

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5305650号  
(P5305650)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年7月5日(2013.7.5)

(51) Int.Cl. F 1  
G 0 1 Q 20/02 (2010.01) G 0 1 Q 20/02

請求項の数 8 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2007-504662 (P2007-504662)	(73) 特許権者	503460323 株式会社日立ハイテクサイエンス 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(86) (22) 出願日	平成18年2月10日 (2006. 2. 10)	(74) 代理人	100090343 弁理士 濱田 百合子
(86) 国際出願番号	PCT/JP2006/302315	(74) 代理人	100119552 弁理士 橋本 公秀
(87) 国際公開番号	W02006/090593	(74) 代理人	100138771 弁理士 吉田 将明
(87) 国際公開日	平成18年8月31日 (2006. 8. 31)	(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 エ スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内
審査請求日	平成20年10月7日 (2008. 10. 7)	(72) 発明者	山本 浩令 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 エ スアイアイ・ナノテクノロジー株式会社内 最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	特願2005-48261 (P2005-48261)		
(32) 優先日	平成17年2月24日 (2005. 2. 24)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
前置審査			

(54) 【発明の名称】 走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構およびこれを用いた走査型プローブ顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料の表面に近接させるプローブを先端部に有するカンチレバーと該カンチレバーの後端部を支持する支持部と、前記カンチレバーの前記プローブと反対側の面に設けられ、任意の角度に配置された反射面への入射光を照射する光源部と、該光源部から照射されて前記反射面を反射した反射光を受光する受光部とを含み、該受光部の受光位置によってカンチレバーの変位を検出する走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、

前記カンチレバーを上面視して該カンチレバーの長さ方向に延びる Y 軸と、前記反射面を通り前記 Y 軸と直交する方向に延びる X 軸とによって区画される領域のうち、前記 X 軸と Y 軸とを含む X Y 平面と平行な平面上の前記光源部から照射された光の光路上に、当該光の進行方向を変更する進行方向変更手段が少なくとも一つ設けられ、前記進行方向変更手段と前記光源部と前記受光部とが、前記カンチレバーの先端側の領域において、上面視して略環状に配置されており、

前記区画される領域の前記カンチレバーの先端側の 2 つの領域のうち、一方の領域の上方から前記 X 軸および Y 軸に対してゼロ度よりも大きい角度で前記入射光を入射させ、かつ、他方の領域の上方へ前記 X 軸および Y 軸に対してゼロ度よりも大きい角度で前記反射光を反射させるように、前記入射光の入射角を決定することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構。

【請求項 2】

前記光源部から照射された光の光路上に、光路長のズレを補正する光路長補正手段を備

え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用変位検出機構。

【請求項 3】

前記プローブ、カンチレバーまたは試料の少なくとも一つが観察可能な任意の位置に対物レンズを配置したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構。

【請求項 4】

前記プローブ、カンチレバーまたは試料の少なくとも一つに任意の方向から照明光を照射することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構。

【請求項 5】

前記光源部から照射された光の光路上に、シリンドリカルレンズが設けられていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構。

【請求項 6】

前記反射面から反射され、前記受光部に至る前記光の光路上に、集光レンズが設けられていることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構。

【請求項 7】

前記プローブと対向する位置に散乱板を配置し、前記プローブを有するカンチレバーの上方または下方の任意の位置に対物レンズを配置し、前記光源部から照射させた光を散乱板により散乱させて、前記対物レンズによりカンチレバーと散乱光のスポットを観察しながら、前記カンチレバーの反射面にスポットの位置合わせを行うことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構を含む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、試料の表面にプローブを近接させて走査することにより、試料の表面形状や粘弾性等の各種の物性情報を測定する走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構およびこれを有する走査型プローブ顕微鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

周知のように、金属、半導体、セラミック、樹脂、高分子、生体材料、絶縁物等の試料を微小領域にて測定し、試料の粘弾性等の物性情報や試料の表面形状の観察等を行う装置として、走査型プローブ顕微鏡（SPM：Scanning Probe Microscope）が知られている。

【0003】

これら走査型プローブ顕微鏡の中には、反射面を有する長尺状のカンチレバーと、このカンチレバーを片持ち支持するカンチレバーホルダと、光を照射する光源部と、この光源部から照射された光を受光する受光部と、を備えたものが周知となっている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

このような構成のもと、光源部から反射面に光を照射すると、反射面によって反射された光が受光部に到達する。このとき、例えば試料の凹凸形状に応じてカンチレバーが撓むと、受光部への到達ポイントがズレることになる。そこで、それら到達ポイントを測定することにより、試料の凹凸形状を測定することができる。

【0005】

ここで、試料の詳細測定を行う前に、初期観察を行って測定箇所を特定すると、効率の

10

20

30

40

50

良い詳細測定が可能となる。そのため、試料やカンチレバーの上方や下方に、対物レンズや照明系を配置することにより、試料の光学像が得られ、これにより、例えば試料の表面の傷などが観察されて測定すべき箇所が特定される。

【0006】

しかし、測定効率を向上させるために、試料やカンチレバーの上方や下方に、対物レンズや照明系を配置すると、上述の光源部や受光部を設置するスペースが少なくなるため、光源部からの光を上方から垂直に反射面にあてることができなくなる。そこで、光源部からの光を斜めから反射面に照射することが考えられる。

【特許文献1】特開2000-346784号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、単に斜めから照射するだけでは、対物レンズや照明系、カンチレバーホルダ、あるいは、カンチレバーと一体に成形されたベース部分などに光源部からの光があたってしまう、その進行が遮られてしまう。そのため、反射面や受光部などに適切に光を到達させることができず、測定自体が困難になるという問題がある。

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、試料やカンチレバーの上方や下方に対物レンズや照明系を配置しても、迅速かつ高精度に測定することができる走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構およびこれを含む走査型プローブ顕微鏡を提供することを目的とする。

【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、本発明は以下の手段を提供する。

【0010】

試料の表面に近接させるプローブを先端部に有するカンチレバーと該カンチレバーの後端部を支持する支持部と、前記カンチレバーの前記プローブと反対側の面に設けられ、任意の角度に配置された反射面への入射光を照射する光源部と、該光源部から照射されて前記反射面を反射した反射光を受光する受光部とを含み、該受光部の受光位置によってカンチレバーの変位を検出する走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、前記カンチレバーを上面視して該カンチレバーの長さ方向に延びるY軸と、前記反射面を通り前記Y軸と直交する方向に延びるX軸とによって区画される領域のうち、前記X軸とY軸とを含むXY平面と平行な平面上の前記光源部から照射された光の光路上に、当該光の進行方向を変更する進行方向変更手段が少なくとも一つ設けられ、前記進行方向変更手段と前記光源部と前記受光部とが、前記カンチレバーの先端側の領域において、上面視して略環状に配置されており、前記区画される領域の前記カンチレバーの先端側の2つの領域のうち、一方の領域の上方から前記X軸およびY軸に対してゼロ度よりも大きい角度で前記入射光を入射させ、かつ、他方の領域の上方へ前記X軸およびY軸に対してゼロ度よりも大きい角度で前記反射光を反射させるように、前記入射光の入射角を決定することを特徴とする。

