実質上水平に延びる枠体24と、枠体24に内蔵された発振手段(図示していない。)と、枠体24の先端下面に配置された集光器26と、集光点位置調整手段(図示していない。)とを含む。発振手段は、パルスレーザー光線を発振する発振器と、発振器が発振したパルスレーザー光線の出力を調整する調整器とを有する(いずれも図示していない。)。集光器26は、発振器が発振したパルスレーザー光線を集光する集光レンズ(図示していない。)を有する。

50

集光点位置調整手段は、たとえば、集光器 2 6 に連結され上下方向に延びるボールねじと、このボールねじを回転させるモータとを有する構成でよく、発振器が発振したパルスレーザー光線の集光点の上下方向位置を調整するようになっている。

【 0 0 1 9 】

X 軸送り手段 8 は、基台 1 6 の上面に沿って X 軸方向に延びるボールねじ 2 8 と、ボールねじ 2 8 を回転させるモータ 3 0 とを有する。ボールねじ 2 8 のナット部（図示していない。）は X 軸可動板 1 8 に連結されている。そして、X 軸送り手段 8 は、ボールねじ 2 8 によりモータ 3 0 の回転運動を直線運動に変換して X 軸可動板 1 8 に伝達し、基台 1 6 上の案内レール 1 6 a に沿って X 軸可動板 1 8 をレーザー光線照射手段 6 に対して相対的に X 軸方向に加工送りする。

10

【 0 0 2 0 】

Y 軸送り手段 1 0 は、X 軸可動板 1 8 の上面に沿って Y 軸方向に延びるボールねじ 3 2 と、ボールねじ 3 2 を回転させるモータ 3 4 とを有する。ボールねじ 3 2 のナット部（図示していない。）は Y 軸可動板 2 0 に連結されている。そして、Y 軸送り手段 1 0 は、ボールねじ 3 2 によりモータ 3 4 の回転運動を直線運動に変換して Y 軸可動板 2 0 に伝達し、X 軸可動板 1 8 上の案内レール 1 8 a に沿って Y 軸可動板 2 0 をレーザー光線照射手段 6 に対して相対的に Y 軸方向にインデックス送りする。

【 0 0 2 1 】

剥離手段 1 2 は、基台 1 6 上の案内レール 1 6 a の終端部に配置されたケーシング 3 6 と、ケーシング 3 6 に昇降自在に支持された基端から X 軸方向に延びるアーム 3 8 と、アーム 3 8 を昇降させるアーム昇降手段（図示していない。）とを含む。アーム昇降手段は、アーム 3 8 に連結され上下方向に延びるボールねじと、このボールねじを回転させるモータとを有する構成でよい。アーム 3 8 の先端にはモータ 4 0 が付設され、モータ 4 0 の下面には上下方向に延びる軸線を中心として回転自在に吸着片 4 2 が連結されている。吸着片 4 2 の下面には複数の吸引孔（図示していない。）が形成され、吸着片 4 2 は吸引手段（図示していない。）に接続されている。また、吸着片 4 2 には、吸着片 4 2 の下面に対して超音波振動を付与する超音波振動付与手段（図示していない。）が内蔵されている。

20

【 0 0 2 2 】

検証手段 1 4 は、SiC インゴットに形成された剥離層に光を照射する発光体 4 4 と、剥離層を撮像するカメラ 4 6 と、カメラ 4 6 が撮像した画像の明るさが閾値内か否かによって、剥離層のクラックが適正に形成されるレーザー光線の出力であるか否かを判断する判断部 4 8 とを含む。カメラ 4 6 は、集光器 2 6 と X 軸方向に間隔をおいて枠体 2 4 の先端下面に装着されている。LED 光源から構成され得る発光体 4 4 は、カメラ 4 6 の先端に付設されている。

