

(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
2018年8月30日(30.08.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/155563 A1

(51) 国際特許分類:
G01Q 20/02 (2010.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/006481

(22) 国際出願日: 2018年2月22日(22.02.2018)

(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 2017-031447 2017年2月22日(22.02.2017) 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: 大田 昌弘(OHTA, Masahiro); 〒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).

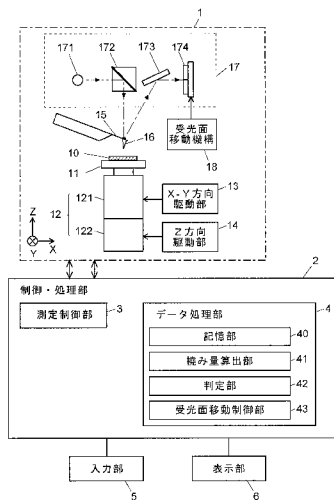
(74) 代理人: 特許業務法人京都国際特許事務所 (KYOTO INTERNATIONAL PATENT LAW OFFICE); 〒6008091 京都府京都市下京区東洞院通四条下ル元悪王子町37番地 豊元四条烏丸ビル Kyoto (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: SCANNING PROBE MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 走査型プローブ顕微鏡

[図3]



- 2 Control and processing unit
- 3 Measurement control unit
- 4 Data processing unit
- 5 Input unit
- 6 Display unit
- 13 X-Y direction drive unit
- 14 Z-direction drive unit
- 18 Light receiving surface moving mechanism
- 40 Storage unit
- 41 Deflection amount calculating unit
- 42 Determining unit
- 43 Light receiving surface movement control unit

(57) Abstract: Provided is a scanning probe microscope provided with: a measuring light radiating unit 171 which radiates light onto a reflecting surface provided at a movable end of a cantilever 15; a light detecting unit 174 which has a light receiving surface that is wider than a region of incidence of reflected light from the reflecting surface, and which detects the reflected light by means of a plurality of regions; a deflection amount calculating unit 42 which obtains an amount of deflection of the cantilever 15 on the basis of the proportions of the amounts of light incident on each of the plurality of regions; a determining unit 42 which determines whether an amount of change in the deflection of the cantilever 15 relative to a distance between a base end of the cantilever 15 and a sample 10 is at least equal to a threshold K_{th} ; and a light receiving surface moving unit 18 which moves the light receiving surface in such a way as to cancel out the amount of change if the amount of change is less than the threshold K_{th} .

(57) 要約: カンチレバー 15 の可動端に設けられた反射面に光を照射する測定光照射部 171 と、反射面からの反射光の入射領域よりも広い受光面を有し該受光面が複数の領域に分割された受光面により該反射光を検出する光検出部 174 と、複数の領域に入射する光量の割合に基づいてカンチレバー 15 の撓み量を求める撓み量算出部 42 と、カンチレバー 15 の基端と試料 10 の距離に対するカンチレバー 15 の撓みの変化量が閾値 K_{th} 以上であるか否かを判定する判定部 42 と、変化量が閾値 K_{th} よりも小さい場合に変化量を相殺するように受光面を移動させる受光面移動部 18 とを備えた走査型プローブ顕微鏡を提供する。

[続葉有]

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

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

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

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、探針で試料表面を走査することにより該試料表面の情報を得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では、微小な探針（プローブ）の先端を試料表面に近づけ、該探針で試料表面を走査しながら該探針と試料の力学的・電磁氣的相互作用を検出する。これにより取得されたデータは走査型プローブ顕微鏡用のデータ処理装置に取り込まれ、試料表面の形状や物性の解析に供される。

[0003] 図1に、走査型プローブ顕微鏡の要部構成を示す。走査型プローブ顕微鏡は、測定部101と制御・処理部102からなる。測定部101は制御・処理部102からの制御信号に基づき動作し、測定部101で取得された測定データは順次、制御・処理部102に送られ分析に供される。

