

(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
2010 年 1 月 28 日(28.01.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/010771 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/26 (2006.01) H01J 37/22 (2006.01)
H01J 37/21 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/061259
- (22) 国際出願日: 2009 年 6 月 15 日(15.06.2009)
- (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 2008-191582 2008 年 7 月 25 日(25.07.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 日立ハイテクノロジーズ(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒105-8717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 菊池 秀樹 (KIKUCHI, Hideki) [JP/JP]; 〒312-8504 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 Ibaraki (JP). 長沖 功(NAGAOKI, Isao) [JP/JP]; 〒312-8504 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 Ibaraki (JP). 皆川 勝之(MINAKAWA, Katsuyuki) [JP/JP];

〒312-8504 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 Ibaraki (JP).

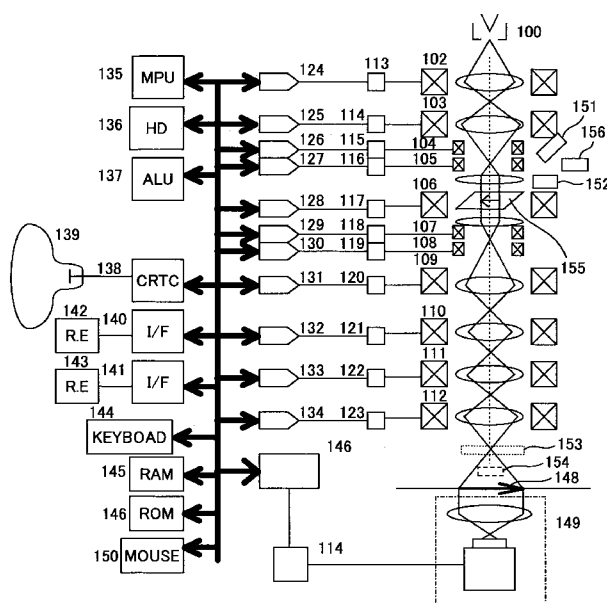
- (74) 代理人: 井上 学(INOUE, Manabu); 〒100-8220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社 日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CHARGED CORPUSCULAR RAY APPARATUS

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置

第3図



(57) Abstract: Provided is a charged corpuscular ray apparatus for acquiring tilted series images of a micro specimen for a short time period. The charged corpuscular ray apparatus previously measures the relation between a focal shift and a coincidence at the time of acquiring the tilted series images, counts back the focal shift from the coincidence on the basis of that relation, and controls a stage, an objective lens and so on to correct the focal shift to thereby acquire the tilted series images. The apparatus acquires a reference image in advance when the tilted series image is taken, takes correlations between the acquired image and the reference image, and executes the operations of transmitting a warning message and stopping an image acquiring sequence, if the coincidence is at or less than a set value. Thus, the focusing operation at the time of taking the tilted series images can be performed at a high speed to thereby shorten the time period for taking the tilted series images. It is possible to eliminate the image which is unsuited for a three-dimensional reconstitution. Thus, it is also possible to improve the throughput of the failure analysis for a semiconductor or an advanced material.

(57) 要約:

[続葉有]



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

本発明は、微小試料の傾斜シリーズ像を短時間で取得することに関する。本発明は、傾斜シリーズ像を取得する際の焦点ずれ量と一致度の関係をあらかじめ計測しておき、その関係に基づき一致度から焦点ずれを逆算して、ステージや対物レンズ等を制御して焦点ずれを補正し、傾斜シリーズ像を取得することに関する。また、本発明は、傾斜シリーズ像を撮影する際に参照画像をあらかじめ取得しておき、取得された画像と参照画像との相関を取り、一致度が設定値以下であった場合に、警告メッセージの発信や、画像取得シーケンスの停止、等の処理を実施することに関する。本発明により、傾斜シリーズ像を撮影する際の焦点合わせを高速に行うことが可能となり、傾斜シリーズ像の撮影時間を短縮できる。また、三次元再構築に適さない画像を排除することができる。これにより、半導体や先端材料の不良解析等のスループットを上げることができる。

明 細 書

発明の名称

荷電粒子線装置

技術分野

荷電粒子線装置における傾斜シリーズ像の取得に関する。

背景技術

荷電粒子線装置、特に透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて、半導体や先端材料などの試料の三次元再構築を行い、試料の三次元的な構造から不良解析を行うというニーズが高まっている。三次元再構築を行うには、数度ステップで試料を傾斜させて撮影した一連の画像（傾斜シリーズ像）が必要となる。この時に使用する試料は、1 μ m程度の大きさであり、ピラー状である場合が多い。

特許文献1（特開2004-87214号公報）には、ピラー状の試料を、360°回転可能なピラーホルダに搭載し、数万倍以上の倍率で観察することが開示されている。

また、特許文献2（特開平07-176285号公報）には、先鋭度に基づく焦点補正が開示されている。

先行技術文献

特許文献

特許文献1：特開2004-87214号公報

特許文献2：特開平07-176285号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

本願発明者が傾斜シリーズ像の取得に関して鋭意検討した結果、次のような知見を得た。

通常、試料を搭載するステージや試料ホルダの機械的な回転精度は十 μ m程度のオーダーである。このため、例えば、特許文献1のピラーホルダに、1 μ m程度の試料を搭載して回転させると、第1図に示すように、試料は偏心を伴った回転運動を引き起こす。傾斜シリーズ像撮影を行う場合には、ある角度で試料を視野中心に移動させ、焦点合わせを行った後に画像撮影を行い、その後、数度程度の所望の角度ステップで試料を傾斜させる。しかし、この回転は、上述したような偏心を伴った運動であるため、回転により試料は観察視野から外れる。このため、オペレータがステージを操作し、試料を観察視野の中心に移動させなければならなかった。また、偏心は焦点ずれをもたらすため、オペレータは焦点合わせをする必要があった。

特許文献2記載の技術を用いて傾斜シリーズ像を自動撮影する場合、一つの傾斜角度に対して10枚程度の画像を撮影する必要がある。そして、自動撮影を行う場合、撮影された画像が、全て三次元再構築を行うにあたって有効であるとは限らない。つまり、自動撮影を行うときに用いる画像処理精度や、試料を傾斜させる際の機械的精度により、撮影された画像中に試料が写っていないかったり、著しく焦点がずれている画像が存在したりする可能性がある。そのような画像を三次元再構築にそのまま使用すると、再構成された画像に偽像が生じる。このため、オペレータが撮影された画像を一枚一枚確認し、三次元再構築に不適な画像を選別し、不適な画像を取り直すという作業が必要となる。このため、三次元再構築するためのシリーズ像全てを撮影しようとする、膨大な時

間が必要となる。

また、荷電粒子線を試料に長時間照射することにより、試料表面にコンタミネーションが付着してしまうという問題も生じる。

本発明は、微小試料の傾斜シリーズ像を短時間で取得することに関する。

課題を解決するための手段

本発明は、傾斜シリーズ像を取得する際の焦点ずれ量と一致度の関係をあらかじめ計測しておき、その関係に基づき一致度から焦点ずれを逆算して、ステージや対物レンズ等を制御して焦点ずれを補正し、傾斜シリーズ像を取得することに関する。

また、本発明は、傾斜シリーズ像を撮影する際に参照画像をあらかじめ取得しておき、取得された画像と参照画像との相関を取り、一致度が設定値以下であった場合に、警告メッセージの発信や、画像取得シーケンスの停止、等の処理を実施することに関する。

発明の効果

本発明により、傾斜シリーズ像を撮影する際の焦点合わせを高速に行うことが可能となり、傾斜シリーズ像の撮影時間を短縮できる。また、三次元再構築に適さない画像を排除することができる。これにより、半導体や先端材料の不良解析等のスループットを上げることができる。

図面の簡単な説明

第1図は偏心を伴った試料の回転運動。

第2図は透過電子顕微鏡の基本構成図。

第 3 図は透過電子顕微鏡の制御系概略図。

第 4 図は試料ホルダの概略図。

第 5 図は試料台の概略図。

第 6 図は実施例 1 のフローチャート。

第 7 図は実施例 1 のフローチャート。

第 8 図は撮影画像の一覧表示。

第 9 図はテンプレート登録画面。

第 10 図は円柱状のニードルステージ。

第 11 図は一致度と試料高さの関係。

第 12 図は実施例 2 のフローチャート。

第 13 図は実施例 2 のフローチャート。

発明を実施するための形態

実施例では、試料を回転可能に保持する試料台と、試料に荷電粒子線を照射する照射光学系と、試料を透過した荷電粒子線、又は荷電粒子線により試料から発生した 2 次電子を検出する検出器と、少なくとも試料台の回転角度を制御する試料台制御装置と、少なくとも照射光学系、又は試料台制御装置を制御する演算装置と、を備え、あらかじめ求めておいた焦点ずれ量と一致度を用いて視野逃げ補正を行い、自動で傾斜シリーズ像の撮影を行う荷電粒子線装置を開示する。

