

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5320418号
(P5320418)

(45) 発行日 平成25年10月23日 (2013.10.23)

(24) 登録日 平成25年7月19日 (2013.7.19)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 37/28 (2006.01)

H O 1 J 37/28 B

H O 1 J 37/18 (2006.01)

H O 1 J 37/18

H O 1 J 37/244 (2006.01)

H O 1 J 37/244

H O 1 J 37/20 (2006.01)

H O 1 J 37/20 F

H O 1 J 37/20 Z

請求項の数 19 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2011-17383 (P2011-17383)
 (22) 出願日 平成23年1月31日 (2011.1.31)
 (65) 公開番号 特開2012-160267 (P2012-160267A)
 (43) 公開日 平成24年8月23日 (2012.8.23)
 審査請求日 平成24年11月9日 (2012.11.9)

(73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (74) 代理人 100098660
 弁理士 戸田 裕二
 (74) 代理人 100091720
 弁理士 岩崎 重美
 (72) 発明者 大南 祐介
 茨城県ひたちなか市大字市毛8 8 2 番地
 株式会社 日立ハイ
 テクノロジーズ 那珂事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子源から放出される一次荷電粒子線を試料上に走査する荷電粒子光学系と、当該荷電粒子光学系を格納する荷電粒子光学鏡筒と、前記走査により得られる反射電子あるいは二次電子を検出する検出器と、少なくとも一つ以上の排気ポンプとを含む荷電粒子線装置において、

前記試料を格納し、前記荷電粒子線装置全体を装置設置面に対して支持する第2の筐体と、

当該第2の筐体上に設けられ、前記荷電粒子光学鏡筒を支持する第1の筐体と、

前記第1の筐体の底面に設けられる、前記一次荷電粒子線を透過あるいは通過させる薄膜とを備え、

装置動作時に、前記荷電粒子光学鏡筒、前記第1の筐体および前記薄膜によって囲まれる閉空間内が真空排気され、

前記第2の筐体の内部は、当該第2の筐体の開口部によって大気開放されていることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 2】

荷電粒子源から放出される一次荷電粒子線を試料上に走査する荷電粒子光学系と、当該荷電粒子光学系を格納する荷電粒子光学鏡筒と、前記走査により得られる反射電子あるいは二次電子を検出する検出器と、少なくとも一つ以上の排気ポンプとを含む荷電粒子線装置において、

10

20

前記一次荷電粒子線の通過経路上に配置される、前記一次荷電粒子線を透過あるいは通過させる薄膜と、

当該薄膜を保持する薄膜支持部材と、

前記試料を格納し、前記荷電粒子線装置全体を装置設置面に対して支持する第２の筐体と、

当該第２の筐体上に配置され、前記薄膜支持部材および前記荷電粒子光学鏡筒とを一定距離離間させるように支持する第１の筐体と、

装置動作時に、前記荷電粒子光学鏡筒、前記薄膜支持部材および前記第１の筐体によって構成される閉空間が真空排気され、

前記第２の筐体の内部は、当該第２の筐体の開口部によって大気開放されていることを特徴とする荷電粒子線装置。

10

【請求項３】

荷電粒子源から放出される一次荷電粒子線を試料上に走査する荷電粒子光学系と、当該荷電粒子光学系を格納する荷電粒子光学鏡筒と、前記走査により得られる反射電子あるいは二次電子を検出する検出器と、少なくとも一つ以上の排気ポンプとを含む荷電粒子線装置において、

前記一次荷電粒子線を透過あるいは透過させる薄膜および当該薄膜を保持する薄膜支持部材と、

前記試料を格納し、かつ側面に設けられた開口部によって内部が常時大気開放される第２の筐体と、

20

当該第２の筐体の上部に設置され、内部が真空排気される第１の筐体とを備え、

前記検出器は、前記薄膜を通過して当該薄膜の上方に到達する二次電子あるいは反射電子を検出することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項４】

請求項２または３に記載の荷電粒子線装置において、

前記第２の筐体内にガスを供給するガスノズルを備え、当該ガスノズルにより大気よりも質量の軽いガスが前記第１の筐体内に供給されることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項５】

請求項４に記載の荷電粒子線装置において、

前記ガスノズルからの放出ガスが、水素ガス、ヘリウムガス、メタンガス、水蒸気の内いずれかを含むことを特徴とする荷電粒子線装置。

30

【請求項６】

請求項４に記載の荷電粒子線装置において、

前記ガスノズルが、前記薄膜支持部材に取り付けられていることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項７】

請求項２または３に記載の荷電粒子線装置において、

前記薄膜支持部材は、前記第１の筐体に対して着脱可能であることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項８】

40

請求項２または３に記載の荷電粒子線装置において、

前記第２の筐体に、前記薄膜と前記試料との距離を計測する計測手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項９】

請求項２または３に記載の荷電粒子線装置において、

前記第２の筐体内に、前記試料を載置する試料台と、当該試料台をＺ方向に移動させるＺステージとを備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項１０】

請求項２または３に記載の荷電粒子線装置において、

前記薄膜または薄膜支持部材が、前記試料と前記薄膜との距離を制限する制限部材を備

50

えることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 1 1】

請求項 2 または 3 に記載の荷電粒子線装置において、

少なくとも前記第 2 の筐体または第 1 の筐体のいずれかに、前記一次荷電粒子線の照射に伴い前記試料から放出されるイオン、荷電粒子、光子、X 線のいずれか一つ以上を検出する第 2 の検出器を備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 1 2】

請求項 2 または 3 に記載の荷電粒子線装置において、

前記第 1 の筐体内に、前記一次荷電粒子線の照射により試料に流れ込む荷電粒子または電流を検出する機能を備えた試料台を備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

10

【請求項 1 3】

請求項 4 に記載の荷電粒子線装置において、

前記ガスノズルからのガスの放出状態を制御する制御手段と、

当該制御手段を操作するための操作画面が表示されるモニタとを有することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の荷電粒子線装置において、

前記操作画面上に、前記ガスの放出開始、停止あるいはガス放出の継続時間を入力するボタンあるいは入力ボックスが表示されることを特徴とする荷電粒子線装置。

20

【請求項 1 5】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記薄膜の厚みが $20 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、

