(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
2015 年 9 月 24 日(24.09.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/140996 A1

(51) 国際特許分類:
G01Q 10/04 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/057839

(22) 国際出願日: 2014 年 3 月 20 日(20.03.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(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).

(74) 代理人: 特許業務法人京都国際特許事務所 (KYOTO INTERNATIONAL PATENT LAW OFFICE); 〒6008091 京都府京都市下京区東洞院通四条下ル元悪王子町３７番地 豊元四条烏丸ビル Kyoto (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, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

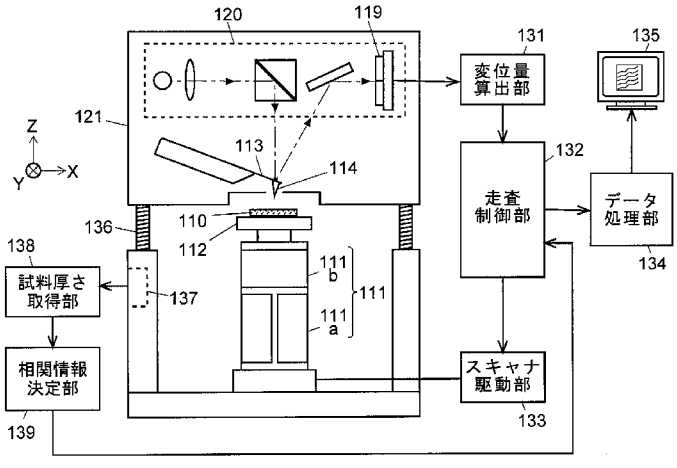
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,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

(54) **Title**: SCANNING PROBE MICROSCOPE

(54) 発明の名称 : 走査型プローブ顕微鏡



131 Displacement calculating unit
132 Scanning control unit
133 Scanner drive unit
134 Data processing unit
138 Sample thickness acquiring unit
139 Correlative information determining unit

(57) **Abstract**: This scanning probe microscope is provided with: sample moving means (111, 133), which include a cylindrical piezoelectric scanner (111), and which moves a sample (110) by bending the piezoelectric scanner (111) by an applied voltage, said sample being placed on an upper end surface of the piezoelectric scanner; a scanning control means (132) that controls relative positions of a probe (114) and the sample (110) by controlling the applied voltage; a sample thickness acquiring means (138) that acquires a thickness value of the sample (110); and a correlative information determining means (139) that determines correlative information indicating, using the thickness value, corresponding relationship between the applied voltage to the piezoelectric scanner (111), and a quantity of displacement of a sample (110) surface, said displacement being in the horizontal direction. The scanning control means (132) controls the relative positions using the correlative information. Consequently, accurate sample scanning considering influence of the thickness of the sample (110) to the sample moving quantity in the XY direction can be performed.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/140996 A1

走査型プローブ顕微鏡において、円筒形のピエゾスキャナ１１１を含み印加電圧によってピエゾスキャナ１１１を屈曲させることで該ピエゾスキャナの上端面に載置された試料１１０を移動させる試料移動手段１１１、１３３と、前記印加電圧を制御することにより探針１１４と試料１１０との相対位置を制御する走査制御手段１３２と、試料１１０の厚さ値を取得する試料厚さ取得手段１３８と、前記厚さ値を用いてピエゾスキャナへ１１１への印加電圧と試料１１０表面の水平方向への変位量との対応関係を表す相関情報を決定する相関情報決定手段１３９とを設け、走査制御手段１３２が、前記相関情報を用いて前記相対位置の制御を行うものとする。これにより、試料１１０の厚さによるＸＹ方向への移動量への影響を考慮した正確な試料走査を行うことが可能となる。

明　細　書

発明の名称 ： 走査型プローブ顕微鏡

技術分野

[0001] 本発明は、主として試料表面の３次元形状を観察するために用いられる走査型プローブ顕微鏡（ＳＰＭ＝Scanning Probe Microscope）に関する。

背景技術

[0002] 走査型プローブ顕微鏡は、微小な探針（プローブ）により試料の表面を走査しながら試料との間の何らかの相互作用を検出することで、その試料表面について高い倍率の観察画像を取得することができる顕微鏡である。走査型プローブ顕微鏡には、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（ＳＴＭ＝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（ＡＦＭ＝Atomic Force Microscope）などがある。

[0003] 従来から知られている原子間力顕微鏡の検出部の原理的構成を図６に示す（例えば特許文献１など参照）。観察対象である試料１０は略円筒形状であるピエゾスキャナ１１の上に設けられた試料台１２の上に保持される。このピエゾスキャナ１１は試料１０を互いに直交するＸ、Ｙの２軸方向に走査するＸＹスキャナ１１ａと、Ｘ軸及びＹ軸に対し直交するＺ軸方向に微動させるＺスキャナ１１ｂとを含んでいる。これらのスキャナ１１ａ、１１ｂは、それぞれ外部から印加される電圧によって所定範囲で変位を生じる圧電素子（ピエゾ素子）を駆動源としている。試料１０の上方には先端に探針１４を備えるカンチレバー１３が配置される。カンチレバー１３に取り付けられた尖鋭な探針１４の先端を試料１０のごく近傍（数nm以下の間隙）に近づけると、探針１４の先端と試料１０の原子との間には原子間力（引力又は反発力）が作用する。この状態で、試料表面に沿って探針１４と試料１０とがＸ－Ｙ平面内で相対移動するようにピエゾスキャナ１１により走査を行いつつ、上記原子間力を一定に保つように探針１４の試料１０からの距離（Ｚ軸方向

高さ）をフィードバック制御する。このときのＺ軸方向のフィードバック量は試料１０の表面の凹凸に応じたものとなるから、これに基づいて試料表面の３次元画像を得ることができる。

