

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-233669

(P2005-233669A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int. Cl.⁷

GO 1 N 13/10

F I

GO 1 N 13/10

C

GO 1 N 13/10

E

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-40055 (P2004-40055)
 (22) 出願日 平成16年2月17日 (2004.2.17)

(71) 出願人 000001993
 株式会社島津製作所
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 (74) 代理人 100095670
 弁理士 小林 良平
 (72) 発明者 田中 豊彦
 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

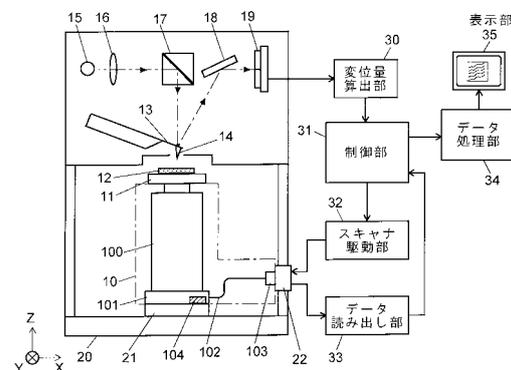
(54) 【発明の名称】 走査型プローブ顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 スキャナの種類を交換した際の入力設定忘れや入力ミスによる不適切な測定を防止する。

【解決手段】 各スキャナユニットは予め制御用パラメータを記憶させたICメモリを備える。電源投入時にデータ読み出し部33は、ベース21上に装着されているスキャナユニット10のICメモリ104からデータを読み出し、制御部31は内部メモリにそのデータを保持する。試料表面の観察時に、制御部31は内部メモリに保持してある制御用パラメータを用いてスキャナ100への印加電圧を算出し、プローブ14に対して試料12をX-Y平面内で走査するとともに、変位量算出部30で求まるカンチレバー13の変位量に応じてスキャナ100をZ軸方向に変位させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料表面にごく近接して配置されるプローブに対して試料を相対移動させるためのスキヤナが取り替え自在である走査型プローブ顕微鏡において、

スキヤナはそれぞれの種類に応じた又は各スキヤナに特有の制御用パラメータを予め記憶させてある記憶手段を備える一方、

顕微鏡本体は、当該顕微鏡に装着されたスキヤナが備える前記記憶手段の記憶内容を読み取るデータ読み出し手段と、その読み出された制御用パラメータを用いてスキヤナの駆動制御を実行するスキヤナ制御手段と、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】

試料表面にごく近接して配置されるプローブに対して試料を相対移動させるためのスキヤナが取り替え自在である走査型プローブ顕微鏡において、

a) 使用し得る各種のスキヤナの制御用パラメータをスキヤナの種類に対応付けて記憶しておく記憶手段と、

b) 当該顕微鏡本体に装着されたスキヤナの種類を判別するスキヤナ識別手段と、

c) 該識別結果に応じたスキヤナに関する制御用パラメータを前記記憶手段から取得し、該パラメータを用いてスキヤナの駆動制御を実行するスキヤナ制御手段と、

を備えることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【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、プローブ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、プローブ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)。すなわち、スキヤナ100の上部に取り付けられた試料ホルダ11上に試料12を載置し、カンチレバー13に取り付けられた鋭なプローブ14の先端を試料12のごく近傍 (数nm以下の間隙) に近づける。このとき、プローブ14の先端と試料12の原子の間には原子間力 (引力又は反発力) が作用する。この状態で、試料表面に沿ってプローブ14と試料12とがX-Y平面内で相対移動するようにスキヤナ100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プローブ14の試料12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12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の変位を検出するために、その上部に測光部が設けられている。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2つ) に分割された受光面を有する。したがって、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