【0012】

これにより、カンチレバーの先端側上方の開放されたスペースを利用することができ、光源部からの光の進行を遮らせることなく、その光を反射面に容易に到達させることができる。

【0013】

また、上記のSPM走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、反射面に入射した光が、Y軸を挟んで反対側の領域の上方に、X軸およびY軸に対して傾けて反射するようにしてもよい。

【0014】

これにより、反射面からの反射光の進行を遮らせることなく、その反射光を受光部に容易に到達させることができる。

10

20

30

40

50

## 【0015】

これにより、XY平面上のスペースを有効利用することができ、小型化を容易にすることができる。

## 【0016】

ここで、進行方向変更手段、光源部および受光部は、略環状に配置されていることから、前記光は、カンチレバーの先端側の領域において、上面視して略環状に進行する。そのため、カンチレバーの上方に対物レンズやコンデンサレンズなどを配置しても、前記光は、それら対物レンズやコンデンサレンズなどに遮られることなく進行する。

## 【0017】

これにより、XY平面上のスペースをより有効利用することができる。

10

## 【0018】

さらに、上記の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、前記光源部から照射された光の光路上に、光路長のズレを補正する光路長補正手段を備えることで、光路長変更手段により、光路長のズレが補正してもよい。

## 【0019】

これにより、液中測定と空气中測定とで光路長にズレが生じても、迅速かつ容易にそのズレを補正することができる。

## 【0020】

さらに、本発明の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構では、前記プローブ、カンチレバーまたは試料の少なくとも一つが観察可能な任意の位置に対物レンズを配置したことを特徴とする。

20

## 【0021】

これにより、前記走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構によって対物レンズが邪魔されることなく、プローブ、カンチレバーまたは試料のいずれか一つに対物レンズを一層近づけることができ、そのため高NAの対物レンズを設けることができる。

## 【0022】

さらに、本発明の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構では、前記プローブ、カンチレバーまたは試料の少なくとも一つに任意の方向から照明光を照射することを特徴とする。

## 【0023】

これにより、前記走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構によって照明光が邪魔されることなく、高精度な初期観察を行うことができる。

30

## 【0035】

また、上記の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、前記光源部から照射された光の光路上に、シリンダカルレンズが設けて、光源部から照射された光が、シリンダカルレンズを透過するようにしてもよい。

## 【0036】

これにより、非点収差を補正することができ、高精度な測定を行うことができる。

## 【0037】

また、上記の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、前記反射面から反射され、前記受光部に至る前記光の光路上に、集光レンズが設けて、反射面から反射した光が集光レンズを透過するようにしてもよい。

40

## 【0038】

これにより、受光部に到達するスポットを、受光面内に収まるように適切な大きさにするとともに、光が進む媒質やカンチレバーの種類の違いにより、反射光がずれた場合でも、受光可能な一定の領域に光を集光することができる。

## 【0039】

さらに、上記の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構において、前記プローブと対向する位置に散乱板を配置し、前記プローブを有するカンチレバーの上方または下方の任意の位置に対物レンズを配置し、前記光源部から照射させた光を散乱板により散乱させて、前記対物レンズによりカンチレバーと散乱光のスポットを観察しながら、前記カンチレバー

50

の反射面にスポットの位置合わせを行うようにしてもよい。

【0040】

これにより、対物レンズの光軸に対して光源部からの光を斜めから照射させた場合でも、散乱光を観察することにより光のスポットを観察することができ、カンチレバーの反射面にスポットの位置合わせを容易に行うことができる。

【0041】

また、本発明は、上記の走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構を備えた走査型プローブ顕微鏡であることを特徴とする。

【0042】

この発明に係る走査型プローブ顕微鏡においては、上記請求項1から請求項16のいずれかの発明と同様の効果を奏することができる。

【発明の効果】

【0043】

本発明によれば、試料やカンチレバーの上方や下方に対物レンズや照明系を配置しても、光源部からの光の進行を遮らせることなく、その光をカンチレバーの反射面に容易に到達させることができる。

【0044】

また、走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構を薄型に構成することができるため、高NAの対物レンズや照明系のコンデンサレンズを使用することが可能となり、分解能が高く鮮明な光学顕微鏡像を得ることができる。これにより、走査型プローブ顕微鏡と光学顕微鏡を組み合わせ、この光学顕微鏡によって、より高精度に被測定箇所的位置決めを行うことができ、迅速かつ高精度に走査型プローブ顕微鏡像を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明に係る走査型プローブ顕微鏡の第1の実施例を示す図であって、(a)は走査型プローブ顕微鏡の正面図、(b)は(a)において符号Eによって示す領域の拡大図である。

【図2】図1のステージ微動機構部を拡大して示す平面図である。

【図3】図2のステージ微動機構部を示す底面図である。

【図4】図1のプローブ微動機構部を拡大して示す平面図である。

【図5】図4のプローブ微動機構部に変位検出機構部が設けられた様子を示す平面図である。

【図6】図4の変位検出機構部によって、反射面に光が入射する様子を示す説明図である。

【図7】図5のI-I線矢視図である。

【図8】図5の変位検出機構部の光路を一部簡略化して直線上に展開した光路図である。

【図9】カンチレバーの反射面への入射光線をX-Z平面に投影した光路図である。

【図10】(a)散乱板の平面図である。

【0046】

(b)(a)のM-M断面図である

【図11】本発明に係る走査型プローブ顕微鏡の第2の実施例を示す正面図である。

【符号の説明】

【0047】

- 1 走査型プローブ顕微鏡
- 10 対物レンズ
- 14 反射面
- 20 カンチレバー
- 20a 後端(後端部)
- 21 プローブ
- 22 カンチレバーホルダー(支持部)

