

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6796552号
(P6796552)

(45) 発行日 令和2年12月9日 (2020. 12. 9)

(24) 登録日 令和2年11月18日 (2020. 11. 18)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 J 37/30 (2006. 01)	HO 1 J 37/30 Z
HO 1 J 37/20 (2006. 01)	HO 1 J 37/20 Z

請求項の数 5 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2017-105077 (P2017-105077)	(73) 特許権者	000004271
(22) 出願日	平成29年5月26日 (2017. 5. 26)		日本電子株式会社
(65) 公開番号	特開2018-200815 (P2018-200815A)		東京都昭島市武蔵野 3 丁目 1 番 2 号
(43) 公開日	平成30年12月20日 (2018. 12. 20)	(74) 代理人	110000925
審査請求日	令和1年10月21日 (2019. 10. 21)		特許業務法人信友国際特許事務所
		(72) 発明者	片岡 翔吾
			東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日本電子株式会社内
		(72) 発明者	朝比奈 俊輔
			東京都昭島市武蔵野三丁目1番2号 日本電子株式会社内
		審査官	鳥居 祐樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 イオンミリング装置及び試料ホルダー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオンビームを照射するイオン照射源と、
 前記イオンビームを遮蔽する遮蔽板を有し、前記遮蔽板から試料を前記イオンビームの光軸と直交する方向に突出させて保持する試料ホルダーと、
 前記試料ホルダーが装着される試料ステージと、
 回転軸の回転中心が前記イオンビームの光軸と直交し、かつ前記試料が前記遮蔽板から突出する方向と平行な方向に配置されて、前記試料ステージを回転可能に支持する回転機構と、
 前記試料ホルダーに保持された前記試料を前記イオンビームの光軸の方向に沿って移動可能に支持するスライド機構と、
 を備えたイオンミリング装置。

【請求項 2】

前記スライド機構は、前記試料ホルダーに設けられる
 請求項 1 に記載のイオンミリング装置。

【請求項 3】

前記試料ホルダーは、
 前記試料を保持する試料保持部及び前記遮蔽板が設けられたホルダー本体と、
 前記ホルダー本体を支持するホルダー支持部と、
 前記試料ステージに着脱可能に装着されるホルダー側装着部と、を備え、

10

20

前記ホルダー支持部は、前記ホルダー側装着部に前記スライド機構を介して移動可能に支持される

請求項 2 に記載のイオンミリング装置。

【請求項 4】

前記スライド機構は、前記試料ホルダーと前記試料ステージの間に設けられ、

前記試料ホルダーは、前記試料ステージに前記スライド機構を介して移動可能に支持される

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のイオンミリング装置。

【請求項 5】

試料を保持する試料保持部と、

10

前記試料保持部の一側に配置されて、前記試料の加工面の一部を覆う遮蔽板と、

前記試料保持部及び前記遮蔽板を有するホルダー本体と、

前記ホルダー本体を支持するホルダー支持部と、

前記ホルダー支持部を移動可能に支持するホルダー側装着部と、を備え、

前記試料保持部は、前記試料の一部を前記遮蔽板から突出させて保持し、

前記ホルダー側装着部は、前記試料における前記遮蔽板から突出する方向と直交し、かつ前記試料の加工面とも直交をなす方向に、前記ホルダー支持部を移動可能に支持する

試料ホルダー。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、走査電子顕微鏡や透過電子顕微鏡などで観察される試料を作製するために用いられるイオンミリング装置、及び試料を保持する試料ホルダーに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、走査型電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）等の電子顕微鏡によって観察される試料は、イオンミリング装置によってイオンビームを照射してエッチングを行い、観察に適した形状に加工される。

【0003】

このようなイオンミリング装置としては、例えば、特許文献 1 に記載されているようなものがある。この特許文献 1 では、試料を保持する試料ホルダーと、この試料ホルダーが装着される試料ステージとを備えている。そして、試料ステージは、傾斜軸の周りに傾斜可能な試料ステージ引出機構に取り付けられている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2005-91094 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

40

しかしながら、特許文献 1 に記載された技術では、試料ステージの傾斜軸が常に試料と遮蔽板との境界線上に位置していた。そのため、特許文献 1 に記載された技術では、試料に照射されるイオンビームの範囲、すなわち加工範囲は、イオンビームの径に依存しており、イオンビームの照射範囲を広げることができなかった。

【0006】

本発明の目的は、上記の問題点を考慮し、試料に照射されるイオンビームの範囲を広げることができるイオンミリング装置及び試料ホルダーを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決し、本発明の目的を達成するため、本発明のイオンミリング装置は、イ

50

オン照射源と、試料ホルダーと、試料ステージと、回転機構と、スライド機構と、を備えている。イオン照射源は、イオンビームを照射する。試料ホルダーは、イオンビームを遮蔽する遮蔽板を有し、遮蔽板から試料をイオンビームの光軸と直交する方向に突出させて保持する。試料ステージには、試料ホルダーが装着される。回転機構は、回転軸の回転中心がイオンビームの光軸と直交し、かつ試料が遮蔽板から突出する方向と平行な方向に配置されている。そして、回転機構は、試料ステージを回転可能に支持する。スライド機構は、試料ホルダーに保持された試料をイオンビームの光軸の方向に沿って移動可能に支持する。

【0008】

また、本発明の試料ホルダーは、試料保持部と、遮蔽板と、ホルダー本体と、ホルダー支持部と、ホルダー側装着部と、を備えている。試料保持部は、試料を保持する。遮蔽板は、試料保持部の一側に配置されて、試料の加工面の一部を覆う。ホルダー本体は、試料保持部及び遮蔽板を有する。ホルダー支持部は、ホルダー本体を支持する。ホルダー側装着部は、ホルダー支持部を移動可能に支持する。試料保持部は、試料の一部を遮蔽板から突出させて保持する。また、ホルダー側装着部は、試料における遮蔽板から突出する方向と直交し、かつ試料の加工面とも直交をなす方向に、ホルダー支持部を移動可能に支持する。

【発明の効果】

【0009】

本発明のイオンミリング装置及び試料ホルダーによれば、試料に照射されるイオンビームの範囲を広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1の実施の形態例にかかるイオンミリング装置を示す概略構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態例にかかるイオンミリング装置における試料ステージ周りを示す斜視図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態例にかかる試料ホルダーを示す斜視図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態例にかかるイオンミリング装置の動作を示すもので、図4Aは試料ホルダーを回動させていない状態を示す斜視図、図4B及び図4Cは試料ホルダーを回動させた状態を示す斜視図である。

【図5】図4の状態における試料及び遮蔽板を拡大して示すもので、図5Aは図4Aの拡大図、図5Bは図4Bの拡大図、図5Cは図4Cの拡大図である。

【図6】図4及び図5の状態におけるイオンビームの照射範囲を模式的に示すもので、図6Aは図4A及び図5Aの説明図、図6Bは図4B及び図5Bの説明図、図7Cは図4C及び図5Cの説明図である。

【図7】図4～図6の状態における試料とイオンビームの関係を模式的に示すもので、図7Aは回動時の試料とイオンビームの関係を示す説明図、図7Bは加工後の試料を示す説明図である。

【図8】本発明の第1の実施の形態例にかかりイオンミリング装置において試料をイオン照射源から離反する方向に移動させた状態を示す概略構成図である。

【図9】本発明の第1の実施の形態例にかかるイオンミリング装置において試料をイオン照射源から離反する方向に移動させた状態を示すもので、図9Aは試料ホルダーを回動させていない状態を示す斜視図、図9B及び図9Cは試料ホルダーを回動させた状態を示す斜視図である。