[0004] 図６の構成においては、カンチレバー１３のＺ軸方向の変位を検出するために、その上部に測光部２０が設けられている。すなわち、レーザダイオード１５から出射したレーザ光をレンズ１６で集光した後にビームスプリッタ１７で反射させ、カンチレバー１３の先端付近に照射する。そして、その反射光をミラー１８を介して光検出器１９で検出する。光検出器１９はカンチレバー１３の変位方向（Ｚ軸方向）に複数（通常二つ又は四つ）に分割された受光面を有する。従って、カンチレバー１３が上下に変位すると複数の受光面に入射する光量の割合が変化するから、その複数の受光光量に応じた検出信号を演算処理することでカンチレバー１３の変位量を算出することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-233669号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 走査型プローブ顕微鏡によって試料表面を走査する際には、上述の通りＸＹスキャナ１１ａに含まれる複数の電極にそれぞれ電圧を印加することにより、探針１４と試料１０とをＸ－Ｙ平面内で相対移動させる。但し、このときピエゾスキャナ１１は圧電素子の変形によって図７のような首振り運動をするため、ピエゾスキャナ１１の先端に取り付けられた試料のＸ－Ｙ平面内における移動量は、該試料の厚みに応じて変動する（なお、同図では簡略化のため試料台の図示を省略している）。例えば、標準的な厚さの試料１０ａを載置した状態でＸＹスキャナ１１ａの圧電素子に所定の電圧を印加したとき、試料表面の任意の点Ｐ（例えば中心点）の水平方向の移動量が距離Ａで

あったとする。ここで、同じピエゾスキャナ１１に前記試料１０ａに代えてそれより厚い試料１０ｂを載置した状態でＸＹスキャナ１１ａの圧電素子に前記と同じ電圧を印加すると、該試料１０ｂ表面の任意の点Ｐ’（例えば中心点）の水平方向の移動量である距離Ｂは先程の距離Ａよりも大きくなる。

[0007] このため、試料の移動量を正確に制御するためには、試料の厚みに応じてスキャナの走査パラメータ（試料の移動量と圧電素子への印加電圧の関係）を較正する必要がある。こうした走査パラメータの較正を行う際には較正用の標準試料として、例えば精密格子板が用いられる。精密格子板は表面に微細な格子状の溝が刻まれたガラス板であり、該ガラス板の厚さ及び前記溝同士の間隔が既知である。この精密格子板をピエゾスキャナ１１に載置し、ピエゾスキャナ１１への印加電圧を変化させつつ該精密格子表面の３次元形状を観察することにより、ＸＹスキャナ１１ａへの印加電圧に対する試料表面の移動量を知ることができる。しかしながら、厚さの異なる試料を測定する度にこうした較正を行うのはユーザにとって非常に煩雑で手間の掛かる作業となる。また、実際に観察したい試料の厚さと較正用の標準試料の厚さとを一致させるのは容易ではないため、正確な較正を行うことが難しいという問題もある。

[0008] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、試料表面の正確な観察を試料の厚さにかかわらず簡単に行うことのできる走査型プローブ顕微鏡を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために成された本発明に係る走査型プローブ顕微鏡は、微小な探針によって試料の表面を走査することにより、試料表面の３次元形状や物理量を検出する走査型プローブ顕微鏡であって、

a）円筒形のピエゾスキャナを含み、印加電圧によって前記ピエゾスキャナを屈曲させることにより該ピエゾスキャナの上端面に載置された試料を移動させる試料移動手段と、

b）前記印加電圧を制御することにより前記探針と前記試料との相対位置を

制御する走査制御手段と、

c）前記試料の厚さ値を取得する試料厚さ取得手段と、

d）前記厚さ値を用いて、前記ピエゾスキャナへの印加電圧と前記試料の表面の水平方向への変位量との対応関係を表す相関情報を決定する相関情報決定手段と、

を有し、前記走査制御手段が、前記相関情報を用いて前記相対位置の制御を行うことを特徴としている。

[0010] また、上記課題を解決するために成された本発明に係る走査型プローブ顕微鏡は、微小な探針によって試料の表面を走査することにより、試料表面の３次元形状や物理量を検出する走査型プローブ顕微鏡であって、

a） 円筒形のピエゾスキャナを含み、印加電圧によって前記ピエゾスキャナを屈曲させることにより該ピエゾスキャナの上端面に載置された試料を移動させる試料移動手段と、

b）前記試料移動機構により前記探針に対して前記試料を移動させることで収集された前記試料の表面の各位置における所定の物理量を示す３次元分布データを生成する３次元分布データ生成手段と、

c）前記試料の厚さ値を取得する試料厚さ取得手段と、

d）前記厚さ値を用いて、前記ピエゾスキャナへの印加電圧と前記試料の表面の水平方向への変位量との対応関係を表す相関情報を決定する相関情報決定手段と、

を有し、前記３次元分布データ生成手段が、前記相関情報を用いて前記３次元分布データの生成を行うことを特徴とするものとしてもよい。

[0011] 更に、本発明に係る走査型プローブ顕微鏡は、

e）前記試料の厚さを計測する試料厚さ計測手段、

を有し、前記試料厚さ取得手段が、前記試料厚さ計測手段から前記試料の厚さ値を取得するものとしてもよい。

[0012] なお、前記試料厚さ計測手段は、前記試料と前記探針が互いに接近又は離間する方向に前記ピエゾスキャナ及び／又は探針を駆動する機構であって、

前記ピエゾスキャナと前記探針とを予め定められた距離だけ離間させた状態から、前記ピエゾスキャナ及び／又は前記探針を駆動して前記ピエゾスキャナの上端面に載置された前記試料の表面と前記探針とを所定の距離まで接近させた状態までの前記ピエゾスキャナ及び／又は探針の駆動量から前記試料の厚さ値を求めるものとすることができる。

[0013] また、走査プローブ顕微鏡自体にはこうした試料厚さ計測手段を設けず、走査型プローブ顕微鏡の外部に設けられた他の計測装置（例えばレーザ顕微鏡や段差計）によって計測された試料の厚さ値や、ユーザにより入力された厚さ値を前記厚さ値取得手段によって取得するようにしてもよい。

[0014] すなわち、前記本発明に係る走査プローブ顕微鏡は、更に、

f)ユーザからの試料の厚さ値の入力を受け付けるユーザ入力受付手段、

を有し、前記厚さ値取得手段が、前記ユーザ入力受付手段から前記厚さ値を取得するものとすることができる。

[0015] また、前記本発明に係る走査プローブ顕微鏡は、更に、

g)外部の計測装置からの前記試料厚さの計測値の入力を受け付ける計測値入力受付手段、

を有し、前記厚さ値取得手段が、前記計測値入力受付手段から前記厚さ値を取得するものとすることもできる。

発明の効果

[0016] 上記構成を有する本発明に係る走査型プローブ顕微鏡によれば、試料の厚さ値を考慮して生成された前記相関情報に基づいて走査制御手段による制御又は前記３次元分布データ生成手段によるデータ処理が行われる。そのため、測定しようとする試料の厚みに応じてユーザが煩雑な較正作業を行うことなく、簡単に試料表面の正確な観察を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の第１実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。

