

(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
2018年2月15日(15.02.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/029778 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/20 (2006.01) *H01J 37/30* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/073414
- (22) 国際出願日: 2016年8月9日(09.08.2016)
- (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ノロジーズ (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 金子 朝子 (KANEKO Asako); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

高須 久幸 (TAKASU Hisayuki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 岩谷 徹 (IWAYA Toru); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

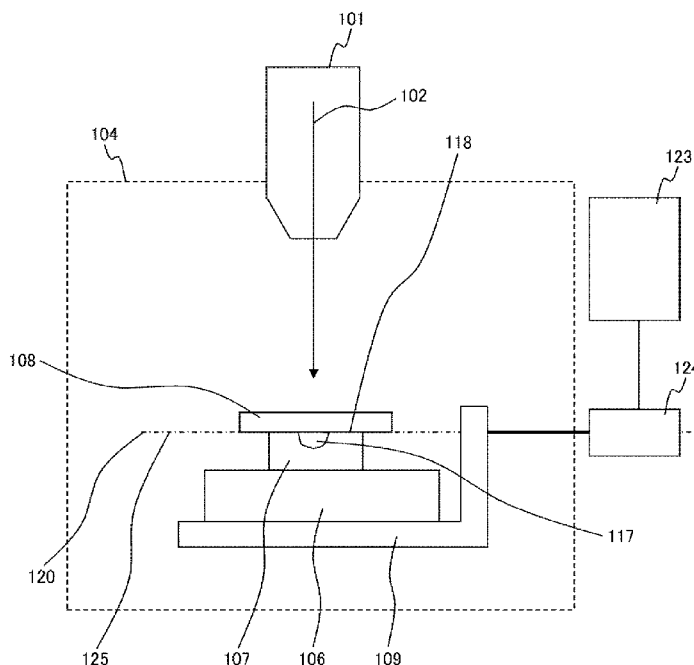
(74) 代理人: ポレール特許業務法人 (POLAIRE I.P.C.); 〒1030025 東京都中央区日本橋茅場町二丁目13番11号 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置

図 4A



(57) **Abstract:** To provide a charged particle beam device that can improve machining position precision in section processing using a shielding plate, the present invention is a charged particle beam device which has: an ion source (101); a sample stand (106) on which a sample (107) is mounted; a shielding plate (108) placed so that a portion of the sample (107) is exposed when seen from the ion source (101); and tilt units (123, 124) that tilt the sample (107) and the shielding plate (108) relative to the irradiation direction of an ion beam (102) from the ion source (101) to the sample (107).

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, 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, 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))

(57) 要約: 遮蔽板を用いた断面加工において、加工位置精度を向上可能な荷電粒子線装置を提供するために、イオン源(101)と、試料(107)が載置される試料台(106)と、イオン源(101)から見て試料(107)の一部が露出するように配置される遮蔽板(108)と、イオン源(101)からのイオンビーム(102)の試料(107)への照射方向に対し、試料(107)及び遮蔽板(108)を相対的にチルトさせるチルト部(123、124)と、を有する荷電粒子線装置とする。

明 細 書

発明の名称：荷電粒子線装置

技術分野

[0001] 本発明は、荷電粒子線装置に関する。

背景技術

[0002] 荷電粒子線装置の一つであるイオンミリング装置は、走査電子顕微鏡（SEM）や透過電子顕微鏡（TEM）などの試料前処理装置として幅広い分野の試料の断面および平面を作製する装置として活用されている。これは加速させたアルゴンイオンを試料に照射し、試料表面から試料原子を弾き飛ばすスパッタリング現象を利用して試料を削る装置であり、一般に平面ミリング法と断面ミリング法がある。

[0003] 前者の平面ミリング法においては、イオン源から収束させないイオンビームを直接試料表面に照射させて試料を削る方法であり、特許文献1に記載の通り試料表面の広範囲を削ることができる特徴がある。一方、後者の断面ミリング法においては、イオン源と試料の間に遮蔽板を配置し、当該遮蔽板から試料を数 μm ～200 μm 程度突出させて設置することで遮蔽板から突出した試料部にイオンビームを照射することより、遮蔽板端面に沿って試料断面を平滑に削ることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平3－36285号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年では、セラミックスや超硬材料などスパッタ収率の小さい材料を広範囲且つ短時間で加工するニーズがあり、高いミリング速度に対応したイオン源を用いる必要がある。また試料の微細化に伴い、微細構造の広域断面作製が求められ、一般には狭域試料の断面作製法として、収束イオンビーム（F

I B) が知られているが、広域加工が困難であり、加工に多くの時間を要することから、遮蔽板を用いて微細構造の断面作製を行う断面ミリング法が期待される。

[0006] そこで、発明者等は、セラミックスや超硬材料などスパッタ収率の小さい材料に対して高エネルギー（高加速電圧で印加したイオン）のイオン源を用いて断面イオンミリングを行った。その結果、試料上の目的とする位置に遮蔽板を配置したにもかかわらず、加工面が、例えば数 μm 程度、遮蔽板端面からオーバーハング状に形成され、遮蔽板端面に沿った試料加工面を得ることができないことが分かった。

[0007] 本発明の目的は、遮蔽板を用いた断面加工において、加工位置精度を向上可能な荷電粒子線装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するための一実施形態として、
イオン源と、
試料が載置される試料台と、
前記イオン源から見て前記試料の一部が露出するように配置される遮蔽板と、
前記イオン源からのイオンビームの前記試料への照射方向に対し、前記試料及び前記遮蔽板を相対的にチルトさせるチルト部と、を有することを特徴とする荷電粒子線装置とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、遮蔽板を用いた断面加工において、加工位置精度を向上可能な荷電粒子線装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施例1に係るイオンミリング装置の概略図。

[図2A]試料へ照射された高加速イオンビームが試料内で散乱される様子をモンテカルロシミュレーションした一例を示すイメージ。

[図2B]試料へ照射された低加速イオンビームが試料内で散乱される様子をモ

ンテカルロシミュレーションした一例を示すイメージ。

[図3A]試料の断面イオンミリングを説明するための要部概略鳥瞰模式図。

[図3B]図3Aに示す試料を側面から見た概略断面模式図。

[図3C]図1に示すイオンミリング装置を用いてチルトさせた試料をイオンミリングしたときの試料を側面から見た概略断面模式図。

[図3D]図1に示すイオンミリング装置を用いてチルト&遮蔽板微動を行って試料をイオンミリングしたときの試料を側面から見た概略断面模式図。

[図4A]図1に示すイオンミリング装置において、チルト軸を説明するための要部概略断面図。

[図4B]イオンビームの照射方向に対する試料のチルト角度を説明するための概略断面図（一部鳥瞰図）。

[図5]実施例1に係る、遮蔽板及び/又は試料の加工位置調整機能を有するイオンミリング装置の概略全体断面図。

[図6]実施例1に係る、遮蔽板の加工位置調整の一例を示すイオンミリング装置の概略要部断面図。

[図7]実施例1に係る、試料の加工位置調整の一例を示すイオンミリング装置の概略要部断面図。

[図8]実施例1に係る、試料の加工位置調整の他の例を示すイオンミリング装置の概略要部平面図。

[図9]実施例2に係る、静電偏向板を備えたイオンミリング装置の概略要部断面図。

[図10]実施例3に係る、イオン源のチルト機構を有するイオンミリング装置の概略要部断面図。

発明を実施するための形態

[0011] 発明者等は、この新たに見出した加工位置精度の低下の原因について更に検討を行った。その結果、イオンビーム照射時の試料内部へのイオンビームの散乱が大きくなり遮蔽板で遮蔽された領域へのアモルファス層の形成や物理スパッタリングにより遮蔽板端面に沿った試料加工面とならないことを見

出した。

[0012] 本発明はこの新たな知見により生まれたものであり、イオンビームを遮蔽した遮蔽板端面近傍の試料内部で散乱されるイオンの照射(入射)角度を考慮し、試料の入射角度を変更する手段を追加することにより、遮蔽板の端面に沿った平坦な加工を行うことを可能とするものである。また、遮蔽板を微動させながらイオンビームを照射することでマスク下側がミリングされてしまうことを回避する。

[0013] これにより、遮蔽板を用いた断面イオンミリングにおいて、試料内部で散乱されるイオンによるスパッタリング現象が、加工面へおよぼす影響を回避することができ、遮蔽板の端面に沿った平滑な試料断面が得られることより、装置の加工位置精度が向上する。

以下、本発明について実施例により図を用いて説明する。なお、荷電粒子線装置としてイオンミリング装置を用いて説明するが、イオンを用いた他の装置への適用も可能である。

実施例 1

[0014] 図1は、試料107の上面に遮蔽板108を設置し、加速させたイオンビーム102を照射させ、イオンのスパッタ現象を利用して試料の突出部分の断面を加工するイオンミリング装置の構成を示したものである。アルゴンのイオン源101におけるアルゴンイオンの電流密度は、イオン源制御部103で制御される。真空排気系105を制御して真空チャンバー104の内部を真空または大気の状態にでき、その状態を保持できる。

