(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 10 月 20 日(20.10.2016)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2016/166805 A1

(51) 国際特許分類:
H01J 37/26 (2006.01) *H01J 37/295* (2006.01)
H01J 37/09 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061407

(22) 国際出願日: 2015 年 4 月 14 日(14.04.2015)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 塙　暁成(HANAWA Akinari); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 菊池　秀樹(KIKUCHI Hideki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 谷口　佳史(TANIGUCHI Yoshifumi); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 矢口　紀恵(YAGUCHI Toshie); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 土橋　高志(DOBASHI Takashi); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 渡邉　慶太郎(WATANABE Keitaro); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 玉置　央和(TAMAKI Hirokazu); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目２４番１４号　株式会社日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 平木　祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕２丁目５番１号　愛宕グリーンヒルズＭＯＲＩタワー３２階 Tokyo (JP).

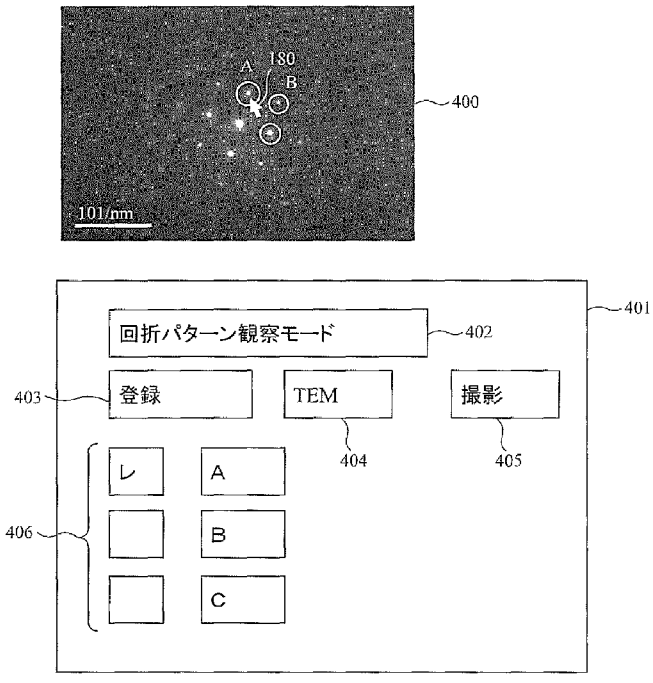
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,

[続葉有]

(54) **Title**: CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE AND SAMPLE OBSERVATION METHOD

(54) 発明の名称 : 荷電粒子線装置及び試料観察方法

図１０



(57) **Abstract**: A charged particle beam device wherein a transmission image corresponding to an arbitrary diffraction spot or a diffraction pattern corresponding to a partial range in the transmission image are easily and automatically captured. A charged particle beam device having: an image-capturing unit for forming an image of a sample; a diaphragm disposed in the image-capturing unit, a plurality of openings having different sizes for transmitting an electron beam from the sample being formed in the diaphragm; a movement unit for varying the position of the diaphragm; and a display unit for displaying the formed image, wherein when the operator selects, e.g., a diffraction spot (A) on the display unit, the movement unit moves the diaphragm from the positional relationship between the diaphragm and the image in accordance with the position of the diffraction spot (A).

(57) 要約: 荷電粒子線装置において、任意の回折スポットに対応する透過像や当該透過像の部分範囲に対応する回折パターンを容易かつ自動的に撮影する。　試料の像を結像する結像部と、前記結像部内に配置され、前記試料からの電子線を通過させるための大きさの異なる複数の開口が形成された絞りと、前記絞りの位置を変更する移動部と、結像された像を表示する表示部とを有する荷電粒子線装置において、作業者が前記表示部上で例えば回折スポット（Ａ）を選択すると、前記移動部は、前記回折スポット（Ａ）の位置に応じて、前記絞りと前記像との位置関係から前記絞りを移動する。

WO 2016/166805 A1

LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 荷電粒子線装置及び試料観察方法

技術分野

[0001]　本発明は、荷電粒子線装置及び当該装置を用いる試料観察方法に関する。

背景技術

[0002]　従来、任意の暗視野像を取得するには、絞り位置の調整など高度な操作技術が必要とされていた。一方で、それらの操作技術は、暗視野像の取得を難しくする一因にもなっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００９－１１０７８８号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　以下では、透過型電子顕微鏡（以下「TEM」という。）を用いて暗視野像を取得するために用いられる従来の手順について記載する。作業者は、観察領域の決定の後、結像レンズを操作し、観察モードを回折パターン観察モードに切り替える。次に、対物絞りを光路上に導入して位置決めし、所望の回折スポット領域のみの電子ビーム成分を撮像面に結像する。その後、結像レンズを操作して観察モードをTEM像観察モードに切り替え、所定の回折スポットに対応する暗視野像を撮影する。他の回折スポットに対応する暗視野像を撮影するためには、観察モードを再度、回折パターン観察モードに切り替え、同様の作業を繰り返す。このように、従来技術では、TEMを用いて暗視野像を撮影するためには、作業者による回折パターン観察モードとTEM像観察モードの切り替え操作、対物絞り位置の手動による調整操作など、複数の調整操作が必要であった。しかも、対物絞り位置の調整操作は、座標点の手入力によって行う必要があり、非常に手間がかかっている。

[0005]　そこで、本発明では、作業者による回折パターン観察モードとTEM像観察モ

ードの切り替え操作や、対物絞り位置の調整操作を不要とし、短時間かつ容易に、任意の回折スポットに対応する透過像や当該透過像の部分範囲に対応する回折パターンを容易かつ自動的に撮影できる機能を搭載する荷電粒子線装置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

[0006] 本発明は、上記目的を達成するために、特許請求の範囲に記載の構成を採用する。すなわち、本発明は、像を表示する表示部と、表示された像から所定の部分の位置を選択する選択部とを有し、前記所定の部分の選択位置に応じて、絞りと像との位置関係から所定の開口を選択する構成を採用する。

[0007] より具体的には、本発明は、試料へ荷電粒子線を照射する照射部と、前記試料の像を結像する結像部と、前記結像部内に配置され、前記試料からの電子線を通過させるための大きさの異なる複数の開口が形成された絞りと、前記絞りの位置を変更する移動部と、前記結像光学系によって結像された像を得る検出部と、前記検出部で得られた前記像を表示する表示部と、表示された前記像から所定の部分を選択する選択部と、を有し、前記移動部は前記所定の部分の選択位置に応じて、前記絞りと前記像との位置関係から前記絞りを移動し、前記像は、電子線回折像及び前記試料の透過像の少なくとも１つであり、前記絞りは、前記結像部内の回折面に挿入可能な対物絞り、及び前記結像部内の一次像面に挿入可能な制限視野絞りの少なくとも１つである、荷電粒子線装置である。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、作業者は、例えば表示部上で回折像の所定の部分（例えばスポット）を選択することにより、選択された部分に対応する透過像を容易かつ自動的に取得することができる。また、本発明によれば、作業者は、例えば表示部上で透過像の所定の部分（例えば範囲）を選択することにより、選択された部分に対応する回折像を容易かつ自動的に取得することができる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施の形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施例に係る透過型電子顕微鏡（TEM）の全体構成図。

[図2]電子ビームの軌道を説明する図。

[図3]透過電子顕微鏡(TEM)を用いて撮像されたTEM像の例を示す図。

[図4]透過電子顕微鏡(TEM)を用いて撮像された回折パターンの例を示す図。

[図5]絞り板の構造例を示す図。

[図6]絞り板の駆動機構の一例を示す図。

[図7]回折パターンの例を示す図。

[図8]図７に示す回折パターンのうち回折スポットＡのみで結像した暗視野像（左）と対物絞りで回折スポットＡのみを透過させた際の回折パターン（右）を示す図。

[図9]図７に示す回折パターンのうち回折スポットＢのみで結像した暗視野像（左）と対物絞りで回折スポットＢのみを透過させた際の回折パターン（右）を示す図。

[図10]回折パターンを構成する任意の回折スポットに対応する暗視野像を自動で取得する際に使用するＧＵＩの一例を示す図。

[図11]任意の回折スポットに対応する暗視野像を自動で取得する方法を説明するフローチャート。

[図12]複数の回折スポットに対応する暗視野像を自動的に取得する際に使用するＧＵＩの一例を示す図。

[図13]複数の回折スポットを含む領域を観察対象として選択する例を説明する図。

[図14]回折パターンから絞りの移動パルス数を校正する手法を説明する図。

[図15]暗視野像の任意の範囲に対応する回折パターンを自動で取得する際に使用するＧＵＩの一例を示す図。

[図16]暗視野像の任意の範囲に対応する回折パターンを自動で取得する方法を説明するフローチャート。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面に基づいて、本発明の実施例を説明する。なお、本発明の実施例は、後述する実施例に限定されるものではなく、その技術思想の範囲において、種々の変形が可能である。

