(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
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/121080 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 37/305 (2006.01) *H01J 37/20* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/052614

(22) 国際出願日: 2015 年 1 月 30 日(30.01.2015)

(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: 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). 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). 高堀 栄(KOUBORI Sakae); 〒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). 上野 敦史(KAMINO Atsushi); 〒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). 堀之内 健人(HORINOUCHI Kento); 〒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: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

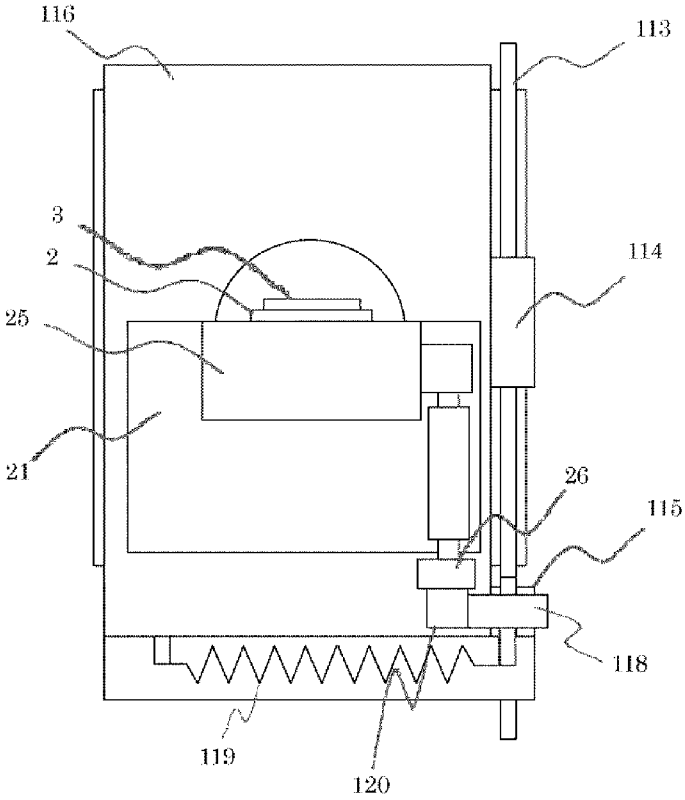
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, 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.

[続葉有]

WO 2016/121080 A1

(54) **Title**: ION MILLING MASK POSITION ADJUSTMENT METHOD, ELECTRON MICROSCOPE CAPABLE OF ADJUSTING MASK POSITION, MASK ADJUSTMENT DEVICE CARRIED BY SAMPLE STAGE, AND SAMPLE MASK PART FOR ION MILLING DEVICE

(54) 発明の名称 : イオンミリングのマスク位置調整方法、マスク位置を調整できる電子顕微鏡、試料ステージに搭載されるマスク調整装置、およびイオンミリング装置の試料マスク部品



(57) **Abstract**: In this invention, a mask position is adjusted with high accuracy while under observation with an electron microscope without having to install a heat source inside the electron microscope. This ion milling mask position adjustment method comprises: installing, on an electron microscope sample stage, a sample mask component (21) that is capable of adjusting the positional relationship between a sample (3) and a mask (2); coupling a mask position adjustment portion (26) of the sample mask component (21) to the sample stage R axis (113) so that the position of the mask (2) becomes adjustable by a drive of the R axis (113); and, while performing observation with the electron microscope, driving the R axis (113) to adjust the position of the mask (2).

(57) 要約: 電子顕微鏡内に発熱源を設けることなく、電子顕微鏡で観察しながらマスク位置を高精度に調整する。イオンミリングのマスク位置調整方法において、試料（３）とマスク（２）の位置関係を調整できる試料マスク部品（２１）を、電子顕微鏡の試料ステージに設置し、前記試料マスク部品（２１）のマスク位置調整部（２６）と前記試料ステージのＲ軸（１１３）とを連結し、Ｒ軸（１１３）の駆動により前記マスク（２）の位置を調整できるようにし、電子顕微鏡で観察しながら、前記Ｒ軸（１１３）を駆動させ、前記マスク（２）の位置を調整する。

(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)）

明　細　書

発明の名称 ：

イオンミリングのマスク位置調整方法、マスク位置を調整できる電子顕微鏡、試料ステージに搭載されるマスク調整装置、およびイオンミリング装置の試料マスク部品

技術分野

[0001] 本発明は、走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）や透過電子顕微鏡（ＴＥＭ）などの観察用試料を作製するための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、金属、ガラスおよびセラミックなどの表面や断面を、アルゴンイオンビームを照射するなどして研磨するための装置であり、ＳＥＭやＴＥＭなどの電子顕微鏡により試料の表面や断面を観察するための前処理装置として好適である。

[0003] 電子顕微鏡による試料の断面観察において、従来は、観察したい部位の近傍を、例えばダイヤモンドカッターや糸のこぎりなどを使用して切断した後に、切断面を機械研磨し、電子顕微鏡用の試料台に取り付けて像を観察していた。

[0004] 機械研磨の場合、例えば高分子材料やアルミニウムのように柔らかい試料では、観察表面がつぶれたり、研磨剤の粒子によって深い傷が残ったりといった問題があった。また、例えばガラスやセラミックのように固い試料では、研磨が難しいという問題があった。更に、柔らかい材料と固い材料とが積層された複合材料では、断面加工が極めて難しいという問題があった。

[0005] これに対し、イオンミリング装置は、柔らかい試料でも表面の形態がつぶれることなく加工でき、また、固い試料および複合材料の研磨が可能であるため、鏡面状態の断面を容易に得ることができるという利点がある。

[0006] このようなイオンミリング装置における試料作製方法の一つに断面ミリングと呼ばれる方法がある。

[0007] 断面ミリングとは、試料上部に配置したマスク（遮蔽板）によりイオンビームの一部を遮蔽して、マスクの稜線（端面）に沿って試料の断面をスパッタリングするものであり、マスクの稜線に沿った試料の断面ができる。

[0008] 断面ミリングを行うためには、イオンビームを照射する前に、試料の加工目的位置へマスクの稜線位置を合わせる必要があるが、国際公開第２０１２／０６０４１６号（特許文献１）には、試料に対するマスク位置の調整を光学顕微鏡にて行うことが開示されている。

[0009] また、特開２０１１－２４９２４６号公報（特許文献２）には、マスク位置調整機構にモータ、バッテリーおよび赤外線センサーを設け、電子顕微鏡内に配置されたマスク位置調整機構を、試料室に設けた赤外線ランプを介して操作することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：国際公開第２０１２／０６０４１６

特許文献2：特開２０１１－２４９２４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 本願発明者が、断面ミリングにかかるマスク位置調整を、簡便な構成で、高精度に行うことについて鋭意検討した結果、次の知見を得るに至った。

[0012] 断面ミリングに要求される加工目的物のサイズが小さくなってきており、特許文献１のような光学顕微鏡を用いたマスク位置調整は困難になってきている。

[0013] マスク調整に、光学顕微鏡より高分解能である電子顕微鏡を用いたいが、特許文献２の装置では、電子顕微鏡内にバッテリーの供給手段がないため、充電の作業が別途必要となる。赤外線により発電する太陽電池を設け、赤外線照射によりバッテリーを充電しても、モータ制御が行える程度に充電するためには、多くの赤外線量を必要とするため、発熱の問題が発生する。

[0014] 本発明の目的は、電子顕微鏡内に発熱源を設けることなく、電子顕微鏡で観察しながらマスク位置を高精度に調整することに関する。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明は、電子顕微鏡のＲ軸駆動により、マスク位置を調整することに関する。

発明の効果

[0016] Ｒ軸は、電子顕微鏡の試料室内に元々存在しており、高精度な制御が可能であり、また、試料ステージのＲ軸駆動は、ラスターローテーションで代用できるため、本発明によれば、電子顕微鏡で観察しながらマスク位置を高精度に調整できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]断面ミリング加工と平面ミリング加工の両方を行うことのできるイオンミリング装置の側面概略図。

[図2]断面ミリング加工と平面ミリング加工の両方を行うことのできるイオンミリング装置の上面概略図。

[図3]回転体９を回転傾斜させる構成および試料ステージ引出機構の構成図。

[図4]回転体９を回転傾斜させる構成および試料ステージ引出機構の変形例の構成図。

[図5]試料ステージ引出機構６０の構成図。

[図6]試料マスクユニット２１本体の構成図。

[図7]試料ホルダ２３および試料ホルダ回転リング２２の構成図。

[図8]試料マスクユニット２１の変形例の構成図。

[図9]試料マスクユニット２１の変形例の構成図。

[図10]試料マスクユニット２１に設置された試料マスクユニット微動機構４を固定台４２上に固定する前の状態、または固定台４２上から外した状態を示す説明図。

[図11]試料マスクユニット微動機構４を固定台４２上に固定した状態を示す説明図。

[図12]試料３の断面研磨したい部位をイオンビーム中心９８に合わせる方法の説明図。

[図13]試料３の断面とマスク２を平行とする方法の説明図。

[図14]試料マスクユニット微動機構４を光学顕微鏡４０へ設置する方法の変形例の説明図。

[図15]電子顕微鏡による微調整前の、光学顕微鏡を用いた調整方法の説明図。

[図16]電子顕微鏡の原理説明図。

[図17]電子顕微鏡の試料ステージの上面概略図。

[図18]試料ステージに設置されたマスク調整ユニットベース１１６の上面概略図。

[図19]マスク調整ユニットベース１１６（試料ステージ）に搭載された試料マスク微動機構４の上面概略図。

[図20]マスク調整ユニットベース１１６（試料ステージ）に搭載された試料マスク微動機構４の側面概略図。

[図21]マスク調整ユニットベース１１６（試料ステージ）に搭載された試料マスク微動機構４の変形例の上面概略図。

[図22]電子顕微鏡による観察図（微調整前）。

[図23]電子顕微鏡による観察図（稜線が傾いている状態）。

[図24]電子顕微鏡による観察図（微調整後）。

[図25]イオンビーム装置により試料３（加工目的物１００）に観察断面を作製する方法（断面ミリング加工）の説明図。

発明を実施するための形態

[0018] 実施例では、試料とマスクの位置関係を調整できる試料マスク部品を、電子顕微鏡の試料ステージに設置し、試料マスク部品のマスク位置調整部と、試料ステージのＲ軸を連結し、Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整できるようにし、電子顕微鏡で観察しながら、Ｒ軸を駆動させ、マスクの位置を調整する、イオンミリングのマスク位置調整方法を開示する。

[0019] また、実施例では、マスク位置調整部が回転することにより、リニアガイドに沿ってマスクが移動することを開示する。

[0020] また、実施例では、マスク位置調整部とＲ軸とを回転部材を介して連結し、当該回転部材の回転によりＲ軸の駆動をマスク位置調整部に伝達することを開示する。

[0021] また、実施例では、試料ステージにおける、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に、試料マスク部品を設置することを開示する。

[0022] また、実施例では、試料ステージをＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動し、ならびにラスターローテーションし、電子顕微鏡の観察画面を調整して、マスクの位置を調整することを開示する。

[0023] また、実施例では、イオンミリング装置のマスク位置を調整できる電子顕微鏡であって、試料とマスクの位置関係を調整できる試料マスク部品が設置される試料ステージを備え、当該試料ステージに設置された試料マスク部品のマスク位置調整部に、当該試料ステージのＲ軸を連結し、当該Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整できるものを開示する。

[0024] また、実施例では、マスクをリニアガイドに沿って移動させるマスク位置調整部材をＲ軸の駆動により回転させる電子顕微鏡を開示する。

[0025] また、実施例では、試料ステージが、マスク位置調整部とＲ軸を連結させる回転部材を備え、当該回転部材の回転によりＲ軸の駆動をマスク位置調整部に伝達する電子顕微鏡を開示する。

[0026] また、実施例では、試料ステージの、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に、試料マスク部品を設置する電子顕微鏡を開示する。

[0027] また、実施例では、Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整しつつ、試料ステージのＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動、ならびに電子顕微鏡のラスターローテーションにより、観察画面を調整できる電子顕微鏡を開示する。

[0028] また、実施例では、電子顕微鏡の試料ステージに設置される、イオンミリングのマスク調整装置であって、試料とマスクの位置関係を調整できる試料マスク部品が設置され、当該マスク調整装置に設置された試料マスク部品の

マスク位置調整部を、当該試料ステージのＲ軸に連結させ、当該Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整させるものを開示する。

[0029] また、実施例では、マスクをリニアガイドに沿って移動させるマスク位置調整部品をＲ軸の駆動により回転させるマスク調整装置を開示する。

[0030] また、実施例では、マスク位置調整部とＲ軸を連結させる回転部材を備え、当該回転部材の回転によりＲ軸の駆動をマスク位置調整部に伝達するマスク調整装置を開示する。

[0031] また、実施例では、マスク調整装置が、試料ステージの、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に設置されることを開示する。

