

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5517790号
(P5517790)

(45) 発行日 平成26年6月11日 (2014. 6. 11)

(24) 登録日 平成26年4月11日 (2014. 4. 11)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 J 37/16 (2006. 01)	HO 1 J 37/16
HO 1 J 37/20 (2006. 01)	HO 1 J 37/20 D
HO 1 J 37/22 (2006. 01)	HO 1 J 37/22 5 O 2 L
HO 1 J 37/28 (2006. 01)	HO 1 J 37/28 B

請求項の数 20 (全 47 頁)

(21) 出願番号	特願2010-152534 (P2010-152534)	(73) 特許権者	000129253
(22) 出願日	平成22年7月2日 (2010. 7. 2)		株式会社キーエンス
(65) 公開番号	特開2012-15027 (P2012-15027A)		大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
(43) 公開日	平成24年1月19日 (2012. 1. 19)		4号
審査請求日	平成25年4月9日 (2013. 4. 9)	(74) 代理人	100104949
			弁理士 豊栖 康司
		(74) 代理人	100074354
			弁理士 豊栖 康弘
		(72) 発明者	柏原 光宏
			大阪府大阪市東淀川区東中島1丁目3番1
			4号 株式会社キーエンス内
		審査官	遠藤 直恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 拡大観察装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の観察手段を備える拡大観察装置であって、

外形を略円筒状とし、内部空間で減圧可能な試料室を構成する胴部と、

前記胴部の対向する端面を閉塞する一対の端面板と、

第一の観察手段として、前記胴部の円筒状側面の第一の位置に固定され、前記試料室内の電子顕微鏡画像を取得するための電子線撮像手段と、

第二の観察手段として、前記胴部の円筒状側面であって、前記第一の位置と異なる第二の位置に装着され、前記試料室内の光学画像を撮像可能な光学系撮像手段と、

前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段の光軸を共通の回転軸に向かう姿勢に維持しつつ、各撮像手段から該回転軸までの距離を一定に維持するように、前記共通の回転軸を中心として、前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段を前記胴部の円筒状側面に沿って回転させるための回動手段と、

観察対象の試料を載置するため前記試料室内に水平姿勢で非傾動状態に設置される試料台と、

前記試料台上に載置された試料の観察面の高さを、前記共通の回転軸と略一致する位置に調整可能な試料台調整手段と、

を備えることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項2】

請求項1に記載の拡大観察装置であって、

10

20

前記回動手段は、前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段を同時に回動させるように構成されており、

前記回動手段による前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段の可動範囲は、少なくとも各電子線撮像手段及び光学系撮像手段の軌跡の一部が重複するように構成されてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の拡大観察装置であって、

前記第一の位置と第二の位置は、前記胴部の円筒状側面上において前記共通の回転軸に対して略直交する略同一平面上に設けられてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、

前記第一の位置と第二の位置は、前記光学系撮像手段と前記電子線撮像手段とが、相互に干渉しない程度に近接させて固定されてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、

前記胴部の円筒状側面の少なくとも一部及び前記端面板の一方が、前記回動手段によって回転する回転部分を構成し、

前記端面板の他方が、前記回動手段による回転運動に拘わらず回転しない固定部分を構成し、

前記試料台は、前記固定部分側に固定されてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、

前記胴部の回転部分と、前記端面板の固定部分との間に、前記回動手段が配置されてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 7】

請求項 5 又は 6 に記載の拡大観察装置であって、

前記端面板のいずれか一方が、開閉可能な蓋部を構成することを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の拡大観察装置であって、

前記蓋部が前記固定部分であり、前記試料台は該蓋部に装着されてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 9】

請求項 5 から 8 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、

前記試料台は、水平面内で移動させるための水平面移動機構及び高さ調整のための高さ調整機構を備えてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の拡大観察装置であって、

前記水平面移動機構は、試料台を X 軸方向、Y 軸方向に移動させる移動量を調整するための各操作摘みを回転式に設けており、

さらに前記高さ調整機構は、試料台を Z 軸方向に移動させる移動量を調整するための操作摘みを回転式に設けていることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 11】

請求項 9 又は 10 に記載の拡大観察装置であって、

前記高さ調整機構は、前記試料台を前記共通の回転軸と一致させた位置から下方に降下可能に構成してなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の拡大観察装置であって、

前記高さ調整機構は、その移動軌跡が前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段の焦点可変範囲を含むものであることを特徴とする拡大観察装置。

10

20

30

40

50

【請求項 1 3】

請求項 1 から 1 2 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、
前記電子線撮像手段が、電子線を試料に照射するための電子銃を備えており、
さらに前記電子銃から照射され試料で反射された二次電子および／または反射電子を検出するための検出器が、試料室内面の固定部分に設けられてなることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 から 1 3 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、
前記端面板の一方に、前記試料室内を減圧するための減圧ポンプに試料室内の空気を吸引するための吸引口が設けられてなることを特徴とする拡大観察装置。

10

【請求項 1 5】

請求項 1 から 1 4 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、さらに、
第三の観察手段として、前記試料室内の環境を観察するための試料室内観察手段を備え、
前記試料室内観察手段は、少なくとも、前記試料台と、該試料台に載置される試料及び前記電子線撮像手段の先端部を視野に含む光学画像を取得可能であることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の拡大観察装置であって、
前記試料室内観察手段が、固定部分側に設けられてなることを特徴とする拡大観察装置。

20

【請求項 1 7】

請求項 1 5 又は 1 6 に記載の拡大観察装置であって、
前記試料室内観察手段の光軸が、回転軸に対して略平行であることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 1 8】

請求項 1 から 1 7 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、さらに、
前記電子線撮像手段で撮像した電子顕微鏡画像及び／又は光学拡大観察手段で撮像した光学画像を表示するための表示手段を備えることを特徴とする拡大観察装置。

【請求項 1 9】

請求項 1 から 1 8 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、
前記第一の位置と第二の位置とが回転中心と成す角度が、 $30^{\circ} \sim 50^{\circ}$ の範囲であることを特徴とする拡大観察装置。

30

【請求項 2 0】

請求項 1 から 1 9 のいずれか一に記載の拡大観察装置であって、
前記光学系撮像手段の回転可能範囲と、前記電子線撮像手段の回転可能範囲とが重複する重複回転範囲が、 $60^{\circ} \sim 180^{\circ}$ であることを特徴とする拡大観察装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、SEM等の電子顕微鏡に、光学顕微鏡等の光学系の観察手段で光学画像を取得可能な光学系撮像手段を付加した拡大観察装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

荷電粒子線で観察対象の試料を照射して得られる信号を検出して観察像を得る荷電粒子線装置として、例えば電子線を用いた透過電子顕微鏡や走査電子顕微鏡がある。例えば電子顕微鏡は、電子の進行方向を自由に屈折させ、光学顕微鏡のような結像システムを電子光学的に設計したものである。電子顕微鏡には、試料や標本を透過した電子を電子レンズを用いて結像する透過型の他、試料表面で反射した電子を結像する反射型、集束電子線を試料表面上に走査して各走査点からの二次電子を用いて結像する走査型電子顕微鏡、加熱

50

あるいはイオン照射によって試料から放出される電子を結像する表面放出型（電界イオン顕微鏡）等がある（例えば特許文献1）。

【0003】

電子顕微鏡（SEM）の例として、走査型電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）は、観察対象となる試料に細い電子線（電子プローブ）を照射した際に発生する二次電子や反射電子を、二次電子検出器、反射電子検出器等それぞれの検出器を用いて取り出し、CRTやLCD等の表示画面上に表示して、主として試料の表面形態を観察する装置である。一方、透過型電子顕微鏡（Transmission Electron Microscope：TEM）は、薄膜試料に電子線を透過させ、その際に試料中で原子により散乱、回折された電子を電子回折パターン又は透過電子顕微鏡画像として得ることによって主に物質の内部構造を観察できる。

10

【0004】

電子線が固体試料に照射されたとき、電子のエネルギーによって固体中を透過するが、その際に試料を構成する原子核や電子との相互作用によって弾性的な衝突、弾性散乱やエネルギー損失を伴う非弾性散乱を生じる。非弾性散乱によって試料元素の殻内電子を励起したり、X線等を励起したり、また二次電子を放出し、それに相当するエネルギーを損失する。二次電子は衝突する角度によって放出される量が異なる。一方、弾性散乱によって後方に散乱し、試料から再び放出される反射電子は、原子番号に固有の量が放出される。SEMはこの二次電子や反射電子を利用する。SEMは電子を試料に照射し、放出される二次電子や反射電子を検出して観察像を結像している。また走査型電子顕微鏡の一種として、試料透過光を検出器に受ける走査－透過電子顕微鏡（Scanning Transmission Electron Microscope：STEM）等もある。

20

【0005】

SEMやTEM、STEM等の電子顕微鏡は、高い倍率での観察に有効であるものの、逆に低い倍率での表示を不得手とする。一般的には電子顕微鏡の倍率は、最大で数万倍～数十万倍あるいは数百万倍程度の表示が可能であるが、一方で最低倍率は、数倍～数十倍程度となる。例えばSEMで観察可能な最も低い倍率は一般的に5倍～50倍程度である。このように、電子顕微鏡等での観察は開始時からいきなり高倍率での表示となるため、観察視野は非常に狭い範囲となってしまう。このため、試料サンプル上の最終的に観察したい場所を見つける作業である視野探しは困難となる。視野探しは、視野を広くした状態、すなわち低倍率にて表示させた状態から、徐々に高倍率に移行して視野を絞り込んで特定する手順が望ましい。

30

【0006】

このような電子顕微鏡の視野探しを容易にするため、可視波長や赤外波長の光を利用する光学顕微鏡や光学カメラ等の光学観察装置（光学系撮像手段）を利用する方法が知られている（例えば特許文献1）。光学系撮像手段での観察は一般に1倍以下の倍率といった低倍率での表示が可能である。そこで、試料サンプルを光学系撮像手段を用いて低倍率で観察し、大体の視野探しを行った上で、電子顕微鏡での観察に移行することが行われている。これを実現するため、電子顕微鏡に、より低倍率での表示が可能な観察光学系を併用する。C-MOSカメラ等の観察光学系での低倍率表示に基づいて視野探しを行い、その後SEM等の電子線撮像手段に切り替えて、高倍率での観察を行う。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平9-97585号公報

【特許文献2】特開平5-41194号公報

【特許文献3】特開平10-214583号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

50

特許文献1の構成においては、光学系撮像手段及び電子線撮像手段の各撮像装置から、試料に対して同一視野の画像を取得するには、図27に示すように、チャンバ内に設けられる試料ステージを二つの撮像装置間にて移動させることにより、実施している。すなわち、撮像装置側を固定して、試料側をステージ駆動手段により移動あるいは傾けることで、観察画像の視野の移動、変更を行っている。このため、例えば一つの試料に対して真上から焦点を合わせて画像を取得した後、傾斜姿勢での撮像を行うため撮像装置と試料との角度を変更する場合を考えると、角度を変更する度に、各撮像装置と試料との間の焦点距離も変わるため、焦点位置の補正を行わなければならない。それと共に、二つの撮像装置で、試料に対する同一との傾き角度にて、試料に対する角度に対する画像を取得したい場合、一方の撮像装置で用いた角度を記憶すると共に、他方側に試料台を移動させた上で、上記一方での角度を再現し、焦点位置を合わせる必要があった。このように2つの撮像装置で同一の画像を取得するためには、極めて煩雑な調整作業が必要となっていた。

10

【0009】

加えて、撮像装置側を固定し、試料ステージを揺動させることで視点を変化させる方式では、試料が重い場合に位置ずれが生じるという問題があった。すなわち、試料ステージを傾斜させると、試料の重量のうちステージ傾斜面に沿った方向の成分が発生する。試料ステージにXY方向のストローク機能を備える場合は、XYストロークが重くなったり軽くなったり、さらにはXY軸ギアの遊び（バックラッシュ）を防止するためのバネが効かなくなったりする虞がある。このため試料ステージを傾斜させたときに試料が滑り落ちないように固定しても、重い試料の場合、しっかり固定しないと落ちてしまうという問題もあった。

20

【0010】

このような問題を解消するため、特許文献2の観察装置が提案されている。この観察装置は、図28に示すように、観察手段10Xを構成する光学系撮像手段用及び電子顕微鏡用に、試料SAxを載せる試料台33Xを載置するためのXYステージを各々用意し、この上に試料台33Xをトランスファロッドにより平行移動させることで、同じ観察位置を得ようとするものである。しかしながら、この構成では一方のXYステージから試料台33Xを一旦引き出した上で、これを平行移動させ、さらに別のXYステージ上に押し戻すという、コ字状の軌跡で試料台33Xを移動させる必要があるため、このような試料台33Xの移動機構が複雑化するという問題がある。

30

【0011】

また各XYステージ上の座標位置は独立しているため、完全に両者の座標を一致させておらず、さらに仮に各XYステージ上のXY座標位置を一致させたとしても、試料を傾斜させた姿勢で撮像する場合は、観察手段と試料との間の焦点距離が変化するため、焦点位置の補正を行わなければならない。さらに二つの観察手段で、同一の試料に対して同一の傾斜角度で各画像を取得したい場合、一方の観察手段で用いた角度を記憶すると共に、一旦他方側に試料台を移動させた上で、記憶した角度に調整し、さらに焦点位置を合わせる必要があった。このように正確に同一視野、視点の画像を撮像するには、極めて煩雑な調整作業が必要となり手間がかかっていた。

【0012】

40

また特許文献3には、図29に示すように真空チャンバから引き出した試料ステージをそのまま光学系撮像手段の観察位置に移動させるように、直線状の平行移動機構を備える電子顕微鏡が開示される。しかしながらこの装置でも、基本的には試料ステージを物理的に移動させているため、特許文献2と同様に複数の観察手段との間で相対的な座標位置を正確に一致させることは容易でない。さらにいずれの装置でも、観察手段の切り替えの際には真空チャンバに対して試料ステージを挿抜する必要がある。真空チャンバの開閉には、真空引きまでの時間がかかるため、切り替えに際して待ち時間が生じるという問題もある。また真空チャンバ内にこれらの水平移動機構を内蔵しようとするれば、真空チャンバが大型化し、大容量の真空ポンプが必要になる上、さらに真空引きの時間が長くなるという問題もあった。

50

【0013】

このように、従来の観察装置では、異なる光軸を有する光学系撮像手段、電子顕微鏡撮像で同一の視野の画像を取得することは容易でないという問題があった。本発明は、このような背景に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、電子顕微鏡画像、光学拡大観察画像の切り替えをスムーズに行える拡大観察装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0014】

上記の目的を達成するために、本発明の第1の側面に係る拡大観察装置によれば、複数の観察手段を備える拡大観察装置であって、外形を略円筒状とし、内部空間で減圧可能な試料室を構成する胴部と、前記胴部の対向する端面を閉塞する一対の端面板と、第一の観察手段として、前記胴部の円筒状側面の第一の位置に固定され、前記試料室内の電子顕微鏡画像を取得するための電子線撮像手段と、第二の観察手段として、前記胴部の円筒状側面であって、前記第一の位置と異なる第二の位置に装着され、前記試料室内の光学画像を撮像可能な光学系撮像手段と、前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段の光軸を共通の回転軸に向かう姿勢に維持しつつ、各撮像手段から該回転軸までの距離を一定に維持するように、前記共通の回転軸を中心として、前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段を前記胴部の円筒状側面に沿って回転させるための回動手段と、観察対象の試料を載置するため前記試料室内に水平姿勢で非傾動状態に設置される試料台と、前記試料台に載置された試料の観察面の高さを、前記共通の回転軸と略一致する位置に調整可能な試料台調整手段と、を備えることができる。これにより、電子線撮像手段と光学系撮像手段の移動を回転式とし、かつ試料台を回転軸に略一致させることで、電子線撮像手段と光学系撮像手段の回転位置によらず、電子線撮像手段から観察対象の試料までの距離と、光学系撮像手段から試料までの距離が、常に一定に維持される。この結果、電子線撮像手段と光学系撮像手段とを切り替えても、切替の前後で試料までの距離すなわちワーキングディスタンスが変化せず、このため切替に伴う焦点調整等の作業が大幅に省力化され、ユーザは容易に光学画像と電子顕微鏡画像とを切り替えることができる。さらに光学系撮像手段と電子線撮像手段との移動機構を一の回動手段で共通化することで、両者の移動切り替えのための機構を簡素化できる利点も得られる。

【0015】

また、第2の側面に係る拡大観察装置によれば、前記回動手段は、前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段を同時に回動させるように構成されており、前記回動手段による前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段の可動範囲は、少なくとも各電子線撮像手段及び光学系撮像手段の軌跡の一部が重複するように構成できる。これにより、回動手段により一方の観察手段の観察位置に他方の観察手段を位置させることができ、同一の試料を同一の視点で異なる観察手段に切り替えて観察することが容易に行える利点が得られる。

【0016】

さらに、第3の側面に係る拡大観察装置によれば、前記第一の位置と第二の位置は、前記胴部の円筒状側面上において前記共通の回転軸に対して略直交する略同一平面上に設けられている。これにより、電子線撮像手段と光学系撮像手段の回転面を略同一平面として、胴部の長さを短くでき、拡大観察装置の外形を小型化できる利点が得られる。

【0017】

さらにまた、第4の側面に係る拡大観察装置によれば、前記第一の位置と第二の位置は、前記光学系撮像手段と前記電子線撮像手段とが、相互に干渉しない程度に近接させて固定できる。このように観察手段の先端が干渉しない程度に近接して配置することで、一方の観察位置に他方の観察手段を移動させる際の移動量を必要最小限に抑えて無駄な移動量を無くし、切り替えを速やかに行うことが可能となる。

【0018】

さらにまた、第5の側面に係る拡大観察装置によれば、前記胴部の円筒状側面の少なくとも一部及び前記端面板の一方が、前記回動手段によって回転する回転部分を構成し、前記端面板の他方が、前記回動手段による回転運動に拘わらず回転しない固定部分を構成し

、前記試料台は、前記固定部分側に固定できる。これにより、試料台は電子線撮像手段及び光学系撮像手段の移動すなわち回転に拘わらず固定されるので、観察対象を固定して、観察する視点側を所望の位置に移動させるというユーザに位置関係を把握しやすい観察環境が実現できる。

【0019】

さらにまた、第6の側面に係る拡大観察装置によれば、前記胴部の回転部分と、前記端面板の固定部分との間に、前記回動手段を配置できる。これにより、回動手段を固定部分側の端面板に固定して、胴部の回動をスムーズに行うことが可能となる。

【0020】

さらにまた、第7の側面に係る拡大観察装置によれば、前記端面板のいずれか一方が、開閉可能な蓋部を構成できる。これにより、蓋部を開閉して試料の出し入れが容易に行える。

10

【0021】

さらにまた、第8の側面に係る拡大観察装置によれば、前記蓋部が前記固定部分であり、前記試料台を該蓋部に装着できる。これにより、試料台は円筒状側面の回転によらず固定状態を維持される。また、蓋部を回転させないことで蓋部を開閉する向きを常に一定方向に維持でき、蓋部の開閉動作を容易に行えたと共に、構造を簡素化できる。

【0022】

さらにまた、第9の側面に係る拡大観察装置によれば、前記試料台は、水平面内で移動させるための水平面移動機構及び高さ調整のための高さ調整機構を備えることができる。これにより、試料台はXYZ軸にのみ移動可能で傾動や揺動を禁止しているため、試料台に載置された試料が傾動によって位置ずれや滑り落ちることもなく、また粘着テープ等による固定作業も不要となり、作業性が高まる上、このような粘着テープによる破損も生じないという優れた利点が得られる。

20

【0023】

さらにまた、実施の形態に係る拡大観察装置によれば、前記試料台の水平面移動機構及び高さ調整機構は、前記固定部分側に固定できる。

【0024】

さらにまた、第10の側面に係る拡大観察装置によれば、前記水平面移動機構は、試料台をX軸方向、Y軸方向に移動させる移動量を調整するための各操作摘みを回転式に設けており、さらに前記高さ調整機構は、試料台をZ軸方向に移動させる移動量を調整するための操作摘みを回転式に設けることができる。これにより、X-Y平面及びZ軸の移動量をすべて回転式の操作摘みで調整できるよう操作性を統一して、ユーザによる操作感を統一できる。

30

【0025】

さらにまた、実施の形態に係る拡大観察装置によれば、前記蓋部は、前記胴部にスライド式に開閉するよう装着されてなり、該蓋部と共に前記試料台を試料室内から引き出すよう構成できる。これにより、蓋部に伴って試料台を試料室からスライド式に引き出すことができ、試料台へのアクセスを容易として試料の載置や交換を容易に行える。

