(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3539867号
(P3539867)
(45)発行日　平成16年7月7日(2004.7.7)　(24)登録日　平成16年4月2日(2004.4.2)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
G01N 13/16	G01N	13/16	C
G12B 21/08	G01N	13/16	A
	G12B	1/00	601D

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平10-148117
(22)出願日　平成10年5月28日(1998.5.28)
(65)公開番号　特開平11-337560
(43)公開日　平成11年12月10日(1999.12.10)
審査請求日　平成14年2月25日(2002.2.25)

(73)特許権者　000002325
セイコーインスツルメンツ株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地
(74)代理人　100079212
弁理士　松下　義治
(72)発明者　伊與木　誠人
千葉県千葉市美浜区中瀬１丁目８番地　セイコーインスツルメンツ株式会社内

審査官　遠藤　孝徳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】走査型プローブ顕微鏡

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

先端に微小な探針を有するカンチレバーを加振しながら、サンプルに近接させた場合に探針とサンプル表面間に働く物理的な特性により、カンチレバーの振幅を変化させ、その時の振幅の変化量から、サンプルの表面性状を測定する走査型プローブ顕微鏡において、前記カンチレバーを保持するカンチレバーホルダ部が、基板と、前記カンチレバーを加振するための第１のアクチュエータと、カンチレバーを保持する押え板と、基板および押え板に対して弾性的な性質を有する弾性部材と、カンチレバーの保持力を変化させる第２のアクチュエータから成り、第1 のアクチュエータを基板に固定し、該第１のアクチュエータの加振力が前記カンチレバーに伝達するようにカンチレバーを載置し、前記カンチレバーの平板部を弾性部材に接触させ、もう一方の平板部側に第２のアクチュエータを介在させて、第２のアクチュエータでカンチレバーを弾性部材に押し付けることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

【請求項２】

前記第１のアクチュエータに前記カンチレバーの加振と、前記弾性部材への押し付けの２つの機能を持たした、請求項１記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項３】

先端を先鋭化した光ファイバーからなるプローブをカンチレバーの代わりに使用した、請求項１または請求項２に記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項４】

押し付け用アクチュエータの押し付け力を変化させながら、前記カンチレバーまたは前記プローブを加振して、そのときのカンチレバーまたはプローブの振幅量を検出することにより周波数特性を求め、得られた周波数特性からＱ値を計算することにより、Ｑ値の最適化を行うことを特徴とする請求項１から請求項３のいずれかに記載の走査型プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、先端に微小な探針を有するカンチレバーを加振しながら、サンプルに近接させた場合に探針とサンプル表面間に働く物理的な特性により、カンチレバーの振幅を変化させ、その時の振幅の変化量から、サンプルの表面性状を測定する走査型プローブ顕微鏡に関する。

【０００２】

【従来の技術】

従来の走査型プローブ顕微鏡は、以下に述べるような機構により構成される。先端に微小探針を有するカンチレバーをカンチレバーホルダに固定し、圧電素子などの加振手段によりカンチレバーの共振周波数近傍の周波数で加振して、そのときの振幅を光てこ法などの変位検出手段により計測する。サンプルは、圧電素子などにより構成される３軸微動機構上に載置される。

【０００３】

サンプルは粗動機構により探針に近接され、探針とサンプル間が充分近づいていった場合、サンプルと探針間には、原子間力などの物理的な力が作用する。この物理的な力により、カンチレバーの振幅が変化する。

このときに作用する力は、探針とサンプル間の距離に依存するため、探針とサンプルを原子間力が作用する領域内に近接させて、微動機構により２次元平面内で走査させながら、カンチレバーの振幅が常に一定になるように、サンプルと探針間の距離を制御することにより、サンプル表面の凹凸像が画像化される。

【０００４】

また、走査型プローブ顕微鏡の一種である、走査型近接場顕微鏡では、先端が先鋭化され、微小な開口を設けた光ファイバーからなるプローブを利用して、サンプルの凹凸像と光学的特性の同時計測が行われる。

