

(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
2015年8月27日(27.08.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/125366 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/304 (2006.01) B28D 5/04 (2006.01)
B24B 27/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/080632
- (22) 国際出願日: 2014年11月19日(19.11.2014)
- (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 2014-030719 2014年2月20日(20.02.2014) 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: 神野 清治 (KAMINO Kiyoharu); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP). 中島 亮 (NAKASHIMA Akira); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内 Tokyo (JP).

又川 敏(MATAGAWA Satoshi); 〒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2番13号 荻窪TMビル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, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: SILICON WAFER MANUFACTURING METHOD AND SILICON WAFER

(54) 発明の名称: シリコンウェーハの製造方法およびシリコンウェーハ

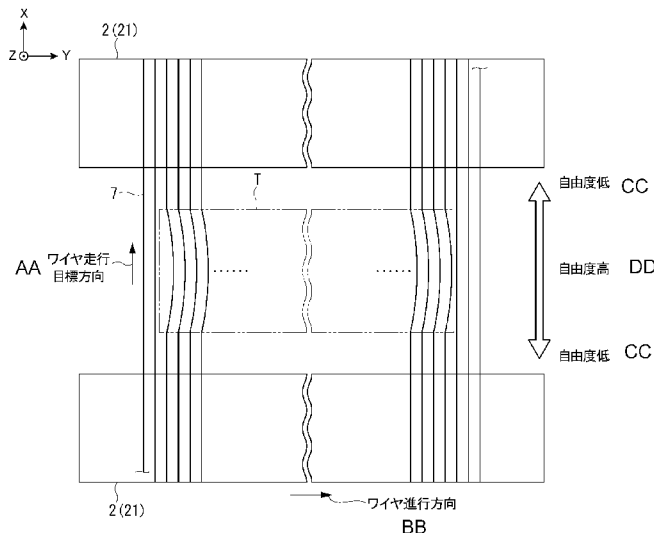


FIG. 4A:
AA Wire traveling target direction
BB Wire advancing direction
CC Low degree of freedom
DD High degree of freedom

(57) Abstract: A silicon wafer manufacturing method comprising: a wire traveling step for rotating a plurality of main rollers around which a corrugated wire (7) is helically wound to cause the corrugated wire (7) to travel in a direction approximately orthogonal to the axial direction of the main rollers; and a cutting step for cutting an ingot (T) by pressing the ingot (T) against the corrugated wire (7) to manufacture a plurality of silicon wafers warped into a dome shape with the central part thereof recessed in one direction with respect to the outer edge thereof.

(57) 要約: 波状ワイヤ(7)が螺旋状に巻き付けられた複数のメインローラを回転させることで、波状ワイヤ(7)をメインローラの軸方向と略直交する方向に走行させるワイヤ走行工程と、波状ワイヤ(7)にインゴット(T)を押し当てることでインゴット(T)を切断し、外縁部に対して中央部が一方に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハを製造する切断工程とを行う。

WO 2015/125366 A1



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, 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：

シリコンウェーハの製造方法およびシリコンウェーハ

技術分野

[0001] 本発明は、シリコンウェーハの製造方法およびシリコンウェーハに関する。

背景技術

[0002] シリコン単結晶インゴットを切り出して得られるシリコンウェーハ上に、エピタキシャル膜を成長させたエピタキシャルシリコンウェーハが知られている。

エピタキシャルシリコンウェーハでは、シリコンウェーハにおける抵抗値と、エピタキシャル膜における抵抗値とが異なる場合、反りが発生することが知られている。この原因は、シリコンウェーハとエピタキシャル膜との格子定数のミスフィット (m i s f i t) による弾性変形が生じるため、と考えられている。通常、この反りが大きくなると、デバイス製造工程におけるマスク合わせや、真空チャックによる保持等が困難となる不具合がある。

[0003] このような不具合を解消するために、シリコンウェーハの反り形状の凹凸を識別し、その表面にエピタキシャル膜を形成した場合に生じる反り方向を予測して、表面が凹んだシリコンウェーハの表面上に、エピタキシャル膜を成長させるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

さらに、シリコンウェーハの研磨工程または研削工程において、シリコンウェーハの反り方向を故意に凹形状へ制御して、お椀状（ドーム状）にすることによりエピタキシャルシリコンウェーハの平坦度を向上させるエピタキシャルシリコンウェーハの製造方法が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

[0004] ところで、半導体ウェーハの製造過程には、半導体ブロックをスライス加

工することによりウェーハとする工程がある。この工程では、一般的に、ワイヤを用いたワイヤソーが用いられている。ワイヤソーは、複数のメインローラの間にワイヤを多重に巻き掛け、走行状態のワイヤに半導体などの被切削物（以降ワーク）を押し当てることによって、ワークを所定の厚みの多数の板状体に切断する。

[0005] ワイヤソーによるスライス方法には、遊離砥粒方式がある。油性または水溶性のオイル等にGC（緑色炭化珪素）等の砥粒を混合したスラリーを切断部位に供給しながら、表面をブラスめっきした鉄鋼製ワイヤでスライスする方法である。

[0006] ワイヤソーでは、得られるウェーハの形状を制御するための制御パラメータが多項目存在する。代表的なものとしては、スラリー（またはクーラント）を加工部へ供給する流量（スラリー流量）や、シリコンなどのワークを走行状態のワイヤへ押し当てる速度（フィード速度）などである。

[0007] ところで、一般的に、ワイヤソーによる切断で得られるシリコンウェーハの形状は、当該シリコンウェーハの熱膨張収縮により、任意の方向に反る傾向にある。このような反りの方向を統一するためには、冷却等により熱変動を制御することで熱膨張収縮による影響を排除することが考えられるが、熱変動の要因が不特定多数存在し、完全な制御が困難である。そこで、反りの方向を統一するための他の方法が検討されている（例えば、特許文献3参照）。

この特許文献3では、互いに所定間隔をおいて配置された複数のメインローラ間にワイヤを巻回させたワイヤソーを用い、所望の反りを有するシリコンウェーハを得るシリコンウェーハの製造方法が提案されている。この製造方法では、インゴットを切断している間にそれぞれのメインローラを軸方向に変位させている。このメインローラの変位により、インゴットを切断しているワイヤがメインローラとともにインゴットの軸方向に移動し、切断後に得られるシリコンウェーハの表面に、そのワイヤの移動量に応じた所望の反りが形成される。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開平6－112120号公報

特許文献2：特開2008－140856号公報

特許文献3：特開平8－323741号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献1，2に記載のような構成では、インゴットからシリコンウェーハを得た後に、反り方向を予測する工程や、反り方向を故意に凹形状へ制御する工程といった、従来設けられていない工程が必要となるという問題点がある。また、特許文献3に記載のような構成では、インゴットの切断中にメインローラを軸方向に変位させる必要があり、ワイヤソーの制御が複雑になるという問題点がある。

[0010] 本発明の目的は、外縁部に対して中央部が一方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハを得ることが可能なシリコンウェーハの製造方法およびシリコンウェーハを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者は、鋭意研究を重ねた結果、ワイヤソーのワイヤとして、波状に癖付けされたワイヤを用いることで、中央部が一方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハが得られる可能性があることに着目した。そこで、本発明者は、以下の実験を行った。

[0012] [波状に癖付けされたワイヤ（波状ワイヤ）について]

まず、波状ワイヤの構成について説明する。

図1Aに示すように、波状ワイヤ7は、通常の直線状のワイヤに用いる線材71を螺旋状に癖付けすることで形成されている。なお、線材71の直径としては、0.12mm～0.16mmが例示できる。また、線材71の材質としては、ブラスメッキ炭素鋼が例示できる。

波状ワイヤ7は、その長手方向と直交する方向から見ると、波状（略正弦波状）に癖付けされている。癖付けのピッチP（図1Aにおける互いに隣り合う最高点72の間隔）は、2.5mm～5.0mmであることが好ましい。また、癖付けの変位D（（図1Aにおける最高点72と最低点73と距離d1）－（線材71の線径d2））は、6μm～12μmであることが好ましい。

[0013] 次に、波状ワイヤの利点について説明する。

図1Bに示すように、波状ワイヤ7では、インゴットTを切断するとき、隣り合う最高点72の間や、隣り合う最低点73の間に砥粒G1が入り込んだ状態で走行することが可能であるため、走行方向の前方側（ワイヤ抜け側）にも砥粒G1が十分に供給され、当該前方側の切削性が後方側（ワイヤ入り側）の切削性と同じように良くなると推定できる。

これに対し、図1Cに示すように、通常の直線状のワイヤ9では、波状ワイヤ7のように砥粒G1が入り込む部分がないため、走行方向の前方側に砥粒G1が十分に供給されず、当該前方側の切削性が後方側の切削性より悪くなると推定できる。

[0014] [ワイヤソーの構成]

次に、ワイヤソーの構成について説明する。

なお、以下において、図2の手前方向から観た場合を基準とし、方向を示した場合、「上」が＋Z方向で「下（重力方向）」が－Z方向、「左」が＋X方向で「右」が－X方向、「前」が－Y方向であって紙面に直交する手前方向で「後」が＋Y方向であって奥方向とする。

図2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（前後方向）に沿って螺旋状に波状ワイヤ7が巻き付けられている。波状ワイヤ7の両端側には、それぞれ1個ずつのガイドローラ3を介して波状ワイヤ7を送り出したり巻き取ったりするワイヤリール41，42が設けられている。また、各ガイドローラ3

とワイヤリール４１，４２との間には、それぞれトラバーサー４３，４４が設けられている。トラバーサー４３，４４は、波状ワイヤ７の送り位置、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状の砥液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、インゴットＴを保持して昇降させる送り手段６が設けられている。

[0015] そして、ワイヤソー１は、複数のメインローラ２を回転させることで、波状ワイヤ７をメインローラ２の軸方向と略直交する方向（左右方向（以下、ワイヤ走行方向と称す））に走行させ、２個の上側メインローラ２１間に砥液Ｇを供給しつつ、インゴットＴを下降させて走行中の波状ワイヤ７に押し当てることで、インゴットＴを切断して複数のシリコンウェーハを製造する。

ここで、通常、シリコンウェーハを反らせないために、インゴットＴを波状ワイヤ７に対して重力方向に直線的に下降させる。このため、外部の影響を受けない場合のインゴットＴの切断方向（以下、切断目標方向と称す）は、重力方向と反対方向となる。また、シリコンウェーハを反らせないために、波状ワイヤ７をインゴットＴの軸方向に対して略直交する方向に直線的に走行させる。このため、外部の影響を受けない場合の波状ワイヤ７の走行方向（以下、ワイヤ走行目標方向と称す）は、直線的になる。

[0016] [実験１]

まず、以下のような仮説に基づく実験１を行った。

[0017] {仮説}

図２に示すワイヤソー１において、波状ワイヤ７を前から後ろに向けて、かつ、前から見て左巻きの螺旋状に巻き付けた場合を考える。このような状態で、波状ワイヤ７が上側メインローラ２１間を左方向に走行するように、トラバーサー４３，４４を駆動するとともに、３個のメインローラ２とワイヤリール４１，４２とを回転させると、波状ワイヤ７は、メインローラ２と平

行な一方向に進行する（以下、このときの進行方向（図2に示す場合にあっては後ろに向かう方向）を、ワイヤ進行方向と称す）。

なお、波状ワイヤ7が一方向に進行するとは、例えば、波状ワイヤ7をワイヤリール42からワイヤリール41に一方向的に送り出す態様だけでなく、ワイヤリール42から送り出してワイヤリール41で巻き取る波状ワイヤ7の長さが、ワイヤリール41から送り出してワイヤリール42で巻き取る波状ワイヤ7の長さより長くなるように、波状ワイヤ7を往復に走行させて、波状ワイヤ7を一方向に進行させる態様も含む。