【図10】図9の状態における試料及び遮蔽板を拡大して示すもので、図10Aは図9Aの拡大図、図10Bは図9Bの拡大図、図10Cは図9Cの拡大図である。

【図11】図9及び図10の状態におけるイオンビームの照射範囲を模式的に示すもので、図11Aは図9A及び図10Aの説明図、図11Bは図9B及び図10Bの説明図、図11Cは図11C及び図11Cの説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】図 9～図 1 1 の状態における試料とイオンビームの関係を模式的に示すもので、図 1 2 A は回転時の試料とイオンビームの関係を示す説明図、図 1 2 B は加工後の試料を示す説明図である。

【図 1 3】本発明の第 1 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置において試料をイオン照射源に接近する方向に移動させた状態を示すもので、図 1 3 A は試料ホルダーを回転させていない状態を示す斜視図、図 1 3 B 及び図 1 3 C は試料ホルダーを回転させた状態を示す斜視図である。

【図 1 4】図 1 3 の状態における試料及び遮蔽板を拡大して示すもので、図 1 4 A は図 1 3 A の拡大図、図 1 3 B は図 1 4 B の拡大図、図 1 3 C は図 1 4 C の拡大図である。

【図 1 5】図 1 3 及び図 1 4 の状態におけるイオンビームの照射範囲を模式的に示すもので、図 1 5 A は図 1 3 A 及び図 1 4 A の説明図、図 1 5 B は図 1 3 B 及び図 1 4 B の説明図、図 1 5 C は図 1 3 C 及び図 1 4 C の説明図である。

【図 1 6】イオンビームの照射範囲と回転軸の回転中心から加工面までの距離との関係を示すグラフである。

【図 1 7】本発明の第 2 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置を示すもので、図 1 7 A は試料ホルダーを移動させていない状態を示す斜視図、図 1 7 B は試料ホルダーをイオン照射源から離反する方向に移動させた状態を示す斜視図、図 1 7 C は試料ホルダーをイオン照射源に接近する方向に移動させた状態を示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明のイオンミリング装置及び試料ホルダーの実施の形態例について、図 1～図 1 7 C を参照して説明する。なお、各図において共通の部材には、同一の符号を付している。

【0012】

1. 第 1 の実施の形態例

1-1. イオンミリング装置の構成

まず、本発明の第 1 の実施の形態例（以下、「本例」という。）にかかるイオンミリング装置について図 1 を参照して説明する。

図 1 は、本例のイオンミリング装置を示す概略構成図である。

【0013】

図 1 に示す装置は、走査型電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）で観察される試料を作製するイオンミリング装置である。イオンミリング装置 1 は、試料 3 にイオンビームを照射してエッチングを行い、試料を SEM や TEM による観察に適した形状に加工する装置である。

【0014】

図 1 に示すように、イオンミリング装置 1 は、真空チャンバー 2 と、試料ステージ引出機構 3 と、イオン照射源 4 と、試料ステージ 5 と、回転機構 6 と、排気部 7 と、加工観察カメラ 8 と、真空排気駆動部 9 と、位置合わせカメラ 10 と、制御部 15 とを備えている。また、イオンミリング装置 1 は、電圧電源 18 と、回転機構駆動部 19 と、表示装置 20 とを備えている。

【0015】

真空チャンバー 2 は、中空の容器状に形成されている。真空チャンバー 2 の一面には、開口部 2 a が形成されている。真空チャンバー 2 には、排気部 7 が接続されている。排気部 7 は、真空排気駆動部 9 により駆動する。排気部 7 が駆動することで、真空チャンバー 2 の内部空間の空気が排気される。

【0016】

また、真空チャンバー 2 の開口部 2 a を塞ぐようにして試料ステージ引出機構 3 が開閉可能に取り付けられている。試料ステージ引出機構 3 には、回転機構 6 と、試料ステージ 5 が設けられている。

【0017】

試料ステージ 5 は、回転機構 6 に回転可能に支持される。回転機構 6 は、回転機構駆動部 19 により回転駆動する。そして、試料ステージ 5 は、真空チャンバー 2 の内部空間に収容される。また、試料ステージ 5 には、試料 33 を保持した試料ホルダー 30 が着脱可能に装着される。試料ホルダー 30 には、イオンビーム L1 を遮蔽する遮蔽板 32 が設けられている。なお、回転機構 6、試料ステージ 5 及び試料ホルダー 30 の詳細な構成については後述する。

【0018】

真空チャンバー 2 における試料ステージ 5 と対向する位置の壁面には、加工観察カメラ 8 が設けられている。加工観察カメラ 8 は、試料ステージ 5 に装着された試料ホルダー 30 に保持された試料 33 を撮影する。加工観察カメラ 8 は、表示装置 20 に接続されている。表示装置 20 には、加工観察カメラ 8 が撮影した画像が表示される。

10

【0019】

真空チャンバー 2 の上部には、イオン照射源 4 が設けられている。イオン照射源 4 としては、例えばアルゴンガスを放電によりイオン化させてアルゴンイオン（イオンビーム L1）を放出されるガスイオン銃が用いられる。そして、イオン照射源 4 は、真空チャンバー 2 の内部空間に向けてイオンビーム L1 を照射する。

【0020】

以下、イオンビーム L1 の光軸と直交する方向を第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y とする。また、試料ホルダー 30 に保持された試料 33 が遮蔽板 32 から突出する方向を第 2 の方向 Y とし、この第 2 の方向 Y と直交する方向を第 1 の方向 X とする。そして、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y と直交し、イオンビーム L1 の光軸と平行をなす方向を第 3 の方向 Z とする。

20

【0021】

イオン照射源 4 には、電圧電源 18 が接続されている。電圧電源 18 は、イオン照射源 4 に電圧を印加する。また、電圧電源 18 は、制御部 15 に設けたイオン照射源制御部 16 により制御される。

【0022】

また、制御部 15 には、回転機構制御部 17 が設けられている。回転機構制御部 17 には、回転機構駆動部 19 に接続されている。そして、回転機構制御部 17 は、回転機構駆動部 19 を制御することで、回転機構 6 の駆動を制御している。

30

【0023】

試料ステージ引出機構 3 における上端部には、カメラ回動機構 12 を介して位置合わせカメラ 10 が設けられている。位置合わせカメラ 10 は、カメラ回動機構 12 により試料ステージ引出機構 3 の上部に回動可能に支持されている。カメラ回動機構 12 が回動すると、位置合わせカメラ 10 は、試料ステージ 5 に装着された試料ホルダー 30 と第 3 の方向 Z で対向する。

【0024】

位置合わせカメラ 10 は、試料ホルダー 30 に保持された試料 33 と遮蔽板 32 を撮影する。また、位置合わせカメラ 10 は、加工観察カメラ 8 と同様に、表示装置 20 に接続されている。この表示装置 20 には、位置合わせカメラ 10 が撮影した画像が表示される。これにより、試料 33 における遮蔽板 32 からの突出量を視認することができる。

40

【0025】

また、カメラ回動機構 12 には、カメラ位置調整機構 11 が設けられている。カメラ位置調整機構 11 は、位置合わせカメラ 10 の位置を調整する。

【0026】

次に、図 2 を参照して試料ステージ 5 及び回転機構 6 について説明する。

図 2 は、試料ステージ 5 周りを示す斜視図である。

図 2 に示すように、回転機構 6 は、試料ステージ引出機構 3 における第 1 の方向 X と第 2 の方向 Y と平行をなす一面に設けられている。上述したように、回転機構 6 は、回転機構駆動部 19（図 1 参照）により回転する。回転機構 6 の回転軸には、試料ステージ 5 が

50

設けられている。また、回転機構 6 の回転軸の回転中心 R 1 は、第 2 の方向 Y と平行に配置される。したがって、回転機構 6 の回転中心 R 1 は、イオンビーム L 1 の光軸と直交し、かつ第 1 の方向 X ととも直交する。

【0027】

試料ステージ 5 は、試料位置調整機構 5 a と、試料ホルダー 30 が着脱可能に装着される装着部 5 b と、回転支持部 5 c とを有している。回転支持部 5 c は、回転機構 6 の回転軸に固定されている。回転支持部 5 c は、回転機構 6 の回転軸と共に回転する。

