

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6478821号
(P6478821)

(45) 発行日 平成31年3月6日(2019.3.6)

(24) 登録日 平成31年2月15日(2019.2.15)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/304 (2006.01)	H O 1 L 21/304 6 1 1 Z
B 2 3 K 26/53 (2014.01)	B 2 3 K 26/53
B 2 8 D 5/04 (2006.01)	B 2 8 D 5/04 B

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-114581 (P2015-114581)	(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	平成27年6月5日(2015.6.5)	(74) 代理人	100075384 弁理士 松本 昂
(65) 公開番号	特開2017-5008 (P2017-5008A)	(74) 代理人	100172281 弁理士 岡本 知広
(43) 公開日	平成29年1月5日(2017.1.5)	(72) 発明者	平田 和也 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
審査請求日	平成30年4月18日(2018.4.18)	審査官	井上 和俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェーハの生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

c面が上面に露出しc面に直交するc軸を有する六方晶単結晶インゴットから のオフ角を有するウェーハを生成するウェーハの生成方法であって、

楔角度 の楔状部材を介して支持テーブルで該六方晶単結晶インゴットを支持し、該上面を水平面に対してオフ角 傾斜させる支持ステップと、

該支持ステップを実施した後、該六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点を該上面から第1の深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを該オフ角 が形成される方向と直交する方向に相対的に移動してレーザービームを該上面に照射し、該六方晶単結晶インゴットの内部に第1の直線状の改質層と該改質層からc面方向に伸びる第1クラックとを形成する第1改質層形成ステップと、

該オフ角 が形成される方向に該集光点を相対的に移動して所定量インデックス送りする第1インデックスステップと、

該六方晶単結晶インゴットの内部に形成された該第1の改質層と該第1クラックとを起点として、初期ウェーハを該六方晶単結晶インゴットから剥離する初期ウェーハ生成ステップと、を備え、

該第1改質層形成ステップにおいて、インデックス送りする間隔をLとした場合、Lは隣接する該第1の直線状の改質層から該c面方向に伸びる隣接する該第1クラックが重なる長さ以下に設定されることを特徴とするウェーハの生成方法。

【請求項 2】

該初期ウエーハ生成ステップを実施した後、

該初期ウエーハが剥離され露出した上面から該六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点を生成するウエーハの厚みに相当する深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを相対的に移動してレーザービームを該露出した上面に照射し、該露出した上面に平行な第 2 改質層及び該第 2 改質層から伸長する第 2 クラックを形成して分離起点を形成する分離起点形成ステップと、

該分離起点形成ステップを実施した後、該分離起点からウエーハの厚みに相当する板状物を該六方晶単結晶インゴットから剥離してウエーハを生成するウエーハ剥離ステップと、を更に備え、

該分離起点形成ステップは、該オフ角 が形成される方向と直交する方向にレーザービームの集光点を相対的に移動して直線状の該第 2 改質層を形成する第 2 改質層形成ステップと、

該オフ角 が形成される方向に該集光点を相対的に移動して該所定量インデックス送りする第 2 インデックスステップと、

を含むことを特徴とする請求項 1 記載のウエーハの生成方法。

【請求項 3】

該分離起点形成ステップを実施する前に、該第 1 改質層と該第 1 クラック又は該第 2 改質層と該第 2 クラックとが露出して c 面からオフ角 傾斜した該六方晶単結晶インゴットの露出した該上面を研削して平坦化する平坦化ステップを更に備えた請求項 2 記載のウエーハの生成方法。

【請求項 4】

c 面が上面に露出し該 c 面に直行する c 軸を有する六方晶単結晶インゴットから のオフ角を有するウエーハを生成するウエーハの生成方法であって、

六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点を該上面から第 1 の深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを相対的に移動してレーザービームを該上面に照射し、該六方晶単結晶インゴット内部に第 1 の直線状の改質層と c 面方向に伸びる第 1 クラックとを形成する第 1 改質層形成ステップと、

該第 1 改質層形成ステップを実施した後、該第 1 の直線状の改質層に対して直交する方向に該六方晶単結晶インゴットと該集光点とを相対的にインデックス送りした後、該集光点を第 2 の深さに位置付けてレーザービームを照射し、該六方晶単結晶インゴットと該集光点とを相対的に加工送りして該六方晶単結晶インゴット内部に該第 1 の直線状の改質層に平行な第 2 の直線状の改質層と c 面方向に伸びる第 2 クラックとを形成する第 2 改質層形成ステップと、

該第 2 改質層形成ステップにおいて、インデックス送りする間隔を L とした場合、L は該第 1 の直線状の改質層から c 面方向に伸びる該第 1 クラックと該第 2 の直線状の改質層から c 面方向に該第 1 クラックに対向して伸びる該第 2 クラックとが重なる長さ以下に設定され、

該集光点が位置付けられる該第 1 の深さと該第 2 の深さとの c 軸方向の差を h とした場合、 $h = L \cdot \tan$ に設定され、

\tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔 L との交点にレーザービームの集光点を順次下げながら該第 2 改質層形成ステップを順次繰り返して実施し、生成すべきウエーハの全面に対応して該第 2 改質層と該第 2 クラックとを形成する第 2 改質層形成繰り返しステップと、

該六方晶単結晶インゴットの内部に形成された該第 1 及び第 2 改質層と該第 1 及び第 2 クラックとを起点として、初期ウエーハを該六方晶単結晶インゴットから剥離する初期ウエーハ剥離ステップと、

