

(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10月3日(03.10.2024)



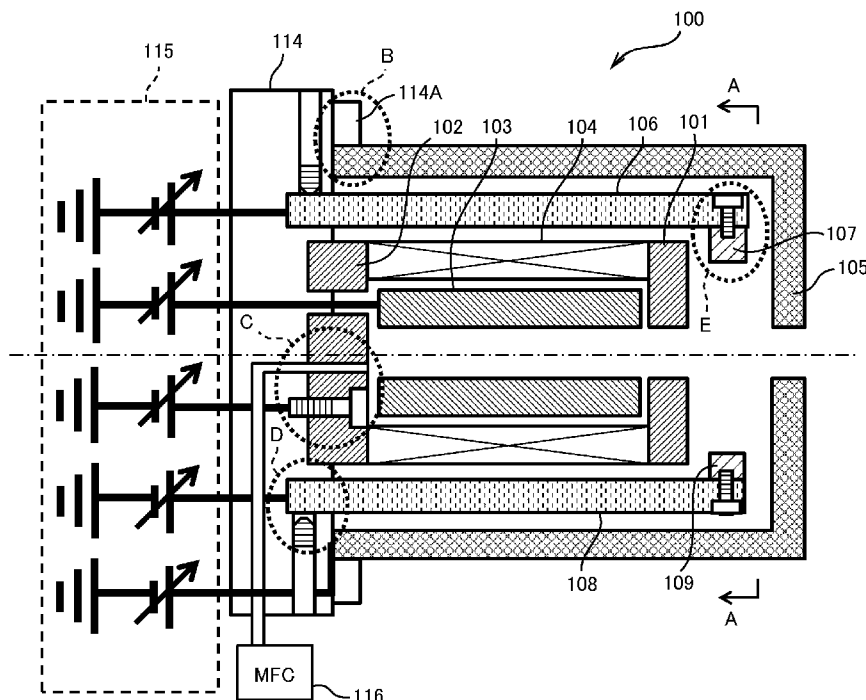
(10) 国際公開番号

WO 2024/201722 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/30 (2006.01) H01J 27/04 (2006.01)
H01J 37/305 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/012549
- (22) 国際出願日: 2023年3月28日(28.03.2023)
- (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: 弁理士法人磯野国際特許商標事務所 (ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1020082 東京都千代田区一番町21-1 一番町東急ビル 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, MAINTENANCE METHOD, AND FOCUSING ELECTRODE FOR ION MILLING DEVICE

(54) 発明の名称: イオンミリング装置、メンテナンス方法及びイオンミリング装置の収束電極



(57) Abstract: An ion milling device (200) having a control unit (control unit (206)) and an ion source (100) that comprises an accelerating electrode (105) capable of applying a voltage so as to draw generated ions to the outside by the Penning discharge method, wherein: the ion source (100) has a plurality of focusing electrodes (first beam correction electrode (106), etc.), which are positioned between a cathode (first cathode 101, second cathode 102) and the accelerating electrode (105) of the ion source and have a detachable tip end part, and a plurality of variable power sources, which are capable of

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, ME, 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))

applying a voltage to the respective focusing electrodes; and, when drawing out ions generated between an anode (103) and the cathode as a beam, the control unit corrects the irradiation position of the ion beam by means of the focusing electrodes to which a voltage is applied.

- (57) 要約: ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極 (105) を備えたイオン源 (100) と、制御部 (制御ユニット (206)) とを有するイオンミリング装置 (200) において、イオン源 (100) は、イオン源の加速電極 (105) とカソード (第1のカソード101、第2のカソード102) 間に配置された、先端部を取り外し可能な複数本の収束電極 (第1のビーム補正電極 (106) 他) と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有し、制御部は、アノード (103) とカソード間で発生させたイオンをビームとして引き出すときに、電圧印加された収束電極によってイオンビームの照射位置を補正する。

明 細 書

発明の名称：

イオンミリング装置、メンテナンス方法及びイオンミリング装置の収束電極

技術分野

[0001] 本発明は、イオンミリング装置、メンテナンス方法及びイオンミリング装置の収束電極に関する。

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。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ため、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、回転する試料に対してイオンビームを照射し、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ばれている。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行うと、円錐状に加工することができることから、近年では半導体（例えば、フラッシュメモリ）のディレイヤリングに応用されている。ディレイヤリングは、欠陥が明らかになるまで半導体デバイスから材料の層を除去していく技術である。

[0004] 近年のフラッシュメモリの微細化に伴い、繰り返し加工時における加工形状の再現性を高める要求が増えているが、現行のイオン源から照射されるイオンビームは補正を行っていないため、電極部品の温度上昇によるイオンビームのドリフト等の影響を受け、加工形状の再現性が失われる。特許文献1にはビームのドリフト等の影響を低減するために、イオン源内部に補正用の電極（以下、補正電極または収束電極とする）を設けることが有用であると

記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2018/011946号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] イオンミリング装置において試料加工形状の再現性を高めるには、ビーム補正電極をイオン源内部に設けることが有用である。しかし、イオン源内部のカソードは、アノードとカソード間の放電で生成したアルゴンイオンのスパッタリングで徐々に摩耗する。そのとき発生したカソード由来のスパッタリング粒子は、アノード内壁面に付着し、アノードとカソード間の短絡の原因となる。

[0007] したがって短絡を防ぐには、定期的なイオン源の分解を伴うクリーニングが必要とされる。補正電極もスパッタリング粒子が付着、あるいはアルゴンイオンの衝突によって摩耗することが想定されており、メンテナンス性を考慮する必要があった。

[0008] 特許文献1には、ビームのドリフト等の影響を低減するために、イオン源内部に補正用の電極（補正電極）を設けることが有用であると記載されているが、補正電極の固定手段の記載がなく、実装に際してメンテナンス手段を検討する必要があった。

[0009] 本発明は、前記の課題を解決するための発明であって、イオン源の電極部品間の短絡時に容易にメンテナンスが可能となるイオンミリング装置、メンテナンス方法及びイオンミリング装置の収束電極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

[0010] 前記目的を達成するため、本発明のイオンミリング装置は、ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極

を備えたイオン源と、制御部とを有するイオンミリング装置において、前記イオン源は、前記イオン源の加速電極とカソード間に配置された、先端部を取り外し可能な複数本の収束電極と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有し、前記制御部は、アノードとカソード間で発生させたイオンをビームとして引き出すときに、電圧印加された前記収束電極によってイオンビームの照射位置を補正することを特徴とする。本発明のその他の態様については、後記する実施形態において説明する。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、イオン源の電極部品間の短絡時に容易にメンテナンスが可能となる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本実施形態に係るイオン源の内部構造を示した模式図（断面図）である。

[図2A]図1のA－A面における断面視図である。

[図2B]図1のB部の電極取付け時の拡大図である。

[図2C]図1のC部の電極取付け時の拡大図である。

[図2D]図1のD部の電極取付け時の拡大図である。

[図2E]図1のE部の電極取付け時の拡大図である。

[図3]イオン源内で生成したアルゴンイオンがカソードをスパッタリングする様子と、カソード由来のスパッタリング粒子がアノードやビーム補正電極に付着する様子を示した模式図である。