10

20

30

40

50

- 2 6 プローブ微動機構部 ( X Y スキャナ )
- 7 0 プローブ側貫通孔
- 1 0 9 ステージ側貫通孔
- 1 1 0 筒孔 ( 貫通孔 )
- 1 1 2 変位検出機構部
- 1 1 4 S L D ( 光源部、低コヒーレント光源 )
- 1 1 9 シリンドリカルレンズ
- 1 2 1 フォトディテクタ ( 受光部 )
- 1 2 2 第 1 の反射部 ( 進行方向変更手段 )
- 1 2 3 第 2 の反射部 ( 進行方向変更手段 )
- 1 2 6 補正ガラス ( 光路補正手段 )
- 1 2 8 集光レンズ
- 1 4 0 散乱板

10

S 試料

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

(実施例1)

以下、本発明の第1実施例における走査型プローブ顕微鏡について、図面を参照して説明する。本実施例においては、カンチレバーを共振周波数付近で振動させながら試料に近づけ、振巾や位相の変化量により、プローブと試料間の距離を一定に保ちながら走査する

20

D F M モード ( Dynamic Force Mode ) による液中測定を行うものとする。

【0049】

この走査型プローブ顕微鏡1は、倒立顕微鏡と組み合わせたものであり、図1(a)および(b)に示すように、基台としての除振台2に設置された本体部3と、この本体部3の上方に設けられた測定部4と、測定部4の下方に設けられた倒立顕微鏡8と、測定部4の上方に設けられた照明部5とを備えている。

【0050】

倒立顕微鏡8は、X Y ステージ31を介して除振台2に載置されている。そして、倒立顕微鏡8の上端には、レボルバ9が設けられており、このレボルバ9に、それぞれ倍率の異なる複数の対物レンズ10が設けられている。そして、レボルバ9を回すことにより、

30

複数の対物レンズ10の配置が変更されるようになっており、複数の対物レンズ10を観察位置Kに選択的に配置することができるようになっている。観察位置Kとは、試料Sの下方であって試料Sを観察するための位置をいう。

【0051】

本体部3は、除振台2から垂直に延びる支柱12に支持された、平板状のベース13を備えて構成されるものである。ベース13の中央部には、ベース開口部15が形成されており、このベース開口部15内に、試料Sが載置されるステージ16が設けられている。このステージ16の中央にはステージ開口部17が形成されている。

【0052】

ステージ16は、ステージ微動機構部27により、Z軸方向に沿って移動するようになっている。なお、Z軸とは、後述する反射面14を通り、試料Sの表面およびステージ16に垂直に延びる軸をいい、後述するX軸、Y軸に直交する軸をいう。また、Z軸方向とは、Z軸の延びる方向をいい、走査型プローブ顕微鏡1の高さ方向をいう。

40

【0053】

ステージ微動機構部27は、図2および図3に示すように、略長形状に形成された機構本体部86と、この機構本体部86から、機構本体部86の厚さ方向(すなわちZ軸方向)に交差する方向(すなわちX軸方向)に延出する延出部87とを備えている。

【0054】

延出部87には、上述のステージ16が設けられている。

【0055】

50

機構本体部 8 6 には、延出部 8 7 の延出方向と反対方向に伸びる本体固定部 9 1 が設けられている。本体固定部 9 1 は、図 1 に示すベース 1 3 の所定の位置に固定されており、これにより、機構本体部 8 6 が片持ち支持されている。

【 0 0 5 6 】

また、機構本体部 8 6 の内部には、空洞部 9 3 が設けられている。空洞部 9 3 の上内壁部 9 4 の X 軸方向の両端のうち、本体固定部 9 1 が設けられた方の端部には、第 1 平行バネ 1 0 1 が設けられており、延出部 8 7 が設けられた方の端部には、第 2 平行バネ 1 0 2 が設けられている。一方、下内壁部 9 7 の X 軸方向の両端のうち、延出部 8 7 が設けられた方の端部には、第 3 平行バネ 1 0 3 が、本体固定部 9 1 が設けられた方の端部には、第 4 平行バネ 1 0 4 が設けられている。また、第 2 平行バネ 1 0 2 の近傍には、上内壁部 9 4 から下方に向けて伸びる下方壁部 9 5 が設けられており、第 4 平行バネ 1 0 4 の近傍には、下内壁部 9 7 から上方に向けて伸びる上方壁部 9 6 が設けられている。すなわち、下方壁部 9 5 および上方壁部 9 6 が、互いに反対方向に延ばされて対向して配置されている。

10

【 0 0 5 7 】

そして、これら下方壁部 9 5 と上方壁部 9 6 との間に、Z 駆動部 8 5 が設けられている。Z 駆動部 8 5 は、後述する Y 駆動部 5 1 および X 駆動部 5 2 とは、物理的に分離して別個に設けられたものであり、それぞれ独立して機能するものである。Z 駆動部 8 5 は、X 軸方向に向けられた積層型の Z 側圧電素子 9 0 からなるものである。そして、Z 側圧電素子 9 0 は、その一端が下方壁部 9 5 に固定され、他端が上方壁部 9 6 に固定されている。

20

【 0 0 5 8 】

このような構成のもと、Z 側圧電素子 9 0 に電圧を印加すると、Z 側圧電素子 9 0 が X 軸方向に伸縮するようになっている。Z 側圧電素子 9 0 が伸びると、下方壁部 9 5 および上方壁部 9 6 が X 軸方向外方に押圧され、上方壁部 9 6 は固定端付近を中心に図 2 における時計方向に回転するとともに、下方壁部 9 5 も固定端付近を中心に時計方向に回転し、結果として、第 1 から第 4 の平行バネ 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , 1 0 4 に案内されて、延出部 8 7 が Z 軸方向に移動し、延出部 8 7 に連結されたステージ 1 6 が Z 軸方向に移動するようになっている。

【 0 0 5 9 】

なお、符号 1 0 8 は静電容量センサを示すものであり、この静電容量センサ 1 0 8 によって機構本体部 8 6 の微動量を検出することにより、ステージ 1 6 の Z 軸方向の微動量の変位を検出したり、検出された変位により、Z 側圧電素子 9 0 に印加される電圧に対して、ステージ 1 6 を線形に移動させることができるようになっている。