[0018] そして、インゴットTを下降させると、波状ワイヤ7が図3Aに実線および破線で示す下部から、二点鎖線で示す上部に相対的に移動し、インゴットTが下から上に向けて切断される。

この切断の際、ワイヤ進行方向が図2における後ろ方向であって、波状ワイヤ7が上側メインローラ21間で左方向に走行する場合、波状ワイヤ7は、図3B、図3Cに示すように、メインローラ2に巻き付けられた軌跡に倣って、左方向に旋回しながら（ねじれながら）走行する。この場合、旋回入り側T1では、砥粒G1が潤沢に供給され、切削性が良くなる。一方、旋回出側T2では、インゴットTの切り粉T3によって目詰まりが起こり、切削性が悪くなる。

なお、波状ワイヤ7は、波状に癖付けされているが、張力が作用する状態で走行するため、略直線状に伸ばされた状態で走行する。

[0019] そして、切断初期の状態（例えば、図3Aに実線で示すように、インゴットTの下部を切断している状態）では、波状ワイヤ7の撓みが大きくなるため、図3Bに示すように、波状ワイヤ7への砥粒G1の供給が不足する。特に、旋回出側T2では、切り粉T3による切削性の低下が顕著に現れる。その結果、旋回入り側T1の切削性が旋回出側T2と比べて高くなり、切断中の波状ワイヤ7の進行方向（以下、切断進行方向と称す）が切断目標方向に対して、図3Bにおける右側に傾く。

[0020] また、図3Aに二点鎖線で示すように、インゴットTの上部を切断してい

る切断終期の状態では、インゴットTと波状ワイヤ7との接触部分の長さが徐々に短くなることに加えて、砥粒G1の跳ね返りにより波状ワイヤ7への砥粒G1の供給量が多くなることで、切削性が良好な状態となる。このような切削性が良好な状態では、図3Cに示すように、切断進行方向が傾く前の状態に戻ろうとする力が波状ワイヤ7に働くため、切断進行方向は、切断初期に傾いた方向とは、逆側（左側）に傾く。

[0021] 以上のように切断初期の状態では、切断進行方向が切断目標方向に対して右側に傾き、切断終期の状態では、切断目標方向に対して左側に傾くため、図3Dに示すように、シリコンウェーハWFの形状を切断方向に測定した場合の反り（以下、切断方向の反りと称す）は、上下方向中央部（図3Dにおける上下方向中央部）が、図2における後ろ側（図3Dにおける右側）、すなわちワイヤ進行方向側に凹む円弧状になると推定できる。

なお、ワイヤ進行方向を図2における前方向にした場合、シリコンウェーハWFの切断方向の反りは、図3Dに示す状態とは逆に、上下方向中央部が図2における前側に凹む円弧状になると推定できる。

[0022] また、メインローラ2近傍において、波状ワイヤ7はメインローラ2の溝の内壁によって前方向および後ろ方向への移動が制限される（自由度が低い）。波状ワイヤ7がインゴットTの中央部に近づくにつれて、メインローラ2の溝の内壁による移動制限が緩やか（自由度が高い）になり、上述の切断進行方向の傾きに連れられると推定できる。

その結果、図4Bに示すように、シリコンウェーハWFの形状を波状ワイヤ7の走行方向に測定した場合の反り（以下、走行方向の反りと称す）は、左右方向中央部（図4Bにおける上下方向中央部）が、図2における後ろ側（図4Bにおける右側）、すなわちワイヤ進行方向側に凹む円弧状になると推定できる。

なお、ワイヤ進行方向を図2における前方向にした場合、シリコンウェーハWFの走行方向の反りは、図4Bに示す状態とは逆に、上下方向中央部が図2における前側（図4Bにおける左側）に凹む円弧状になると推定できる

。

以上のことから、波状に癖付けされた波状ワイヤ7を用いてインゴットTを切断することにより、中央部が一方向（ワイヤ進行方向）に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハWFを得られる可能性があると推定した。

[0023] {実験内容}

上述のワイヤソー1を用い、以下の表1に示すようなワイヤを用い、表2に示すような実験例1-1, 1-2の条件、比較例1-1, 1-2の条件で、インゴットTを切断してシリコンウェーハWFを製造した。

なお、表1中、直線状ワイヤとは、波状や螺旋状等の所定形状の癖付けがされていない直線状のワイヤを意味する。

また、各ワイヤは、上述の仮説で説明したような状態でメインローラ2に巻き付けた。

さらに、ワイヤ進行方向を前方向にする際には、波状ワイヤ7を上述の仮説の場合と同じようにメインローラ2に巻き付けた構成において、波状ワイヤ7が上側メインローラ21間を右方向に走行するように、3個のメインローラ2とワイヤリール41, 42とを回転させた。

また、直径が300mmのインゴットTを用いた。

[0024] [表1]

	波状ワイヤ	直線状ワイヤ
直径	0.1mm	0.1mm
材質	プラスめっき炭素鋼	プラスめっき炭素鋼
癖付けのピッチP	5.0mm	—
癖付けの変位D	12.0μm	—

[0025]

[表2]

	ワイヤ種類	ワイヤ進行方向 (新線供給方向)
実験例 1-1	波状ワイヤ	後ろ方向
実験例 1-2	波状ワイヤ	前方向
比較例 1-1	直線状ワイヤ	後ろ方向
比較例 1-2	直線状ワイヤ	前方向

[0026] さらに、実験例 1-1、1-2、比較例 1-1、1-2において、以下の表 3 に示す条件は同一とした。

[0027] [表3]

フィード速度 (インゴットの移動(下降)速度)	切断初期 切断終期	0.35 mm/min
	切断中期	0.20 mm/min
砥液温度		23℃
砥液流量		120 L/min
ワイヤの張力		25 N

[0028] ここで、切断初期、中期、終期でフィード速度を変更している理由について説明する。なお、フィード速度とは、インゴットの切断時において、インゴットをワイヤに押し当てるときのインゴットの送り速度（図 2 に示すワイヤソーの場合は下降速度）のことを意味する。

シリコンウェーハを製造する際、切断初期（例えば、波状ワイヤ 7 が図 3 A の実線で示す位置を切断している場合）および切断終期（例えば、波状ワイヤ 7 が図 3 A の二点鎖線で示す位置を切断している場合）におけるインゴットとワイヤとの接触部分は、切断中期（例えば、波状ワイヤ 7 が図 3 A の一点鎖線で示す位置を切断している場合）の接触部分と比べて短くなる。このため、切断初期および切断終期にワイヤに作用する負荷は、切断中期に作用する負荷より小さくなる。

そこで、切断中にワイヤに作用する負荷の差を最小限に抑えるために、切断中期のフィード速度を、切断初期および切断終期のフィード速度よりも遅くしている。

[0029] そして、実験例 1-1, 1-2、比較例 1-1, 1-2 で製造した複数のシリコンウェーハのうち、インゴットの front 側および rear 側のシリコンウェーハについて、インゴットの切断方向（図 2 の上下方向）の形状と、ワイヤの走行方向（図 2 の左右方向）の形状とを測定した。なお、以下の図 5 および図 6 に示す形状は、インゴットの front 側に位置する面を上面にして測定した結果である。

図 5 に示すように、実験例 1-1, 1-2 のシリコンウェーハについては、切断方向および走行方向の両方において、外縁部に対して略中央部がワイヤ進行方向と同じ方向（実験例 1-1 については図 2 における rear 側、実験例 1-2 については front 側）に凹む形状であることが確認できた。

このことから、実験例 1-1, 1-2 のシリコンウェーハでは、切断方向および走行方向において、外縁部に対して略中央部が、ワイヤ進行方向と同じ方向に凹むドーム状に反っていると推定できる。すなわち、上記仮説が正しいことが確認できた。

一方、図 6 に示すように、比較例 1-1, 1-2 のシリコンウェーハについては、切断方向および走行方向において、反り形状にワイヤ進行方向との相関が見られない。

[0030] [実験 2]

通常、インゴットの切断により得られたシリコンウェーハに対し、エピタキシャル膜を形成する前に両面の研削が行われる。波状ワイヤ 7 を用いることで得られたシリコンウェーハの反りが、研削を行うことで消失してしまう可能性がある。

そこで、両面の研削により、シリコンウェーハの反りが消失しないことを確認する実験を行った。

[0031] まず、上記実験例 1-2 と同じ条件で作成したシリコンウェーハを、実験

例 2-1, 2-2 のシリコンウェーハとして準備した。そして、実験例 2-1, 2-2 のシリコンウェーハに対して、両面の取り代がそれぞれ $20\ \mu\text{m}$ となる条件で研削を行った。なお、研削は、片面ずつ行った。これは、両面を一度に研削すると、それぞれの面で削れ方が異なる場合、その影響でシリコンウェーハに反りが発生してしまい、研削後の反りが、切断によるものなのか、研削によるものなのかがわからなくなるためである。なお、直径が 300 mm のシリコンウェーハを用いた。

[0032] 図 7 に示すように、実験例 2-1, 2-2 のシリコンウェーハにおいて、切断後の形状と両面の研削後の形状とがほぼ同じであることが確認できた。

本発明は、このような知見に基づいて完成されたものである。

[0033] すなわち、本発明のシリコンウェーハの製造方法は、ワイヤが螺旋状に巻き付けられた複数のメインローラを回転させることで、前記ワイヤを前記メインローラの軸方向と略直交する方向に走行させるワイヤ走行工程と、前記ワイヤにインゴットを押し当てることで前記インゴットを切断し、外縁部に対して中央部が一方方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハを製造する切断工程とを行うことを特徴とする。

また、本発明のシリコンウェーハの製造方法では、前記ワイヤとして、波状に癖付けされた波状ワイヤを用いることが好ましい。

[0034] 本発明によれば、波状に癖付けされていないワイヤや波状ワイヤを用いてインゴットを切断するだけの簡単な構成で、外縁部に対して中央部が一方方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハを得ることができる。

なお、波状ワイヤとしては、長手方向の一端側から見たときに、円に見えるように螺旋状に癖付けしたものであっても良いし、長手方向の一端側から見たときに、直線に見えるように単に波状に癖付けしたものであっても良い。

[0035] また、図 5 に示すように、実験例 1-1, 1-2 のシリコンウェーハにおいて、走行方向の反りは円弧状であるが、切断方向の反りは滑らかな円弧状でない。シリコンウェーハにエピタキシャル膜を形成する際には、シリコン

ウェーハが滑らかな円弧状に反っていることが好ましい。

そこで、本発明者は、鋭意研究を重ねた結果、フィード速度を適切に設定することで、切断方向の反りが滑らかな円弧状となるシリコンウェーハが得られる可能性があることに着目した。そこで、本発明者は、以下の実験3を行った。

[0036] [実験3]

まず、円柱状のインゴットのフィード速度をF、ワイヤとインゴットとの接触部分の長さをLとして、インゴットを切断する際のワイヤの仕事量Wを、以下の式(1)のように定義した。

$$W = F \times L \quad \dots \quad (1)$$

[0037] そして、実験例1-2と同じ条件でインゴットを切断し、そのときの仕事量Wとシリコンウェーハの切断方向の反り(形状)との関係を調べた。その結果を図8に示す。なお、シリコンウェーハの直径は、300mmである。

実験1において説明したように、切断中期のフィード速度を、切断初期および切断終期のフィード速度よりも遅くしている。このため、図8に示すように、切断初期から切断中期に移行する前後、切断中期から切断終期に移行する前後には、仕事量Wの変化の割合が大きく異なっている。