【0026】

40

さらにまた、第11の側面に係る拡大観察装置によれば、前記高さ調整機構は、前記試料台を前記共通の回転軸と一致させた位置から下方に降下可能に構成できる。これにより、試料台を回転軸と一致させた状態で試料を試料台に載置し、試料の高さ分だけ試料台を降下させることで、試料の上面すなわち観察面を回転軸と一致させることができ、電子線撮像手段と光学系撮像手段の回転位置によらず、試料の観察面までの焦点距離を同じ状態に維持することが可能となる。

【0027】

さらにまた、第12の側面に係る拡大観察装置によれば、前記高さ調整機構は、その移動軌跡が前記電子線撮像手段及び光学系撮像手段の焦点可変範囲を含むものとできる。これにより、高さ調整機構によって電子線撮像手段と光学系撮像手段の焦点調整が可能とな

50

る。

【0028】

さらにまた、第13の側面に係る拡大観察装置によれば、前記電子線撮像手段が、電子線を試料に照射するための電子銃を備えており、さらに前記電子銃から照射され試料で反射された二次電子および／または反射電子を検出するための検出器が、試料室内面の固定部分に設けることができる。

【0029】

さらにまた、第14の側面に係る拡大観察装置によれば、前記端面板の一方に、前記試料室内を減圧するための減圧ポンプに試料室内の空気を吸引するための吸引口を設けることができる。

10

【0030】

さらにまた、第15の側面に係る拡大観察装置によれば、さらに第三の観察手段として、前記試料室内の環境を観察するための試料室内観察手段を備え、前記試料室内観察手段は、少なくとも、前記試料台と、該試料台に載置される試料及び前記電子線撮像手段の先端部を視野に含む光学画像を取得可能としている。これにより、試料室内での試料や光学系撮像手段、電子線撮像手段の位置関係を容易に把握できる。

【0031】

さらにまた、第16の側面に係る拡大観察装置によれば、前記試料室内観察手段を、固定部分側に設けることができる。これにより、電子銃や光学系撮像手段を回動させる際に、固定部分側から試料や光学系撮像手段、電子線撮像手段の位置関係を把握できるので、試料台や試料台上の試料との干渉の可否を容易に確認できる。

20

【0032】

さらにまた、第17の側面に係る拡大観察装置によれば、前記試料室内観察手段の光軸を、回転軸に対して略平行とできる。これにより、観察手段を回動させた場合の軌跡を円弧状として、回転による移動を視覚的に容易に把握できる利点が得られる。

【0033】

さらにまた、実施の形態に係る拡大観察装置によれば、前記試料室内観察手段の光軸を、回転軸よりも上方に位置させることができる。これにより、試料台上に載置される試料の上面と電子銃との関係を観察できる。

【0034】

さらにまた、第18の側面に係る拡大観察装置によれば、さらに前記電子線撮像手段で撮像した電子顕微鏡画像及び／又は光学拡大観察手段で撮像した光学画像を表示するための表示手段を備えることができる。これにより、撮像された電子顕微鏡画像と光学画像を表示手段で同時に、あるいは切り替えて確認、対比できる。

30

【0035】

さらにまた、第19の側面に係る拡大観察装置によれば、前記第一の位置と第二の位置とが回動中心と成す角度を、 30° ～ 50° の範囲とできる。これにより、一方の観察手段を他方の観察手段の位置まで回動させる回動量を短くできる。

【0036】

さらにまた、第20の側面に係る拡大観察装置によれば、前記光学系撮像手段の回動可能範囲と、前記電子線撮像手段の回動可能範囲とが重複する重複回動範囲を、 60° ～ 180° とできる。これにより、各観察手段で同じ観察角度の観察画像を取得できる範囲を広く確保することができ、観察の自由度が高められる。

40

【0037】

さらにまた、実施の形態に係る拡大観察装置によれば、前記電子線撮像手段を、静電型又は磁界型の電子レンズとできる。これにより、電子線撮像手段の方式を目的や用途に応じて適切に選択できる。例えば静電型の電子レンズを採用することで軽量化を図ることができ、この結果観察手段の回動を安定的に行え、信頼性を向上できる。また磁界型の電子レンズを選択すれば、高倍率化を図ることができる。

【0038】

50

さらにまた、実施の形態に係る拡大観察装置によれば、前記胴部に、該胴部を手動で回転させるための取っ手を設けることができる。これにより、ユーザは取っ手を把持することで胴部を回転させ観察手段の角度調整を容易に行うことが可能となる。

【0039】

さらにまた、実施の形態に係る拡大観察装置によれば、前記第一の位置には、前記電子線撮像手段が交換不能な状態に固定され、前記第二の位置には、前記光学系撮像手段を着脱式に固定できる。これにより、電子顕微鏡に設けられた光学系撮像手段を観察目的に応じて交換することが可能となり、電子顕微鏡観察と共に利用する光学観察の自由度を拡張することができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0040】

【図1】拡大観察システムの概要を示す概略図である。

【図2A】拡大観察装置を示す外観斜視図である。

【図2B】変形例に係る拡大観察装置を左側から見た外観斜視図である。

【図2C】図2Bの拡大観察装置を右側から見た外観斜視図である。

【図3】拡大観察装置の試料室内を示す正面断面図である。

【図4】図3のI-V-I V線から見た側面断面図である。

【図5】図4のV-V線における断面図である。

【図6】試料台の水平面移動機構を説明するための右斜め前方から見た一部断面斜視図である。

20

【図7】図6を上から見た一部断面平面図である。

【図8】図6を右斜め後方から見た一部断面斜視図である。

【図9】光学系撮像手段をSEM又はスタンドに切り替えて接続する様子を示す模式図である。

【図10】各観察手段と試料台との距離を示す模式正面図である。

【図11】回転部分と固定部分の区分けを示す模式側面図である。

【図12】固定部分に蓋部を設けた試料室の模式側面断面図である。

【図13A】蓋部を試料台と一体とした試料室の蓋部を閉塞した状態を示す模式側面断面図である。

【図13B】図13Aの試料室の蓋部を開放した状態を示す模式側面断面図である。

30

【図14】胴部の片側のみを回転させる試料室の例を示す模式斜視図である。

【図15】胴部の中間部分のみを回転させる試料室の例を示す模式斜視図である。

【図16】胴部を半円状に構成した試料室の模式側面断面図である。

【図17】光学系撮像手段と電子線撮像手段が各々回動可能な範囲を概念的に示した模式図であり、図17(a)は電子線撮像手段と光学系撮像手段の重複回動範囲を、図17(b)は電子線撮像手段の回動可能範囲を、図17(c)は光学系撮像手段の回動可能範囲を、それぞれ示している。

【図18】電子線撮像手段の構成を示すブロック図である。

【図19】静電レンズの電子レンズ系の構成を示すブロック図である。

【図20】電磁レンズの電子レンズ系の構成を示すブロック図である。

40

【図21A】光学系撮像手段の光学レンズ系の構成を示すブロック図である。

【図21B】情報処理手段で光学系撮像手段を制御する光学撮像システムを示すブロック図である。

【図22A】試料室内における試料台と観察手段の相対移動を示す模式断面図である。

【図22B】図22Aの試料室において観察手段を回転移動させた状態を示す模式断面図である。

【図23A】従来のユーセントリック構造による試料台の移動を示す模式断面図である。

【図23B】図23Aの試料室内で試料台を傾斜させた状態を示す模式断面図である。

【図24】試料台を降下させて試料載置面もしくは観察面を回転軸と一致させる様子を示す試料室の模式断面図である。

50

【図 2 5】電子レンズの焦点位置と回転軸の位置関係を示す模式側面図である。

【図 2 6】光学レンズの焦点位置と回転軸の位置関係を示す模式側面図である。

【図 2 7】従来の電子顕微鏡及び光学顕微鏡を備える装置を示すブロック図である。

【図 2 8】従来の他の電子顕微鏡及び光学顕微鏡を切り替える装置を示す斜視図である。

【図 2 9】従来の他の電子顕微鏡及び光学顕微鏡を備える装置を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0041】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。ただし、以下に示す実施の形態は、本発明の技術思想を具体化するための拡大観察装置を例示するものであって、本発明は拡大観察装置を以下のものに特定しない。また、本明細書は特許請求の範囲に示される部材を、実施の形態の部材に特定するものでは決してない。特に実施の形態に記載されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は特に特定の記載がない限りは、本発明の範囲をそのみに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。なお、各図面が示す部材の大きさや位置関係等は、説明を明確にするため誇張していることがある。さらに以下の説明において、同一の名称、符号については同一もしくは同質の部材を示しており、詳細説明を適宜省略する。さらに、本発明を構成する各要素は、複数の要素を同一の部材で構成して一の部材で複数の要素を兼用する態様としてもよいし、逆に一の部材の機能を複数の部材で分担して実現することもできる。

10

【0042】

本明細書において拡大観察装置とこれに接続される操作、制御、入出力、表示、その他の処理等のためのコンピュータ、プリンタ、外部記憶装置その他の周辺機器との接続は、例えば I E E E 1 3 9 4、R S - 2 3 2 x、R S - 4 2 2、R S - 4 2 3、R S - 4 8 5、U S B 等のシリアル接続、パラレル接続、あるいは 1 0 B A S E - T、1 0 0 B A S E - T X、1 0 0 0 B A S E - T 等のネットワークを介して電氣的に接続して通信を行う。接続は有線を使った物理的な接続に限られず、I E E E 8 0 2 . 1 x 等の無線 L A N や B l u e t o o t h (登録商標)等の電波、赤外線、光通信等を利用した無線接続等でもよい。さらに観察像のデータ保存や設定の保存等を行うための記録媒体には、メモリカードや磁気ディスク、光ディスク、光磁気ディスク、半導体メモリ等が利用できる。

20

【0043】

なお本明細書において、電子顕微鏡画像とは、電子顕微鏡等の電子線撮像手段で撮像された主に観察対象の輝度情報を含む、濃淡で表示されるモノクロ画像を指す。また光学画像とは、可視光や紫外光等を利用した光学系撮像手段で撮像された、主に色情報を含むカラー画像を指す。また光学画像には、可視光カメラによる可視光観察像の他、赤外線カメラによる赤外線観察像も利用できる。また、後述するように光学画像の色情報に基づいて電子顕微鏡画像を着色することも可能である。さらに、電子線撮像手段や光学系撮像手段が画像を取得するとは、一般にはこれらの部材で撮像する意味であるが、他の部材で撮像された画像を電子顕微鏡に取り込むことも包含する概念であり、このような概念を包括する意味で画像の取得という。

30

【0044】

以下の実施例では、本発明を具現化した拡大観察装置の一例として、電子顕微鏡の一である S E M を採用した例を説明する。但し、本発明は T E M や S T E M、その他の荷電粒子線装置においても利用できる。この場合、電子線系撮像手段は荷電粒子線系撮像手段に置換できる。また近視野顕微鏡、原子間力顕微鏡、静電気力顕微鏡等に適用することもできる。さらに光学系撮像手段としては、光学顕微鏡、レーザ顕微鏡、デジタルマイクロスコープ等に適用することもできる。

40

【0045】

図 1 ~ 図 8 は、本発明の実施の形態に係る拡大観察装置である。これらの図において、図 1 は拡大観察システムの概要を示す概略図、図 2 A は拡大観察装置の外観斜視図、図 2 B は変形例に係る拡大観察装置の外観斜視図、図 2 C は図 2 B の拡大観察装置を右側から見た外観斜視図、図 3 は拡大観察装置の試料室内を示す正面断面図、図 4 は図 3 の I V -

50

I V線から見た側面断面図、図5は図4のV-V線における断面図、図6は試料台の水平面移動機構を説明するための右斜め前方から見た一部断面斜視図、図7は図6を上から見た一部断面平面図、図8は図6を右斜め後方から見た一部断面斜視図を、それぞれ示す。

(拡大観察システム)

【0046】

図1に示す拡大観察システム1000は、拡大観察装置100と、減圧ポンプVPと、電源ユニットPUと、表示手段2とを備える。拡大観察装置100は、試料を気密に保持するチャンバユニット14と、試料室21内を減圧する減圧ユニット15とで構成される。チャンバユニット14には観察手段10として、電子線撮像手段11及び光学系撮像手段12の2本が装着されている。減圧ユニット15は、外部の減圧ポンプVPに接続されて、試料室21内を高真空、低真空等所定の真空度に減圧する排気系ポンプ70を構成する。また各観察手段10は表示手段2に接続されており、取得した画像データを表示手段2に送出する。表示手段2はディスプレイを備えており、電子線撮像手段11で撮像された電子顕微鏡画像や光学系撮像手段12で撮像された光学画像を、ディスプレイ上に表示できる。

(電源ユニットPU)

【0047】

コントローラ1や拡大観察装置100、減圧ポンプVPは、電源ユニットPUに接続されている。電源ユニットPUは、図示しない外部の商用電源に接続されて拡大観察装置100等に電力を供給する。この例では、電源ユニットPUはコントローラ1からの指示に基づいて拡大観察装置100に所定の電圧を供給し、拡大観察装置100の動作をコントローラ1で制御し、取得した画像を表示手段2に表示する。

(コントローラ1)

【0048】

コントローラ1は、専用の機器の他、汎用のコンピュータに拡大観察装置操作プログラムをインストールしたものも利用できる。また必要に応じて、コントローラ1や表示手段2を操作するための外付けのコンソールCSや、電子線撮像手段11の電子銃47に高加速電圧を印加するための高加速電圧ユニットHU等を付加することもできる。さらに図1の例では、コントローラ1が電源ユニットPUを介して拡大観察装置100等の制御を行っているが、電源ユニットをコントローラに統合して直接制御することもできる。

(表示手段2)

【0049】

図1の例では、コントローラ1に表示手段2を備えている。表示手段2は、電子顕微鏡画像や光学画像を表示するディスプレイ部102を備える。これらの画像は、同時に一画面に表示させたり、切り替えて表示させることができる。表示の切り替えは、コンソールCSから手動で行う。表示手段2にはCRTやLCD、有機EL等のモニタが利用できる。なお図1の例では、表示手段2とコントローラ1を一体に統合しているが、これらを別部材で構成することも可能である。またコンソールCSも、コントローラ1や表示手段2に組み込んでもよい。例えばタッチパネル式の表示手段を利用できる。さらに図1に示す各部材の接続例は一例であって、異なる接続形態や配線を利用することも可能である。また、必要に応じてワイヤレス接続も可能であることはいうまでもない。

【0050】

図1に示す拡大観察システム1000は、デジタルマイクロスコープ等の光学式レンズを用いた拡大観察と、SEM等の電子顕微鏡を用いた電子顕微鏡観察を組み合わせたものである。すなわち、電子顕微鏡の試料室21内に光学系撮像手段12を付加している。光学系撮像手段12は第一の観察手段として、可視光や赤外光等により光学画像を撮像する。例えば可視波長や赤外波長の光を利用する光学顕微鏡や光学カメラ等が利用できる。撮像した光学画像はユーザが任意に利用でき、例えばSEM画像等の電子顕微鏡画像の観察中において視野探しのための広域画像として利用したり、観察対象の試料の確認といった電子線観察の補助的な目的で利用される。これら電子線等の荷電粒子を用いて撮像する電

10

20

30

40

50

子線撮像手段 1 1 と、可視光等を用いて撮像する光学系撮像手段 1 2 を含む複数の撮像系すなわち観察手段 1 0 を、切換可能に構成している。

【0051】

なお観察手段 1 0 の内、光学系撮像手段 1 2 は、図 9 に示すように、SEM を構成する拡大観察装置 1 0 0 から外して、デジタルマイクロスコープ用のスタンド ST に接続し、このスタンド ST のステージに載置された試料の観察を行うこともできる。この構成は、光学式レンズを用いたデジタルマイクロスコープ等の拡大観察システムから見れば、交換可能なヘッド部の一として、SEM 等の電子線撮像手段 1 1 を接続可能にしたと捉えることもできる。すなわち、従来のデジタルマイクロスコープは、図 9 に示すスタンド式のカメラユニットのように、主に光学式の観察手段のみをカメラユニット又はレンズユニットとして接続可能としていたところ、本実施の形態では SEM のような電子線撮像手段 1 1 も接続可能とし、さらに電子線撮像手段 1 1 を設けた試料室 2 1 内での光学画像を撮像するためのカメラユニットとして、光学系撮像手段 1 2 を利用することができる。この場合は、図 9 における電子線撮像手段 1 1 を備える拡大観察装置 1 0 0 自体が、拡大観察システムの交換式ヘッド部の一となる。これにより、拡大観察システムで使用する交換可能なカメラ乃至レンズの一として、SEM や光学レンズ等のヘッド部分を選択的に装着し、所望の用途に応じた適切な観察手段を接続して観察を行うことが可能となり、拡大観察の利用範囲が光学系のみならず、電子顕微鏡系等に拡張でき、様々な拡大観察が実現可能となる。

10

【0052】

一方、電子線撮像手段 1 1 を備える拡大観察装置を主としてみれば、これにデジタルマイクロスコープを付加したものと捉えることもできる。いずれにしても、同一の試料に対して、光学画像と電子顕微鏡画像とを撮像できるという利点が得られる。特に、同一の視野で同一の倍率にて、異なる観察手段で取得されたこれらの画像を対比できることは、各観察像の利点を生かした種々の観点からの観察を可能とでき、拡大観察で得られる情報量を飛躍的に増大できる。

20

(観察手段 1 0)

【0053】

この拡大観察装置は、試料室 2 1 内の試料を観察する観察手段 1 0 を複数備えている。図 2 A に示す拡大観察装置 1 0 0 では、第一の観察手段として電子顕微鏡画像を撮像可能な電子線撮像手段 1 1 を、第二の観察手段として光学画像を撮像可能な光学系撮像手段 1 2 を、各々胴部 2 4 から突出させる姿勢に固定している。各撮像手段は、使用／非使用を後述する表示切替手段 3 6 で切り替え可能に構成されている。図 2 A の例では、胴部 2 4 の円筒状側面に表示切替手段 3 6 として押しボタンを設けている。また各撮像手段は、交互に使用する他、同時に使用するよう構成してもよい。さらに図 2 A の例では、電子線撮像手段 1 1 の右側に光学系撮像手段 1 2 を配置しているが、これらの配置を入れ換えても同様の効果が得られることはいうまでもない。

30

(倍率調整手段)

【0054】

また各観察手段 1 0 は、拡大倍率を各々調整するための倍率調整手段を備える。具体的には、電子線撮像手段 1 1 は、電子顕微鏡倍率を調整するための電子顕微鏡倍率調整手段 6 8 を備え、一方光学系撮像手段 1 2 は、光学倍率を調整するための光学倍率調整手段 9 5 を備える。各倍率調整手段は、例えば図 2 A に示すように各々の鏡筒の外周に回転自在に設けられたリングを回転させることで、倍率を調整する。特に電子顕微鏡倍率調整手段 6 8 を、光学倍率調整手段 9 5 と同様、鏡筒周囲で回転するリング状に構成することで、各観察手段の倍率調整の操作感を統一し、優れたユーザインターフェースが提供される。また各リングの表面には滑り止め加工を設けることが好ましい。電子顕微鏡倍率調整手段 6 8 で調整可能な倍率範囲としては、例えば 20 倍～10000 倍とする。また、光学倍率調整手段 9 5 で調整可能な倍率範囲としては、例えば 50 倍～500 倍とする。さらに光学ズームにデジタルズームを併用することで、より高倍率の画像を得ることもできる。

40

50

(焦点調整手段)

【0055】

さらに各観察手段10は、各々の光軸に沿って焦点距離を調整するための焦点調整手段を備えてもよい。例えば電子線撮像手段11は、その光軸に沿って焦点距離を調整するための顕微鏡焦点調整手段37を、光学系撮像手段12は、その光軸に沿って焦点距離を調整するための光学焦点調整手段38を、各々備えることができる。光学焦点調整手段38は、光学レンズ自体を機械的に光軸方向に上下させて焦点位置を調整する。図2Aの例では、焦点調整手段として、各観察手段の近傍に、ダイヤル式の摘みを各々設けており、摘みの回転量で焦点位置を調整できる。なお電子線撮像手段11で、電子顕微鏡画像を撮像する際の、電子銃から電子線を照射する軸を、本明細書においては「光軸」と呼ぶ。

10

【0056】

なお電子線撮像手段11に光学系撮像手段12を併用することで、色情報のないモノクロ画像が中心となる電子顕微鏡画像に対し、色情報を含むカラー画像の光学画像を取得できる。光学系撮像手段12には、可視光や紫外光等を利用した可視光観察像の他、赤外線カメラによる赤外線観察像も利用できる。また、光学画像の色情報に基づいて電子顕微鏡画像を着色することも可能である。例えば電子顕微鏡画像に光学画像を合成して、高倍率、高精度のカラー画像を得ることができる。

(拡大観察装置100)