[0011] ［基本構成］

［装置構成］

図１に、荷電粒子線装置の一つである透過型電子顕微鏡（TEM）の概略構成例を示す。電子銃１０１によって生成された電子ビームを照射レンズ１～３（１０２～１０４）により集束し、試料ステージ１０５に搭載された試料（不図示）へ照射する。試料を透過した電子は、結像レンズ１～４（１１０～１１３）を介してＣＣＤカメラ１１４の撮像面に導びかれる。ＣＣＤカメラ１１４で検出された電子像は、主制御装置１２１に取り込まれた後に画像化される。作業者は、この像を試料像として観察する。照射レンズ１～３（１０２～１０４）、試料ステージ１０５、対物絞り１０６、制限視野絞り１０７は、主制御装置１２１から指令を受ける絞り制御基板１２０により制御される。主制御装置１２１で画像化された像は表示装置１２３に表示される。なお、表示装置１２３に表示された像の部分領域の指定には入力装置１２４が用いられる。後述するポインティングデバイス１８０は、入力装置１２４の一例である。鏡体１００の内部は、不図示の真空排気用ポンプによって、10－5Ｐａ程度まで真空排気される。

[0012] 観察に用いられる試料は、集束イオンビーム装置などによって数10ｎｍオーダまで薄片化され、試料台に搭載される。その試料台は試料ホルダに取り付けられ、不図示の試料移動装置に組み込まれた予備排気室（エアーロック室）を介して鏡体１００に導入される。

[0013] ［TEM像］

図２を用い、TEM像（透過像）の観察時における電子ビームの軌道を説明する。TEM像の観察時には、照射レンズ１０２～１０４（図２中には図示せず）によって、ほぼ平行なビーム１３０を試料１３１に照射し、試料１３１と相互作用した電子を、試料下方に設置された複数段の結像レンズ１３２、１３

３で拡大する。拡大された像は、ＣＣＤカメラ１１４上で結像し、画像化される。図３は、ＣＣＤカメラ１１４を用いて撮影されたTEM像（透過像）の一例である。

[0014] ［回折パターン］

回折パターンを観察する場合には、図２に示すように、試料下方に結像される回折スポット２０１と透過スポット２０２を複数段の結像レンズ１３２、１３３を用いて拡大する。拡大された回折スポット２０１と透過スポット２０２は、ＣＣＤカメラ１１４上で結像し、画像化される。回折パターンを観察する場合に結像レンズ１３２、１３３に流す電流値は、TEM像を観察する場合に結像レンズ１３２、１３３に流す電流値と異なる。電流値の切り替えは主制御部１２１が実行する。図４は、TEM像に対応する回折パターンの一例である。ＣＣＤカメラ１１４によって撮影された画像上には試料の結晶方位に応じた回折パターン（回折スポット２０１、透過スポット２０２）が観察される。

[0015] ［対物絞り］

図２に示すように、回折スポット２０１が結像される領域の近傍には、対物絞り１０６が設置されている。対物絞り１０６は、TEM像（透過像）の観察時には必要のない散乱電子をカットしたり、特定の回折スポット２０１のみを結像した像（暗視野像）を撮影したりするために用いられる。

[0016] 次に、対物絞り駆動機構の一例について説明する。対物絞り駆動機構の先端部には、図５に示す絞り板１５０が取付けられている。図５の場合、直径数μｍ～数100μmの範囲で直径が異なる複数の穴１５１～１５４が設けられている。もっとも、穴の直径を可変できる機構を備える絞り板１５０を用いることもできる。対物絞り駆動機構は、電子ビームの光軸と直交する平面内で、絞り板１５０を２次元的に移動する。絞り板１５０の駆動時には、絞り制御基板１２０に接続された不図示のＤＣモータやステッピングモータなどが適宜選択される。

[0017] ［実施例］

以下では、透過型電子顕微鏡を用いてTEM像（透過像）を撮影する場合の動作（実施例１）と回折パターン（回折像）を撮影する場合の動作（実施例２）を別々に説明するが、後述する動作はイオン顕微鏡を含む各種の荷電粒子線装置を用いてTEM像（透過像）や回折パターン（回折像）を撮影する場合にも適用できる。

[0018] ［実施例１］

本実施例では、回折パターンを構成する任意の回折スポットに対応する暗視野像を自動的に取得する観察モードについて説明する。本実施例の観察では、回折パターンと透過像が用いられる。図７に示す回折パターンには透過波と回折波が含まれている。図７中のスポットＣが透過波に相当し、それ以外は回折波である。回折波のみを用いて結像させた観察像が暗視野像、透過波のみを用いて結像させた観察像が明視野像である。暗視野像と明視野像を合わせて透過像という。観察像の選択は、対物絞り１０６により、どの回折スポットを透過させるかの選択により行う。

[0019] 図８及び図９は、それぞれ、スポットＡのみ又はスポットＢのみを透過させて結像した暗視野像である。暗視野像では、対物絞り１０６で選択された強く回折を起す領域が明るくなる。ただし、暗視野像に対応する回折スポットの数は複数である。このため、暗視野像の観察時には、作業者が観察したい回折スポットを複数個の回折スポットの中から選択する必要がある。一方、明視野像に対応する回折スポットは一つである。観察したい回折スポットのみを透過するように対物絞り１０６の穴を位置決めすることで、所望の回折スポットに応じた観察像を得ることができる。しかし、対物絞り１０６を電子線の光路内に挿入すると、視野内が暗くなる。すなわち、図８の右図に示すように対物絞り１０６を通過した電子線しか観察できない状態になる。図８を見て分かるように、対物絞り１０６を通過した回折スポットは高々１つである。従って、当該観察像の中から任意の回折スポットを探すことは非常に困難になる。

[0020] 以下、本実施例による回折スポットの選択方法について説明する。図１０

は、表示装置１２３に表示されるＧＵＩの一例である。図１０では、像表示領域４００に回折パターンが表示されており、その下部にＧＵＩ画面４０１が表示されている。以下では、図１０及び図１１を参照して、任意に指定された回折スポットに対応する暗視野像を自動的に連続撮影する機能の具体例を説明する。

[0021] ・ステップ１１０１

観察対象である回折パターンのうち任意のスポットに対応する暗視野像を撮影したい場合、作業者は、ＧＵＩ画面４０１のモード選択欄４０２を回折パターン観察モードに切り替える。この選択により、像表示領域４００には、回折パターンが表示される。作業者は、表示されている回折パターン上で、暗視野像の撮像を希望する任意の位置の回折スポットを選択する。

[0022] 例えば回折スポットＡを選択する場合、作業者は、ＧＵＩ画面４０１に表示されたチェックボックス４０６のＡ欄にチェックを入れた後、登録ボタン４０３をクリックし、更に回折パターンのうちスポットＡをクリックする。ここでのクリック操作には、ポインティングデバイス１８０等が用いられる。

[0023] 回折スポットの指定は、１個に限らず複数個でも良い。例えば回折パターンＢを更に選択する場合、作業者は、図１２に示すように、ＧＵＩ画面４０１に表示されたチェックボックス４０６のＢ欄にチェックを入れた後、登録ボタン４０３をクリックし、更に回折パターンのうちスポットＢをクリックする。作業者によるクリック操作は、撮影したいスポットの登録が完了するまで繰り返し実行される。図１２では、スポットＣまで登録されている。

[0024] ・ステップ１１０２

回折スポットが指定される度に、主制御装置１２１は、個々の回折スポットの観察に適した絞り径を有する穴（絞り板１５０を構成する穴１５１～１５４のうちのいずれか）を選択する。ここでの絞り穴の選択は、指定された任意の回折スポットの大きさとほぼ等しい大きさの絞り穴を最適径として選択する場合だけでなく、指定された任意の回折スポットを絞り穴の一部分に

含むものを最適径として選択する場合を含む。

[0025] ・ステップ１１０３

主制御装置１２１は、画面上で選択された全ての回折スポットの座標を計算する。当該座標により、撮影対象とする回折スポットが一意に特定される。この座標は、対物絞りを移動すべき位置を与える。

[0026] ・ステップ１１０４

主制御装置１２１は、算出された１つ又は複数の回折スポットの座標を不図示のメモリに保存する。すなわち、主制御装置１２１は、算出された座標をメモリに登録する。以後、主制御装置１２１は、保存された１つ又は複数の回折スポットの暗視野像を順番に取得する動作モードに移行する。暗視野像の取得は、作業者がTEMボタン４０４を、ポインティングデバイス１８０を用いてクリックすることで開始される。

[0027] ・ステップ１１０５

TEMボタン４０４のクリックを検知した主制御装置１２１は、まず、回折スポットＡの暗視野像の撮影用に対物絞り１０６の特定の穴（ステップ１１０２で選択された穴）を、回折スポットＡの座標位置に自動的に移動させる。すなわち、回折スポットＡと対物絞り１０６の特定の穴が一致するように、対物絞り１０６の位置が調整される。

[0028] 対物絞り１０６の移動は、対物絞り１０６と回折パターンとの位置関係に応じて制御される。なお、後述する校正時において、対物絞り中心と光軸中心とは一致している。両中心が一致することで、カメラ画像の座標系、結像面（一次像面）の座標系、回折面の座標系が相似の関係になり、これらを１つの座標系として扱うことが可能になる。