【0028】

回転支持部 5 c には、試料位置調整機構 5 a が設けられている。試料位置調整機構 5 a は、回転支持部 5 c から第 2 の方向 Y に向けて突出している。試料位置調整機構 5 a は、支持台と、支持台に移動可能に支持された移動台とを有している。移動台は、支持台によって第 1 の方向 X と第 2 の方向 Y に移動可能に支持されている。また、試料位置調整機構 5 a における移動台には、装着部 5 b が設けられている。

10

【0029】

装着部 5 b は、試料位置調整機構 5 a から第 3 の方向 Z に沿って立設している。装着部 5 b は、略平板状に形成されている。装着部 5 b における第 2 の方向 Y の一面は、試料ステージ引出機構 3 とは反対側を向いている。また、装着部 5 b の一面には、試料ホルダー 30 が着脱可能に装着される。これにより、試料ステージ 5 が回転機構 6 によって回転すると、試料ホルダー 30 も試料ステージ 5 と共に回転する。

20

【0030】

1-2. 試料ホルダーの構成

次に、図 3 を参照して試料ホルダー 30 の構成について説明する。

図 3 は、試料ホルダー 30 を示す斜視図である。

【0031】

図 3 に示すように、試料ホルダー 30 は、ホルダー本体 31 と、遮蔽板 32 と、ホルダー支持部 35 と、ホルダー側装着部 36 と、試料載置台 37 と、試料保持部 38 と、を有している。また、試料ホルダー 30 は、ガイドレール 41 及びスライド溝 42 からなるスライド機構 40 が設けられている。

【0032】

ホルダー側装着部 36 には、スライド機構 40 を構成するガイドレール 41 が設けられている。ガイドレール 41 は、ホルダー側装着部 36 における装着部 5 b とは反対側の第 2 の方向 Y の一面に設けられている。ガイドレール 41 は、ホルダー側装着部 36 における第 3 の方向 Z の一端部から他端部にかけて延在している。ガイドレール 41 には、ホルダー支持部 35 に設けたスライド溝 42 が摺動可能に係合される。

30

【0033】

スライド溝 42 は、ホルダー支持部 35 における第 3 の方向 Z の一端部から他端部にかけて延在している。また、スライド溝 42 は、ホルダー支持部 35 におけるホルダー側装着部 36 と対向する面に設けられている。そして、ホルダー支持部 35 は、ホルダー側装着部 36 に第 3 の方向 Z に沿って移動可能に支持されている。すなわち、ホルダー支持部 35 は、スライド機構 40 のスライド部材を構成している。

40

【0034】

また、ホルダー支持部 35 には、保持孔 35 a が形成されている。保持孔 35 a は、ホルダー支持部 35 における第 2 の方向 Y の一面から他面にかけて貫通している。この保持孔 35 a には、不図示の保持ねじが締結固定される。

【0035】

保持孔 35 a に保持ねじが締結固定されることで、ホルダー支持部 35 は、ホルダー側装着部 36 に対して第 3 の方向 Z の任意の位置で保持される。なお、ガイドレール 41 に目盛を設けて、ホルダー支持部 35 の移動量を視認可能に構成してもよい。

【0036】

また、ホルダー支持部 35 をホルダー側装着部 36 に保持する構成としては、保持ねじ

50

に限定されるものではない。例えば、ガイドレール 4 1 に第 3 の方向 Z に沿って複数のホルダー側保持孔を形成し、ホルダー支持部 3 5 の保持孔 3 5 a とガイドレール 4 1 のホルダー側保持孔に保持ピンを挿入することで、ホルダー支持部 3 5 をホルダー側装着部 3 6 に保持させてもよい。

【0037】

なお、ホルダー支持部 3 5 をホルダー側装着部 3 6 に保持する構成としては、保持ねじや保持ピンに限定されるものではなく、係合や嵌合等その他各種の構成を適用できるものである。

【0038】

ホルダー支持部 3 5 におけるホルダー側装着部 3 6 とは反対側の一面には、ホルダー本体 3 1 が設けられている。ホルダー本体 3 1 は、ホルダー支持部 3 5 から第 2 の方向 Y の一側に向けて突出している。ホルダー本体 3 1 におけるホルダー支持部 3 5 とは反対側の端部、すなわち第 2 の方向 Y の一端部には、遮蔽板 3 2 が固定されている。遮蔽板 3 2 は、試料 3 3 よりもイオンビーム L 1 に対する強度が高い材質で形成されている。そして、遮蔽板 3 2 は、イオン照射源 4 から照射されるイオンビーム L 1 を遮蔽する。

【0039】

ホルダー本体 3 1 における遮蔽板 3 2 よりも第 3 の方向 Z の他側、すなわちイオンビーム L 1 の光軸の下流側には、試料載置台 3 7 と、試料保持部 3 8 が設けられている。試料載置台 3 7 は、遮蔽板 3 2 から第 3 の方向 Z に間隔を空けて配置されている。試料載置台 3 7 には、試料 3 3 が載置される。この試料載置台 3 7 における試料 3 3 が載置される一面は、第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y と平行に配置される。

【0040】

図 2 に示すように、試料載置台 3 7 に載置された試料 3 3 における第 3 の方向 Z の一面である加工面 3 3 a は、イオン照射源 4 から照射されたイオンビーム L 1 と第 3 の方向 Z に沿って対向する。そして、加工面 3 3 a には、イオンビーム L 1 が照射される。

【0041】

また、試料 3 3 は、試料載置台 3 7 に載置された際に、加工面 3 3 a の一部が遮蔽板 3 2 によって覆われる。そして、加工面 3 3 a における遮蔽板 3 2 によって覆われた箇所は、イオンビーム L 1 によってエッチングされずに残る。さらに、試料 3 3 における遮蔽板 3 2 から第 2 の方向 Y に突出した領域がイオンビームによりエッチングが行われる。

【0042】

試料載置台 3 7 に載置された試料 3 3 は、試料載置台 3 7 と遮蔽板 3 2 により挟持される。また、試料載置台 3 7 は、試料 3 3 を遮蔽板 3 2 に向けて押圧する。これにより、試料 3 3 と遮蔽板 3 2 が密着し、試料 3 3 と遮蔽板 3 2 との間の隙間を無くすることができる。これにより、試料 3 3 にイオンビーム L 1 を照射し、エッチング加工を行う際に、加工不良が発生することを防ぐことができる。

【0043】

また、図 3 に示すように、試料載置台 3 7 における第 1 の方向 X の両側には、試料保持部 3 8 が配置されている。試料保持部 3 8 は、試料載置台 3 7 に載置された試料 3 3 を第 1 の方向 X の両側から保持する。試料 3 3 は、試料載置台 3 7 と試料保持部 3 8 により、加工面 3 3 a が第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y と平行に配置される。

【0044】

また、ホルダー本体 3 1 には、試料保持部 3 8 を第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y に移動させる不図示の加工位置調整機構が設けられている。そして、試料保持部 3 8 は、試料 3 3 を保持した状態で第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y に移動する。その結果、試料 3 3 における遮蔽板 3 2 から第 2 の方向 Y への突出量を調整することができる。

【0045】

なお、本例の試料ホルダー 3 0 では、試料 3 3 を第 1 の方向 X 及び第 2 の方向 Y に移動できる例を説明したが、これに限定されるものではない。試料ホルダー 3 0 としては突出量を調整するために、試料 3 3 を第 2 の方向 Y にのみ移動可能な構成であってもよい。

【0046】

また、本例の試料ホルダー30は、スライド機構40としてホルダー支持部35にスライド溝42を設け、ホルダー側装着部36にガイドレール41を設けた例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、ホルダー側装着部36にスライド溝42を設け、ホルダー支持部35にスライド溝42に沿って摺動するガイドレール41を設けてもよい。

