(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
2017 年 8 月 24 日(24.08.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/141523 A1

(51) 国際特許分類:
B24B 27/06 (2006.01) *H01L 21/304* (2006.01)
B28D 5/04 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/086451

(22) 国際出願日: 2016 年 12 月 7 日(07.12.2016)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-025993 2016 年 2 月 15 日(15.02.2016) JP

(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: 高田 昌夫(TAKADA Masao); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目２番１号 株式会社ＳＵＭＣＯ内 Tokyo (JP). 舟山 誠(FUNAYAMA Makoto); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目２番１号 株式会社ＳＵＭＣＯ内 Tokyo (JP). 吉原 司(YOSHIHARA Tsukasa); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目２番１号 株式会社ＳＵＭＣＯ内 Tokyo (JP). 千綿 健司(CHIWATA Kenji); 〒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的財産事務所(KINOSHITA & ASSOCIATES); 〒1670051 東京都杉並区荻窪五丁目２６番１３号 ３階 Tokyo (JP).

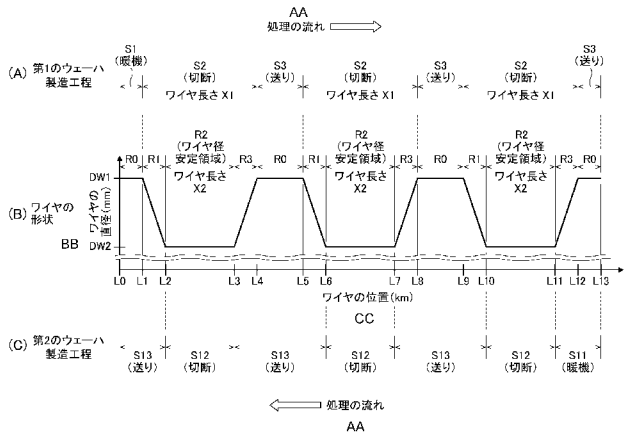
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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,

[続葉有]

(54) **Title**: WAFER MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称 : ウェーハの製造方法



(A) First wafer manufacturing step
(B) Wire form
(C) Second wafer manufacturing step
S1, S11 Warm-up
S2, S12 Cutting
S3, S13 Feeding
X1, X2 Wire length
R2 Stable wire diameter region
AA Flow of processing
BB Wire diameter (mm)
CC Wire position (km)

(57) **Abstract**: A wafer manufacturing method for manufacturing wafers by cutting a single crystal ingot using a wire saw, wherein, of the regions of the wire of the wire saw used in cutting a first single crystal ingot, a second single crystal ingot is cut using only the stable wire diameter regions (R2) in which the amount of wear is stable at a maximum value and the diameter is a constant minimum value.

(57) 要約: ワイヤソーを用いた単結晶インゴットの切断によりウェーハを製造するウェーハの製造方法であって、ワイヤソーのワイヤにおける第１の単結晶インゴットの切断に用いられた領域のうち、摩耗量が最大値で安定し直径が最小値で一定となるワイヤ径安定領域（Ｒ２）のみを用いて、第２の単結晶インゴットを切断する。

WO 2017/141523 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, 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:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： ウェーハの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ウェーハの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、単結晶インゴットの直胴部を切断してウェーハを製造する際に、ワイヤを再利用することで使用量を減らす方法が知られている（例えば、特許文献１参照）。

特許文献１には、単結晶インゴットを切断したワイヤを再度用い、次の単結晶インゴットを切断する際に、ワイヤの張力を前回切断時の８７％～９５％にするとともに、ワイヤの供給量（単結晶インゴット１本の切断に用いられるワイヤの長さ）を前回切断時の供給量に対して１２５％以上にする方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１５－１００８５３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、１本の単結晶インゴットを切断するとワイヤが摩耗するが、この摩耗領域は、直径が最小値で一定となるワイヤ径安定領域と、このワイヤ径安定領域よりも先に切断を行った領域であって、ワイヤ径安定領域に近づくにしたがって直径が減少するワイヤ径減少領域と、ワイヤ径安定領域よりも後に切断を行った領域であって、ワイヤ径安定領域から離れるにしたがって直径が増加するワイヤ径増加領域とを有することが知られている（例えば、特開２０１２－１０６３２２号公報参照）。

使用後のワイヤは、このように直径が一定でないことから、特許文献１に記載の方法のように、２回目の切断に用いるワイヤの長さを１回目よりも長

くすると、直径が異なる領域で単結晶インゴットが切断されてしまい、ウェーハ面内の厚さがばらつくおそれがある。

[0005] 本発明の目的は、ワイヤの使用量とウェーハ面内の厚さのばらつきとを抑制可能なウェーハの製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明のウェーハの製造方法は、ワイヤソーを用いた単結晶インゴットの切断によりウェーハを製造するウェーハの製造方法であって、前記ワイヤソーのワイヤにおける第１の単結晶インゴットの切断に用いられた領域のうち、摩耗量が最大値で安定し直径が最小値で一定となるワイヤ径安定領域のみを用いて、第２の単結晶インゴットを切断することを特徴とする。

[0007] 本発明によれば、第１の単結晶インゴットの切断に用いられたワイヤのうち、直径が最小値で一定となるワイヤ径安定領域のみを用いて第２の単結晶インゴットを切断するため、第２の単結晶インゴットから得られるウェーハ面内の厚さのばらつきを抑制できる。また、第１の単結晶インゴットの切断に用いられたワイヤを第２の単結晶インゴットの切断にも用いるため、ワイヤの使用量も抑制できる。

[0008] 本発明のウェーハの製造方法において、前記ワイヤ径安定領域の張力が前記第１の単結晶インゴット切断時の張力よりも小さい条件で、前記第２の単結晶インゴットを切断することが好ましい。

[0009] ここで、ワイヤ安定領域は、摩耗により細くなった領域のため、摩耗前よりも破断荷重が小さくなる。このため、第１の単結晶インゴットの切断時以上の張力で第２の単結晶インゴットを切断すると、ワイヤが断線してしまうおそれがある。

本発明によれば、第１の単結晶インゴットの切断時より小さい張力で第２の単結晶インゴットを切断するため、ワイヤの断線を抑制できる。

[0010] 本発明のウェーハの製造方法において、前記第１の単結晶インゴット切断前の前記ワイヤの破断荷重および直径と、前記ワイヤ径安定領域の直径とに基づいて、前記ワイヤ径安定領域の張力を設定することが好ましい。

[0011] ここで、張力が小さすぎると、単結晶インゴット切断時にワイヤが単結晶インゴットの軸方向や切断方向にぶれてしまい、ウェーハ面内の厚さのばらつきが大きくなるおそれがある。

本発明によれば、第１の単結晶インゴット切断前のワイヤの破断荷重および直径と、ワイヤ径安定領域の直径とに基づいて、ワイヤ径安定領域の破断荷重を求め、第２の単結晶インゴット切断時の張力を、この求めた破断荷重を超えず、かつ、ワイヤがぶれない程度まで大きくすることができる。したがって、ワイヤの摩耗状態にかかわらず、ワイヤの断線と、ウェーハ面内の厚さのばらつきが大きくなることとを抑制できる。

[0012] 本発明のウェーハの製造方法において、前記ワイヤ径安定領域の単位長さあたりの仕事量が前記第１の単結晶インゴット切断時の単位長さあたりの仕事量以下になる条件で、前記第２の単結晶インゴットを切断することが好ましい。

[0013] ここで、ワイヤの単位長さあたりの仕事量（以下、「単位長さあたりの仕事量」を、単に「仕事量」と言う場合がある）は、ワイヤの単位長さあたりの摩耗量にほぼ比例する。このため、第２の単結晶インゴットの切断時におけるワイヤ径安定領域の仕事量を大きくするほど、当該ワイヤ径安定領域が細くなり、ワイヤが断線してしまうおそれがある。

本発明によれば、第１の単結晶インゴットの切断時以下の仕事量で、第２の単結晶インゴットを切断するため、切断中にワイヤ径安定領域が細くなりすぎて、ワイヤが断線してしまうことを抑制できる。

[0014] 本発明のウェーハの製造方法において、前記ワイヤにおける前記第１の単結晶インゴットの切断に用いた領域の総仕事量および当該領域の長さと、前記ワイヤ径安定領域の長さとに基づいて、前記ワイヤ径安定領域の総仕事量を設定することが好ましい。

[0015] ここで、ワイヤにおける単結晶インゴットの切断に用いられた領域の総仕事量は、単結晶インゴットから得られるウェーハの面積および枚数にほぼ比例する。このため、断線を防ぐためにワイヤ径安定領域の総仕事量の設定値

