

(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
2024年9月26日(26.09.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/195024 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/20 (2006.01) H01J 37/305 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/011087
- (22) 国際出願日: 2023年3月22日(22.03.2023)
- (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: 株式会社日立ハイテク
(HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) [JP/
JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
17番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 会田 翔太(AIDA Shota); 〒1056409 東京
都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式会社日

立ハイテク内 Tokyo (JP). 高須 久幸(TAKASU
Hisayuki); 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
17番1号 株式会社日立ハイテク内 Tokyo
(JP). 藤田 直弘(FUJITA Naohiro); 〒1056409
東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式
会社日立ハイテク内 Tokyo (JP).

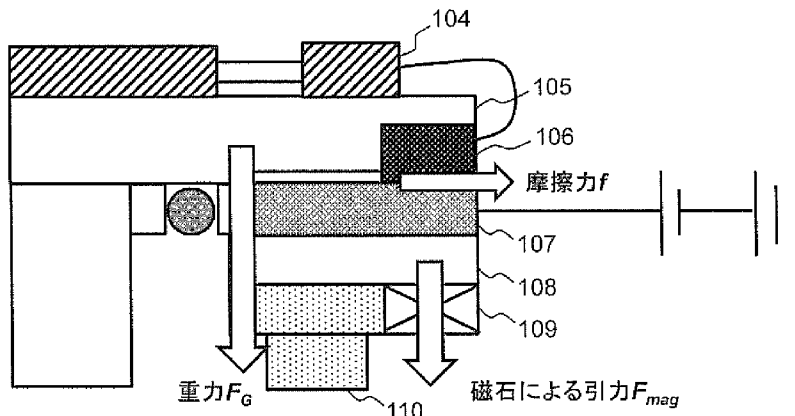
(74) 代理人: 弁理士法人平木国際特許事務所
(HIRAKI & ASSOCIATES); 〒1056232 東京都
港区愛宕二丁目5-1 愛宕グリーンヒルズ
MORIタワー32階 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) Title: ION MILLING DEVICE

(54) 発明の名称: イオンミリング装置

図 1 C



$$F_g, F_{mag} \propto f$$

f Friction force
 F_G Gravity
 F_{mag} Gravitation by magnet

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an ion milling device in which a horizontally movable stage is disposed on a sample rotating stage and in which it is possible to supply power to the horizontally movable stage. An ion milling device according to the present invention is provided with: a rotary stage; a movable stage installed on the top face of the rotary stage; and a fixed base part supporting the rotary stage. The rotary stage is provided with a first power transmission part, and the fixed base part is provided with a second power transmission part. The ion milling device is further provided with a member for exerting a force for pressing the first power transmission part and the second power transmission part against each other (see fig. 1C).

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本発明は、水平可動ステージを試料回転ステージ上に配置するとともに、水平可動ステージに対して電力を供給可能なイオンミリング装置を提供することを目的とする。本発明に係るイオンミリング装置は、回転ステージ、前記回転ステージの上面に設置された可動ステージ、前記回転ステージを支持する固定土台部、を備え、前記回転ステージは第1電力伝達部を備え、前記固定土台部は第2電力伝達部を備え、前記イオンミリング装置はさらに、前記第1電力伝達部と前記第2電力伝達部を互いに対して押し付ける力を発揮させる部材を備える(図1C参照)。

明 細 書

発明の名称：イオンミリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、イオンミリング装置に関する。

背景技術

[0002] イオンミリング装置は、電子顕微鏡の観察対象である試料（例えば、金属、半導体、ガラス、セラミックなど）に対して非集束のイオンビームを照射する。イオンビーム照射にともなうスパッタリング現象によって試料表面の原子を弾き飛ばすことにより、無応力で試料表面を研磨したり、試料の内部構造を露出させたりできる。研磨や露出された面は走査電子顕微鏡や透過電子顕微鏡の観察面となるので、イオンミリング装置は試料の前処理装置として適用されている。

[0003] イオンミリング装置を用いた試料の加工手法は複数あるが、回転する試料の表面に対して斜めからイオンビームを照射することにより試料表面をイオンミリングする手法を平面ミリング法と呼ぶ。試料表面の研磨の他、試料回転中心とイオンビーム中心を合致させて平面ミリングを実施すると、円錐状に加工することができるので、近年では半導体（フラッシュメモリ）のディレイヤリングにおいて平面ミリングが応用されている。

[0004] 近年のフラッシュメモリの大容量化に伴い、広範囲加工の要求が増えているが、現行のミリング手法は加工位置を少しずつ動かして複数回ミリングを実施する以外に、加工範囲を広げる方法がない。これにより、加工時間の長時間化が懸念されている。

[0005] 下記特許文献1は、荷電粒子ビーム装置における試料ステージに関連する技術を記載している。同文献は、『荷電粒子ビーム装置において、試料の配置および交換を迅速に行うことができるようにする。』ことを課題として、
『荷電粒子ビーム装置は、試料に荷電粒子ビームを照射する荷電粒子ビーム鏡筒と、ベース部5dとベース部5dに対して回転軸線R1回りに回転する

回転移動部とを有する回転ステージ 5 A を含み、試料を荷電粒子ビーム鏡筒に対して移動する試料ステージと、回転軸線 R 1 と同軸に配置され、ベース部 5 d と回転移動部との間に介装された回転コネクタ 5 6 と、試料ステージの上部に配置され、回転コネクタ 5 6 と電氣的に接続されたコンタクトピン 5 5 a と、を備える。』という技術を記載している（要約参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 1 8 - 1 6 6 0 4 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] イオンミリング装置において、平面ミリング法を用いつつライン形状を加工するためには、試料ステージのステージ回転部を一番下に配置し、その上に試料移動ステージ（以下、1 軸水平可動ステージと呼ぶ）を配置する構造にする必要がある。回転ステージを回転させながらイオンビームを照射することによって試料を円錐状にスパッタリングするとともに、その加工位置を水平可動ステージによって水平方向に移動させることにより、ライン形状を形成するからである。

[0008] 水平可動ステージは例えばモーターによって水平移動するので、その駆動機構に対して電力を供給する必要がある。すなわち、水平可動ステージに対して電力供給のための配線を接続した上で、その配線に対して電力を供給する必要がある。この配線を電源に対して直接接続すると、ステージの回転に伴って配線が捻じれる可能性がある。したがって回転ステージの上に水平可動ステージを載置する場合、ロータリー接点を用いて、電力経路を確保する必要があると考えられる。

[0009] ロータリー接点式の配線は、接触性を担保するために、接点部に水銀を使用している。高真空（ $\sim 10^{-3}$ Pa 以下）のイオンミリング装置の試料室内にロータリー接点構造を持ち込むと水銀が昇華するので、イオンミリング装

置の試料室内においてロータリー接点式の配線を使用することは困難である。

[0010] 特許文献 1 は、回転体の上に 1 軸水平可動ステージを載置する構造を記載している。しかし同文献記載の構造においては、試料回転軸上に 1 軸水平可動ステージを配置すると配線が捻じれて断線するおそれが高いため、電源供給が困難であると考えられる。同文献はこの点について十分考慮していない可能性がある。