【0047】

1-3. イオンミリング装置の動作例

次に、上述した構成を有するイオンミリング装置1の動作例について図4A～図16を参照して説明する。

10

まず、図4A～図7を参照してホルダー支持部35を移動させない状態について説明する。図4A～図4Cは、試料33にイオンビームL1を照射した際の試料ホルダー30を示す斜視図である。図5A～図5Cは、図4A～図4Cの拡大図、図6A～図6Cは、イオンビームL1の照射範囲を模式的に示す説明図である。図7A及び図7Bは、試料33とイオンビームL1の関係を模式的に示す説明図である。

【0048】

図4A及び図5Aに示すように、ホルダー支持部35を移動させない状態では、回転機構6の回転中心R1は、試料ホルダー30に保持された試料33と遮蔽板32の境界線、すなわち加工面33a上を通る。図6Aに示すように、回転中心R1は、試料33の加工面33aにおける加工中心Q1と一致する。さらに、イオンビームL1における第1の方向Xの照射範囲の長さaは、イオンビームL1のビーム径aと一致する。

20

【0049】

図4B、図4C、図5B及び図5Cに示すように、ホルダー支持部35を移動させない状態で、回転機構6を駆動させると、試料ホルダー30及び試料ステージ5は、回転中心R1を中心に回転する。なお、回転中心R1は、加工面33aの加工中心Q1と一致しているため、イオンビームL1の光軸の中心は、加工面33aの加工中心Q1を通過する。

【0050】

試料ホルダー30及び試料ステージ5が回転中心R1を中心に角度rで回転した場合、試料33の加工面33aは、第1の方向Xに対して角度rで傾斜する。このとき、イオンビームL1における第1の方向Xの照射範囲の長さAは、イオンビームL1のビーム径をaとすると、下記式1から算出される。

30

[式1]

$$A = \left(\frac{1}{2} a \times \frac{1}{\cos r} \right) \times 2 = \frac{a}{\cos r}$$

【0051】

そのため、図7A及び図7Bに示すように、回転中心R1が加工面33a上に位置する状態で試料33を傾斜させた場合、試料33に形成される加工断面T1の第1の方向Xの長さは、式1で算出されたイオンビームL1の照射範囲の長さAとなる。

【0052】

40

次に、図8～図12を参照して、ホルダー支持部35をイオン照射源4から離反する方向に移動させた例について説明する。

図8は、試料33を移動させた状態を示す概略構成図である。図9A～図9Cは、試料33にイオンビームL1を照射した際の試料ホルダー30を示す斜視図である。図10A～図10Cは、図9A～図9Cの拡大図、図11A～図11Cは、イオンビームL1の照射範囲を模式的に示す説明図である。図12A及び図12Bは、試料33とイオンビームL1の関係を模式的に示す説明図である。

【0053】

図8、図9Aに示すように、スライド機構40を介してホルダー支持部35を、第3の方向Zに沿ってイオン照射源4から離反する向きに移動させる。すなわち、保持孔35a

50

に固定された保持ねじを緩め、ホルダー支持部 35 を所定の位置に移動させた後に、再度保持ねじを保持孔 35 a に締結固定する。

【0054】

これにより、遮蔽板 32 と、試料ホルダー 30 に保持された試料 33 もイオン照射源 4 から離反する方向に移動する。そのため、図 10 A に示すように、試料 33 の加工面 33 a は、回転中心 R1 から第 3 の方向 Z の他側に向けて離れる。なお、図 11 A に示すように、回転機構 6 を回転させない状態では、イオンビーム L1 における第 1 の方向 X の照射範囲の長さ a は、イオンビーム L1 のビーム径 a と一致する。

【0055】

しかしながら、図 4 A、図 5 A 及び図 6 A に示す状態よりも、試料 33 は、イオン照射源 4 から離反する位置に配置される。そのため、試料 33 に照射されるイオンビーム L1 の強度を弱めることができる。これにより、試料 33 に形成される加工断面の微調整を行うことができる。

【0056】

図 9 B、図 9 C、図 10 B 及び図 10 C に示すように、回転機構 6 を駆動させると、試料ホルダー 30 及び試料ステージ 5 は、回転中心 R1 を中心に回転する。また、図 11 B 及び図 11 C に示すように、加工面 33 a の加工中心 Q1 が、回転中心 R1 から離反しているため、イオンビーム L1 における加工中心 Q1 からの照射範囲の長さ A' を広げることができる。

【0057】

試料ホルダー 30 及び試料ステージ 5 が回転中心 R1 を中心に角度 r で回転した場合、試料 33 の加工面 33 a は、第 1 の方向 X に対して角度 r で傾斜する。また、加工面 33 a の加工中心 Q1 と回転中心 R1 の間隔を ΔX、イオンビーム L1 のビーム径を a とすると、イオンビーム L1 における第 1 の方向 X の照射範囲の長さ 2A' は、下記式 2 から算出される。

[式 2]

$$2A' = 2 \left(\Delta X \tan r + \frac{a}{2 \cos r} \right) = 2 \cdot \frac{2 \Delta X \sin r + a}{2 \cos r} = \frac{2 \Delta X \sin r + a}{\cos r}$$

【0058】

なお、図 11 B 及び図 11 C に示すように、試料ホルダー 30 及び試料ステージ 5 が回転中心 R1 を中心に時計回り及び反時計回りにそれぞれ角度 r で回転する。そのため、イオンビーム L1 における第 1 の方向 X の照射範囲の長さ 2A' は、イオンビーム L1 における加工中心 Q1 からの照射範囲の長さ A' を 2 倍したものとなる。

【0059】

図 12 A 及び図 12 B に示すように、ホルダー支持部 35 を移動させて、回転中心 R1 が加工面 33 a から離反している状態で試料 33 を傾斜させた場合、試料 33 に形成される加工断面 T2 の第 1 の方向 X の長さは、式 2 で算出されたイオンビーム L1 の照射範囲の長さ 2A' となる。これにより、イオンビーム L1 の照射範囲を拡大することが可能となり、試料 33 の加工範囲を広げることができる。

【0060】

次に、図 13 ～図 15 を参照して、ホルダー支持部 35 をイオン照射源 4 に接近する方向に移動させた状態について説明する。

図 13 A ～図 13 C は、試料 33 にイオンビーム L1 を照射した際の試料ホルダー 30 を示す斜視図である。図 14 A ～図 14 C は、図 13 A ～図 13 C の拡大図、図 15 A ～図 15 C は、イオンビーム L1 の照射範囲を模式的に示す説明図である。

【0061】

図 13 A に示すように、スライド機構 40 を介してホルダー支持部 35 を、第 3 の方向 Z に沿ってイオン照射源 4 に接近する向きに移動させる。すなわち、保持孔 35 a に固定された保持ねじを緩め、ホルダー支持部 35 を所定の位置に移動させた後に、再度保持ね

10

20

30

40

50

じを保持孔 35a に締結固定する。

【0062】

これにより、遮蔽板 32 と、試料ホルダー 30 に保持された試料 33 もイオン照射源 4 に接近する方向に移動する。そのため、図 14A に示すように、試料 33 の加工面 33a は、回転中心 R1 から第 3 の方向 Z の一側に向けて離れる。なお、図 15A に示すように、回転機構 6 を回転させない状態では、イオンビーム L1 における第 1 の方向 X の照射範囲の長さ a は、イオンビーム L1 のビーム径 a と一致する。

【0063】

しかしながら、図 4A、図 5A 及び図 6A に示す状態よりも、試料 33 は、イオン照射源 4 に接近する位置に配置される。そのため、試料 33 に照射されるイオンビーム L1 の強度を強めることができる。これにより、イオンビーム L1 で行わるエッチング処理にかかる時間を早めることができる。

10

【0064】

図 13B、図 13C、図 14B 及び図 14C に示すように、回転機構 6 を駆動させると、試料ホルダー 30 及び試料ステージ 5 は、回転中心 R1 を中心に回転する。また、図 15B 及び図 15C に示すように、加工面 33a の加工中心 Q1 が、回転中心 R1 から離反しているため、イオンビーム L1 における加工中心 Q1 からの照射範囲の長さ A' を広げることができる。