を備えたことを特徴とするウエーハの生成方法。

【請求項 5】

インデックス送りする間隔 L は、h が 50 μm 以下となるように設定される請求項 4 記

10

20

30

40

50

載のウエーハの生成方法。

【請求項 6】

該初期ウエーハ生成ステップを実施した後、

該初期ウエーハが剥離され露出した上面から該六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点をウエーハの厚みに相当する深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを相対的に移動してレーザービームを照射し、該露出した上面に平行な第 3 改質層及び第 3 クラックを形成して分離起点を形成する分離起点形成ステップと、

該分離起点形成ステップを実施した後、該分離起点からウエーハの厚みに相当する板状物を該六方晶単結晶インゴットから剥離してウエーハを生成するウエーハ剥離ステップと、
、を更に備え、

該分離起点形成ステップは、オフ角 が形成される方向と直交する方向にレーザービームの集光点を相対的に移動して直線状の該第 3 改質層を形成する第 3 改質層形成ステップと、

該オフ角 が形成された方向に該集光点を相対的に移動して該所定量インデックス送りすると共に、 \tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔との交点にレーザービームの集光点を位置付けるインデックスステップと、

を含むことを特徴とする請求項 4 記載のウエーハの生成方法。

【請求項 7】

該六方晶単結晶インゴットは、SiC インゴット、又は GaN インゴットから選択される請求項 1 ~ 6 の何れかに記載のウエーハの生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、六方晶単結晶インゴットをウエーハ状にスライスするウエーハの生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

IC、LSI 等の各種デバイスは、シリコン等を素材としたウエーハの表面に機能層を積層し、この機能層に複数の分割予定ラインによって区画された領域に形成される。そして、切削装置、レーザー加工装置等の加工装置によってウエーハの分割予定ラインに加工が施され、ウエーハが個々のデバイスチップに分割され、分割されたデバイスチップは携帯電話、パソコン等の各種電子機器に広く利用されている。

【0003】

また、パワーデバイス又は LED、LD 等の光デバイスは、SiC、GaN 等の六方晶単結晶を素材としたウエーハの表面に機能層が積層され、積層された機能層に格子状に形成された複数の分割予定ラインによって区画されて形成される。

【0004】

デバイスが形成されるウエーハは、一般的にインゴットをワイヤーソーでスライスして生成され、スライスされたウエーハの表裏面を研磨して鏡面に仕上げられる（例えば、特開 2000-94221 号公報参照）。

【0005】

このワイヤーソーでは、直径約 100 ~ 300 μm のピアノ線等の一本のワイヤーを通常二 ~ 四本の間隔補助ローラー上に設けられた多数の溝に巻き付けて、一定ピッチで互いに平行に配置してワイヤーを一定方向又は双方向に走行させて、インゴットを複数のウエーハにスライスする。

【0006】

六方晶単結晶インゴット等のインゴットは、原子が平面状に成長する無数の c 面と、c 面に直交する方向に原子が積層するように成長する c 軸とを含んでいる。六方晶単結晶インゴットでは、一般的に、c 面が上面に露出し、c 軸が垂直となるようにインゴットが製

10

20

30

40

50

造される。

【0007】

基板となるウエーハの上面に積層される機能層との相性を良くするために、c面に対して 3.5° 、 4.0° 、 8.0° 等と機能層の種類に応じてオフ角を持った上面がウエーハに形成されるように、従来はc軸に対して 3.5° 、 4.0° 、 8.0° 傾いた方向から製造された六方晶単結晶インゴットを円柱状に加工し、この加工された六方晶単結晶インゴットをスライスすることにより必要とする六方晶単結晶ウエーハを製造している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2000-94221号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、インゴットをワイヤーソーで切断し、表裏面を研磨してウエーハを生成すると、インゴットの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、SiC、GaN等の六方晶単結晶インゴットはモース硬度が高く、ワイヤーソーでの切断が困難であり生産性が悪いという問題がある。

【0010】

また、結晶成長により製造された上面にc面を有する六方晶単結晶インゴットを加工して、上面がc面に対して 3.5° 、 4.0° 、 8.0° 傾いた円柱状の六方晶単結晶インゴットを製造し、このように円柱状に加工された六方晶単結晶インゴットをスライスして六方晶単結晶ウエーハを製造すると、結晶成長で製造された元の六方晶単結晶インゴットから上面がc面に対して所定角度傾いた円柱状六方晶単結晶インゴットを製造する際に、高価なインゴットから多くの端材が排出されて不経済であるという問題がある。

【0011】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、上面がc面に一致する六方晶単結晶ウエーハから上面に所定のオフ角を有する六方晶単結晶ウエーハを経済的に生成可能なウエーハの生成方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

請求項1記載の発明によると、c面が上面に露出しc面に直交するc軸を有する六方晶単結晶インゴットから のオフ角を有するウエーハを生成するウエーハの生成方法であって、楔角度 の楔状部材を介して支持テーブルで該六方晶単結晶インゴットを支持し、該上面を水平面に対してオフ角 傾斜させる支持ステップと、該支持ステップを実施した後、該六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点を該上面から第1の深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを該オフ角 が形成される方向と直交する方向に相対的に移動してレーザービームを該上面に照射し、該六方晶単結晶インゴットの内部に第1の直線状の改質層と該改質層からc面方向に伸びる第1クラックとを形成する第1改質層形成ステップと、該オフ角 が形成される方向に該集光点を相対的に移動して所定量インデックス送りする第1インデックスステップと、該六方晶単結晶インゴットの内部に形成された該第1の改質層と該第1クラックとを起点として、初期ウエーハを該六方晶単結晶インゴットから剥離する初期ウエーハ生成ステップと、を備え、該第1改質層形成ステップにおいて、インデックス送りする間隔をLとした場合、Lは隣接する該第1の直線状の改質層から該c面方向に伸びる隣接する該第1クラックが重なる長さ以下に設定されることを特徴とするウエーハの生成方法が提供される。

