

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年10月9日(09.10.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/162901 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/20 (2006.01) H01J 37/28 (2006.01)
H01J 37/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057874
- (22) 国際出願日: 2014年3月20日(20.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-077175 2013年4月2日(02.04.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長沖 功(NAGAOKI Isao); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 大八木 敏行(OYAGI Toshiyuki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 松本 弘昭(MATSUMOTO Hiroaki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 仲野 靖孝(NAKANO Kiyotaka); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2

4番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 佐藤 岳志(SATO Takeshi); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 長久保 康平(NAGAKUBO Yasuhira); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人開知国際特許事務所(KAICHI IP); 〒1030023 東京都中央区日本橋本町三丁目4番1号 Tokyo (JP).

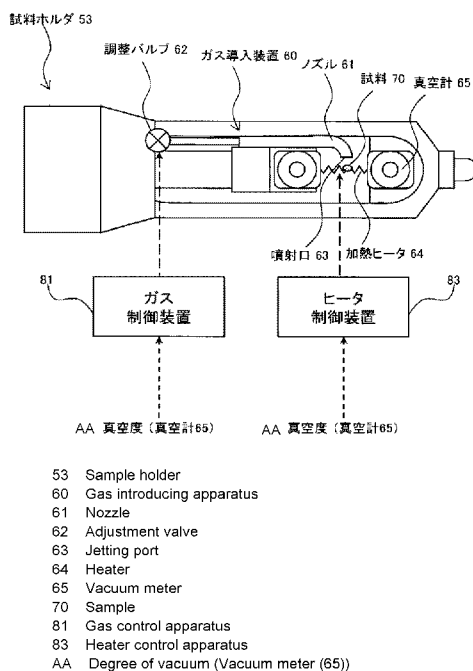
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: ELECTRONIC MICROSCOPE AND SAMPLE OBSERVATION METHOD

(54) 発明の名称: 電子顕微鏡及び試料観察方法



(57) Abstract: The present invention is provided with: a secondary electron detector that detects an electron that is generated when an electron beam from an electron gun is applied to a sample (70); a monitor that displays a secondary electron image of the sample on the basis of an output from the detector; a gas introducing apparatus (60) for discharging a gas to the sample (70); and a gas control apparatus (81) that controls the quantity of the gas to be discharged by means of the gas introducing apparatus (60) such that a degree of vacuum in an intermediate chamber having the secondary electron detector disposed therein is held lower than a set value (P1) when discharging the gas by means of the gas introducing apparatus (60). Consequently, a microscope image of the sample disposed in the gas atmosphere can be obtained using the detector to which a voltage is needed to be applied.

(57) 要約: 電子銃からの電子線が試料(70)に照射されることで発生する電子を検出する2次電子検出器と、その検出器の出力に基づいて試料の2次電子像を表示するモニターと、試料(70)にガスを放出するためのガス導入装置(60)と、ガス導入装置(60)によるガス放出時に、2次電子検出器が設置された中間室内の真空度が設定値P1未満に保持されるようにガス導入装置(60)によるガス放出量を制御するガス制御装置(81)とを備える。これにより電圧の印加が必要な検出器を利用してガス雰囲気におかれた試料の顕微鏡像が得られる。



(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 電子顕微鏡及び試料観察方法

技術分野

[0001] 本発明は電子顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 電子顕微鏡を利用した試料観察では、ガス雰囲気中の試料と当該ガスの反応過程をその場で動的に観察する、いわゆる「その場観察」が行われることがある。例えば、燃料電池触媒では、触媒がガスに曝されると貴金属粒子が担体上を移動して粒子成長するが、当該粒子成長をその場観察することで触媒の劣化解析が行われている。

[0003] この種の観察を行うためには、高真空状態に保持された鏡筒内の主たる空間と、ガスにより低真空状態に保持された試料近傍の空間を区画する必要があるが、その方式は大別して隔膜型と差働排気型に分類される。前者の方式に係る技術の1つとして、例えば、特開2003-187735号公報には、ガス雰囲気中に試料を密閉する試料ホルダが記載されている。この試料ホルダは、電子ビームを通過させるための開口が形成された試料載置部と、その開口を横切るように張られたヒータ用ワイヤ（試料加熱装置）と、試料載置部を試料室内（真空）から隔離するための隔膜と、当該隔膜によって形成される試料載置空間に対してガスを導入するためのガス導入管（ガス導入装置）を備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2003-187735号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、上記のようなガス雰囲気かつ低真空状態におかれる試料のその場観察に際して、電圧の印加が必要な2次電子検出器などの検出器を利用し

ようとしても、その印加電圧によって放電が発生してしまうおそれがある。そのため、透過電子顕微鏡（TEM）や走査透過電子顕微鏡（STEM）において、試料内部に電子を透過させることで得られる透過電子像（TEM像、STEM像）がその場観察に利用されてきた。そのため、透過電子像に基づいた2次元的な試料の変化（例えば、触媒に係る粒子の水平方向での移動態様）はその場観察できても、2次電子像が得意とする3次元的な試料の変化（例えば、触媒に係る粒子の高さ方向での移動態様）をその場観察できなかった。そして、当該試料の透過電子像と2次電子像を同時に取得することもできないため、両者を比較観察することもできなかった。

[0006] なお、低真空状態で2次電子像を得るための特殊な検出器として、50Pa以上の低真空度で水蒸気に当たった電子線から2次的に発生される電子線を検出する低真空二次電子検出器（ESEDD検出器）や、同様に2次的に発生した光を検出するUV検出器があるが、これらはいずれも50Pa未満（例えば、 10^{-6} Paオーダーから10Pa）の真空状態では使用できない。そのため、ガス導入を行いながら3次元的な試料変化を捉えるその場観察は、依然としてできなかった。

[0007] 本発明の目的は、電圧の印加が必要な検出器を利用してガス雰囲気におかれた試料の顕微鏡像が得られる電子顕微鏡を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、上記目的を達成するために、電子銃からの電子線が試料に照射されることで発生する電子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて前記試料の顕微鏡像を表示する表示装置と、前記試料にガスを放出するためのガス導入装置と、当該ガス導入装置によるガス放出中に、前記検出器が設置された空間内の真空度が継続的に設定値未満に保持されるように前記ガス導入装置によるガス放出量を制御するガス制御装置とを備えるものとする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ガス雰囲気中の試料のその場観察に電圧の印加が必要な

検出器を利用できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態に係る走査型透視電子顕微鏡の概略構成図。

[図2]本発明の実施の形態に係る電子顕微鏡装置のうち透過走査像を得るために使用する透過走査型電子顕微鏡部を示した図。

[図3]本発明の実施の形態に係る試料ホルダ53の概略構成図。

[図4]本発明の実施の形態に係る電子顕微鏡の鏡体内に設けられる各部屋の区画の概略図。

[図5]本発明の実施の形態に係る圧力表示部90の概略構成図。

[図6]ヘリウム、ネオン、アルゴン、水素および窒素について放電が発生しない圧力値の領域を示す図。

[図7]本発明の実施の形態に係るガス導入装置60および2次電子検出器51の制御処理のフローチャート。

[図8]本発明の実施の形態に係るガス導入装置60、2次電子検出器51および加熱ヒータ64の制御処理のフローチャート。

[図9]本発明の実施の形態に係るモニタ39の表示画面の一例。

[図10]画像コントロール部102の拡大図。

[図11]ウィンドウ111に2次電子像を表示し、ウィンドウ112に明視野像を表示した場合の画像表示部101の一例を示す図。

[図12]3つのウィンドウ111, 112, 113を画像表示部101に同時に表示した場合の一例を示す図。

[図13]1つのウィンドウ上で、複数種類の画像を適宜切り替えて表示した場合の一例を示す図。

[図14]暗視野画像の上に2次電子像を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図。

[図15]明視野画像の上に2次電子像を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図。

[図16]ガス導入前の試料について暗視野画像の上に2次電子像を重ね合わせ

て表示した場合の一例を示す図。

[図17]ガス導入後の試料について暗視野画像の上に2次電子像を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図。

[図18]ガス導入後の試料について明視野画像の上に2次電子像を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、以下では、走査型透過電子顕微鏡（STEM）を例に挙げて説明するが、本発明は、走査型電子顕微鏡（SEM）、透過型電子顕微鏡（TEM）および走査型透過電子顕微鏡を含む電子顕微鏡ばかりでなく、荷電粒子線装置にも適用可能である。

[0012] 図1は本発明の実施の形態に係る走査型透視電子顕微鏡の概略構成図である。この図に示す電子顕微鏡装置は、電子銃1と、第1及び第2の照射レンズコイル2、3と、第1及び第2の偏向コイル（走査コイル）4、5と、対物レンズコイル6と、第1及び第2の電磁式試料イメージ移動用コイル7、8と、第1及び第2の中間レンズコイル9、10と、第1及び第2の投射レンズコイル11、12と、励磁電源13～23と、デジタルアナログ変換器（DAC）24～34と、マイクロプロセッサ（MPU）35と、ハードディスクドライブ（HDD）36と、演算装置（ALU）37と、モニタコントローラ（CRTコントローラ）38と、モニタ（CRT）39と、インターフェース（I/F）40、41と、倍率切替用ロータリーエンコーダ（RE）42と、入力用ロータリーエンコーダ（RE）43と、キーボード44と、マウス57と、RAM45と、ROM46と、画像取込みインターフェース48を備えている。光軸上には、試料70（図3参照）を保持する試料ホルダ53が配置されている。図に示した対物レンズコイル6は強励磁レンズであり（図4参照）、試料の上側と下側にレンズが形成されている。

[0013] 図2は、本発明の実施の形態に係る電子顕微鏡装置のうち本発明に関する主たる部分を抽出して示した図である。この図において、本実施の形態に係

る電子顕微鏡部は、電子銃１と、照射レンズコイル２，３によって形成された収束電子レンズと、電子銃１で発生された電子線を試料７０（図３参照）上で走査させる走査装置としての偏向コイル（走査コイル）４，５と、試料７０が保持された試料ホルダ５３と、電子銃１からの電子線が試料７０に照射されることで発生する電子を検出する検出器（２次電子検出器５１、反射電子検出器５５、暗視野像検出器５０および明視野像検出器４９）と、コンピュータ８０と、検出器５１，５５，５０，４９の出力に基づいて試料７０の顕微鏡像を表示するモニタ３９と、鏡体内の各部の真空度が表示される圧力表示部９０を備えている。コンピュータ８０には、マイクロプロセッサ３５、ＨＤＤ３６、モニタコントローラ３８、ＲＡＭ４５、ＲＯＭ４６、および画像取込みインターフェース４８等の図１に示したハードウェアの一部と、モニタ３９に表示される顕微鏡像を録画するための録画制御装置９５などが搭載されている。

[0014] 図３は本発明の実施の形態に係る試料ホルダ５３の概略構成図である。この図に示すように、試料ホルダ５３は、加熱ヒータ（加熱装置）６４と、真空計６５と、ガス導入装置６０を備えている。

[0015] 加熱ヒータ６４は、電源（図示せず）に接続された１対のリード線に架け渡されたワイヤで構成されており、当該ワイヤには試料７０が付着して保持されている。すなわち、加熱ヒータ６４は、試料保持部としても機能している。加熱ヒータ６４には温度センサが取り付けられており、試料７０の温度が検出可能になっている。温度センサの出力（すなわち、試料温度）は、コンピュータ８０に出力されており、必要に応じてモニタ３９上に表示される。加熱ヒータ６４の出力は、コンピュータ８０内に搭載されたヒータ制御装置８３から加熱ヒータ６４に対して出力される制御信号に基づいて制御される。