[0004] 測定部101では、測定対象の試料110がスキャナ112の上に設けられた試料台111の上に載置される。スキャナ112は、試料台111を水平面内で互いに直交するX軸、Y軸の2方向に移動させるXYスキャナ1121と、試料台111をX軸及びY軸に直交するZ軸方向（鉛直方向）に移動させるZスキャナ1122と、を含む。XYスキャナ1121及びZスキャナ1122はそれぞれ、制御・処理部102からの制御信号に基づき動作する圧電素子（図示なし）により駆動される。

[0005] スキャナ112の上方には、先端（可動端）に探針116を有し可撓性を有するカンチレバー115の基端が固定されている。カンチレバー115の撓みを検出するために、カンチレバー115の可動端の探針116の背面には反射面が形成されており、またその上方には、レーザ光源1171、ハーフミラー1172、ミラー1173、及び光検出器1174を含む光学的変

位検出部 117 が設けられている。光学的変位検出部 117 では、レーザ光源 1171 から出射したレーザ光をハーフミラー 1172 で略垂直下方に反射し、カンチレバー 115 の反射面に照射する。この反射面で反射された光はミラー 1173 を経て光検出器 1174 に入射する。光検出器 1174 は、例えば 4 分割された受光面を有する 4 分割光検出器である。カンチレバー 115 が撓むと、前記反射面の角度が変化し、4 つの分割受光面に入射する光量の割合が変化する。光検出器 1174 からの出力信号は、制御・処理部 102 に送られる。制御・処理部 102 は、光検出器 1174 の複数の分割受光面における受光光量の割合に応じた検出信号を演算処理し、カンチレバー 115 の撓み量（すなわち、先端部の変位量）を算出する。

[0006] 走査型プローブ顕微鏡における測定モードの 1 つに、コンタクトモードがある。この測定モードでは、例えば、スキャナ 112 により試料台 111 を上昇させ、試料 110 表面を探針 116 に近づけつつカンチレバー 115 の撓み量を測定することにより、試料 110 表面とカンチレバー 115 の基端の間の距離とカンチレバー 115 の撓み量の関係を表すアプローチラインを取得し、また、試料 110 表面を探針 116 から遠ざけつつカンチレバー 115 の撓み量を測定することにより同様にリリースラインを取得する（例えば特許文献 1）。アプローチラインとリリースラインの組はフォースカーブと呼ばれる。

[0007] また、走査型プローブ顕微鏡における別の測定モードに、ダイナミックモードがある。ダイナミックモードでは、例えば、カンチレバー 115 を所定の周波数で振動させつつ探針を試料 110 表面に近接させた状態で該表面を走査することにより、試料 110 との相互作用によるカンチレバー 115 の振動周波数の変化を測定する（例えば特許文献 2）。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献 1：特開 2005-283433 号公報

特許文献 2：特開 2011-33482 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 特許文献2に記載されているように、走査型プローブ顕微鏡を用いた試料110の測定中には、探針と試料の間の距離が数nm程度に近接した状態で働く力学的・電磁氣的相互作用（短距離力）以外にもカンチレバー115の動作に影響を及ぼす要因がある。こうした要因として、例えば、測定環境の温度変化や、カンチレバー115の反射面へのレーザ光の照射により生じる発熱、探針と試料の間の距離が数 μ m程度離間した状態で働く静電気力（長距離力）が挙げられる。特許文献2には、ダイナミックモードにおいて、カンチレバー115の振動周波数の変化が予め決められた閾値を超える毎に該閾値にオフセット量（周波数）を加算することにより、これらの要因の影響を排除することが記載されている。

[0010] しかし、コンタクトモードでは、上記要因によってカンチレバー115の撓み量が変わると、光検出器1174の受光面においてカンチレバー115の反射面からの反射光の受光位置が変化する。この変化が続くと、例えば初期状態では図2(a)に示すように受光面の中央に入射していた反射光が、図2(b)に示すように1つの分割受光面のみに入射する状態になる。上述のとおり、この光検出器1174は複数の分割受光面における受光光量の割合に応じた検出信号を演算処理するによりカンチレバー115の撓み量を算出するものであるため、1つの分割受光面にしか反射光が入射しなくなるとカンチレバー115の撓み量を求めることができなくなってしまうという問題があった。

