

(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
2012 年 12 月 6 日(06.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/164757 A1

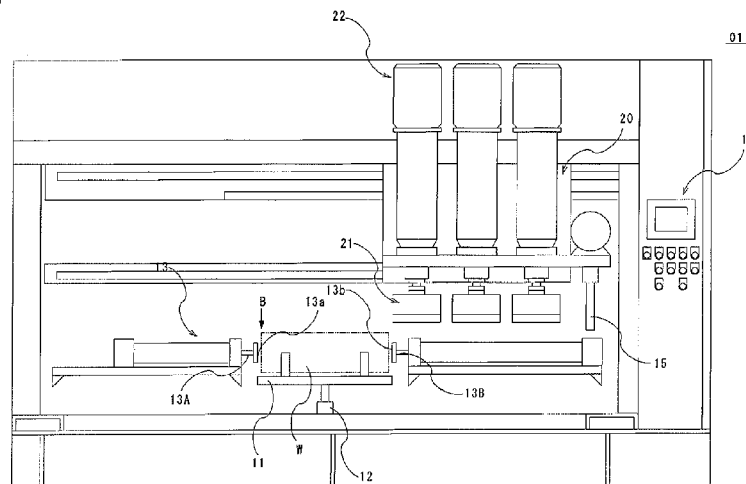
- (51) 国際特許分類:
B28D 5/02 (2006.01) *B24B 29/00* (2006.01)
B24B 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/066526
- (22) 国際出願日: 2011 年 7 月 21 日(21.07.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-121646 2011 年 5 月 31 日(31.05.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 新東工業株式会社 (SINTOKOGIO, LTD.) [JP/JP]; 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁目 2 番 1 2 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 澤井 将太 (SAWAI, Syouta) [JP/JP]; 〒4818678 愛知県北名古屋市宇福寺神明 5 1 番地 新東工業株式会社新東エスピーテックカンパニー西春事業所内 Aichi (JP). 樋口 将雄 (HIGUCHI, Masao) [JP/JP]; 〒4818678 愛知県北名古屋市宇福寺神明 5 1 番地 新東工業株式会社新東エスピーテックカンパニー西春事業所内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 山崎 行造, 外 (YAMASAKI, Yukuzo et al.); 〒1020093 東京都千代田区平河町 2 丁目 1 6 番 1 号 平河町森タワー 10 階 山崎法律特許事務所 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア

[続葉有]

(54) Title: DEVICE FOR MACHINING COLUMNAR MEMBER

(54) 発明の名称: 柱状部材の加工装置

[図1]



(57) Abstract: Provided is a device for preventing cracks and defects when a substrate composed of a hard brittle crystal material is manufactured. A holding means holds both ends of a workpiece, and the distal end of a polishing brush, which is a machining means, is brought into contact with the workpiece and rotated to thereby remove very small cracks present in the surface layer of the workpiece. Grindstone and polishing-brush machining are used in combination in accordance with the shape and dimensions of the workpiece prior to machining, whereby the shape and dimensions can be adjusted and very small cracks can be removed.

(57) 要約: 硬脆性の結晶材料からなる基板を製造する際の割れや欠けを防ぐ装置を提供する。被加工物の両端を挟持する挟持手段と、加工手段である研磨ブラシの先端を被加工物に接触・回転させることで、被加工物の表層に存在する微小クラックを除去する。また、加工前の被加工物の形状や寸法に合わせて、砥石と研磨ブラシとの加工を組み合わせることにより、形状および寸法の調整と微小クラックの除去を行うことができる。



WO 2012/164757 A1



(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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：柱状部材の加工装置

技術分野

[0001] 硬脆性の結晶材料からなるブロックである柱状体の外周面を加工する装置に関する。なお、「硬脆性」とは、非常に高い硬度を持つが衝撃に弱く割れやすい性質を指す。

背景技術

[0002] 各種半導体基板となる硬脆性の結晶材料からなるウェハは、一般に該結晶材料のブロックをワイヤソーやバンドソー等で薄く切断し、その後、面取り加工や仕上げ研磨を経て得られる。この際、該ブロックの表層に微小クラックが存在していると、前述の切断や面取り加工の際に微小クラックが基点となり割れや欠けが発生し、歩留まりが低下する。また、ウェハ形成後の後工程においても、微小クラックが基点となり割れや欠けが発生する。よって、該ブロックの表層には微小クラックが存在していないことが好ましい。結晶材料のブロックの外周部を研磨することによって切断時の割れや欠けを防ぐ方法として、例えば特許第3973843公報が提案されている。

[0003] 特許第3973843公報では四角柱状のシリコンブロックを例示している。結晶材料のブロックは多角柱状、円柱状、その他異形状等、様々な形状があり、また大きさも多様であるため、全ての結晶材料の加工に適用できる安価で高性能な加工装置が要求されている。本発明は、結晶材料の外周部の微小クラックが除去されると共に、寸法精度の高い結晶材料のブロックを得るための加工装置の提供を目的とする。

発明の開示

[0004] 前記課題を解決するために、本発明の加工装置は被加工物の形状が柱状の硬脆性である結晶材料の外周面を加工する加工装置であって、前記被加工物

を加工する時にその両端面を挟持し、加工終了後に前記挟持状態を解除する挟持部を先端に取付けて前後動するようにした挟持軸を備える挟持手段と、前記挟持手段に連結され、該挟持手段の軸心を中心に被加工物を回転させるための被加工物用回転手段と、前記被加工物に先端が接触回転しながら前記被加工物を加工する加工手段が配置された加工ユニットと、加工前の前記被加工物の加工面の高さ位置を検出するための高さ位置検出手段と、前記加工前の被加工物の高さ位置と加工後の高さ位置（すなわち、加工目標となる高さ位置）と加工条件とが入力され、これらを演算して前記加工装置の加工工程を制御するための信号を出力する制御手段と、前記被加工物が加工可能な形状かを判定する判定手段と、を備え、前記演算は、加工前と加工後との被加工物の高さ位置との差の演算、または入力された加工条件に基づいて他の加工条件を設定するための演算、もしくはそれらの組み合わせた演算、のいずれかとした。（第１の発明）

[0005] また、第１の発明に記載の前記加工後の被加工物の寸法である高さ位置は、加工後の被加工物の寸法を持つマスターワークの外周面の高さ位置を検出することによって制御手段に入力してもよい。（第２の発明）

[0006] また、第１または第２の発明に記載の前記判定は、加工前と加工後（加工目標）の被加工物の高さ位置の差を演算することによって行ってもよい。（第３の発明）

[0007] また、第１の発明に記載の前記加工手段が研磨ブラシであって、該研磨ブラシは、砥粒を含有した毛材が該研磨ブラシの底部にリング状に複数本植設された構造を有してもよい。（第４の発明）

[0008] また、第１の発明に記載の前記加工手段が研磨ブラシであって、該研磨ブラシは、砥粒を含有した毛材を複数本束ねた研磨具の基部が回転盤に複数本植設された構造を有してもよい。（第５の発明）

[0009] また、第１の発明に記載の前記加工手段が研磨ブラシであって、該研磨ブラシは、砥粒を含有した弾性体が該研磨ブラシの底部にリング状に配置された構造を有してもよい。（第６の発明）

- [0010] また、第１の発明に記載の前記加工手段が砥石であって、該砥石は砥粒同士が結合剤によって結合した塊状体が円盤状の回転盤の１平面側に固定されており、該塊状体の表面が前記被加工物の加工面に接触して回転するようにしてもよい。（第７の発明）
- [0011] また、第１の発明に記載の加工ユニットは、第４ないし第６の発明に記載の加工手段を複数台水平に接続してもよい。（第８の発明）
- [0012] また、第１の発明に記載の加工ユニットは、第４ないし第６の発明に記載の研磨ブラシと、第７の発明に記載の砥石と、を少なくともそれぞれ１以上水平に接続してもよい。（第９の発明）
- [0013] また、第１の発明に記載の加工装置は、被加工物の同一断面上に配置された第１の加工手段と第２の加工手段を備え、第１の加工手段と第２の加工手段の軸芯は、被加工物の半径方向に一致するように配置されており、第１の加工手段の軸芯と第２の加工手段の軸芯は、所定の角度 θ を構成するように、被加工物の断面中心で交わるように配置してもよい。（第１０の発明）
- [0014] また、第８の発明に記載の加工装置は、被加工物の同一断面上に配置された第１の加工ユニットと第２の加工ユニットを備え、第１の加工ユニットと第２の加工ユニットの軸芯は、被加工物の半径方向に一致するように配置されており、第１の加工手段の軸芯と第２の加工手段の軸芯は、所定の角度 θ を構成するように、被加工物の断面中心で交わるように配置してもよい。（第１１の発明）
- [0015] また、第９の発明に記載の加工装置は、被加工物の同一断面上に配置された第１の加工ユニットと第２の加工ユニットを備え、第１の加工ユニットと第２の加工ユニットの軸芯は、被加工物の半径方向に一致するように配置されており、第１の加工手段の軸芯と第２の加工手段の軸芯は、所定の角度 θ を構成するように、被加工物の断面中心で交わるように配置してもよい。（第１２の発明）
- [0016] また、第８の発明に記載の加工装置は、前記毛材に混合される砥粒の粒度が $F180 \sim \#2000$ であって、その粒度が異なる加工手段を２種類以上

選択し、該加工手段を、その粒度が「粗」から「細」の順に研磨加工するように連設してもよい。（第１３の発明）

[0017] また、第９の発明に記載の加工装置における加工ユニットは、前記砥石を構成する砥粒の粒度（ＪＩＳ Ｒ６００１：１９９８による）がＦ９０～Ｆ２２０または＃２４０～＃５００である砥石と、粗研磨用研磨ブラシと、仕上げ研磨用の研磨ブラシと、を備え、前記粗研磨用研磨ブラシの毛材または弾性体に含まれる砥粒の粒度が＃２４０～＃５００であり、前記仕上げ研磨用ブラシに含まれる砥粒の粒度が＃８００～＃１２００としてもよい。（第１４の発明）

[0018] 第１の発明に記載の加工装置によって、前記柱状部材の表層より２００μｍ以下に存在する微小クラックが除去され、かつ研磨加工面の表面粗さＲ_y（ＪＩＳ Ｂ０６０１：２００１による）が３μｍ以下に加工してもよい。（第１５の発明）

[0019] 第１の発明に記載の柱状部材は、シリコン、セラミックス、水晶、サファイア、砒化ガリウム、ガリウム燐、窒化ガリウム、炭化珪素単結晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、燐化インジウム、等の硬脆性の結晶材料としてもよい。（第１６の発明）

