

(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
2025年1月30日(30.01.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/022875 A1

(51) 国際特許分類:

G01Q 30/06 (2010.01) G01Q 60/24 (2010.01)
G01Q 60/10 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/021980

(22) 国際出願日: 2024年6月18日(18.06.2024)

(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 2023-120659 2023年7月25日(25.07.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 阿久津 啓 (AKUTSU, Kei); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 澤田 隆二 (SAWADA, Ryuji); 〒6048511 京都府京都市中

京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 足立 健太 (ADACHI, Kenta); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

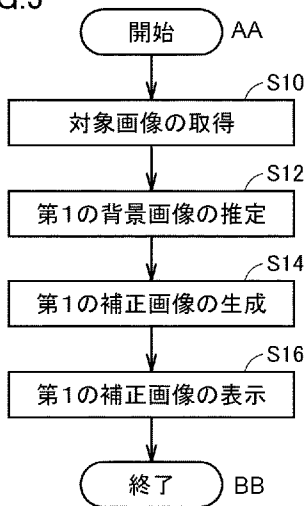
(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所 (FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: IMAGE PROCESSING METHOD, PROGRAM, IMAGE PROCESSING DEVICE, AND SCANNING PROBE MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 画像処理方法、プログラム、画像処理装置、および走査型プローブ顕微鏡

FIG.5



S10 Acquire target image
S12 Estimate first background image
S14 Generate first corrected image
S16 Display first corrected image
AA Start
BB End

(57) Abstract: An image processing method according to the present disclosure is a method for processing a target image generated on the basis of measuring a sample by a scanning probe microscope, the method comprising: a step (S12) for estimating, by an algorithm for calculating a regression line by excluding an outlier from data including the outlier, a first background image of a target image, the first background image arising due to inclination between a plane on which the sample is set and a predetermined plane, during measurement; and a step (S14) for generating a first corrected image in which the inclination of the target image is corrected on the basis of the first background image.

SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

(57) 要約: 本開示に係る画像処理方法は、走査型プローブ顕微鏡による試料の測定に基づいて生成された対象画像を処理する方法であって、測定の際に試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた対象画像の第1の背景画像を、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップ(S12)と、第1の背景画像に基づいて対象画像の傾きが補正された第1の補正画像を生成するステップ(S14)と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

画像処理方法、プログラム、画像処理装置、および走査型プローブ顕微鏡 技術分野

[0001] 本開示は、画像処理方法、プログラム、画像処理装置、および走査型プローブ顕微鏡に関し、より特定的には、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定によって得られる画像の処理に関する。

背景技術

[0002] 走査型プローブ顕微鏡（S P M=Scanning Probe Microscope）は、十分に先鋭化した探針を観察対象となる試料に十分に近づけ、探針の先端と試料の表面に作用する物理量が一定になるように探針の高さを上下させながら、試料表面を探針で水平方向に走査することにより、試料表面の凹凸を高分解能で観察するものである。S P Mとは、上記の動作原理で試料表面の凹凸を観察する顕微鏡の総称であり、代表的なS P Mとして、探針と試料との間に流れる電流を相互作用として検出する走査型トンネル顕微鏡（S T M=Scanning Tunneling Microscope）、および、探針と試料との間に作用する原子間力を相互作用として検出する原子間力顕微鏡（A F M=Atomic Force Microscope）がある。

[0003] S P Mによる測定においては、表面高さ方向の分解能が高く、その分解能の水準で試料表面を水平に設置することが困難である。したがって、S P Mで取得された測定データに対して傾きの補正が行なわれることによって、傾斜面が水平になるように補正されることが一般的である。補正後の測定データに基づいて作成された画像が提供されることにより、ユーザは、より正確に試料の表面状態を認識することができる。

[0004] このようなS P Mによって得られた画像の補正処理として、特許第6 6 2 7 9 0 3号公報（特許文献1）は、画像データ中のエッジ以外の領域の少なくとも一部を基準平面領域として抽出し、当該基準平面領域に属する3点の

高さ情報に基づいて、測定データの高さを補正する技術を開示している。また、特開 2 0 0 9 - 5 8 4 7 9 号公報（特許文献 2）は、画像データ中の全ての主走査ラインの平均高さを等しくすることで、測定環境の変化によって生じる測定データの誤差を補正する技術を開示している。さらにまた、特開平 1 1 - 1 4 2 4 1 6 号公報（特許文献 3）では、測定データから得られる高さ分布のヒストグラムに基づいて測定データを補正することで、歪みの少ない測定結果を得る技術を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第 6 6 2 7 9 0 3 号公報

特許文献2：特開 2 0 0 9 - 5 8 4 7 9 号公報

特許文献3：特開平 1 1 - 1 4 2 4 1 6 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 従来の画像の補正処理によっては、試料表面の凹凸に該当する部分の画素の階調値が、補正によって試料のそれ以外の部分の画素の階調値と均されてしまい、補正後の画像から試料の基板面に対する表面構造の高さを十分な精度で測定することができない場合がある。このように補正処理によって十分な精度が得られない場合、補正後の画像から得られる試料の表面構造の情報が、実際の試料の表面構造と乖離する場合がある。したがって、試料が傾いた状態で取得された S P M の測定データの画像において、試料の基板面に対する表面構造の高さを十分な精度で測定できるような補正処理手法が求められている。

[0007] 本開示は、係る実情に鑑み考え出されたものであり、その目的は、S P M の測定に基づいて生成された画像の精度を向上させるための補正処理技術を提供することである。

課題を解決するための手段

- [0008] 本開示の第1の態様は、走査型プローブ顕微鏡による試料の測定に基づいて生成された対象画像を処理する方法であって、測定の際に試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた対象画像の第1の背景画像を、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップと、第1の背景画像に基づいて対象画像の傾きが補正された第1の補正画像を生成するステップと、を備える。
- [0009] 本開示の第2の態様は、プログラムであって、1以上のプロセッサによって実行されることによって1以上のプロセッサに、第1の態様に記載された画像処理方法を実施させる。
- [0010] 本開示の第3の態様は、画像処理装置であって、1以上のプロセッサと、1以上のプロセッサによって実行されることによって1以上のプロセッサに、第1の態様に記載された画像処理方法を実施させるプログラムを格納する記憶装置と、を備える。
- [0011] 本開示の第4の態様は、走査型プローブ顕微鏡であって、試料が載置される試料台と、先端部に探針を有するカンチレバーと、試料台と探針との間の距離を変化させる移動装置と、レーザ光をカンチレバーに照射し、カンチレバーで反射されたレーザ光を検出する光学系と、光学系で検出されるレーザ光の位置の変化によって得られるカンチレバーの変位に基づいて、試料の高さを測定する測定部と、測定に基づいて対象画像を生成する画像生成部と、対象画像の補正処理を実行する画像処理部と、画像処理部により対象画像が補正された補正画像を表示する表示部と、を備え、補正処理は、測定の際に試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた対象画像の背景画像を、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップと、背景画像に基づいて対象画像の傾きが補正された補正画像を生成するステップと、を含む。

発明の効果

- [0012] 本開示によれば、SPMの測定に基づいて生成された画像の精度を向上させるための補正処理技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施の形態に係る走査型プローブ顕微鏡の概略構成図である。

[図2]走査型プローブ顕微鏡の測定に基づいて生成される試料の画像の一例である。

[図3]図2に示した画像に基づいて推定される第1の背景画像の一例である。

[図4]図2に示した画像を第1の補正処理をすることにより得られる第1の補正後の画像の一例である。

[図5]走査型プローブ顕微鏡において実施される第1の補正処理の一例のフローチャートである。

[図6]図4に示した第1の補正後の画像とは異なる第1の補正後の画像の一例である。

[図7]図6に示した画像に基づいて推定される第2の背景画像の一例である。

[図8]図6に示した画像を第2の補正処理をすることにより得られる第2の補正後の画像の一例である。

[図9]走査型プローブ顕微鏡において実施される第2の補正処理の一例のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0014] 本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0015] [走査型プローブ顕微鏡の概略構成]

図1は実施の形態に係る走査型プローブ顕微鏡の概略構成図である。走査型プローブ顕微鏡の一例は、AFMである。なお、走査型プローブ顕微鏡は、他の種類の走査型プローブ顕微鏡（例えば、STM）であってもよい。