30

【 0 0 6 0 】

さらに、図 1 ( a ) および ( b ) に示すように、ステージ 1 6 の上面には、上述の測定部 4 が設置されている。測定部 4 は、プローブ微動機構部 ( X Y スキャナ ) 2 6 を備えており、このプローブ微動機構部 2 6 には、クランク状のクランク固定部 3 0 が設けられている。そして、クランク固定部 3 0 により、プローブ微動機構部 2 6 は、その中心がステージ開口部 1 7 に一致するように設置されている。さらに、プローブ微動機構部 2 6 は、図 4 に示すように、幅寸法の異なる矩形枠状の外フレーム部 4 8 および内フレーム部 4 9 を備えており、これら外フレーム部 4 8 および内フレーム部 4 9 は、低熱膨張鋳鉄によりフラット状に形成されている。また、外フレーム部 4 8 と内フレーム部 4 9 とは、Y 駆動部 5 1 と X 駆動部 5 2 とを介して、互いに同心上に連結されており、外フレーム部 4 8 および内フレーム部 4 9 の上面は面一にして配されている。Y 駆動部 5 1 は、外フレーム部 4 8 に形成された X 軸に沿って伸びる Y 側空洞部 5 7 内に設置されており、X 駆動部 5 2 は、同様に Y 軸に沿って伸びる X 側空洞部 6 0 内に設置されている。

40

【 0 0 6 1 】

Y 駆動部 5 1 は、X 軸方向に向けられた積層型の Y 側圧電素子 5 4 を備えている。Y 側圧電素子 5 4 には、その周囲を取り囲むように、上面視して略ひし形の Y 側変位拡大機構部 5 5 が設けられている。そして、Y 側変位拡大機構部 5 5 は、Y 側連結部 5 6 を介して

50

、内フレーム部 4 9 に連結されている。

【 0 0 6 2 】

また、X 駆動部 5 2 は、Y 軸方向に向けられた積層型の X 側圧電素子 6 1 を備えている。X 側圧電素子 6 1 の周囲には、上記と同様に、略ひし形の X 側変位拡大機構部 6 2 が設けられており、X 側変位拡大機構部 6 2 は、X 側連結部 6 3 を介して、内フレーム部 4 9 に連結されている。

【 0 0 6 3 】

また、内フレーム部 4 9 の四隅には、平行バネ 6 7 が設置されている。内フレーム部 4 9 の底面には、略矩形の基板部 6 8 が設けられており、基板部 6 8 は、X 軸と Y 軸とを含む X Y 平面に平行に設けられている。この基板部 6 8 の下方には、後述するようにカンチレバーホルダー（支持部）2 2 に支持されたカンチレバー 2 0 が設けられている。

10

【 0 0 6 4 】

このような構成のもと、Y 側圧電素子 5 4 および X 側圧電素子 6 1 に電圧を印加することにより、Y 側変位拡大機構部 5 5 および X 側変位拡大機構部 6 2 が、それぞれ Y 軸方向、X 軸方向に拡大縮小し、これにより内フレーム部 4 9 を Y 軸、X 軸方向に微動させて、基板部 6 8 を介してカンチレバー 2 0 を Y 軸、X 軸方向に微動させるようになっている。

【 0 0 6 5 】

ここで、Y 軸とは、上面視してカンチレバー 2 0 の長さ方向に延びる軸をいい、すなわち、カンチレバー 2 0 を任意の水平面に投影した直線をいうものとする。そして、Y 軸方向とは、Y 軸の延びる方向をいい、走査型プローブ顕微鏡 1 の奥行方向をいう。

20

【 0 0 6 6 】

また、X 軸とは、反射面 1 4 を通り、前記任意の水平面上において Y 軸と直行する方向に延びる軸をいうものとする。そして、X 軸方向とは、X 軸の延びる方向をいい、走査型プローブ顕微鏡 1 の幅方向をいう。

【 0 0 6 7 】

また、これら X 軸と Y 軸とによって区画された 4 つの領域を、上面視して右上の領域から図 4 における反時計回りに、それぞれ A、B、C、D 領域と呼ぶこととする。すなわち、X 軸および Y 軸を座標軸として、第 1 象限を A 領域、第 2 象限を B 領域、第 3 象限を C 領域、第 4 象限を D 領域という。そして、カンチレバー 2 0 の基端側には A、B 領域が配され、先端側には C、D 領域が配されている。

30

【 0 0 6 8 】

また、符号 7 8、8 1 は静電容量センサを示し、符号 7 7、8 0 はターゲットを示すものであり、これら静電容量センサ 7 8、8 1 によって内フレーム部 4 9 の Y 軸、X 軸方向の微動量を検出することにより、内フレーム部 4 9 を介してカンチレバー 2 0 の Y 軸、X 軸方向の微動量の誤差を算出し、Y 側圧電素子 5 4、X 側圧電素子 6 1 に印加する電圧に対して、内フレーム部 4 9 が線形に移動できるようになっている。

【 0 0 6 9 】

また、カンチレバーホルダ 2 2 の中央には、図 6 に示すように、ガラスからなるガラスホルダ 2 3 が設けられている。このガラスホルダ 2 3 は、試料 S とガラスホルダ 2 3 との間に、液の粘性による膜を形成させて、これによって液中測定時において、後述する変位検出機構 1 1 2 の光源部からの光や、光源 4 0 からの照明光の乱反射等を防止するためのものである。カンチレバーホルダ 2 2 には、Y 軸に沿って柱状に延びる支持部材 1 9 が設けられており、支持部材 1 9 の先端には、この先端から下方に垂下する垂下部材 1 8 が設けられている。垂下部材 1 8 の下端には、不図示のワイヤが設けられている。

40

【 0 0 7 0 】

カンチレバー 2 0 は、ステージ開口部 1 7 の上方に設けられている。長尺状のカンチレバー 2 0 の先端には、その下面側に、先鋭化されたプローブ 2 1 が設けられており、上面側には、光を反射させる反射面 1 4 が設けられている。また、カンチレバー 2 0 の後端（後端部）2 0 a は、ピエゾ素子 2 8 を介してガラスホルダ 2 3 に接着固定された支持台 2

50

4に載置され、前述の垂下部材18に設けられたワイヤにより支持台24に固定されている。これにより、カンチレバー20は、プローブ21が設けられた先端側が自由端となるように片持ち支持されている。

【0071】

このように構成されたカンチレバーホルダ22において、 piezo素子28に電圧を印加することにより、Z軸方向に沿って所定の周波数及び振幅でカンチレバー20が振動するようになっている。

【0072】

また、プローブ微動機構部26の近傍には、図1(a)および(b)に示すように、モーター37によってカンチレバー20をZ軸方向に粗動移動させるためのZ粗動機構部33が設けられており、Z粗動機構部33のベース部材34が、本体部3のベース13に固定されている。このZ粗動機構部33の上面にはXYステージ35が設けられており、このXYステージ35の上面に、前記クランク固定部30が固定されている。

10

【0073】

さらに、プローブ微動機構部26の上方には、上述の照明部5が設けられている。照明部5は、照明光を発する光源40と、この光源40からの照明光を集光するためのコンデンサレンズ41とを備えている。コンデンサレンズ41は、倒立顕微鏡8に連なるレンズ支持部42によって、プローブ微動機構部26の中心上方に配されて、プローブ微動機構部26に対して上下動可能に支持されている。