【0013】

好ましくは、ウエーハの生成方法は、該初期ウエーハ生成ステップを実施した後、該初期ウエーハが剥離され露出した上面から該六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有す

10

20

30

40

50

る波長のレーザービームの集光点を生成するウエーハの厚みに相当する深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを相対的に移動してレーザービームを該露出した上面に照射し、該露出した上面に平行な第2改質層及び該第2改質層から伸長する第2クラックを形成して分離起点を形成する分離起点形成ステップと、該分離起点形成ステップを実施した後、該分離起点からウエーハの厚みに相当する板状物を該六方晶単結晶インゴットから剥離してウエーハを生成するウエーハ剥離ステップと、を更に備え、該分離起点形成ステップは、該オフ角 θ が形成される方向と直交する方向にレーザービームの集光点を相対的に移動して直線状の該第2改質層を形成する第2改質層形成ステップと、該オフ角 θ が形成される方向に該集光点を相対的に移動して該所定量インデックス送りする第2インデックスステップと、を含む。

10

【0014】

好ましくは、ウエーハの生成方法は、該分離起点形成ステップを実施する前に、該第1改質層と該第1クラック又は該第2改質層と該第2クラックとが露出してc面からオフ角 θ 傾斜した該六方晶単結晶インゴットの露出した該上面を研削して平坦化する平坦化ステップを更に備えている。

【0015】

請求項4記載の発明によると、c面が上面に露出し該c面に直行するc軸を有する六方晶単結晶インゴットから θ のオフ角を有するウエーハを生成するウエーハの生成方法であって、六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点を該上面から第1の深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを相対的に移動してレーザービームを該上面に照射し、該六方晶単結晶インゴット内部に第1の直線状の改質層とc面方向に伸びる第1クラックとを形成する第1改質層形成ステップと、該第1改質層形成ステップを実施した後、該第1の直線状の改質層に対して直交する方向に該六方晶単結晶インゴットと該集光点とを相対的にインデックス送りした後、該集光点を第2の深さに位置付けてレーザービームを照射し、該六方晶単結晶インゴットと該集光点とを相対的に加工送りして該六方晶単結晶インゴット内部に該第1の直線状の改質層に平行な第2の直線状の改質層とc面方向に伸びる第2クラックとを形成する第2改質層形成ステップと、該第2改質層形成ステップにおいて、インデックス送りする間隔をLとした場合、Lは該第1の直線状の改質層からc面方向に伸びる該第1クラックと該第2の直線状の改質層からc面方向に該第1クラックに対向して伸びる該第2クラックとが重なる長さ以下に設定され、該集光点が位置付けられる該第1の深さと該第2の深さととのc軸方向の差をhとした場合、 $h = L \cdot \tan \theta$ に設定され、 $\tan \theta$ の勾配で規定される直線とインデックス間隔との交点にレーザービームの集光点を順次下げながら該第2改質層形成ステップを順次繰り返して実施し、生成すべきウエーハの全面に対応して該第2改質層と該第2クラックとを形成する第2改質層形成繰り返しステップと、該六方晶単結晶インゴットの内部に形成された該第1及び第2改質層と該第1及び第2クラックとを起点として、初期ウエーハを該六方晶単結晶インゴットから剥離する初期ウエーハ剥離ステップと、を備えたことを特徴とするウエーハの生成方法が提供される。

20

30

【0016】

好ましくは、ウエーハの生成方法は、該初期ウエーハ生成ステップを実施した後、該初期ウエーハが剥離され露出した上面から該六方晶単結晶インゴットに対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点をウエーハの厚みに相当する深さに位置付けると共に、該集光点と該六方晶単結晶インゴットとを相対的に移動してレーザービームを照射し、該露出した上面に平行な第3改質層及び第3クラックを形成して分離起点を形成する分離起点形成ステップと、該分離起点形成ステップを実施した後、該分離起点からウエーハの厚みに相当する板状物を該六方晶単結晶インゴットから剥離してウエーハを生成するウエーハ剥離ステップと、を更に備え、該分離起点形成ステップは、オフ角 θ が形成される方向と直交する方向にレーザービームの集光点を相対的に移動して直線状の該第3改質層を形成する第3改質層形成ステップと、該オフ角 θ が形成された方向に該集光点を相対的に移動して該所定量インデックス送りすると共に、 $\tan \theta$ の勾配で規定される直線とインデ

40

50

ックス間隔との交点にレーザービームの集光点を位置付けるインデックスステップと、を含む。

【発明の効果】

【0017】

本発明のウエーハの生成方法によると、結晶成長により製造された六方晶単結晶インゴットから、加工された六方晶単結晶インゴットの側面がc軸に対して3.5°、4.0°、8.0°と傾くように結晶成長で得られた六方晶単結晶インゴットを円柱状に加工する必要がないため、六方晶単結晶インゴットに無駄を発生させることがなく経済的である。