[0016] 図1を参照して、走査型プローブ顕微鏡1は、piezoelectric scanner 111と、試料台112と、cantilever 113と、変位検出機構120と、フィードバック信号発生部131と、コンピュータ132と、走査信号発生部133と、記憶装置134と、表示部135とを備える。走査型プローブ顕微鏡1

は、試料台 112 に載置された試料 110 の表面の形状を測定する。図 1 において、試料 110 の高さ方向を Z 軸方向とし、Z 軸方向に直交する方向を X 軸方向および Y 軸方向とする。

[0017] 試料 110 は、試料台 112 上に配置される。試料台 112 は、ピエゾスキャナ 111 上に配置される。ピエゾスキャナ 111 は、試料 110 とカンチレバー 113 の先端に備えられている探針 114 との相対的な位置関係を変化させるための移動装置である。ピエゾスキャナ 111 は、XY スキャナ 111x y と、Z スキャナ 111 z とを含む。XY スキャナ 111 x y は、走査信号発生部 133 から印加される電圧値 V_x , V_y に基づいて変形する圧電素子を有する。この圧電素子により、XY スキャナ 111 x y は、試料台 112 を、X 軸方向および Y 軸方向に移動させる。Z スキャナ 111 z は、フィードバック信号発生部から印加される電圧値 V_z に基づいて変形する圧電素子を有する。この圧電素子により、Z スキャナ 111 z は、試料台 112 を Z 軸方向に移動させる。なお、XY スキャナ 111 x y および Z スキャナ 111 z は、圧電素子を有する構成に限定されない。

[0018] カンチレバー 113 は、板ばね状に形成されている。カンチレバー 113 の自由端は試料 110 に対向するように配置される。図 1 に示した例では、カンチレバー 113 は、試料 110 に対して Z 軸方向の上方に配置されている。カンチレバー 113 は、試料 110 と対向する表面と、その表面と反対側の裏面とを有する。カンチレバー 113 の自由端の先端部の表面には、試料 110 に対向するように探針 114 が配置されている。当該先端部の裏面は、光を反射するように構成されている。探針 114 と試料 110 との間に働く物理量（たとえば、原子間力）によって、カンチレバー 113 の先端部が Z 軸方向に変位する。

[0019] 変位検出機構 120 は、レーザダイオード 115 と、フォトディテクタ 116 とを含む。変位検出機構 120 は、カンチレバー 113 の変位を検出する。走査型プローブ顕微鏡 1 において、探針 114 の先端を試料 110 に近接させて表面観察を行なうとき、レーザダイオード 115 から発せられたレ

ーザ光は、カンチレバー 113 の裏面で反射され、反射光はフォトディテクタ 116 で受光される。探針 114 を試料 110 の表面に近づけていくと、カンチレバー 113 が板ばねのように撓むので反射光の反射方向が変化する。したがって、フォトディテクタ 116 の受光位置を観測することによって、カンチレバー 113 の撓み量を検出することができる。

[0020] フィードバック信号発生部 131 は、フォトディテクタ 116 からの検出信号を受け、当該検出信号に基づいてカンチレバー 113 の撓み量を算出する。フィードバック信号発生部 131 は、探針 114 と試料 110 表面との間の原子間力が常に一定になるように試料 110 の Z 方向位置を制御する。フィードバック信号発生部 131 は、カンチレバー 113 の撓み量に基づいてピエゾスキャナ 111 を Z 軸方向の制御指令値の電圧値 V_z を算出し、Z スキャナ 111 z に出力する。

[0021] 走査信号発生部 133 は、予め決められた走査パターンに従って、試料 110 が X-Y 平面内で探針 114 に対して相対移動するように X 軸、Y 軸方向の制御指令値の電圧値 V_x 、 V_y をそれぞれ算出し、XY スキャナ 111 x y に出力する。

[0022] Z 軸方向のフィードバック量（すなわち、スキャナへの印加電圧である電圧値 V_z と偏差信号 S_d ）を反映した信号はコンピュータ 132 にも送られ、記憶装置 134 に記憶される。コンピュータ 132 は、予め記憶装置 134 に記憶されている電圧値 V_z とそれに対応した試料 110 の凹凸による表面の変位量との関係を示す相関情報に基づいて、電圧値 V_z から試料 110 の凹凸による表面の変位量を算出する。算出された変位量は、試料 110 の Z 軸方向の位置を示す値を反映した値である。コンピュータ 132 は、走査範囲における X 軸および Y 軸方向の各位置において、試料 110 の Z 軸方向の変位量を算出することにより、試料 110 の表面の形状を表す測定データを作成する。当該測定データは、試料 110 の表面における所定の矩形領域に関する $M \times N$ 個の高さ情報（Z 軸方向の変位量）のマトリックスデータである。記録されるマトリックスデータにおける行方向および列方向は、一

一般的には走査型プローブ顕微鏡 1 の探針 1 1 4 の主走査方向および副走査方向のいずれかに対応する。コンピュータ 1 3 2 は、当該測定データに基づいて試料 1 1 0 の表面の形状などの情報を表示部 1 3 5 に表示させる。たとえば、試料 1 1 0 の表面の形状は、Z 軸方向の変位量を階調値によって表現された画像によって示される。

[0023] コンピュータ 1 3 2 は、少なくとも一つのプロセッサを含み、記憶装置 1 3 4 は、当該プロセッサによって実行されるプログラムを不揮発的に（非一時的に）格納する。コンピュータ 1 3 2 は、記憶装置 1 3 4 に記憶された測定データを随時読み出して、表示部 1 3 5 に表示することができる。さらに、コンピュータ 1 3 2 は、必要に応じて測定データの補正を行い、表示部 1 3 5 に表示させることができる。

[0024] コンピュータ 1 3 2 は、SPM の測定により得られた画像の補正について少なくとも第 1 の補正および第 2 の補正の 2 種類の補正を実施し得る。第 1 の補正は、SPM の測定により得られた画像において、SPM による測定の際に、所定の平面と実際に試料が設置された平面との傾きによる階調値への影響を低減させるための補正である。また、第 2 の補正は、第 1 の補正により得られた画像データ中の主走査ライン間の階調値の差を補正するものである。

[0025] なお、本実施形態では、所定の平面として、SPM の測定の際に試料 1 1 0 が設置されることをユーザが所望する平面を想定する。たとえば、試料台 1 1 2 の表面と平行な平面である。また、ユーザが SPM の測定により得られた画像に基づいて試料の表面構造を計測する場合であれば、試料の平坦な基板面と平行な平面とすることもできる。

[0026] 測定対象となる試料 1 1 0 は、たとえば基板上に構造物が配置されたものである。基板の一例は、マイカ板である。構造物の一例は、生体試料のナノ粒子またはナノファイバである。なお、これらは、単なる一例であり、走査型プローブ顕微鏡 1 が対象とする試料はこれらに限定されない。たとえば、構造物が基板上に意図的に配置されたものに限定されず、構造物が基板上の

凹凸を意味する場合もあり得る。さらに、試料は基板を含まず、ナノ粒子およびナノファイバであってもよい。

[0027] [比較例に係る測定画像の補正]

S P Mにより、たとえば水平な基板上に構造物が配置された試料を測定した場合において、試料における基板面が所定の平面上に設置されずに傾いて設置された場合、同一平面上にある基板面において、当該傾きに起因してカンチレバーの変位に違いが生じ得る。このような測定により得られた測定値を、補正せずに階調値として用いた画像（以下、原画像と称する）においては、同一平面上に存する試料の基板に該当する領域の階調値は同一の値とならない。

[0028] このような場合には、試料の表面の凹凸よりも、試料の傾きによって生じるZ軸方向の変位が大きくなることもあり、ユーザは原画像から試料の表面の構造を正しく認識できない場合がある。

[0029] S P Mによる測定は、表面高さ方向の分解能が高いため、その分解能の水準で試料の基板面を試料台上に水平に設置することは困難である。したがって、原画像に対しS P Mの測定時の傾きを推定して階調値を補正する手法が一般的に用いられる。

[0030] 比較例に係る補正処理方法として、たとえば、原画像上において指定された任意の3点から平面を推定し、推定された平面に基づいて、原画像を補正する方法が用いられてきた。しかしながら、当該補正においては、上記の原画像上の3点の選択の仕方によって、推定される平面が異なるため、同一の原画像を用いて補正を実行しても、得られる画像が補正処理によって異なる場合があり、補正処理の再現性が低い場合がある。