[0015] 試料107は試料台106の上に固定される。また、真空チャンバー104の内部を大気開放した時に、試料ステージ109を真空チャンバー104の外に引き出すことができる。試料107を固定した試料台106は試料ステージ109の上に固定することができる。試料107と遮蔽板108は移動可能なようにそれぞれ独立に固定し、イオン源101から放出されたイオンビーム102を照射することで、イオン源から見て、試料107の遮蔽板108から突出した部分を加工することができる。なお、本イオンミリング

装置は、後述するチルト軸制御部や遮蔽板微動機構等を有する。

[0016] 図2A及び図2Bは、アルゴンイオン110をアルゴンイオン入射方向111に沿って試料107に照射した際、試料107の内部の散乱イオン112をモンテカルロシミュレーションにて示したものである。図2Aは高加速イオンを、図2Bは低加速イオンを試料107に照射した場合を示す。ここで、高加速イオンを照射した図2Aの方が、試料107の内部でのイオンの散乱が大きいことが分かる。

[0017] 図3Aは、試料の断面イオンミリングを説明するための要部概略鳥瞰模式図、図3Bは図3Aに示す試料を側面から見た概略断面模式図である。図3Aに示すように、断面ミリングは、加工前にユーザが遮蔽板108からの試料107の突出量113をあらかじめ設定し、イオンビーム102を試料107へ照射する。なお、便宜上、突出量113は遮蔽板108の厚さに比べ大きく記載した。このとき、遮蔽板108と試料107及び試料台106はスイング軸114を中心に左右へ任意の角度を保持しながらスイング115するが、イオンビーム102のビーム中心116は、スイング軸114と垂直に交わる位置に設定される。このため試料のミリング面117は、ビーム中心116又はスイング軸114を中心に遮蔽板の端部118に沿って左右対称なガウス分布状に形成される。

[0018] ところが、従来行われていたこのような断面加工では、図3Bに示すようにイオンビーム102が試料107の内部で散乱しミリング面117が遮蔽板108に対して垂直に形成されない。これは、図2Aや図2Bで示されたように高加速イオンを照射するほど、試料107の内部での散乱イオン112の量が増加し遮蔽板の下部まで入り込むため、ミリング面117はより湾曲した形状となる。

[0019] 例えば、遮蔽板108から試料107の突出量113を約50 μ m程度に設定し、加速電圧6kVのイオンビーム102を試料107に照射した場合、図3Bに示すように、遮蔽板108と試料107の上部の密着面から α （400 μ m程度）だけ下部で、ミリング面117が遮蔽板の端部118より

最大 β （5 μ m程度）だけ内側に形成される。このようにミリング面117が遮蔽板の端部118より内側に湾曲して形成されると、試料の上部または内部にある微細構造119の中心の断面作製をする際に、正確な中心断面が作製できないか、微細構造119自身を削り落としてしまう恐れが生じる。イオンビーム102の加速電圧を低加速にして試料107を加工する方法もあるが、加工時間が長くなる。

[0020] そこで、本実施例では、図3Cに示すように、遮蔽板の端部118に沿ったチルト軸120を設けることによって、試料107に入射するイオンビーム102の角度を変更することで、高加速のイオンビーム102を用いて短時間で、遮蔽板108に対して垂直なミリング面117を形成できる。その際、チルト軸を中心にイオンビームに対し試料が遮蔽板でマスクされる方向へ試料及び遮蔽板等をチルトさせる。符号121はチルト駆動方向を示す。

[0021] 一方、イオンミリング装置において、イオン源101から放出されるイオンビーム102は、収束作用を受けずにブロードに広がり試料107へ照射されるが、イオンビーム102の加速電圧が変化すると、ビーム中心116の位置が変わり、加工中に加速電圧を可変させた場合など、これらのビーム中心116をスイング軸114と垂直に制御することが難しい。一般に、イオンビーム102のビーム中心116が最もイオン密度が高く、ビーム中心116で加工される試料107の位置が最も加工速度が速いが、前記に記したようにビーム中心116が変化した場合、加工速度が低下して加工時間が長期化する問題が生じる。

[0022] そこで、図3Dに示すように、イオンビーム102の加速電圧に応じた遮蔽板の微動122が可能な機構を設けることで、常にビーム中心116が遮蔽板の端部118に設定され、前記に記した問題を解決することができる。符号121はチルト駆動方向を示す。

[0023] 図4Aは、図1に示すイオンミリング装置において、チルト軸を説明するための要部概略断面図である。遮蔽板108、試料107、試料台106及び試料ステージ109は、真空チャンバー104の内部に配置されており、

試料ステージ１０９は、真空チャンバー１０４の外に配置されたモータＡ（チルト部の一部）１２４に繋がっており、モータＡ１２４はチルト制御部（チルト部の一部）１２３に繋がっている。更にイオン源１０１から放出されたイオンビーム１０２は、試料１０７に照射され、試料１０７にはガウス分布状のミリング面１１７が形成される。

[0024] チルト制御部１２３で任意の角度を設定し、モータＡ１２４が作動することで、モータＡの回転中心軸１２５、即ちチルト軸１２０を中心に遮蔽板１０８、試料１０７、試料台１０６をのせた試料ステージ１０９がチルトする。前記のように試料１０７がチルトされることで、試料１０７に照射されるイオンビーム１０２の入射角度が変わる。なお、本実施例ではモータＡ等を用いることによりチルト角度を可変としたが、所定のチルト角度で固定可能な部材を用いてチルト部とすることもできる。

[0025] 図４Ｂは、試料１０７および遮蔽板１０８を、前記チルト軸１２０を使ってチルトさせた場合の概略図である。この際、イオンビームと交差しスイング軸と直交するように遮蔽板端部に設定されたチルト軸に対して遮蔽板で試料がマスクされる方向へ試料及び遮蔽板等をチルトさせる。即ち、イオン源中心１２６に対して、試料チルト角度 θ を遮蔽板１０８の側にとることによって、遮蔽板１０８の直下での試料１０７の内部における散乱イオン１１２を低減することが可能となり、従って、図３Ｂで示したミリング面１１７が遮蔽板１０８に対して垂直に形成されない問題を解決できる。前記の試料チルト角度 θ は 0° を超え 10° 以下に設定することが望ましい。 0° を超えることにより β を低減でき、 10° 以下とすることにより所望の位置での断面を得ることができる。

[0026] 図５は、遮蔽板及び／又は試料の加工位置調整機能を有するイオンミリング装置の全体概略断面図である。真空チャンバー１０４の内部は真空排気系１０５によって真空状態が保たれており、イオン源制御部１０３によってイオン源１０１よりイオンビーム１０２がいつでも照射可能な状態である。また、遮蔽板１０８、試料１０７、試料台１０６及び試料ステージ１０９は真

空チャンバー１０４の内部に配置されており、イオン源制御部１０３から遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５へ信号が送られ、遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５の制御によってモータＣ１３３が作動し遮蔽板１０８の位置を真空チャンバー１０４の外から制御することが可能である。

[0027] 同様に、遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５の制御によってモータＤ１３４が作動し試料台１０６の位置を真空チャンバー１０４の外から制御可能である。これより、イオン源制御部１０３より指令された加速電圧に応じて、イオン源１０１から放出されるイオンビーム１０２のエネルギーと、遮蔽板１０８および試料台１０６の位置を真空チャンバー１０４の外からユーザが制御することが可能である。

[0028] その際、例えば、遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５は、その内部のメモリ１６０に事前に記憶させたイオンビームのエネルギーと遮蔽板に対する試料台の位置との関係を用いて試料に対する遮蔽板の設置位置が自動で制御される。メモリ１６０は遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５の外部に設けることもできる。或いは、真空チャンバー内に設置されたカメラ、顕微鏡、モニター又は、それらを組み合わせた機構を用いて得られた情報に基づき、遮蔽板１０８及び／又は試料台１０６の位置を調整することにより、試料に対する遮蔽板の設置位置を手動で正確に位置調整を行うことが可能である。

[0029] 図６は、遮蔽板の加工位置調整の一例を示すイオンミリング装置の要部概略断面図である。遮蔽板１０８、試料１０７、試料台１０６及び試料ステージ１０９は、真空チャンバー１０４の内部に配置されている。また遮蔽板１０８には遮蔽板雌ねじ部１３７が設けられ、試料ステージ１０９とねじＡ１３６がつながっている。遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５で制御されモータＣ１３３が作動し、ねじＡ１３６が回転することによって、遮蔽板１０８の位置を制御することが可能である。

[0030] 例えば試料１０７の上に示した加工位置Ａに遮蔽板１０８がはじめに調整

されていた場合、イオン源１０１から放出されるイオンビーム１０２のエネルギーが可変されるなどによって、イオンビーム１０２の中心が試料１０７の上のＢに試料１０７の加工中に変わった場合又はユーザによって意図的に加工位置を調整する場合など、モータＣ １３３が右回転でねじＡ １３６を制御し、遮蔽板１０８の位置を調整する。