一方、シリコンウェーハの切断方向の反りの形状に着目すると、仕事量Wの推移とほぼ一致することが確認できた。

以上のことから、仕事量Wが、インゴットの直径が最大となる切断位置で最大値となる略円弧状に変化するように、フィード速度を制御することで、切断方向の反りが略円弧状となるシリコンウェーハが得られると推定できる。すなわち、仕事量Wが滑らかな曲線状に変化するように、フィード速度を制御することで、切断方向の反りが滑らかな円弧状となるシリコンウェーハが得られると推定できる。

本発明の好ましい態様は、このような知見に基づいて完成されたものである。

[0038] すなわち、本発明のシリコンウェーハの製造方法では、前記切断工程は、

円柱状の前記インゴットを前記波状ワイヤに押し当てるときの前記インゴットのフィード速度を F 、前記波状ワイヤと前記インゴットとの接触部分の長さを L として、円柱状の前記インゴットにおける当該インゴットの径方向の切断位置に対して、上記式（１）で定義される仕事量 W が、前記インゴットの直径が最大となる切断位置で最大値となる略円弧状に変化するように、前記インゴットの前記フィード速度を制御することが好ましい。

[0039] 本発明によれば、インゴットのフィード速度を制御するだけの簡単な方法で、切断方向の反りが滑らかな円弧状となり、全体としてドーム状に反るシリコンウェーハを得ることができる。

[0040] 通常、比較例１－１，１－２のような直線状ワイヤにより製造されるシリコンウェーハには、図６に示すように、反りが生じる。一方、シリコンウェーハにエピタキシャル膜を形成すると、このエピタキシャル膜の影響でシリコンウェーハに反りが生じる。このため、エピタキシャル膜形成前の反りを可能な限り打ち消すために、シリコンウェーハを適宜反転させて、エピタキシャル膜を形成している。

[0041] そこで、エピタキシャル膜の形成により、当該膜の形成前の反りが打ち消されているか否かを確認するために、直線状ワイヤでシリコンウェーハを製造し、当該膜の形成前後のシリコンウェーハの形状を調べた。その結果を図９Ａ，図９Ｂに示す。

図９Ａ，図９Ｂに示すように、切断方向および走行方向の両方について、エピタキシャル膜形成後のシリコンウェーハの反りは、インゴット（シリコンウェーハ）の直径が最大となる中心位置を中心にした、直径の５０％（ $0.5 \times R$ （直径））の範囲（以下、切断中央範囲Ａと称す）が特に大きくなることが確認できた。

このことから、エピタキシャル膜形成前に切断中央範囲Ａの反りを大きくすることで、切断中央範囲Ａにおけるエピタキシャル膜形成後の反りが小さくなると推定できる。そこで、この推定が正しいかを確認する実験４を行った。

[0042] [実験4]

まず、直線状ワイヤで製造したシリコンウェーハに対して研削を行い、強制的に切断中央範囲Aの反りを大きくした。そして、このシリコンウェーハについて、エピタキシャル膜を形成する前後の形状を調べた。その結果を図10A、図10Bに示す。図10A、図10Bに示すように、切断方向および走行方向の両方について、エピタキシャル膜形成後の切断中央範囲Aのシリコンウェーハの反りは、図9A、図9Bに示す場合と比べて小さくなることが確認できた。

なお、図9A、図9B、図10A、図10Bに結果を示すシリコンウェーハの直径は、300mmである。

このことから、切断中央範囲Aにおける仕事量Wを制御して、当該切断中央範囲Aにおける反りを大きくすることで、エピタキシャル膜形成後の反りを小さくできると推定できる。

[0043] ここで、円柱状のインゴットの切断位置と、当該インゴットとワイヤとの接触部分の長さとの関係は、インゴットの直径が最大となる切断位置で最大値となる二次曲線状（円弧状）となる。また、上記式（1）で定義される仕事量Wは、フィード速度が略一定であれば、インゴットとワイヤとの接触部分の長さに比例する。このため、フィード速度を一定にした場合の切断位置と仕事量との関係は、図11に示すように、インゴットの中心位置で最大値となる二次曲線状になる。なお、図11に結果を示すインゴットの直径は、300mmである。

実験3の結果に基づく推定では、シリコンウェーハの切断方向の反りと仕事量Wとの推移がほぼ一致するため、フィード速度を略一定にした場合、シリコンウェーハの切断方向の反りの形状は、図11に示す仕事量Wの推移とほぼ一致すると推定できる。この場合、切断中央範囲Aの反りは、図9Aに反り形状を示すシリコンウェーハよりも大きくなると推定できる。

そして、仕事量Wが図11に示すように変化する場合、切断位置がインゴットの中心位置の場合の仕事量を W_{max} 、切断中央範囲Aでの仕事量をW

c n t とすると、以下の式（２）の関係が満たされる。

$$W_{c n t} \geq 0.85 \times W_{m a x} \quad \cdots \quad (2)$$

本発明の好ましい態様は、このような知見に基づいて完成されたものである。

[0044] すなわち、本発明のシリコンウェーハの製造方法では、前記切断工程は、前記インゴットの直径が最大となる切断位置での仕事量を $W_{m a x}$ 、前記インゴットの直径が最大となる切断位置を中心とした前記インゴットの直径の 50% の範囲での仕事量を $W_{c n t}$ として、上記式（２）で示す関係を満たすように前記インゴットの前記フィード速度を制御することが好ましい。

[0045] 本発明によれば、エピタキシャル膜形成後の反りを小さくすることが可能なシリコンウェーハを得ることができる。

[0046] また、本発明のシリコンウェーハの製造方法では、前記切断工程は、前記インゴットの切断開始から切断終了までの間、前記インゴットの前記フィード速度を略一定に維持するように制御することが好ましい。

[0047] 本発明によれば、フィード速度を略一定にするだけの簡単な方法で、切断方向の反りが滑らかなドーム状のシリコンウェーハを得ることができる。

[0048] また、上述のように、中央部が一方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハを得るためには、波状に癖付けされたワイヤを用いることが好ましいことがわかったが、ワイヤの張力の大きさによっては、切断中に断線してしまう可能性がある。

そこで、本発明者は、以下の実験 5 を行った。

[0049] [実験 5]

張力を 10 N、15 N、25 N、30 N としたこと以外は、上記実験 1 の実験例 1-1 と同様の条件で直径が 300 mm のインゴットを切断した。

その結果、張力が 10 N、30 N の場合に断線が発生し、15 N、25 N の場合に断線が発生しないことが確認できた。

また、張力が 15 N、25 N の条件で製造したシリコンウェーハについて、 $W a r p$ と $B o w$ とを算出した。 $W a r p$ の算出結果を図 12 A に、 $B o$

wの算出結果を図12Bにそれぞれ示す。

[0050] なお、WarpおよびBowとは、吸着固定しないシリコンウェーハWFの形状を表すパラメータである。測定面CPとして、シリコンウェーハWFの厚さ方向の中央面を使用し、基準面RPとして、測定面CPのベストフィット面を使用する。そして、Warpは、基準面RPから測定面CPまでのずれの最大値を表す。また、Bowは、シリコンウェーハWFの中心CTにおける基準面RPと測定面CPとの差を表す。

[0051] 図12Aに示すように、張力が大きいほど、Warpが小さくなることが確認できた。また、図12Bに示すように、張力が大きいほど、Bowが0に近くなることが確認できた。

本発明の好ましい態様は、このような知見に基づいて完成されたものである。

[0052] すなわち、本発明のシリコンウェーハの製造方法では、前記切断工程は、張力が15N以上25N以下に設定された前記波状ワイヤに前記インゴットを押し当てることが好ましい。

[0053] 本発明によれば、波状ワイヤを断線させることなく、シリコンウェーハを製造できる。

[0054] 本発明のシリコンウェーハは、上述のシリコンウェーハの製造方法により製造されたことを特徴とする。

図面の簡単な説明

[0055] [図1A]本発明におけるワイヤの構成を示す図であり、波状ワイヤの側面図。

[図1B]本発明におけるワイヤの構成を示す図であり、波状ワイヤによる切断状態を示す図。

[図1C]本発明におけるワイヤの構成を示す図であり、直線状ワイヤによる切断状態を示す図。

[図2]本発明で用いるワイヤソーを示す模式図。

[図3A]実験1における仮説の説明図であり、インゴットに対する波状ワイヤの位置を示す図。

[図3B]実験 1 における仮説の説明図であり、切断初期の状態での波状ワイヤの切削状態を示す図。

[図3C]実験 1 における仮説の説明図であり、切断終期の状態での波状ワイヤの切削状態を示す図。

[図3D]実験 1 における仮説の説明図であり、シリコンウェーハの切断方向の反りを表す縦断面図。

[図4A]実験 1 における仮説の説明図であり、ワイヤソーの平面図。

[図4B]実験 1 における仮説の説明図であり、シリコンウェーハの走行方向の反りを表す横断面図。

[図5]実験 1 における実験例 1-1, 1-2 のシリコンウェーハの切断方向および走行方向の形状を示す図。

[図6]実験 1 における比較例 1-1, 1-2 のシリコンウェーハの切断方向および走行方向の形状を示す図。

[図7]実験 2 における実験例 2-1, 2-2 のシリコンウェーハの研削前後での切断方向および走行方向の形状を示す図。

[図8]実験 3 における切断位置と仕事量およびシリコンウェーハの切断方向の形状との関係を示す図。

[図9A]従来のシリコンウェーハのエピタキシャル膜形成前後の切断方向の形状を示す図。

[図9B]従来のシリコンウェーハのエピタキシャル膜形成前後の走行方向の形状を示す図。

[図10A]実験 4 における強制的に切断中央範囲の反りを大きくしたシリコンウェーハのエピタキシャル膜形成前後の切断方向の形状を示す図。

[図10B]実験 4 における強制的に切断中央範囲の反りを大きくしたシリコンウェーハのエピタキシャル膜形成前後の走行方向の形状を示す図。

[図11]実験 4 におけるフィード速度を一定にした場合の切断位置と仕事量との関係を示す図。

[図12A]実験 5 の結果を示す図であり、ワイヤの張力と Warp との関係を示

す図。

[図12B]実験5の結果を示す図であり、ワイヤの張力とBowとの関係を示す図。

[図13]WarpおよびBowの説明図。

発明を実施するための形態

[0056] [実施形態]

以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。

本実施形態においては、図2に示すようなワイヤソー1を用いて、インゴットTを切断する。ここで、インゴットTの形状は特に限定されないが、通常は円柱状である。また、インゴットTの直径は特に限定されないが、通常、100mm～450mmである。

[0057] インゴットTを切断する際には、まず、ワイヤソー1の複数のメインローラ2に、図1Aに示すワイヤとしての波状ワイヤ7を螺旋状に巻き付ける。波状ワイヤ7を巻き付ける方向は、前から見て左巻きであっても良いし、右巻きであっても良い。

そして、トラバーサ43，44を駆動するとともに、複数のメインローラ2とワイヤリール41，42とを回転させることで、波状ワイヤ7をメインローラ2の軸方向と略直交する方向に走行させ（ワイヤ走行工程）、2個の上側メインローラ21間に砥液Gを供給しつつ、インゴットTを下降させて走行中の波状ワイヤ7に押し当てることで、インゴットTを切断して複数のシリコンウェーハWFを製造する（切断工程）。

[0058] ここで、ワイヤ走行方向は、シリコンウェーハWFを反らせた方向に応じて設定することができる。すなわち、シリコンウェーハWFを図2における後ろ側に凹むドーム状に反らせた場合には、ワイヤ進行方向を図2における後ろ方向に設定すれば良いし、前側に凹むドーム状に反らせた場合には、図2における前方向に設定すれば良い。