走査型近接場顕微鏡では、プローブに光を入射して、開口付近にエバネッセント場を形成し、プローブ先端を、サンプルに波長以下の距離まで近接させて、サンプルの表面でエバネッセント光を散乱させて、伝播光に変換する。

【０００５】

このときのプローブとサンプルを近接する手法に、走査型プローブ顕微鏡の技術が用いられる。

すなわち、プローブを共振点近傍で加振しながら、サンプルに接近させた場合、プローブ先端とサンプル表面に作用する原子間力などの力によって、振幅が変化する。この振幅量を一定に保つように制御を行えば、波長以下の距離まで、プローブ先端を接近させることが可能となる。

【０００６】

この場合も、サンプルを3 軸微動機構上に載置し、サンプルとプローブ間の距離を一定に保ちながら、２次元平面内で走査し、微動機構の高さ方向の制御量をモニターすることにより、サンプルの凹凸像が得られる。

また、サンプル表面で散乱された光信号を集光し、フォトマルなどで光の強度を測定することにより、サンプル表面の局所的な光学特性が画像化される。

【０００７】

走査型プローブ顕微鏡または走査型近接場顕微鏡で測定を行う場合には、測定に先立ち図４に示すような、カンチレバーまたはプローブの共振点近傍の周波数特性を求める。この

周波数特性の波形から、カンチレバーまたはプローブの共振周波数ω_0とQ 値が求められる。通常、Q 値は以下のような計算式から求められる。

【０００８】

$Q=\omega_0 /(\omega_2 -\omega_1)$

ここで、ω_0はカンチレバーの共振周波数、ω_1、ω_2は共振周波数における振幅をAとした場合にA/√２（√２は、２の平方根を表すとする）となる部分と周波数特性のカーブの交点の周波数である。

この式から、Q 値は共振点ピークの幅によって決定され、ピークが急峻となるほど値が大きくなることがわかる。

【０００９】

共振点近傍の周波数でカンチレバーまたはプローブを加振しながらサンプルに近接させた場合、サンプルと探針との間に働く原子間力により、図４に示すように、共振周波数がシフトして、振幅が変化する。このときの振幅の変化を、光てこ法などの変位検出手段で検出し、検出量をPI制御系などの制御システムで処理し、探針またはプローブとサンプル間の距離が一定となるように、微動機構にフィードバック電圧が印加される。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

以上のように、走査型プローブ顕微鏡で測定を行う場合には、カンチレバーまたはプローブの共振点近傍の周波数特性を利用して、サンプルと探針またはプローブ間の距離制御が行われる。

カンチレバーまたはプローブは、Q 値が大きい方が波形の傾きが急峻となり、感度が向上する。

【００１１】

しかしながら、制御系まで含めたシステム全体で考えた場合には、Q値があまりにも高くなりすぎると、システムが追従できず発振の原因となる。したがって、走査型プローブ顕微鏡のシステムにおいて応答性と感度を両立するためには、Q値の最適化が必要となる。

Q値はプローブの振動振幅の減衰量によって決定され、減衰の要因としては主に次の３つが挙げられる。

【００１２】

(1) 周囲の流体（空気や液体）による減衰

(2) 部材の内部摩擦による減衰

(3) 部材の支持部からの減衰。

このうち、(1) の周囲の流体による減衰量は、周囲の環境とカンチレバーまたはプローブの形状によって決まり、形状の変更を行わない限りはコントロールすることは困難である。

【００１３】

また、(2) の部材の内部摩擦による減衰量についても、カンチレバーまたはプローブを構成する材質や製作状況によって決まり、製作後のQ 値のコントロールは困難である。

(3) の支持部からの減衰量は、カンチレバーまたはプローブの保持状態と保持力によって決まるが、現在の装置では、あらかじめ決められた力で保持している。

【００１４】

したがって、現在の走査型プローブ顕微鏡では、カンチレバーやプローブを取付けた後で、Q 値を制御することは不可能であり、測定環境の違いや個々のカンチレバーやプローブごとの材料の特性や形状、保持方法の違いなどによりQ 値にばらつきが生じ、必ずしも適正なQ 値が得られない場合が多い。