また、実施例では、試料を回転可能に保持する試料台と、試料に荷電粒子線を照射する照射光学系と、試料を透過した荷電粒子線、又は荷電粒子線により試料から発生した 2 次電子を検出する検出器と、少なくとも試料台の回転角度を制御する試料台制御装置と、少なくとも照射光学系、又は試料台制御装置を制御する演算装置と、を備え、あらかじめ求

めておいた焦点ずれ量と一致度の関係を用いて焦点補正を行い、自動で傾斜シリーズ像の撮影を行う荷電粒子線装置を開示する。

また、実施例では、演算装置が、試料の画像データ、又はそのデータの一部をテンプレートして登録する手段と、少なくとも二つの画像データを取得し一つの画像をテンプレートとして他方の画像と画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、を含む荷電粒子線装置を開示する。

また、実施例では、演算装置が、撮影された傾斜シリーズ像の各々とテンプレート画像との画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、一致度のしきい値を設定する手段と、傾斜シリーズ像のうち一致度がしきい値以下である画像をハイライト表示させる手段と、を含む荷電粒子線装置を開示する。

また、実施例では、演算装置が、撮影された傾斜シリーズ像の各々とテンプレート画像との画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、一致度のしきい値を設定する手段と、傾斜シリーズ像のうち一致度がしきい値以下である画像が撮影されたときに試料への荷電粒子線の照射を停止する手段と、を含む荷電粒子線装置を開示する。

また、実施例では、演算装置が、荷電粒子線の照射が停止されたときに警告表示を発信する手段と、を含む荷電粒子線装置を開示する。

以下、上記及びその他の本願発明の新規な特徴と効果について図面を参酌して説明する。尚、図面は発明の理解に用いるものであり、権利範囲を減縮するものではない。

〔実施例 1〕

本実施例では、三次元再構築に必要な傾斜シリーズ像を自動で取得する際に、焦点ずれ量と一致度の関係をあらかじめ計測しておき、その関係に基づき一致度から焦点ずれ量を逆算して、ステージ高さもしくは対

物レンズ電流値を制御して焦点ずれを補正する。

また、本実施例では、傾斜シリーズ像を撮影する際に、あらかじめオペレータが参照画像を取得しておき、自動取得された画像を自動で参照画像と相関を取り、一致度が設定値以下であった場合に、警告メッセージを発信するか、又は、自動画像取得シーケンスを止める。もしくは、自動撮影された傾斜シリーズ像のうち、一致度が設定値以下の画像をオペレータに知らせる。

(1) 装置構成

第2図は、透過電子顕微鏡（以下TEMと略す）鏡体1の基本構成図である。TEMの鏡体1は電子銃2と照射レンズ3と対物レンズ4、投射レンズ5で構成される。照射レンズ3、対物レンズ4の間には、走査コイル6が配置されており、走査コイル6の下方に試料7が挿入される。試料7は、試料ホルダ8に取り付けられており、試料ホルダ8はホルダ制御部9に接続されている。試料7上方、走査コイル6の下には、二次電子検出器10が組み込まれている。二次電子検出器10は、走査像表示装置11に接続されている。投射レンズ5の下方には、暗視野STEM像観察用の円環状検出器12が配置されている。円環状検出器12は、走査像表示装置11に接続されている。また、円環状検出器12の下方には電子線軸からの出し入れが可能な検出器13（明視野STEM像観察用）が備えられており、走査像表示装置11に接続されている。検出器13の下方には、透過像観察用TVカメラ14が配置されている。TVカメラ14は、TVカメラ制御部15を介してTVモニター16に接続されている。

電子線17は、照射レンズ3により、試料面上でスポット状に収束され、走査コイル6によって試料7面上を走査する。二次電子検出器10

は、電子線 17 の照射によって、試料 7 から放出される二次電子を検出して、走査像表示装置 11 により、試料 7 の電子線 17 走査領域の二次電子像を表示する。検出器 13 では試料 7 から角度が半角約 50 mrad 以内で散乱を受けた透過電子を検出して走査像表示装置 11 により、明視野透過電子像を表示する。円環状検出器 12 についても同様であり、電子線 17 の照射によって、試料 7 から散乱角度が半角約 80 ~ 500 mrad の範囲で散乱した電子（弾性散乱電子）を検出し、走査像表示装置 11 により、暗視野透過電子像を表示する。また、照射レンズ 3 の条件を変えることにより、試料 7 面上に、ある広がりをもった電子線 17 が照射され、試料 7 を透過した電子は対物レンズ 4 により、結像され、その像は投射レンズ 5 により拡大され、TV カメラ 14 上に投影される。投影された透過電子像は TV カメラ制御部 15 を介し、TV モニター 16 上に表示される。試料 7 は試料ホルダ 8 に接続されたホルダ制御部 9 により、電子線光軸上で角度を変えることが可能で、様々な角度から二次電子像、走査透過像、透過電子像を観察することが可能である。

第 3 図に、透過電子顕微鏡の制御系概略図を示す。第 3 図に示すように、透過像観察用レンズデータを記憶している ROM 146 から各 DAC 124, 125, 128, 131 ~ 134 に出力してレンズ系のデータをアナログ信号に変換する。各 DAC 124, 125, 128, 131 ~ 134 より励磁電源 113, 114, 117, 120 ~ 123 にアナログ信号を出力して各レンズ系のレンズコイル 102, 103, 106, 109 ~ 112 に電流を出力させる。これらのレンズ系で荷電粒子線を偏向・収束させて試料に照射する。試料を透過した粒子線もしくは試料表面で発生した二次電子を検出器（TV 149, 二次電子検出器 151）で信号検出し、TV 制御部に送信し TV 上に画像表示する。表示

された画像は、ROMやRAMに格納する。

(2) 試料ホルダ (ステージ)

第4図は、荷電粒子線装置用の試料ホルダ8の先端部の上面図(a)および断面図(b)を示す。試料ホルダ8は、先端部と連結されたホルダ軸31が、軸中心の周りに360°回転可能な機構を有し、さらに前記機構と独立して先端部に傘歯車32(第1の傘歯車)を有する別の回転軸33をホルダ軸31内部に有する。試料回転軸33はホルダ制御部9に接続され、ホルダ制御部9により、試料回転軸33および傘歯車32が回転する。傘歯車32と傘歯車34(第2の傘歯車)は噛み合うように接しており、試料回転軸33を回転することにより、傘歯車32が回転し、同時に傘歯車34が回転する。また、試料ホルダ8はFIB装置内でイオンビームが入射する際、試料ホルダ8の構造物がイオンビームをさえぎることの無いよう一部解放された構造となっている。

第5図は、試料台35側面図(a)および斜視図(b)である。試料台35に微小試料片36を固定した状態の側面図および斜視図をそれぞれ(c), (d)に示す。微小試料片36は試料台35の先端に取り付けられている。試料台35先端部は微小試料片36の固定が容易なように平坦な形状を有する。微小試料片36と試料台35の接触部分には、FIBを用いてデポジション膜37を形成させ、接着する。

第5図(a)に、荷電粒子線装置用試料ホルダ8に試料台35(試料支持部)を固定した例を示す。傘歯車32および34は中空状になっており、試料台35を差し込むように装着することができる。FIBによる加工を行うときは、試料台35を傘歯車34に装着し、FIB装置に試料ホルダ8を挿入し、試料台35上方よりイオンビームを入射させ、微小試料片36を加工する。イオンビームを一点に留ませたまま試料

台 3 5 を回転させると、円筒状の微小試料片 3 6 を加工することができる。

F I B による加工が終わったら、ホルダ軸 3 1 自体を 90° 回転させ透過電子顕微鏡 1 試料室に試料ホルダ 8 を挿入し、試料台 3 5 の側面から電子線 1 7 を入射させる。すなわち、紙面に垂直方向から電子線 1 7 を入射させて透過像を観察する。この際、試料回転軸 3 3 を動かすことにより、傘歯車 3 4 が回転し、微小試料片 3 6 の周囲 360° の方向から観察することが可能である。微小試料片 3 6 の回転角度は、ホルダ制御部 9 により、試料回転軸 3 3 を駆動することにより制御することができる。また、ホルダ制御部 9 は、試料ホルダ 8 を X Y Z 方向に微小制御することもできる。

尚、本実施例では、試料ホルダをホルダ制御部 9 により X Y Z 方向に微小制御しているが、当該ホルダを X Y Z 方向に微小移動可能なステージに配置する構成としても良い。

(3) 位相限定相関で移動量を計算する手段

透過像一部を切り取った画像を透過像として $M \times N$ の画素数で記憶装置に登録画像として $f_1(m, n)$ として記録する。次に記録モード後に取り込んだ画像を $M \times N$ の画素数で記憶装置に参照画像として $f_2(m, n)$ として記録する。

但し、どちらも自然画像とし、 $m = 0, 1, 2, \dots, M-1$, $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$ である。

