

(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
2023年10月12日(12.10.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/195216 A1

(51) 国際特許分類:

G01Q 30/04 (2010.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2023/003162

(22) 国際出願日:

2023年2月1日(01.02.2023)

(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 2022-063826 2022年4月7日(07.04.2022) 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: 平出 雅人 (HIRADE, Masato); 〒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). 藤野 敬太 (FUJINO, Keita); 〒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). 山▲崎▼ 賢治 (YAMASAKI, Kenji); 〒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). 黒田 古都美 (KURODA, Kotomi); 〒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).

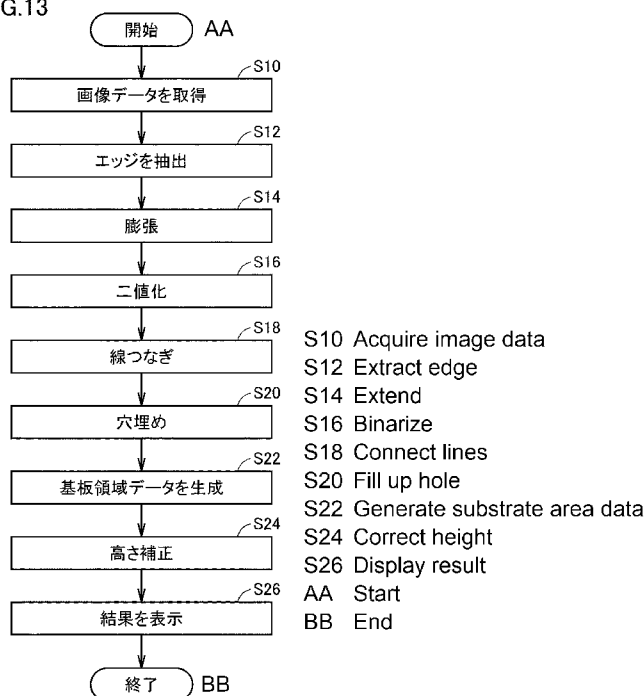
(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所 (FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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,

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

(54) 発明の名称: データ処理方法、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.13



(57) Abstract: A computer (132): acquires image data (step S10); extracts, as edge pixels, pixels that satisfy a condition in which a comparison result with adjacent pixels from the image data is an edge (step S12); and generates first data by executing extension processing that extends the edge composed of the corresponding edge pixels (step S14). In addition, the computer (132) generates second data that specifies an area corresponding to a substrate in a specimen by using the first data (step S22).

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, 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, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: コンピュータ (132) は、画像データを取得し (ステップ S10)、当該画像データから隣接画素との比較結果がエッジであることの条件を満たす画素をエッジ画素として抽出し (ステップ S12)、当該エッジ画素によって構成されるエッジを膨張させる膨張処理を実施することによって第1データを生成する (ステップ S14)。そして、コンピュータ (132) は、上述の第1データを用いて、試料において基板に対応する領域を特定する第2データを生成する (ステップ S22)。

明 細 書

発明の名称：

データ処理方法、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] 本発明は、走査型プローブ顕微鏡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）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しながら、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）や、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）などがある。

[0003] 走査型プローブ顕微鏡は、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、走査型プローブ顕微鏡で取得された高さ画像（以下、S P M画像という）に対して高さ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。S P M画像に代えて補正後の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] このような走査型プローブ顕微鏡によって得られた画像の処理の一例として、特開2019-164090号公報（特許文献1）では、測定データの高さの補正が示されている。より具体的には、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。このような技術によると、構造物を含む基板によって試料が構成される場合、構造物のエッジが正確に検出されれば、画像の処理に利用される３点は、基板に対応する領域に属する。すなわち、画像の処理に、基板に対応する領域から選択された３点を利用される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 1 9 － 1 6 4 0 9 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上述のような技術において、構造物のエッジが正確に検出されない場合もあり得る。このような場合、SPM画像に対する補正が正確に行えず、これにより、ユーザに正確な試料の表面状態を提供することができない。

[0007] 本発明は、係る実情に鑑み考え出されたものであり、その目的は、ユーザに正確な試料の表面状態を提供するための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] 本開示のある局面に従うデータ処理方法は、走査型プローブ顕微鏡の測定に基づいて生成された、基板と当該基板上の構造物とを含む試料の画像データを処理する方法であって、画像データを取得するステップと、画像データから隣接画素との比較結果がエッジであることの条件を満たす画素をエッジ画素として抽出するステップと、画像データに対して、エッジ画素によって構成されるエッジを膨張させる膨張処理を実施することによって、第１データを生成するステップと、第１データを用いて、試料において基板に対応する領域を特定する第２データを生成するステップと、を備える。

[0009] 本開示のある局面に従うプログラムは、上述のデータ処理方法をコンピュータに実施させる。

[0010] 本開示のある局面に従う画像処理装置は、上述のデータ処理方法を実施する。

本開示のある局面に従う走査型プローブ顕微鏡は、上述の画像処理装置を備える。

発明の効果

[0011] 本開示のある局面に従うと、ユーザに正確な試料の表面状態を提供するための技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態1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で観測された試料の形状の一例を示す図である。

[図3]図2のY1-Y1ラインに沿った高さを示すグラフである。

[図4]走査型プローブ顕微鏡で観測された試料の形状の他の例を示す図である。

[図5]図4のY2-Y2ラインに沿った高さを示すグラフである。

[図6]走査型プローブ顕微鏡における観測結果として得られた画像に対するエッジ抽出の結果を模式的に示す図である。

[図7]抽出されたエッジを膨張させる処理の結果を模式的に示す図である。

[図8]二値化処理の結果を模式的に示す図である。

[図9]穴埋め処理の結果を模式的に示す図である。

[図10]基板領域のデータ構成を模式的に説明するための図である。

[図11]走査型プローブ顕微鏡1における傾き補正の工程の一部を模式的に示す図である。

[図12]走査型プローブ顕微鏡1における傾き補正の工程の一部を模式的に示す図である。

[図13]走査型プローブ顕微鏡1において画像処理のために実施される処理の一例のフローチャートである。

[図14]実施の形態2の走査型プローブ顕微鏡1において実施される処理の一例のフローチャートである。

[図15]実施の形態3の走査型プローブ顕微鏡1において実施される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

[0013] 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。

[0014] [実施の形態 1]

<走査型プローブ顕微鏡の概略構成>

図 1 は実施の形態 1 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、原子間力顕微鏡である。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、走査型トンネル顕微鏡）であってもよい。

[0015] 図 1 を参照して、走査型プローブ顕微鏡 1 は、試料 110 を載せる試料台 112 と、試料台を変位させるピエゾスキャナ 111 と、先端に探針 114 が形成されたカンチレバー（cantilever）113 と、カンチレバー 113 の変位を検出する変位検出機構 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 とを含む。一実現例では、コンピュータ 132 は、少なくとも一つのプロセッサを含み、記憶装置 134 は、当該プロセッサによって実行されるプログラムを非一時的に（不揮発的に）格納する。

[0016] ピエゾスキャナ 111 は、電圧値 V_z に基づいて Z 方向の変位を発生させる Z スキャナ 111z と、電圧値 V_x 、 V_y に基づいて XY 方向の変位を発生させる XY スキャナ 111xy とを含む。

[0017] 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 119 とを含む。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 から発生せられたレーザ光は、カンチレバー 113 背面で反射され、反射光はフォトディテクタ 119 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撓み量をフォトディテクタ 119 の受光位置で観測する。

[0018] フィードバック信号発生部131は、フォトディテクタ119からの検出信号を受ける。フィードバック信号発生部131は、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軸方向に変位させる電圧値 V_z を算出し、Zスキャナ111zに出力する。

[0019] 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軸方向の電圧値 V_x 、 V_y を算出し、XYスキャナ111xyに出力する。

[0020] Z軸方向のフィードバック量（スキャナへの印加電圧 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 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 V_z から試料110の凹凸による表面の変位量を算出する。コンピュータ132は、X軸、Y軸方向の各位置において、変位量を算出することによって試料表面の3次元画像を再現し、これを表示部135の画面上に描出する。この3次元画像のデータは、また、記憶装置134にも記憶される。データは、X-Y平面上の位置を示す座標とその座標の試料高さを含む。コンピュータ132は、随時、記憶装置134に記憶された3次元画像のデータを読み出して、表示部135に表示することができる。