【００１５】

【課題を解決するための手段】

上記の問題点を解決するために、本発明では、カンチレバーまたはプローブの保持力をコントロールして、カンチレバーまたはプローブの減衰量すなわちQ 値をコントロールできるようにした。

すなわち、走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダ部1 の構造を、基板2 と、先端に微小な探針6 を有するカンチレバー5 と、該カンチレバーを加振するための第1 のアクチュエータ3 と、カンチレバーを保持する押え板8 と、基板および押え板に対して弾性的な性質を有する弾性部材7 と、カンチレバーの保持力を変化させる第2 のアクチュエータ4 から構成し、第1 のアクチュエータ3 を基板に固定し、第1 のアクチュエータ3 の加振力がカンチレバーに伝達するようにカンチレバーを載置し、カンチレバーの平板部5bを弾性部材に接触させ、もう一方の平板部5a側に第2 のアクチュエータ4 を介在させて、第2 のアクチュエータでカンチレバーを弾性部材7 に押し付け、第2 のアクチュエータにより弾性部材に押し付ける力を変えることにより、カンチレバーの支持部から減衰するエネルギーの量を変化させ、Q 値の最適化を図れるような構造とした。

【００１６】

また、別の方式では、カンチレバーホルダ1 の、第1 のアクチュエータ16にカンチレバー5 の加振と、弾性部材7 への押し付けの2 つの機能を持たしたような構造とした。

さらに、走査型プローブ顕微鏡の一種である走査型近接場顕微鏡では、先端を先鋭化した光ファイバーなどから製作されるプローブ20をカンチレバーの代わりに使用した。

【００１７】

以上のような構造で、カンチレバーまたはプローブ押し付け用アクチュエータの押し付け力を変化させながら、プローブを加振し、プローブの振幅を検出し、周波数特性を求め、Q 値の最適化を行った後、走査型プローブ顕微鏡の測定を行うようなシステムとした。

【００１８】

【発明の実施の形態】

本発明では、図1 に示すように基板2 上に加振用の第1 のアクチュエータ3 を取り付け、その上にカンチレバー押し付け用の第2 のアクチュエータ4 を取り付け、第2 のアクチュエータ4 にカンチレバー5 の平板部5aを接触させて、カンチレバーを載置する。さらにカンチレバーのもう一方の平板部5bに接触するように弾性部材7 を配置する。これらの部材は、押え板8 により基板上に保持される。

【００１９】

走査型プローブ顕微鏡の測定を行う場合には、まず加振用のアクチュエータ3 を利用してカンチレバー5 を加振し、光てこ法などの変位検出手段により、カンチレバー5 の振幅を測定し、共振特性を求める。

次に、共振周波数近傍の周波数でカンチレバーを加振しながら、第２のアクチュエータ4 でカンチレバー5 の弾性部材7 への押し付け力を変化させる。このとき、支持部に作用するせん弾力およびモーメントにより振動のエネルギーが支持部材側に伝播し振動振幅が減衰する。この減衰量は押し付け力に依存するため、押し付け力を変化させることにより、カンチレバーの減衰量すなわちQ 値が変化する。この方法により、あらかじめ設定していた値にQ 値を最適化する。

【００２０】

カンチレバーの共振周波数付近での周波数特性は図４に示した形状になる。図において、サンプルとカンチレバーを共振点近傍で加振しながら近接させた場合には、共振周波数がシフトして、共振ピークの波形が破線または1 点破線のように変化し、動作点での振幅が変化する。走査型プローブ顕微鏡ではこの振幅量が一定値を示すようにサンプルと探針間の距離を制御する。

