

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年9月6日(06.09.2019)



(10) 国際公開番号

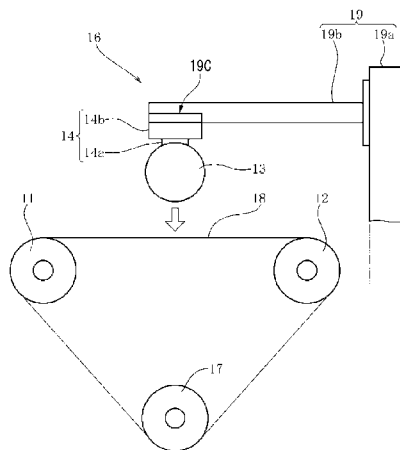
WO 2019/167100 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/304 (2006.01) *B28D 5/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/007074
- (22) 国際出願日: 2018年2月27日(27.02.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社SUMCO (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野口 広(NOGUCHI Hiroshi); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人樹之下知財の財産事務所 (KINOSHITA & ASSOCIATES); 〒1670051 東京都杉並区荻窪五丁目2番1号3号3階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: SEMICONDUCTOR SINGLE CRYSTAL INGOT SLICING METHOD

(54) 発明の名称: 半導体単結晶インゴットのスライス方法



(57) Abstract: A semiconductor single crystal ingot slicing method comprising using a holding tool (14) to adhesively hold a cylindrically shaped semiconductor single crystal ingot (13) in a state rotated by a predetermined angle of rotation centered on a crystallographic axis of the ingot (13) that is different from the central axis of the ingot (13) cylinder, and, in this state, slicing the ingot (13) with a cutting device (16), wherein the predetermined rotation angle when the ingot (13) is adhesively held with the holding tool (14) and the tilting angle of the holding tool (14) owing to the cutting device (16) are determined in such a manner that the amount of warping in the wafer, which has been sliced by the cutting device (16), reaches a predetermined amount.

(57) 要約: 円柱状の半導体単結晶インゴット(13)を、このインゴット(13)の円柱の中心軸とは異なるインゴット(13)の結晶軸を中心として所定の回転角度だけ回転させた状態で保持具(14)により接着保持し、この状態でインゴット(13)を切断装置(16)によりスライスする半導体単結晶インゴットのスライス方法は、切断装置(16)によりスライスされたウェーハの反り量が所定量になるように、インゴット(13)を保持具(14)により接着保持するときの所定の回転角度と、切断装置(16)による保持具(14)の傾け角度を決定する。

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：半導体単結晶インゴットのスライス方法

技術分野

[0001] 本発明は、シリコン単結晶インゴット等の半導体単結晶インゴットをスライスして、シリコン単結晶ウェーハ等の半導体単結晶ウェーハを作製する方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、劈開面を有する単結晶部材とこの単結晶部材を切断する加工工具とを相対的に移動させながら、加工工具を単結晶部材に切込ませることにより、単結晶部材を予定切断面に沿って切断し、加工工具の切込み方向を、予定切断面と劈開面との交線に垂直な法線方向に対し切断工具により単結晶部材の切り屑が排出される方向側に傾斜する方向に設け、かつ切込み方向の法線方向からの傾斜角を、加工工具による単結晶部材の切断能率が極大になる角度に設ける単結晶切断方法が開示されている（例えば、特許文献１参照）。

[0003] この単結晶切断方法では、単結晶部材の劈開面は切断予定面上に交線 A，B として現れる。また切断能率が極大になる切込み方向は交線 A，B のそれぞれに対して垂直な法線 P，Q から時計回りまたは反時計回りのいずれかの切り屑の排出方向側に回転角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8$ だけそれぞれ傾いた $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7, Z_8$ 方向である。

さらに、単結晶部材がタンタル酸リチウムである場合、 θ_1 は 24 度であり、 θ_2 は 7 度であり、 θ_3 は 16 度であり、 θ_4 は 8 度であり、 θ_5 は 20 度であり、 θ_6 は 17 度であり、 θ_7 は 16 度であり、 θ_8 は 5 度である。

[0004] このように構成された単結晶切断方法では、単結晶の予定切断面上にあり、この予定切断面と劈開面との交線に垂直な法線に対し、単結晶部材の切り屑が排出される方向を正の回転角とし、この正の回転角をもつ単結晶部材の結晶学的特性と、この単結晶部材および加工工具間の圧接力とにより決定さ

れる切断能力が極大になる方向から切込みを与えて、単結晶部材を切断するので、切断除去能率が各段に向上し、長時間費やしていた切断加工時間を短縮できる。また加工中に単結晶部材に過度の歪がかかることがないので、切断されたウェーハに曲りや反りが生じないようにになっている。

[0005] 一方、単結晶インゴットと切断機とを相対的に移動させながら切断機を単結晶インゴットに切込ませることで、単結晶インゴットを予定切断面に沿ってスライスし、単結晶インゴットの結晶方位を $\langle 111 \rangle$ とし、その晶癖線の方法と平行にスライスする単結晶切断方法が開示されている（例えば、特許文献2参照。）。

[0006] このように構成された単結晶切断方法では、単結晶インゴットの結晶方位を予め $\langle 111 \rangle$ に決めておき、切断機の切込み方向を単結晶インゴットの晶癖線の方法に合せた状態で、切断機により上記晶癖線の方法と平行に単結晶インゴットをスライスするので、曲りや反りの極めて少ないウェーハを切断分離でき、切断加工効率を著しく向上できる。すなわち、マクロな単結晶インゴットの劈開面は、通常 (111) 面であり、結晶面の発達程度の違いで生じる晶癖線に沿って単結晶インゴットのスライス方向を補正したので、切断されたウェーハに曲りや反りが極めて発生し難い理想的なウェーハが得られる。

[0007] さらに、円柱状の半導体単結晶インゴットを、このインゴットの円柱の中心軸とは異なる前記インゴットの結晶軸を中心として所定の回転角度だけ回転させた状態で保持具により接着保持し、この状態で前記インゴットを切断装置によりスライスする半導体単結晶インゴットのスライス方法において、切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が所定量になるように、インゴットを保持具により接着保持するときの所定の回転角度を決定する半導体単結晶インゴットのスライス方法が開示されている（例えば、特許文献3参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特公平1－15363号公報

特許文献2：特開2005－231248号公報

特許文献3：特開2014－195025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、上記従来の特許文献1に示された単結晶切断方法では、単結晶部材の予定切断面および劈開面のなす角度に関して何ら規定しておらず、単結晶部材を切断した後のウェーハの反り量がどのように変化するかわからない不具合があった。また、上記従来の特許文献1に示された単結晶切断方法では、単結晶部材の切込み位置が、劈開面に対して、即ち予定切断面に現れる交線AおよびBに対して、5～25度しかずれておらず、このように小さい角度ではウェーハの反り量を十分に改善できない問題点があった。さらに、上記従来の特許文献1に示された単結晶切断方法では、単結晶部材の切断加工中に単結晶部材に過度の歪がかかることがないので、切断されたウェーハに曲りや反りが生じないとしているけれども、ウェーハの反り量をどのように制御するか分からない問題点もあった。