$f_1(m, n)$, $f_2(m, n)$ の離散フーリエ画像 $F_1(m, n)$, $F_2(m, n)$ はそれぞれ (1), (2) で定義される。

$$F_1(u, v) = A(u, v) e^{j\theta(u, v)} \dots \dots (1)$$

$$F_2(u, v) = B(u, v) e^{j\phi(u, v)} \dots \dots (2)$$

但し、 $u = 0, 1, 2, \dots, M-1$ 、 $v = 0, 1, 2, \dots, N-1$

$A(u, v)$ 、 $B(u, v)$ は振幅スペクトル、 $\theta(u, v)$ 、 $\phi(u, v)$ は位相スペクトル。

位相相関では、2画像間で像の平行移動があった場合には相関のピークの位置が移動量だけずれる。

以下に移動量の導出方法を説明する。

まず、原画像 $f_2(m, n)$ が、 x 方向に r' だけ移動したとして $f_4(m, n) = f_2(m + r', n)$ とする。

式(2)を式(3)のように変形する。

$$\begin{aligned} F_4(u, v) &= \sum \sum f_2(m + r', n) e^{-j 2\pi (mu/M + nv/N)} \\ &= B(u, v) e^{j(\phi + 2\pi r' u/M)} \end{aligned} \quad \dots \dots (3)$$

振幅スペクトル $B(u, v)$ を定数とすることにより、画像のコントラストに依存しない位相画像となる。 f_4 の位相画像 $F'_4(u, v)$ は式(4)となる。

$$F'_4(u, v) = e^{j(\phi + 2\pi r' u/M)} \dots \dots (4)$$

位相画像 $F'_1(u, v)$ に $F'_2(u, v)$ の複素共役を乗ずることによって合成画像 $H_{14}(u, v)$ は式(5)となる。

$$\begin{aligned} H_{14}(u, v) &= F'_1(u, v) (F'_2(u, v))^* \\ &= e^{j(\theta - \phi - 2\pi r u/M)} \dots \dots (5) \end{aligned}$$

相関強度画像 $G_{14}(r, s)$ は、合成画像 $H_{14}(u, v)$ を逆フーリエ変換することによって式(6)となる。

$$G_{14}(r, s) = \sum \sum (H_{14}(u, v)) e^{j 2\pi (ur/M + vs/N)}$$

$$\begin{aligned}
 & + u s / N) \\
 & = \sum \sum (e^{j(\theta - \phi - 2\pi r' u / M)}) \\
 & \quad e^{j2\pi(u r / M + u s / N)} \\
 & = G_{12}(r - r') \dots \dots (6)
 \end{aligned}$$

式(6)より、2つの画像間でX方向に位置ずれ量 r' が存在する場合、相関強度画像のピークの位置は $-r'$ だけずれる。また、位相成分で相関計算するため、2つの画像で明るさやコントラストに違いがあっても移動量の計算が行える。2つの画像間でX方向に位置ずれ量が存在する場合は、相関強度画像の中心より ΔG (pixel) の位置にピークが発生する。例えば2つの画像間でX方向に2 pixel のずれがあると、合成画像は2周期の波になる。これを逆フーリエ変換すると相関強度画像となり、中心から2 pixel ずれた位置にピークが発生する。この ΔG (pixel) は検出器の受光面での移動に量相当し、 ΔG を試料面上の移動量 Δx に変換する。検出器の受光面の径 L 、受光面上での透過電子顕微鏡の倍率 M 、検出器の受光面の画素数 L_m とすると式(7)に示す。

$$\Delta x = \Delta G \text{ (pixel)} \times L / L_m \text{ (pixel)} / M \dots \dots (7)$$

Δx は2つ画像間の試料面上での移動量となる。

また、荷電粒子線を走査して二次電子もしくは透過電子を検出して画像表示する走査型の電子顕微鏡では、試料面上での走査幅 D および撮影画像の解像度 R (pixel) を用いて

$$\Delta x = \Delta G \text{ (pixel)} \times D / R \dots \dots (8)$$

と計算される。

(4) 一致度を計算する手段

次に、画像間移動量や倍率、回転角度の精度について説明する。位相成分のみを用いた相関計算では、数学上位相のみを使用しているため相

関強度に現れるピークは δ ピークとなる。例えば、2つの画像間で1.5画素ずれると合成画像は1.5周期の波となる。これを逆フーリエ変換すると、相関強度画像の中心より1.5 pixel ずれた位置に δ ピークが立つが、1.5の画素は存在しないので、 δ ピークの値は1 pixel 目と2 pixel 目に振り分けられる。ここで、一致度が高い画素の重心を取って、この振り分けられた値から真の δ ピーク位置を計算すると1/10 pixel 程度の精度を計算結果が得られる。また、相関強度画像が δ ピークのため、2つの画像間における類似性の評価を相関強度画像のピークの高さによって行う。画像 $f_1(m, n)$ 、ピークの高さ $Peak(pixel)$ とすると一致度(%)を式(9)に示す。

$$\text{一致度}(\%) = (Peak) / (m \times n) \times 100 \quad \dots \dots (9)$$

例えば、処理画素数は128 pixel×128 pixel で $Peak$ が16384 (pixel) の場合は、一致度 = (16384) / (128×128) × 100 = 100 (%) となる。

(5) 傾斜シリーズ像の自動撮影

第6図～第8図を用いて、傾斜シリーズ像の自動撮影のフローを説明する。

傾斜シリーズ像の自動撮影を行うときには、まず傾斜ステップ角度 t 、及び撮影枚数 n の設定をする。三次元再構築された画像に生じる虚像を最小限とするために、 $\pm 90^\circ$ の傾斜角度範囲を $1^\circ \sim 5^\circ$ ステップ等で撮影するため、37枚～181枚の撮影枚数を設定する。

次に、試料が正焦点かつ視野の中心となるように電子光学系、又は試料ステージ52を調整し、画像撮影を行う。この基準画像の中からテンプレートとなる領域を設定し、以降のステップで利用する。テンプレートの設定は、第9図に示すようにオペレータが領域を指定し設定する。

以上のような設定を行った後、傾斜シリーズ像の自動撮影を開始する。一枚目の画像はすでに調整済なのでそのまま取得し、その後、試料を所望の角度傾斜させる。試料を傾斜させると、傾斜機構の機械的な精度の問題で、視野逃げと同時に焦点ずれが生じる。視野逃げに関しては、画像取得後テンプレートと上述の移動量計算手段から移動量を算出し（184）、ステージや偏向器にフィードバックして補正をすればよい（185）。焦点ずれに関しては、試料傾斜し視野逃げ補正を行った後、画像を取得して一枚目の画像との画像相関を行う。比較を行う際は、上述の一致度計算手段を用いて、一致度を算出する。一致度と補正すべき試料高さは、あらかじめ求められているので、一致度に応じた補正量を試料ステージに対して指令をすればよい。一致度から焦点補正を行う場合には、透過像を使用すると傾斜角度によって試料の内部構造に従い試料の見え方が変化してしまうので、二次電子像を使う方がより精度の高い補正ができる。

また、第10図に示すような試料の傾斜角度によって、試料の幅等が変化しない円柱状のニードルステージを用いた方がより精度の高い補正が可能である。

（6）焦点ずれを補正するための手段

第6図のフローチャートを用いて、焦点ずれを補正するための手段について説明する。まず正焦点での画像（0枚目）を撮影する（192）。この撮影された画像から第9図のようにテンプレートとなる領域を選択する。次に、数 μm 程度試料の高さを変化させて焦点をずらして、次の画像（1枚目）を撮影する（193；194）。0枚目と1枚目の画像相関を取ることにより、一致度を求めて記録する（195）。

以降、順次試料高さを変化させて、画像を撮影し0枚目との一致度を

算出していき、所望のNに達したときに処理を終了する（197）。

こうして得られた一致度と試料高さの関係を第11図に示す。この関係をテーブル化しておくか、関数でフィッティングすることによって、焦点ずれと一致度の関係が決定される。第10図に、同じ計測を3回行った結果を示しているが、この図からわかるように試料高さの違いによる焦点ずれと一致度の関係は再現性が良好である。

傾斜シリーズ像を撮影する際に、試料を傾斜させて焦点ずれが生じた場合には、正焦点での画像との一致度を算出して、前記焦点ずれと一致度の関係から逆算し焦点補正後、画像撮影を行う。

〔実施例2〕

本実施例では、上述の実施例1の変形例について、実施例1との相違点を中心に説明する。

第12図は本実施例のフローチャートである。

まず、撮影条件1を設定する（211）。ここでは、傾斜ステップ角度を三次元再構築に必要な画像を取得するときの傾斜ステップ角度より粗く設定する。次に、焦点合わせを行って画像撮影し、撮影された画像の中からテンプレートとなる領域をオペレータが設定する（212）。その後、自動で試料傾斜させ画像撮影を行う。傾斜させた後の画像とテンプレートとの画像相関をとって一致度を算出する（215）。この時、一致度計算手段2を用いる。次に、試料傾斜をさせ、213～218を必要な回数繰り返す。所望の角度範囲の撮影が終了したのち、試料傾斜角度と一致度の関係を求める（217）。実施例1で述べたように、一致度と試料高さの関係が決まるので、一致度から試料傾斜による試料高さ変化量を関係付けることができる。また、試料が偏心を伴った回転運動をしている場合には、傾斜角度と一致度の関係は360°周期の正弦