【0057】

次に、拡大観察装置100の概要を説明する。拡大観察装置100の外観は、図2A～図4等に応示するように、円筒状のチャンバユニット14に、箱形の減圧ユニット15を連結した形状となる。チャンバユニット14は、図4に応示するように平板状のベース部22に載置される。ベース部22の上面には、固定板23を垂直姿勢に突出させるよう固定している。この固定板23は、胴部24の一方の開口端を閉塞する端面板として機能する。また固定板23の背面には減圧ユニット15に固定されている。さらに固定板23の前面には、胴部24を回転させるための回動手段30を備えている。図4の構成においては、固定板23は、回動手段30を介して胴部24の片側端面を気密に閉塞して、試料室21の減圧状態を維持しつつ、同時に胴部24を回転自在としている。胴部24の回転を許容するため、固定板23は、胴部24をベース部22上に片持ちで保持しつつ、ベース部22上に浮かせるよう離間しており、ベース部22との胴部24との間には隙間が設けられる。さらに胴部24の開口端縁も、固定板23と非接触として、胴部24の回転を阻害しないように隙間を設けている。

20

30

【0058】

チャンバユニット14は胴部24と一对の端面板で構成され、拡大観察装置100の本体部となる。胴部24は、その外形を略円筒状としている。胴部24の内部空間は2枚の端面板で気密に閉塞され、減圧可能な試料室21を構成する。端面板の一方は開閉式の蓋部27とし、他方は胴部24に固定される固定板23となって試料室21を気密に閉塞する。固定板23には図5の断面図に応示するように、減圧ユニット15に試料室21内の空気を吸引するための吸引口25が開口されている。さらに固定板23には、後述する二次電子検出器61、試料室内観察手段13等が設けられている。

40

(減圧ユニット15)

【0059】

試料室21は、吸引口25を介して減圧ユニット15と接続される。減圧ユニット15は排気系を構成し、加速電子の電子線が気体成分通過中に極力エネルギーを失うことなく試料に到達するよう、減圧環境を実現する。減圧ユニット15には、ロータリーポンプ、油拡散ポンプ、ターボ分子ポンプ(Turbo-Molecular Pump: T P M)等が利用でき、高真空から低真空排気まで所望の真空度に調整できる。真空度の調整可能範囲としては、例えば 10^{-6} Torr $\sim 10^{-10}$ Torrとする。この減圧ユニット15はチャンバユニット14の背面に気密に連結されている。なお吸引口25は、固定部分である固定板23に設けることが好ましいが、後述する回転部分側に形成しても良いことはいうまでもない

50

。

(減圧ユニット操作パネル16)

【0060】

また減圧ユニット15は、減圧ユニットの動作を操作するための減圧ユニット操作パネル16を設ける。図2Aの例では、胴部24の脇に減圧ユニット操作パネル16を設けており、ボタン操作で真空引きや大気導入の開始を操作する。また減圧ユニット操作パネル16は、真空引きの動作中や動作完了を示すためのインジケータを設けている。この例ではインジケータとして2つのLEDを設けており、点灯パターンの組み合わせで試料室21の状態を、大気状態、真空引き中、真空状態、大気導入中の4つに区分して表示する。

(脚部26)

10

【0061】

またこの拡大観察装置100は、ベース部22の底面の四隅から脚部26を突出させている。脚部26を介して、拡大観察装置100は接地面に水平に載置される。このため脚部26は、各々の高さを調整できる調整手段を設けることが好ましい。これにより、接地面の傾斜によらず水平姿勢に試料台33を維持して、安定して拡大観察を行える利点が得られる。調整手段は、例えばネジの進行によってその突出量を調整できる機構等、既知の構成が適宜利用できる。図4の側面図に示す例では、脚部26はチャンバユニット14側のベース部22に設けられている。ただ、減圧ユニット15に脚部を設けてもよい。

(胴部24)

【0062】

20

胴部24は中空の円筒状で、その両端面を端面板で封止して気密な試料室21を構成する。また端面板の少なくともいずれか一方は、開閉自在な蓋部27とする。胴部24の円筒状側面には、光学系撮像手段12と電子線撮像手段11が装着される。具体的には、第一の位置41に電子線撮像手段11が、第一の位置41と離間した第二の位置42に光学系撮像手段12が、各々装着されている。

【0063】

光学系撮像手段12と電子線撮像手段11は、各々内部にレンズを内蔵する筒状に構成されている。光学系撮像手段12は、筒状とした光学レンズ鏡筒の内部に光学レンズが複数枚組み込まれている。同様に電子線撮像手段11も、電子レンズ鏡筒の内部に電子レンズが組み込まれている。光学系撮像手段12と電子線撮像手段11は、図3の断面図に示すように、内部を円筒状とした試料室21の中心軸から半径方向に突出する姿勢で、胴部24の外面に固定されている。言い換えると各観察手段10の電子レンズ鏡筒及び光学レンズ鏡筒は、各々回転中心に向かう姿勢に固定されており、電子線撮像手段11の電子銃47の光軸と光学系撮像手段12の光軸は、回動手段30の回転軸を中心として径方向に放射状に延長されている。

30

(蓋部27)

【0064】

端面板の一方は、開閉自在な蓋部27とする。蓋部27は、図4の側面図の例では、胴部24端面を閉塞する円盤部分28と、円盤部分28の回転を支承するアーム29で構成される。図4においては左側が正面側であり、この図に示すように、アーム29の下端がベース部22先端にヒンジ等によりピボット式に軸支されており、アーム29を倒すことで円盤部分28が下方方向に開放され、アーム29を直立させて円盤部分28を胴部24端面に位置させて閉塞する。蓋部27を開放した状態で、ユーザは試料室21内に備えられた試料台33上に試料を載置できる。図6に示す例では、蓋部27の中心を軸支するアーム29を、ベース部22の先端に折曲自在に固定している。これにより、アーム29を手前に倒して蓋部27を開放位置とできる。この構造によれば、蓋部27を胴部24に密着させて回転させつつ、蓋部27の開閉方向は胴部24の回転位置に依らず常に下方方向となるように一定とできる。

40

【0065】

さらに胴部24の端面を蓋部27で開閉式とすることで、試料室21内部を大きく開放

50

でき、サイズの大きな試料でも容易にセットできる利点も得られる。特に試料台 3 3 を傾斜させない構成と相俟って、試料を単に試料台 3 3 上に載置するだけで済み、試料を試料台 3 3 上で滑らないように固定する必要がないため、試料の出し入れ、設置作業を極めて簡単にできるという優れた利点が見られる。

【0066】

なお、試料台 3 3 への載置を容易にするために、蓋部 2 7 を開放した状態で試料台 3 3 を手前に引き出すスライド式に構成することもできる（例えば、後述する図 1 3 A、図 1 3 B 参照）。これによって試料台 3 3 へのユーザのアクセスが容易となる。蓋部 2 7 を含め端面板や胴部 2 4 は、高真空を維持できる十分な耐性を備える部材で構成される。

（固定部分）

10

【0067】

胴部 2 4 は、円筒状側面の少なくとも一部を回動手段 3 0 で回転可能としている。このため、胴部 2 4 及び端面板は、胴部 2 4 の回転運動に伴って回転する回転部分と、回転せず静止状態のままの固定部分とに分けられる。いいかえると、回動手段 3 0 によって固定部分と回転部分とに区分される。例えば、試料台 3 3 を駆動する試料台駆動手段 3 4 である水平面移動機構 7 4 及び高さ調整機構 8 0 や、蓋部 2 7、試料室内観察手段 1 3、ベース部 2 2 及び固定板 2 3 等は、固定部分となる。一方、各観察手段 1 0 や、これに付随あるいは協働させる照明部の光源ポート 9 7 等は、回転部分側に設けられる。

（回動手段 3 0）

【0068】

20

さらに胴部 2 4 は、一方の観察手段の光軸の方向を、他方の観察手段の光軸の方向と略一致させるように各観察手段を移動可能な移動手段として、回動手段 3 0 を備える。回動手段 3 0 は、円筒状胴部 2 4 の中心軸を回転軸として、観察手段 1 0 を固定した側面を円周に沿って回転させる。このような回動手段 3 0 は、例えばベアリングや、胴部 2 4 の回転軸方向に設けたギアを、固定側であるベース部 2 2 又は減圧ユニット 1 5 側に設けたギアとの噛合によって回転させる方式が利用できる。また、回動手段 3 0 を回転させるために必要な外力すなわち回転の抵抗力は、ユーザが手で回転できる程度としつつ、観察手段 1 0 が所望の位置となるように胴部 2 4 を回転させた状態で手を離すと、該姿勢を維持できる程度の抵抗力を備えることが好ましい。このような回転の抵抗力乃至摩擦力に維持できるよう、ベアリングの油量やギアのウェイト等を調整する。この構成により、複数の観察手段 1 0 を容易に同一の位置に切り替え可能であり、視野の変更等も生じない。また、回動によって観察手段 1 0 を傾斜できるので、マルチアングル機構で簡単に高倍率での傾斜観察が可能になるという利点も得られる。

30

【0069】

また上述の通り、電子線撮像手段 1 1 を回動させる回動面と、光学系撮像手段 1 2 を回動させる回動面とは略一致させている。これにより、各撮像手段の光軸が交差する位置となるため、一方の撮像手段を他方の撮像手段の位置まで回動させるだけで、同じ視野の観察画像を取得でき、位置の切り替えによる視野合わせや焦点の調整といった、同じ視野での撮像を行うべく異なる撮像手段に切り替えるためのユーザの操作を極めて容易にできる利点が見られる。

40

【0070】

また、回動手段 3 0 によって観察手段 1 0 を回転させつつ、試料は固定姿勢とするために、試料台 3 3 は固定部分側に固定される。図 4 の例では、この試料台 3 3 を駆動する試料台駆動手段 3 4 である水平面移動機構 7 4 及び高さ調整機構 8 0 は、胴部 2 4 背面の端面板を通じて固定されている。

【0071】

従来は、試料台 3 3 側を回転あるいは傾動させる方式であったため、視点を変更する際、カメラと試料の位置関係の把握がユーザに容易でなく、移動方向等に混乱を生じる場合が少なからずあった。これに対して本実施の形態では、あくまでも観察対象を固定し、見る側の視点を変更するという自然な形での観察方式としているため、物理的に位置関係の

50

把握が容易であり、視点の移動や変更の際しての調整作業に誤解や混乱が生じ難い、初心者でも理解しやすい、といった利点が得られる。

【0072】

このように観察手段10である光学系撮像手段12と電子線撮像手段11とは、胴部24側面の回転によって同時に移動できる。光学系撮像手段12と電子線撮像手段11との移動機構を一の回転手段30で共通化することで、2つの観察手段10の移動のための機構を簡素化できる利点が得られる。また回転によって、各観察手段10を同一の位置に容易に切り替え可能であり、試料を回転軸の位置に静止させることで、視野の変更等も生じない。さらに図10の各観察手段10と試料台33との距離を示す模式正面図に示すように、光学系撮像手段12及び電子線撮像手段11の各観察手段10は、回転移動によって、その回転軸に位置する試料までの距離をほぼ一定に維持できるため、一旦焦点距離を調整しておけば、位置を変更しても常にフォーカスを合わせた状態となるため、回転角度すなわち視点のみを変化できるという合焦状態での傾斜観察に好適な環境が実現される。

10

【0073】

好ましくは、蓋部27は固定部分側に開閉自在に固定する。例えば、図4の側面図に示すように、蓋部27の円盤部分28を胴部24の開放端に着脱自在に装着しつつ、円盤部分28の回転軸をアーム29で支承して、アーム29の下端をベース部22の先端に折曲自在に固定している。これによって、上述の通り胴部24の回転位置によらず蓋部27を開閉する方向を一定に維持できる。この場合、蓋部27は胴部24端面の正面側を閉塞し、背面の端面板は胴部24と一体に固定しつつ、その一部を貫通するように試料台33を駆動する試料台駆動手段34を固定部分である減圧ユニット15に固定している。すなわちこの例では、蓋部27の円盤部分28は、胴部24を閉塞する状態では回転部分と一体となり、アーム29は固定部分に固定されている。またアーム29とベース部22との折曲部分であるヒンジ部138の近傍には、引張バネ135を設けている。引張バネ135は、ヒンジ部138を折曲しやすくなる方向に付勢している。すなわち、アーム29を開放状態の水平姿勢から、閉塞状態の垂直姿勢に直立させ易くする。さらに引張バネ135は、垂直姿勢とした後も保持機構140のロック状態を解除するロック解除機構として、アーム29を胴部24側に付勢している。

20

【0074】

蓋部27を回転部分側に固定すると、胴部24の回転位置によって蓋部27の開閉方向が変化してしまい、ユーザはその都度開閉方向を確認しなければならないという弊害が生じる。また蓋部27が剛性の高い重い金属製の場合は、蓋部27の方向によってはユーザが手動で開閉し難くなったり、開閉を支承するヒンジへの負荷が大きくなることも考えられる。よって、このような開閉姿勢の変化を回避するために、蓋部27の固定位置を固定部分側とすることが有効となる。また、蓋部27を開閉する向きを常に一定方向とすることで、蓋部27の開閉構造を簡素化できる利点も得られる。

30

【0075】

ただ、本実施の形態は蓋部27の開閉方向を限定せず、蓋部27を側方に開閉させたり、十分な強度が維持される場合は蓋部27を上方向に開閉させる方式を採用することも妨げない。あるいは、蓋部27を回転軸方向で装置の外方に移動させるスライド式とすることもできる。この場合は、蓋部27は胴部24の底面と平行状態を維持したまま、手前に引き出される。またこの構成では、蓋部27と同時に試料台33を引き出すこともでき、上述のように試料台33へのアクセスを容易にできる利点が得られる。また蓋部27の開閉方式に依らず、試料台33を単独で試料室21の外部に引き出し自在としてもよい。試料台33を引き出す構成は、例えば試料台33及びこれを駆動する試料台駆動手段34のアームを手前側に突出自在とすることで実現できる。

40

【0076】

なお、後述するように試料台33は傾動や揺動をしないように水平姿勢を維持しつつ、平面内の移動や回転を可能としているが、本明細書においてこのような試料台33を水平姿勢に「固定」するとは、試料台33を回転軸回りに胴部24に対して揺動、傾斜させな

50

いという意味で使用する。すなわち、回転軸の軸方向に試料台 3 3 をスライドさせることは「固定」の概念に含まれる。

(回動手段の変形例)

【0077】

上述した図 4 の構成を、主に回転部分と固定部分の区分けで示した模式側面図を図 1 1 に示す。この構成では、胴部 2 4 全体が一方の端面板（図 1 1 において右側に位置する背面側）に対して回動し、端面板と胴部 2 4 との間に胴部 2 4 の回動を行わせるための回動手段 3 0 が構成されている。ただ、蓋部や胴部等の回転部分、固定部分の構成例は、このような構成に限られず、種々の形態が利用できる。図 1 2 ～図 1 3 B に、変形例に係る回動手段の例を示す。これらの図において、図 1 2 は固定部分に蓋部 2 7 B を設けた試料室 2 1 B の模式側面断面図、図 1 3 A は蓋部 2 7 C を試料台 3 3 C と一体とした試料室 2 1 C で蓋部 2 7 C を閉塞した状態を、図 1 3 B は蓋部 2 7 C を開放した状態を、それぞれ示している。なおこれらの図では、説明のため減圧ユニット等の図示を省略している。

10

【0078】

図 1 2 の例では、胴部 2 4 の正面側（図において左側）を端面板で閉塞し、背面側（図において右側）に開閉式の蓋部 2 7 B を設けている。この構成では、蓋部 2 7 B は胴部 2 4 の回転によって回転しない、固定部分となっている。さらに図 1 3 A、図 1 3 B の例では、固定部分に設けた蓋部 2 7 C に、試料台 3 3 C を一体的に固定している。この構成においては、好ましくは図 1 3 A、図 1 3 B に示すように、蓋部 2 7 C に試料台 3 3 C を固定し、蓋部 2 7 C を装置背面から引き出すことで、蓋部 2 7 C を開放すると共に、蓋部 2 7 C に固定された試料台 3 3 C も試料室 2 1 C 外に引き出される。この構成であれば、試料台 3 3 C へのアクセスが容易となり、試料の載置や取り出し、交換作業が容易となる。

20

【0079】

また図 1 1 及び図 1 2 の例では、胴部の全体を回転させているが、胴部の一部のみを回転させるような構造とすることもできる。例えば図 1 4 の斜視図に示すように胴部 2 4 D を 2 つに分け、端面板の一方側（図において右側の背面側）を固定部分（図中斜線で示す）とし、他方（正面側）側を回転部分とすることで、円筒状側面の一部（正面側）を回転させている。また図 1 5 の斜視図の例では、胴部 2 4 E を 3 分割し、両端面を固定部分（図中斜線で示す）とし、側面の中間部分である、観察手段 1 0 を固定した一部のみを摺動させる構成としている。これによって、端面板や蓋部 2 7 E を固定部分側とでき、特に蓋部 2 7 E の開閉構造を容易にできる利点を得られる。

30

【0080】

なおこのような構成において、端面板や胴部 2 4 の一部に固定部分を設ける場合、この固定部分に、試料台 3 3 を駆動させる試料台駆動手段 3 4 を支持させる。具体的には、図 4 等に示すように、端面板に開口を設け、開口の内側であって固定板 2 3 上に試料台 3 3 を駆動する試料台駆動手段 3 4 を設けている。すなわち固定部分である開口内から試料台駆動手段 3 4 のアームを試料室 2 1 内に挿入し、アームの先端に試料台 3 3 を X、Y、Z 方向に駆動させる状態に支持する。また図 1 5 の例では、他の固定部分である正面側の端面板に試料台駆動手段 3 4 を設けてもよい。あるいは、胴部 2 4 及び両端面板を、これらを支持するベース部 2 2 上にて回転軸回りに回転自在に支承させてもよい。この場合は、端面板の一部のみに試料台 3 3 を支持させることができる。

40

【0081】

なお、いずれの構成においても回動手段が回転しても試料室 2 1 内の減圧状態が維持できるよう、気密を維持したまま回動できる構造が求められる。特に胴部 2 4 は複数の観察手段 1 0 を備え相当の重量がある上、固定板 2 3 で片持ち姿勢にて回転させるため、十分な機械的強度も求められる。そこで図 4 に示す例では、端面板を構成する固定板 2 3 と胴部 2 4 との間の回転面において、ベアリングとして回転精度が高くかつ荷重負荷耐性に優れたクロスローラベアリング 3 1 を使用している。さらに回転面での気密性を維持するため、Oリング 3 2 を介在させている。これにより、胴部 2 4 内部の試料室 2 1 の気密性を維持しつつ、安定的な回転機構が実現できる。

50

【0082】

さらに本明細書において回転乃至回動とは、必ずしも完全な円運動である必要はなく、円弧状の移動軌跡を含む。例えば図16の模式側面断面図に示すように、胴部24Fを半円状に構成して、湾曲側面に沿って電子線撮像手段11及び光学系撮像手段12を移動させて試料室21F内を傾斜観察を可能とする例も包含する。同様に、胴部の円筒状側面には、完全な円筒のみならず、部分的な円筒、例えば断面が半円や円弧となるものも含む意味で使用する。

(取っ手35)

【0083】

また胴部24は、手動で回転し易いように取っ手35を設けることもできる。図2Aに示す取っ手35は、観察手段10と同様、胴部24の円筒状側面から突出する姿勢に固定されたチャンバチルトノブである。取っ手35の先端には、ユーザが手で把持し易いようグリップ部分を設けている。ユーザは取っ手35のグリップ部分を把持して胴部24を所望の方向に回転できる。取っ手35は、両手で把持できるように、離間させて2つ設けている。好ましくは、胴部24の側面から突出する2つの観察手段である電子線撮像手段11と光学系撮像手段12を設けた位置の外側に、2つの取っ手35を設け、2つの観察手段の両側から挟み込むようにして配置する。このようにして、取っ手35同士の間には2つの観察手段を位置させることで、円周方向に突出した観察手段の端部が回動時に外部の部材と接触して破損したりする事態を、これら観察手段よりも外部に配置された取っ手35によって保護する効果も得られる。また、取っ手35の突出長さを、電子線撮像手段11や光学系撮像手段12よりも長く突出させることで、これら観察手段の保護効果をさらに高めることができる。加えて、図2B、図2Cに示す変形例のように、取っ手35Bの先端に設けたグリップ部分を外側に折曲させることで、ユーザがより把持し易くできる。また、取っ手35の形状は棒状とする他、L字状やコ字状、半円状等に形成してもよい。あるいは、取っ手を1本のみ設けてもよい。あるいはまた、観察手段が十分な強度で胴部に固定されている場合は、観察手段を取っ手に兼用することもできる。

(表示切替手段36)