[図2]相関情報の決定方法の一例を説明する図。

[図3]相関情報の決定方法の別の例を説明する図。

[図4]本発明の第２実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。

[図5]本発明の第３実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。

[図6]原子間力顕微鏡の検出部の原理的構成を示す図。

[図7]試料の厚さと水平方向の変位量との関係を説明する模式図。

発明を実施するための形態

[0018] ［実施例１］

図１は本発明の第１実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図である。既に説明した図６と同一の構成要素については、図６で付与したものと下二桁が共通する符号を付与し、適宜説明を省略する。なお、本実施例（及び後述の実施例２、３）では本発明に係る走査型プローブ顕微鏡を原子間力顕微鏡とするが、その他の走査型プローブ顕微鏡、例えば走査型トンネル顕微鏡にも本発明を同様に適用することができる。

[0019] 本実施例の走査型プローブ顕微鏡において、探針１１４の先端を試料１１０に近接させて表面観察を行うとき、Ｚ軸方向に２分割された光検出器１１９からの検出信号は変位量算出部１３１に入力され、変位量算出部１３１は両受光面における受光光量の差や比などからカンチレバー１１３の変位量を算出して走査制御部１３２に入力する。走査制御部１３２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、カンチレバー１１３の変位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を算出する。そして、算出した値の電圧をスキャナ駆動部１３３からピエゾスキャナ１１１に印加することにより、Ｚスキャナ１１１ｂをＺ軸方向に微動させる。また、走査制御部１３２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軸方向の電圧値を算出する。そして、算出した値の電圧をスキャナ駆動部１３３からピエゾスキャナ１１１に印加することにより、ＸＹスキャナ１１１ａをＸ軸及びＹ軸方向に微動させる。Ｚ軸方向のフィードバック量（スキャナへの印加電圧）を反映した信号はデータ処理部１３４にも送られ、データ処理部１３４はＸ軸、Ｙ軸方向の各位置においてその信号を処理する

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。

[0020] 走査制御部１３２が上述したようにピエゾスキャナ１１１を３軸方向に独立に微動させる際に、ピエゾスキャナ１１１への印加電圧（スキャナ電圧）とそれに対応した試料１１０の変位量との関係を示す相関情報が必要となる。相関情報は、例えばＸ軸、Ｙ軸、Ｚ軸方向毎の単位印加電圧当たりの変位量の値や、前記各方向における変位量と印加電圧との関係を表す式、グラフ、又はテーブルであり、走査制御部１３２の内部メモリに保存され、上記のようなスキャナ駆動制御の際に利用される。

[0021] 但し、ＸＹスキャナ１１ａへの印加電圧と前記試料表面のＸ軸方向及びＹ軸方向（すなわち水平方向）への移動量との関係は、上述の通り、試料の厚さに応じて変化する（図７参照）。そこで、本実施例の走査型プローブ顕微鏡では、スキャナ駆動のための前記相関情報を次のようにして設定する。

[0022] まず、試料厚さ取得部１３８が以下のようにして試料台１１２に載置された試料１１０の厚さを計測する。図１において、上述した測光部１２０及びカンチレバー１１３はピエゾスキャナ１１１の上方に設けられたヘッド部１２１に収容されており、該ヘッド部１２１は、送りネジ１３６とネジ駆動機構１３７を含む粗動機構によって上下方向に移動可能となっている。ここで、ヘッド部１２１をある決まった高さ（「初期位置」と呼ぶ）から探針１１４と試料表面との距離が予め定めた値となる高さ（「観察位置」と呼ぶ）まで下降させたときの該ヘッド部１２１の移動量は試料の厚さによって変化するため、該移動量に基づいて試料１１０の厚さを求めることができる。

[0023] 本実施例の走査プローブ顕微鏡による試料厚さの計測に際しては、予め、ヘッド部１２１を前記初期位置から探針１１４と試料台１１２の表面との距離が所定値になるまで下降させた際のヘッド部１２１の移動量を「基準移動量」として試料厚さ取得部１３８に記憶させておく。なお、ヘッド部１２１の移動量は送りネジ１３６のピッチとネジ駆動機構１３７による送りネジ１３６の駆動量から求めることができる。そして、観察対象の試料１１０を試

料台１１２に載置した状態でヘッド部１２１を前記初期位置から前記観察位置まで下降させ、そのときのヘッド部１２１の移動量と前記基準移動量との差から、試料厚さ取得部１３８が試料１１０の厚さを算出する。

[0024] なお、粗動機構は、上記のような送りネジ１３６とネジ駆動機構１３７を含むものに限らず、例えば、圧電素子を利用してヘッド部１２１を上下動させるものとしてもよい。この場合、ヘッド部１２１を初期位置から探針１１４と試料１１０（又は試料台１１２）の表面との距離が所定値となる高さまで降下させる際の、前記圧電素子への印加電圧に基づいてヘッド部１２１の移動量を求めることができる。

[0025] 続いて、相関情報決定部１３９が前記試料厚さ取得部１３８によって取得された試料厚さの値に基づいてＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と試料１１０のＸ軸方向及びＹ軸方向の移動量との関係を表す相関情報を決定する。相関情報の決定方法としては、例えば以下のようなものが考えられる。

[0026] Ａ．検量線を用いる方法

この方法では、予め厚さの異なる複数の標準試料（例えば上述の精密格子板）を用いてＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と試料表面の移動量との関係を表す複数の検量線（図２参照）を作成して相関情報決定部１３９に記憶させておく。そして、該複数の検量線に基づき、試料１１０の厚さに応じた検量線を該試料の観察に適用する相関情報として決定し、走査制御部１３２の内部メモリに記憶させる。ここで、前記「試料１１０の厚さに応じた検量線」とは、前記複数の検量線のうち、観察対象の試料１１０の厚さと同一又は厚さが最も近い標準試料について得られた検量線であってもよく、あるいは前記複数の検量線のうち、観察対象の試料１１０に近い厚さの複数の標準試料について得られた二つ以上の検量線から演算によって該試料１１０の厚さにおける検量線を求めたものであってもよい。