[0031] 前記同様の理由により、イオンビーム１０２の中心が試料上のＣに試料１０７の加工中に変わった場合又はユーザによって意図的に加工位置を調整する場合など、モータＣ １３３が左回転でねじＡ １３６を制御し、遮蔽板１０８の位置を調整する。更に、遮蔽板１０８および試料台１０６は、真空チャンバー内に設置されたカメラ、顕微鏡、モニター又は、それらを組み合わせた機構を用いて、正確に位置調整を行うことが可能である。

[0032] 図７は、試料の加工位置調整の一例を示すイオンミリング装置の要部概略断面図である。遮蔽板１０８、試料１０７、試料台１０６及び試料ステージ１０９は、真空チャンバー１０４の内部に配置されている。また試料台１０６には試料台雌ねじ部１３９が設けられ、試料ステージ１０９とねじＢ １３８が繋がっている。遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部１３５で制御されモータＤ １３４が作動し、ねじＢ １３８が回転することによって、試料台１０６の位置を制御することが可能である。

[0033] 例えば試料１０７の上に示した加工位置Ａに遮蔽板１０８がはじめに調整されていた場合、イオン源１０１から放出されるイオンビーム１０２のエネルギーが可変されるなどによって、イオンビーム１０２の中心が試料１０７の上のＢに試料１０７の加工中に変わった場合又はユーザによって意図的に加工位置を調整する場合など、モータＤ １３４が右回転でねじＢ １３８を制御し、試料台１０６の位置を調整する。前記同様の理由により、イオンビーム１０２の中心が試料１０７の上のＣに試料１０７の加工中に変わった場合又はユーザによって意図的に加工位置を調整する場合など、モータＤ １３４が左回転でねじＢを制御し、試料台１０６の位置を調整する。更に、遮蔽板１０８および試料台１０６は、真空チャンバー内に設置されたカメラ、顕

微鏡、モニター又は、それらを組み合わせた機構を用いて、正確に位置調整を行うことが可能である。

[0034] 図8は、試料の加工位置調整の他の例を示すイオンミリング装置の概略要部平面図であり、遮蔽板108の上部すなわちイオンが試料107などへ向かう方向から見た図である。遮蔽板108、試料107、試料台106及び試料ステージ109は、真空チャンバー104の内部に配置されている。試料台106には試料台雌ねじ部139が設けられ、試料ステージ109とねじB 138が繋がっている。

[0035] 一方、試料ステージ109は、試料ステージ雌ねじ部141が設けられ、ねじC 140に繋がれている。モータD及びモータE制御部143はモータD 134及びモータE 142に繋がれており、モータD及びモータE制御部143の指令によって、加工位置をX方向へ調整する場合は、モータE 142を用いてねじC 140を回転させ、試料ステージ109を作動させ、加工位置をY方向へ調整する場合は、モータD 134を用いてねじB 138を回転させ、試料台106を作動させることによって、加工位置をXY方向へ自在に調整することが可能である。

[0036] 例えば試料107の上を示した加工位置Aに遮蔽板108がはじめに調整されていた場合、イオン源101から放出されるイオンビーム102のエネルギーが可変されるなどによって、イオンビーム102の中心が試料107の上のDに試料107の加工中に変わった場合又はユーザによって意図的に加工位置を調整する場合など、モータD 134が左回転でねじB 138を制御することで試料台106のY方向の位置を調整し、モータE 142が右回転でねじC 140を制御することで試料ステージ109のX方向の位置を調整する。ここで、試料台106と試料ステージ109に設けられたX方向とY方向の調整機構を逆にすることで前記加工位置のXY調整も可能である。更に、遮蔽板108および試料台106は、真空チャンバー内に設置されたカメラ、顕微鏡、モニター又は、それらを組み合わせた機構を用いて、正確に位置調整を行うことが可能である。

[0037] 試料としてセラミックスや超硬材料などを用い、図4Aの構成を含むイオンミリング装置を用いて図4Bに示すように試料及び遮蔽板をイオンビームの照射方向に対してチルトさせて試料の断面加工を行ったところ、所定の位置における良好な断面形状を得ることができた。

[0038] 以上、本実施例によれば、遮蔽板を用いた断面加工において、イオンビームの試料への照射方向に対し、試料及び遮蔽板を相対的にチルトさせるチルト部を備えることにより、スパッタ収率の小さい材料であっても加工位置精度を向上可能な荷電粒子線装置を提供することができる。また、チルトさせる角度を可変とすることにより、より加工位置精度を向上させることができる。また、遮蔽板及び/又は試料の微動機構を設けることにより、更に加工位置精度を向上させることができる。

実施例 2

[0039] 実施例2に係るイオンミリング装置について図9を用いて説明する。なお、実施例1に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情がない限り本実施例にも適用することができる。

[0040] 図9は、静電偏向板を備えたイオンミリング装置の概略要部断面図である。遮蔽板108と試料107は、真空チャンバー104の内部に配置されている。イオン源101の中には、静電偏向板127が配置されており、イオン源中心126に沿ったイオンビーム102はイオン源制御部103で制御され、前記静電偏向板（チルト部）127によって曲げられ、試料107に照射されるイオンビーム102の角度を変えることができる。静電偏向板は磁場を用いた偏向手段とすることもできる。

[0041] ここで図4Bに示したように、イオン源中心126に対して、イオンビーム102の照射角度 θ' を遮蔽板108側を取ることによって、遮蔽板108の直下での試料107の内部における散乱イオン112を低減することが可能となり、図4Aで示した遮蔽板の端部118にチルト軸120を設け、試料107をチルトした場合と同様に、図3Bで示したミリング面117が遮蔽板108に対して垂直に形成されない問題を解決できる。ここで、イオ

ンビーム 102 の照射角度 θ' は、図 4 B の試料チルト角度 θ と同様に 0° を超え 10° 以下に設定することが望ましい。

[0042] 試料としてセラミックスや超硬材料などを用い、図 9 の構成を含むイオンミリング装置を用いてイオンビームの照射方向を試料及び遮蔽板に対してチルトさせて試料の断面加工を行ったところ、所定の位置における良好な断面形状を得ることができた。

[0043] 以上、本実施例によれば、実施例 1 と同様の効果を得ることができる。

実施例 3

[0044] 実施例 3 に係るイオンミリング装置について図 10 を用いて説明する。なお、実施例 1 又は 2 に記載され本実施例に未記載の事項は特段の事情がない限り本実施例にも適用することができる。

[0045] 図 10 は、イオン源のチルト機構を有するイオンミリング装置の概略要部断面図である。遮蔽板 108、試料 107、試料台 106 及び試料ステージ 109 は、真空チャンバー 104 の内部に配置されている。またイオン源 101 はアーム（チルト部の一部）131 を介してウォームギア（チルト部の一部）130 に繋がっており、更にモータ B 制御部（チルト部の一部）146 で制御されるモータ B（チルト部の一部）128 で連動する仕組みになっている。モータ B 制御部 146 で任意の角度に設定され、モータ B 128、ウォームギア 130 とアーム 131 を介してイオン源 101 又はイオン源中心 126 はイオン源駆動方向 132 に示すように、モータ B 回転中心軸 129 を中心にチルトする。このようにイオン源 101 を図 9 で示したことと同様に、 0° を超え 10° 以下の照射角度 θ' を遮蔽板 108 側につけることによって、図 3 B で示したミリング面 117 が遮蔽板 108 に対して垂直に形成されない問題を解決できる。

[0046] 試料としてセラミックスや超硬材料などを用い、図 10 の構成を含むイオンミリング装置を用いてイオンビームの照射方向を試料及び遮蔽板に対してチルトさせて試料の断面加工を行ったところ、所定の位置における良好な断面形状を得ることができた。

[0047] 以上、本実施例によれば、実施例１と同様の効果を得ることができる。

[0048] なお、本発明は以下の実施形態を含む。

イオン源と、

試料が載置される試料台と、

前記イオン源から見て前記試料の一部が露出するように配置される遮蔽板と、

前記試料の一部が露出している側の前記遮蔽板の端部が延在する方向と直交し前記イオン源からのイオンビームと交差するスイング軸を中心に前記試料及び前記遮蔽板をスイングさせるスイング部と、

前記スイング軸と直交し前記イオンビームと交差するように前記遮蔽板の端部に設定されたチルト軸を中心に、前記イオンビームの前記試料への照射方向に対して前記試料及び前記遮蔽板を相対的に前記遮蔽板で前記試料が遮蔽される方向へ試料及び遮蔽板をチルト角度 θ だけチルトさせるチルト部と、を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

[0049] また、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例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、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。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] １０１…イオン源、１０２…イオンビーム、１０３…イオン源制御部、１０４…真空チャンバー、１０５…真空排気系、１０６…試料台、１０７…試料、１０８…遮蔽板、１０９…試料ステージ、１１０…アルゴンイオン、１１１…アルゴンイオン入射方向、１１２…散乱イオン、１１３…突出量、１１４…スイング軸、１１５…スイング（方向）、１１６…ビーム中心、１１７…ミリング面、１１８…遮蔽板の端部、１１９…微細構造、１２０…チルト