[図4]イオン源の加速電極及びビーム補正電極を分解したときの内部構造を示した模式図である。

[図5]図4のA1－A1面における断面視図である。

[図6]イオン源を装備したイオンミリング装置を示す上面図である。

[図7A]イオン源を装備したイオンミリング装置を示す正面図である。

[図7B]イオン源に対し回転ステージを傾斜させた場合を示す正面図である。

[図8]イオン源内部で短絡が発生した場合のメンテナンス手順を示したフロー

チャートである。

[図9]電極部品のメンテナンス手順の詳細を示したフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本実施形態に係るイオン源100の内部構造を示した模式図（断面図）である。図2Aは、図1のA-A面における断面視図である。図2Bは、図1のB部の電極取付け時の拡大図である。図2Cは、図1のC部の電極取付け時の拡大図である。図2Dは、図1のD部の電極取付け時の拡大図である。図2Eは、図1のE部の電極取付け時の拡大図である。

[0014] イオン源100は、第1のカソード101、第2のカソード102、アノード103、永久磁石104、加速電極105、複数のビーム補正電極（第1のビーム補正電極106、第2のビーム補正電極108、第3のビーム補正電極110、第4のビーム補正電極112）、電極部品固定部114（ベース）、高圧電源115、ガス導入量調整ユニット116を含んで構成される。高圧電源115は、各電極へ電圧を印加する複数の可変電源を有する。

[0015] 各ビーム補正電極は、加速電極105と第1のカソード101及び第2のカソード102間に配置されおり、先端部（第1のビーム補正電極先端部107、第2のビーム補正電極先端部109、第3のビーム補正電極先端部111、第4のビーム補正電極先端部113）を取り外し可能となっている。

[0016] イオン源100は、ペニング方式を採用しており、円筒状のアノード103の外周に、円筒状の永久磁石104を配置し、その両端に円盤状の第1のカソード101及び第2のカソード102を配置した構造を有する。アノード103に高圧電源115から放電電圧 V_d が印加され、放電により電子が発生する。発生した電子は、アノード103の外周に配置した永久磁石104の磁場の影響を受けてローレンツ力がはたらき、アノード103内部を螺旋運動する。このとき、ガス導入量調整ユニット116を介してイオン源内にアルゴンを導入すると、可動距離が長くなった電子と衝突し、アルゴンイオンを生成する。

[0017] アルゴンイオンは、アノードとカソード間で発生させた加速電圧 V_a によって第1のカソード101及び第2のカソード102側に引き寄せられる。第2のカソード102に引き寄せられると、スパッタリング現象が生じて第2のカソード102が摩耗し、第2のカソード102由来のスパッタリング粒子が発生する。

[0018] 発生したスパッタリング粒子はアノード内壁及びアノード端面に付着していき、やがてアノードとカソード間が短絡する。第1のカソード101に引き寄せられると、第1のカソード101の中心に空いた穴からアルゴンイオンが引き出され、ビームとして出射される。このとき加速電極105には数100V程度の負の電圧を印加しておき、イオン源側からの電子の脱出や、イオン源外からの電子の侵入を防ぐことができる。

[0019] また、イオン源100内の放電で温度が上昇し、イオンビームがドリフトするおそれがある。ドリフトを防ぐために、第1のカソード101及び第2のカソード102と加速電極105との間にイオンビーム補正電極を設ける。イオンビーム補正電極は、図2Aに示すように、4端子の電極となっており、各々が90°間隔で配置されている。イオンビーム補正電極の先端部は4個そろえると円形となり、イオンビームの出射の妨げとならないような構造になっている。4端子の電極はいずれも補正電圧 V_{c1} 、 V_{c2} 、 V_{c3} 、 V_{c4} の印加を可能とし、イオンビームを広げたり狭めたりすることができる。

[0020] 各電極の固定方法を説明する。

図2Bに示すように、加速電極105は、電極部品固定部114（ベース）のリング部114Aとねじ機構で固定されている。すなわち、リング部114Aの穴の内側にめねじ114fがあり、加速電極105の外側におねじ105mがある。

[0021] 図2Cに示すように、第2のカソード102は、電極部品固定部114と固定ねじ122で固定されている。なお、第1のカソードは101と第2のカソード102とは、永久磁石104で吸着されている。

[0022] 図2Dに示すように、電極部品固定部114（ベース）のビーム補正電極

固定部 117 には、ビーム補正電極（例えば、第 2 のビーム補正電極 108）が着脱可能に接続され、可変電源に接続された状態でビーム補正電極を固定する。ビーム補正電極固定部 117 内には、板ばね 121 を有している。ビーム補正電極は、ビーム補正電極固定部 117 に挿入された状態で、止ねじ 120 で固定される。なお、電極部品固定部 114 は絶縁性があり、比較的耐熱性の高い高分子材料、セラミック等で製作が望ましい。一方、ビーム補正電極固定部 117 の板ばね 121 は配線に接続された金属材料である。

[0023] 図 2 E に示すように、ビーム補正電極は、電極部品固定部 114 へ接続される収束電極の柱部（例えば、第 1 のビーム補正電極 106）と、柱部の先端に、イオンビームの照射軸を中心とする曲率を有する湾曲部（例えば、第 1 のビーム補正電極先端部 107）と、を有する。湾曲部は、柱部と固定ねじ 123 で固定されている。

[0024] 図 3 は、イオン源内で生成したアルゴンイオンがカソードをスパッタリングする様子と、カソード由来のスパッタリング粒子がアノードやビーム補正電極に付着する様子を示した模式図である。アノードに高電圧を印加すると放電により電子が発生する。イオン源内に導入されたアルゴンはアルゴンイオンに変化し、アルゴンイオンは第 1 のカソード 101 及び第 2 のカソード 102 に誘引される。第 2 のカソード 102 にアルゴンイオンが衝突すると、スパッタリング粒子を発生し、アノードの内壁及び端面に付着する。端面に付着したスパッタリング粒子は、徐々に付着量が増えていき、最終的に図 3 の詳細 31 に示すようにアノードとカソード間で導通が生じてしまう。導通すると正常に放電しなくなるため、クリーニング時期の目安と判断できる。また、スパッタリング粒子は通常極性を持たないため、図 3 の詳細 32 に示すように、イオンビーム補正電極先端部に付着し、カソードとイオンビーム補正電極間の短絡あるいは加速電極とイオンビーム補正電極間の短絡が発生することも懸念される。以上のことから、定期的なイオンビーム補正電極のクリーニングを行うことが望ましい。

[0025] 図 4 は、イオン源 100 の加速電極 105 およびビーム補正電極を分解し

たときの内部構造を示した模式図である。図5は、図4のA1-A1面における断面視図である。加速電極105は電極部品固定部114にねじ機構で固定されており、容易に取り外せる。加速電極105を取り外した後、ビーム補正電極（第1のビーム補正電極106、第2のビーム補正電極108、第3のビーム補正電極110、第4のビーム補正電極112）及びビーム補正電極先端部（第1のビーム補正電極先端部107、第2のビーム補正電極先端部109、第3のビーム補正電極先端部111、第4のビーム補正電極先端部113）を取り外すことができる。

[0026] 分解前は、ビーム補正電極は高圧電源115に接続されたビーム補正電極固定部117で固定されている。ビーム補正電極固定部117は、ばね性の高い材料（りん青銅等）の板ばね121を有しており、差し込むことで容易に電源供給ができる他、簡単に取り外すことも可能である。図5に示すように、ビーム補正電極はいずれも電極部品固定部114から取り外し可能であり、ビーム補正電極先端部だけを交換することも可能である。

[0027] 図6は、イオン源100を装備したイオンミリング装置200を示す上面図である。図7Aは、イオン源100を装備したイオンミリング装置200を示す正面図である。図7Bは、イオン源100に対し回転ステージ204を傾斜させた場合を示す正面図である。