を必要以上に小さくすると、直径が小さい第２の単結晶インゴットを準備したり（ウェーハの面積を小さくしたり）、第２の単結晶インゴットから得られるウェーハの枚数を少なくしたりする必要があり、製造効率が低くなる。

本発明によれば、第１の単結晶インゴットの切断に用いた領域の総仕事量および当該領域の長さと、ワイヤ径安定領域の長さとに基づいて、ワイヤ径安定領域の総仕事量の最大許容値を求め、この最大許容値を超えない範囲で、第２の単結晶インゴットから得られるウェーハの枚数を多くしたり、面積を大きくしたりすることができ、製造効率を高めることができる。

[0016] 本発明のウェーハの製造方法において、前記第１の単結晶インゴットよりも直径が小さい前記第２の単結晶インゴットを切断することが好ましい。

[0017] 本発明によれば、適切な直径の第２の単結晶インゴットを選択するだけの簡単な方法で、ワイヤ径安定領域の総仕事量を設定することができる。また、第１の単結晶インゴットおよび第２の単結晶インゴットから、直径が異なりかつ厚さのばらつきが抑制されたウェーハを得ることができる。

[0018] 本発明のウェーハの製造方法において、前記第１の単結晶インゴットよりも短い前記第２の単結晶インゴットを切断することが好ましい。

[0019] 本発明によれば、適切な長さの第２の単結晶インゴットを選択するだけの簡単な方法で、ワイヤ径安定領域の総仕事量を設定することができる。また、第１の単結晶インゴットおよび第２の単結晶インゴットから、直径が同じでありかつ厚さのばらつきが抑制されたウェーハを得ることができる。

[0020] 本発明のウェーハの製造方法において、同じ直径の複数の前記第１の単結晶インゴットを、同じ切断条件で順次切断する工程と、前記ワイヤ径安定領域のみを用いて、複数の前記第２の単結晶インゴットを順次切断する工程とを実施することが好ましい。

[0021] 本発明によれば、複数の第１の単結晶インゴット切断後におけるワイヤ径減少領域、ワイヤ径安定領域およびワイヤ径増加領域の位置を容易に把握することができ、複数の第２の単結晶インゴット切断に用いるワイヤ径安定領域を容易に特定でき、製造効率を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の一実施形態に係るワイヤソーを示す模式図。

[図2]前記ワイヤソーを用いたウェーハの製造方法の説明図であり、（Ａ）は第１のウェーハ製造工程、（Ｂ）は第１のウェーハ製造工程後のワイヤの形状、（Ｃ）は第２のウェーハ製造工程を示す。

[図3]前記ワイヤソーを用いたウェーハの製造方法の説明図であり、（Ａ）はインゴットとワイヤとの位置関係、（Ｂ）はワイヤの長さと摩耗量との関係、（Ｃ）はワイヤの長さとワイヤの直径との関係を示す。

[図4]本発明の適用例１におけるウェーハの製造方法の説明図であり、（Ａ）は第１のウェーハ製造工程、（Ｂ）は第１のウェーハ製造工程後のワイヤの形状、（Ｃ）は第２のウェーハ製造工程、（Ｄ）は他の第２のウェーハ製造工程を示す。

[図5]本発明の適用例２におけるウェーハの製造方法の説明図であり、（Ａ）は第１のウェーハ製造工程後のワイヤの形状、（Ｂ）は第２のウェーハ製造工程、（Ｃ）は他の第２のウェーハ製造工程を示す。

発明を実施するための形態

[0023] 本発明の一実施形態を、図面を参照して説明する。

［ワイヤソーの構成］

まず、ワイヤソーの構成について説明する。

図１に示すように、ワイヤソー１は、同一水平面上に２個、これら２個の中間の下方に１個配置された合計３個のメインローラ２を備えている。これら３個のメインローラ２の周りには、軸方向に沿ってワイヤ７が螺旋状に巻き付けられている。ワイヤ７は、一般的にピアノ線と呼ばれる高張力メッキ鋼線により構成されている。ワイヤ７の両端側は、それぞれ複数ずつ（図１では、１個ずつ図示）のガイドローラ３１およびテンションローラ３２を介して、ワイヤ７を送り出したり巻き取ったりする２個のボビン４１に固定されている。また、テンションローラ３２とボビン４１との間には、それぞれトラバーサ４２が設けられている。トラバーサ４２は、ワイヤ７のボビン４

１に対する送り出し位置、巻取り位置を調整する機能を有している。さらに、上側の２個のメインローラ２（以下、上側メインローラ２１と称す）の上方には、２個の上側メインローラ２１の中間位置にスラリーＧを供給するノズル５がそれぞれ設けられている。また、ノズル５の上方には、シリコン、ＳｉＣ、ＧａＡｓ、サファイア等の単結晶インゴット（以下、単に「インゴット」と言う）Ｍを保持して昇降させる送り手段６が設けられている。

[0024] ［ウェーハの製造方法］

次に、ワイヤソー１を用いたインゴットＭの切断によりウェーハを製造する方法について説明する。

図２（Ａ）～（Ｃ）に示すように、ウェーハの製造方法は、同じ直径の複数の第１のインゴットを、同じ切断条件で順次切断する第１のウェーハ製造工程と、この第１のウェーハ製造工程に用いられたワイヤ７を用い、複数の第２のインゴットを順次切断する第２のウェーハ製造工程とを備えている。

なお、図２（Ａ），（Ｃ）において、横軸の「ワイヤの位置」とは、ワイヤ７の送り方向先端側の所定位置を０ｋｍとしたときの位置を表す。また、図２（Ａ）～（Ｃ）では、それぞれ３本ずつの第１，第２のインゴットを切断する場合について説明する。

[0025] 〔第１のウェーハ製造工程〕

第１のウェーハ製造工程では、まず、ワイヤ７の張力を以下の式（１）を満たすように設定する。なお、安全係数Ｓｃ１を大きくするほど、張力Ｔ１が小さくなり、ワイヤ７が断線しにくくなる。

Ｔ１＝Ｆ／Ｓｃ１　…　（１）

Ｔ１　：第１のウェーハ製造工程でのワイヤの張力（Ｎ）

Ｆ　　：新品ワイヤ（第１のインゴット切断前のワイヤ）の破断荷重（Ｎ）

Ｓｃ１：安全係数（ただし、Ｓｃ１≧１）

[0026] その後、ワイヤソー１は、図２（Ａ）に示すように、第１のウェーハ製造工程において、当該ワイヤソー１の稼動熱による各部材の熱変形などを安定

させるために、インゴットＭとワイヤ７とを接触させない状態でスラリーＧを供給（循環）しつつワイヤ７を走行させる（暖機工程Ｓ１）。例えば、ワイヤソー１は、メインローラ２を回転させることで、ワイヤ７を図１に示す一方向Ｅ１に走行させるとともに、ワイヤ７の張力がＴ１となるように、テンションローラ３２の上下方向の位置を調整し、２個の上側メインローラ２１間にスラリーＧを供給する。

このとき、ワイヤ７は摩耗しないため、図２（Ｂ）に示すように、暖機工程Ｓ１後のワイヤ７の直径は、新品と同じＤＷ１になる。

[0027] 暖機工程Ｓ１の後、ワイヤソー１は、図２（Ａ）に示すように、ワイヤ７の走行速度、走行方向、張力、スラリーＧの供給状態を維持しながら第１のインゴットＭ１を下降させ、走行中のワイヤ７に押し当てることで第１のインゴットＭ１を切断し、複数のウェーハを製造する（切断工程Ｓ２）。

この切断工程において、図３（Ａ）に示すように、ワイヤ７と第１のインゴットＭ１との接触部分には、接触長さが徐々に増加する接触長さ増加領域Ｐ１と、最大値で略一定となる接触長さ安定領域Ｐ２と、徐々に減少する接触長さ減少領域Ｐ３とが存在することになる。

接触長さが大きくなるほど、ワイヤ７に作用する反力が増大し、ワイヤ７に対する負荷は大きくなり、ワイヤ７の摩耗量は大きくなる。このため、図３（Ｂ）に示すように、切断開始から切断終了にかけて、ワイヤ７の摩耗量は、接触長さ増加領域Ｐ１においては徐々に増加し、接触長さ安定領域Ｐ２においては最大値Ｙｍａｘで略一定となり、接触長さ減少領域Ｐ３においては徐々に減少する。