30

【 0 0 2 3 】

カメラ 4 6 にはコンピュータから構成された制御手段 5 0 が電氣的に接続されており、カメラ 4 6 が撮像した画像のデータは制御手段 5 0 に送られるようになっている。制御手段 5 0 は、制御プログラムに従って演算処理する中央処理装置（CPU）と、制御プログラム等を格納するリードオンリメモリ（ROM）と、演算結果等を格納する読み書き可能なランダムアクセスメモリ（RAM）とを含む（いずれも図示していない。）。制御手段 5 0 のリードオンリメモリには、検証手段 1 4 の判断部 4 8 と共に、レーザー光線照射手段 6 の上記調整器を制御する制御部 5 2 が制御プログラムとして格納されている。また、枠体 2 4 の上面には、カメラ 4 6 が撮像した画像を表示するモニタ 5 4 が配置されている。

40

【 0 0 2 4 】

図示の実施形態では図 1 に示すとおり、ウエーハの生成装置 2 は、さらに、保持手段 4 に保持された SiC インゴットの上面を研削する研削手段 5 6 を備える。研削手段 5 6 は、枠体 2 4 に接続された装着壁 5 8 と、装着壁 5 8 の片面に昇降自在に装着された昇降板 6 0 と、昇降板 6 0 を昇降させる昇降手段 6 2 とを含む。

【 0 0 2 5 】

昇降手段 6 2 は、装着壁 5 8 の片面に沿って上下方向に延びるボールねじ 6 4 と、ボ-

50

ルねじ 64 を回転させるモータ 66 とを有する。ボールねじ 64 のナット部（図示していない。）は昇降板 60 に連結されている。そして、昇降手段 62 においては、ボールねじ 64 によりモータ 66 の回転運動を直線運動に変換して昇降板 60 に伝達し、装着壁 58 の片面に付設された案内レール 58a に沿って昇降板 60 を昇降させるようになっている。

【0026】

装着壁 58 の片面には Y 軸方向に突出する支持壁 68 が固定されている。支持壁 68 には、上下方向に延びる軸線を中心として回転自在にスピンドル 70 が支持され、支持壁 68 の上面には、スピンドル 70 を回転させるスピンドル用モータ 72 が搭載されている。図 1 と共に図 8 を参照して説明すると、スピンドル 70 の下端には円板状のホイールマウント 74 が固定され、ホイールマウント 74 の下面にはボルト 76 によって環状の研削ホイール 78 が固定されている。研削ホイール 78 の下面の外周縁部には、周方向に間隔をおいて環状に配置された複数の研削砥石 80 が固定されている。

10

【0027】

図 2 には、SiC から形成された円柱状の SiC インゴット 82 が示されている。SiC インゴット 82 は、円形状の第一の端面 84 と、第一の端面 84 と反対側の円形状の第二の端面 86 と、第一の端面 84 および第二の端面 86 の間に位置する周面 88 と、第一の端面 84 から第二の端面 86 に至る c 軸（<0001>方向）と、c 軸に直交する c 面（{0001}面）とを有する。

【0028】

SiC インゴット 82 においては、第一の端面 84 の垂線 90 に対して c 軸が傾いており、c 面と第一の端面 84 とでオフ角（たとえば $\theta = 1, 3, 6$ 度）が形成されている。オフ角 θ が形成される方向を図 2 に矢印 A で示す。また、SiC インゴット 82 の周面 88 には、いずれも結晶方位を示す矩形の第一のオリエンテーションフラット 92 および第二のオリエンテーションフラット 94 が形成されている。第一のオリエンテーションフラット 92 は、オフ角 θ が形成される方向 A に平行であり、第二のオリエンテーションフラット 94 は、オフ角 θ が形成される方向 A に直交している。図 2 (b) に示すとおり、上方からみて、第二のオリエンテーションフラット 94 の長さ L2 は、第一のオリエンテーションフラット 92 の長さ L1 よりも短い（ $L2 < L1$ ）。

20

【0029】

次に、本発明のウエーハの生成方法の好適実施形態について説明するが、ここでは上述のウエーハの生成装置 2 を用いたウエーハの生成方法について説明する。図示の実施形態のウエーハ生成方法では、まず、第二の端面 86 を下に向けて、適宜の接着剤（たとえばエポキシ樹脂系接着剤）を介して SiC インゴット 82 を保持テーブル 22 の上面に固定する。なお、保持テーブル 22 の上面に複数の吸引孔が形成され、保持テーブル 22 の上面に吸引力を生成して SiC インゴット 82 を吸引保持してもよい。