[0016] 真空計６５は、試料７０の近傍の真空度（圧力）を検出するためのもので、試料ホルダ５３内に設置されている。真空計６５は、図に示した例では試料７０から１ｍｍ以内に位置するように試料ホルダ５３に取り付けたが、試

料ホルダ５３から独立して設置しても良い。真空計６５の出力（試料７０の近傍の圧力）は、コンピュータ８０に出力されており、圧力表示部９０（図２参照）に表示されたり、ガス導入装置６０によるガス放出量の制御（後述）に利用されたりする。

[0017] 図４は本発明の実施の形態に係る電子顕微鏡の鏡体内に設けられる各部屋の区画の概略図である。本実施の形態に係る電子顕微鏡の鏡体内は、電子銃室７１と、第１中間室７２と、第２中間室７３と、第３中間室７４と、試料室７５に分類できる。電子銃室７１と第１中間室７２を区画する隔壁には第１オリフィス７６が設置されている。第１中間室７２と第２中間室７３を区画する隔壁には、ガンバルブ７８が設置されている。第２中間室内に設けられた隔壁には第２オリフィス７９が設置されており、第２中間室７３と第３中間室７４を区画する隔壁には第３オリフィス８４が設置されている。第３中間室７４と試料室７５は、対物レンズの上磁極８５によって区画されており、試料室７５内における対物レンズの上磁極８５と下磁極８６の間には試料ホルダ５３が配置されている。

[0018] 電子銃室７１には真空ポンプ（イオンポンプ）８７ａが接続されており、第１中間室７２には真空ポンプ（イオンポンプ）８７ｂが接続されており、第２中間室７３には真空ポンプ（イオンポンプ）８７ｃが接続されている。第３中間室７４と、上磁極８５と下磁極８６の間に形成される空間と、下磁極８６より下方の空間には、同一の真空ポンプ（ターボ分子ポンプ８８およびドライポンプ８９）が独立した経路を介して接続されている。

[0019] 第３中間室７４内には、電子銃１からの電子線により発生する２次電子を検出する際に所定の電圧（引き出し電圧）が印加される２次電子検出器５１が設置されている。２次電子検出器５１の電圧の印加は、コンピュータ８０内に搭載された検出器制御装置８２から２次電子検出器５１に対して出力される制御信号に基づいて制御されている。ターボ分子ポンプ８８の吸い込み口には真空計７７が設置されており、真空計７７の検出値はコンピュータ８０に出力されている。

[0020] 図5は本発明の実施の形態に係る圧力表示部90の概略構成図である。この図に示す圧力表示部90は、ターボ分子ポンプ88の吸い込み口の近傍に設置された真空計77の検出値が表示される第1表示部91と、試料ホルダ53内に設置された真空計65の検出値が表示される第2表示部92を有している。この図の例では、ターボ分子ポンプ88の吸い込み口での圧力は、0.034 [Pa] であるのに対して、試料70の近傍での圧力は1.0 [Pa] に保持されている。

[0021] 図3に戻り、ガス導入装置60は、電子銃1で発生された電子線が照射される試料70にガスを放出するためのものである。ガス導入装置60は、ガスボンベ（図示せず）に接続され、試料ホルダ53内に開口した噴射口63を先端を有するガスノズル61と、噴射口63から放出されるガス放出量を調整するための調整バルブ62を備えている。噴射口63は加熱ヒータ64に向けられており、噴射口63からのガスは、加熱ヒータ64におけるワイヤ上の試料70に対して放出される。調整バルブ62は電磁弁であり、調整バルブ62の開度はガス制御装置81から出力される制御信号に基づいて制御される。

[0022] ガス制御装置81は、ガス導入装置60によるガス導入中に、2次電子検出器51が設置された第3中間室74内の真空度が継続的に設定値P1未満に保持されるようにガス導入装置60によるガス導入量（放出量）を制御するためのものである。ガス制御装置81は、コンピュータ80内に搭載されている。ガス制御装置81には真空計65の出力が入力されており、ガス制御装置81は、真空計65から入力される当該真空度に基づいて、試料ホルダ53内へのガス導入量（放出量）を調整している。具体的には、ガス制御装置81は、真空計65から入力される圧力値が設定値P1未満の場合には、調整バルブ62を所定の開度に保持し、真空計65からの入力される圧力値が設定値P1以上の場合には、調整バルブ62を閉じてガス導入装置60による試料70へのガスの放出を停止する処理を実行する。

[0023] ガス導入量の制御に係る設定値P1は、2次電子検出器51に印加する電

圧（引き出し電圧）の値と、ガス導入装置 60 により導入されるガスの種類に基づいて決定されており、2 次電子検出器 51 に引き出し電圧を印加した際に放電が発生しない値に設定されている。図 6 はヘリウム（He）、ネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、水素（H₂）および窒素（N₂）について放電が発生しない圧力値の領域を示す図である。この図において、V_{sed} は、本実施の形態において使用される 2 次電子検出器 51 の引き出し電圧値であり、グラフ内で各曲線の上方に位置する領域は放電が発生する領域（放電領域）を示している。本実施の形態では、放電が発生する圧力が最も低いアルゴンを含むガスを導入することを想定して、アルゴンに係る曲線の漸近値である 50 [Pa] を設定値 P1 に設定している。これにより試料近傍の圧力値を 50 [Pa] 未満に保持すれば、2 次電子検出器 51 に印加しても放電が発生しない状況を創出できる。

[0024] 図 7 は本発明の実施の形態に係るガス導入装置 60 および 2 次電子検出器 51 の制御処理のフローチャートである。この図に示す処理が開始されると、ガス制御装置 81 および検出器制御装置 82 は、真空計 65 が示す圧力値が P1（50 [Pa]）未満か否かを判定する（S110）。

[0025] S110 において真空計 65 の圧力値が P1 未満であれば、ガス制御装置 81 は調整バルブ 62 の開度を所定の値に制御し、ガス導入装置 60 による試料へのガスの導入が開始される（S120）。そして、検出器制御装置 82 は、2 次電子検出器 51 に引き出し電圧を印加し（S130）、S110 に戻る。これによりガス雰囲気下でも 2 次電子検出器 51 の近傍の圧力が 50 [Pa] 未満に保持されて放電の発生が防止されるので、ガス雰囲気下での試料 70 の 2 次電子像を継続的に取得することができる。これによりガス雰囲気下での試料 70 の 2 次電子像の動画を得ることができる。なお、電子の検出に際して電圧が印加されないため、放電の心配の無い検出器の検出値に基づいて得られる画像は、当然に動画として得られる。

[0026] 一方、S110 において真空計 65 の圧力値が P1 以上であれば、ガス制御装置 81 は調整バルブ 62 を閉じ、ガス導入装置 60 による試料へのガス

の導入が停止される（S 1 4 0）。そして、検出器制御装置 8 2 は、2 次電子検出器 5 1 への引き出し電圧の印加を停止し（S 1 5 0）、S 1 1 0に戻る。試料ホルダ 5 3 が収納されている試料室 7 5 内は、真空ポンプ（ターボ分子ポンプ 8 8 およびドライポンプ 8 9）によって一定の排気量で排気されているので、上記のようにガス制御装置 8 1 によるガス導入を停止することで試料 7 0 の近傍の圧力は設定値 P 1 未満の値に向かって低下していく。

[0027] 試料 7 0 を加熱する場合には図 8 に示す制御処理を行う。図 8 は本発明の実施の形態に係るガス導入装置 6 0、2 次電子検出器 5 1 および加熱ヒータ 6 4 の制御処理のフローチャートである。この図に示す処理が開始されると、ガス制御装置 8 1、検出器制御装置 8 2 およびヒータ制御装置 8 3 は、真空計 6 5 が示す圧力値が P 1（5 0 [Pa]）未満か否かを判定する（S 2 1 0）。

[0028] S 2 1 0 において真空計 6 5 の圧力値が P 1 未満であれば、ガス制御装置 8 1 は調整バルブ 6 2 の開度を所定の値に制御し、ガス導入装置 6 0 による試料へのガスの導入が開始される（S 2 2 0）。そして、ヒータ制御装置 8 3 は、加熱ヒータ 6 4 により所定の温度で試料 7 0 を加熱する（S 2 3 0）。また、検出器制御装置 8 2 は、2 次電子検出器 5 1 に引き出し電圧を印加し（S 2 4 0）、S 2 1 0に戻る。これによりガス雰囲気下でも 2 次電子検出器 5 1 の近傍の圧力が 5 0 [Pa] 未満に保持されて放電の発生が防止されるので、ガス雰囲気下で加熱した試料の 2 次電子像を継続的に取得することができる。これによりガス雰囲気下での試料 7 0 の 2 次電子像の動画を得ることができる。なお、電子の検出に際して電圧が印加されないため、放電の心配の無い検出器の検出値に基づいて得られる画像は、当然に動画として得られる。

[0029] 一方、S 2 1 0 において真空計 6 5 の圧力値が P 1 以上であれば、ガス制御装置 8 1 は調整バルブ 6 2 を閉じ、ガス導入装置 6 0 による試料へのガスの導入が停止される（S 2 5 0）。そして、ヒータ制御装置 8 3 は、加熱ヒータ 6 4 による試料 7 0 の加熱を停止する（S 2 6 0）。また、検出器制御

装置 8 2 は、2 次電子検出器 5 1 への引き出し電圧の印加を停止し（S 2 7 0）、S 2 1 0 に戻る。試料ホルダ 5 3 が収納されている試料室内は、真空ポンプ（ターボ分子ポンプ T M P およびドライポンプ D R P）によって一定の排気量で排気されているので、上記のようにガス制御装置 8 1 によるガス導入を停止することで試料 7 0 の近傍の圧力は設定値 P 1 未満の値に向かって低下していく。

[0030] 次に本実施の形態に係る電子顕微鏡により試料の顕微鏡像（動画）を得る手順を簡単に説明する。観察者は、キーボード 4 4 及びマウス 5 7 を使用して、視野より撮像対象を探す。R O M 4 6 に格納された走査像及び／又は透過走査像用のレンズデータを読み出し、デジタルアナログ変換器（DAC）2 4 ～3 4 に出力する。デジタルアナログ変換器（DAC）2 4 ～3 4 は、レンズ系のデータをアナログ信号に変換し、励磁電源 1 3 ～2 3 に出力する。励磁電源 1 3 ～2 3 は、各レンズ系のレンズコイル 2, 3, 6, 9 ～1 2 に電流を出力する。

[0031] 電子銃 1 によって生成された電子線は、第 1 及び第 2 の照射レンズコイル 2, 3 により収束され、第 1 及び第 2 の偏向コイル 4, 5 によって走査され、対物レンズコイル 6 によって結像され、試料ホルダ 5 3 内の試料 7 0 に照射される。

[0032] その際、電子線（一次電子）によって励起され試料 7 0 から発生した 2 次電子は 2 次電子検出器 5 1 によって検出され、一次電子が試料 7 0 に反射したもの（反射電子）は反射電子検出器 5 5 によって検出され、試料 7 0 から放出される光はカソードルミネッセンス検出器（C L 検出器）5 4 によって検出され、試料 7 0 から放出される X 線は X 線検出器 5 2 によって検出される。これらの検出器 5 1, 5 5, 5 4, 5 2 の出力は、画像取込インターフェース 4 8 を介してコンピュータに出力され、二次電子像及び反射電子像等の走査像（S E M 像）としてモニタ 3 9 の画面上に適宜描画される。