その結果、図３（Ｃ）に示すように、一点鎖線で表すようなワイヤの直径がＤＷ１、長さがＸ１のワイヤ７で第１のインゴットＭ１を切断すると、ワイヤ７には、実線で示すように、直径が徐々に減少するワイヤ径減少領域Ｒ１と、直径が最小値ＤＷ２（ＤＷ１－Ｙｍａｘ）で略一定となり、長さがＸ２のワイヤ径安定領域Ｒ２と、直径が徐々に増加するワイヤ径増加領域Ｒ３とが形成されることとなる。

[0028] 第１のインゴットＭ１の切断が終了すると、ワイヤソー１は、ワイヤ７を他方向Ｅ２に走行させるとともに、送り手段６を上昇させることでワイヤ７を引き抜く。このとき、新品よりも細いワイヤ径増加領域Ｒ３がウェーハ間を通過するため、ワイヤ７が摩耗したりウェーハが削られたりすることはない。

[0029] 切断工程Ｓ２の後、ワイヤソー１は、図２（Ａ）に示すように、次の切断工程までの準備やワイヤソー１の保守点検などのため、第１のインゴットＭ１とワイヤ７とを接触させない状態でワイヤ７を一方向Ｅ１に送る（送り工程Ｓ３）。このとき、ワイヤ７は摩耗しないため、図２（Ｂ）に示すように、送り工程Ｓ３後のワイヤ７の直径は、新品と同じＤＷ１になる。

[0030] この後、ワイヤソー１は、切断する残りの第１のインゴットＭ１の本数に応じて（本実施形態では２本）、切断工程Ｓ２と送り工程Ｓ３とを繰り返し、第１のウェーハ製造工程が終了する。以上により、処理が図２（Ａ）の左側の工程から右側の工程に流れ、ワイヤ７は、図２（Ｂ）に示すように、位置Ｌ１～Ｌ２，Ｌ５～Ｌ６，Ｌ９～Ｌ１０がワイヤ径減少領域Ｒ１になり、位置Ｌ２～Ｌ３，Ｌ６～Ｌ７，Ｌ１０～Ｌ１１がワイヤ径安定領域Ｒ２になり、位置Ｌ３～Ｌ４，Ｌ７～Ｌ８，Ｌ１１～Ｌ１２がワイヤ径増加領域Ｒ３になる。また、位置Ｌ０～Ｌ１，Ｌ４～Ｌ５，Ｌ８～Ｌ９，Ｌ１２～Ｌ１３が、ワイヤ７の直径が新品と同じ未摩耗領域Ｒ０になる。

[0031] １本のワイヤ７を用いて、長さが異なりかつ直径が同じ複数の第１のインゴットＭ１を切断する場合は、それらの中で最長のインゴットに適した切断条件で全ての第１のインゴットＭ１を順次切断することが好ましい。このようにすれば、より短い他の第１のインゴット切断時のワイヤに対する負荷は、最長のインゴット切断時の負荷よりも小さく、断線が発生するおそれは小さい。そして、切断工程Ｓ２（図２（Ｂ）の位置Ｌ１～Ｌ４，Ｌ５～Ｌ８，Ｌ９～Ｌ１２）で使用されるワイヤ長さＸ１と、ワイヤ径安定領域Ｒ２（位置Ｌ２～Ｌ３，Ｌ６～Ｌ７，Ｌ１０～Ｌ１１）のワイヤ長さＸ２はそれぞれ同じ長さとなるため、複数の第２のインゴット切断に用いるワイヤ径安定領

域Ｒ２の位置を容易に特定できる。

[0032] 〔第２のウェーハ製造工程〕

第２のウェーハ製造工程では、まず、第１のウェーハ製造工程でワイヤ７を巻き取ったボビン４１を、第２のウェーハ製造工程で用いる他のワイヤソー１にセットし直す。その後、ワイヤ７の張力を設定する。この際、以下の式（２）を満たすように、ワイヤ７の張力を設定することが好ましい。このように、ワイヤ径安定領域Ｒ２の張力が第１のインゴットＭ１切断時の張力よりも小さい条件で、第２のインゴットを切断することにより、ワイヤ７の断線を抑制できる。

$$T2 \leqq T1 \quad \cdots \quad (2)$$

[0033] また、特に、ワイヤ７の張力を以下の式（３）を満たすように設定することが好ましい。なお、安全係数Ｓｃ２を大きくするほど、張力Ｔ２が小さくなり、ワイヤ７が断線しにくくなる。

$$T2 \leqq F / Sc2 \times (DW2 / DW1)^2 \quad \cdots \quad (3)$$

Ｔ２　：第２のウェーハ製造工程でのワイヤの張力（Ｎ）

Ｆ　　：新品ワイヤ（第１のインゴット切断前のワイヤ）の破断荷重（Ｎ）

Ｓｃ２：安全係数（ただし、Ｓｃ２≧１）

ＤＷ１：新品ワイヤの直径（ｍｍ）

ＤＷ２：ワイヤ径安定領域の直径（ｍｍ）

[0034] 第１のインゴットＭ１切断前のワイヤ７の破断荷重Ｆおよび直径ＤＷ１と、ワイヤ径安定領域Ｒ２の直径ＤＷ２とを考慮に入れた上記式（３）を用いることで、ワイヤ７の張力Ｔ２を、破断荷重を超えず、かつ、ワイヤ７が走行中にぶれない程度まで大きくすることができ、ワイヤ７の断線と、ウェーハ面内の厚さのばらつきが大きくなることとを抑制できる。

[0035] また、第２のウェーハ製造工程では、ワイヤ径安定領域Ｒ２の仕事量を設定する。この際、ワイヤ径安定領域Ｒ２の仕事量が、第１のインゴットＭ１切断時の仕事量以下になる条件で、第２のインゴットを切断することが好ま

しい。このようにすれば、切断中にワイヤ径安定領域Ｒ２が細くなりすぎ、ワイヤ７が断線してしまうことを抑制できる。

[0036] また、特に、第２のインゴットのサイズおよび切断条件が以下の式（４）を満たすことが好ましい。

Ａ２≦Ａ１×Ｘ２／Ｘ１ … （４）

Ａ２：１本の第２のインゴット切断総面積（ｍｍ^2）

（１本の第２のインゴットから得られる１枚のウェーハの面積×

（１本の第２のインゴットから得られるウェーハの枚数－１））

Ａ１：１本の第１のインゴット切断総面積（ｍｍ^2）

（１本の第１のインゴットから得られる１枚のウェーハの面積×

（１本の第１のインゴットから得られるウェーハの枚数－１））

Ｘ２：１つのワイヤ径安定領域の長さ（ｋｍ）

Ｘ１：１本の第１のインゴットの切断に用いたワイヤの長さ（ｋｍ）

[0037] ここで、第１のインゴット切断総面積Ａ１は、ワイヤ７における第１のインゴットＭ１の切断に用いた領域の総仕事量にほぼ比例する。また、第２のインゴット切断総面積Ａ２は、ワイヤ径安定領域Ｒ２の総仕事量にほぼ比例する。このように、第１のインゴット切断総面積Ａ１、第１のインゴットＭ１の切断工程で用いたワイヤ７の長さＸ１、ワイヤ径安定領域Ｒ２の長さＸ２を考慮に入れた上記式（４）を用いることで、第２のインゴット切断総面積Ａ２の最大許容値を求め、この最大許容値を超えない範囲で、第２のインゴットから得られるウェーハの枚数を多くしたり、面積を大きくしたりすることができ、製造効率を高めることができる。

例えば、上記式（４）を満たす範囲で第２のインゴット切断総面積Ａ２を設定する方法としては、第１のインゴットＭ１よりも直径が小さい第２のインゴット、第１のインゴットＭ１よりも短い第２のインゴット、第１のインゴットＭ１よりも直径が小さくかつ短い第２のインゴットを選択する方法などが例示できる。

[0038] １本のワイヤ７を用いて、長さが異なりかつ直径が同じ複数の第１のイン

ゴットＭ１を切断する場合は、前記のように、それらの中で最長のインゴットに適した切断条件で全ての第１のインゴットＭ１を順次切断することが好ましい。そして、この最長の第１のインゴットの切断総面積Ａ１（これは、複数のＡ１の中で最大となる）とワイヤ使用長さＸ１、ワイヤ径安定領域Ｒ２の長さＸ２より、第２のインゴット切断総面積Ａ２の最大許容値を求め、この最大許容値を超えない範囲で、複数の第２のインゴットを順次切断する。このようにすれば、断線の発生を抑制しつつ、第２のインゴットから得られるウェーハの枚数を多くしたり、面積を大きくしたりすることができ、製造効率を高めることができる。