一方、上記従来の特許文献2に示された単結晶切断方法では、単結晶インゴットをその晶癖線に沿ってスライスすることにより、ウェーハの曲りや反りを発生し難くすることができるけれども、ウェーハの反り量を制御することができない問題点があった。

[0010] また、上記従来の特許文献3に示された単結晶切断方法では、切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が所定量になるように、インゴットを前記保持具により接着保持するときの前記所定の回転角度を決定するが、円柱状の半導体単結晶インゴットを、インゴットの円柱の中心軸とは異なるインゴットの結晶軸に合せて切断しなければならない。

このため、インゴットの回転角度が制限され、インゴットを保持具により接着保持するときの前記所定の回転角度の設定範囲を広く設定し、インゴットの結晶軸のズレ調整のための角度が、所定の回転角度の範囲内となるよう

、所定の回転角度を広く設定する必要があり、その結果、ウェーハの反り量が大きくなる場合があるという問題点があった。

[0011] 本発明の目的は、ウェーハの反り量を低減できるだけでなく、ウェーハの反り量を所望の量に精度良く制御できる、半導体単結晶インゴットのスライス方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明の第1の観点は、円柱状の半導体単結晶インゴットを、このインゴットの円柱の中心軸とは異なるインゴットの結晶軸を中心として所定の回転角度だけ回転させた状態で保持具により接着保持し、この状態でインゴットを切断装置によりスライスする半導体単結晶インゴットのスライス方法において、切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が所定量になるように、インゴットを保持具により接着保持するときの所定の回転角度と、前記切断装置による前記保持具の傾け角度を決定することを特徴とする。

[0013] 本発明の第1の観点のスライス方法では、円柱状の半導体単結晶インゴットを切断装置の保持具により接着保持する前に、先ずインゴットをその円柱の中心軸とは異なるインゴットの結晶軸を中心に回転可能に設け、次にこのインゴットをその結晶軸を中心として所定の回転角度だけ回転させた状態で上記保持具により接着保持する。このとき上記結晶軸を中心とする所定の回転角度と、前記切断装置による前記保持具の傾け角度を、切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が所定量になるように決定したので、インゴットをスライスした後のウェーハの反り量を所望の量に精度良く制御できる。

[0014] 本発明の第2の観点は、第1の観点に基づく発明であって、さらに予め実験により所定の回転角度の変化に対するウェーハの反り量の変化についての相関関係を求め、上記所定の回転角度をこの相関関係から決定することを特徴とする。

本発明の第2の観点のスライス方法では、予め実験により所定の回転角度の変化に対するウェーハの反り量の変化についての相関関係を求め、上記所

定の回転角度をこの相関関係から決定したので、インゴットをスライスした後のウェーハの反り量を所望の量により精度良く制御できる。

[0015] 本発明の第3の観点は、第1の観点に基づく発明であって、さらに切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が最小になるように、インゴットを保持具により接着保持するときの所定の回転角度を決定することを特徴とする。

本発明の第3の観点のスライス方法では、インゴットの結晶軸を中心とする所定の回転角度を、切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が最小になるように決定したので、インゴットをスライスした後のウェーハの反り量を低減できる。

[0016] 本発明の第4の観点は、第1の観点に基づく発明であって、さらにインゴットに回転基準部を形成し、インゴットの結晶軸から回転基準部に下ろした垂線を基準線とするとき、この基準線に対する所定の回転角度が45～55度、125～135度、225～235度、および305～315度のいずれかの範囲内であることを特徴とする。

本発明の第4の観点のスライス方法では、インゴットの結晶軸から回転基準部に下ろした垂線を基準線とし、この基準線に対する所定の回転角度を45～55度、125～135度、225～235度、および305～315度のいずれかの範囲内に設定することにより、インゴットを切断した後のウェーハの反り量がほぼ所望の量になる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明第1実施形態のスライス方法を用いてシリコン単結晶インゴットをワイヤソー装置のワイヤによりスライスしようとしている状態を示す要部正面図である。

[図2]インゴットをワイヤソー装置のワイヤによりスライスしようとしている状態を示す要部斜視図である。

[図3]ゴニオ角設定器の構造を示すワイヤの走行方向に直交する面の断面図である。

[図4]インゴットと保持具との関係を示す概略斜視図である。

[図5]ワイヤによるインゴットの切断中に劈開面が切断方向に現れてこの劈開面の方向にワイヤが逸れるメカニズムを示すウェーハの斜視図（a）と、大きな反りが発生した切断後のウェーハの側面図（b）である。

[図6]ワイヤによるインゴットの切断中に切断方向に劈開面が現れずワイヤが切断方向に真っ直ぐ進むメカニズムを示すウェーハの斜視図（a）と、反りが発生しなかった切断後のウェーハの側面図（b）である。

[図7A]インゴットの劈開面がインゴット表面のワイヤマークと平行であることを示すインゴットの正面図である。

[図7B]インゴットの劈開面がインゴットの結晶軸に対して傾斜している状態を示すインゴットの縦断面図である。

[図7C]ワイヤが劈開面の方向に逸れることを示すインゴットの縦断面図である。

[図8A]インゴットの劈開面がインゴット表面のワイヤマークと平行であることを示すインゴットの正面図である。

[図8B]インゴットの劈開面がインゴットの結晶軸に対して平行である状態を示すインゴットの縦断面図である。

[図8C]ワイヤが切断方向に真っ直ぐ進むことを示すインゴットの縦断面図である。

[図9A]インゴットの円柱の中心軸に結晶軸が一致し円柱の中心軸および結晶軸に対し直角方向に延びてワイヤを配索した状態を示す構成図である。

[図9B]インゴットの円柱の中心軸と結晶軸が一致していない状態を示すインゴットの構成図である。

[図9C]インゴットの円柱の中心軸に一致していない結晶軸に対し直角方向に延びてワイヤを配索した状態を示す構成図である。

[図10]実施例1および比較例1のインゴットの回転角度を変化させたときのウェーハの反り量の変化をそれぞれ示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 次に本発明を実施するための形態を図面に基づいて説明する。図1および図2に示すように、シリコン単結晶インゴット13をスライスして切断するためにワイヤソー装置16が用いられる。

切断装置としてのワイヤソー装置16は、互いに中心軸が平行であって同一水平面内に配設された第1および第2メインローラ11, 12と、第1および第2メインローラ11, 12の下方であって、第1および第2メインローラ11, 12の中間位置に設けられた単一のサブローラ17と、第1および第2メインローラ11, 12と単一のサブローラ17に巻回して張設されたワイヤ18と、保持具14を昇降させる昇降装置19とを備える(図1および図2)。