[0033] また、電子線に係る電子のうち試料 7 0 を透過して散乱・回折したもの（散乱電子）は、暗視野検出器によって検出され、試料 7 0 を透過したが散乱

・回折しなかったもの（透過電子）は、明視野検出器によって検出される。これらの検出器の出力は、画像取込インターフェース４８を介してコンピュータに出力され、暗視野像及び明視野像といった走査透過像（STEM像）としてモニタ３９の画面上に適宜描画される。

[0034] 図９は本発明の実施の形態に係るモニタ３９の表示画面の一例である。この図に示す画面は、電子顕微鏡画像１１１，１１２が表示される画像表示部１０１と、画像表示部１０１に表示される画像１１１，１１２を制御するための画像コントロール部１０２と、主に電子顕微鏡の操作を行うための主コントロール部１０３を備えている。

[0035] 画像表示部１０１には、１以上の電子顕微鏡画像がウィンドウごとに表示される。画像表示部１０１に表示するウィンドウの数は、主コントロール部１０３を介して自由に増減できる。図９に示した例では２つのウィンドウ（画像）１１１，１１２が表示されている。

[0036] 画像コントロール部１０２では、画像表示部１０１に表示されるウィンドウ１１１，１１２のうちマウス５７等で選択されたもの（以下では、「選択ウィンドウ」と称することがある）に係る画像を制御することができる。図１０は画像コントロール部１０２の拡大図である。この図に示すように画像コントロール部１０２は、単独ボタン１２１と、２次電子像ボタン１２２と、明視野像ボタン１２３と、暗視野像ボタン１２４と、反射電子像ボタン１２５と、カラーボタン１２６と、重ね合わせボタン１３１と、上画像プルダウンメニュー１３２と、下画像プルダウンメニュー１３３と、カラーボタン１３４と、カラーボタン１３５と、透過率入力部１３６と、時刻ボタン１４１と、真空度ボタン１４２と、試料温度ボタン１４３と、時間ボタン１４４と、録画ボタン１５１を備えている。図１０の例では、選択されているボタンは「黒塗り」で表示しており、選択されていないボタンは「白塗り」で表示している。

[0037] 画像表示部１０１内のウィンドウ１１１，１１２のいずれかを選択して２次電子像ボタン１２２を押すと、その時刻に２次電子検出器５１によって検

出された２次電子像がリアルタイムの動画で選択ウィンドウに表示される。同様に、明視野像ボタン１２３を押すと選択ウィンドウに明視野像が表示され、暗視野像ボタン１２４を押すと選択ウィンドウに暗視野像が表示され、反射電子像ボタン１２５を押すと選択ウィンドウに反射電子像が表示される。これらのボタン１２２，１２３，１２４，１２５は、いずれか１つのみを押すことが可能であり、選択されているボタン以外のボタンを押すと、それまで選択されていたボタンの選択が解除される。これにより選択ウィンドウ内の画像を切り替えることができる。操作者の希望に応じて２次電子像、明視野像、暗視野像および反射電子像を交互にリアルタイム表示できるので、例えば、試料７０に係る粒子の移動を容易に把握できる。

[0038] カラーボタン１２６を押すと、選択ウィンドウに表示された画像がグレースケール表示から擬似的なカラー表示に変化する。ここでいう擬似的なカラー表示とは、白黒の濃淡に代えて、例えば、単一の有彩色である緑色の濃淡で画像を表示したものがこれに当たる。カラーボタン１２６は、他のボタン１２２，１２３，１２４，１２５とともに選択可能である。カラーボタン１２６を再度押すと選択が解除され、表示画像がグレースケール表示に戻る。

[0039] 画像表示部１０１内のウィンドウ１１１，１１２のいずれかを選択して時間ボタン１４４を押すと、当該選択ウィンドウ内の画像上に当該画像の撮影時刻が表示される。真空度ボタン１４２を押すと、当該選択ウィンドウ内の画像上に当該画像の撮影時刻に係る真空計６５の真空度（圧力）が表示される。試料温度ボタン１４３を押すと、当該選択ウィンドウ内の画像上に当該画像の撮影時刻に係る試料温度が表示される。時間ボタン１４４を押すと、当該選択ウィンドウ内の画像上に、試料７０の観察を開始した時刻から、当該画像の撮影時刻までの経過時間が表示される。試料７０の観察開始時刻は、主コントロール部１０３を介して操作者によって指定される。

[0040] なお、図に示した例では、時刻、真空度、試料温度および時間をウィンドウ内の画像上に表示したが、これらは画面上の他の場所に表示しても良い。さらに、画像に係る情報であれば、時刻、真空度、試料温度および時間以外

の情報（例えば、観察中に加熱ヒータ 64 によって試料 70 に加えたトータルのエネルギー量や、電子顕微鏡の観察条件である電子の加速電圧、倍率およびスケールバー等）を表示しても良いことは言うまでも無い。

[0041] 録画ボタン 151 は、選択ウィンドウ内に表示される画像（動画）をコンピュータ 80 内の記憶装置（例えば、HDD や ROM）に記憶（録画）するためのボタンである。録画ボタン 151 を押すと、録画制御装置 95 に録画開始信号が出力され、選択ウィンドウ内の動画の録画が開始される。一方、録画ボタン 151 を再度押すと、録画制御装置 95 に録画停止信号が出力され、録画が停止される。なお、本実施の形態では録画ボタン 151 を押すことで録画を開始するように構成したが、電子顕微鏡の稼働中に各検出器 51, 55, 49, 50 を介して撮影された全ての動画を自動的に録画するように録画制御装置 95 を設定しても良い。また、その録画した動画を、観察終了後に画像表示部 101 に表示可能に構成しても良い。そして、この場合の録画動画の表示も、画像表示部 101 および画像コントロール部 102 を介して操作すれば良い。

[0042] 図 11 はウィンドウ 111 に 2 次電子像を表示し、ウィンドウ 112 に明視野像を表示した場合の画像表示部 101 の一例を示す図である。各ウィンドウ 111, 112 に表示される画像は、同期されており、各検出器 51, 55, 49, 50 で同時刻に検出された出力に基づいて作成されている。この図に示した例では、各ウィンドウ 111, 112 について真空度ボタン 142、試料温度ボタン 143 および時間ボタン 144 が押されており、各ウィンドウ 111, 112 内の画像上に真空度、試料温度および時間が表示されている。2 次電子像を利用して試料 70 のその場観察を行うと、3 次元的な試料の変化を観察できるので、例えば、試料 70 に係る粒子のうち試料 70 の表面に存在するものが移動して、試料表面から試料内部に沈み込む様子などを観察できる。

[0043] また、図 11 のように 2 次電子像と明視野像を並列配置して同時に表示すると、試料 70 の表面と内部を同時に観察できる。これにより、例えば、あ

る時刻では２次電子像上で試料７０の表面に存在していた粒子が、その後、２次電子像からは消えたが明視野像に依然として存在すること確認できれば、試料７０の表面に存在していた粒子が、試料表面から試料内部に移動したことを容易に確認できる

図１２は３つのウィンドウ１１１，１１２，１１３を画像表示部１０１に同時に表示した場合の一例を示す図である。この図に示した例では、追加したウィンドウ１１３に暗視野像を表示している。このように同時刻に検出された２次電子像、明視野像および暗視野像を同時に表示すると、試料７０の表面、内部および背面を同時に観察することができ、例えば、試料７０に係る粒子が表面、内部、背面のいずれに位置しているかを容易に把握することができる。なお、ウィンドウを追加して又は他の像に代えて、画像表示部１０１に反射電子像を表示しても良い。反射電子像は、試料の表面と内部があるため、２次電子像と暗視野像が合わさったような画像が取得できる。

[0044] 図１３は１つのウィンドウ上で、複数種類の画像を適宜切り替えて表示した場合の一例を示す図である。選択ウィンドウ上に表示する画像の選択（画像の切り替え）は、２次電子像ボタン１２２と、明視野像ボタン１２３と、暗視野像ボタン１２４と、反射電子像ボタン１２５を押すことで行うことができる。これにより、同時刻に係る２次電子像、明視野像、暗視野像および反射電子像のうちいずれか１つを選択ウィンドウに表示することができる。図に示した例では、ガス導入前に２次電子像から暗視野像に切り替えて、ガス導入後に２次電子像から暗視野像に切り替えた場合を示している。このように観察中にリアルタイムで画像の種類を切り替えれば、例えば、試料７０に係る粒子移動を視覚的に容易に把握できる。

[0045] 図１０の説明に戻る。画像表示部１０１内のウィンドウ１１１，１１２のいずれかを選択して重ね合わせボタン１３１を押すと、２次電子像、明視野像、暗視野像および反射電子像のうちいずれか２つを選択ウィンドウ内で重ね合わせて表示できる。

[0046] 上画像プルダウンメニュー１３２は、重ね合わせボタン１３１が押された

ウィンドウにおいて、上に表示する画像を２次電子像、明視野像、暗視野像および反射電子像の中から選択するためのものであり、図１０の例では２次電子像が選択されている。下画像プルダウンメニュー１３３は、重ね合わせボタン１３１が押されたウィンドウにおいて、下に表示する画像を２次電子像、明視野像、暗視野像および反射電子像の中から選択するためのものであり、図１０の例では暗視野像が選択されている。単独ボタン１２１は、重ね合わせボタン１３１によって選択ウィンドウが重ね合わせ表示がされているときに、重ね合わせ表示から単独表示に復帰する際に使用される。なお、単独表示に復帰した際に選択ウィンドウに表示される画像は、復帰時に押されているボタン（２次電子像ボタン１２２、明視野像ボタン１２３、暗視野像ボタン１２４、反射電子像ボタン１２５およびカラーボタン１２６）に基づいて決定されるものとする。

[0047] 透過率入力部１３６は、選択ウィンドウに重ね合わせて表示される２つの顕微鏡像のうち上に位置するものの（上画像プルダウンメニュー１３２で選択された画像）の透過率を設定及び変更するためのものであり、図１０の例では透過率が５０％に設定されている。透過率入力部１３６による透過率の設定は、選択ウィンドウ内の上画像にリアルタイムに反映される。

[0048] カラーボタン１３４は上画像プルダウンメニュー１３２で選択された画像をカラー表示するためのものであり、カラーボタン１３４を押すと、上側の画像がグレースケール表示からカラー表示に変化する。カラーボタン１３５は下画像プルダウンメニュー１３３で選択された画像をカラー表示するためのものであり、カラーボタン１３４，１３５を押すと、下側の画像がグレースケール表示からカラー表示に変化する。カラーボタン１３４，１３５を再度押すと選択が解除され、画像がグレースケール表示に戻る。

[0049] 図１４は暗視野画像の上に２次電子像を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図であり、図１５は明視野画像の上に２次電子像を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図である。このように２枚の画像を１つのウィンドウ内で重ね合わせて表示させると、例えば、２次電子像から試料７０に係る粒

子が表面から消えても、その下に透けて見える暗視野画像または明視野画像上に存在することが容易に把握できる。これにより、図 1 2 のように複数の画像を同時に表示して比較検討する場合と比較して、当該粒子が消えたのではなく試料の表面から内部に侵入したことが容易に把握できる。

[0050] 図 1 6 はガス導入前の試料について暗視野画像（グレースケール）の上に 2 次電子像（カラー）を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図であり、図 1 7 はガス導入後の試料について暗視野画像（グレースケール）の上に 2 次電子像（カラー）を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図であり、図 1 8 はガス導入後の試料について明視野画像（グレースケール）の上に 2 次電子像（カラー）を重ね合わせて表示した場合の一例を示す図である。