[0039] その後、上記式（４）を考慮に入れたサイズの第２のインゴットを送り手段６に取り付ける。そして、ワイヤソー１は、ワイヤ７を第１のウェーハ製造工程での送り方向後端側、例えば、図２（Ｂ）に示すように、Ｌ１３の位置から送り始め、ワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いて第２のインゴットを切断する。

[0040] 具体的には、ワイヤソー１は、図２（Ｃ）に示すように、暖機工程Ｓ１１を行う。暖機工程Ｓ１１では、ワイヤ７が位置Ｌ１３から位置Ｌ１１まで送られるが、暖機工程Ｓ１１前後でワイヤ７の直径は変わらない。

[0041] 暖機工程Ｓ１１の後、ワイヤソー１は、ワイヤ７の走行速度、走行方向、張力、スラリーＧの供給状態を維持しながら第２のインゴットを切断し、複数のウェーハを製造する（切断工程Ｓ１２）。この切断工程Ｓ１２には、上述したように、位置Ｌ１１から位置Ｌ１０までのワイヤ径安定領域Ｒ２が用いられる。そして、ワイヤ径安定領域Ｒ２が切断工程Ｓ２時と同様に摩耗し、ワイヤ径減少領域と、ワイヤ径安定領域と、ワイヤ径増加領域とが形成される。

また、第２のインゴットの切断が終了すると、ワイヤソー１は、ワイヤ７を逆方向に走行させるとともに、送り手段６を上昇させることでワイヤ７を引き抜く。

[0042] 切断工程Ｓ１２の後、ワイヤソー１は、ワイヤ７を位置Ｌ１０から位置Ｌ

７まで送る送り工程Ｓ１３を行う。この送り工程Ｓ１３前後でワイヤ７の直径は変わらない。

[0043] この後、ワイヤソー１は、切断する第２のインゴットの本数に応じて、ワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いた切断工程Ｓ１２と、送り工程Ｓ１３とを繰り返し、第２のウェーハ製造工程が終了する。以上により、処理が図２（Ｃ）の右側の工程から左側の工程に流れる。

[0044] ［本発明の適用例］

〔適用例１〕

次に、直径３００ｍｍの第１のインゴットの切断に使用したワイヤを、直径２００ｍｍの第２のインゴットの切断に使用する場合について説明する。

図４（Ａ）に示す第１のウェーハ製造工程において、ワイヤを５００ｋｍ準備した。また、直径３００ｍｍ、長さ３００ｍｍの第１のインゴットＭ１１を準備した。

そして、図１に示すようなワイヤソーを用い、ワイヤの張力Ｔ１を破断荷重以下の２０Ｎに設定し、第１のインゴットＭ１１を切断ピッチ１ｍｍで切断することで、３００枚のウェーハを製造した。１本の第１のインゴットＭ１１の切断に１６０ｋｍのワイヤを使用し、１本のワイヤで、同じ大きさの第１のインゴットＭ１１を３本切断することができた。

第１のウェーハ製造工程終了後のワイヤ径安定領域Ｒ２は、図４（Ｂ）に示すように、１２０ｋｍであった。また、ワイヤ径安定領域Ｒ２の直径は、未摩耗領域Ｒ０の直径の９５％であった。

[0045] 次に、ワイヤを巻き取ったボビンを、別のワイヤソーにセットし直し、第２のウェーハ製造工程を行った。

まず、上記式（２），（３）に基づいて、ワイヤの張力Ｔ２を設定した。この際、安全係数Ｓｃ２をＳｃ１と同じ値にすると、式（３）の計算結果は、

$$T2 \leqq 18.05N\ (=20\times(95/100)^{2})$$

となったので、張力Ｔ２を１８Ｎに設定した。

[0046] また、上記式（４）に基づいて、切断可能な第２のインゴットの長さを求めた。式（４）の

Ａ１＝６７２７５００π（＝１５０^2×π×（３００－１））

Ｘ２＝１２０

Ｘ１＝１６０

であり、１本の第２のインゴットから得られるウェーハの枚数をＮｗとすると、

Ａ２＝１００^2×π×（Ｎｗ－１）

となる。これらの値を式（４）に代入すると、

Ｎｗ≦５０５．５６２５

となる。

[0047] したがって、切断ピッチを１ｍｍにすると、１２０ｋｍのワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いて、直径２００ｍｍ、長さ５０５ｍｍ以下の第２のインゴットを切断することができる。

以上のことから、図４（Ｃ）に示すように、ワイヤの張力Ｔ２を１８Ｎに設定し、３箇所のワイヤ径安定領域Ｒ２のそれぞれにおいて、長さ５０５ｍｍ以下の第２のインゴットＭ１２１を１本ずつ、合計３本切断することができる。

また、図４（Ｄ）に示すように、張力Ｔ２を１８Ｎに設定し、各ワイヤ径安定領域Ｒ２のそれぞれにおいて、長さ２５２ｍｍ以下の第２のインゴットＭ１２２を２本ずつ、合計６本切断することができる。

[0048] 〔適用例２〕

次に、適用例１の第１のウェーハ製造工程で得られたワイヤを、直径１５０ｍｍの第２のインゴットの切断に使用する場合について説明する。

図５（Ａ）に示すように、図４（Ｂ）と同じ形状のワイヤを巻き取ったボビンを、別のワイヤソーにセットし直し、第２のウェーハ製造工程を行った。

まず、ワイヤの張力Ｔ２を、適用例１と同じ１８Ｎに設定した。

また、上記式（４）に基づいて、切断可能な第２のインゴットの長さを求めた。式（４）のＡ１、Ｘ２、Ｘ１は、それぞれ適用例１と同じ６７２７５００π、１２０、１６０であり、１本の第２のインゴットから得られるウェーハの枚数をＮｗとすると、

$$A2 = 75^2 \times \pi \times (Nw - 1)$$

となる。これらの値を式（４）に代入すると、

$$Nw \leqq 898$$

となる。

[0049] したがって、切断ピッチを１ｍｍにすると、１２０ｋｍのワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いて、直径１５０ｍｍ、長さ８９８ｍｍ以下の第２のインゴットを切断することができる。

以上のことから、図５（Ｂ）に示すように、ワイヤの張力Ｔ２を１８Ｎに設定し、３箇所のワイヤ径安定領域Ｒ２のそれぞれにおいて、長さ４４９ｍｍ以下の第２のインゴットＭ１２３を２本ずつ、合計６本切断することができる。

また、図５（Ｃ）に示すように、張力Ｔ２を１８Ｎに設定し、各ワイヤ径安定領域Ｒ２のそれぞれにおいて、長さ２９９ｍｍ以下の第２のインゴットＭ１２４を３本ずつ、合計９本切断することができる。

[0050] ［実施形態の作用効果］

上述したように、第１のインゴットＭ１切断後のワイヤ７のうち、ワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いて第２のインゴットを切断するため、第２のインゴットから得られるウェーハ面内の厚さのばらつきを抑制できる。また、第１のインゴットＭ１の切断に用いられたワイヤ７を第２のインゴットの切断にも用いるため、ワイヤ７の使用量も抑制できる。

[0051] 第１のウェーハ製造工程において、同じ直径の複数の第１のインゴットＭ１を、同じ切断条件で順次切断するため、第１のウェーハ製造工程後におけるワイヤ径減少領域Ｒ１、ワイヤ径安定領域Ｒ２およびワイヤ径増加領域Ｒ３の位置を容易に把握することができる。したがって、第２のウェーハ製造

工程で利用するワイヤ径安定領域Ｒ２を容易に特定でき、製造効率を高めることができる。

[0052] ［変形例］

なお、本発明は上記実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の改良ならびに設計の変更などが可能であり、その他、本発明の実施の際の具体的な手順、及び構造などは本発明の目的を達成できる範囲で他の構造などとしてもよい。

[0053] 例えば、ワイヤ径安定領域Ｒ２の破断荷重以下であれば、第２のインゴット切断時の張力Ｔ２を第１のインゴット切断時の張力Ｔ１より大きくしてもよい。

第２のインゴット切断時の張力Ｔ２を、式（３）に基づき設定せずに、ワイヤ径安定領域Ｒ２の破断荷重以下のデフォルト値に設定してもよい。

第２のインゴット切断時にワイヤ７が断線しない条件であれば、ワイヤ径安定領域Ｒ２の仕事量が第１のインゴットＭ１切断時の仕事量より大きい条件で、第２のインゴットを切断してもよい。

