

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6044919号
(P6044919)

(45) 発行日 平成28年12月14日(2016.12.14)

(24) 登録日 平成28年11月25日(2016.11.25)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/304 (2006.01)

H01L 21/304 611Z

B23K 26/40 (2014.01)

B23K 26/40

B28D 5/00 (2006.01)

B28D 5/00 Z

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願2012-20067 (P2012-20067)

(22) 出願日

平成24年2月1日(2012.2.1)

(65) 公開番号

特開2013-161820 (P2013-161820A)

(43) 公開日

平成25年8月19日(2013.8.19)

審査請求日

平成26年9月19日(2014.9.19)

(73) 特許権者 000190116

信越ポリマー株式会社

東京都千代田区神田須田町一丁目9番地

(73) 特許権者 504190548

国立大学法人埼玉大学

埼玉県さいたま市桜区下大久保255

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和

(74) 代理人 100095500

弁理士 伊藤 正和

(74) 代理人 100101247

弁理士 高橋 俊一

(74) 代理人 100098327

弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板加工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

単結晶の基板を提供するステップと、

前記基板の表面に向けてレーザ集光手段にてレーザ光を照射することによって、前記基板の内部に当該基板の結晶方位とは異なる結晶方位を有する周期的構造が形成された改質層を形成するステップとを有し、

前記レーザ集光手段は、前記レーザ光を光軸に軸対称に集光するとともに、前記基板内部において、前記レーザ集光手段の外周部に入射した光が、前記レーザ集光手段の内周部に入射した光より、前記レーザ集光手段側で集光するように構成され、前記周期的構造は多結晶構造を含み、隣接する多結晶構造の領域は互いに連結されていること

を特徴とする方法。

【請求項 2】

前記レーザ集光手段と前記基板を相対的に移動させる工程をさらに有することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記周期的構造は、前記基板において前記レーザ光の集光による溶解及び冷却により単結晶構造が多結晶構造に変化して形成されること特徴とする請求項1又は2に記載の方法。

【請求項 4】

前記改質層は、所定の厚さを有し、前記基板の表面から所定の深さに形成されたことを

特徴とする請求項1から3のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記改質層は、前記基板の表面と平行に形成されたことを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記改質層は、前記基板の表面と平行に複数形成されたことを特徴とする請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記基板の表面は、鏡面仕上げであることを特徴とする請求項1から6のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記基板は、シリコン単結晶基板又はシリコンカーバイド単結晶基板である請求項1から7のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記基板を前記改質層にて剥離することによって割断することを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、シリコン単結晶基板のような基板及び基板加工方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、シリコン(Si)ウェハに代表される半導体ウェハを製造する場合には、石英るつぼ内に溶融されたシリコン融液から凝固した円柱形のインゴットを適切な長さのブロックに切断して、その周縁部を目標の直径になるよう研削し、その後、ブロック化されたインゴットをワイヤソーによりウェハ形にスライスして半導体ウェハを製造するようにしている(例えば、特許文献1および2参照。)。

【0003】

このようにして製造された半導体ウェハは、前工程で回路パターンの形成等、各種の処理が順次施されて後工程に供され、この後工程で裏面がバックグラインド処理されて薄片化が図られることにより、厚さが約750μmから100μm以下、例えば75μmや50μm程度に調整される。

30

【0004】

従来における半導体ウェハは、以上のように製造され、インゴットがワイヤソーにより切断され、しかも、切断の際にワイヤソーの太さ以上の切り代が必要となるので、厚さ0.1mm以下の薄い半導体ウェハを製造することが非常に困難であり、製品率も向上しないという問題があった。

【0005】

一方、高開口数の集光レンズにガラス板からなる収差増強材を組み合わせ、波長1064nmのパルス状レーザによりシリコンウェハの内部に加工を施した後、これを剛性基板に貼りあわせ、剥離することで薄い単結晶シリコン基板を得る技術が開示されている(特許文献3参照。)。

40

【0006】

この技術によると、シリコン基板内部に厚み100μm程度の加工層が形成されていた。このため、結晶性基板から厚さ0.1mm程度の薄い基板を多数スライスする場合、材料歩留まりに限界があった。また、例えば、シリコン用の赤外線観察用収差増強材を外しても、加工層の厚みは大きく減少させることができなかった。

【0007】

さらに、NAが0.5程度の対物レンズを使用した場合、加工層の厚みは減少するが、光量が減少して加工層の処理が十分に施されず、実際の剥離は困難であった。これに対し

50

て、照射回数を増やして加工層の処理を十分に施そうとすると、2次元の加工領域を1μmピッチの照射で埋め尽くす必要があるため、膨大な回数の照射パルスが必要になり、実用化には照射時間の問題が存在していた。

【0008】

なお、この明細書中においては、別記する場合を除いてウェハのことを基板と称することにする。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2008-200772号公報

10

【特許文献2】特開2005-297156号公報

【特許文献3】特開2011-60862号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、上記課題に対してなされたもので、結晶性基板の内部にレーザ光照射による内部加工層を形成し、内部加工層を境に剥離するための基板及び加工方法であって、レーザ光源の選択肢が広く、内部加工層の厚みが薄く、かつ、少ない数のレーザパルス照射で、内部加工層を効率的に形成する基板及び基板加工方法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】

20

【0011】

上述の課題を解決するために、本発明に係る基板は、単結晶の基板であって、前記基板は、その内部に当該基板の結晶方位とは異なる結晶方位を有する周期的構造が形成された改質層を有し、前記周期的構造は連結されているものである。

【0012】

前記周期的構造は、レーザ集光手段にて前記レーザ光を前記基板の表面に向けて照射することによって形成され、前記レーザ集光手段は、前記基板内部において、前記レーザ光を光軸に軸対称に集光するとともに、前記レーザ集光手段の外周部に入射した光が、前記レーザ集光手段の内周部に入射した光より、前記レーザ集光手段側で集光するように構成されていることが好ましい。