[0032] また、実施例では、Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整しつつ、試料ステージのＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動により、移動するマスク調整装置を開示する。

[0033] また、実施例では、試料とマスクの位置関係を調整できるイオンミリング装置の試料マスク部品であって、電子顕微鏡の試料ステージに設置されると、試料とマスクの位置関係を調整するマスク位置調整部品が、試料ステージのＲ軸に連結され、当該Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整するものを開示する。

[0034] また、実施例では、マスク位置調整部品の回転により、マスクをリニアガイドに沿って移動させる試料マスク部品を開示する。

[0035] また、実施例では、マスク位置調整部が、回転部材を介してＲ軸と連結され、Ｒ軸の駆動が、回転部材の回転により伝達される試料マスク部品を開示する。

[0036] また、実施例では、試料マスク部品が、試料ステージの、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に設置されることを開示する。

[0037] また、実施例では、Ｒ軸の駆動によりマスクの位置を調整しつつ、試料ステージのＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動により、移動する試料マスク部品を開示する。

[0038] 以下、上記およびその他の本発明の新規な特徴と効果について図面を参酌

して説明する。なお、図面は、発明の理解のために用いるものであり、権利範囲を限定するものではない。

実施例

[0039] 本実施例では、アルゴンイオンビームを用い、断面ミリング加工と平面ミリング加工の両方を選択的に実施できるイオンミリング装置を例に説明する。

[0040] 図１は、断面ミリング加工と平面ミリング加工の両方を行うことのできるイオンミリング装置の側面概略図であり、図２は、その上面概略図である。本実施例のイオンミリング装置は、真空チャンバ１５の上面に加工観察窓７、前面に試料ステージ８、左側面にイオン源１を備え、試料３と加工観察窓７の間にシャッター１０１が設けられている。このシャッター１０１は、スパッタされた粒子が加工観察窓７に堆積することを防ぐために設置されている。真空チャンバ１５は、真空雰囲気を形成するための空間を形成する箱型形状であるが、これに順ずる形状でかまわない。加工観察窓７は、真空チャンバ１５の上方（重力のある環境で、重力場の向かう方向と反対方向）に設けられている。イオン源１は、真空チャンバ１５の側方壁面（真空チャンバ１５の上方向に隣接する面であって、重力場の向かう方向と垂直な方向）に設けられている。すなわち、加工観察窓７は、試料ステージ８の傾斜軸と、イオン源１から照射されるイオンビームの照射軌道を含む平面に直交する方向であって、真空チャンバ１５の壁面に設けられている。なお、イオン源が照射するイオンビームは、アルゴンイオンビームに限られず、クリプトンイオンビーム、キセノンイオンビーム、またはガリウムイオンビームなどでもよい。また、加工観察窓７用の開口部には、真空封止が可能な窓を設けるだけでなく、光学顕微鏡や電子顕微鏡を設置してもよい。

[0041] 図３は、回転体９を回転傾斜させる構成および試料ステージ引出機構の構成図である。

[0042] 試料ユニットベース５には、試料保持部材（試料マスクユニット微動機構４を含む試料を保持する部材）を載置可能な回転体９が設けられており、回

転体９は、試料保持部材を支持する支持台として機能する。試料ユニットベース５は、回転体９の他、回転体９にフランジ１０外部からの回転力を伝達する複数の歯車５０、および回転体９を回転可能に支持する複数のベアリング５１を有する。試料マスクユニット微動機構４は、その底面にマスクユニット固定部５２（ネジ含む）が設けられている。試料マスクユニット微動機構４は、その底面を試料ユニットベース５の回転体９上面に接触させ、マスクユニット固定部５２を介して回転体９にねじ固定されることにより、試料ユニットベース５に搭載される。試料ユニットベース５に搭載されている回転体９は、真空チャンバ１５側面方向からイオン源１により照射されるイオンビームの光軸に対して任意の角度に回転傾斜できるように構成されており、回転傾斜の方向と傾斜角度は、試料ステージ８により制御される。

[0043] 図４は、回転体９を回転傾斜させる構成および試料ステージ引出機構の変形例の構成図である。試料ユニットベース５の回転体９を回転傾斜させる方法としては、図３のように試料ユニットベース５に複数の歯車５０や軸を設け、試料ユニットベース５の内部に配置された回転軸（試料ステージ８の軸と同軸の回転軸）を回転させる方法の他、図４のように、試料ユニットベース５の歯車５０に連結する軸継手５３を設け、フランジ１０に設けられた回転軸（試料ステージ８の軸とは異なる回転軸）を回転させる方法でも良い。

[0044] 試料ユニットベース５の回転体９を回転傾斜させることにより、試料マスクユニット微動機構４上に設置されている試料３をイオンビームの光軸に対して所定の角度に設定することができる。更に、試料ユニットベース５の回転体９の回転軸と試料上面（マスク下面）の位置を一致させて、効率良い平滑な加工面を作製することができる。また、試料マスクユニット微動機構４は、イオンビームの光軸に対して垂直方向の前後左右、すなわち、図３および図４のＸ方向とＹ方向に移動できるように構成されている。

[0045] 試料ユニットベース５は、真空チャンバ１５の容器壁の一部を兼ねるフランジ１０に搭載されている試料ステージ８（回転機構）を介して配置されており、フランジ１０をリニアガイド１１に沿って引き出して真空チャンバ１

５を大気状態に開放した時に、試料ユニットベース５が真空チャンバ１５の外部へ引き出されるように構成されている。このようにして、試料ステージ引出機構が構成されている。

[0046] 図５は、試料ステージ引出機構６０の構成図である。試料ステージ引出機構６０は、リニアガイド１１と、これに固着されたフランジ１０を有する。フランジ１０に搭載された試料ステージ８に固着された試料ユニットベース５は、フランジ１０をリニアガイド１１に沿って引き出すことによりリニアガイド１１に沿って真空チャンバ１５から引き出される。この操作に伴って、試料ユニットベース５に搭載された試料マスクユニット微動機構４、試料マスクユニット微動機構４に設置された試料マスクユニット２１、試料マスクユニット２１に設置されたマスク２、マスク２に設置された試料ホルダ２３、および試料ホルダ２３に設置された試料３が、真空チャンバ１５から一体的に引き出される。

[0047] 本実施例において、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４は、試料ユニットベース５に着脱自在に固定される構成を有する。従って、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４は、真空チャンバ１５の外部に引き出されると、試料ユニットベース５から着脱可能状態とされる（試料マスクユニット２１の着脱スタンバイ）。

[0048] 図５は、このような着脱自在の状態から、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４が、真空チャンバ１５の外部において、試料ユニットベース５から外された状態を示す。この着脱は人手によって、または適当な器具によって行う。

[0049] 図６は、試料マスクユニット２１本体の構成図である。本実施例では、少なくとも試料ホルダ２３およびその回転機構ならびにマスク２およびその微調整機構を一体に構成したものを試料マスクユニット２１（本体）と称する。試料ホルダ２３は、回転機構としての試料ホルダ回転リング２２および試料ホルダ回転ねじ２８を備えており、イオンビームの光軸に対して、垂直に回転可能である。試料ホルダ回転リング２２は、試料ホルダ回転ねじ２８を

回すことにより回転するように構成されており、この回転により圧縮されるばね２９のばね圧で逆回転することにより回転前の位置に戻るようになっている。

[0050] 試料マスクユニット２１は、試料マスクユニット微動機構４に対し取り付けおよび取り外しが可能となる機構ならびにマスク２の位置および回転角を微調整できる機構を有する。本実施例では、試料マスクユニット２１と試料マスクユニット微動機構４が２部品の例を説明するが、１部品で構成しても良い（実施例では判り易くするために、試料マスクユニットと試料マスクユニット微動機構を分けて説明する）。

[0051] マスク２は、マスクホルダ２５にマスク固定ねじ２７により固定される。マスクホルダ２５は、マスク微調整機構２６（マスク位置調整部）を操作することによりリニアガイド２４に沿って移動し、この移動に伴ってマスク２も移動することにより、試料３とマスク２との相対的な位置関係（遮蔽位置関係）が微調整される。マスク微調整機構２６には、マイクロメータを使用しても良い。

[0052] 図７は、試料ホルダ２３および試料ホルダ回転リング２２の構成図である。試料ホルダ回転リング２２の外部は円弧形状となっており、その内部は試料ホルダ２３と嵌合可能な形状となっている。試料ホルダ２３は、試料を固定する上部側と反対側である下部側より試料ホルダ回転リング２２に挿入され、ねじにて試料ホルダ回転リング２２に固定される。試料ホルダ２３に接着固定された試料３は、試料３とマスク２との相対的な位置が微調整された後、マスク２に密着され固定される。

[0053] 図８および図９は、試料マスクユニット２１の変形例の構成図である。図８は、試料３を固定した試料ホルダ２３を試料マスクユニット２１内に装着した状態を示し、図９は、試料３を固定した試料ホルダ２３を試料マスクユニット２１から取り外した状態を示す。試料３を接着固定した試料ホルダ２３は、試料マスクユニット２１裏面から試料ホルダ回転リング２２に設けられた孔を通って試料３がマスク２に接触することにより、試料マスクユニッ

ト２１内に装着可能となる。試料３を接着固定した試料ホルダ２３は、試料ホルダ固定金具３５により固定される。この固定は、試料ホルダ固定機構３６に六角スパナなどを挿入し、回転させ、試料ホルダ金具３５を動かすことにより行なわれる。マスク微調整機構２６は、マスクホルダ２５の位置の微調整をすることにより、マスクホルダ２５に固定されたマスク２と試料ホルダ２３に接着固定された試料３との相対的な位置を微調整できる。

[0054] 図１０は、試料マスクユニット２１に設置された試料マスクユニット微動機構４を固定台４２上に固定する前の状態、または固定台４２上から外した状態を示す説明図である。図１１は、試料マスクユニット微動機構４を固定台４２上に固定した状態を示す説明図である。以下、マスク位置合わせ方法の概要を説明する。

[0055] マスク２と試料３との遮蔽位置関係の調整時に、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４を試料ユニットベース５から取り外し（図１０）、光学顕微鏡４０の固定台４２に装着し（図１１）、マスク２の試料３に対する遮蔽位置関係を調整する。

[0056] ここで、マスク２と試料３との遮蔽位置関係を観測する光学顕微鏡４０は、図１０に示すように、真空チャンバ１５とは別体に構成され、任意の場所に配置することができる。また、光学顕微鏡４０は、周知のルーペ１２と、ルーペ微動機構１３と、観測台４１と、および取り外された試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４を観測台４１上に設置するための固定台４２とを有する。固定台４２は、位置決め用の軸と穴を有する。そして、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４が、位置決め用の軸と穴により再現性のある固定台４２上の決まった位置に設置される。

[0057] 図１２は、試料３の断面研磨したい部位をイオンビーム中心９８に合わせる方法の説明図である。感光紙などを試料ホルダ２３に取り付け、イオンビームを照射することによりできた痕（すなわち、ビーム中心）と、ルーペの中心とを、ルーペ微動機構１３の駆動により、図１２のＸ２およびＹ２の方

向を動かして合わせておく。図６などに示すように、試料３を設置した後の試料マスクユニット本体２１を設置した試料マスクユニット微動機構４を、図１１に示すように固定台４２に設置する。固定台４２に設置した試料マスクユニット微動機構４にて、Ｘ３およびＹ３の方向に位置調整してルーペ中心に合わせることにより、イオンビーム中心９８と断面研磨したい部位（以後、加工目的物）を合わせることができる。

[0058] 図１３は、試料３の断面とマスク２を平行とする方法の説明図である。試料ホルダ回転ねじ２８を回して図１４のＸ１方向の位置調整を行い、試料３の断面とマスク２の稜線が平行となるように調整する。加工目的物の中心とマスク２の稜線が合うようにマスク微調整機構２６を回して設定する（このとき、加工目的物がなく試料３の断面を得たい場合、試料３をマスク２より僅かに突出、例えば、試料３がマスク２より５０μｍ程度突出するようにマスク微調整機構２６を回して設定する）。

[0059] このように、マスク２と試料３との遮蔽位置関係の調整時に、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４は、試料ユニットベース５から取り外されて光学顕微鏡４０の固定台４２に装着され、試料３に対するマスク２の遮蔽位置関係がマスク位置調整部（マスク微調整機構２６）によって調整される。

[0060] 図１４は、試料マスクユニット微動機構４を光学顕微鏡４０へ設置する方法の変形例の説明図である。光学顕微鏡４０への設置は、試料マスクユニット２１、または試料マスクユニット微動機構４の試料ユニットベース５へのマスクユニット固定部５２を使用せず、試料マスクユニット微動機構４の下面を使用する方法でも良い。

[0061] 図１０乃至図１３に示した例と異なる点は、ビーム中心とルーペ中心を調整するルーペ微動機構１３を固定台４２側で行う点であり、それ以外については、同様の作業を行う。