前記薄膜が、前記一次荷電粒子線が通過するための、面積 1 mm^2 以下の貫通孔を備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 1 7】

荷電粒子光学鏡筒の端部より出射する一次荷電粒子線を試料上に走査し、当該走査により得られる反射電子あるいは二次電子を画像化して前記試料を観察する顕微方法において、

30

前記試料が格納され、かつ前記荷電粒子線装置全体を装置設置面に対して支持する第 2 の筐体の内部を当該第 2 の筐体の開口部によって大気開放し、

当該第 2 の筐体上部に設けられ前記荷電粒子光学鏡筒を支持する第 1 の筐体の内部の一次荷電粒子線の第 1 の通過経路であって、前記荷電粒子光学鏡筒の端部と離間されて配置された前記一次荷電粒子線を透過あるいは通過させる薄膜と前記端部との間に存在する一次荷電粒子線の第 1 の通過経路を真空状態に維持し、

前記薄膜と前記試料間に存在する一次荷電粒子線の第 2 の通過経路に大気よりも質量の軽いガスを供給し、

前記走査により得られる二次電子または反射電子のうち前記薄膜を透過あるいは通過して前記荷電粒子光学鏡筒側に戻ってくる二次電子または反射電子を検出することにより、前記試料の観察を行うことを特徴とする顕微方法。

40

【請求項 1 8】

請求項 1 7 に記載の顕微方法において、

前記第 2 の通過経路の長さを所定の長さに調整して、前記試料の観察を行うことを特徴とする顕微方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 7 に記載の顕微方法において、

前記大気よりも質量の軽いガスが、水素ガス、ヘリウムガス、メタンガス、水蒸気のいずれか一つを含むこと特徴とする顕微方法。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子線装置の技術に関する。

【背景技術】

【0002】

物体の微小な領域を観察するために、走査型電子顕微鏡（SEM）や透過型電子顕微鏡（TEM）などが用いられる。一般的に、これらの装置では試料を配置するための第2の筐体を真空排気し、試料雰囲気を実験状態にして試料を撮像する。一方、生物化学試料や液体試料など真空によってダメージを受ける、あるいは状態が変わる試料を電子顕微鏡で観察したいというニーズは大きく、近年、観察対象試料を大気圧下で観察可能なSEM装置や試料保持装置などが開発されている。

10

【0003】

これらの装置は、原理的には電子光学系と試料の間に電子線が透過可能な薄膜あるいは微小な貫通孔を設けて真空状態と大気状態を仕切るもので、いずれも試料と電子光学系との間に薄膜を設ける点で共通する。

【0004】

例えば、特許文献1（特開2009-245944号公報）には、電子線を通過させるアパーチャを上側面に設けたシャーレ状の円筒容器内に観察試料を格納し、この円筒容器をSEM第2の筐体内に設け、更に当該円筒容器に第2の筐体の外部からホースを接続することにより容器内部を擬似的に大気雰囲気に維持できる環境セルの発明が開示されている。ここで「擬似的」とは、第2の筐体内部を真空排気するとアパーチャから気体が流出するため、厳密には大気圧の環境下で観察を行っているわけではないという意味である。

20

【0005】

特許文献2（特開2007-294365号公報）には、電子光学鏡筒の電子源側を下向きに、また対物レンズ側を上向きに配置し、電子光学鏡筒末端の電子線の出射孔上にリングを介して電子線が透過できる薄膜を設けた大気圧SEMが開示されている。当該文献に記載された発明では、観察対象試料を薄膜上に直接載置し、試料の下面から一次電子線を照射して、反射電子あるいは二次電子を検出してSEM観察を行う。試料の保持は薄膜の周囲に設置された環状部材により行う。特許文献2に開示された発明により、特に液体試料の観察に好適な大気圧SEMが実現される。

30

【0006】

また、大気圧SEMの発明ではないが、特許文献3（特開2007-188821号公報）には、小型の電子光学鏡筒をシュラウド内に保持し、当該シュラウド下面に真空シール材を設けてシュラウド全体を観察対象物に密着させることにより、第2の筐体を用いずにSEM観察が可能な小型SEMの発明が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2009-245944号公報（米国特許公報2009/0242763）

40

【特許文献2】特開2007-294365号公報

【特許文献3】特開2007-188821号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

前記特許文献1あるいは特許文献2に記載される従来技術には、大型の試料を観察できないという問題がある。たとえば、特許文献1に開示される環境セルの場合、セルの容積よりも大きな試料を観察することはできない。また、特許文献2に開示される大気圧SEMの場合、上記環状部材の内部に試料を載置するため、電子光学鏡筒の安定性の問題により大型の試料を載置することはできない。ところが荷電粒子顕微鏡の観察対象物には、生

50

物試料など、切断せずに観察する必要のある試料も多数存在し、サイズ調整を行わずに大気圧あるいはガス雰囲気中で対象物を観察可能な装置の実現が強く望まれている。

【 0 0 0 9 】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたもので、大型の試料を大気雰囲気あるいはガス雰囲気で観察することが可能な荷電粒子線装置ないし荷電粒子顕微鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明は、真空雰囲気と大気雰囲気（ないしガス雰囲気）を仕切る薄膜を採用する構成の荷電粒子線装置において、荷電粒子光学系を格納する荷電粒子光学鏡筒と、当該荷電粒子光学鏡筒から出射される一次荷電粒子線が前記薄膜まで到達するための経路を真空雰囲気に維持する筐体と、上記荷電粒子光学鏡筒と第1の筐体を装置設置面に対して支持する機構とを備え、当該支持機構として、大型試料を搬入するための開放口を有する筐体もしくは支柱など筐体以外の形状の機構を採用することにより、上記課題を解決する。薄膜を通過した一次荷電粒子線が試料に到達するまでの経路の長さは適当な手段により調整される。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

非常に大きな試料であっても大気圧下あるいはガス雰囲気中での荷電粒子線による観察が可能となる。また、試料の観察対象位置を、観察中に薄膜を破損せずに変更できる荷電粒子線装置が実現可能となる。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図1】実施例1の荷電粒子線装置の全体構成図。