[0011] 本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたものであり、水平可動ステージを試料回転ステージ上に配置するとともに、水平可動ステージに対して電力を供給可能なイオンミリング装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明に係るイオンミリング装置は、回転ステージ、前記回転ステージの上面に設置された可動ステージ、前記回転ステージを支持する固定土台部、を備え、前記回転ステージは第 1 電力伝達部を備え、前記固定土台部は第 2 電力伝達部を備え、前記イオンミリング装置はさらに、前記第 1 電力伝達部と前記第 2 電力伝達部を互いに対して押し付ける力を発揮させる部材を備える。

発明の効果

[0013] 本発明に係るイオンミリング装置によれば、水平可動ステージを試料回転ステージ上に配置するとともに、水平可動ステージに対して電力を供給可能なイオンミリング装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1A]実施形態 1 に係るイオンミリング装置 100 の上面図である。

[図1B]イオンミリング装置 100 の正面図である。

[図1C]図 1 B のステージ機構を拡大した図である。

[図2A]ペニング方式を採用したイオン源 101 と、イオン源 101 の電極部品に対して制御電圧を印加する電源回路とを示す模式図である。

[図2B]イオン源から照射されるイオンビームに対してビーム測定子をスキャ

ニングする様子を示す。

[図2C]イオンビームのプロファイルを示す。

[図2D]試料回転中心軸とイオンビーム中心軸を偏心させたときの加工形状を示す。

[図3]図1に示した構造のステージを使用して、X座標を少しずつ移動させていったときの試料の加工形状を示す。

[図4]図1の構造を有するステージを用いて試料を加工する手順を説明するフローチャートを示す。

[図5]実施形態2に係るイオンミリング装置100のステージ周辺を拡大した図である。

発明を実施するための形態

[0015] <実施の形態1>

図1Aは、本発明の実施形態1に係るイオンミリング装置100の上面図である。イオンミリング装置100は、イオン源101、試料室102、ステージ傾斜部103、1軸水平可動ステージ104、1軸水平可動ステージホルダー105、制御ユニット114、真空排気部115、を備える。

[0016] イオンミリング装置100は、走査電子顕微鏡や透過電子顕微鏡によって試料表面または試料断面を観察するための前処理装置として用いられており、半導体のディレイヤリングにも応用されている。イオンミリング中の試料室102は、真空排気部115により、常に高真空（ 10^{-3} Pa以下）に保たれている。イオン源101内で放電させて外部から導入したArガスをイオン化し、イオンビームとして試料に対して照射する。制御ユニット114は、イオンミリング装置100が備える各部を制御する。

[0017] 図1Bは、イオンミリング装置100の正面図である。イオンミリング装置100はさらに、回転ステージの電力伝達部106（第1電力伝達部）、固定土台部の電力伝達部107（第2電力伝達部）、絶縁体部108、永久磁石109（接触維持部材）、固定土台部110、ステージ回転用ベアリング111、ステージ回転部112、ステージ回転シャフト113、回転セン

サ 1 1 6、を備える。

[0018] 試料は 1 軸水平可動ステージ 1 0 4 上に載置する。1 軸水平可動ステージ 1 0 4 は、1 軸水平可動ステージホルダー 1 0 5 上に載置されている。1 軸水平可動ステージ 1 0 4 の配線は、回転ステージの電力伝達部 1 0 6 に対して接続されている。1 軸水平可動ステージホルダー 1 0 5 は、ステージ回転部 1 1 2 およびステージ回転シャフト 1 1 3 上に配置されているので、自由に回転することができる（すなわち回転ステージとして動作することができる）。ステージ回転部 1 1 2 はステージ回転用ベアリング 1 1 1 の内側で固定されており、ステージ回転用ベアリング 1 1 1 の外側には固定土台部の電力伝達部 1 0 7 が固定されている。

[0019] 回転センサ 1 1 6 は、2 つの部材によって構成されている。第 1 部材は固定土台部 1 1 0 側（例えば電力伝達部 1 0 7）に対して取り付けられており、第 2 部材は回転ステージ側（例えば電力伝達部 1 0 6）に対して取り付けられている。回転ステージが回転するのにもなって、第 2 部材が回転する。第 1 部材は第 2 部材の回転を検出する。例えば第 2 部材は永久磁石によって構成し、第 1 部材は第 2 部材が接近するごとにその磁力を検出するセンサとして構成する。これにより回転ステージの回転を検出することができる。第 1 部材はセンサとして動作するので、電力供給を受けることができる位置（この例においては電力伝達部 1 0 7 と接している）に配置することが望ましい。回転センサ 1 1 6 は回転ステージの回転を検出することができればよく、図 1 B のような構成に限るものではない。

[0020] 図 1 C は、図 1 B のステージ機構を拡大した図である。回転ステージの電力伝達部 1 0 6 には磁性材（F e、N i 等）が埋め込まれており、図 1 C に示すように、電力伝達部 1 0 7 と絶縁体部 1 0 8 を挟んで配置された永久磁石 1 0 9 によって電力伝達部 1 0 6 が引き寄せられる。これにより、回転ステージの電力伝達部 1 0 6 は、電力伝達部 1 0 7 との間で緊密な接触を維持しつつ、摺動しながら回転ができる。

[0021] 電力伝達部 1 0 7、絶縁体部 1 0 8、永久磁石 1 0 9 は、固定土台部 1 1

0に対して固定されている。電力伝達部107に対して制御ユニット114から電源を供給することにより、1軸水平可動ステージ104を、回転ステージの電力伝達部106を介して動かすことができる。

[0022] 磁石による引力 F_{mag} の他、試料の質量が増大すると重力 F_g が増大するので、回転ステージの電力伝達部106と固定土台部の電力伝達部107との間にはたらく摩擦力 f が、これらの力に比例して大きくなる。このとき、ステージを回転させるモーターの最大トルク値によっては、ステージが回転しないおそれがある。回転しない場合は側面に設けた回転センサ116から制御ユニット114に対してその旨をフィードバックし、回転を停止する。

[0023] 本実施形態では1軸水平可動ステージを含む構成としたが、2軸水平可動ステージにしてもよい。また、永久磁石109は、回転ステージの電力伝達部106を引き寄せ、固定土台部の電力伝達部107に対して接触させることが目的であるので、磁性が高くない磁石（サマリウムコバルト磁石等）を用いることが望ましい。

[0024] 図2Aは、ペニング方式を採用したイオン源101と、イオン源101の電極部品に対して制御電圧を印加する電源回路とを示す模式図である。イオン源101は、主要な構成として、第1カソード201、第2カソード202、アノード203、永久磁石204、加速電極205、ガス配管206、ガス流量制御部207を有する。

[0025] イオンビームを発生させるため、ガス配管206を通してイオン源101内部へアルゴンガスが注入される。イオン源101内部には、永久磁石204を介して同電位とされる第1カソード201と第2カソード202が対向して配置されており、第1カソード201と第2カソード202との間にはアノード203が配置されている。第1カソード201、第2カソード202、アノード203に対して、制御ユニット114内の高圧電源から放電電圧 V_d が印加され、電子が発生する。イオン源101内に配置した永久磁石204により、発生した電子に対してローレンツ力が働き、これにより電子は螺旋運動する。