[0051] グレースケールで表現された 2 枚の画像を重ね合わせたとき、当該 2 枚の画像について濃度の近い黒で表現された部分がたまたま同じ又は近い場所に存在すると、当該 2 枚の画像の判別がつかなくなることがある。しかし、このようにグレースケールの画像とカラーの画像を 1 つのウィンドウ内で重ね合わせて表示させると、色の違いで画像の判別できるので、例えば、同じ粒子がいずれの画像上に表現されているかを容易に判別することができ、当該粒子の位置を容易に把握することができる。

[0052] ところで、本実施の形態では、試料 7 0 の近傍に設置した真空計 6 5 の検出値に基づいてガス導入装置 6 0 の制御を行ったが、2 次電子検出器 5 1 の近傍（例えば、図 4 の第 3 中間室 7 4 内）に真空計 6 5 を設置し、その検出値に基づいてガス導入装置 6 0 の制御を行っても放電発生を防止できる。ただし、試料 7 0 の近傍の真空度は、試料 7 0 に吹きかけたガスの質量（ M_{ass} ）の目安になるため、加熱した温度と真空度に基づいて試料 7 0 で燃烧されるエネルギー量を算出できる。そのため、当該エネルギー量を精度良く算出する観点からは、本実施の形態のようにできるだけ試料 7 0 の近傍に真空計 6 5 を設置することが好ましい。このように構成しても、2 次電子検出器 5 1 は、自身が収納されている第 3 中間室 7 4 が試料 7 0 の近傍と独立した経路で真空ポンプ 8 8, 8 9 によって排気されている関係上、試料 7 0 近

傍よりも真空度が悪くなることは無いためガス制御に問題は発生しない。もちろん、試料 70 の近傍に加えて、2 次電子検出器 51 の近傍に真空計を設置し、試料 70 近傍の真空計に基づいてエネルギー量を算出し、2 次電子検出器 51 近傍の真空計に基づいてガス制御を行うように構成しても構わない。

[0053] さらに、上記の説明では、ガス雰囲気における 2 次電子検出器 51 の放電を防止して 2 次電子像を取得する場合について説明したが、観察時に電圧の印加が必要なためガス雰囲気では放電の発生を考慮する必要のある検出器を備える電子顕微鏡であれば、本発明の適用が可能である。例えば、暗視野検出器の中には、変換板（金蒸着した板）に散乱した電子線を一旦当てて、それを引き出し電圧で引き出すタイプのものがあるが、この種の暗視野検出器は、本実施の形態における 2 次電子検出器 51 と同じように電圧が印加され、真空度によっては放電が発生する可能性があるため、本発明の適用が可能である。

[0054] さらに、上記の説明では、試料ホルダ 53 内にガス導入装置 60 を取り付けたが、試料ホルダ 53 内の試料 70 にガスが導入可能であれば、ガス導入装置 60 は試料ホルダ 53 と独立して設置しても構わない。

[0055] また、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲内の様々な変形例が含まれる。例えば、本発明は、上記の実施の形態で説明した全ての構成を備えるものに限定されず、その構成の一部を削除したものも含まれる。また、ある実施の形態に係る構成の一部を、他の実施の形態に係る構成に追加又は置換することが可能である。

[0056] また、上記のコンピュータ及び各種制御装置に係る各構成や当該各構成の機能及び実行処理等は、それらの一部又は全部をハードウェア（例えば各機能を実行するロジックを集積回路で設計する等）で実現しても良い。また、上記のコンピュータ及び各種制御装置に係る構成は、演算処理装置（例えば CPU）によって読み出し・実行されることで当該コンピュータ及び各種制御装置の構成に係る各機能が実現されるプログラム（ソフトウェア）として

もよい。当該プログラムに係る情報は、例えば、半導体メモリ（フラッシュメモリ、SSD等）、磁気記憶装置（ハードディスクドライブ等）及び記録媒体（磁気ディスク、光ディスク等）等に記憶することができる。

[0057] また、上記の各実施の形態の説明では、制御線や情報線は、当該実施の形態の説明に必要であると解されるものを示したが、必ずしも製品に係る全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えて良い。

符号の説明

[0058] 1…電子銃、2…第1照射レンズコイル、3…第2照射レンズコイル、4…第1偏向コイル、5…第2偏向コイル、6…対物レンズコイル、7…第1電磁式試料イメージ移動用コイル、8…第2電磁式試料イメージ移動用コイル、9…第1中間レンズコイル、10…第2中間レンズコイル、11…第1投射レンズコイル、12…第2投射レンズコイル、13～23…励磁電源、24～34…DAC、35…マイクロプロセッサ、36…記憶装置、37…演算装置、38…モニタコントローラ、39…モニタ、40～41…I/F、42…倍率切替用ロータリーエンコーダ、43…入力用ロータリーエンコーダ、44…キーボード、45…RAM、46…ROM、47…走査像取り込みインターフェース、48…画像取込みインターフェース、49…明視野像検出器、50…暗視野像検出器、51…2次電子検出器、52…X線検出器、53…試料ステージ、54…CL検出器、55…反射電子検出器、59…加熱ヒータ、60…ガス導入装置、62…調整バルブ、63…噴射口、64…加熱ヒータ、65…真空計、70…試料、77…真空計、81…ガス制御装置、82…検出器制御装置、83…ヒータ制御装置、90…圧力表示部、95…録画制御装置、101…画像表示部

請求の範囲

- [請求項1] 電子銃からの電子線が試料に照射されることで発生する電子を検出する検出器と、
- 当該検出器の出力に基づいて前記試料の顕微鏡像を表示する表示装置と
- 前記試料にガスを放出するためのガス導入装置と、
- 当該ガス導入装置によるガス放出中に、前記検出器が設置された空間内の真空度が継続的に設定値未満に保持されるように前記ガス導入装置によるガス放出量を制御するガス制御装置とを備えることを電子顕微鏡。
- [請求項2] 請求項1に記載の電子顕微鏡において、
- 前記検出器には、前記電子線により発生する電子を検出する際に電圧が印加され、
- 前記設定値は、前記検出器に前記電圧が印加されても放電が発生しない値に設定されていることを特徴とする電子顕微鏡。
- [請求項3] 請求項1に記載の電子顕微鏡において、
- 前記検出器は、前記電子線により発生する電子を検出する2次電子検出器であり、
- 前記顕微鏡像は、前記2次電子検出器によって検出される2次電子像であることを特徴とする電子顕微鏡。
- [請求項4] 請求項1に記載の電子顕微鏡において、
- 前記検出器は、前記電子線により発生する電子を検出する2次電子検出器と、前記電子線に係る電子のうち前記試料を透過したものを検出する明視野検出器及び暗視野検出器であり、
- 前記表示装置は、前記顕微鏡像として、前記2次電子検出器によって検出される2次電子像と、当該2次電子像と同時刻に前記明視野検出器又は前記暗視野検出器によって検出される顕微鏡像とを表示することを特徴とする電子顕微鏡。

- [請求項5] 請求項1に記載の電子顕微鏡において、
前記検出器は、前記電子線により発生する電子を検出する反射電子検出器であり、
前記顕微鏡像は、前記反射電子検出器によって検出される反射電子像であることを特徴とする電子顕微鏡。
- [請求項6] 請求項1に記載の電子顕微鏡において、
前記表示装置には、さらに、前記顕微鏡像の撮影時刻、当該撮影時刻に係る前記試料の近傍の真空度及び前記試料の温度のうち少なくとも1つが表示されることを特徴とする電子顕微鏡。
- [請求項7] 請求項4に記載の電子顕微鏡において、
前記表示装置には、前記2次電子検出器によって検出される2次電子像と、当該2次電子像と同時刻に前記明視野検出器又は前記暗視野検出器によって検出される顕微鏡像とが同時に表示されることを特徴とする電子顕微鏡。
- [請求項8] 請求項4に記載の電子顕微鏡において、
前記表示装置は、前記2次電子検出器によって検出される2次電子像と、当該2次電子像と同時刻に前記明視野検出器によって検出される明視野像と、当該2次電子像と同時刻に前記暗視野検出器によって検出される暗視野像のうちいずれか1つが表示される表示部を有し、当該表示部に表示される顕微鏡像は選択可能であることを特徴とする電子顕微鏡。
- [請求項9] 請求項4に記載の電子顕微鏡において、
前記表示装置は、前記2次電子検出器によって検出される2次電子像と、当該2次電子像と同時刻に前記明視野検出器によって検出される明視野像と、当該2次電子像と同時刻に前記暗視野検出器によって検出される暗視野像のうちいずれか2つが重ね合わせて表示される表示部を有し、
当該表示部に重ね合わせて表示される2つの顕微鏡像のうち上に位

置するものの透過率は変更可能であることを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項10]

請求項9に記載の電子顕微鏡において、

前記表示部に重ね合わせて表示される2つの顕微鏡のうち一方は、
カラーで表示されることを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項11]

請求項1から10のいずれかに記載の電子顕微鏡において、

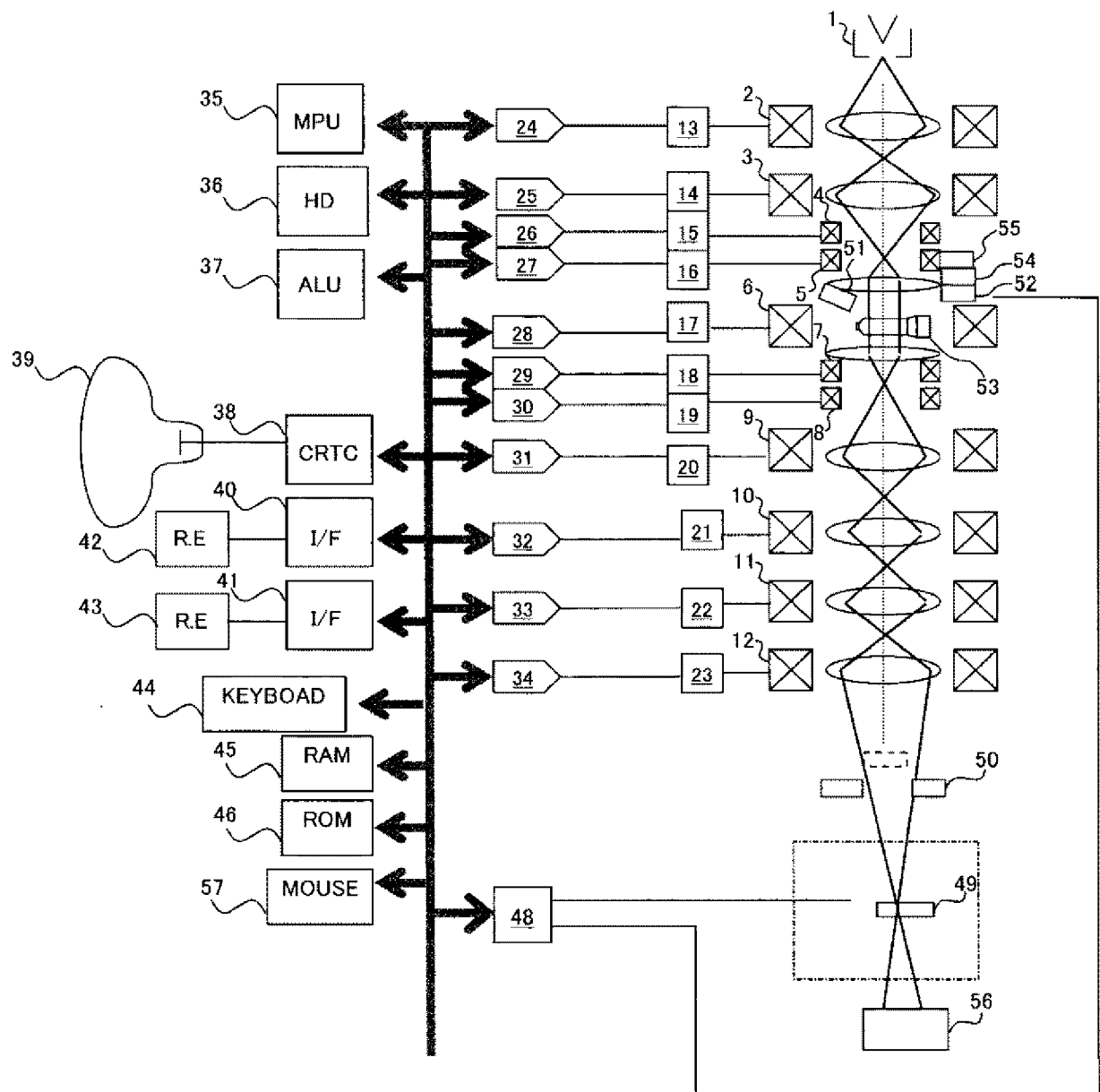
前記表示装置に表示される顕微鏡像を録画する録画装置をさらに備えることを特徴とする電子顕微鏡。