【図2】実施例2の荷電粒子線装置の全体構成図。

【図3】実施例2の荷電粒子線装置で使用される操作画面の構成例。

【図4】実施例2の荷電粒子線装置で使用される操作画面の構成例。

【図5】実施例3の荷電粒子線装置の全体構成図。

【図6】実施例4の荷電粒子線装置の全体構成図。

【図7】実施例4の荷電粒子線装置の変形例。

30

【図8】実施例5の荷電粒子線装置の全体構成図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下の説明は、電子線を用いたSEMを例にあげて説明を行うが、イオンビームを照射して二次電子や反射電子を検出するSIM（Scanning Ion Microscope）あるいは軽元素のイオンビームを使用したイオン顕微鏡など、他の荷電粒子線装置に適用可能であることは言うまでもない。また、以下に説明する各実施例は、本発明の範囲を逸脱しない範囲で適宜組み合わせることも可能である。

【実施例1】

【 0 0 1 4 】

40

本実施例の荷電粒子装置の全体構成図を図1に示す。図1に示される装置は、荷電粒子線を試料6上に走査して、得られる二次電子あるいは反射電子を検出して画像化する走査型顕微鏡であり、大まかには、電子光学鏡筒2，当該電子光学鏡筒2を支持する第1の筐体7，観察対象試料が格納される第2の筐体8，第1の筐体7の下面に設けられた一次電子線が透過する薄膜10により構成される。電子光学鏡筒2は第1の筐体7内部に突き出すように設置されており、電子光学鏡筒2の端部には上記二次電子あるいは反射電子を検出する検出器3が配置されている。図1に示す構成例では、検出器3は第1の筐体7の内部に設けられているが、電子光学鏡筒2内あるいは第2の筐体8の内部に配置してもよい。

【 0 0 1 5 】

50

薄膜 10 に替えて、一次電子線が透過するための貫通孔を第 1 の筐体 7 の底面に設けてもよい。図中の一点鎖線は、一次電子線光軸を示しており、電子光学鏡筒 2 と第 1 の筐体 7 および薄膜 10 は、一次電子線光軸と同軸に組み立てられている。

【0016】

装置の制御系として、装置使用者が使用するパソコン 35、パソコン 35 と接続され通信を行う上位制御部 36、上位制御部 36 から送信される命令に従って真空排気系や電子光学系などの制御を行う下位制御部 37 を備える。パソコン 35 は、装置の操作画面 (GUI) が表示されるモニタと、キーボードやマウスなどの操作画面への入力手段を備える。上位制御部 36、下位制御部 37 およびパソコン 35 は、各々通信線 43、44 により接続される。下位制御部 37 は真空排気ポンプ 4、ガス制御バルブ 101、電子源 0 や光学レンズ 1 などを制御するための制御信号を送受信する部位であり、さらには検出器 3 の出力信号をデジタル画像信号に変換して上位制御部 36 へ送信する。上位制御部 36 と下位制御部 37 ではアナログ回路やデジタル回路などが混在していてもよく、また上位制御部 36 と下位制御部 37 が一つに統一されていてもよい。なお、図 1 に示す制御系の構成は一例に過ぎず、制御ユニットやバルブ、真空排気ポンプあるいは通信用の配線などの変形例は、本実施例で意図する機能を満たす限り本実施例の SEM ないし荷電粒子線装置の範疇に属する。

10

【0017】

電子光学鏡筒 2 は内部に電子光学系を格納しており、電子光学系は、一次電子線を放出する電子源 0、電子線の軌道を制御する各種光学レンズ 1 や電子線の軌道を偏向する各種偏向器などを含んで構成される。装置が SIM あるいはイオン顕微鏡である場合、電子光学鏡筒 2 と電子光学系も荷電粒子光学鏡筒、荷電粒子光学系となり、電子源はイオン源となる。各種光学レンズおよび各種偏向器は、静電レンズあるいは静電偏向器で構成される。イオンビームの場合、磁場型のレンズ・偏向器を使用すると質量分離が起きるためである。

20

【0018】

電子光学鏡筒 2 および第 1 の筐体 7 内部 (厳密には、第 1 の筐体 7 と電子光学鏡筒 2 の表面により構成される閉空間) は、少なくとも装置の動作中は真空排気ポンプ 4 により真空排気され、圧力が大気圧よりも低い状態に維持される。このため、第 1 の筐体 7 の電子光学鏡筒 2 に対する接合部には真空封止部材 17 が備えられる。一方、第 2 の筐体 8 は、内部を大気開放する開口部 81 (あるいは開口面) を備えており、試料の観察中は、内部が常時大気開放状態に置かれる。

30

【0019】

なお以降の説明では、第 2 の筐体 8 および第 1 の筐体 7 の内部の空間を、それぞれ第 1 の空間 12、第 2 の空間 11 と称する場合もある。第 2 の空間 11 は薄膜 10 を通過する前の一次電子線の通過経路を含み、第 1 の空間 12 は薄膜 10 を通過した後の一次電子線の通過経路を含む。

【0020】

図 1 中、真空排気ポンプ 4 は 1 つで電子光学鏡筒 2 と第 1 の筐体 7 内部を真空排気しているが、2 つ以上の真空ポンプを設けて電子光学鏡筒 2 と第 1 の筐体 7 を独立に排気してもよい。また、配管 16 は電子光学鏡筒 2 と第 1 の筐体の両者に接続されているが、別々の配管で接続してもよい。

40

【0021】

第 1 の筐体には、リークバルブ 15 が備えられ、装置停止時に第 1 の筐体 7 内部を大気開放するが、第 1 の筐体 7 での設置箇所は特に問わない。また、リークバルブ 15 は、二つ以上あってもよく、更には必ずしも設けなくともよい。

【0022】

薄膜 10 に替えて貫通孔を設ける場合、貫通孔の面積は 1mm^2 以下であることが望ましい。ターボ分子ポンプやロータリーポンプといった現実的に利用できる真空ポンプで差動排気を実現するためには、貫通孔の面積は 1mm^2 以下程度にする必要があるためである。