[0062] 光学顕微鏡４０による遮蔽位置関係の調整において、数μｍ以下の加工目的物の中心にマスク２の稜線を調整することは困難である。そこで、電子顕

微鏡を用いて試料３とマスク２の位置関係の微調整を行う（なお、光学顕微鏡４０による遮蔽位置関係の調整を行うことなく、はじめから電子顕微鏡のみを用いて調整してもよい）。

[0063] まず、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４を、試料ユニットベース５から取り外して光学顕微鏡４０の固定台４２に装着した状態から説明する。

[0064] 図１５は、電子顕微鏡による微調整前の、光学顕微鏡を用いた調整方法の説明図である。すでに、ルーペ中心とイオンビーム中心の調整は完了している状態とする。まず、ルーペで点として見える数μｍ程度の加工目的物１００の位置を、試料マスクユニット微動機構４により図１５のＸ３およびＹ３方向で調整し、ルーペ中心に合わせる。図１３のように、試料３の断面とマスク２を平行とするために、試料ホルダ回転ねじ２８を回して図１３のＸ１方向の位置調整を行い、試料３の断面とマスク２の稜線が平行となるように調整する（加工目的物が横に並んで配置されている場合は、マスク２の稜線をそれらに合わせる）。加工目的物１００とマスク２の稜線の位置関係は、マスク微調整機構２６を回して２５μｍ以下に調整することが望ましい（この後の電子顕微鏡下にて調整し易くなるため）。ここまで調整した後、光学顕微鏡４０の固定台４２から、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４を取り外して、電子顕微鏡の試料ステージに装着する。

[0065] 図１６は、電子顕微鏡の原理説明図である。以下、電子顕微鏡の原理について説明する。なお、熱電子源の場合について説明するが、電子源は、LaB_6電子源、電解放出形電子源、またはショットキー電子源のいずれでも良い。

[0066] 電子顕微鏡の装置内部を真空排気し、目標の真空圧力に到達したら電子源７０に高圧を印加する。高圧が印加された電子源７０から電子線７１が放出される。放出された電子線７１は、ウェネルト電極７２の電位により集束作用を受け、軌道を曲げられ、ウェネルト電極７２とアノード電極７３との間に第一のクロスオーバー７４を作る。更に、加速電圧により加速された電子

線７１は、アノード電極７３を通過し、第一集束レンズ７５（電磁コイル型）により集束作用を受け、第一集束レンズ７５と第二集束レンズ７６（電磁コイル型）との間に第二のクロスオーバー７７を作る。更に、第二集束レンズ７６と対物レンズ８１との間に第三のクロスオーバー７８を作る。電子線７１は、対物レンズ８１により集束され、対物絞り８０により制限され、試料７９の表面に照射される(ただし、対物絞りは本位置とは限らない)。試料ステージ上の試料７９の表面に照射された電子線７１は、試料表面で跳ね返ってくる反射電子および試料表面から飛び出てくる二次電子などを発生させる。これら反射電子および二次電子などは、試料室内に設置されている検出器で取り込まれる。そして、検出器からの信号は、増幅回路を経て、更には、デジタル変換されてからディスプレイに送り込まれ、試料表面の画像として表示される。

[0067] 電子顕微鏡の試料ステージは、一般的に５軸（Ｘ、Ｙ、Ｚ、Ｔ、Ｒ）駆動となっており、前後左右上下の三次元位置、傾斜および回転を制御できる。ここでは、Ｚ軸方向に駆動するＺ機構の上にＴ軸方向に駆動するＴ機構が配置され、同様に、Ｙ機構、Ｘ機構、およびＲ機構の順に配置された構成の試料ステージを例に説明する。ただし、この構成に限られることはない。例えば、Ｔ機構の上にＺ機構が配置された構成、またはＸ機構の上にＹ機構が配置された構成、もしくは２つのＴ機構を備える６軸駆動の構成などでもよい。

[0068] 図１７は、電子顕微鏡の試料ステージの上面概略図である。電子顕微鏡の試料ステージの最上位に配置されているＲ機構１１１や、Ｒ機構１１１の下に配置されているＸ機構１１０などが示されている。Ｘ機構１１０に４つ設けられている位置決め穴１１２は、試料マスクユニット微動機構４を電子顕微鏡に搭載する際に用いるマスク調整ユニットベース１１６の位置を決めるためのものである。Ｘ機構１１０の上に回転（Ｒ軸駆動）可能に配置されているＲ機構１１１は、Ｒ駆動軸１１３およびＲ駆動ギア１１４が回ることにより、回転（Ｒ軸駆動）する。ここで、本実施例にかかる試料ステージのＲ

駆動軸１１３には、マスク微調整機構２６を駆動させるためのマスク調整ギア１１５が設けられている。

[0069] 図１８は、試料ステージに設置されたマスク調整ユニットベース１１６の上面概略図である。通常の観察を行う場合には、試料ステージの最上位機構であるＲ機構１１１の上に試料を搭載するが、電子顕微鏡を用いて試料３とマスク２の位置関係の微調整を行う場合には、図１８のようにＸ機構１１０に設置されたマスク調整ユニットベース１１６の上に、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４を搭載する。なお、マスク調整ユニットベース１１６には、Ｒ機構１１１を一部露出させる設置用穴１１７が設けられているので、マスク調整ユニットベース１１６を設置した状態でも、通常の観察は可能である。なお、マスク調整ベース１１６を試料ステージに組み込んで一体構成してもよい。

[0070] 図１９は、マスク調整ユニットベース１１６（試料ステージ）に搭載された試料マスク微動機構４の上面概略図であり、図２０は、その側面概略図である。

[0071] マスク調整ユニットベース１１６には、３つの同径ギアを直線状に並べて配置したマスク調整ギアユニット１１８が設けられている。なお、ギアの構成（数量、配置、種類）は、マスク調整ギア１１５とマスク微調整機構２６の位置関係で決定されるため、この構成に限られず、例えば、ギアは同径でなくてもよい。マスク調整ギアユニット１１８の下段のギアはマスク調整ギア１１５と連結している。マスク調整ギアユニット１１８は、下段のギアの軸中心を中心として、他端を円弧状に動かすことができる。本実施例では、マスク調整ギアユニット１１８を略垂直にすると、上段のギアが、マスク微調整機構２６に取り付けられているマスク微調整ギア１２０と接触する。なお、マスク調整ギアユニット１１８とマスク微調整ギア１２０の位置関係はこれに限定されない。マスク調整ギアユニット１１８は、マスク微調整ギア１２０と接触する位置まで、下段のギアの軸中心を中心として、他端を円弧状に動かすことができる。マスク微調整ギア１２０とマスク調整ギアユニッ

ト１１８の接触部は、マスク調整ギアユニット１１８とマスク調整ユニットベース１１６に繋がれた圧縮ばね１１９の復元力により押し付けられ、連結される。これにより、試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４の電子顕微鏡への搭載が完了となる。Ｒ駆動軸１１３の回転が、マスク調整ギア１１５、マスク調整ギアユニット１１８およびマスク微調整ギア１２０に伝わり、マスク微調整機構２６を回転させる。Ｒ駆動軸１１３の回転により、マスク２の位置を制御することが可能となる。また、Ｒ軸以外の４軸（Ｘ、Ｙ、Ｚ、Ｔ）駆動により、マスク調整ユニットベース１１６（試料ステージ）に搭載された試料マスク微動機構４を、Ｒ軸以外の４軸（Ｘ、Ｙ、Ｚ、Ｔ）で位置制御できる。なお、Ｒ軸の位置制御については、電子線走査方向の回転により視野を回転させるラスターローテーションにより代用できる。

[0072] 図２１は、マスク調整ユニットベース１１６（試料ステージ）に搭載された試料マスク微動機構４の変形例の上面概略図である。マスク微調整機構２６とＲ駆動軸との連結は、マスク微調整機構２６にマスク微調整ギア１２０などを追加することなくそのままとし、マスク調整ギアユニット１１８の上段のギアに設けたゴムワッシャー１２１を接触させて行っている。ゴムワッシャー１２１の代わりとして、Ｏリングなどのような柔軟性のある回転部品を用いてもよい。

[0073] 電子顕微鏡を用いて試料３とマスク２の位置関係の微調整する際には、電子顕微鏡にて加工目的物１００の近傍を観察するが、観察の初期位置において加工目的物１００が表示画面の中心位置の近傍となるように、試料ステージ、マスク調整ユニットベース１１６、および試料マスクユニット２１を設置した試料マスクユニット微動機構４の配置関係を調整しておくことが望ましい。なお、このような位置関係に各部材を配置できない場合は、そのズレ分を、真空チャンバ内の真空排気が完了するまでに、試料ステージが自動で補正する機能を設けておくことが望ましい。

[0074] 図２２は、電子顕微鏡による観察図（微調整前）である。光学顕微鏡４０

による観察では点にしか見えない加工目的物１００も、電子顕微鏡により観察すると、適した倍率では形状がはっきり確認できるようになる。ここで、加工目的物１００の中心が、表示画面の中心となるように、試料ステージを移動させる。

[0075] 図２３は、電子顕微鏡による観察図（稜線が傾いている状態）である。マスク２の稜線９９が傾き、調整し難い場合は、ラスターローテーションにより回転補正を行う。

[0076] 加工目的物１００の中心を表示画面の中心とし、マスク２の稜線９９の傾きを補正した後に、試料ステージのＲ機構１１１を駆動させて、マスク２の位置を微調整する。Ｒ機構１１１のモータを駆動させると、Ｒ駆動軸１１３が回転し、Ｒ機構１１１が回転するが、観察している加工目的物１００（試料３）は、Ｘ機構１１０上に設置されているため、回転しない。また、Ｒ駆動軸１１３の回転により、マスク調整ギアユニット１１８のギアおよびマスク微調整ギア１２０が回転し、試料マスクユニット２１のマスク微調整機構２６を駆動させる。よって、加工目的物１００を電子顕微鏡で観察しながら、マスク２の稜線９９を動かして、加工目的物１００の中心にマスク２の稜線９９を合わせることができる。

[0077] 図２４は、電子顕微鏡による観察図（微調整後）である。マスク２の位置が調整できた（加工目的物１００の中心にマスク２の稜線９９がきた）時点で、モータの駆動を止めることにより、微調整が完了となる。微調整後は、数μｍ以下の加工目的物１００の中心にマスク２の稜線９９が配置され、加工目的物１００の下半分がマスク２に隠された状態となっている。

[0078] 微調整後は、電子顕微鏡の真空試料室を大気解放し、マスク微調整ギア１２０から離すように、マスク調整ギアユニット１１８を図２０の右方向に押し出し、電子顕微鏡の試料ステージ（マスク調整ユニットベース１１６）から試料マスクユニット微動機構４を取り外せる状態とする。そして、試料３に対する遮蔽位置関係が高精度に調整されたマスク２を備えた試料マスクユニット２１を搭載した試料マスクユニット微動機構４を取り外し、イオンミ

リング装置の試料ユニットベース５へ搭載する。真空チャンバ１５の内部に試料ユニットベース５を押し戻した後、真空チャンバ１５の内部を真空排気し、試料ユニットベース５を水平状態に維持しつつ、回転体９を往復傾斜させて、断面ミリング加工する。

[0079] 図２５は、イオンビーム装置により試料３（加工目的物１００）に観察断面を作製する方法（断面ミリング加工）の説明図である。

[0080] マスク２が密着固定された試料３を往復傾斜させながら、アルゴンイオンビームを照射すると、マスク２で覆われていない試料３（加工目的物１００）を、マスク２に沿って、深さ方向に取り除くことができ、且つ、試料３（加工目的部１００）の断面の表面を鏡面研磨できる。これにより、数μｍ以下の加工目的物１００の中心に観察断面を形成できる。

[0081] 本実施例によれば、電子顕微鏡を用いて観察しながら、試料３とマスク２の位置関係を高精度に調整できるため、μｍ以下の微小な加工目的物の断面を広範囲にミリングできる。近年、特に半導体分野でTSV（Si貫通電極）を断面観察することが重要となってきており、ビア径が数μｍ以下のものについての観察試料作製が求められているが、本実施例により数μｍ以下の加工目的物を断面ミリング加工できる。更に、場所の特定はしない通常の断面ミリング加工（特定の場所の断面加工ではない、傷や応力による歪を無くした断面加工）においても、突出量（マスク２から突出した試料３の量）を数μｍ以下で調整できるため、加工時間の大幅な短縮も図れる。

符号の説明

[0082] １…イオン源、２…マスク、３…試料、４…試料マスクユニット微動機構、５…試料ユニットベース、６…真空排気系、７…加工観察窓、８」…試料ステージ、９…回転体、１０…フランジ、１１…リニアガイド、１２…ルーペ、１３…ルーペ微動機構、１５…真空チャンバ、２１…試料マスクユニット、２２…試料ホルダ回転リング、２３…試料ホルダ、２４…リニアガイド、２５…マスクホルダ、２６…マスク微調整機構、２７…マスク固定ねじ、２８…試料ホルダ回転ねじ、２９…ばね、３５…試料ホルダ固定金具、３６…