30

【0013】

前記周期的構造は、前記レーザ集光手段と前記基板を相対的に移動させて、前記レーザ集光手段によりレーザ光を前記基板に向けて照射することによって形成されたことが好ましい。

【0014】

前記周期的構造は、前記基板において前記レーザ光の集光点を相変化することによって形成することが好ましい。

【0015】

前記改質層は、所定の厚さを有し、前記単結晶の基板の表面から所定の深さに形成されたことが好ましい。

40

【0016】

前記改質層は、前記基板の表面と平行に形成されたことが好ましい。

【0017】

前記改質層は、前記基板の表面と平行に複数形成されたことが好ましい。

【0018】

前記基板の表面は、鏡面仕上げであることが好ましい。

【0019】

前記基板は、シリコン単結晶基板又はシリコンカーバイド単結晶基板であることが好ましい。

【0020】

50

本発明に係る基板加工方法は、単結晶の基板を提供するステップと、前記基板の表面に向けてレーザ集光手段にてレーザ光を照射することによって、前記基板の内部に当該基板の結晶方位とは異なる結晶方位を有する周期的構造が形成された改質層を形成するステップとを有し、前記レーザ集光手段は、前記レーザ光を光軸に軸対称に集光するとともに、前記基板内部において、前記レーザ集光手段の外周部に入射した光が、前記レーザ集光手段の内周部に入射した光より、前記レーザ集光手段側で集光するように構成されているものである。

【0021】

前記レーザ集光手段と前記基板を相対的に移動させる工程をさらに有することが好ましい。

10

【0022】

前記周期的構造は、前記基板において前記レーザ光の集光点を相変化することによって形成されることが好ましい。

【0023】

前記改質層は、所定の厚さを有し、前記単結晶の基板の表面から所定の深さに形成されたことが好ましい。

【0024】

前記改質層は、前記基板の表面と平行に形成されたことが好ましい。

【0025】

前記改質層は、前記基板の表面と平行に複数形成されたことが好ましい。

20

【0026】

前記基板の表面は、鏡面仕上げであることが好ましい。

【0027】

前記基板は、シリコン単結晶基板又はシリコンカーバイド単結晶基板であることが好ましい。

【0028】

前記基板を前記改質層にて剥離することによって割断することが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】基板内部加工装置の斜視図である。

30

【図2】基板を載置したステージの上面図である。

【図3】基板を載置したステージの断面図である。

【図4】基板に対するレーザ光の照射を説明する図である。

【図5】基板に対するレーザ光の照射の第1の実施の形態を示す図である。

【図6】基板に対するレーザ光の照射の第2の実施の形態を示す図である。

【図7】基板における収差を説明する参考図である。

【図8】基板に対するレーザ光の照射の第3の実施の形態を示す図である。

【図9】基板に対するレーザ光の照射の第4の実施の形態を示す図である。

【図10】割断装置を示す正面図である。

【図11】金属板から基板を水中剥離することを説明する図である。

40

【図12】レーザ集光部の具体例を示す図である。

【図13】レーザ集光部の他の具体例を示す図である。

【図14】実施例1の内部改質層の断面を示す写真である。

【図15】実施例2の表面側の断面を示す写真である。

【図16】実施例2の裏面側の断面を示す写真である。

【図17】実施例3の表面側の断面を示す写真である。

【図18】実施例3の裏面側の断面を示す写真である。

【図19】実施例4の表面側の断面を示す写真である。

【図20】実施例4の裏面側の断面を示す写真である。

【図21】比較例1の表面側の断面を示す写真である。

50

【図22】比較例1の裏面側の断面を示す写真である。

【図23】比較例2の表面側の断面を示す写真である。

【図24】比較例2の裏面側の断面を示す写真である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

次に、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、厚みと平面寸法との関係、各層の厚みの比率等は現実のものとは異なることに留意すべきである。したがって、具体的な厚みや寸法は以下の説明を参照して判断すべきものである。又、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。 10

【0031】

又、以下に示す実施の形態は、この発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、この発明の実施の形態は、構成部品の材質、形状、構造、配置等を下記のものに特定するものでない。この発明の実施の形態は、特許請求の範囲において、種々の変更を加えることができる。

【0032】

(基板内部加工装置の構成)

図1は、基板内部加工装置100の構成を示す斜視図である。基板内部加工装置100は、ステージ110と、ステージ110がXY方向に移動可能なように支持するステージ支持部120と、ステージ110上に配置され、基板10を固定する基板固定具130とを有している。 20

【0033】

また、基板内部加工装置100は、レーザ光源150と、レーザ集光部160を有し、レーザ集光部160は、レーザ光源150から発したレーザ光190を集光して基板10に向けて照射する。レーザ集光部160は、対物レンズ170及び平凸レンズ180を有している。

【0034】

図2は、ステージ110上に置いた基板10を示す上面図である。図3は、ステージ110上に置いた基板10を示す断面図である。 30

【0035】

基板10は、ステージ110上において基板固定具130によって保持されている。基板固定具130は、その上に設けられた固定テーブル125によって基板10を固定している。固定テーブル125には、通常の粘着層、機械的なチャック、静電チャックなどが適用可能である。

【0036】

基板10に集光して照射されるレーザ光190の集光点Pは、基板10の内部において、表面から所定の深さの領域に所定の形状の軌跡12を形成することで、表面に水平方向に2次元状の内部改質層14を形成することができる。

【0037】

図4は、基板10における内部改質層14の形成を説明する図である。基板内部加工装置100においては、レーザ光190は、レーザ集光部160の対物レンズ170及び平凸レンズ180を介して基板10に向けて照射され、基板10内部において集光される。

【0038】

本実施の形態においては、レーザ集光部160は、レーザ集光部160の出射するレーザ光190がその光軸について軸対称であり、基板10の内部において、レーザ光190の外周側の成分190bの光線が交差する集光点P2が、レーザ光190の内周側190aの成分の光線が交差する集光点P1よりもレーザ集光部160側にあるように構成されている。