50

第2の筐体8と第1の筐体は差動排気されることになるため、電子光学鏡筒2内部と第1の筐体を排気する真空ポンプを独立して設けた方がよい。

【0023】

また、貫通孔ではなく薄膜を設ける場合は、薄膜の厚みは20 μ m以下である必要がある。実用上SEMで利用される、加速電圧が数十kV程度の電子銃を使用する場合、電子線が透過する厚さは20 μ m程度であるためである。

【0024】

試料6は、試料台501上に設置され、第2の筐体8内に格納される。試料台501は各種の厚さのものが揃っており、観察試料の厚みに応じて適切な試料台を選択して第2の筐体8内に格納する。この作業は人手により行うことが必要であるが、これにより、薄膜10と観察試料表面間の距離を適切な大きさに調整できる。

【0025】

また、第2の筐体8が開口部81を備えていることにより、図1に図示されるように筐体からはみ出るような大型の試料であっても筐体内に載置することができる。また、第2の筐体8内は常時大気開放されているため、SEM観察中であっても開口部81から筐体内部に手を挿入することが可能であり、試料台501を動かすことにより、SEM観察中に試料6の観察位置を変更することが可能である。

【0026】

従来の大気圧SEMの場合、観察中に試料の観察位置を変更することは極めて困難である。例えば、特許文献1に記載される環境セルの場合、観察対象試料は電子線通過アパーチャを備えたセル内に保持されているため、セルを動かせば、内部の試料だけでなく、電子線が透過するアパーチャも動いてしまう。従って、環境セル方式の場合、試料の特定の位置しか観察することができない。また、特許文献2に記載される大気圧SEMの場合、試料は薄膜と接触して配置されるため、観察中に試料を動かすと薄膜が破損して、電子光学系の真空が破れる危険性がある。従って、観察中に試料の観察位置を変更することは困難である。

【0027】

以上、本実施例により、通常のSEMの真空第2の筐体に入りきれない程度に大きな試料であっても観察可能な大気圧SEMが実現可能となる。また、荷電粒子線の透過位置は変更せずに、試料の観察位置を変えることが可能なSEMないし荷電粒子線装置が実現できる。

【実施例2】

【0028】

大気圧SEMの場合、薄膜と試料間の空間は大気雰囲気あるいは何らかのガス雰囲気に維持されるため電子線が散乱される。従って、良好な画像を撮像するためには、試料と薄膜間の距離はなるべく短い方が望ましいが、一方で、薄膜と試料間の距離が近すぎれば、薄膜の破損の危険性が生じる。

【0029】

従来技術で説明した特許文献1に記載の環境セルの場合、セルのアパーチャとセル内に保持する試料表面との距離を観察中に制御することはできず、必然的にセルに保持する試料のサイズを小さく調整することが必要である。また、特許文献2に記載の大気圧SEMは、試料と薄膜とを接触して配置することが前提であり、観察毎に薄膜を交換する必要がある。

【0030】

また実施例1では、試料と薄膜との距離を第2筐体内に配置される試料台501の厚みにより調整したが、より精密な調整ができたほうが観察上は都合がよいことは言うまでもない。

【0031】

そこで本実施例では、Zステージと距離計測手段を用いて、試料と薄膜間の距離を精密に調整することが可能な大気圧SEMの構成について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

図 2 に、本実施例の荷電粒子装置の全体構成図を示す。図 2 に示す装置構成は図 1 に示す装置構成と共通する部分が多いため、共通部分についての説明は省略し、相違点についてのみ説明する。

【 0 0 3 3 】

図 2 に示す S E M は、図 1 と同様、電子光学鏡筒 2、当該電子光学鏡筒 2 を支持する第 1 の筐体 7、観察対象試料が格納される第 2 の筐体 8 および図 1 と同様の各種の制御系により構成されるが、本実施例の S E M の場合、薄膜 1 0 は薄膜支持部材 4 7 を介して第 1 の筐体 7 の下面に取り付けられている。薄膜支持部材 4 7 と薄膜 1 0 間の接合は、真空封止ができる限りどのような手段を用いてもよい。例えば、Oリングなどの真空封止部材を使ってもよいし、接着剤等の有機材料あるいはテープなどを使ってもよい。また、実施例 1 と同様、薄膜 1 0 に替えて貫通孔の開いた適当な板部材を使用してもよい。

10

【 0 0 3 4 】

第 1 の筐体 7 の下面には環状の開口部が設けられており、薄膜支持部材 4 7 は、第 1 の筐体 7 の外側から上記開口部を覆うように取り付けられる。第 1 の筐体 7 および電子光学鏡筒 2 は真空排気ポンプ 4 で真空排気されるが、第 1 の筐体 7 の真空シールは上記開口部の外縁に設けられた Oリングにより維持される。従って、薄膜支持部材 4 7 は第 1 の筐体 7 に対して脱着可能である。薄膜 1 0 は非常に薄いために非常にハンドリングが困難である。そこで、薄膜支持部材 4 7 に薄膜 1 0 の接着を装置外部にて行った後、薄膜 1 0 を具備した薄膜支持部材 4 7 を第一の筐体 7 に取り付けることで、交換が非常に容易となる。つまり、万一薄膜 1 0 が破損した場合には、薄膜支持部材 4 7 ごと交換するように構成される。

20

【 0 0 3 5 】

本実施例の S E M は、第 2 の筐体 8 内に観察対象試料を保持し、位置駆動をするための試料ステージを備える。試料ステージは、試料 6 が載置される試料台 5 と Z 駆動機構 5 0 2、X Y 駆動機構 5 0 3 とを含んで構成される。試料 6 は、開口部 8 1 から第 2 の筐体 8 内に搬入される。また、第 2 の筐体 8 には、位置測定器 1 4 が備えられており、試料表面の高さおよび面内方向の位置検出が可能である。位置測定器 1 4 としては、例えば光学的な距離計が使用でき、光の種類としては、可視光、赤外光、レーザなどが使用できる。位置測定器 1 4 の測定結果は、下位制御部 3 7、上位制御部 3 6 を経由してパソコン 3 5 に伝送され、モニタに表示される。装置使用者は、モニタに表示される測定結果を見ながら Z 駆動機構 5 0 2 を操作し、試料表面が薄膜 1 0 に接触しない程度までに試料 6 を薄膜 1 0 に近づける。図 2 に示す S E M では、Z 駆動機構 5 0 2 をマニュアル操作により移動させる構成を示しているが、Z 駆動機構 5 0 2 にモータあるいはアクチュエータを取り付け、モニタ上の G U I で Z 駆動機構 5 0 2 の移動量を操作できるように装置を構成することも可能である。