軸、 1 2 1 …チルト駆動方向、 1 2 2 …遮蔽板の微動、 1 2 3 …チルト制御部、 1 2 4 …モータ A（チルト部の一部）、 1 2 5 …モータ A 回転中心軸、 1 2 6 …イオン源中心、 1 2 7 …静電偏向板、 1 2 8 …モータ B（チルト部の一部）、 1 2 9 …モータ B 回転中心軸、 1 3 0 …ウォームギア（チルト部の一部）、 1 3 1 …アーム（チルト部の一部）、 1 3 2 …イオン源駆動方向、 1 3 3 …モータ C、 1 3 4 …モータ D、 1 3 5 …遮蔽板及び／又は試料台微動機構制御部、 1 3 6 …ねじ A、 1 3 7 …遮蔽板雌ねじ部、 1 3 8 …ねじ B、 1 3 9 …試料台雌ねじ部、 1 4 0 …ねじ C、 1 4 1 …試料ステージ雌ねじ部、 1 4 2 …モータ E、 1 4 3 …モータ D 及びモータ E 制御部、 1 4 6 …モータ B 制御部、 1 6 0 …メモリ。

請求の範囲

- [請求項1] イオン源と、
 試料が載置される試料台と、
 前記イオン源から見て前記試料の一部が露出するように配置される遮蔽板と、
 前記イオン源からのイオンビームの前記試料への照射方向に対し、
 前記試料及び前記遮蔽板を相対的にチルトさせるチルト部と、を有することを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項2] 請求項1記載の荷電粒子線装置において、
 前記チルト部は、前記イオンビームの前記試料への照射方向に対する相対的なチルト角度 θ を可変とするメカ機構を含むことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項3] 請求項2記載の荷電粒子線装置において、
 前記チルト角度 θ は、前記イオンビームの前記試料への照射方向に対して前記遮蔽板の側に 0° を超え 10° 以下の範囲で可変であることを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項4] 請求項2記載の荷電粒子線装置において、
 前記メカ機構は、前記イオン源を傾斜させるチルト機構を含むことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項5] 請求項2記載の荷電粒子線装置において、
 前記メカ機構は、前記試料台が設置された試料ステージを傾斜させるチルト機構を含むことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項6] 請求項1記載の荷電粒子線装置において、
 前記チルト部は、前記イオンビームの前記試料への照射方向に対する相対的なチルト角度 θ を可変とするイオンビーム偏向板を含むことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項7] 請求項6記載の荷電粒子線装置において、
 前記チルト角度 θ は、前記イオンビームの前記試料への照射方向に

対して前記遮蔽板の側に 0° を超え 10° 以下の範囲で可変であることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項8] 請求項1記載の荷電粒子線装置において、
前記イオンビームのエネルギーに応じて前記イオン源から見て前記試料の露出量を微調整できるように、前記遮蔽板が前記試料台に対して相対的に微動する微動機構を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項9] 請求項8記載の荷電粒子線装置において、
前記微動機構は、事前に記憶させた、前記イオンビームのエネルギーと前記遮蔽板に対する前記試料台の位置との関係を用いて制御されることを特徴とする荷電粒子線装置。

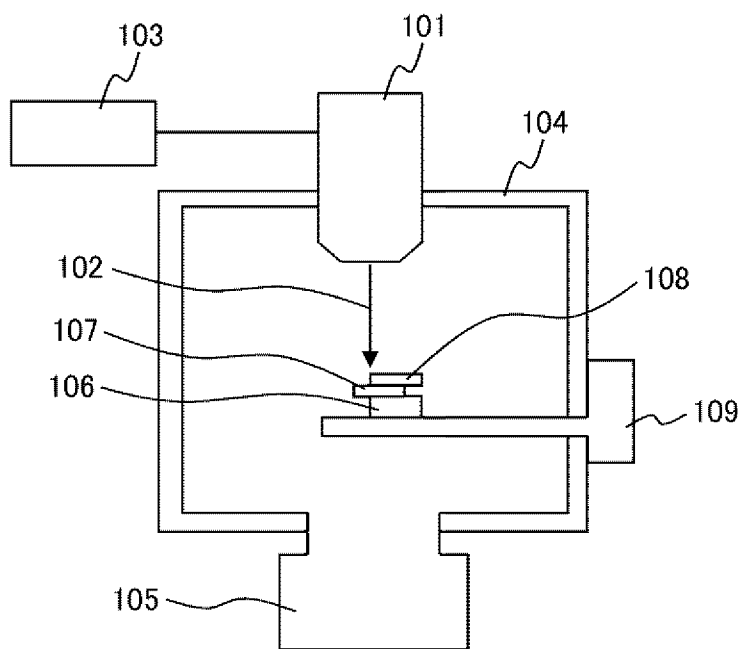
[請求項10] 請求項8記載の荷電粒子線装置において、
前記微動機構は、カメラ、顕微鏡、モニター又はそれらを組み合わせで得られた情報に基づき手動で調整されることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項11] イオン源と、
試料が載置される試料台と、
前記イオン源から見て前記試料の一部が露出するように配置される遮蔽板と、
前記試料の一部が露出している側の前記遮蔽板の端部が延在する方向と直交し前記イオン源からのイオンビームと交差するスイング軸を中心に前記試料及び前記遮蔽板をスイングさせるスイング部と、
前記スイング軸と直交し前記イオンビームと交差するように前記遮蔽板の端部に設定されたチルト軸を中心に、前記イオンビームの前記試料への照射方向に対して前記試料及び前記遮蔽板を相対的に前記遮蔽板で前記試料が遮蔽される方向へ試料及び遮蔽板をチルト角度 θ だけチルトさせるチルト部と、を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

- [請求項12] 請求項 1 1 記載の荷電粒子線装置において、
前記チルト角度 θ は、 0° を超え 10° 以下の範囲で可変であることを特徴とする荷電粒子線装置。

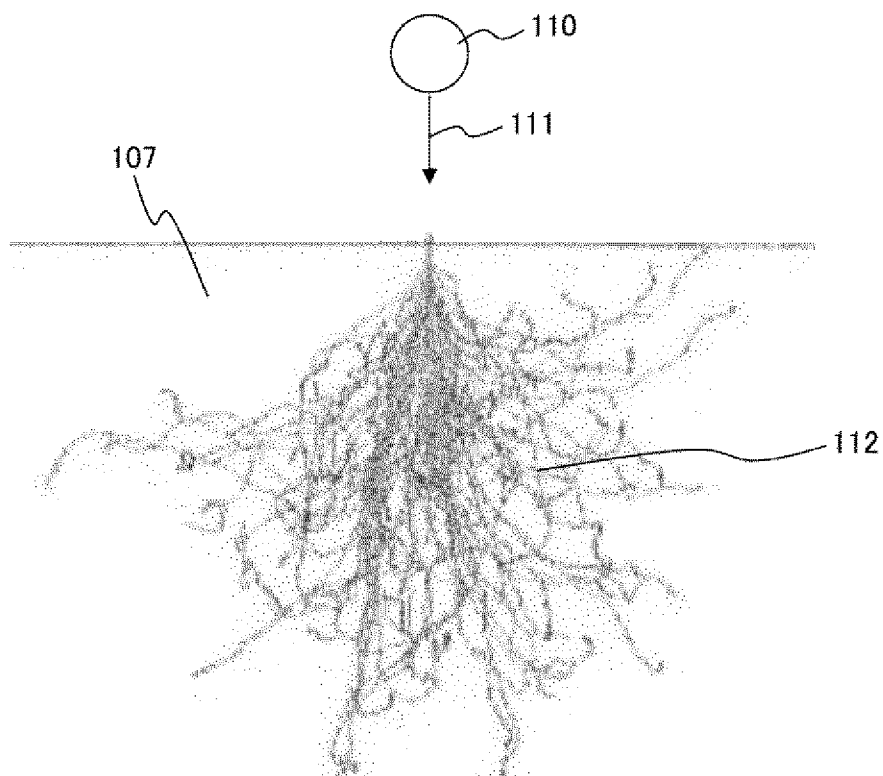
[図1]