[0019] また、第1および第2メインローラ11, 12と単一のサブローラ17の外周面には、各ローラ11, 12, 17の軸方向に所定の間隔をあけて、即ちスライスされるウェーハの厚さ分だけ各ローラ11, 12, 17の軸方向に間隔をあけて、円周方向に延びる複数本のリング溝(図示せず)が形成される。

ワイヤ18は、繰出しボビン21(図2)に巻付けられた1本の長尺ものであり、この繰出しボビン21から繰出されたワイヤ18は、第1および第2メインローラ11, 12と単一のサブローラ17の一端側の各リング溝から他端側の各リング溝に向って順に収容されるように、これらのローラ11, 12, 17に略逆三角形状であって螺旋状に巻回して張設された後に、巻取りボビン22(図2)に巻取られるように構成される。

[0020] 保持具14は、インゴット13に接着されるスライス台14aと、このスライス台14aを保持するワークプレート14bとを有する。スライス台14aはインゴット13と同じ材質か、或いはガラス、セラミック、カーボンまたはレジン等により形成されるが、コスト面や成形の容易さを考慮し、カーボンやレジン等が多く用いられる。また接着剤としては、エポキシ樹脂、熱可塑性ワックス等が用いられ、ワークプレート14bは主にSUSにより形成される。さらに、上記昇降装置19は、鉛直方向に延びて設けられた支

持部材 19a と、この支持部材 19a に昇降可能に取付けられ、先端下面に保持具 14 を保持する水平部材 19b とを有する。これにより保持具 14 に接着されたインゴット 13 が昇降装置 19 により昇降可能に構成される。

[0021] 一般に、インゴット 13 の結晶方位には多少のばらつきがあり、インゴット 13 の円柱の中心軸線と必ずしも一致しない。そのため、インゴット 13 の円柱の中心軸線の向きに合わせてスライス台 14a を接着し、ワイヤソー装置 16 に取り付けてスライスすると、インゴット 13 から切り出されたウェーハの切断面は結晶格子面と一致せず、これによりウェーハの特性がばらつくという問題がある。

この問題を解消する方法の一つとして、ゴニオ角設定器 19c を用いる方法が知られている。

[0022] ゴニオ角設定器 19c は、水平部材 19b の下面に装着されており、ワイヤソー装置 16 に取り付けられた状態の保持具 14 の取り付け角度を、ワイヤ 18 と直交する面内で調整することができる。具体的には、ゴニオ角設定器 19c は、図 3 に示すように、固定部材 191、および可動部材 192 を備える。

固定部材 191 は、水平部材 19b に取り付けられている。

固定部材 191 の下面は、凹曲面とされ、凹曲面は、ワイヤ 18 の走行方向に直交する面内で円弧状の断面を有する円筒状の凹曲面とされる。

[0023] 固定部材 191 の下面には、可動部材 192 が取り付けられている。可動部材 192 は、固定部材 191 の下面に形成された凹曲面に倣う凸曲面を上面に有し、固定部材 191 に対して、可動部材 192 を可動させると、ワイヤ 18 の走行方向に直交する面内で可動部材 192 を垂直方向に調整することができる。

可動部材 192 の調整に際しては、垂直方向シャフト 193 を回転させ、中央に形成された送りねじの螺合位置を変更する。これにより、可動部材 192 は、ワイヤ 18 と直交する面内で固定部材 191 の曲面に沿って移動し、垂直方向の位置調整が可能となる。

ゴニオ角設定器 19c によれば、インゴット 13 の結晶方位に対して、ワイヤ 18 と直交する面内で適正な向きとなるようにワイヤ 18 の走行方向を調整することができる。

[0024] このように構成されたワイヤソー装置 16 を用いてシリコン単結晶インゴット 13 をスライスする方法を説明する。

まず、第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 と単一のサブローラ 17 の間にワイヤ 18 を巻回して張設する。これによりワイヤ 18 のうち、第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の間に水平に張設されたワイヤ 18 が、第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 と単一のサブローラ 17 の回転により水平方向に移動する。

次に、昇降装置 19 の水平部材 19b の先端下面に装備されたゴニオ角設定器 19c に、インゴット 13 とスライス台 14a が接着されたワークプレート 14b を、ボルト締め等の固定手段により装着する。

[0025] ここで、インゴット 13 のスライス台 14a への接着方法を詳しく説明する。

まず、インゴット 13 の円柱の中心軸回りに所定の回転角度だけ回転させ、接着する。所定の回転角度は、ワイヤソー装置 16 によりスライスして得られたウェーハ 23 の反り量が所定量になるように決定する。

この決定は、予め実験により上記所定の回転角度の変化に対するウェーハ 23 の反り量の変化についての相関関係を求め、上記所定の回転角度をこの相関関係から決定することが好ましい。また、インゴット 13 の結晶軸 13b からオリエンテーションフラット 13c に下ろした垂線を基準線 13d とし、この基準線 13d に対する所定の回転角度 θ (図 5 および図 6) を 45 ~ 55 度、125 ~ 135 度、225 ~ 235 度、および 305 ~ 315 度のいずれかの範囲内に設定することが好ましい。

ただし、通常、インゴット 13 にスライス台 14a を接着するときは、オリエンテーションフラット 13c を避けて接着するため、上記基準線 13d に対する所定の回転角度 θ を 45 ~ 55 度、または 305 ~ 315 度の範囲

内に設定することが好ましい。

ここで、上記基準線 13 d に対する所定の回転角度 θ を上記範囲内に限定したのは、ワイヤ 18 がインゴット 13 の劈開面 13 e の方向に逸れ易くなり、このインゴット 13 をスライスして得られたウェーハ 23 の反り量のバラツキが大きくなるからである。

[0026] ところが、円柱状のインゴット 13 において、その円柱の中心軸 13 a がその結晶軸 13 b に一致する理想の状態（図 4（Z 軸）、図 9 A）になることは殆どなく、その円柱の中心軸 13 a がその結晶軸 13 b に一致しない現実の状態（図 4（P 1－P 2）、図 9 B）になることが殆どである。通常、インゴット 13 の円柱の中心軸 13 a とインゴット 13 の結晶軸 13 b の傾斜角度は、最大で 3 度程度である。

一方、スライスされたウェーハ 23 の表面は、インゴット 13 の結晶軸 13 b に垂直な面であることが求められている（図 9 C）。

[0027] このため、前記インゴット 13 をインゴット 13 の円柱の中心軸 13 a の回りに前記所定の回転角度だけ回転させ、スライス台 14 a に接着すると、インゴット 13 の結晶軸 13 b は、スライス台 14 a の長手方向からずれた状態となる（図 4）。

そのずれに対し、水平方向（図 4 の X Z 面）はスライス台 14 a とワークプレート 14 b の接着方向を補正し、インゴット 13 の結晶軸 13 b が、図 4 の Y Z 面内になるよう接着する。

[0028] 次にこのインゴット 13 を、上記第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の間に水平に張設されたワイヤ 18 の上方であって第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の各中心軸を通る鉛直線の間にインゴット 13 の結晶軸 13 b が第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の各中心軸にほぼ平行になるように移動させる（図 1 および図 2）。このときインゴット 13 の結晶軸 13 b を含む鉛直面を、第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 間のワイヤ 18 の延びる方向に対して直交させる（図 9 C）。