[0028] イオンミリング装置200は、イオン源100、高圧電源115、ガス導入量調整ユニット116、試料室201、ステージ傾斜部202、ステージアーム部203、回転ステージ204、排気ユニット205、制御ユニット206（制御部）を含んで構成される。試料室201は、試料加工中は排気ユニット205によって常に高真空（ 10^{-3} Pa以下）に保たれている。ステージ傾斜部202は、ステージアーム部203及び回転ステージ204を自由に傾斜でき、載置した試料に対するビーム照射角度を自由に調整できる。試料を加工する場合は、制御ユニット206は、イオン源100内部で放電させ、ガス導入量調整ユニット116から導入したアルゴンをイオン化し、イオンビームとして試料に照射する。

[0029] 回転ステージ204は、試料加工中は常に回転しており、試料に対して満遍なくビーム照射ができる。試料加工中に、イオン源100内部でアノードとカソード間、カソードとビーム補正電極間、ビーム補正電極と加速電極間で短絡が発生した場合は、高圧電源115を介して制御ユニット206にフィードバックし、加工を停止する。また、このときガス導入量調整ユニット116内にあるバルブが閉じ、イオン源100へのアルゴン供給を停止する。停止後は、イオン源100から電極部品一式を取り外し、メンテナンスを行う。

[0030] 図8は、イオン源100内部で短絡が発生した場合のメンテナンス手順を示したフローチャートである。図8に、イオン源100を装備したイオンミリング装置200を用いて、試料加工を行い、加工完了するまでのフローチャートを示す。

[0031] ステップS301において、試料を回転ステージ204上に載置された後、排気ユニット205は、試料室201内の真空排気を行う。

ステップS302において、制御ユニット206は、イオンビームの出力条件（加速電圧 V_a 、放電電圧 V_d 、補正電圧 V_{c1} 、 V_{c2} 、 V_{c3} 、 V_{c4} 、ガス流量）及びステージ傾斜角度を決定する。

ステップS303において、制御ユニット206は、イオン源100に電圧を印加する。そして、印加後に試料加工を開始する。

[0032] ステップS304において、制御ユニット206は、加工中に電極間（アノードーカソード、カソードービーム補正電極、ビーム補正電極ー加速電極間のいずれか）で短絡が発生したか否かを判定し、短絡が発生したと判定した場合（ステップS304，Yes）、ステップS305に進む。一方、短絡が発生していないと判定した場合（ステップS304，No）、ステップS306に進む。

[0033] ステップS305において、制御ユニット206は、高圧電源115の電圧印加を停止する。停止後、イオン源100内部のメンテナンスを行う。メンテナンスの手順は図9のフローチャートで説明する。

ステップS 3 0 6において、制御ユニット2 0 6は、試料加工が完了したか否かを判定し、試料加工が完了していない場合（ステップS 3 0 6, N o）、ステップS 3 0 4に戻り、試料加工が完了している場合（ステップS 3 0 6, Y e s）、ステップS 3 0 7に進む。

ステップS 3 0 7において、制御ユニット2 0 6は、試料室2 0 1内を大気開放し、試料加工を終了する。

[0034] 図9は、電極部品のメンテナンス手順の詳細を示したフローチャートである。図9に、図8のステップS 3 0 5で示した電極部品のメンテナンスを開始し、終了するまでのフローチャートを示す。適宜図1、図2 Aを参照する。

ステップS 4 0 1において、制御ユニット2 0 6は、試料室2 0 1の大気開放を行う。

[0035] ステップS 4 0 2において、試料室2 0 1の大気開放後、イオン源1 0 0から加速電極1 0 5を取り外す。

[0036] ステップS 4 0 3において、4本のビーム補正電極（第1のビーム補正電極1 0 6、第2のビーム補正電極1 0 8、第3のビーム補正電極1 1 0、第4のビーム補正電極1 1 2）、及びビーム補正電極先端部（第1のビーム補正電極先端部1 0 7、第2のビーム補正電極先端部1 0 9、第3のビーム補正電極先端部1 1 1、第4のビーム補正電極先端部1 1 3）を取り外す。

[0037] ステップS 4 0 4において、第1のカソード1 0 1、第2のカソード1 0 2、永久磁石1 0 4、アノード1 0 3を取り外す。

[0038] ステップS 4 0 5において、ステップS 4 0 2～S 4 0 4で取り外した各電極部品をクリーニングし、付着したスパッタリング粒子を取り除く。また、アルゴンイオンのスパッタリングにより、摩耗がみられる場合は新品に交換する。

[0039] ステップS 4 0 6において、ステップS 4 0 5でクリーニングした電極部品を用いて、イオン源1 0 0の再組立を行う。

ステップS 4 0 7において、試料室2 0 1内の真空排気を行う。

ステップS408において、制御ユニット206は、イオン源100に電圧を印加し、電極間の短絡が発生したか否かを判定する。再度短絡が発生したと判定した場合（ステップS408, Yes）、ステップS401に戻る。問題がない場合（ステップS408, No）は処理を終了し、図8のステップS303から再開する。

[0040] 以上、本実施形態のイオンミリング装置200、メンテナンス方法及びイオンミリング装置200の収束電極（ビーム補正電極）は、次の特徴を有する。

（1）ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極105を備えたイオン源100と、制御部（制御ユニット206）とを有するイオンミリング装置200において、イオン源100は、イオン源100の加速電極105とカソード（第1のカソード101、第2のカソード102）間に配置された、先端部（例えば、第1のビーム補正電極先端部107）を取り外し可能な複数本の収束電極（例えば、第1のビーム補正電極106）と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源（高圧電源115）と、を有し、制御部は、アノード103とカソード間で発生させたイオンをビームとして引き出すときに、電圧印加された収束電極によってイオンビームの照射位置を補正することを特徴とする。これによれば、イオン源の電極部品間の短絡時に容易にメンテナンスが可能となる。

[0041] （2）前記（1）のイオンミリング装置において、カソードが接続されたベース（電極部品固定部114）に収束電極が着脱可能に接続され、前記可変電源に接続された状態で前記収束電極を固定する固定部（ビーム補正電極固定部117）を有する。これにより、収束電極をメンテナンス時に容易に取り外し、取付けができる。

[0042] （3）前記（1）のイオンミリング装置において、収束電極は、カソードが接続されたベースへ接続される収束電極の柱部（例えば、第1のビーム補正電極106）と、柱部の先端に、イオンビームの照射軸を中心とする曲率を

有する湾曲部（例えば、第１のビーム補正電極先端部１０７）と、を有する。これによれば、メンテナンス時に収束電極の先端部を容易に取り外し、取付けができる。

[0043] （４）前記（２）のイオンミリング装置において、固定部は、ねじで収束電極を固定することができる（図２Ｄ参照）。

[0044] （５）ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極１０５を有するイオン源１００を備え、イオン源１００は、イオン源１００の加速電極１０５とカソード間に配置された、複数本の収束電極と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有するイオンミリング装置２００のメンテナンス方法であって、収束電極の先端に、取り外し可能である、前記収束電極のイオンビームの照射軸を中心とする曲率を有する湾曲部を有しており、メンテナンスする際に、加速電極を取り外し、収束電極から湾曲部を取り外し、湾曲部を補修することができる。これによれば、イオン源の電極部品間の短絡時に容易にメンテナンスが可能となる。