[0011] 本発明が解決しようとする課題は、試料の測定中に測定環境の温度変化等の不所望の要因でカンチレバーに撓みが生じる場合でも、探針と試料の力学的・電磁氣的相互作用（短距離力）を正しく測定することができる走査型プローブ顕微鏡を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するために成された本発明は、可撓性を有し両端が基端と

可動端であるカンチレバーを用いて、該可動端に設けられた探針により試料表面を走査する走査型プローブ顕微鏡であって、

- a) 前記可動端に設けられた反射面に光を照射する測定光照射部と、
- b) 前記反射面からの反射光の入射領域よりも広く、複数の領域に分割されてなる受光面により該反射光を検出する光検出部と、
- c) 前記複数の領域に入射する光量の割合に基づいて前記カンチレバーの撓み量を求める撓み量算出部と、
- d) 前記カンチレバーの基端と前記試料の距離に対する前記カンチレバーの撓みの変化量が予め決められた閾値以上であるか否かを判定する判定部と、
- e) 前記変化量が前記閾値よりも小さい場合に、該変化量を相殺するように、前記受光面への前記反射光の入射位置を移動させる入射位置移動部とを備えることを特徴とする。

[0013] 前記入射位置移動部は、例えば前記受光面の位置を移動させる受光面移動部、あるいは前記反射面から前記受光面の間に配置される光学素子の位置を移動させる光学素子移動部である。

[0014] 走査型プローブ顕微鏡では、カンチレバーの可動端に設けられた探針と試料の力学的・電磁氣的相互作用（短距離力）を測定する。こうした短距離力は、カンチレバーの基端と試料表面が遠い間は働かず、その距離が数nm程度まで近くなると急激に働く力であり、またカンチレバーの基端と試料表面の距離に対する該カンチレバーの撓みの変化量が大きい。一方、測定環境の温度変化や、カンチレバーの反射面へのレーザ光の照射により生じる発熱といった要因による撓みの変化量はカンチレバーの基端と試料の距離に無関係である。また、試料とカンチレバーの間に働く静電気力等（長距離力）による撓みの、カンチレバーの基端と試料の距離に対する変化量は短距離力に比べて小さい。従って、短距離力に基づく撓みの変化量のみを有効とするように前記閾値を決めておき、カンチレバーの撓みの変化量が該閾値よりも小さい場合にはこれを相殺するように受光面を移動させることによって、不所望の要因によるカンチレバーの撓みの変化量を排除し、カンチレバーの探針と試

料の力学的・電磁氣的相互作用（短距離力）を正しく測定することができる。

- [0015] 本発明に係る走査型プローブ顕微鏡は、例えば
前記撓み量算出部が前記カンチレバーの撓み量を第１の周期で求め、
前記判定部が、前記第１の周期よりも長い第２の周期で前記カンチレバー
と前記試料の距離に対する前記カンチレバーの撓みの変化量が予め決められ
た閾値以上であるか否かを判定する
ように構成することができる。

発明の効果

- [0016] 本発明に係る走査型プローブ顕微鏡を用いることにより、試料の測定中に
測定環境の温度変化等の不所望の要因でカンチレバーに撓みが生じる場合で
も、探針と試料の力学的・電磁氣的相互作用（短距離力）を正しく測定する
ことができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]従来の走査型プローブ顕微鏡の要部構成図。
[図2]カンチレバーの反射面から光検出器の受光面に入射する光の入射位置を
説明する図。
[図3]本発明に係る走査型プローブ顕微鏡の一実施例の要部構成図。
[図4]カンチレバーの撓みの一例を説明する図。

発明を実施するための形態

- [0018] 本発明に係る走査型プローブ顕微鏡の実施例について、以下、図面を参照
して説明する。
- [0019] 図２は本実施例の走査型プローブ顕微鏡の要部構成図である。この走査型
プローブ顕微鏡は、測定部１と制御・処理部２からなり、制御・処理部２は
測定制御部３とデータ処理部４を備えている。制御・処理部２の実体は後述
の構成及び機能ブロックを備えたパーソナルコンピュータであり、入力部５
と表示部６が接続されている。
- [0020] 測定部１では、測定対象の試料１０がスキャナ１２の上に設けられた試料