[0021] コンピュータ132は、必要に応じて3次元画像のデータの高さ補正を行なって、表示部135に表示させることができる。

[0022] <理想的な観測例>

図2は、走査型プローブ顕微鏡で観測された試料の形状の一例を示す図である。図2に示された画像IM01に対応する試料110では、基板上に16個の構造物が配置されている。16個の構造物は、X軸方向に4列、Y軸

方向に4列、すなわち、 4×4 の状態で配列されている。基板の一例は、マイカ板である。構造物の一例は、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（基板、構造物）はこれらに限定されない。

[0023] 画像IM01の画素の濃淡は、Z軸方向の高さを表す。濃い画素は、試料において、Z軸方向においてより高い位置を表す。薄い画素は、試料において、Z軸方向においてより低い位置を表す。

[0024] 図3は、図2のY1-Y1ラインに沿った高さを示すグラフである。図3のグラフにおいて、線L30は、走査型プローブ顕微鏡1による理想的な観測に基づいて生成された高さを表す。より具体的には、線L30は、試料において基板の傾斜が無い理想的な場合に観測された画像データの1ライン分を表す。

[0025] なお、図2の画像IM01では、平面境界部（基板と構造物の境界部分）が線で示されているが、図3では、補正処理の理解を容易とするために、現実の試料形状に近いように平面境界部にテーパーを設けている。水平軸はX方向の位置を示し、Z軸は、各X位置における高さを示す。なお、X方向に沿って探針をスキャンした場合、X軸は時間軸にも相当する。

[0026] <試料が傾いた状態での観測例>

図4は、走査型プローブ顕微鏡で観測された試料の形状の他の例を示す図である。図4に示された画像IM10は、図2に示された画像IM01に対応する試料110と同じ試料に対応する。画像IM10では、同一平面上に濃淡が生じている。特に、画像IM10では、16個の構造物に対応する領域以外の領域（基板に対応する領域）に大きく濃淡が生じている。このような濃淡が生じる理由の1つは、試料台112において試料110が傾いて設置されたことである。

[0027] 図5は、図4のY2-Y2ラインに沿った高さを示すグラフである。図5において、線L10は、画像IM10のY2-Y2ラインから想定される、試料110の高さを表す。線L10は、X座標が大きくなるほど試料110

の表面が高くなるように、試料 110 の表面が傾斜していることを示している。

[0028] 走査型プローブ顕微鏡 1 では、画像 IM10 のような観測結果に基づいて生成された画像に対して、補正を加え、補正後の画像を提供する。これにより、補正後の画像から試料 110 の表面状態がより正確に認識される。以下、画像に加えられる補正の内容を説明する。

[0029] <エッジ抽出>

図 6 は、走査型プローブ顕微鏡における観測結果として得られた画像に対するエッジ抽出の結果を模式的に示す図である。一実現例では、図 6 に示された画像 IM11 は、画像 IM10 に対して、エッジ抽出用の公知の処理（オープンソースの ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) における Process/Find Edges など）を施すことによって得られる。

[0030] 画像 IM11 を得るためにエッジを抽出する処理は、代表的には、高さ像を微分処理することを含む。また、エッジを抽出する処理は、写真の加工技術等で一般的な輪郭抽出手法を用いても良い。一例では、隣接する画素データとの差分の絶対値があるしきい値を超えた部分を抽出すればよい。

[0031] 画像 IM11 では、16 個の構造物にそれぞれの基板との境界を構成する画素が、エッジとして検出されて、黒色の画素として示されている。このときに、エッジとして検出される画素のそれぞれが、エッジ画素の一例である。

[0032] <エッジ膨張>

図 7 は、抽出されたエッジを膨張させる処理の結果を模式的に示す図である。一実現例では、図 7 に示された画像 IM12 は、図 6 の画像 IM11 に対して、最大値処理を施すことによって得られる。

[0033] 図 6 の画像 IM11 では、エッジ画素が黒い画素（比較的高い画素値を有する画素）として示されている。したがって、画像 IM11 に対して最大値処理が施されることにより、図 7 に示された画像 IM12 では、エッジ画素によって構成されるエッジが膨張する。画像 IM12 を表示するためのデー

タは、「第1データ」の一例である。

[0034] なお、エッジ膨張のための処理は最大値処理に限定されない。エッジ膨張のための処理の種類は、エッジ画素の表現態様等に応じて適宜変更され得る。たとえば、エッジ画素が白い画素（比較的低い画素値を有する画素）として表現される場合には、エッジ膨張のための処理として最小値処理が採用されてもよい。

[0035] <二値化>

図8は、二値化処理の結果を模式的に示す図である。一実現例では、図8に示された画像IM13は、図7の画像IM12に対して、公知の二値化処理（オープンソースのImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) におけるProcess/Binary/Make Binaryなど）を施すことによって得られる。二値化のための閾値は、ユーザおよび／またはコンピュータ132によって適宜調整されてもよい。

[0036] 図8に示された画像IM13では、試料110における、16個の構造物のそれぞれに対応する端部に対応する部分が黒色の画素で表され、それ以外の部分は白色の画素で表されている。

[0037] <線つなぎ>

コンピュータ132は、二値化された画像IM13に線つなぎ処理を施してもよい。これにより、画像IM10において検出されたエッジ画素が、構造物の外縁をより正確に表現するようになる。線つなぎ処理は、たとえば、公知の技術（オープンソースのImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>) におけるProcess/Binary/Closeなど）によって実現され得る。

[0038] <穴埋め処理>

コンピュータ132は、二値化された画像IM13（または、画像IM13に対して線つなぎ処理を施すことによって得られた画像）に穴埋め処理を施してもよい。

[0039] 図9は、穴埋め処理の結果を模式的に示す図である。穴埋め処理は、たとえば、公知の技術（オープンソースのImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/>)

）におけるProcess/Binary/Fill Holesなど）によって実現され得る。

[0040] 図9に示された画像IM14では、試料110における、16個の構造物のそれぞれに対応する領域が黒色の画素で塗りつぶされて表され、それ以外の領域が白色の画素で塗りつぶされて表されている。

[0041] <基板領域>

コンピュータ132は、図9に示された画像IM14から、白色の画素の領域を、試料において基板に対応する領域（構造物が載置されていない領域）として抽出することができる。基板に対応する領域（基板領域）を特定するデータは、「第2データ」とも称される。

[0042] 図10は、基板領域のデータ構成を模式的に説明するための図である。図10は、基板領域のうち、図9のY3-Y3ラインに沿った高さを示す、線L11、L12、L13、L14、L15を含む。

[0043] 図10には、比較として図5に示された線L10がさらに示される。線L10において基板に対応する部分に対して、線L11～L15のそれぞれの端部は長さD1だけ内側に位置する。これは、基板領域が、構造物について検出されたエッジを膨張した後、膨張後のエッジによって特定される領域以外の領域として特定されたことに対応する。すなわち、走査型プローブ顕微鏡1では、構造物のエッジを膨張させることにより、構造物の領域を広めに特定し、これにより、構造物が基板領域に含まれることが確実に回避される。

[0044] <傾き補正>

図11は、走査型プローブ顕微鏡1における傾き補正の工程の一部を模式的に示す図である。図11では、図10に示された線L11～L15を一つの線にするために充填（補間）されたデータが破線で示されている。データ補間により形成された線が、線A10として示されている。

[0045] 一実現例では、コンピュータ132は、データ補間において、線L11～L15を構成する点から推測される直線（線A10）を生成する。直線の生成は、充填用のデータの生成の一例である。そして、コンピュータ132は

、5本の線L11～L15以外の部分に、生成された直線において対応する部分のデータを充填することによって、データ補間を実現する。

[0046] コンピュータ132は、基板領域のデータ全体（図9のY3-Y3ラインだけでなくそれ以外の領域）において、図11に示されたのと同様のデータ補間（充填用のデータの生成および当該データの充填）を実施する。これにより、試料の全体の領域に対応するデータ、すなわち、試料全体の領域に対応する基板の面を表すデータが生成される。ここで生成されるデータは、試料において構造物を除去された状態の基板を仮想的に表し、「第3データ」の一例である。ここで生成される面の傾きは、試料台112における試料110の傾きを表すことが期待される。