【００２１】

カンチレバーの押さえつけ力を変化させた場合には、支持部からの振動エネルギーの減衰量が変化し、Q 値が変わる。押さえ力を増した場合には、減衰量は減少し、その結果Q 値が増加し、図５に示した実線の共振ピークの波形は１点破線のように急峻になる。一方、押さえ力を緩くした場合には、減衰量が増加し、その結果Q 値が小さくなり、共振ピークの波形は図５の２点破線のようにブロードになる。したがって、押さえつけ力を変えることによりQ 値の制御が可能となる。

【００２２】

別の方法では、図6 に示すように加振用のアクチュエータ16でカンチレバー5 を加振しながら、同一のアクチュエータ16を利用して、保持力を変化させる方式も考えられる。この方法では基板2 上にアクチュエータ16を固定し、アクチュエータにカンチレバーの平板部5aが接触するようにカンチレバーを載置し、もう一方の平板部5bに弾性部材7 を接触させる。これらの部材は取付け板8 により、基板上に保持される。このアクチュエータ16に図7 に示すような加振用の正弦波と押し付け用の直流電圧を印加することにより、加振と押し付けの機能を持たせることが可能である。

【００２３】

以上のような方法で共振周波数とQ 値を決めた後、共振ピークの波形を利用して測定を行う。

走査型プローブ顕微鏡の測定システムの一例を図3 に示す。カンチレバー5 の振幅の検出信号は制御システムに送られる。制御システムに送られた信号はPI制御などの処理が行われ、カンチレバー5 と探針6 間の距離が一定となるように、微動機構14にフィードバック電圧が印加される。サンプル12を2 次元平面内で走査しながら、この微動機構14に印加する高さ方向の信号をモニターすることにより、サンプル表面の凹凸像が画像化される。

【００２４】

また、走査型プローブ顕微鏡の一種である走査型近接場顕微鏡の測定を行う場合には、カンチレバーの代わりに、先端が先鋭化された光ファイバーからなるプローブ20を用いる。

【００２５】

【実施例】

実施例について図面を参照して説明すると、図１は走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダ部の概略図である。このカンチレバーホルダ1 は、基板2 上に、圧電素子からなる加振用の第1 のアクチュエータ3 を固定し、該圧電素子上に別の圧電素子からなる第2 のアクチュエータ4 を取り付ける。第2 のアクチュエータ4 上に、平板部5aを接触させてカンチレバー5 を載置する。また、カンチレバーのもう一方の平板部5bにはシリコンゴムなどからなる弾性部材7 を接触させて取り付ける。カンチレバー5 および弾性部材7 は押え板8 により、基板上に保持される。

【００２６】

ここで、弾性部材7 は、カンチレバーホルダ1 の基板部2 、第1 のアクチュエータ3 、第2 のアクチュエータ4 、押え板8 に比べて、弾性的な性質を有する部材を使用している。図2 に示した実施例は、図1 のカンチレバーホルダ1 を利用して走査型プローブ顕微鏡を構成した例である。図1 のカンチレバーホルダに取り付けられたカンチレバー5 は光学ヘッド9 により振幅が検出される。この光学ヘッド9 は光てこ方式による検出手段を利用している。光学ヘッド内の半導体レーザ10からカンチレバーの背面5cにレーザ光を当て、その反射光を４分割フォトディテクタ1 1により検出する。サンプルは円筒型圧電アクチュエータ14上に設けられたサンプルステージ13に載せられている。円筒型圧電アクチュエータ14は単一のアクチュエータにより、XYZ 方向の3 軸微動が可能である。この円筒型圧電アクチュエータは粗動機構15に取り付けられており、サンプル12と探針6 間の距離の粗動を行うことが可能である。

【００２７】

図３は走査型プローブ顕微鏡のシステム構成を示すシステム図である。カンチレバー5 の振幅は光てこ方式の光学ヘッドで検出され、検出信号はコントロールユニット内の制御部に送られる。制御部ではサンプル12と探針6 間の距離が一定となるように、PI制御が行われ、円筒型圧電アクチュエータ14のZ 電極14a にフィードバック電圧が印加される。一方、円筒型圧電アクチュエータ14のXY電極14b には、2 次元平面内でサンプル12を走査するための走査電圧が印加される。これらのXYZ 電極に印加される電圧をモニタすることにより、サンプル表面の凹凸像が画像化される。