台 1 1 の上に載置される。スキャナ 1 2 は、試料台 1 1 を水平面内で互いに直交する X、Y の 2 軸方向に移動させる X Y スキャナ 1 2 1 と、試料台 1 1 を X 軸及び Y 軸に対し直交する Z 軸方向（鉛直方向）に移動させる Z スキャナ 1 2 2 と、を含む。X Y スキャナ 1 2 1 及び Z スキャナ 1 2 2 はそれぞれ、測定制御部 3 からの制御信号に基づき動作する圧電素子（図示なし）により駆動される。

[0021] 試料 1 0 の上方（ここでは Z 軸方向に離れた位置）には、先端に探針 1 6 を有し可撓性を有するカンチレバー 1 5 が配置されている。カンチレバー 1 5 の Z 軸方向の変位を検出するために、該カンチレバー 1 5 の上方には、レーザ光源 1 7 1、ハーフミラー 1 7 2、ミラー 1 7 3、及び光検出器 1 7 4 を含む光学的変位検出部 1 7 が設けられている。また、光検出器 1 7 4 の受光面は、圧電素子（図示なし）を駆動源として有する受光面移動機構 1 8 により移動可能に構成されている。

[0022] 光学的変位検出部 1 7 では、レーザ光源 1 7 1 から出射したレーザ光をハーフミラー 1 7 2 で略垂直下方に反射させ、カンチレバー 1 5 の先端背面に設けられた反射面に照射する。この反射面で反射された光はミラー 1 7 3 を経て光検出器 1 7 4 に入射する。光検出器 1 7 4 は、Z 軸方向及び Y 軸方向に 4 分割された受光面を有する 4 分割光検出器であり、その出力信号は後述の撓み量算出部 4 1 に送られる。

[0023] 測定制御部 3 は、主として測定部 1 の測定動作を制御するものであり、使用者により入力される種々の測定条件に基づき、スキャナ 1 2 を駆動してカンチレバー 1 5 で試料 1 0 の表面を走査し、試料 1 0 表面の各測定点におけるアプローチラインとリリースラインからなるフォースカーブのデータを取得する。測定により得られたデータはデータ処理部 4 の記憶部 4 0 に保存される。

[0024] データ処理部 4 は、記憶部 4 0 の他に、機能ブロックとして、撓み量算出部 4 1、判定部 4 2、及び受光面移動制御部 4 3 を備えている。なお、本実施例の受光面移動機構 1 8 及び受光面移動制御部 4 3 が本発明における入射

位置移動部に相当する。これらの機能ブロックは、制御・処理部2を構成するコンピュータのCPUによりデータ処理用プログラムを実行することにより具現化される。記憶部40には、後述の動作において用いられる、カンチレバー15の撓み量の最大値 $K_{\max}$ 、及びカンチレバー15の基端と試料10の距離に対するカンチレバー15の撓みの変化量の閾値 K_{th} が予め保存されている。

[0025] 以下、本実施例の走査型プローブ顕微鏡における測定動作を説明する。ここでは、走査型プローブ顕微鏡をコンタクトモードで使用し、フォースカーブを構成するアプローチラインデータを取得する例を説明する。

[0026] 使用者により測定開始が指示されると、測定制御部3はX-Y方向駆動部13に制御信号を送信して探針16を試料10の表面の測定位置の上方に移動させ、続いてZ方向駆動部14に電気信号を送信して試料台11を予め決められた一定の速度で上方に移動させる。これにより、カンチレバー15の基端と試料10の距離が徐々に近づき、カンチレバー15に設けられた探針16が試料10の表面に近接していく。

[0027] 試料台11を上方に移動する間、撓み量算出部41は、第1の周期(200kHz)で光検出器174からの出力信号に基づき、具体的には4つの分割受光面における受光光量の割合からカンチレバー15の撓み量及び撓みの方向を求める。判定部42は、撓み量算出部41によりカンチレバー15の撓み量が求められる毎に(即ち第1の周期で)、該撓み量が記憶部40に保存されている最大値 $K_{\max}$ に達したか否かを判定する。この最大値 $K_{\max}$ は、探針16の先端が試料表面に達したことを確認するために用いられる値である。具体的には、探針16の先端が試料10の表面に達したあと、該先端が試料10の表面に押し付けられカンチレバー15がわずかに弓なりに沿った状態でのカンチレバー15の撓み量が最大値 $K_{\max}$ に設定される。