[請求項12]

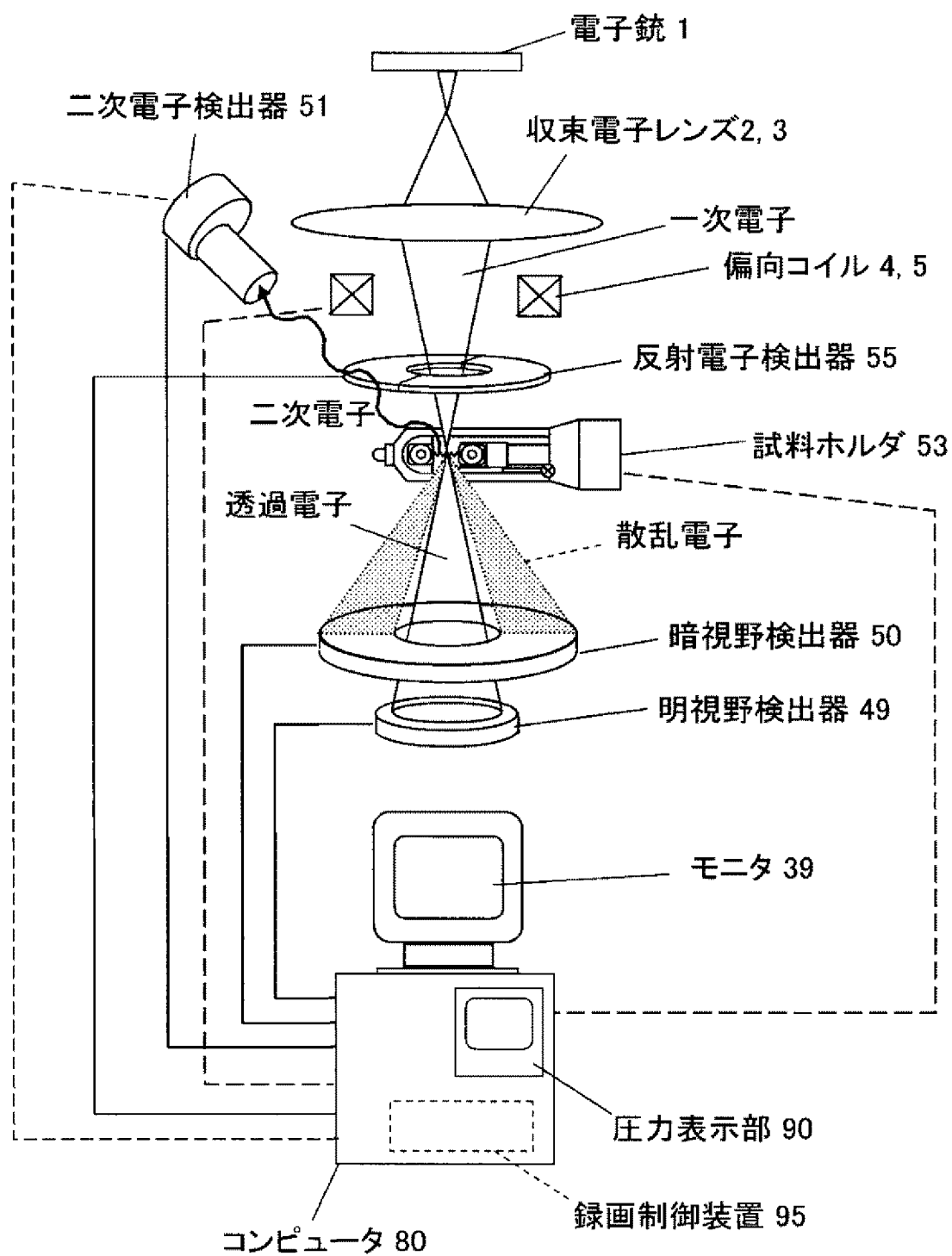
電子銃で発生された電子線が試料に照射される際に発生する電子を検出する検出器が設置された空間内の真空度が、継続的に設定値未満に保持されるように前記試料に放出するガス放出量を制御し、

前記電子線の照射時に発生する電子を前記検出器で検出して、当該検出器の出力に基づいて顕微鏡像を表示装置に表示することを特徴とする電子顕微鏡による試料観察方法。

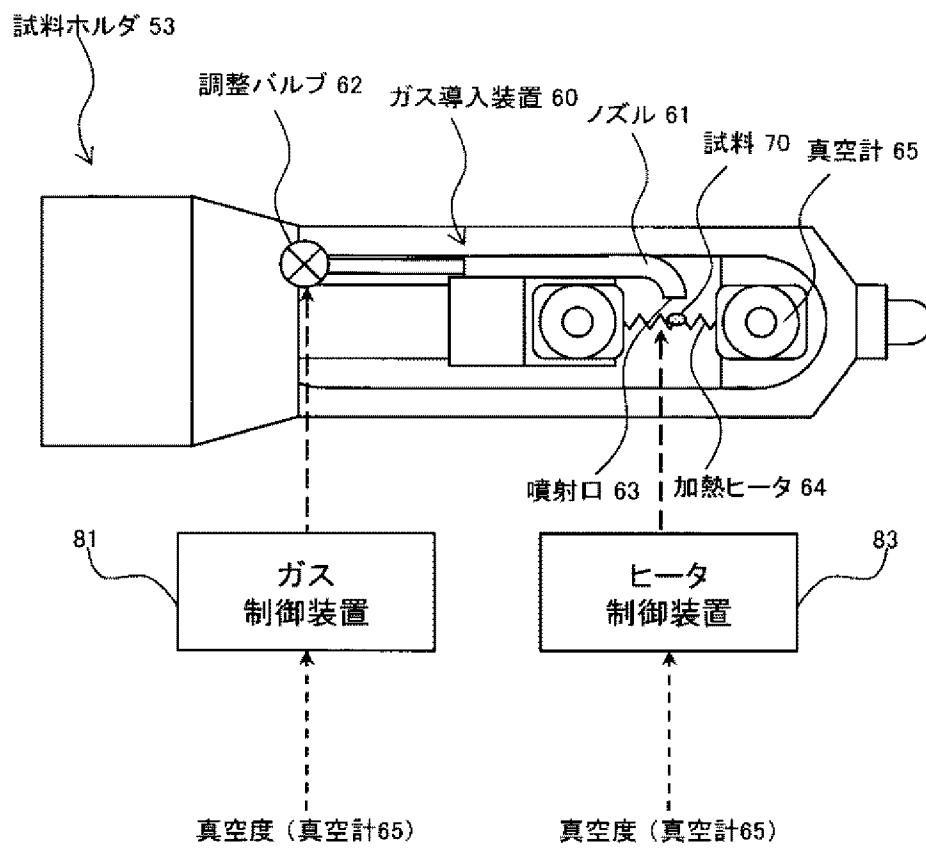
[図1]

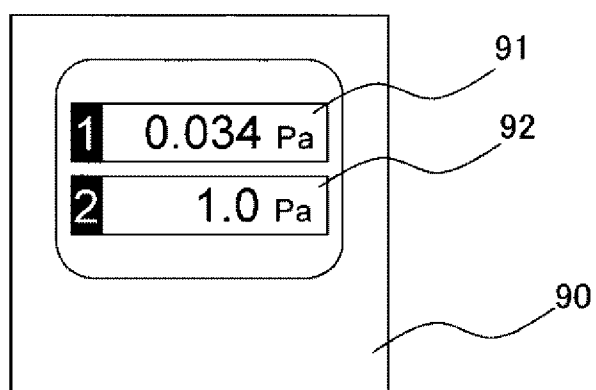
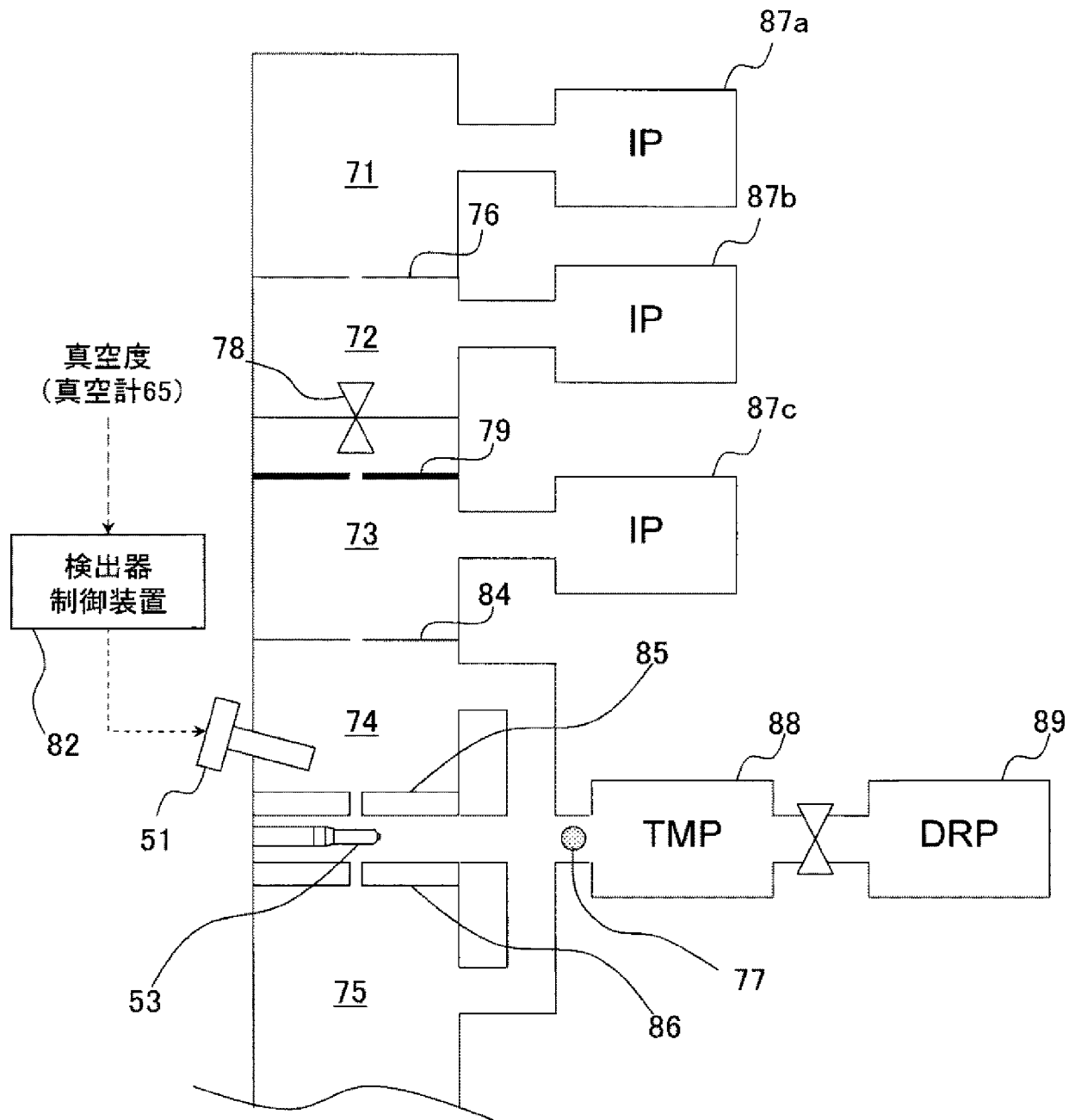