【0039】

10

20

30

40

50

換言すると、基板 10 の表面はレーザ集光部 160 に対向しているので、レーザ光 190 の外周側の成分 190b の集光点 P2 は、レーザ光 190 の内周側 190a の集光点 190b よりも、対物レンズ 170 及び平凸レンズ 180 側、すなわち基板 10 の表面から浅い位置にある。

【0040】

この状態は、基板 10 によりレーザ光 190 に生じた収差が過剰に補正されて状態であると見なすことができ、いわばピントを過剰に補正した「ピンボケ」状態であるということができる。このような状態によって、基板 10 の一定の深さの範囲においてレーザ光の径を実質的に絞ることができ、当該領域において内部改質層 14 を形成するために十分なエネルギー密度を確保することができる。図中においては、一定の深さの範囲 t に形成された内部改質層 14 が示されている。10

【0041】

内部改質層 14 は、基板 10 にレーザ光 190 を集光して照射することによって、シリコン単結晶が溶融した後で冷却されることにより結合状態が変化することにより形成された多結晶シリコンの多結晶粒を有するものである。

【0042】

このように形成された内部改質層 14 は、レーザ光 190 を周期的な間隔で照射したことにより、シリコン単結晶の結晶方位とは異なる結晶方位となる多結晶を有する周期的構造を有するものである。いうまでもなく、異なる結晶方位の多結晶もシリコン単結晶とは同一元素のシリコンからなるものである。20

【0043】

内部改質層 14 は、後述する割断工程における歩留まり向上のため、基板 10 の端部に露出していることが好ましい。内部改質層 14 を露出させる方法は、結晶方位のへき開を利用して、レーザ光 190 を利用してもよい。

【0044】

このようなレーザ集光部 160 を用い、基板 10 に対してレーザ光 190 を照射する実施の形態について説明する。図 5 は、第 1 の実施の形態を示す図である。図 5 においては、便宜上、レーザ集光部 160 を平凸レンズ 180 により代表し、光軸を横方向に記載するが、レーザ光の集光は平凸レンズ 180 を含むレーザ集光部 160 全体によって行われるものである。30

【0045】

この第 1 の実施の形態では、レーザ集光部 160 によって集光されたレーザ光 190 は、基板 10 の表面に向けて照射されている。このレーザ光 190 は、基板 10 によって屈折され、光軸から高い位置にある外周側の成分が、光軸から低い位置にある内周側の成分よりも基板 10 の表面から深い位置で集光している。換言すると、外周側の光は、内周側の光よりもレーザ集光部 190 に近い位置で集光している。

【0046】

なお、レーザ集光部 160 の基板 10 に対する位置は、図示しない集光調整部によって移動することができる。この集光調整部は、後述するようにレーザ集光部 160 と基板 10 の距離等を調整することにより基板 10 におけるレーザ光 190 の集光位置、集光形状等を調整するものである。このような集光調整部は従来技術を用いて容易に実現することができる。40

【0047】

図 6 は、基板に対するレーザ光の照射の第 2 の実施の形態を説明する図である。第 2 の実施の形態では、レーザ集光部 160 と基板 10 の距離が第 1 の実施の形態より拡大し、レーザ集光部 160 によって集光されたレーザ光 190 が基板 10 の表面を焦点とするように集光調整部によって調整されている。

【0048】

この第 2 の実施の形態は、例えば、第 1 の実施の形態で示したように基板 10 内部に集光点を設定する前に、レーザ集光部 190 の基板 10 に対する位置を初期設定するときに50

使用することができる。すなわち、図示しない集光調整部によって、第2の実施の形態においてレーザ光190が基板10の表面を焦点とする初期状態からレーザ集光部160と基板10の表面の距離を所定値にわたって短縮することにより、第1の実施の形態のように基板10内部に所望の集光点を形成することができる。なお、このような初期設定は、基板10の表面に限らず、基板10の裏面に焦点を合わせて行うこともできる。

【0049】

図7は、基板における収差を説明する参考図である。この参考図は、第1の実施の形態と対比するために、レーザ集光部160を設けない場合に生じる収差を示すものである。例えば、通常の対物レンズのみを設置した場合が相当する。

【0050】

図7(a)においては、第2の実施の形態と同様に、基板の10の表面を焦点としてレーザ光190が集光されている。この状態から基板10を光軸に沿って入射方向に移動してレーザ光190が基板10内で集光するようになる。この場合、図7(b)に示すように、光軸からの高さが高い光の外周側の成分が、光軸からの高さの低い内周側の成分よりも基板10の表面から深い位置で集光するようになる。

【0051】

この状態は、光軸からの高さが高い外周側の成分が光軸からの高さが低い内周側の成分より浅い位置に集光する第1の実施の形態とは、光線の高さと基板10における集光点の深さが逆の関係となっている。換言すると、外周側の成分が内周側の成分より浅い位置に集光する第1の実施の形態は、レーザ集光部160を設けることによって初めて実現が可能となるものである。

【0052】

図8は、基板に対するレーザ光の照射の第3の実施の形態を示す図である。第3の実施の形態においては、図示しない集光点調整部によってレーザ集光部160と基板10の表面の距離を短縮するように調整し、基板10内において基板10の裏面近くにレーザ光190の集光点が形成されるように調整したものである。この集光点によって、基板の10の裏面近くに基板10の表面に平行に内部改質層14が形成される。

【0053】

図9は、基板に対するレーザ光の照射の第4の実施の形態を示す図である。第4の実施の形態においては、第3の実施の形態により基板10の裏面近くに内部改質層14aを形成した後、図示しない集光点調整手段によってレーザ集光部160と基板10の表面の距離が拡大するように調整し、基板10内において基板10の表面近くにレーザ光190の集光点が形成されるようにしたるものである。この集光点によって、基板10の表面近くに基板10の表面に平行に第2の内部改質層14bが形成される。なお、内部改質層14は、この第4の実施例のように2層に限らず、2層以上の複数層であってもよい。

【0054】

(基板の割断)