【0018】

また、レーザービームの照射により六方晶単結晶インゴットの内部に改質層及び改質層から伸長するクラックからなる分離起点を形成し、この分離起点からウエーハを剥離してウエーハを生成するため、インゴットをワイヤーソーで切断してウエーハを生成する必要がないので、インゴットの50～70%が捨てられることがなく経済性がさらに向上する。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明のウエーハの生成方法を実施するのに適したレーザー加工装置の斜視図である。

【図2】レーザービーム発生ユニットのブロック図である。

【図3】支持ステップを示す分解斜視図である。

【図4】図4(A)は支持ステップの斜視図、図4(B)は支持ステップの正面図である。

【図5】第1改質層形成ステップを説明する斜視図である。

【図6】第1改質層形成ステップ及び第1インデックスステップを説明する模式的正面断面図である。

【図7】図7(A)は第1インデックスステップを説明する模式的平面図、図7(B)はインデックス送り量を説明する模式的断面図である。

【図8】初期ウエーハ生成ステップを説明する斜視図である。

【図9】初期ウエーハ生成ステップを説明する模式的正面断面図である。

【図10】初期ウエーハ生成後のインゴットの露出面を示す斜視図である。

【図11】平坦化ステップを示す斜視図である。

【図12】分離起点形成ステップを説明する模式的正面断面図である。

【図13】ウエーハ剥離ステップを示す模式的正面断面図である。

【図14】本発明第2実施形態の支持ステップを示す斜視図である。

【図15】第2実施形態の第1改質層形成ステップ、第2改質層形成ステップ及び第2改質層形成繰り返しステップを説明する模式的正面断面図である。

【図16】第2実施形態の分離起点形成ステップを示す模式的正面断面図である。

【図17】第2実施形態のウエーハ剥離ステップを示す模式的正面断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態を図面を参照して詳細に説明する。図1を参照すると、本発明のウエーハの生成方法を実施するのに適したレーザー加工装置2の斜視図が示されている。レーザー加工装置2は、静止基台4上にX軸方向に移動可能に搭載された第一スライドブロック6を含んでいる。

【0021】

第一スライドブロック6は、ボールねじ8及びパルスモータ10から構成される加工送り機構12により一対のガイドレール14に沿って加工送り方向、即ちX軸方向に移動される。

【0022】

第一スライドブロック6上には第二スライドブロック16がY軸方向に移動可能に搭載

10

20

30

40

50

されている。即ち、第二スライドブロック 16 はボールねじ 18 及びパルスモータ 20 から構成される割り出し送り機構 22 により一対のガイドレール 24 に沿って割り出し送り方向、即ち Y 軸方向に移動される。

【0023】

第二スライドブロック 16 上には支持テーブル 26 が搭載されている。支持テーブル 26 は加工送り機構 12 及び割り出し送り機構 22 により X 軸方向及び Y 軸方向方向に移動可能であると共に、第二スライドブロック 16 中に収容されたモータにより回転される。

【0024】

静止基台 4 にはコラム 28 が立設されており、このコラム 28 にレーザービーム照射機構（レーザービーム照射手段）30 が取り付けられている。レーザービーム照射機構 30 は、ケーシング 32 中に収容された図 2 に示すレーザービーム発生ユニット 34 と、ケーシング 32 の先端に取り付けられた集光器（レーザーヘッド）36 とから構成される。ケーシング 32 の先端には集光器 36 と X 軸方向に整列して顕微鏡及びカメラを有する撮像ユニット 38 が取り付けられている。

10

【0025】

レーザービーム発生ユニット 34 は、図 2 に示すように、YAG レーザー又は YVO4 レーザーを発振するレーザー発振器 40 と、繰り替え周波数設定手段 42 と、パルス幅調整手段 44 と、パワー調整手段 46 とを含んでいる。特に図示しないが、レーザー発振器 40 はプリユースター窓を有しており、レーザー発振器 40 から出射されるレーザービームは直線偏光のレーザービームである。

20

【0026】

レーザービーム発生ユニット 34 のパワー調整手段 46 により所定パワーに調整されたパルスレーザービームは、集光器 36 のミラー 48 により反射され、更に集光レンズ 50 により支持テーブル 26 に固定された被加工物である六方晶単結晶インゴット 11 の内部に集光点を位置づけられて照射される。集光器 36 は上下方向（Z 軸方向）に微動可能なようにケーシング 32 に取り付けられている。

【0027】

図 3 を参照すると、本発明第 1 実施形態のウエーハの生成方法における支持ステップを示す分解斜視図が示されている。図 4（A）は支持ステップを示す斜視図、図 4（B）は支持ステップを示す正面図である。

30

【0028】

11 は加工対象物である六方晶単結晶インゴット（以下、単にインゴットと略称することがある）であり、c 面が上面 11a に露出している。従って、インゴット 11 の c 面に直交する c 軸はインゴット 11 の鉛直方向に伸長している。六方晶単結晶インゴット 11 は、SiC インゴット、又は GaN インゴットから構成される。

【0029】

本発明第 1 実施形態のウエーハの生成方法は、c 面が上面 11a に露出したインゴット 11 から のオフ角を有するウエーハを生成するウエーハの生成方法であって、まず、楔角度 の楔状部材 13 を介して支持面が水平な支持テーブル 26 でインゴット 11 を支持する支持ステップを実施する。

40

【0030】

この支持ステップを実施することにより、インゴット 11 はその上面 11a が水平面に対してオフ角 傾斜して支持テーブル 26 に支持される。本実施形態では、オフ角 は 4 ° に設定されている。