[0029] ・ステップ１１０６

作業者が撮影ボタン４０５をクリックすると、主制御装置１２１は、結像レンズの電流値をTEM像観察モードに切り替えて回折スポットＡの暗視野像Ａを取得し、表示装置１２３の像表示領域４００に表示する。作業者は、この像表示領域４００に表示された暗視野像Ａを観察する。指定された回折スポ

ットの個数が１つだけの場合には、このステップの処理で終了する。

[0030] ・ステップ１１０７

ステップ１１０１で複数個の回折スポットが暗視野像の撮影用に登録されている場合、主制御装置１２１は、他の回折スポットについて順番に暗視野像の撮影処理を自動的に実行する。ここでは、回折スポットＢの撮影用に対物絞り１０６の特定の穴（ステップ１１０２で選択された穴）を、回折スポットＢの座標位置に移動させる。すなわち、回折スポットＢと対物絞り１０６の特定の穴が一致するように、対物絞り１０６の位置が調整される。このとき、主制御装置１２１は、観察モードを、回折パターン観察モードに切り替えても良いが、回折スポットＢの座標が既に登録されているのでTEM像観察モードのままで良い。

[0031] ・ステップ１１０８

作業者が撮影ボタン４０５をクリックすると、主制御装置１２１は、回折スポットＢに対応する暗視野像Ｂを取得し、表示装置１２３の像表示領域４００に表示する。作業者は、この像表示領域４００に表示された暗視野像Ｂを観察する。ステップ１１０７及び１１０８の処理は、登録されている全ての回折スポットについて繰り返し実行される。

[0032] このように、本実施例では、１つの回折パターンについて複数の回折スポットを事前に登録しておくことで、各回折スポットに相当する複数の暗視野像を自動的に連続取得することができる。すなわち、本実施例の手法では、従来方式のように、１つの回折パターンに対して１つの回折スポットの座標値を手入力で指定して暗視野像を取得する作業を繰り返す必要がない。このため、本実施例の手法は、暗視野像の取得と観察効率を従来手法に比して格段に効率化できる。

[0033] 前述の説明では、１つの暗視野像の取得のために１個の回折スポットを選択しているが、１つの暗視野像の取得のために複数個の回折スポットを選択することもできる。図１３に、当該選択手法の一例を示す。図１３では、近傍にある２個の回折スポット２０１が指定されている。因みに、これら２つ

の回折スポット２０１に対応する暗視野像の観察には穴１５４が用いられる。この場合、取得される暗視野像は、２個の回折スポット２０１の個々の暗視野像を合成した像となり、コントラスト比の高い暗視野像を得ることができる。

[0034] 以下では、図６を用い、ＧＵＩ画面４０１上で登録した回折スポットの座標位置に対物絞り１０６を自動的に移動することが可能な対物絞り駆動機構について説明する。駆動機構には、対物絞り１０６を電子ビームの光軸と直交する平面内で２次元的に移動できるように、Ｘ軸モータ３００とＹ軸モータ３０１を有している。また、モータの回転力を歯車と送りねじ３０２～３０５により可動軸３０６の直進運動に伝達する。高精度の制御を行うため、Ｘ軸リニアスケール３０７を用いて絞り近傍部分の実移動量を計測し、計測結果をモータ制御部にフィードバックを行う。Ｙ軸についても同様にリニアスケール３０８～３０９を装着する。これは、歯車でのバックラッシュや軸変形による影響を最小限にするため、目標距離と絞り板１５０の近傍部分の実移動距離を比較する。TEMでは、絞り板１５０を挿入する鏡体１００の内側が真空となる。このため、筐体１００の内部にリニアスケールを設置する。これにより、バックラッシュなど機構的にずれが生じても、正確な補正をすることが可能となる。モータ制御部にはリニアスケールのほかに、エンコーダやジャイロセンサなどが考えられるが、外乱を含んだ計測を行うためには、軸の移動量を測定することが望ましい。

[0035] 絞り板１５０の挿入に対し、絞り中心とカメラ中心（光軸中心）を一致させることにより、各絞りに対する座標の校正を行う。光軸中心に対する絞り機構の座標を用いることにより、ＧＵＩ上にて観察領域を選択した際のずれ量を算出し、任意の領域へ移動が可能となる。

[0036] 図１４を用いて、校正手法について説明する。図１４は、対物絞り１０６の近傍に形成される回折パターンの例を示している。回折パターンは、荷電粒子ビームに垂直な平面上に複数の回折スポットを伴って形成される。回折パターンは、結像レンズを用いて拡大されてＣＣＤカメラ１１４のシンチレ

ータ上に結像され、表示装置１２３の画面上に表示される。対物絞り駆動機構に備えられたモータを駆動することにより、任意のスポットについてのみ絞り穴を通過させることができる。絞り穴の位置を制御するために備えられたエンコーダの１パルスと絞り穴の移動距離との間には相関がある。この相関関係は、あるパルス数に相当する分だけ絞り穴を移動させた場合の表示装置１２３の画面上での距離を測定することにより求めることができる。例えば絞り穴をＰパルス分移動させた場合に、表示装置１２３の画面上で距離Ｍだけ移動するとき、１パルス当たりの移動量はＭ／Ｐで求められる。こうして、例えば回折パターンの中心に位置する透過スポット２０１を基準とした場合に、回折スポットＡまでの表示装置１２３上での距離がＬであるとき、絞り穴を回折スポットＡの位置に移動させるために必要なパルス数はＬ×Ｐ／Ｍで求めることができる。

[0037] 以上説明したように、本実施例の透過型電子顕微鏡を用いれば、１つの回折パターンを構成する複数の回折スポットのうち観察対象とする１つ又は複数の回折スポットを同一画面内で一度に指定でき、指定された回折スポットに対応する暗視野像を全て自動的に取得することができる。これにより、暗視野像の観察のための作業者の操作上の手間や作業量を大幅に削減することができる。

[0038] ［実施例２］

本実施例では、透過像を構成する部分領域に対応する回折パターンを自動的に取得する観察モードについて説明する。図２に示すように、試料下方の領域部分には、対物レンズで結像された透過像が形成される。この領域部分には制限視野絞り１０７が取り付けられている。制限視野絞り１０７は、透過像の特定の領域の回折パターンを取得するために用いられる。制限視野絞り１０７を構成する絞り板には、図５に示す絞り板１５０と同様に、複数個の直径0.1μｍ～数100μｍ程度の穴が設けられている。結像レンズ１１０～１１３に流す電流を制御することにより、試料直下に形成される回折パターンを拡大してＣＣＤカメラ１１４上に結像するか、対物レンズで結像されたT

EM像を拡大してＣＣＤカメラ１１４上に結像するかを切り替えることができる。

[0039] 制限視野絞り１０７を対物レンズで結像されたTEM像に挿入すると、TEM像の特定領域の電子のみを通過させることができる。さらに、結像レンズ１１０～１１３に流す電流を変化させて観察モードを回折パターン観察モードに切り替えると、特定の領域に対応する回折パターンのみを観察することが可能となる。この回折パターンから特定の領域の原子構造の解析が可能となる。

[0040] 以下では、複数の選択範囲（部分領域）を選択する方法について説明する。図１５は、表示装置１２３に表示されるＧＵＩの一例である。図１５では、像表示領域４００に透過像が表示されており、その下部にＧＵＩ画面４０１が表示されている。以下では、図１５及び図１６を参照して、個々の選択範囲（部分領域）に対応する回折パターンを自動的に連続撮影する機能の具体例を説明する。

[0041] ・ステップ１６０１

観察対象である透過像のうち任意の範囲に対応する回折パターンを撮影したい場合、作業者は、ＧＵＩ画面４０１のモード選択欄４０２における選択をTEM像観察モードに切り替える。この選択を受信した主制御装置１２１は、TEM像観察モードに適した電流で結像レンズ１１０～１１３を制御する。この結果、像表示領域４００にはTEM像が表示される。

[0042] ・ステップ１６０２

作業者は、像表示領域４００内に表示されたTEM像のうち任意の範囲を選択する。例えば選択範囲Ａを選択する場合、作業者は、ＧＵＩ画面４０１に表示されたチェックボックス４０６のＡ欄にチェックを入れた後、登録ボタン４０３をクリックし、更にTEM像のうち観察した任意の範囲Ａを指定する。ここでの範囲の指定（選択）は、ポインティングデバイスをクリック又はドラッグするなどして行う。

[0043] 範囲の選択は、１個に限らず複数個でも良い。例えば範囲Ｂを更に選択す

る場合、作業者は、ＧＵＩ画面４０１に表示されたチェックボックス４０６のＢ欄にチェックを入れた後、登録ボタン４０３をクリックし、更に回折パターンの任意の選択範囲Ｂを指定する。作業者による範囲の指定操作は、撮影したい範囲の登録が完了するまで繰り返し実行される。