[0020] 第１の発明に記載の柱状部材は水晶であり、前記加工装置は、水晶ランバードの外周面の微小クラックの除去、または前記水晶ランバードよりスライスされた薄板を貼り合わせて塊状体を形成した後の該塊状体の外周面の微小クラックの除去、の少なくともいずれかに用いてもよい。（第１７の発明）

[0021] 加工装置に備えられた加工手段が被加工物の外周面に接触すると共に回転することで、被加工物の表層部が研磨され、微小クラックが除去される。その際、被加工物の形状によっては所定の寸法に加工することができないため、前記判定手段により研磨可能かどうかを判定することができる（第１、２、３の発明）。

[0022] 被加工物の寸法が目的とする寸法に近く、表層のみの研磨のみでよい場合は、前記加工手段を第４ないし第６の発明のいずれかに記載のような研磨ブ

ラシとすることができる。研磨ブラシを第8の発明のように水平に接続した場合、同一の加工能力を有する研磨ブラシを配置した場合は、研磨時間を短縮することができる。第13の発明のようにそれぞれ加工能力の異なる研磨ブラシを配置した場合は一度の動作で粗研磨から仕上げ研磨まで行うことができる。

[0023] 被加工物の寸法および形状が目的とする寸法と差がある場合、前記加工手段を第7の発明に記載のような砥石としてもよく、また第9の発明のように研磨ブラシと組み合わせてもよい。その際、砥石を構成する砥粒および研磨ブラシに含まれる砥粒の粒度を第14の発明の範囲から選択し、適宜配置することで、砥石での研削による寸法調整と、研磨ブラシによる粗研磨と仕上げ研磨を一度の動作で行うことができる。

[0024] 加工手段または加工ユニットを第10ないし第12の発明のように配置することで、加工時間を短縮することができる。

[0025] 本発明における加工装置は、硬脆性の材料全般の加工に好適に用いることができる。例えば、シリコン、セラミックスや、ガラス、水晶、サファイア、砒化ガリウム、ガリウム燐、窒化ガリウム、炭化珪素単結晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、燐化インジウム、等の結晶材料のウェハを形成する工程に好適に用いることができる。これらの材料の表層より $200\mu\text{m}$ 以下に存在する微小クラックを除去し、かつ研磨加工面の表面粗さ R_y を $3\mu\text{m}$ 以下に加工することで、スライス加工時およびスライス加工後の工程（例えば、基板を形成する工程や基板を装置に搭載する工程、等）での割れ・欠けによる不良品の発生を防ぐことができる。また、水晶ウェハの製造工程においては、水晶ランバードの外周面の加工や、水晶ランバードを薄く切断したものを貼り合わせた塊状体の外周面を加工することで、後工程での割れ・欠けによる不良品の発生を防ぐことができる。（第15、16、17の発明）。

[0026] この出願は、日本国で2011年5月31日に出願された特願2011-121646号に基づいており、その内容は本出願の内容として、その一部

を形成する。

また、本発明は以下の詳細な説明により更に完全に理解できるであろう。しかしながら、詳細な説明および特定の実施例は、本発明の望ましい実施の形態であり、説明の目的のためにのみ記載されているものである。この詳細な説明から、種々の変更、改変が、当業者にとって明らかだからである。

出願人は、記載された実施の形態のいずれをも公衆に献上する意図はなく、開示された改変、代替案のうち、特許請求の範囲内に文言上含まれないかもしれないものも、均等論下での発明の一部とする。

本明細書あるいは請求の範囲の記載において、名詞及び同様な指示語の使用は、特に指示されない限り、または文脈によって明瞭に否定されない限り、単数および複数の両方を含むものと解釈すべきである。本明細書中で提供されたいずれの例示または例示的な用語（例えば、「等」）の使用も、単に本発明を説明し易くするという意図であるに過ぎず、特に請求の範囲に記載しない限り本発明の範囲に制限を加えるものではない。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本実施形態における加工装置を説明する説明図である。

[図2]第1の実施形態における研磨ブラシの一例を示す説明図である。

[図3]第1の実施形態における加工手段の変更例を示す説明図である。

[図4]第4の実施形態における加工手段の配置を説明する説明図である。

[図5]本実施形態における架台を説明する説明図である。

[図6]円柱状から四角柱状の被加工物に加工する例を説明する説明図である。

[図7]水晶ウェハの製造工程の一例を説明するための説明図である。

[図8]実施例4を説明するための説明図である。

発明を実施するための形態

[0028] 本発明の加工装置の第1の実施形態として、加工手段として研磨粗さが異なる3つの研磨ブラシを平行に接続（3連）した加工ユニットを備えた加工装置によって被加工物を円柱状に加工する場合を例に、加工装置の構成内容

と作動の詳細について、図を用いて説明する。なお、以降の説明における上下左右方向は特に断りのない限り図中の方向を指す。

[0029] 図1は、図中右端の加工開始前位置に停止している加工ユニット20と、架台11上に載置される2点鎖線で示す被加工物Wの図中左右に挟持手段13のシリンダー駆動により摺動する基準側の挟持軸13Aの先端の挟持部13aと、従動側の挟持軸13Bの先端の挟持部13bが夫々後退して被加工物Wの挟持をしていない開放状態を示す加工装置の正面図であって、前記加工ユニット20には、「粗研磨用」、「中研磨用」、「仕上げ研磨用」として3種類の砥粒の粒度が異なり選択設定された研磨ブラシからなる各加工手段21を図中右側から左側に連設し、前記「粗研磨用」の加工手段21の図中右側に加工開始前に被加工物Wの加工面Pの高さ位置を検出するための高さ位置検出手段15が配置されている。

[0030] 前記した3連の加工手段21における「粗研磨用」は研磨能力を大として表層部に存在する微小クラックの大半を削り取る目的で設けるものであり、「中研磨用」はバンドソーもしくはワイヤソーにより切断したときに発生した表面の凹凸除去と前記「粗研磨」で荒れた表面を微細化する目的で設けるものであり、「仕上げ研磨用」は表面粗さの最終調整を目的に設けるものである。なお、前記「中研磨」の段階で表面の凹凸除去と表面粗さの微細化調整が完了すれば、加工手段21を2連にしても良いものである。

[0031] 被加工物Wの加工に先立ち、高さ位置検出手段15により加工手段21の研磨加工を開始する高さ位置を設定するためにマスターワークを使用する。

前記高さ位置を設定するために、まずマスターワークの両端を挟持手段13にて挟持する。挟持手段13によってマスターワークを挟持する際、例えば図5のように受け部材にV字状の溝（切り欠きV：11b）を有する架台11に載置して行うことが好ましい。該溝にマスターワークを配置することで、該マスターワークの図5（B）における紙面垂直方向の中心が調整される。さらに、該架台は、図1における上下方向の設置位置を調整するための昇降手段12に連結されていることがさらに好ましい。マスターワークを該

架台に載置し、前記挟持手段 13 の挟持軸 13 A を図中右方に位置する基準端面位置 B まで前進させた後、挟持軸 13 B を前進させて挟持部 13 a および 13 b によってマスターワークの両端部を挟持する。その後、該架台を取り外す。本実施例では、被加工物 W の架台 11 への配置および取外しは前記昇降手段 12 によって架台 11 を図 1 における上下方向に移動させることで行われる。

[0032] 挟持手段 13 は、挟持軸 13 A および 13 B の軸芯を中心にして回転する機構を備えており、マスターワークの端面側から見た挟持軸 13 A および 13 B の先端の挟持部 13 a および 13 b の軸芯と、マスターワークの軸芯とが一致するように芯出し調整がされていなければならない。本実施形態では、マスターワークを挟持手段 13 で挟持後、加工ユニット 20 を左方に移動させ、該加工ユニット 20 に配置された高さ位置検出手段 15 によって、マスターワークの外周面高さ位置 H1 を測定し、その後該マスターワークを回転（例えば 180 度）させ、回転した状態での高さ位置 H2 を測定する。H1 と H2 の差を演算し、H1 と H2 が略同一でない場合は、前記架台を上昇させた後挟持軸 13 A および 13 B を各々後退させてマスターワークの挟持を解除する。前記演算結果を基に前記架台の高さ位置（マスターワークを挟持手段 13 で挟持させるための上下方向停止位置）を昇降手段 12 によって調整した後、再びマスターワークを挟持手段 13 で挟持し、挟持されたマスターワークの H1 および H2 が測定される。H1 と H2 が略同一となるとマスターワークの芯出し工程が完了する。

[0033] 芯出し工程完了後の H1 および H2 は、マスターワークの外周面の高さ位置 H を示す。マスターワークの芯出し工程が完了後、加工ユニット 20 は図 1 における右端に移動する。そして、前記架台を上昇させ、前記挟持軸 13 A および 13 B を各々後退させてマスターワークの挟持を解除すると共に架台 11 の V 字状の溝の上にマスターワークを載置する。その後、マスターワークを被加工物 W と交換し、マスターワークの場合と同様の工程にて被加工物 W の両端を挟持する。

[0034] 次に、被加工物Wが加工可能な形状かどうかの判定を行う。例えば、加工目標の寸法に対し、被加工物Wが小さい箇所がある場合や大きすぎて砥石または研磨ブラシでの加工に適さない場所がある場合は不合格品として加工を中止する。形状の判定は、3次元測定器等公知の技術より適宜選択することができるが、本実施形態では、高さ位置検出手段15によって被加工物Wの高さ位置を測定し、演算によって判定を行った。例えば、被加工物Wの右端近傍、左右方向中央、左端近傍の位置でそれぞれ45°ずつ回転させ、合計24点の高さ位置を測定し、これらとマスターワークの高さ位置との差を演算することで判定を行うことができる。

[0035] 前記判定に合格した被加工物Wは、マスターワークの時と同様に芯出し工程を行われる。前記芯出し工程が完了したら、該加工ユニット20を図1における左端に移動させる。なお、前記マスターワークの芯出し工程によって計測されたマスターワークの外周面高さ位置Hと、前記被加工物Wの芯出し工程によって計測された被加工物Wの外周面高さ位置hと、がそれぞれ制御手段16に記憶される。