[0027] Ｂ．基準面の移動量と試料厚さから算出する方法

この方法では、予めＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と基準面（例えば試料台１１２の表面）の移動量との関係を表す検量線を作成して相関情報決

定部１３９に記憶させておく。このとき、図３に示すように、基準面の高さ（例えばピエゾスキャナ１１１の下端面から試料台１１２の表面までの距離）をh_1、試料１１０の厚さをh_2、ピエゾスキャナ１１１の中心軸と水平面とがなす角度をθとすると、試料表面の水平方向の移動量X_2は次の式で表される。

$$X_2=(h_1+h_2)\cos\theta \quad \cdots(1)$$

また、基準面の水平方向の移動量をX_1とすると、前記θは次の式で表される。

$$\theta=\cos^{-1}(X_1/h_1) \quad \cdots(2)$$

従って、式（１）に式（２）を代入することにより、基準面の水平方向の移動量と試料表面の水平方向の移動量との関係を求めることができる。更に、予め相関情報決定部１３９に記憶された前記検量線により基準面の水平方向の移動量とＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧との関係が既知であるから、以上よりＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と試料１１０の表面の水平方向の移動量との関係を求めることができる。相関情報決定部１３９は、この関係を表す情報（式やテーブル）を相関情報として決定し、走査制御部１３２の内部メモリに記憶させる。

[0028] その後、試料１１０の観察が開始されると、走査制御部１３２が前記相関情報とＸ軸及びＹ軸方向における目的の移動量とに基づいてＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧の値を決定し、スキャナ駆動部１３３が該印加電圧をＸＹスキャナ１１１ａに印加する。これにより、試料１１０の厚さを考慮した正確なＸＹ走査が行われるため、該走査によって得られたＸ軸及びＹ軸方向の各位置における信号（上述のＺ軸方向のフィードバック量）をデータ処理部１３４で処理することにより、歪みのない試料表面の３次元画像を表示部１３５の画面上に描出させることができる。

[0029] なお、上記では探針１１４が取り付けられたヘッド部１２１を上下に移動させる粗動機構を利用して試料１１０の厚さを計測するものとしたが、これに限らず、その他の厚さ計測機構（例えば、段差計やレーザ顕微鏡）を走査

プローブ顕微鏡に組み込み、該厚さ計測機構によって計測された試料厚さの値を試料厚さ取得部１３８に送出するようにしてもよい。

[0030] ［実施例２］

図４は第２実施例の走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図である。既に説明した図１と同一の構成要素については、図１で付与したものと同一の符号を付与し、適宜説明を省略する。

[0031] 本実施例の走査プローブ顕微鏡は、相関情報決定部１３９ａで決定された相関情報を、走査制御部１３２ａによるピエゾスキャナ１１１の制御に利用するのではなく、データ処理部１３４ａにおけるデータ処理に利用する点で実施例１と異なっている。

[0032] 本実施例の走査型プローブ顕微鏡を用いて試料の観察を行う際には、まず、実施例１と同様にして、試料厚さ取得部１３８で試料１１０の厚さを取得する。そして、該厚さに基づいて、相関情報決定部１３９ａにてＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と試料表面のＸ軸方向及びＹ軸方向への移動量との関係を表す相関情報（以下これを「データ処理用相関情報」と呼ぶ）を決定し、データ処理部１３４ａに記憶させる。一方、走査制御部１３２ａの内部メモリには、ＸＹスキャナ１１１ａの制御に用いる情報として、ＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と基準面（例えば試料台１１２の表面）のＸ軸方向及びＹ軸方向への移動量との関係を表す情報（以下「スキャナ制御用相関情報」と呼ぶ）が予め記憶されている。

[0033] 続いて、探針１１４の先端を試料１１０のごく近傍に近づけた状態で、試料表面に沿って探針１１４と試料１１０とが相対移動するようにＸＹスキャナ１１１ａによる走査を行いつつ、探針１１４と試料１１０の間の原子間力を一定に保つように探針１１４の試料からの距離（Ｚ軸方向高さ）をフィードバック制御する。この試料走査の各時点におけるＺスキャナ１１１ｂへの印加電圧（すなわちＺ軸方向のフィードバック量）及びＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧を反映した信号はデータ処理部１３４ａにも送られ、データ処理部１３４ａにおける３次元画像の生成に用いられる。

[0034] 但し、本実施例ではＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧の制御に、試料台１１２の表面を基準とした相関情報であるスキャナ制御用相関情報を利用しており、試料１１０の厚さによるＸ軸方向及びＹ軸方向の変位量への影響は考慮されていない。従って、上記信号をそのまま３次元画像の生成に使用すると、得られる３次元画像に歪みが生じることとなる。

[0035] そこで本実施例では、データ処理部１３４ａにて、前記データ処理用相関情報（すなわちＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧と試料表面のＸ軸及びＹ軸方向への移動量との関係）と、上記の試料走査の各時点におけるＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧から、前記各時点における測定点（すなわち前記各フィードバック量が得られた点）の試料１１０表面における位置を算出する。これにより求められた前記各時点における測定点の位置と、変位量算出部１３１から与えられた各時点のフィードバック量とを用いて試料表面の３次元画像を構成することにより、試料１１０の厚さによるＸ軸方向及びＹ軸方向の変位量への影響を考慮した歪みのない３次元画像を表示部１３５の画面上に描出することができる。

[0036] ［実施例３］

図５は第３実施例の走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図である。既に説明した図１と同一の構成要素については、図１で付与したものと同一の符号を付与し、適宜説明を省略する。

[0037] 本実施例は、試料厚さ取得部１３８ａが、走査プローブ顕微鏡に組み込まれた計測機構から試料厚さの値を取得するのではなく、キーボード等から成る入力部１４０を介したユーザからの入力により試料厚さの値を取得する点で実施例１と異なっている。試料厚さ取得部１３８ａが取得した試料厚さの値は、実施例１と同様にして相関情報決定部１３９における相関情報の決定に使用され、該相関情報に基づいて走査制御部１３２がＸＹスキャナ１１１ａへの印加電圧を制御する。なお、これに限らず、相関情報決定部１３９で決定された相関情報を実施例２のようにデータ処理部１３４におけるデータ処理に使用する構成としてもよい。