[0044] ・ステップ１６０３

主制御装置１２１は、範囲が指定（選択）される度に、その大きさに対応する絞り径を選択する。ここでの絞り径とは、制限視野絞り１０７を構成する穴の径である。

[0045] ・ステップ１６０４

主制御装置１２１は、範囲が指定（選択）される度に、その中心座標を計算し、その座標をメモリに保存する。範囲の大きさが任意の場合には、範囲の大きさもメモリに保存される。以後、主制御装置１２１は、保存された１つ又は複数の範囲に対応する回折パターンを順番に取得する動作モードに移行する。回折パターンの取得は、作業者が回折パターンボタン４０７を、ポインティングデバイス１８０を用いてクリックすることで開始される。

[0046] ・ステップ１６０５

主制御装置１２１は、まず、制限視野絞り１０７の特定の穴（ステップ１６０３で選択された穴）を、範囲Ａの座標位置に自動的に移動させる。すなわち、構造解析したい範囲と制限視野絞り１０７の特定の穴が一致するように、制限視野絞り１０７の位置が調整される。制限視野絞り１０７の移動は、制限視野絞り１０７とTEM像との位置関係に応じて定まる。なお、校正時において、制限視野絞り中心と光軸中心とは一致している。両中心が一致することで、カメラ画像の座標系、結像面（一次像面）の座標系、回折面の座標系が相似の関係になり、これらを１つの座標系として扱うことが可能になる。

[0047] ・ステップ１６０６

撮像ボタン４０５がクリックされると、主制御装置１２１は、結像レンズの電流値を回折パターン観察モードに切り替えて選択範囲Ａに対応する回折

パターンＡを取得し、表示装置１２３の像表示領域４００に表示する。作業者は、この像表示領域４００に表示された回折パターンＡを観察する。指定された回折スポットの個数が１つだけの場合には、このステップの処理で終了する。

[0048] ・ステップ１６０７

ステップ１６０１で複数個の選択範囲が回折パターンの撮影用に登録されている場合、主制御装置１２１は、他の範囲について順番に回折パターンの撮影処理を自動的に実行する。ここでは、選択範囲Ｂの撮影用に制限視野絞り１０７の特定の穴（ステップ１６０３で選択された穴）を、選択範囲Ｂの座標位置に移動させる。このとき、主制御装置１２１は、観察モードを、TEM像観察モードに切り替えても良いが、選択範囲Ｂの座標が既に登録されているので回折パターン観察モードのままで良い。

[0049] ・ステップ１６０８

撮影ボタン４０５がクリックされると、主制御装置１２１は、結像レンズの電流値を回折パターン観察モードに切り替えて選択範囲Ｂの回折パターンＢを取得し、表示装置１２３の像表示領域４００に表示する。作業者は、この像表示領域４００に表示された回折パターンＢを観察する。ステップ１６０７及び１６０８の処理は、登録されている全ての回折スポットについて繰り返し実行される。

[0050] このように、本実施例では、１つのTEM像について複数の選択範囲を事前に登録しておくことで、各選択範囲に相当する複数の回折パターンを自動的に連続取得することができる。すなわち、従来方式のように、１つのTEM像に対して１つの範囲を指定して回折パターンを取得する作業を繰り返す必要がなく、本実施例の手法は、回折パターンの取得と観察効率を従来手法に比して格段に効率化することができる。

[0051] また、取得した回折パターンを用いることにより、結晶配向性や結晶粒の結合角度などの結晶構造解析を行うことができる。これらの解析は、取得した複数枚の回折パターンに対し、一度に行うこともできる。

[0052] なお、複数枚の回折パターンの確認後、作業者は、特定の回折パターンを選択し、当該回折パターンに移動することもできる。作業者は、短時間で複数の観察対象の回折パターンを容易に取得できるだけでなく、取得した回折パターンに対応する座標をメモリに保持しておくことで、任意の範囲に対応するTEM像を選択的に観察することもできる。

[0053] また、回折パターンの座標は試料ステージ１０５とリンクしているので、回折パターンを取得した試料位置について、取得した回折パターンとその座標を記憶することもできる。

[0054] なお、本実施例における制限視野絞り１０７も、図６に示す対物絞り駆動機構と同様の駆動機構を有するものとする。例えばＸ軸方向及びＹ軸方向のそれぞれについてリニアスケールを配置して絞り近傍部分の実移動量を計測し、計測結果をモータ制御部にフィードバックすることにより、移動精度を高めることができる。

[0055] また、制限視野絞り１０７の駆動機構についても、対物絞り駆動機構と同様の手順により位置関係を事前に校正しておく。例えば表示画面上で指定された２つの設定範囲（一方は画面中心付近に設定されていることが望ましい）間を移動する場合に要するパルス数をカウントしておけば、各移動に必要なパルス数を計算することができる。

[0056] ［他の実施例］

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加、削除又は置換をすることが可能である。

符号の説明

[0057] １００…鏡体、１０１…電子銃（荷電粒子源）、１０２…照射レンズ１、

１０３…照射レンズ２、１０４…照射レンズ３、１０５…試料ステージ、１０６…対物絞り、１０７…制限視野絞り、１１０…結像レンズ１、１１１…結像レンズ２、１１２…結像レンズ３、１１３…結像レンズ４、１１４…ＣＣＤカメラ、１２０…絞り制御基板、１２１…主制御装置、１２２…電子レンズ制御基板、１２３…表示装置、１２４…入力装置、１３０…ほぼ平行な電子ビーム、１３１…試料、１３２…結像レンズ１、１３３…結像レンズ２、１３４…対物レンズ、１５０…絞り板、１８０…ポインティングデバイス、２０１…回折スポット、２０２…透過スポット、３００…Ｘ軸モータ、３０１…Ｙ軸モータ、３０２…Ｘ軸歯車、３０３…Ｙ軸歯車車、３０４…Ｘ軸送りねじ部、３０５…Ｙ軸送りねじ部、３０６…可動軸、３０７…リニアスケール、３０８…Ｘ軸スケール、３０９…Ｙ軸スケール、３１０…絞り板、３１１…筐体。

請求の範囲

[請求項1] 試料へ荷電粒子線を照射する照射部と、

前記試料の像を結像する結像部と、

前記結像部内に配置され、前記試料からの電子線を通過させるための大きさの異なる複数の開口が形成された絞りと、

前記絞りの位置を変更する移動部と、

前記結像光学系によって結像された像を得る検出部と、

前記検出部で得られた前記像を表示する表示部と、

表示された前記像から所定の部分を選択する選択部と、を有し、

前記移動部は前記所定の部分の選択位置に応じて、前記絞りと前記像との位置関係から前記絞りを移動し、

前記像は、電子線回折像及び前記試料の透過像の少なくとも１つであり、

前記絞りは、前記結像部内の回折面に挿入可能な対物絞り、及び前記結像部内の一次像面に挿入可能な制限視野絞りの少なくとも１つである、荷電粒子線装置。

[請求項2] 請求項１に記載の荷電粒子線装置において、

前記像は、電子線回折像、及び前記試料の透過像であり、

前記絞りは、前記結像部内の回折面に挿入可能な対物絞り、及び前記結像部内の一次像面に挿入可能な制限視野絞りである、荷電粒子線装置。

[請求項3] 請求項２に記載の荷電粒子線装置において、

前記絞りの移動距離を計測する計測部と、を有し、

前記移動部は前記計測部の計測結果をフィードバックすることで前記絞りの位置を変更する、荷電粒子線装置。

[請求項4] 請求項１に記載の荷電粒子線装置において、

前記絞りの移動距離を計測する計測部と、を有し、

前記移動部は前記計測部の計測結果をフィードバックすることで前

記絞りの位置を変更する、荷電粒子線装置。

[請求項5] 試料へ荷電粒子線を照射する照射部と、前記試料の像を結像する結像部と、前記結像部内に配置され、前記試料からの電子線を通過させるための大きさの異なる複数の開口が形成された絞りと、前記絞りの位置を変更する移動部と、前記結像光学系によって結像された像を得る検出部と、前記検出部で得られた前記像を表示する表示部と、表示された前記像から所定の部分を選択する選択部とを有する荷電粒子線装置を用いた試料観察方法において、

前記選択部を通じ、前記表示部に表示された前記像から前記所定の部分の選択を受け付ける処理と、

前記移動部が、前記所定の部分の選択位置に応じて、前記絞りと前記像との位置関係から前記絞りを移動する処理とを有し、

前記像は、電子線回折像及び前記試料の透過像の少なくとも１つであり、

前記絞りは、前記結像部内の回折面に挿入可能な対物絞り、及び、前記結像部内の一次像面に挿入可能な制限視野絞りの少なくとも１つである、前記荷電粒子線装置を用いた試料観察方法。