図 1



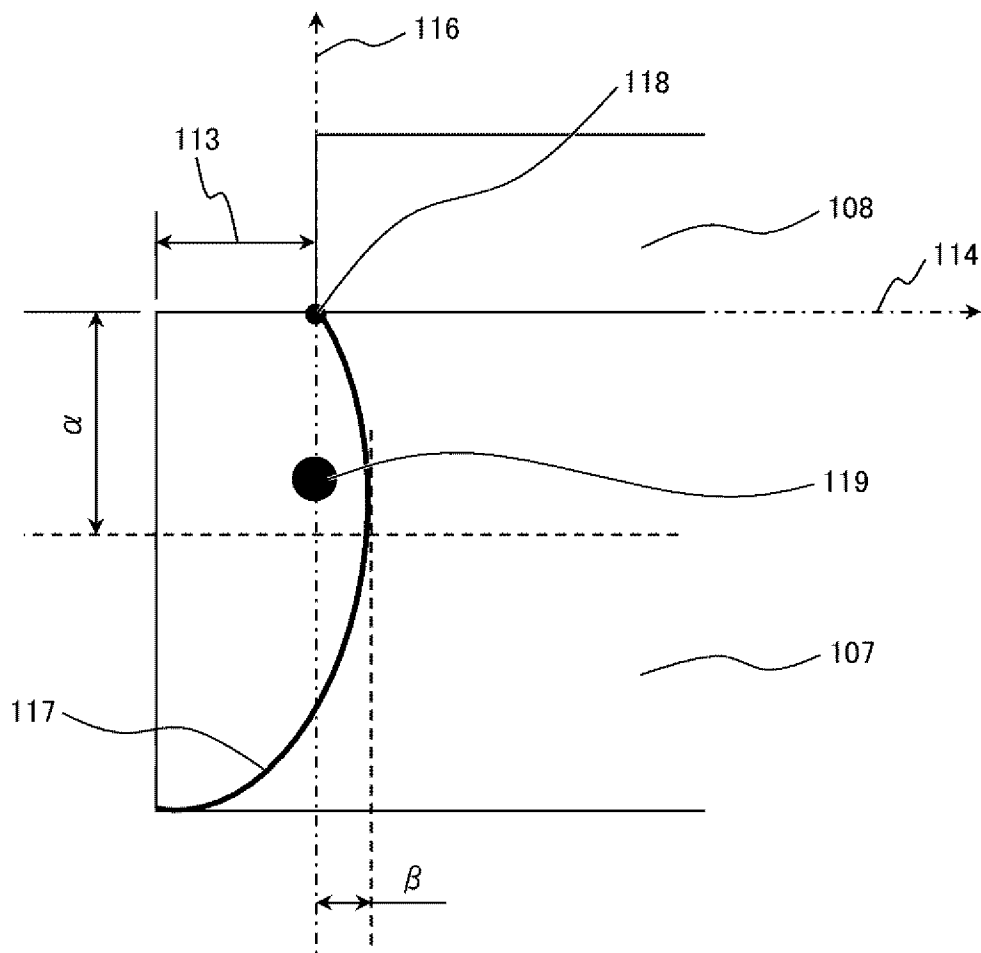
[図2A]

図 2A



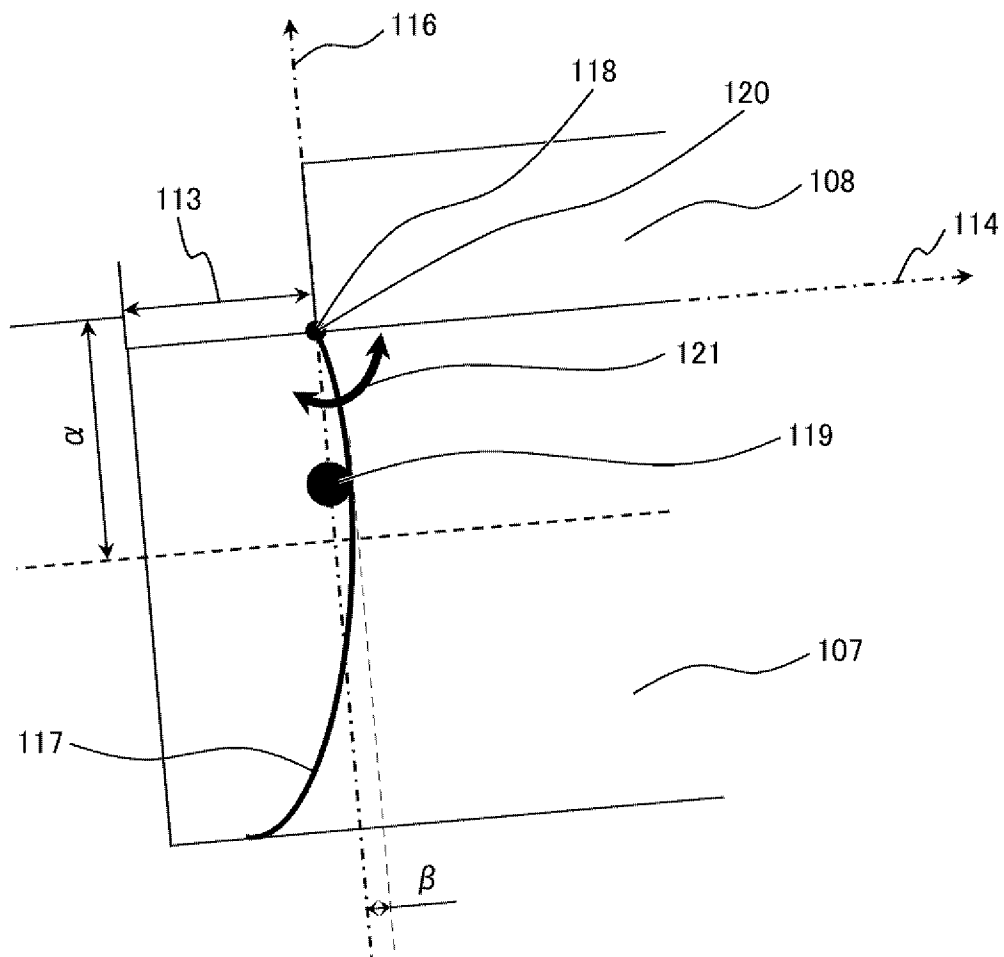
[図3B]

図 3B



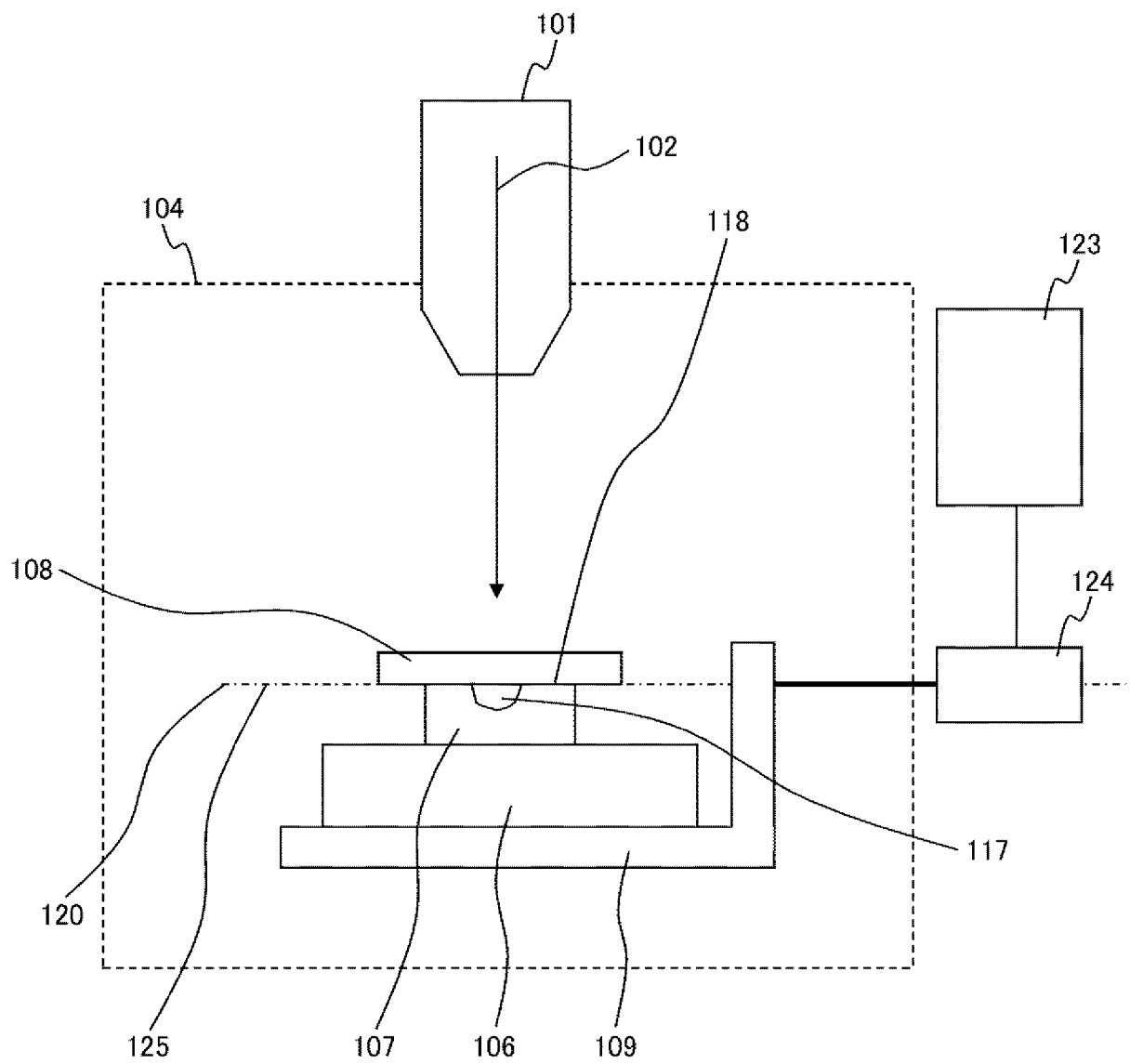
[図3C]