【0084】

また拡大観察装置は、使用する撮像手段を切り替える表示切替手段36を備える。表示切替手段36の例としては、ハードウェア的な切替スイッチが利用できる。図2Aの例では、表示切替手段36として胴部24の円筒状側面で、電子線撮像手段11及び光学系撮像手段12の手前に、各々押しボタンを設けている。また各ボタンの前面にはLEDランプ等の表示灯17が設けられている。この表示切替手段36は、いずれか押しボタンを押下すると、該押しボタンの背面の観察手段が選択されて、表示手段でリアルタイム表示される動画表示が、該観察手段で取得した画像に自動的に切り替わると共に、該当する表示灯17が点灯して、該観察手段が選択中であることを示す。このように、押しボタンの押下というメカニカルな切り替え操作によりユーザに対し切り替え操作を感覚的に知覚させ、さらに押しボタンの押し込み位置と表示灯17の点灯／消灯とで、現在の選択状態を視覚的に把握させることができる。なお図2Aの例では、いずれかの押しボタンを択一的に選択でき、非選択の押しボタンは自動的にOFFに切り替わる。言い換えると、表示切替手段36によりいずれか一方の観察手段を選択して、選択された観察手段のみ操作するよう構成されており、2つの観察手段を同時に使用することはできない。ただ、このように観察手段を交互に使用する構成の他、同時に使用可能に構成してもよい。

【0085】

また、表示切替手段36による観察手段の切り替えには、各観察手段に設けられた切替スイッチを操作するハードウェア的な操作の他、ソフトウェア的な切り替えを採用することも可能である。例えば表示手段の画面上で、選択したい観察手段の観察上を表示しているウィンドウを選択してアクティブにすると、自動的に観察手段の選択状態が切り替わるように構成してもよい。

【0086】

また表示切替手段 36 は、このようなハードウェア的な構成の他、拡大観察装置 100 の操作プログラムを操作する等、電子的あるいはソフトウェア的に切り替え指示を送る構成としてもよい。あるいは、ハードウェアによる切替スイッチと、操作プログラム等のソフトウェアによる切替スイッチとを兼用してもよい。例えば胴部 24 を回動手段 30 で回動時させると、自動的に観察手段 10 を切り替えるように促すこともできる。また回動操作のための取っ手 35 に、切替スイッチを設けることもできる。特に、観察手段 10 の切り替え操作は、観察手段 10 を物理的に移動させる、すなわち回動手段 30 を操作させるタイミングで行うことが多いため、回動時に把持する取っ手 35 に、観察手段 10 の表示切替手段 36 を設けることで、この切り替え操作も回動操作とほぼ同時に実行することができ、操作性を向上できる。例えば、取っ手 35 のハンドル部 35b の端面や側面に、ユーザがハンドル部 35b を把持した状態で親指や人差し指で押し易い位置に、表示切替手段 36 として押しボタンスイッチを設ける。また、押しボタンスイッチはトグル式に電子線撮像手段と光学系撮像手段とを切り替える他、各観察手段に切り替えるための専用のボタンを設けてもよい。例えば右側の取っ手 35 には観察手段の内、右側に配置されたもの、例えば光学系撮像手段には光学系撮像手段への切替スイッチを、左側の取っ手 35 には左側に配置されたもの、例えば電子線撮像手段には電子線撮像手段への切替スイッチを、それぞれ設けることができる。

10

(試料室 21)

【0087】

試料室 21 内は、減圧状態を維持できるような封止構造としている。試料室 21 の内壁には、各種の部材を配置、或いは接続するためのポートを開口している。各ポートは、試料室 21 内を減圧状態に維持できるよう、気密に封止される。このような気密封止を実現するために、接合箇所にはリング等のパッキンが利用される。

20

(第一の位置 41 及び第二の位置 42)

【0088】

観察手段 10 の内、第一の観察手段を構成する電子線撮像手段 11 は胴部 24 の円筒状側面の第一の位置 41 に固定されており、また第二の観察手段を構成する光学系撮像手段 12 は同じく胴部 24 の円筒状側面で、第一の位置 41 と近接した第二の位置 42 に固定されている。図 3 の例では、電子線撮像手段 11 を固定している第一の位置 41 と、光学系撮像手段 12 を固定している第二の位置 42 との距離は、固定値である。すなわち、円筒状胴部 24 を回転させると、光学系撮像手段 12 と電子線撮像手段 11 とが一緒に回動されることになる。これにより、各観察手段 10 の移動機構を共通にして簡素化できる。

30

【0089】

第二の位置 42 は、光学系撮像手段 12 の先端が電子線撮像手段 11 の電子銃 47 の光軸と干渉しない位置とする。好ましくは、非干渉としつつ極力接近させた位置とする。これにより、図 3 に示すように光学系撮像手段 12 を電子線撮像手段 11 と近付けることができ、この結果、双方の観察手段 10 の位置まで回動させるための回転量を最低限に抑え、撮像位置の切り替え作業をスムーズにかつ迅速に行える。また、観察手段 10 の位置を近付けることで、図 17 (a) ~ (c) に示すように、両者の回動移動可能な範囲の重複範囲(後述する重複回動範囲)を大きくできる利点も得られる。

40

【0090】

このため第一の位置 41 と第二の位置 42 とが回動中心と成すオフセット角度は、小さい程好ましく、具体的には 30° ~ 50° の範囲とすることが好ましい。図 3 の例では、光学系撮像手段 12 の光軸と電子線撮像手段 11 の光軸が、 40° の角度差となるように、各々が胴部 24 に固定されている。また回動手段 30 は、オフセット角度以上の範囲で回転させることが可能であり、これによって一方の観察手段を他方の観察手段の位置まで回転させることができる。回動手段 30 で回動可能な範囲は、回動規制手段で規制される最大回動範囲である。また回動規制手段を解除することで、さらに広範囲の回動範囲規制値まで回動させることも可能である。

【0091】

50

なおこの例では、電子線撮像手段 1 1 は胴部 2 4 に交換不能な状態で固定されている一方、光学系撮像手段 1 2 は着脱式に固定している。これにより、光学系撮像手段 1 2 を図 9 に示すように拡大観察装置 1 0 0 から外して、デジタルマイクロスコープ用のスタンド S T に付け替えることが可能となる。この着脱構造を実現するため、第二の位置 4 2 には光学系撮像手段装着部が設けられる。

(光学系撮像手段装着部)

【0092】

胴部 2 4 の円筒状側面には、第二の位置 4 2 に光学系撮像手段 1 2 を着脱自在に装着するための光学系撮像手段装着部を設けている。光学系撮像手段装着部は、光学系撮像手段 1 2 の光学レンズ鏡筒を差し込み可能に開口されたポートを有しており、ポート部分には光学系撮像手段 1 2 を装着するためのマウント 3 9 が設けられる。マウント 3 9 は、図 3 に示すように有底筒状で、その内径は光学系撮像手段 1 2 を装着できるよう、光学系撮像手段 1 2 の外形よりも若干大きく設計される。またマウント 3 9 の筒状内面には、ネジ溝等、光学系撮像手段 1 2 を挿入し固定するための構造を設ける。

10

【0093】

さらにマウント 3 9 の底面には開口窓が設けられ、装着された光学系撮像手段 1 2 の光学レンズを阻害しないよう、透光性ウィンドウが嵌め込まれている。さらにマウント 3 9 は、試料室 2 1 内の気密性を維持しつつ装着できるよう、Oリングを介して封止される。Oリングはマウント 3 9 と胴部 2 4 との接合面及びマウント 3 9 と透光性ウィンドウとの接合面に、各々設けられる。図 3 の例では、光学系撮像手段装着部は、第一Oリング、ポート、第二Oリング、透光性ウィンドウの 4 部品により、真空封止している。

20

【0094】

このように胴部 2 4 の筒状側面に気密に設けられたマウント 3 9 に光学系撮像手段 1 2 を装着自在とすることで、気密性を維持しつつ光学観察を行うことができる。さらに、マウント 3 9 に装着される光学系撮像手段 1 2 を交換することも容易に行えるため、光学観察の自由度が飛躍的に増す。特に従来の S E M 等の電子顕微鏡においては、光学観察が可能な光学レンズを備えるものは存在したが、あくまでも電子顕微鏡の視野探し等に利用することを想定した補助的な意味合いが強く、本格的な光学レンズを備えるものは殆ど利用されていなかった。これに対し本実施の形態では、光学レンズを交換可能としたことで、電子顕微鏡と併用する光学観察においてもその選択肢を広げ、観察の自由度を大きく拡大できる利点を得られる。

30

【0095】

すなわち従来は、視野探しを光学系撮像手段 1 2 で行い、その後の詳細な観察は電子線撮像手段 1 1 で行うという位置付けに過ぎなかった。また、同じ視野の光学画像と電子顕微鏡画像とを同倍率で表示し、これらを併用して対比、切り替えを行おうとすれば、両者が同じ視野となるように位置合わせする作業が非常に面倒であった。これに対して本実施の形態では、光学系撮像手段 1 2 と電子顕微鏡の拡大倍率を重複させ、かつ回転式に移動させつつ、その回転軸に試料を配置することで、同じ視野範囲で光学画像と電子顕微鏡画像との取得が飛躍的に容易となった。

【0096】

第一の位置 4 1 と第二の位置 4 2 は、図 3 に示すように、光学系撮像手段 1 2 と電子線撮像手段 1 1 とが相互に干渉しない程度に近接させて固定されている。具体的には観察手段 1 0 の先端部分が試料室 2 1 内部で物理的に干渉する虞があり、また一方の光軸が他方の鏡筒で遮られる虞もある。特に図 3 に示すように、電子線撮像手段 1 1 は試料室 2 1 内部まで突出している一方、光学系撮像手段 1 2 はマウント 3 9 に固定される都合上、試料室 2 1 内部への侵入量が相対的に少なく、その光軸が電子線撮像手段 1 1 の先端に阻害される虞がある。このため、このような物理的、光学的な干渉が生じないように、これらを離間させる必要がある。

40

【0097】

一方でこれらを離間させすぎると、今度は胴部 2 4 を回転させて互いの位置まで移動さ

50

せる際の移動距離が長くなる上、相互の観察手段10が共に位置することのできる軌跡の重複すなわち重複回動範囲が狭くなる不都合がある。そこで、これらが干渉しない程度に近接して配置することで、一方の観察位置に他方の観察手段10を移動させる際の移動量を必要最小限に抑えて無駄な移動量を無くし、切り替えを速やかに行う利点が享受できる。

【0098】

光学系撮像手段12と電子線撮像手段11との固定位置は、円筒状胴部24の回転軸と略直交する略同一平面上としている。これにより、回転移動された光学系撮像手段12と電子線撮像手段11とは、常に同じ円周上で移動するため、両者の軌跡が一致し、同一視野の観察画像を得ることが可能となる。特に電子線撮像手段11を回動させる回動面と、光学系撮像手段12を回動させる回動面とを略一致させることで、各観察手段10の光軸の移動範囲が一致するため、一方の観察手段10を他方の観察手段10の位置まで回動させるだけで、同じ視野の観察画像を取得でき、位置の切り替えによる視野合わせや焦点の調整といった、同じ視野での撮像を行うべく異なる観察手段10に切り替えるためのユーザの操作を極めて容易にできる利点が得られる。

10

【0099】

また、同一平面上に光学系撮像手段12と電子線撮像手段11とを固定することで、胴部24の長さを短くでき、回転軸方向における装置のコンパクト化を図り、拡大観察装置の外形を小型化できる利点も得られる。このような試料台33側を固定して観察手段10側を傾斜させる構造によって、異なる傾斜角度（観察角度）での傾斜観察を容易に行え、

20

【0100】

また電子線撮像手段11を固定する第一の位置41と、光学系撮像手段12を固定する第二の位置42とは、異なる位置であるため、各観察手段10で試料を撮像する傾斜角度も、第一の位置41と第二の位置42とで異なる。この結果、同時に撮像できる電子顕微鏡画像と光学画像とは、異なる傾斜角度で得られたものとなるが、胴部24を回転させることでお互いの位置まで容易に移動させることができる。すなわち、光学系撮像手段12があった位置まで電子線撮像手段11を移動させたり、逆に電子線撮像手段11の位置に光学系撮像手段12を移動させることが、胴部24を回動させるという極めて簡単な操作により速やかに、かつ正確に行える。このことは、特に従来の電子顕微鏡と比べて大きな利点となる。

30

【0101】

本実施の形態によれば、同じ傾斜角度での観察画像を、電子線撮像手段11と光学系撮像手段12とで得ようとすれば、一旦一方の観察手段（例えば光学系撮像手段12）で観察画像（例えば光学画像）を撮像した上で、円筒状胴部24を回転させ、他方の観察手段（例えば電子線撮像手段11）を、先ほど一方の観察手段で撮像した位置まで回動させる。回動は、回転運動の中心軸すなわち回転軸に沿った円弧状の軌跡となるため、どの位置であっても常に観察手段の光軸は回転軸に向かう姿勢で維持される。よって、一旦焦点距離を調整しておけば、回動によっても本質的にはその焦点距離が維持されるため、合焦のための操作は極めて容易である。

40

【0102】

言い換えると、最初に一方の観察手段で観察画像を撮像する際、他方の観察手段でも合焦位置に調整しておけば、回動の前後で合焦状態が維持されるため、回動後速やかに観察画像を取得できる。このように本実施の形態によれば、2つの異なる観察手段10を用いて、同じ位置での観察画像を速やかに、かつ容易に取得できるという極めて優れた特長が得られるのである。

【0103】

このように図3や図17の構成においては、同一の視野を同一の方向（傾斜角度）から観察するために、胴部24を回転する。なお、一方の観察手段が元あった位置に、他方の観察手段が位置していることを認識する手段としては、胴部に回転エンコーダや角度セン

50

サ等の回動位置検出手段を設置して、回転角度を電氣的に知る方法、または胴部と固定側に、それぞれ目盛と目印を付けておき、目視で回転角度を知る方法等が利用できる。

【0104】

なお、二つの観察手段は、いずれも回動手段30によって提供可能ないかなる回動位置においても、回動手段30の回動中心を通る光軸を持つように、胴部24に固定されている。そして、回動手段30を用いて、一方の観察手段（例えば電子線撮像手段11）の位置を、観察者の望む位置に回動させて固定することにより、特定の視野方向から、試料台に載置された試料の特定の箇所の拡大観察が可能となる。

【0105】

ここで、本実施例でいう「略同一の観察位置」とは、上述したような手法にて位置決めされた一方の観察手段にて、試料台に載置された試料の特定の箇所の画像を取得した後、他方の観察手段（例えば光学系撮像手段12）を一方の観察手段が位置していた回動位置に回動させて固定することにより、略同一の特定の視野方向から、試料台に載置された試料の特定の箇所の拡大観察を行う場合における、一方と他方の観察手段が位置決めされた位置のことを意味する。

【0106】

また、このように二つの観察手段に対して略同一の観察位置を提供し、且つ二つの観察手段が略同一の倍率にて画像を取得する場合、その前提として、試料台の位置ならびに試料台上に載置された、試料台に対する試料の位置が略同一であることにより、各々の観察手段にて取得する画像の倍率ならびに試料の特定の箇所の画像が可能となり、その後の二つの画像の比較観察がより良いものとなることはいうまでもない。

【0107】

言い換えれば、一方の観察手段によって試料を特定の視野方向から特定の倍率で観察したときの試料の観察視野範囲と、他方の観察手段によって試料を特定の視野方向と同一方向から観察可能となるように、回動手段30によって胴部24を回転させた後、他方の観察手段によって試料を特定の視野方向と同一方向から特定倍率と同倍率で観察したときの試料の観察視野範囲とが、ほぼ同一であることを意味する。なお、回動手段30の機械誤差により、ここでいう略同一の観察位置が、完全に同一の観察位置にならない場合があることはいうまでもない。

（回動可能範囲）

【0108】

光学系撮像手段12と電子線撮像手段11が各々回動できる範囲は、少なくとも一部が重複するよう、すなわち互いの観察手段10が互いの位置に移動できるように構成する。図17(a)～(c)は、光学系撮像手段12と電子線撮像手段11がそれぞれ回動できる範囲を概念的に示した模式図であり、図17(a)は電子線撮像手段11と光学系撮像手段12の重複回動範囲を、図17(b)は電子線撮像手段11の回動可能範囲を、図17(c)は光学系撮像手段12の回動可能範囲を、それぞれ示している。また各図において実線は電子線撮像手段11の回動可能範囲を、破線は光学系撮像手段12の回動可能範囲を、それぞれ示している。上述の通り光学系撮像手段12と電子線撮像手段11とは、胴部24の回転により一緒に回動されるため、各々の観察手段10が回動できる回動可能範囲は、胴部24の回転可能範囲に依存する。

（重複回動範囲）

【0109】

より正確には、胴部24の回転可能範囲から、第一の位置41と第二の位置42との角度差すなわちオフセット角度を引いた角度が、光学系撮像手段12と電子線撮像手段11とが重複する重複回動範囲である。例えば、胴部24の回転可能範囲が 150° で、オフセット角度が 40° の場合は、 $150^\circ - 40^\circ = 110^\circ$ が、重複回動範囲となる。重複回動範囲が広い程、様々な傾斜角度で電子顕微鏡画像、光学画像を共に撮像することができ、好ましい。理想的には、重複回動範囲を試料台33の上面をすべてカバーできる $0^\circ \sim 180^\circ$ とする。この場合は、ほぼすべての傾斜角度で電子顕微鏡画像、光学画像を

取得できる。ただ、胴部 24 から突出する各観察手段 10 が拡大観察装置の載置面と抵触すると回動が阻止されるため、各観察手段 10 が胴部 24 から突出する長さや、拡大観察装置を床面に載置するための脚部 26 の高さ等により物理的な制約を受けることになる。このため重複回動範囲は、 $60^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 程度となる。好ましくは、 180° もしくはこれに近い重複回動範囲を実現できるよう、各観察手段 10 の突出長さや脚部 26 の長さを設定する。なお本明細書において傾斜角度は、電子線撮像手段 11 が垂直姿勢にある状態を 0° として計算している。例えば図 17 (b) の例では、電子線撮像手段 11 の回動可能範囲が、垂直姿勢から左に 90° 、右に 60° で、合わせて 150° である。また光学系撮像手段 12 の回動可能範囲は、電子線撮像手段 11 から右に 40° 傾斜して固定されているため、その回動可能範囲は、図 17 (c) に示すように、垂直姿勢から左に 50° 、右に 100° で、合わせて 150° である。

10

【0110】

以上のように、各観察手段 10 (光学系撮像手段 12 及び電子線撮像手段 11) は、回転移動 (回動) によって、その回転軸に位置する試料までの距離をほぼ一定に維持できるため、一旦焦点距離を調整しておけば、位置を変更しても常にフォーカスを合わせた状態で、回転角度すなわち視点のみを変化させることができるという優れた利点が得られる。

(電子線撮像手段 11 の概要)

【0111】

次に、電子線撮像手段 11 の概要について、図 18 に基づいて説明する。図 18 は、電子線撮像手段 11 のシステム構成を示すブロック図であり、ここでは静電型の静電レンズを用いた SEM を利用している。この SEM は、一般に加速電子の電子線を発生させ試料 SA に到達させるまでの電子レンズ系と、試料 SA を配置する試料室 21 (チャンバ) と、試料室 21 内を真空にするための排気系と、像観察のための操作系で構成される。また図 18 の電子線撮像手段 11 は、荷電粒子線による電子線観察像である電子顕微鏡画像の観察を行うため、電子顕微鏡制御部 40 で各部材を制御する。さらに図 18 のコントローラ 1 で実行される電子顕微鏡の操作プログラムで、電子顕微鏡の像観察条件の設定や各種操作を行い、観察像の表示を行う表示手段 2 に表示する。

20

(電子レンズ系)

【0112】

電子レンズ系は、加速電子の電子線 EB を発生させる電子銃 47、加速電子の束を絞り込んで細束化する電子レンズ系、試料 SA から発生する二次電子や反射電子を検出する検出器を備える。図 18 に示す電子線撮像手段 11 は、電子レンズ系として電子線 EB を照射する電子銃 47 と、電子銃 47 から照射される電子線 EB が電子レンズ系の中心を通過するように補正する光軸調整器としてガンアライナ 49 と、電子線 EB のスポットの大きさを細く絞る集束レンズ 52 であるコンデンサレンズと、集束レンズ 52 で集束された電子線 EB を試料 SA 上で走査させる電子線偏向走査手段 58 と、走査に伴い試料 SA から放出される二次電子を検出する二次電子検出器 61 と、反射電子を検出する反射電子検出器 62 を備える。

30

(排気系)

【0113】

試料室 21 には、試料台 33、試料導入装置、X 線検出用分光器等が備えられる。試料台 33 (ステージ) は試料台制御部 34 で制御され、試料台 33 の X、Y、Z (高さ) 方向への移動、回転 (R) 機能を備える。これら 4 軸は電動駆動される他、一部もしくは全部を手動での駆動とすることもできる。排気系は、上述した減圧ユニット 15 で構成される。