[0045] （６）前記（５）のメンテナンス方法において、イオン源１００は、カソードが接続されたベースに収束電極が着脱可能に接続され、可変電源に接続された状態で前記収束電極を固定する固定部を有しており、加速電極を取り外したのち、収束電極をベースの固定部から取り外し、収束電極の前記湾曲部を補修することができる。これによれば、イオン源の電極部品間の短絡時に容易にメンテナンスが可能となる。

[0046] （７）ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極１０５を有するイオン源１００を備え、イオン源１００は、イオン源１００の加速電極１０５とカソード間に配置された、複数本の収束電極と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有するイオンミリング装置２００の収束電極であって、カソードが接続されたベースに着脱可能に接続される柱部と、柱部の先端に、イオンビームの照射軸を中心とする曲率を有する湾曲部と、を有する。これによれば

、イオン源の電極部品間の短絡時に容易に収束電極をメンテナンスが可能となる。

[0047] (8) 前記(7)のイオンミリング装置の収束電極において、湾曲部は、収束電極から取り外し可能である。これによれば、イオン源の電極部品間の短絡時に容易に湾曲部をメンテナンスが可能となる。

[0048] イオンミリング装置200のイオン源100は、加速電圧の可変や電圧印加時間に伴う電極部品の温度上昇による、加工位置ずれが発生することが課題とされていた。加工位置ずれの補正手段として、イオン源内部に補正電極（収束電極）を組み込み、放電させることが有用である。しかし、イオン源内部の電極部品はスパッタリング現象により汚染あるいは消耗するため、定期的なメンテナンスが必要となることから、補正電極の実装を工夫する必要がある。本実施形態では補正電極（収束電極）を容易に取り外し可能な構造とし、汚染あるいは消耗する先端部だけを交換可能とした。これにより、イオンミリング装置200のイオン源100に対して容易に補正電極（収束電極）を組み込むことが可能となる。

[0049] なお、本発明は前記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。また、前記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ものに限定されるものではない。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

符号の説明

[0050] 100 イオン源
101 第1のカソード
102 第2のカソード
103 アノード
104 永久磁石
105 加速電極
105m おねじ

- 1 0 6 第1のビーム補正電極（収束電極）
- 1 0 7 第1のビーム補正電極先端部（収束電極先端部）
- 1 0 8 第2のビーム補正電極（収束電極）
- 1 0 9 第2のビーム補正電極先端部（収束電極先端部）
- 1 1 0 第3のビーム補正電極（収束電極）
- 1 1 1 第3のビーム補正電極先端部（収束電極先端部）
- 1 1 2 第4のビーム補正電極（収束電極）
- 1 1 3 第4のビーム補正電極先端部（収束電極先端部）
- 1 1 4 電極部品固定部（ベース）
- 1 1 4 A リング部
- 1 1 4 f めねじ
- 1 1 5 高圧電源
- 1 1 6 ガス導入量調整ユニット
- 1 1 7 ビーム補正電極固定部（固定部）
- 1 2 0 止ねじ
- 1 2 1 板ばね
- 1 2 2 固定ねじ
- 1 2 3 固定ねじ
- 2 0 0 イオンミリング装置
- 2 0 1 試料室
- 2 0 2 ステージ傾斜部
- 2 0 3 ステージアーム部
- 2 0 4 回転ステージ
- 2 0 5 排気ユニット
- 2 0 6 制御ユニット（制御部）

請求の範囲

- [請求項1] ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極を備えたイオン源と、制御部とを有するイオンミリング装置において、
- 前記イオン源は、
- 前記イオン源の加速電極とカソード間に配置された、先端部を取り外し可能な複数本の収束電極と、
- 各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有し、
- 前記制御部は、アノードとカソード間で発生させたイオンをビームとして引き出すときに、電圧印加された前記収束電極によってイオンビームの照射位置を補正することを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のイオンミリング装置において、
- 前記カソードが接続されたベースに前記収束電極が着脱可能に接続され、前記可変電源に接続された状態で前記収束電極を固定する固定部を有する
- ことを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項3] 請求項1に記載のイオンミリング装置において、
- 前記収束電極は、
- 前記カソードが接続されたベースへ接続される収束電極の柱部と、
- 前記柱部の先端に、イオンビームの照射軸を中心とする曲率を有する湾曲部と、を有する
- ことを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項4] 請求項2に記載のイオンミリング装置において、
- 前記固定部は、ねじで前記収束電極を固定することを特徴とするイオンミリング装置。
- [請求項5] ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧

を印加できる加速電極を有するイオン源を備え、

前記イオン源は、前記イオン源の加速電極とカソード間に配置された、複数本の収束電極と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有するイオンミリング装置のメンテナンス方法であって、

前記収束電極の先端に、取り外し可能である、前記収束電極のイオンビームの照射軸を中心とする曲率を有する湾曲部を有しており、

メンテナンスする際に、前記加速電極を取り外し、前記収束電極から前記湾曲部を取り外し、前記湾曲部を補修する

ことを特徴とするメンテナンス方法。

[請求項6]

請求項5に記載のメンテナンス方法において、

前記イオン源は、前記カソードが接続されたベースに前記収束電極が着脱可能に接続され、前記可変電源に接続された状態で前記収束電極を固定する固定部を有しており、

前記加速電極を取り外したのち、前記収束電極を前記ベースの前記固定部から取り外し、前記収束電極の前記湾曲部を補修する

ことを特徴とするメンテナンス方法。

[請求項7]

ペニング放電方式で、生成したイオンを外部に引き出すように電圧を印加できる加速電極を有するイオン源とを備え、

前記イオン源は、前記イオン源の加速電極とカソード間に配置された、複数本の収束電極と、各々の前記収束電極に対して電圧を印加できる複数個の可変電源と、を有するイオンミリング装置の収束電極であって、

前記カソードが接続されたベースに着脱可能に接続される柱部と、前記柱部の先端に、イオンビームの照射軸を中心とする曲率を有する湾曲部と、を有する

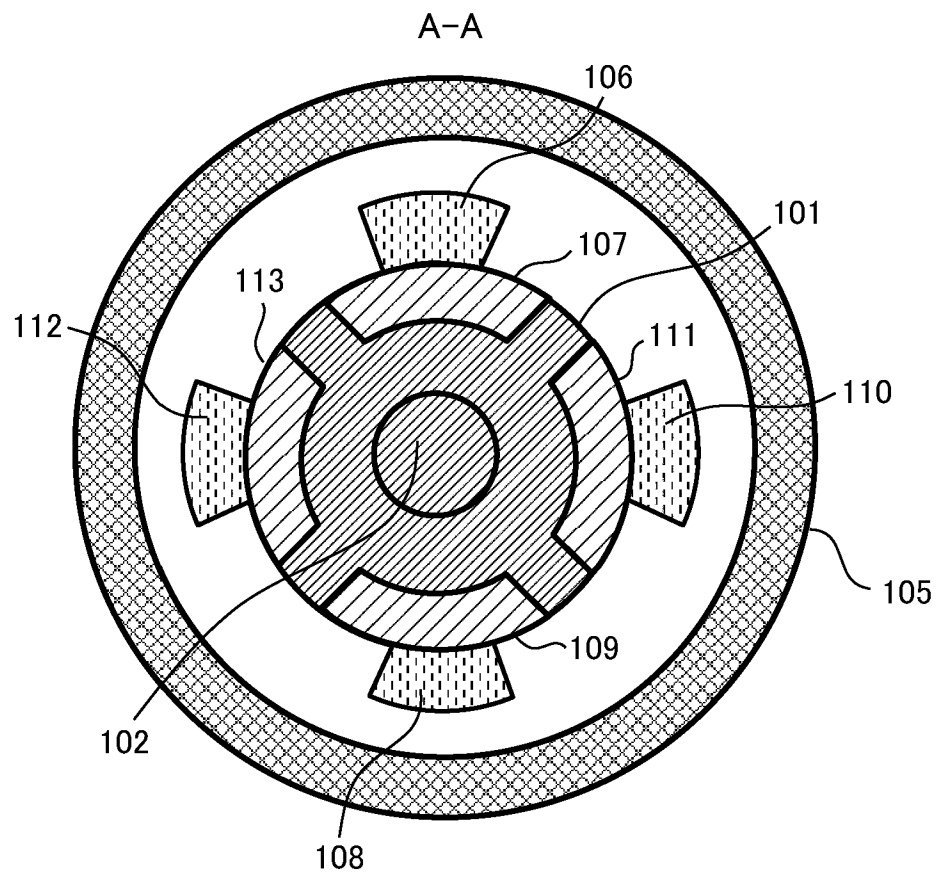
ことを特徴とするイオンミリング装置の収束電極。

[請求項8]