図 3C



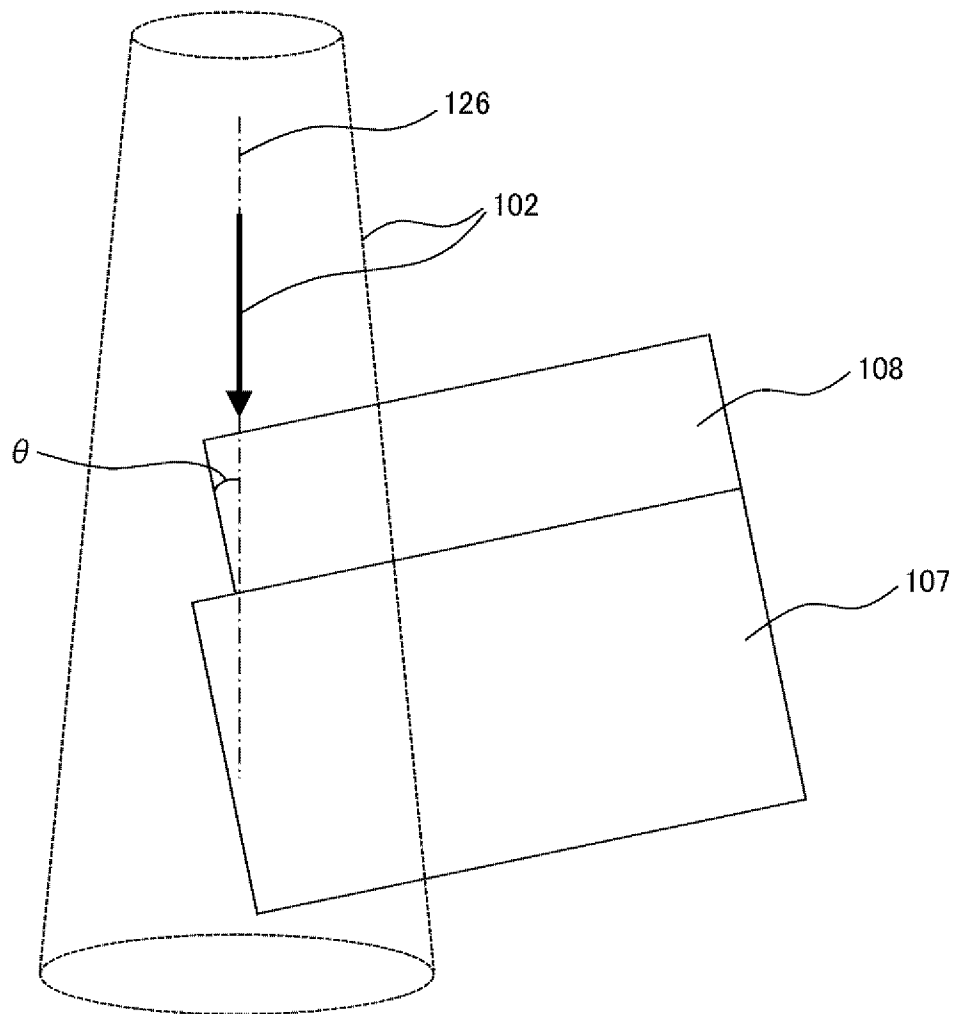
[図4A]

図 4A



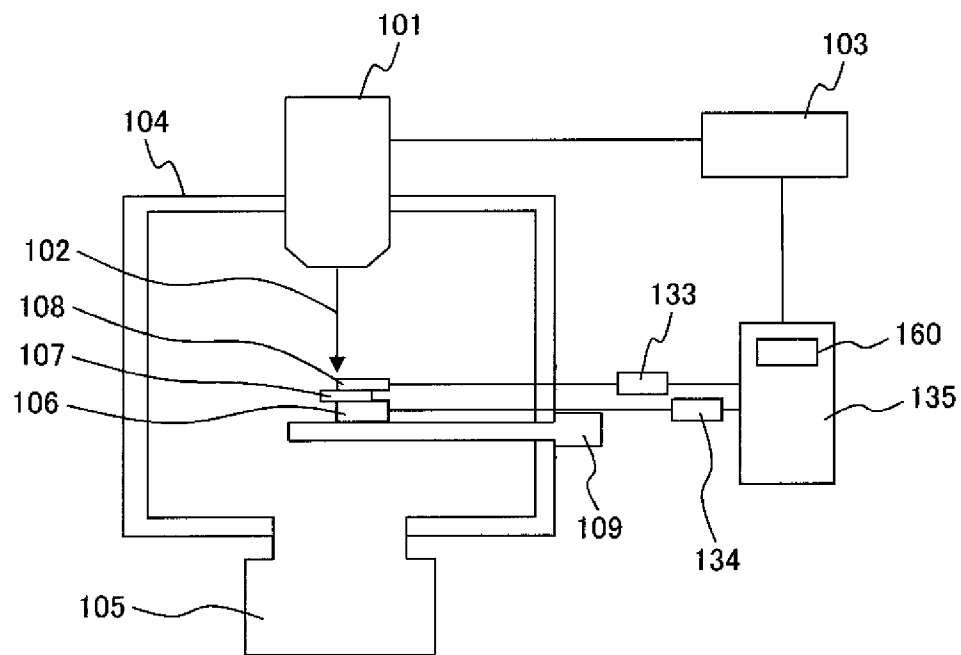
[図4B]

図 4B



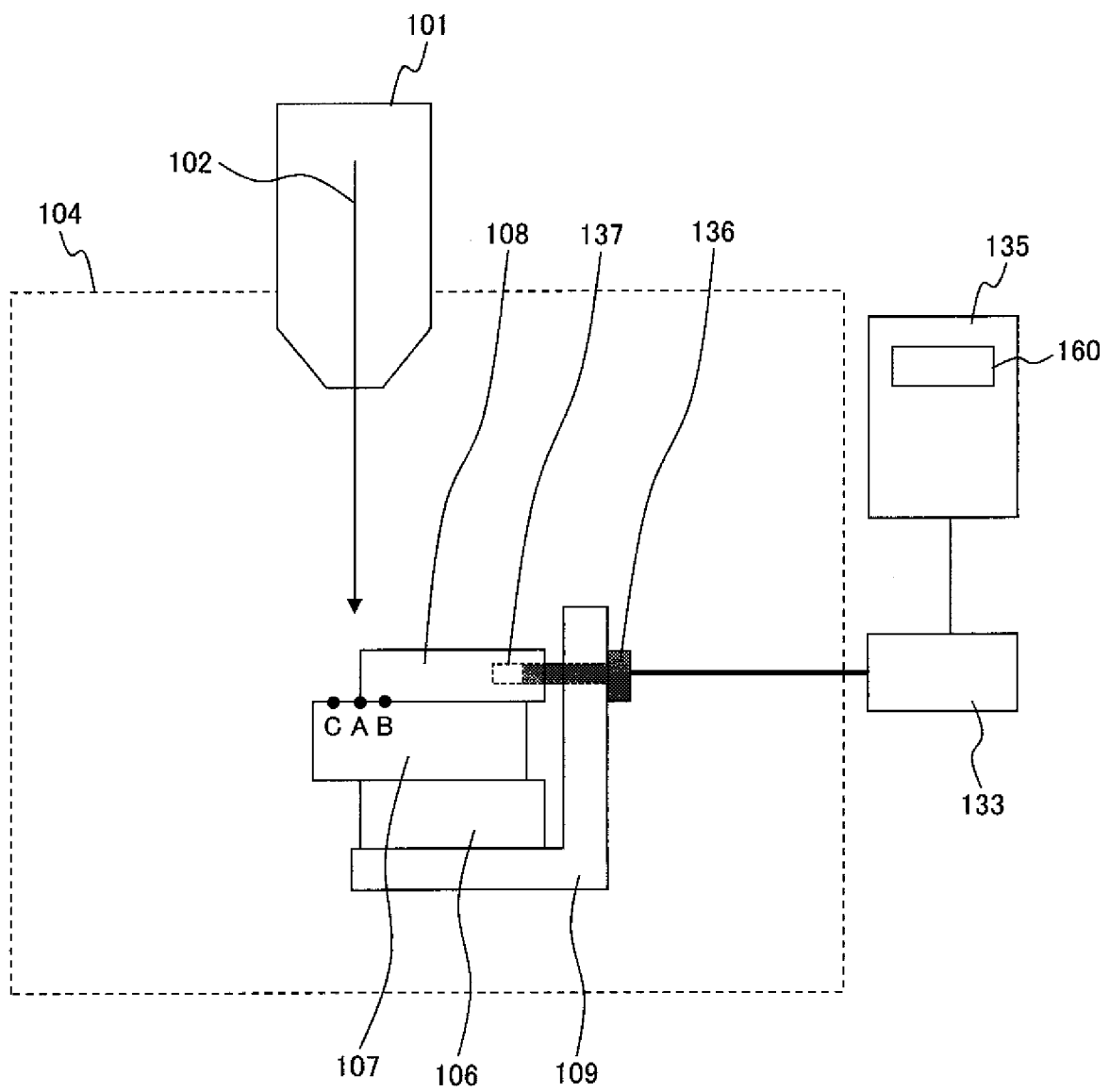
[図5]