図10は、割断装置を示す正面図である。第3又は第4の実施の形態によって内部改質層14が形成された基板10は、この割断装置を用いて内部改質層14において割断される。

【0055】

この割断装置50において、架台52上に、基板10の両面に第1及び第2の金属板20、21が接着剤にて接着されてなる構造体40が載置される。この接着剤としては、基板10の内部改質層14近傍領域を形成する多結晶粒の凝集力よりも強い接着剤であればよく、例えば金属イオンを反応開始剤として硬化する嫌気性アクリル系二液モノマー成分からなる接着剤25を使用することができる。

【0056】

構造体40は、第2の金属板21に設けられた貫孔を利用して架台52に固定してよい。この状態において、第1の金属板20に割断治具54によって下向きの押圧力を印加する。これによって、基板10は第1及び第2の金属板20、21に接着した上面及び下面

10

20

30

40

50

の両面の方向に逆向きの力を受け、力が所定の閾値を越えると、基板 10 は分割され、構造体 40 は上下 2 つに分離される。

【0057】

(基板の剥離)

図 11 は、水中で金属板 20 から基板 10 を剥離する方法を説明する図である。水槽 60 に蓄えた 80 ~ 100 の温水に、金属板 20、21 に接着剤 25 で接着された基板 10 を浸す。所定時間経過すると接着剤 25 が水と所定の反応を生じ、接着剤 25 から接着力が失われるので、水中で基板 10 から接着剤 25 を剥離することにより、金属板 20、21 から基板 10 を分離することができる。

【0058】

10

このように接着剤 25 が剥離された基板 10 を乾燥することによって、最終的な分割した基板を得ることができる。なお、第 4 の実施の形態のように内部改質層 14a、14b が複数存在する場合には、基板 10 の割断の工程を複数回繰り返すことにより複数の内部改質層ごとに分割することができる。

【0059】

(レーザ集光部の具体例)

図 12 は、レーザ集光部の具体例を示す図である。この具体例において、レーザ集光部 160 は、例えば高 NA で作動距離の長い対物レンズ 170 と基板 10 の表面側に設けた平凸レンズ 180 との組み合わせによって実現している。

【0060】

20

具体的には、厚み 1 mm の単結晶シリコンからなる基板 10 の内部加工については、基板 10 の表面側より、0.14 mm の位置に焦点距離 15 mm のガラス製の平凸レンズ 180 (シグマ光機: S L B - 10 - 15 P) を置き、NA = 0.3 の対物レンズ 170 (シグマ光機: E P L - 10) に組み合わせることができる。

【0061】

このようなレーザ集光部 160 においては、図示しない集光点調整部は、平凸レンズ 80 と基板 10 の表面の距離で集光点の形状を調整し、対物レンズ 170 と基板 10 の表面の距離で集光点の位置を調整するように構成することができる。

【0062】

30

図 13 は、レーザ集光部の他の具体例を示す図である。他の具体例では、NA = 0.5 ~ 0.9 の補正環を有するシリコン用の赤外線対物レンズにより実現している。具体的には、例えばオリンパス製レンズ L C P L N 100 X I R を使用する場合、内部加工層 14 を結晶 10 の表面から 300 μm の位置に設けるときに補正環を 0.6 mm に設定することで、基板 10 内において、レーザ集光部 160 の外周部に入射した光が、内周部に入射した光より、レーザ集光 160 側で集光するように設定することができる。

【0063】

この他の実施例によると、前述の実施例のように対物レンズ 170 及び平凸レンズ 180 という複数の構成部材を必要とすることなく、単一の補正環付き対物レンズにより構成できるので、装置の構成が簡単になり、操作が容易になる。

【0064】

40

なお、この他の具体例においては、基板 10 のより表面側に内部改質層 14 を形成する場合、レーザ集光手段 160 と基板 10 の表面との距離を大きくする必要がある。この場合、レーザ光 190 が基板 10 の表面に及ぼす影響を抑制するため、虹彩絞りやビームエクスパンダなどのビーム径調整手段をレーザ集光部 160 の入射側に設けレーザ光 190 の外周側成分の光量を低減することができる。

【実施例 1】

【0065】

実施例 1においては、基板内部加工装置 100 のレーザ光源 150 として波長 1064 nm、繰り返し周波数 200 kHz、出力 1.6 W、パルス幅 10 nm のものを使用した。基板内部加工装置 100 において、x 軸、y 軸方向にそれぞれ最大速度 200 mm/s

50

で移動可能な x y ステージ 110 上に、大きさ $50 \times 50 \text{ mm}$ 、厚み 0.7 mm 、表面が鏡面仕上げ加工された単結晶シリコンからなる基板 10 を載置固定した。

【0066】

レーザ集光部 160 は、 $NA = 0.85$ の補正環 210 付の対物レンズ 200（オリエンパス製 L C P L N 100 X I R）を用いた。そして、補正環 210 を 0 mm に設定した上、参照光により観察し、対物レンズ 200 から照射される光が基板 10 の表面上に焦点を形成するように、対物レンズ 200 を基板 10 の表面に対して位置決めをした。このとき、対物レンズ 200 と基板 10 の間隔は 0.6 mm であった。

【0067】

ついで、この位置を基準に対物レンズ 200 を基板 10 の表面に向けて 0.06 mm 移動させた。この状態で補正環 210 の設定を 0.6 mm とし、ステージ 110 を x 方向に 200 mm/s の速度で移動させ、さらに y 方向に $10 \mu\text{m}$ 送ることを 10 回繰り返すことで、対物レンズ 200 から基板 10 に向けてレーザ光 190 を $10 \mu\text{m}$ 間隔でそれぞれ 10 本の直線状に照射した。