【００２８】

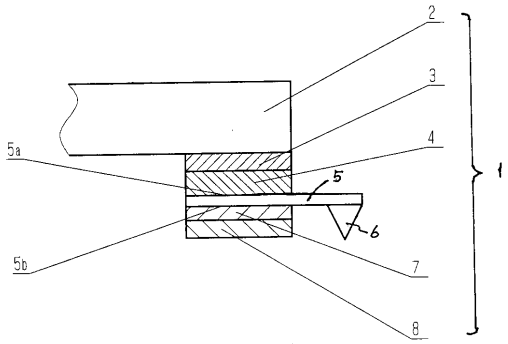
また、測定を行う前には、加振用のアクチュエータ3 に正弦波をスイープしながら印加して振幅の検出信号から周波数特性を求め、共振周波数近傍に動作点が設定され、また、押

し付け用のアクチュエータ4 には直流電圧が印加され、そのときの周波数特性から最適なQ 値が得られるような電圧値が設定される。
図６は加振用のアクチュエータと押し付け用のアクチュエータを１つのアクチュエータ16で兼用した例である。この実施例では、基板上2 に圧電素子などからなるアクチュエータ16を固定し、アクチュエータにカンチレバー5 の平板部5aが接触するようにカンチレバーを載置し、もう一方の平板部5bにシリコンゴムなどの弾性部材7 を接触させる。これらの部材は取付け板8 により、基板2 上に保持される。
【００２９】
図７は図６に示したカンチレバーホルダを使用した場合の動作例である。この実施例ではアクチュエータ16に加振用の正弦波と押し付け用の直流電圧を印加することにより、加振と押し付けの機能を持たせることが可能である。この場合、正弦波の周波数をスイープさせて、そのときの振幅量を検出し、周波数特性を求めることによって加振周波数が決定され、また、あらかじめ設定したQ 値と比較しながら、直流電圧の大きさをスイープすることによりQ 値の最適化が図られる。
【００３０】
図8 は走査型プローブの一種である走査型近接場顕微鏡のプローブホルダに、本発明を適用した実施例である。本実施例では光ファイバの先端20a を先鋭化し、微小開口を設けるとともに、先端20b を曲げたベントタイププローブを使用している。本実施例では、基板上18に圧電素子などのアクチュエータ19を固定し、アクチュエータ19上にプローブ20を載置し、プローブを挟み込むようにシリコンゴムなどの弾性部材21を配置し、取付け板22により基板上に保持する。この場合には、図６の実施例と同様にアクチュエータ20に加振機能と、押し付け機能を併用させる。また、図１の実施例と同様に、加振用と押し付け用のアクチュエータを分離することも可能である。
【００３１】
図9 は図８のプローブホルダ17を用いて走査型近接場顕微鏡を構成した場合の構成図である。本実施例では、プローブ20をサンプル12に対して垂直な方向に加振しそのときの振幅を光学ヘッド9 により検出する。この光学ヘッドは光てこ方式による検出手段を利用している。光学ヘッド内の半導体レーザ10からプローブの背面20c にレーザ光を当て、その反射光を４分割フォトディテクタ11により検出する。サンプル12は円筒型圧電アクチュエータ３本から構成される３軸微動機構上23に設けられたサンプルステージ24に載せられている。３軸微動機構23は粗動機構15に取り付けられ、サンプル12とプローブ20間の距離の粗動を行うことが可能である。プローブの末端20d はレーザー光源27とカップリングされ、レーザー光が入射される。この場合、プローブ先端の微小開口部からエバネッセント光がサンプルに照射され、サンプル面で散乱された光を、微動機構の中心の空間に配置された対物レンズ25で集光する。集光された光信号は、ミラー26で反射されて、フォトマル28などの光検出器に導かれ、光信号の強度が電気的な信号に変換される。このとき、サンプル表面とプローブとの距離が一定になるように微動機構23にフィードバック電圧を印加しながら、微動機構をXY平面内で走査することにより、サンプル表面の凹凸像と、光学像が画像化される。
【００３２】
走査型近接場顕微鏡では、本実施例に示したイルミネーション透過モードの他にも、サンプルを反射した光を集光するイルミネーション反射モードや、サンプル表面の発光をプローブでピックアップするコレクションモードにも本発明を適用することが可能である。
図１０は走査型近接場顕微鏡でストレートタイプのプローブを用いた場合の実施例である。本実施例では先端を先鋭化し、微小開口を形成したストレート型のプローブ32を用いてサンプル面に対して平行な方向にプローブ32を加振して、サンプル表面とプローブ先端に働く、ラテラルフォースによるプローブの減衰量によりサンプルとプローブ間の距離制御を行う方式である。図に示した実施例では、基板29上に圧電素子などのアクチュエータ31を固定し、アクチュエータ上にプローブを載置し、プローブを挟み込むようにシリコンゴムなどの弾性部材33を配置し、取付け板34により基板上に保持し、アクチュエータに加振