【0031】

然し、オフ角 は 4 ° に限定されるものではなく、例えば 1 ° ~ 8 ° の範囲で自由に設定して、オフ角に対応する所定の楔角度を有する楔状部材 13 を介してインゴット 11 を支持テーブル 26 で支持することができる。楔状部材 13 の支持テーブル 26 への固定及びインゴット 11 の楔状部材 13 への固定は例えばワックス又は接着剤を使用する。

【0032】

50

図1を再び参照すると、静止基台4の左側にはコラム52が固定されており、このコラム52にはコラム52に形成された開口53を介して押さえ機構54が上下方向に移動可能に搭載されている。

【0033】

本実施形態のウエーハの生成方法では、図5に示すように、オフ角がY軸方向に形成されるようにインゴット11を楔状部材13を介して支持テーブル26で支持し、集光器36をX軸方向に相対移動しながらレーザービームLBを照射して、インゴット11の内部に第1の直線状の改質層19と改質層19からc面方向に伸びる第1クラック21とを形成する第1改質層形成ステップを実施する。

【0034】

そして、図6に示すように、オフ角が形成される方向にレーザービームLBの集光点を相対的に移動して所定量インデックス送りする第1インデックスステップを実施した後、レーザービームLBの集光点の高さ位置を変えずに第1改質層形成ステップを再度実施する。

【0035】

この所定量のインデックス送りと第1改質層形成ステップを次々と実施して、インゴット11の横断面全面に第1改質層19及び第1クラック21を形成する。第1改質層形成ステップにおいて、図7(A)に示すように、インデックス送りする間隔をLとすると、図7(B)に示すように、インデックス送りする間隔Lは、隣接する2つの直線状の改質層19からc面方向に伸びる隣接する第1クラック21が重なる長さ以下に設定される。好ましくは、隣接する第1クラック21の高さ方向の間隔hは50μm以下となるように設定される。

【0036】

本実施形態のウエーハの生成方法では、集光器36から出射されるレーザービームの走査方向を楔状部材13を介して支持テーブル26に支持されたインゴット11のオフ角が形成されるY軸方向と直交するX軸方向としたことが重要である。

【0037】

レーザービームの走査方向をこのような方向に設定することにより、インゴット11の内部に形成される改質層19から伝播するクラック21をc面に沿って非常に長く伸長させることができる。

【0038】

ここで、本実施形態の、レーザー加工条件は以下のように設定される。

【0039】

光源	: Nd : YAGパルスレーザー
波長	: 1064nm
繰り返し周波数	: 80kHz
平均出力	: 3.2W
パルス幅	: 4ns
スポット径	: 10μm
集光レンズの開口数(NA)	: 0.45
インデックス量	: 250μm

【0040】

所定量インデックス送りしながら、インゴット11の断面の全領域の位置に複数の第1改質層19及び第1改質層19からc面に沿って伸びる第1クラック21の形成が終了したならば、外力を付与して第1改質層19及び第1クラック21からなる分離起点から初期ウエーハを剥離する初期ウエーハ生成ステップを実施する。

【0041】

この初期ウエーハ生成ステップは、例えば図8に示すような押圧機構54により実施する。押圧機構54は、コラム52内に内蔵された移動機構により上下方向に移動するヘッド56と、ヘッド56に対して傾動可能、且つ図8(B)に示すように、矢印R方向に回

10

20

30

40

50

転可能に配設された押圧部材 5 8 とを含んでいる。

【 0 0 4 2 】

図 8 (A) に示すように、押圧機構 5 4 を支持テーブル 2 6 に楔状部材 1 3 を介して固定されたインゴット 1 1 の上方に位置付け、押圧部材 5 8 を傾動させて押圧部材 5 8 をインゴット 1 1 の上面 1 1 a に圧接させる。

【 0 0 4 3 】

押圧部材 5 8 をインゴット 1 1 の上面 1 1 a に圧接した状態で、押圧部材 5 8 を矢印 R 方向に回転すると、インゴット 1 1 にはねじり応力が発生し、第 1 改質層 1 9 及び第 1 クラック 2 1 が形成された分離起点からインゴット 1 1 が破断され、図 9 に示すように、インゴット 1 1 から初期ウエーハ 2 3 が剥離される (初期ウエーハ生成ステップ) 。初期ウエーハ 2 3 は破棄する。

10

【 0 0 4 4 】

この初期ウエーハ生成ステップを実施すると、インゴット 1 1 の露出した上面 1 1 s には第 1 改質層 1 9 及び第 1 クラック 2 1 の一部が残存して多少荒れた面となる。従って、この多少荒れた面を研削により平坦化する平坦化ステップを実施するのが好ましい。

【 0 0 4 5 】

平坦化ステップでは、インゴット 1 1 をレーザー加工装置 2 の支持テーブル 2 6 から剥離した後、図 1 1 に示すように、楔状部材 1 3 を介してインゴット 1 1 を研削装置のチャックテーブル 7 4 で吸引保持する。インゴット 1 1 をオフ角 θ を有する楔状部材 1 3 を介してチャックテーブル 7 4 で吸引保持したため、初期ウエーハ剥離後のインゴット 1 1 の上面 1 1 s は水平面となる。

20

【 0 0 4 6 】

図 1 1 において、研削ユニット 6 0 は、モータにより回転駆動されるスピンドル 6 2 と、スピンドル 6 2 の先端に固定されたホイールマウント 6 4 と、ホイールマウント 6 4 に複数のねじ 6 6 により着脱可能に装着された研削ホイール 6 8 とを含んでいる。研削ホイール 6 8 は、環状のホイール基台 7 0 と、ホイール基台 7 0 の外周部下側に固着された複数の研削砥石 7 2 とから構成される。