【0068】

この基板 10 を直線状の照射方向に直角に劈開を行い、断面を観察した。この結果、図 14 に示すように、基板 10 鏡面仕上げ側表面から 0.3 mm の深さに加工領域の長さが $30 \mu\text{m}$ 、かつ隣接する加工痕同士が連結する状態が確認できた。この加工跡は、レーザ照射による溶解及び冷却により単結晶構造が多結晶構造に変化（相変化）したものであり、単結晶の結晶方位とは異なる結晶方位の結晶を含み、多結晶構造の領域が連結した周期的構造を有する内部加工層 14 を構成している。

【実施例 2】

【0069】

レーザ光源 150 として波長 1064 nm のファイバーレーザ A を用いて、繰り返し周波数 200 kHz 、レーザ集光部 160 として開口数 0.85 の赤外用対物レンズを用い、対物レンズ後の出力 1.6 W 、パルス幅 39 ns 、レーザ照射間隔 $1 \mu\text{m}$ 、オフセット $1 \mu\text{m}$ 、空気中換算で $DF 80 \mu\text{m}$ 、シリコン収差補正環 0.6 mm で厚み $725 \mu\text{m}$ 両面鏡面仕上げ加工（100）のシリコン単結晶の基板 10 の表面 $5 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ の領域に向けてレーザ光 190 を照射して内部改質層 14 を形成した。なお、基板 10 の表面とはレーザ集光部 160 に対向する基板 10 の主面をいい、基板 10 のレーザ集光部 160 に対する反対側の主面を裏面とする。

【0070】

そして、基板 10 の表面と裏面の両面に接着剤を介して金属板を接着し、割断装置 50 を用いて内部改質層 14 を境として基板 14 を分割し、露出した分割面を日本電子製の走査電子顕微鏡（SEM）を用いて観察を行った。図 15 は、走査電子顕微鏡で表面側の分割面を拡大した写真である。図 16 は、走査電子顕微鏡で裏面側の分割面を拡大した写真である。

【実施例 3】

【0071】

レーザ光源 150 として波長 1064 nm のファイバーレーザ B を用いて、繰り返し周波数 200 kHz 、レーザ集光部 160 として開口数 0.85 の赤外用対物レンズを用い、対物レンズ後の出力 0.8 W 、パルス幅 39 ns 、レーザ照射間隔 $1 \mu\text{m}$ 、オフセット $1 \mu\text{m}$ 、空気中換算で $DF 80 \mu\text{m}$ 、シリコン収差補正環 0.6 mm で厚み $725 \mu\text{m}$ 両面鏡面仕上げ加工（100）のシリコン単結晶の基板 10 の表面 $5 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ の領域に向けてレーザ光 190 を照射して内部加工層 14 を形成した。

【0072】

実施例 2 と同様に基板 10 を分割して分割面を観察した。図 17 は、走査電子顕微鏡で表面側の分割面を拡大した写真である。図 18 は、走査電子顕微鏡で裏面側の分割面を拡大した写真である。

【実施例 4】

10

20

30

40

50

【0073】

レーザ光源150として波長1064nmのファイバーレーザBを用いて、繰り返し周波数200kHz、レーザ集光部160として開口数0.85の赤外用対物レンズを用い、対物レンズ後の出力0.8W、パルス幅39ns、レーザ照射間隔1μm、オフセット2μm、空气中換算でDF80μm、シリコン収差補正環0.6mmで厚み725μm両面鏡面仕上げ加工(100)のシリコン単結晶の基板10の表面5mm×20mmの領域に向けてレーザ光190を照射して内部加工層14を形成した。

【0074】

実施例2と同様に基板10を分割して分割面を観察した。図19は、走査電子顕微鏡で表面側の分割面を拡大した写真である。図20は、走査電子顕微鏡で裏面側の分割面を拡大した写真である。10

【0075】

〔比較例1〕

レーザ光源150として波長1064nmのファイバーレーザAを用いて、繰り返し周波数200kHz、レーザ集光部160として開口数0.85の赤外用対物レンズを用い、対物レンズ後の出力1.2W、パルス幅39ns、レーザ照射間隔1μm、オフセット1μm、空气中換算でDF80μm、シリコン収差補正環0.6mmで厚み725μm両面鏡面仕上げ加工(100)のシリコン単結晶の基板10の表面5mm×10mmの領域に向けてレーザ光190を照射して内部加工層14を形成した。

【0076】

実施例2と同様に基板10を分割して分割面を観察した。図21は、走査電子顕微鏡で表面側の分割面を拡大した写真である。図22は、走査電子顕微鏡で裏面側の分割面を拡大した写真である。20

【0077】

〔比較例2〕

レーザ光源150として波長1064nmのファイバーレーザBを用いて、繰り返し周波数200kHz、レーザ集光部160として開口数0.85の赤外用対物レンズを用い、対物レンズ後の出力0.6W、パルス幅60ns、レーザ照射間隔1μm、オフセット1μm、空气中換算でDF80μm、シリコン収差補正環0.6mmで厚み725μm両面鏡面仕上げ加工(100)のシリコン単結晶の基板10の表面5mm×10mmの領域に向けてレーザ光190を照射して内部加工層14を形成した。30

【0078】

実施例2と同様に基板10を分割して分割面を観察した。図23は、走査電子顕微鏡で表面側の分割面を拡大した写真である。図24は、走査電子顕微鏡で裏面側の分割面を拡大した写真である。

【0079】

以上の実施例1～4、比較例1～2から明らかなように、実施例2～4においては、実施例1のように内部加工層14において周期的構造の加工跡が形成され、加工領域の長さが30μmと短く、隣接する加工跡が連結して形成されている。実施例2～4は、このように連結して形成された加工跡を有する内部改質層14を割段するため、周期構造を有する滑らかな断面を得ることができる。したがって、さらに研磨する必要がなく、ケミカルエッティングのような湿式工程やレーザエッティングなど別工程に要する工数及びそれに伴う不純物汚染の影響を低減することができる。40

【0080】

前述のように、実施例1～4のような加工領域の長さが短く隣接する加工跡が連結して形成された内部加工層14は、基板10の内部においてレーザ光190の外周側の成分の集光点が内周側の成分の集光点よりもレーザ集光部160にあるように構成されたレーザ集光部160を用いることによって可能になるものである。