[0029] さらに、保持具 14 を固定するゴニオ角設定器 19 c により、結晶軸 13

bが第1および第2メインローラ11, 12の各中心軸と平行になるよう、保持具14の固定角度を調整する。

換言すれば、第1および第2メインローラ11, 12間のワイヤ18と、このワイヤ18によるインゴット13の切断方向とが作る平面に対してインゴット13の結晶軸13bを直交させる。さらにこの状態でインゴット13を鉛直方向に下降させて上記水平方向に移動するワイヤ18を横断する位置まで移動させることにより、インゴット13をスライスする。これにより、インゴット13をスライスした後のウェーハ23の反り量を所望の量に精度良く制御できる。

[0030] ここで、インゴット13の劈開面13eがウェーハ23表面のワイヤマーク13fと平行であっても、このインゴット13をスライスして得られたウェーハ23の反り量が異なる場合がある。その理由を図5～図8に基づいて説明する。

図7Aおよび図8Aに示すように、インゴット13の劈開面13eがインゴット13の表面のワイヤマーク13fと平行であっても、インゴット13の劈開面13eが、図7Bに示すようにインゴット13の結晶軸13bに対して傾斜する場合と、図8Bに示すようにインゴット13の結晶軸13bに対して平行である場合とがある。

[0031] そして、インゴット13の劈開面13eがインゴット13の結晶軸13bに対して傾斜する場合（図7B）、このインゴット13をスライスすると、ワイヤ18が図5の斜視図（a）の破線矢印および図7Cの実線矢印で示す切断方向に対して、図5の斜視図（a）の実線矢印および図7Cの破線矢印で示す方向、即ち劈開面13eの方向に逸れ易い。

これに対して、インゴット13の劈開面13eがインゴット13の結晶軸13bに対して平行である場合（図8B）、このインゴット13をスライスすると、ワイヤ18が図6の斜視図（a）の破線矢印および図8Cの実線矢印で示す切断方向に対して逸れ難く、切断方向に真っ直ぐに進む。

[0032] この結果、インゴット13の劈開面13eがインゴット13表面のワイヤ

マーク 1 3 f と平行であっても（図 7 A）、インゴット 1 3 の劈開面 1 3 e が、図 7 B に示すようにインゴット 1 3 の結晶軸 1 3 b に対して傾斜していると、このインゴット 1 3 をスライスして得られたウェーハ 2 3 は図 5 の側面図（b）に示すように反ってしまう。

これに対して、インゴット 1 3 の劈開面 1 3 e がインゴット 1 3 表面のワイヤマーク 1 3 f と平行であっても（図 8 A）、インゴット 1 3 の劈開面 1 3 e が、図 8 B に示すようにインゴット 1 3 の結晶軸 1 3 b に対して平行であると、このインゴット 1 3 をスライスして得られたウェーハ 2 3 は図 6 の側面図（b）に示すように反らない。なお、インゴット 1 3 の劈開面 1 3 e が、図 8 B に示すようにインゴット 1 3 の結晶軸 1 3 b に対して平行でなくても、平行に近い角度であれば、スライスして得られたウェーハ 2 3 は反り難い。

[0033] 一方、インゴット 1 3 の結晶軸 1 3 b を中心とする所定の回転角度を、ワイヤソー装置 1 6 によりインゴット 1 3 をスライスして得られたウェーハ 2 3 の反り量が最小になるように決定してもよい。例えば、インゴット 1 3 の結晶軸 1 3 b が $\langle 111 \rangle$ である場合、この結晶軸 1 3 b からオリエンテーションフラット 1 3 c に下ろした垂線を基準線 1 3 d とし、この基準線 1 3 d に対する所定の回転角度 θ （図 5 および図 6）を $45 \sim 55$ 度の範囲内とすると、インゴット 1 3 をスライスした後のウェーハ 2 3 の反り量を低減できる。

[0034] 上記実施の形態では、半導体単結晶インゴットとして、シリコン単結晶インゴットを挙げたが、炭化珪素（SiC）単結晶インゴット、ガリウムヒ素（GaAs）単結晶インゴット、サファイア単結晶インゴット等でもよい。

また、上記実施の形態では、インゴットの結晶軸からオリエンテーションフラットに下ろした垂線を基準線として、インゴットの結晶軸を中心とする所定の回転角度を決定したが、インゴットの結晶軸からノッチに下ろした垂線を基準線として、インゴットの結晶軸を中心とする所定の回転角度を決定してもよい。

さらに、オリエンテーションフラットやノッチを代替する回転基準部があれば、インゴットの結晶軸からこの回転基準部に下ろした垂線を基準線として、インゴットの結晶軸を中心とする所定の回転角を決定してもよい。

実施例

[0035] 次に本発明の実施例を比較例とともに詳しく説明する。

<実施例 1>

図 1 および図 2 に示すように、直径が 150 mm であり結晶軸が $\langle 111 \rangle$ である円柱状のシリコン単結晶インゴット 13 を用意した。このインゴット 13 の円柱の中心軸 13a を中心として所定の回転角度だけ回転させた状態でインゴット 13 とスライス台 14a を接着した。さらにスライス台 14a とワークプレート 14b を、水平方向（図 4 の XZ 面）の接着方向を補正して、インゴット 13 の結晶軸が、図 4 の YZ 面内になるよう接着した。さらに、インゴット 13 を接着した保持具 14 をゴニオ角設定器 19c に取付け固定し、ゴニオ角設定器 19c により、結晶軸 13b が第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の各中心軸と平行になるよう、保持具 14 の固定角度を調整した。

[0036] インゴット 13 の結晶軸 13b は、照射して結晶面で反射してくる X 線の角度により検出した。またインゴット 13 を保持具 14 に接着するときの所定の回転角度を決定した。

さらに、上記所定の回転角度は、インゴット 13 の結晶軸 13b からオリエンテーションフラット 13c に下ろした垂線を基準線 13d とするとき、この基準線 13d に対する回転角度 θ （図 5 および図 6）とした。

具体的には、インゴット 13 を、ワイヤソー装置 16 の第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の間に水平に張設されたワイヤ 18 の上方であって第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の各中心軸を通る鉛直線の上にインゴット 13 の結晶軸 13b が第 1 および第 2 メインローラ 11, 12 の各中心軸にほぼ平行になるように移動させた（図 1 および図 2）。このときインゴット 13 の結晶軸 13b を含む鉛直面を、第 1 および第 2 メインローラ 11

， 12間のワイヤ18の延びる方向に対して直交させた（図9C）。

[0037] そして、インゴット13を接着した保持具14を、ゴニオ角設定器19cに取り付け固定し、ゴニオ角設定器19cにより、結晶軸13bが第1および第2ローラ11，12の各中心軸線と平行になるよう、保持具14の固定角を調整した。