40

(操作系)

【0114】

操作系は二次電子像、反射電子像、X 線像等を表示、観察しながら照射電流の調整、焦点合わせ等を行う。二次電子像等の出力は、アナログ信号であれば写真機によるフィルム撮影が一般的であったが、近年は画像をデジタル信号に変換した出力が可能となり、デー

50

タの保存や画像処理、印刷等の多種多様な処理が可能である。図18のSEMは、二次電子像や反射電子像等の観察像を表示する表示手段2と印刷のためのプリンタ69を備える。また操作系は、像観察条件として少なくとも加速電圧又はスポットサイズ（入射電子線束の直径）を設定するために必要な設定項目の設定手順を誘導（ガイダンス）する誘導手段を備える。

（電子線撮像手段11の詳細）

【0115】

次に、電子線撮像手段11の詳細について、図18に基づき説明する。図18のSEMは、コントローラ1及び表示手段と接続され、コントローラ1で電子線撮像手段11の操作を行い、結果を表示手段に表示し、また必要に応じて像観察条件や画像データを保存したり、画像処理や演算を行う。図18に示すCPUやLSI等で構成される中央演算処理部60は、電子線撮像手段11を構成する各ブロックを制御する。電子銃高圧電源43を制御することにより、フィラメント44、ウェネルト45、アノード46からなる電子銃47より電子線EBを発生させる。電子銃47から発生された電子線EBは、必ずしも電子レンズ系の中心を通過するとは限らず、ガンアライナ49を光軸調整器50によって制御することで、電子レンズ系の中心を通過するように補正を行う。次に、電子線EBは集束レンズ制御部51によって制御される集束レンズ52であるコンデンサレンズによって細く絞られる。集束された電子線EBは、電子線EBを偏向する非点収差補正器57、電子線偏向走査手段58、対物レンズ59、及び電子線EBのビーム開き角を決定する対物絞り53を通過し、試料SAに至る。非点収差補正器57は非点収差補正器制御部54によって制御され、走査速度等を制御する。同様に電子線偏向走査手段58は電子線偏向走査手段制御部55によって、対物レンズ59は対物レンズ制御部56によって、それぞれ制御され、これらの作用によって試料SA上を走査する。試料SA上を電子線EBが走査することにより、試料SAから二次電子、反射電子等の情報信号が発生され、この情報信号は二次電子検出器61、反射電子検出器62によりそれぞれ検出される。検出された二次電子の情報信号は二次電子検出増幅部63を経て、また反射電子の情報信号は反射電子検出器62で検出されて反射電子検出増幅部64を経て、それぞれA/D変換器65、66によりA/D変換され、画像データ生成部67に送られ、画像データとして構成される。この画像データはコントローラ1に送られ、コントローラ1に接続されたモニタ等の表示手段2にて表示され、必要に応じてプリンタ69にて印刷される。排気系ポンプ70は、試料室21内部を真空状態にする。排気系ポンプ70に接続された排気制御部72が真空度を調整し、試料SAや観察目的に応じて高真空から低真空まで制御する。

（電子銃47）

【0116】

電子銃47はあるエネルギーをもった加速電子を発生させるソースとなる部分で、W（タングステン）フィラメントやLaB₆フィラメントを加熱して電子を放出させる熱電子銃の他、尖状に構成したWの先端に強電界を印加して電子を放出させる電界放射電子銃がある。一方電子レンズ系は、電子顕微鏡倍率調整手段68で制御されて電子顕微鏡倍率を調整する。電子レンズ系には、集束レンズ52、対物レンズ59、対物絞り53、電子線偏向走査手段58、非点収差補正器57等が装着されている。集束レンズは電子銃47で発生した電子線EBをさらに収斂して細くする。対物レンズ59は最終的に電子プローブを試料SAに焦点合わせするためのレンズである。対物絞り53は収差を小さくするために用いられる。検出器には、二次電子を検出する二次電子検出器61と反射電子を検出する反射電子検出器62がある。二次電子はエネルギーが低いのでコレクタにより捕獲され、シンチレータにより光電子に変換されて、光電子倍增管で信号増幅される。一方、反射電子の検出にはシンチレータあるいは半導体型が用いられる。なお、本発明では二次電子や反射電子の信号検出に限定されず、オージェ電子、透過電子、内部起電力、カソードルミネッセンス、X線、吸収電子等の信号検出器を適用することもできる。あるいは、反射電子検出器を省略してもよい。

（電子レンズ系）

(静電レンズ)

【0117】

以上の電子線撮像手段11であるSEMは、電子レンズとして静電型の電子レンズである静電レンズを採用している。静電型のSEMは軽量であるため、本実施の形態のように傾斜させる構造に適している。静電レンズの概要を、図19のブロック図に示す。この図に示すように静電レンズは、電子レンズ鏡筒内の各電子レンズを、静電レンズ制御部40Aで電氣的に制御する構造となっている。電子レンズ鏡筒内には、電子銃47Aと、第一コンデンサレンズ52Aと、第二コンデンサレンズ57Aと、電子線偏向走査手段58として、電子線EB1を走査させるための走査電極58Aと、対物レンズ59Aとが備えられる。電子銃47Aは、電子線源であるフィラメント44Aと、電子線集束用の円筒電極であるウェーネルト45Aと、アノード46Aとで構成される。また静電レンズ制御部40Aは、フィラメント44A及びウェーネルト45Aを制御して電子銃47Aより電子線EB1を発生させる電子銃高圧電源43Aと、第一コンデンサレンズ52Aを制御する第一レンズ制御部51Aと、第二コンデンサレンズ57Aを制御する第二レンズ制御部54Aと、走査電極58Aを制御する走査電極制御部55Aと、対物レンズ59Aを制御する対物レンズ制御部56Aとを備える。このように静電レンズは、複数の電極を組み合わせ、正電場の電子線EB1に対する集束作用を利用して電子線EB1を試料SAに向けて照射し、試料SAから放出される二次電子SE1を二次電子検出器61Aで検出している。この構造の静電レンズは収差が大きいものの、構造を簡素化して電子線撮像手段11の軽量化を図ることができ、これにより観察手段10の回動を安定的に行え、信頼性を向上できる利点が見られる。なお図19の例では、電子線偏向走査手段58を1段の走査電極58Aで構成しているが、複数段の電極で構成することもできる。

(電磁レンズ)

【0118】

ただ、本発明は電子線撮像手段11を静電レンズに限定するものでなく、他の電子レンズも適宜採用できる。例えば、十分な機械的強度を維持できるのであれば、電子レンズとして磁界型の電子レンズである電磁レンズを利用してもよい。電磁レンズは高倍率化に有利であるという利点が見られる。電磁レンズの概要を、図20に示す。この図に示す電磁レンズも、電子レンズ鏡筒内の各電子レンズを、電磁レンズ制御部40Bで電氣的に制御する構造である。電子レンズ鏡筒内には、電子銃47Bと、第一コンデンサレンズ52Bと、第二コンデンサレンズ57Bと、電子線EB2を走査させるための走査コイル58Bと、対物レンズ59Bとが備えられる。電子銃47Bは、電子線源であるフィラメント44Bと、電子線集束用の円筒電極であるウェーネルト45Bと、アノード46Bとで構成される。また電磁レンズ制御部40Bは、フィラメント44B及びウェーネルト45Bを制御して電子銃47Bより電子線EB2を発生させる電子銃高圧電源43Bと、第一コンデンサレンズ52Bを制御する第一レンズ制御部51Bと、第二コンデンサレンズ57Bを制御する第二レンズ制御部54Bと、走査コイル58Bを制御する走査コイル制御部55Bと、対物レンズ59Bを制御する対物レンズ制御部56Bとを備える。このように電磁レンズは、電子線EB2を試料SA2に向けて照射し、試料SA2から放出される二次電子SE2を二次電子検出器61Bで検出している。上述した静電レンズが電場を利用するのに対し、電磁レンズでは電磁石による磁場を利用して電子線EB2を照射している。

【0119】

また磁界型電子レンズは一般に電磁石を用いた電磁レンズが利用されるが、磁界発生手段として、電磁石でなく永久磁石を用いることで、レンズ構造の簡素化、小型化、軽量化等を図ることもできる。ただし、この場合は電磁石のように磁力の調整ができないため、焦点距離が固定値となる。本明細書では便宜上、このようなレンズも電磁レンズと呼ぶ。

(検出器)

【0120】

図3に示す例では、検出器として、二次電子検出器(SED)61を使用している。ただ、これに代えて、あるいはこれに加えて他の検出器を利用することもできるのは上述の

通りである。なお二次電子検出器 6 1 は、図 3 の例では固定部分に設けている。好ましくは、背面側に位置する端面板に設ける。これにより、試料台 3 3 と二次電子検出器 6 1 はいずれも固定部分にあるため、その位置関係が不変で、安定した二次電子の検出が可能となる。特に試料台を傾斜させる傾斜観察においては、二次電子が試料台の影とならずに確実に捕捉できる利点が得られる。すなわち、従来の試料台側を傾斜させて電子銃及び二次電子検出器を固定する構成では、試料表面が二次電子検出器から見たときに試料台の影になってしまうことがあり、この結果二次電子の検出感度が低下するという問題があった。これに対して上述のように試料台側を固定して電子銃側を傾斜させる構成では、傾斜観察においても試料台が傾斜しないため、このような影になる問題が生じず、この結果傾斜観察においても安定した観察結果を得ることができる利点が得られる。ただ、この構成に限らず、検出器を回転部分側に設けてもよい。

10

(試料台 3 3)

【0 1 2 1】

さらに図 6 ～図 8 に示すように、試料室 2 1 内には、観察対象の試料を載置するための試料台 3 3 を配置している。試料台 3 3 は、上面を平坦な円形状のテーブルとしている。なお図 6 ～図 8 の一部断面斜視図の例では、説明のため試料台 3 3 を半円状に切り欠いた状態を示している。試料台 3 3 は、円筒状の試料室 2 1 の中心軸とほぼ一致させる位置に配置する。厳密には、試料台 3 3 は水平姿勢を維持したまま上下に昇降可能であることから、試料台 3 3 の試料載置面が 2 つの観察手段 1 0 の光軸の交点に一致させることができるように、移動機構を調整している。

20

【0 1 2 2】

これによって、回転軸のほぼ中心に試料を配置して、各観察手段 1 0 が中心軸に向かう姿勢に保持されて試料を観察するため、回転軸に沿って各観察手段 1 0 を回転させても、常にその光軸の向かう先を試料として、試料を視野に捉えやすくてできる上、その焦点距離(ワーキングディスタンス:WD)も一度調整すれば、観察手段 1 0 を回転させても常に一定のワーキングディスタンスにて維持されるため、合焦点状態をほぼ維持しつつ、異なる角度からの観察を可能とすることができる。すなわち、観察手段 1 0 を移動させたことによる視野のロストを極減することができるので、特に操作に不慣れな初心者ユーザであっても容易に操作できるという優れた利点が得られる。

(試料台駆動手段 3 4)

30

【0 1 2 3】

観察位置の位置決めは、試料 S A を載置した試料台 3 3 を物理的に移動させて行う。試料 S A の移動は、試料台 3 3 を駆動する試料台駆動手段 3 4 を構成する水平面移動機構 7 4 及び高さ調整機構 8 0 で行う。これらの試料台駆動手段 3 4 は、試料台制御部 3 4 によって制御される。試料台 3 3 は試料 S A の観察位置を調整可能なように様々な方向への移動、調整が可能である。具体的には、試料台 3 3 を水平面内で移動させるための水平面移動機構 7 4 を備える。水平面移動機構 7 4 は、試料台 3 3 の平面方向である X 軸及び Y 軸方向への移動及び微調整が可能である。また水平面移動機構 7 4 に、R 軸(回転)方向を付加してもよい。この試料台駆動手段 3 4 は、試料に対して観察位置の位置決めを行う観察位置決め手段として機能する。

40

(水平面移動機構 7 4)

【0 1 2 4】

また図 6 ～図 7 に示すように、水平面移動機構 7 4 は、試料台 3 3 を X 軸方向、Y 軸方向、R 方向に移動させる移動量を手動で調整するための X 軸操作摘み 7 4 X、Y 軸操作摘み 7 4 Y、R 軸操作摘み 7 4 R を、胴部 2 4 の右側で手前側に突出するように設けている。これらの図に示すように、試料台 3 3 の X 軸方向、Y 軸方向及び R 軸方向への移動は、各々操作摘みの後端に張設された無限軌道のベルト駆動及びギア駆動により、各操作摘みの回転量に応じて回転力が伝達され、試料台 3 3 が所定量移動する。

(操作摘み)

【0 1 2 5】

50

さらに高さ調整機構 80 は、試料台 33 を Z 軸方向に移動させる移動量を調整するための Z 軸操作摘み 80 Z を、固定板 23 の背面から上方に突出するように設けている。このように、各操作摘みを回転式に統一することで、ユーザは試料台 33 の移動を統一された操作感によって調整できる。なお、図 6～図 7 等の例では、X 軸操作摘み 74 X、Y 軸操作摘み 74 Y、R 軸操作摘み 74 R を、いずれも胴部 24 の右側で鉛直面から突出する姿勢に設けられている。ただ、このような配置や位置に限られるものでなく、拡大観察装置の任意の位置に、任意の配置で設けることも可能であることはいうまでもない。例えば、図 2 B、図 2 C に示す変形例に係る拡大観察装置では、X 軸操作摘み 74 X、Y 軸操作摘み 74 Y、R 軸操作摘み 74 R を水平面に並べて配置している。また各摘みには、回転時に指で摘んで連続回転を容易にする突起を設けてもよい。さらに Z 軸操作摘み 80 Z は、その回転軸が側面から突出する姿勢に、摘み部分が垂直姿勢となるように固定することで、ユーザは感覚的に高さ方向の調整であることを摘みの姿勢から把握でき、他の摘みと区別し易くできる。

10

(非傾動)

【0126】

この試料台 33 は水平面内での移動のみを可能としており、従来の試料台では可能であった傾斜角度 (T 軸方向) の調整を排除している。いいかえると、試料台駆動手段 34 は試料台 33 を傾斜させるための傾動手段を有しない。このように試料台 33 の傾動動作を禁止した非傾動状態にて、試料台 33 を水平姿勢に固定することで、試料台 33 上面に載置した試料が傾斜により移動したり滑り落ちる事態を回避できる。また、従来必要であった、両面テープ等で試料を試料台に固定する作業を無くすと共に、このような粘着材の貼付、剥離によって試料が破損する事態も回避できるという優れた利点を得られる。

20

【0127】

また、試料台 33 の傾動に代えて、観察手段側を傾斜させる、すなわち回動させることにより、傾斜観察における視野の変化をユーザが把握しやすいといった利点も得られる。すなわち、従来は電子銃等の観察手段側を固定し、試料側を傾斜させていたため、視野の変化が観察対象の変化となって現れ、試料がどのような姿勢であり、どの方向から見ているのか、また所望の視野を得るためにはどの軸をどの方向に調整すればいいのかな等を把握することが容易でなく、微調整の操作には熟練を要していた。これに対し、試料を固定して観察手段側を移動 (回動) させる構成では、ユーザ自身の手で観察手段を物理的に傾斜し、さらに試料の位置が固定されているため、両者の位置関係を容易に把握できるのである。換言すると、一般の観察と同様、固定された試料に対してユーザ自身の視点を移動させるという動作に近い構成のため、ユーザ自身が観察手段を手動で調整することと相俟って、相対的な位置関係が極めて明確となる。また、視野の変更に際しても、試料と観察手段の相対位置が把握できることから、どの軸をどの方向に移動させれば所望の視野に調整できるかの理解も容易となり、操作に熟練していないユーザであっても直感的に把握できるメリットがある。

30

(高さ調整機構 80)

【0128】

また試料台 33 は、その水平位置を調整するための高さ調整機構 80 として、対物レンズ 59 と試料との距離 (ワーキングディスタンス) を調整するために、鉛直方向である Z 軸方向の調整を可能としている。また高さ調整機構 80 の移動軌跡に、電子線撮像手段 11 及び光学系撮像手段 12 の焦点可変範囲を含めることで、電子線撮像手段 11 と光学系撮像手段 12 の焦点調整が可能となる。この場合、高さ調整機構 80 は、電子線撮像手段 11 の焦点距離を調整するための顕微鏡焦点調整手段 37 と、光学系撮像手段 12 の焦点距離を調整するための光学焦点調整手段 38 に兼用、あるいは各観察手段 10 が各々焦点調整手段を有している場合は、これらと併用することができる。また、いずれか一方の観察手段 10 が焦点調整手段を有しない焦点固定式の場合は、その焦点調整手段として機能することは言うまでもない。例えば、電子線撮像手段 11 が顕微鏡焦点調整手段 37 を備えており、光学系撮像手段 12 が焦点固定式の場合に、高さ調整機構 80 を光学焦点調整

40

50

手段 38 として利用できる。

【0129】

なお観察像の位置決めや観察視野の移動には、試料台を物理的に移動させる方法に限られず、例えば電子銃から照射される電子線の走査位置をシフトさせる方法（イメージシフト）も利用できる。あるいは、このような仮想的な移動を物理的な移動と併用してもよい。あるいはまた、広い範囲で一旦画像データを取り込み、データをソフトウェア的に処理する方法も利用できる。この方法では、一旦データが取り込まれてデータ内で処理されるため、ソフトウェア的に観察位置を移動させることが可能で、試料台の移動や電子線の走査といったハードウェア的な移動を伴わないメリットがある。予め大きな画像データを取り込む方法としては、例えば様々な位置の画像データを複数取得し、これらの画像データ

10

（光学系撮像手段 12）

【0130】

次に、光学系撮像手段 12 について説明する。まず、光学系撮像手段 12 の光学レンズ系の構成例を、図 21A に示す。この光学レンズは、光学レンズ鏡筒内に配置された光学撮像素子 92 と、光学レンズ群 98 を構成する光学ズームレンズ 93 及び対物レンズ 94 とを備える。各レンズは、複数枚の光学レンズで構成できる。倍率の調整は、光学ズームレンズ 93 を手動または電動で駆動してレンズ間の間隔を調整することで行われる。電動駆動の場合は、光学ズームレンズ 93 の位置を移動させるモータを備えており、モータの回転によって光学ズーム倍率を調整する。このような光学倍率を調整するため、光学系撮像手段 12 は光学倍率調整手段 95 を備える。また焦点位置を可変とする場合は、これを調整するための光学焦点調整手段 38 を備えてもよい。焦点位置を固定式とする場合は、光学焦点調整手段を省略できる。さらに、試料台 33 に載置された試料 SA3 を照明するための照明部 96 を配置している。

20

【0131】

光学撮像素子 92 には、CCD や CMOS 等が利用できる。光学撮像素子 92 は、試料 SA3 に光学系を介して入射される光の反射光または透過光を、2 次元状に配置された画素毎に撮像信号を電気的に読み取って光学画像を結像する。光学撮像素子 92 によって電気的に読み取られた画像データは、情報処理手段 101 に送出されて処理される。

30

（光学撮像システム）

【0132】

図 1 に示す拡大観察システム 1000 の構成では、光学系撮像手段 12 と電子線撮像手段 11 を制御するコントローラが、各々別個に設けられている。ここでは、電子顕微鏡画像手段はコントローラ 1 で制御され、光学系撮像手段 12 は表示手段に組み込まれた情報処理手段 101 で制御される。本実施の形態においては、コントローラ 1 で画像合成等の画像処理を行うよう構成している。ただ、各観察手段を制御する別個のコントローラを設ける構成の他、一のコントローラで複数の観察手段を制御するよう構成してもよい。共通のコントローラを使用することで、必要な部材を低減できる上、ユーザも一のコントローラのみを操作することで複数の観察手段を制御できる。さらに各観察手段の操作についても、統一された環境やユーザインターフェースを提供することで、より操作性が向上される。

40

【0133】

図 21B に、表示手段 2 の情報処理手段 101 で光学系撮像手段 12 を制御する光学撮像システムのブロック図を示す。この図に示す光学系撮像手段 12 は、試料 SA3 を撮像する光学撮像素子として CCD 等の受光素子と、CCD を駆動制御する CCD 制御回路 91 と、照明部 96 から試料台 33 上に載置された試料 SA3 に対して照射された光の透過光や反射光を CCD 上に結像させる光学レンズ群 98 とを備える。光学レンズ群 98 は、図 21A に示す構成が利用できる。また試料 SA3 を載置する試料台 33 を駆動する試料台駆動手段 34 として、水平面移動機構 74 及び高さ調整機構 80 を備えることも、図 4

50

等で説明した通りである。また光学焦点調整手段として、光学レンズ群 98 を光軸方向に移動させる機構を設けたり、あるいは高さ調整機構を、光軸方向における相対距離を変化させ焦点を調整する光学焦点調整手段として兼用してもよい。