[0059] また、フィード速度は、シリコンウェーハWFの切断方向の反りを、どのような形状にするかに応じて設定することができる。切断方向の反りを滑ら

かな円弧状にして、全体としてドーム状に反らせるためには、上記式（１）で定義される仕事量 W が、略円弧状に変化するように、フィード速度を設定すれば良い。

この際、インゴット T の直径が最大となる切断位置で、仕事量 W が最大値となるように、フィード速度を設定しても良い。また、このように、仕事量 W が略円弧状に変化するように切断位置によってフィード速度を変更しても良いし、切断位置によらずフィード速度を略一定にしても良い。

また、切断中央範囲 A の仕事量 W_{cnt} が上記式（２）の関係を満たすように、フィード速度を制御しても良い。

さらに、図１１に示すように、切断中央範囲 A の下端側端部（中央から、下端側に直径（ R ）の２５％移動した位置） A_b での仕事量を W_b 、上端側端部（中央から、上端側に直径（ R ）の２５％移動した位置） A_t での仕事量を W_t とした場合、仕事量 W_b と仕事量 W_t とは同じであっても良いし、異なってもよい。

[0060] さらに、波状ワイヤ７の張力は、波状ワイヤ７の断線を防止するために、１５Ｎ以上２５Ｎ以下にすることが好ましい。

[0061] [実施形態の作用効果]

上述したように、上記実施形態では、以下のような作用効果を奏することができる。

[0062] （１）波状に癖付けされた波状ワイヤ７をワイヤソー１に用いて、インゴット T を切断するだけの簡単な構成で、外縁部に対して中央部が一方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハ WF を得ることができる。

[0063] （２）上記式（１）で定義される仕事量 W が略円弧状に変化するように、フィード速度を制御すれば、切断方向の反りが滑らかな円弧状となり、全体としてドーム状に反るシリコンウェーハ WF を得ることができる。

[0064] （３）切断中央範囲の仕事量 W_{cnt} が上記式（２）の関係を満たすように、フィード速度を制御すれば、エピタキシャル膜形成後の反りを小さくすることが可能なシリコンウェーハ WF を得ることができる。

[0065] (4) フィード速度を略一定にすれば、切断中にフィード速度を変更することなく切断方向の反りが滑らかな円弧状のシリコンウェーハWFを得ることができる。

[0066] (5) 張力が15 N以上25 N以下に設定された波状ワイヤ7にインゴットTを押し当てれば、波状ワイヤ7を断線させることなく、シリコンウェーハWFを製造できる。

[0067] [他の実施形態]

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る。

[0068] すなわち、上記式(1)で定義される仕事量Wが、略円弧状に変化しないように、フィード速度を設定しても良い。

また、切断中央範囲Aの仕事量 W_{cnt} が上記式(2)の関係を満たさないように、フィード速度を制御しても良い。

さらに、波状に癖付けされていないワイヤを用いて、ドーム状に反るシリコンウェーハWFを製造してもよい。

符号の説明

[0069] 2…メインローラ

7…波状ワイヤ(ワイヤ) T…インゴット

WF…シリコンウェーハ

請求の範囲

[請求項1] ワイヤが螺旋状に巻き付けられた複数のメインローラを回転させることで、前記ワイヤを前記メインローラの軸方向と略直交する方向に走行させるワイヤ走行工程と、

前記ワイヤにインゴットを押し当てることで前記インゴットを切断し、外縁部に対して中央部が一方向に凹むドーム状に反った複数のシリコンウェーハを製造する切断工程とを行うことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

[請求項2] 請求項1に記載のシリコンウェーハの製造方法において、
前記ワイヤとして、波状に癖付けされた波状ワイヤを用いることを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

[請求項3] 請求項2に記載のシリコンウェーハの製造方法において、
前記切断工程は、
円柱状の前記インゴットを前記波状ワイヤに押し当てるときの前記インゴットのフィード速度を F 、
前記波状ワイヤと前記インゴットとの接触部分の長さを L として、
円柱状の前記インゴットにおける当該インゴットの径方向の切断位置に対して、以下の式(1)で定義される仕事量 W が、前記インゴットの直径が最大となる切断位置で最大値となる略円弧状に変化するように、前記インゴットの前記フィード速度を制御することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

$$W = F \times L \quad \dots \quad (1)$$

[請求項4] 請求項3に記載のシリコンウェーハの製造方法において、
前記切断工程は、
前記インゴットの直径が最大となる切断位置での仕事量を W_{max} 、
、
前記インゴットの直径が最大となる切断位置を中心とした前記インゴットの直径の50%の範囲での仕事量を W_{cut} として、

以下の式（２）で示す関係を満たすように前記インゴットの前記フィード速度を制御することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

$$W_{c n t} \geq 0.85 \times W_{m a x} \quad \cdots \quad (2)$$

[請求項5] 請求項３または請求項４に記載のシリコンウェーハの製造方法において、

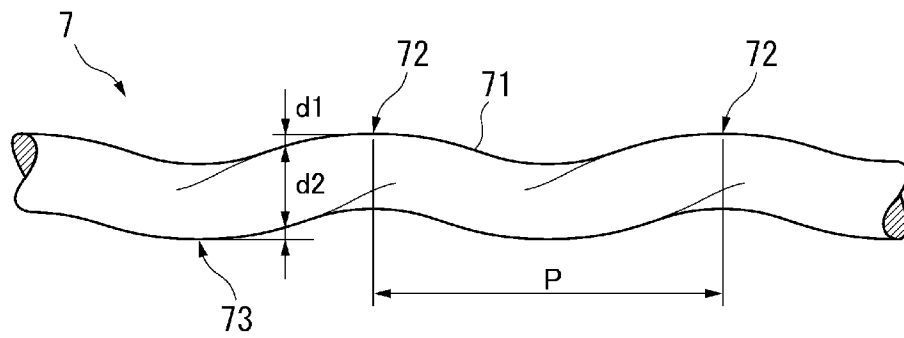
前記切断工程は、前記インゴットの切断開始から切断終了までの間、前記インゴットの前記フィード速度を略一定に維持するように制御することを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

[請求項6] 請求項２から請求項５のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法において、

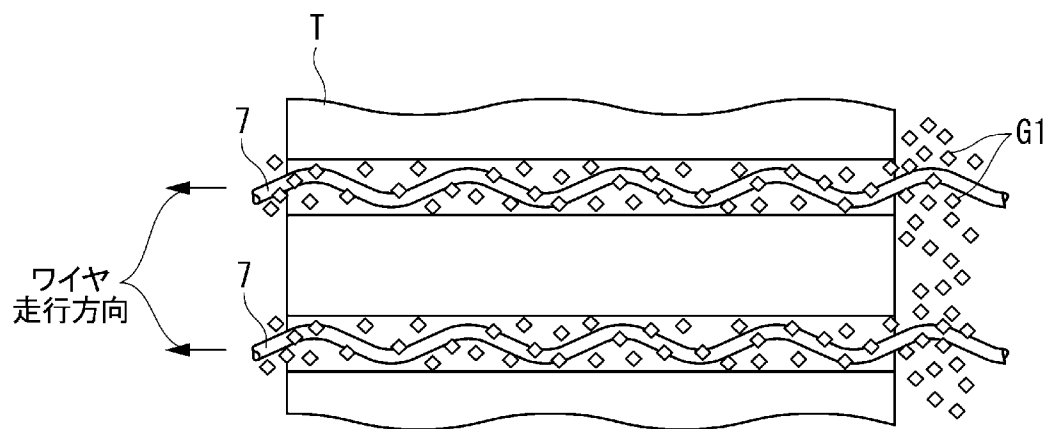
前記切断工程は、張力が１５Ｎ以上２５Ｎ以下に設定された前記波状ワイヤに前記インゴットを押し当てることを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。

[請求項7] 請求項１から請求項６のいずれかに記載のシリコンウェーハの製造方法により製造されたことを特徴とするシリコンウェーハ。

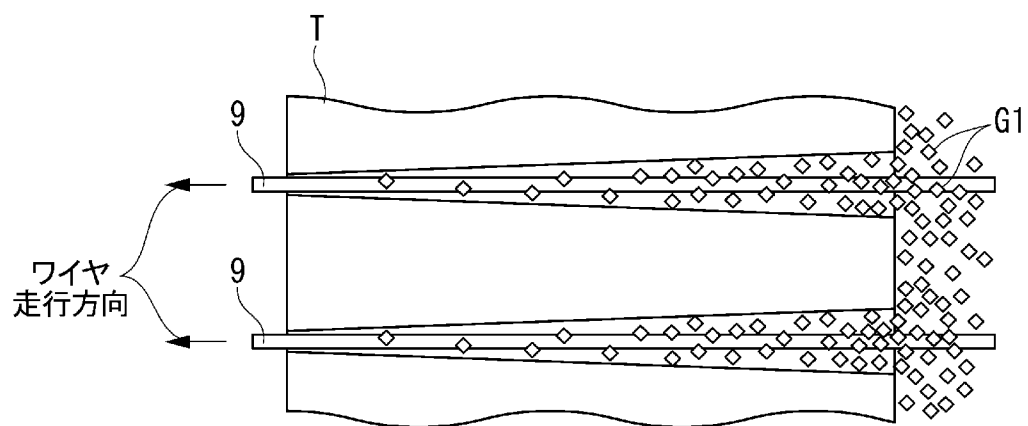
[図1A]



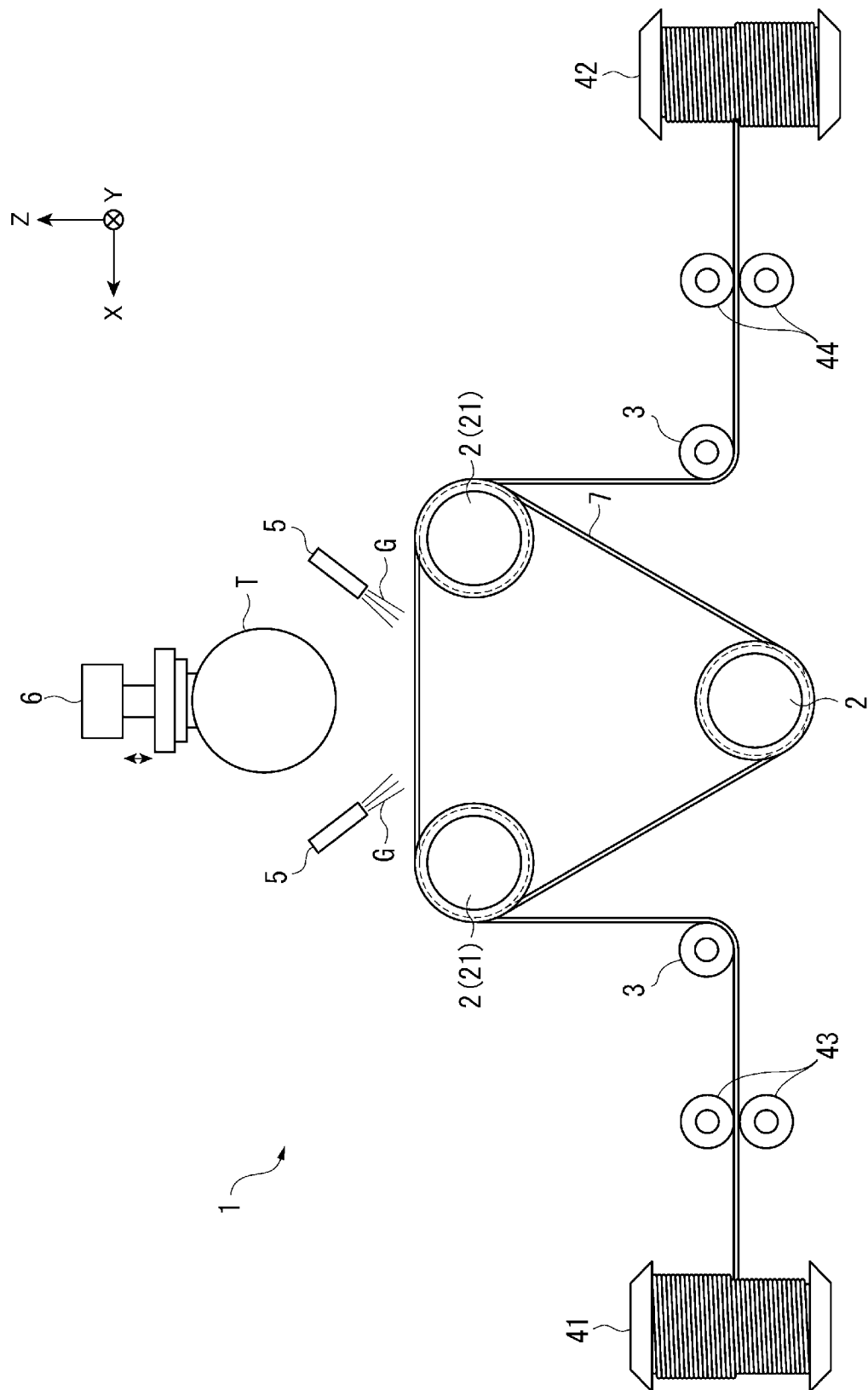
[図1B]