[0028] カンチレバー15の撓み量が最大値 $K_{\max}$ に達していなければ、測定制御部3は試料台11の上方への移動を継続する。カンチレバー15の撓み量が最大値 $K_{\max}$ に達すると、試料台11の上方への移動を停止してアプローチラインデ

ータの取得を終了する。

[0029] また、判定部42は、第1の周期よりも長い第2の周期（20kHz）で、カンチレバー15の基端と試料10の距離に対するカンチレバー15の撓みの変化量が予め決められた閾値 K_{th} 以上であるか否かを判定する。本実施例では、上述のとおり試料台11を定速で上方に移動させる構成であり、この閾値 K_{th} は20kHzの周期の間（50 μ s）に移動する試料台11の距離に応じた変化量として予め設定される。そのため、前回判定時からのカンチレバー15の撓みの変化量が記憶部40に保存されている閾値 K_{th} を超えているか否かによりこの判定を行うことができる。

[0030] 上記判定に用いられる閾値 K_{th} は、測定環境の温度変化やカンチレバーの反射面へのレーザ光の照射により生じる発熱といった要因による撓みの変化量よりも大きく、探針16と試料10の間の力学的・電磁氣的相互作用（短距離力）に基づく撓みの変化量よりも小さい値になるよう、予備測定の結果等に基づき予め決められている。従って、上記判定により、求められたカンチレバー15の撓みが試料10と探針16に短距離力によるものか否かを判定することができる。

[0031] 判定部42が、カンチレバー15の撓み量が閾値 K_{th} を超えていると判定した場合、カンチレバー15の撓みは探針16と試料10の間の短距離力によるものであり、カンチレバー15の撓み量の値はアプローチラインを構成する有効なデータとして記憶部40に保存される。

[0032] 一方、判定部42が、カンチレバー15の撓み量が閾値 K_{th} を超えていないと判定した場合、カンチレバー15の撓みは、測定環境の温度変化やカンチレバーの反射面へのレーザ光の照射により生じる発熱等（以下、これらをまとめて「外的要因」とも呼ぶ。）によるものであると考えられる。この場合には、受光面移動制御部43が、測定制御部3を介して受光面移動機構18に制御信号を送信し、カンチレバー15の反射面からの反射光が光検出器174の分割受光面の中央に入射するように受光面を移動させる。つまり、カンチレバー15の撓み量をキャンセルするように受光面を移動させる。

[0033] ここで、図4に一点鎖線で示すように、測定中に外的要因によるカンチレバー15の撓みが継続的に生じている場合を考える。従来の走査型プローブ顕微鏡では、外的要因によりカンチレバー15が継続的に撓み続けると、探針16の先端が試料10の表面に達する前に（カンチレバー15の基端と試料10表面の距離が D_1 の時点で）カンチレバー15の撓み量が最大値 K_{max} に達するため、探針16の先端が試料10の表面に達したと誤判定されてしまい、正しいアプローチラインデータを得ることができない。

[0034] これに対し、本実施例の走査型プローブ顕微鏡では、測定中に外的要因によりカンチレバー15に撓みが生じている場合でも、上述のように光検出器174の受光面を移動させてその撓み量を相殺して、図4に実線で示すようにカンチレバー15の撓み量を捉えることができる。従って、探針16の先端が試料10の表面に達した時点（カンチレバー15の基端と試料10表面の距離が D_0 の時点）を正確に捉えることができる。

[0035] 本実施例は一例であって、本発明の趣旨に沿って適宜に変更することができる。

上記実施例では、試料台11を移動させることにより、カンチレバー15の基端と試料10の表面の距離を変化させたが、試料台11を固定しカンチレバー15を移動させるように構成してもよい。また、上記実施例では、第1の周期を200kHz、第2の周期を20kHzとしたが、これらは試料台11（あるいはカンチレバー15）の移動速度に応じて適宜に設定すればよい。ただし、第1の周期よりも第2の周期の方が長くなるように設定する。