30

【0030】

保持テーブル 22 の上面で SiC インゴット 82 を保持させた後、SiC インゴット 82 の端面（図示の実施形態では第一の端面 84）から SiC に対して透過性を有する波長のレーザー光線の集光点を、生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてレーザー光線を SiC インゴット 82 に照射し、SiC が Si と C とに分離すると共に SiC インゴット 82 の c 面に沿ってクラックが適正に形成されているか否かを検証する検証工程を実施する。

40

【0031】

検証工程では、まず、SiC インゴット 82 の上方からカメラ 46 によって SiC インゴット 82 を撮像する。次いで、カメラ 46 で撮像した SiC インゴット 82 の画像に基づいて、X 軸送り手段 8、Y 軸送り手段 10 および保持テーブル用モータで保持テーブル 22 を移動および回転させることにより、SiC インゴット 82 の外周領域（SiC インゴット 82 から生成されたウエーハにおけるデバイスが形成されない外周余剰領域）を集光器 26 の直下に位置づける。また、図 3 (a) に示すとおり、第二のオリエンテーションフラット 94 を X 軸方向に整合させることによって、オフ角 θ が形成される方向 A と直

50

交する方向を X 軸方向に整合させると共に、オフ角 が形成される方向 A を Y 軸方向に整合させる。

【 0 0 3 2 】

次いで、集光点位置調整手段で集光器 2 6 を昇降させ、S i C インゴット 8 2 の第一の端面 8 4 から、生成すべきウエーハの厚みに相当する深さにパルスレーザー光線 L B の集光点 F P (図 3 (b) 参照) を位置づける。次いで、図 3 (a) および図 3 (b) に示すとおり、オフ角 が形成される方向 A と直交する方向に整合している X 軸方向に X 軸送り手段 8 で保持テーブル 2 2 を所定の加工送り速度で加工送りしながら、S i C に対して透過性を有する波長のパルスレーザー光線 L B を集光器 2 6 から S i C インゴット 8 2 に照射して検証用の剥離層 9 6 を形成する。なお、検証用の剥離層 9 6 は S i C インゴット 8 2 の周縁から 2 mm 程度の外周領域 (デバイスが形成されない外周余剰領域) に形成されるため、S i C インゴット 8 2 から生成されたウエーハにデバイスを形成する際に検証用の剥離層 9 6 がデバイスの品質を低下させることはない。

10

【 0 0 3 3 】

検証工程において剥離層 9 6 を形成する際は、制御手段 5 0 の制御部 5 2 でレーザー光線照射手段 6 の調整器を制御することにより、適宜の時間間隔においてパルスレーザー光線 L B の出力を変化させつつ S i C インゴット 8 2 にパルスレーザー光線 L B を照射して、パルスレーザー光線 L B の出力条件が異なる複数の剥離層 9 6 を形成する。図示の実施形態では図 3 に示すとおり、出力条件が 4 W である剥離層 9 6 a と、出力条件が 5 W である剥離層 9 6 b と、出力条件が 6 W である剥離層 9 6 c と、出力条件が 7 W である剥離層 9 6 d とを形成している。なお、出力条件および剥離層 9 6 の数量はそれぞれ任意に設定することができる。

20

【 0 0 3 4 】

次いで、Y 軸送り手段 1 0 で保持テーブル 2 2 を移動させることにより、オフ角 が形成される方向 A に整合している Y 軸方向に、所定インデックス量 L i だけ集光点 F P に対して相対的に S i C インゴット 8 2 をインデックス送りする。そして、パルスレーザー光線 L B の照射とインデックス送りとを交互に適宜の回数繰り返す。図 3 (a) に示すとおり、パルスレーザー光線 L B の出力条件が異なる複数の剥離層 9 6 を Y 軸方向に間隔をおいて形成する。この際、オフ角 が形成される方向 A において隣接する剥離層 9 6 の出力条件を同一にする。