【 0 0 4 7 】

平坦化ステップでは、チャックテーブル 7 4 を矢印 a 方向に例えば 3 0 0 r p m で回転し、研削ホイール 6 8 を矢印 b 方向に例えば 1 0 0 0 r p m で回転すると共に、図示しない研削ユニット送り機構のパルスモータを正転駆動して研削ユニット 6 0 を下降させる。

30

【 0 0 4 8 】

そして、研削ホイール 6 8 の研削砥石 7 2 をチャックテーブル 7 4 で保持されたインゴット 1 1 の露出された上面 1 1 s に所定の荷重で押圧することにより、インゴット 1 1 の上面 1 1 s が研削されて平坦化される。この平坦化ステップ実施後、好ましくは平坦化された上面 1 1 s を研磨して図 1 2 に示すような鏡面 1 1 f に加工するのが好ましい。

【 0 0 4 9 】

初期ウエーハ生成ステップを実施した後、図 1 2 に示すように、初期ウエーハ 2 3 が剥離され、上述した平坦化ステップが実施され、更に好ましくは鏡面加工された上面 1 1 f からインゴット 1 1 に対して透過性を有する波長のレーザービームの集光点を生成するウエーハの厚みに相当する深さに位置付けると共に、集光点とインゴット 1 1 とを相対的に移動してレーザービーム L B を露出した上面 1 1 f に照射し、露出した上面 1 1 f に平行な改質層 (第 2 改質層) 1 9 及び改質層 1 9 から伸長するクラック (第 2 クラック) 2 1 を形成して分離起点とする分離起点形成ステップを実施する。

40

【 0 0 5 0 】

この分離起点形成ステップは、オフ角 θ が形成される方向と直交する方向にレーザービーム L B の集光点を相対的に移動して直線状の改質層 (第 2 改質層) 1 9 を形成する第 2 改質層形成ステップと、オフ角 θ が形成される方向に集光点を相対的に移動して所定量インデックス送りする第 2 インデックスステップと、を含んでいる。

【 0 0 5 1 】

50

分離起点形成ステップを生成するウエーハの厚みに相当する深さの全領域に実施した後、分離起点からウエーハ25の厚みに相当する板状物をインゴット11から剥離してウエーハ25を生成するウエーハ剥離ステップを実施する。

【0052】

このウエーハ剥離ステップは、例えば、図8を参照して説明した初期ウエーハ生成ステップで使用した押圧機構54を使用して実施する。押圧部材58をインゴット11の露出した上面11fに圧接した状態で、押圧部材58を回転することによりインゴット11にねじり応力を発生させ、改質層19及びクラック21が形成された分離起点からインゴット11が破断され、図13に示すようにインゴット11から六方晶単結晶ウエーハ25を分離することができる。

10

【0053】

ウエーハ25をインゴット11から分離後、ウエーハ25の分離面及びインゴット11の分離面を研削・研磨して鏡面に加工するのが好ましい。次いで、インゴット11に対して上述した分離起点形成ステップ及びウエーハ剥離ステップを次々と実施することにより、インゴット11から複数枚のウエーハ25を製造することができる。

【0054】

次に、図14乃至図17を参照して、本発明第2実施形態のウエーハの生成方法について説明する。本実施形態のウエーハの生成方法では、図14に示すように、上面11aにc面が露出した六方晶単結晶インゴット11をワックス又は接着剤で支持テーブル26の支持面に直接固定する。

20

【0055】

次いで、図15に示すように、インゴット11に対して透過性を有する波長（例えば1064nm）のレーザービームLBの集光点をインゴット11の上面11aから第1の深さに位置付けると共に、集光点とインゴット11とを相対的に移動してレーザービームLBを上面11aに照射し、インゴット11内部に第1の直線状の改質層19とc面方向に伸びる第1クラック21とを形成する第1改質層形成ステップを実施する。

【0056】

第1改質層形成ステップを実施した後、第1の直線状の改質層19に対して直交する方向（Y軸方向）にインゴット11と集光点とを相対的にインデックス送りした後、集光点を第1の深さより深い第2の深さに位置付けてレーザービームLBを照射し、インゴット11と集光点とを相対的に第1の改質層19と平行なX軸方向に加工送りして、インゴット11内部に第1の直線状の改質層19に平行な第2の直線状の改質層19とc面方向に伸びる第2クラック21とを形成する第2改質層形成ステップを実施する。

30

【0057】

第2改質層形成ステップにおいて、インデックス送りする間隔をLとした場合、図7（B）に示すように、Lは第1の直線状の改質層19からc面方向に伸びる第1クラック21と第2の直線状の改質層19からc面方向に該第1クラック21に対向して伸びる第2クラック21とが重なる長さ以下に設定される。

【0058】

ここで、集光点が位置付けられる第1の深さと第2の深さととのc軸方向（高さ方向）の差をhとした場合、 $h = L \cdot \tan$ に設定される。そして、 \tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔Lとの交点にレーザービームLBの集光点を順次下げながら第2改質層形成ステップを順次繰り返して実施し、生成すべきウエーハの全面に対応して第2改質層19と第2クラック21とを形成する（第2改質層形成繰り返しステップ）。