- [0026] 電子は、ガス流量制御部 207 で制御されガス配管 206 から注入されたアルゴンガスと衝突してプラズマ化し、アルゴンイオンを生成する。アノード 203 と加速電極 205 との間には、制御ユニット 114 内に含まれる高圧電源より加速電圧 V_a が印加されている。これにより、生成されたアルゴンイオンは加速電極 205 によって引き出され、イオンビームとして放出される。
- [0027] 図 2 B は、イオン源から照射されるイオンビームに対してビーム測定子をスキャンングする様子を示す。
- [0028] 図 2 C は、イオンビームのプロファイルを示す。図 2 B に示すようにビーム測定子をスキャンングすると、図 2 C に示すようなガウシアン分布に従ったプロファイルが得られる。したがって、試料回転中心軸とイオンビーム中心軸が合致していれば、ビームプロファイルに従った加工形状となる。
- [0029] 図 2 D は、試料回転中心軸とイオンビーム中心軸を偏心させたときの加工形状を示す。偏心させるとより広域の加工ができるようになる。偏心量を増大していくと、平坦面が得られ（図 2 D においては偏心量 2.0 mm）、過剰に偏心すると平坦面が失われることが確認されている（図 2 D においては偏心量 2.5 mm と 3.0 mm）。この結果を応用し、試料回転中心軸とイオンビーム中心軸を合致させた状態を維持したまま、試料を動かすことにより、線状に加工することができる。図 2 D に示すように、偏心量が増えると加工形状がガウス分布形状から次第に崩れてくるので、加工形状の制御容易性を考慮すると、偏心量は 0 であることが望ましいといえる。すなわち試料回転中心軸とイオンビーム中心軸は合致していることが望ましい。
- [0030] 図 3 は、図 1 に示した構造のステージを使用して、X 座標を少しずつ移動させていったときの試料の加工形状を示す。試料回転軸はイオンビーム中心軸と合致し、常に回転しているものとする。加工開始地点の X 座標を $-a$ (mm) とする。このときの加工形状はビームプロファイルの形状に従うので、円錐状に近似できる形状に削られる。X 軸を $-a \sim 0$ (mm) の範囲で動かしたときの試料の加工形状は、上から見ると長穴形状に削れていることが

確認できる。長穴形状の長さ（このときの長さは両端の円の中心間の距離とする）はX軸の移動距離と同じ a （mm）になる。X座標を $-a \sim a$ （mm）の範囲で動かしたときの加工形状も同様に、長さ $2a$ の長穴形状となる。図3では1軸可動ステージを用いて説明したが、2軸可動ステージにして可動範囲をさらに拡大してもよい。

[0031] 図4は、図1の構造を有するステージを用いて試料を加工する手順を説明するフローチャートを示す。各ステップは、制御ユニット114が各部を制御することによって実施される。以下図4の各ステップについて説明する。

[0032] S301：試料を1軸水平可動ステージ104上に載置する。試料回転軸とイオンビーム中心が合致していることを考慮し、加工開始地点を決定する。

[0033] S302：試料室102内の真空排気を、真空排気部115によって実施する。

[0034] S303：1軸水平可動ステージ104の駆動範囲を設定する。原則として、加工時はこのフローにおいて設定した駆動範囲を、1軸水平可動ステージ104が往復する。2軸水平ステージの場合は一筆書きになるような駆動範囲を設定して、その始点と終点を往復するように設定してもよい。

[0035] S304：S303で設定した駆動範囲について、ロータリー接点部（回転ステージの電力伝達部106および固定土台部の電力伝達部107が接触しながら回転する部分を指す）を含めて問題なく駆動できているか否かを確認する。1軸水平可動ステージ104が動かない場合は、1軸水平可動ステージ104内に内蔵されているセンサが検知し、S305に進む。ロータリー接点部が動かない場合は、回転センサ116が検知し、S305に進む。問題なく動く場合は、S306に進む。

[0036] S305：加工を停止する。

[0037] S306：イオンビームの出力条件を設定するとともに、ステージ傾斜部103を傾斜してイオンビームの照射角度を設定する。

[0038] S307：イオンビームを出力して加工を開始する。

[0039] S 3 0 8 : S 3 0 3 で設定した駆動範囲に基づいた加工を十分に実施できているか否かを確認する。不十分である場合は S 3 0 3 に戻り、1 軸水平可動ステージ 1 0 4 の駆動範囲を再設定して、加工を再開する。十分に加工できている場合は S 3 0 9 に進む。

[0040] S 3 0 9 : 試料室 1 0 2 内を大気へ開放し、加工を終了する。

[0041] <実施の形態 1 : まとめ>

本実施形態 1 に係るイオンミリング装置 1 0 0 は、回転ステージを構成する 1 軸水平可動ステージホルダー 1 0 5 内に電力伝達部 1 0 6 を配置し、電力伝達部 1 0 6 と 1 0 7 を介して、1 軸水平可動ステージ 1 0 4 に対して電力を供給する。電力伝達部 1 0 6 内には磁性体が埋め込まれており、永久磁石 1 0 9 が電力伝達部 1 0 6 を引き寄せることにより、電力伝達部 1 0 6 と 1 0 7 を互いに対して押し付ける力が発生し、これにより電力伝達部 1 0 6 と 1 0 7 との間の緊密な接触が維持される。したがって、回転ステージを摺動させながら回転させることができる。この構造は、ロータリー接点式配線と同様に、導電体部と接触しながら回転する。したがって、水銀を使用することなく、試料回転ステージ上に 1 軸可動ステージを設置することが可能となる。

[0042] <実施の形態 2 >

図 5 は、本発明の実施形態 2 に係るイオンミリング装置 1 0 0 のステージ周辺を拡大した図である。実施形態 1 においては、電力伝達部 1 0 6 と 1 0 7 と間の接触性を確保するために、固定土台部に磁石を埋め込んだ構造を説明した。本実施形態 2 においては、固定土台部に磁石を埋め込むのではなく、回転ステージの電力伝達部 1 0 6 に押しばね 5 0 1 を組み込んだピン 5 0 2 を組み込み、電力伝達部 1 0 6 と 1 0 7 が摺動するときに、組み込んだばねがピンを電力伝達部 1 0 7 に対して押し付け、両者を常に接触させるような構造とした。これにより実施形態 1 と同様に、電力伝達部 1 0 6 と 1 0 7 との間の接触を維持しつつ回転動作を可能とするとともに、1 軸水平可動ステージ 1 0 4 に対して電力を供給することができる。その他の構成は実施形

態１と同様である。押しばね５０１とピン５０２は、電力伝達部１０６と１０７を互いに対して押し付ける力を発揮することにより、両者の間の接触を維持する、接触維持部材としての役割を有する。

[0043] 電力伝達部１０７は、ピン５０２（凸部）を介して電力伝達部１０６を点支持する。これにより、電力伝達部１０６と１０７との間の接触面積を最小限に抑えることができる。したがって、回転ステージが回転することによって生じる摩擦熱を抑制することができる。電力伝達部１０７から供給される電力は、ピン５０２と押しばね５０１（および配線）を介して、１軸水平可動ステージ１０４に対して伝達される。

[0044] <本発明の変形例について>

本発明は、上述した実施形態に限定されるものでなく、様々な変形例を含んでいる。例えば、上述した実施形態は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備える必要はなく、その要旨を逸脱しない範囲で変更可能である。

[0045] 実施形態２において、電力伝達部１０７は、ピン５０２を介して電力伝達部１０６を点支持することを説明した。同様の構造は実施形態１においても設けることができる。すなわち、電力伝達部１０６の底面を部分的に突出させて凸部を形成し、電力伝達部１０７がその凸部を介して電力伝達部１０６を点支持するように構成することができる。これにより実施形態２と同様に摩擦熱を抑制できる。