[0036] あらかじめ作業者が制御手段16に手動で入力して記憶させた加工条件（加工手段21の加工能力、前工程における被加工物Wの切断条件、加工手段21の回転速度、被加工物Wの回転速度、加工ユニット20の移動速度、等）および自動的に制御手段16に記憶されたマスターワークおよび加工前の被加工物の前記高さ位置H、hに基づいて演算処理が行われ、加工手段21の被加工物Wの加工面に対する切り込み量が決定され、切り込み量の信号が制御手段16より出力さる。この信号に基づいて加工ユニット20が上下方向、すなわち加工ユニット20と加工面Pの距離方向に移動される。なお、「切り込み量」とは、加工手段21の被加工物方向への送り量であって、被加工物の加工代、加工手段の種類、加工手段の加工能力、被加工物の物性、等によって決定される。

[0037] 次に、前記加工条件に基づいて制御手段16より出された信号により加工手段21、被加工物Wを所定の回転速度にて回転させ、また加工ユニット2

0を所定の移動速度にて図1における右方向へ移動させる。この移動は、挟持軸13Aおよび13Bの軸方向への移動であり、「前後動」ともいう。この移動によって、被加工物Wの被加工面Pと回転している加工手段21の先端部は接触し、加工（研磨）が行われる。前述の通り、加工手段21は図1の右から左に向かって順に加工手段に含まれる砥粒の粒度が「粗」→「細」の順に並んでいるので、この移動によって、「粗研磨」→「中研磨」→「仕上げ研磨」が行われる。加工ユニット20が所定の位置（最右端）に移動したら加工手段21および被加工物Wの回転を止める。その後、前記架台11が上昇して被加工物Wを載置した後、挟持軸13Aおよび13Bが後退し、該被加工物Wの挟持が解除され、該被加工物Wを取り出すことで加工が完了する。

[0038] 複数の被加工物Wを加工する場合は、前記架台に新たに被加工物Wを設置した後、同様に被加工物の挟持工程、被加工物の芯出し工程を経て加工を行う。すなわち、最初にマスターワークの高さ位置を測定することで、その後複数の被加工物Wの加工を行うことができる。

[0039] 本実施形態では、加工ユニット20を図中左右方向へ移動させたが、被加工物Wを移動させてもよいし、加工ユニット20と被加工物Wの双方を移動させてもよい。

[0040] 本実施形態では、加工条件を手動で制御手段16に入力したが、手動で入力された加工条件と自動で入力（記憶）された外周面高さ位置より、入力されていない加工条件を制御手段16にて演算させて加工を行ってもよい。たとえば、被加工物の加工面Pに対する加工手段21の先端の切り込み量と加工手段21の回転速度を入力することで、被加工物Wの移動速度を制御手段16により演算させてもよいし、他の加工条件や高さ位置から切り込み量を制御手段16により演算させてもよい。そして、これらの演算結果に基づいて加工を行うことができる。

[0041] 入力する加工条件は本実施形態の項目に限られない。たとえば、加工手段21の種類、被加工物Wの材質、加工前の被加工物Wの形状、加工目的とす

る被加工物Wの形状、加工箇所、等を入力してもよい。

[0042] 図2 (A) および (B) は、前記加工手段21である研磨ブラシの一例を示すもので、砥粒を混合したナイロン等の合成樹脂からなる毛材24aを束ねて研磨具24とし、該研磨具24の基部24bを加工用回転手段22に連結し水平回転するようにした研磨具取付プレート23に着脱自在に取付けて、下端が被加工物Wの加工面Pに接触回転して研磨を行い、研磨具24が磨耗したら該研磨具24を研磨具取付プレート23から取外して新しい研磨具24に交換できるものである。なお、加工手段21である研磨ブラシは、図2に示すものに限るものでなく、砥粒を混合した毛材24aからなる研磨具24を研磨具取付プレート23に直接取付けて固定し、該研磨具24が磨耗したら研磨具取付プレート23共々交換するものでもよいし、研磨具24を使用せず、砥粒を含有したナイロン等の合成樹脂からなる毛材24cを、加工手段21の底部にリング状に植設してもよい（図3 (A) 参照。上図が正面図を、下図が底面図を表す。）。また、例えば、加工の際に略90°の角度をなす柱状体の角部に加工手段21が接触する場合など、加工手段21と被加工物Wの接触によって欠け（チッピング）が生じることが問題となる場合には、砥粒を含有した合成樹脂からなる弾性体24dを加工手段21の底部にリング状に配置してもよい（図3 (B) 参照。上図が正面図を、下図が底面図を表す。）。この場合の弾性体24dとは、例えば硬度が比較的柔らかい樹脂のバルク体や、内部に多数の気泡を有するポリウレタンやウレタンをはじめとする樹脂のバルク体や、繊維状の弾性体を互いに絡ませたものでもよい。硬度が比較的柔らかい樹脂のバルク体では、樹脂自体が緩衝材として働く。気泡を有する樹脂のバルク体では内部の気泡が緩衝材として働く。砥粒を含有し互いに絡み合った弾性体では、該弾性体が絡み合うことで、これらの集合体の内部には空気が包括されることとなり、この空気層が緩衝材として働く。いずれの場合も、該弾性体24dが被加工物に接触した際に適度な弾性力を保持するよう、合成樹脂の種類および砥粒の含有率などを適宜選択する。なお、前記毛材または弾性体に混合される砥粒の粒度はF180

～＃２０００（砥粒の粒度の定義はＪＩＳ規格 Ｒ６００１：１９９８による）の範囲から目的にあった加工能力を得られる様に選択することが望ましい。

[0043] また、１つの研磨ブラシ２１に対して少なくとも２種類以上の毛材または弾性体を配置してもよい。その際は、研磨ブラシ２１底部の外周に近い側に、砥粒の小さな毛材または弾性体を配置し、内側に砥粒の大きな毛材または弾性体を配置する。内側に配置された砥粒の大きな毛材または弾性体により粗研磨を行い、外周側に配置された砥粒の小さな毛材および弾性体により中研磨または仕上げ研磨を行うことができる。すなわち、１つの研磨ブラシ２１によって２つ以上の効果を得ることが出来るため、加工ユニット２０に配置する研磨ブラシ２１の個数を少なくすることができる。

[0044] 次に、先述の「粗」→「細」のような多段加工を必要とせず、１段階の加工で要求される表面が得られる場合を第２の実施形態として説明する。なお、ここでは第１の実施形態と異なる点についてのみ説明する。

[0045] 例えば、加工前の被加工物Ｗの表面の微小クラックが微小で、かつ加工前の表面粗さが要求値に対して大差がない場合は、加工手段２１（研磨ブラシ）は前述の「中研磨用」または「仕上げ研磨用」のみで加工を行うことができる。このような場合、研磨の目的に合わせた粒度の砥粒を含有する毛材または弾性体を備えた加工手段２１を１つのみ配置して加工を行ってもよい。

[0046] また、第１の実施形態の様に複数台の加工手段２１を平行に接続する場合、同じ加工能力を有する加工手段２１を配置することで、加工時間を短縮することができる。

[0047] 次に、仕上げ前の被加工物Ｗが仕上げ目的の寸法より大きすぎる場合や、加工前の被加工物Ｗが多角柱状の場合等、研磨ブラシによる研磨では加工量が不足する場合を第３の実施形態として説明する。なお、ここでは、第１の実施形態と異なる点についてのみ説明する。

[0048] この場合、前記加工手段２１の少なくとも１つを砥石に変更してもよい。砥石を配置する場合、例えば図１において右から順に「砥石」「粗研磨用ブ

ラシ」「仕上げ研磨用ブラシ」の順に配置する。

[0049] 砥石は、砥粒同士が結合剤によって結合した塊状体（図示せず）が回転盤（図示せず）の被加工物W側平面上に固定されている。該回転盤はその軸心を中心に回転させるための加工用回転手段22が接続されており、前記固定された砥粒の表面が被加工物Wに接触し、かつ水平回転することで砥石による加工が行われる。なお、砥粒同士の結合は、例えば砥粒とフェノール樹脂（結合剤）と充填剤を混合した後成型したものを所定の温度にて焼成することで行われる。また、結合力が弱い場合は成型時にガラス繊維等を補強材として混入させてもよく、砥石に要求される研磨力や強度に合わせて結合剤を変更してもよい。

[0050] 加工ユニット20は、それぞれの加工手段21が単独で図1における上下方向に移動できる機構をそなえている。加工ユニット20を図1における左方に移動させた後、砥石のみを同図下方に移動させると共に回転させ、前述のように被加工物Wの回転および加工ユニット20の右方への移動を経て砥石による加工（研削）が完了する。次に、砥石を上昇させた後加工ユニット20を同図左方に移動させ、研磨ブラシを下方に移動させ同様に加工することで研磨ブラシによる加工（研磨）が完了する。以上の工程により、砥石による寸法および形状の調整と、研磨用ブラシによる微小クラックの除去とを行うことができる。

[0051] 硬脆性の材料を良好に加工でき、かつ新たな微小クラックを発生しないためには、該砥石を構成する粒度はF90～F220または#240～#500の範囲より適宜選択することが望ましい。また、その際、粗研磨用ブラシの毛材または弾性体に含まれる砥粒の粒度は#240～#500、仕上げ研磨用ブラシの毛材または弾性体に含まれる砥粒の粒度は#800～#1200の範囲から目的の加工能力が得られるように選択することが望ましい。

[0052] 次に、第4の実施形態にかかる加工装置について、図4を参照しながら説明する。本実施形態にかかる加工装置では、加工時間を短縮するように加工手段21を配置した装置構成となっている。なお、ここでは第1の実施形態

と異なる点についてのみ説明する。

[0053] 第4の実施形態にかかる加工装置では、被加工物Wの同一断面（円形）上に、すなわち断面の延長上に、第1の加工手段25と第2の加工手段26が配置されている。

第1の加工手段25と第2の加工手段26の軸芯は、被加工物Wの半径方向に一致するように配置されており、第1の加工手段25と第2の加工手段26が互いに干渉しないようにするために、第1の加工手段25の軸芯と第2の加工手段26の軸芯は、所定の角度 θ を構成するようにして、被加工物Wの断面中心で交わるように配置されている（図4（B）参照。同図の右図は正面、左図は左側面を示す。）。この角度 θ は、第1の加工手段25と第2の加工手段26が互いに干渉しない限り、任意に設定することができるが、角度 θ を 180° に設定し、第1の加工手段25の軸芯と第2の加工手段26の軸芯が完全に一致して対向するように配置することもできる（図4（A）参照。同図の右図は正面、左図は左側面を示す。）。

[0054] このような構成とすることによって、被加工物Wは円周方向に回転しながら加工されるため、被加工物の加工面は第1の加工手段25と第2の加工手段26の2箇所において同時に加工されるため、加工時間が短縮される。