30

【 0 0 3 5 】

次いで、図 4 に示すとおり、上下方向に対して傾斜した角度で発光体 4 4 から剥離層 9 6 a ~ 9 6 d に光を照射しながら、剥離層 9 6 a ~ 9 6 d をカメラ 4 6 で撮像する。図 5 (a) ~ 図 5 (d) には、剥離層 9 6 a ~ 9 6 d の画像 P 1 ~ P 4 が示されている。図 5 (a) ~ 図 5 (d) に示すとおり、剥離層 9 6 a ~ 9 6 d は、パルスレーザー光線 L B の照射により S i C が S i と C とに分離し次に照射されるパルスレーザー光線 L B が前に形成された C に吸収されて連鎖的に S i C が S i と C とに分離した部分 9 8 a ~ 9 8 d と、分離部分 9 8 a ~ 9 8 d から c 面に沿って等方的に生じたクラック 1 0 0 a ~ 1 0 0 d とを有する。

【 0 0 3 6 】

図 5 (a) および図 5 (b) に示すとおり、剥離層 9 6 a 、 9 6 b においては、オフ角 が形成される方向 A において隣接するクラック 1 0 0 a 、 1 0 0 b 同士が上下方向に見て重なっていない。一方、剥離層 9 6 c 、 9 6 d においては、図 5 (c) および図 5 (d) に示すとおり、オフ角 が形成される方向 A において隣接するクラック 1 0 0 c 、 1 0 0 d 同士が上下方向に見て重なっている。

40

【 0 0 3 7 】

オフ角 が形成される方向 A において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっていないと、S i C インゴット 8 2 から剥離層を起点としてウエーハを剥離するのが困難となる。一方、オフ角 が形成される方向 A において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている場合には、S i C インゴット 8 2 から剥離層を起点としてウエーハを容易

50

に剥離することができる。しかしながら、パルスレーザー光線 L B の出力が過剰に高いと、S i C インゴット 8 2 の第一の端面 8 4 に対して傾斜している c 面に沿ってクラックが過剰に生じることになり、S i C インゴット 8 2 からウエーハを剥離した後、S i C インゴット 8 2 の剥離面およびウエーハの剥離面を研削して平坦化する際の研削量が多くなるため、素材ロスが増大することとなる。したがって、検証工程においては、オフ角 が形成される方向 A において隣接するクラック同士が上下方向に見て重なっている出力条件のうち最小の出力（図示の実施形態では 6 W）を剥離層のクラックが適正に形成される出力として設定する。

【 0 0 3 8 】

上述したとおり、検証工程においては、剥離層 9 6 a ~ 9 6 d の画像 P 1 ~ P 4 からクラック 1 0 0 a ~ 1 0 0 d の幅（オフ角 が形成される方向 A における幅）を確認することによって、パルスレーザー光線 L B の出力を設定してもよいが、図示の実施形態のウエーハ生成装置 2 においては、カメラ 4 6 が撮像した画像 P 1 ~ P 4 の明るさが閾値内か否かによって、クラックが適正に形成されるパルスレーザー光線 L B の出力であるか否かを検証手段 1 4 の判断部 4 8 が判断することができるようになっている。

10

【 0 0 3 9 】

判断部 4 8 は、カメラ 4 6 が撮像した画像 P 1 ~ P 4 のデータを受け取ると、各画像 P 1 ~ P 4 を 2 値化処理する。各画像 P 1 ~ P 4 を 2 値化処理すると、クラック 1 0 0 a ~ 1 0 0 d が形成されている領域は主として白色となる一方、クラック 1 0 0 a ~ 1 0 0 d が形成されていない領域や、S i C が S i と C とに分離した部分 9 8 a ~ 9 8 d は主として黒色となる。そして、判断部 4 8 は、2 値化処理した画像において黒と白の比率が所定値内（たとえば黒の比率が 3 0 ~ 4 0 % であり、白の比率が 6 0 ~ 7 0 %）であれば、クラックが適正に形成される出力であると判断する。