[0046] 以上の実施形態において、図４で説明した試料加工完了までのフローチャートでは、あらかじめ設定した１軸水平可動ステージの駆動範囲を常に往復しながら、連続的な加工を実施しているが、ある１点で試料の平面ミリングを実施し、加工が完了した後に１軸水平可動ステージを動かし、別のポイントで再度試料の平面ミリングを実施してもよい。

[0047] 以上の実施形態において、制御ユニット１１４は、その機能を実装した回路デバイスなどのハードウェアによって構成することもできるし、その機能を実装したソフトウェアをCPU（Central Processing

Unit)などの演算装置が実行することによって構成することができる。

符号の説明

- [0048] 100 : イオンミリング装置
104 : 1軸水平可動ステージ
105 : 1軸水平可動ステージホルダー
106 : 回転ステージの電力伝達部
107 : 固定土台部の電力伝達部
108 : 絶縁体部
109 : 永久磁石
114 : 制御ユニット
501 : 押しばね
502 : ピン

請求の範囲

- [請求項1] 試料に対してイオンビームを照射するイオンミリング装置であって、
- 、
- 回転軸を中心にして回転する回転ステージ、
- 前記回転ステージの上面に設置され、前記回転軸に対して平行ではない方向に移動する、可動ステージ、
- 前記回転ステージを支持する固定土台部、
- を備え、
- 前記回転ステージは、前記可動ステージに対して電力を伝達することができる第1電力伝達部を備え、
- 前記固定土台部は、電源から電力供給を受ける第2電力伝達部を備え、
- 前記第1電力伝達部と前記第2電力伝達部は、互いに接触することにより、前記電源が供給する電力を前記可動ステージに対して伝達するように構成されており、
- 前記イオンミリング装置はさらに、前記第1電力伝達部と前記第2電力伝達部を互いに対して押し付ける力を発揮させることにより、前記第1電力伝達部と前記第2電力伝達部との間の接触を維持する、接触維持部材を備える
- ことを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項2] 前記第1電力伝達部は、磁性材によって構成された部分を有し、
- 前記接触維持部材は、前記磁性材を引き寄せる磁力を発揮することにより前記第1電力伝達部と前記第2電力伝達部を互いに対して押し付ける力を発揮させる磁石によって構成されている
- ことを特徴とする請求項1記載のイオンミリング装置。
- [請求項3] 前記接触維持部材は、押しばねを組み込んだピンによって構成されており、
- 前記接触維持部材は、前記押しばねの作用によって前記ピンが前記

第1電力伝達部と前記第2電力伝達部を互いに対して押し付ける力を発揮させるように構成されている

ことを特徴とする請求項1記載のイオンミリング装置。

[請求項4]

前記可動ステージは、前記試料を載置するように構成されており、
前記イオンミリング装置はさらに、前記イオンビームを出射するイオン源を備え、

前記イオンミリング装置はさらに、前記回転ステージと前記可動ステージを制御する制御ユニットを備え、

前記制御ユニットは、前記イオンビームのビーム中心軸と前記回転軸とを合致させた上で、前記可動ステージを移動させることにより、前記イオンビームによって前記試料を加工する

ことを特徴とする請求項1記載のイオンミリング装置。

[請求項5]

前記イオンミリング装置はさらに、前記回転ステージの回転を検出するセンサを備え、

前記イオンミリング装置はさらに、前記イオンミリング装置の動作を制御する制御ユニットを備え、

前記制御ユニットは、前記回転ステージの回転動作が規定したものではないことを前記センサが検出すると、前記イオンビームによる前記試料に対する加工を停止する

ことを特徴とする請求項1記載のイオンミリング装置。

[請求項6]

前記センサは、

前記固定土台部に対して取り付けられた第1部材、

前記回転ステージに対して取り付けられた第2部材、

を備え、

前記第2部材は、前記回転ステージとともに回転し、

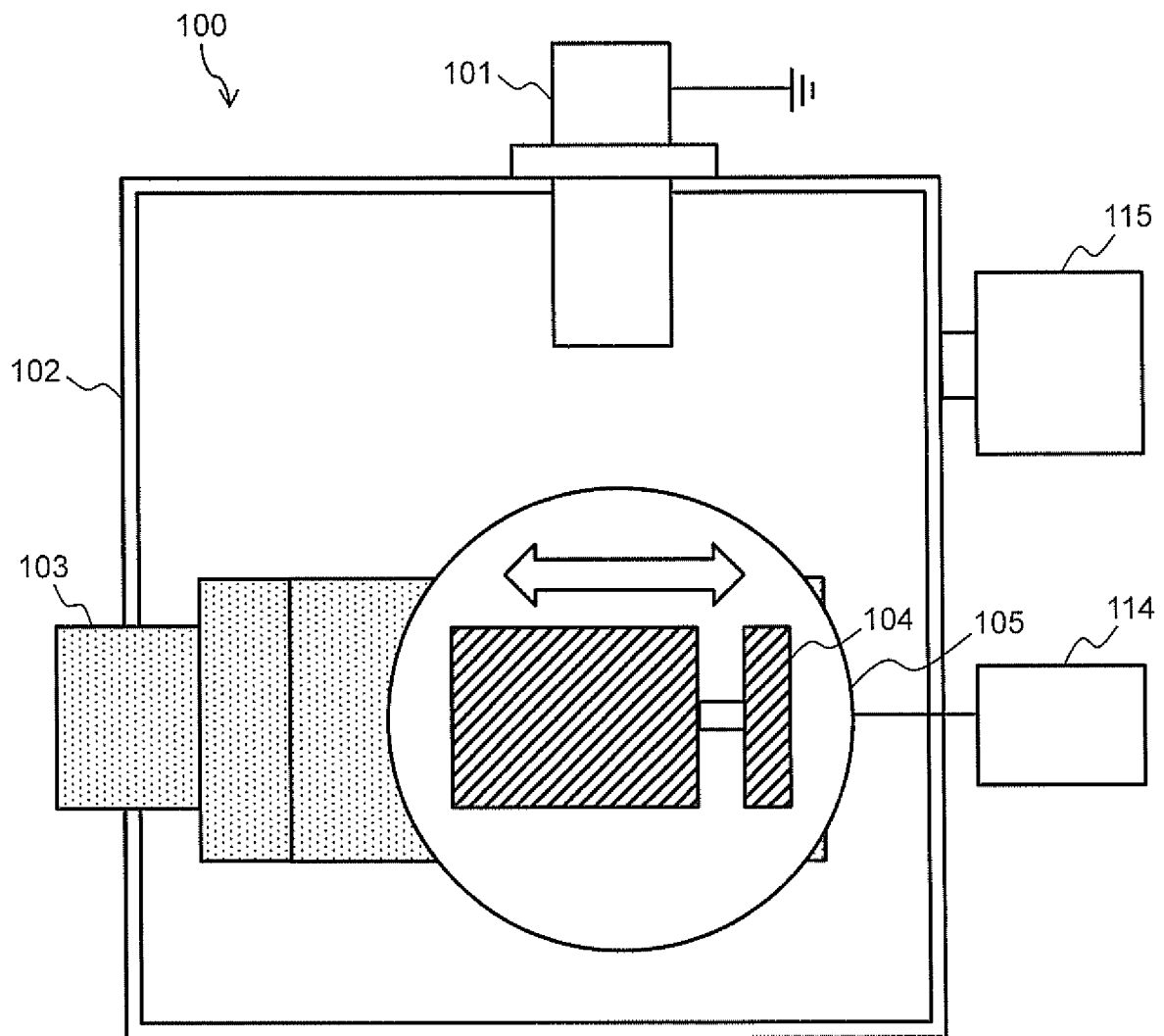
前記第1部材は、前記第2電力伝達部を介して電力供給を受けることにより、前記第2部材の回転を検出する