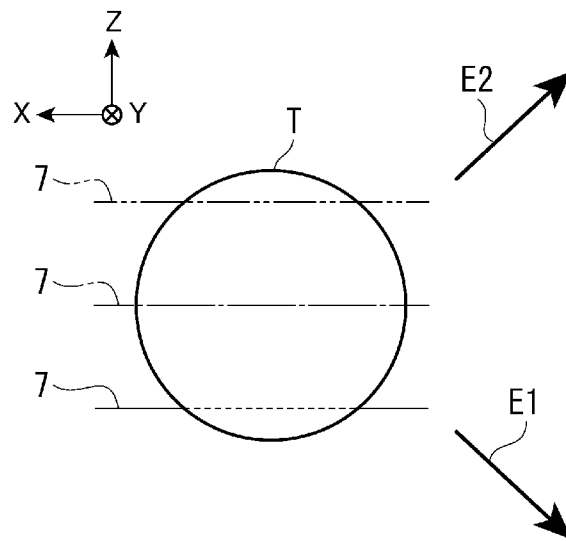
[図1C]



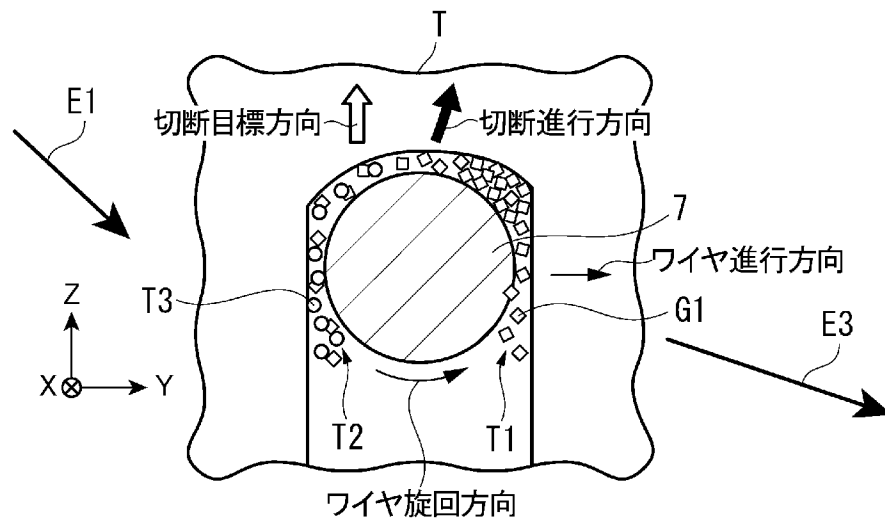
[図2]



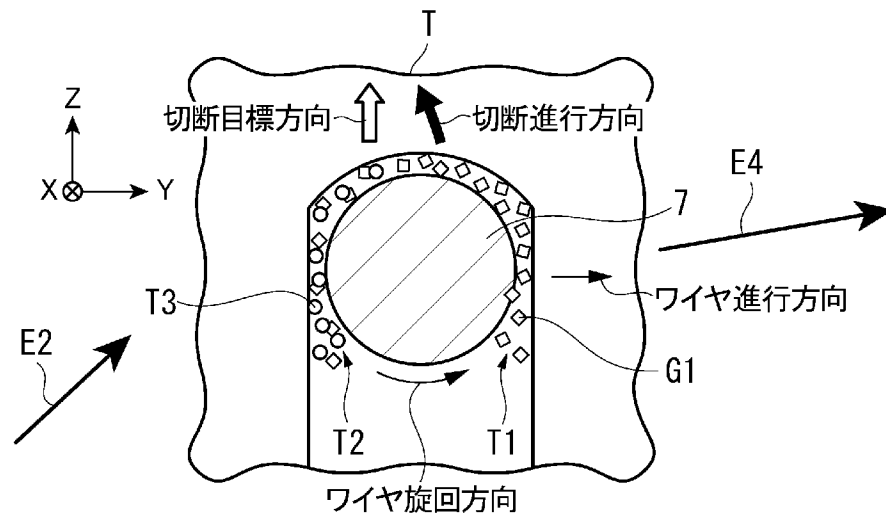
[図3A]



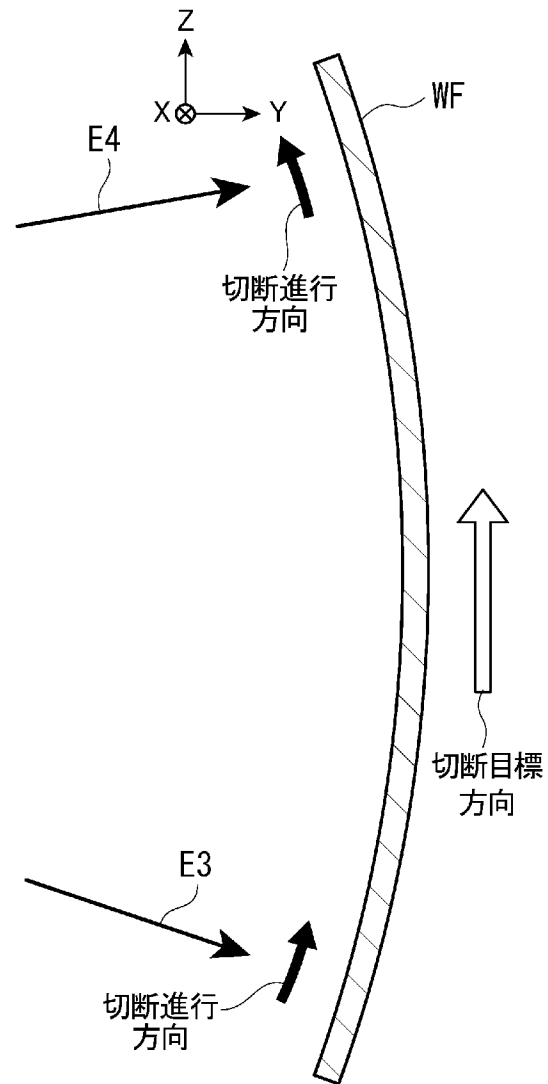
[図3B]



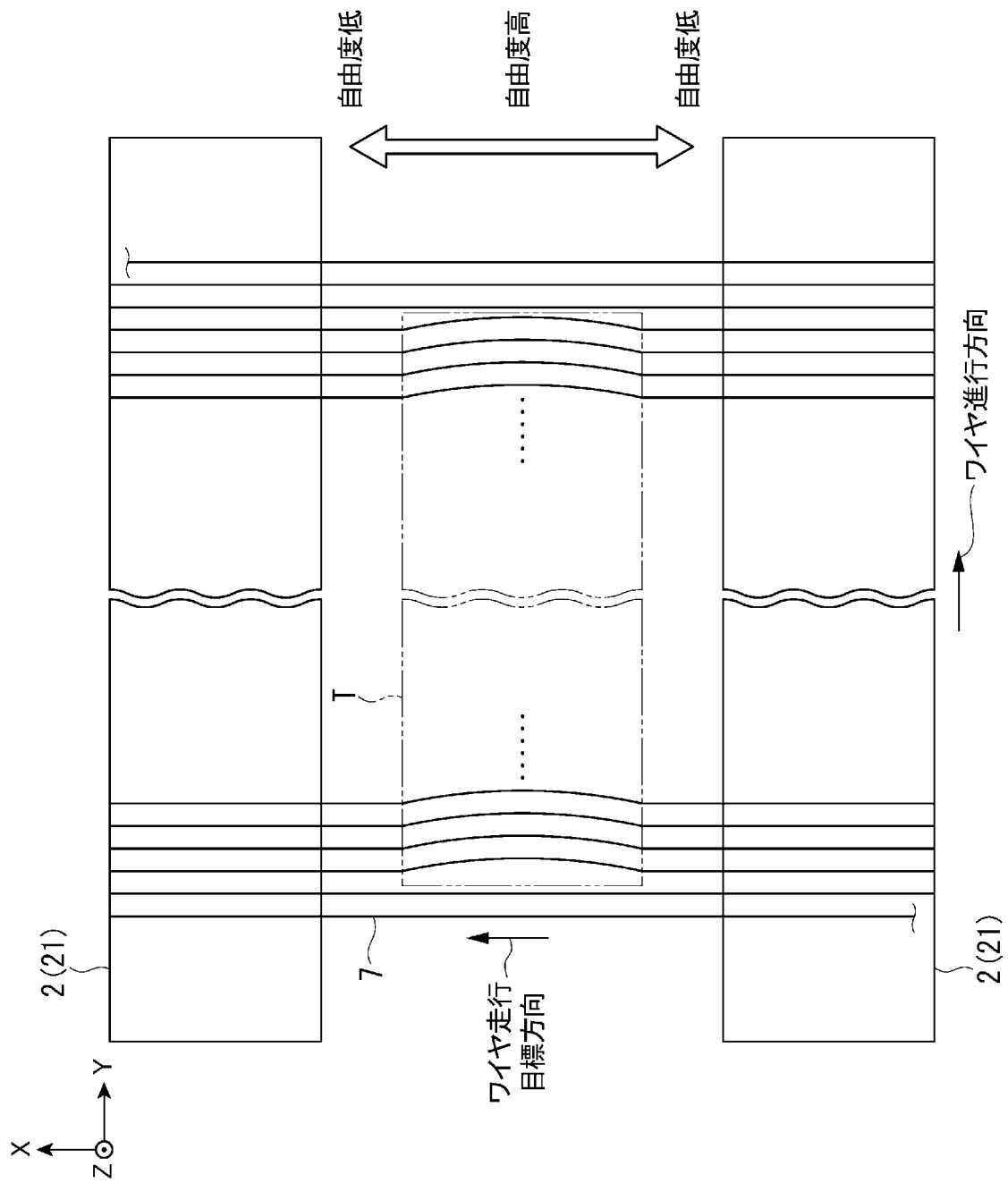
[図3C]