30

【 0 0 3 6 】

上記の構成により、実施例 1 よりも薄膜 1 0 と試料 6 間の距離をより精密に制御可能な S E M、すなわち試料 6 を薄膜 1 0 により近づけることが可能な S E M が実現できる。従って、本実施例により、実施例 1 よりも高分解能の S E M 画像を取得可能な S E M が実現できる。

40

【 0 0 3 7 】

本実施例の S E M は、大気よりも質量の軽いガスを試料の一次電子線照射位置近傍に放出可能なガスノズル 1 0 0 を備える。ガスノズル 1 0 0 は、配管を介して上記軽元素ガスが充填されたガスボンベ 1 0 3 に接続される。配管の途中には、ガス制御バルブ 1 0 1、ジャンクション 1 0 2 などが設けられる。通常、ガスボンベ 1 0 3 は S E M の構成要素ではなく装置使用者が事後的に接続するが、S E M の装置内に組み込まれた状態で販売される場合もありうる。

【 0 0 3 8 】

薄膜 1 0 または貫通孔を通過した一次電子線は第 2 の筐体 8 内に侵入するが、第 2 の筐

50

体 8 内は大気圧または低真空状態に維持されている。よって、侵入した一次電子線は窒素や酸素といった気体分子で散乱され、平均自由工程が第 1 の筐体 7 におけるそれよりも短くなる。平均自由工程が薄膜 10 と試料 6 の表面との距離よりも短ければ、電子線が試料まで届かなくなり、SEM 観察が行えないことになる。

【0039】

一方、電子線の平均自由工程は、散乱原因である気体分子の質量が大きいほど短くなる。従って、大気を構成する主要元素である窒素や酸素よりも質量の軽い気体分子で第 2 の筐体 8 内の一次電子線の通過経路を満たせば、大気雰囲気よりも平均自由工程を長くすることができる。従って、本実施例の SEM はガスノズル 100 を備えており、水素ガス、ヘリウムガス、メタンガス、水蒸気などの軽元素ガスを試料の一次電子線照射位置近傍に放出する。これにより、第 2 の筐体 8 内に侵入した一次電子線が試料に届く確率が高くなり、従って試料から放出される反射電子あるいは二次電子の量を増大させ、かつ反射電子あるいは二次電子が第 2 の筐体 8 内で散乱される確率を低くすることができる。この結果、反射電子あるいは二次電子が検出器 3 に届く確率が高くなり、取得できる SEM 画像の画質が向上する。

【0040】

本実施例の SEM は、検出器 3 に加えて、EDX 検出器 18 を第 1 の筐体 7 内に備えており、観察試料の材料分析ができる。EDX 検出器の他、蛍光線の検出器を備えてもよい。また、一次電子線が試料 6 に照射されると、試料に吸収電流が流れる。試料 6 から試料台に流れこむ電流を計測すれば、吸収電流（または吸収電子）を使った画像を取得することも可能である。このためには下位制御部 37 内に電流計を設け、また試料台 5 が電流検出機能を持つように試料台 5 の試料載置面を導電性材料で構成する。

【0041】

次に、本実施例の SEM における装置の操作画面に関し、図 3 および図 4 を用いて説明する。

【0042】

図 3 に示した操作画面では、例えば、操作用ウィンドウ 50 と、画像表示部 51 と、電子線の放出を開始し画像表示を開始させる画像観察開始ボタン 52 と、電子線の放出を停止し画像表示を停止させる画像観察停止ボタン 53 と、偏向レンズや対物レンズなどの光学レンズを調整してオートフォーカスを実行させる焦点調整ボタン 54 と、画像の明るさを調整する明るさ調整ボタン 55 やコントラストを調整するコントラスト調整ボタン 56 と、荷電粒子光学鏡筒 2 や第 1 の筐体 7 の内部の真空排気を開始させる真空排気ボタン 57 および第 1 の筐体 7 の内部を大気リークさせるための大気リークボタン 58 がある。真空排気ボタン 57 を画面上でクリックすると真空排気が開始され、再度クリックすると真空排気が停止される。大気リークボタン 58 の操作も同様である。上記のボタン操作により実行される処理は、装置本体についての機械的なボタンやつまみを操作して実行することもできる。

【0043】

操作用ウィンドウ 50 には、ガス制御バルブ 101 を開けてガスノズルからガスを放出させるガス放出開始ボタン 112 と、ガス制御バルブ 101 を閉じてガス放出を停止させるガス放出停止ボタン 113 とがある。

【0044】

本実施例の場合、ガス放出開始ボタン 112 を押した後、ガス放出停止ボタン 113 を押し忘れ、ガス制御バルブ 101 が開けっ放しになりガスボンベ 103 が空になる可能性がある。図 3 に示すガス放出条件設定ボタン 114 を押すと、図 4 に示すガス放出条件設定ウィンドウ 118 が開き、ガス放出を実行要否あるいはガス放出の継続時間といったガス放出条件を設定することが可能となる。ウィンドウ内に表示されるガス放出時間設定ボックス内にガス放出を継続したい時間を入力すると、ガス放出開始ボタン 112 のクリック後、入力した時間だけガス放出が継続し、時間経過後に自動停止する。なお、ガス放出の継続時間は図 4 に示すような別ウィンドウで設定するのではなく、上位制御部 36 ある

いは下位制御部 37 内に固定値として格納しておき、ガス放出開始ボタン 112 のクリック後、一定時間経過すると強制的にガス放出を停止するよう装置を構成してもよい。

【0045】

また、SEM 画像の観察時に必ずガス放出を行いたい場合がある。その場合、図 4 に示すガス放出実行チェックボックス 119 にチェックマークを入れておけば、画像観察開始ボタン 52 をクリックすると、クリックに連動して自動的にガス制御バルブ 101 が開き、画像観察停止ボタン 53 をクリックすることにより自動的にガス制御バルブ 101 が閉まる。この際にガス放出時間設定ボックス 117 内に数値を設定しておけば、設定時間経過後にガス制御バルブ 101 が閉まる。上の制御は下位制御部 37 により実行される。なお、上記の画像観察開始とガス放出開始の連動機能使用時であっても図 3 に示されるガス放出開始ボタン 112 およびガス放出停止ボタン 113 は有効であり、ガス放出停止ボタン 113 をクリックすれば連動機能により開始されたガス放出を停止させることができる。