【0081】

比較例1～2においては、内部改質層14において隣接する加工跡が連結されていない50

ため、断面は粗い粒度を有している。したがって、この断面はさらに研磨の工程が必要である。

【0082】

なお、上記の実施の形態においてはシリコン単結晶基板について例示したが、例えばシリコンカーバイド(SiC)等にも同様に適用することができる。

【産業上の利用可能性】

【0083】

本発明の基板加工装置及び方法により基板を効率良く薄く形成することができることから、薄く切り出された基板は、Si基板であれば、太陽電池に応用可能であり、また、GaN系半導体デバイスなどのサファイア基板などであれば、発光ダイオード、レーザダイオードなどに応用可能であり、SiCなどであれば、SiC系パワーデバイスなどに応用可能であり、透明エレクトロニクス分野、照明分野、ハイブリッド／電気自動車分野など幅広い分野において適用可能である。

【符号の説明】

【0084】

10 10 基板

14 内部改質層

20 20、21 金属板

25 接着剤

50 割断装置

52 架台

54 割断治具

100 基板内部加工装置

110 ステージ

120 ステージ支持部

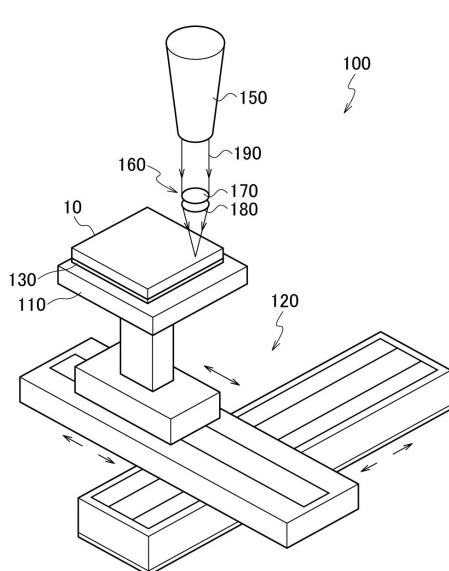
150 レーザ光源

160 レーザ集光部

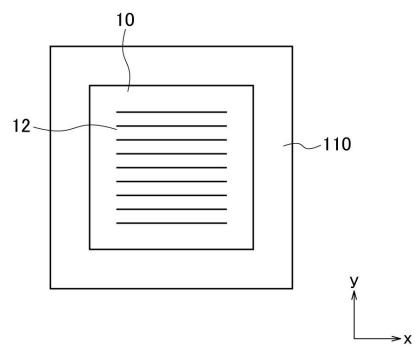
10

20

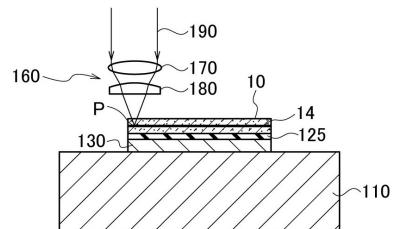
【 图 1 】



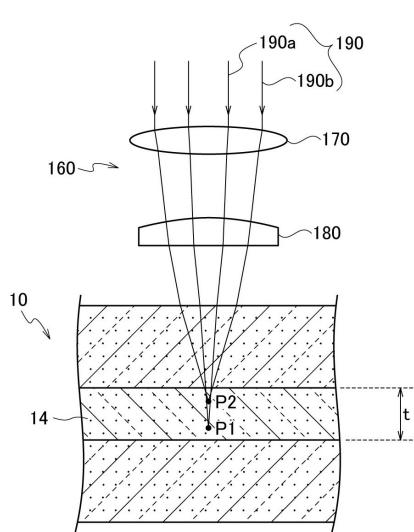
【图2】



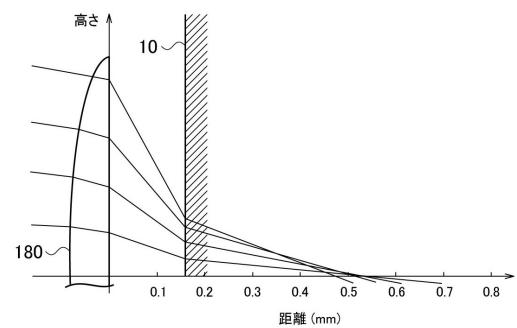
【 四 3 】



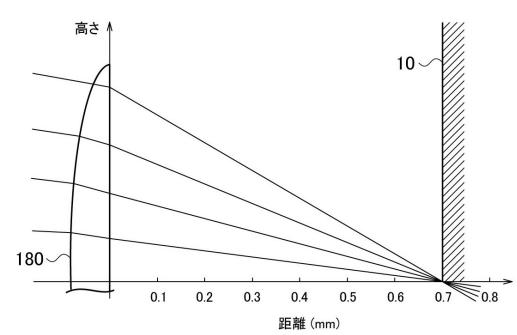
【 四 4 】



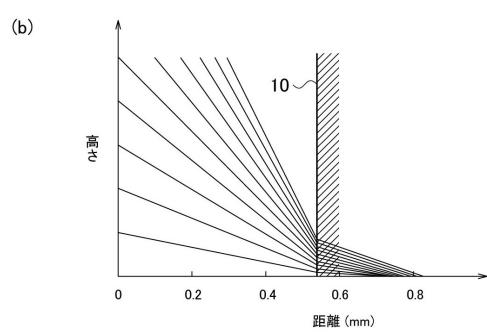
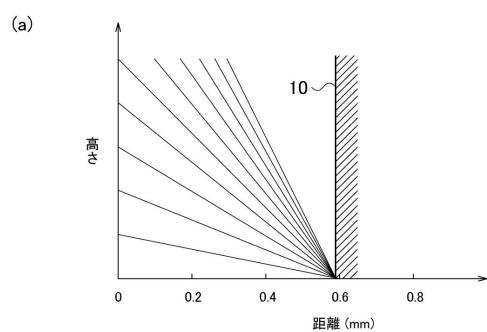
【 図 5 】