[0038] 以上、本発明を実施するための形態について実施例を挙げて説明を行ったが、本発明は上記の実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲で適宜変更が許容される。例えば、上記実施例では、試料厚さの値を走査プローブ顕微鏡に組み込まれた計測機構によって計測したり、ユーザからの入力によって取得したりするものとしたが、このほかに、走査プローブ顕微鏡とは別体に構成された計測装置（例えばレーザ顕微鏡や段差計）と接続するためのインターフェースを備え、該インターフェースを介して試料厚さ取得部が前記計測装置による試料厚さの計測値を取得する構成としてもよい。

符号の説明

[0039] １０、１１０…試料

１１、１１１…ピエゾスキャナ

１１ａ、１１１ａ…ＸＹスキャナ

１１ｂ、１１１ｂ…Ｚスキャナ

１２、１１２…試料台

１３、１１３…カンチレバー

１４、１１４…探針

１５…レーザダイオード

１６…レンズ

１７…ビームスプリッタ

１８…ミラー

１９、１１９…光検出器

２０、１２０…測光部

１２１…ヘッド部

１３１…変位量算出部

１３２、１３２ａ…走査制御部

１３３…スキャナ駆動部

１３４、１３４ａ…データ処理部

１３５…表示部

１３６…送りネジ

１３７…ネジ駆動機構

１３８、１３８ａ…試料厚さ取得部

１３９…相関情報決定部

１４０…入力部

請求の範囲

[請求項1] 微小な探針によって試料の表面を走査することにより、試料表面の３次元形状や物理量を検出する走査型プローブ顕微鏡であって、

a） 円筒形のピエゾスキャナを含み、印加電圧によって前記ピエゾスキャナを屈曲させることにより該ピエゾスキャナの上端面に載置された試料を移動させる試料移動手段と、

b）前記印加電圧を制御することにより前記探針と前記試料との相対位置を制御する走査制御手段と、

c）前記試料の厚さ値を取得する試料厚さ取得手段と、

d）前記厚さ値を用いて、前記ピエゾスキャナへの印加電圧と前記試料の表面の水平方向への変位量との対応関係を表す相関情報を決定する相関情報決定手段と、

を有し、

前記走査制御手段が、前記相関情報を用いて前記相対位置の制御を行うことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項2] 微小な探針によって試料の表面を走査することにより、試料表面の３次元形状や物理量を検出する走査型プローブ顕微鏡であって、

a） 円筒形のピエゾスキャナを含み、印加電圧によって前記ピエゾスキャナを屈曲させることにより該ピエゾスキャナの上端面に載置された試料を移動させる試料移動手段と、

b）前記試料移動機構により前記探針に対して前記試料を移動させることで収集された前記試料の表面の各位置における所定の物理量を示す３次元分布データを生成する３次元分布データ生成手段と、

c）前記試料の厚さ値を取得する試料厚さ取得手段と、

d）前記厚さ値を用いて、前記ピエゾスキャナへの印加電圧と前記試料の表面の水平方向への変位量との対応関係を表す相関情報を決定する相関情報決定手段と、

を有し、

前記３次元分布データ生成手段が、前記相関情報を用いて前記３次元分布データを生成することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項3] e）前記試料の厚さを計測する試料厚さ計測手段、

を更に備え、

前記試料厚さ取得手段が、該試料厚さ計測手段から前記試料の厚さ値を取得することを特徴とする請求項１又は２に記載の走査型プローブ顕微鏡。

[請求項4] 前記試料厚さ計測手段が、前記試料と前記探針が互いに接近又は離間する方向に前記ピエゾスキャナ及び／又は探針を駆動する機構であって、前記ピエゾスキャナ及び前記探針を予め定められた距離だけ離間させた状態から、前記ピエゾスキャナ及び／又は前記探針を駆動して前記ピエゾスキャナの上端面に載置された前記試料の表面と前記探針とを所定の距離まで接近させた状態までの前記ピエゾスキャナ及び／又は探針の駆動量から前記試料の厚さ値を求めることを特徴とする請求項３に記載の走査型プローブ顕微鏡。

[請求項5] f)ユーザからの試料の厚さ値の入力を受け付けるユーザ入力受付手段、

を更に備え、

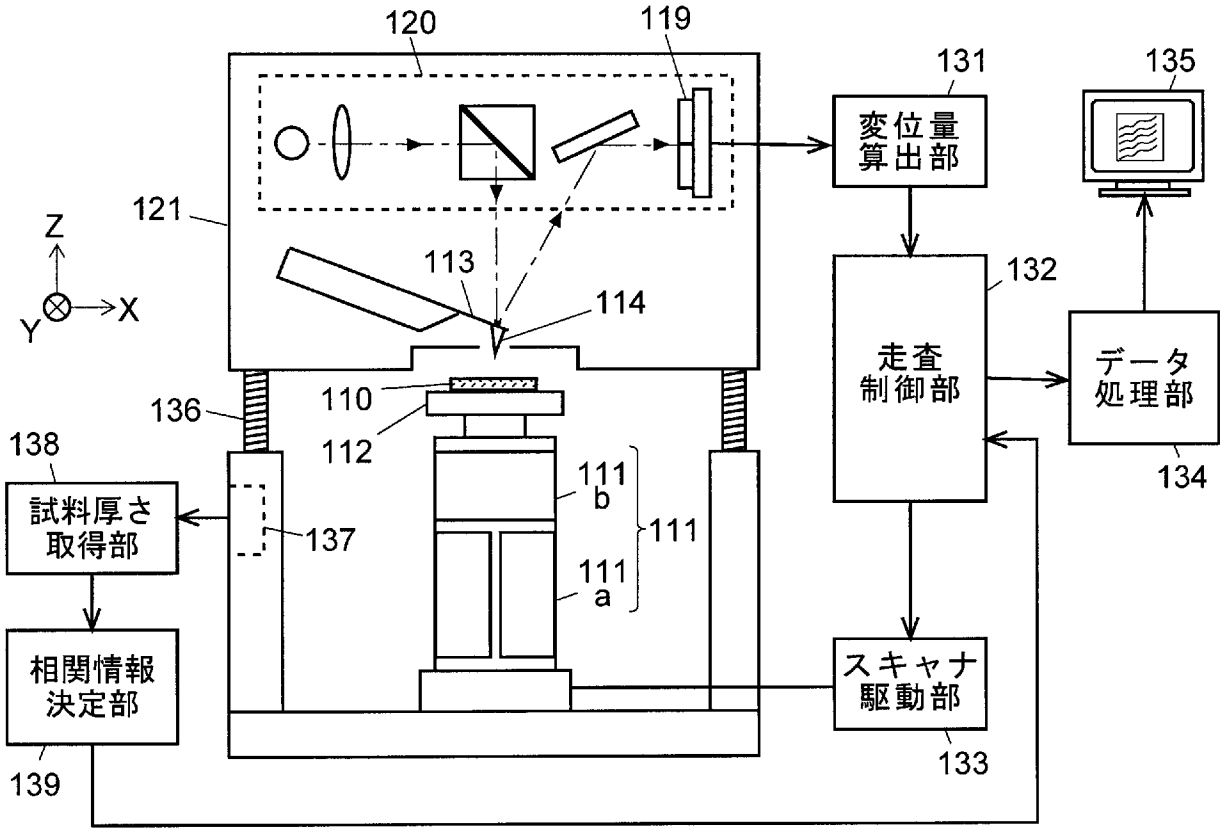
前記厚さ値取得手段が、前記ユーザ入力受付手段から前記厚さ値を取得することを特徴とする請求項１又は２に記載の走査型プローブ顕微鏡。