[請求項6] 請求項５に記載の荷電粒子線装置を用いた試料観察方法において、

前記像は、電子線回折像及び前記試料の透過像であり、

前記絞りは、前記結像部内の回折面に挿入可能な対物絞り、及び、前記結像部内の一次像面に挿入可能な制限視野絞りである、荷電粒子線装置を用いた試料観察方法。

[請求項7] 請求項６に記載の荷電粒子線装置を用いた試料観察方法において、

前記移動部は、前記絞りの移動距離を計測する計測部による計測結果をフィードバックすることにより前記絞りの位置を変更する、荷電粒子線装置を用いた試料観察方法。

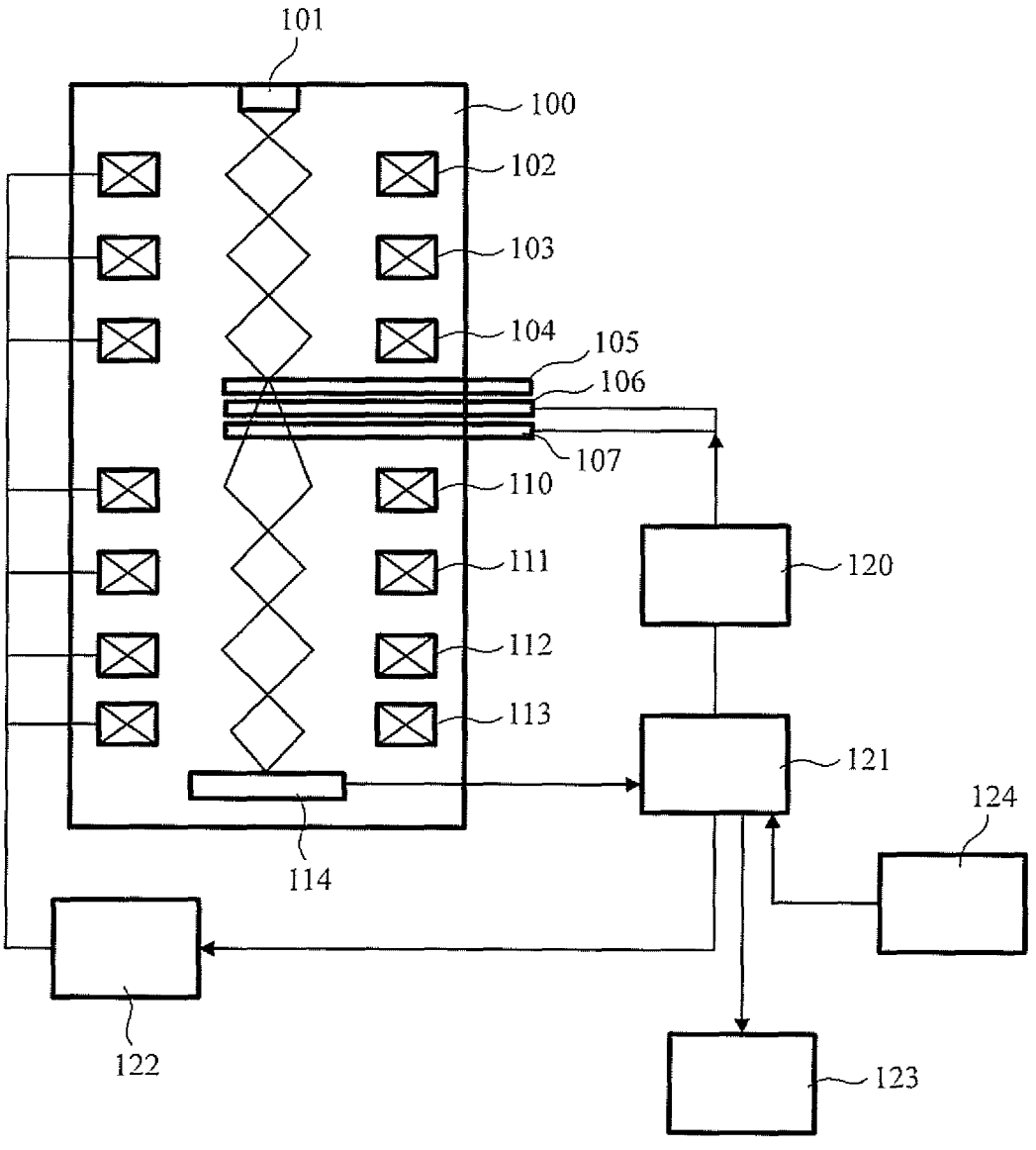
[請求項8] 請求項５に記載の荷電粒子線装置を用いた試料観察方法において、

前記移動部は、前記絞りの移動距離を計測する計測部による計測結

果をフィードバックすることにより前記絞りの位置を変更する、荷電粒子線装置を用いた試料観察方法。

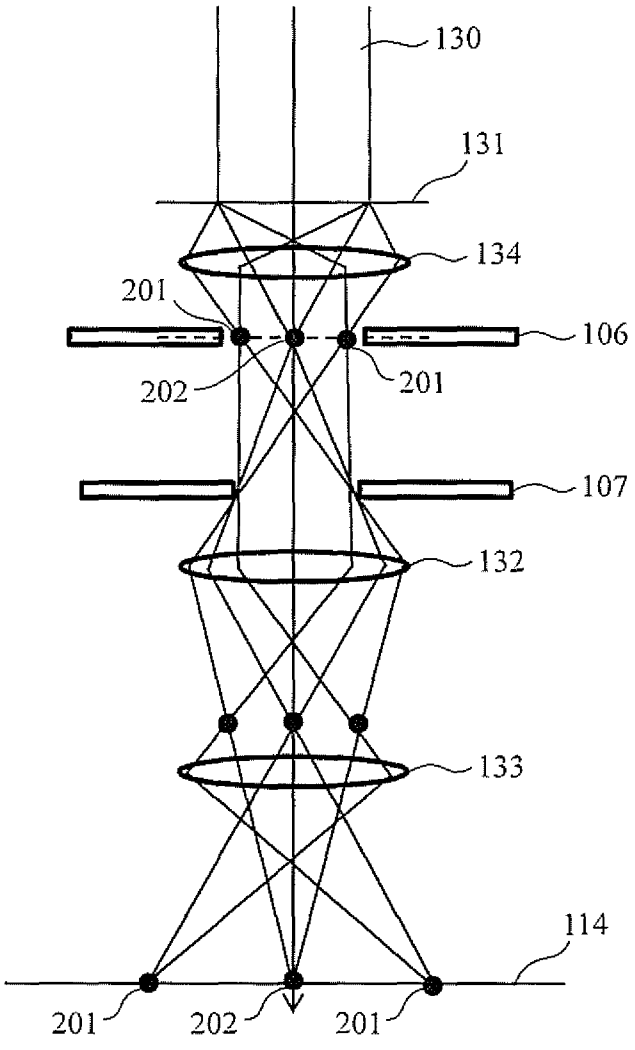
[図1]

図 1


101
100
102
103
104
105
106
107
110
111
112
113
114
120
121
122
123
124

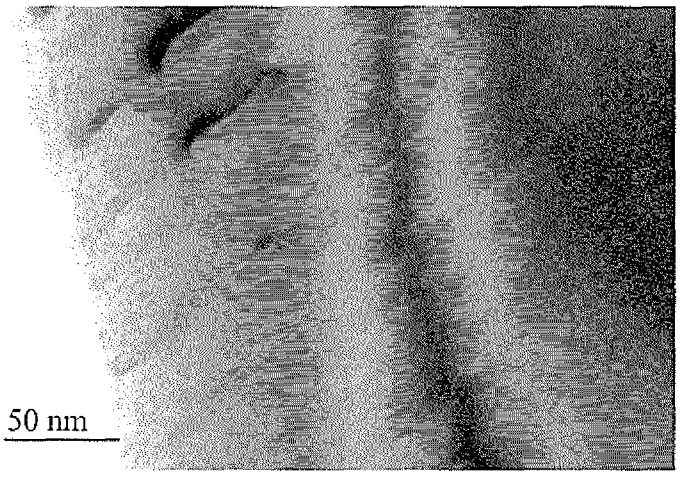
[図2]

図 2



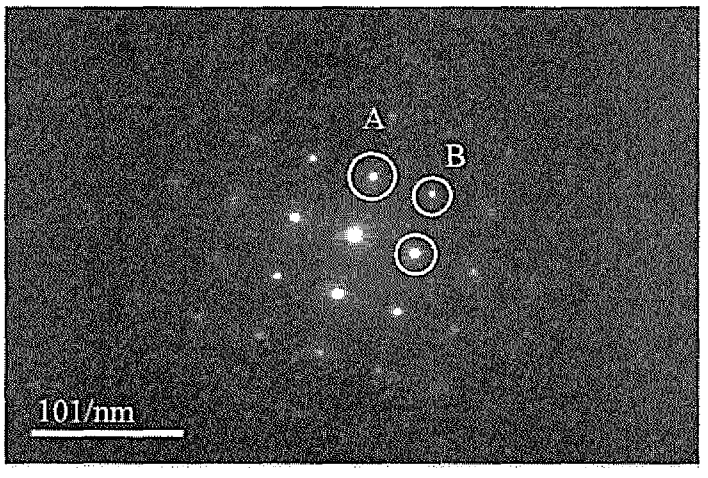
[図3]