[0055] また、本実施形態の加工装置においても、第1の加工手段25および第2の加工手段26をそれぞれ被加工物Wの長手方向に2連、あるいは3連として配置した、第1の加工ユニット20aおよび第2の加工ユニット20bを配置することもできる。

この場合、被加工物Wの長手方向に沿って右から順に、第1列目の第1の加工手段25aと第2の加工手段26a、第2列目の第1の加工手段25bと第2の加工手段26b、および第3列目の第1の加工手段25cと第2の加工手段26c、が配置されるようになっている。

その際、それぞれの加工手段に備えられている毛材または弾性体に含有される砥粒の粒度は、第1の加工手段25aと第2の加工手段26a、第1の加工手段25bと第2の加工手段26b、第1加工手段25cと加工手段26

c、がそれぞれ略同一、すなわち略同一の加工能力を有するようにする。

[0056] また、第2の実施形態と同様に、一種類の加工能力を有する加工手段によって加工を行うことができるときは、全ての加工手段に備えられている毛材または弾性体に含有される砥粒の粒度を略同一とし、すべての加工手段の加工能力を略同一とすることができる。

[0057] また、第3の実施形態と同様に、第1の加工ユニット20aと第2の加工ユニット20bにおける加工手段をそれぞれ少なくとも1つ以上砥石に変更することができる。

[0058] また、上述した第4の実施形態にかかる加工装置では、被加工物Wの円周方向に第1の加工手段25と第2の加工手段26の2つの加工手段を設置する構成について説明したが、これに限定されるものではなく、各加工手段が互いに干渉しない限りにおいて、設置スペースや目標とする加工時間等にあわせて任意の個数の加工手段、たとえば第3の加工手段（図示せず）をさらに配置するようにしても良い。

[0059] 次に、被加工物Wを多角柱状（本実施例では四角柱状）に加工する場合を第5の実施形態として説明する。なお、ここでは第1の実施形態と異なる点についてのみ説明する。

[0060] まず、マスターワークを例えば図5（A）のような架台11に、平面部が上面となるように載置した後、挟持手段13によって両端を挟持する（図5（C）参照。切り欠きL：11cによって載置される）。その後、高さ位置測定手段で高さ位置を測定した後、挟持を解除して被加工物Wと交換し、該被加工物Wを挟持する。その後、架台11を下降させる。

[0061] 次に、被加工物Wが加工可能な形状かどうかの判定を行う。例えば、予め入力した仕上げ寸法に対し、被加工物Wが小さい箇所がある場合や大きすぎて砥石または研磨ブラシでの加工には適さない場所がある場合は不合格品として加工を中止する。形状の判定は、3次元測定器等公知の技術より適宜選択することができるが、本実施形態では、例えば、被加工物Wの右端近傍、左右方向中央、左端近傍の位置でそれぞれ45°ずつ回転させ、合計24点

の高さ位置を測定し、これらとマスターワークの高さ位置との差を演算することで判定を行うことができる。本実施形態では、第1の実施形態の場合と同様に高さ位置検出手段15によって被加工物Wの高さ位置を測定し、演算によって判定を行った。なお、四角柱の場合は平面部と角部で高さ位置が異なることを考慮して演算が行われる。

[0062] 前記判定に合格した被加工物Wは、加工後に平面部となる面を上になるように被加工物回転手段にて回転させて調整したのち、架台11に配置される。ここで、該被加工物Wが目標の寸法より大きく、研磨ブラシによる加工のみでは目標とする寸法を得ることが困難な場合は、第3の実施形態のように加工手段の一つを砥石とし、先ず砥石での研削によって寸法の調整を行う。

[0063] 加工ユニット20を図1における左方に移動させた後、測定された高さ位置と予め入力された加工手段の切り込み量とを演算し、その結果に基づいて加工ユニット20を同図下方に移動させた後、砥石を下降させると共に該砥石を回転させ、その後加工ユニット20を同図右方へ移動させることで砥石での研削により第1の平面部の形状および寸法が調整される。次に、該砥石の回転を止めると共に上昇させた後、加工ユニット20を同様に左方に移動させる。移動後、研磨ブラシを下降させると共に該研磨ブラシを回転させ、その後加工ユニット20を同様に同図右方へ移動させることで、第1の平面部の加工が完了する。

[0064] その後、昇降手段12を下降させて被加工物Wの載置を解除した後、被加工物回転手段により被加工物Wを90°回転させた後、昇降手段12を上昇させて再び被加工物Wを架台へ載置する。その後同様の工程を経て第2の平面部の加工が完了する。以上の工程を繰り返すことで、4辺の平面部の加工が完了する。

[0065] 次に、昇降手段12を下降させて被加工物Wの載置を解除した後、被加工物回転手段により被加工物Wを45°回転させた後、昇降手段12を上昇させて再び被加工物Wを架台11へ載置する（図5（D）参照。切り欠きV：11bによって載置される）。その後第1の平面部の加工と同様の工程を経

て第1の稜角部の加工が完了する。その後、昇降手段12を下降させて被加工物Wの載置を解除した後、被加工物回転手段により被加工物Wを90°回転させた後、昇降手段12を上昇させて再び被加工物Wを架台へ載置する。その後同様の工程を経て第2の稜角部の加工が完了する。以上の工程を繰り返すことで、4つの稜角部の加工が完了する。

[0066] その後、挟持軸13Aおよび13Bを後退させて被加工物Wの挟持を解除し、架台11より取り外すことで、4辺の平面部および4つの稜角部の加工が完了した被加工物Wを得ることができる。

[0067] 加工前の被加工物Wの寸法が目的の寸法と大きな差がない場合は、加工手段21を全て研磨ブラシとして、前述の形状および寸法を調整する工程を省略することができる。また、前記形状および寸法を調整する工程を別の装置で行った場合の加工も同様に、加工手段21を全て研磨ブラシとして加工を行うことができる。

[0068] また、四角柱形状の場合、例えば円柱形状の被加工物Wをワイヤソーやバンドソー等によって四角柱状に加工された場合等（図6参照）、角部が曲線である場合の角部の加工の際は、架台11への載置を解除した状態で、被加工物Wを45°の回転を往復させながら加工を行う。

[0069] また、1段階の加工で目的の表面が得られる場合は、第2の実施形態の様に同一の加工能力を備える研磨ブラシを配置することで加工時間を短縮することができる。

[0070] また、第4の実施形態の場合と同様に、複数の加工ユニット20を配置してもよい。例えば、第1の加工ユニット20aと第2の加工ユニット20bとを、被加工物に対して対象に配置して四角柱状の被加工物Wを加工した場合、第1の平面部と第3の平面部、第2の平面部と第4の平面部、第1の稜角部と第3の稜角部、第2の稜角部と第4の稜角部、がそれぞれ同時に加工されるため、加工時間を半分とすることができる。

[実施例1]

[0071] 加工目標寸法とほぼ同一である円柱状および四角柱状のシリコンブロック

の加工を行った。加工前の前記被加工物Wの表層部には、深さが80～100 μm の微小クラックが存在しその表面粗さR_yは9～11 μm であり、該シリコンブロックをワイヤソーで切断（スライス加工）してシリコンウェハにしたときの割れ・欠け等による不良品の発生率が5～6%であった。

[0072] 本実施例に用いる加工装置に、第1の実施形態に記載の加工装置を用いて前記被加工物（W）としたシリコンブロックを加工して微小クラックおよび凹凸を除去し、表面粗さを微小化した後、該シリコンブロックをワイヤソーでスライス加工してシリコンウェハを形成したときの割れ・欠け等による不良品の発生率を低減させた結果について述べる。

[0073] 本実施例における加工条件を表1とし、制御手段16に入力後、それぞれ3本のシリコンブロックの加工を行った。その結果、円柱状および四角柱状のシリコンブロックは、いずれも表2に示すとおり、シリコンブロックの表層部に存在する微小クラックの深さおよび外周面の凹凸を大幅に小さくすることができ、その結果、微小クラックの最大深さが0.9 μm 、表面粗さが平面部R_y 0.7～1.0 μm （平均：R_y 0.9 μm ）、であって、微小クラックおよび凹凸の除去と表面粗さを微小化することができ、そのシリコンブロックをそれぞれ3個ともワイヤソーでスライス加工してシリコンウェハにしたときの割れ・欠け等による不良品の発生率を2%程度低減することができた。微小クラックの最大深さは3.0 μm 以下、望ましくは2.3 μm 以下であることが望ましい。前記最大深さが3.0 μm 以上では前記不良品の発生率が増大する。また、前記最大深さが2.3 μm 以下であれば、数十 μm の厚さにスライス加工してシリコンウェハにしたときの割れ・欠け等による不良品の発生率に与える影響が少ない。本実施例では前記最大深さが0.9 μm であり、前記不良品の発生率に影響を与える2.3 μm を大幅に下回ることができた。

[0074] [表1]

[表 1]

項目	条件	
	円柱状	四角柱状
加工手段の 砥粒の粒度	粗研磨用 : #240 中研磨用 : #500 仕上げ研磨用 : #800	粗研磨用 : #240 中研磨用 : #500 仕上げ研磨用 : #800
加工手段の径 (mm)	$\phi 210$	$\phi 210$
加工手段の 回転速度 (min^{-1})	1,400	1,400
被加工物の回転速度 (min^{-1})	100	—
加工ユニットの移送速度 (mm/sec)	3	20
切り込み量 (mm)	粗研磨用 : 1.0 中研磨用 : 1.0 仕上げ研磨用 : 1.0	粗研磨用 : 1.0 中研磨用 : 1.0 仕上げ研磨用 : 1.0

[0075] [表 2]

項目	結果	
	加工前	加工後
微小クラックの最大深さ (μm)	80~100	0.7~0.9
表面粗さ R_y (μm)	9~11	0.7~1.0
不良品の発生率 (%)	5~6	3~4

[実施例 2]

[0076] 加工目標寸法より大きく、研磨ブラシのみでの加工では困難な場合として、加工手段として1つの砥石と2つの研磨ブラシを組み合わせる円柱状およ

び四角柱状のシリコンブロックの加工を表3の条件にて実施例1と同様にそれぞれ3本のシリコンブロックの加工を行った。加工前のシリコンブロックの高さ位置と加工目標寸法との差を演算し、研磨ブラシによる加工代分だけ加工目標寸法より大きくなるように砥石の送り量を設定して加工した後、研磨ブラシの送り量を表3の条件として加工を行った。その結果、円柱状および四角柱状のシリコンブロックは、いずれもシリコンブロックの外周面の凹凸を大幅に小さくすることができ、表面粗さが $R_y 0.7 \sim 1.0 \mu m$ （平均： $R_y 0.9 \mu m$ ）であった。そのシリコンブロックをそれぞれ3個ともワイヤソーでスライス加工してシリコンウェハにしたときの割れ・欠け等による不良品の発生率は、1～2%と良好な結果を得ることができた。