[0036] また、上記実施例では、入射位置移動部として、受光面移動機構18及び受光面移動制御部43を用いたが、カンチレバー15の反射面から光検出器174の受光面の間に配置される光学素子の位置を移動させることにより該受光面における反射光の入射位置を移動させるように構成することもできる。例えば、ミラー173を回転させるミラー駆動部と該ミラー駆動部を制御するミラー移動制御部により構成することができる。

符号の説明

[0037] 1 0 …試料

1 …測定部

1 0 …試料

1 1 …試料台

1 2 …スキャナ

1 2 1 …X Y スキャナ

1 2 2 …Z スキャナ

1 3 …Y 方向駆動部

1 4 …Z 方向駆動部

1 5 …カンチレバー

1 6 …探針

1 7 …光学的変位検出部

1 7 1 …レーザ光源

1 7 2 …ハーフミラー

1 7 3 …ミラー

1 7 4 …光検出器

1 8 …受光面移動機構

2 …制御・処理部

3 …測定制御部

4 …データ処理部

4 0 …記憶部

4 1 …撓み量算出部

4 2 …判定部

4 3 …受光面移動制御部

5 …入力部

6 …表示部

請求の範囲

[請求項1] 可撓性を有し両端が基端と可動端であるカンチレバーを用いて、該可動端に設けられた探針により試料表面を走査する走査型プローブ顕微鏡であって、

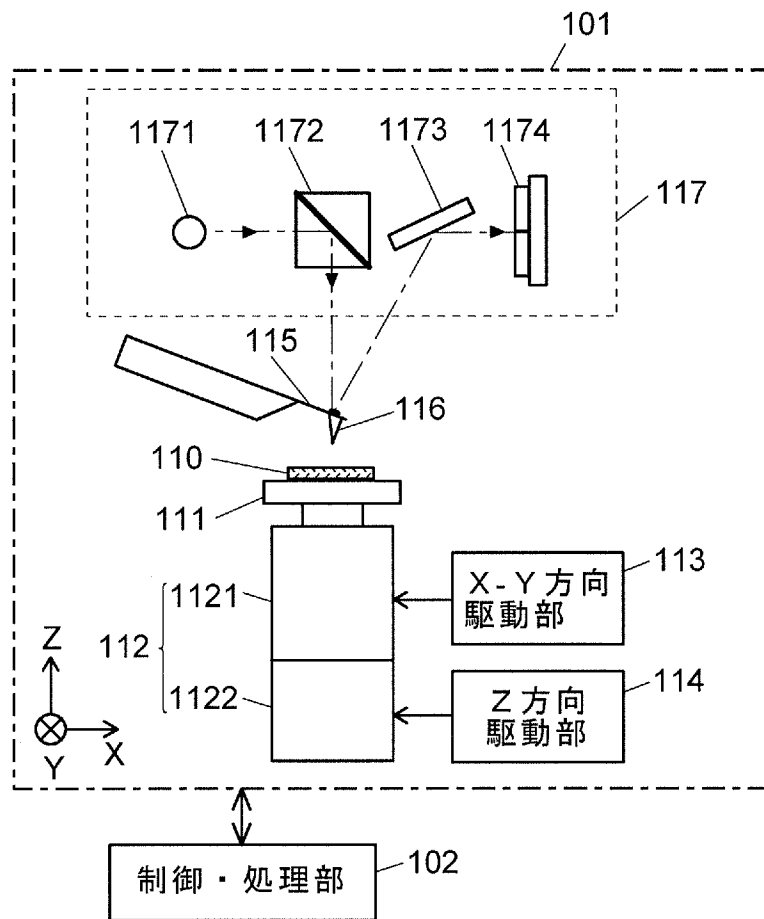
- a) 前記可動端に設けられた反射面に光を照射する測定光照射部と、
- b) 前記反射面からの反射光の入射領域よりも広く、複数の領域に分割されてなる受光面により該反射光を検出する光検出部と、
- c) 前記複数の領域に入射する光量の割合に基づいて前記カンチレバーの撓み量を求める撓み量算出部と、
- d) 前記カンチレバーの基端と前記試料の距離に対する前記カンチレバーの撓みの変化量が予め決められた閾値以上であるか否かを判定する判定部と、
- e) 前記変化量が前記閾値よりも小さい場合に、該変化量を相殺するように、前記受光面への前記反射光の入射位置を移動させる入射位置移動部と