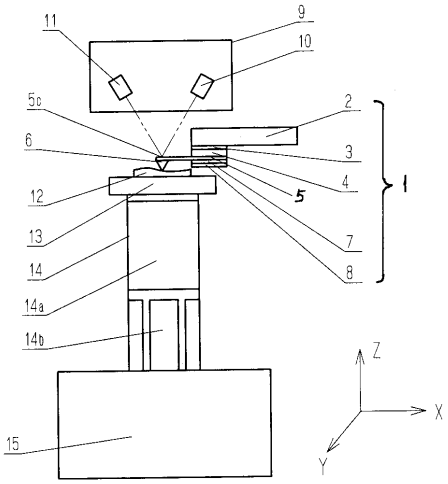
機能と、押し付け機能を併用させる。
【００３３】
【発明の効果】
以上述べたように、本発明では、走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダー部を、基板と、先端に微小な探針を有するカンチレバーと、該カンチレバーを加振するための第1のアクチュエータと、カンチレバーを保持する押え板と、基板および押え板に対して弾性的な性質を有する弾性部材と、カンチレバーの保持力を変化させる第2 のアクチュエータから構成し、第1 のアクチュエータを基板に固定し、第1 のアクチュエータの加振力がカンチレバーに伝達するようにカンチレバーを載置し、カンチレバーの平板部を弾性部材に接触させ、もう一方の平板部側に第2 のアクチュエータを介在させて、第2 のアクチュエータでカンチレバーを弾性部材に押し付け、弾性部材に押し付ける力を変えることにより、カンチレバーの支持部から減衰するエネルギーの量を変化させることが可能な構成とした。この構成により、カンチレバーの減衰量すなわちQ 値のコントロールが可能となり、応答性と感度においてシステム能力を最大限活用することが可能となる。
【００３４】
また、上記のカンチレバーホルダにおいて、第1 のアクチュエータにカンチレバーの加振と、弾性部材への押し付けの2 つの機能を持たすことにより、Q 値のコントロールが可能となるとともに、機構が簡素化され、装置の剛性が向上する。
さらに、カンチレバーの代わりに、先端を先鋭化した光ファイバーなどから製作されるプローブを使用することにより、走査型近接場顕微鏡においてもプローブのQ 値の最適化が可能となる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の一実施例に係る、走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダー部の概略図である。
【図２】図１のカンチレバーホルダを用いて走査型プローブ顕微鏡を構成した場合の構成図である。
【図３】走査型プローブ顕微鏡のシステム図である。
【図４】走査型プローブ顕微鏡の動作原理を説明するための説明図である。
【図５】カンチレバーの押し付け力を変化させた場合の周波数特性の違いを示す説明図である。
【図６】本発明の別の実施例に係る走査型プローブ顕微鏡のカンチレバーホルダーの概略図である。
【図７】図６のカンチレバーホルダの動作を説明するための概略図である。
【図８】本発明の別の実施例に係る走査型近接場顕微鏡のプローブホルダの概略図である。
【図９】図８のプローブホルダを用いて走査型近接場顕微鏡を構成した構成図である。
【図１０】本発明の別の実施例に係る走査型近接場顕微鏡のプローブホルダの概略図である。
【符号の説明】
１　カンチレバーホルダ
２　基板
３　加振用アクチュエータ
４　押し付け用アクチュエータ
５　カンチレバー
６　探針
７　弾性部材
８　押え板
９　光学ヘッド
１０　半導体レーザ
１１　フォトダイオード