40

【0059】

この \tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔Lとの交点のY座標及びZ座標はレーザー加工装置2のコントローラのメモリに格納され、このメモリに格納されたY座標及びZ座標に基づいて集光器36を順次下方に移動しながら第2改質層形成ステップを次々と繰り返す。本実施形態のレーザー加工条件は、上述した第1実施形態のレーザー加工条件と同様である。

50

【 0 0 6 0 】

第 1 改質層形成ステップ、第 2 改質層形成ステップ及び第 2 改質層形成繰り返しステップを実施して、インゴット 1 1 の剥離すべき全面に改質層 1 9 及びクラック 2 1 とからなる分離起点の形成が終了すると、この分離起点から初期ウエーハを剥離する初期ウエーハ生成ステップを実施する。

【 0 0 6 1 】

この初期ウエーハ生成ステップは、図 8 及び図 9 を参照して説明した第 1 実施形態の初期ウエーハ生成ステップと同様であるので、ここではその説明を省略する。

【 0 0 6 2 】

初期ウエーハ生成ステップ実施後、第 1 実施形態と同様に、好ましくは研削装置によるインゴット 1 1 の上面の平坦化ステップ及び研磨ステップを実施して、インゴット 1 1 の上面 1 1 f を鏡面に加工する。この上面 1 1 f は水平面に対してオフ角 傾斜している。

【 0 0 6 3 】

初期ウエーハ生成ステップを実施した後、図 1 6 に示すように、初期ウエーハが剥離され、鏡面に加工された露出した上面 1 1 f からインゴット 1 1 に対して透過性を有する波長のレーザービーム L B 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付けると共に、集光点とインゴット 1 1 とを相対的に移動してレーザービーム L B を照射し、露出した上面 1 1 f に平行な改質層 1 9 及び c 面に沿って伸長する水平なクラック 2 1 を形成して分離起点を形成する分離起点形成ステップを実施する。

【 0 0 6 4 】

この分離起点形成ステップは、オフ角 が形成される Y 軸方向と直交する X 軸方向にレーザービームの集光点を相対的に移動して直線状の改質層 1 9 を形成する改質層形成ステップと、オフ角 が形成された方向に集光点を相対的に移動して所定量インデックス送りすると共に、 \tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔との交点にレーザービーム L B の集光点を下げて位置づけるインデックスステップと、を含んでいる。

【 0 0 6 5 】

即ち本実施形態の分離起点形成ステップでは、 \tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔との交点にレーザービームの集光点を位置付けて、レーザービーム L B を X 軸方向に走査することにより、インゴット 1 1 の上面 1 1 f に平行な改質層 1 9 及び c 面に沿って伸長する水平なクラック 2 1 とからなる分離起点をインゴット 1 1 の内部に形成する。

【 0 0 6 6 】

分離起点形成ステップを実施した後、図 1 7 に示すように、改質層 1 9 及びクラック 2 1 とからなる分離起点からウエーハの厚みに相当する板状物をインゴット 1 1 から剥離して六方晶単結晶ウエーハ 2 5 を生成するウエーハ剥離ステップを実施する。

【 0 0 6 7 】

本実施形態のウエーハの生成方法では、インデックスステップが集光点を Y 軸方向に所定量インデックス送りするばかりでなく、 \tan の勾配で規定される直線とインデックス間隔との交点にレーザービームの集光点を位置付ける点に特徴を有している。

【 0 0 6 8 】

ウエーハ 2 5 をインゴット 1 1 から分離後、ウエーハ 2 5 の分離面及びインゴット 1 1 の分離面を研削・研磨して鏡面に加工するのが好ましい。次いで、インゴット 1 1 に対して上述した分離起点形成ステップ及びウエーハ剥離ステップを次々と実施することにより、インゴット 1 1 から複数枚のウエーハ 2 5 を製造することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

- 2 レーザー加工装置
- 1 1 六方晶単結晶インゴット
- 1 3 楔状部材
- 1 7 c 軸

10

20

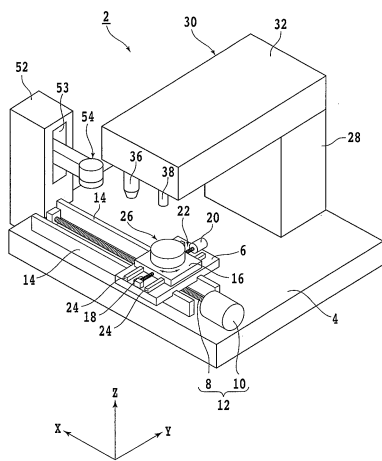
30

40

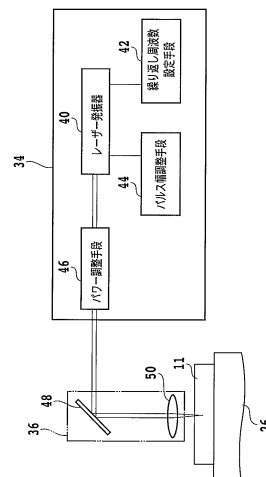
50

- 1 9 改質層
- 2 1 クラック
- 2 3 初期ウエーハ
- 2 5 六方晶単結晶ウエーハ
- 2 6 支持テーブル
- 3 0 レーザービーム照射ユニット
- 3 6 集光器 (レーザーヘッド)
- 5 4 押圧機構
- 5 6 ヘッド
- 5 8 押圧部材