を備えることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項2] 前記入射位置移動部が前記受光面を移動することにより前記変化量を相殺するものであることを特徴とする請求項1に記載の走査型プローブ顕微鏡。

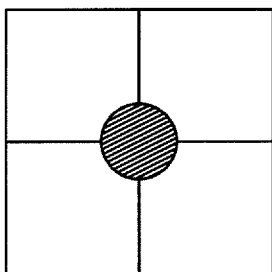
[請求項3] 前記撓み量算出部が前記カンチレバーの撓み量を第1の周期で求め、
前記判定部が、前記第1の周期よりも長い第2の周期で前記カンチレバーと前記試料の距離に対する前記カンチレバーの撓みの変化量が予め決められた閾値以上であるか否かを判定することを特徴とする請求項1に記載の走査型プローブ顕微鏡。

[図1]

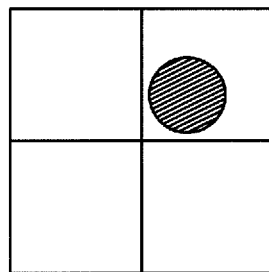


[図2]

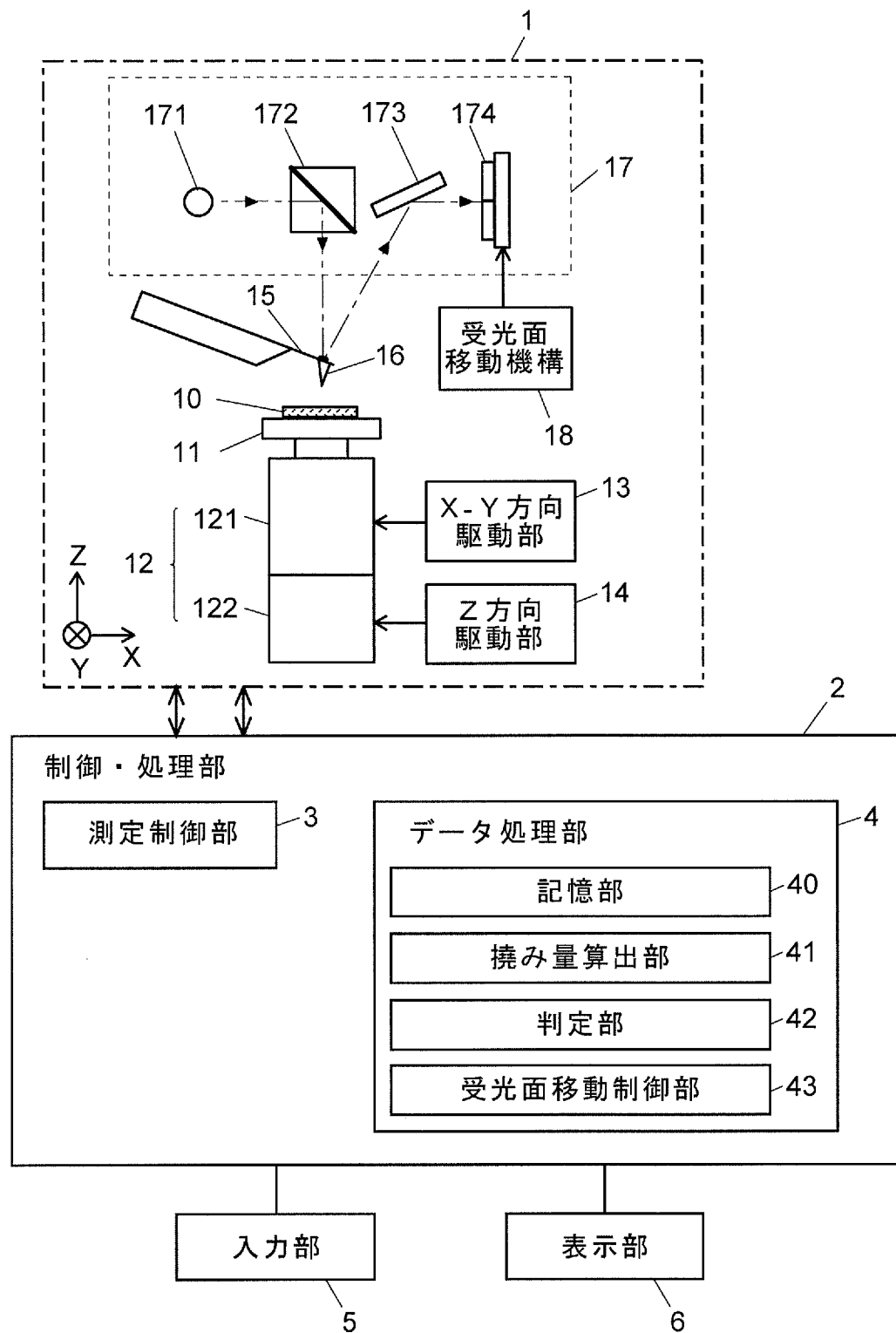
(a)