このインゴット13を鉛直方向に下降させて上記水平方向に移動するワイヤ18を横断する位置まで移動させることにより、インゴット13をスライスしてウェーハ23を作製した。上記所定の回転角度 θ を45～55度に調整して、上記と同様にインゴット13をスライスしてウェーハ23を作製した。これらのウェーハ23を実施例1とした。

[0038] <比較例1>

インゴットの円柱の中心軸とは異なるインゴットの結晶軸を中心として任意の回転角度だけ回転させた状態で保持具により接着保持したことで、インゴット13を接着した保持具14をゴニオ角設定器19cに取り付け固定した後、ゴニオ角設定器19cによる保持具14の固定角度を調整しなかったこと以外は、実施例1と同様にインゴットをスライスしてウェーハを作製した。これらのウェーハを比較例1とした。

[0039] <試験1および評価>

実施例1および比較例1のウェーハの反り量を測定した。このウェーハの反り量は、ウェーハの裏面において、ウェーハの外周縁から内側に3mm内側の位置であって、ウェーハの結晶軸を中心に120度間隔に採った3点を通る平面を想定し、この平面から測定したウェーハの反りの大きさのうち最大値とした。その結果を図10に示す。

[0040] 図10から明らかなように、比較例1では、所定の回転角度の範囲内でウェーハの反り量が小さかったけれども、所定の回転角度の範囲外でウェーハの反り量が大きかったのに対し、実施例1では、回転角度 θ を45～55度に調整することにより、ウェーハの反り量が全て小さくなった。

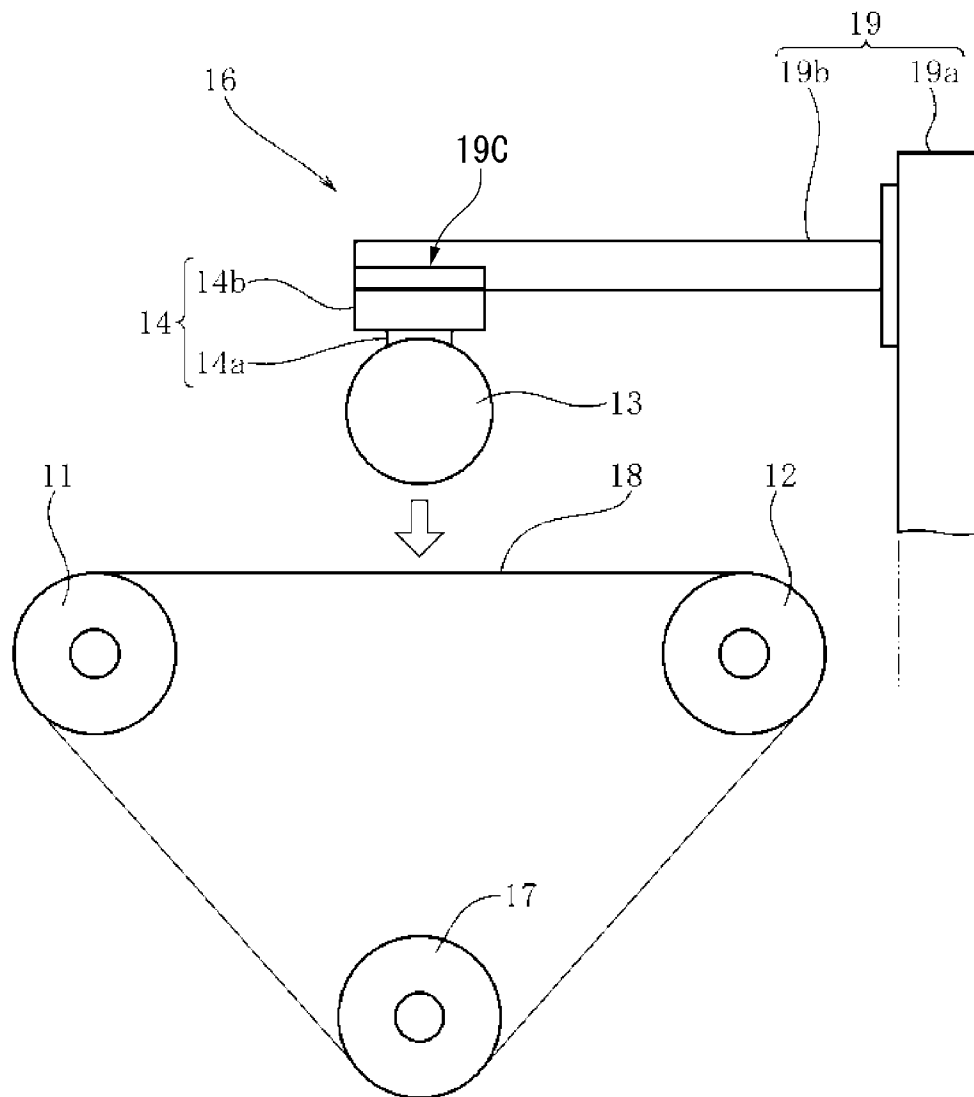
符号の説明

- [0041] 1 3 …シリコン単結晶インゴット（半導体単結晶インゴット）
- 1 3 a …中心軸
- 1 3 b …結晶軸
- 1 3 c …オリエンテーションフラット（回転基準部）
- 1 3 d …基準線
- 1 4 …保持具
- 1 6 …ワイヤソー装置（切断装置）
- 1 9 c …ゴニオ角設定器