[図2]

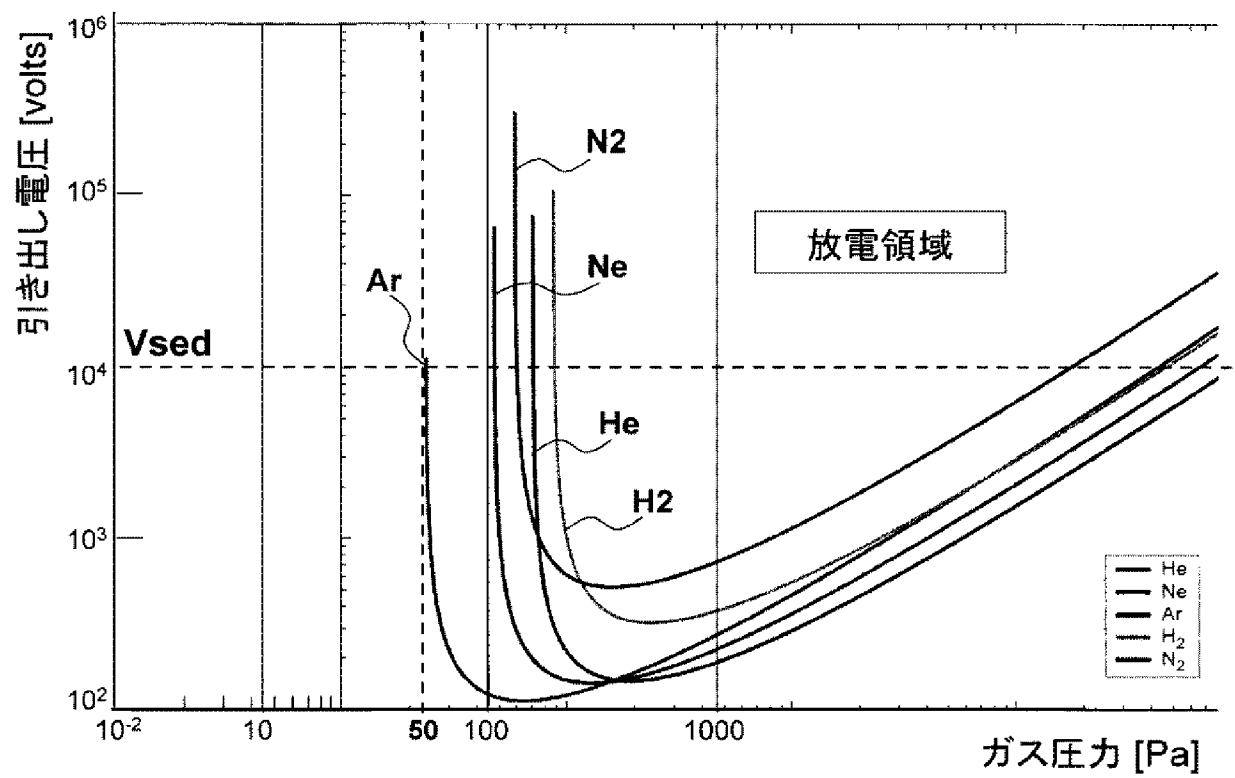


[図3]

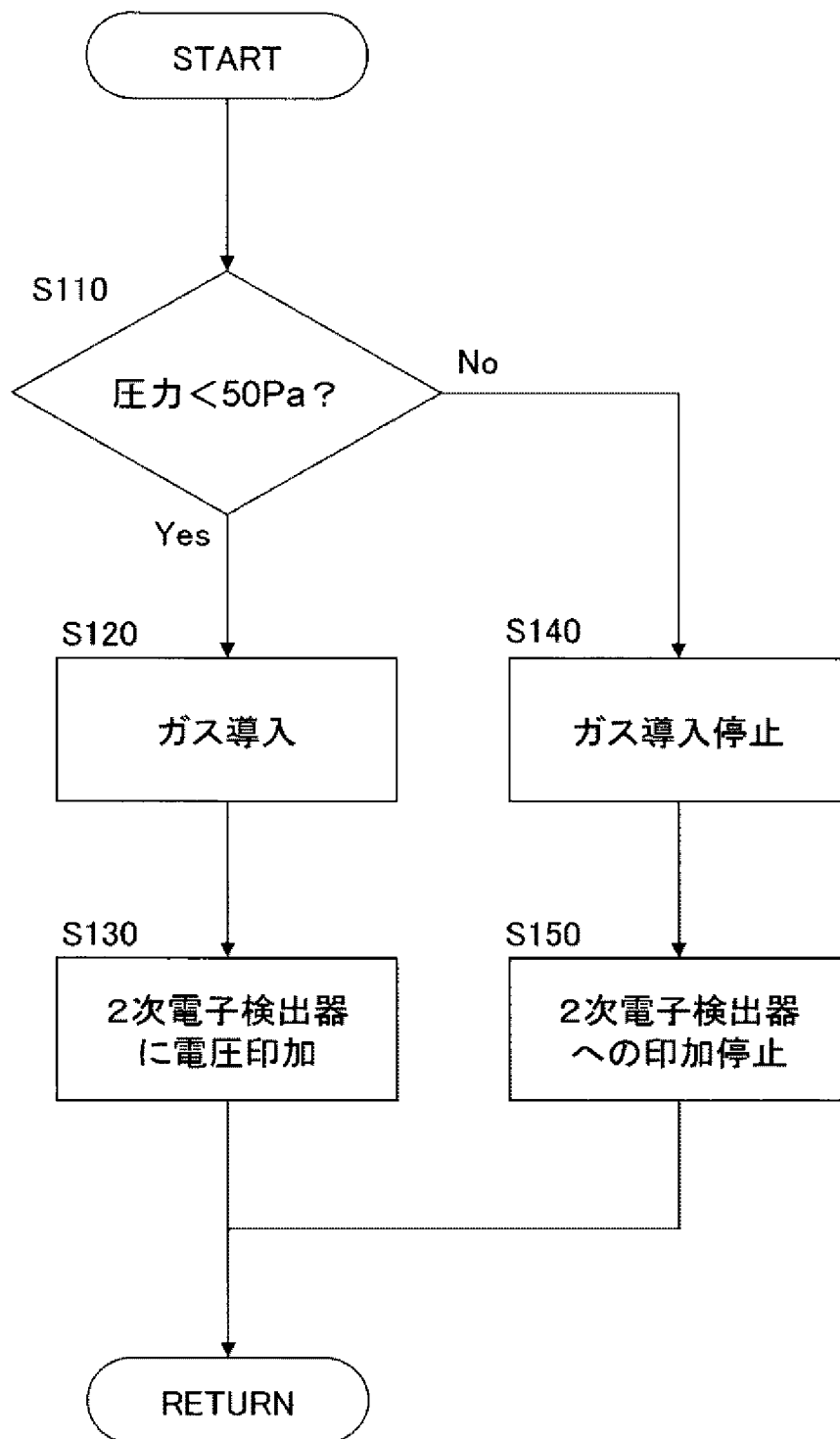




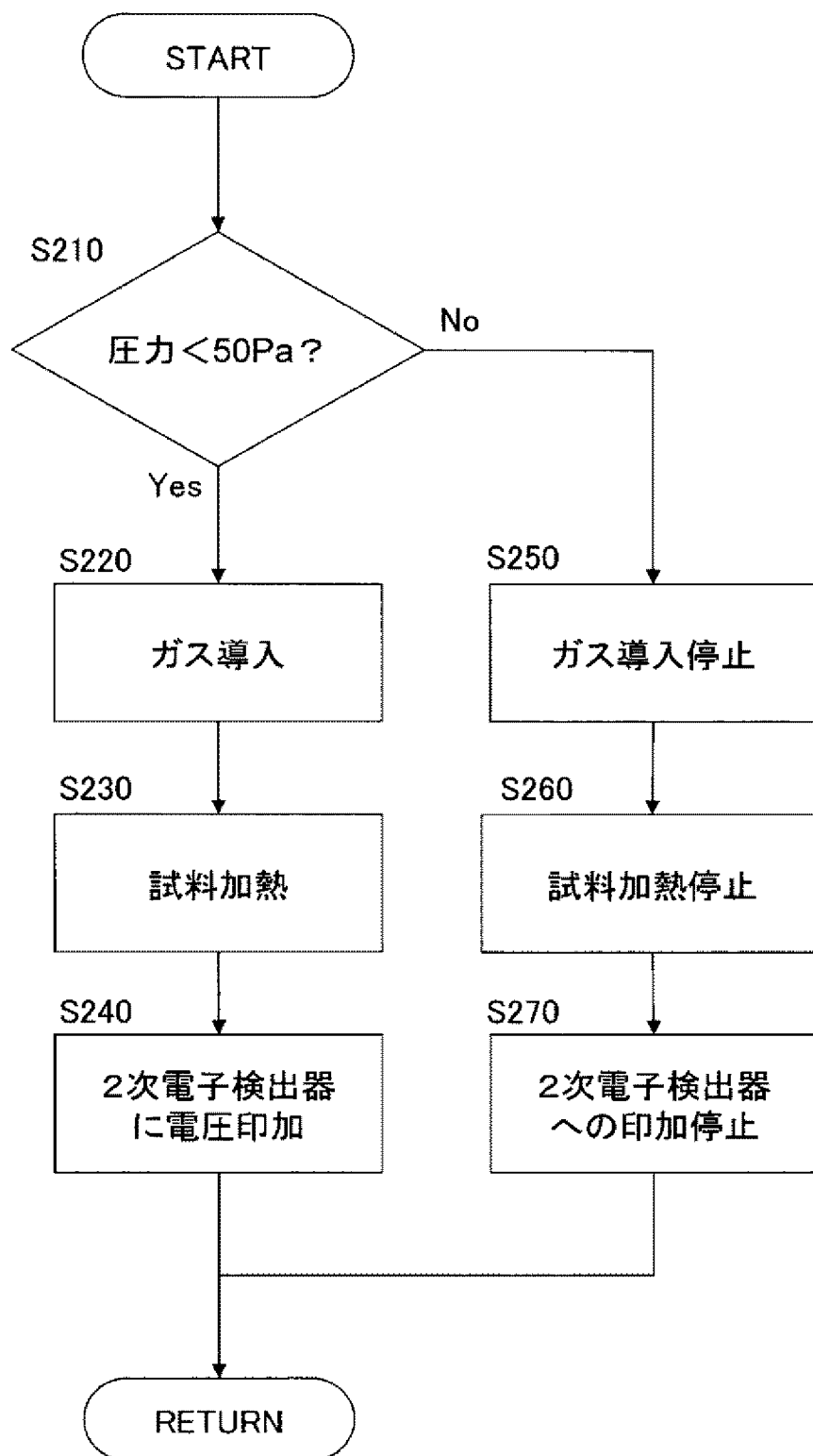
[図6]