10

【実施例 3】

【0046】

本実施例は、観察対象試料と薄膜が一定値以上に近づかないように薄膜 - 試料間の距離を制限する制限部材を一次電子線を透過ないし通過させる薄膜の試料対向面に備える SEM の構成例について説明する。

【0047】

図 5 には本実施例の SEM の構成図を模式図で示した。簡単のため、制御系は省略して図示しているが、実際には、図 1、図 2 と同様、電子光学系や真空排気系を制御するための制御手段を備えている。

20

【0048】

さて、薄膜 - 試料間の距離は、一次電子線の通過経路の雰囲気によらず、できるだけ短いことが望ましいが、一方で、薄膜と試料とが接近すれば薄膜が破損する確率が大きくなる。特に電子線を透過するタイプの薄膜を使用する場合、この問題は深刻である。

【0049】

これを解決するためには、図 5 に示すように薄膜と試料の接触を防止する制限部材 105 を薄膜 10 の試料対向面側に設けるとよい。制限部材 105 としては、試料と薄膜間の距離を制限できるものなら何を使用してもよいが、簡便には、薄膜 10 の試料対向面側に接着剤やテープを貼り付けて制限部材 105 として使用することもできる。ただし、薄膜 10 を通過した一次電子線の平均自由行程を考えれば、制限部材 105 は厚みが正確にわかっている薄膜材料で作製することが好ましい。また、図 5 では制限部材 105 は薄膜 10 に取り付けられているが、薄膜支持部材 47 や試料台 5 に取り付けてもよく、あるいは試料 6 の上に載せてもよい。更に、制限部材 105 を着脱可能としてもよい。

30

【0050】

薄膜と試料との距離を小さくすると分解能が高くなる。そのために、非常に薄い制限部材 105 を取り付けおくことが望ましい。但し、試料によっては、高分解能が必要でない場合は、ある程度の厚みのある制限部材 105 に付け替えておくことも必要である。ある程度の厚みのある制限部材の方が、薄膜破損の可能性を小さくすることが可能である。このため、制限部材 105 を着脱可能な構成にする効果がある。

40

【0051】

このように制限部材 105 を設けることで、誤操作により試料を薄膜に近づけすぎた場合の薄膜の破損を防止することができる。

【実施例 4】

【0052】

本実施例では、SEM の薄膜 - 試料間距離を変更する機構を備えた SEM の構成例について説明する。実施例 2 および 3 で説明した SEM は試料を Z ステージで移動することにより薄膜 - 試料間距離を調整したが、本実施例では電子光学鏡筒 2 と第 2 の鏡体を含む SEM の上部構造を可動式にすることにより薄膜 - 試料間距離を調整する。

50

【 0 0 5 3 】

図 6 に本実施例の S E M の全体構造を示す。図 5 と同様、各種の制御系は省略して図示している。本実施例の S E M では、電子光学鏡筒 2 の上部に駆動機構 2 0 0 が備えられており、駆動機構 2 0 0 が電子光学鏡筒 2 および第 1 の筐体 7 全体を上下方向に動かすことにより、薄膜 1 0 と試料台 2 1 上に載置された試料 6 との相対距離を調整する。衝突防止のため、薄膜 1 0 の試料対向面側には制限部材 1 0 5 が設けられており、更に第 1 の筐体 7 の底面から突き出したフランジ部 1 9 には位置測定器 1 4 が設けられている。薄膜 1 0 は薄膜支持部材 4 7 に取り付けられており、第 1 の筐体 7 に対して脱着可能に構成されている。

【 0 0 5 4 】

図 6 の構造では、真空ポンプ 4 や配管 1 6 も電子光学鏡筒 2 および第 1 の筐体 7 と連動して可動するが、配管 1 6 と電子光学鏡筒 2 および第 1 の筐体 7 との間に真空シール性を有する摺動部材を設けて、駆動機構 2 0 0 の動作時に真空ポンプ 4 や配管 1 6 が動かないように構成することもできる。

【 0 0 5 5 】

本実施例の S E M においては、電子光学鏡筒 2 および第 1 の筐体 7 は支柱 2 0 により支えられるため、電子光学鏡筒 2 および第 1 の筐体 7 を含む装置全体を支える機能部材としての第 2 の筐体が不要である。従って、本実施例の構造の S E M は、特に大型の試料を切断せずにそのまま観察する場合などに適している。あるいは、ベルトコンベアのように非常に大きな試料台を有する場合に適している。

図 7 には、薄膜 - 試料間距離を変更する機構を備えた S E M の更に別の変形例を示す。図 7 に示す S E M は、薄膜支持部材 4 7 に第 1 の筐体 7 に対する摺動性を持たせて、駆動機構 2 0 1 により薄膜支持部材 4 7 を可動にする。薄膜支持部材 4 7 と第 1 の筐体 7 との真空シールは真空封止機構 1 2 4 により実現されるが、真空封止機構 1 2 4 は摺動性を持つ必要がある。

【 0 0 5 6 】

図 7 に示す S E M は、Z 駆動機構 5 0 2 と駆動機構 2 0 1 の両方で薄膜 - 試料間距離を調整できる。例えば、試料の Z 駆動を粗く行いたい場合は Z 駆動機構 5 0 2 を使う、細かく行いたい場合は駆動機構 2 0 1 を使う、などの使い分けができる。

【 0 0 5 7 】

また、S E M の対物レンズから試料までの距離つまり焦点距離を短くしたい場合は Z 駆動機構 5 0 2 により試料を薄膜 1 0 に近づけ、焦点距離を長くしたい場合は駆動機構 2 0 1 を使って薄膜 1 0 を試料に近づける、などとすることができる。

【 0 0 5 8 】

また、試料 6 がベルトコンベアにのっているような構成の場合、ベルトコンベアに Z 駆動機構 5 0 2 を搭載することが難しい場合もある。その際は、図 7 のように薄膜側を駆動させる駆動機構 2 0 1 が非常に有用である。