第２のインゴット切断総面積Ａ２を、式（４）に基づき設定せずに、第２のインゴット切断時にワイヤ７が断線しないようなデフォルト値に設定してもよい。

第１のウェーハ製造工程において、第１のインゴットＭ１の直径および切断条件のうち少なくとも一方を異ならせて、複数の第１のインゴットＭ１を切断してもよく、この場合、第１のウェーハ製造工程中やその後にワイヤ径安定領域Ｒ２を特定する処理を行えばよい。

[0054] １本のワイヤ７を用いて切断する第１のインゴットＭ１の本数は、２本以下であってもよいし、４本以上であってもよい。

１箇所のワイヤ径安定領域Ｒ２で複数の第２のインゴットを切断する場合、第２のインゴットの長さは、合計長さがワイヤ径安定領域Ｒ２の長さ以下となる範囲で異なっていてもよく、この場合、第２のインゴットの直径は同じでもよいし、異なっていてもよい。

第１のウェーハ製造工程と第２のウェーハ製造工程とで違うワイヤソー１を用いたが、同じものを用いてもよく、この場合、第１のウェーハ製造工程後、ワイヤ７を逆方向（他方向Ｅ２）に走行させながら第２のウェーハ製造工程を行ってもよいし、他方向Ｅ２に走行させて一度巻き戻し、一方向Ｅ１に走行させながら第２のウェーハ製造工程を行ってもよい。

実施例

[0055] 次に、本発明を実施例により更に詳細に説明するが、本発明はこれらの例によってなんら限定されるものではない。

[0056] ［ウェーハの製造方法と断線発生率およびウェーハの品質との関係］

〔ウェーハの製造方法〕

｛実施例１｝

まず、新品のワイヤを５００ｋｍ準備した。そして、上記適用例１と同様に、破断荷重以下の２０Ｎの張力Ｔ１で直径３００ｍｍ、長さ３００ｍｍの第１のインゴットを切断し、３００枚のウェーハを製造する第１のウェーハ製造工程を行った。この第１のウェーハ製造工程により、長さが１２０ｋｍのワイヤ径安定領域Ｒ２を有するワイヤを得た。なお、１本の第１のインゴットの切断に用いたワイヤは、１６０ｋｍであった。また、１本のワイヤで３本の第１のインゴットを切断したため、３箇所のワイヤ径安定領域Ｒ２が形成された。

[0057] 次に、直径２００ｍｍ、長さが上記式（４）を満たす４５０ｍｍの第２のインゴットを準備した。また、以下の表１に示すように、張力Ｔ２を上記式（２），（３）を満たす１８Ｎに設定した。そして、１２０ｋｍのワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いて第２のインゴットを切断し、４５０枚のウェーハを製造する第２のウェーハ製造工程を行った。

[0058]

[表1]

	使用ワイヤ	切断使用領域	切断使用長さ	ワイヤ張力	断線発生率（比較例1を1）	ウェーハの反り（比較例1を1）	ウェーハ面内厚さのばらつき（比較例1を1）
比較例1	新品	新品全域（使用領域を選択せず）	65km	20N	1	1	1
比較例2	再利用品	新品使用時と同じ（使用領域を選択せず）	65km	20N	3.0以上6.0未満	1.1以上1.4未満	1.1以上1.6未満
実施例1	再利用品	ワイヤ径減少領域のみ	120km	18N	1以上1.1未満	1以上1.1未満	1以上1.1未満

[0059] {比較例１}

まず、新品のワイヤ５００ｋｍと、実施例１の第２のウェーハ製造工程と同様のインゴットとを準備した。新品ワイヤに摩耗は無く、直径は全域に渡り均一であるため、使用領域の選択をせずに、全域を使用した。そして、表１に示すように、張力を破断荷重以下の２０Ｎに設定し、通常、新品ワイヤに適用する条件でインゴットを切断し、４５０枚のウェーハを製造した。なお、インゴットの切断に用いたワイヤは、６５ｋｍであった。また、１本のワイヤで７本のインゴットを切断した。

[0060] {比較例２}

まず、実施例１の第１のウェーハ製造工程を行うことで得られたワイヤを準備した。

そして、表１に示すように、この得られたワイヤを用いたこと以外は、比較例１と同様の条件、すなわち通常は新品ワイヤに適用する条件で第２のウェーハ製造工程を行った。つまり、切断使用領域を選択せずに、ワイヤ径安定領域Ｒ２に加えて、ワイヤ径減少領域Ｒ１またはワイヤ径増加領域Ｒ３を用いて第２のウェーハ製造工程を行った。なお、比較例１と同じく、第２のインゴット１本から製造されたウェーハは４５０枚、切断に用いたワイヤは６５ｋｍ、１本のワイヤで切断されたインゴットは７本であった。

[0061] 〔評価〕

通常、２００ｍｍのインゴットは新品の２００ｍｍワイヤを用いて切断されるため、評価は、比較例１を基準にして行った。

なお、実施例１および比較例１，２に関し、それぞれ１０本のワイヤを使用した結果を評価した。

[0062] {断線発生率}

比較例１の断線発生率は、運転の途中停止による設備稼働ロス、復旧に要する作業者の工数ロス、メインローラなど副資材にダメージがあった場合の資材ロスなどの観点から、問題ないレベルであった。

表１に示すように、比較例１の断線発生率を１とした場合、比較例２では３．０以上６．０未満であったのに対し、実施例１では１以上１．１未満であった。

これは、比較例２では、第２のインゴットの切断にワイヤ径の細いワイヤ径安定領域Ｒ２を用いているにもかかわらず、張力Ｔ２を新品のワイヤ使用時と同様の２０Ｎ、すなわち、上記式（２），（３）を満たす値１８Ｎより大きく設定しているため、また、ワイヤの使用長さＸ２を新品のワイヤ使用時と同様の６５ｋｍ、すなわち上記式（４）を満たす値１２０ｋｍより短く設定することによりワイヤの摩耗量が大きくなるため、ワイヤ径安定領域Ｒ２で断線しやすく、断線発生率が比較例１の３．０倍以上６．０倍未満になったと考えられる。

一方、実施例１では、第２のインゴットの切断にワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用いるが、張力Ｔ２を上記式（２），（３）を満たす１８Ｎに設定しているため、また、ワイヤの使用長さＸ２を上記式（４）を満たす１２０ｋｍに設定しているため、ワイヤ径安定領域Ｒ２でも断線しにくく、断線発生率が比較例１の１倍以上１．１倍未満になったと考えられる。

[0063] {ウェーハの品質}

実施例１、比較例１，２で得られたそれぞれ１３５００枚、３１５００枚、３１５００枚（ただし、断線による切断不良でウェーハとならなかった分を除く）のウェーハのＷａｒｐとＧＢＩＲ（Global flatness back reference ideal range）を測定し、それらの値をそれぞれウェーハの反り、ウェーハ面内厚さのばらつきとして評価した。

表１に示すように、比較例１のＷａｒｐの測定値を１とした場合、比較例２では１．１以上１．４未満であったのに対し、実施例１では１以上１．１未満であった。また、比較例１のＧＢＩＲの測定値を１とした場合、比較例２では１．１以上１．６未満であったのに対し、実施例１では１以上１．１未満であった。

これは、比較例２では、第２のインゴットの切断にワイヤ径安定領域Ｒ２に加えて、ワイヤ径減少領域Ｒ１またはワイヤ径増加領域Ｒ３も用いられ、ワイヤ直径が異なる領域で１枚のウェーハが切断されるため、ウェーハの反りおよび面内厚さのばらつきが悪いレベルになったと考えられる。

一方、実施例１では、第２のインゴットの切断にワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用い、ワイヤ直径が同じ領域で１枚のウェーハが切断されるため、ウェーハの反りおよび面内厚さのばらつきが問題ないレベルになったと考えられる。

[0064] 以上のことから、第１のインゴットの切断に用いられた領域のうちワイヤ径安定領域Ｒ２のみを用い、上記式（２），（３）を満たす張力と、上記式（４）を満たすワイヤ使用長さで第２のインゴットを切断することで、新品のワイヤを用いた場合と同水準の品質を有するウェーハを、同水準のワイヤの断線発生率で製造できることが確認できた。

符号の説明

[0065] １…ワイヤソー、７…ワイヤ、Ｍ１，Ｍ１１…第１の単結晶インゴット、Ｍ１２１，Ｍ１２２，Ｍ１２３，Ｍ１２４…第２の単結晶インゴット、Ｒ２…ワイヤ径安定領域。