[請求項6] g)外部の計測装置からの前記試料厚さの計測値の入力を受け付ける計測値入力受付手段、

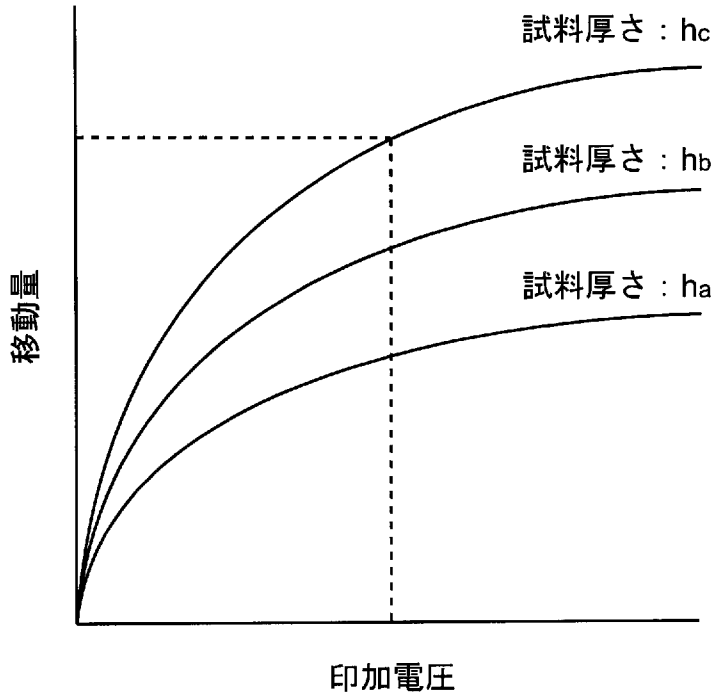
を更に備え、

前記厚さ値取得手段が、前記計測値入力受付手段から前記厚さ値を取得することを特徴とする請求項１又は２に記載の走査型プローブ顕微鏡。

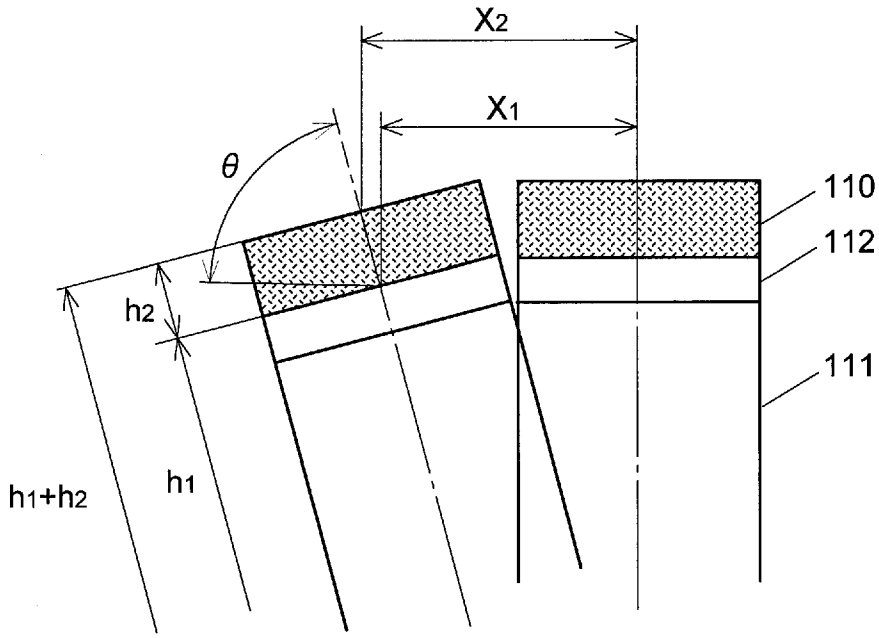
[図1]


120
119
131
135
変位量
算出部
121
Z
Y
X
113
114
132
走査
制御部
データ
処理部
110
136
112
111
b
111
111
a
138
試料厚さ
取得部
137
134
相関情報
決定部
スキャナ
駆動部
139
133