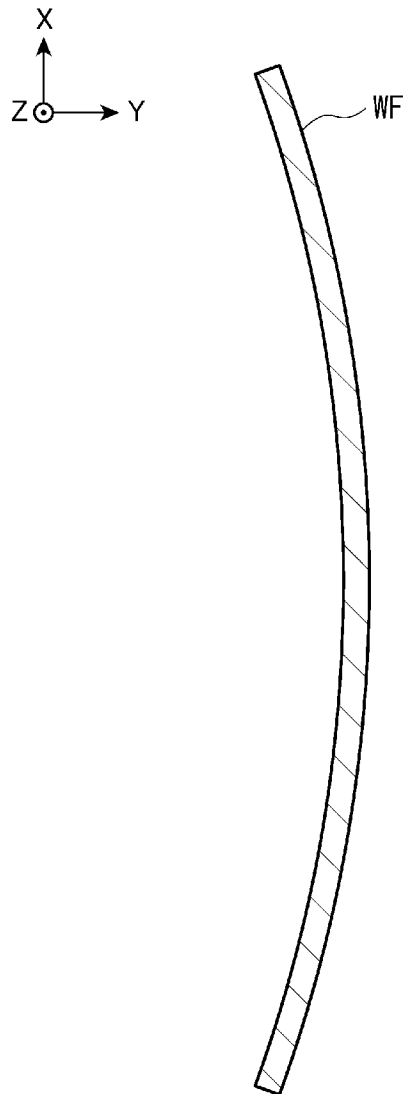
[図3D]



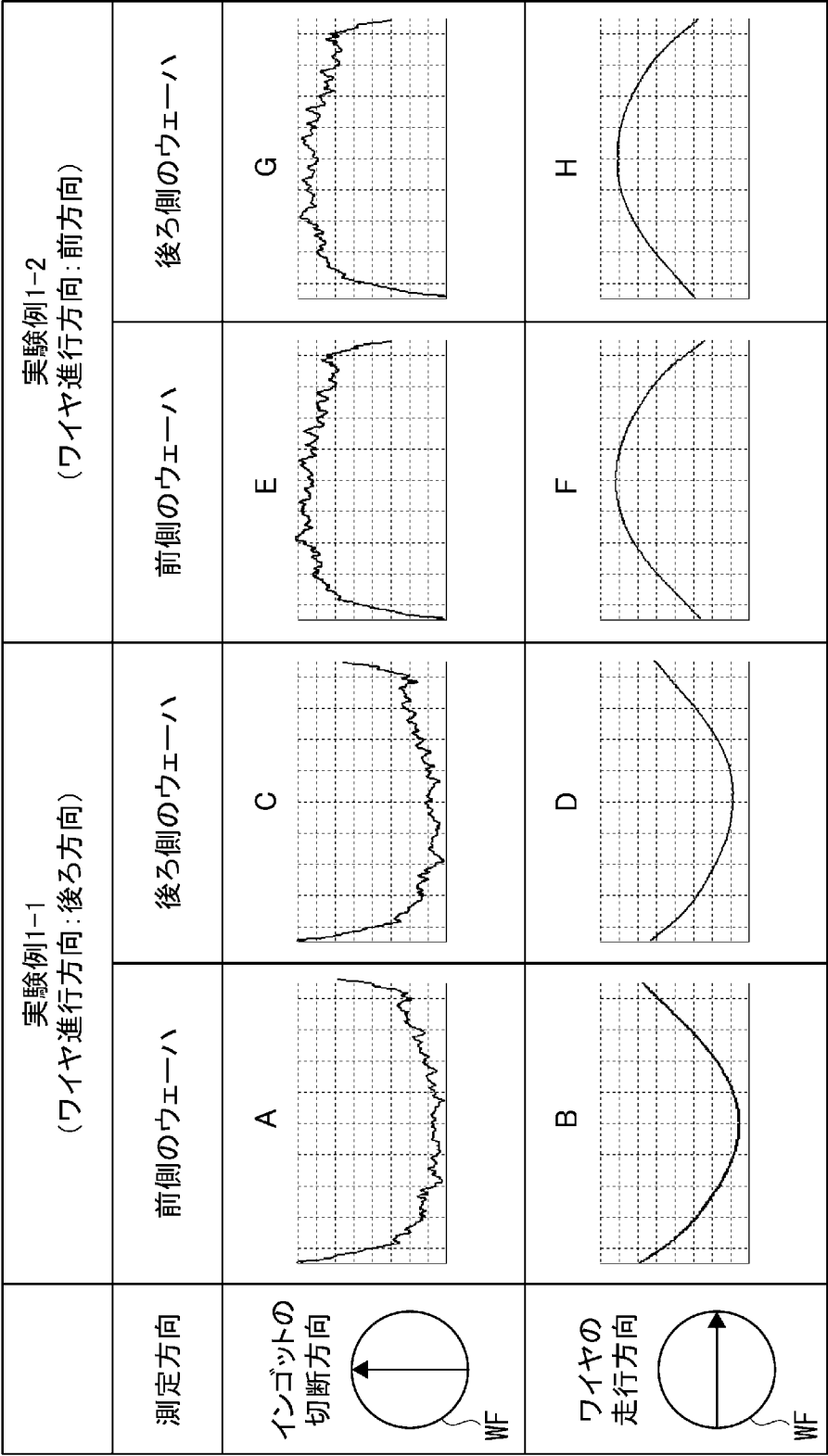
[図4A]



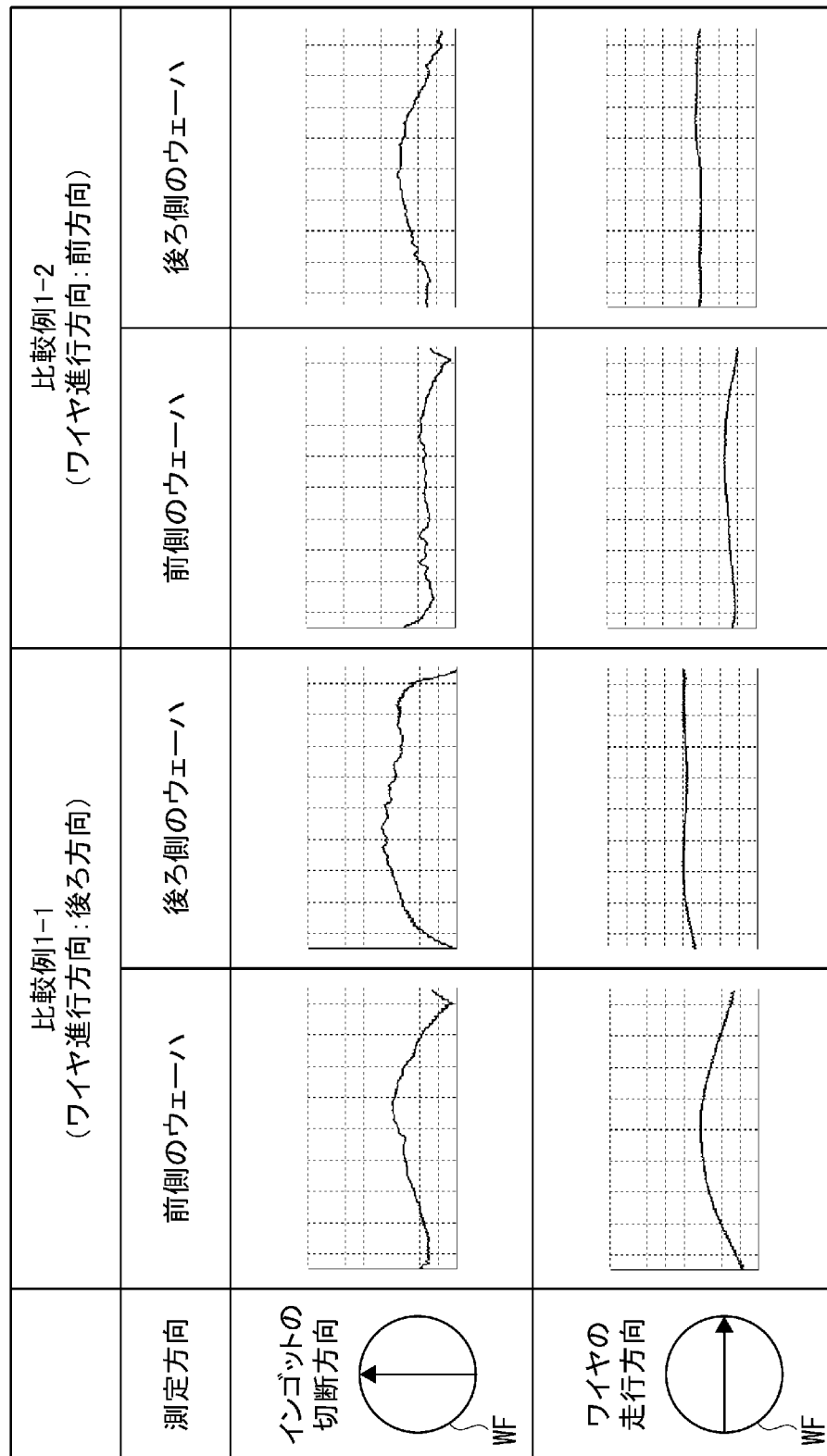
[図4B]



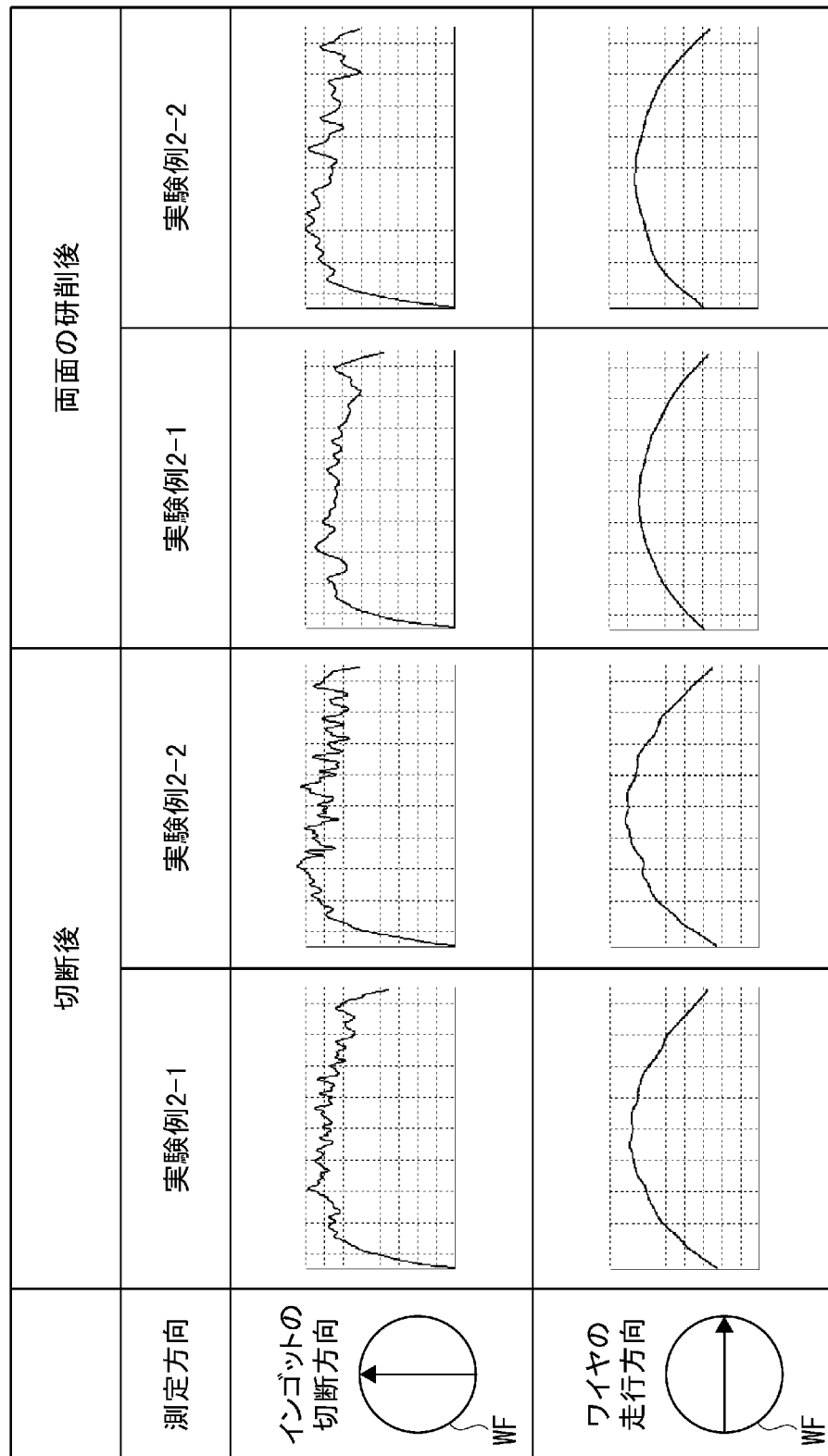
[図5]