図 5



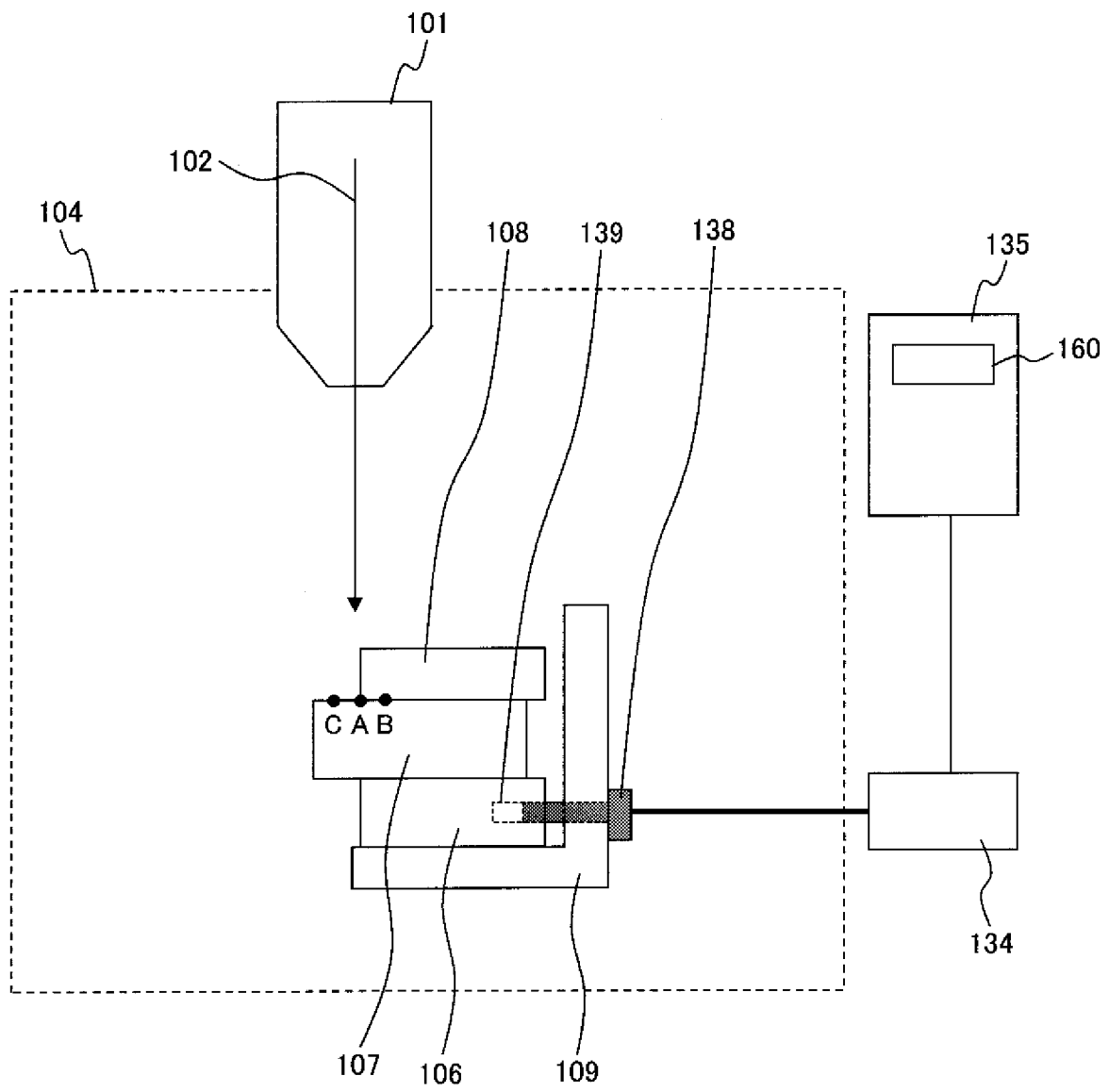
[図6]

図 6



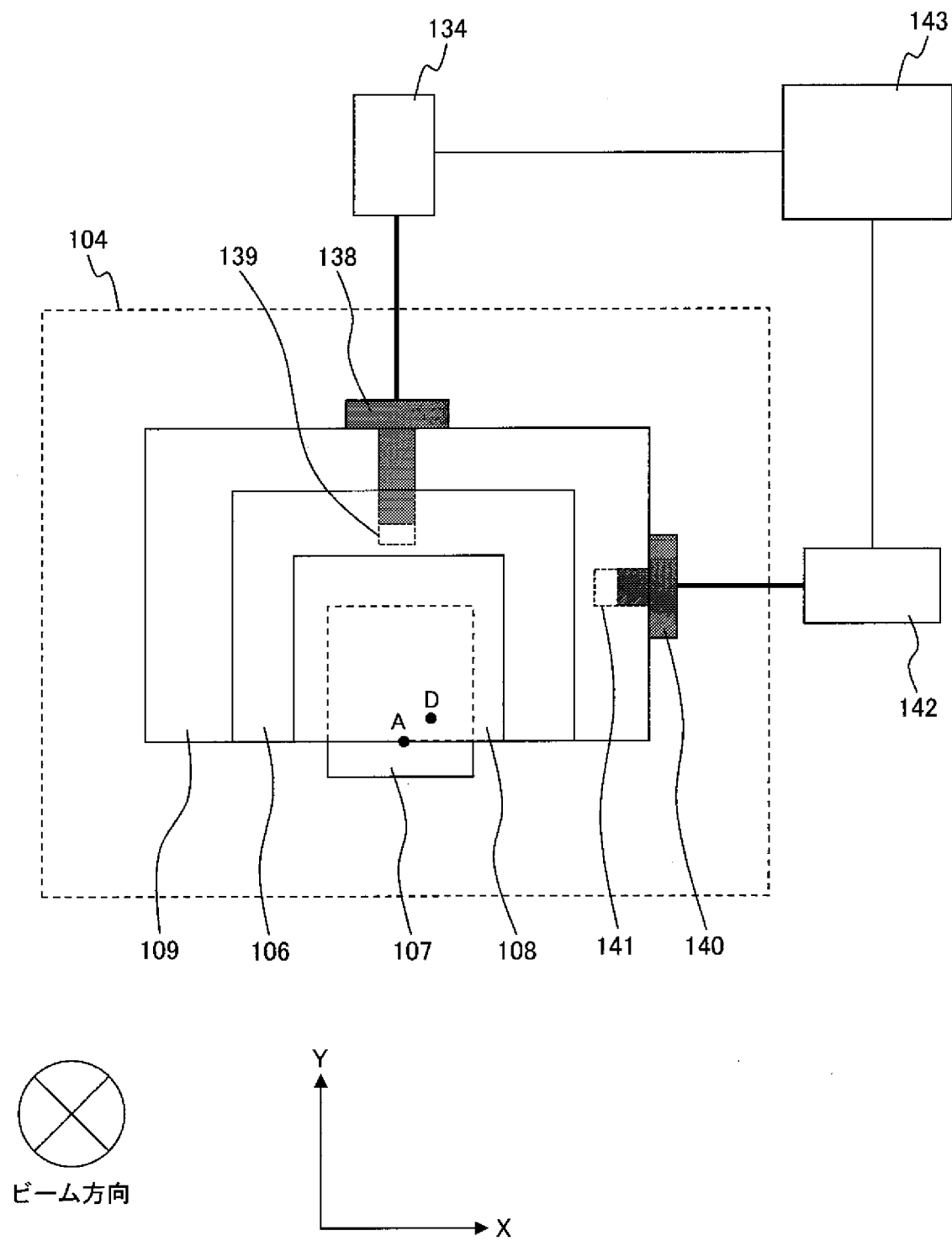
[図7]