試料ホルダ固定機構、４０…光学顕微鏡、４１…観測台、４２…固定台、５０…歯車、５１…ベアリング、５２…マスクユニット固定部、５３…軸継手、６０…試料ステージ引出機構、７０…電子源、７１…電子線、７２…ウェネルト電極、７３…アノード電極、７４…第一のクロスオーバー、７５…第一集束レンズ、７６…第二集束レンズ、７７…第二のクロスオーバー、７８…第三のクロスオーバー、７９…試料、８０…対物絞り、９８…イオンビーム中心、９９…稜線、１００…加工目的物、１０１…シャッター、１１０…Ｘ機構、１１１…Ｒ機構、１１２…位置決め穴、１１３…Ｒ駆動軸、１１４…Ｒ駆動ギア、１１５…マスク調整ギア、１１６…マスク調整ユニットベース、１１７…設置用穴、１１８…マスク調整ギアユニット、１２０…マスク微調整ギア、１２１…ゴムワッシャー

請求の範囲

[請求項1] イオンミリングのマスク位置調整方法であって、

試料とマスクの位置関係を調整できる試料マスク部品を、電子顕微鏡の試料ステージに設置し、

前記試料マスク部品のマスク位置調整部と、前記試料ステージのＲ軸を連結し、Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整できるようにし、

電子顕微鏡で観察しながら、前記Ｒ軸を駆動させ、前記マスクの位置を調整することを特徴とするマスク位置調整方法。

[請求項2] 請求項１記載のマスク位置調整方法において、

マスク位置調整部が回転することにより、リニアガイドに沿って前記マスクが移動することを特徴とするマスク位置調整方法。

[請求項3] 請求項１記載のマスク位置調整方法において、

前記マスク位置調整部と前記Ｒ軸とを回転部材を介して連結し、当該回転部材の回転により前記Ｒ軸の駆動を前記マスク位置調整部に伝達することを特徴とするマスク位置調整方法。

[請求項4] 請求項１記載のマスク位置調整方法において、

前記試料ステージにおける、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に、前記試料マスク部品を設置することを特徴とするマスク位置調整方法。

[請求項5] 請求項１記載のマスク位置調整方法において、

前記試料ステージをＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動し、ならびにラスターローテーションし、電子顕微鏡の観察画面を調整して、前記マスクの位置を調整することを特徴とするマスク位置調整方法。

[請求項6] イオンミリング装置のマスク位置を調整できる電子顕微鏡であって、

試料とマスクの位置関係を調整できる試料マスク部品が設置される試料ステージを備え、当該試料ステージに設置された前記試料マスク

部品のマスク位置調整部に、当該試料ステージのＲ軸を連結し、当該Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整できることを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項7] 請求項６記載の電子顕微鏡において、

前記マスクをリニアガイドに沿って移動させるマスク位置調整部材をＲ軸の駆動により回転させることを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項8] 請求項６記載の電子顕微鏡において、

前記試料ステージが、前記マスク位置調整部と前記Ｒ軸を連結させる回転部材を備え、当該回転部材の回転により前記Ｒ軸の駆動を前記マスク位置調整部に伝達することを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項9] 請求項６記載の電子顕微鏡において、

前記試料ステージの、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に、前記試料マスク部品を設置することを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項10] 請求項６記載の電子顕微鏡において、

前記Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整しつつ、前記試料ステージのＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動、ならびに前記電子顕微鏡のラスターローテーションにより、電子顕微鏡の観察画面を調整できることを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項11] 電子顕微鏡の試料ステージに設置される、イオンミリングのマスク調整装置であって、 試料とマスクの位置関係を調整できる試料マスク部品が設置され、

当該マスク調整装置に設置された前記試料マスク部品のマスク位置調整部を、当該試料ステージのＲ軸に連結させ、当該Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整させることを特徴とするマスク調整装置。

[請求項12] 請求項１１記載のマスク調整装置であって、

前記マスクをリニアガイドに沿って移動させるマスク位置調整部品をＲ軸の駆動により回転させることを特徴とするマスク調整装置。

[請求項13] 請求項１１記載のマスク調整装置であって、

前記マスク位置調整部と前記Ｒ軸を連結させる回転部材を備え、当該回転部材の回転により前記Ｒ軸の駆動を前記マスク位置調整部に伝達することを特徴とするマスク調整装置。

[請求項14] 請求項１１記載のマスク調整装置であって、

当該マスク調整装置が、前記試料ステージの、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に設置されることを特徴とするマスク調整装置。

[請求項15] 請求項１１記載のマスク調整装置であって、

前記Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整しつつ、前記試料ステージのＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動により、移動することを特徴とするマスク調整装置。

[請求項16] 試料とマスクの位置関係を調整できるイオンミリング装置の試料マスク部品であって、 電子顕微鏡の試料ステージに設置されると、試料とマスクの位置関係を調整するマスク位置調整部品が、前記試料ステージのＲ軸に連結され、当該Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整することを特徴とする試料マスク部品。

[請求項17] 請求項１６記載の試料マスク部品であって、

前記マスク位置調整部品の回転により、前記マスクをリニアガイドに沿って移動させることを特徴とする試料マスク部品。

[請求項18] 請求項１６記載の試料マスク部品であって、

前記マスク位置調整部が、回転部材を介してＲ軸と連結され、前記Ｒ軸の駆動が、前記回転部材の回転により伝達されることを特徴とする試料マスク部品。

[請求項19] 請求項１６記載の試料マスク部品であって、

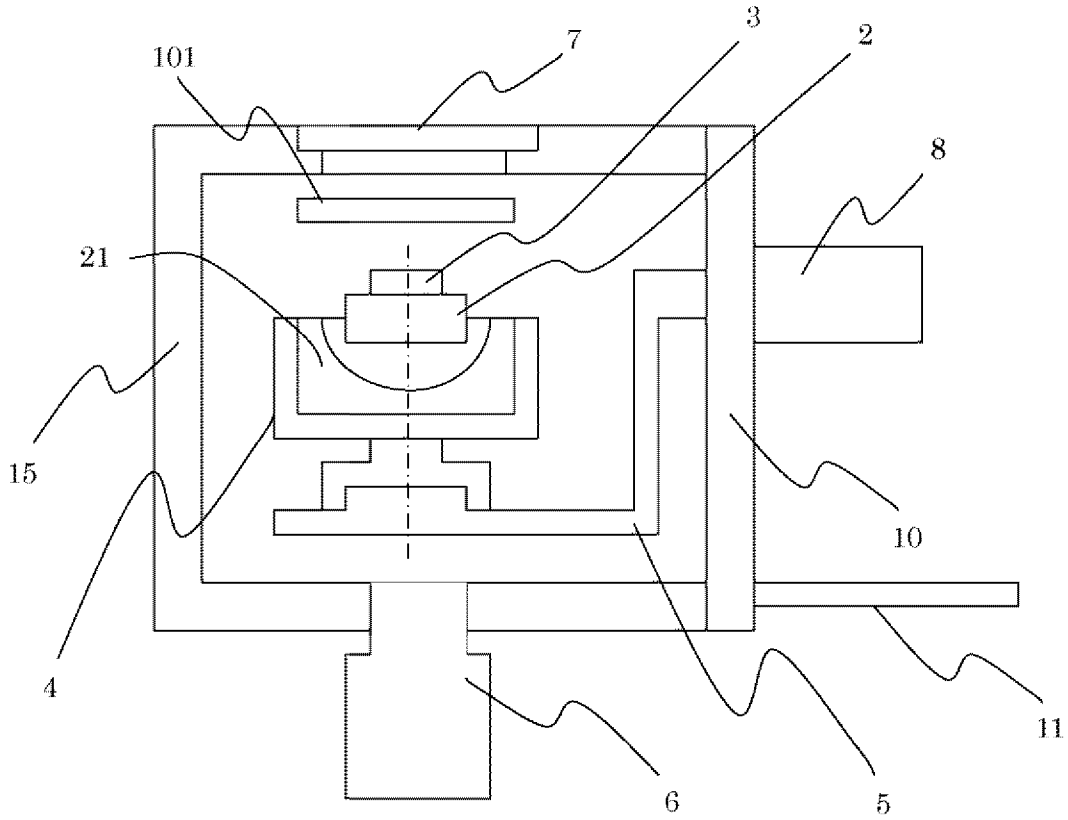
当該試料マスク部品が、前記試料ステージの、Ｒ機構を回転可能に保持する移動機構に設置されることを特徴とする試料マスク部品。

[請求項20] 請求項１６記載の試料マスク部品であって、

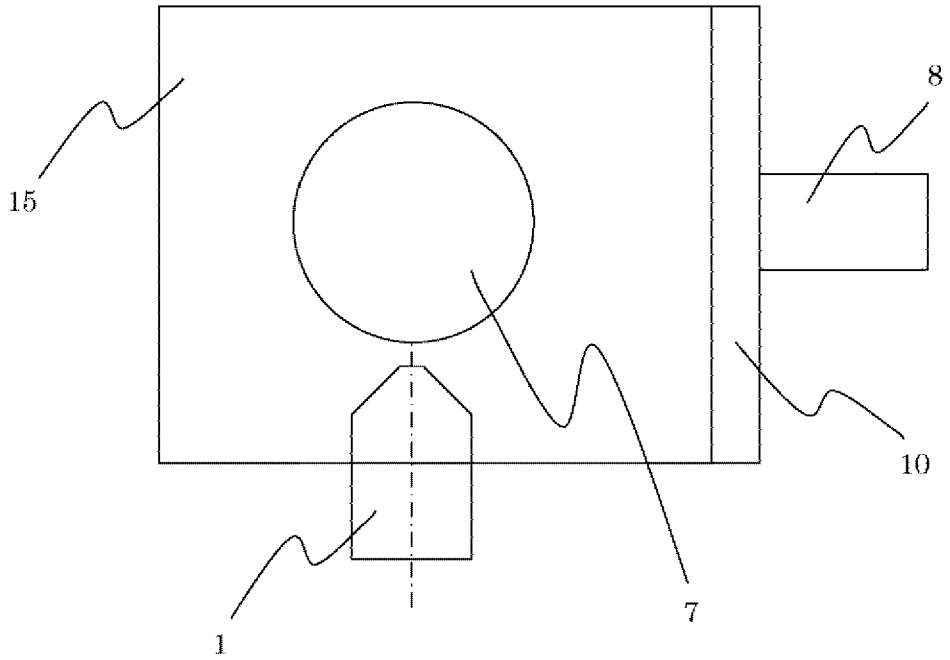
前記Ｒ軸の駆動により前記マスクの位置を調整しつつ、前記試料ステージのＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸、およびＴ軸駆動により、移動することを

特徴とする試料マスク部品。

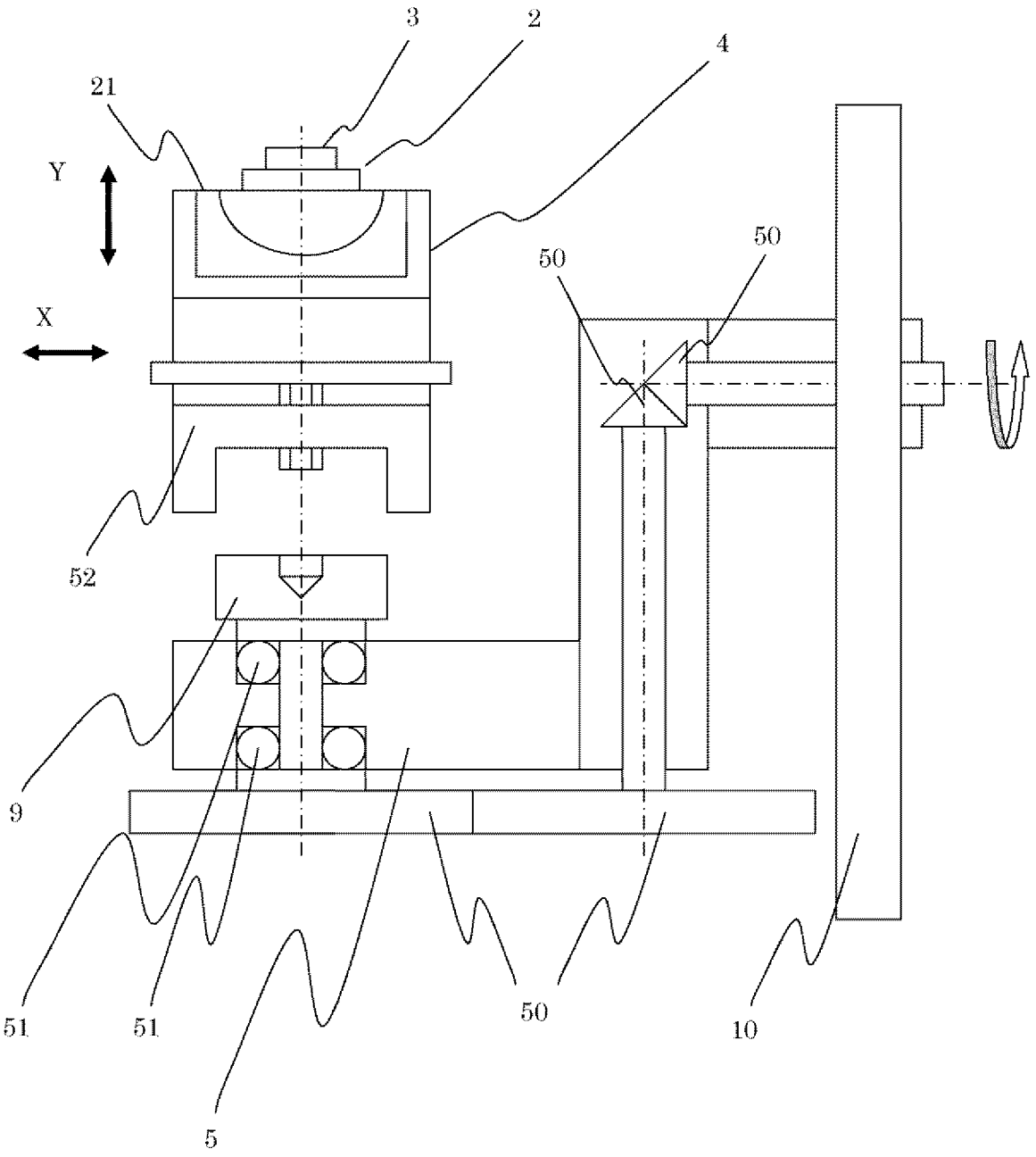
[図1]