【0134】

一方表示手段 2 は、撮像素子によって電氣的に読み取られた画像データを記憶する画像データ記憶部の一形態としてメモリ 103 と、撮像素子によって電氣的に読み取られた画像データに基づいて画像を表示するディスプレイ部 102 と、ディスプレイ部 102 上に表示される画面に基づいて入力その他の操作を行う操作部 105 と、操作部 105 によって入力された情報に基づいて画像処理その他各種の処理を行う情報処理手段 101 と、情報処理手段 101 が光学系撮像手段 12 からの情報を授受するためのインターフェイス 104 とを備える。ディスプレイ部 102 は、高解像度表示が可能なモニタであり、CRT や液晶パネル等が利用される。

10

【0135】

メモリ 103 は、例えば光学焦点調整手段によって焦点を調整したときの試料台 33 と光学レンズ群 98 の光軸方向における相対距離に関する焦点距離情報を、光軸方向とほぼ垂直な面内における試料 SA3 の 2 次元位置情報と共に記憶する。またディスプレイ部 102 によって表示された画像上で任意の点、領域を操作部 105 で設定すると、設定された領域に対応する試料 SA3 の一部または全部に関するメモリに記憶された焦点距離情報に基づいて、該領域に対応する試料 SA3 の光軸方向における平均高さを情報処理手段 101 で演算する。このようにして拡大観察装置は、光学レンズ群 98 を介して入射する試料台 33 上に載置された試料 SA3 からの反射光または透過光を撮像素子で電氣的に読み取り、指定された領域に対応する試料 SA3 の光軸方向における平均高さ又は深さを演算できる。さらに情報処理手段 101 は、電子顕微鏡画像と光学画像とを合成する画像合成手段として機能させることもできる。

20

【0136】

操作部 105 はコンピュータと有線もしくは無線で接続され、あるいはコンピュータに固定されている。一般的な操作部 105 としては、例えばマウスやキーボード、スライドパッド、トラックポイント、タブレット、ジョイスティック、コンソール、ジョグダイヤル、デジタイザ、ライトペン、テンキー、タッチパッド、アキュポイント等の各種ポインティングデバイスが挙げられる。またこれらの操作部 105 は、拡大観察用操作プログラムの操作の他、拡大観察装置自体やその周辺機器の操作にも利用できる。さらに、インターフェース画面を表示するディスプレイ自体にタッチスクリーンやタッチパネルを利用して、画面上をユーザが手で直接触れることにより入力や操作を可能としたり、または音声入力その他の既存の入力手段を利用、あるいはこれらを併用することもできる。図 21B の例では、操作部 105 はマウス等のポインティングデバイスで構成される。

30

【0137】

また、表示手段 2 にはコンピュータ 70 を接続可能であり、コンピュータ 70 に別途拡大観察用操作プログラムをインストールして、コンピュータ 70 側からも拡大観察装置を操作することもできる。あるいは表示手段そのものをコンピュータで実現することもできる。この場合、コンピュータに接続したモニタが、表示手段のディスプレイ部として機能する。

40

(画素ずらし手段 99)

【0138】

さらに光学系撮像手段 12 は、画素ずらしによって CCD の持つ解像度以上の高解像度を得るための画素ずらし手段 99 を備えることができる。画素ずらしとは、例えば画素ピッチの半分だけ被写体をずらして撮影した画像と、ずらす前の画像とを合成することにより高解像度化を図るものである。代表的な画素ずらしの機構としては、撮像素子を移動させる CCD 駆動方式、LPF を傾斜させる LPF 傾斜方式、レンズを移動させるレンズ移動方式等がある。図 21B においては、試料台 33 に固定された試料 SA3 から光学レンズ群 98 を介して CCD に入射される反射光または透過光の入射光路を、少なくとも一の

50

方向に、その方向におけるCCDの画素の間隔よりも小さい距離で光学的にシフトさせる光路シフト部14を備える。画素ずらしを実現するための機構や手法は、上記の構成に限られず、既知の方法や将来開発される方法が適宜利用できる。

【0139】

CCDは、x方向およびy方向に2次元状に配置された画素毎に受光量を電氣的に読み取ることができる。CCD上に結像された試料SA3の像は、CCDの各画素において受光量に応じて電気信号に変換され、CCD制御回路91においてさらにデジタルデータに変換される。情報処理手段101は、CCD制御回路91において変換されたデジタルデータを受光データとして、光軸方向（図21B中のz方向）とほぼ垂直な面内（図21B中のx、y方向）における試料SA3の2次元位置情報としての画素の配置情報（x、y）と共にメモリ103に記憶する。ここで、光軸方向とほぼ垂直な面内とは、厳密に光軸に対して90°をなす面である必要はなく、その光学系および撮像素子における解像度において試料の形状を認識できる程度の傾きの範囲内にある観察面であればよい。

10

【0140】

以上のように図1の拡大観察システム1000の構成では、光学系撮像手段12を表示手段2に組み込まれた情報処理手段101で制御する一方、電子線撮像手段11はコントローラで制御する。すなわち観察手段毎に別個にコントローラを設けているが、この構成に限られず、一のコントローラで複数の観察手段を制御する構成とすることもできる。

（照明部96）

【0141】

図21Bに示す照明部96は、試料SA3に落射光を照射するための落射照明を例示している。ただ、これに限らず、透過光を照射するための透過照明を利用することもできる。照明部96は、光ファイバ106を介して表示手段2と接続される。表示手段2は、光ファイバ106を接続するコネクタを備えると共に、コネクタを介して光ファイバ106に光を送出するための光源107を内蔵する。光源107にはハロゲンランプやキセノンランプ、LED等が用いられる。

20

【0142】

照明部96は、図4、図7等にも示すように、試料室21内の光源ポート97に設置される。光源ポート97に接続される照明部96は、その照明光が試料台33に向けられるように照明光の光軸が設定される。好ましくは、照明部96は図4にも示すように、各観察手段10を設けた回転面とは異なる面上に位置させ、かつ光軸が該回転面と交差する角度に設定される。このように照明光を傾斜させることで、照明光により試料に影が生じる方向が回転面と平行とならず、交差するため、傾斜観察において影の暗い部分を少なくできる効果が期待できる。

30

【0143】

さらに試料室21の内面は、反射性とすることが好ましい。これにより、照明光を試料室21内部で可能な限り反射させ、乱反射により照明の陰影を少なくできる効果が得られる。例えば試料室21の内面をAgコート等反射率の高い金属で被覆する。

【0144】

光源ポート97は、回転部分側に設けられる。これにより、胴部24の回転に沿って照明部96も回転するため、光学系撮像手段12と照明部96の位置関係を一定に維持でき、光学系撮像手段12の位置によらず半径方向に同じ角度で照明を照射し続ける結果、光学系撮像手段12の回転によって照明状態が変化しないという利点を得られる。

40

（試料室内観察手段13）

【0145】

さらに本実施の形態では、第三の観察手段として、試料室21内の環境を観察するための試料室内観察手段13を設けている。試料室内観察手段13は、追加の光学系撮像手段として、少なくとも試料台33と、試料台33に載置された試料及び電子線撮像手段11の先端部を視野に含む光学画像を試料室内画像として取得可能である。これにより、試料室21内での試料や光学系撮像手段12、電子線撮像手段11の位置関係を容易に把握で

50

きる。特に、試料の載置位置の確認に有利となる。例えば試料台 3 3 を試料室 2 1 から手前に引き出す構成では、載置作業自体は容易であるものの、載置する位置によって観察手段でどのように見えるかを事前に確認できない。これに対して、試料室内観察手段 1 3 を設けることで、ユーザは試料室内観察手段 1 3 の光学画像である試料室内画像をリアルタイムで確認しながら、真空引きの前に試料を試料台 3 3 上の所望の位置に置くことができる。すなわち、載置場所を確認しながら試料を載置できるという利点を得られる。このような試料室内観察手段 1 3 は、CCD や CMOS 等の撮像素子で構成でき、チャンバビューカメラ (CVC) 等とも称呼される。

【0146】

試料室内観察手段 1 3 は、その光軸を好ましくは回転軸と略平行とする。これにより、胴部 2 4 の回転移動を上方から把握でき、円弧状の軌跡として回転状態を把握しやすくなる。また光軸を回転軸と平行となるように偏芯させたオフセット配置により、光学画像内に回転軸を含めることができ、回転を一層容易に把握し易くできる。試料室内観察手段 1 3 の光軸の偏芯量は、好ましくは胴部 2 4 の回転軸を基準として、円筒状半径の $\pm 10\%$ 程度とする。なお本明細書において、試料台 3 3 が回転軸と略一致するとは、このようなオフセット位置を包含する意味で使用する。またここでの平行とは、回転軸に対して約 20° までの角度差を有するものを含む意味で使用する。また試料室内観察手段 1 3 を偏芯配置する場合、より好ましくはその光軸を、回転軸よりも上方に位置させる。これにより、回転軸と一致させた試料の観察面も試料室内画像の下方に含めることができ、試料と電子銃との位置関係を確実に把握できる。

【0147】

試料室内観察手段 1 3 の固定位置は、電子線撮像手段 1 1 を胴部 2 4 と共に回動させる場合、試料台 3 3 や試料台 3 3 上の試料との干渉の有無や干渉のおそれを確認しながら回動させるために、回動しない固定部分側とすることが望ましい。

【0148】

ただ、回転部分側に試料室内観察手段 1 3 を設けることも可能である。この場合は、胴部 2 4 の回転角度情報を角度センサ等で取得し、画像の回転を補正する制御を行うことで、回転運動を相殺した静止画を得ることができる。例えばコントローラ 1 によって回動部の回転量と視野の移動量を計算し、視野の移動分だけ観察視野の表示部分を逆方向に移動させるよう、画像処理する。これにより、試料室内画像を、胴部の回転による傾きを相殺するように補正した回転補正画像として表示できるので、回転位置によらず表示手段 2 に表示される画像の視野を一定に保持できる。

【0149】

図 2 2 A 及び図 2 2 B は、試料室 2 1 内における試料台 3 3 と観察手段 1 0 の相対移動を示す模式断面図である。上述の通り、試料台 3 3 は水平姿勢を維持しつつ高さ調整機構 8 0 により上下動するのみで、試料台 3 3 の載置面を傾斜させる傾動や揺動を禁止している。この構造で傾斜観察を実現するために、観察手段 1 0 側を傾斜させるよう構成している。このように、試料側を固定して観察手段 1 0 側を傾斜させることで、ユーザは観察手段 1 0 で撮像されて表示手段 2 に表示される観察像において、傾斜姿勢の位置関係を容易に把握できる利点を得られる。逆に言えば、従来のようにカメラ側を固定して試料台 3 3 を傾斜させる構造、すなわち図 2 3 A 及び図 2 3 B に示すようなユーセントリック構造では、現在観察中の画像において、傾斜観察の傾斜角度を変更する際、どの方向に傾斜を調整すれば、所望の画像が得られるか、その位置関係を把握することが容易でなかった。これに対し、観察対象である試料側を固定し、観察の視点となる観察手段 1 0 側、すなわち目線そのものを移動させる構成とすることで、実際にユーザが対象物を観察する際と同様の目線を動かすという感覚で位置関係を把握でき、この結果角度調整すべき方向も速やかに把握できるという利点を得られる。

【0150】

また、試料台 3 3 を傾斜させないことで、試料が試料台 3 3 から滑り落ちる虞もなくなり、試料を試料台 3 3 に固定するための構造、例えば粘着テープによる固定作業も不要に

でき、さらに粘着テープを剥離する際に試料を破損する虞も無くすることができるといった、作業性や安全性の向上が図られる。

【0151】

さらに従来のユーセントリック構造では、試料台33を傾斜させたまま試料台33の高さ(Z軸)を変更すると、図23Bに示す黒塗りの位置から斜線ハッチングに示す位置に試料台33が移動する結果、傾斜姿勢で固定された光学系撮像手段12の光軸が相対的に試料台33上を移動することとなって、観察視野が意図せず移動してしまうという問題があった。特に光学系撮像手段12に焦点位置を調整するための光学焦点調整手段を備えない焦点固定式の場合は、試料台33の高さ調整のみでワーキングディスタンスを変化させる必要があり、合焦位置によっては観察視野が電子顕微鏡と一致しなくなる虞がある。

10

【0152】

また、観察手段10と試料との間の角度を変更した場合、角度を変更する度に、観察手段10と試料との間の焦点距離が変わるため、焦点位置の補正を行わなければならない。加えて、二つの観察手段10で、同一の試料に対して同一の傾斜角度で、傾斜観察の画像を取得したい場合、一方の観察手段10で用いた角度を記憶すると共に、他方の観察手段10側に試料台33を移動させた上で、先の角度を再現し、焦点位置を合わせる必要があった。

【0153】

これに対して本実施の形態では、図22A及び図22Bに示すように、観察手段10を鉛直位置に回転移動させることで、試料台33の高さによらず観察視野を一定に保持できるという利点が得られる。なお、本実施の形態においては使用したい観察手段10を鉛直姿勢とすることで、いいかえると選択した観察手段10の光軸を、高さ調整手段の移動方向(Z軸)と略一致させることで、高さ調整による観察視野の移動を回避できる。この結果、ユーセントリックなワーキングディスタンスは1箇所のみとなる。このように、観察手段10を鉛直姿勢にして観察すると、観察手段10の光軸と試料台33の上下移動の軸が一致し、ワーキングディスタンスを調整しても視野が移動しないので、ユーセントリック位置の調整がし易いという利点が得られる。

20

【0154】

ただ、観察手段10を傾斜姿勢としても試料の観察が可能であることはいうまでもない。また、この場合には試料台33の高さ調整による観察視野の移動が生じるが、画像処理によってこの移動分を相殺することも可能である。例えば演算部によって、高さの変化と視野の移動量を計算し、視野の移動分だけ観察視野(表示中の光学画像乃至電子顕微鏡画像)の表示部分を逆方向に移動させるよう、演算部で画像処理する。これにより、高さの移動によらず表示手段2に表示される画像の視野を一定に保持できる。この結果、試料台33の角度や観察位置によらず、観察手段10を切り替えても観察視野が変化しない拡大観察装置が実現できる。

30

【0155】

特に従来は、電子顕微鏡観察を優先するため、光学系撮像手段12による観察を犠牲にし、さらに電子顕微鏡の分解能(最高倍率)を優先する結果、傾斜観察を制限する設計思想が採用されていた。この結果、折角電子線撮像手段11と光学系撮像手段12とを共に備えていても、両者を最大限に活用し、光学画像や傾斜観察を制限無くユーザが利用できる環境が実現されているとは言い難い状況であった。

40

【0156】

具体的には、電子顕微鏡の分解能は、電子線撮像手段11の対物レンズ先端から試料までの距離であるワーキングディスタンスが短いほど良くなる。しかしながら、傾斜させた角度から試料を観察する場合は、ワーキングディスタンスが短すぎると電子線撮像手段11の対物レンズに試料が接触してしまうという問題があった。したがって、従来はワーキングディスタンスを、試料の大きさと希望する傾斜角度で決定される、対物レンズに衝突しない最短距離に設定して観察していた。この結果、従来の電子顕微鏡では、試料の大きさと希望する傾斜角度によって決定されるワーキングディスタンスで観察することになる

50

。このように種々のワーキングディスタンスで快適に観察するためには、どのワーキングディスタンスであっても、試料台 3 3 の傾斜角度を変化させた際に観察視野が変化しないことが望まれる。このような背景から、従来の電子顕微鏡では、どのワーキングディスタンスであっても、試料台 3 3 を傾斜させても視野が動かないような構成、すなわち図 2 3 B に示すように、電子顕微鏡の光軸上で、試料台 3 3 の Z 軸の位置によらず視野ずれしないユーセントリック式とした試料台 3 3 の傾斜機構が採用されていた。

【0157】

この構造によれば、図 2 3 A、図 2 3 B の黒塗りした位置に試料表面が位置するように予め調整することで、試料台 3 3 を傾斜回転させる 1 動作のみで、光学系撮像手段 1 2 及び電子線撮像手段 1 1 で同一視野、同一傾斜角度での観察が可能となる。しかしながら、視野探しや位置調整は被写界深度の浅い光学系撮像手段 1 2 で行う必要があるものの、位置調整をする際に視野が電子線撮像手段 1 1 との間でずれる結果、調整し難いという問題があった。

10

【0158】

このような状況に鑑み、本実施の形態では上述の通り、図 2 2 A 及び図 2 2 B に示すように試料台 3 3 側を固定し、観察手段 1 0 側を傾斜させる構造を採用している。この結果、傾斜させるのは試料台 3 3 でなく観察手段 1 0 側となるため、試料台 3 3 の高さによらず、容易に同じ観察位置、傾斜角度での画像に切り替えることが可能となる。これにより、電子顕微鏡観察と、光学顕微鏡観察の双方を重視し、かつ傾斜観察も重視した、従来よりも使い勝手のよい拡大観察が実現できる。

20

【0159】

さらに従来の電子顕微鏡では、電子レンズ、光学レンズが取り付けられている部材に、高さ調整機構 8 0 として Z ステージが構成され、その Z ステージ上に、試料台 3 3 を傾斜、回転させる機構が構成されていた。さらに電子レンズ、光学レンズは、固定側に取り付けられていた。

【0160】

これに対して本実施の形態に係る拡大観察装置では、電子レンズ、光学レンズが取り付けられている部材に、試料台 3 3 を回転させる機構が構成され、さらにその上に、高さ調整機構 8 0 が構成されている。すなわち、回転軸の機構と、Z 軸の移動機構が従来とは逆に構成されている。また、電子レンズ、光学レンズは、回転側に取り付けられている。

30

(光軸と試料台 3 3 の移動方向の一致)

【0161】

本実施の形態に係る拡大観察装置においては、回動手段 3 0 により電子線撮像手段 1 1 及び光学系撮像手段 1 2 を回転移動させることで一の観察位置に双方の観察手段 1 0 を切り替えて配置できる。すなわち、このような切り替えによって、双方の観察手段 1 0 の光軸を一致させた撮像が可能となる。一方、試料台 3 3 は水平姿勢を維持したまま上下に、すなわち鉛直方向に高さ調整機構 8 0 で移動可能としている。この結果、観察手段 1 0 を鉛直姿勢に位置させることで、光軸を試料台 3 3 の移動方向と一致させることが可能となる。

【0162】

40

これにより、円筒状側面に沿って回転させた電子線撮像手段 1 1 や光学系撮像手段 1 2 で傾斜観察を可能としつつ、回転軸と試料台 3 3 の高さ方向、すなわち試料台 3 3 上に載置された試料の観察面の高さとを一致させて、視野変化のない観察が可能となる。また各観察手段 1 0 の光軸を一致させた、略同一の視野、略同一の傾斜角度、略同一の倍率での観察像を取得でき、取得された 2 つの観察像を比較観察できる。

(倍率換算機能)

【0163】

さらに拡大観察装置は、異なる観察手段において倍率の決定基準が異なる場合に、これらを統一した倍率で表示したり、該倍率に自動調整する倍率換算機能を備える。一般に、拡大観察装置で観察する際に、どの程度拡大して観察するかは、倍率でその度合いを示す

50

ことが多い。しかしながら倍率は、表示範囲の大きさによってその定義が変わるので、観察手段毎に異なることが多い。一般に倍率は、次式で定義乃至算出される。

【0164】

倍率＝観察像の表示範囲／観察している視野範囲

【0165】

上式において、表示範囲は観察手段の設計者が決定するパラメータであり、ユーザが決定するものではない。一方で観察視野範囲とは、観察手段の能力で決まる設定可能な視野範囲の中から、ユーザが所望する視野範囲を任意に選択するものである。以下、倍率決定方法を説明する。

（電子顕微鏡倍率）

10

【0166】

例えば、走査型電子顕微鏡を構成する電子線撮像手段11において表示範囲とは、一般的には写真のサイズ（例えば124mm×94mm）である。また観察視野範囲とは、電子銃や電子レンズから試料に照射される電子線が試料上を走査する範囲の実寸法である。

（光学倍率）

【0167】

これに対してデジタルマイクロスコープ等の光学系撮像手段12では、照明光によって照明された試料からの反射光が、光学レンズを通して、CCDやCMOS等の光学撮像素子に結像する構造となる。その表示範囲は一般的にはディスプレイ部102のモニタサイズ（例えば15インチモニタ画面サイズ）となる。またモニタサイズも、ディスプレイ部102がLCDかCRTか等によって変化する。さらに観察視野範囲は、（光学撮像素子の有効撮像範囲）／（光学レンズの光学倍率）となる。このように光学倍率は、物体の大きさに対する拡大率となる。