20

【 0 0 4 0 】

なお、カメラ 4 6 が撮像した画像を 2 値化処理する領域は、図 5 (a) を例に挙げると、オフ角 が形成される方向 A については、一番上の分離部分 9 8 a から一番下の分離部分 9 8 a までの領域とすることができ、オフ角 が形成される方向 A と直交する方向については、出力条件が同一の剥離層が形成されている任意の領域とすることができる。また、クラックが適正に形成される出力で剥離層を形成した場合における画像を 2 値化処理した際の黒と白の比率については、あらかじめ実験で求めておくことができる。

30

【 0 0 4 1 】

検証工程を実施した後、S i C インゴット 8 2 の端面（図示の実施形態では第一の端面 8 4）から S i C に対して透過性を有する波長のパルスレーザー光線 L B の集光点 F P を、生成すべきウエーハの厚みに相当する深さに位置づけてパルスレーザー光線 L B を S i C インゴット 8 2 に照射し、S i C が S i と C とに分離すると共に S i C インゴット 8 2 の c 面に沿ってクラックが生じた剥離層を形成する剥離層形成工程を実施する。剥離層形成工程におけるパルスレーザー光線 L B の出力は、検証工程で設定した出力（図示の実施形態では 6 W）である。

【 0 0 4 2 】

剥離層形成工程では、まず、検証工程においてカメラ 4 6 で撮像した S i C インゴット 8 2 の画像に基づいて、S i C インゴット 8 2 と集光器 2 6 との X Y 平面における位置を調整する。なお、S i C インゴット 8 2 の向きについては、検証工程の際と同様であり、オフ角 が形成される方向 A と直交する方向を X 軸方向に整合させ、オフ角 が形成される方向 A を Y 軸方向に整合させる（図 6 (a) 参照）。

40

【 0 0 4 3 】

次いで、S i C インゴット 8 2 の第一の端面 8 4 から、生成すべきウエーハの厚みに相当する深さにパルスレーザー光線 L B の集光点 F P を位置づける。次いで、図 6 (a) に示すとおり、オフ角 が形成される方向 A と直交する方向に整合している X 軸方向に X 軸送り手段 8 で保持テーブル 2 2 を所定の加工送り速度で加工送りしながら、S i C に対して透過性を有する波長のパルスレーザー光線 L B を集光器 2 6 から S i C インゴット 8 2

50

に照射する。これによって、図6(b)に示すとおり、パルスレーザー光線LBの照射によりSiCがSiとCとに分離し次に照射されるパルスレーザー光線LBが前に形成されたCに吸収されて連鎖的にSiCがSiとCとに分離すると共に、SiCがSiとCとに分離した部分102からc面に沿って等方的にクラック104が生じた帯状の剥離層106がX軸方向に沿って形成される。

【0044】

次いで、Y軸送り手段10で保持テーブル22を移動させることにより、オフ角 θ が形成される方向Aに整合しているY軸方向に、所定インデックス量 L_i だけ集光点FPに対して相対的にSiCインゴット82をインデックス送りする。そして、パルスレーザー光線LBの照射とインデックス送りとを交互に繰り返すことにより、オフ角 θ が形成される方向Aと直交する方向に連続的に伸びる分離部分102を、オフ角 θ が形成される方向Aに所定インデックス量 L_i の間隔をおいて複数形成すると共に、分離部分102からc面に沿って等方的に伸びるクラック104を順次生成する。なお、剥離層形成工程におけるインデックス量 L_i は、検証工程におけるインデックス量 L_i と同一である。

10

【0045】

図示の実施形態では、剥離層形成工程に先立ち検証工程を実施して、クラック104が適正に形成されるパルスレーザー光線LBの出力を設定しているから、オフ角 θ が形成される方向Aにおいて隣接するクラック104同士が上下方向にみて重なっている。このようにして、SiCインゴット82の第一の端面84から生成すべきウエーハの厚みに相当する深さ(切断予定面)に、分離部分102およびクラック104からなる、SiCインゴット82からウエーハを剥離するための強度が低下した複数の剥離層106を形成する。