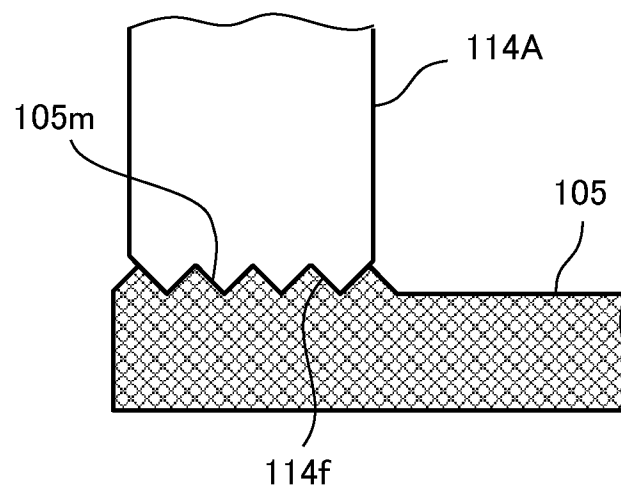
請求項7に記載のイオンミリング装置の収束電極において、

前記湾曲部は、前記収束電極から取り外し可能であることを特徴とするイオンミリング装置の収束電極。

[図2A]

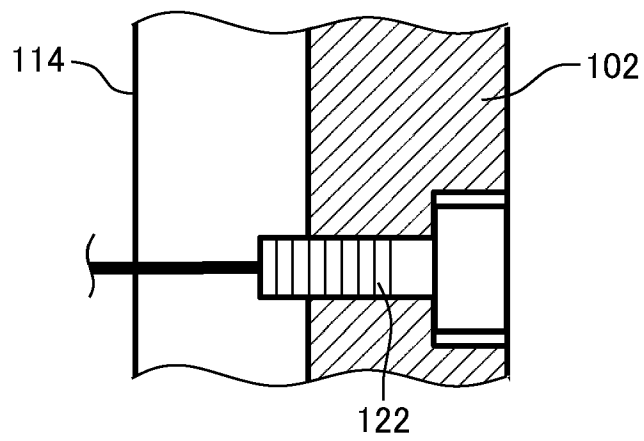


[図2B]



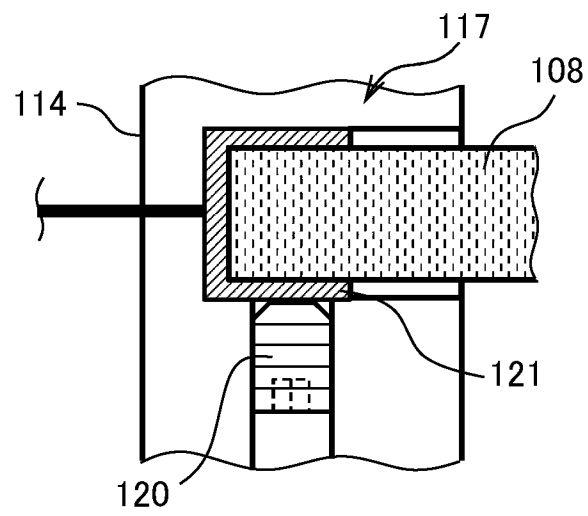
[図2C]

C拡大図



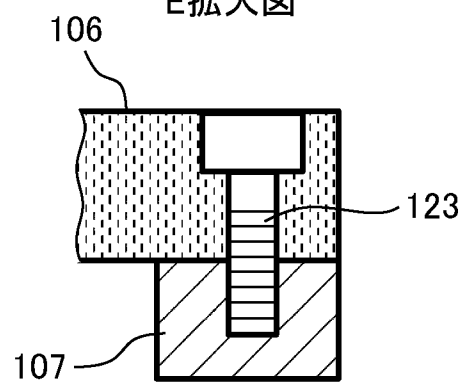
[図2D]