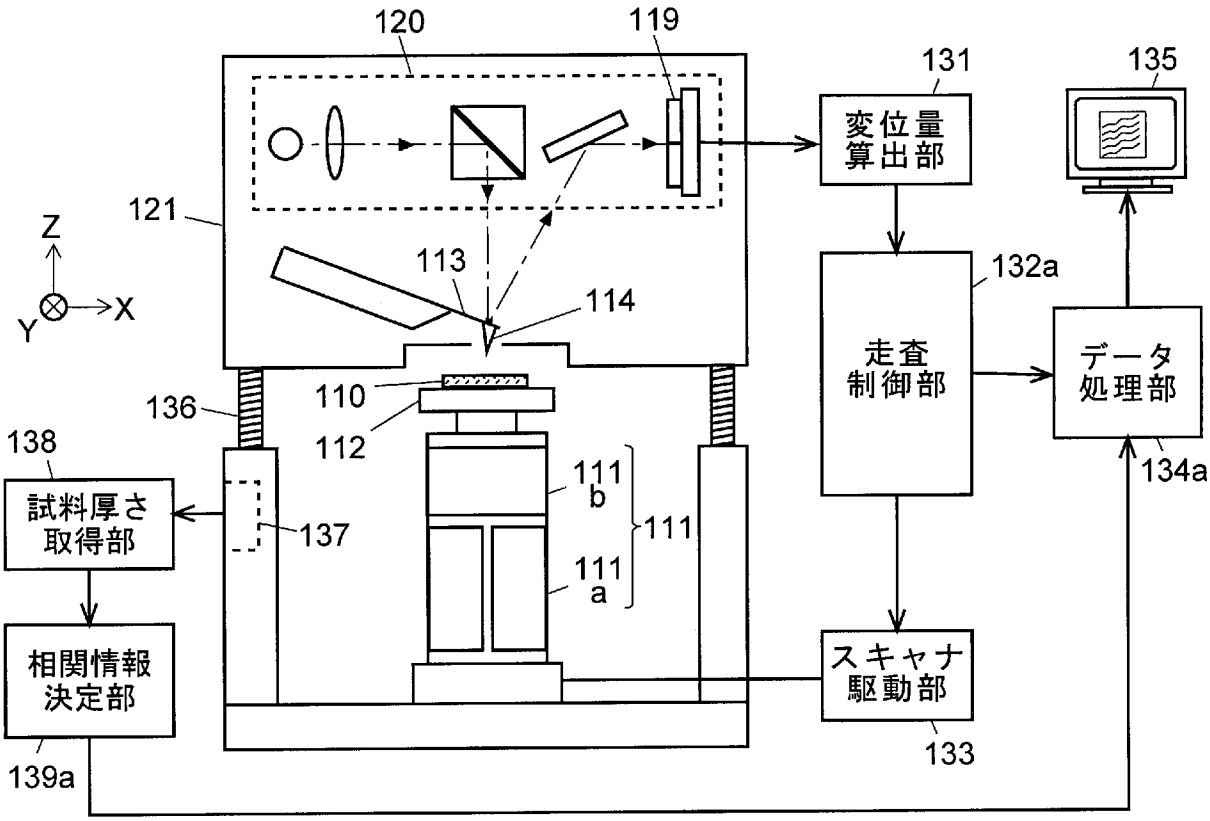
[図2]


試料厚さ：hc
試料厚さ：hb
試料厚さ：ha
移動量
印加電圧

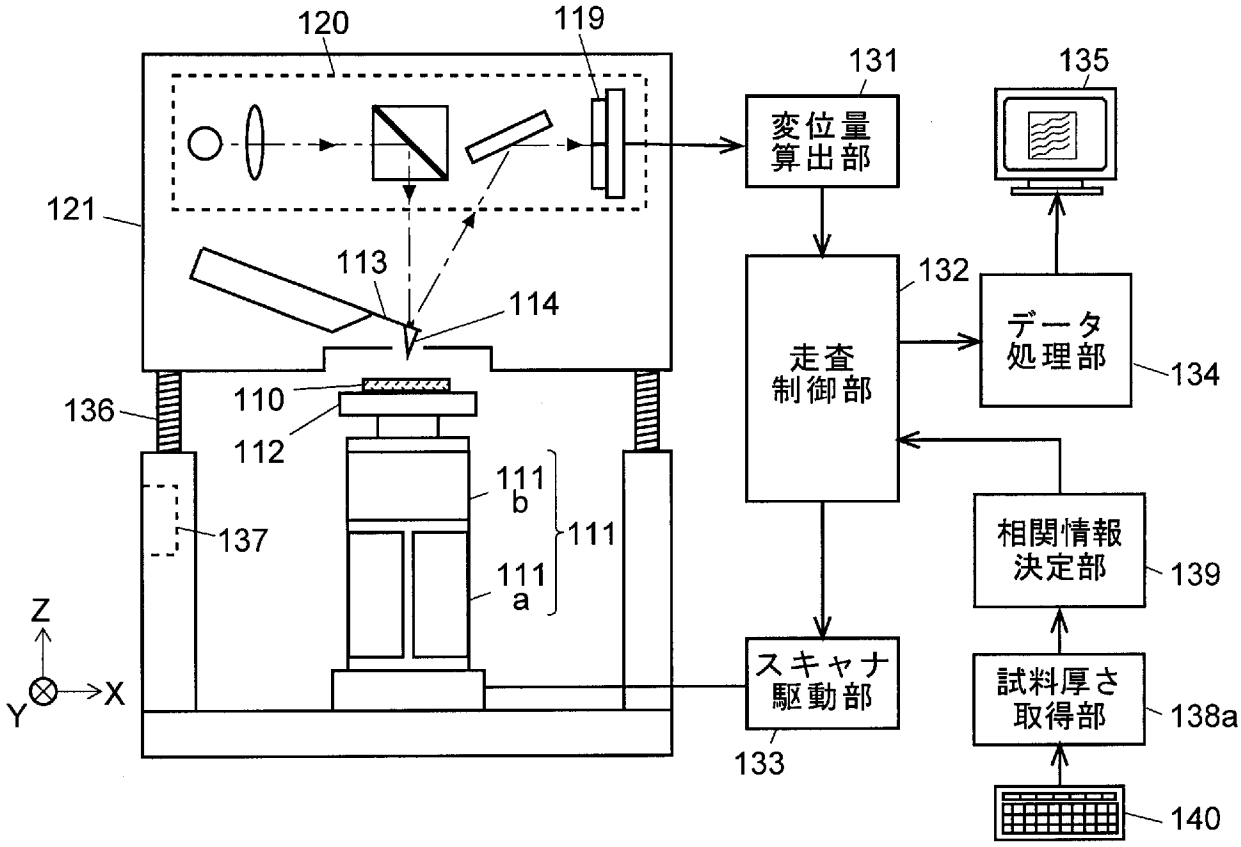
[図3]