【0074】

20

さらに、本実施例におけるプローブ微動機構部26は、図5に示すように、基板部68の上面に、カンチレバー20の変位を検出する変位検出機構部112が設けられて構成されている。変位検出機構部112は、低コヒーレント光源としての波長830nmの近赤外光の波長を持つ、スーパー・ルミネッセンス・ダイオード(以下、「SLD」という)114を備えている。SLD(光源部、低コヒーレント光源)114は、基板部68の四隅の角部のうち、D領域に配される角部の近傍に設置されている。そして、SLD114を駆動すると、Y軸を挟んだ反対の領域、すなわちC領域に向けて、X軸に沿って進行する低コヒーレント光を照射するようになっている。SLD114の近傍であって、SLD114からの光の光路上には、光学系115が設置されている。光学系115は、SLD114に対向して配置された集光用の非球面レンズ117を備えている。そして、この非球面レンズ117から、D領域からC領域に向かう方向に、収差補正用のアクロマテックレンズ118、シリンドリカルレンズ119が順番に配列されている。

30

【0075】

光学系115を構成するレンズ群117, 118, 119は、SLD114からの出射光をカンチレバー20の反射面14に結像させるようになっている。

【0076】

シリンドリカルレンズ119は、非点収差補正用に設けられたものであり、反射面14への結像スポットの広がりを補正するようになっている。

【0077】

また、前記四隅の角部のうちC領域に配される角部の近傍には、第1の反射部(進行方向変更手段)122が設けられている。第1の反射部122は、SLD114および光学系115とX軸線に沿って配列されており、これによりSLD114からの光が、光学系115を透過して、第1の反射部122に到達するようになっている。さらに、第1の反射部122は、その到達した光を反射させて、その進行方向を変更し、反射光をY軸に沿って進行させるようになっている。さらに、C領域内におけるX軸の近傍には、図5および図7に示す第2の反射部(進行方向変更手段)123が設けられており、これら第1の反射部122と第2の反射部123との間には、平板状の補正ガラス(光路補正手段)126が設けられている。すなわち、第1の反射部122、補正ガラス126および第2の反射部123は、Y軸に沿って配列されている。

40

【0078】

50

補正ガラス126は、ガラス支持部127により光路上から着脱可能に支持されており、補正ガラス126を所定の位置に取り付けると、第1の反射部122からの反射光が補正ガラス126を透過するようになっている。そして、この補正ガラス126を取り付けたときと、取り外したときとは、補正ガラス126による屈折の有無によって、光路長が変わるようになっている。

【0079】

ここで、液中測定を行うときと、大気中測定を行うときとは、光路長が異なるようになる。なぜなら、反射面14への入射光が培養液を透過することにより屈折するからである。本実施例においては、補正ガラス126を透過させることにより、液中測定に適した光路長になるように設定され、補正ガラス126を取り外すと、大気中測定に適した光路長になるように設定されている。

10

【0080】

第2の反射部123は、第1の反射部122からの反射光をさらに反射させて、進行方向を変更し、その反射光を反射面14に向けて照射するようになっている。

【0081】

また、D領域におけるカンチレバー20の近傍であって、反射面14からの反射光の光路上には、その反射光を集光するための、例えば両凸レンズからなる集光レンズ128と、例えば四分割されて構成されたフォトディテクタ(受光部)121とが設けられている。

【0082】

20

そして、上述したSLD114、光学系115、第1の反射部122、補正ガラス126、第2の反射部123、反射面14、集光レンズ128およびフォトディテクタ121は、C領域およびD領域にわたって、上面視して略環状に配置されている。

【0083】

このような構成のもと、図5および図6に示すように、反射面14には、第2の反射部123からの反射光が、C領域の上方から、X軸およびY軸に対して傾けられて入射し、さらに、D領域の上方に向けて、X軸およびY軸に対して傾けられて出射するようになっている。

【0084】

例えば、本実施例においては、第2の反射部123の設置角度は、その反射面が、Z軸に対して60°、Y軸に対して48°になるように設定されている。これにより、第2の反射部123において反射した光は、Z軸に対して50°、X軸に対して15°に傾けられて反射面14に入射するようになっている。また、カンチレバー20の設置角度は、Y軸に対して9°に設定されている。

30

【0085】

なお、これらの角度は、上述の設定に限られたものではなく、適宜変更可能である。特に、反射面14への入射光は、X軸に対して0°を超えて45°以下に設定するのが好ましい。

【0086】

さらに、変位検出機構部112は、フォトディテクタ121をY軸、Z軸方向に移動させる受光側YZステージ131と、SLD114および光学系115をY軸、Z軸方向に移動させる光源側YZステージ132とを備えている。そして、受光側YZステージ131は、レバー133を備えており、このレバー133を操作することにより、フォトディテクタ121のY軸、Z軸方向における位置を調整することができるようになっている。同様に、光源側YZステージ132により、SLD114および光学系115のY軸、Z軸方向における位置を調整することができるようになっている。

40

【0087】

また、本実施例における基板部68の中央には、Z軸方向に向けられたプローブ側貫通孔70が形成されている。そして、このプローブ側貫通孔70に、図1に示す光源40からの照明光が通されるようになっている。

50

## 【 0 0 8 8 】

また、図 2 に示すように、本実施例における延出部 8 7 には、Z 軸方向に向けられたステージ側貫通孔 1 0 9 が形成されている。さらに、図 1 に示す倒立顕微鏡 8 に設けられたフォーカシングダイヤル 8 a を操作することにより、対物レンズ 1 0 が上下動するようになっており、ステージ側貫通孔 1 0 9 を介して、対物レンズ 1 0 により試料 S を観察することができるようになっている。

## 【 0 0 8 9 】

次に、このように構成された本実施例における走査型プローブ顕微鏡 1 の作用について説明する。

## 【 0 0 9 0 】

まず、試料 S を不図示の液中セルを介してステージ 1 6 に載置する。そして、光源 4 0 をオンにし、試料 S に向けて照明光を照射する。すると、その照明光は、プローブ側貫通孔 7 0 を通り、カンチレバーホルダ 2 2 のガラスホルダ 2 3、試料 S を順に透過して、さらにステージ側開口部 1 7 を通ることにより、観察位置 K に配された対物レンズ 1 0 に到達する。これによって、対物レンズ 1 0 を介して、試料 S の状態が観察される。このとき、レボルバ 9 を回すと、はじめの対物レンズ 1 0 が観察位置 K から外れ、他の対物レンズ 1 0 が観察位置 K に配置される。これにより、適切な倍率の対物レンズ 1 0 が選択される。また、フォーカシングダイヤル 8 a を操作すると、対物レンズ 1 0 が上方に移動し、対物レンズ 1 0 が試料 S に近接し、フォーカシングされる。