10

20

30

40

50

合が変化するため、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。

【0005】

スキャナ100は piezo素子を含む略円筒形状体であり、外部から印加される電圧によってX軸、Y軸、及びZ軸方向にそれぞれ所定範囲で自在に変位する。試料上の狭い範囲を高い分解能で観察したい場合には同一印加電圧に対して変位量の小さなスキャナを用いるとよく、分解能は粗くてもよいが試料上の広い範囲を観察したい場合には同一印加電圧に対して変位量の大きなスキャナを用いるとよい。そのため、観察目的などに応じて適宜の特性のスキャナを使用することが好ましく、従来の走査型プローブ顕微鏡では、スキャナの交換が比較的容易であるように配慮がなされている。

10

【0006】

但し、スキャナの種類が相違すると同一印加電圧に対してX軸、Y軸及びZ軸方向のそれぞれの変位量が異なるため、どのような種類のスキャナを使用しているかという情報を制御・信号処理用のコンピュータに与える必要がある。従来の走査型プローブ顕微鏡では、こうした情報はスキャナの種類を交換した際に測定者がキー操作等により入力し直さなければならない。しかしながら、そうした入力作業は定常的な作業でないため忘れられがちであり、入力忘れや入力時のミスなどのために誤った測定結果が得られてしまうということがよくあった。

【0007】

【特許文献1】特許第2833491号公報(図5、図6及び[0003]段~[0005]段)

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明はかかる課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、スキャナの種類を交換に際しての測定者の作業を軽減できるとともに、作業の忘れやミスによる誤った測定を防止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】

【0009】

上記課題を解決するために成された第1発明は、試料表面にごく近接して配置されるプローブに対して試料を相対移動させるためのスキャナが取り替え自在である走査型プローブ顕微鏡において、

30

スキャナはそれぞれの種類に応じた又は該スキャナに特有の制御用パラメータを予め記憶させてある記憶手段を備える一方、

顕微鏡本体は、当該顕微鏡に装着されたスキャナが備える前記記憶手段の記憶内容を読み取るデータ読み出し手段と、その読み出された制御用パラメータを用いてスキャナの駆動制御を実行するスキャナ制御手段と、

を備えることを特徴としている。

【0010】

ここで、「それぞれの種類に応じた制御用パラメータ」とは、同じ種類のスキャナに対しては微小な個体差に拘わらず同一の制御用パラメータを与えた場合であり、一方、「該スキャナに特有の制御用パラメータ」とは、逆に、同じ種類のスキャナに対してほぼ同一ではあるものの微小な個体差まで反映した制御用パラメータを与えた場合である。

40

【0011】

この第1発明に係る走査型プローブ顕微鏡の典型的な態様としては、記憶手段はROMやフラッシュメモリ等の半導体メモリであり、データ読み出し手段はスキャナと顕微鏡本体とを接続するケーブル線を介して、例えば電源投入時などに半導体メモリの記憶データを読み出す。このデータが各スキャナの制御用パラメータであるから、スキャナ制御手段は読み出された制御用パラメータを内部メモリに保持し、スキャナを駆動制御する際に該制御用パラメータを使用する。スキャナが piezo素子を利用したものである場合、印加電

50

圧によって変位量、つまり試料の移動量が相違するから、制御用パラメータとは、少なくとも印加電圧と変位量との関係を示す情報を含む。

【0012】

第1発明に係る走査型プローブ顕微鏡によれば、常に、測定に使用されるスキヤナに対する制御用パラメータに基づいたスキヤナの駆動制御が自動的に実行され、測定者がスキヤナを交換するとスキヤナ駆動制御に使用される制御用パラメータも自動的に変更される。したがって、スキヤナ交換時に測定者がスキヤナの種類等をキー入力する作業は不要になり、入力忘れや入力ミス等による不適切な測定も防止できる。また、特にこの第1発明に係る走査型プローブ顕微鏡では、スキヤナ毎にそれぞれ制御用パラメータを保持させることができるので、同一種類のスキヤナであっても特性の個体差を反映した正確な駆動制御が可能となるという利点がある。