請求の範囲

[請求項1] ワイヤソーを用いた単結晶インゴットの切断によりウェーハを製造するウェーハの製造方法であって、

前記ワイヤソーのワイヤにおける第１の単結晶インゴットの切断に用いられた領域のうち、摩耗量が最大値で安定し直径が最小値で一定となるワイヤ径安定領域のみを用いて、第２の単結晶インゴットを切断することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項2] 請求項１に記載のウェーハの製造方法において、

前記ワイヤ径安定領域の張力が前記第１の単結晶インゴット切断時の張力よりも小さい条件で、前記第２の単結晶インゴットを切断することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項3] 請求項２に記載のウェーハの製造方法において、

前記第１の単結晶インゴット切断前の前記ワイヤの破断荷重および直径と、前記ワイヤ径安定領域の直径とに基づいて、前記ワイヤ径安定領域の張力を設定することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項4] 請求項１から請求項３のいずれか一項に記載のウェーハの製造方法において、

前記ワイヤ径安定領域の単位長さあたりの仕事量が前記第１の単結晶インゴット切断時の単位長さあたりの仕事量以下になる条件で、前記第２の単結晶インゴットを切断することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項5] 請求項４に記載のウェーハの製造方法において、

前記ワイヤにおける前記第１の単結晶インゴットの切断に用いた領域の総仕事量および当該領域の長さと、前記ワイヤ径安定領域の長さとに基づいて、前記ワイヤ径安定領域の総仕事量を設定することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項6] 請求項５に記載のウェーハの製造方法において、

前記第１の単結晶インゴットよりも直径が小さい前記第２の単結晶

インゴットを切断することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項7] 請求項５または請求項６に記載のウェーハの製造方法において、

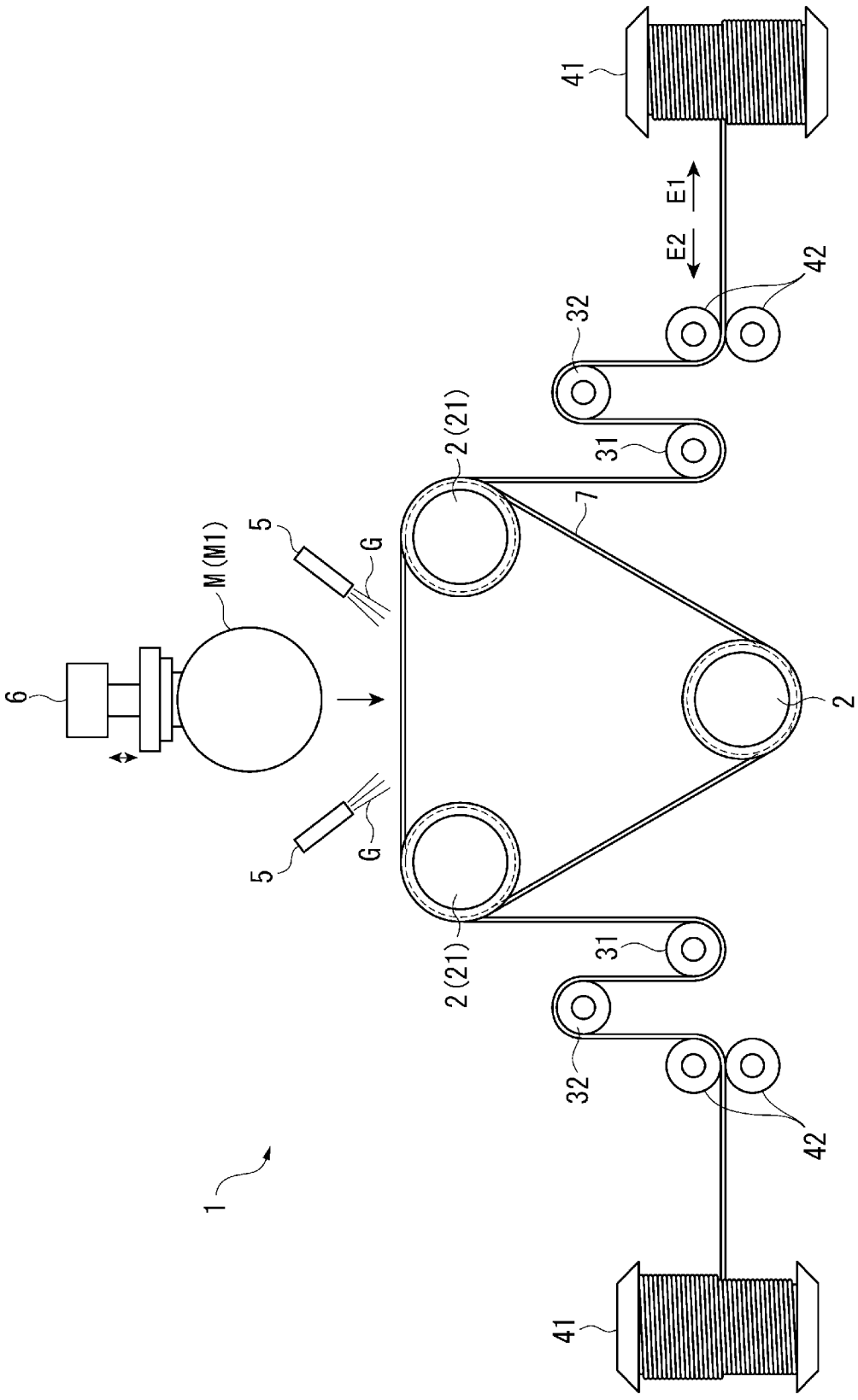
前記第１の単結晶インゴットよりも短い前記第２の単結晶インゴットを切断することを特徴とするウェーハの製造方法。

[請求項8] 請求項１から請求項７のいずれか一項に記載のウェーハの製造方法において、

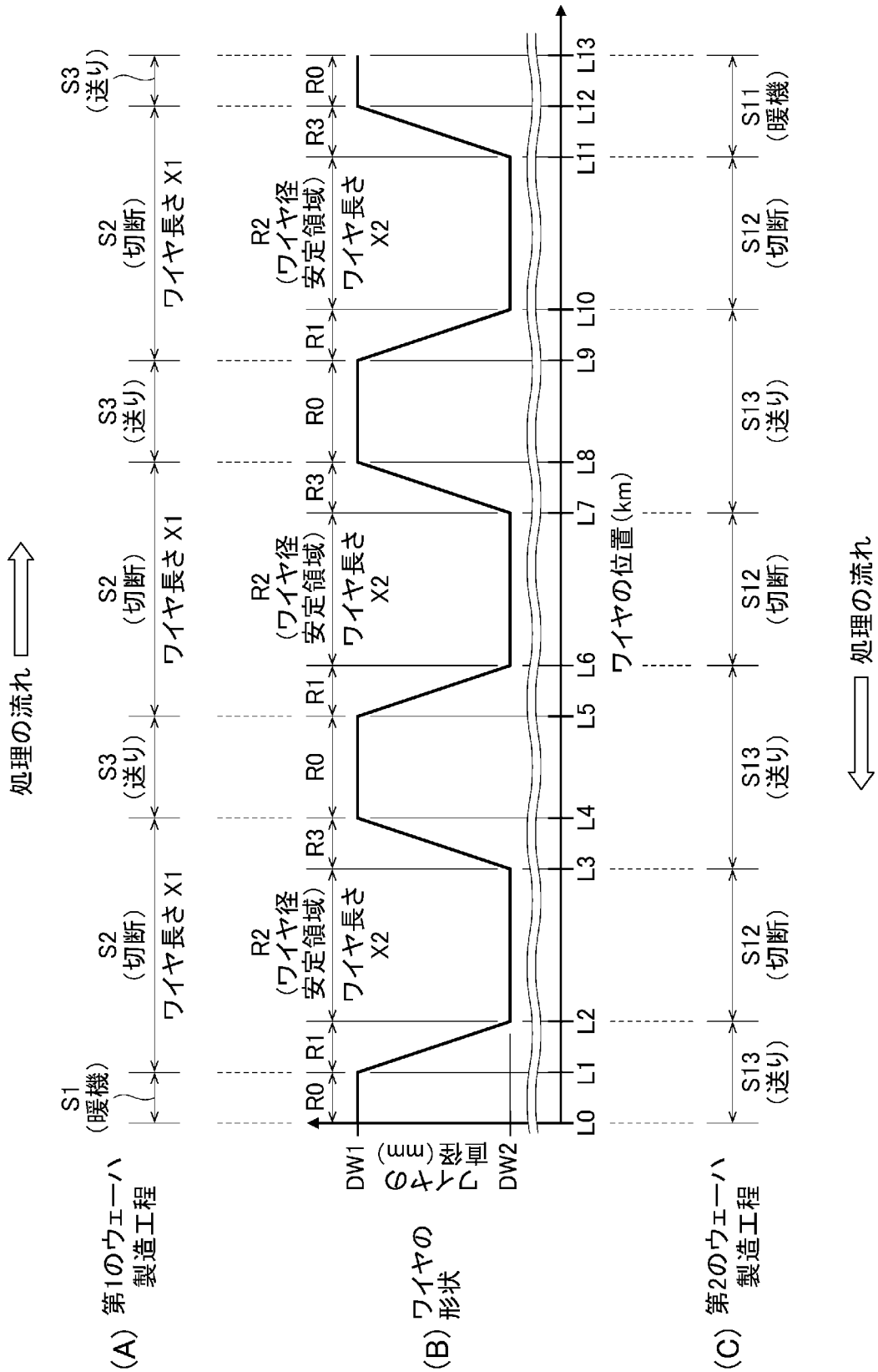
同じ直径の複数の前記第１の単結晶インゴットを、同じ切断条件で順次切断する工程と、