[0077] [表3]

項目	条件	
	円柱状	四角柱状
加工手段の 砥粒の粒度	砥石 : F180 粗研磨用 : #240 仕上げ研磨用 : #800	砥石 : F180 粗研磨用 : #240 仕上げ研磨用 : #800
加工手段の径 (mm)	砥石 : $\phi 250$ 研磨ブラシ : $\phi 210$	砥石 : $\phi 250$ 研磨ブラシ : $\phi 210$
加工手段の 回転速度 (min^{-1})	砥石 : 2,700 研磨ブラシ : 1,400	砥石 : 2,700 研磨ブラシ : 1,400
被加工物の回転速度 (min^{-1})	100	—
加工ユニットの移送速度 (mm/sec)	砥石 : 3 研磨ブラシ : 3	砥石 : 20 研磨ブラシ : 20
切り込み量 (mm)	粗研磨用 : 1.0 仕上げ研磨用 : 1.0	粗研磨用 : 1.0 仕上げ研磨用 : 1.0

[実施例3]

[0078] 他の結晶材料の一例として、加工目標寸法とほぼ同一である円柱状および四角柱状の水晶ブロックの加工を行った。表4の条件にて実施例1と同様にそれぞれ3本の水晶ブロックの加工を行った。その結果、円柱状および四角

柱状の水晶ブロックの外周面の凹凸を大幅に小さくすることができ、表面粗さが $R_y 0.3 \sim 0.5 \mu m$ （平均： $R_y : 0.4 \mu m$ ）となった。その水晶ブロックをそれぞれ3個ともワイヤソーでスライス加工して水晶ウェハとしたときの割れ・欠け等による不良品の発生率も2%程度低減していた。

[0079] [表4]

項目	条件	
	円柱状	四角柱状
加工手段の 砥粒の粒度	粗研磨用 : #240 中研磨用 : #500 仕上げ研磨用 : #800	粗研磨用 : #240 中研磨用 : #500 仕上げ研磨用 : #800
加工手段の径 (mm)	$\phi 170$	$\phi 170$
加工手段の 回転速度 (min^{-1})	1,700	1,700
被加工物の回転速度 (min^{-1})	100	—
加工ユニットの移送速度 (mm/sec)	0.2	1.2
切り込み量 (mm)	粗研磨用 : 1.0 中研磨用 : 1.0 仕上げ研磨用 : 1.0	粗研磨用 : 1.0 中研磨用 : 1.0 仕上げ研磨用 : 1.0

[実施例4]

[0080] 四角柱形状や円柱形状以外の形状の加工例として、水晶ウェハの製造について説明する。水晶ウェハは、図7に示すように、水熱育成法等によって結晶を成長させて人工水晶を得る結晶育成工程（図7（A）参照）、前記人工水晶の軸方向を明確にするために表面を研削して水晶ブロック（以降、「水晶ランバート」と記す）を得るランバード加工（図7（B）参照）、ランバード加工された人工水晶を周波数特性に合わせて所定の角度で薄くスライスする切断工程（図7（C）参照）、スライスされた人工水晶同士をワックス等で張り合わせて塊状体を形成する（例えば50～70枚）固定工程（図7（D）参照）、前記塊状体の外形をウェハとしての外形の寸法を調整するた

めに研磨する外形研磨工程、前記ワックス等を取り除く剥離工程（図 7（E）参照）、を経て水晶ウェハを得ることができる（図 7（F）参照）。

[0081] 水晶ランバートは例えば図 8 に示すように両端面が水平ではない場合がある。このように、両端面が水平でない形状の被加工物を加工する際、挟持部 13 a および 13 b の先端に、前記被加工物の先端の形状にあわせた挟持補助部材 13 c および 13 d を連結し、該挟持補助部材 13 c、13 d を介して被加工物 W を挟持手段 13 によって挟持する。その後、水晶ランバートの外周面を前述のように加工することで、その後の切断工程での割れ・欠け等の不良品の発生率を抑制することができた。

[0082] また、前記外形研磨工程において、本発明の加工装置によって加工を行うことで、前記切断工程等で生じた微小クラックの深さおよび外周面の凹凸を大幅に小さくすることができる。加工後、前記剥離工程を経て得られた水晶ウェハは、外周面の微小クラックが除去されているために、後工程において微小クラックを基点にクラックが成長した粗大クラックの発生を抑制することができ、不良品の発生率を低減させることができた。後工程とは、例えば水晶ウェハを使用して水晶振動子を製造する場合は、研磨により周波数に合わせた厚みに調整する工程、これをワックス等で貼り合わせる工程、これを所定の設計寸法に切断する工程、水晶片の中央に振動を集中させるためにエッジを研削するベベル加工、前記ワックス等を取り除く工程、加工変質を除去し周波数の精度を向上させるエッチング工程、蒸着法等による電極を形成する工程、周波数の最終調整後ケーシングに封入する工程、が挙げられる。

産業上の利用可能性

[0083] 本発明により加工された硬脆性の結晶材料のブロックは、ワイヤソーやバンドソーにより薄く切断された後、切断面をラッピング研磨することでウェハを得ることができる。例えば、薄膜太陽電池パネル等の各種半導体基板に用いられるシリコンウェハ、電子デバイスや光学基板に用いられる石英ウェハ、LED 基板などに用いられるサファイアウェハや砒化ガリウムウェハやガリウム燐ウェハや窒化ガリウムウェハ、パワーデバイス等に用いられる炭

化珪素単結晶ウェハ、SAWフィルタに用いられるタンタル酸リチウムウェハやニオブ酸リチウムウェハ、超高速半導体素子に用いられる燐化インジウムウェハ等、あらゆるウェハの製造に適用することができる。

[0084] 以下に、本明細書で用いた符号のうち、主なものをまとめて記載する。

0 1	加工装置
1 1	架台
1 1 a	受け部材
1 1 b	切り欠きV
1 1 c	切り欠きL
1 2	昇降手段
1 3	挟持手段
1 3 A、1 3 B	挟持軸
1 3 a、1 3 b	挟持部
1 5	高さ位置検出手段
1 6	制御手段
2 0	加工ユニット
2 1	加工手段
2 2	加工用回転手段
2 3	研磨具取付プレート
2 4	研磨具
2 4 a、2 4 c	毛材
2 4 b	基部
2 4 d	弾性体

請求の範囲

- [請求項1] 被加工物の形状が柱状の硬脆性である結晶材料の外周面を加工する加工装置であって、前記被加工物を加工する時にその両端面を挟持し、加工終了後に前記挟持状態を解除する挟持部を先端に取付けて前後動するようにした挟持軸を備える挟持手段と、
- 前記挟持手段に連結され、該挟持手段の軸心を中心に被加工物を回転させるための被加工物用回転手段と、
- 前記被加工物に先端が接触回転しながら前記被加工物を加工する加工手段が配置された加工ユニットと、
- 加工前の前記被加工物の加工面の高さ位置を検出するための高さ位置検出手段と、
- 前記加工前の被加工物の高さ位置と加工後の被加工物の高さ位置と加工条件とが入力され、これらを演算して前記加工装置の加工工程を制御するための信号を出力する制御手段と、前記被加工物が加工可能な形状かを判定する判定手段と、を備え、
- 前記演算は、加工前と加工後との被加工物の高さ位置との差の演算、または入力された加工条件に基づいて入力されていない加工条件を設定するための演算の少なくともいずれかであることを特徴とする柱状部材の加工装置。
- [請求項2] 前記加工後の被加工物の寸法である高さ位置は、加工後の被加工物の寸法を持つマスターワークの外周面の高さ位置を検出することによって制御手段に入力されることを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項3] 前記判定は、加工前と加工後の被加工物の高さ位置の差を演算することによって行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の柱状部材の加工装置。

- [請求項4] 前記加工手段が研磨ブラシであって、該研磨ブラシは、砥粒を含有した毛材が該研磨ブラシの底部にリング状に複数本植設された構造を有することを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項5] 前記加工手段が研磨ブラシであって、該研磨ブラシは、砥粒を含有した毛材を複数本束ねた研磨具の基部が回転盤に複数本植設された構造を有することを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項6] 前記加工手段が研磨ブラシであって、該研磨ブラシは、砥粒を含有した弾性体が該研磨ブラシの底部にリング状に配置された構造を有することを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項7] 前記加工手段が砥石であって、該砥石は砥粒同士が結合剤によって結合した塊状体が円盤状の回転盤の1平面側に固定されており、該塊状体の表面が前記被加工物の加工面に接触して回転するようにしたことを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項8] 前記加工ユニットは、請求項4ないし請求項6の発明に記載の加工手段を複数台水平に接続したことを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項9] 前記加工ユニットは、請求項4ないし請求項6の発明に記載の研磨ブラシと、請求項7の発明に記載の砥石と、を少なくともそれぞれ1以上備え、水平に接続したことを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項10] 前記加工装置は、被加工物の同一断面上に配置された第1の加工手段と第2の加工手段を備え、第1の加工手段と第2の加工手段の軸芯は、被加工物の半径方向に一致するように配置されており、第1の加工手段の軸芯と第2の加工手段の軸芯は、所定の角度 θ を構成するように、被加工物の断面中心で交わるように配置したことを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。
- [請求項11] 前記加工装置は、被加工物の同一断面上に配置された第1の加工ユニットと第2の加工ユニットを備え、第1の加工ユニットと第2の加

工ユニットの軸芯は、被加工物の半径方向に一致するように配置されており、第1の加工手段の軸芯と第2の加工手段の軸芯は、所定の角度 θ を構成するように、被加工物の断面中心で交わるように配置しことを特徴とする請求項8に記載の柱状部材の加工装置。

[請求項12] 前記加工装置は、被加工物の同一断面上に配置された第1の加工ユニットと第2の加工ユニットを備え、第1の加工ユニットと第2の加工ユニットの軸芯は、被加工物の半径方向に一致するように配置されており、第1の加工手段の軸芯と第2の加工手段の軸芯は、所定の角度 θ を構成するように、被加工物の断面中心で交わるように配置したことを特徴とする請求項9に記載の柱状部材の加工装置。