ことを特徴とする請求項5記載のイオンミリング装置。

- [請求項7] 前記第1電力伝達部は、前記第2電力伝達部と接する凸部を備え、
 前記第2電力伝達部は、前記凸部を介して前記第1電力伝達部を点
 支持するように構成されている
 ことを特徴とする請求項1記載のイオンミリング装置。
- [請求項8] 前記第1電力伝達部は、前記第2電力伝達部と接する凸部を備え、
 前記第2電力伝達部は、前記凸部を介して前記第1電力伝達部を点
 支持するように構成されており、
 前記凸部は、前記ピンによって構成されている
 ことを特徴とする請求項3記載のイオンミリング装置。
- [請求項9] 前記制御ユニットは、前記回転ステージを回転させながら前記可動
 ステージを移動させることにより、前記イオンビームを用いて、前記
 試料に対してライン形状を加工する
 ことを特徴とする請求項4記載のイオンミリング装置。

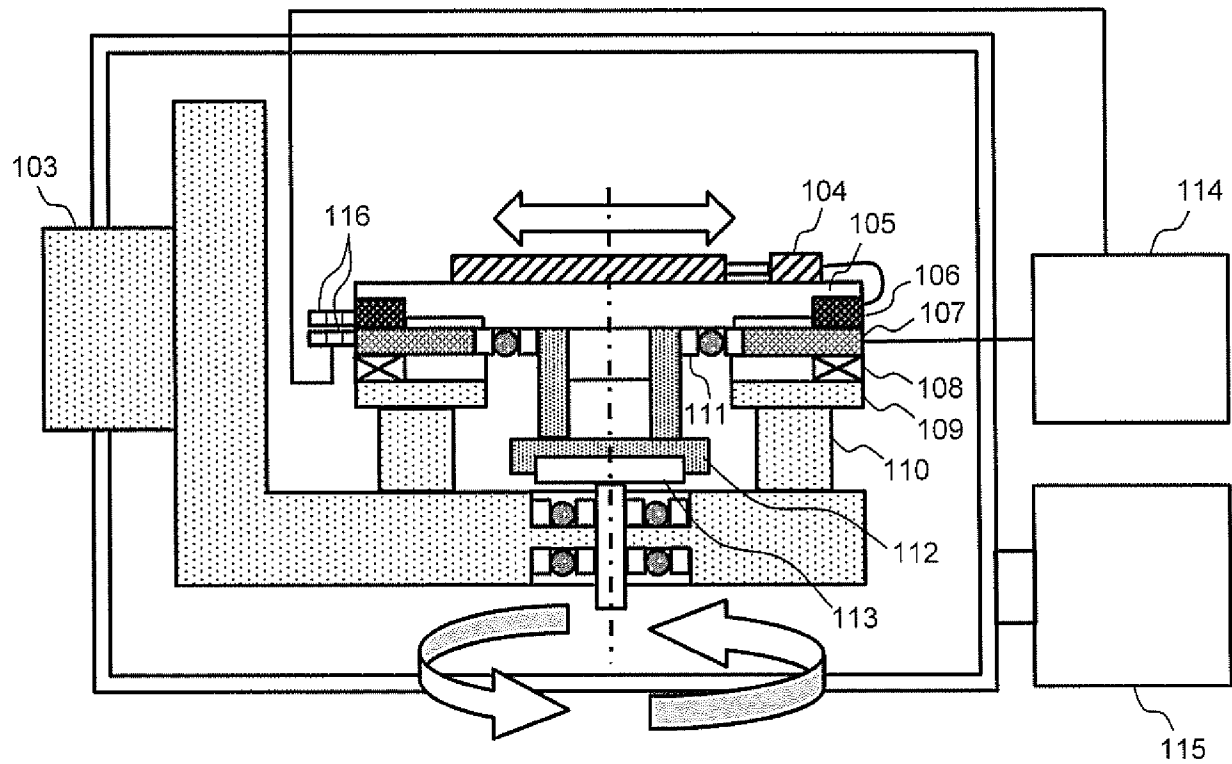
[図1A]

図 1 A



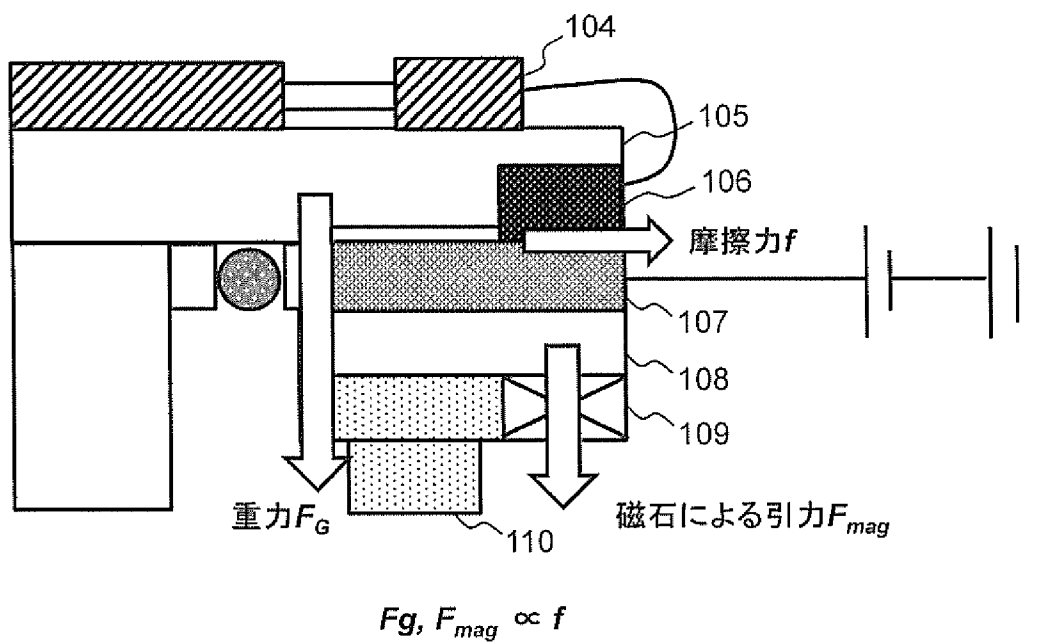
[図1B]