## 【 0 0 9 1 】

これによって試料 S の初期観察が行われる。この結果に応じて、詳細な被測定箇所を特定し、走査型プローブ顕微鏡による詳細測定が行われる。このときの測定箇所は、XY ステージ 3 1 により、倒立顕微鏡 8 を動かして位置決めされる。

## 【 0 0 9 2 】

詳細測定を行うには、まず補正ガラス 1 2 6 を取り付けて、さらに試料 S の表面とプローブ 2 1 の位置を、倒立顕微鏡 8 の像を見ながら、XY ステージ 3 5 により位置合わせをする。次に、SLD 1 1 4、光学系 1 1 5 およびフォトディテクタ 1 2 1 の位置を調整する。すなわち、図 5 に示すように、SLD 1 1 4 から照射した光 L が、反射面 1 4 に確実に入射するように、光源側 YZ ステージ 1 3 2 で位置調整を行う。また、フォトディテクタ 1 2 1 上にスポットがくるように、受光側 YZ ステージ 1 3 1 によって位置調整を行う。それから、モーター 3 7 を駆動して、Z 粗動機構部 3 3 により、カンチレバー 2 0 を粗動移動させて、カンチレバー 2 0 を液中セルの培養液に浸漬させる。そして、プローブ 2 1 を試料 S の表面近傍に位置させる。

## 【 0 0 9 3 】

ここで、図 5、図 6、図 8、図 9 を参照しながら、光の進行状態を説明する。なお、図 8 は、第 1 の反射部 1 2 2、第 2 の反射部 1 2 3、ガラスホルダ 2 3、カンチレバー 2 0 の周囲の媒質を省略して、光路を直線上に展開したものである。したがって、実際の屈折の状態は反映されていない。

## 【 0 0 9 4 】

SLD 1 1 4 を駆動すると、SLD 1 1 4 から低コヒーレントな光 L が照射され、この光 L が C 領域に向かって X 軸に沿って進行する。そして、光 L は、非球面レンズ 1 1 7 を透過することによって集光させられた状態で、アクロマテックレンズ 1 1 8 を透過する。このアクロマテックレンズ 1 1 8 を透過することによって収差補正がなされ、アクロマテックレンズ 1 1 8 を透過した光はシリンドリカルレンズ 1 1 9 を透過する。このシリンドリカルレンズ 1 1 9 を透過することにより、非点収差補正がなされる。

## 【 0 0 9 5 】

さらに、シリンドリカルレンズ 1 1 9 を透過した光 L は、第 1 の反射部 1 2 2 に到達する。そして、その光 L は反射して B 領域に向かって Y 軸に沿って進行し、補正ガラス 1 2 6 を透過する。この補正ガラス 1 2 6 を透過することにより、光 L が屈折し光路長が変更されて、液中測定に適した光路長になる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 6 】

さらに、補正ガラス126を透過した光Lは、第2の反射部123に到達し、そこで反射する。この反射光は、上述したように、X軸、Y軸およびZ軸に対して所定の角度だけ傾けられてC領域の上方から反射面14に結像する。本実施例では反射面14におけるSLDのスポットサイズは直径約10 $\mu$ mである。反射面14に入射した光Lは、そこで反射して、再び拡がりながらD領域に向けて進行する。すなわち、X軸、Y軸およびZ軸に対して所定の角度だけ傾けられてD領域の上方に向けて進行する。反射面14からの光Lは、集光レンズ128を透過することにより、フォトディテクタ121に向かって結像する。

## 【 0 0 9 7 】

このように、SLD114から照射された光Lは、C領域およびD領域にわたって、上面視して略環状に進行する。

## 【 0 0 9 8 】

ここでカンチレバー20の種類や、カンチレバーホルダ22への取付誤差などにより反射面14の位置が変わる。また、ガラスホルダ23とサンプルS間の媒質(液体や空気)によって光が屈折し、反射面14への入射角が変わり、XY平面内で結像位置のずれが生じる。また、光軸方向の結像位置も変わる。このとき、光源側YZステージ132でSLD114と光学系115を動かすことにより、結像位置をXY平面内で動かすことができ、反射面14へSLD114のスポットを結像させることができる。また、補正ガラス126により光路長を変えることができ、異なる媒質間での光軸方向の結像位置の補正も可能である。

## 【 0 0 9 9 】

ここで、SLD114から照射した光Lを、カンチレバー20の反射面14に位置合わせする場合には、倒立顕微鏡に設けられた対物レンズ10により、カンチレバー20と光Lのスポットを同一の視野内で観察しながら位置を調整する。位置合わせ前は、光Lのスポットはカンチレバー20の反射面14から大きくずれているため、ある程度の視野面積を確保できた方が位置合わせを行いやすい。このため、本実施例では、倍率4倍の対物レンズで観察を行った。

## 【 0 1 0 0 】

ここで、カンチレバー20の反射面14への入射光線をX-Z平面に投影した光路図を図9に示す。この図からわかるように、対物レンズ10の立体角に対して、入射光は、暗視野照明の状態に入射するため、対物レンズ10に光が入らず、スポットを観察することが困難である。そこで、本発明では、あらかじめ、Z粗動機構部33により、カンチレバー20と試料Sの間にすきまを設け、この間に散乱板140を挿入し、散乱板140上で散乱された光のスポットと、カンチレバー20を対物レンズ10で観察し、スポットを反射面14に位置合わせを行った後、散乱板140を引き抜いてZ粗動機構部33により試料Sにプローブ21を近接させるようにした。散乱板140による位置合わせの際には、光路のずれを防ぐため、散乱板140とガラスホルダ23の間に培養液を入れた。散乱板140は、図10に示すようにガラスの基板141に厚さ20nmのクロムの膜142を2 $\mu$ mピッチで格子状に設けたものを使用した。このような散乱板140を用いると、クロムの膜がついていない部分からガラス基板141を透過してカンチレバー20が観察でき、またクロム膜142の部分でスポットが散乱されて散乱光が対物レンズ10により集光され、スポット観察も可能となる。

## 【 0 1 0 1 】

SLD114は波長830nmの近赤外光である。近赤外光を使うことでバイオサンプルの測定時などに蛍光が励起されづらいといった利点がある。対物レンズ10でスポットを観察する場合には、安全性を考慮してCCDカメラ(図示せず)により行うが、CCDカメラは赤外にも感度を持つため、可視光以外の光でも観察することが可能である。