前記ワイヤ径安定領域のみを用いて、複数の前記第２の単結晶インゴットを順次切断する工程とを実施することを特徴とするウェーハの製造方法。

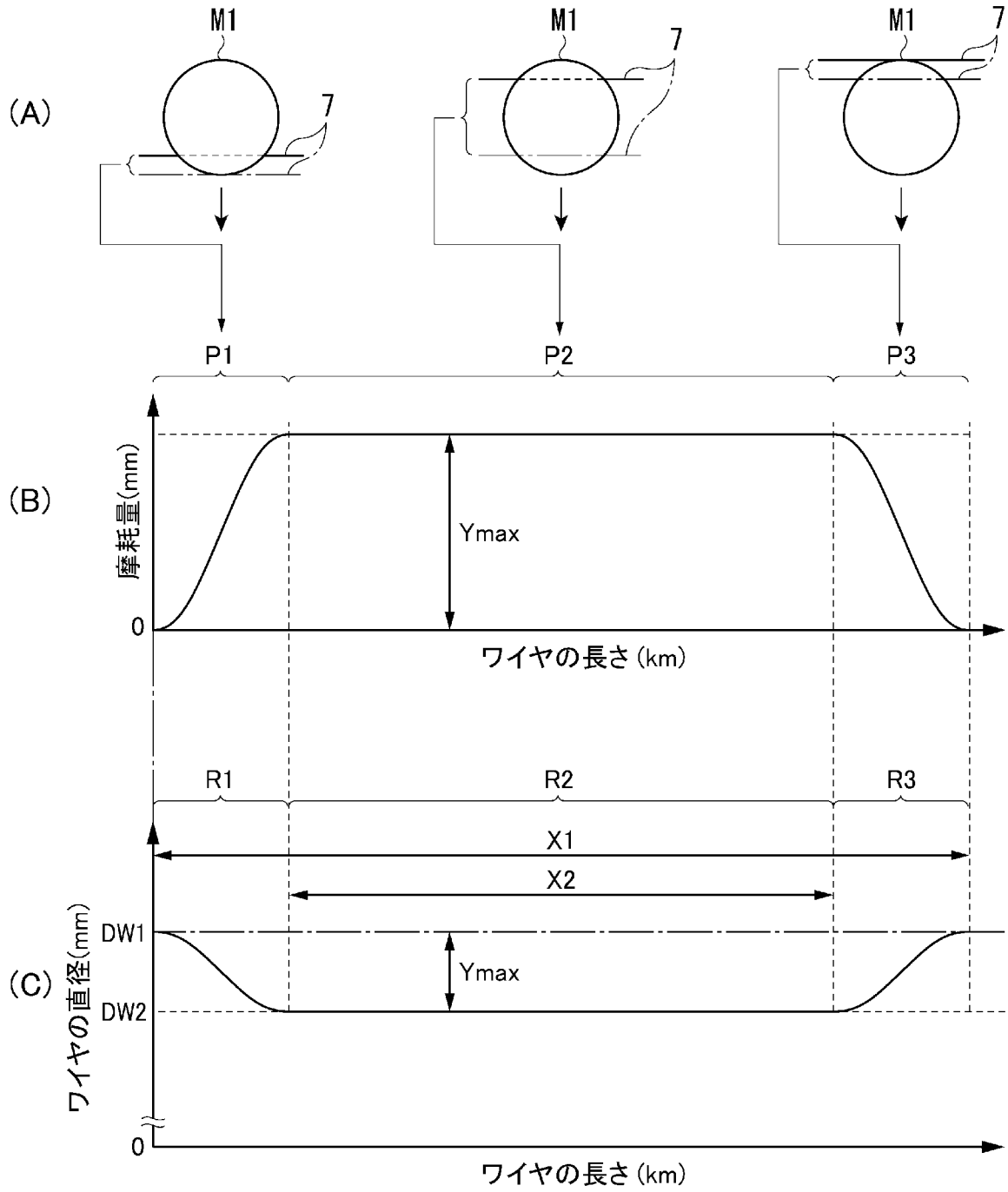
[図1]



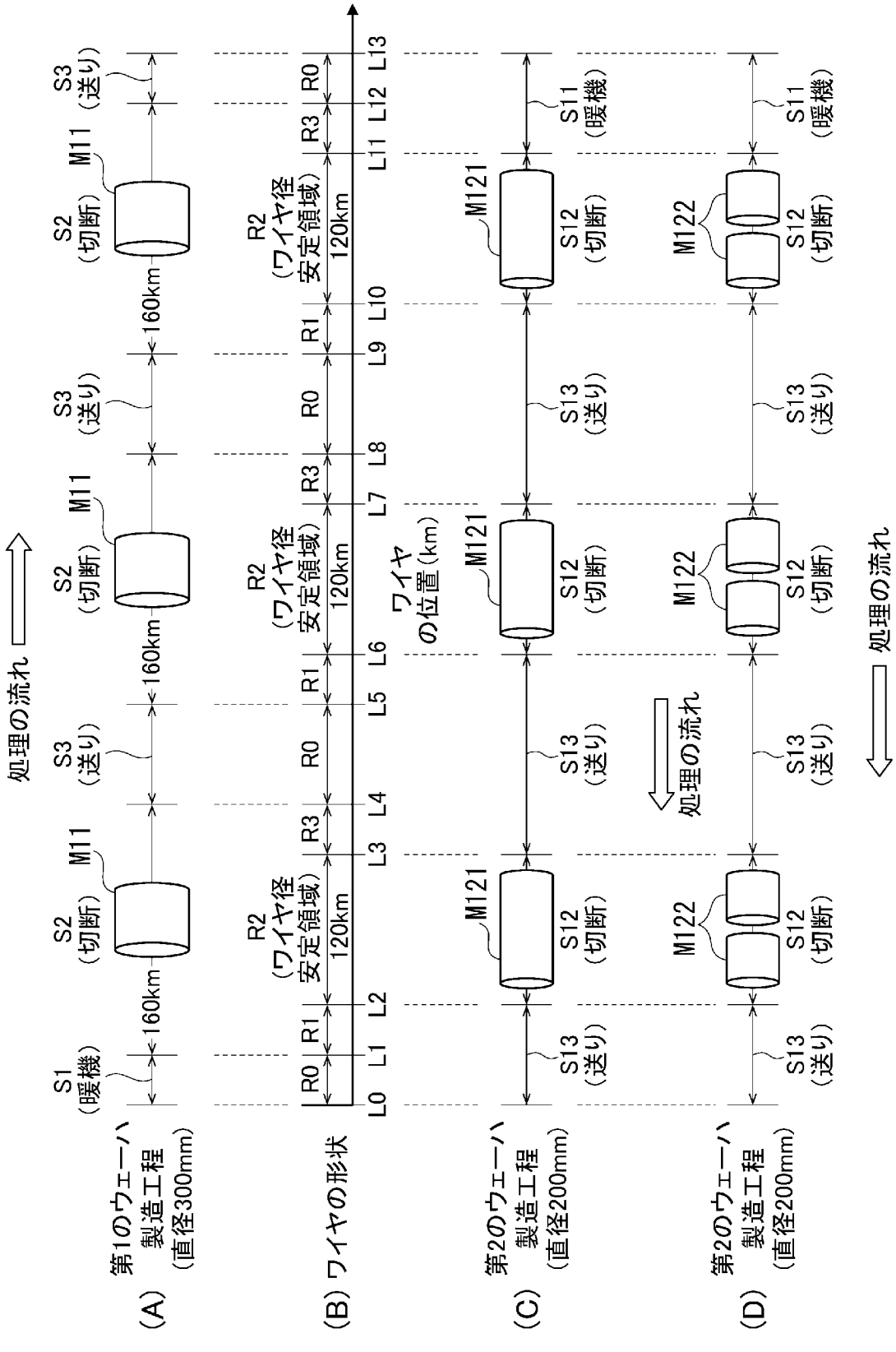
[図2]