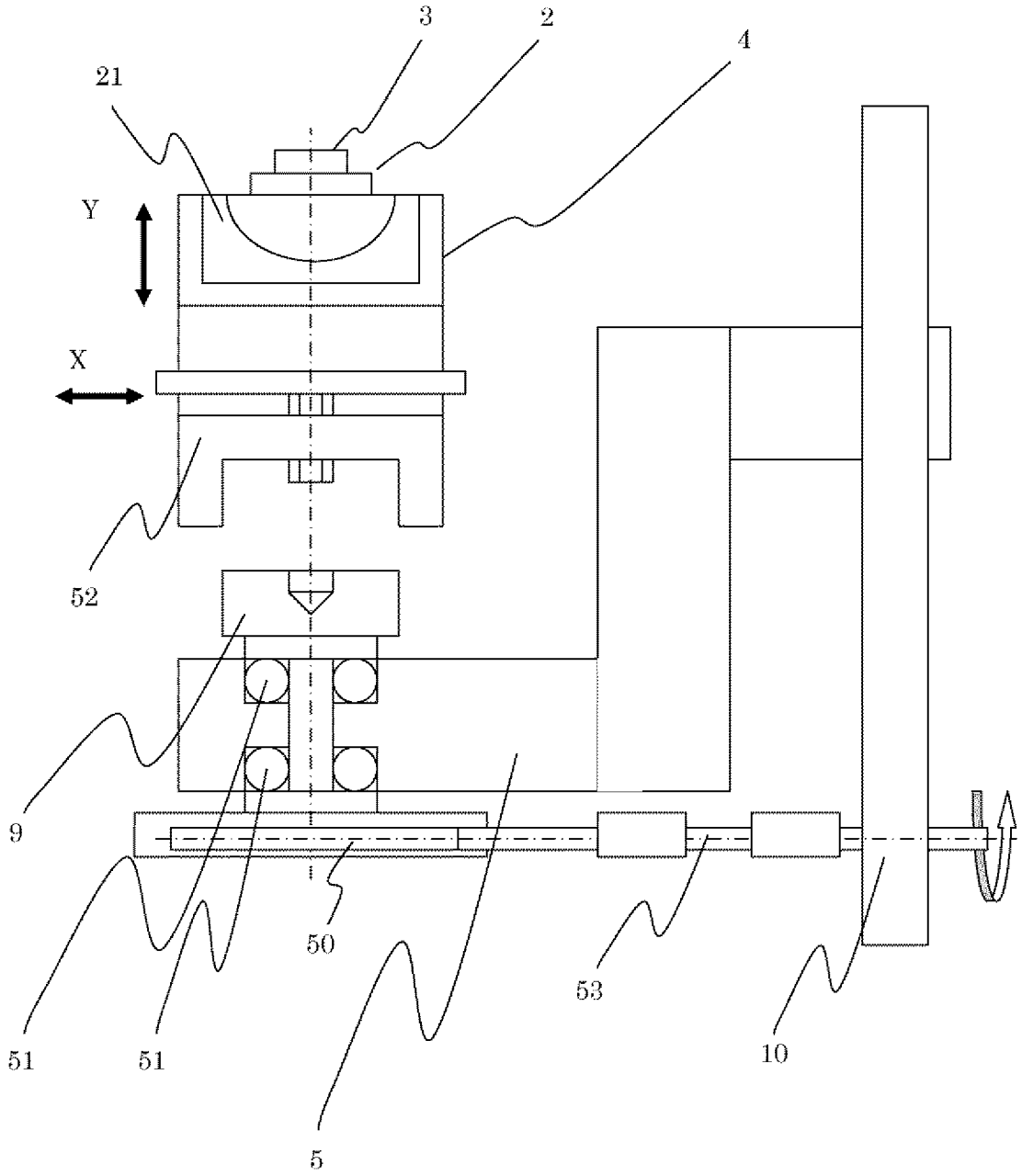
[図2]



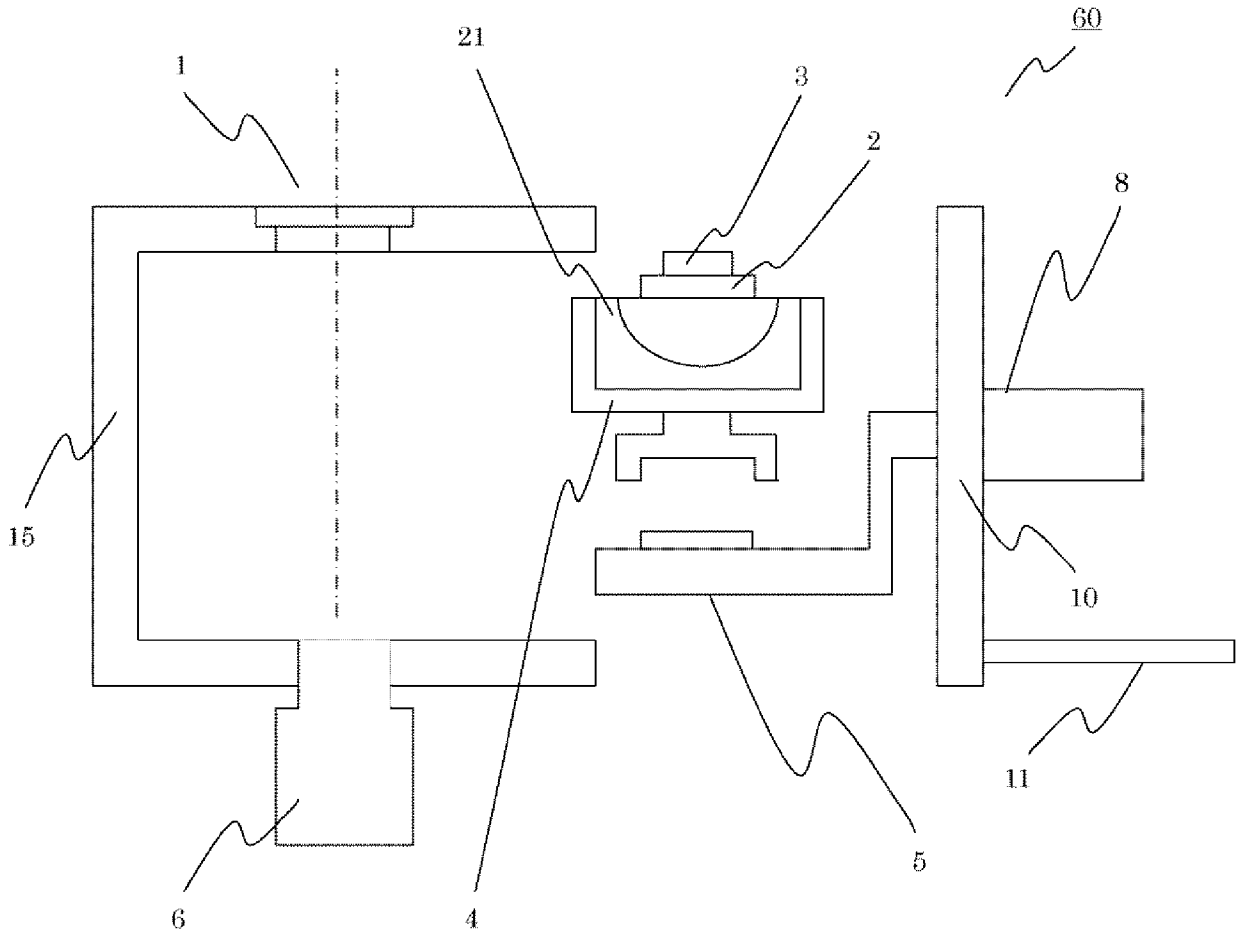
[図3]



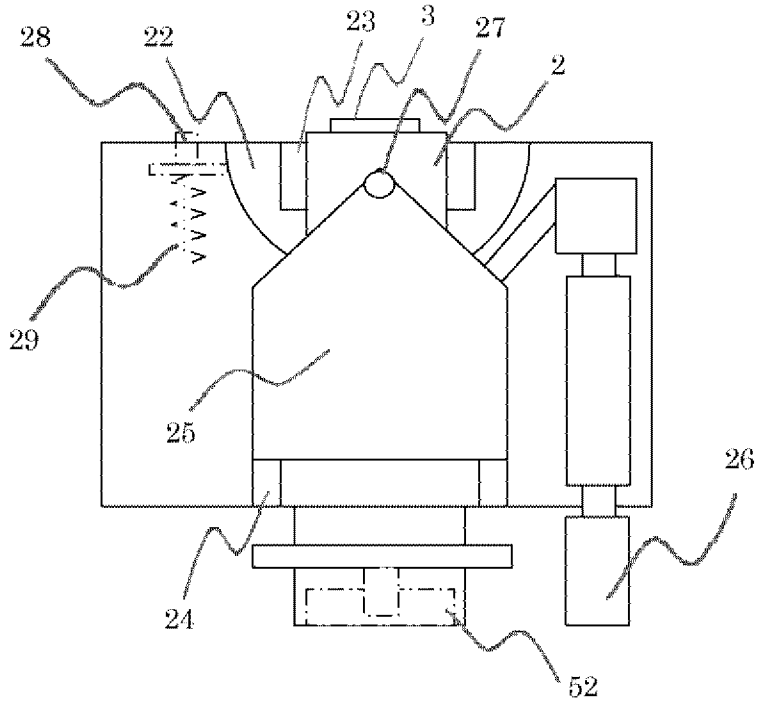
[図4]



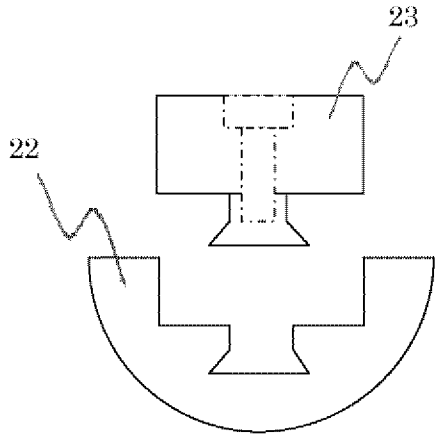
[図5]



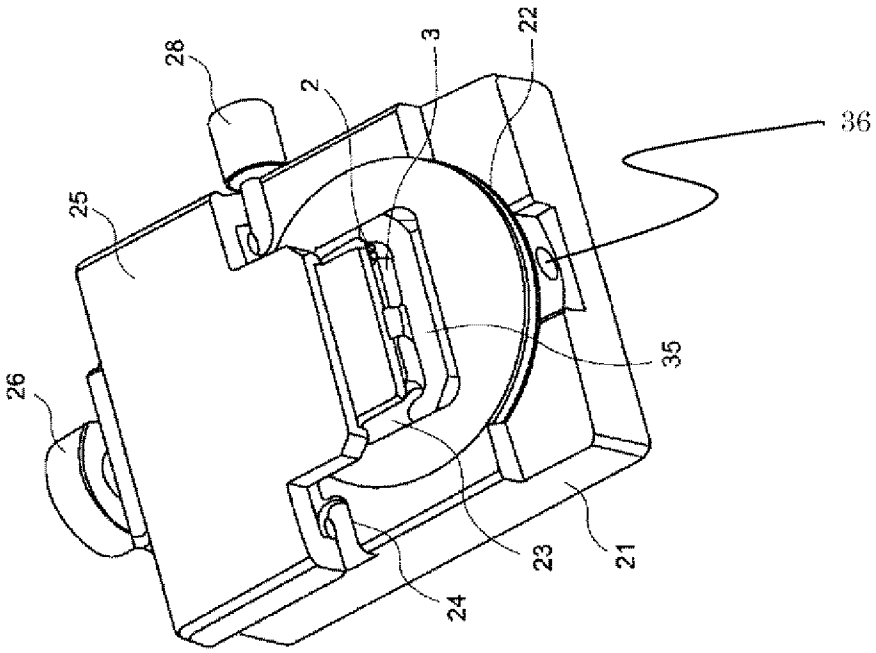
[図6]