図 3



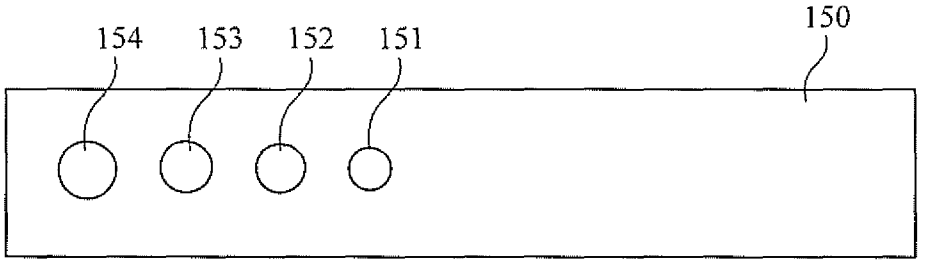
[図4]

図 4



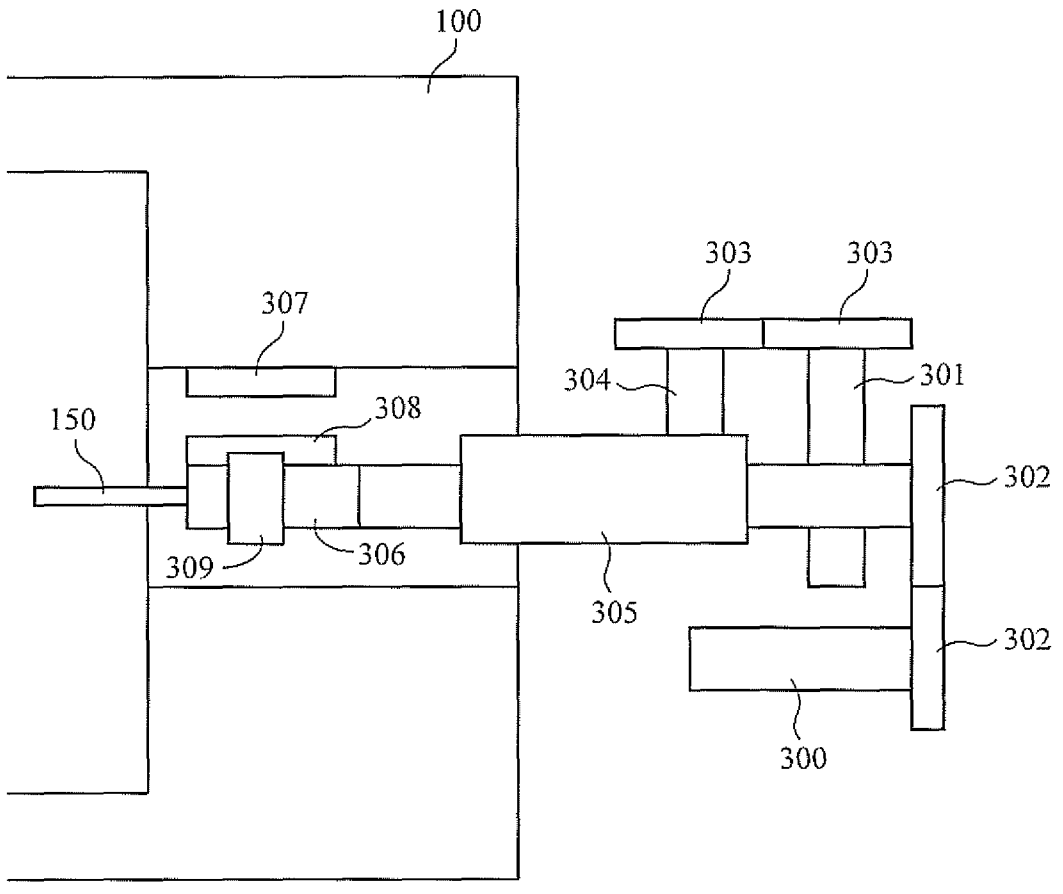
[図5]

図 5



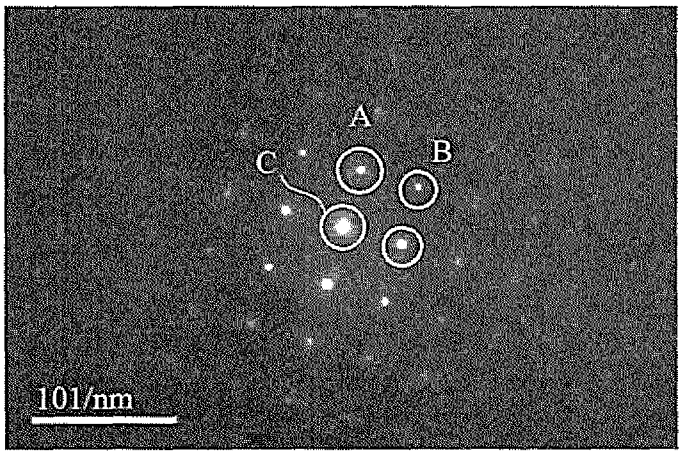
[図6]

図 6


100
303
303
307
304
301
150
308
302
309
306
305
302
300

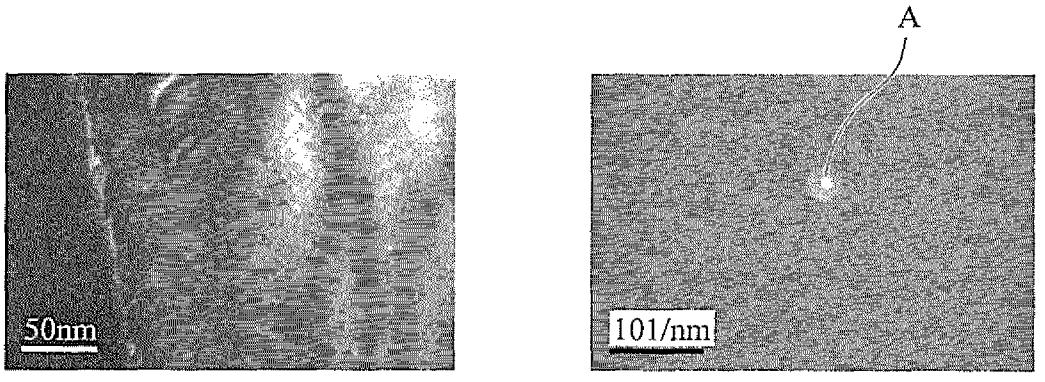
[図7]

図 7


A
B
C
101/nm

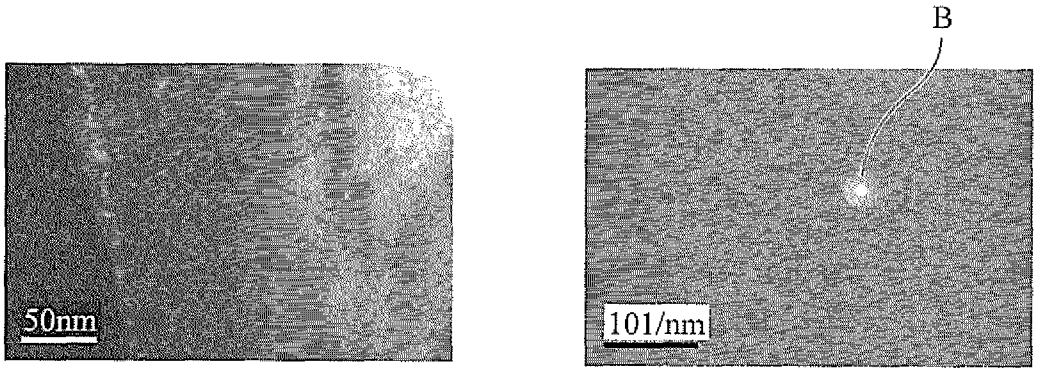
[図8]