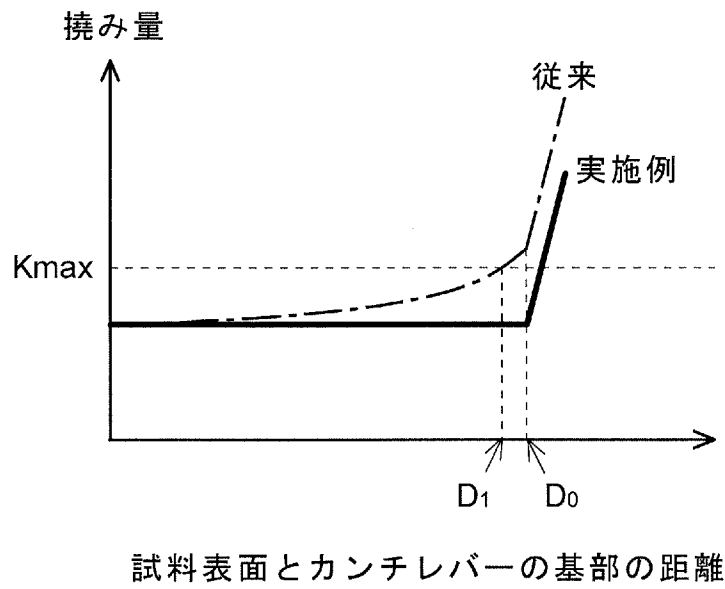
(b)



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/006481

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01Q20/02 (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)

Int.Cl. G01Q20/02

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 8-136552 A (HITACHI, LTD.) 31 May 1996, entire text, all drawings (Family: none)	1-3
A	JP 2000-329679 A (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY) 30 November 2000, entire text, all drawings (Family: none)	1-3

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
01.05.2018

Date of mailing of the international search report
15.05.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/006481

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-195548 A (HITACHI KENKI FINE TECH CO., LTD.) 21 July 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-3
A	JP 2006-337143 A (MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION) 14 December 2006, entire text, all drawings (Family: none)	1-3
A	WO 2016/189651 A1 (SHIMADZU CORPORATION) 01 December 2016, entire text, all drawings (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01Q20/02(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（I P C））

Int.Cl. G01Q20/02

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 8-136552 A（株式会社日立製作所）1996.05.31, 全文全図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2000-329679 A（日立建機株式会社）2000.11.30, 全文全図 (ファミリーなし)	1-3

☒ 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

01.05.2018

国際調査報告の発送日

15.05.2018

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）

素川 慎司

2 J

4844

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 2005-195548 A (日立建機ファインテック株式会社) 2005. 07. 21, 全文全図 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2006-337143 A (三菱化学株式会社) 2006. 12. 14, 全文全図 (ファミリーなし)	1-3
A	WO 2016/189651 A1 (株式会社島津製作所) 2016. 12. 01, 全文全図 (ファミリーなし)	1-3