[請求項13] 前記加工装置は、前記毛材に混合される砥粒の粒度がF 180～#2000であって、その粒度が異なる加工手段を2種類以上選択し、該加工手段を、その粒度が「粗」から「細」の順に研磨加工するように連設しことを特徴とする請求項8に記載の柱状部材の加工装置。

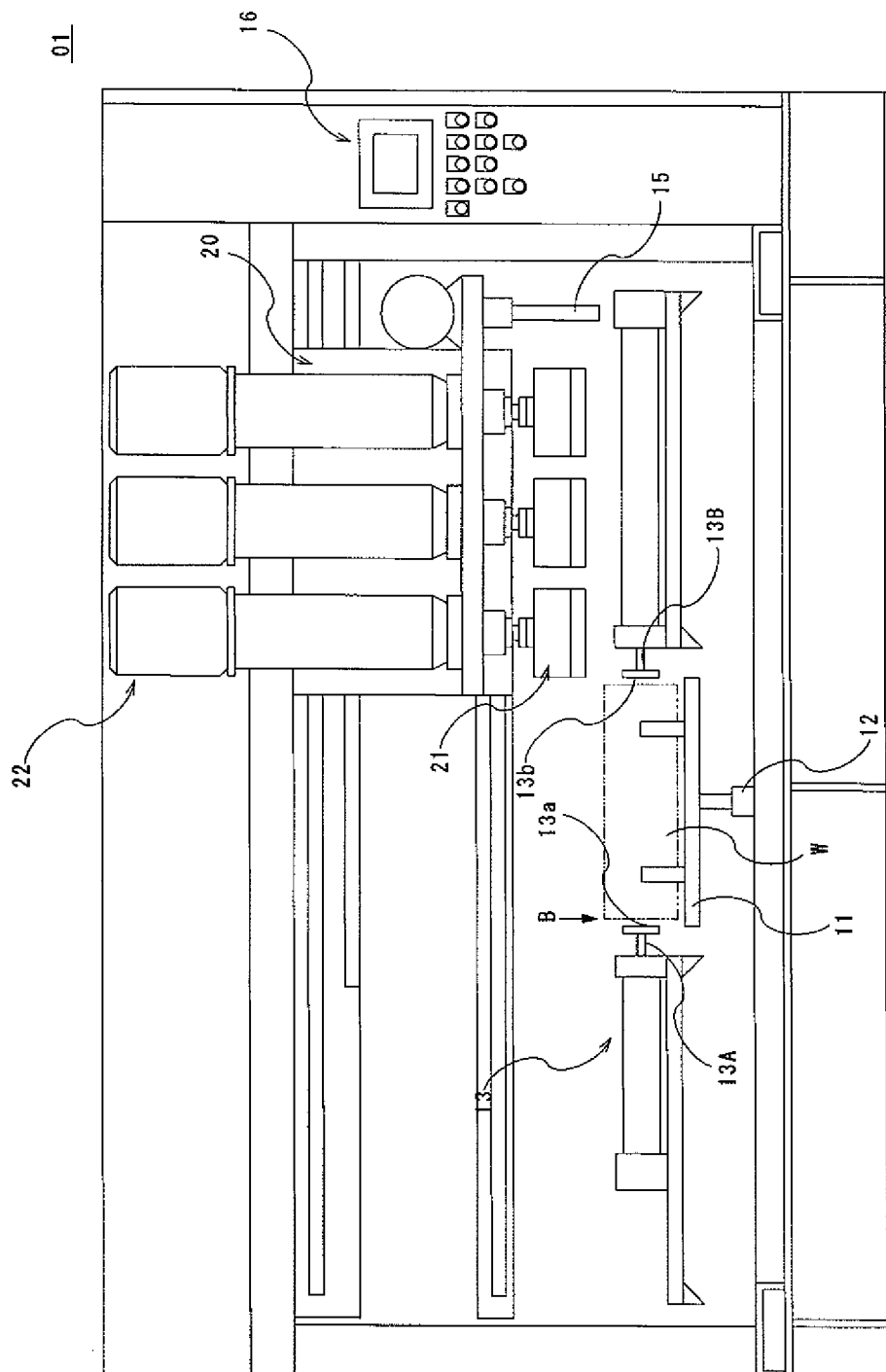
[請求項14] 前記加工ユニットは、前記砥石を構成する砥粒の粒度がF 90～F 220または#240～#500である砥石と、粗研磨用研磨ブラシと、仕上げ研磨用の研磨ブラシと、を備え、前記粗研磨用研磨ブラシの毛材または弾性体に含まれる砥粒の粒度が#240～#500であり、前記仕上げ研磨用ブラシに含まれる砥粒の粒度が#800～#1200としたことを特徴とする請求項9に記載の柱状部材の加工装置。

[請求項15] 前記柱状部材の表層より200 μ m以下に存在する微小クラックを除去され、かつ加工面の表面粗さR_yが3 μ m以下に加工することを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。

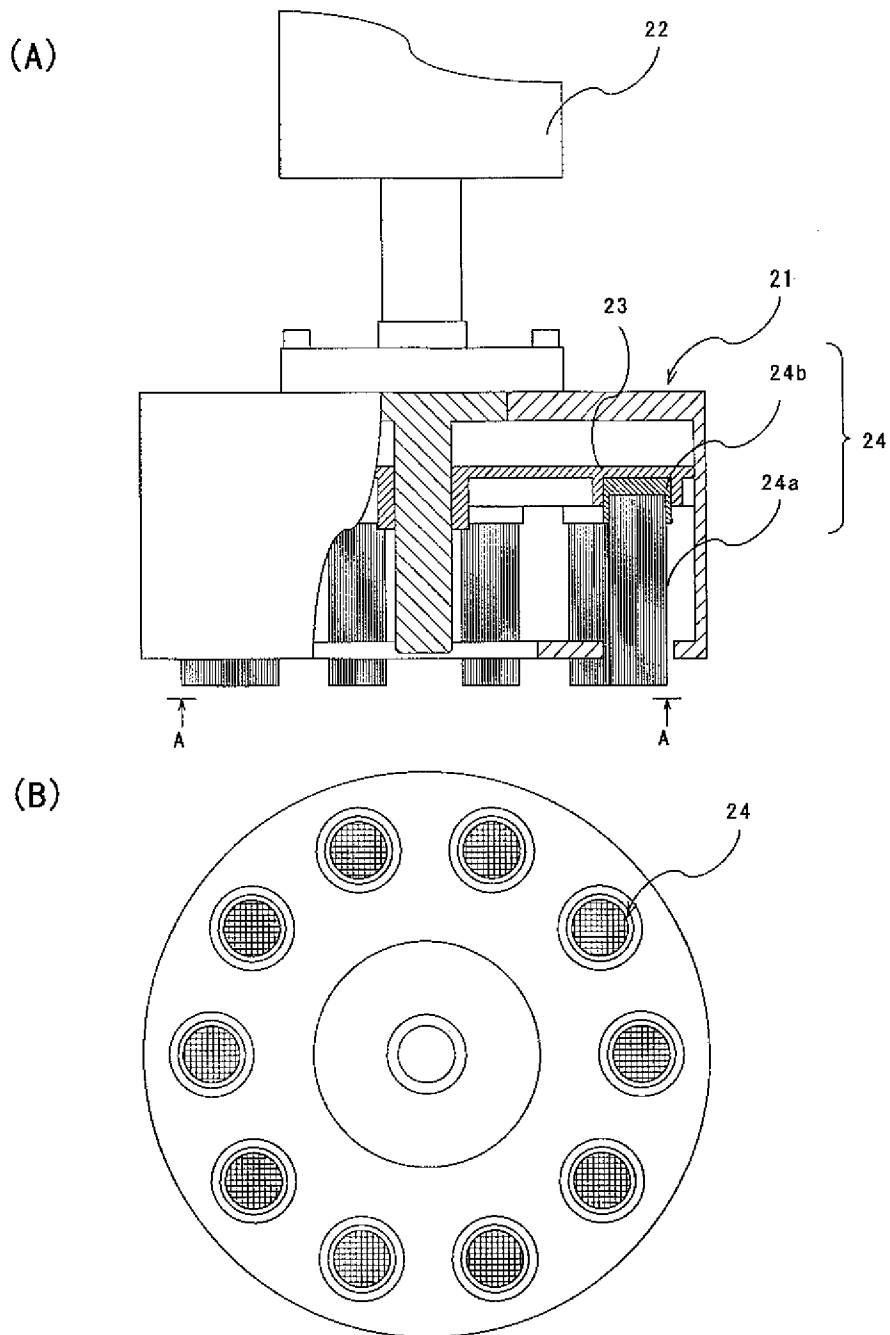
[請求項16] 前記柱状部材は、シリコン、セラミックス、水晶、サファイア、砒化ガリウム、ガリウム燐、窒化ガリウム、炭化珪素単結晶、タンタル酸リチウム、ニオブ酸リチウム、燐化インジウム、等の硬脆性の結晶材料としたことを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。

[請求項17] 前記柱状部材は水晶であり、前記加工装置は、水晶ランバードの外周面の微小クラックの除去、または前記水晶ランバードよりスライスされた薄板を貼り合わせて塊状体を形成した後の該塊状体の外周面の微小クラックの除去、の少なくともいずれかに用いることを特徴とする請求項1に記載の柱状部材の加工装置。