[0047] 図12は、走査型プローブ顕微鏡1における傾き補正の工程の一部を模式的に示す図である。コンピュータ132は、図11を参照して説明された工程において生成されたデータの面の、理想的な面に対する傾きを算出し、算出された傾きを補正するように、画像IM10を補正する。

[0048] 図12では、図11を参照して説明された工程において生成されたデータの面の向きが線A10として示されている。理想的な面の向きが線A20として示されている。コンピュータ132は、線A20に対する線A10の傾きを算出する。この傾きは、試料110の傾きに相当する。そして、コンピュータ132は、算出された傾きを相殺するように、画像IM10（図4）を補正する。この補正により、図12に示されるように、線L10から、線L20が生成される。同様に画像IM10の全域が補正されることにより、補正後の画像が生成される。この補正は、画像IM10を画像IM01（図2）へと近づけることが期待される。本明細書では、補正後の画像を「第4データ」ともいう。

[0049] <処理の流れ>

図13は、走査型プローブ顕微鏡1において画像処理のために実施される処理の一例のフローチャートである。一実現例では、図13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、コンピュータ 132 は、画像処理装置の一例である。

[0050] ステップ S10 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、観測結果である画像データを取得する。ここで取得される画像データの一例は、図 4 の画像 IM10 に対応する。

[0051] ステップ S12 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップ S10 において取得された画像に対してエッジを抽出する。エッジの抽出は、たとえば図 6 を参照して説明された手法によって実現される。

[0052] ステップ S14 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップ S12 において抽出されたエッジを膨張させる。エッジの膨張は、たとえば図 7 を参照して説明された手法によって実現される。

[0053] ステップ S16 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップ S14 においてエッジを膨張された画像を二値化する。二値化は、たとえば図 8 を参照して説明された手法によって実現される。

[0054] ステップ S18 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップ S16 において二値化された画像に対して線つなぎ処理を実施する。線つなぎ処理は、たとえば図 9 を参照して説明された手法によって実現される。

[0055] ステップ S20 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップ S18 において線つなぎ処理を施された画像に対して穴埋め処理を実施する。穴埋め処理は、たとえば図 9 を参照して説明された手法によって実現される。

[0056] ステップ S22 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、ステップ S20 において穴埋め処理を施された画像を用いて基板領域データを生成する。基板領域データは、基板領域を特定するデータであって、上述の「第 2 データ」である。

[0057] ステップ S24 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、第 2 データを利用して、ステップ S10 において取得された画像データの補正（高さの補正）を実施する。画像データの補正は、たとえば図 11 および図 12 を参照して説明された手法によって実現される。

[0058] 図 1 1 および図 1 2 を参照して説明された手法では、基板領域を特定するデータに対して、図 1 1 において破線（線 A 1 0）で示されたように、構造物に対応する領域にデータが充填された。なお、画像データの補正では、このようなデータの充填は省略されてもよい。走査型プローブ顕微鏡 1 は、基板領域のみから試料 1 1 0 の（理想的な面に対する）傾きを算出してもよい。

[0059] ステップ S 2 6 にて、走査型プローブ顕微鏡 1 は、処理の結果を表示部 1 3 5 に表示する。表示される結果は、ステップ S 2 4 における補正によって生成された画像を含んでいてもよい。その後、走査型プローブ顕微鏡 1 は、図 1 3 の処理を終了させる。

[0060] 以上説明された実施の形態 1 では、第 1 データが、構造物のエッジに対する膨張処理が実施されることによって生成され、そして、当該第 1 データを用いて、試料における基板に対応する領域（基板上に構造物が存在しない領域）を特定する第 2 データが生成される。これにより、第 2 データによって特定される基板に対応する領域に構造物の画像が含まれることが確実に回避される。また、当該領域以外の領域が、確実に構造物の全体を含む領域として特定される。

[0061] 第 2 データによって特定される領域を利用して、試料の傾きによって生じていた元の画像データにおける傾きが補正される場合、補正に、より多くの点（または、線もしくは領域）が利用され得る。これにより、補正において傾きがより正確に補正され得る。したがって、ユーザに正確に試料の表面状態が提供され得る。

[0062] [実施の形態 2]

実施の形態 2 では、走査型プローブ顕微鏡 1 は、基板領域データを利用して元の画像データを補正し、補正後の画像データから、再度、構造物に対応する領域を特定する。

[0063] 図 1 4 は、実施の形態 2 の走査型プローブ顕微鏡 1 において実施される処理の一例のフローチャートである。

- [0064] 図14の処理は、図13の処理と同様に、ステップS10～ステップS24の制御を含む。図14の処理は、ステップS24の後、ステップS30へ制御を進める。
- [0065] ステップS30にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS24において生成された補正後の画像データにおいて、構造物に対応する領域を特定する。ステップS24において生成された補正後の画像データは、「第4データ」の一例である。
- [0066] ステップS30における構造物に対応する領域の特定は、たとえば、ステップS12～ステップS22と同様の制御を含んでもよい。すなわち、走査型プローブ顕微鏡1は、補正後の画像データに対して、エッジを抽出し、抽出されたエッジを膨張させ、エッジを膨張された画像を二値化し、二値化された画像に対して線つなぎ処理を実施し、線つなぎ処理を施された画像に対して穴埋め処理を実施し、そして、穴埋め処理を施された画像の基板領域データを生成する。そして、走査型プローブ顕微鏡1は、基板領域データによって特定される基板領域以外の領域を、構造物に対応する領域として特定する。
- [0067] ステップS32にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS24における補正後の画像データから、ステップS30において特定された構造物に対応する領域を抽出することにより、「構造物データ」を生成する。構造物データは、構造物に対応する画像を含む。
- [0068] ステップS34にて、走査型プローブ顕微鏡1は、処理の結果を表示部135に表示する。表示される結果は、ステップS30において生成された構造物データの画像、すなわち、構造物に対応する画像を含んでもよい。その後、走査型プローブ顕微鏡1は、図14の処理を終了させる。
- [0069] 以上説明された実施の形態2では、元の画像データから第2データによって特定される領域以外の領域が抽出され、構造物データとして表示される。第2データは、第1データを利用して生成され、第1データは膨張処理を経て生成される。これにより、第2データによって特定される領域以外の領域

には、確実に構造物の全域が含まれる。したがって、ユーザに、正確に構造物の状態が提供され、これにより、正確に試料の表面状態が提供され得る。

[0070] [実施の形態3]

実施の形態3では、走査型プローブ顕微鏡1は、実施の形態2の構造物データと、基板の領域を埋める背景用のデータとを組み合わせることにより、疑似的な試料全体の画像を生成する。

[0071] 図15は、実施の形態3の走査型プローブ顕微鏡1において実施される処理の一例のフローチャートである。

[0072] 図15の処理は、図13の処理と同様に、ステップS10～ステップS22の制御を含む。図15の処理は、ステップS22の後、ステップS40へ制御を進める。

[0073] ステップS40にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS10において取得された画像データと、ステップS22において生成された基板領域データとを用いて、構造物データを生成する。ステップS40において生成される構造物データは、ステップS10において取得された画像データから、ステップS22において生成された基板領域データによって特定される基板の領域以外の領域が抽出されることによって生成される。

[0074] ステップS42にて、走査型プローブ顕微鏡1は、ステップS40において生成された構造物データによって特定される領域以外の領域に背景用データを充填することにより、閲覧用データを生成する。閲覧用データは、疑似的な試料全体の画像を表す。この画像では、ステップS10において取得された画像データにおける構造物と、背景用の画像とが組み合わされている。

[0075] ステップS44にて、走査型プローブ顕微鏡1は、処理の結果を表示部135に表示する。表示される結果は、ステップS42において生成された閲覧用データの画像、すなわち、疑似的な試料全体の画像を含んでもよい。その後、走査型プローブ顕微鏡1は、図14の処理を終了させる。