【 0 0 5 9 】

また、試料 6 が非常に大きく、図 7 に示す装置が非常に小さい装置の場合、試料 6 自体を動かすことは非常に困難となる場合がある、その場合は、試料 6 の位置は固定しておき、薄膜側を駆動させて薄膜 1 0 を試料に近づけるのが望ましい。

【 実施例 5 】

【 0 0 6 0 】

図 8 には、軽元素ガスを観察位置に供給するガスノズルの配置の変形例を示す。以上説明してきた各実施例では、ガスノズル 1 0 0 は第 1 の筐体 7 の底面に配置され、第 2 の筐体 8 の開口部 8 1 あるいは第 1 の筐体 7 の底面の側方から導入されているが、本実施例では、第 1 の筐体 7 内に配管を導入し、薄膜支持部材 4 7 にノズルを挿入することで、薄膜支持部材 4 7 側から軽元素ガスを試料表面に供給する。薄膜 1 0 自体にガスノズルを挿入することも可能であるが、薄膜支持部材 4 7 の脱着時に薄膜 1 0 を破損する可能性が高いので、ガスノズルは薄膜支持部材 4 7 に挿入した方がよい。

【 0 0 6 1 】

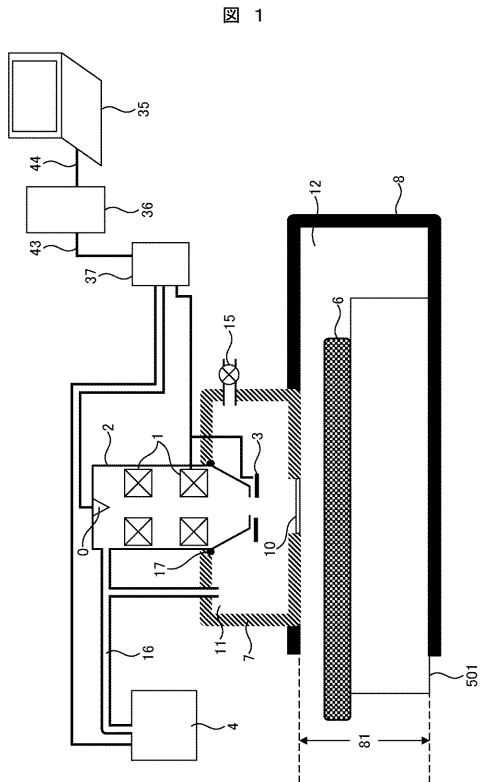
本実施例の場合、薄膜 1 0 と試料 6 の間に余計な構造物がないため、各実施例の S E M と比較して薄膜 - 試料間距離をより短くして S E M 観察を行うことができる。衝突防止のため制限部材を設けてもよいことはいうまでもない。

【 符号の説明 】

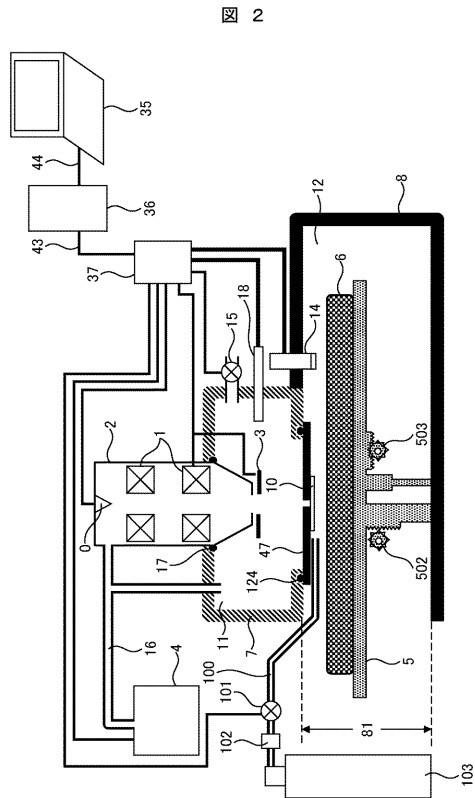
【 0 0 6 2 】

0	電子源	
1	光学レンズ	
2	電子光学鏡筒	
3	検出器	10
4	真空排気ポンプ	
5 , 2 1	試料台	
6	試料	
7	第 1 の筐体	
8	第 2 の筐体	
1 0	薄膜	
1 1	第 2 の空間	
1 2	第 1 の空間	
1 4	位置測定器	
1 5	リークバルブ	20
1 6	配管	
1 7	真空封止部	
1 8	E D X 検出器	
1 9	フランジ部	
2 0	支柱	
3 5	パソコン	
3 6	上位制御部	
3 7	下位制御部	
4 3 , 4 4	通信線	
4 7	薄膜支持部材	30
5 0	操作用ウィンドウ	
5 1	画像表示部	
5 2	画像観察開始ボタン	
5 3	画像観察停止ボタン	
5 4	焦点調整ボタン	
5 5	明るさ調整ボタン	
5 6	コントラスト調整ボタン	
5 7	真空排気ボタン	
5 8	大気リークボタン	
8 1	開口部	40
1 0 1	ガス制御バルブ	
1 0 3	ガスボンベ	
1 1 2	ガス放出開始ボタン	
1 1 3	ガス放出停止ボタン	
1 1 4	ガス放出条件設定ボタン	
1 1 7	ガス放出時間設定ボックス	
1 1 8	ガス放出条件設定ウィンドウ	
1 1 9	ガス放出実行チェックボックス	
1 2 0	OK ボタン	
1 2 4	真空封止機構	50