[0031] 一方で、補正処理の再現性を高めるため、原画像のX軸方向またはY軸方向に沿った画素の階調値の平均値または中央値により自動的に補正を行う補正処理も実施され得る。しかしながら、当該補正においては、試料上の構造物に該当する領域と基板面に該当する領域の画素が区別されずに上記の平均値または中央値を算出する際にデータとして用いられ、試料上の構造物に由

来する階調値と基板面に由来する階調値とが均される場合がある。このように補正後の画像の精度が十分でない場合には、補正後の画像から得られる試料の表面構造の情報が、実際の試料の表面構造と違ってしまうおそれがある。

[0032] たとえば、S P Mの測定による製品管理においては、同一の製品に対し同様に品質を管理するために、測定により得られた画像の補正処理の再現性を向上させることが求められる。また、試料表面の形状の寸法がオングストローム以下のスケールとなる半導体を製品管理の対象とする場合には、製品の品質維持のために表面の形状の測定精度の向上させる必要があり、補正後の画像の精度を向上させることも求められる。

[0033] 〔実施形態にかかる測定画像の補正〕

そこで、本実施形態にかかる第1の補正においては、外れ値を含むデータから外れ値を除外して回帰式を算出するアルゴリズムを用いる。当該アルゴリズムにより、原画像において、所定の平面と実際に試料が設置された平面との傾きによって生じた背景画像（以下、第1の背景画像という）の推定を行う。推定された第1の背景画像および原画像に基づいて、第1の補正後の画像が作成される。第1の補正においては、いずれの原画像に対しても同様の補正処理がなされるため、補正処理の再現性が向上される。また、第1の補正においては、原画像中の試料上の構造物に該当する領域の画素を外れ値として除外して背景画像の推定が実行されることにより、補正処理の過程で、試料上の構造物に由来する階調値と基板面に由来する階調値とが均されることを回避し、補正処理の後に得られる画像の精度を向上させることができる。これにより、ユーザにおいて第1の補正後の画像から試料の表面状態が認識される。本明細書においては、原画像は対象画像と称され、第1の補正後の画像は第1の補正画像と称される場合がある。また、第1の背景画像とは、原画像において所定の平面と実際に試料が設置された平面との傾きによって生じた各々の画素の階調値の変動に対応した画像である。当該第1の背景画像によって、ユーザは、原画像において所定の平面と実際に試料が設置

された平面とがどのように傾いていたのか視覚的に認識することができる。

[0034] [第1の補正]

一実現例において、コンピュータ132は、所定の平面と実際に試料110が設置された平面との傾きにより生じた第1の背景画像を推定し、推定された第1の背景画像と原画像に基づいて、傾きが補正された第1の補正後の画像を生成する。

[0035] 図2は、走査型プローブ顕微鏡1の測定に基づいて生成された試料110の原画像の一例である。図2に示された画像IM10に対応する試料110では、平坦な基板上に4個の構造物P1～P4が配置されている。4個の構造物は、X軸方向に2列、Y軸方向に2列、すなわち、2×2に二次元配列されている。基板の一例は、マイカ板である。構造物の一例は、ナノ粒子またはナノファイバである。なお、これらは、単なる一例であり、走査型プローブ顕微鏡1が対象とする試料（基板、構造物）はこれらに限定されない。

[0036] 画像IM10の画素の階調値は、試料110におけるZ軸方向の高さを表す。すなわち、試料上のある領域に対応する第1の画素と、第1の画素とは異なる第2の画素があり、第1の画素に対応する階調値に対して、第2の画素の階調値が大きい場合は、第2の画素に対応する試料上の領域は、第1の画素に対応する試料上の領域よりも、相対的にZ軸方向に低い位置にあることを表す。

[0037] 画像IM10において、試料110の基板は平坦であるため、ユーザが試料110の構造を認識する上では、画像IM10において、基板部分に対応する画素の階調値は同一となることが望ましい。しかしながら、画像IM10では、基板に該当する領域（画像IM10における構造物P1～P4が配置されている以外の領域）の階調値は不均一となっている。このようになる理由の1つは、所定の平面と試料が実際に設置された平面とが互いに平行でなく傾いた状態で測定がなされたことである。

[0038] 画像IM10を用いて、第1の補正の処理について説明する。第1の補正の処理において、原画像である画像IM10の各画素に対応する階調値に基

づき、第1の補正に用いられるアルゴリズムによって第1の背景画像を推定する。

[0039] 第1の補正には、外れ値を含むデータから外れ値を除外して回帰線を算出するアルゴリズムを用いる。外れ値を含むデータから外れ値を除外して回帰線を算出するアルゴリズムは、たとえば、RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS)、QUANTILE回帰、およびTHEILSEN回帰である。なお、第1の補正に用いられるアルゴリズムは、上述した例に限られず、外れ値を含むデータから外れ値を除外して回帰線を算出するアルゴリズムであればよい。当該アルゴリズムを用いた補正においては、補正処理ごとに補正に用いられるパラメータが変更されないので、いずれの原画像に対しても同様に処理がなされ、補正処理の再現性が向上される。また、外れ値を含むデータから外れ値を除外して回帰線を算出するアルゴリズムを用いることにより、原画像における試料の基板上の構造物を外れ値として、回帰式の算出に用いるデータから除外する。これにより、試料の傾きが階調値に大きく反映されている試料の基板面に対応するデータから背景画像を推定するので、補正により表面構造に該当する部分が補正によって試料の表面構造以外の部分と均されてしまうことを防ぐことができる。したがって、試料の基板面上の構造物の基板面に対する高さの測定の精度を向上させることができる。なお、第1の背景画像に含まれるすべての画素の階調値を対象に所定の値を加算、減算、乗算および除算して、階調値を調整してもよい。階調値の調整は、各画素における階調値の大小関係は維持したまま、全体の階調値の平均値または中央値が適当な値となるように調整されてもよいし、画像に含まれる画素の最大値と最小値をそれぞれ適当な値となるように調整されてもよい。階調値が調整されることで、ユーザにおいて画像の視認性が高まる。

[0040] 図3は画像IM10に基づいて推定された第1の背景画像を示す図である。図3に示された画像IM20は、画像IM10に対して第1の補正の処理が実行される過程で得られる。

[0041] 画像IM20においては、X軸およびY軸において正の方向に階調値が大

きくなっている。したがって、画像IM20からSPMの測定時において、試料110は、所定の平面に対してX軸およびY軸が正の方向が高さ方向において低くなるように設置されていたと推定される。

[0042] 第1の補正に用いられるアルゴリズムは、試料の特徴に応じて、変数を調整することで第1の補正後の画像の精度を向上させることができる。試料の特徴とは、たとえば、試料における基板面に対する構造物の割合、粒子径の大きさ、および基板面に対する構造物の高さである。当該アルゴリズムの変数として、たとえば、試行回数、残差閾値、および平面の次数がある。上記の変数は、理論および／または実験により、好ましい値が決定される。

[0043] 第1の補正に用いられるアルゴリズムの試行回数は、ランダムサンプリングを繰り返す回数であり、たとえば3000回である。当該試行回数は、3000回よりも多くても少なくても構わない。一般に試行回数を増やすことにより、第1の補正後の画像の精度は向上するが、計算量が増加し処理速度が遅くなる場合がある。一方で、試行回数を減らすことにより、計算量が減少し処理速度を早めることができるが、第1の補正後の画像の精度が低下する場合がある。したがって、ユーザが所望する画像の精度と補正に要する処理時間との関係から、試行回数をユーザは適宜選択する。

[0044] 第1の補正に用いられるアルゴリズムの残差閾値は、正常値として分類されるデータサンプルの最大残差を示しており、値が大きくなるとアルゴリズムにおいて正常値として許容されるサンプルの範囲が増加する。残差閾値は、たとえば10であるが、10よりも大きくても少なくても構わない。

[0045] 第1の補正に用いられるアルゴリズムの平面の次数は、ユーザによって可変であり、たとえば、2または3である。当該次数は、フィッティングする関数の次数を表し、1または3より大きい値でも構わない。

[0046] 第1の補正に用いられるアルゴリズムによって推定された第1の背景画像に基づいて、原画像が補正された画像である第1の補正後の画像が生成される。具体的には、原画像の画素の階調値から、マトリックス上で当該画素と同一の座標に位置する第1の背景画像における画素の階調値を減算すること