【0065】

試料ホルダー 30 及び試料ステージ 5 が回転中心 R1 を中心に角度 r で回転した場合、試料 33 の加工面 33a は、第 1 の方向 X に対して角度 r で傾斜する。また、加工面 33a の加工中心 Q1 と回転中心 R1 の間隔を ΔX 、イオンビーム L1 のビーム径を a とすると、イオンビーム L1 における第 1 の方向 X の照射範囲の長さ $2A'$ は、上記式 2 の $2A'$ と同様に算出することができる。

20

【0066】

次に、イオンビーム L1 の照射範囲と回転中心 R1 から加工面 33a までの距離との関係について図 16 を参照して説明する。

図 16 は、イオンビーム L1 の照射範囲と回転中心 R1 から加工面 33a までの距離との関係を示すグラフである。なお、縦軸は、イオンビーム L1 の照射範囲を示し、横軸は、回転中心 R1 から加工面 33a までの距離 ΔX を示している。また、イオンビーム L1 のビーム径 a が 1mm で試料 33 の第 1 の方向 X に対する傾斜角度 r が 30° のとき、ビーム径 a が 1mm で傾斜角度 r が 45° のとき、ビーム径 a が 2mm で傾斜角度 r が 30° のとき、ビーム径 a が 2mm で傾斜角度 r が 45° のときを示している。

30

【0067】

図 16 に示すように、イオンビーム L1 のビーム径 a が 1mm で傾斜角度 r が 30° の場合では、回転中心 R1 から加工面 33a までの距離 ΔX が 1mm で、イオンビーム L1 の照射範囲は、2 倍に拡大していることが分かる。さらに、距離 ΔX が 2mm で 3 倍、距離 ΔX が 3mm で 4 倍、距離 ΔX が 4mm で 5 倍にイオンビーム L1 の照射範囲が拡大していることが分かる。

【0068】

このように、スライド機構 40 によりホルダー支持部 35 を第 3 の方向 Z、すなわちイオンビーム L1 の光軸に沿って移動させて、試料 33 を回転中心 R1 から離反させることで、イオンビーム L1 の照射範囲を拡大することができる。その結果、加工範囲を広げることができる。試料 33 に形成される加工断面 T1 の第 1 の方向 X の長さを広くすることができる。

40

【0069】

さらに、試料 33 をイオン照射源 4 に接近及び離反させることで、試料 33 に照射されるイオンビーム L1 の強度を調整することができる。例えば、加工を行う初期の段階では、試料 33 をイオン照射源 4 に接近させて、試料 33 に照射されるイオンビーム L1 の強度を高める。これにより、エッチング加工の処理速度を速めることができる。そして、エ

50

ッティング加工の仕上げの段階では、試料 3 3 をイオン照射源 4 から離反させて、試料 3 3 に照射されるイオンビーム L 1 の強度を弱める。これにより、試料 3 3 に形成された加工断面の微調整を行うことができる。

【0070】

また、試料 3 3 を第 3 の方向 Z の一側（イオン照射源 4 に接近）、又は第 3 の方向 Z の他側（イオン照射源 4 から離反）に移動させても、回転中心 R 1 から加工面 3 3 a の加工中心 Q 1 までの距離 ΔX が一定であれば、式 2 に示すように、イオンビーム L 1 の照射範囲は、一定になる。そのため、加工の初期段階と加工の仕上げ段階における回転中心 R 1 から加工面 3 3 a の加工中心 Q 1 までの距離 ΔX を同じ長さに設定すれば、加工の初期段階におけるイオンビーム L 1 の照射範囲と同じ照射範囲で仕上げを行うことができる。

10

【0071】

さらに、第 1 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置 1 によれば、試料ホルダー 3 0 にスライド機構 4 0 を設けている。そのため、既存のイオンミリング装置に本例の試料ホルダー 3 0 を装着しても、試料ホルダー 3 0 のホルダー支持部 3 5 を移動させることで、試料 3 3 を第 3 の方向 Z に沿って移動させることができ、イオンビーム L 1 の照射範囲の拡大を図ることができる。

【0072】

2. 第 2 の実施の形態例

次に、図 1 7 を参照して第 2 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置について説明する。

20

図 1 7 A ～図 1 7 C は、第 2 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置を示す斜視図である。

【0073】

この第 2 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置が、第 1 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置 1 と異なる点は、スライド機構を設ける箇所である。そのため、ここでは、試料ホルダー、試料ステージ及びスライド機構について説明し、第 1 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置 1 と共通する部分には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0074】

図 1 7 A に示すように、スライド機構 6 0 は、ステージ側ガイドレール 6 1 と、ホルダー側スライド溝 6 2 と、ホルダー位置調整部材 6 3 とを有している。ステージ側ガイドレール 6 1 は、試料ステージ 5 0 A における試料ホルダー 3 0 A が装着される面に設けられている。ステージ側ガイドレール 6 1 は、第 3 の方向 Z と平行に配置され、試料ステージ 5 0 A における第 3 の方向 Z の一端部から他端部にかけて延在している。

30

【0075】

ホルダー側スライド溝 6 2 は、試料ホルダー 3 0 A のホルダー側装着部 3 6 A に設けられている。ホルダー側スライド溝 6 2 は、ステージ側ガイドレール 6 1 に摺動可能に係合する。すなわち、第 2 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置では、ホルダー側装着部 3 6 A がスライド機構 6 0 のスライド部材を構成している。

【0076】

ホルダー側スライド溝 6 2 がステージ側ガイドレール 6 1 に係合されることで、試料ホルダー 3 0 A が試料ステージ 5 0 A に着脱可能に装着される。ホルダー側スライド溝 6 2 は、第 3 の方向 Z と平行に形成され、ホルダー側装着部 3 6 A における第 3 の方向 Z の一端部から他端部にかけて延在している。そのため、ホルダー側装着部 3 6 A は、試料ステージ 5 0 A のステージ側ガイドレール 6 1 により第 3 の方向 Z に沿って移動可能に支持される。

40

【0077】

ホルダー位置調整部材 6 3 は、ステージ側ガイドレール 6 1 に着脱可能に取り付けられる。ホルダー位置調整部材 6 3 は、試料ステージ 5 0 A に装着された試料ホルダー 3 0 A における第 3 の方向 Z の他端部、すなわち下端部に当接する。試料ホルダー 3 0 A がホル

50

ダー位置調整部材 6 3 に当接することで、試料ホルダー 3 0 A における第 3 の方向 Z の他側への移動が規制される。

【0078】

これにより、図 1 7 A ～図 1 7 C に示すように、試料ホルダー 3 0 A のホルダー側装着部 3 6 A をステージ側ガイドレール 6 1 に沿ってスライドさせて、第 3 の方向 Z における任意の位置で、試料ホルダー 3 0 A を保持することができる。

【0079】

また、試料ホルダー 3 0 A としては、第 1 の実施の形態例にかかる試料ホルダー 3 0 と同様に、ホルダー支持部 3 5 A とホルダー側装着部 3 6 A にスライド機構を設けてもよい。これにより、試料ホルダー 3 0 A におけるホルダー本体 3 1 の第 3 の方向 Z への移動量、すなわち試料 3 3 における第 3 の方向 Z への移動量を拡大させることができる。

【0080】

さらに、試料ステージ 5 0 A 側のスライド機構（以下、「ステージ側スライド機構」という。）6 0 によって、試料ホルダー 3 0 A における第 3 の方向 Z の位置をおおまかに調整する。そして、試料ホルダー 3 0 A 側のスライド機構（以下、「ホルダー側スライド機構」という。）によって、試料ホルダー 3 0 A における試料 3 3 の位置を細かく調整してもよい。