[0076] 実施の形態3の閲覧用データの画像（疑似的な試料全体の画像）では、基板領域に相当する領域が適切な明度を有し、これにより、閲覧用データの画

像の表示の際にコントラストの調整を必要としない。したがって、ユーザは、コントラストの調整などの煩雑な作業を必要とされることなく、処理の結果を視認できる。また、従来の技術では、コントラストの調整において背景に画素濃度の波が生じる場合があった。実施の形態3ではコントラストの調整が省略され得ることにより、ユーザに表示される画像において上述のような画素濃度の波が生じることが回避され得る。なお、閲覧用データは、実施の形態2において生成された構造物データ（S30）と背景用データ（S42）とを組み合わせることによって生成されてもよい。

[0077] 上記擬似的な試料全体の画像は、元の画像データから第2データによって特定される領域以外の領域の画像を含む。第2データは、第1データを利用して生成され、第1データは膨張処理を経て生成される。これにより、第2データによって特定される領域以外の領域には、確実に構造物の全域が含まれる。したがって、擬似的な試料全体の画像が提供されることにより、ユーザに、正確に構造物の状態が提供され、これにより、正確に試料の表面状態が提供され得る。

[0078] [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。

[0079] （第1項） 一態様に係るデータ処理方法は、走査型プローブ顕微鏡の測定に基づいて生成された、基板と当該基板上の構造物とを含む試料の画像データを処理する方法であって、前記画像データを取得するステップと、前記画像データから隣接画素との比較結果がエッジであることの条件を満たす画素をエッジ画素として抽出するステップと、前記画像データに対して、前記エッジ画素によって構成されるエッジを膨張させる膨張処理を実施することによって、第1データを生成するステップと、前記第1データを用いて、前記試料において前記基板に対応する領域を特定する第2データを生成するステップと、を備えていてもよい。

[0080] 第1項に記載のデータ処理方法によれば、ユーザに正確な試料の表面状態

を提供するための技術が提供される。

- [0081] (第2項) 第1項に記載のデータ処理方法において、前記膨張処理は、最大値処理を含んでいてもよい。
- [0082] 第2項に記載のデータ処理方法によれば、膨張処理においてエッジ画素によって構成が確実に膨張される。
- [0083] (第3項) 第1項または第2項に記載のデータ処理方法において、前記画像データから、前記第2データによって特定される領域以外の領域に、充填用のデータを充填することにより、基板のみの画像を表す第3データを生成するステップをさらに備えていてもよい。
- [0084] 第3項に記載のデータ処理方法によれば、元の画像データの高さの補正がより正確に実施され得る。
- [0085] (第4項) 第3項に記載のデータ処理方法において、前記第3データを生成するステップは、前記画像データにおける前記第2データによって特定される領域の画素値を利用して、前記充填用のデータを生成することを含んでいてもよい。
- [0086] 第4項に記載のデータ処理方法によれば、充填用のデータが元の画像データにより適合するものとして生成され得る。
- [0087] (第5項) 第3項または第4項に記載のデータ処理方法において、前記第3データを生成するステップは、前記第3データを用いて前記画像データに対する傾き補正を実施することにより、第4データを生成することを含んでいてもよい。
- [0088] 第5項に記載のデータ処理方法によれば、第4データとして、より確実に傾きを補正された画像データが生成され得る。
- [0089] (第6項) 第5項に記載のデータ処理方法は、前記第4データにおいて、前記画像データにおける前記構造物に対応する領域を特定するステップと、前記画像データから、特定された前記構造物に対応する領域を抽出された構造物データを生成するステップと、をさらに備えていてもよい。
- [0090] 第6項に記載のデータ処理方法によれば、構造物データとして、より確実

に構造物の全体を含むデータが生成され得る。

[0091] (第7項) 第1項または第2項に記載のデータ処理方法は、前記画像データから、前記第2データによって特定される領域を抽出することにより、構造物データを生成するステップをさらに備えていてもよい。

[0092] 第7項に記載のデータ処理方法によれば、構造物データとして、より確実に構造物の全体を含むデータが生成され得る。

[0093] (第8項) 第6項または第7項に記載のデータ処理方法は、前記構造物データと、前記第2データによって特定される領域において背景用の画素を有する背景用データとを組み合わせることにより、閲覧用データを生成するステップをさらに備えていてもよい。

[0094] 第8項に記載のデータ処理方法によれば、閲覧用データの表示の際にコントラストの調整が必要とされない。

[0095] (第9項) 第1項～第8項のいずれか1項に記載のデータ処理方法は、前記第2データを生成するために、前記第1データまたは前記第1データに起因するデータに対する、二値化処理を実施するステップをさらに備えていてもよい。

[0096] 第9項に記載のデータ処理方法によれば、データにおいてエッジがより顕著に表現され得る。

[0097] (第10項) 第9項に記載のデータ処理方法は、前記第2データを生成するために、前記二値化処理を実施された画像に対する線つなぎ処理を実施するステップをさらに備えていてもよい。

[0098] 第10項に記載のデータ処理方法によれば、データにおいて基板に対応する領域がより確実に特定される。

[0099] (第11項) 一態様に係るプログラムは、第1項～第10項に記載のデータ処理方法をコンピュータに実施させてもよい。

[0100] 第11項に記載のプログラムによれば、ユーザに正確な試料の表面状態を提供するための技術が提供される。

[0101] (第12項) 一態様に係る画像処理装置は、第1項～第10項に記載の

データ処理方法を実施する。

[0102] 第 1 2 項に記載の画像処理装置によれば、ユーザに正確な試料の表面状態を提供するための技術が提供される。

[0103] (第 1 3 項) 一態様に係る走査型プローブ顕微鏡は、第 1 2 項に記載の画像処理装置を備えていてもよい。

[0104] 第 1 3 項に記載の走査型プローブ顕微鏡によれば、ユーザに正確な試料の表面状態を提供するための技術が提供される。

[0105] 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せられても、実施され得ることが意図される。

符号の説明

[0106] 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 針、115 レーザダイオード、119 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の測定に基づいて生成された、基板と当該基板上の構造物とを含む試料の画像データを処理する方法であって、
前記画像データを取得するステップと、
前記画像データから隣接画素との比較結果がエッジであることの条件を満たす画素をエッジ画素として抽出するステップと、
前記画像データに対して、前記エッジ画素によって構成されるエッジを膨張させる膨張処理を実施することによって、第1データを生成するステップと、
前記第1データを用いて、前記試料において前記基板に対応する領域を特定する第2データを生成するステップと、を備えるデータ処理方法。
- [請求項2] 前記膨張処理は、最大値処理を含む、請求項1に記載のデータ処理方法。
- [請求項3] 前記画像データから、前記第2データによって特定される領域以外の領域に、充填用のデータを充填することにより、基板のみの画像を表す第3データを生成するステップをさらに備える、請求項1に記載のデータ処理方法。
- [請求項4] 前記第3データを生成するステップは、前記画像データにおける前記第2データによって特定される領域の画素値を利用して、前記充填用のデータを生成することを含む、請求項3に記載のデータ処理方法。
- [請求項5] 前記第3データを生成するステップは、前記第3データを用いて前記画像データに対する傾き補正を実施することにより、第4データを生成することを含む、請求項3に記載のデータ処理方法。
- [請求項6] 前記第4データにおいて、前記画像データにおける前記構造物に対応する領域を特定するステップと、
前記画像データから、特定された前記構造物に対応する領域を抽出

された構造物データを生成するステップと、をさらに備える、請求項 5 に記載のデータ処理方法。

[請求項7] 前記画像データから、前記第 2 データによって特定される領域を抽出することにより、構造物データを生成するステップをさらに備える、請求項 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項8] 前記構造物データと、前記第 2 データによって特定される領域において背景用の画素を有する背景用データとを組み合わせることにより、閲覧用データを生成するステップをさらに備える、請求項 6 に記載のデータ処理方法。

[請求項9] 前記第 2 データを生成するために、前記第 1 データまたは前記第 1 データに起因するデータに対する、二値化処理を実施するステップをさらに備える、請求項 1 に記載のデータ処理方法。

[請求項10] 前記第 2 データを生成するために、前記二値化処理を実施された画像に対する線つなぎ処理を実施するステップをさらに備える、請求項 9 に記載のデータ処理方法。