で、第1の補正後の画像における当該座標の画素の階調値が得られる。または、原画像の画素の階調値から、マトリックス上で当該画素と同一の座標に位置する第1の背景画像における画素の階調値を除算し得られた値に対し、所定の値を乗算することで、第1の補正後の画像における当該座標の画素の階調値としてもよい。

[0047] なお、第1の補正後の画像に含まれるすべての画素の階調値を対象に所定の値を加算、減算、乗算および除算して、階調値を調整してもよい。階調値の調整は、各画素における階調値の大小関係は維持したまま、全体の階調値の平均値または中央値が適当な値となるように調整されてもよいし、画像に含まれる画素の最大値と最小値をそれぞれ適当な値となるように調整されてもよい。階調値が調整されることで、ユーザにおいて画像の視認性が高まる。

[0048] 図4は、第1の補正後の画像を示す図である。図4に示された画像IM30は、図2の画像IM10において基板面に該当する領域の画素の階調値の不均一さが軽減されている。

[0049] 画像IM30の画素における階調値は、具体的には、たとえば、当該画素と同一座標である画像IM10の画素における階調値から、当該座標に対応する画像IM20の画素の階調値を減算することで得られる。

[0050] [第1の補正の処理の流れ]

図5は、走査型プローブ顕微鏡1の測定によって得られた画像の第1の補正のために実施される処理の一例のフローチャートを示す図である。一実現例では、図5の処理は、コンピュータ132のプロセッサが所与のプログラムを実行することによって実施される。この意味において、走査型プローブ顕微鏡1は、画像処理装置の一例である。

[0051] なお、コンピュータ132のプロセッサが所与のプログラムの実行を開始した際に、走査型プローブ顕微鏡1は、ユーザから第1の補正に用いられるアルゴリズムにおける試行回数、残差閾値、および平面の次数に関する指定を受け付けてもよい。

- [0052] ステップS 1 0にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、試料 1 1 0を測定し対象画像を取得する。ここで取得される画像の一例は、図 2 の画像 I M 1 0に対応する。本明細書では、観測結果である原画像が、「対象画像」の一例である。
- [0053] ステップS 1 2にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、対象画像に基づいて、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより第 1 の背景画像を推定する。なお、当該ステップにおける第 1 の背景画像の推定の際に、対象画像に含まれる一部の画素を用いて第 1 の背景画像を推定してもよい。第 1 の背景画像の推定の処理に用いる画素を減らすことで、当該処理にかかる計算量を削減し、コンピュータ 1 3 2による演算処理の負担を削減することができる。
- [0054] ステップS 1 4にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップS 1 0において取得された対象画像と、ステップS 1 2において推定された第 1 の背景画像に基づき、第 1 の補正画像を生成する。ここで生成される第 1 の補正画像の一例は、図 4 の画像 I M 3 0に対応する。本明細書では、第 1 の補正後の画像が、「第 1 の補正画像」の一例である。
- [0055] ステップS 1 6にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップS 1 4において生成された第 1 の補正画像を、表示部 1 3 5に表示する。その後、走査型プローブ顕微鏡 1 は、図 5 の処理を終了させる。
- [0056] なお、ステップS 1 4および／またはステップS 1 6において、走査型プローブ顕微鏡 1 は、推定された第 1 の背景画像を表示部 1 3 5に表示してもよい。
- [0057] 上述した補正の処理により、所定の平面と実際に試料 1 1 0が設置された平面とが平行でなかったことに起因して生じた原画像の画素の階調値のずれを調整し得られる画像の精度が、比較例に係る補正処理後の画像の精度と比べて向上し、補正後の画像から得られる基板上の構造物の高さ情報の確度が向上する。
- [0058] また、上述した補正処理においては、処理ごとに決定されるパラメータが

ないので、画像処理の再現性が向上される。

[0059] さらに、基板上の構造物の高さ情報の確度が向上することにより、ユーザが補正後の画像を確認した後に追加で画像を補正する必要がなくなり、ユーザごとに補正処理がばらつくことを防ぐことができる。

[0060] [第2の補正]

上記の第1の補正を実施した後に、第1の補正後の画像に対し、第1の補正とは異なる補正である第2の補正を実施することで、ユーザにおいて試料110の表面状態がより正確に認識される場合がある。第2の補正は、第1の補正後の画像における探針114の主走査方向と一致する各行の画素の階調値の代表値（たとえば平均値）が、各行で同一となるように補正することである。第2の補正により、第1の補正後の画像における主走査方向に沿ったノイズを低減することができる。

[0061] 図6は、図4で示した画像IM30とは異なる第1の補正後の画像の一例を示す図である。図6の画像IM40では、X軸方向に沿った縞模様が生じている。当該縞模様は、探針114の主走査方向に沿って生じたノイズであり、試料110上に当該縞模様に対応する構造物は実際には存在しない。以下に図6で示した画像IM40を例に第2の補正の詳細について説明する。なお、以降の説明においては、走査型プローブ顕微鏡1による試料110の測定時における探針114の主走査方向はX軸方向と、副走査方向はY軸方向と、それぞれ対応することとする。

[0062] 一実現例において、コンピュータ132は、第1の補正後の画像である画像IM40に対し第2の補正を実施する。

[0063] 第1の補正後の画像は、画素がマトリックス上にX軸方向およびY軸方向にならび、各々の画素が高さ情報として階調値を有しているデータである。第2の補正においては、探針114の主走査方向と一致する各行の代表値を算出する。たとえば、画像IM40において、探針114の走査方向であるX軸方向に沿うように、各々の行に含まれる画素の階調値の平均値を代表値とする。当該代表値を各行に含まれるすべての画素の階調値に置き換えたも

のが、第2の背景画像となる。なお、代表値の算出方法として平均値には限定されず、たとえば、階調値の中央値、4分位数、および最頻値のいずれか1つを用いてもよい。

[0064] 図7は、第2の背景画像である画像IM40を示す図である。図7における画像IM50においては、IM40における各々の行の平均値を代表値とし、各行に含まれるすべての画素の階調値が、当該行の画素の代表値に置き換えられたものである。

[0065] なお、代表値の算出の際には、各行に含まれる画素の全てを用いてもよいし、一部の画素を用いてもよい。また、一部の画素を用いる場合には、各行に含まれる画素を規則的に抽出して算出に用いてもよいし、ランダムに抽出して算出に用いてもよい。

[0066] 第2の背景画像に基づいて、第1の補正後の画像が補正されることにより、探針114の主走査方向に沿うように生じた縞状のノイズが補正された画像である第2の補正後の画像が生成される。具体的には、第1の補正後の画像の画素の階調値から、マトリックス上で当該画素と同一の座標に位置する第2の背景画像における画素の階調値を減算することで、第2の補正後の画像における当該座標の画素の階調値が得られる。または、第1の補正後の画像の画素の階調値から、マトリックス上で当該画素と同一の座標に位置する第2の背景画像における画素の階調値を除算し得られた値を、所定の値と乗算することで、第2の補正後の画像における当該座標の画素の階調値としてもよい。なお、本明細書においては、第2の補正後の画像は、第2の補正画像と称される場合がある。

[0067] なお、第2の補正後の画像に含まれるすべての画素の階調値を対象に所定の値を加算、減算、乗算および除算して、階調値を調整してもよい。階調値の調整は、各画素における階調値の大小関係は維持したまま、全体の階調値の平均値または中央値が適当な値となるように調整されてもよいし、画像に含まれる画素の最大値と最小値をそれぞれ適当な値となるように調整されてもよい。階調値が調整されることで、ユーザにおいて画像の視認性が高まる

。

[0068] 図8は、第2の補正後の画像を示す図である。図8に示された画像IM60は、図6の画像IM40における縞状のノイズが軽減されている。

[0069] 画像IM60は、具体的には、たとえば、画像IM40の各画素における階調値から、画像IM40における各画素に対応する画像IM50の各画素の階調値を減算し、調整することで得られる。

[0070] [第2の補正の処理の流れ]