【0081】

また、ホルダー側装着部 3 6 A にガイドレールを設け、試料ステージ 5 0 A にガイドレールと摺動可能に係合するスライド溝を設けてもよい。

【0082】

その他の構成は、第 1 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置 1 と同様であるため、それらの説明は省略する。このような構成を有するイオンミリング装置によっても、上述した第 1 の実施の形態例にかかるイオンミリング装置 1 と同様の作用効果を得ることができる。

【0083】

なお、本発明は上述しかつ図面に示した実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の変形実施が可能である。

【0084】

上述した実施の形態例ではホルダー支持部 3 5 やホルダー側装着部 3 6 A を使用者の手で移動させる例を説明したが、これに限定されるものではない。例えば、駆動モータを設け、さらにホルダー支持部 3 5 やホルダー側装着部 3 6 A に駆動モータからの駆動力を伝達させる伝達機構を設けて、駆動モータによりホルダー支持部 3 5 やホルダー側装着部 3 6 A の移動動作を行ってもよい。

【0085】

なお、本明細書において、「平行」及び「直交」等の単語を使用したか、これらは厳密な「平行」及び「直交」のみを意味するものではなく、「平行」及び「直交」を含み、さらにその機能を発揮し得る範囲にある、「略平行」や「略直交」の状態であってもよい。

【符号の説明】

【0086】

1 …イオンミリング装置、 2 …真空チャンバー、 3 …試料ステージ引出機構、 4 …イオン照射源、 5、5 0 A …試料ステージ、 5 a …試料位置調整機構、 5 b …装着部、 5 c …回転支持部、 6 …回転機構、 3 0、3 0 A …試料ホルダー、 3 1 …ホルダー本体、 3 2 …遮蔽板、 3 3 …試料、 3 3 a …加工面、 3 5、3 5 A …ホルダー支持部、 3 5 a …保持孔、 3 6、3 6 A …ホルダー側装着部、 3 7 …試料載置台、 3 8 …試料保持部、 4 0 …スライド機構（ホルダー側スライド機構）、 4 1 …ガイドレール、 4 2 …スライド溝、 6 0 …スライド機構（ステージ側スライド機構）、 6 1 …ステージ側ガイドレール、 6 2 …ホルダー側スライド溝、 6 3 …ホルダー位置調整部材、 L 1 …イオンビーム、 Q 1 …加工中心、 R 1 …回転中心、 T 1、T 2 …加工断面、 X …第 1 の方向、 Y …第 2 の方向、 Z …第 3 の方向