## 【 0 1 0 2 】

なお、散乱板140は、対物レンズ10と試料Sの下面の間に配置してもよい。また、

10

20

30

40

50

スポットの観察は、試料Sの直上に配置した反射型の顕微鏡で行ってもよい。

【0103】

また、反射面14からの反射光の反射角は、前述の入射角の違いにより異なり、また、媒質の違いにより反射光の屈折角も変わる。したがって、反射光の光路は一義的には定まらない。また、反射面14に結像されたあと光は再び広がる。

【0104】

このような条件で、フォトディテクタ121で反射光のスポットの検出を行う場合には、任意の方向に進行する光線上にフォトディテクタ121を位置合わせするために、広い領域で位置合わせ可能な受光側YZステージ131を準備する必要がある。また、広がる光線をフォトディテクタ121上の受光面内に収めるためには大きな面積を持つフォトディテクタを準備する必要がある。このような構成とした場合には装置が大型化し、走査型プローブ顕微鏡の測定精度が低下する。また、位置合わせも非常に困難となる。

【0105】

そこで、反射面14からフォトディテクタ121面に至る光路中の適切な位置に集光レンズ128を配置することにより、フォトディテクタ121に向かって光が結像し、フォトディテクタ121面内に収まるような適切なスポットサイズを選択できるとともに、集光レンズ128により、光線を屈折させて特定の領域内にスポットを集めることができる。このように構成することでフォトディテクタ121や受光側YZステージ131を小型化でき、フォトディテクタ121の位置合わせも容易に行うことが可能となる。

ここで、カンチレバー20がZ軸方向に撓んだ場合、フォトディテクタ121面上のスポットは円弧の軌跡を描くが、撓み量が微小な場合には、概ねY軸に対して15度傾いた方向に線形に移動する。また、摩擦顕微鏡などで使用する場合には、カンチレバー20の長軸周りのカンチレバーのねじれを検出するが、カンチレバーがねじれた場合には、Y-Z平面で撓みの軌跡と概ね直交する方向に移動する。

【0106】

この状態から、 piezo素子28に電圧を印加して、カンチレバー20を介してプローブ21を、Z軸に沿って所定の周波数および振幅で振動させる。そして、図4に示すY側圧電素子54およびX側圧電素子61に電圧を印加する。すると、Y側圧電素子54およびX側圧電素子61が伸縮し、Y側変位拡大機構部55およびX側変位拡大機構部62を介して、内フレーム部49がXY軸方向に微動する。これにより、プローブ21が試料S上を所定の走査速度でラスタースキャンする。

【0107】

このとき、内フレーム部49がX軸、Y軸方向に微動すると、静電容量センサ78, 81によって、そのX軸、Y軸方向の微動量が検出されて、X軸、Y軸方向の誤差が補正される。このように、X軸、Y軸方向の微動量を補正することによって、Y側圧電素子54やX側圧電素子61のヒステリシスやクリープに影響されず、X軸、Y軸方向に線形に動作する。

【0108】

走査の際、試料Sの凹凸に応じて、プローブ21と試料Sの表面との距離が変わると、原子間力や間欠的な接触力によりプローブ21が斥力または引力を受けるので、カンチレバー20の振動状態が変化し、振巾や位相が変わる。フォトディテクタ121として受光面を四分割したディテクタを用いた場合、この振巾や位相の変化は、フォトディテクタ121の異なる2対の分割面の出力差(DIF信号と呼ぶ)として検出される。このDIF信号は、不図示のZ電圧フィードバック回路に入力される。そして、Z電圧フィードバック回路は、DIF信号により振巾や位相が同じになるように、図2に示すZ側圧電素子90に電圧を印加する。

【0109】

Z側圧電素子90は、電圧が印加されることにより高速で伸縮を繰り返す。Z側圧電素子90が伸縮すると、延出部87を介してステージ16が非常に高い周波数でZ軸方向に移動し、ステージ16上の試料SがZ軸方向に移動する。これにより、上記走査の際、

10

20

30

40

50

プローブ 2 1 と試料 S の表面との間の距離が常に一定に保たれる。

【 0 1 1 0 】

また、ステージ 1 6 が Z 軸方向に移動すると、静電容量センサ 1 0 8 により、機構本体部 8 6 の微動量が検出され、この検出結果に応じて、ステージ 1 6 の Z 軸方向の微動量の誤差が算出され、Z 軸方向の誤差が補正される。これにより、ステージ 1 6 が Z 軸方向に線形に動作させることができる。

【 0 1 1 1 】

なお、静電容量センサ 1 0 8 により微動量を検出し、それを走査型プローブ顕微鏡の高さ情報として表示させてもよい。この場合、より高速走査が可能となる。

【 0 1 1 2 】

このようにして、X 側、Y 側、Z 側圧電素子 5 4、6 1、9 0 に印加した電圧を不図示の制御部に入力し、画像化することで試料 S の表面の形状像を測定することができる。また、プローブ 2 1 と試料 S との間に働くいろいろな力や物理作用を測定することで、粘弾性、試料 S の表面電位分布、試料 S の表面の漏れ磁界分布、近接場光学像等の各種の物性情報の測定が行われる。

【 0 1 1 3 】

以上より、本実施例における走査型プローブ顕微鏡 1 によれば、C 領域の上方から、X 軸、Y 軸および Z 軸に対して傾けて、反射面 1 4 に光 L を入射させることにより、カンチレバー 2 0 の先端側上方の開放されたスペースを有効利用することができ、カンチレバー 2 0 の上方にコンデンサレンズ 4 1 を配置しても、光 L の進行を遮らせることなく、光 L を反射面 1 4 に容易に入射させることができる。そのため、倒立顕微鏡 8 と組み合わせて、迅速かつ高精度な測定を行うことができる。

【 0 1 1 4 】

また、C 領域から反射面 1 4 に入射した光 L を、X 軸、Y 軸および Z 軸に対して傾けて D 領域に向けて反射させることにより、その反射した光 L の進行を遮らせることなく、フォトディテクタ 1 2 1 に容易に到達させることができる。

【 0 1 1 5 】

さらに、光源部 1 1 4 に半導体レーザを使用した場合、カンチレバー 2 0 の反射面 1 4 やサンプル S の表面からの戻り光によりノイズが発生するが、この戻り光が抑制されて、戻り光ノイズが少なくなる。このため、光源からの光量を大きくすることができ、測定感度も向上する。