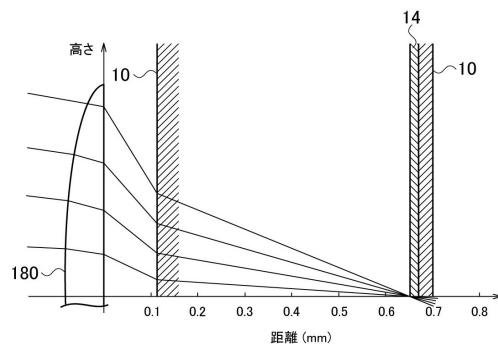
【 四 6 】



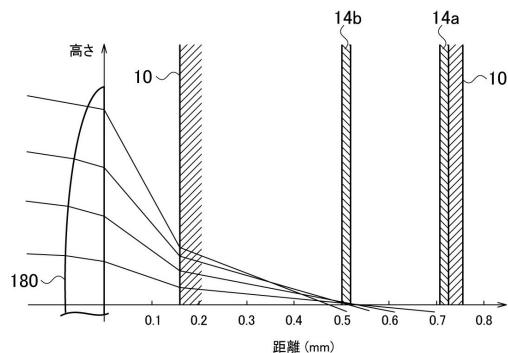
【図7】



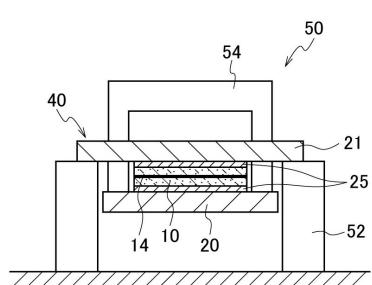
【図8】



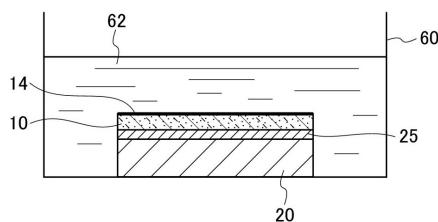
【図9】



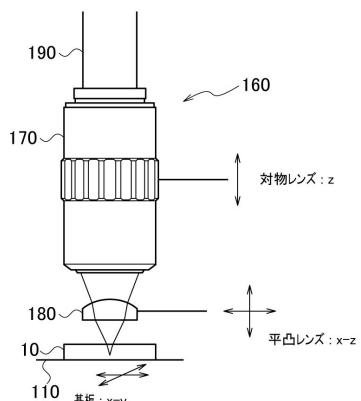
【図10】



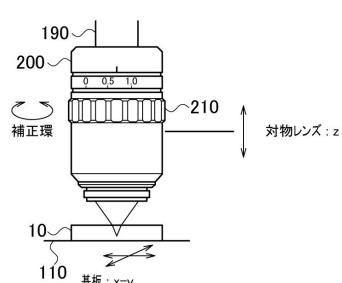
【図11】



【図12】



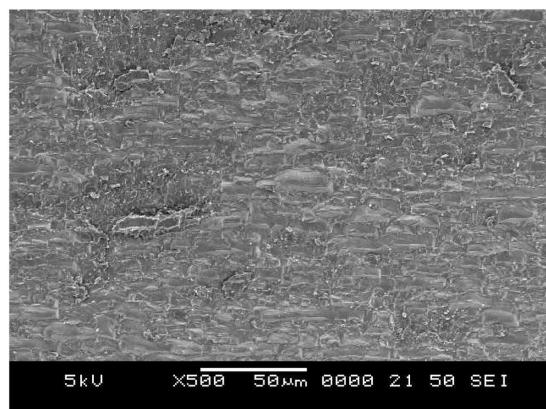
【図13】



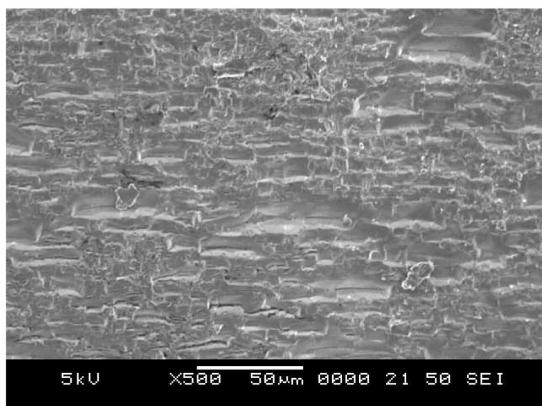
【図14】



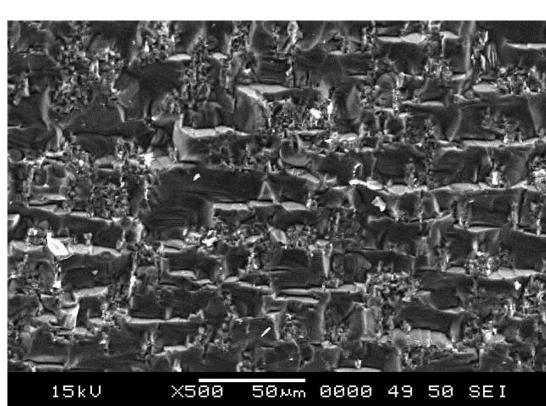
【図15】



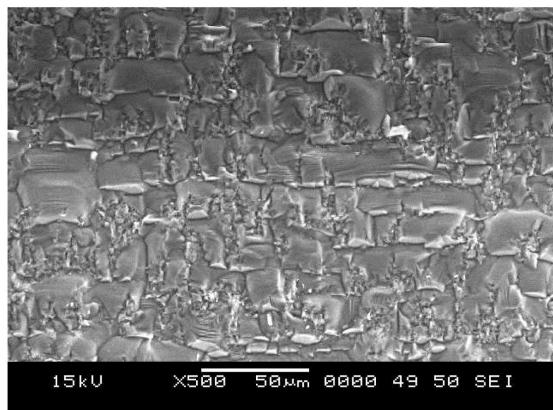
【図16】



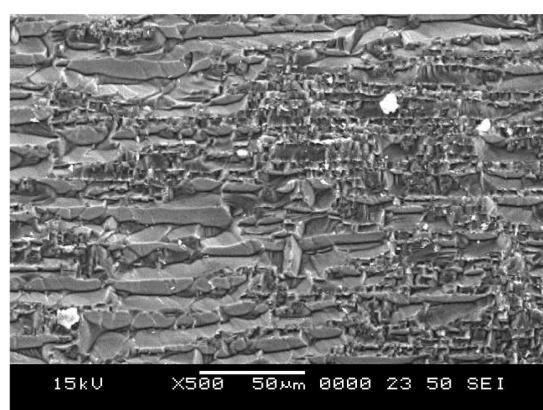
【図17】



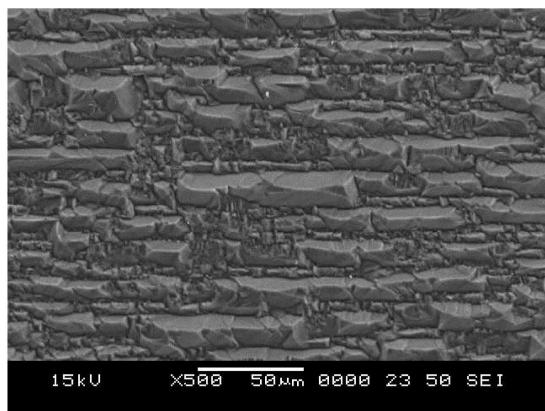
【図18】



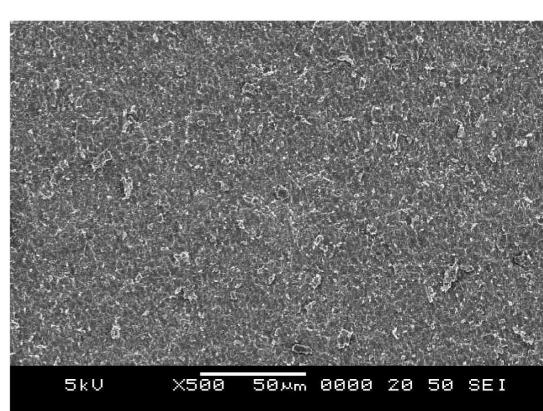
【図19】



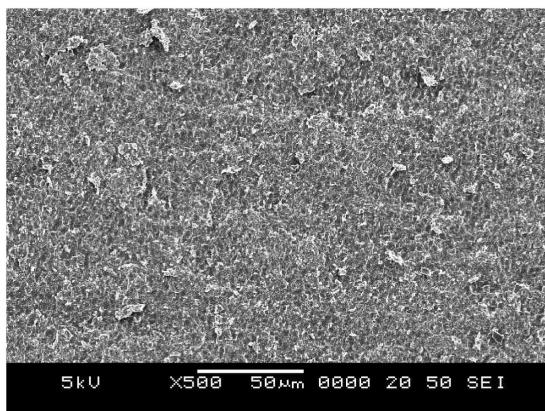
【図20】



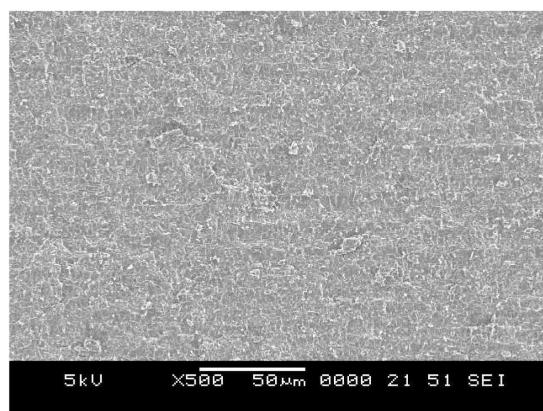
【図21】



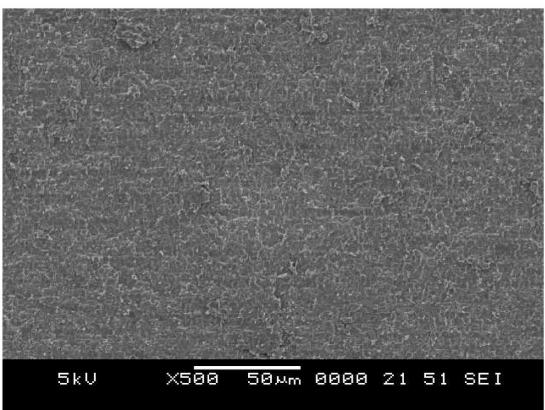