20

【0046】

剥離層形成工程を実施した後、SiCインゴット82から剥離層106を起点としてウエーハを剥離する剥離工程を実施する。剥離工程では、まず、剥離手段12の吸着片42の下方に保持テーブル22をX軸送り手段8で位置づける。次いで、アーム昇降手段でアーム38を下降させ、図7に示すとおり、吸着片42の下面をSiCインゴット82の第一の端面84に密着させる。次いで、吸引手段を作動させ、吸着片42の下面をSiCインゴット82の第一の端面84に吸着させる。次いで、超音波振動付与手段を作動させ、吸着片42の下面に対して超音波振動を付与すると共に、モータ40で吸着片42を回転させる。これによって、剥離層106を起点としてウエーハ108を剥離することができる。

30

【0047】

剥離工程を実施した後、SiCインゴット82の上面(剥離面110:図8参照)を研削して平坦面に形成する平坦面形成工程を実施する。平坦面形成工程では、まず、保持テーブル22を研削手段56の研削ホイール78の下方にX軸送り手段8で位置づける。次いで、図8に示すとおり、上方からみて反時計回りに所定の回転速度(たとえば300rpm)で保持テーブル用モータにより保持テーブル22を回転させる。また、上方からみて反時計回りに所定の回転速度(たとえば6000rpm)でスピンドル用モータ72によりスピンドル70を回転させる。次いで、昇降手段62でスピンドル70を下降させ、SiCインゴット82の剥離面110に研削砥石80を接触させる。その後、所定の研削送り速度(たとえば $0.1\mu\text{m/s}$)でスピンドル70を下降させる。これによって、SiCインゴット82の剥離面110を研削して、パルスレーザー光線LBの入射を妨げない程度の平坦面に形成することができる。

40

【0048】

平坦面形成工程を実施した後、検証工程、剥離層形成工程、剥離工程および平坦面形成工程を繰り返すことにより、SiCインゴット82から複数のウエーハ108を生成することができる。剥離工程を実施した後、次の剥離工程を実施する前に検証工程を毎回実施するのが好ましいが、最初の剥離工程を実施する前に検証工程を実施した後は、検証工程の実施回数を剥離工程の実施回数よりも少なくしてもよい。たとえば、剥離工程の実施回数5回に対して検証工程の実施回数を1回にしてもよい。

50

【 0 0 4 9 】

以上のとおり図示の実施形態では、検証工程において、パルスレーザー光線 L B の出力を変化させて、剥離層 1 0 6 のクラック 1 0 4 が適正に形成されるパルスレーザー光線 L B の出力を設定するので、ウエーハ 1 0 8 の剥離を繰り返すことによって S i C インゴット 8 2 の高さが減少して切断予定面の結晶構造が変化しても、あるいは加工すべき S i C インゴット 8 2 が変わり切断予定面の結晶構造が変化しても、切断予定面に沿って適正な剥離層 1 0 6 を形成することができる。

【 0 0 5 0 】

なお、検証工程および剥離層形成工程は、たとえば以下の加工条件で実施することができる。下記分離部分の幅および下記クラックの幅は、オフ角 が形成される方向 A における幅である。