10

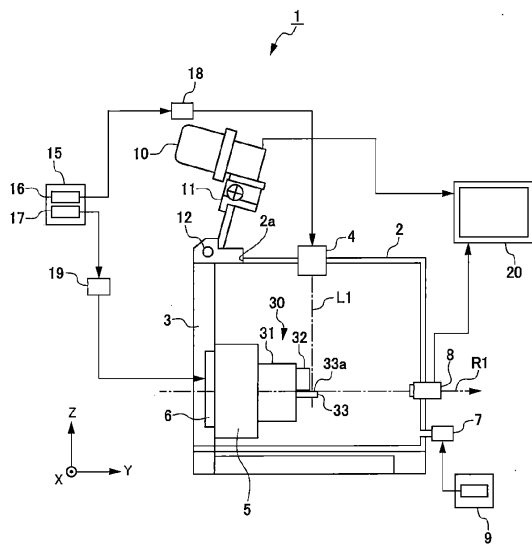
20

30

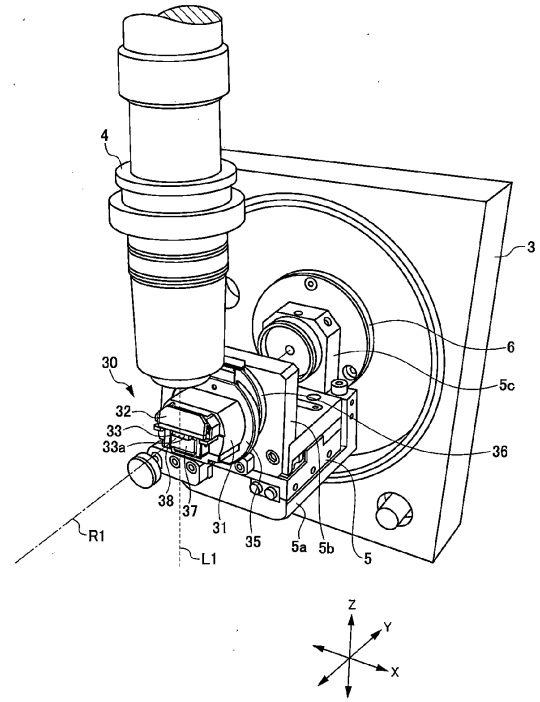
40

50

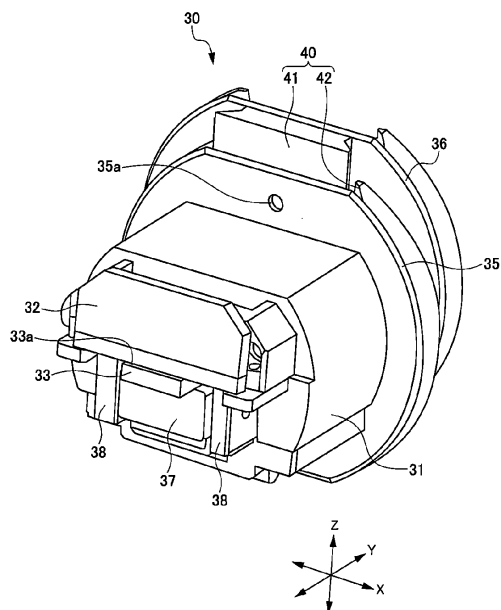
【図 1】



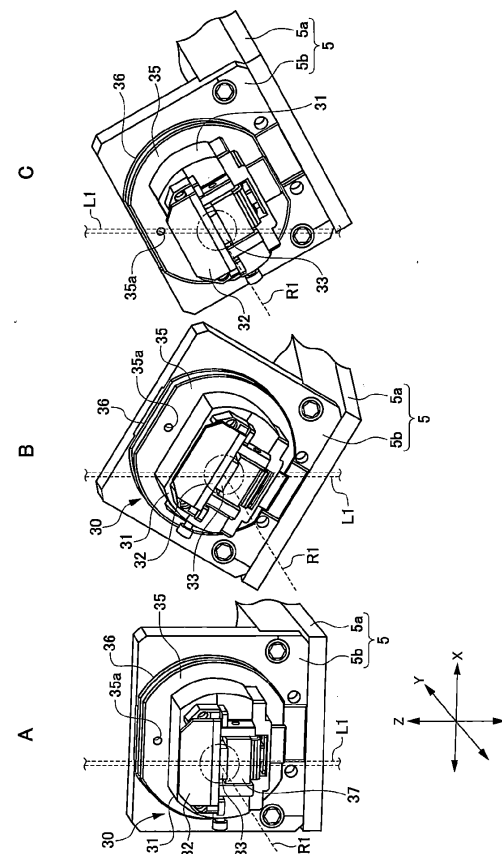
【図 2】



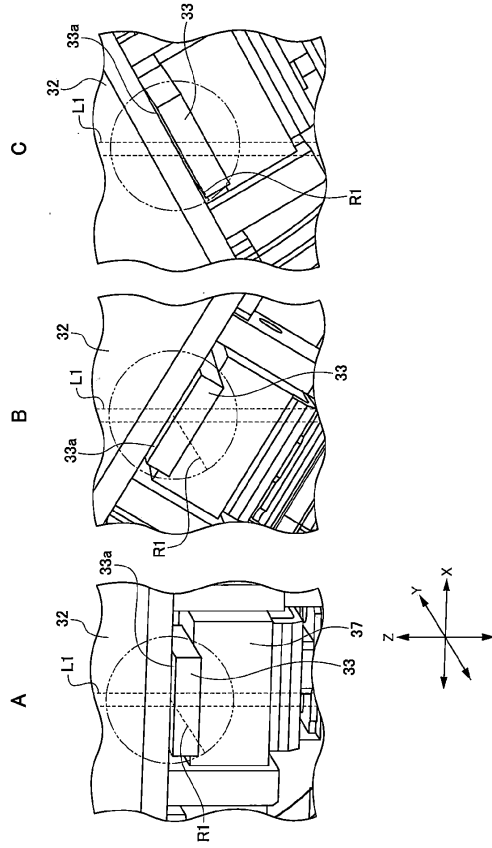
【図 3】



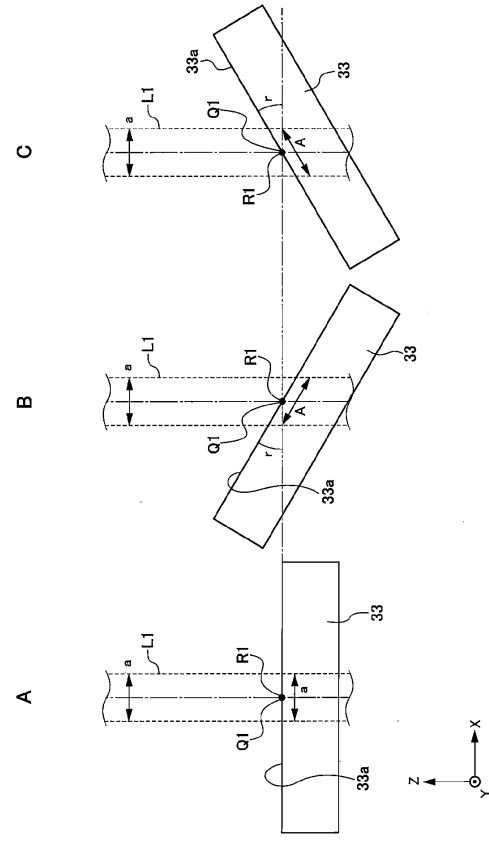
【図 4】



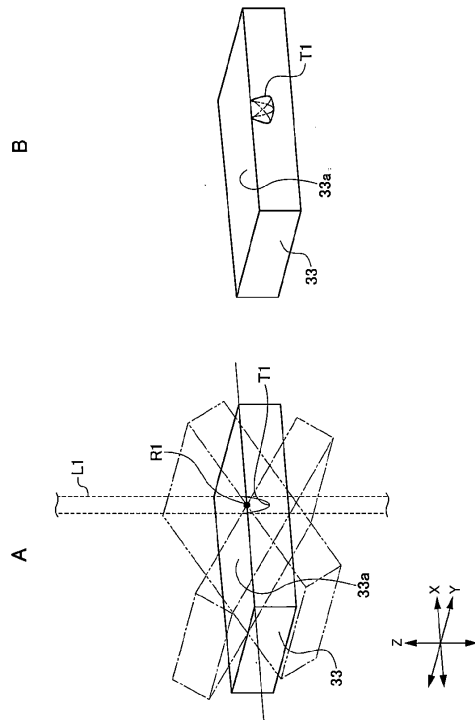
【図 5】



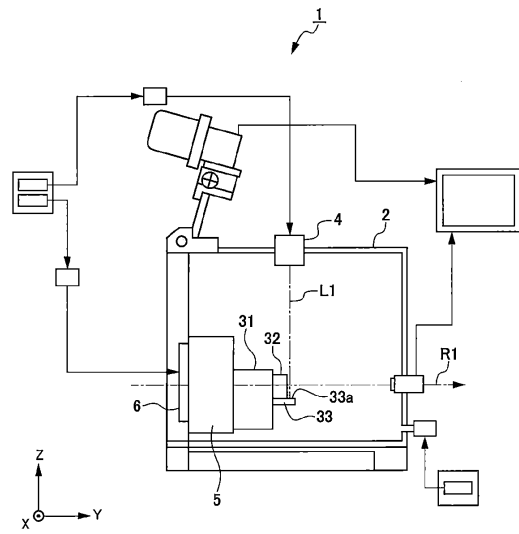
【図 6】



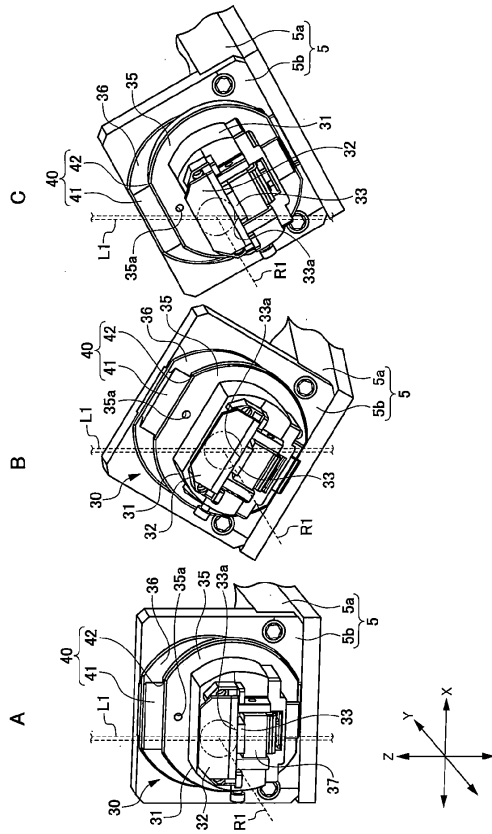
【図 7】



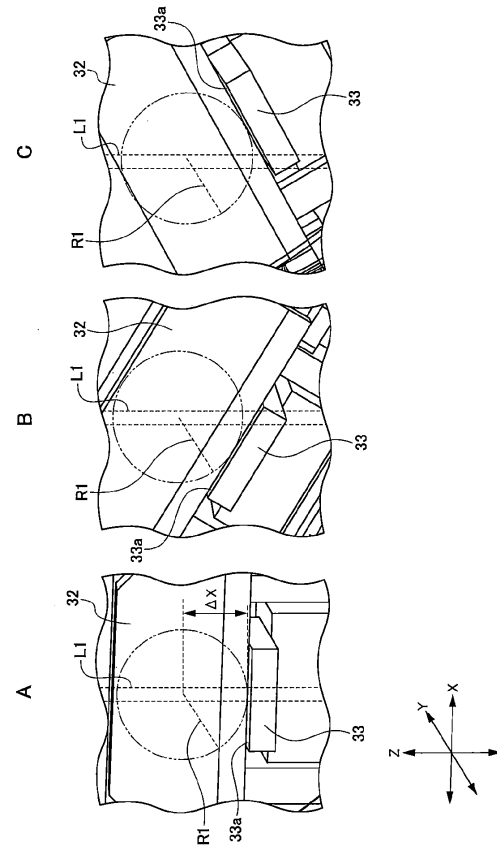
【図 8】



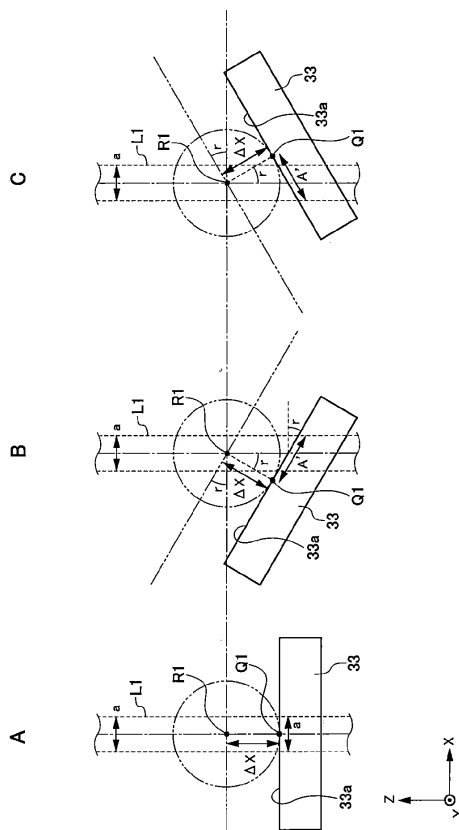