図 1 B



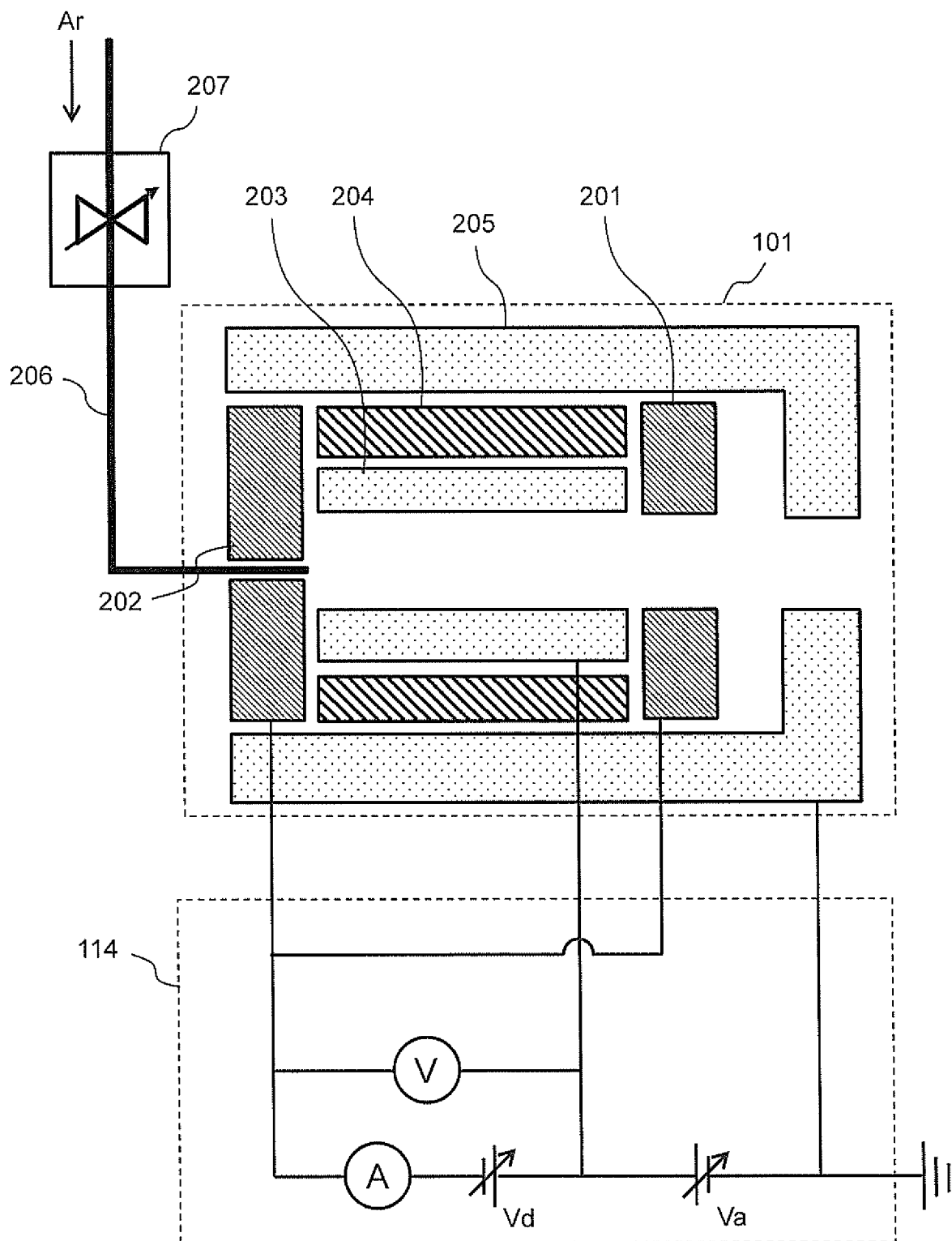
[図1C]

図 1 C



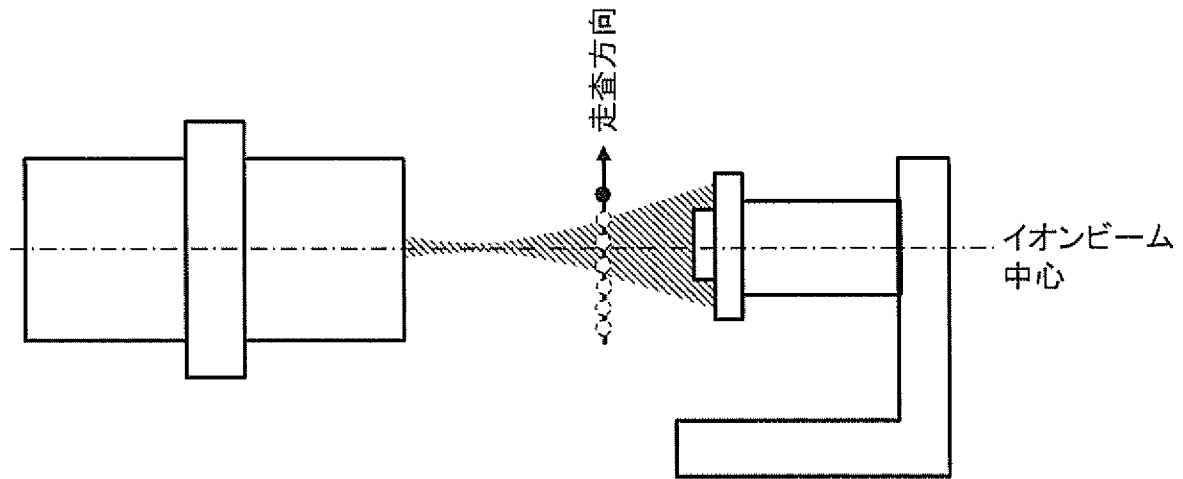
[図2A]

図 2 A



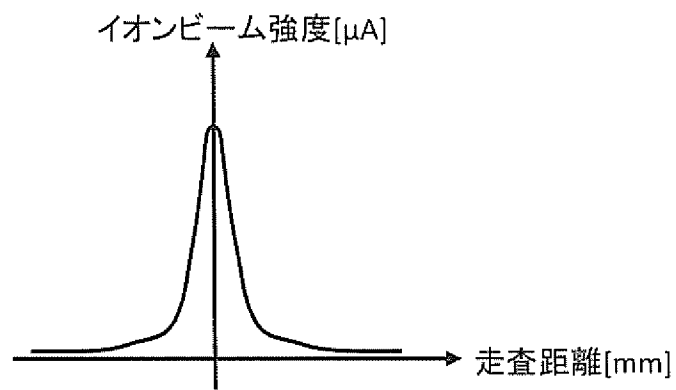
[図2B]