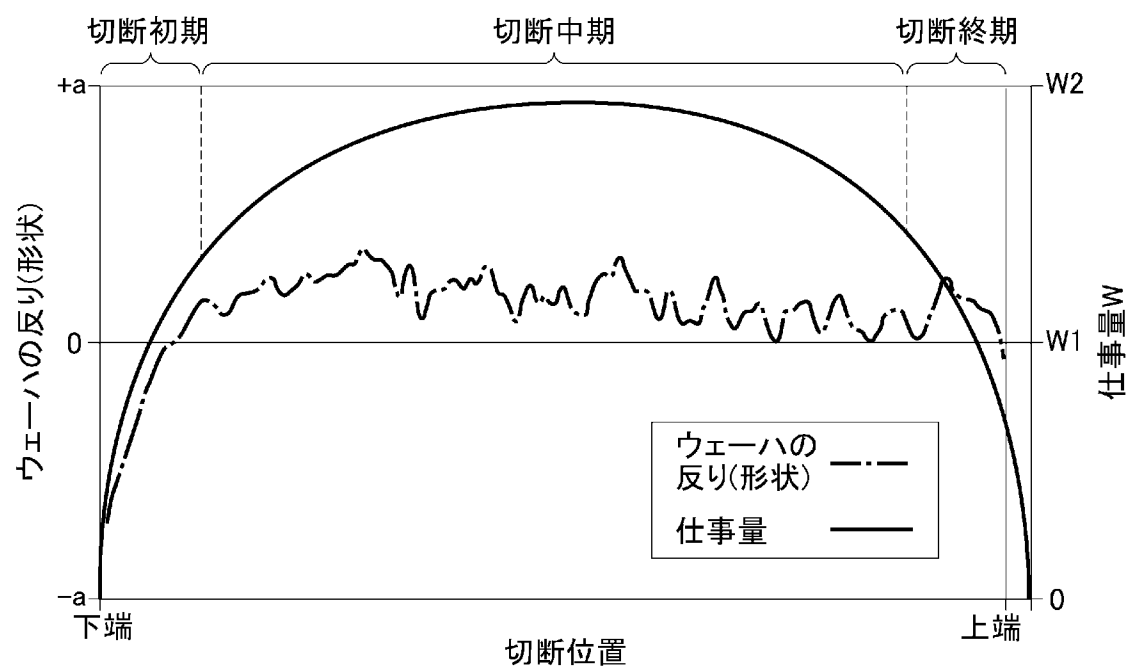
[図6]



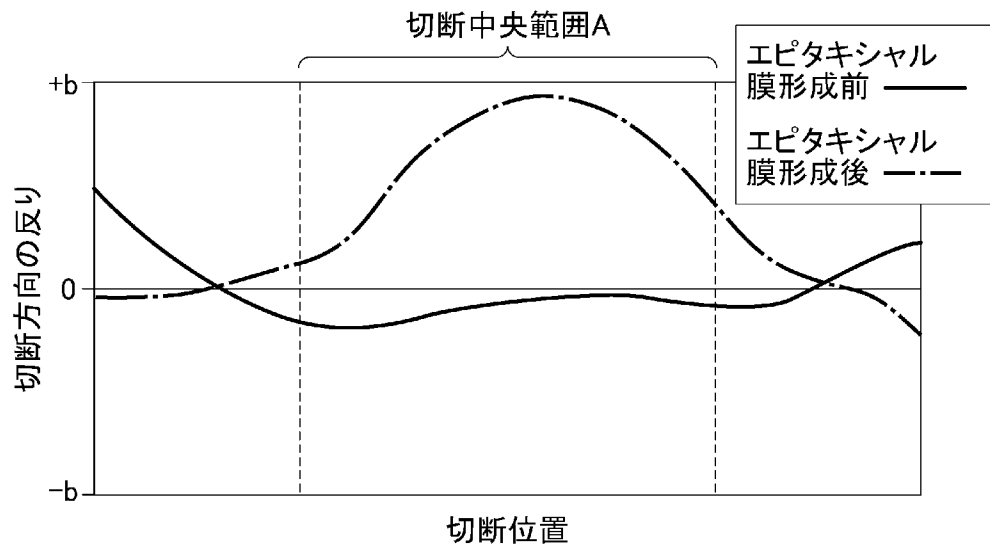
[図7]



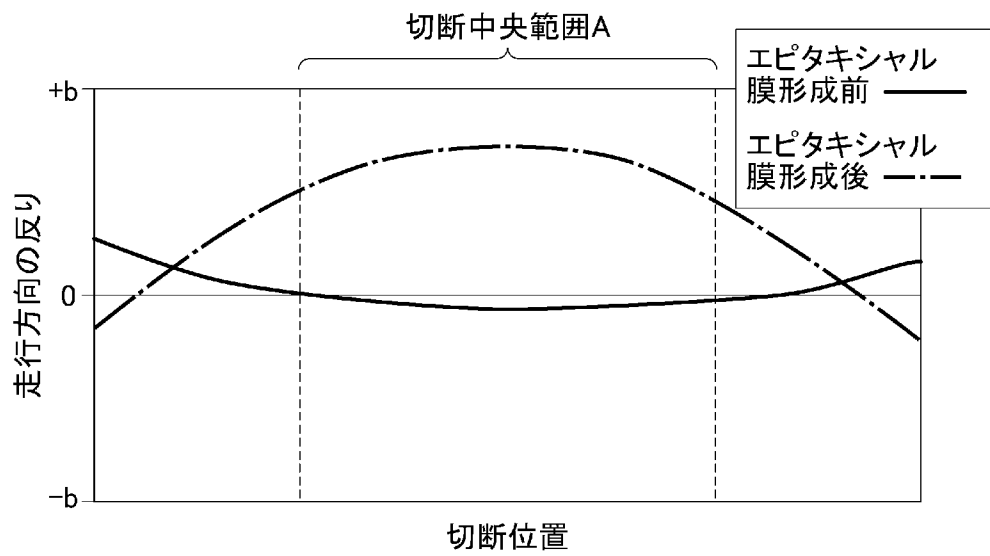
[図8]



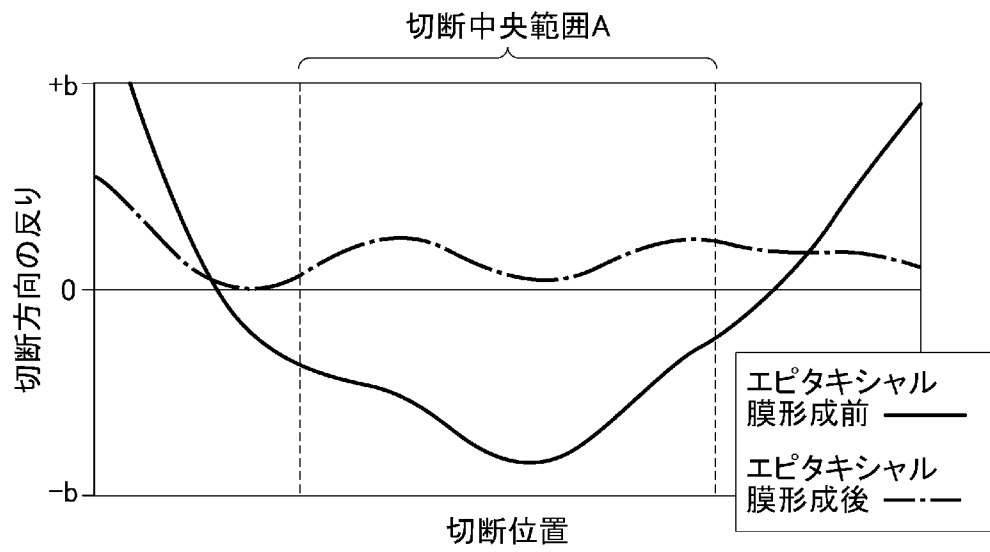
[図9A]



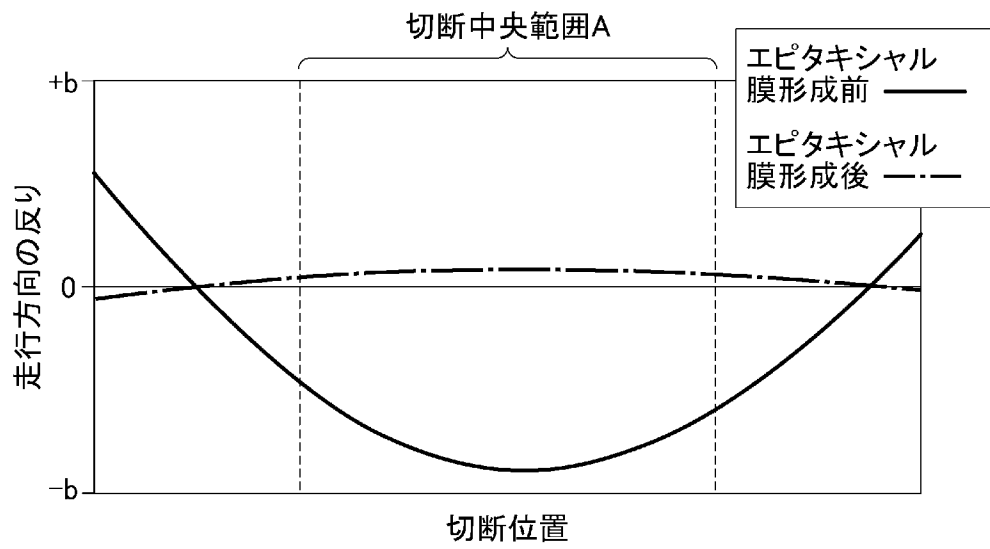
[図9B]