関数で近似できる。よって、傾斜角度と一致度の関係を正弦関数でフィッティングすることが有効である。さらに、回転運動は円運動で近似できるので試料高さ（Z方向）の変化量は、撮影画像内でのX方向の変化量と一致する。試料傾斜角度と一致度の関係を正弦関数でフィッティングした場合、試料傾斜角度とX方向の変位量の関係は正弦関数でフィッティングした関数に対して90°位相がずれたものとなる。このようにして、XY平面内での視野逃げとZ方向の焦点ずれが、各々ある関数で表現される。

次に、三次元再構築に必要な傾斜シリーズ像を自動撮影するフローについて、第13図を用いて説明する。まず、撮影条件を設定する（221）。この時、傾斜ステップ角度と撮影枚数を設定する。傾斜ステップ角度は1～5°程度、撮影枚数はステップ角度に応じて37～181枚程度を設定する。その後、自動で撮影を開始する。試料を傾斜させると視野逃げと焦点ずれが生じるが、上述のように、一致度からXY平面内の移動とZ方向への関係がすでに求められているため、この関係に基づいて、ステージ、又は荷電粒子線を移動させて視野逃げ補正（223）、焦点ずれ補正を行い（224）、画像撮影を行う。次に、試料傾斜し（222）、222～226を繰り返し、設定枚数の画像撮影が撮影されたら自動取り込みを終了する。傾斜シリーズ像の中には三次元再構築に不適切な画像が含まれる場合があるので、あらかじめ撮影された画像との一致度を求めて、設定値以下の場合はその画像のハイライト表示をする（227）。

符号の説明

1 鏡体

- 2, 100 電子銃
- 3 照射レンズ
- 4, 23 対物レンズ
- 5 投射レンズ
- 6 走査コイル
- 7, 155 試料
- 8 試料ホルダ
- 9 ホルダ制御部
- 10, 24 二次電子検出器
- 11, 27 走査像表示装置
- 12 円環状検出器
- 13 検出器
- 14 TVカメラ
- 15 TVカメラ制御部
- 16 TVモニター
- 17 電子線
- 31 ホルダ軸
- 32, 34, 38 傘歯車
- 33 試料回転軸
- 35 試料台
- 36 微小試料片
- 37 デポジション膜
- 102 第1照射レンズコイル
- 103 第2照射レンズコイル
- 104 第1偏向コイル

- 1 0 5 第2偏向コイル
- 1 0 6 対物レンズコイル
- 1 0 7 第1電磁式試料イメージ移動用コイル
- 1 0 8 第2電磁式試料イメージ移動用コイル
- 1 0 9 第1中間レンズコイル
- 1 1 0 第2中間レンズコイル
- 1 1 1 第1投射レンズコイル
- 1 1 2 第2投射レンズコイル
- 1 1 3 ~ 1 2 3 励磁電源
- 1 2 4 ~ 1 3 4 D A C
- 1 3 5 マイクロプロセッサ
- 1 3 6 記憶装置
- 1 3 7 演算装置
- 1 3 8 C R Tコントローラ
- 1 3 9 C R T
- 1 4 0 , 1 4 1 I / F
- 1 4 2 倍率切替用ロータリーエンコーダ
- 1 4 3 入力用ロータリーエンコーダ
- 1 4 4 キーボード
- 1 4 5 R A M
- 1 4 6 R O M
- 1 4 7 T V制御部
- 1 4 8 シンチレータ
- 1 4 9 T V
- 1 5 0 マウス

- 1 5 1 二次電子検出器
- 1 5 2 試料ホルダ駆動機構
- 1 6 0 電子ビーム
- 1 6 1 試料搭載ホルダ上のニードルステージ
- 1 6 2 マイクロサンプリング試料
- 1 6 3 回転角度 0° の時の試料
- 1 6 4 回転角度 90° の時の試料
- 1 6 5 回転角度 180° の時の試料
- 1 6 6 試料回転軸
- 1 7 0 テンプレート設定窓
- 1 7 1 撮影画像
- 1 8 0 ~ 1 8 9 実施例 1 の傾斜シリーズ像撮影時のフロー
- 1 9 0 ~ 2 0 0 0 番目に撮影した画像
- 2 0 1 m 番目に撮影した画像
- 2 0 2 m + 1 番目に撮影した画像
- 2 1 0 ~ 2 1 7, 2 2 0 ~ 2 2 7 実施例 2 の傾斜シリーズ像撮影時のフロー

請 求 の 範 囲

〔請求項1〕

試料を回転可能に保持する試料台と、

前記試料に荷電粒子線を照射する照射光学系と、

試料を透過した荷電粒子線、又は荷電粒子線により試料から発生した2次電子を検出する検出器と、

少なくとも前記試料台の回転角度を制御する試料台制御装置と、

少なくとも前記照射光学系、又は試料台制御装置を制御する演算装置と、を備え

あらかじめ求めておいた焦点ずれ量と一致度の関係を用いて視野逃げ補正を行い、自動で傾斜シリーズ像の撮影を行うことを特徴とする荷電粒子線装置。

〔請求項2〕

請求項1記載の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、前記試料の画像データ、又はそのデータの一部をテンプレートして登録する手段と、少なくとも二つの画像データを取得し一つの画像をテンプレートとして他方の画像と画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項3〕

請求項1記載の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、撮影された傾斜シリーズ像の各々と前記テンプレート画像との画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、前記一致度のしきい値を設定する手段と、傾斜シリーズ像のうち前記一致度が前記しきい値以下である画像をハイライト表示させる手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項4〕

請求項1記載の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、撮影された傾斜シリーズ像の各々と前記テンプレート画像との画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、前記一致度のしきい値を設定する手段と、傾斜シリーズ像のうち前記一致度が前記しきい値以下である画像が撮影されたときに試料への荷電粒子線の照射を停止する手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項5〕

請求項4の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、荷電粒子線の照射が停止されたときに警告表示を発信する手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項6〕

試料を回転可能に保持する試料台と、

前記試料に荷電粒子線を照射する照射光学系と、

試料を透過した荷電粒子線、又は荷電粒子線により試料から発生した2次電子を検出する検出器と、

少なくとも前記試料台の回転角度を制御する試料台制御装置と、

少なくとも前記照射光学系、又は試料台制御装置を制御する演算装置と、を備え

あらかじめ求めておいた焦点ずれ量と一致度の関係を用いて焦点補正を行い、自動で傾斜シリーズ像の撮影を行うことを特徴とする荷電粒子線装置。

〔請求項7〕

請求項6記載の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、前記試料の画像データ、又はそのデータの一部をテ

ンプレートして登録する手段と、少なくとも二つの画像データを取得し一つの画像をテンプレートとして他方の画像と画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項 8〕

請求項 6 記載の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、撮影された傾斜シリーズ像の各々と前記テンプレート画像との画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、前記一致度のしきい値を設定する手段と、傾斜シリーズ像のうち前記一致度が前記しきい値以下である画像をハイライト表示させる手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項 9〕

請求項 6 記載の荷電粒子線装置において、

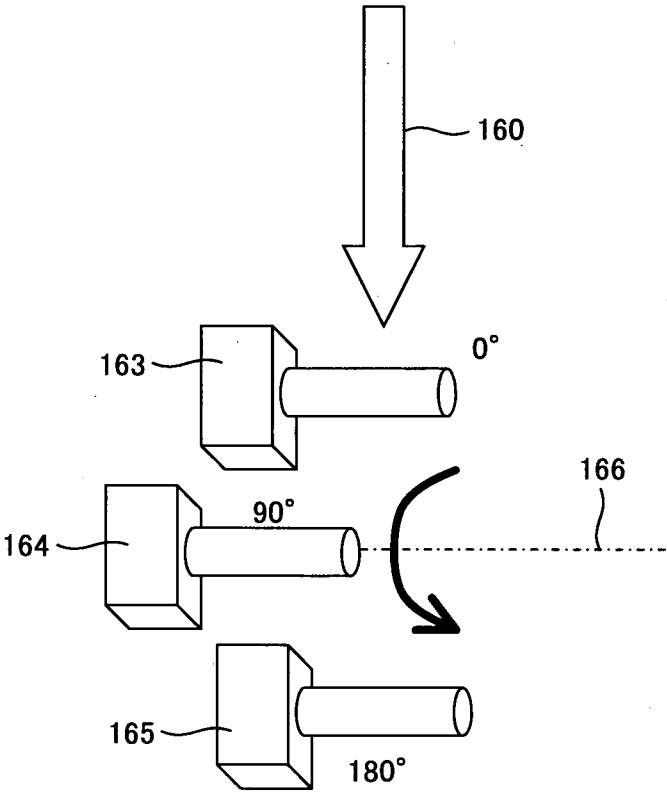
前記演算装置が、撮影された傾斜シリーズ像の各々と前記テンプレート画像との画像相関演算を行って一致度を算出する手段と、前記一致度のしきい値を設定する手段と、傾斜シリーズ像のうち前記一致度が前記しきい値以下である画像が撮影されたときに試料への荷電粒子線の照射を停止する手段と、を含むことを特徴とする装置。