１２　サンプル
１３　サンプルステージ
１４　円筒型圧電アクチュエータ
１５　粗動機構
１６　アクチュエータ
１７　プローブホルダ
１８　基板
１９　アクチュエータ
１９　プローブ
２１　弾性部材
２２　押え板
２３　３軸微動機構
２４　サンプルステージ
２５　対物レンズ
２６　反射ミラー
２７　レーザー光源
２８　フォトマル
２９　プローブホルダ
２９　基板
３１　アクチュエータ
３２　プローブ
３３　弾性部材
３４　押え板

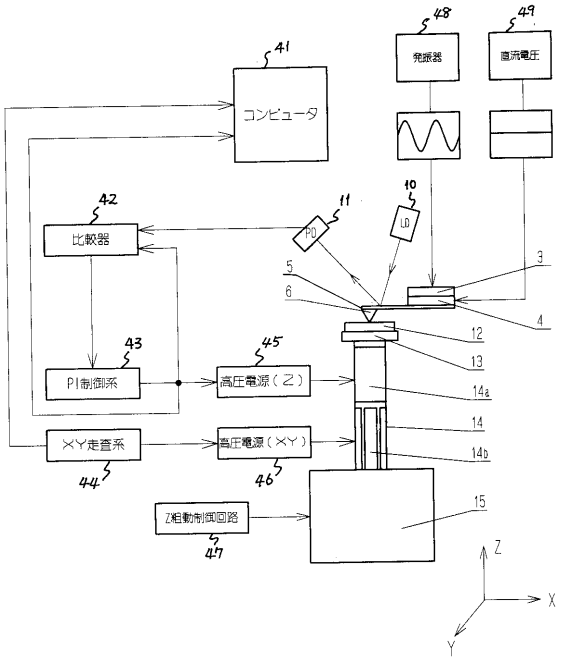
【図１】



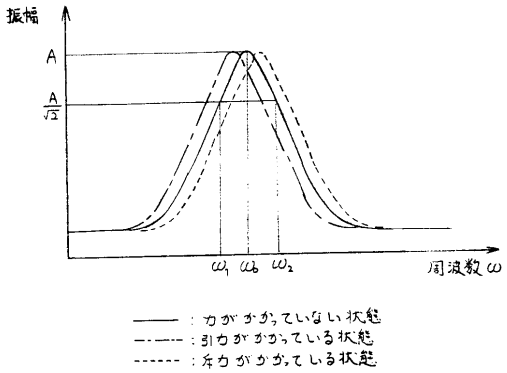
【図２】



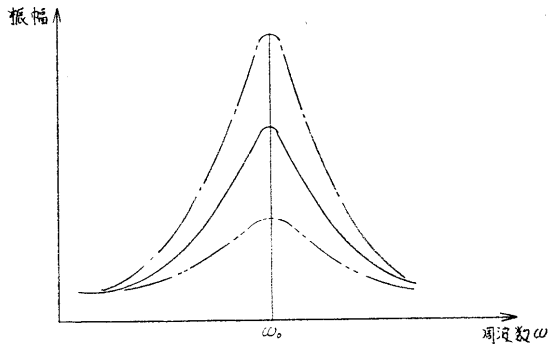
【図３】



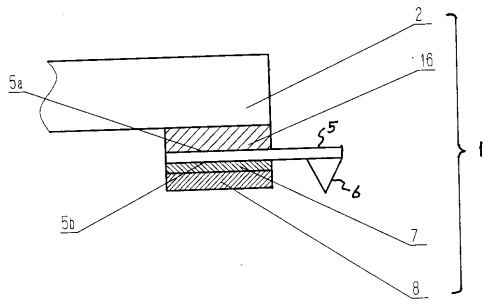
【図４】



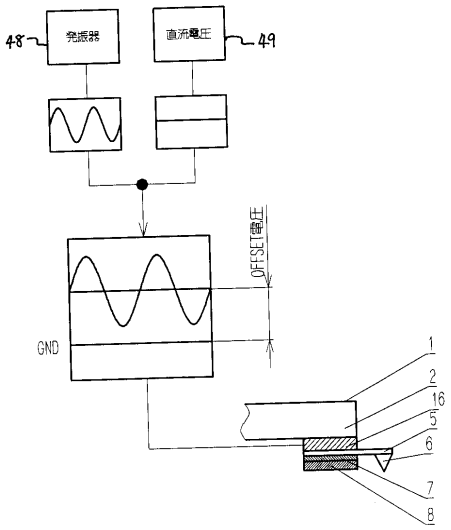
【図５】



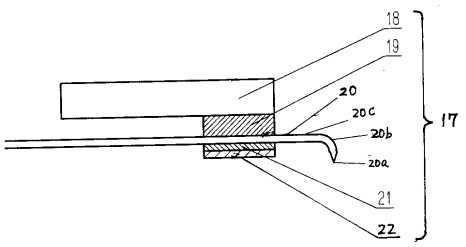
【図６】



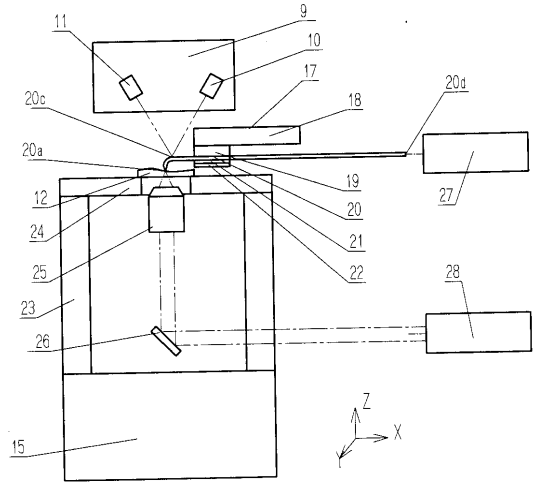
【図７】



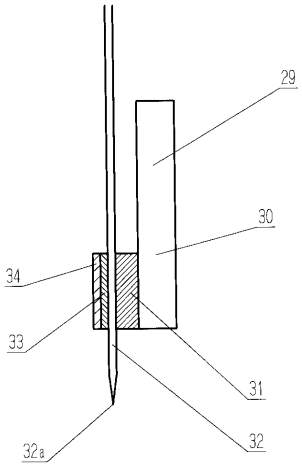
【図８】



【図９】


11
9
10
17
18
20d
20c
20a
19
20
21
22
12
24
25
23
26
27
28
15
Z
X

【図１０】


29
30
34
33
31
32
32a

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平９－２２９９４９（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１５９６８０（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１５２５０（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１４５７２６（ＪＰ，Ａ）
特開平８－８６７９５（ＪＰ，Ａ）
特開平８－２１８４５（ＪＰ，Ａ）
特開平８－１６００５６（ＪＰ，Ａ）
特開平７－３１１２０８（ＪＰ，Ａ）
特開平６－６６５１０（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２８１４４６（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２４１７８０（ＪＰ，Ａ）
特開平５－１５７５０８（ＪＰ，Ａ）
特開平３－２９６６１２（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１４２４２０（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－６８７３６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２８２１２６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１９９０５（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１４２２４１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１１１３０１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G01N 13/10 - 13/24
G12B 21/00 - 21/24