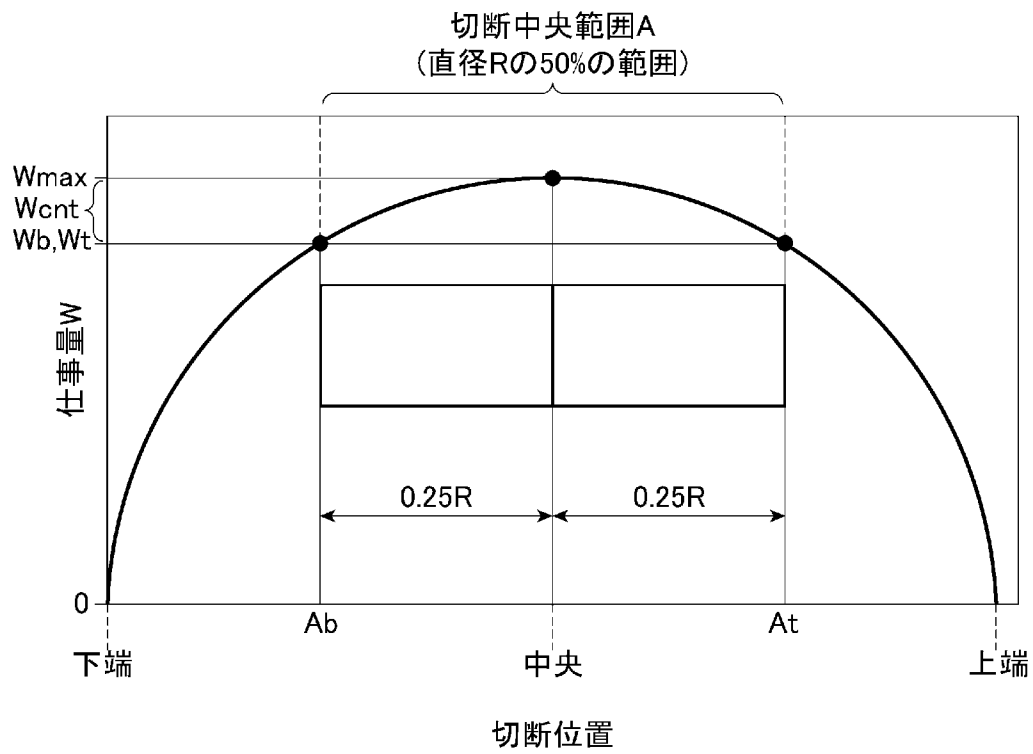
[図10A]



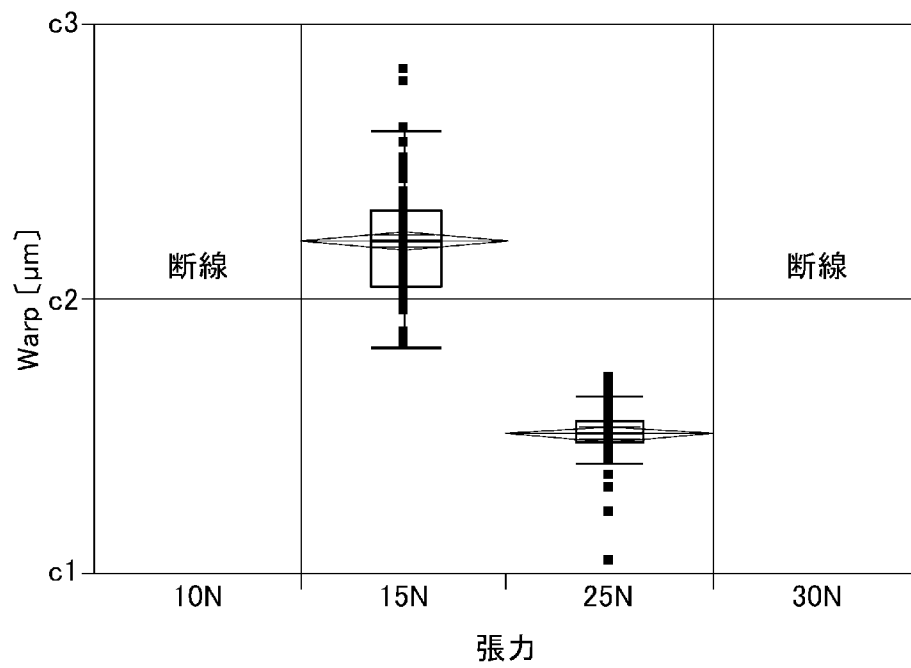
[図10B]



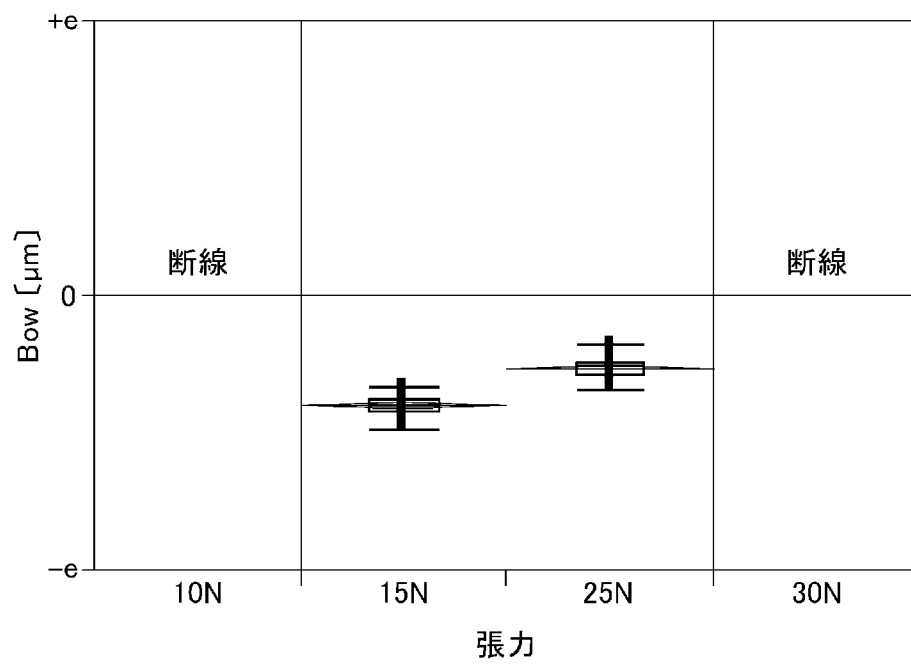
[図11]



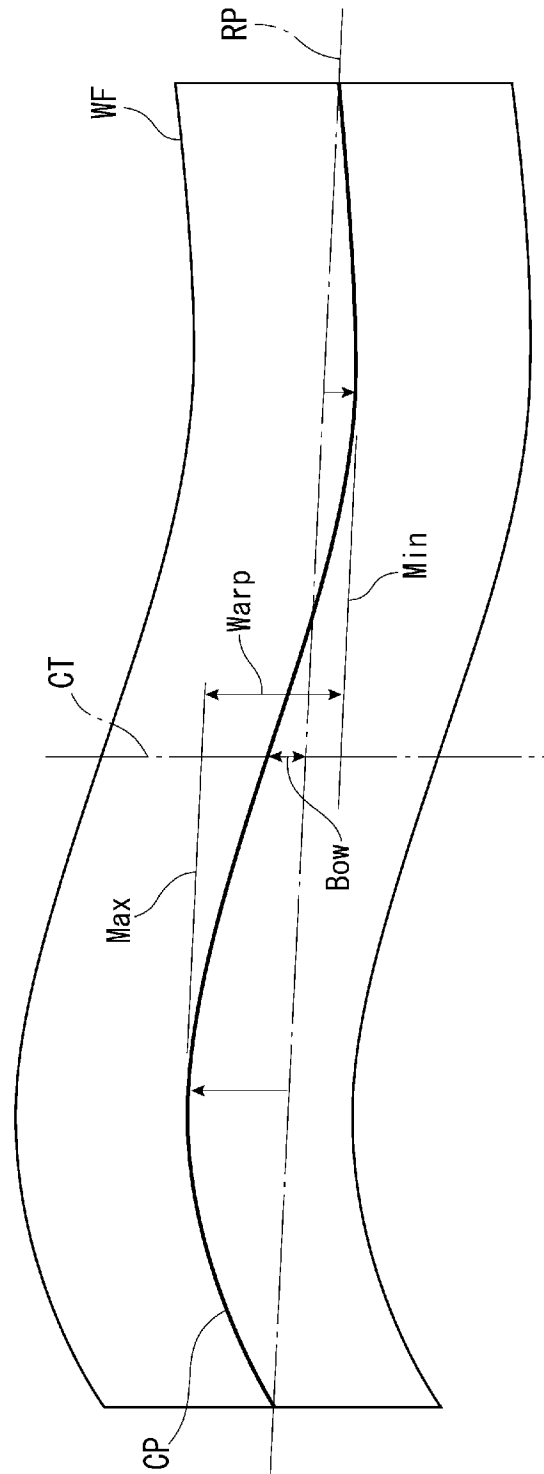
[図12A]



[図12B]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/080632

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/304(2006.01)i, B24B27/06(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)

H01L21/304, B24B27/06, B28D5/04

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y	JP 2004-276207 A (Hiroaki KANAI), 07 October 2004 (07.10.2004), claims; paragraphs [0001] to [0009] (Family: none)	1-2, 7 3-6
X Y	JP 2008-302618 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 18 December 2008 (18.12.2008), paragraphs [0037] to [0041], [0062]; fig. 1, 4 & US 2010/0163010 A1 & WO 2008/149490 A1 & CN 101678563 A & KR 10-2010-0020463 A & TW 200909170 A	1, 7 3-6

☒ 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
04 February 2015 (04.02.15)

Date of mailing of the international search report
17 February 2015 (17.02.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/080632

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	WO 2009/078130 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 25 June 2009 (25.06.2009), paragraphs [0037], [0054]; fig. 1, 8 & US 2010/0258103 A1 & DE 112008003339 T & CN 101855045 A & KR 10-2010-0110296 A & TW 200938347 A	1, 7 3-6
Y	JP 2013-32278 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 14 February 2013 (14.02.2013), paragraph [0034]; fig. 4 & JP 2010-87486 A & US 2011/0163326 A1 & US 2012/0319129 A1 & WO 2010/027044 A1 & CN 102149857 A & TW 201012614 A	3-6
Y	JP 2010-23233 A (Sumitomo Metal Mining Co., Ltd.), 04 February 2010 (04.02.2010), paragraph [0035] (Family: none)	3-6
P, X	JP 2014-30876 A (Hiroaki KANAI), 20 February 2014 (20.02.2014), paragraphs [0036] to [0038]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1-2, 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/304(2006.01)i, B24B27/06(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（I P C））

Int.Cl. H01L21/304, B24B27/06, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X	JP 2004-276207 A（金井 宏彰）2004.10.07, 特許請求の範囲, 段落	1-2, 7
Y	【0001】－【0009】（ファミリーなし）	3-6
X	JP 2008-302618 A（信越半導体株式会社）2008.12.18,	1, 7
Y	段落【0037】－【0041】, 【0062】, 図1, 図4 & US 2010/0163010 A1 & WO 2008/149490 A1 & CN 101678563 A & KR 10-2010-0020463 A & TW 200909170 A	3-6
X	WO 2009/078130 A1（信越半導体株式会社）2009.06.25,	1, 7
Y	段落【0037】, 【0054】, 図1, 図8 & US 2010/0258103 A1 & DE 112008003339 T & CN 101855045 A	3-6

☒ 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

0 4 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

馬場 進吾

3 P

3 7 3 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4

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	& KR 10-2010-0110296 A & TW 200938347 A JP 2013-32278 A (住友電気工業株式会社) 2013. 02. 14, 段落【0034】, 図4	3-6
Y	& JP 2010-87486 A & US 2011/0163326 A1 & US 2012/0319129 A1 & WO 2010/027044 A1 & CN 102149857 A & TW 201012614 A JP 2010-23233 A (住友金属鉱山株式会社) 2010. 02. 04, 段落【0035】 (ファミリーなし)	3-6
P, X	JP 2014-30876 A (金井 宏彰) 2014. 02. 20, 段落【0036】 - 【0038】, 図3-4 (ファミリーなし)	1-2, 7