10

【0013】

また上記課題を解決するために成された第2発明は、試料表面にごく近接して配置されるプローブに対して試料を相対移動させるためのスキヤナが取り替え自在である走査型プローブ顕微鏡において、

a) 使用し得る各種のスキヤナの制御用パラメータをスキヤナの種類に対応付けて記憶しておく記憶手段と、

b) 当該顕微鏡に装着されたスキヤナの種類を判別するスキヤナ識別手段と、

c) 該識別結果に応じたスキヤナに関する制御用パラメータを前記記憶手段から取得し、該パラメータを用いてスキヤナの駆動制御を実行するスキヤナ制御手段と、

20

を備えることを特徴としている。

【0014】

スキヤナ識別手段としては、各スキヤナに、そのスキヤナの種類に応じて外形的特徴、光学系特徴、電気的特徴、又は磁気的特徴のいずれかが異なるような標識を与えておき、スキヤナが顕微鏡本体に装着されたときに本体側に設けた読み取り手段によって上述したような特徴を読み取ることでスキヤナの種類を判別する構成とすることができる。

【0015】

具体的な態様としては、例えばスキヤナにあって変位とは無関係な部位に、切欠、開口或いは突部などの外形的特徴を形成し、それをスキヤナ種類毎に異なるようにしておく。そして、フォトセンサなどの光学的なスキヤナ識別手段により上述した外形的特徴の有無や相違を認識してスキヤナの種類を識別する構成とすることができる。

30

【0016】

また、他の態様として、スキヤナ側においては、顕微鏡本体からスキヤナに電力を供給するための接続用コネクタの複数の空きピンを利用し、スキヤナの種類によってその空きピンのオープン又はショート等の電気的特徴を異なるようにしておく。そして、スキヤナ識別手段はケーブル線を介して上記空きピンの部分のショート状態を電氣的に検知することでスキヤナの種類を識別する構成とすることができる。

【0017】

いずれにしても、この第2発明に係る走査型プローブ顕微鏡ではスキヤナ側が保持し得る情報量は非常に少なく、せいぜいスキヤナの種類を表す程度のものである。そこで、スキヤナの制御用パラメータ自体は顕微鏡本体の記憶手段に予め格納されており、スキヤナ制御手段は、上述したような方法によって識別されたスキヤナ種類に応じた制御用パラメータを記憶手段から読み出し、これを内部メモリに保持し、スキヤナを駆動制御する際に該制御用パラメータを使用する。

40

【0018】

この第2発明に係る走査型プローブ顕微鏡によっても第1発明と同様に、常に、測定に使用されるスキヤナに対する制御用パラメータに基づいたスキヤナの駆動制御が自動的に実行され、測定者がスキヤナを交換するとスキヤナ駆動制御に使用される制御用パラメータも自動的に変更される。したがって、スキヤナ交換時に測定者がスキヤナの種類等をキー入力する作業は不要になり、入力忘れや入力ミス等による不適切な測定も防止できる。

50

また、特にこの第2発明に係る走査型プローブ顕微鏡では、顕微鏡本体に制御用パラメータを記憶させてあるので、或る種類のスキャナに対する制御用パラメータを修正したい場合に、その記憶内容を修正しさえすればよく、各スキャナについては何らの修正作業が必要ない。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る走査型プローブ顕微鏡によれば、試料の大きさや観察目的などに応じてスキャナを適宜の種類のものに交換した際に、測定者はそのスキャナの種類を入力設定する等の面倒な作業が不要になり、作業が軽減できる。また、こうした入力作業を行わずともスキャナの種類に応じた適切なスキャナ駆動制御が実行されるため、従来のように入力忘れや入力ミスによる誤った測定が実行される心配がなく、所望の観察像を得ることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

[第1実施例]

以下、本発明の一実施例(第1実施例)である走査型プローブ顕微鏡について、図面を参照して具体的に説明する。図1は第1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6と同一の構成要素には同一符号を付して説明を省略する。

【0021】

図1において、上述した piezo 素子を含んで成るスキャナ100は顕微鏡本体20に対して着脱自在なスキャナユニット10の一部であり、スキャナユニット10はスキャナ100以外に、このスキャナ100を本体20のベース21上に固定するための台座部101と、本体20側に設けられたコネクタ22に接続されるケーブルコネクタ103と、このケーブルコネクタ103とスキャナ100の間の配線であるケーブル線102と、を含む。