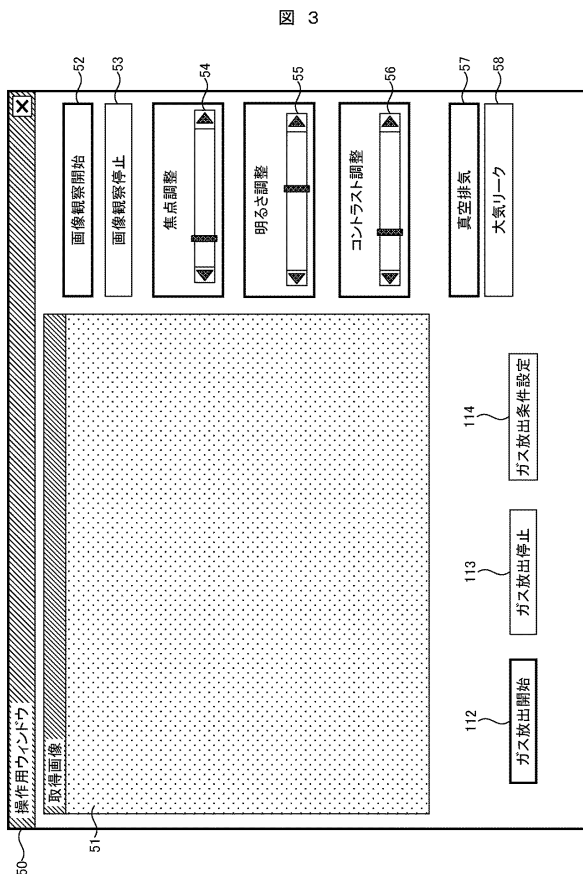
【 図 1 】



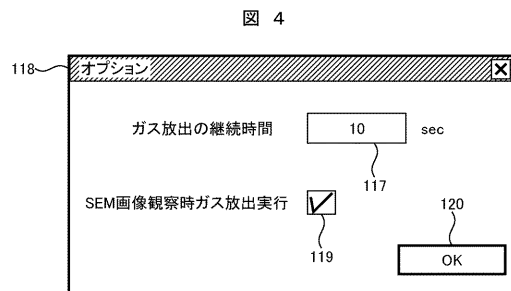
【 図 2 】



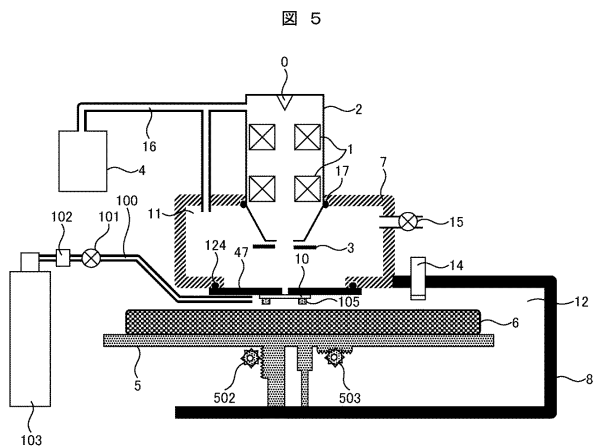
【 図 3 】



【 図 4 】

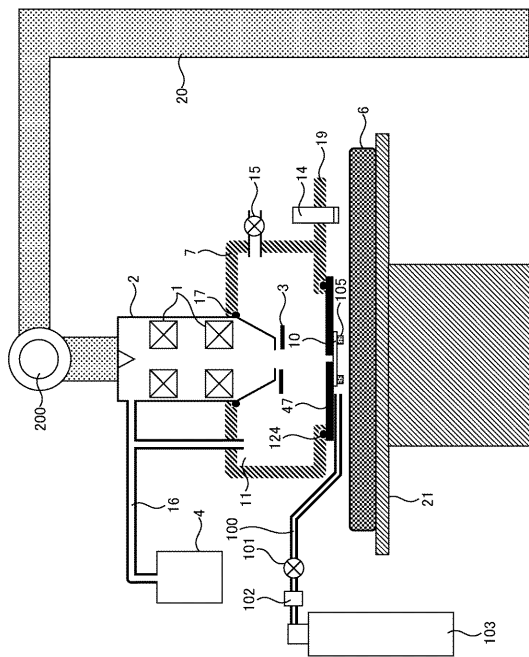


【 図 5 】



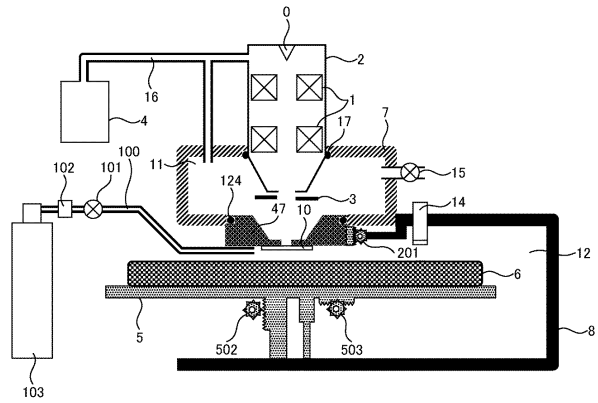
【図 6】

図 6



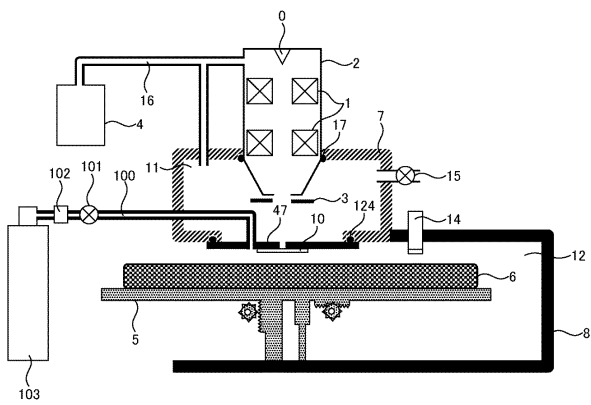
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



フロントページの続き

- (72)発明者 伊東 祐博
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
ズ 那珂事業所内
株式会社 日立ハイテクノロジー
- (72)発明者 勝山 正己
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
ズ 那珂事業所内
株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 山口 剛

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 1 4 7 4 3 0 (J P , A)
特開平 0 5 - 2 3 4 5 5 2 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 1 0 7 6 5 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 1 5 8 2 2 2 (J P , A)
特開昭 5 2 - 0 0 2 7 8 5 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 4 5 9 4 4 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 9 4 3 6 5 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 8 8 8 2 1 (J P , A)
特開平 0 3 - 1 6 5 4 3 5 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 J 3 7 / 1 6 - 3 7 / 2 8