〔請求項 10〕

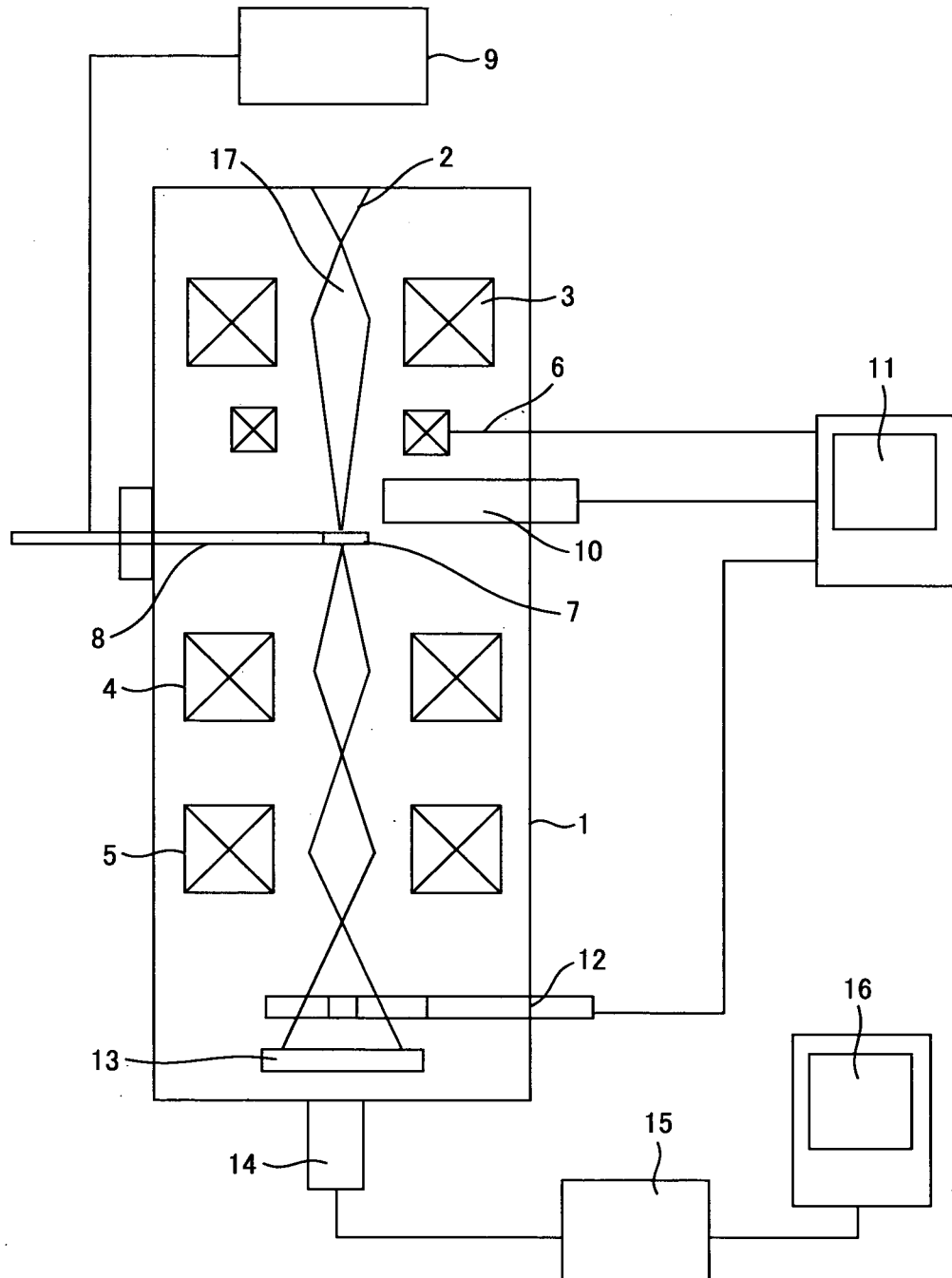
請求項 9 の荷電粒子線装置において、

前記演算装置が、荷電粒子線の照射が停止されたときに警告表示を発信する手段と、を含むことを特徴とする装置。

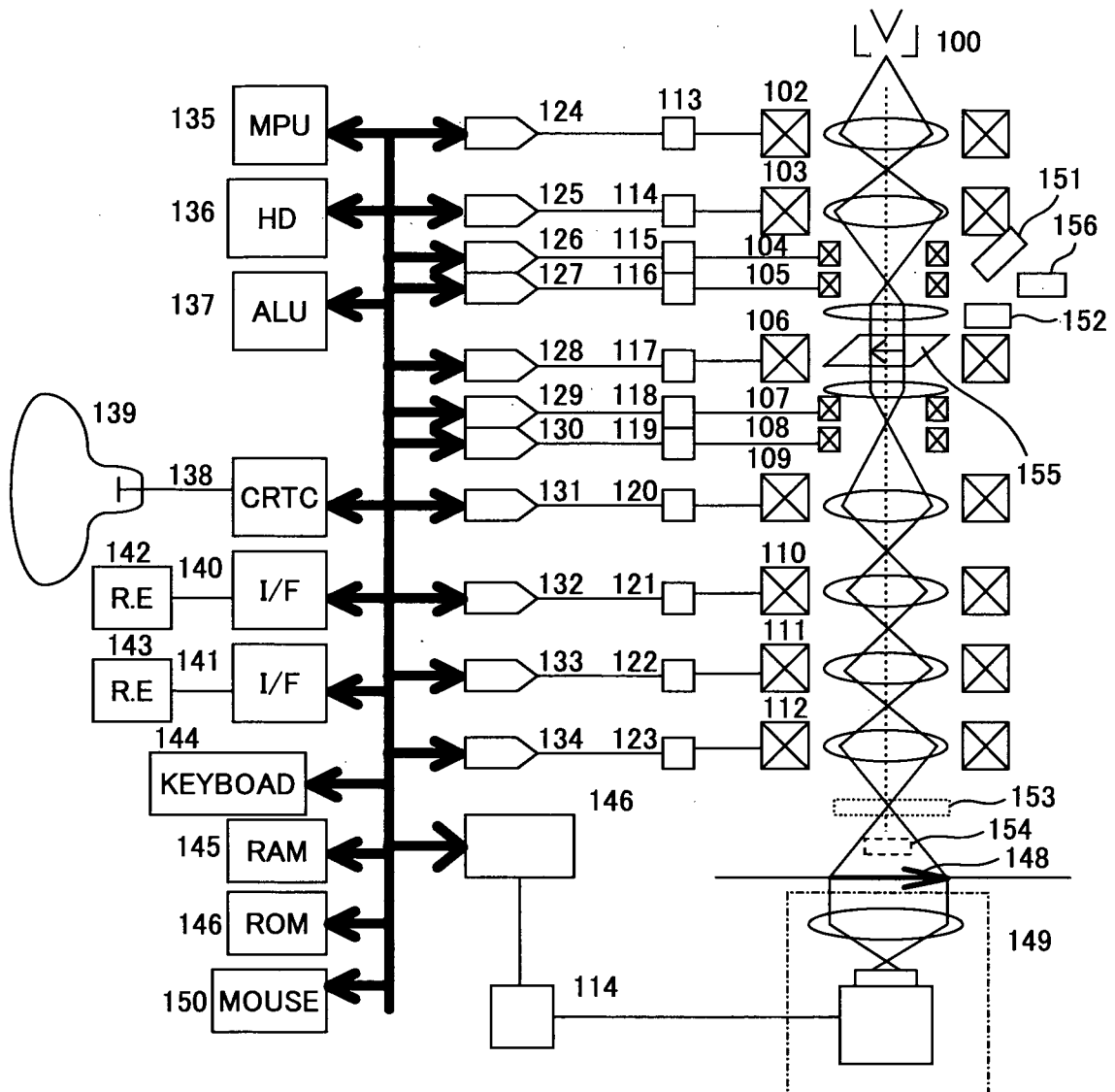
第1図



第2図