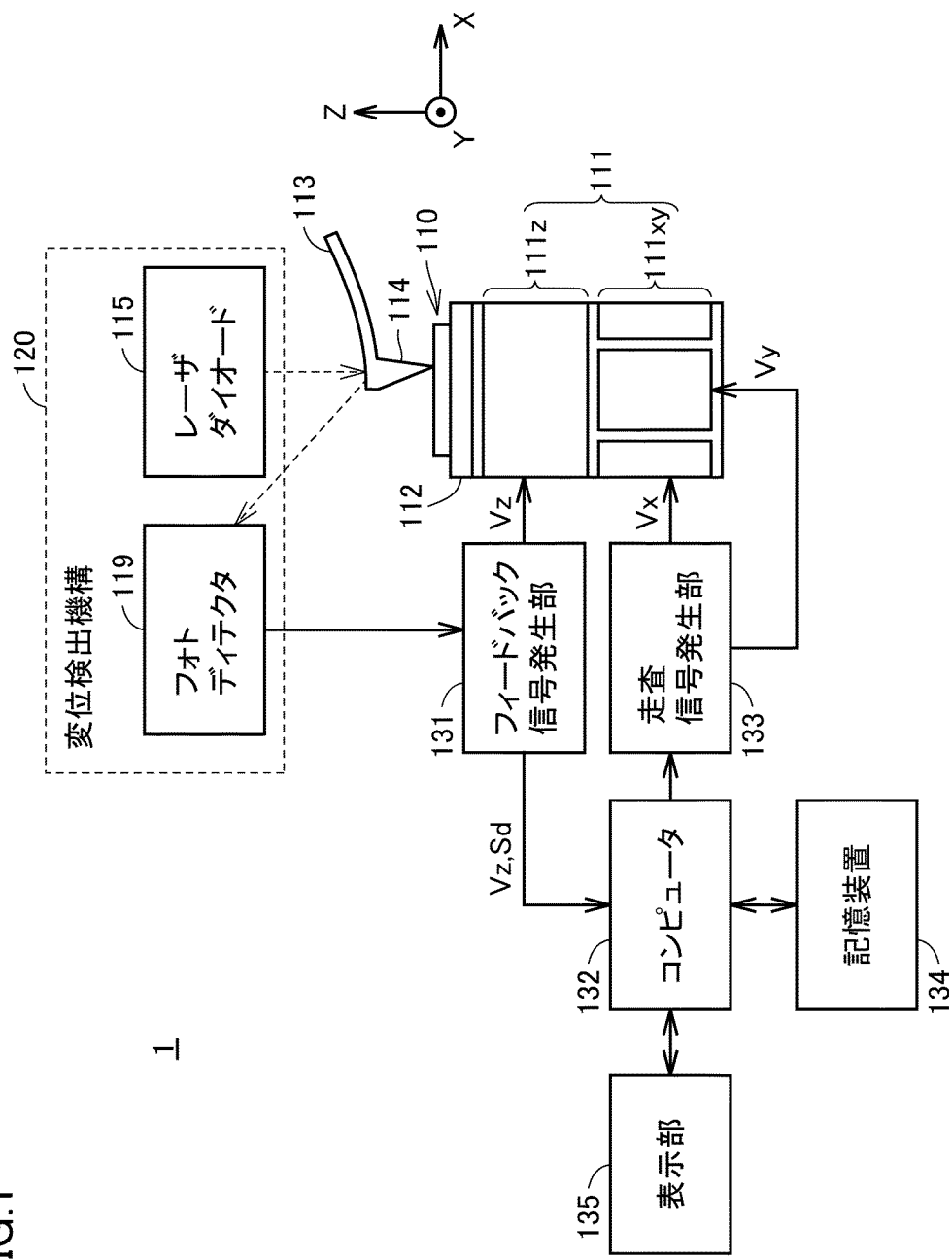
[請求項11] 請求項 1 に記載のデータ処理方法をコンピュータに実施させるプログラム。

[請求項12] 請求項 1 に記載のデータ処理方法を実施する画像処理装置。

[請求項13] 請求項 1 2 に記載の画像処理装置を備える走査型プローブ顕微鏡。

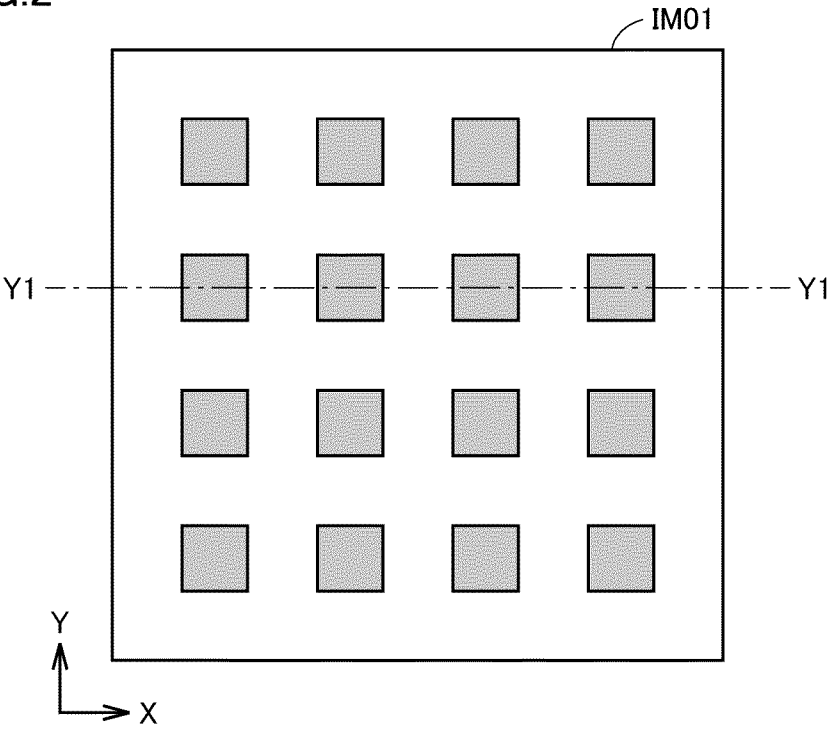
[図1]

FIG.1



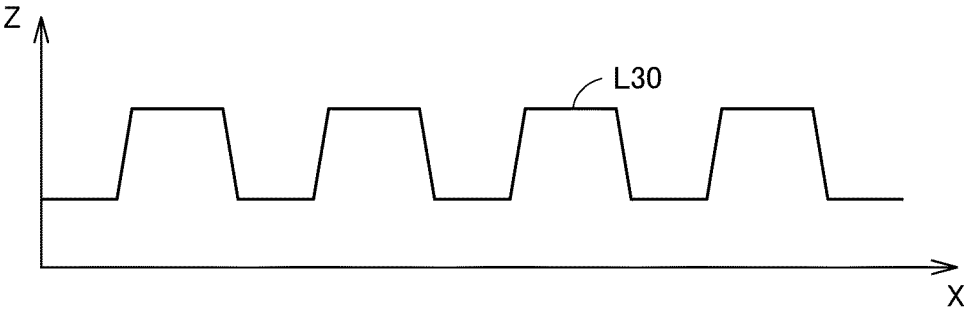
[図2]