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 松尾 利香
埼玉県さいたま市北区吉野町1-406-1 信越ポリマー株式会社内

(72)発明者 鈴木 秀樹
埼玉県さいたま市北区吉野町1-406-1 信越ポリマー株式会社内

(72)発明者 国司 洋介
埼玉県さいたま市北区吉野町1-406-1 信越ポリマー株式会社内

(72)発明者 池野 順一
埼玉県さいたま市桜区下大久保255 国立大学法人埼玉大学内

審査官 鈴木 和樹

(56)参考文献 特開2011-003624 (JP, A)
特開2011-224658 (JP, A)
特開2011-155070 (JP, A)
特開2009-200383 (JP, A)
特開2008-078236 (JP, A)
韓国公開特許第2000-0073768 (KR, A)
松尾利香、外5名、シリコンウエハのレーザスライシングに関する研究(第2報)、2011年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 [online]、精密工学会、2011年9月、p. 613-614 (K43)、[検索源: CiNii, J-STAGE]
伊東宏季、外3名、YAGレーザを用いたシリコンの薄化技術、2009年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 [online]、精密工学会、2009年8月、p. 3-4 (A02)、
[検索源: CiNii, J-STAGE]

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L 21/304
B 23 K 26/00 - 26/70
B 28 D 5/00
CiNii