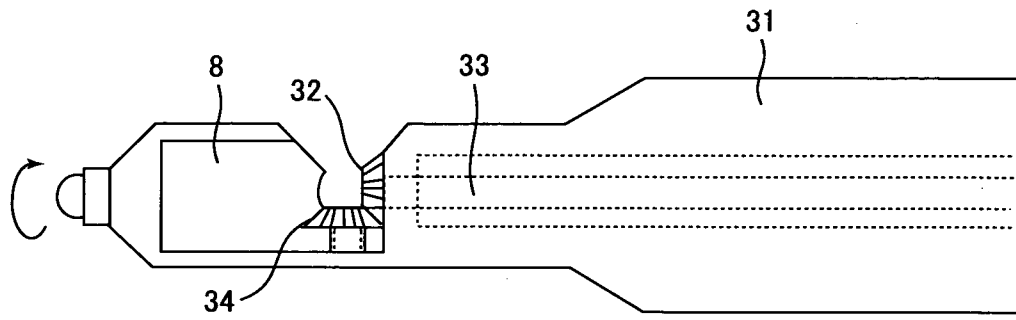


第3図

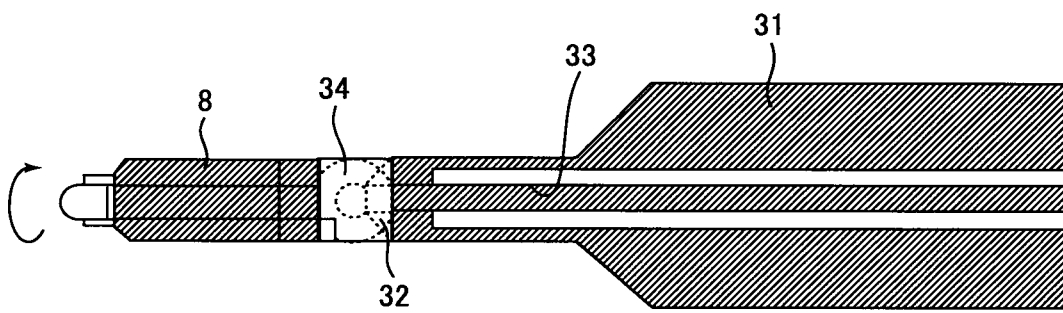


第4図

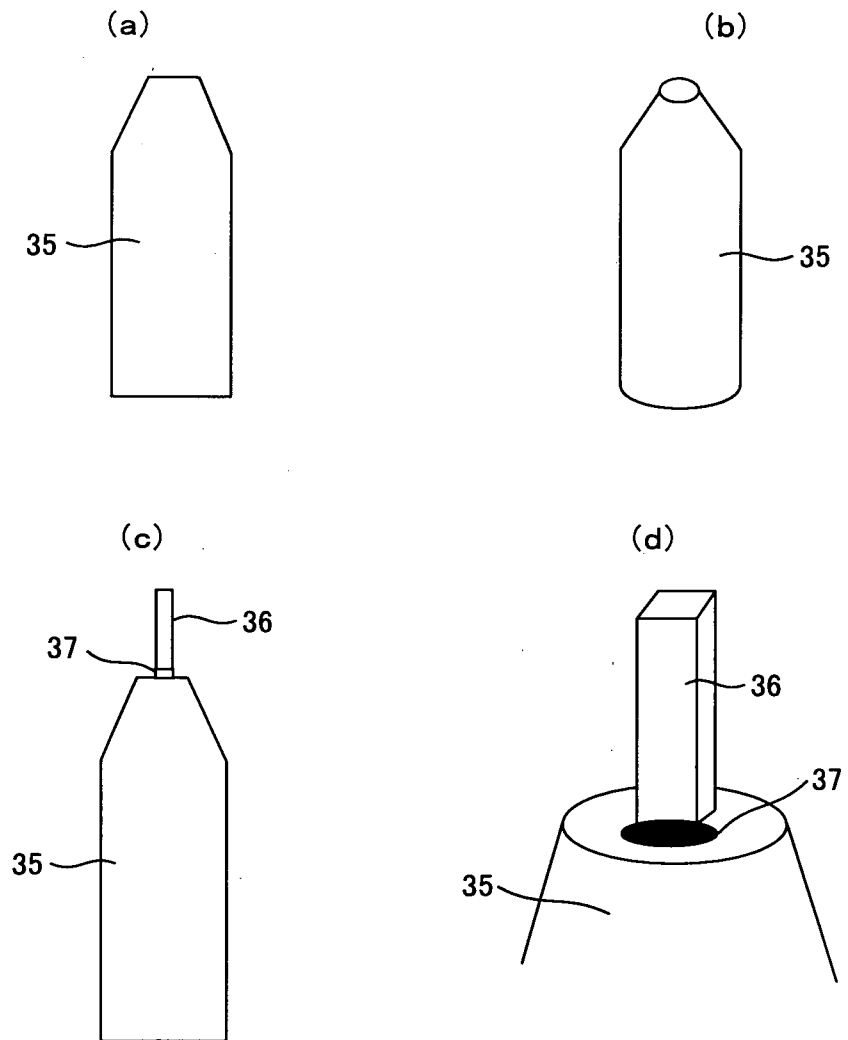
(a)



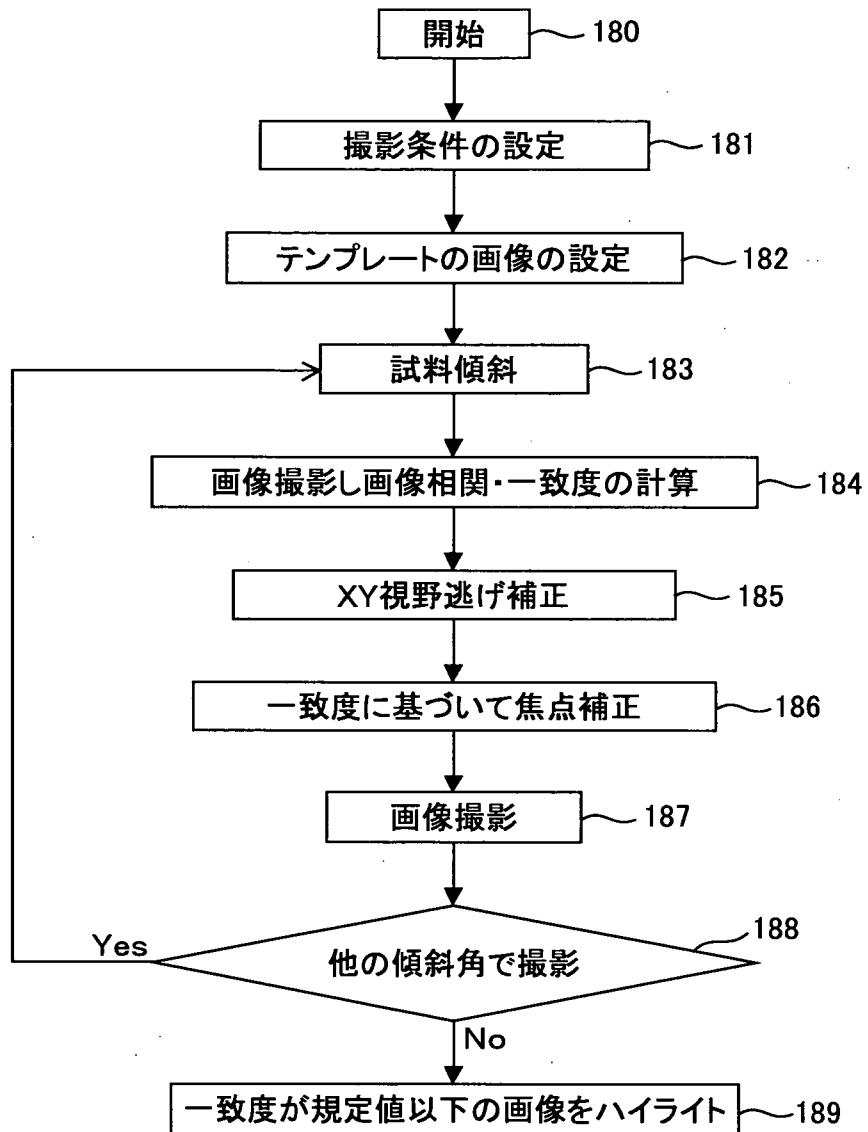
(b)