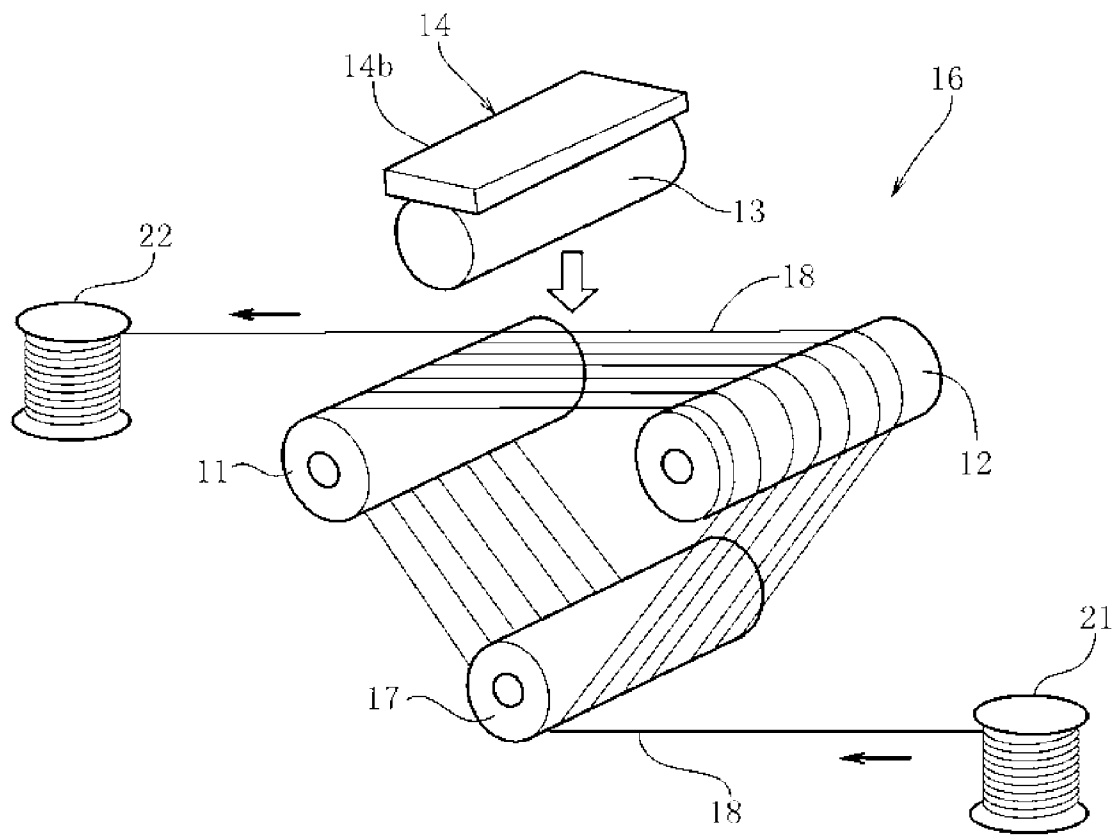
請求の範囲

- [請求項1] 円柱状の半導体単結晶インゴットを、このインゴットの円柱の中心軸とは異なる前記インゴットの結晶軸を中心として所定の回転角度だけ回転させた状態で保持具により接着保持し、この状態で前記インゴットを切断装置によりスライスする半導体単結晶インゴットのスライス方法において、
- 前記切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が所定量になるように、前記インゴットを前記保持具により接着保持するときの前記所定の回転角度と、前記切断装置による前記保持具の傾け角度を決定することを特徴とする半導体単結晶インゴットのスライス方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の半導体単結晶インゴットのスライス方法において、
- 予め実験により前記所定の回転角度の変化に対する前記ウェーハの反り量の変化についての相関関係を求め、前記所定の回転角度を前記相関関係から決定する半導体単結晶インゴットのスライス方法。
- [請求項3] 請求項1に記載の半導体単結晶インゴットのスライス方法において、
- 前記切断装置によりスライスされたウェーハの反り量が最小になるように、前記インゴットを前記保持具により接着保持するときの前記所定の回転角度を決定する半導体単結晶インゴットのスライス方法。
- [請求項4] 請求項1に記載の半導体単結晶インゴットのスライス方法において、
- 前記インゴットに回転基準部を形成し、前記インゴットの結晶軸から前記回転基準部に下ろした垂線を基準線とするとき、この基準線に対する前記所定の回転角度が45～55度、125～135度、225～235度、および305～315度のいずれかの範囲である半導体単結晶インゴットのスライス方法。

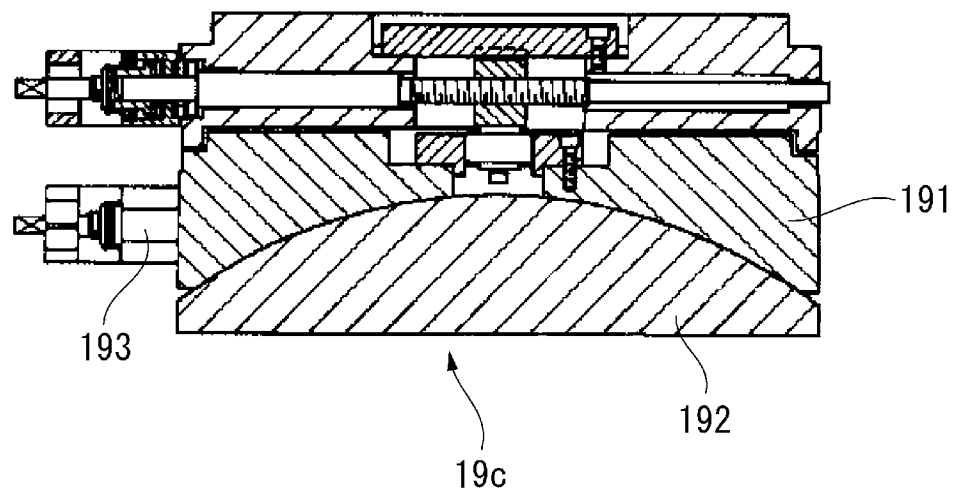
[図1]



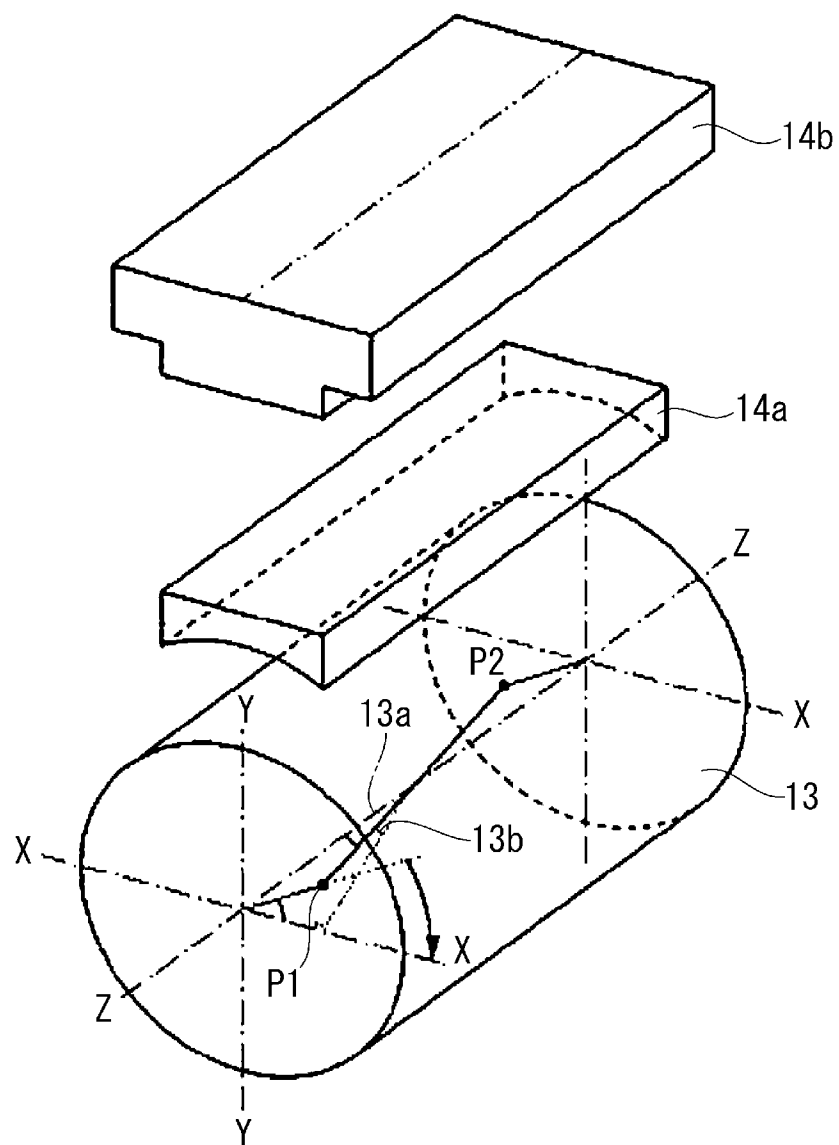
[図2]