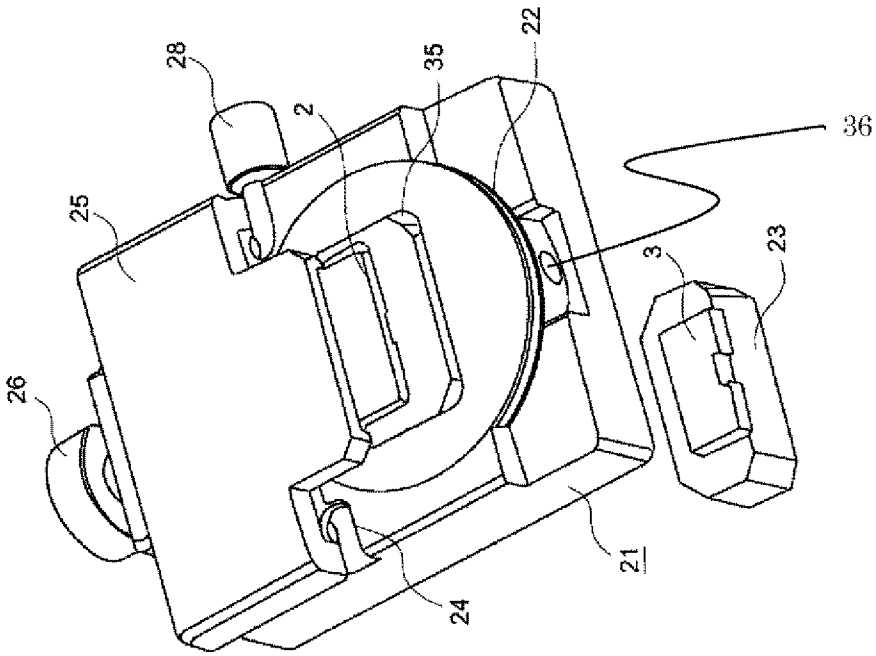
[図7]



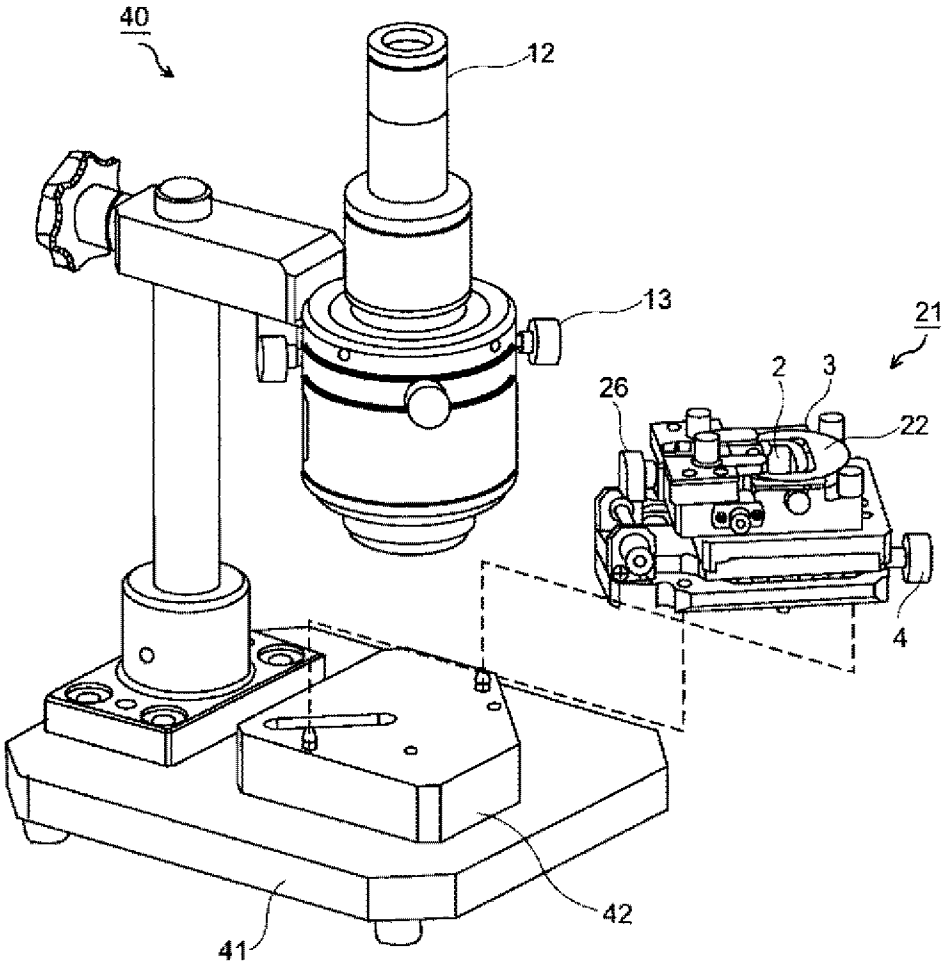
[図8]



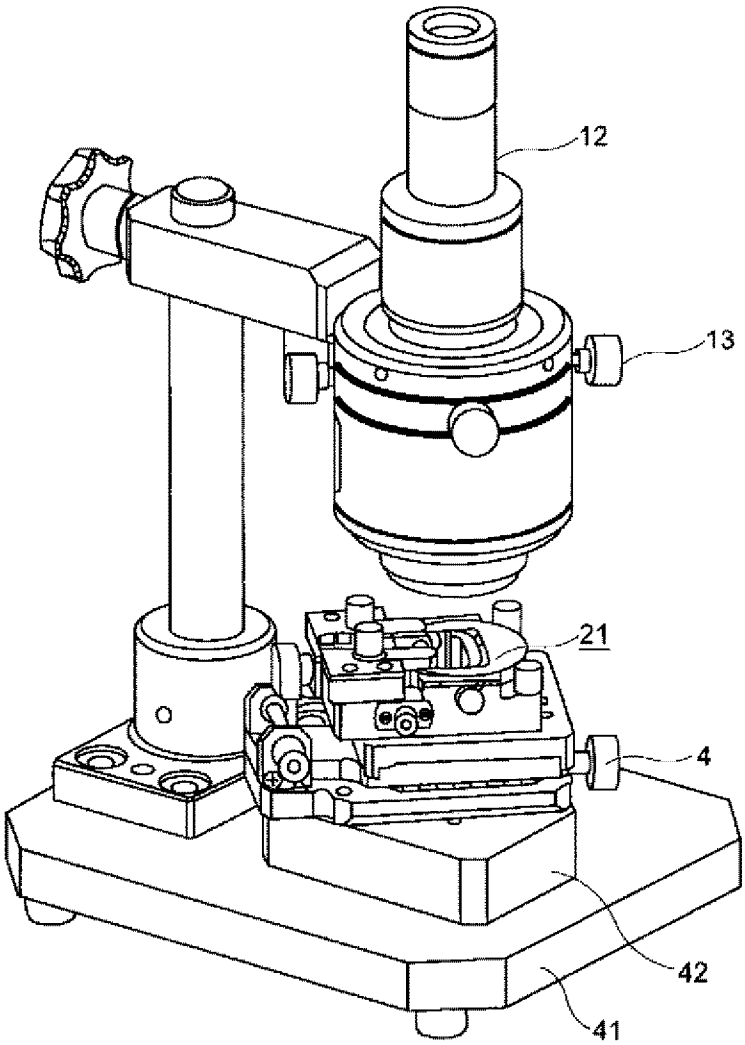
[図9]



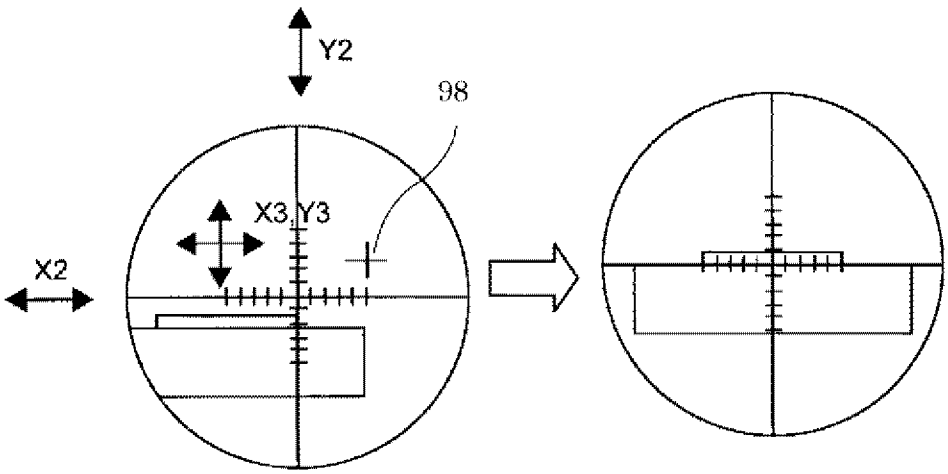
[図10]



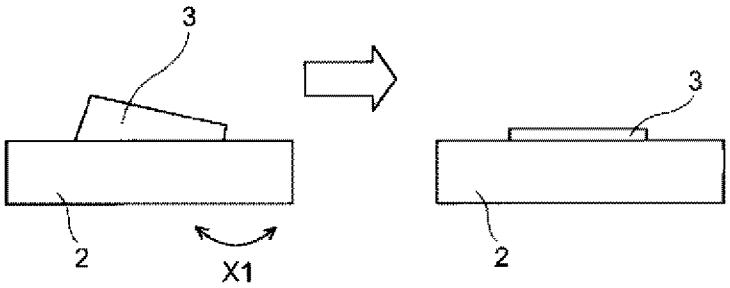
[図11]



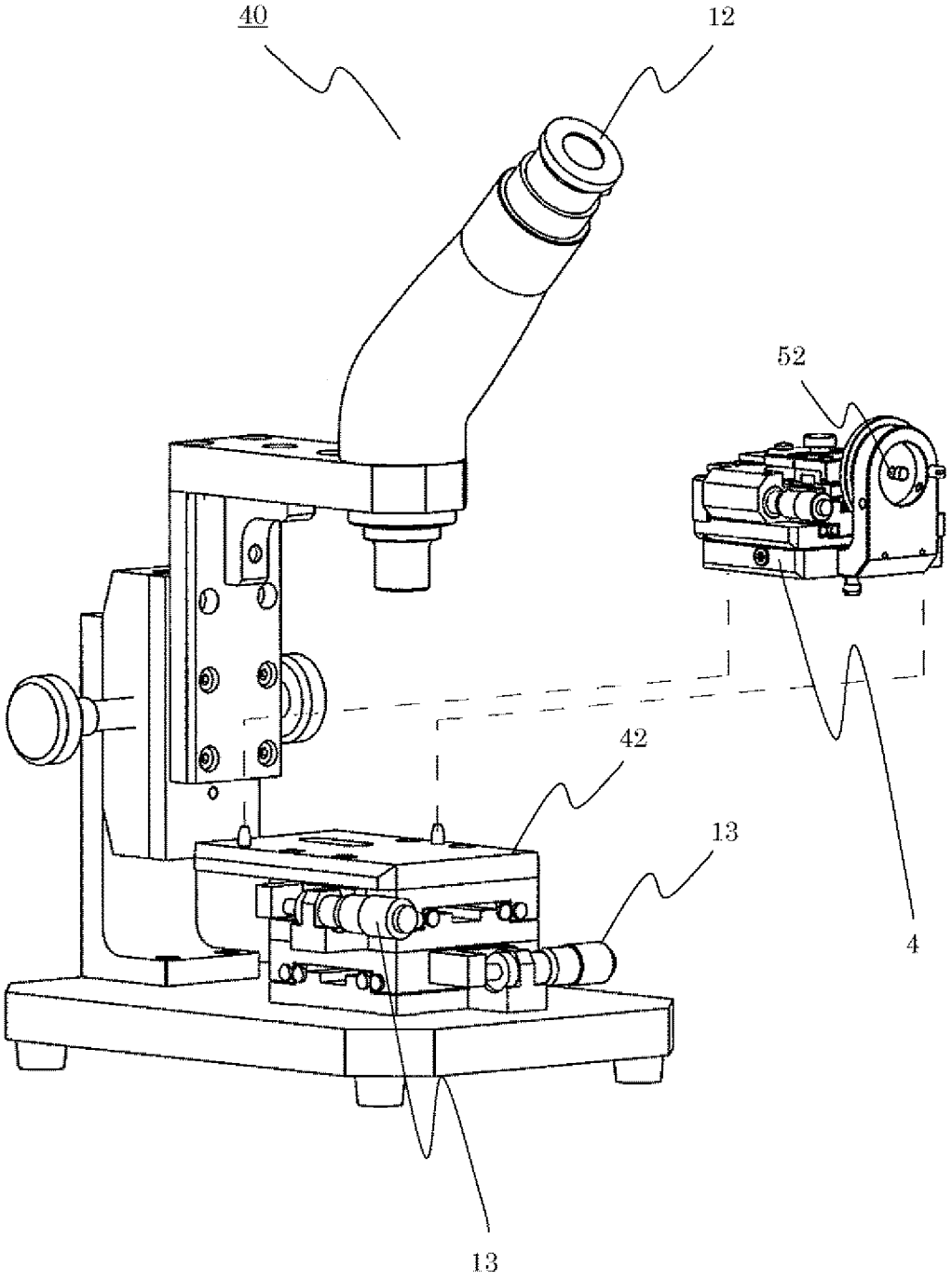
[図12]