図 8



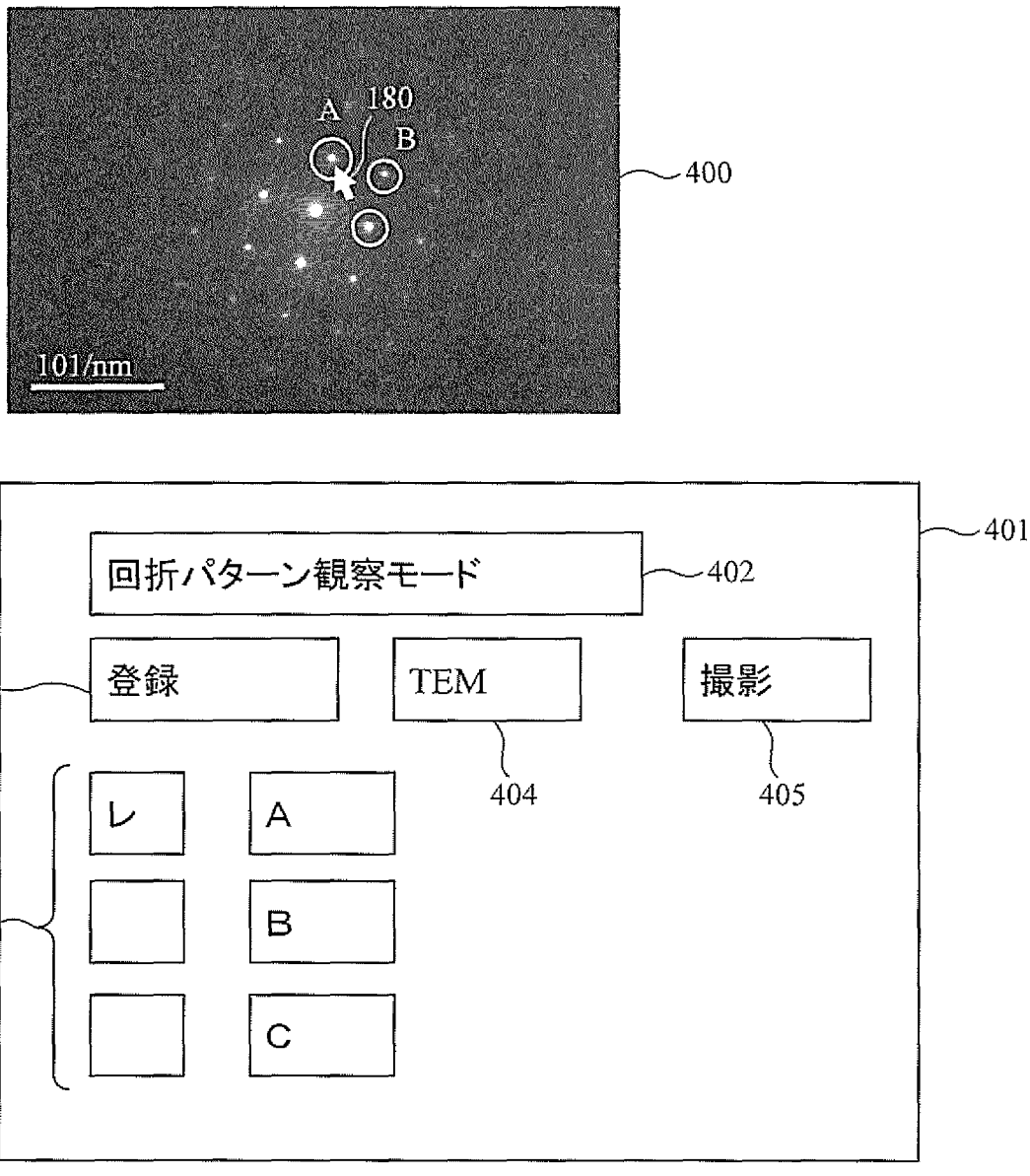
[図9]

図 9



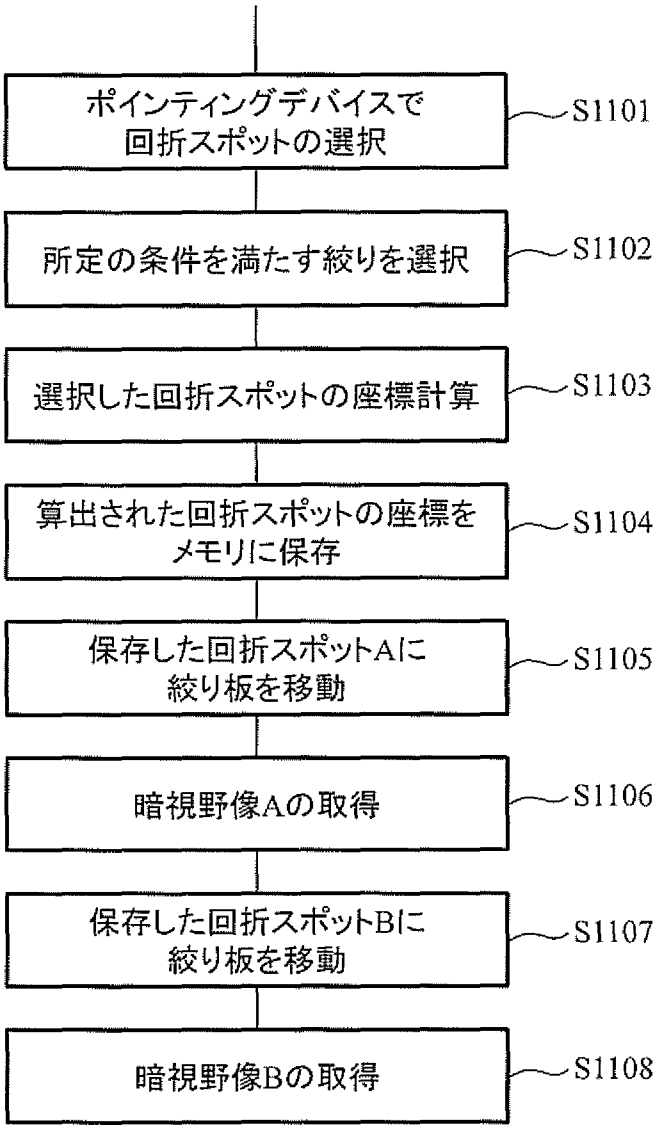
[図10]

図１０


A
180
B
400
101/nm
401
回折パターン観察モード
402
403
登録
TEM
撮影
404
405
406
レ
A
B
C

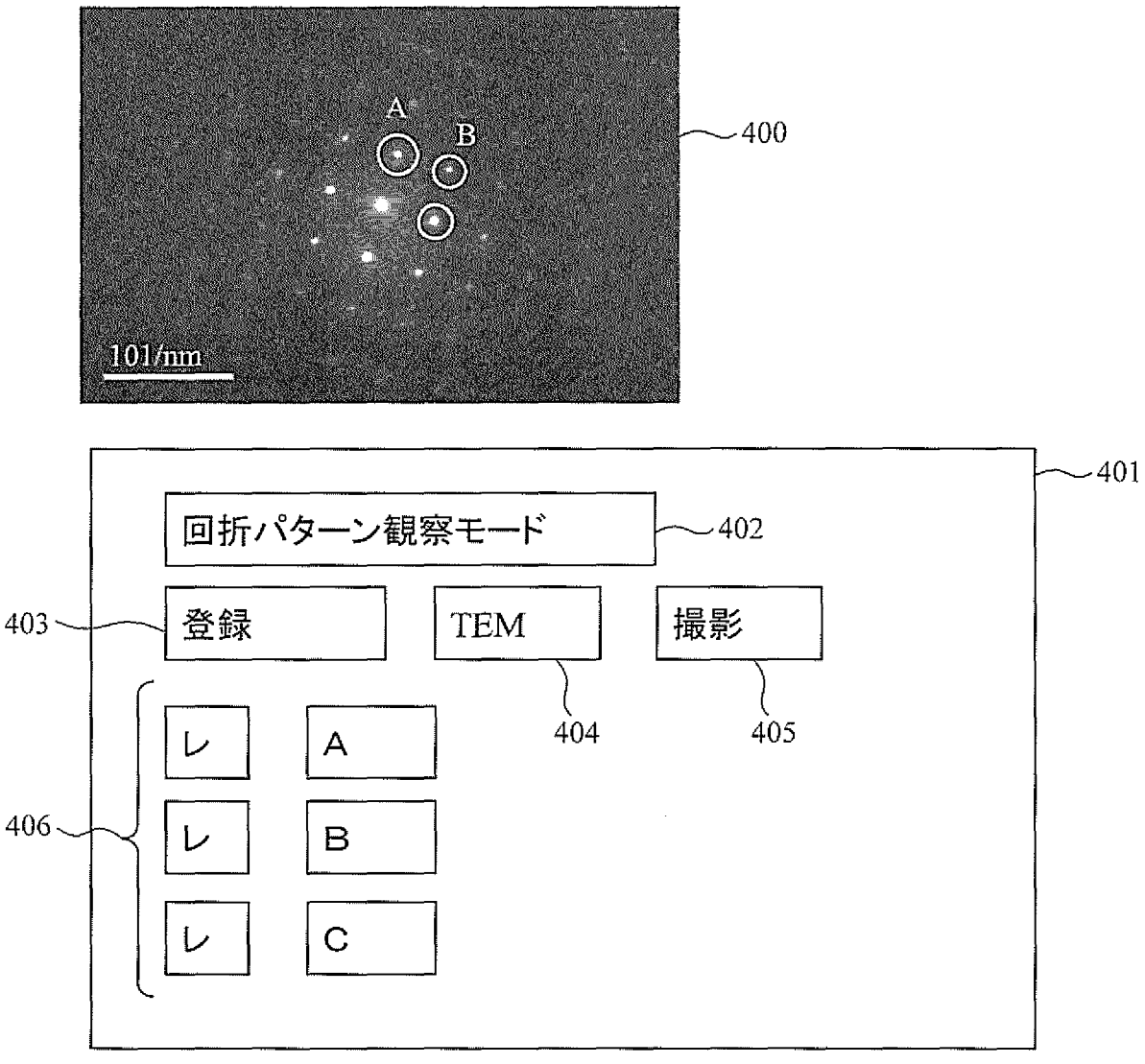
[図11]