20

【0022】

スキャナユニット10には、観察対象である試料の種類や観察目的等に応じて、X-Y平面内の最大走査範囲及びZ軸方向の最大測定範囲が相違するような複数種類のものが存在する。したがって、ベース21上に装着されているスキャナユニットが試料の種類等に適さない場合には、測定者が適宜のスキャナユニットを選定して交換する。

30

【0023】

上述したようにプローブ14の先端を試料12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19からの検出信号は変位量算出部30に入力され、変位量算出部30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13の変位量を算出して制御部31に入力する。制御部31は、プローブ14と試料12表面との間の原子間力が常に一定になるように、つまりプローブ14と試料12表面との間の距離が常に一定になるように、カンチレバー13の変位量に基づいてスキャナ100をZ軸方向に変位させる電圧値を算出し、スキャナ駆動部32を介してスキャナ100をZ軸方向に微動させる。また、制御部31は予め決められた走査パターンに従って、試料12がX-Y平面内でプローブ14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し、スキャナ駆動部32を介してスキャナ100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(スキャナ電圧)を反映した信号はデータ処理部34にも送られ、データ処理部34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35の画面上に描出する。

40

【0024】

制御部31が上述したようにスキャナ100を三軸方向に独立に微動させる際に、スキャナ100への印加電圧(スキャナ電圧)とそれに対応したスキャナ100の変位量との関係を示す制御用パラメータが必要となる。そこで、本実施例の走査型プローブ顕微鏡では、次のようにしてスキャナ駆動のための制御用パラメータを制御部31に設定するようにしている。

50

【0025】

すなわち、各スキャナユニット10は予めそのスキャナ100に応じた制御用パラメータが書き込まれた例えばフラッシュメモリなどのICメモリ104を備えている。一方、顕微鏡本体20にはコネクタ103、22を介してスキャナユニット10のICメモリ104からデータを読み出すためのデータ読み出し部33が設けられ、読み出されたデータが制御部31に与えられるようになっている。

【0026】

この実施例の走査型プローブ顕微鏡では、電源投入時などの初期設定の際に、データ読み出し部33によりベース21上に装着されているスキャナユニット10のICメモリ104に記憶されているデータつまり制御用パラメータを読み出し、制御部31の内部メモリにこの制御用パラメータを設定する。制御用パラメータは、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である。一旦、制御部31の内部メモリに保存された制御用パラメータは電源が遮断されるまで保持され、上記のようなスキャナ駆動制御の際に利用される。

10

【0027】

上述したようにスキャナユニットが他の種類のものに交換される際には、顕微鏡本体20の電源は遮断されるから、電源投入時毎にスキャナユニット10のICメモリ104から新たにデータを読み込むことによって、試料観察に使用されるスキャナユニット10に対応した制御用パラメータを確実に且つ自動的に制御部31に設定することができる。

【0028】

この第1実施例の走査型プローブ顕微鏡における制御用パラメータ設定方法の特徴は、個々のスキャナユニット10がそれぞれ制御用パラメータをデータとして保持している点にある。そのため、同種類のスキャナユニットであっても、製造ロットの相違などに起因する個体差を反映した正確な制御用パラメータをそれぞれのスキャナユニット10に保持させることができ、これに基づいて非常に高い精度で以てスキャナの駆動制御を行うことができる。

20

【0029】

なお、上記実施例ではケーブル線102を介してデータ読み出し部33がICメモリ104のデータを読み出すようにしていたが、例えば無線式のICタグなどを利用することによって非接触でデータの読み出しを行うようにしてもよい。また、ケーブル線を用いる場合でも、スキャナ駆動部32からの電力供給用のケーブル線とは別にケーブル線を設けてもよい。

30

【0030】

[第2実施例]

次に、本発明の第2実施例である走査型プローブ顕微鏡について、図面を参照して具体的に説明する。図2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及び図6と同一の構成要素には同一符号を付して説明を省略する。