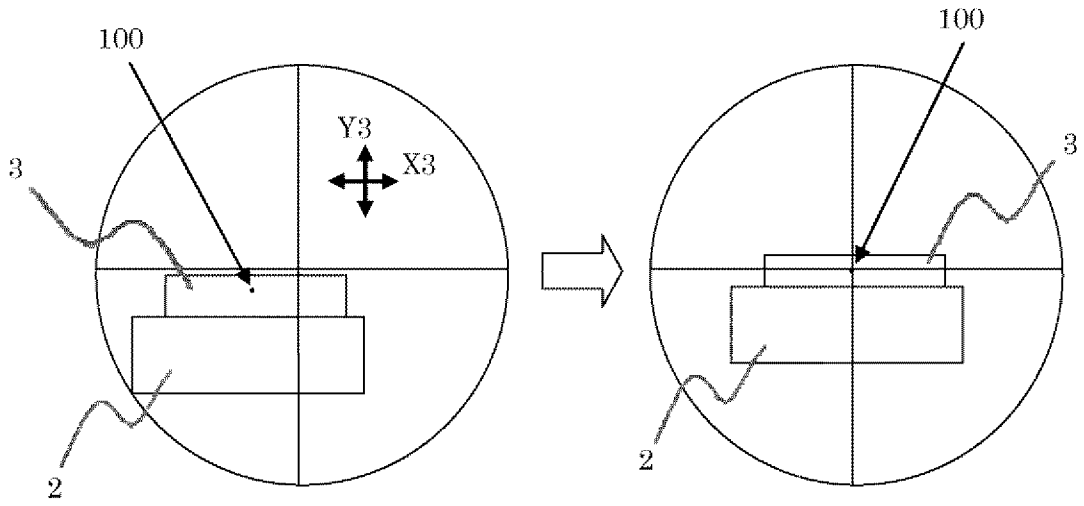
[図13]



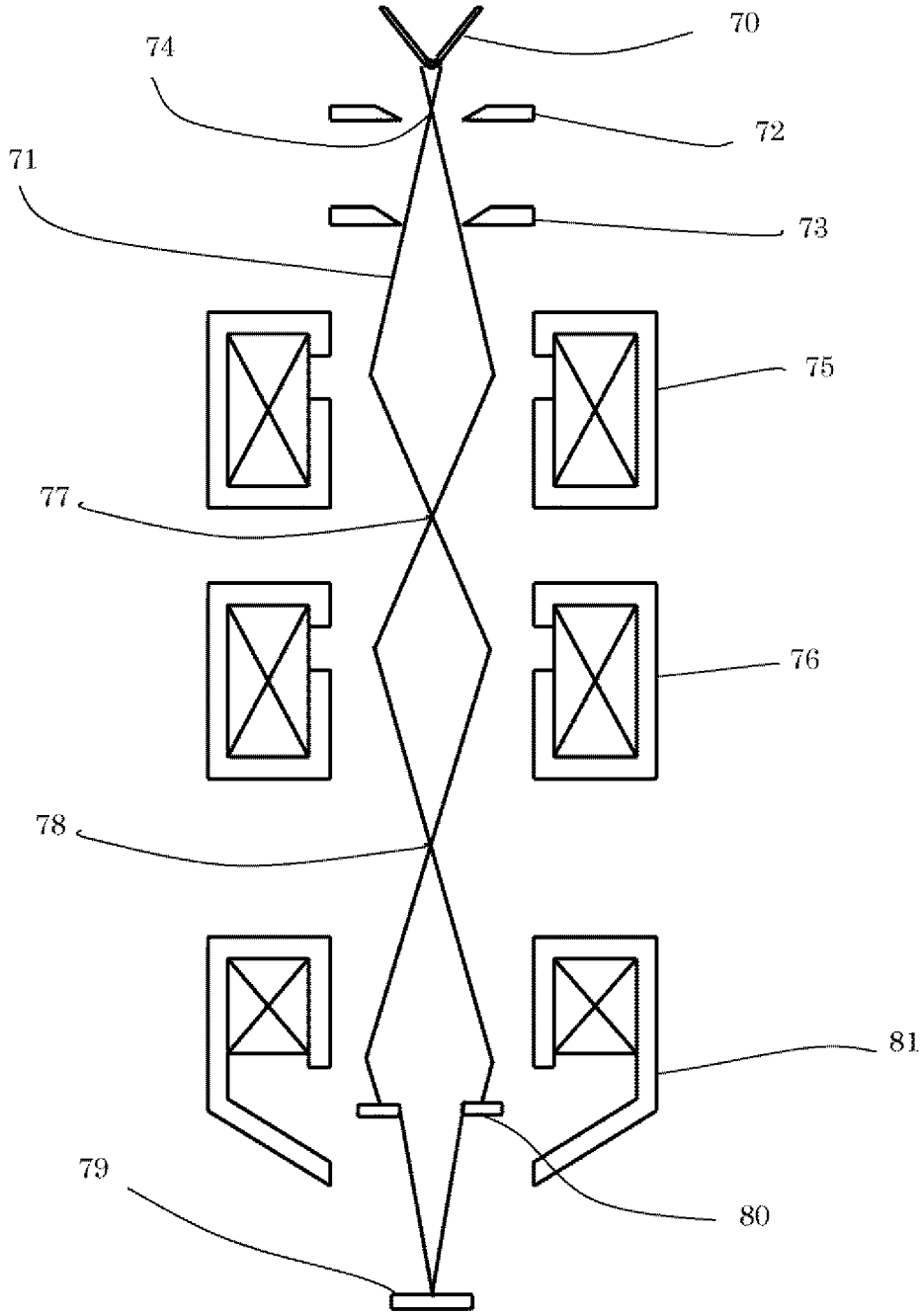
[図14]



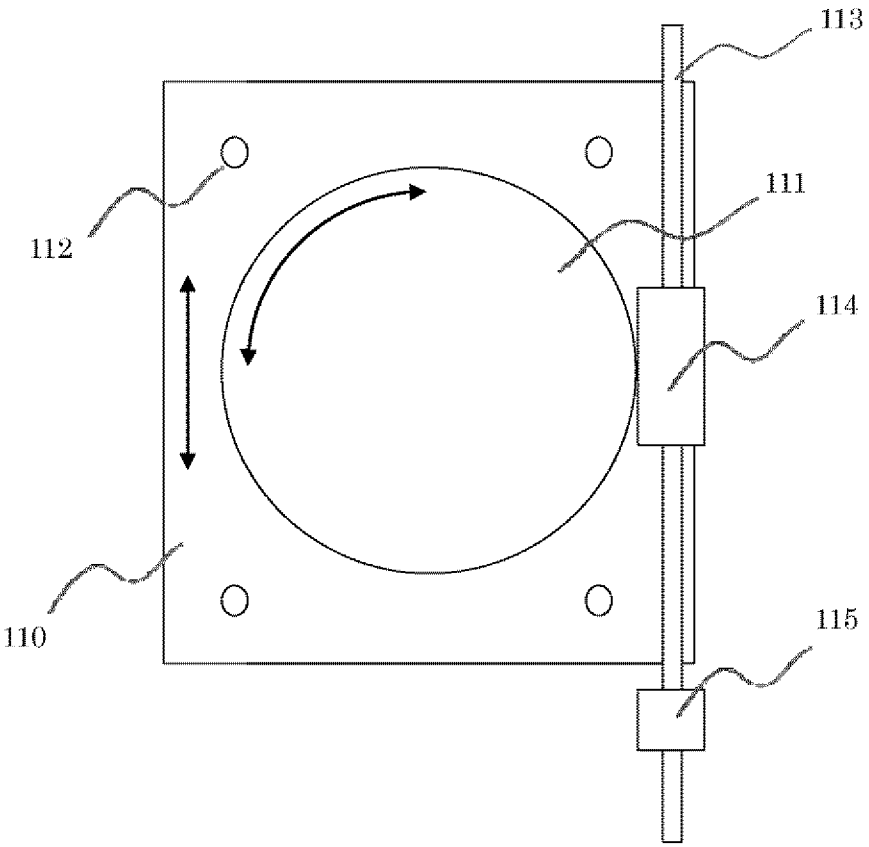
[図15]



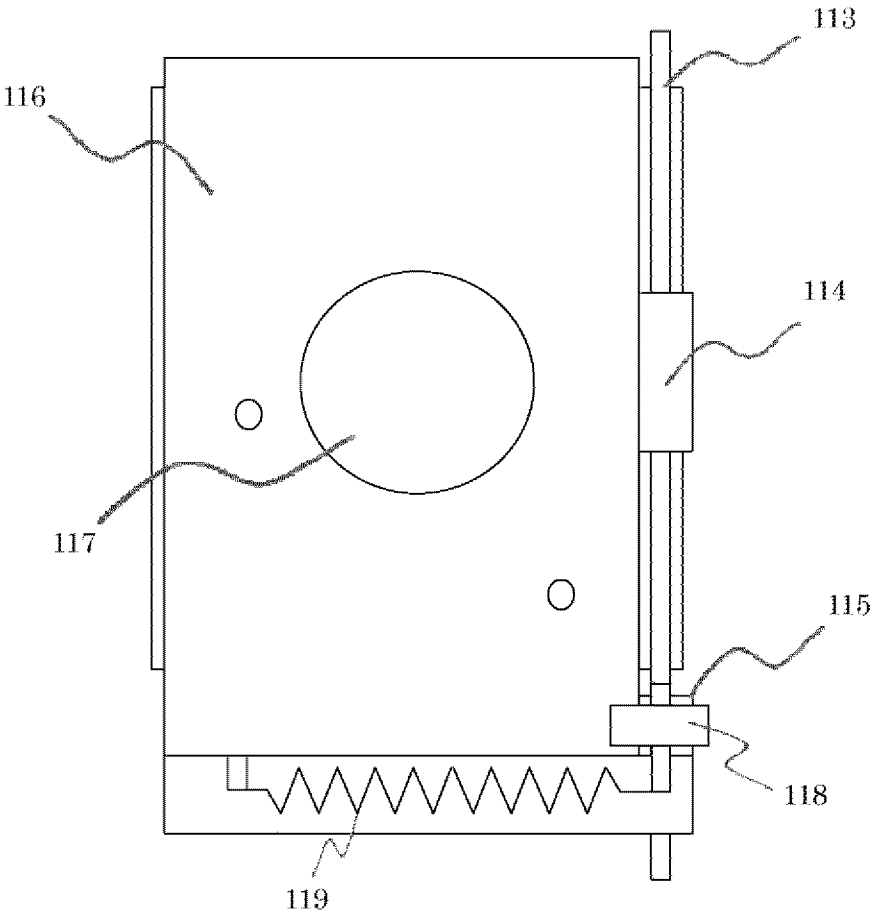
[図16]