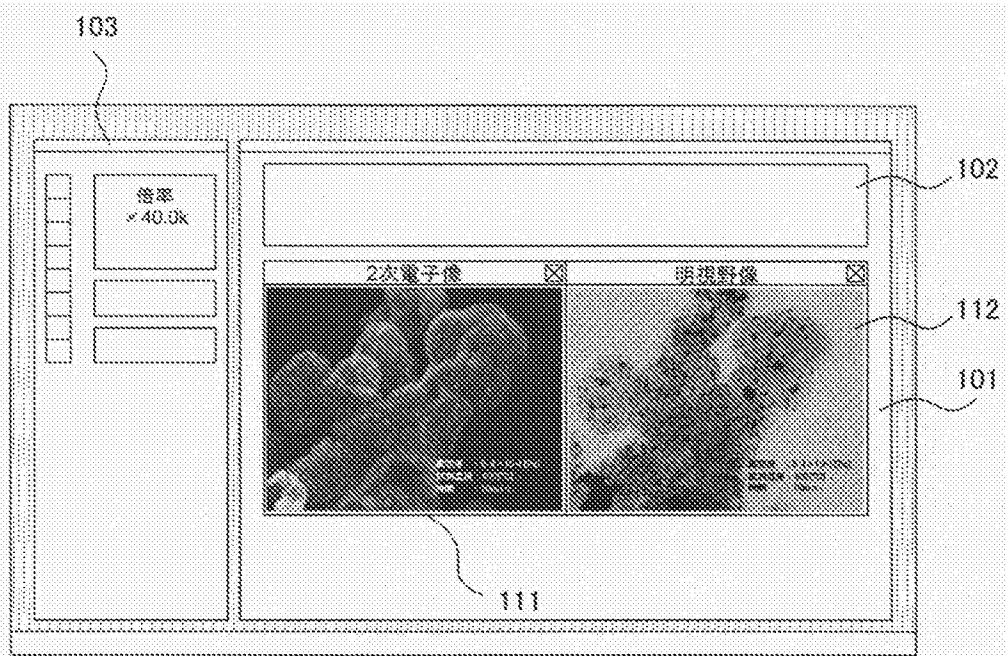
[図7]



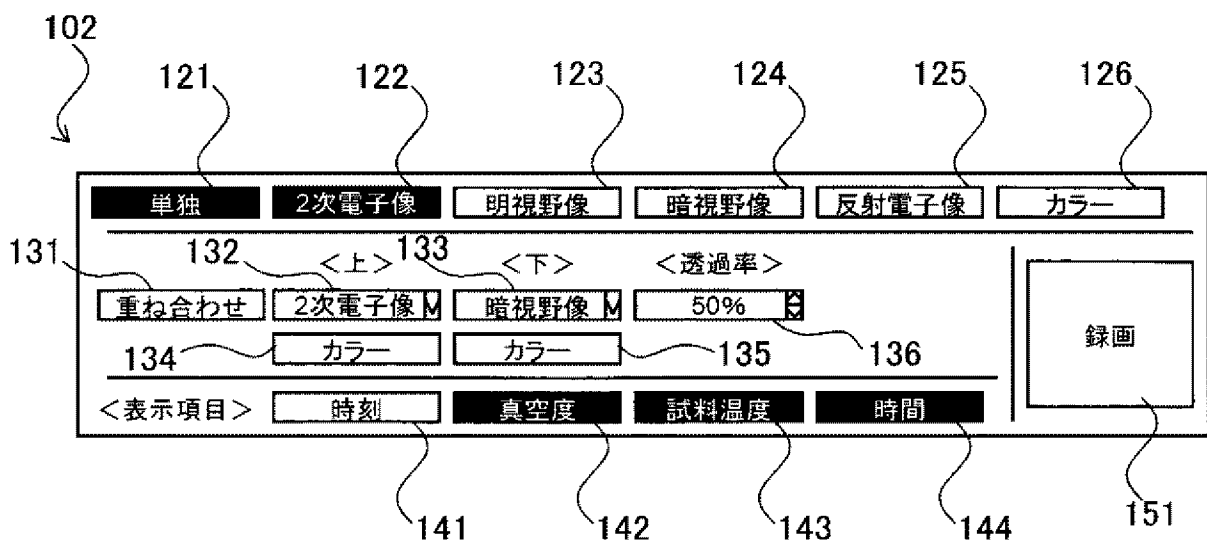
[図8]



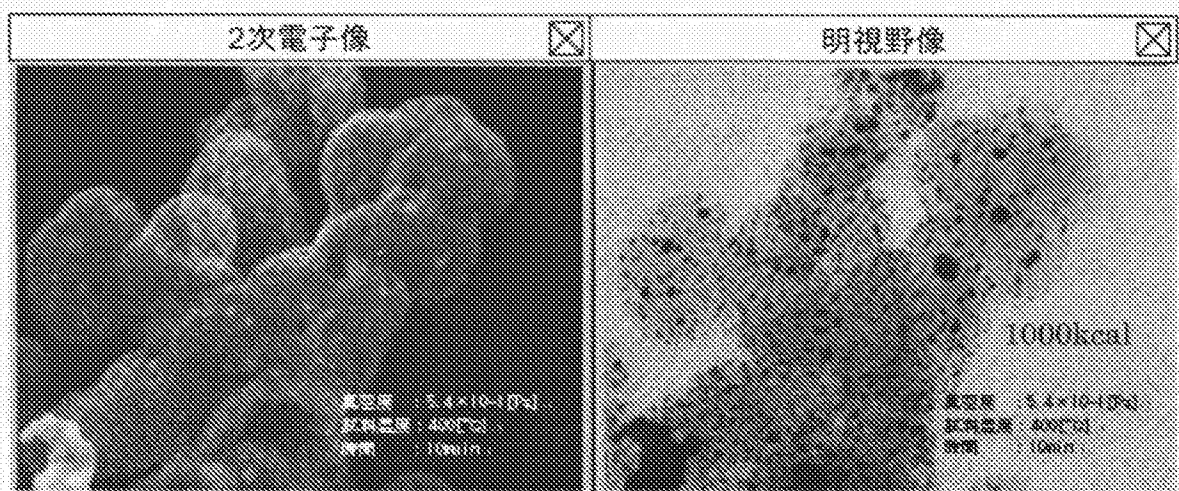
[図9]



[図10]



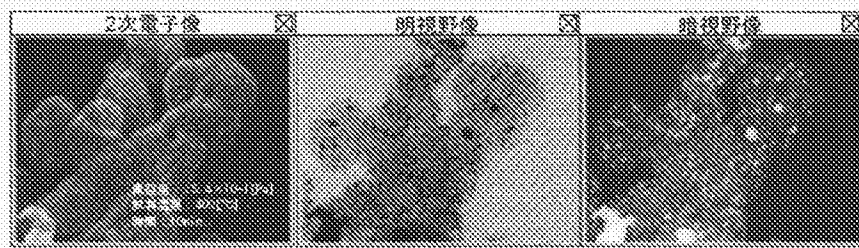
[図11]



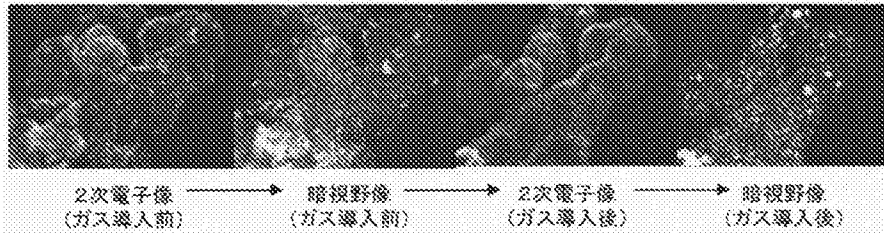
2次電子像と真空度と温度表示例

透過像と真空度と温度表示例

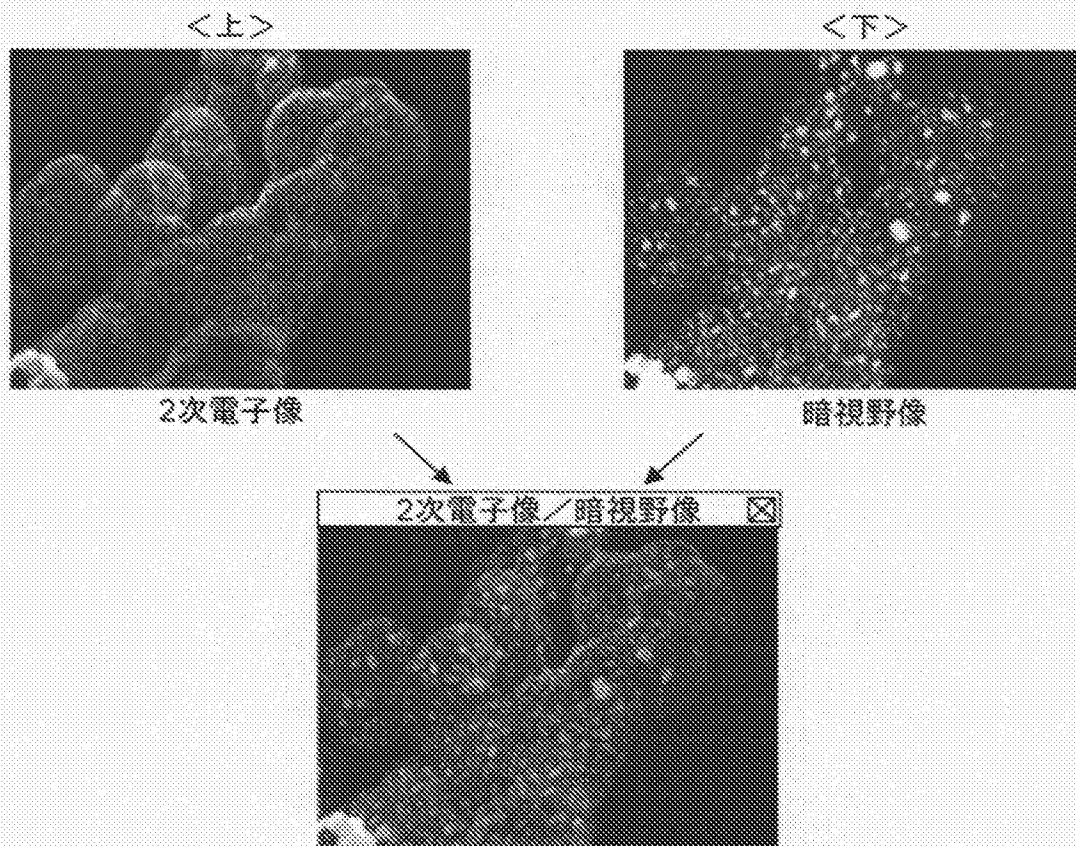
[図12]