20

【0168】

なお倍率決定の方法は上記に限られない。特殊な例として、例えば観察視野範囲から取得した画像データのすべてを表示範囲に表示するのではなく、ある一部分を表示することが考えられる。このような方法は、例えば画像周囲にピンぼけや歪み等が見られる場合、これらの部分をカットして表示することが考えられる。あるいは、解像度は粗くなるものの、いわゆるデジタルズームによって見かけ上の倍率を上げることもある。このような場合は、倍率が上昇することになる。

30

【0169】

一方、観察視野範囲を縦横またはXY方向に移動して、複数の画像データを取得し、それらを連結して広い視野範囲を表示範囲に表示することもある。例えば、観察可能な最低倍率よりも更に低い画像を得たり、あるいは後でデジタルズームしたい場合等のために高解像度画像を得ることもある。このような場合は倍率が低下する。

【0170】

以上のように、2種類以上の観察手段で、同じ観察視野範囲の観察画像を取得したい場合に、それぞれの観察手段の倍率の定義が異なっている場合は、同じ「倍率」で画像取得しても、希望通りの同じ観察視野範囲の観察画像の取得ができずに不便であった。すなわち、同じ視野範囲を拡大観察したとしても、大きな画面に表示する拡大観察装置は倍率が高くなり、小さな表示画面上に表示する拡大観察装置では倍率は低くなる。この結果、倍率のみを基準とした場合、観察手段によって実際に表示されるサイズが一定しないことになり、比較観察等を行うに際しては好ましくない。

40

【0171】

このような状況のため、従来は対応策として、予め寸法の判明している試料を観察して、各観察手段の倍率定義を確認するキャリブレーション作業を事前に行う方法や、倍率定義の相違を考慮し、同じ観察視野範囲が観察できるような倍率を、ユーザが手動で計算する方法や、さらには同一の拡大観察装置内でなく、別個の電子顕微鏡と光学式デジタルマイクロスコープを使用する方法等、が採られてきたが、いずれも手間がかかるという問題があった。

50

【0172】

これに対して本実施の形態では、双方の観察手段で、同一の観察視野範囲に対して同じ表示サイズとなるように、統一的な倍率を定義する。換言すると、同じ表示範囲を、観察視野範囲で除算した値を倍率として定義する。このように、異なる観察手段であっても、設計者が同一の表示範囲を定義して、倍率換算機能を持たせることで、ユーザは異なる観察手段であっても同じように定義された倍率を利用できる。これにより、いずれか一方の観察手段で倍率が設定されたら、該倍率と共に他方の観察手段の倍率に換算した値が表示される。あるいは、他方の観察手段の倍率表示を変更し、一方の観察手段の倍率に換算して表示あるいは併記してもよい。

【0173】

なお倍率の基準は、いずれか一方の観察手段に換算した換算倍率を倍率換算手段で換算する他、いずれの観察手段の倍率とも異なる第三の基準の倍率に変換することも可能である。この場合は、第三の基準の倍率で統一して光学画像と電子顕微鏡画像を表示する。

(焦点の可変範囲の中に回転軸)

【0174】

高さ調整手段は、その高さを調整可能な高さ可動範囲に、回動手段30の回転軸が含まれるように設定している。これにより、回転軸の中心に試料台33を位置させて、観察手段10を回転軸に沿って回転させても、各位置における観察手段10から試料台33までの距離を一定に維持できるので、焦点距離を一旦調整した後は、観察手段10を移動させても合焦距離を維持しきままとでき、常に合焦状態で視野角を変更でき、傾斜観察に際して極めて有利となる。

【0175】

より正確には、このようなセットバックを示す図24の模式断面図に示すように、試料の表面の観察位置すなわち試料の上面である観察面が、回転軸と一致するように、試料の高さ分だけ試料台33を回転軸から降下させることで、上記ワーキングディスタンスの保持状態を達成できる。このため高さ調整機構80は、試料台33を回転軸と一致させた位置から所望の範囲下方に降下可能としている。これにより、観察面の高さに応じて試料台33を降下させて、観察面を正確に回転軸に一致させることが可能となる。

【0176】

このため、試料台33のZ軸方向の移動においては、試料台33の上端ストローク位置は、少なくとも回転軸を含む位置までは上昇可能とし、さらに少なくともその回転軸から下方位置に移動可能に設定する。

(セットバックの調整)

【0177】

試料表面を回転軸に合わせるには、電子レンズより被写界深度の浅い光学レンズを使用する。光学レンズの取り付け位置は、予めその焦点位置が回転軸と一致するように調整される。光学レンズの光軸と試料台33の試料載置面が垂直となるように、胴部24を回転させて、光学レンズの画像の焦点が合うように、試料台33のZ軸位置を調整する。この際、光学レンズと試料の距離のみ変化して、視野は移動しないので、調整は容易となる。次に、電子レンズの焦点調整を上記と同様の手順で行う。これにより、胴部24をどのように回転、傾斜させても、電子顕微鏡と光学顕微鏡の視野がずれることはない。

(焦点調整手段の有無 固定焦点式)

【0178】

また、観察手段10の焦点距離が固定式の場合は、この構成によって試料台33の高さを調整することで、焦点位置にワーキングディスタンスを正確に調整できる。あるいは、観察手段10が焦点調整手段を備える場合は、これで調整可能な焦点距離範囲に、回動手段30の回転軸が含まれるように設定する。例えば電子線撮像手段11は、その光軸に沿って焦点距離を調整可能な顕微鏡焦点調整手段37を備えている場合が多く、この場合は図25に示すように予め焦点位置の可変範囲に回転軸を含むように設定しておき、顕微鏡焦点調整手段37で焦点距離を調整して、電子レンズの焦点位置を回転軸の位置に一致さ

10

20

30

40

50

せる。また光学系撮像手段１２が、その光軸に沿って焦点距離を調整可能な光学焦点調整手段３８を備えている場合も同様に、図２６に示すように焦点位置の可変範囲に回転軸を含むように予め設定しておき、焦点位置が回転軸と一致するように光学焦点調整手段３８を調整する。

（実施の形態２）

【０１７９】

上述の例では、光学系撮像手段１２と電子線撮像手段１１とを組み合わせた例を説明したが、常にこれらを併用する構成のみならず、必要に応じて付加する構成とすることもできることはいうまでもない。例えば上述の通り、光学系撮像手段１２をマウント３９を介して着脱した構成とすることで、図１８のブロック図に示したような拡大観察システムを構成できる。このように電子顕微鏡撮像として使用しつつ、必要に応じて光学系撮像手段１２を付加できる構成とすることで、観察用途に応じたオプションを追加、除去可能な、柔軟性、拡張性に富む利便性に優れた拡大観察システムを構築できる利点を得られる。

【産業上の利用可能性】

【０１８０】

本発明の拡大観察装置は、例えば荷電粒子である電子線あるいはイオンビーム等を利用し、半導体素子の特性評価、測定工程において利用される電子線外観検査装置、電子線測長装置、粒子ビーム検査装置等において、撮像された観察像の拡大／縮小表示を行う機能に好適に適用できる。また電子線撮像手段１１のレンズとして、ＳＥＭの他、ＴＥＭや走査型トンネル顕微鏡（ＳＴＭ）や原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）等の走査型プローブ顕微鏡（ＳＰＭ）、レーザー顕微鏡やＸ線顕微鏡にも利用可能である。

【符号の説明】

【０１８１】

１０００…拡大観察システム

１００…拡大観察装置

１…コントローラ

２…表示手段

１０、１０Ｘ…観察手段

１１…電子線撮像手段

１２…光学系撮像手段

１３…試料室内観察手段

１４…チャンバユニット

１５…減圧ユニット

１６…減圧ユニット操作パネル

１７…表示灯

２１、２１Ｂ、２１Ｃ、２１Ｆ…試料室

２２…ベース部

２３…固定板

２４、２４Ｄ、２４Ｅ、２４Ｆ…胴部

２５…吸引口

２６…脚部

２７、２７Ｂ、２７Ｃ、２７Ｅ…蓋部

２８…円盤部分

２９…アーム

３０…回動手段

３１…クロスローラベアリング

３２…Ｏリング

３３、３３Ｃ、３３Ｘ…試料台

３４…試料台駆動手段

３５、３５Ｂ…取っ手

10

20

30

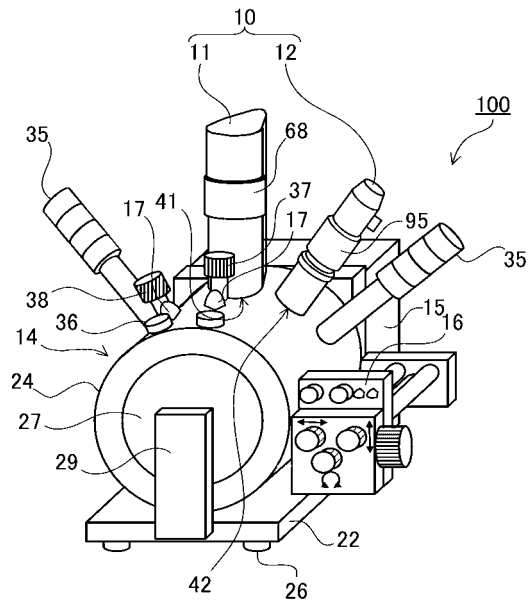
40

50

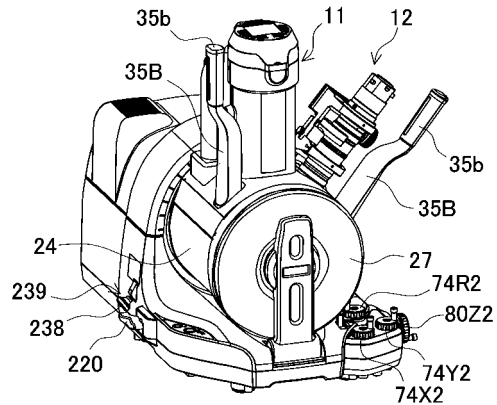
3 5 b	… ハンドル部	
3 6	… 表示切替手段	
3 7	… 顕微鏡焦点調整手段	
3 8	… 光学焦点調整手段	
3 9	… マウント	
4 0	… 電子顕微鏡制御部	
4 0 A	… 静電レンズ制御部	
4 0 B	… 電磁レンズ制御部	
4 1	… 第一の位置	
4 2	… 第二の位置	10
4 3、4 3 A、4 3 B	… 電子銃高圧電源	
4 4、4 4 A、4 4 B	… フィラメント	
4 5、4 5 A、4 5 B	… ウェーネルト	
4 6、4 6 A、4 6 B	… アノード	
4 7、4 7 A、4 7 B	… 電子銃	
4 9	… ガンアライナ	
5 0	… 光軸調整器	
5 1	… 集束レンズ制御部	
5 2	… 集束レンズ	
5 1 A、5 1 B	… 第一レンズ制御部	20
5 2 A、5 2 B	… 第一コンデンサレンズ	
5 3	… 対物絞り	
5 4	… 非点収差補正器制御部	
5 4 A、5 4 B	… 第二レンズ制御部	
5 5	… 電子線偏向走査手段制御部	
5 5 A	… 走査電極制御部	
5 5 B	… 走査コイル制御部	
5 6、5 6 A、5 6 B	… 対物レンズ制御部	
5 7	… 非点収差補正器	
5 7 A、5 7 B	… 第二コンデンサレンズ	30
5 8	… 電子線偏向走査手段	
5 8 A	… 走査電極	
5 8 B	… 走査コイル	
5 9、5 9 A、5 9 B	… 対物レンズ	
6 0	… 中央演算処理部	
6 1、6 1 A、6 1 B	… 二次電子検出器	
6 2	… 反射電子検出器	
6 3	… 二次電子検出増幅部	
6 4	… 反射電子検出増幅部	
6 5	… A / D 変換器	40
6 6	… A / D 変換器	
6 7	… 画像データ生成部	
6 8	… 電子顕微鏡倍率調整手段	
6 9	… プリンタ	
7 0	… 排気系ポンプ	
7 2	… 排気制御部	
7 4	… 水平面移動機構	
7 4 X、7 4 X 2	… X 軸操作摘み；7 4 Y、7 4 Y 2	… Y 軸操作摘み；7 4 R、7 4 R 2
… R 軸操作摘み		
8 0	… 高さ調整機構	50

8 0 Z、8 0 Z 2 … Z 軸操作摘み	
9 1 … C C D 制御回路	
9 2 … 光学撮像素子	
9 3 … 光学ズームレンズ	
9 4 … 対物レンズ	
9 5 … 光学倍率調整手段	
9 6 … 照明部	
9 7 … 光源ポート	
9 8 … 光学レンズ群	
9 9 … 画素ずらし手段	10
1 0 1 … 情報処理手段	
1 0 2 … ディスプレイ部	
1 0 3 … メモリ	
1 0 4 … インターフェイス	
1 0 5 … 操作部	
1 0 6 … 光ファイバ	
1 0 7 … 光源	
1 3 5 … 引張バネ	
1 3 8 … ヒンジ部	
1 4 0 … 保持機構	20
2 2 0 … チルトレバー	
2 3 8 … 傾斜ストッパ	
2 3 9 … ストッパハンドル	
P U … 電源ユニット	
V P … 減圧ポンプ	
C S … コンソール	
H U … 高加速電圧ユニット	
S T … デジタルマイクロスコープ用のスタンド	
S A、S A 1 ～ 3、S A x … 試料	
S E 1、S E 2 … 二次電子	30
E B、E B 1、E B 2 … 電子線	