X2
X1
θ
110
112
111
h2
h1
h1+h2

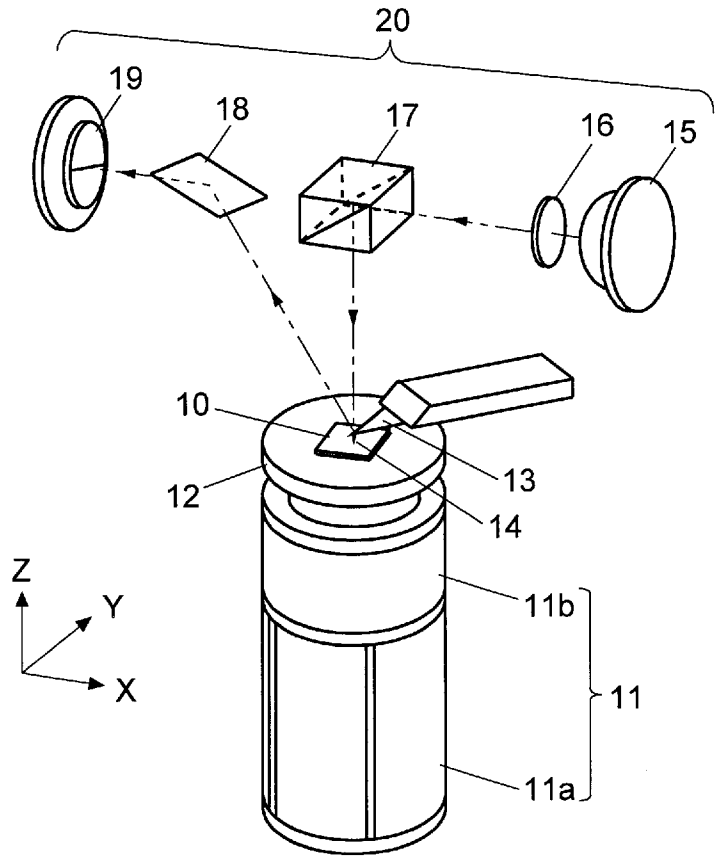
[図4]


120
119
131
135
変位量
算出部
121
Z
Y
X
113
114
132a
走査
制御部
データ
処理部
110
112
136
138
111
b
111
111
a
137
試料厚さ
取得部
134a
相関情報
決定部
スキャナ
駆動部
133
139a

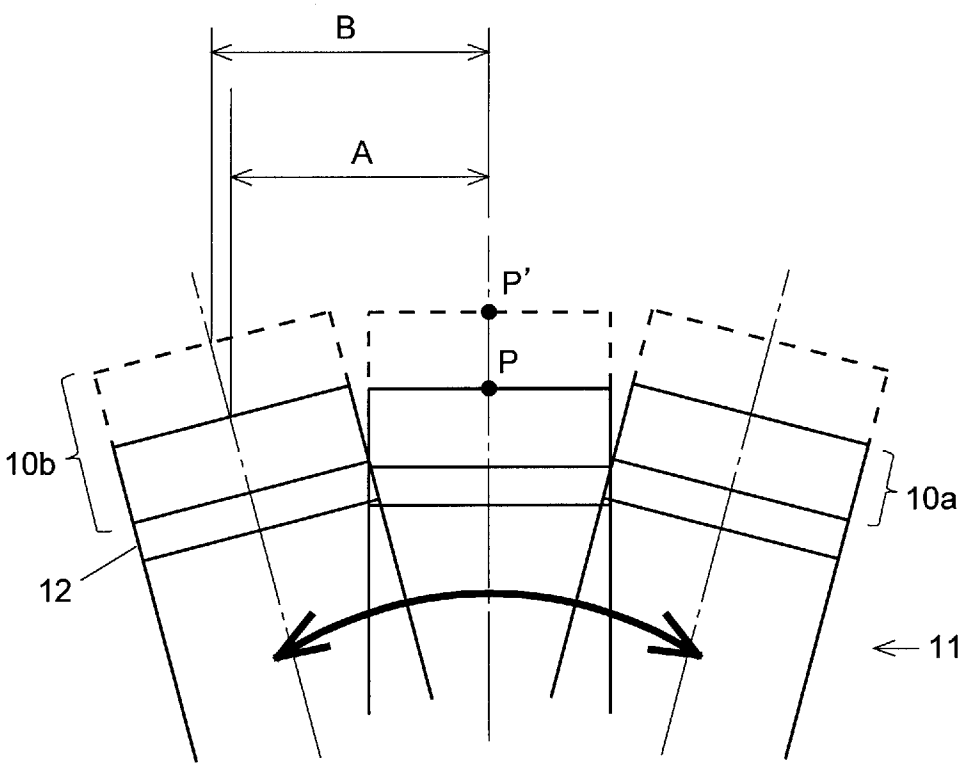
[図5]


120
119
131
135
121
変位量
算出部
113
114
132
走査
制御部
データ
処理部
134
136
110
112
111
b
111
137
111
a
相関情報
決定部
139
Z
Y
X
スキャナ
駆動部
試料厚さ
取得部
138a
133
140

[図6]


20
19
18
17
16
15
10
13
12
14
Z
Y
X
11b
11
11a

[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/057839

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01Q10/04(2010.01)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)
G01Q10/00-90/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-350319 A (Seiko Instruments Inc.), 04 December 2002 (04.12.2002), (Family: none)	1-6
A	JP 2002-125383 A (Japan Science and Technology Corp.), 26 April 2002 (26.04.2002), (Family: none)	1-6
A	JP 10-90283 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 10 April 1998 (10.04.1998), (Family: none)	1-6
A	JP 9-80060 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 28 March 1997 (28.03.1997), (Family: none)	1-6

☒ 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
04 June, 2014 (04.06.14)	17 June, 2014 (17.06.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/057839

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6194813 B1 (Israelachvili), 27 February 2001 (27.02.2001), (Family: none)	1-6

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０５７８３９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01Q10/04(2010.01)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.　G01Q10/00-90/00

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４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）

ＪＳＴＰｌｕｓ／ＪＭＥＤＰｌｕｓ／ＪＳＴ７５８０（ＪＤｒｅａｍＩＩＩ）

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 2002-350319 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2002.12.04, (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-125383 A (科学技術振興事業団) 2002.04.26, (ファミリーなし)	1-6
A	JP 10-90283 A (オリンパス光学工業株式会社) 1998.04.10, (ファミリーなし)	1-6

☑　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
０４．０６．２０１４	１７．０６．２０１４

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）　２Ｊ　４６３５
阿部　知

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２５２

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 9-80060 A（オリンパス光学工業株式会社）1997.03.28,（ファミリーなし）	1-6
A	US 6194813 B1（Israelachvili）2001.02.27,（ファミリーなし）	1-6