D拡大図

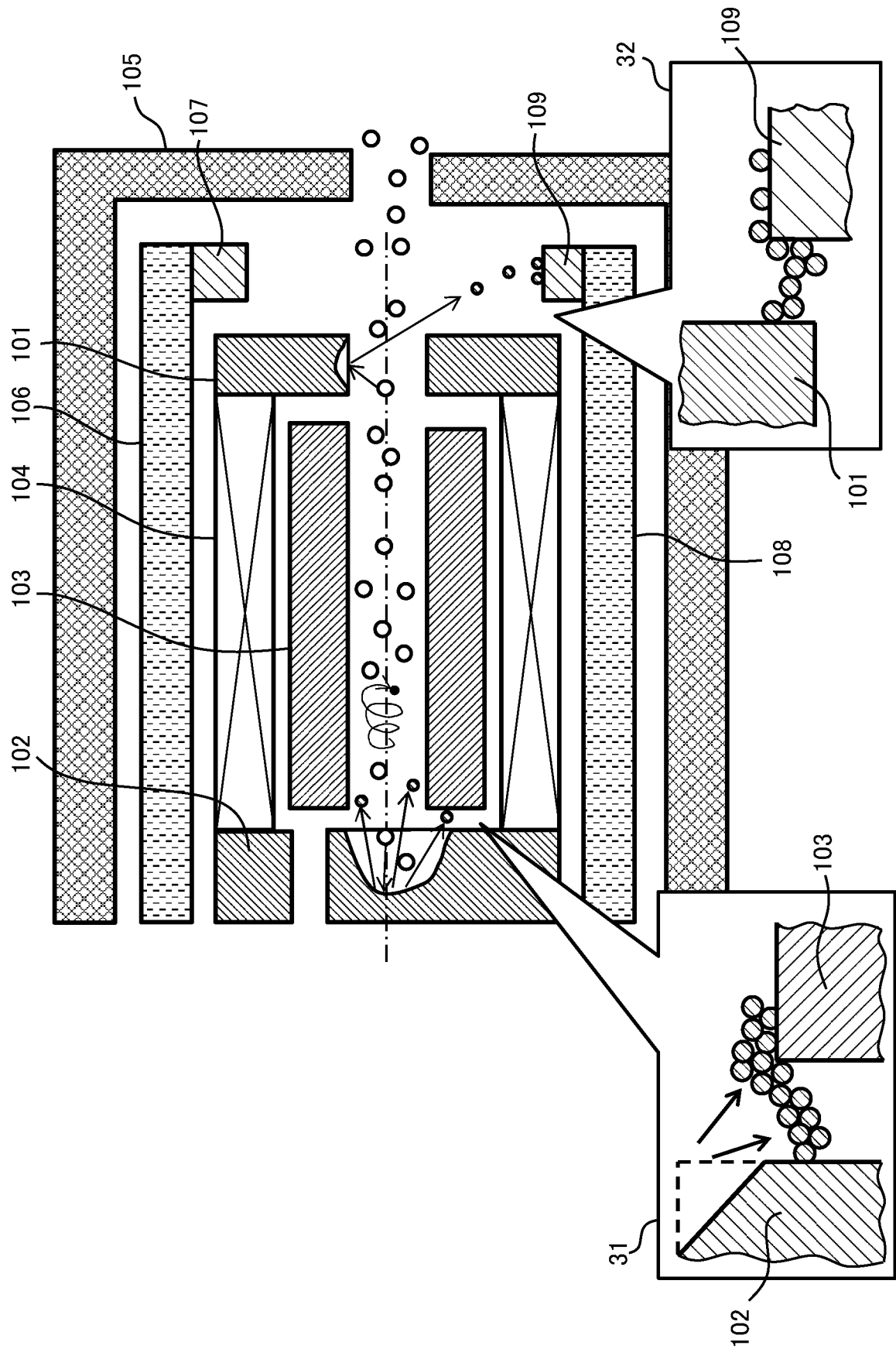


[図2E]

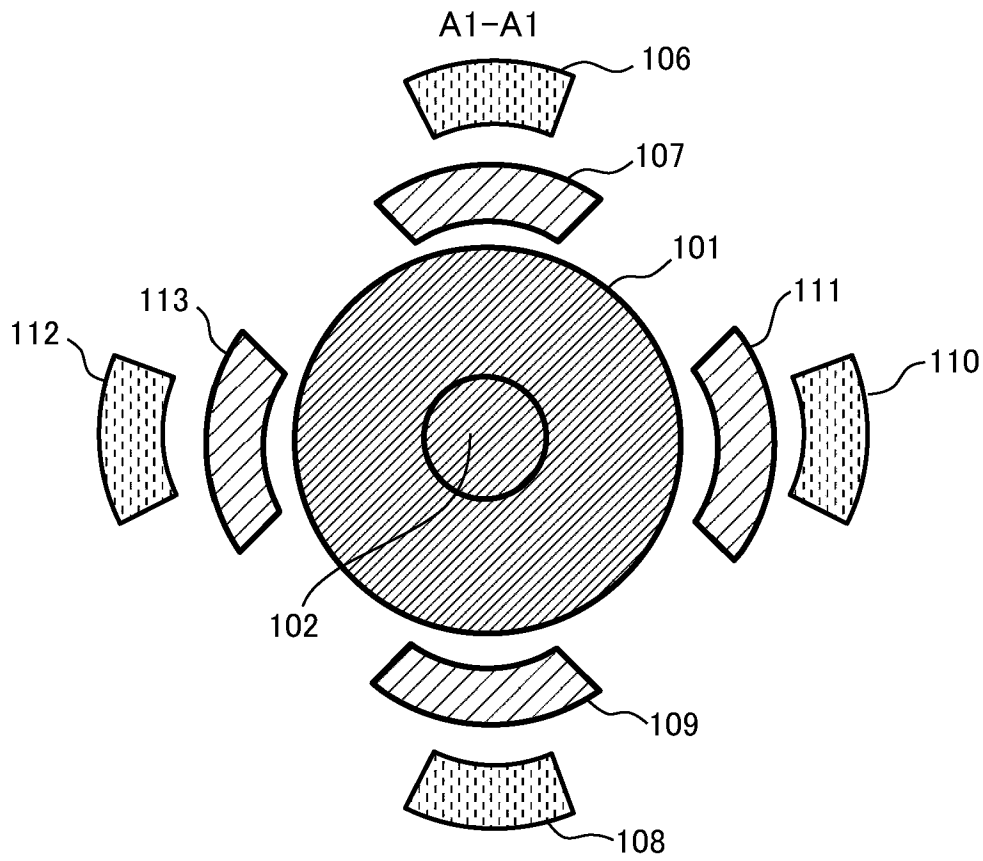
E拡大図



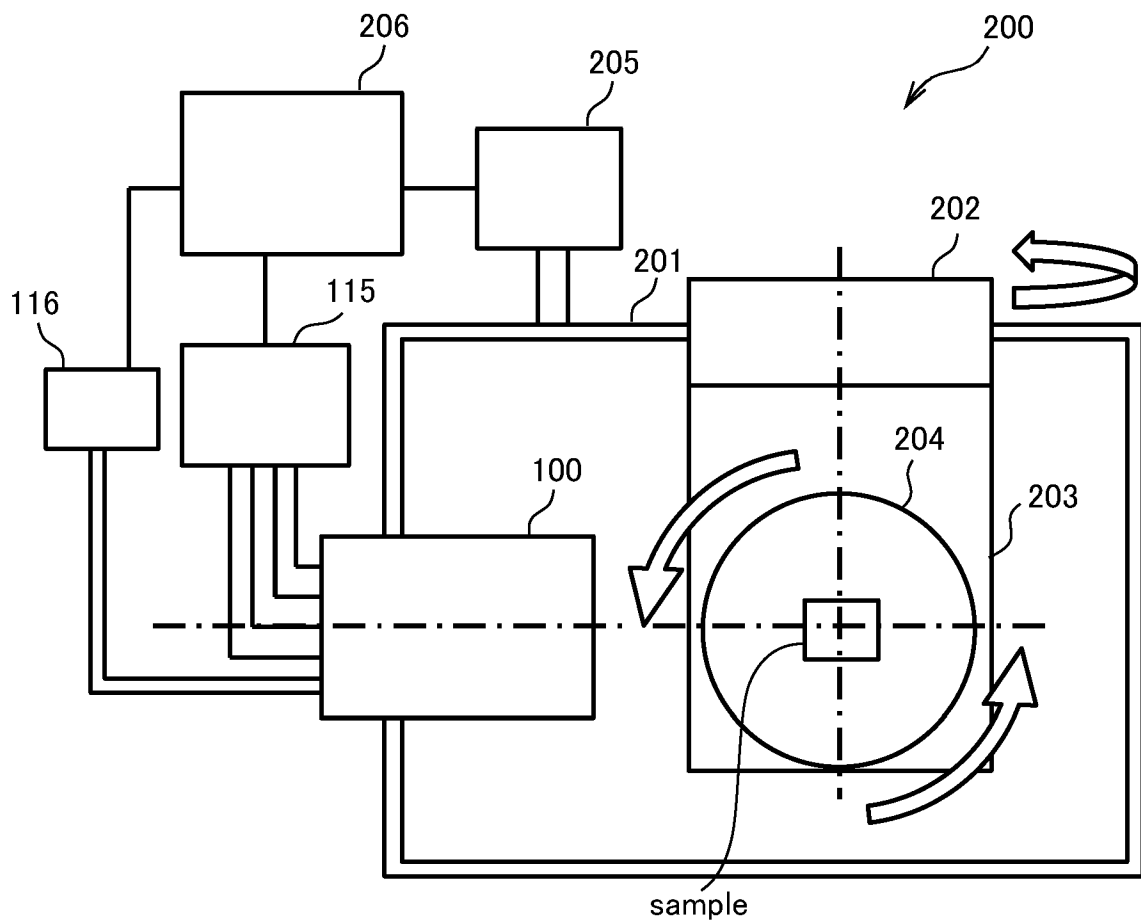
[図3]