図9は、第1の補正画像に第2の補正を実施する処理の一例のフローチャートである。一実現例では、図9の処理は、コンピュータ132のプロセッサが所与のプログラムを実行することによって実施される。この意味において、走査型プローブ顕微鏡1は、画像処理装置の一例である。なお、第2の補正は、第1の補正の処理を施した画像に対して実施されるものである。したがって、図9における第1の補正の処理の途中の過程（ステップS10～S16）は上述した第1の補正の処理と同一のため、説明を省略する。

[0071] ステップS20にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS14で生成された第1の補正画像に基づいて、代表値を算出し、第2の背景画像を推定する。

[0072] ステップS22にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS20において推定された第2の背景画像とステップS14において生成された第1の補正後の画像に基づいて、第2の補正画像を生成する。ここで生成される画像の一例は、図8の画像IM50に対応する。本明細書では、第2の補正後の画像が、「第2の補正画像」の一例である。

[0073] ステップS24にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS22において生成された第2の補正画像を、表示部135に表示する。その後、走査型プローブ顕微鏡1は、図9の処理を終了させる。

[0074] なお、ステップS16において表示部135に表示された第1の補正画像に基づいて、ステップS20以降の処理を実行するかどうかをユーザが判断してもよい。

[0075] また、図9の処理が開始される前の段階で、第2の補正を実行することが決定していた場合には、ステップS16の表示処理を実行せずにステップS20に処理を進めても構わない。

[0076] さらに、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS12において推定した第1の背景画像および／またはステップS20において推定した第2の背景画像を、表示部135に適宜表示してもよい。

[0077] [態様]

上述した複数の例示的な実施形態は、以下の態様の具体例であることが当業者により理解される。

[0078] (第1項) 一態様に係る画像処理方法は、走査型プローブ顕微鏡による試料の測定に基づいて生成された対象画像を処理する方法であって、前記測定の際に前記試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた前記対象画像の第1の背景画像を、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップと、前記第1の背景画像に基づいて前記対象画像の前記傾きが補正された第1の補正画像を生成するステップと、を備えてよい。

[0079] 第1項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。

[0080] (第2項) 第1項に記載の画像処理方法において、前記アルゴリズムは、RANSAC (Random sample consensus)、Quantile回帰、およびTheilSen回帰のうち少なくとも1つを含んでいてもよい。

[0081] 第2項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。

[0082] (第3項) 第1項または第2項に記載の画像処理方法において、前記アルゴリズムにおける次数が2または3であってもよい。

- [0083] 第3項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。
- [0084] (第4項) 第1項～第3項のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記アルゴリズムにおける次数をユーザから受け付けるステップをさらに備えていてもよい。
- [0085] 第4項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。
- [0086] (第5項) 第1項～第5項のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記外れ値は、前記対象画像において、前記試料、前記試料上の構造物、および、前記試料上の粒子のうち少なくとも1つに対応する画素の階調値であってもよい。
- [0087] 第5項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。
- [0088] (第6項) 第1項～第5項のいずれか1項に記載の画像処理方法において、前記対象画像は、前記走査型プローブ顕微鏡における主走査および副走査からなる探針の動作に基づき得られた画像であって、前記第1の補正画像において、前記探針の主走査方向に沿って生じた明暗のノイズである第2の背景画像を推定するステップと、前記第2の背景画像に基づいて前記ノイズが補正された第2の補正画像を生成するステップと、をさらに備えていてもよい。
- [0089] 第6項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡による測定時の試料の傾きに起因した階調値の変動を補正した後に得られた画像において、主走査方向に沿って生じた明暗のノイズを補正することができ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。
- [0090] (第7項) 第1項～第6項のいずれか1項に記載の画像処理方法におい

て、前記第2の背景画像を推定するステップは、前記第1の補正画像から所定の前記主走査のラインに含まれる画素の階調値の代表値を算出するステップと、前記代表値を、前記第2の背景画像における前記所定の前記ラインに含まれる画素の階調値とするステップと、を備え、前記代表値は、平均値、中央値、4分位数、および最頻値のいずれか1つであってもよい。

[0091] 第7項に記載の画像処理方法によれば、走査型プローブ顕微鏡による測定時の試料の傾きに起因した階調値の変動を補正した後に得られた画像において、主走査方向に沿って生じた明暗のノイズを補正することができ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。

[0092] (第8項) 一態様に係るプログラムは、1以上のプロセッサによって実行されることによって前記1以上のプロセッサに、第1項～第7項のいずれか1項に記載の画像処理方法を実施させてもよい。

[0093] 第8項に記載のプログラムによれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。

[0094] (第9項) 一態様に係る画像処理装置は、1以上のプロセッサと、前記1以上のプロセッサによって実行されることによって前記1以上のプロセッサに、第1項～第7項のいずれか1項に記載の画像処理方法を実施させるプログラムを格納する記憶装置と、を備えていてもよい。

[0095] 第9項に記載の画像処理装置によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。

[0096] (第10項) 一態様に係る走査型プローブ顕微鏡は、試料が載置される試料台と、先端部に探針を有するカンチレバーと、前記試料台と前記探針との間の距離を変化させる移動装置と、レーザ光を前記カンチレバーに照射し、前記カンチレバーで反射されたレーザ光を検出する光学系と、前記光学系で検出されるレーザ光の位置の変化によって得られる前記カンチレバーの変位に基づいて、前記試料の高さを測定する測定部と、前記測定に基づいて対

象画像を生成する画像生成部と、前記対象画像の補正処理を実行する画像処理部と、前記画像処理部により前記対象画像が補正された補正画像を表示する表示部と、を備え、前記補正処理は、測定の際に前記試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた前記対象画像の背景画像を、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップと、前記背景画像に基づいて前記対象画像の前記傾きが補正された前記補正画像を生成するステップと、を含んでよい。

[0097] 第10項に記載の走査型プローブ顕微鏡によれば、走査型プローブ顕微鏡を用いた測定により得られた画像の精度を向上させ、ユーザにおいて、試料表面の構造をより明確に認識することができる。

[0098] 今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した実施の形態の説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。また、実施の形態中の各技術は、単独でも、また、必要に応じて実施の形態中の他の技術と可能な限り組み合わされても、実施され得ることが意図される。

符号の説明

[0099] 1 走査型プローブ顕微鏡、110 試料、111 ピエゾスキャナ、111x y XYスキャナ、111z Zスキャナ、112 試料台、113 カンチレバー、114 探針、115 レーザダイオード、116 フォトディテクタ、120 変位検出機構、131 フィードバック信号発生部、132 コンピュータ、133 走査信号発生部、134 記憶装置、135 表示部。

請求の範囲

- [請求項1] 走査型プローブ顕微鏡による試料の測定に基づいて生成された対象画像を処理する方法であって、
- 前記測定の際に前記試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた前記対象画像の第1の背景画像を、外れ値を含むデータから外れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップと、
- 前記第1の背景画像に基づいて前記対象画像の前記傾きが補正された第1の補正画像を生成するステップと、を備える画像処理方法。
- [請求項2] 前記アルゴリズムは、RANSAC (Random sample consensus)、Quantile回帰、およびTheilSen回帰のうち少なくとも1つを含む、請求項1に記載の画像処理方法。
- [請求項3] 前記アルゴリズムにおける次数が2または3である、請求項1または請求項2に記載の画像処理方法。
- [請求項4] 前記アルゴリズムにおける次数をユーザから受け付けるステップをさらに備える、請求項1または請求項2に記載の画像処理方法。
- [請求項5] 前記外れ値は、前記対象画像において、前記試料、前記試料上の構造物、および、前記試料上の粒子のうち少なくとも1つに対応する画素の階調値である、請求項1または請求項2に記載の画像処理方法。
- [請求項6] 前記対象画像は、前記走査型プローブ顕微鏡における主走査および副走査からなる探針の動作に基づき得られた画像であって、
- 前記第1の補正画像において、前記探針の主走査方向に沿って生じた明暗のノイズである第2の背景画像を推定するステップと、
- 前記第2の背景画像に基づいて前記ノイズが補正された第2の補正画像を生成するステップと、をさらに備える、請求項1または請求項2に記載の画像処理方法。
- [請求項7] 前記第2の背景画像を推定するステップは、
- 前記第1の補正画像から所定の前記主走査のラインに含まれる画