図 2 B



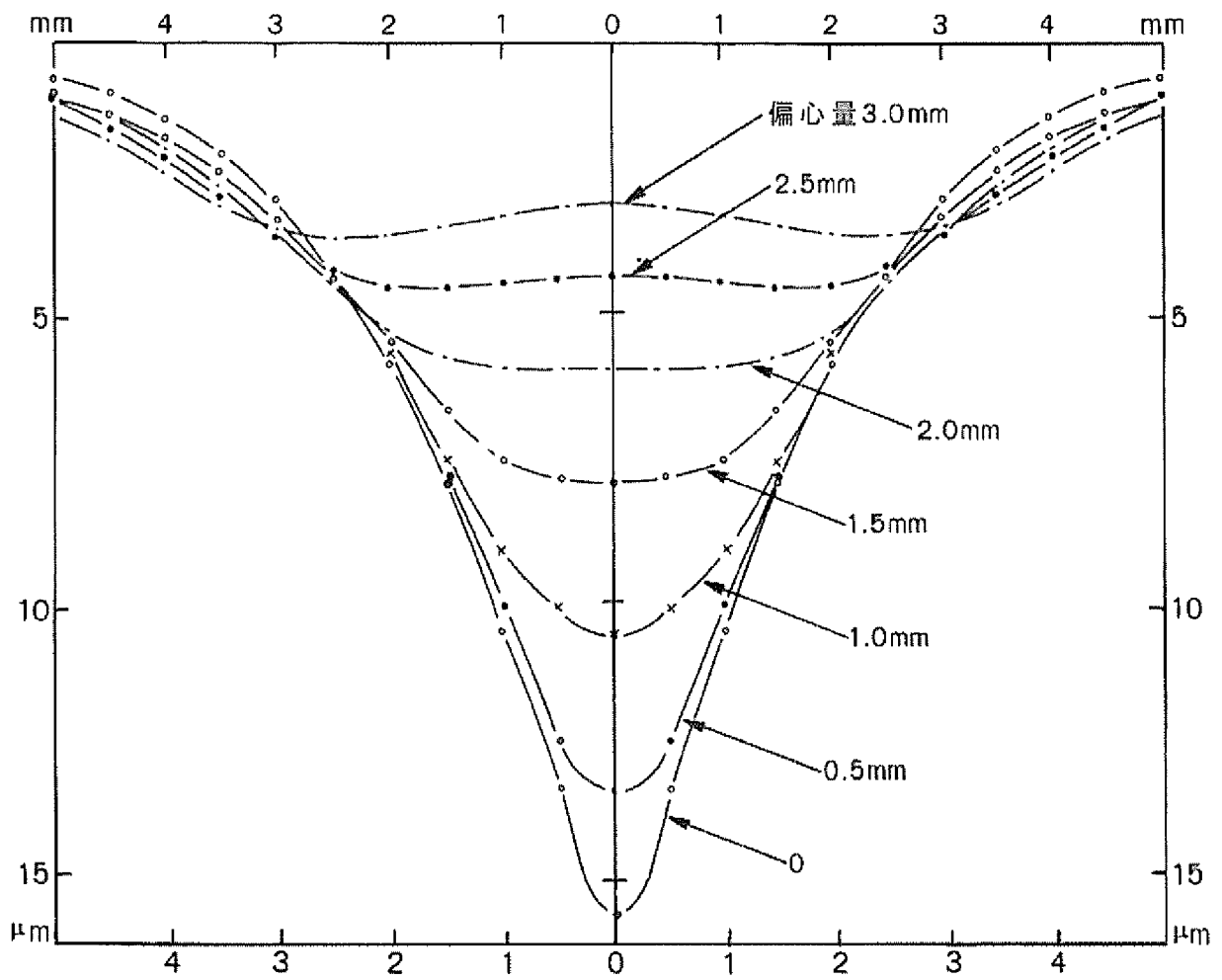
[図2C]

図 2 C

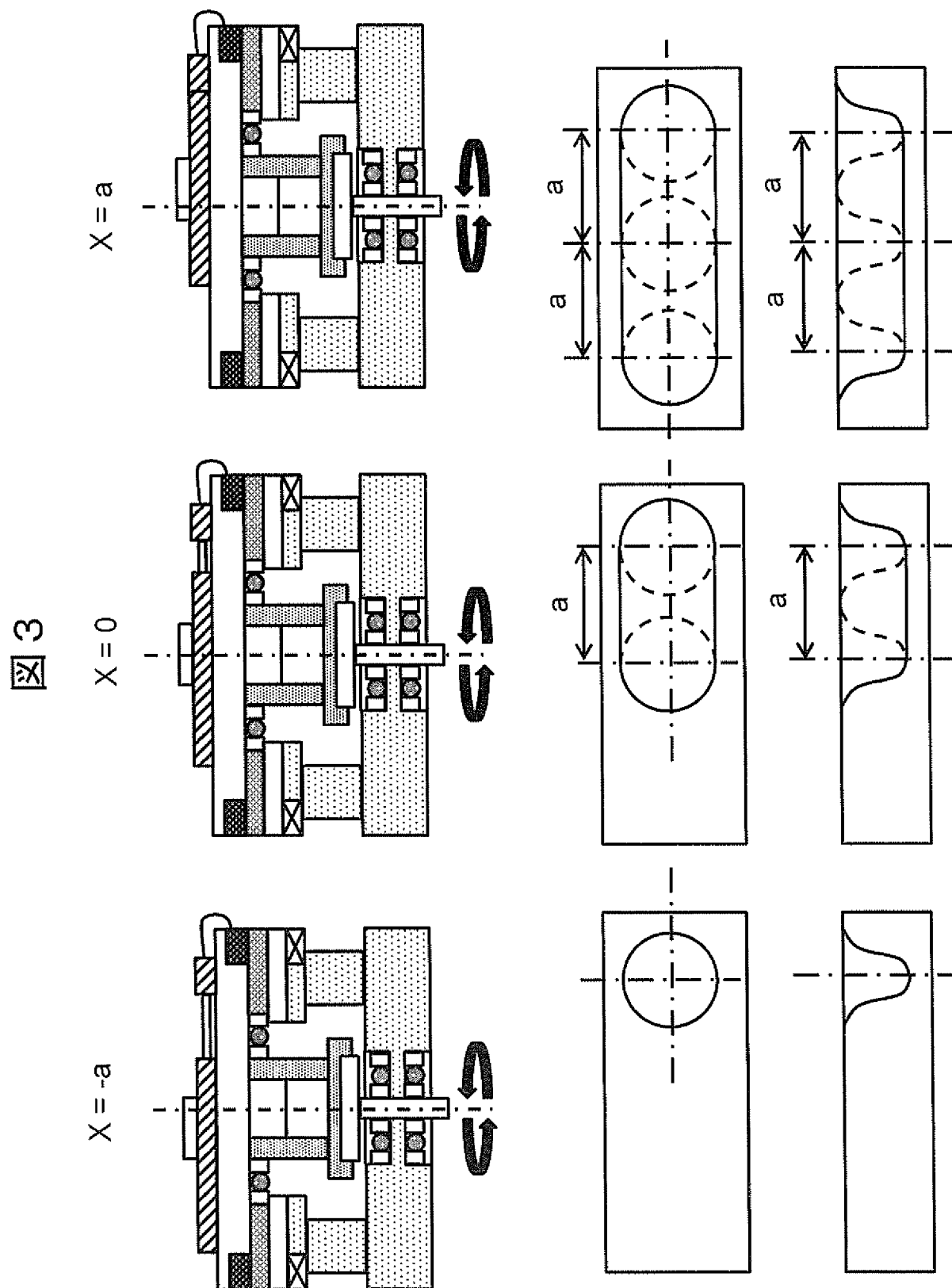


[図2D]