第5図

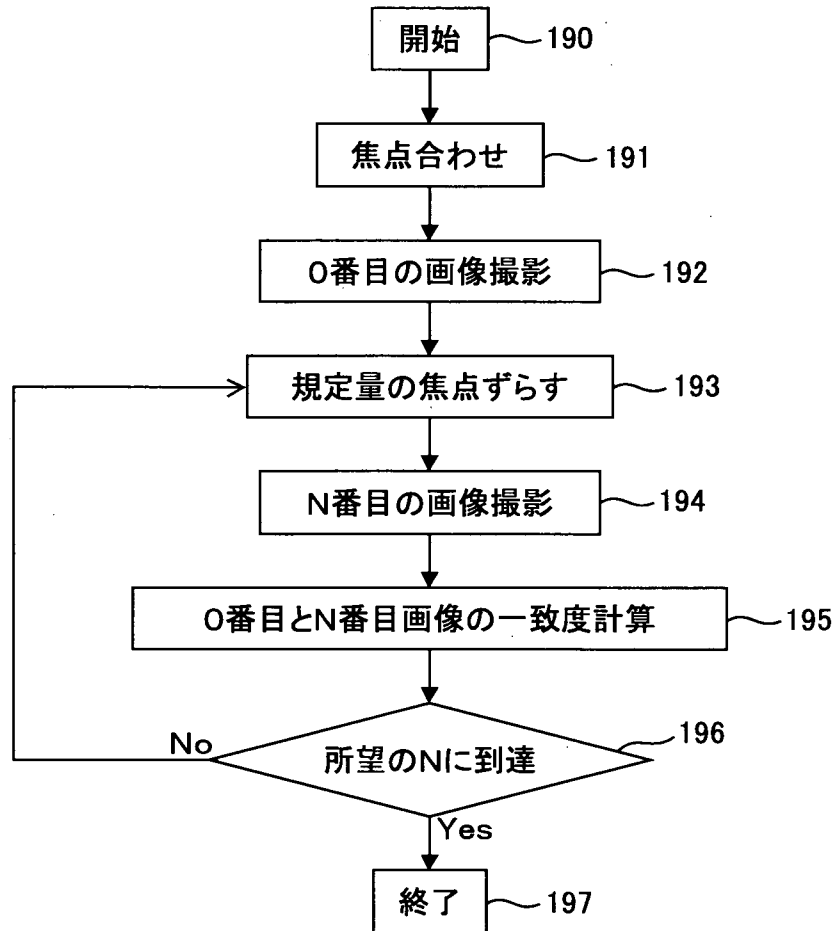


第6図

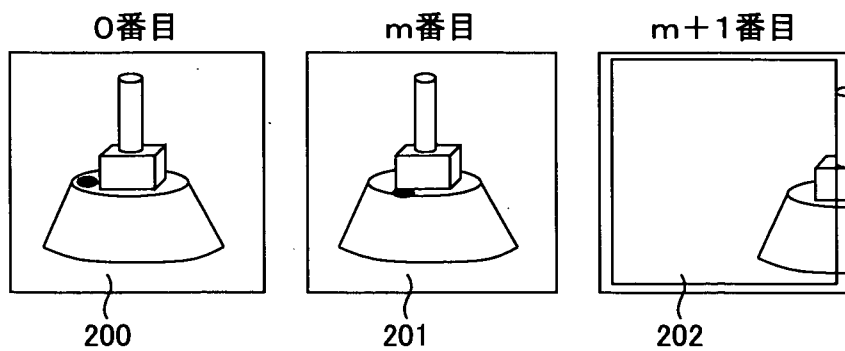


7/11

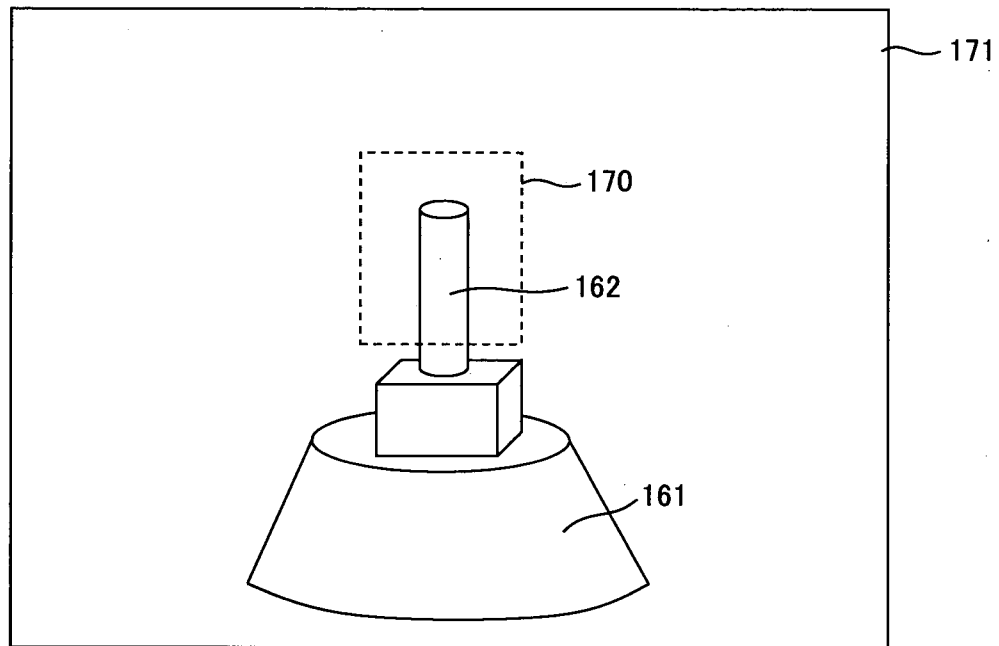
第7図



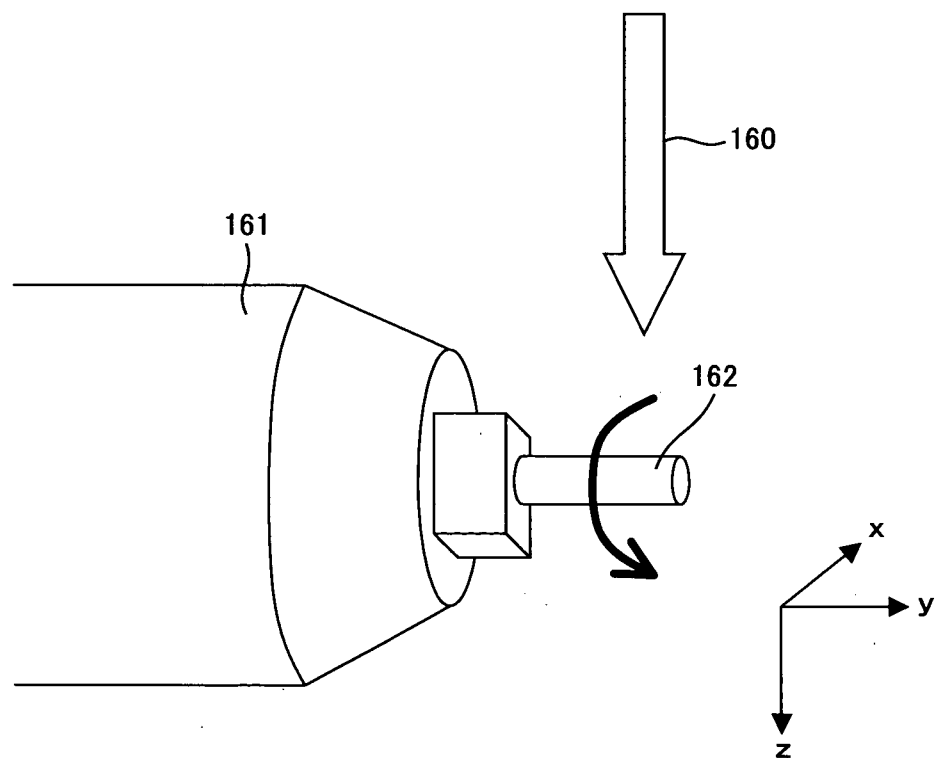
第8図



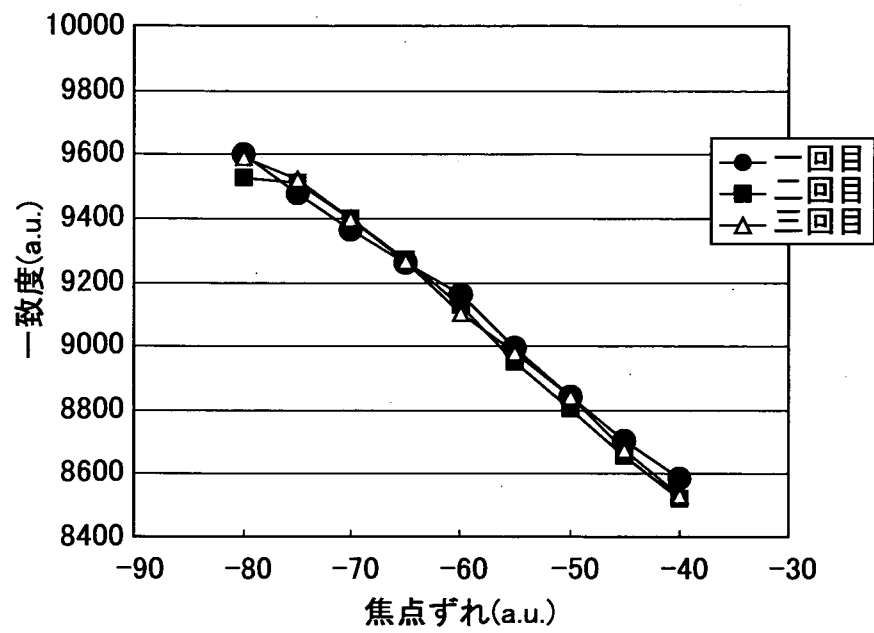
第9図



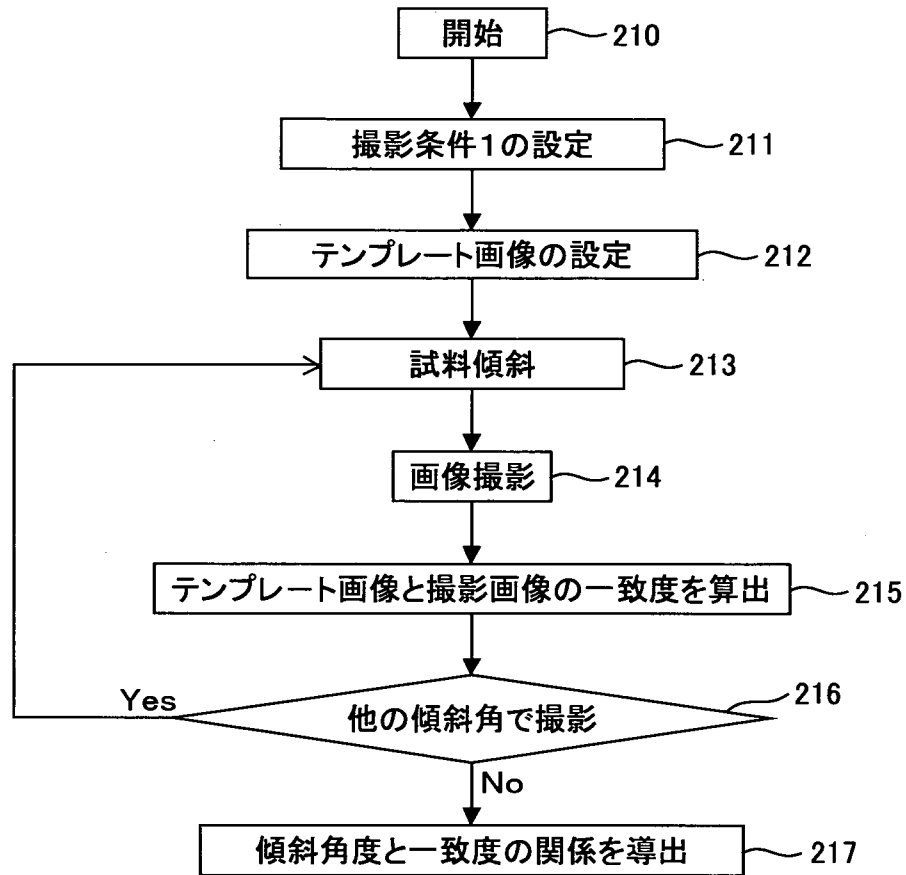
第10図



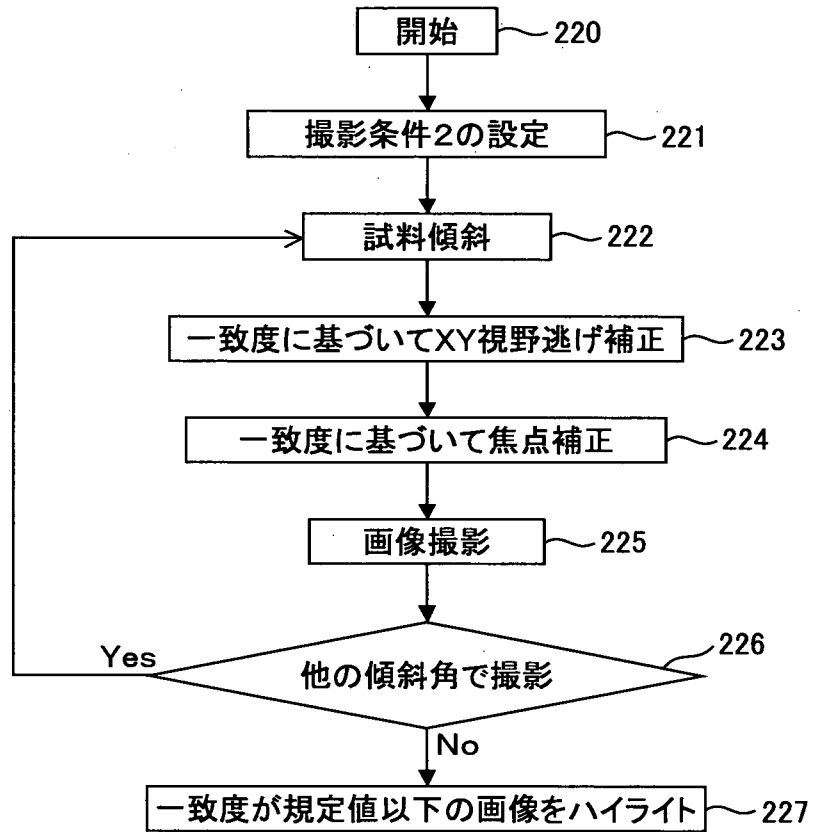
第11図



第12図



第13図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061259

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/26(2006.01)i, H01J37/21(2006.01)i, H01J37/22(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, H01J37/21, H01J37/22

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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	JP 8-106873 A (Hitachi, Ltd.),	1
Y	23 April, 1996 (23.04.96), Full text; all drawings (Family: none)	2
Y	JP 2005-19218 A (JEOL Ltd.), 20 January, 2005 (20.01.05), Full text; all drawings & US 2005/0029452 A1 & EP 1492152 A2	2

☐ 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
24 August, 2009 (24.08.09)

Date of mailing of the international search report
01 September, 2009 (01.09.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061259

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Claims 1 - 2.

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/061259

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

Document 1: JP 8-106873 A (Hitachi, Ltd.), 23 April, 1996 (23.04.96), the full text and all the drawings (no family).

The matter common to the inventions of claims 1 - 5 is a charged corpuscular ray apparatus comprising a rotatable specimen table, a specimen table control device for controlling the angle of rotation of the specimen table, and an operation device for controlling the specimen table control device, wherein an off-field correction is made by using the relation between a focal shift and a coincidence to thereby perform the tilted photography automatically. (Invention Group A)

On the other hand, the matter common to the inventions of claims 6 - 10 is a charged corpuscular ray apparatus comprising a rotatable specimen table, a specimen table control device for controlling the angle of rotation of the specimen table, and an operation device for controlling the specimen table control device, wherein a focal correction is made by using the relation between a focal shift and a coincidence to thereby perform the tilted photography automatically. (Invention Group B)

The aforementioned invention groups A and B cannot be considered so relative as to form a single general inventive concept, since they are not so technically related as to involve one or two or more of the same or corresponding special technical features.