素の階調値の代表値を算出するステップと、

前記代表値を、前記第2の背景画像における前記所定の前記ラインに含まれる画素の階調値とするステップと、を備え、

前記代表値は、平均値、中央値、4分位数、および最頻値のいずれか1つである、請求項6に記載の画像処理方法。

[請求項8] 1以上のプロセッサによって実行されることによって前記1以上のプロセッサに、請求項1または請求項2に記載の画像処理方法を実施させる、プログラム。

[請求項9] 1以上のプロセッサと、
前記1以上のプロセッサによって実行されることによって前記1以上のプロセッサに、請求項1または請求項2に記載の画像処理方法を実施させるプログラムを格納する記憶装置と、を備える、画像処理装置。

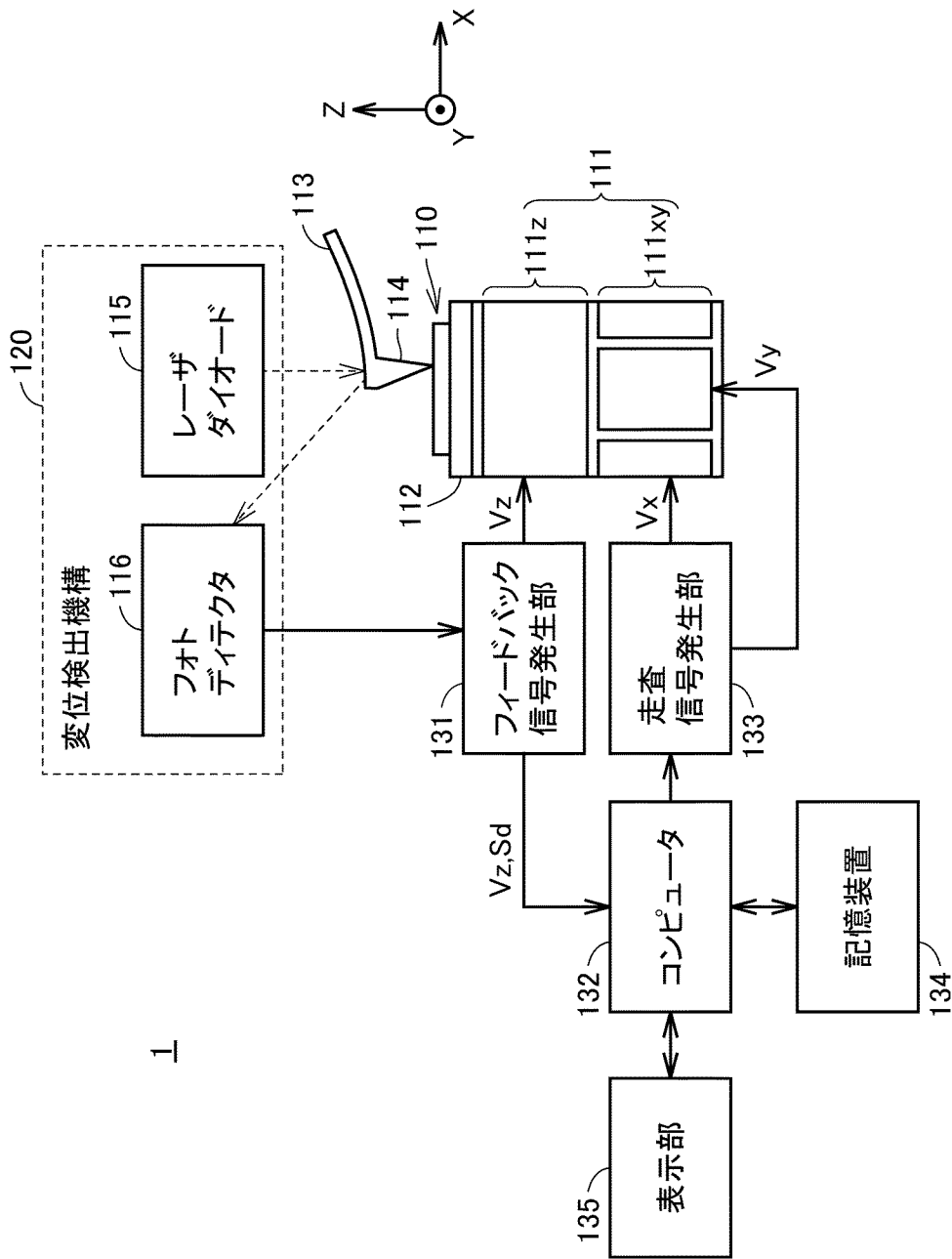
[請求項10] 試料が載置される試料台と、
先端部に探針を有するカンチレバーと、
前記試料台と前記探針との間の距離を変化させる移動装置と、
レーザ光を前記カンチレバーに照射し、前記カンチレバーで反射されたレーザ光を検出する光学系と、
前記光学系で検出されるレーザ光の位置の変化によって得られる前記カンチレバーの変位に基づいて、前記試料の高さを測定する測定部と、
前記測定に基づいて対象画像を生成する画像生成部と、
前記対象画像の補正処理を実行する画像処理部と、
前記画像処理部により前記対象画像が補正された補正画像を表示する表示部と、を備え、
前記補正処理は、
前記測定の際に前記試料が設置された平面と所定の平面との傾きにより生じた前記対象画像の背景画像を、外れ値を含むデータから外

れ値を除いて回帰線を算出するアルゴリズムにより推定するステップと、

前記背景画像に基づいて前記対象画像の前記傾きが補正された前記補正画像を生成するステップと、を含む走査型プローブ顕微鏡。

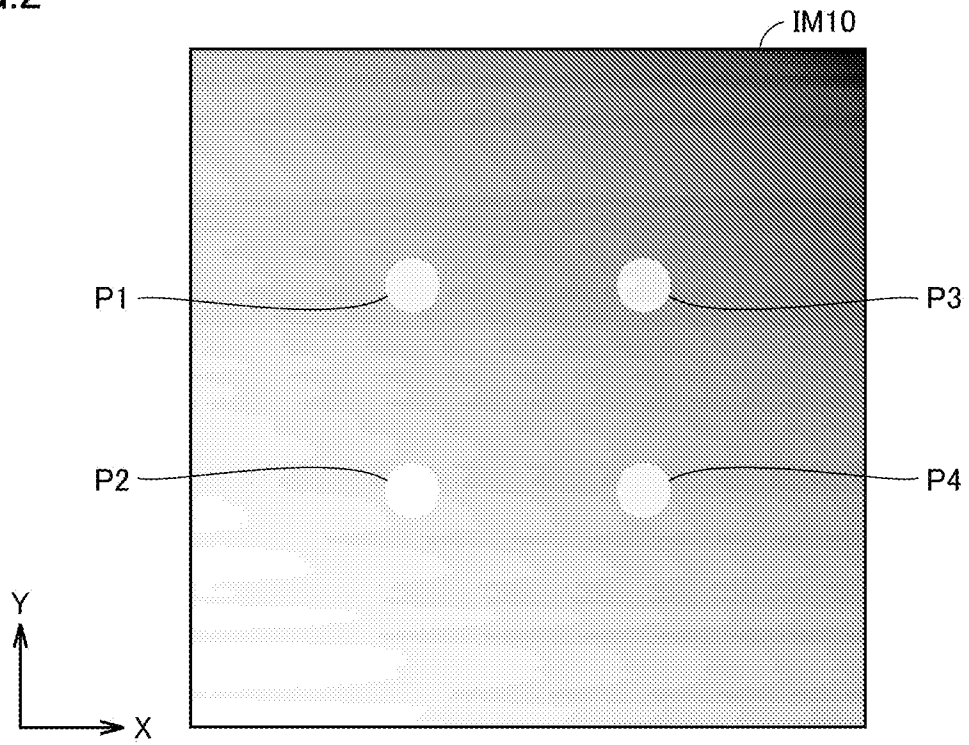
[図1]