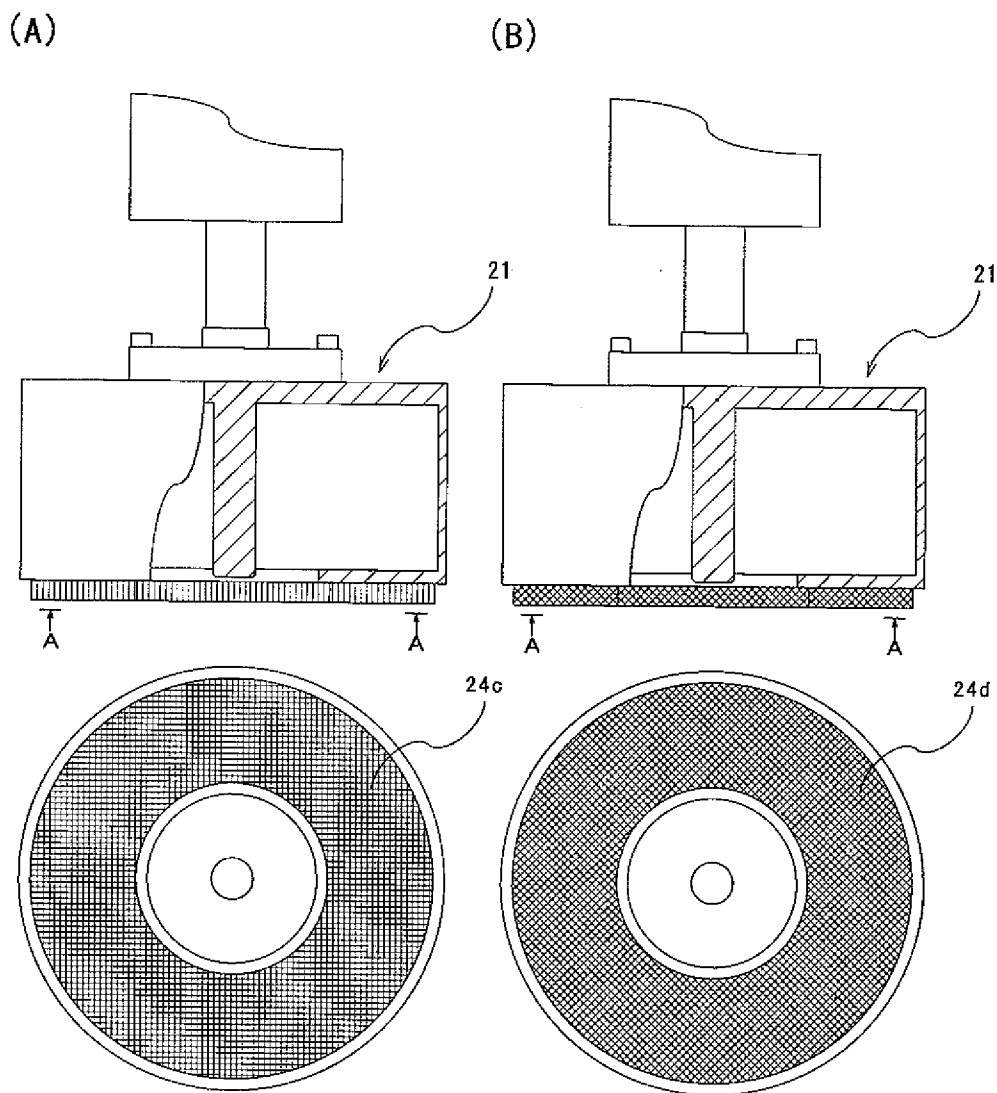
[図1]



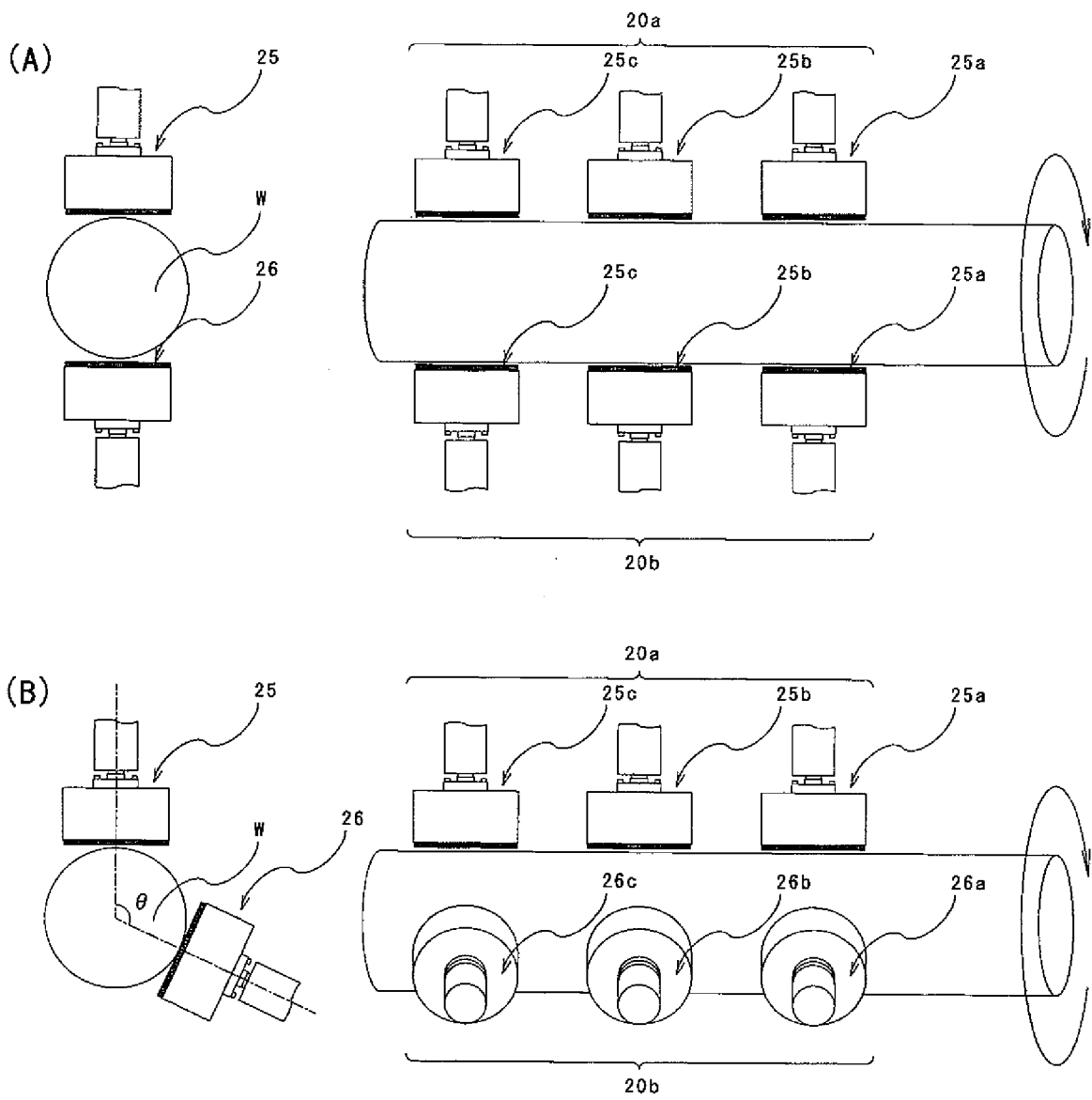
[図2]



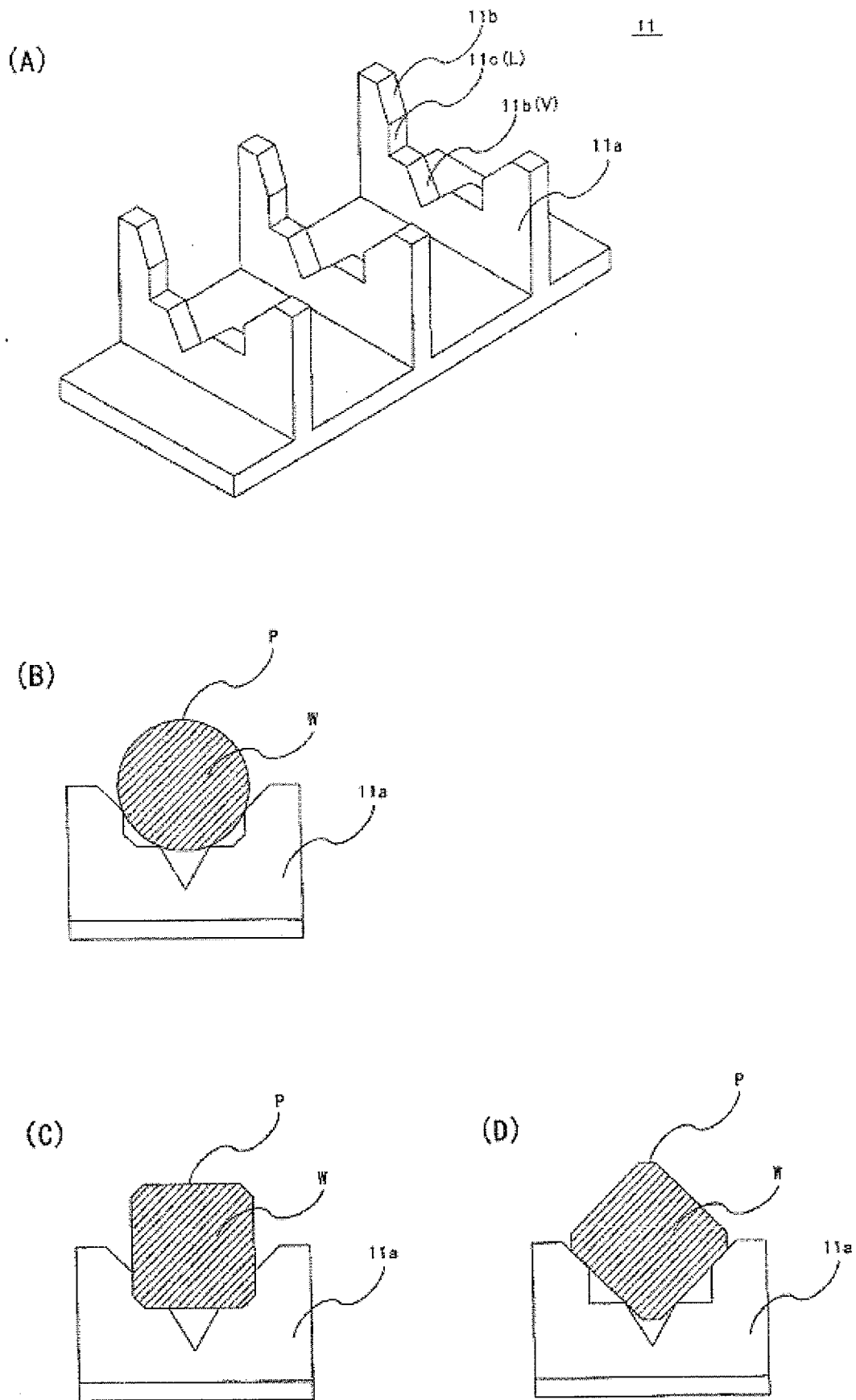
[図3]