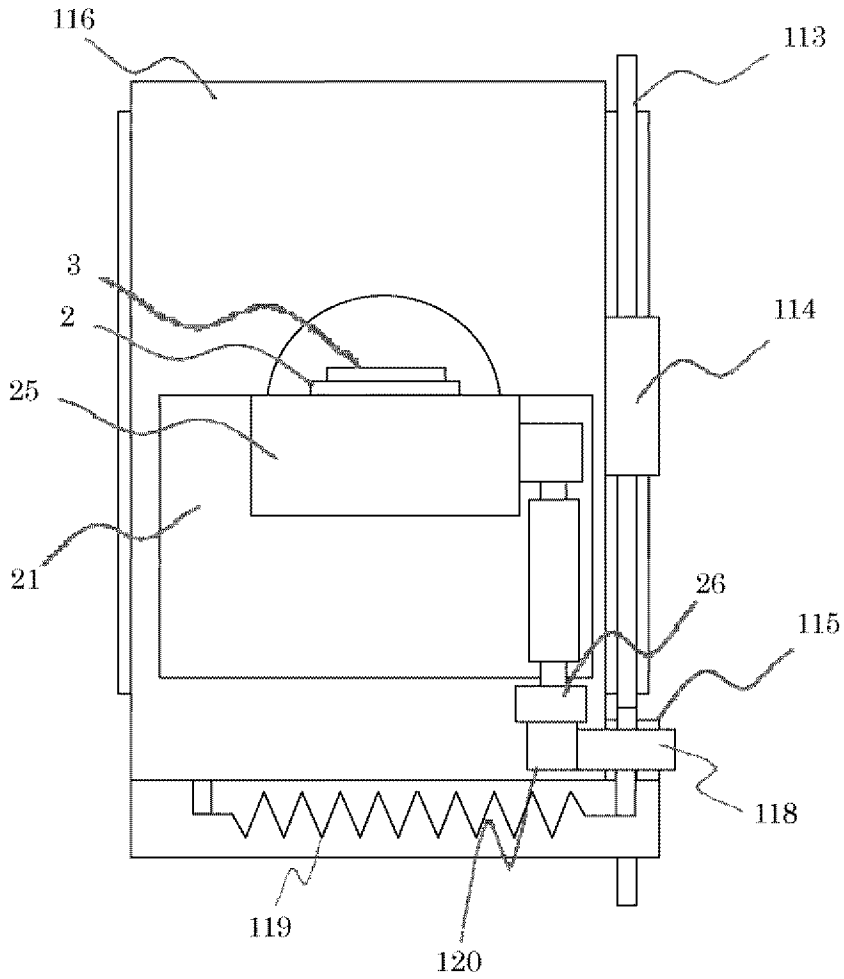
[図17]



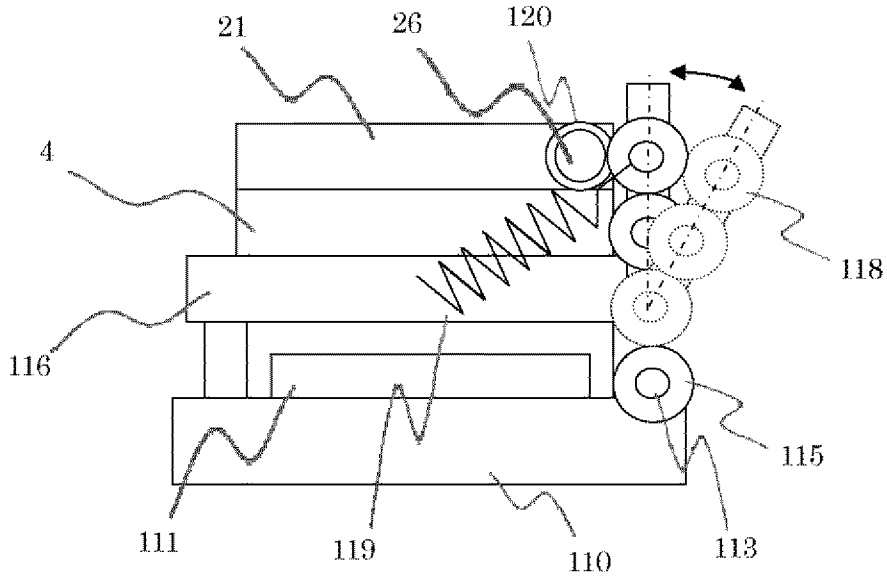
[図18]



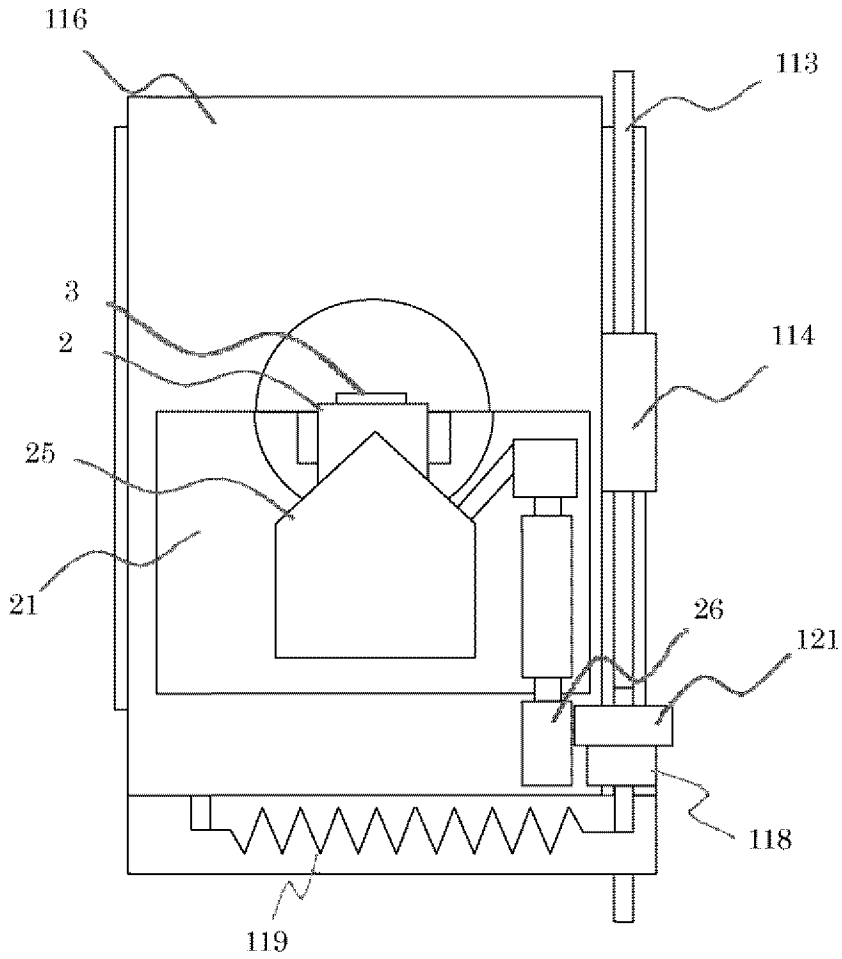
[図19]


116
113
3
2
114
25
21
26
115
118
119
120

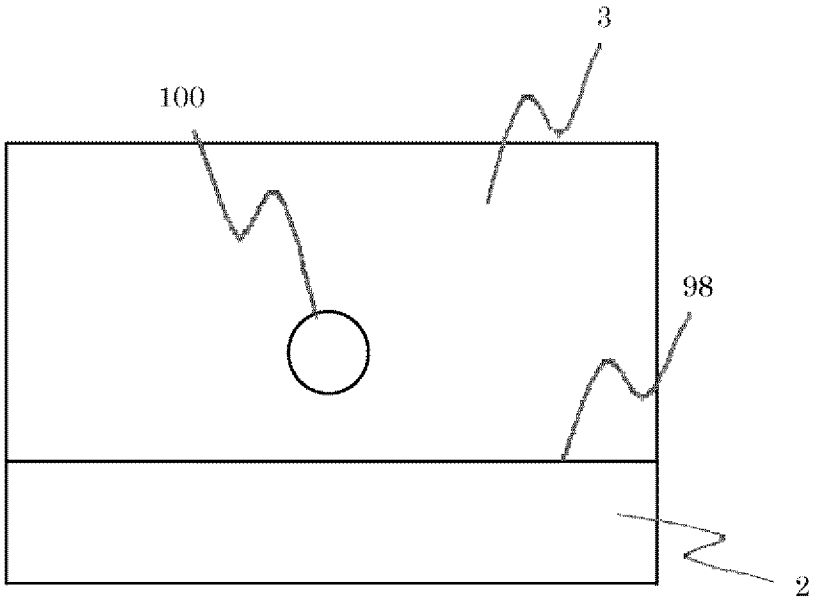
[図20]


21
26
120
4
118
116
115
111
119
110
113

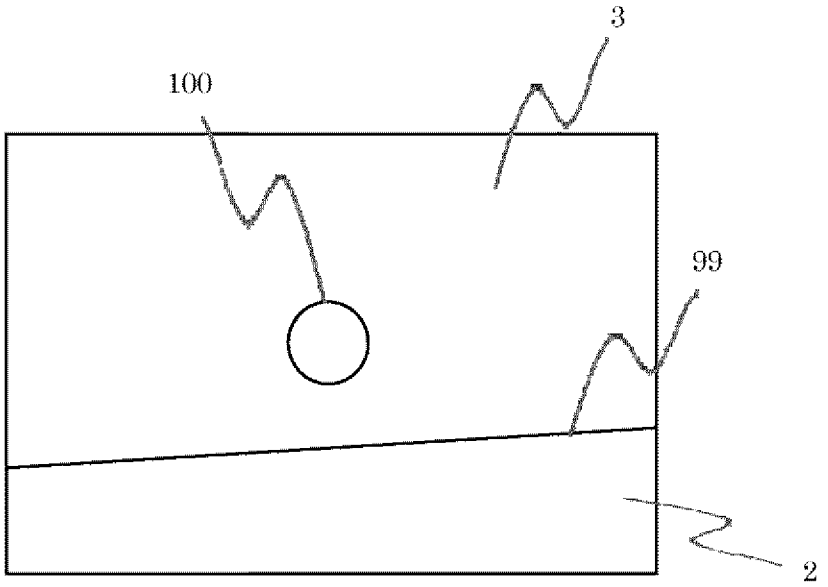
[図21]



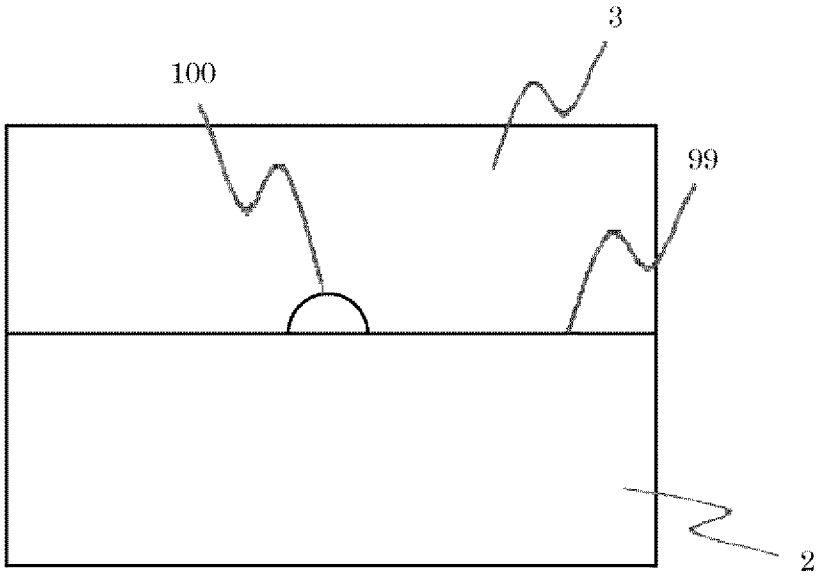
[図22]



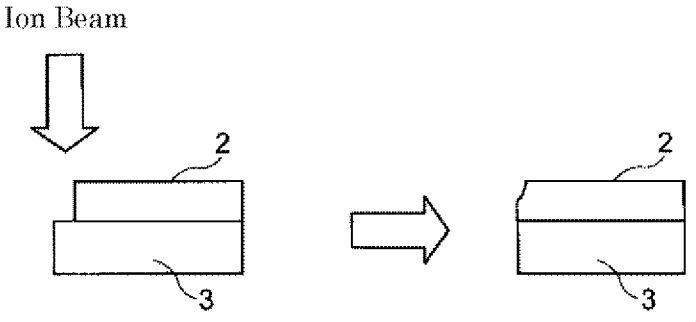
[図23]



[図24]



[図25]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/052614

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01J37/305(2006.01)i, *H01J37/20*(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)
H01J37/305, H01J37/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2015 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/060416 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 10 May 2012 (10.05.2012), entire text; all drawings & US 2013/0220806 A1 & CN 103180929 A & KR 10-2013-0077884 A	1-20

☐ 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	Date of mailing of the international search report
02 March 2015 (02.03.15)	10 March 2015 (10.03.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０５２６１４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01J37/305(2006.01)i, H01J37/20(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01J37/305, H01J37/20

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５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 2012/060416 A1 (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2012.05.10, 全文全図 & US 2013/0220806 A1 & CN 103180929 A & KR 10-2013-0077884 A	１－２０

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０２．０３．２０１５	１０．０３．２０１５

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｇ　９６０６
桐畑　幸▲廣▼
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２２６