FIG.1



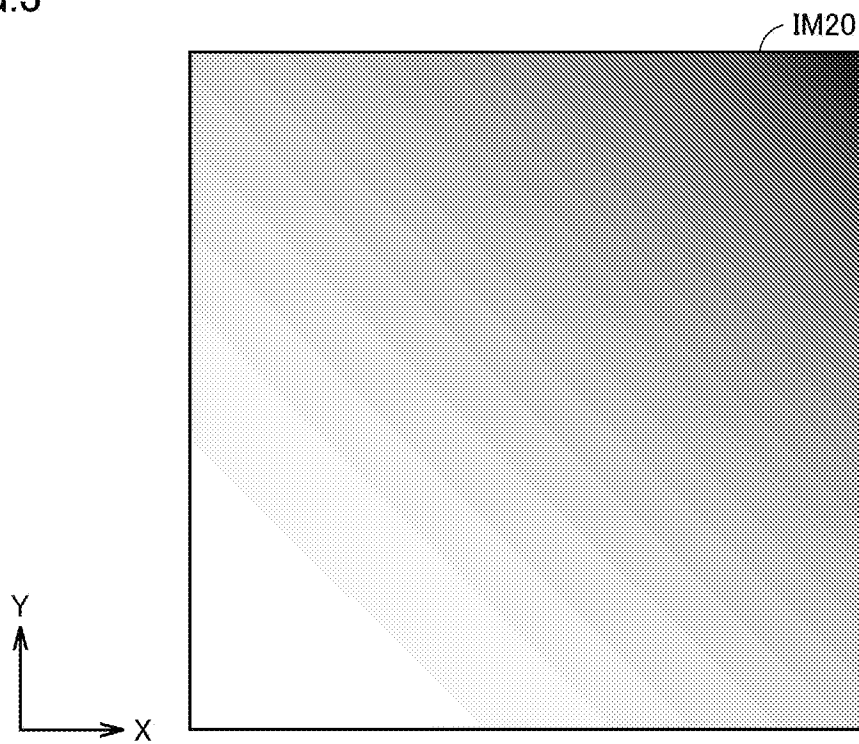
[図2]

FIG.2



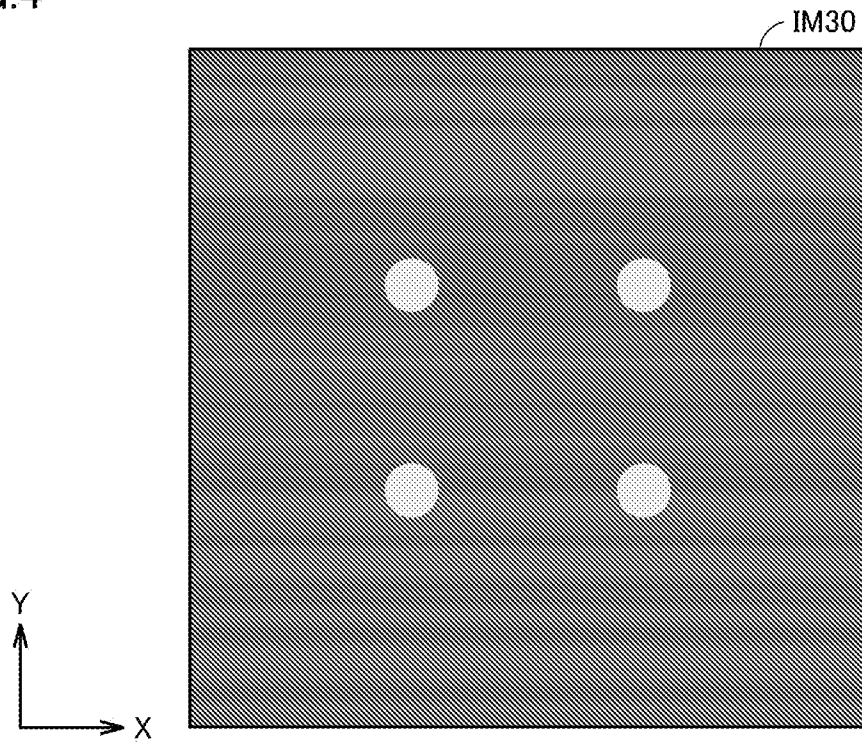
[図3]

FIG.3



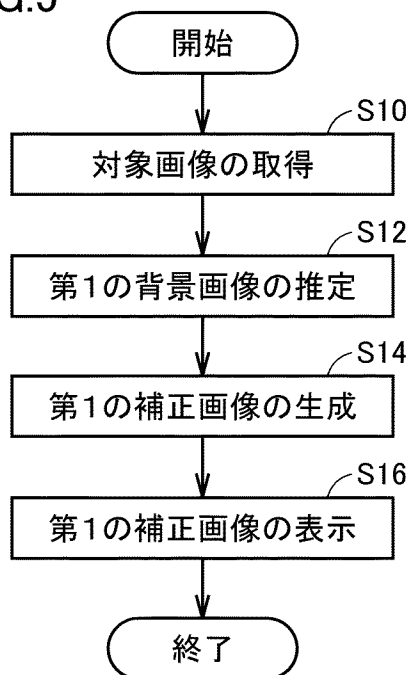
[図4]

FIG.4



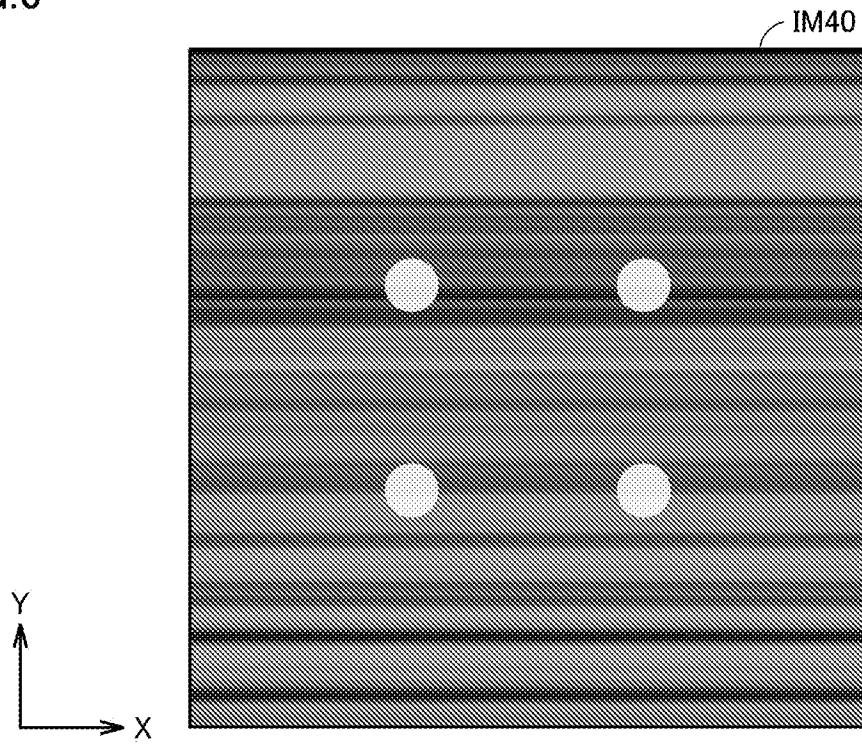
[図5]

FIG.5



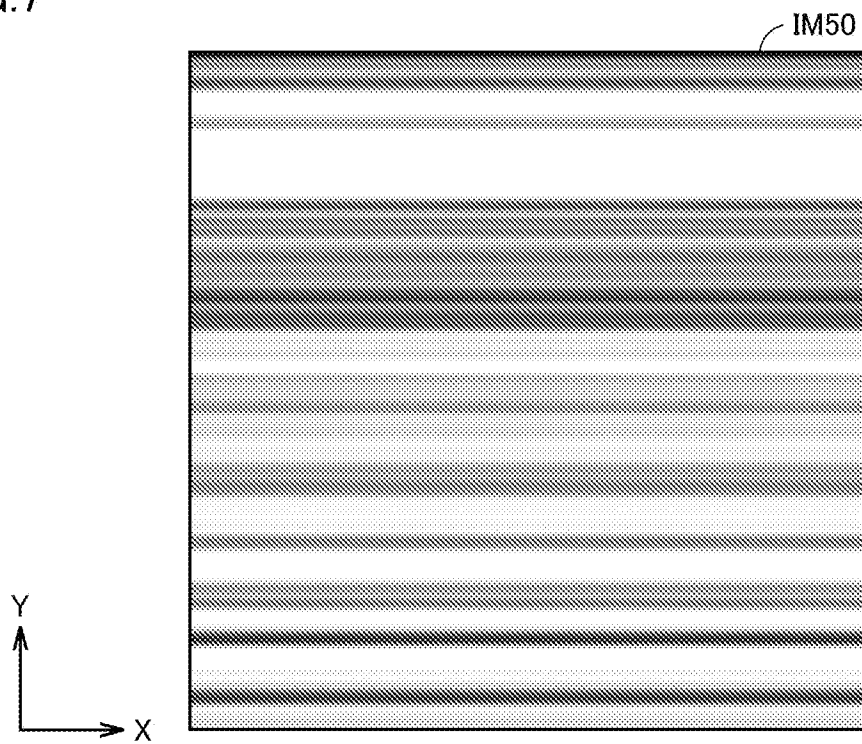
[図6]