FIG.2



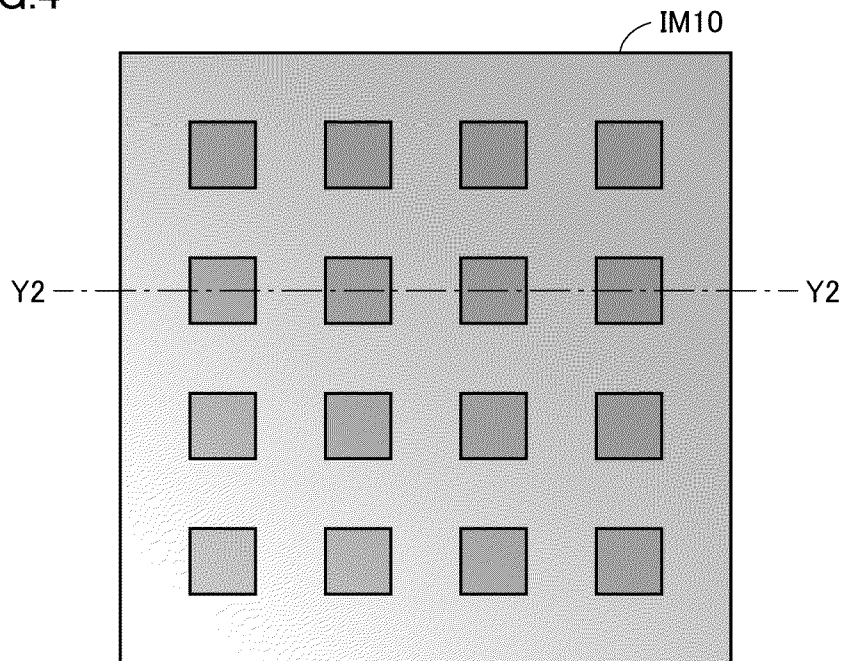
[図3]

FIG.3



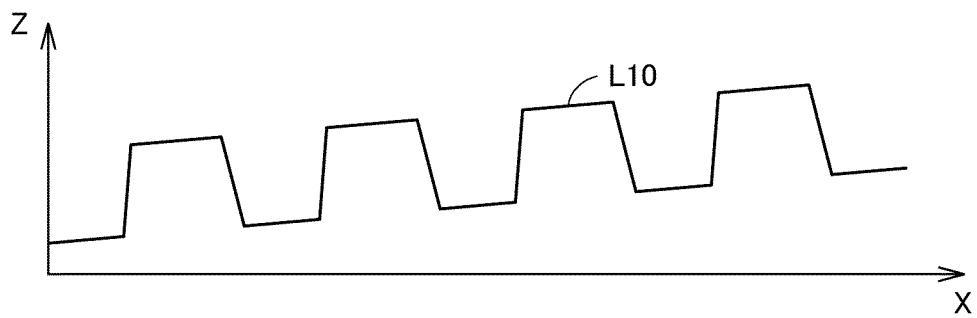
[図4]

FIG.4



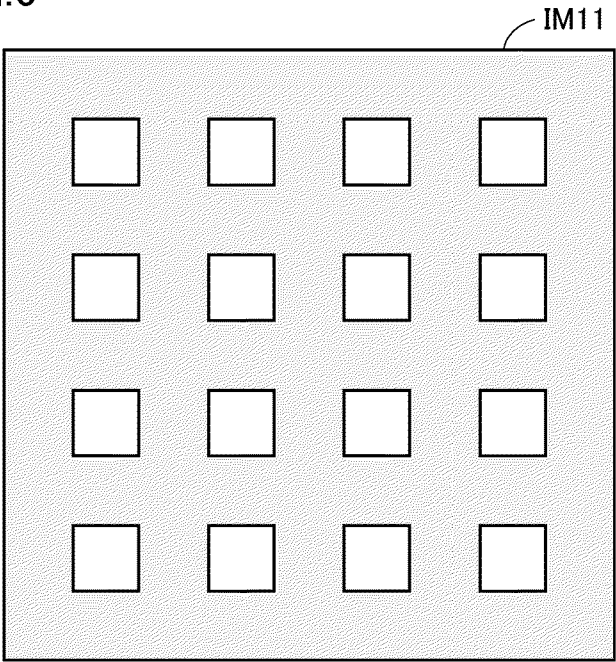
[図5]

FIG.5



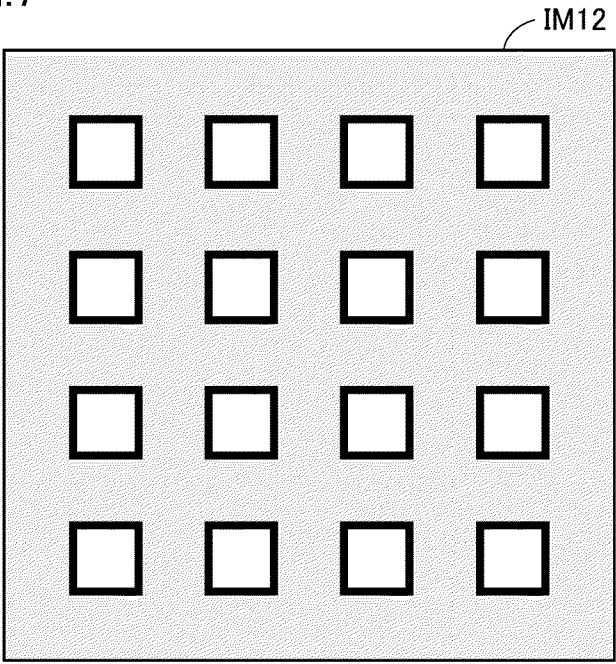
[図6]

FIG.6



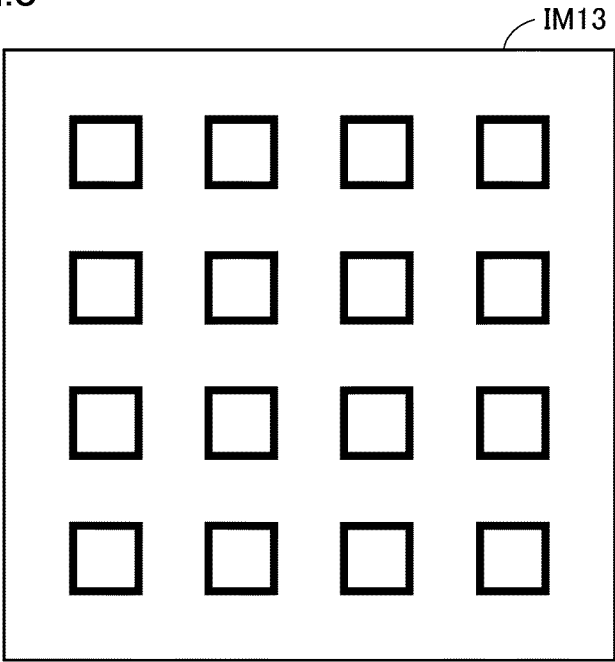
[図7]

FIG.7



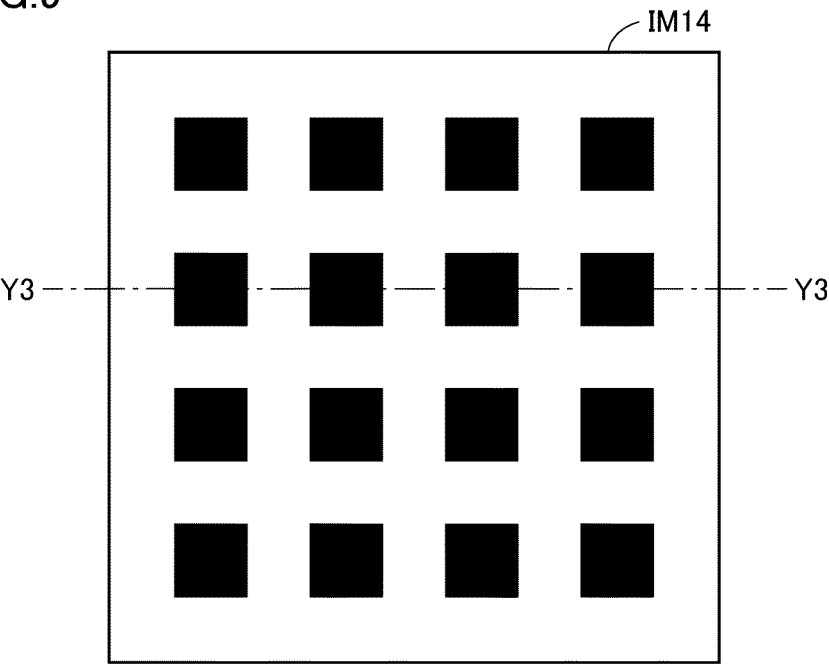
[図8]