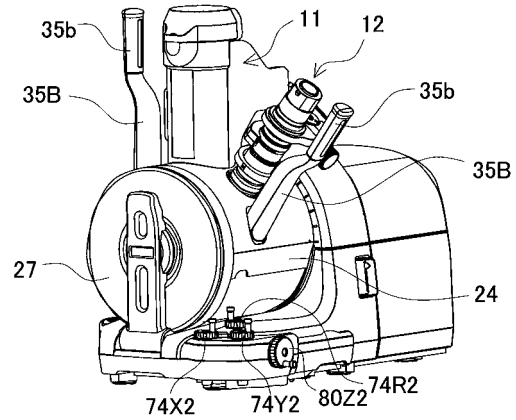
【図 2 A】



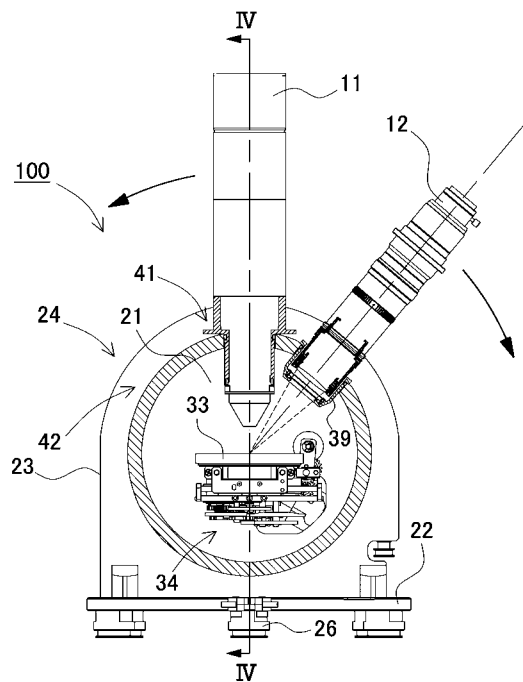
【図 2 B】



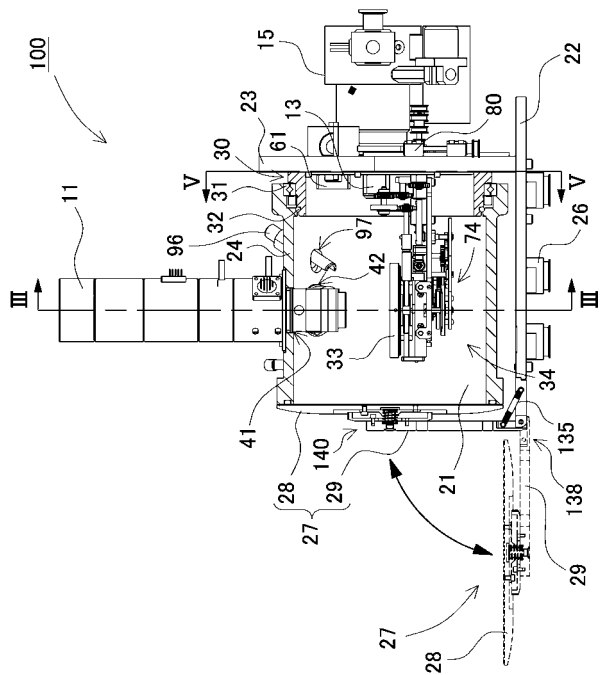
【図 2 C】



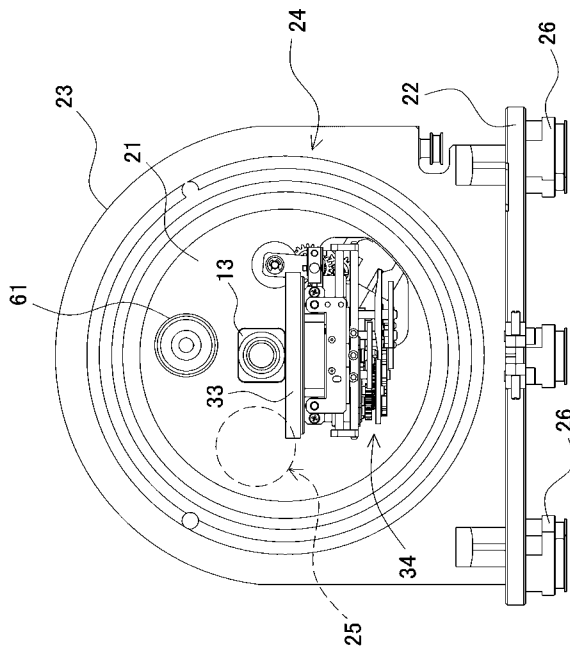
【図 3】



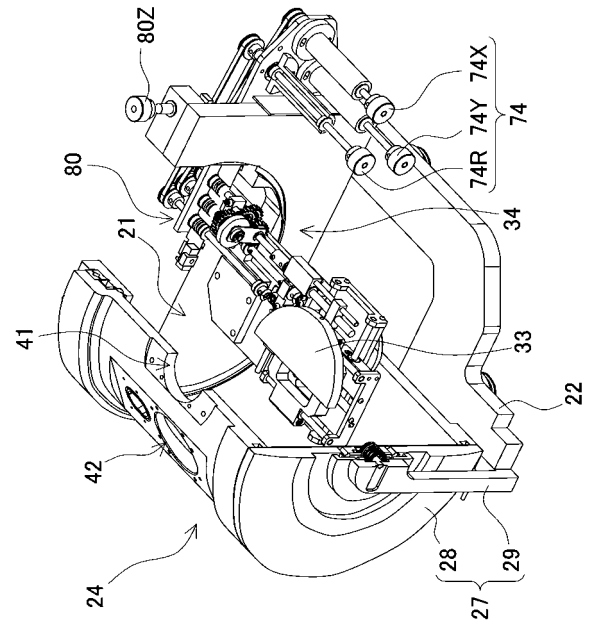
【図 4】



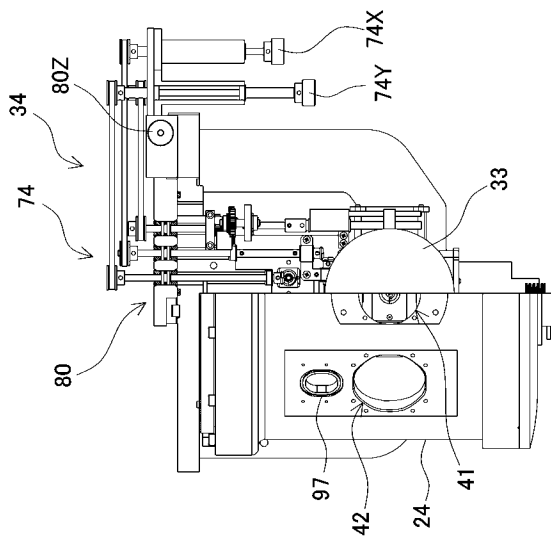
【図 5】



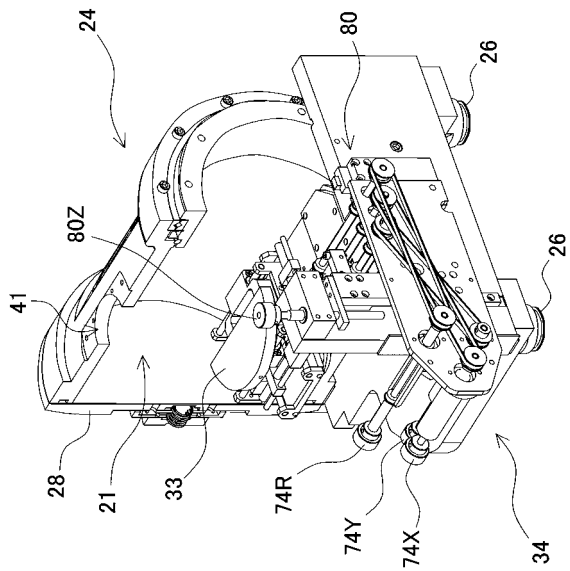
【図 6】



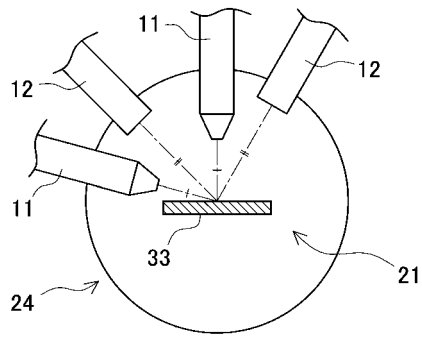
【図 7】



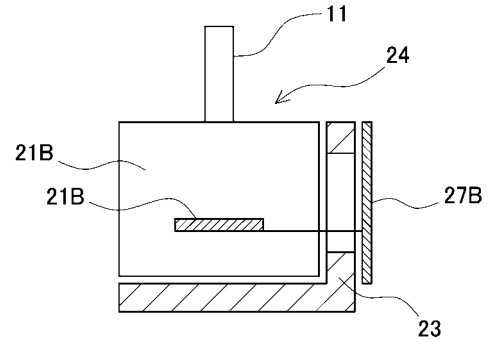
【図 8】



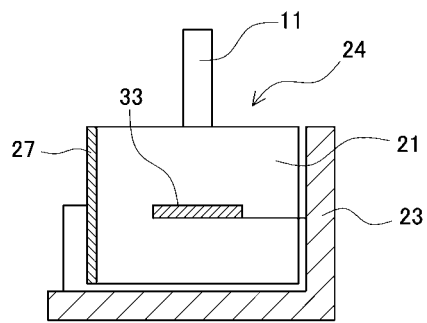
【図 10】



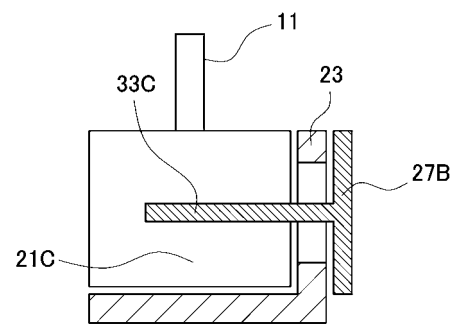
【図 12】



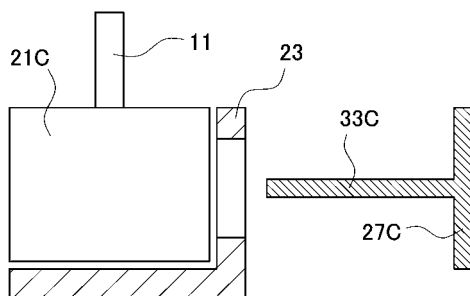
【図 11】



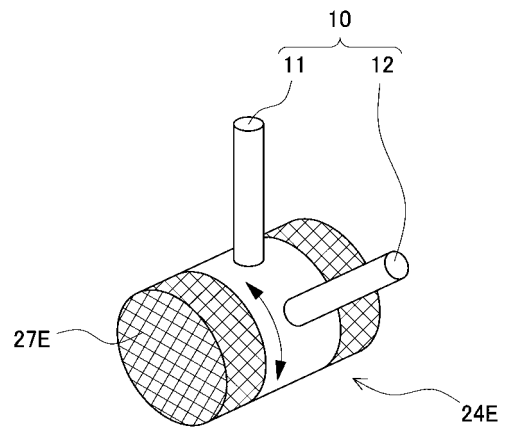
【図 13 A】



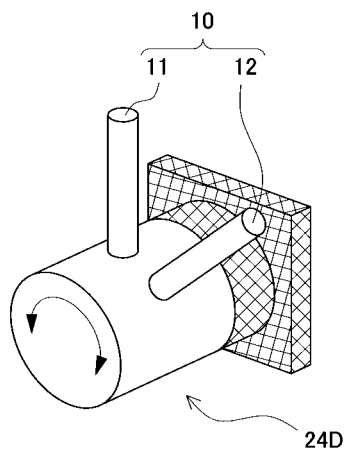
【図 13 B】



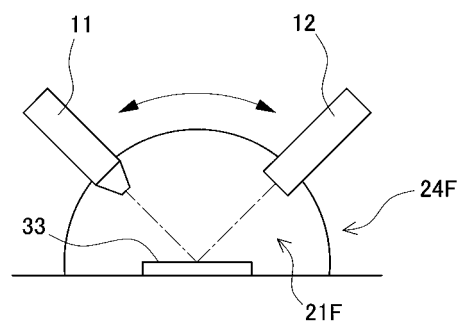
【図 15】



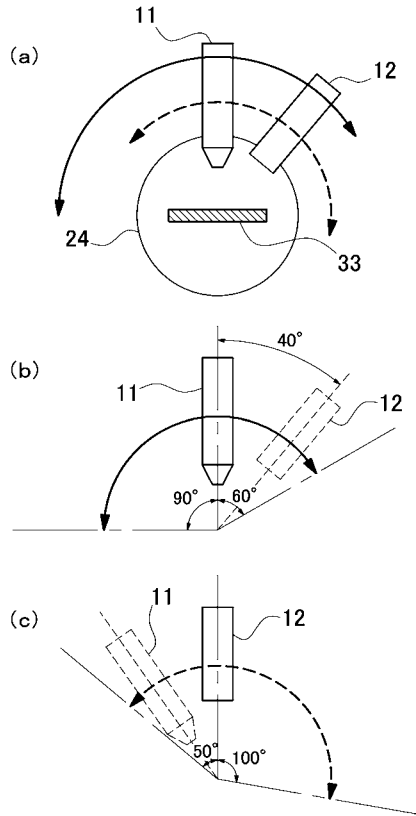
【図 14】



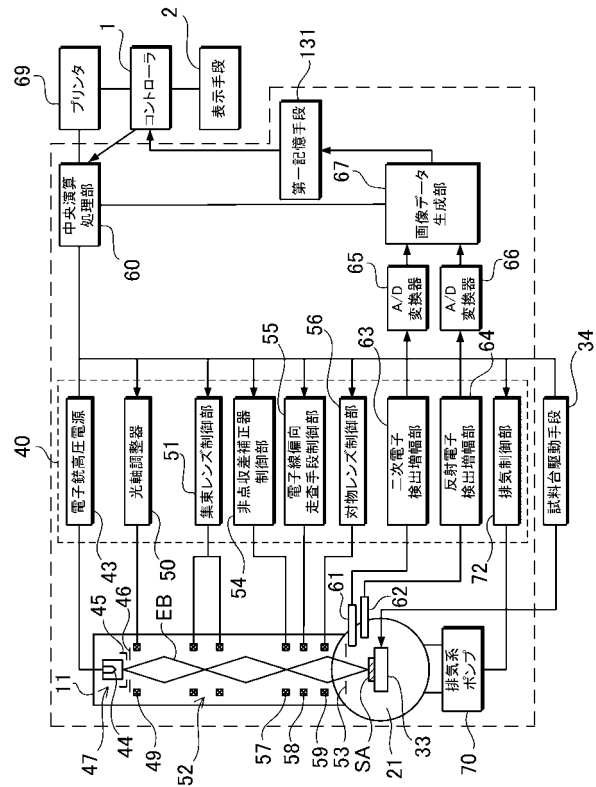
【図 16】



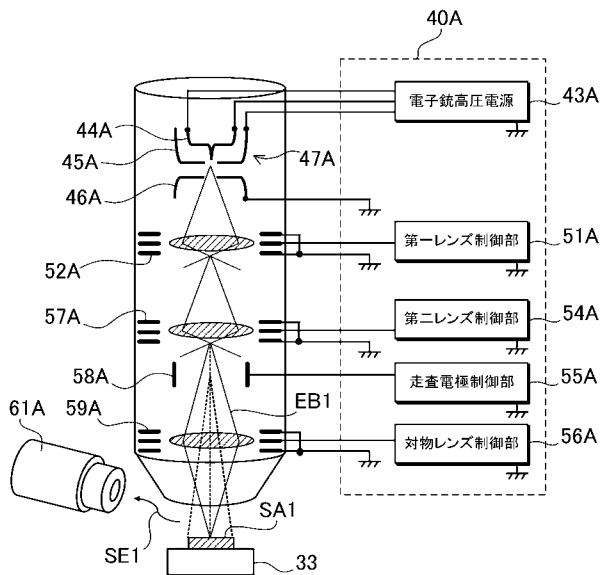
【図 17】



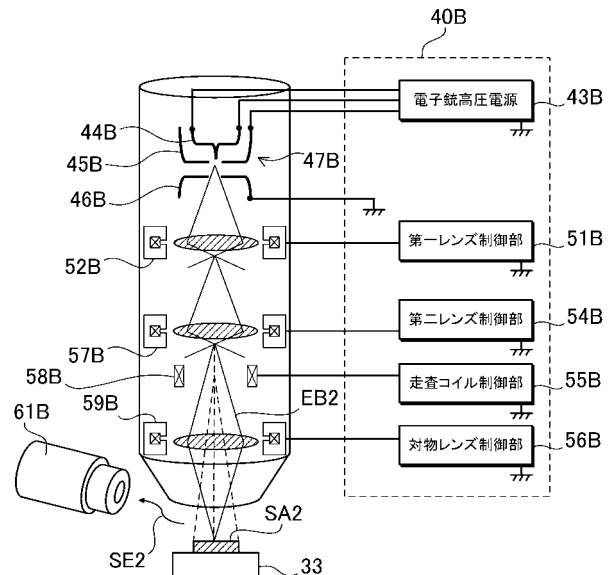
【図 18】



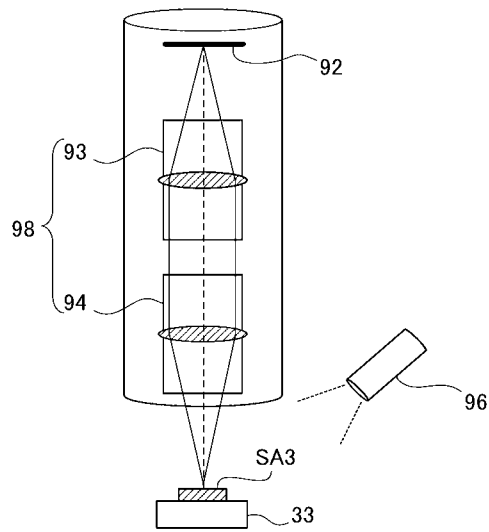
【図 19】



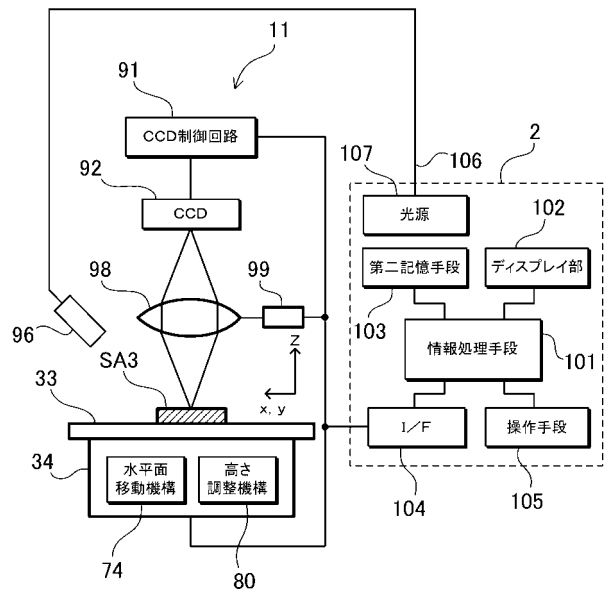
【図 20】



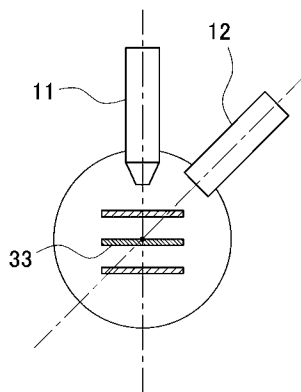
【図 2 1 A】



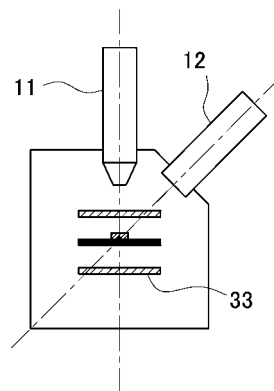
【図 2 1 B】



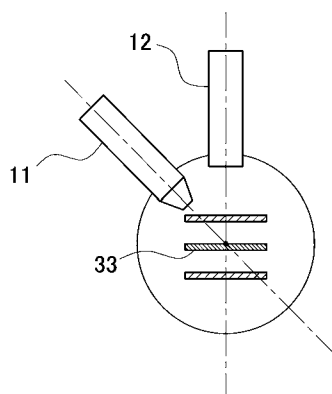
【図 2 2 A】



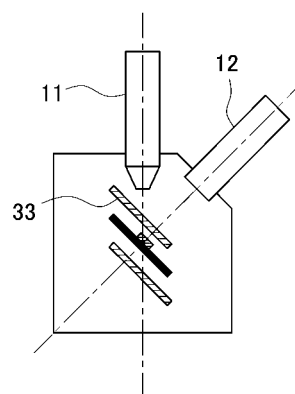
【図 2 3 A】



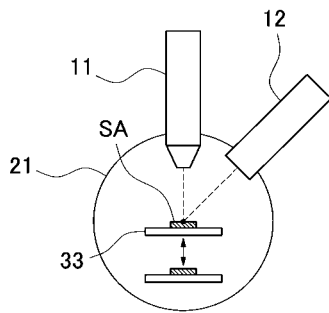
【図 2 2 B】



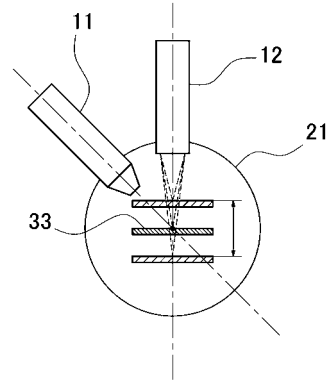
【図 2 3 B】



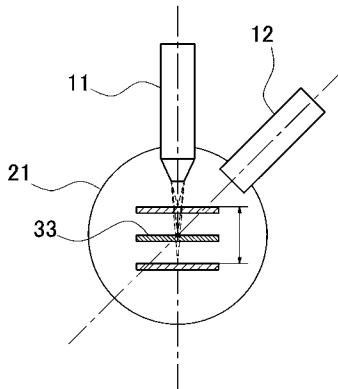
【図 2 4】



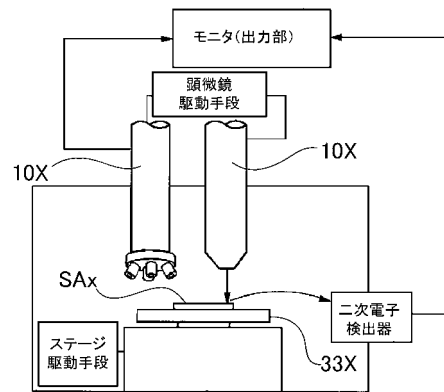
【図 2 6】



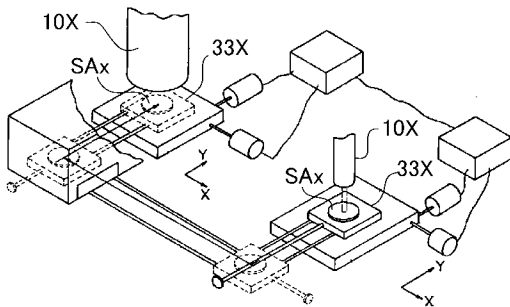
【図 2 5】



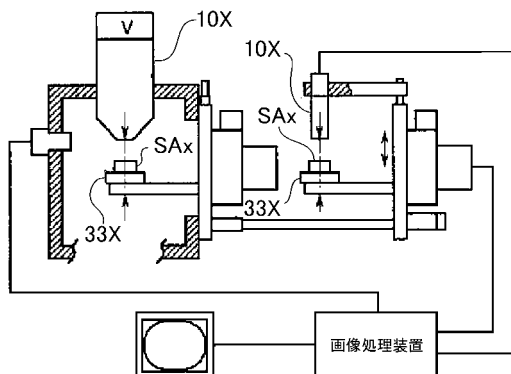
【図 2 7】



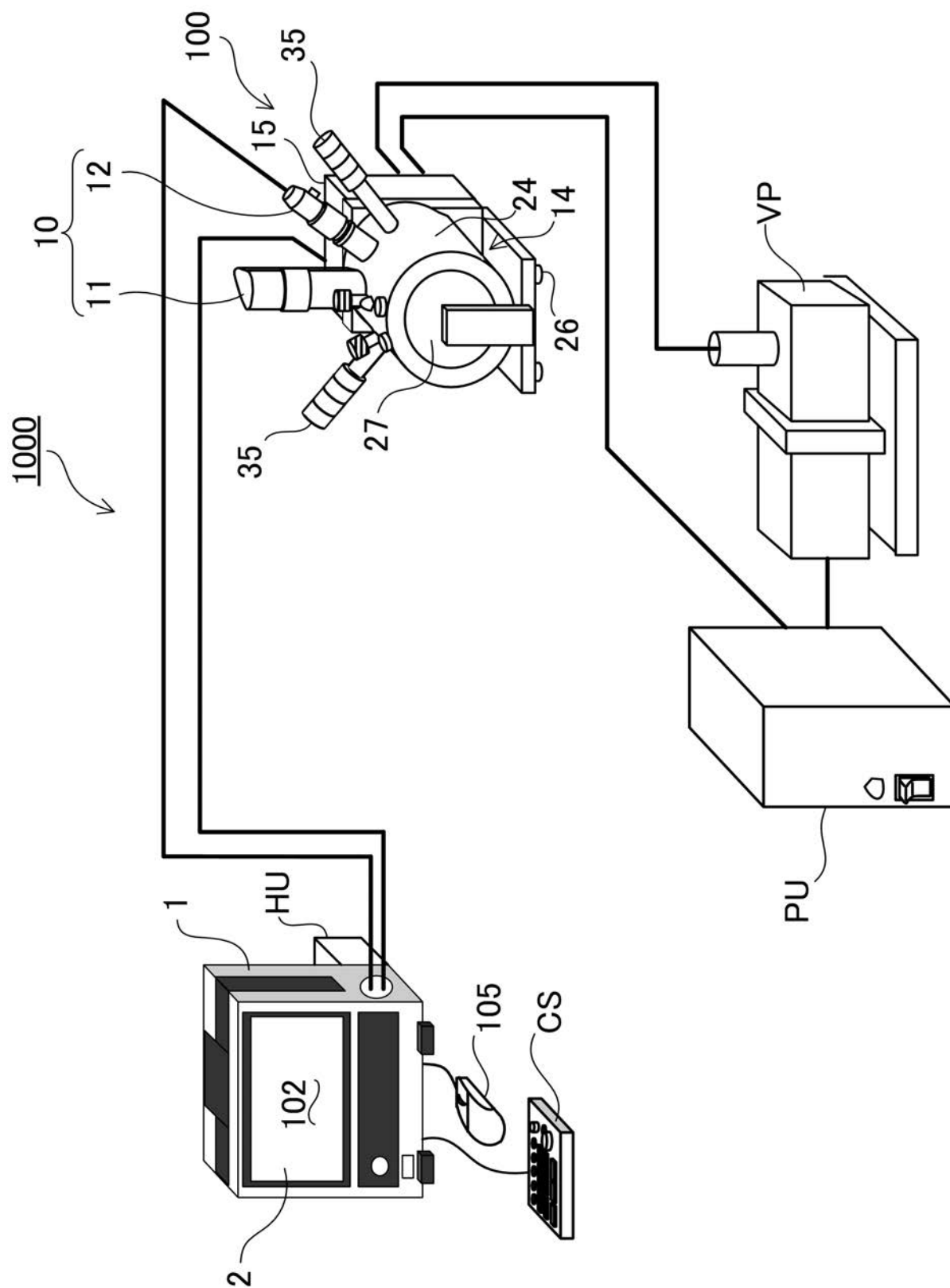
【図 2 8】



【図 2 9】



【図 1】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭57-132657 (JP, A)
特開2004-031207 (JP, A)
特開平04-106853 (JP, A)
特開2008-251407 (JP, A)
実開昭59-110952 (JP, U)
特開2001-093457 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/00-37/02, 37/05, 37/09-37/21, 37/24, 37/244, 37/252-37/295