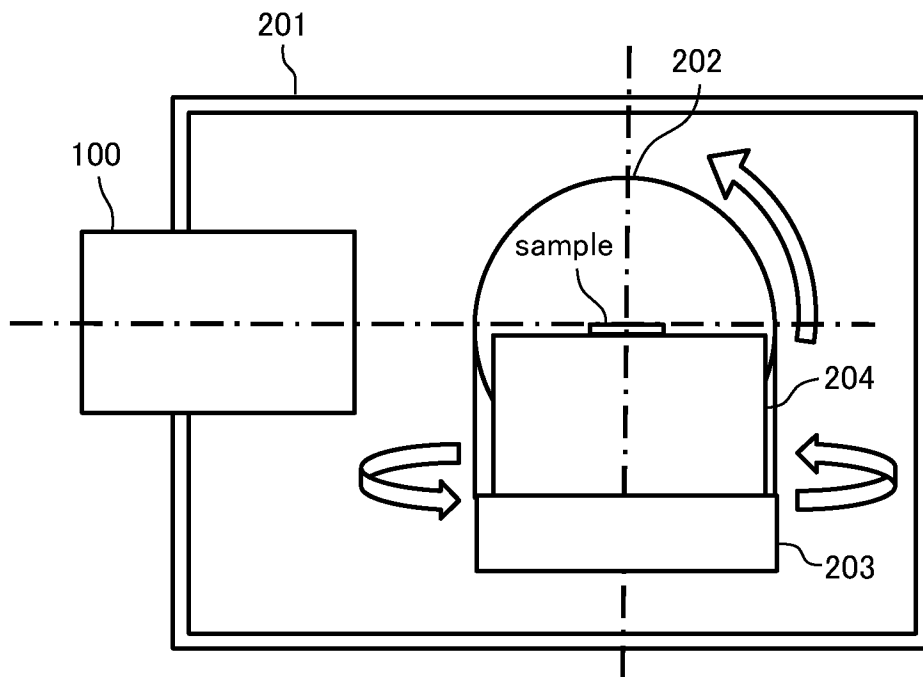
[図5]



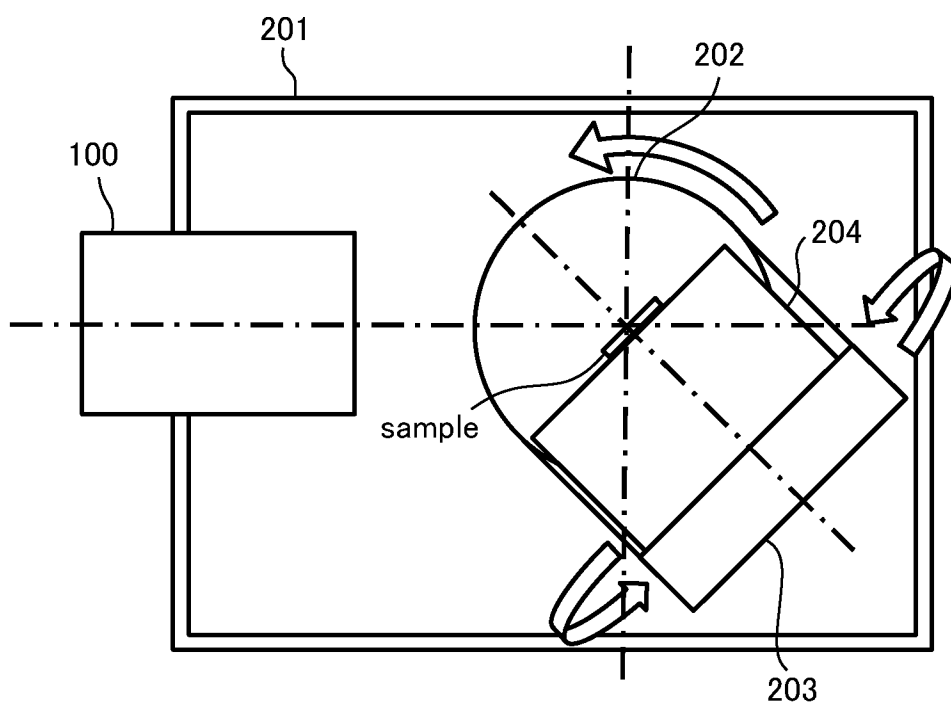
[図6]



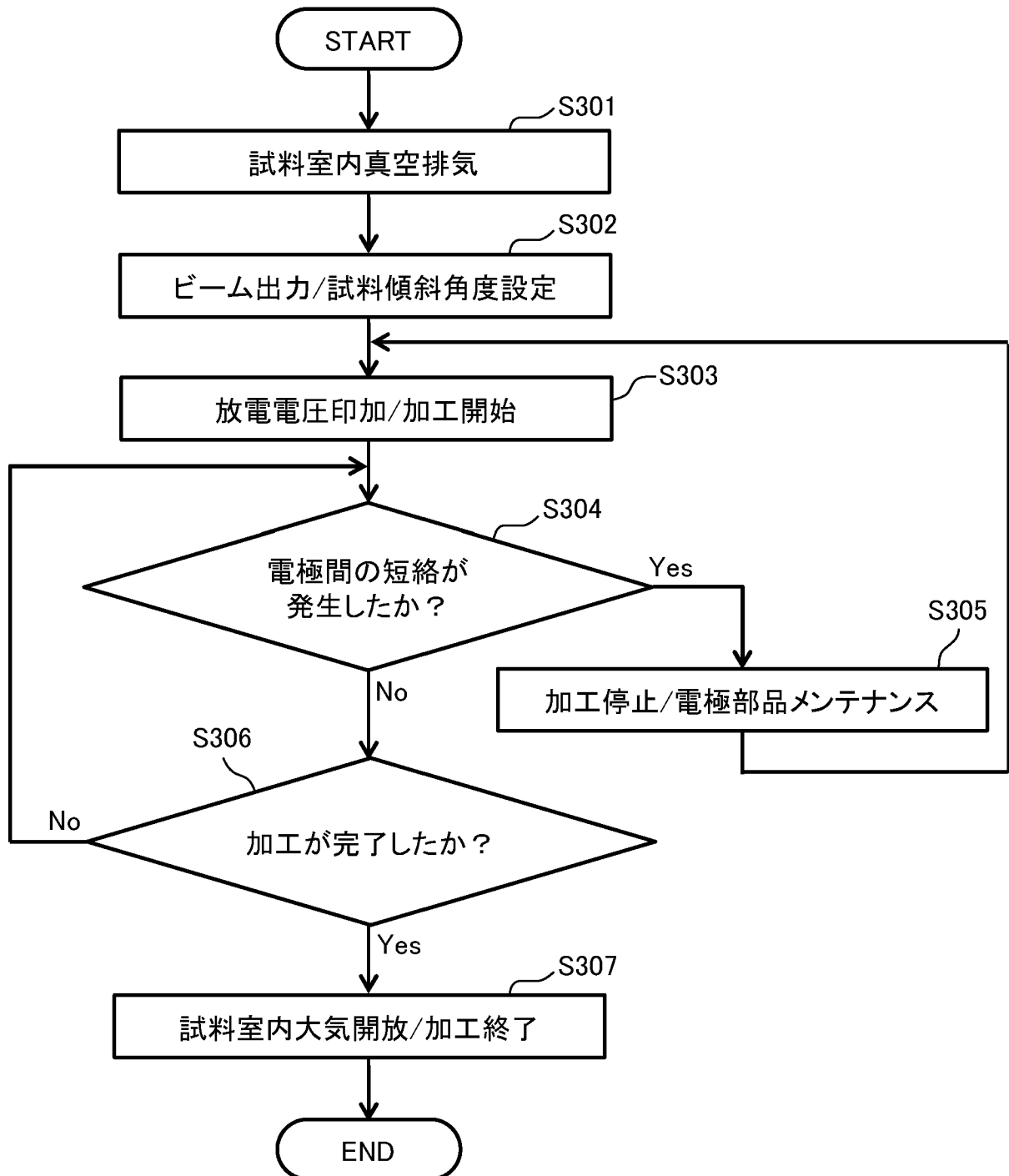
[図7A]