FIG.8



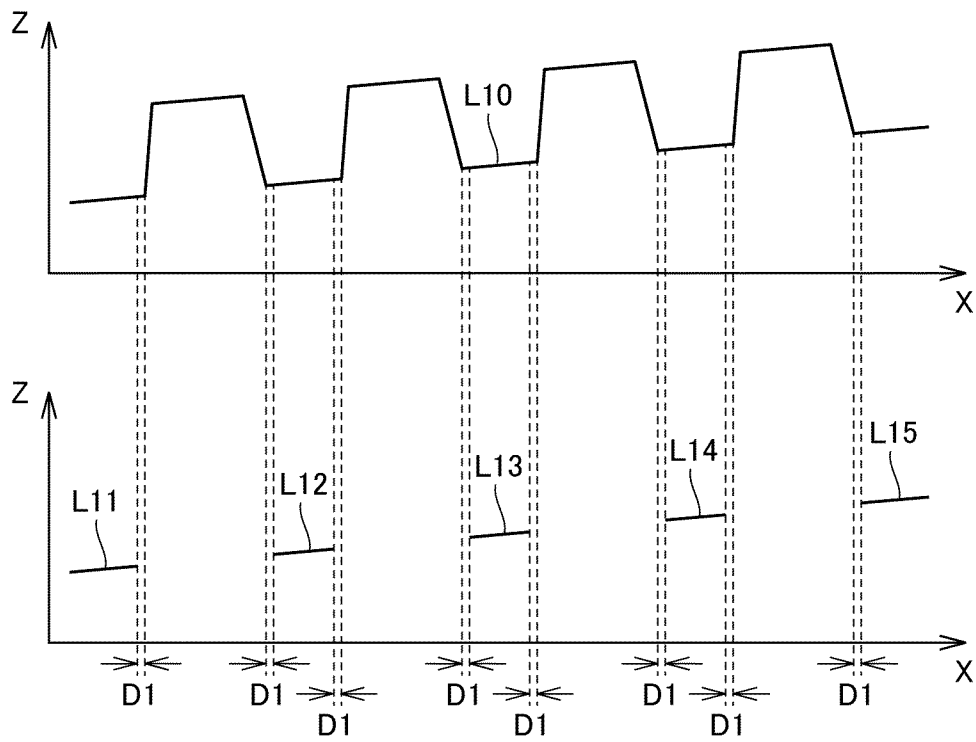
[図9]

FIG.9



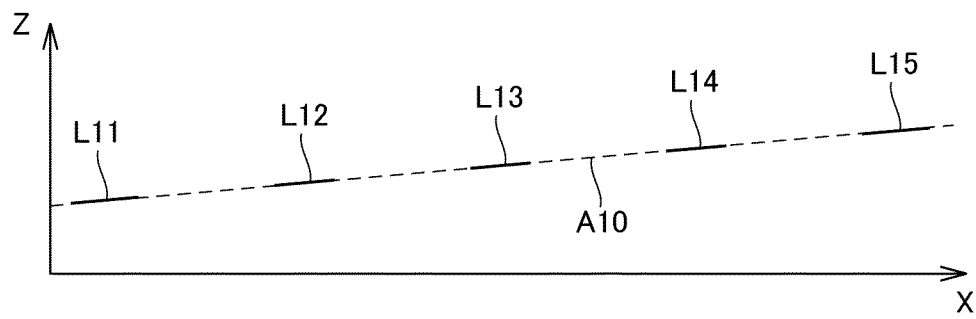
[図10]

FIG.10



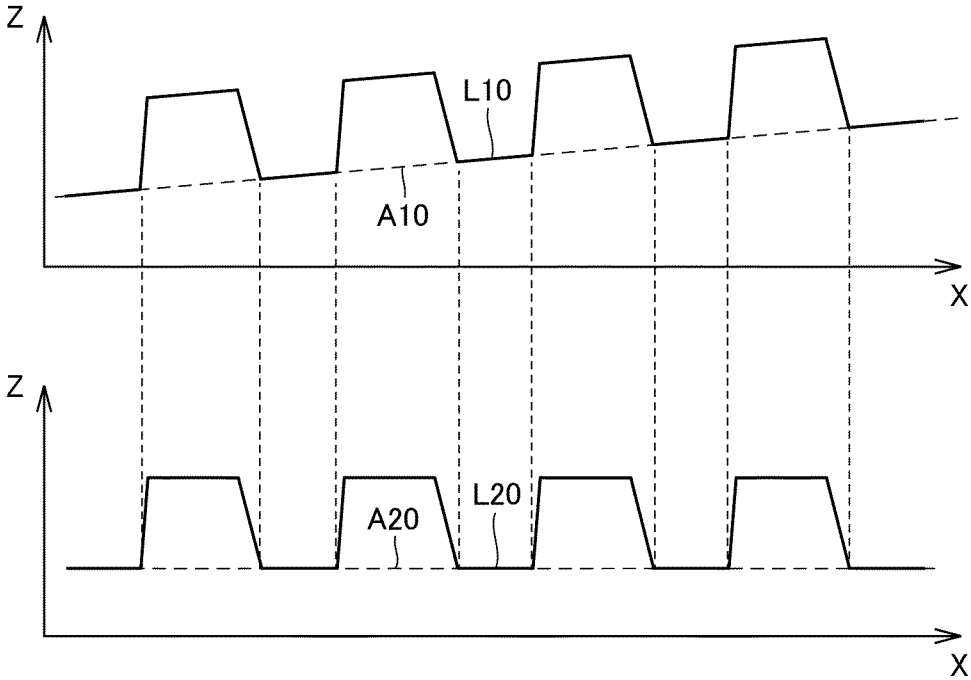
[図11]

FIG.11



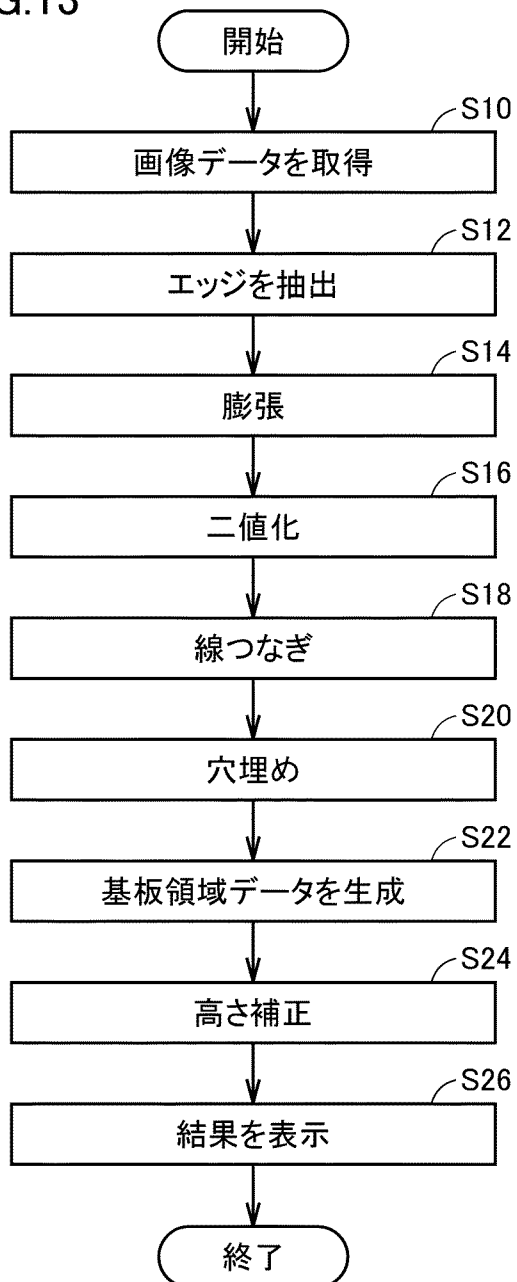
[図12]