図 2 D

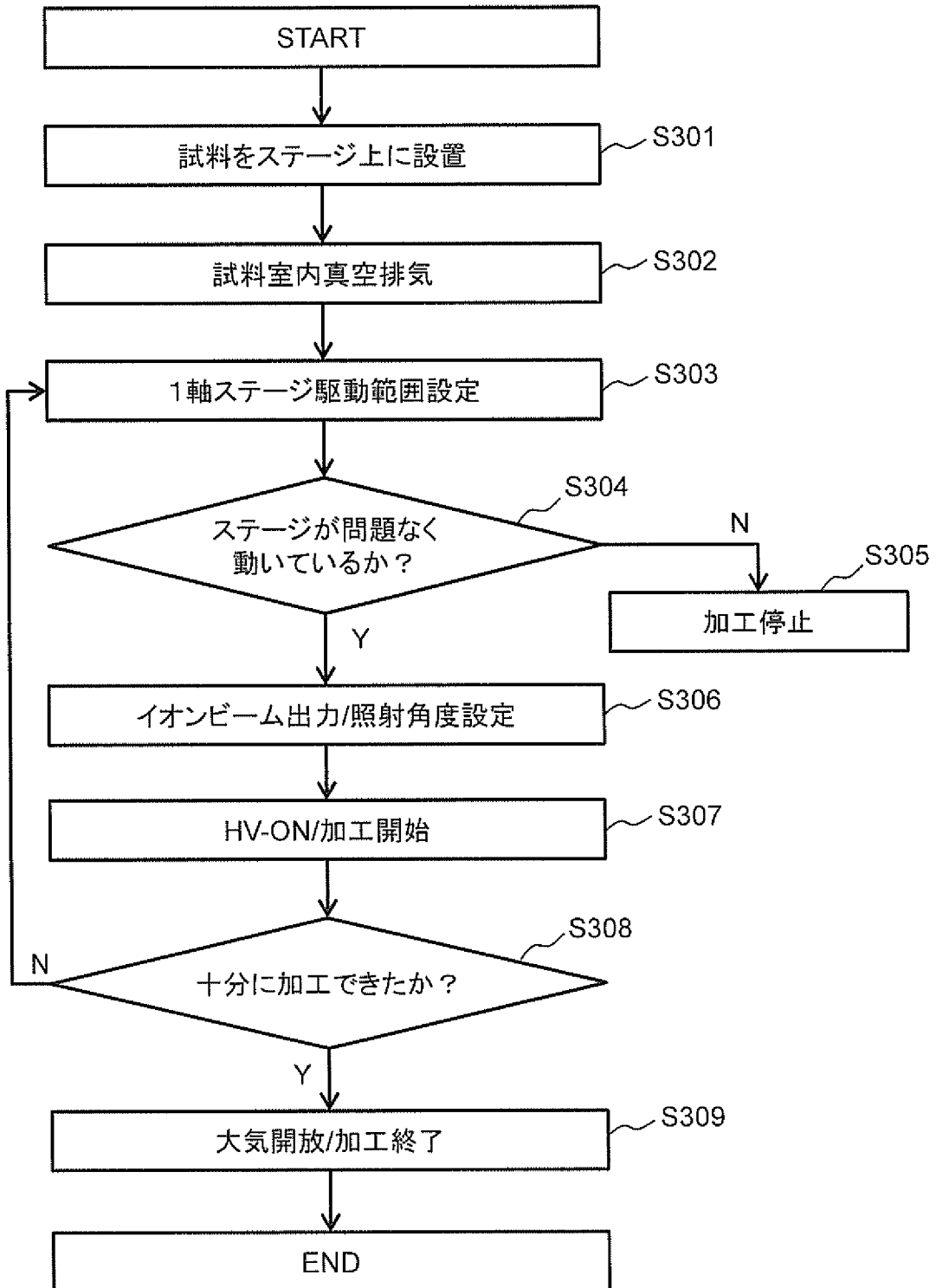


[図3]



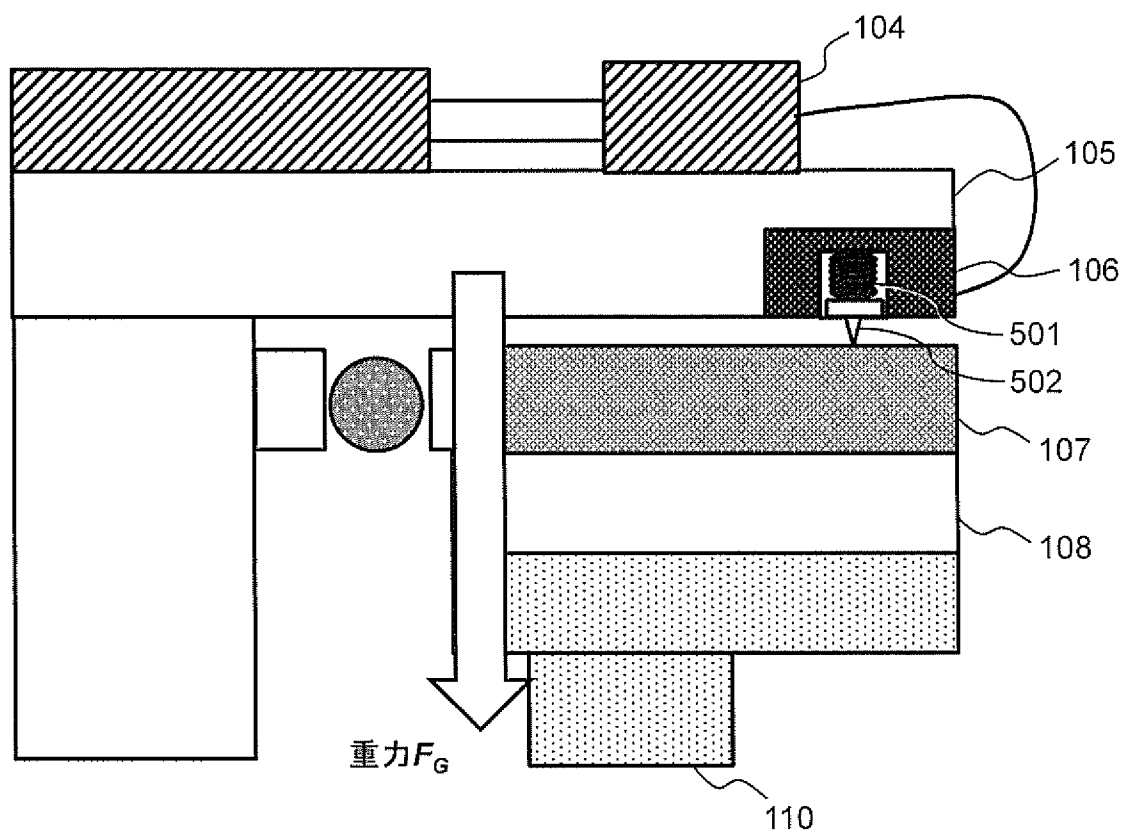
[図4]

図 4



[図5]

図 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/011087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01J 37/20**(2006.01)i; **H01J 37/305**(2006.01)i

FI: H01J37/20 A; H01J37/305 A

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)

H01J37/20; H01J37/305

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 2018-166042 A (HITACHI HIGH-TECH SCIENCE CORP.) 25 October 2018 (2018-10-25) fig. 4; paragraph [0029]	1, 3-9
Y		2
Y	JP 2018-13133 A (DENSO CORPORATION) 25 January 2018 (2018-01-25) abstract	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

12 May 2023

Date of mailing of the international search report

23 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/011087

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2018-166042	A	25 October 2018	US 2018/0286628 A1 fig. 4; paragraphs [0076]- [0077] DE 102018107247 A CN 108666195 A KR 10-2018-0109688 A TW 201903812 A	

JP	2018-13133	A	25 January 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01J 37/20(2006.01)i; H01J 37/305(2006.01)i FI: H01J37/20 A; H01J37/305 A										
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）） H01J37/20; H01J37/305										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 2018-166042 A（株式会社日立ハイテクサイエンス）25.10.2018（2018 - 10 - 25） 図4; 段落0029	1, 3-9								
Y		2								
Y	JP 2018-13133 A（株式会社デンソー）25.01.2018（2018 - 01 - 25） 要約	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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 12.05.2023	国際調査報告の発送日 23.05.2023									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 右▲高▼ 孝幸 2G 9808 電話番号 03-3581-1101 内線 3226									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/011087

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2018-166042	A	25.10.2018	US	2018/0286628	A1	
				図4; 段落0076-0077			
				DE	102018107247	A	
				CN	108666195	A	
				KR	10-2018-0109688	A	
				TW	201903812	A	
JP			2018-13133	A	25.01.2018	(ファミリーなし)	