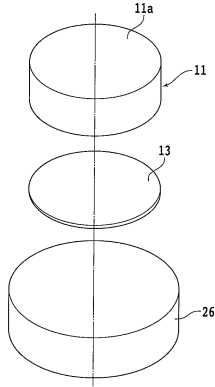
【図 1】



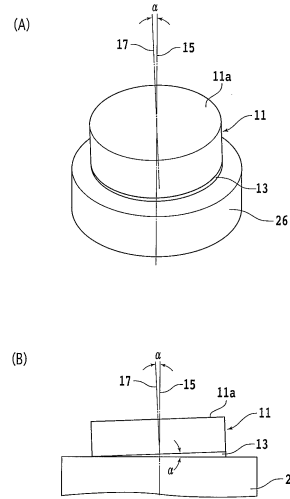
【図 2】



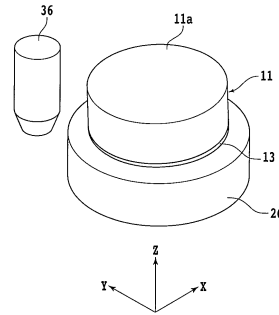
【 図 3 】



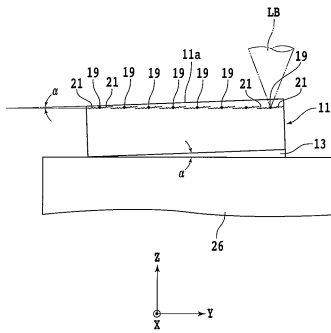
【 図 4 】



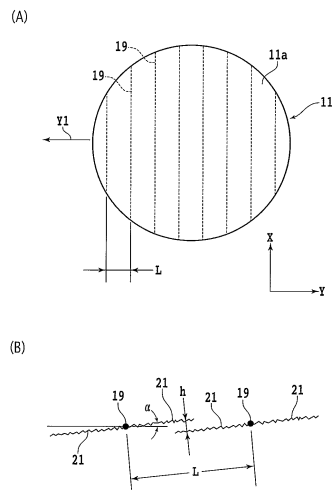
【 図 5 】



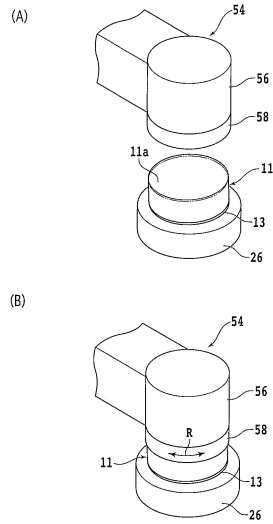
【 図 6 】



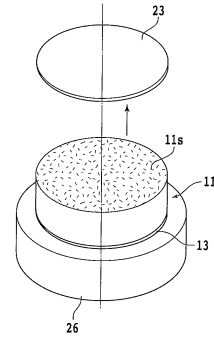
【 図 7 】



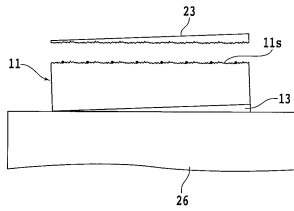
【図8】



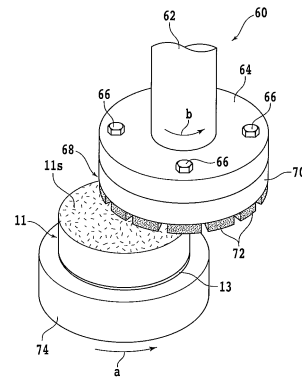
【図10】



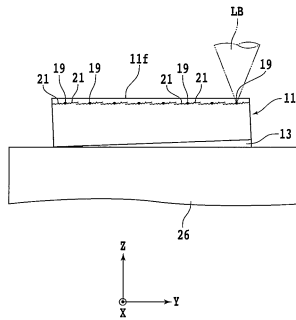
【図9】



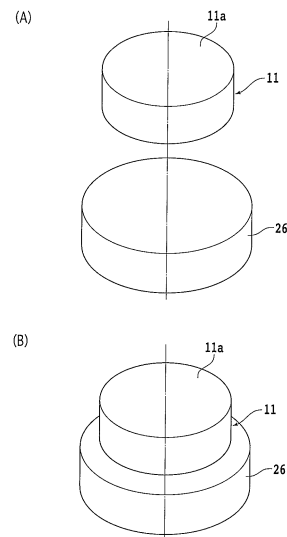
【図11】



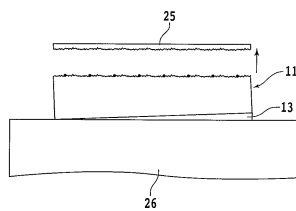
【図12】



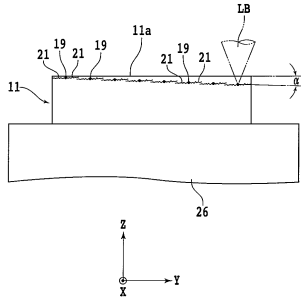
【図14】



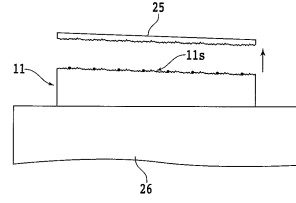
【図13】



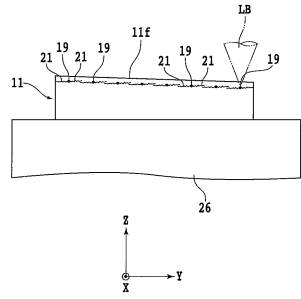
【図 15】



【図 17】



【図 16】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-049161(JP,A)
特開2016-015463(JP,A)
特開2015-032771(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/304
B23K	26/53
B28D	5/04