パルスレーザー光線の波長 : 1 0 6 4 n m

繰り返し周波数 : 1 2 0 k H z

平均出力 : 4 ~ 1 0 W

パルス幅 : 4 n s

集光レンズの開口数 (N A) : 0 . 6 5

加工送り速度 : 9 0 0 m m / s

インデックス量 : 4 0 0 ~ 5 0 0 μ m

分離部分の幅 : 1 0 μ m

クラックの幅 : 2 5 0 μ m

【 符号の説明 】

【 0 0 5 1 】

2 : ウエーハの生成装置

6 : レーザー光線照射手段

1 2 : 剥離手段

1 4 : 検証手段

4 4 : 発光体

4 6 : カメラ

4 8 : 判断部

8 2 : S i C インゴット

8 4 : 第一の端面

8 6 : 第二の端面

1 0 2 : 分離部分

1 0 4 : クラック

1 0 6 : 剥離層

1 0 8 : ウエーハ

L B : パルスレーザー光線

F P : 集光点

10

20

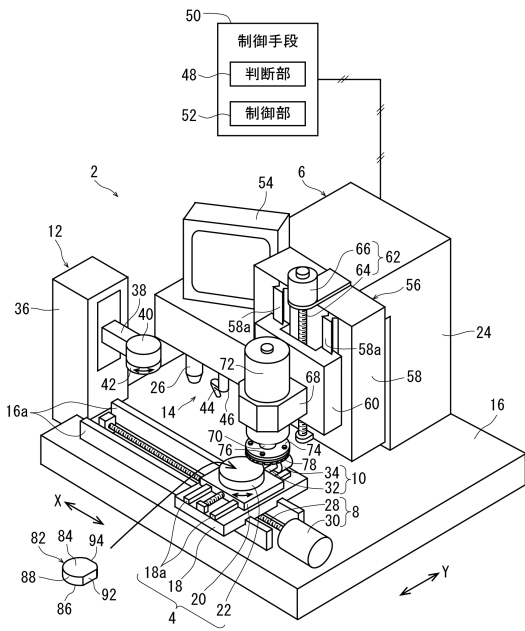
30

40

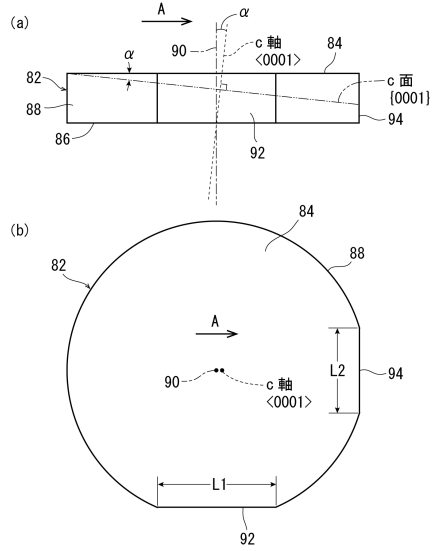
50

【図面】

【図 1】



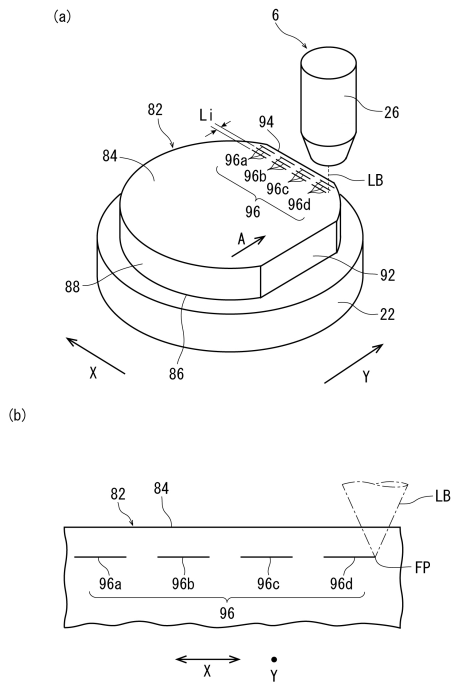