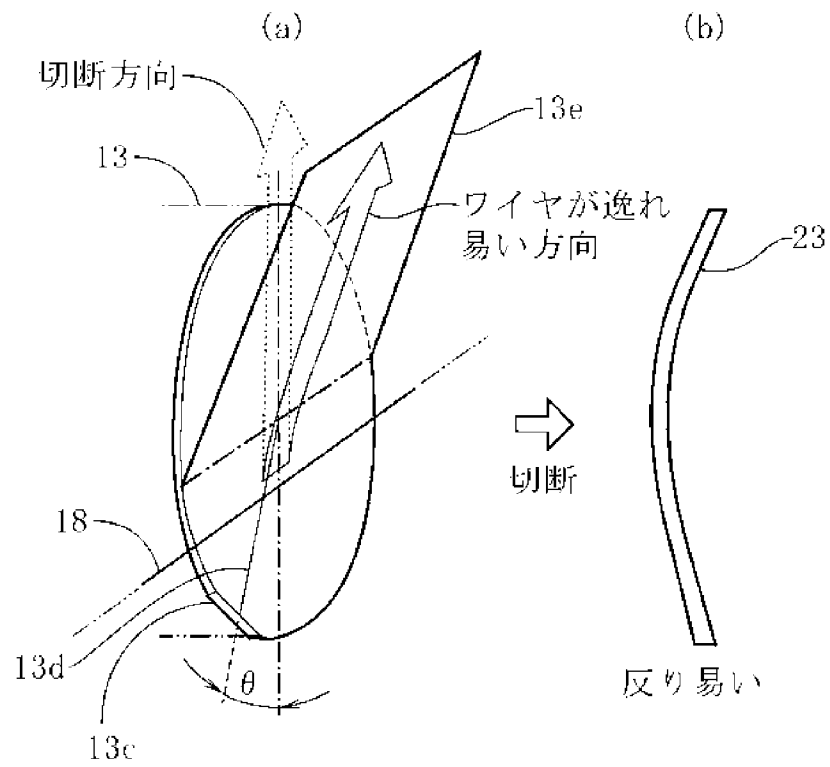
[図3]



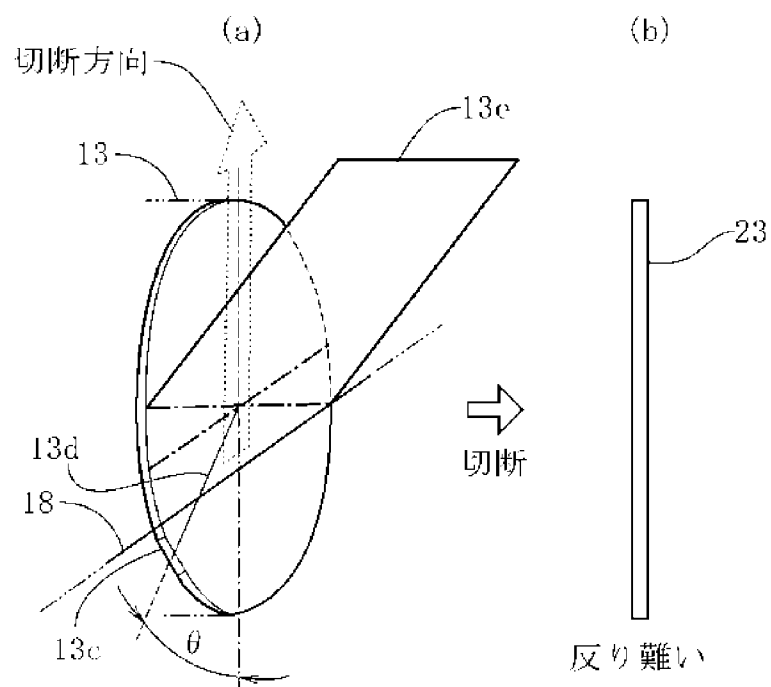
[図4]



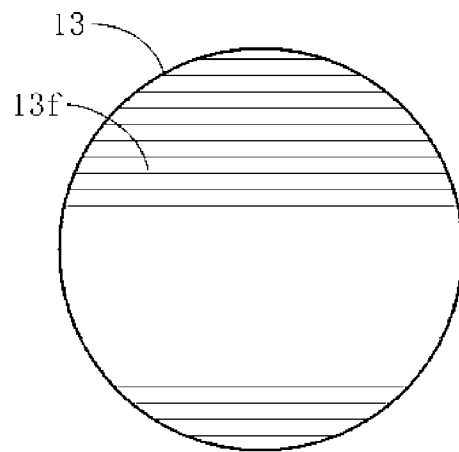
[図5]



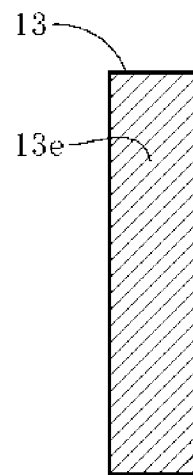
[図6]



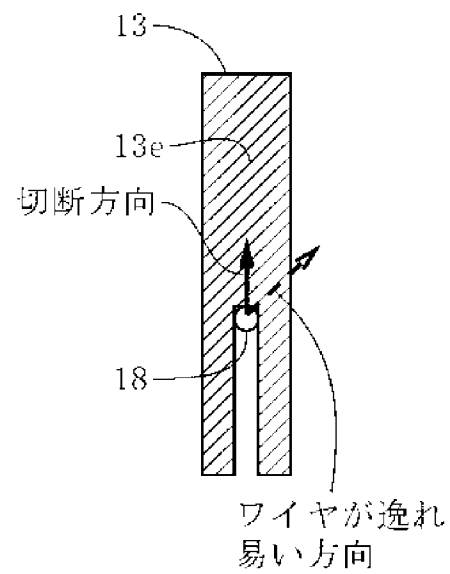
[図7A]



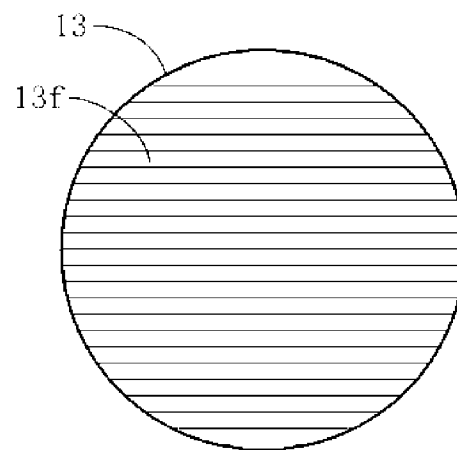
[図7B]