Moreover, the search has revealed that the charged corpuscular ray apparatus of Invention Group A is not novel since it is disclosed in Document 1.

On the contrary to the aforementioned prior art:

Claims 1 - 2 calculate the coincidence by performing the image correlating operations of a template image and another image in the aforementioned operation device (Invention Group A-1);

Claim 3 displays an image having the coincidence at a threshold or lower value, in a highlight (Invention Group A-2); and

Claims 4 - 5 stop the irradiation of the charged corpuscular ray when an image having the aforementioned coincidence at the threshold or lower value is taken (Invention Group A-3).

Hence, the inventions of claims 1 - 10 do not comply with the requirement of unity of invention, and the number of the invention groups is four of A-1, A-2, A-3 and B.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J37/26(2006.01)i, H01J37/21(2006.01)i, H01J37/22(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. H01J37/26, H01J37/21, H01J37/22

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 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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 8-106873 A (株式会社日立製作所) 1996.04.23, 全文、全図 (ファミリーなし)	1 2
Y	JP 2005-19218 A (日本電子株式会社) 2005.01.20, 全文、全図 & US 2005/0029452 A1 & EP 1492152 A2	2

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 4 . 0 8 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 9 . 2 0 0 9

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

遠藤 直恵

2 I

3 7 0 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1 - 2

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

文献 1 : JP 8-106873 A (株式会社日立製作所) 1996.04.23, 全文、全図 (ファミリーなし)

請求項 1－5 にかかる発明の共通の事項は回転可能な試料台と、試料台の回転角度を制御する試料台制御装置と、試料台制御装置を制御する演算装置を有する荷電粒子線装置において、焦点ずれ量と一致度の関係を用いて視野逃げ補正を行い、傾斜撮影を自動で行うことである。(発明群 A)

また、請求項 6－10 にかかる発明の共通の事項は回転可能な試料台と、試料台の回転角度を制御する試料台制御装置と、試料台制御装置を制御する演算装置を有する荷電粒子線装置において、焦点ずれ量と一致度の関係を用いて焦点補正を行い、傾斜撮影を自動で行うことである。(発明群 B)

上記発明群 A、B は、相互に一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係にないから、単一の一般的発明概念を形成するように連関しているものとは認められない。

また、調査の結果、発明群 A の荷電粒子線装置は文献 1 に開示されているから新規でないことが明らかになった。

上記先行技術に対して

請求項 1－2 は、上記演算装置においてテンプレート画像と他の画像の画像相関演算を行って一致度を算出するものである。(発明群 A-1)

請求項 3 は、上記一致度がしきい値以下である画像をハイライト表示させるものである。(発明群 A-2)

請求項 4－5 は、上記一致度がしきい値以下である画像を撮影したときに荷電粒子線の照射を停止するものである。(発明群 A-3)

よって、請求項 1－10 にかかる発明は発明の単一性の要件を満たしておらず、発明の数は A-1、A-2、A-3、B の 4 つである。