FIG.12



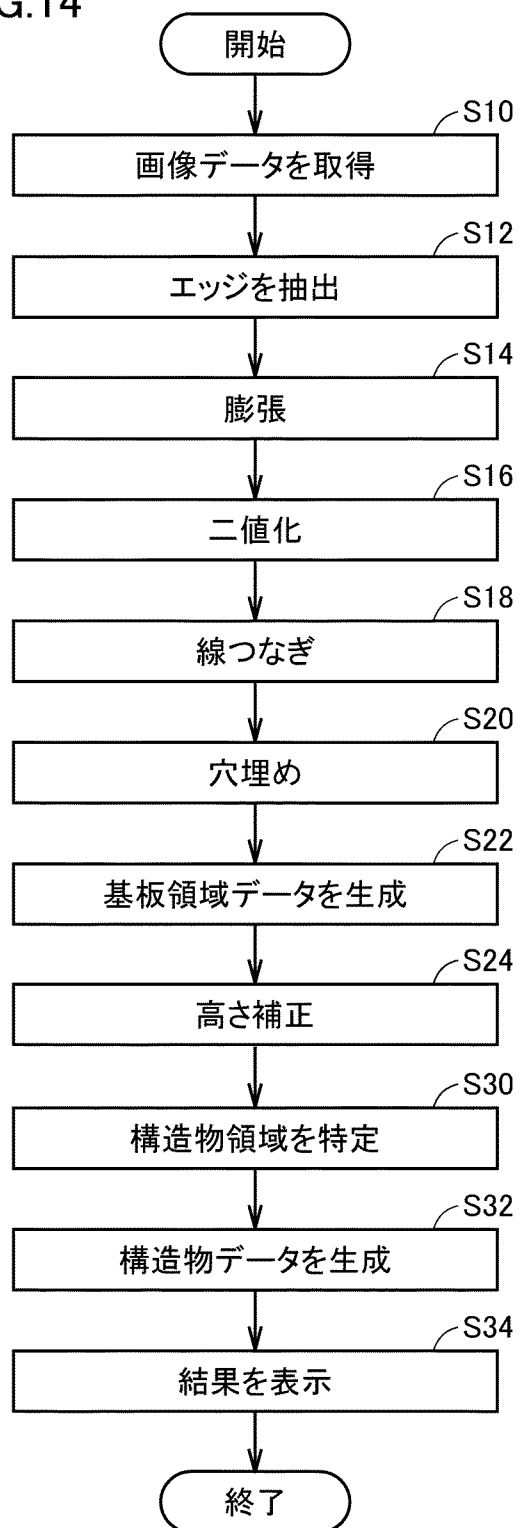
[図13]

FIG.13



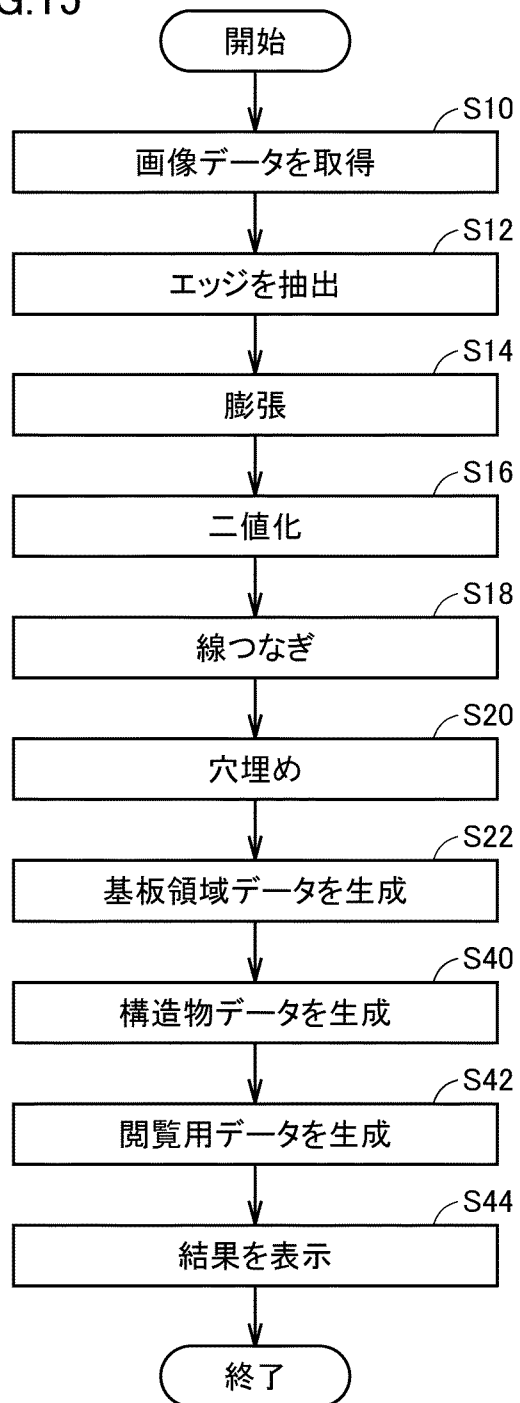
[図14]

FIG.14



[図15]

FIG.15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/003162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01Q 30/04**(2010.01)i

FI: G01Q30/04

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)

G01Q10/00-90/00; G06T3/00-3/60

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 2019-164090 A (SHIMADZU CORP.) 26 September 2019 (2019-09-26) paragraphs [0017]-[0055], fig. 1-12	1-13
Y	JP 2007-295210 A (SHARP KABUSHIKI KAISHA) 08 November 2007 (2007-11-08) paragraphs [0015], [0016], [0057]-[0059]	1-13
Y	JP 2018-7016 A (OLYMPUS CORP.) 11 January 2018 (2018-01-11) paragraph [0047]	1-13
A	JP 11-37719 A (FUJITSU LTD.) 12 February 1999 (1999-02-12) entire text, all drawings	1-13
A	JP 11-85965 A (SEIKO INSTRUMENTS INC.) 30 March 1999 (1999-03-30) entire text, all drawings	1-13
A	CN 203163784 U (CHINA JILIANG UNIVERSITY) 28 August 2013 (2013-08-28) entire text, all drawings	1-13



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

23 March 2023

Date of mailing of the international search report

04 April 2023

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/003162

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-164090	A	26 September 2019	US 2019/0294905 A1 paragraphs [0029]-[0070], fig. 1-12 CN 110308310 A	
JP	2007-295210	A	08 November 2007	(Family: none)	
JP	2018-7016	A	11 January 2018	US 2018/0007290 A1 paragraph [0049] CN 107566714 A	
JP	11-37719	A	12 February 1999	(Family: none)	
JP	11-85965	A	30 March 1999	US 6242736 B1	
CN	203163784	U	28 August 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01Q 30/04(2010.01)i FI: G01Q30/04										
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）） G01Q10/00-90/00; G06T3/00-3/60 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2023年	日本国実用新案登録公報	1996-2023年	日本国登録実用新案公報	1994-2023年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2023年									
日本国実用新案登録公報	1996-2023年									
日本国登録実用新案公報	1994-2023年									
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								
Y	JP 2019-164090 A (株式会社島津製作所) 26.09.2019 (2019 - 09 - 26) 段落0017-段落0055, 図1-図12	1-13								
Y	JP 2007-295210 A (シャープ株式会社) 08.11.2007 (2007 - 11 - 08) 段落0015-段落0016, 段落0057-段落0059	1-13								
Y	JP 2018-7016 A (オリンパス株式会社) 11.01.2018 (2018 - 01 - 11) 段落0047	1-13								
A	JP 11-37719 A (富士通株式会社) 12.02.1999 (1999 - 02 - 12) 全文, 全図	1-13								
A	JP 11-85965 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 30.03.1999 (1999 - 03 - 30) 全文, 全図	1-13								
A	CN 203163784 U (CHINA JILIANG UNIVERSITY) 28.08.2013 (2013 - 08 - 28) 全文, 全図	1-13								
☐ 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 23.03.2023	国際調査報告の発送日 04.04.2023									
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） 山口 剛 2J 9806 電話番号 03-3581-1101 内線 3250									

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/JP2023/003162

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-164090	A	26.09.2019	US 2019/0294905 A1 [0029]-[0070], Fig. 1- Fig. 12 CN 110308310 A	
JP	2007-295210	A	08.11.2007	(ファミリーなし)	
JP	2018-7016	A	11.01.2018	US 2018/0007290 A1 [0049] CN 107566714 A	
JP	11-37719	A	12.02.1999	(ファミリーなし)	
JP	11-85965	A	30.03.1999	US 6242736 B1	
CN	203163784	U	28.08.2013	(ファミリーなし)	