【図 2】



10

20

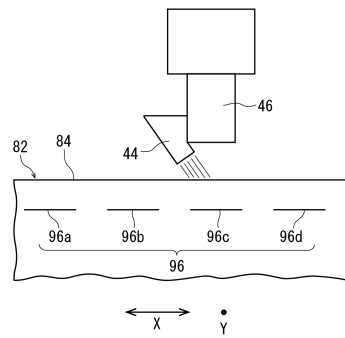
【図 3】



30

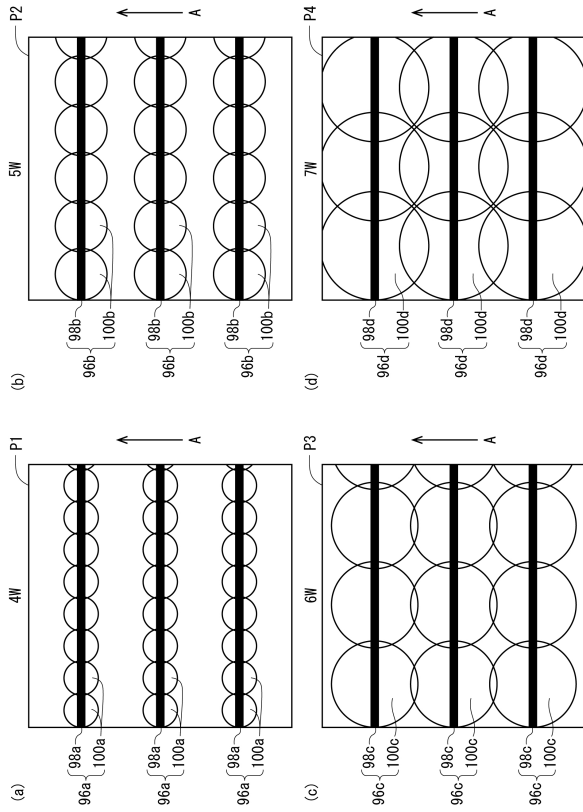
40

【図 4】

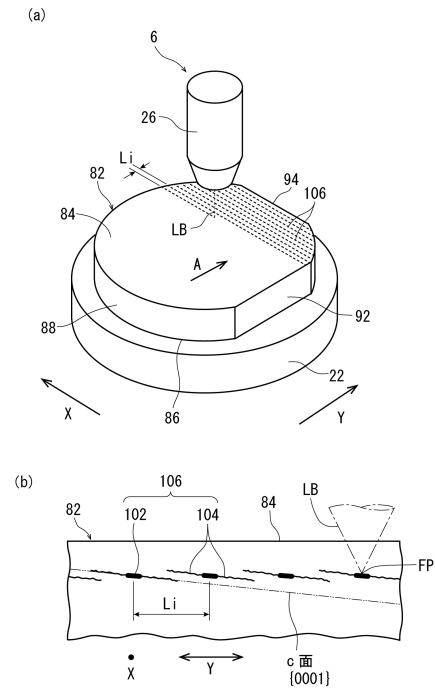


50

【 図 5 】



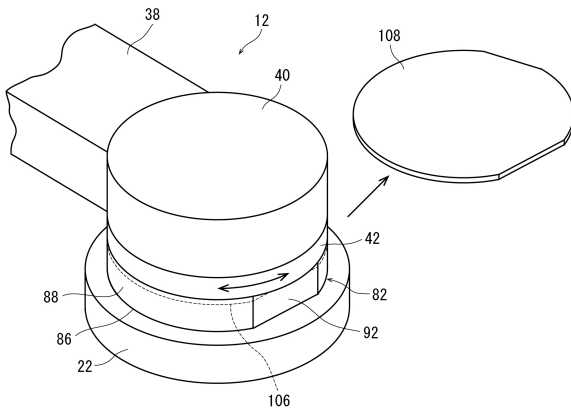
【 図 6 】



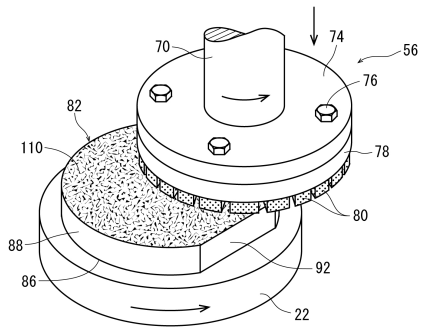
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】



30

40

50

フロントページの続き

株式会社ディスコ内

(72)発明者 鳥居 周一

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

審査官 宮久保 博幸

(56)参考文献 特開2018-093046(JP,A)

特開2013-158778(JP,A)

特開2018-147928(JP,A)

特開2017-189870(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/304

B23K 26/53