【0031】

第2実施例の走査型プローブ顕微鏡では、制御部31にスキャナパラメータテーブル41が接続されている。図3がスキャナパラメータテーブルのデータ内容の一例であり、この顕微鏡で使用し得るスキャナの種類(標準、広域、狭域、深型など)に対応してそれぞれ制御用パラメータ、つまり単位印加電圧当たりの変位量データが格納されている。一方、各スキャナユニット10の台座部101には図4に示すように、スキャナの種類毎に異なる位置に反射部を有するセンサドグ105が形成されており、顕微鏡本体20側には各位置のセンサドグ105の有無を検知するためフォトセンサアレイ40aがスキャナ識別部40の一部として取り付けられている。また、検出処理部40bはフォトセンサアレイ40aによる検出信号に基づいてスキャナの種類を判定する。

40

【0032】

この実施例の走査型プローブ顕微鏡では、例えば電源投入時などにスキャナ識別部40がベース21上に装着されているスキャナユニット10のセンサドグ105の位置を認識

50

することでスキャナの種別を識別し、その識別結果を制御部 31 へと送る。制御部 31 は識別結果で示されるスキャナ種別に対応する制御用パラメータをテーブル 41 から読み出して内部メモリに設定し、第 1 実施例と同様に、この制御用パラメータをスキャナ駆動制御の際に利用する。

【0033】

もちろん、センサドグの代わりに切欠き、開口部などの形状とする等の適宜の変形が可能である。また、フォトセンサを利用した非接触式の検知ではなく、センサユニットが適切に装着された際に押圧されてオンするマイクロスイッチなどによる検知でもよい。

【0034】

一般にスキャナの種別自体はそれほど多くなく、最大 8 乃至 16 程度の識別が行えれば十分である。したがって、この程度の数の識別が可能である手段でありさえすれば、スキャナ識別部の構成は様々な形態に変形することができる。

10

【0035】

例えば図 5 は、スキャナユニットのケーブルコネクタ 103 の空きピンを利用してスキャナ識別を行うための構成図である。すなわち、ケーブルコネクタ 103 には 4 本の空きピンが存在するが、スキャナの種別によってその 4 本の空きピンのショート/オープンの状態を異なるようにしておく。図 5 の例では、スキャナユニット 10A では、5 ピン、6 ピン間がショートされ、7 ピン、8 ピンはオープンとなっている。一方、スキャナユニット 10B では、7 ピン、8 ピン間がショートされ、5 ピン、6 ピンはオープンとなっている。スキャナ識別部 40 はこの 4 本の空きピンの導通状態をチェックし、その結果からスキャナの種別を識別する。

20

【0036】

また、ケーブルコネクタ 103 の 2 本の空きピンの間にスキャナの種別に応じた抵抗値を持つ抵抗を接続し、スキャナ識別部 40 がその抵抗値を読み取るような構成としてもよい。さらにまた、スキャナの種別によってスキャナの制御用パラメータが相違するということはピエゾ素子の静電容量も相違するから、スキャナユニット側に特にスキャナ種別識別用の特徴を持たせることなく、スキャナのピエゾ素子の静電容量を計測し、その静電容量に基づいてスキャナの種別を識別するようにしてもよい。

【0037】

また、上記第 1 及び第 2 実施例はいずれも本発明の一例にすぎないから、上記記載以外の点においても、本発明の趣旨の範囲で適宜に修正、変更、追加などを行っても本願発明に包含されることは明らかである。

30

【図面の簡単な説明】

【0038】

【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】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 3】第 2 実施例の走査型プローブ顕微鏡におけるスキャナパラメータテーブルのデータ内容の一例を示す図。