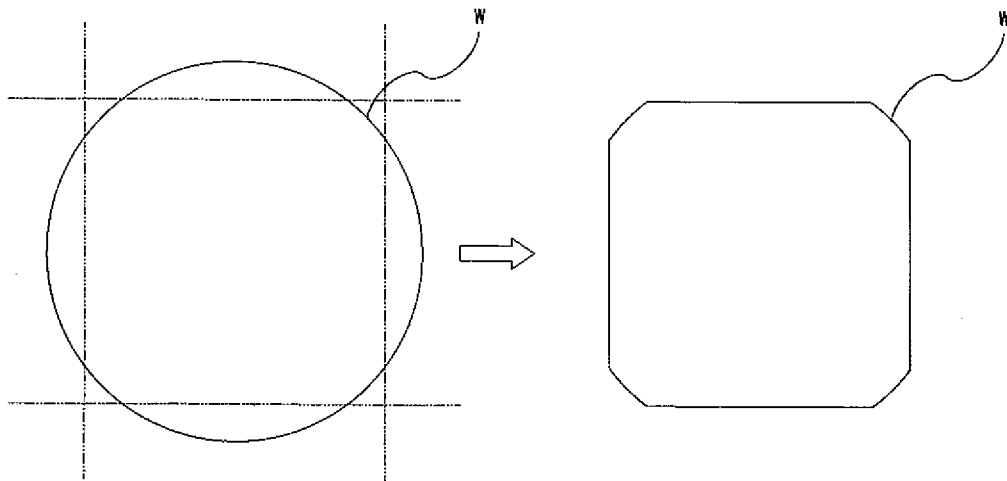
[図4]



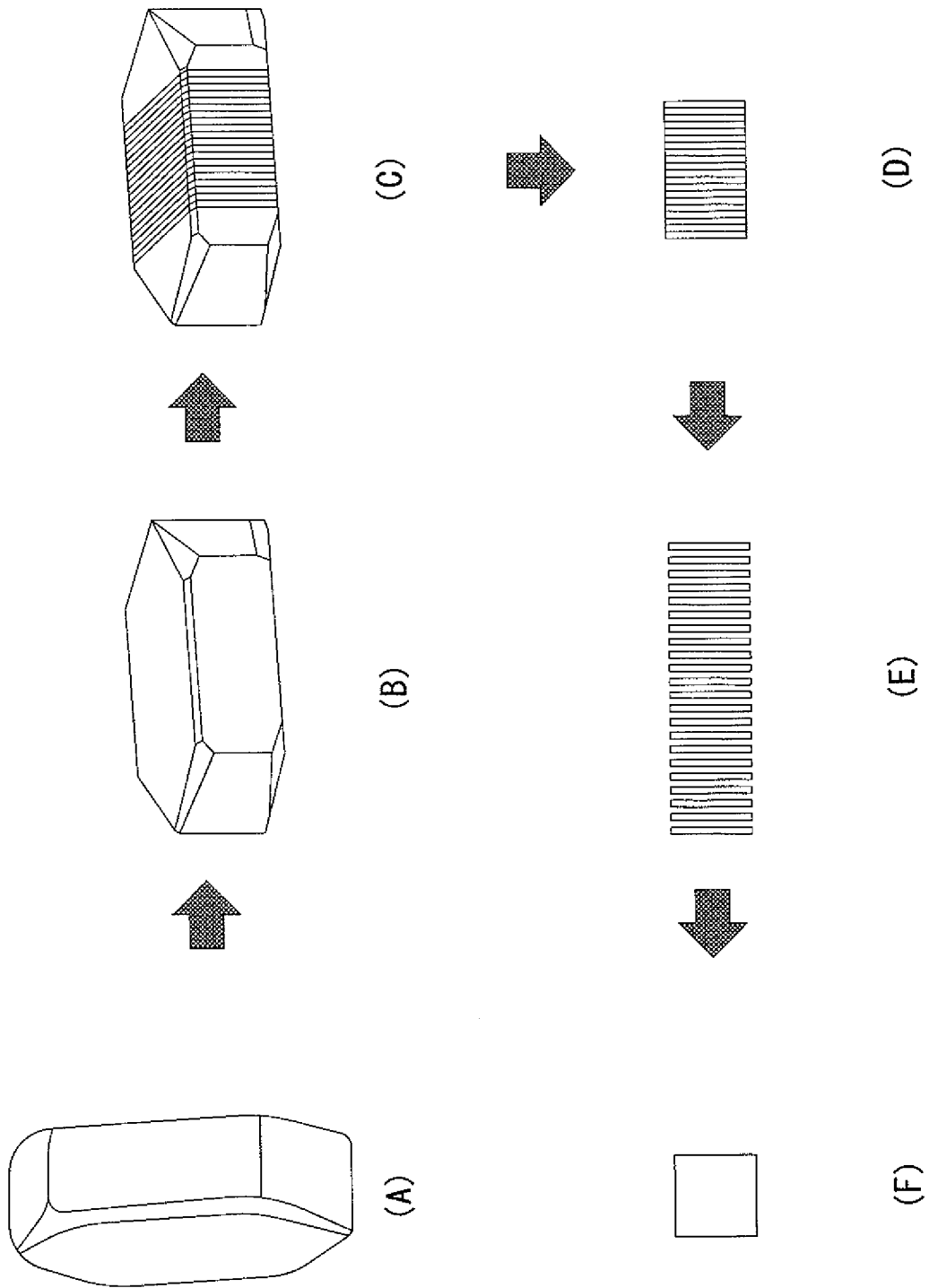
[図5]



[図6]

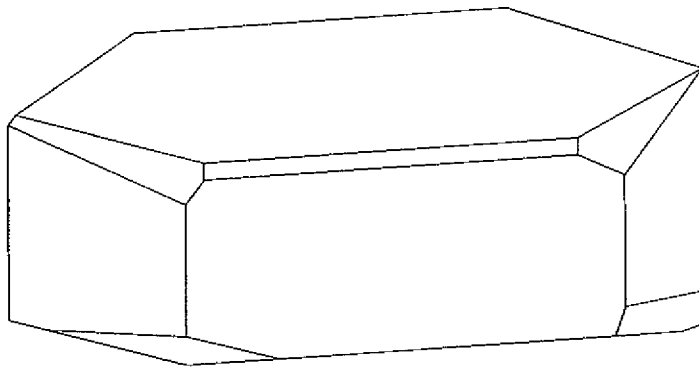


[図7]

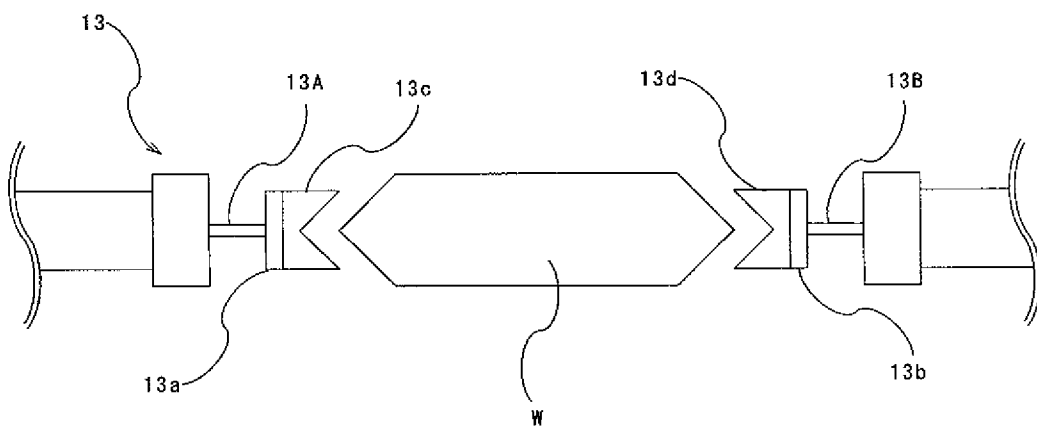


[図8]

(A)



(B)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066526

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B28D5/02(2006.01) i, B24B1/00(2006.01) i, B24B29/00(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)

B28D5/02, B24B1/00, B24B29/00

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 2011-5604 A (SUMCO Corp.), 13 January 2011 (13.01.2011), paragraphs [0022] to [0042]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1, 3, 15 2, 4-14, 16, 17
X Y	JP 2002-18711 A (Mitsubishi Materials Silicon Corp.), 22 January 2002 (22.01.2002), claims 1 to 3; paragraphs [0013] to [0016] (Family: none)	1, 3, 15 2, 4-14, 16, 17
Y	JP 2002-356341 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.), 13 December 2002 (13.12.2002), claim 1; paragraphs [0018] to [0021] (Family: none)	2



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
20 September, 2011 (20.09.11)Date of mailing of the international search report
04 October, 2011 (04.10.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/066526

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-214550 A (Okamoto Machine Tool Works, Ltd.), 30 September 2010 (30.09.2010), paragraphs [0029] to [0034] (Family: none)	4-14
Y	JP 2008-73828 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 April 2008 (03.04.2008), paragraph [0021] (Family: none)	16,17
Y	JP 2006-290697 A (Hitachi Cable, Ltd.), 26 October 2006 (26.10.2006), paragraphs [0031], [0032] (Family: none)	16,17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B28D5/02(2006.01)i, B24B1/00(2006.01)i, B24B29/00(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. B28D5/02, B24B1/00, B24B29/00			
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 日本国公開実用新案公報 日本国実用新案登録公報 日本国登録実用新案公報 1 9 2 2－1 9 9 6 年 1 9 7 1－2 0 1 1 年 1 9 9 6－2 0 1 1 年 1 9 9 4－2 0 1 1 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 Y	JP 2011-5604 A (株式会社 S U M C O) 2011.01.13, [0022]-[0042], 図 3-4 (ファミリーなし)	1, 3, 15 2, 4-14, 16, 17	
X Y	JP 2002-18711 A (三菱マテリアルシリコン株式会社) 2002.01.22, 請求項 1-3, [0013]-[0016] (ファミリーなし)	1, 3, 15 2, 4-14, 16, 17	
Y	JP 2002-356341 A (信越化学工業株式会社) 2002.12.13, 請求項 1, [0018]-[0021] (ファミリーなし)	2	
☒ 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 2 0 . 0 9 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 0 4 . 1 0 . 2 0 1 1	
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 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 岩瀬 昌治 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 6 4	3 P 9 2 4 6

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 2010-214550 A (株式会社岡本工作機械製作所) 2010.09.30, [0029]-[0034] (ファミリーなし)	4-14
Y	JP 2008-73828 A (住友電気工業株式会社) 2008.04.03, [0021] (ファミリーなし)	16, 17
Y	JP 2006-290697 A (日立電線株式会社) 2006.10.26, [0031], [0032] (ファミリーなし)	16, 17