図 7



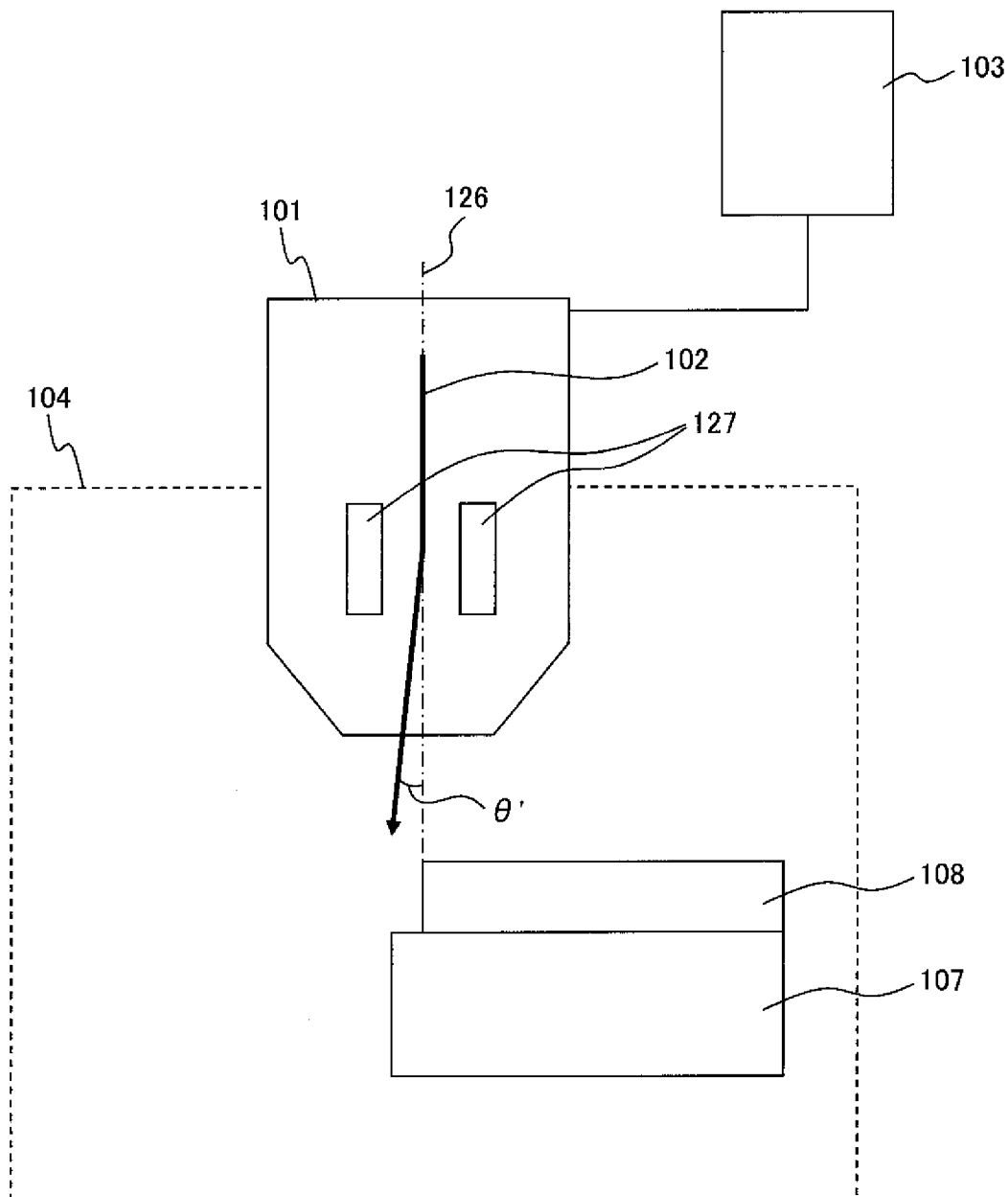
[図8]

図 8



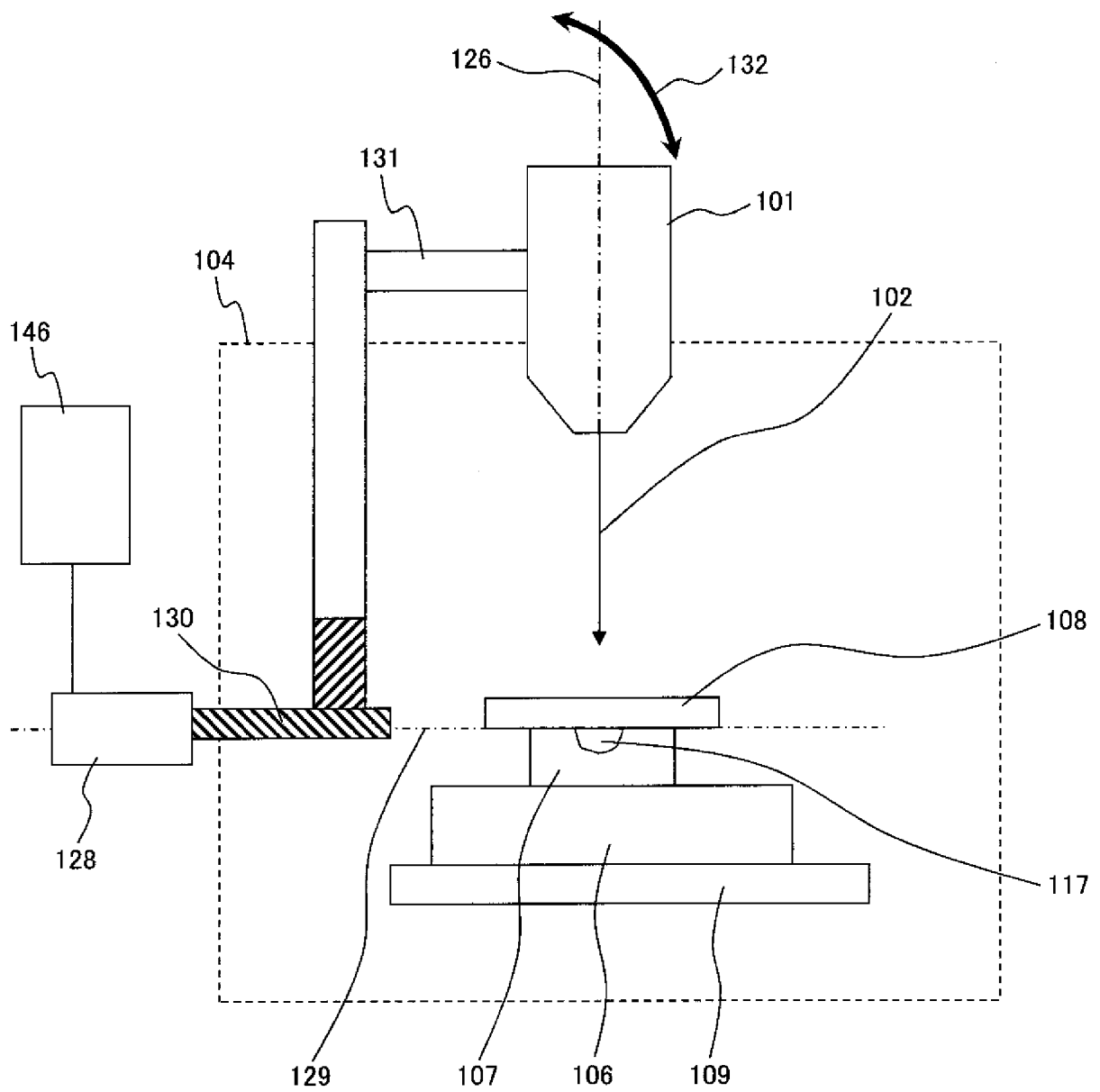
[図9]

図 9



[図10]

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/073414

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/20(2006.01) i, H01J37/30(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)

H01J37/20, H01J37/30, G01N1/28

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 2013-527435 A (Gatan, Inc.), 27 June 2013 (27.06.2013), paragraphs [0029] to [0031]; fig. 1 to 2	1-4 8-10
X A	WO 2012/060416 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 10 May 2012 (10.05.2012), paragraphs [0046] to [0050]; fig. 19 to 20	1-3, 5, 11-12 8-10
X A	JP 2012-018164 A (Camtek Ltd.), 26 January 2012 (26.01.2012), paragraph [0056]	1, 6-7 8-10

☐ 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 October 2016 (12.10.16)

Date of mailing of the international search report
25 October 2016 (25.10.16)

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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2016/073414

Cited Documents	Publication Date	Patent Family
JP 2013-527435 A	2013.06.27	US 2012/0085939 A1 US 2013/0228702 A1 WO 2011/130100 A2 [078] to [080]; fig. 1 to 2 EP 2558839 A
WO 2012/060416 A1	2012.05.10	JP 5491639 B JP 2014-139938 A US 2013/0220806 A1 paragraphs [0069] to [0073]; fig. 19 to 20 US 2016/0163508 A DE 112011103677 T CN 103180929 A KR 10-2013-0077884 A CN 105047511 A
JP 2012-018164 A	2012.01.26	US 2012/0080406 A1 paragraph [0084] EP 2405461 A1 KR 10-2012-0004332 A CN 102374944 A SG 177823 A TW 201237917 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/20(2006.01)i, H01J37/30(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. H01J37/20, H01J37/30, G01N1/28

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 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 6 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 A	JP 2013-527435 A（ガタン インコーポレイテッド）2013.06.27, [0029] - [0031]、図1-2	1-4 8-10
X A	W0 2012/060416 A1（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2012.05.10, [0046] - [0050]、図19-20	1-3, 5, 11-12 8-10
X A	JP 2012-018164 A（カムテック リミテッド）2012.01.26, [00 56	1, 6-7 8-10

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

1 2 . 1 0 . 2 0 1 6

国際調査報告の発送日

2 5 . 1 0 . 2 0 1 6

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）

鳥居 祐樹

2 G

4 0 7 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

引用文献	公表日	パテントファミリー文献
JP 2013-527435 A	2013. 06. 27	US 2012/0085939 A1 US 2013/0228702 A1 WO 2011/130100 A2, [078]-[080], Fig. 1-2 EP 2558839 A
WO 2012/060416 A1	2012. 05. 10	JP 5491639 B JP 2014-139938 A US 2013/0220806 A1, [0069]-[0073], Fig. 19-20 US 2016/0163508 A DE 112011103677 T CN 103180929 A KR 10-2013-0077884 A CN 105047511 A
JP 2012-018164 A	2012. 01. 26	US 2012/0080406 A1, [0084] EP 2405461 A1 KR 10-2012-0004332 A CN 102374944 A SG 177823 A TW 201237917 A