処理の流れ
(A) 第1のウェーハ 製造工程
S1 (暖機)
S2 (切断)
ワイヤ長さ X1
S3 (送り)
S2 (切断)
ワイヤ長さ X1
S3 (送り)
S2 (切断)
ワイヤ長さ X1
S3 (送り)
R0
R1
R2 (ワイヤ径安定領域)
ワイヤ長さ X2
R3
R0
R1
R2 (ワイヤ径安定領域)
ワイヤ長さ X2
R3
R0
R1
R2 (ワイヤ径安定領域)
ワイヤ長さ X2
R3
R0
(B) ワイヤの形状
ワイヤの直径(mm)
DW1
DW2
L0 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 L11 L12 L13
ワイヤの位置(km)
(C) 第2のウェーハ 製造工程
S13 (送り)
S12 (切断)
S13 (送り)
S12 (切断)
S13 (送り)
S12 (切断)
S11 (暖機)
処理の流れ

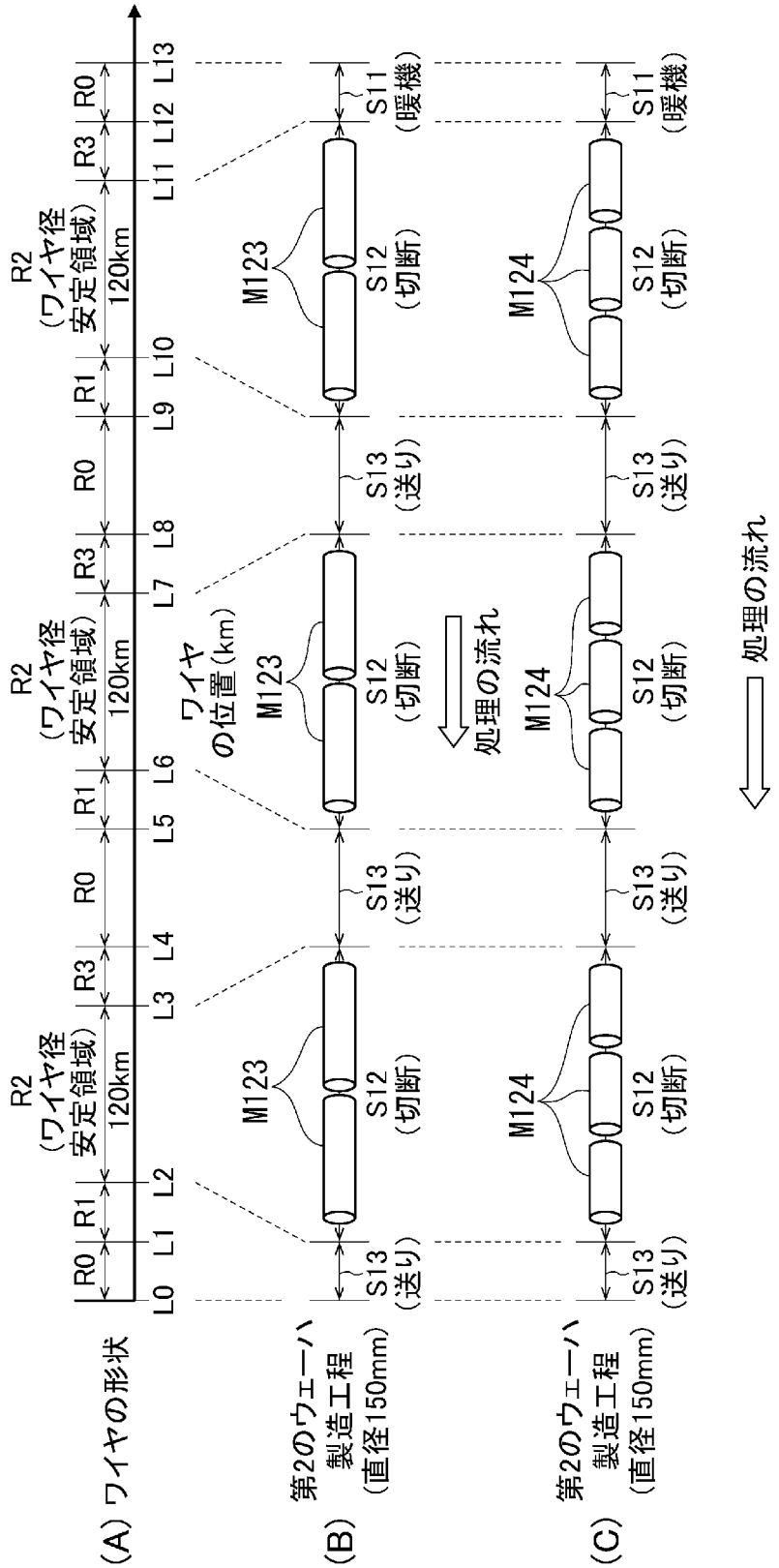
[図3]


(A)
M1
7
M1
7
M1
7
P1
P2
P3
(B)
摩耗量(mm)
Ymax
0
ワイヤの長さ(km)
R1
R2
R3
X1
X2
(C)
ワイヤの直径(mm)
DW1
DW2
Ymax
0
ワイヤの長さ(km)

[図4]


処理の流れ
(A) 第1のウェーハ 製造工程 (直径300mm)
S1 (暖機)
S2 (切断)
M11
S3 (送り)
160km
(B) ワイヤの形状
R2 (ワイヤ径安定領域) 120km
R0
R1
R3
L0 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 L11 L12 L13
ワイヤの位置(km)
(C) 第2のウェーハ 製造工程 (直径200mm)
M121
S11 (暖機)
S12 (切断)
S13 (送り)
処理の流れ
(D) 第2のウェーハ 製造工程 (直径200mm)
M122
処理の流れ

[図5]


(A) ワイヤの形状
(B) 第2のウェーハ 製造工程 (直径150mm)
(C) 第2のウェーハ 製造工程 (直径150mm)
L0 L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 L9 L10 L11 L12 L13
R0 R1 R3 R0 R1 R3 R0 R1 R3 R0
R2 (ワイヤ径 安定領域) 120km
R2 (ワイヤ径 安定領域) 120km
R2 (ワイヤ径 安定領域) 120km
ワイヤの位置(km)
M123
M124
S11 (暖機)
S12 (切断)
S13 (送り)
処理の流れ
処理の流れ

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/086451

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B24B27/06(2006.01)i, *B28D5/04*(2006.01)i, *H01L21/304*(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)
B24B27/06, B28D5/04, H01L21/304

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-106322 A (Sumco Techxiv Corp.), 07 June 2012 (07.06.2012), entire text (Family: none)	1-8
A	JP 9-262827 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 07 October 1997 (07.10.1997), entire text & US 5931147 A & EP 798090 A2	1-8
A	JP 2015-100853 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 04 June 2015 (04.06.2015), entire text & US 2016/0250776 A1	1-8

☒ 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	Date of mailing of the international search report
03 March 2017 (03.03.17)	14 March 2017 (14.03.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/086451

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-54822 A (SUMCO Corp.), 17 March 2011 (17.03.2011), entire text (Family: none)	1-8

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０８６４５１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B24B27/06(2006.01)i, B28D5/04(2006.01)i, H01L21/304(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.　B24B27/06, B28D5/04, H01L21/304

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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）

DWPI (Thomson Innovation)

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
A	JP 2012-106322 A (ＳＵＭＣＯ　ＴＥＣＨＸＩＶ株式会社) 2012.06.07, 全文（ファミリーなし）	1-8
A	JP 9-262827 A (信越半導体株式会社) 1997.10.07, 全文 & US 5931147 A & EP 798090 A2	1-8
A	JP 2015-100853 A (信越半導体株式会社) 2015.06.04, 全文 & US 2016/0250776 A1	1-8

☑　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 ０３．０３．２０１７	国際調査報告の発送日 １４．０３．２０１７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　３Ｃ　３７１４ 須中　栄治 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２２

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
A	JP 2011-54822 A（株式会社ＳＵＭＣＯ）2011.03.17，全文（ファミリーなし）	1-8