FIG.6



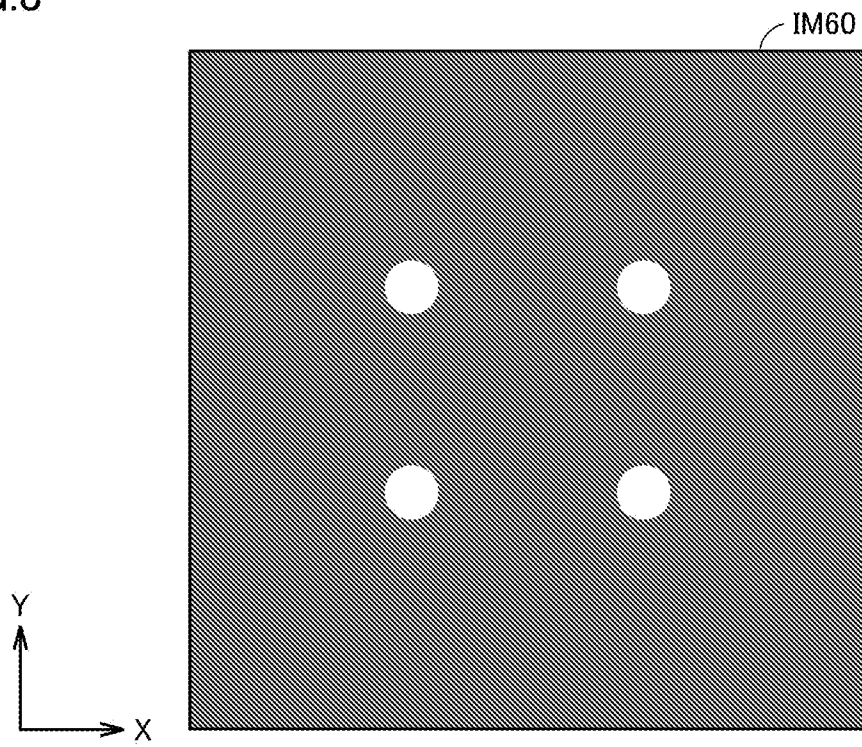
[図7]

FIG.7



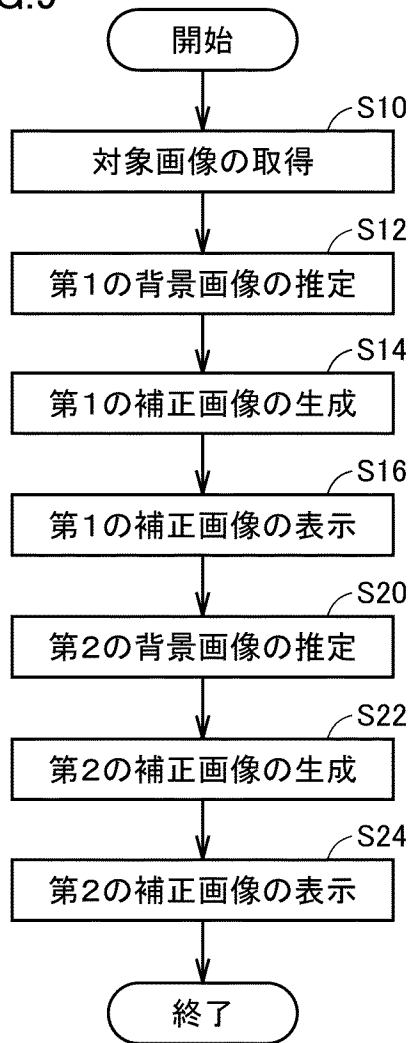
[図8]

FIG.8



[図9]

FIG.9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/021980

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01Q 30/06**(2010.01)i; **G01Q 60/10**(2010.01)i; **G01Q 60/24**(2010.01)i

FI: G01Q30/06; G01Q60/24; G01Q60/10

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)

G01Q30/06; G01Q60/10; G01Q60/24

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 6-147821 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) 27 May 1994 (1994-05-27) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2021-43096 A (HITACHI HIGH-TECH CORPORATION) 18 March 2021 (2021-03-18) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2002-92586 A (OLYMPUS OPTICAL CO.) 29 March 2002 (2002-03-29) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2012-79089 A (DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.) 19 April 2012 (2012-04-19) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2000-230823 A (OLYMPUS OPTICAL CO.) 22 August 2000 (2000-08-22) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2010-203999 A (SHIMADZU CORPORATION) 16 September 2010 (2010-09-16) entire text, all drawings	1-10



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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

15 August 2024

Date of mailing of the international search report

27 August 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-233242 A (JEOL LTD.) 19 August 2004 (2004-08-19) entire text, all drawings	1-10
A	KR 10-2021-0034827 A (UNIV NAT CHONNAM IND FOUND) 31 March 2021 (2021-03-31) entire text, all drawings	1-10
P, A	WO 2023/195216 A1 (SHIMADZU CORPORATION) 12 October 2023 (2023-10-12) entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/021980

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	6-147821	A	27 May 1994	(Family: none)	
JP	2021-43096	A	18 March 2021	US 2021/0080485 A1 entire text, all drawings KR 10-2021-0031602 A	
JP	2002-92586	A	29 March 2002	(Family: none)	
JP	2012-79089	A	19 April 2012	(Family: none)	
JP	2000-230823	A	22 August 2000	(Family: none)	
JP	2010-203999	A	16 September 2010	(Family: none)	
JP	2004-233242	A	19 August 2004	(Family: none)	
KR	10-2021-0034827	A	31 March 2021	(Family: none)	
WO	2023/195216	A1	12 October 2023	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01Q 30/06(2010.01)i; G01Q 60/10(2010.01)i; G01Q 60/24(2010.01)i

FI: G01Q30/06; G01Q60/24; G01Q60/10

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））

G01Q30/06; G01Q60/10; G01Q60/24

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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 6-147821 A（日立建機株式会社）27.05.1994（1994 - 05 - 27） 全文，全図	1-10
A	JP 2021-43096 A（株式会社日立ハイテク）18.03.2021（2021 - 03 - 18） 全文，全図	1-10
A	JP 2002-92586 A（オリンパス光学工業株式会社）29.03.2002（2002 - 03 - 29） 全文，全図	1-10
A	JP 2012-79089 A（大日本印刷株式会社）19.04.2012（2012 - 04 - 19） 全文，全図	1-10
A	JP 2000-230823 A（オリンパス光学工業株式会社）22.08.2000（2000 - 08 - 22） 全文，全図	1-10
A	JP 2010-203999 A（株式会社島津製作所）16.09.2010（2010 - 09 - 16） 全文，全図	1-10
A	JP 2004-233242 A（日本電子株式会社）19.08.2004（2004 - 08 - 19） 全文，全図	1-10

☒ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

15. 08. 2024

国際調査報告の発送日

27. 08. 2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

野田 華代 2J 4455

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

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	KR 10-2021-0034827 A (INDUSTRY FOUNDATION OF CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY) 31.03.2021 (2021 - 03 - 31) 全文, 全図	1-10
P, A	WO 2023/195216 A1 (株式会社島津製作所) 12.10.2023 (2023 - 10 - 12) 全文, 全図	1-10

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/021980

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6-147821	A	27.05.1994	(ファミリーなし)	
JP	2021-43096	A	18.03.2021	US 2021/0080485 A1	
				全文, 全図	
				KR 10-2021-0031602 A	
JP	2002-92586	A	29.03.2002	(ファミリーなし)	
JP	2012-79089	A	19.04.2012	(ファミリーなし)	
JP	2000-230823	A	22.08.2000	(ファミリーなし)	
JP	2010-203999	A	16.09.2010	(ファミリーなし)	
JP	2004-233242	A	19.08.2004	(ファミリーなし)	
KR	10-2021-0034827	A	31.03.2021	(ファミリーなし)	
WO	2023/195216	A1	12.10.2023	(ファミリーなし)	