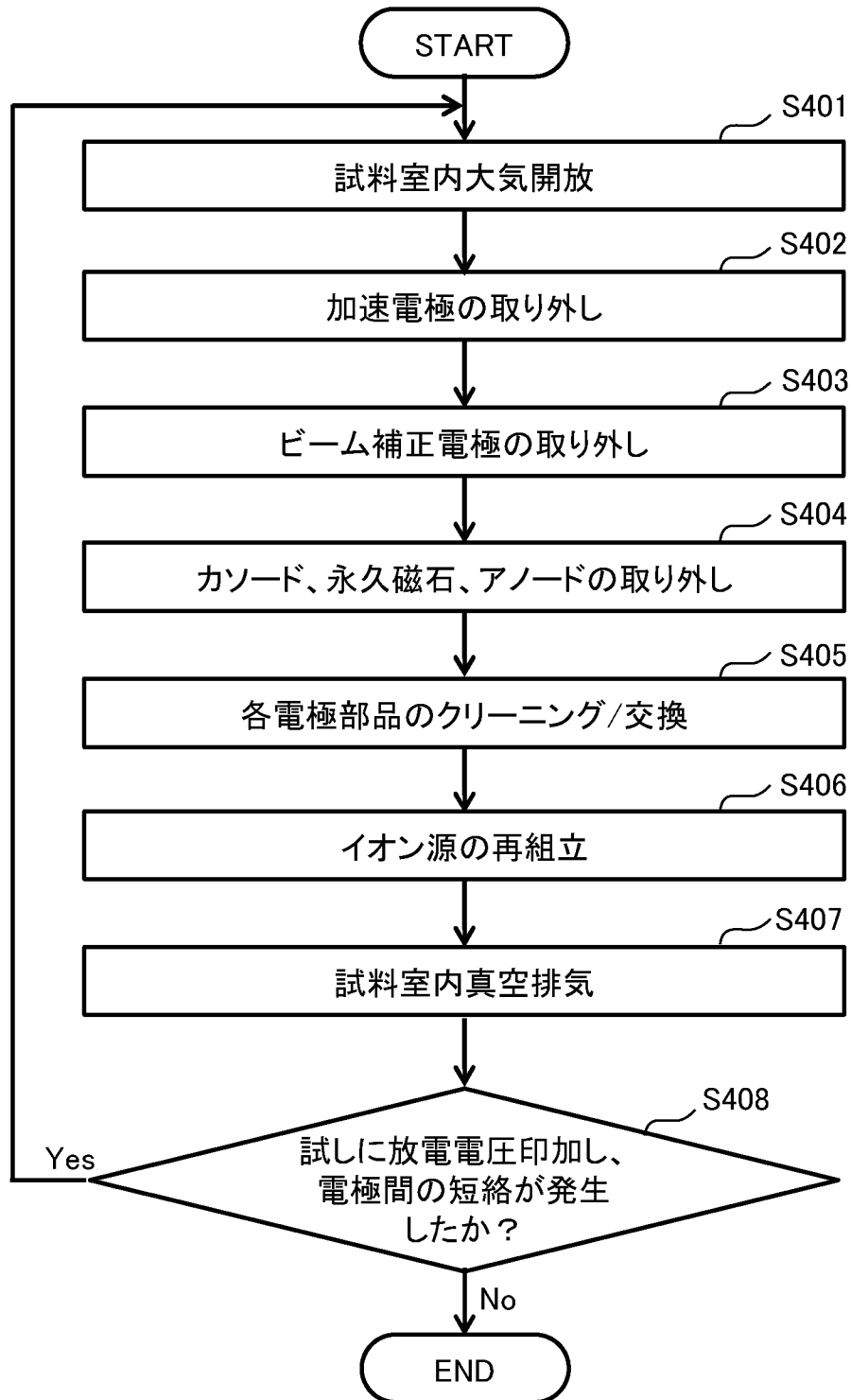
[図7B]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/012549

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01J 37/30**(2006.01)i; **H01J 37/305**(2006.01)i; **H01J 27/04**(2006.01)i

FI: H01J37/30 Z; H01J37/305 A; H01J27/04

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)

H01J37/30; H01J37/305; H01J27/04

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 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.
A	WO 2018/011946 A1 (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 18 January 2018 (2018-01-18) paragraphs [0013]-[0049], fig. 3-10	1-8
A	JP 2013-524467 A (E.A. FISCHIONE INSTRUMENTS, INC.) 17 June 2013 (2013-06-17) paragraphs [0024]-[0025], fig. 3	1-8
A	JP 2006-351374 A (JEOL LTD.) 28 December 2006 (2006-12-28) abstract, fig. 1	1-8
A	JP 2018-22701 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 08 February 2018 (2018-02-08) abstract, fig. 2	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

11 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/JP2023/012549

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2018/011946	A1	18 January 2018	US 2021/0287871 A1 paragraphs [0030]-[0065], fig. 3-10 KR 10-2019-0002590 A CN 109314031 A	
JP	2013-524467	A	17 June 2013	US 2011/0248179 A1 paragraphs [0029]-[0030], fig. 3 WO 2011/127394 A1 EP 2561540 A1	
JP	2006-351374	A	28 December 2006	US 2006/0284105 A1 abstract, fig. 1	
JP	2018-22701	A	08 February 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01J 37/30(2006.01)i; H01J 37/305(2006.01)i; H01J 27/04(2006.01)i FI: H01J37/30 Z; H01J37/305 A; H01J27/04										
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）） H01J37/30; H01J37/305; H01J27/04										
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										
<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								
A	WO 2018/011946 A1（株式会社日立ハイテクノロジーズ）18.01.2018（2018 - 01 - 18） 第 [0013] - [0049] 段落および第3 - 10図	1-8								
A	JP 2013-524467 A（イー エイ フィシオネ インストルメンツ インコーポレーテッド）17.06.2013（2013 - 06 - 17） 第 [0024] - [0025] 段落および第3図	1-8								
A	JP 2006-351374 A（日本電子株式会社）28.12.2006（2006 - 12 - 28） 要約および第1図	1-8								
A	JP 2018-22701 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）08.02.2018（2018 - 02 - 08） 要約および第2図	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。										
<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 11.05.2023	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） 藤本 加代子 2G 4458 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/JP2023/012549

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/011946	A1	18.01.2018	US 2021/0287871 A1 第 [0 0 3 0] - [0 0 6 5] 段落および第 3 - 1 0 図 KR 10-2019-0002590 A CN 109314031 A	
JP	2013-524467	A	17.06.2013	US 2011/0248179 A1 第 [0 0 2 9] - [0 0 3 0] 段落および第 3 図 WO 2011/127394 A1 EP 2561540 A1	
JP	2006-351374	A	28.12.2006	US 2006/0284105 A1 要約および第 1 図	
JP	2018-22701	A	08.02.2018	(ファミリーなし)	