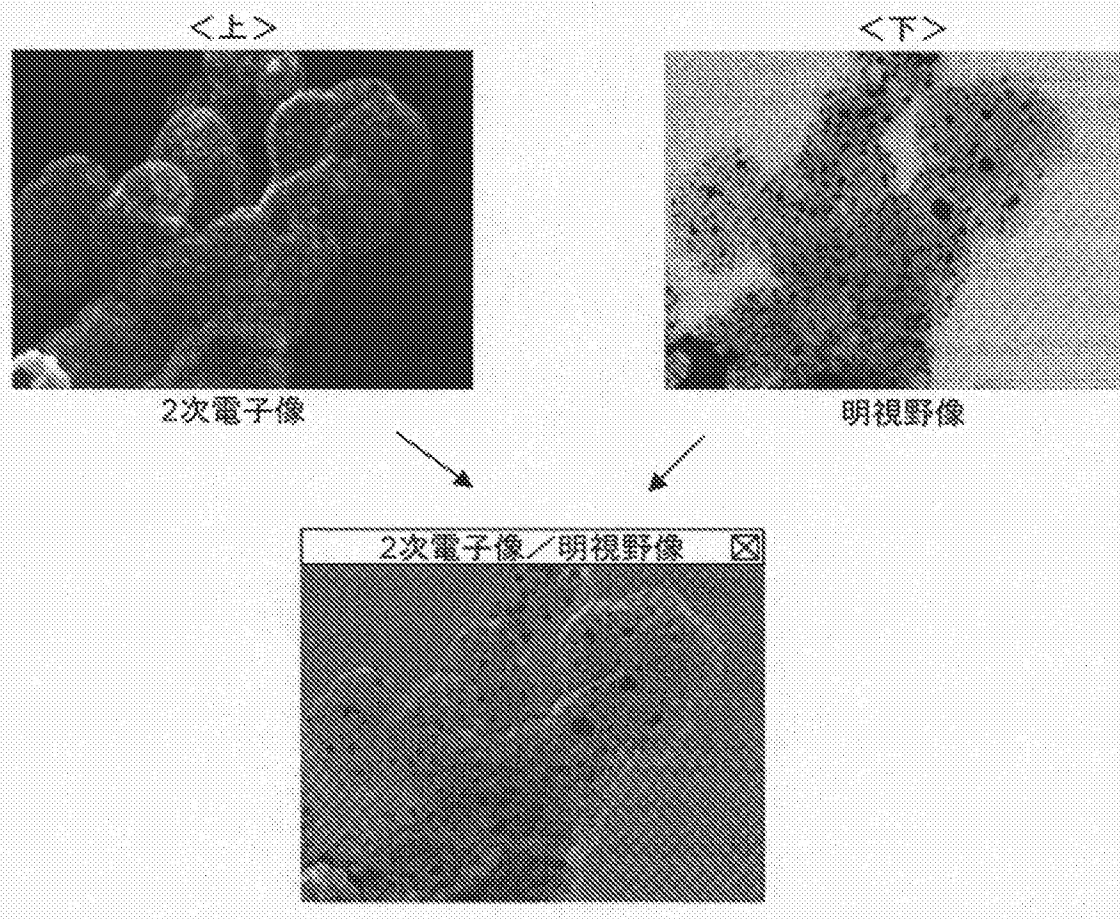
[図13]



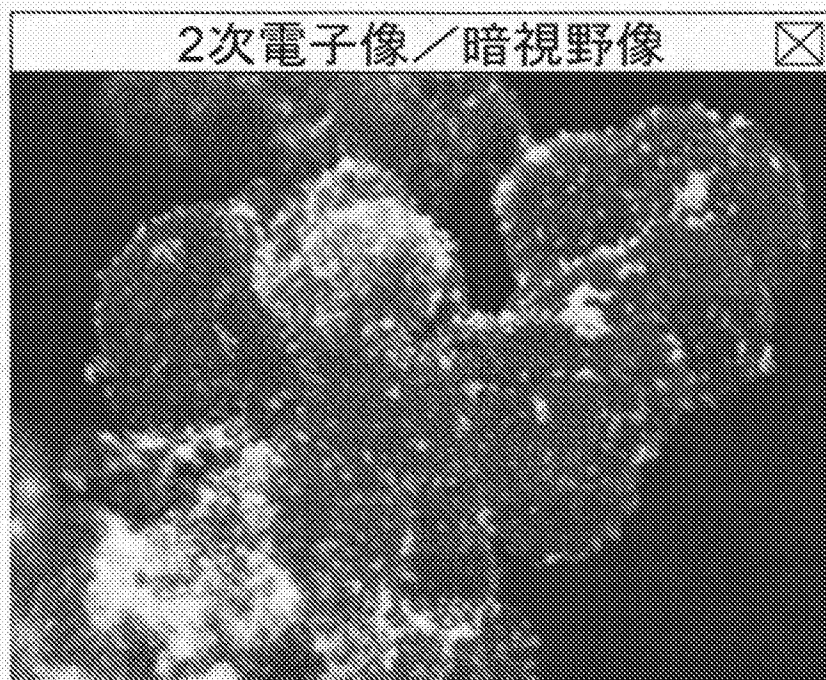
[図14]



[図15]

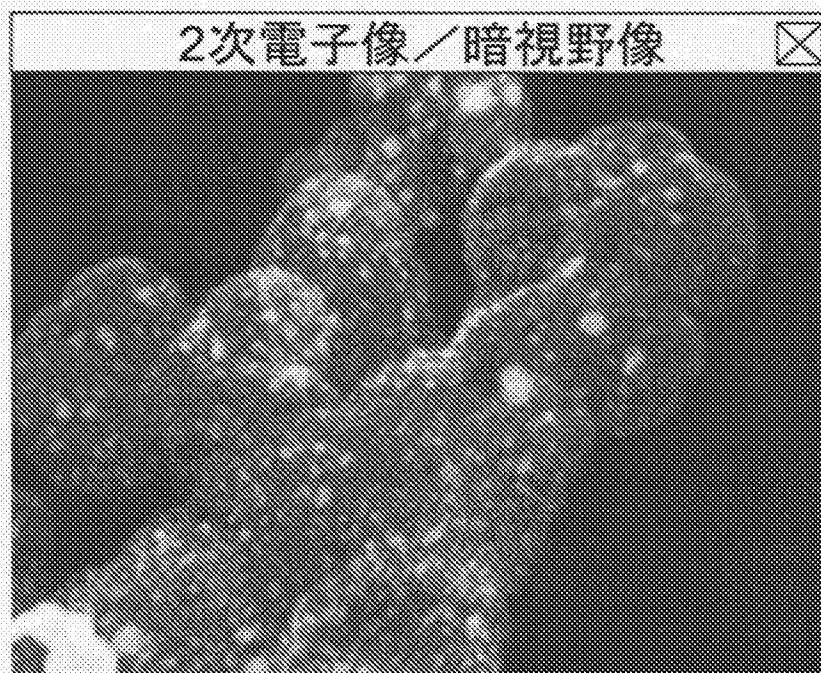


[図16]



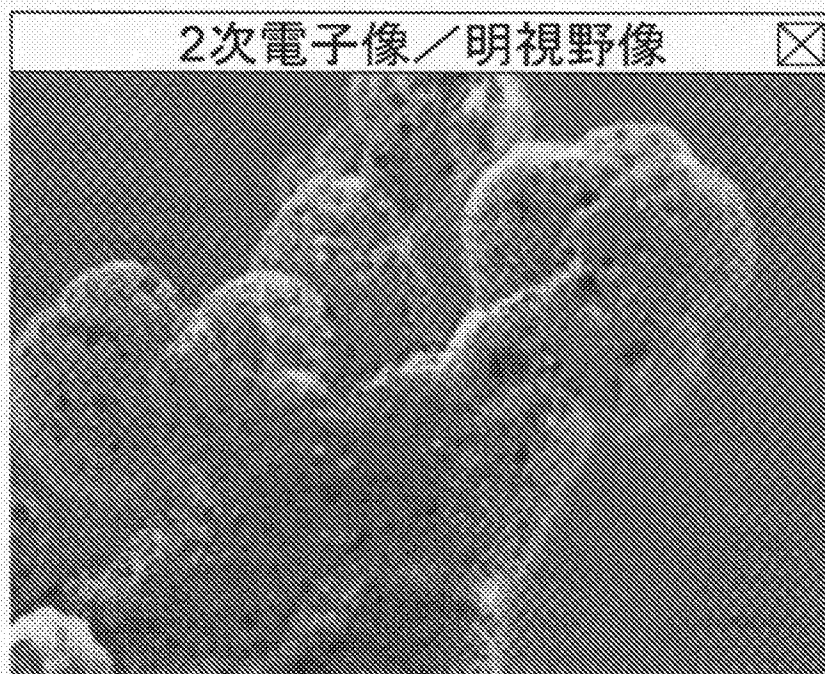
ガス導入前

[図17]



ガス導入後

[図18]



ガス導入後

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/20(2006.01)i, H01J37/16(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J37/20, H01J37/16, H01J37/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 10-134751 A (Nikon Corp.), 22 May 1998 (22.05.1998), paragraphs [0005] to [0008], [0012] to [0015]; fig. 1 & NL 1007374 A1	1-3, 12 4-11
Y A	JP 2002-83564 A (Hitachi, Ltd.), 22 March 2002 (22.03.2002), paragraphs [0017] to [0022], [0033]; fig. 3 (Family: none)	4, 7-10 1-3, 5-6, 11-12
Y A	JP 2007-214088 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 23 August 2007 (23.08.2007), claim 1; paragraph [0017]; fig. 3 & US 2007/0187597 A1	4, 7-10 1-3, 5-6, 11-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 April, 2014 (25.04.14)

Date of mailing of the international search report
13 May, 2014 (13.05.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/057874

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-99468 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 07 May 2009 (07.05.2009), paragraphs [0003] to [0006] & US 2009/0101817 A1	5 1-4, 6-12
Y A	JP 2004-335242 A (JEOL Ltd.), 25 November 2004 (25.11.2004), paragraph [0034] (Family: none)	6 1-5, 7-12
Y A	JP 2000-241372 A (Canon Inc.), 08 September 2000 (08.09.2000), paragraph [0017] (Family: none)	11 1-10, 12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/20(2006.01)i, H01J37/16(2006.01)i, H01J37/28(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/20, H01J37/16, H01J37/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 10-134751 A（株式会社ニコン） 1998. 05. 22, 【0005】－【0008】、【0012】－【0015】、図1 & NL 1007374 A1	1-3, 12 4-11
Y A	JP 2002-83564 A（株式会社日立製作所） 2002. 03. 22, 【0017】－【0022】、【0033】、図3 （ファミリーなし）	4, 7-10 1-3, 5-6, 11-12

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 5 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 3 . 0 5 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小野 健二

2 G

5 0 6 1

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2007-214088 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2007. 08. 23, 【請求項 1】, 【0 0 1 7】, 図 3 & US 2007/0187597 A1	4, 7-10 1-3, 5-6, 11- 12
Y A	JP 2009-99468 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2009. 05. 07, 【0 0 0 3】 - 【0 0 0 6】 & US 2009/0101817 A1	5 1-4, 6-12
Y A	JP 2004-335242 A (日本電子株式会社) 2004. 11. 25, 【0 0 3 4】 (ファミリーなし)	6 1-5, 7-12
Y A	JP 2000-241372 A (キヤノン株式会社) 2000. 09. 08, 【0 0 1 7】 (ファミリーなし)	11 1-10, 12