【図 9】



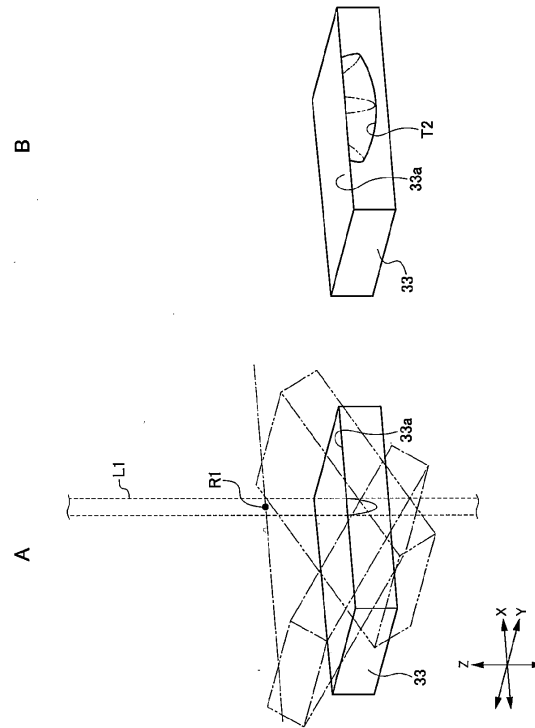
【図 10】



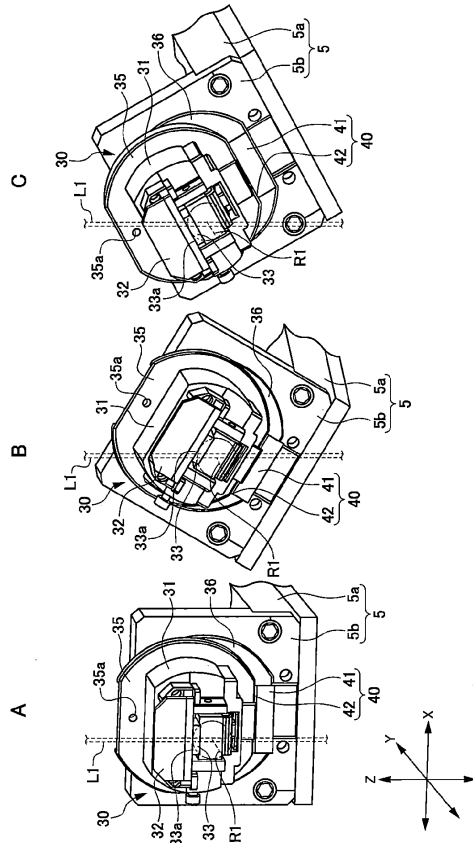
【図 11】



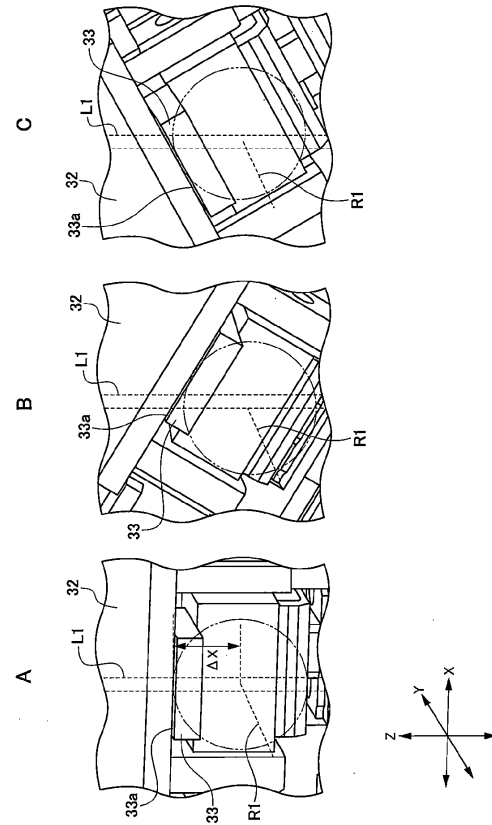
【図 12】



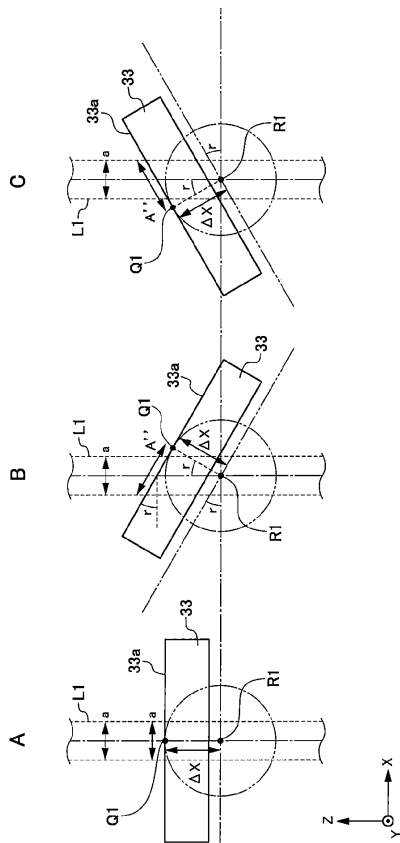
【図13】



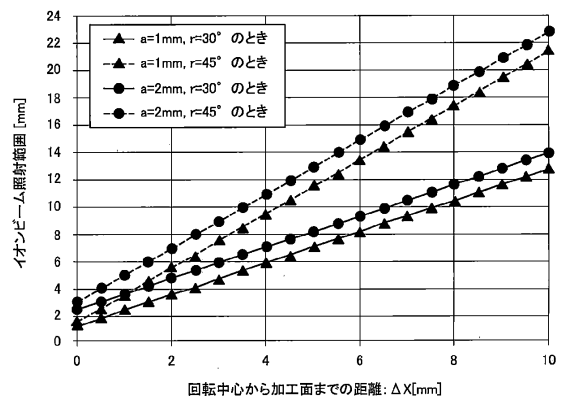
【図14】



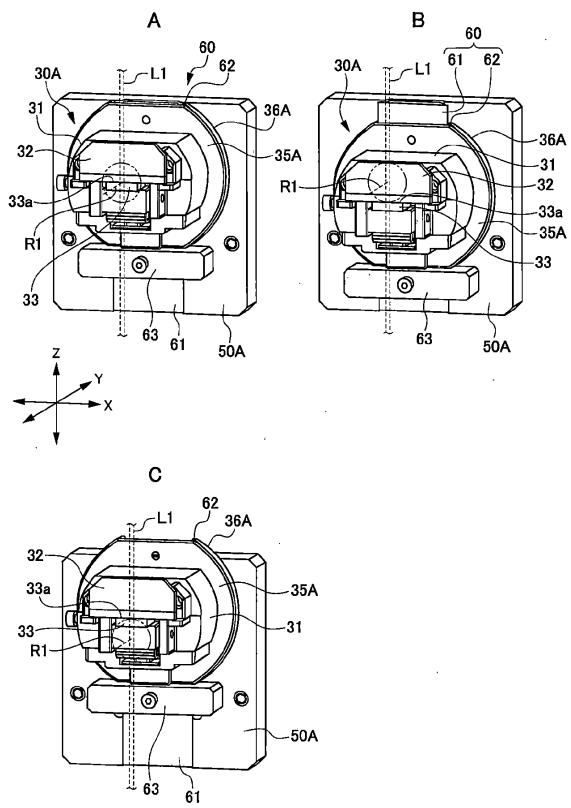
【図15】



【図16】



【図 17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-091094 (JP, A)
国際公開第2018/020649 (WO, A1)
米国特許出願公開第2015/0255248 (US, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01J 37/30
H01J 37/20
H01J 37/317
G01N 1/28