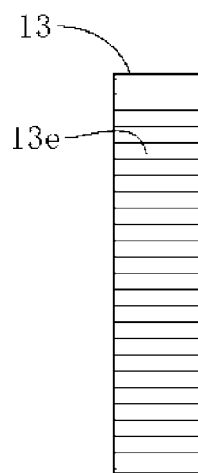
[図7C]



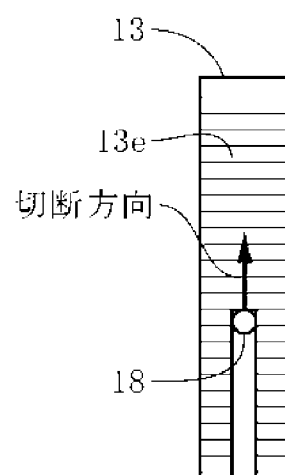
[図8A]



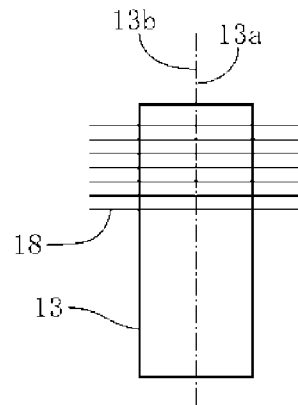
[図8B]



[図8C]

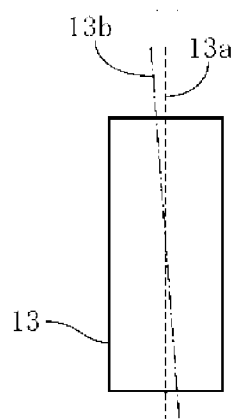


[図9A]



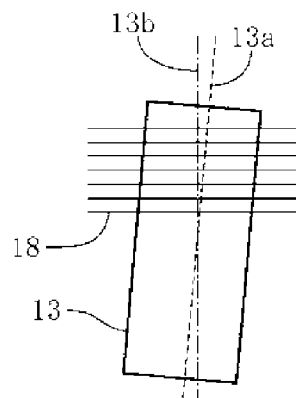
理想の状態
円柱の中心軸が結晶軸
に一致している。

[図9B]



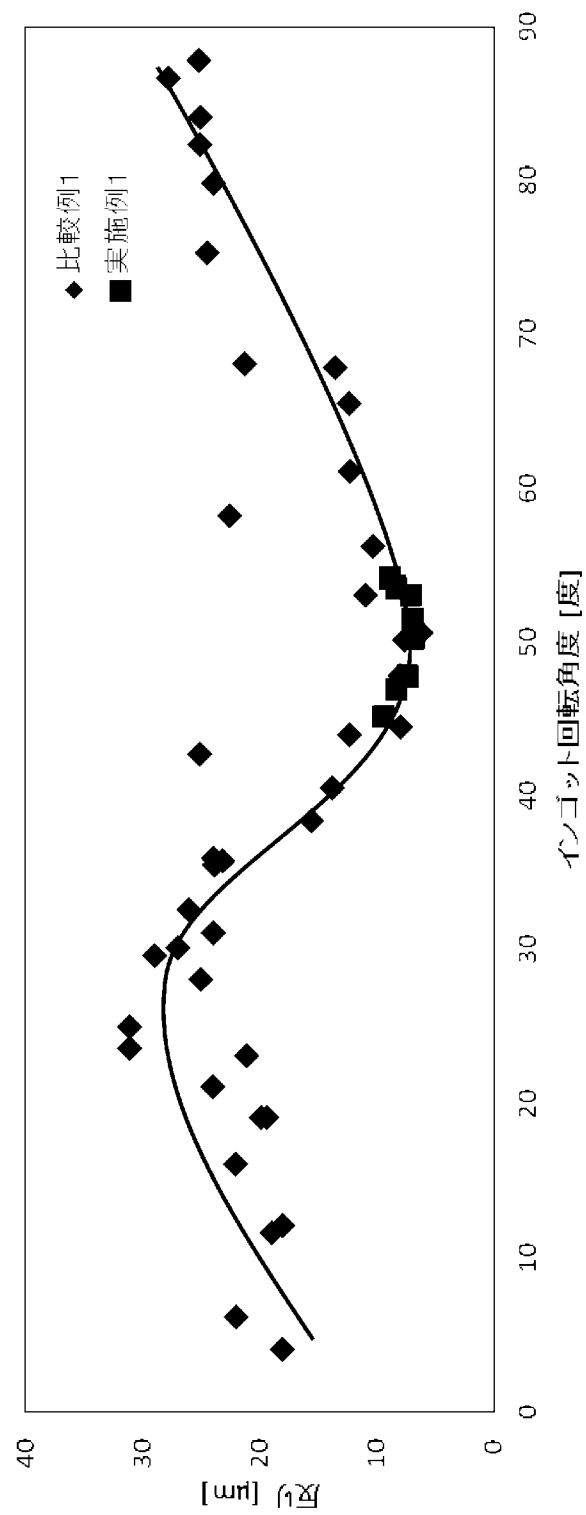
現実の状態
円柱の中心軸が結晶軸
に一致していない。

[図9C]



実際のスライス
結晶軸に垂直な面で
スライス(切断)する。

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/007074

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/304 (2006.01) i, B28D5/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01L21/304, B28D5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-195025 A (SUMCO TECHXIV CORP.) 09 October 2014, claims 1-5, paragraphs [0022]-[0028], [0036], [0039], [0044] & US 2014/0295126 A1, claims 1-5, paragraphs [0034]-[0040], [0049], [0053], [0059] & TW 201440986 A	1-4
Y	JP 2001-50912 A (RIGAKU DENKI CO., LTD.) 23 February 2001, paragraphs [0024], [0025] (Family: none)	1-4
Y	JP 2017-24145 A (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) 02 February 2017, paragraphs [0031]-[0045] & TW 201703907 A	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11.05.2018

Date of mailing of the international search report
22.05.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/304(2006.01)i, B28D5/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/304, B28D5/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-195025 A (SUMCO TECHXIV株式会社) 2014.10.09, [請求項1] - [請求項5]、段落 [0022] - [0028]、[0036]、[0039]、[0044] & US 2014/0295126 A1, claims1-5, [0034]-[0040], [0049], [0053], [0059] & TW 201440986 A	1-4
Y	JP 2001-50912 A (理学電機株式会社) 2001.02.23, 段落 [0024] - [0025] (ファミリーなし)	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.05.2018

国際調査報告の発送日

22.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中田 剛史

50

2951

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2017-24145 A (信越半導体株式会社) 2017.02.02, 段落 [0031] - [0045] & TW 201703907 A	1-4