図１１


ポインティングデバイスで
回折スポットの選択
S1101
所定の条件を満たす絞りを選択
S1102
選択した回折スポットの座標計算
S1103
算出された回折スポットの座標を
メモリに保存
S1104
保存した回折スポットAに
絞り板を移動
S1105
暗視野像Aの取得
S1106
保存した回折スポットBに
絞り板を移動
S1107
暗視野像Bの取得
S1108

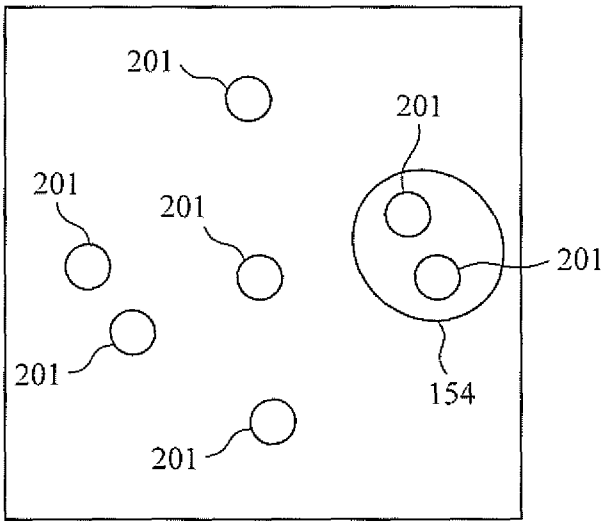
[図12]

図１２


A
B
400
101/nm
401
回折パターン観察モード
402
403
登録
TEM
撮影
404
405
406
レ
A
レ
B
レ
C

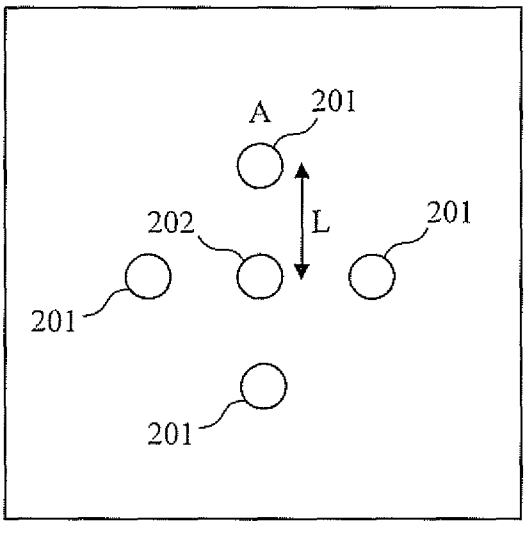
[図13]

図１３



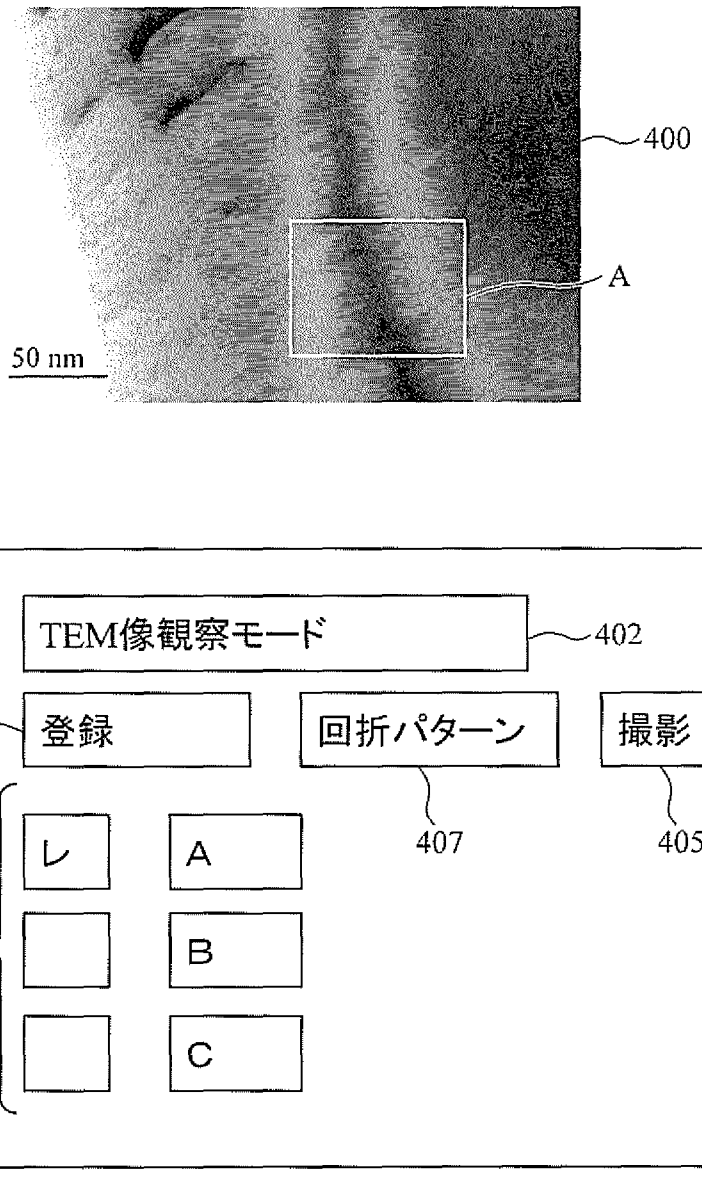
[図14]

図１４



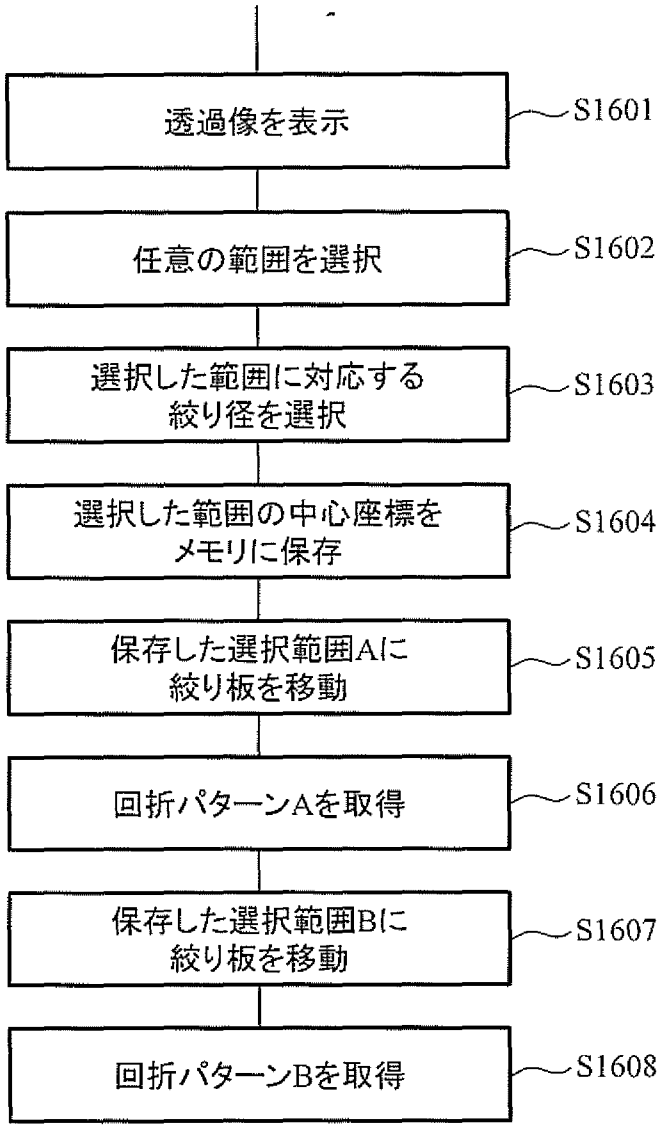
[図15]

図１５



[図16]

図１６


透過像を表示
S1601
任意の範囲を選択
S1602
選択した範囲に対応する
絞り径を選択
S1603
選択した範囲の中心座標を
メモリに保存
S1604
保存した選択範囲Aに
絞り板を移動
S1605
回折パターンAを取得
S1606
保存した選択範囲Bに
絞り板を移動
S1607
回折パターンBを取得
S1608

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/061407

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01J37/26(2006.01)i, *H01J37/09*(2006.01)i, *H01J37/295*(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)
H01J37/26, H01J37/09, H01J37/295

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-122998 A (JEOL Ltd.), 17 May 2007 (17.05.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 4-366539 A (JEOL Ltd.), 18 December 1992 (18.12.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 May 2015 (07.05.15)	19 May 2015 (19.05.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１５／０６１４０７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01J37/26(2006.01)i, H01J37/09(2006.01)i, H01J37/295(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H01J37/26, H01J37/09, H01J37/295

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１５年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１５年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１５年

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

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2007-122998 A (日本電子株式会社) 2007.05.17, 全文全図 (ファミリーなし)	１－８
A	JP 4-366539 A (日本電子株式会社) 1992.12.18, 全文全図 (ファミリーなし)	１－８

☐　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０７．０５．２０１５	１９．０５．２０１５

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

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｇ　９６０６
桐畑　幸▲廣▼

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２２６