【図 4】第 2 実施例の走査型プローブ顕微鏡におけるスキャナ識別のための構成を示す図。

40

【図 5】第 2 実施例の走査型プローブ顕微鏡におけるスキャナ識別のための変形例の構成を示す図。

【図 6】原子間力顕微鏡の検出部の原理的構成を示す図。

【符号の説明】

【0039】

10、10A、10B ... スキャナユニット

100 ... スキャナ

101 ... 台座部

102 ... ケーブル線

103 ... ケーブルコネクタ

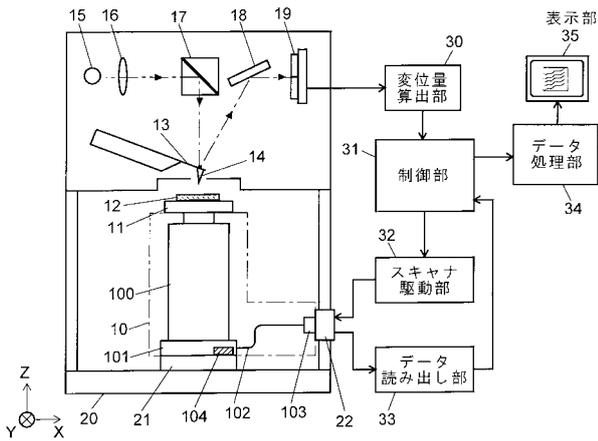
50

- 104 ... ICメモリ
- 105 ... センサドグ
- 11 ... 試料ホルダ
- 12 ... 試料
- 13 ... カンチレバー
- 14 ... プローブ
- 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 ... 光検出器
- 20 ... 顕微鏡本体
- 21 ... ベース
- 22 ... コネクタ
- 30 ... 変位量算出部
- 31 ... 制御部
- 32 ... スキャナ駆動部
- 33 ... データ読み出し部
- 34 ... データ処理部
- 35 ... 表示部
- 40 ... スキャナ識別部
- 41 ... スキャナパラメータテーブル

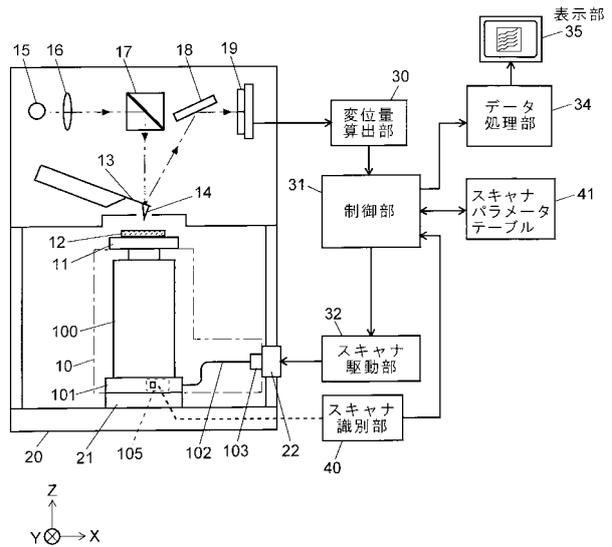
10

20

【図1】



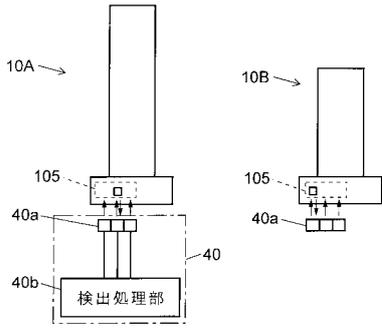
【図2】



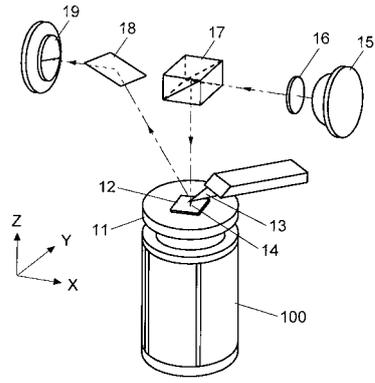
【図3】

種別	単位電圧当たり変位量		
	X軸方向	Y軸方向	Z軸方向
標準	-----	-----	-----
広域	-----	-----	-----
狭域	-----	-----	-----
深型	-----	-----	-----
...	-----	-----	-----

【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】