【 0 1 1 6 】

また、第 1 の反射部 1 2 2 および第 2 の反射部 1 2 3 を基板部 6 8 に設けて、S L D 1 1 4 からの光 L が反射面 1 4 に向かうように進行方向を変更させていることから、基板部 6 8 上のスペースを有効利用することができ、小型化を容易にすることができる。

【 0 1 1 7 】

さらに、S L D 1 1 4 や第 1 の反射部 1 2 2、第 2 の反射部 1 2 3、フォトディテクタ 1 2 1 などを、上面視して略環状に配置しているため、装置を薄く構成でき、その環状の中央の上方に、コンデンサレンズ 4 1 を配置することができ、基板部 6 8 上のスペースをより有効的に利用することができる。

【 0 1 1 8 】

また、補正ガラス 1 2 6 を着脱可能に設けていることから、補正ガラス 1 2 6 を着脱することにより、液中測定に必要な光路長と、大気中測定に必要な光路長とのズレを迅速かつ容易に補正することができる。これにより、光軸方向の移動機構を設けたり、媒質によりカンチレバーホルダ 2 2 を交換したりする必要がなく、装置を小型化でき、操作性も向上させることができる。

【 0 1 1 9 】

また、プローブ微動機構部 2 6 によって、プローブ 2 1 を X 軸、Y 軸方向に確実に移動させることができ、プローブ 2 1 を試料 S に精度よく確実に走査させることができる。

【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

50

さらに、プローブ微動機構部 26 にプローブ側貫通孔 70 を設け、このプローブ側貫通孔 70 に照明光を通してることから、照明光の進行が変位検出機構 112 によって邪魔されることなく、高精度に測定することができる。また、変位検出機構 112 を薄型に構成できるため、NA の大きなコンデンサレンズが使用でき、倒立顕微鏡 8 の像がより高分解能で明瞭となる。

【0121】

また、ステージ微動機構部 27 にステージ開口部 17 を設けていることから、対物レンズ 10 を試料 S に一層近接させることができ、高 NA の対物レンズを設けて高精度な測定を行うことができる。

【0122】

また、光源部として SLD 114 を設け、低コヒーレント光を照射させることから、カンチレバー 20 の反射面 14 からの反射光と、サンプル S の表面からの反射光とが干渉することによって発生する干渉縞を抑制することができ、高精度な測定を行うことができる。

【0123】

さらに、シリンドリカルレンズ 119 を設けたことから、ガラスホルダ 23 を透過させて斜めから光を入射した場合でも、光学系の非点収差を補正することができ、小型で円形に近いスポット形状が得られ、一層高精度な測定を行うことができる。

【0124】

また、集光レンズ 128 を設けたことから、フォトディテクタ 121 に到達するスポットを、フォトディテクタ 121 面内に収まるような適切な大きさにでき、狭い領域に集めることができる。

(実施例 2)

次に、本発明の第 2 の実施例について説明する。

【0125】

図 11 は、本発明の第 2 の実施例を示したものである。

【0126】

図 11 において、図 1 から図 10 に記載の構成要素と同一部分については同一符号を付し、その説明を省略する。

【0127】

この実施例と上記第 1 の実施例とは基本的構成は同一であり、以下の点において異なるものとなっている。

【0128】

すなわち、本実施例における走査型プローブ顕微鏡 1 は、正立顕微鏡 8 と組み合わせたものであり、正立顕微鏡 8 には光源 40 が設けられ、本体部 3 の光源 40 の上方にはコンデンサレンズ 41 が設けられている。また、コンデンサレンズ 41 の上方にはステージ微動機構部 27 が設けられている。ステージ微動機構部 27 は Z 側圧電素子 90 からなり、Z 側圧電素子 90 は Z 軸方向に向けて設置されている。Z 側圧電素子 90 には、Z 軸方向に向けられた筒孔（貫通孔）110 が形成されており、この筒孔 110 に光源 40 からの照明光が通されるようになっている。

【0129】

また、プローブ微動機構部 26 の上方には、観察位置 K に対物レンズ 10 が設けられている。ここでの観察位置 K とは、プローブ微動機構部 26 の上方から、プローブ 21 またはカンチレバー 20 を観察する位置をいう。対物レンズ 10 は、観察位置 K において上下動するようになっており、下方に移動させると、プローブ側貫通孔 70 に挿入されるようになっている。

【0130】

このような構成のもと、光源 40 からの照明光は、筒孔 110 を通って試料 S を透過する。また、対物レンズ 10 を下方に移動させて、プローブ側貫通孔 70 に挿入すると、対物レンズ 10 はカンチレバー 20 または試料 S に近接する。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 3 1 】

以上より、ステージ微動機構部 27 には筒孔 110 が設けられ、この筒孔 110 に照明光を通してることから、照明光の進行を邪魔することなく、高精度に測定することができる。

また、SLD のスポットをカンチレバーの反射面に位置合わせする場合にも、第一の実施例と同じく、カンチレバーとサンプルの間に散乱板を配置し、正立顕微鏡の対物レンズ 10 で観察することにより行うことが可能となる。この場合の散乱板は半導体ウエハなど反射性の基板上に散乱体を構成することが望ましい。

## 【 0 1 3 2 】

また、この対物レンズ 10 を、プローブ側貫通孔 70 に挿入することができることから、カンチレバー 20 や試料 S に対物レンズ 10 を一層近接させることができ、高 NA の対物レンズを設けて高精度な測定を行うことができる。

10

## 【 0 1 3 3 】

なお、上記第 1 および第 2 の実施例では、XY スキャナとして、カンチレバー 20 を X 軸、Y 軸方向に微動させるプローブ微動機構部 26 を設けたが、これに限ることはなく、プローブ微動機構部 26 を Z スキャナとして、カンチレバー 20 を Z 軸方向に微動させてもよい。この場合、XY スキャナとしてのステージ微動機構部 27 によって、ステージ 16 を X 軸、Y 軸方向に移動させる。

## 【 0 1 3 4 】

また、プローブ微動機構部 26 とステージ微動機構部 27 とを設けたが、これに限ることはなく、XYZ スキャナとして 3 次元アクチュエータなどを設けるようにしてもよい。このとき、3 次元アクチュエータは、プローブ側、サンプル側のいずれに配置してもよい。

20

## 【 0 1 3 5 】

また、上記実施例では、走査型プローブ顕微鏡用変位検出機構は、カンチレバーまたは試料を微動させるスキャナと一体構成としたが、スキャナとは独立に構成してもよく、また、XYZ のスキャナの一部または全部を備えていない場合も本発明に含まれる。

## 【 0 1 3 6 】

また、カンチレバー 20 は長尺状のものに限定されず、上面視して三角形のものや、断面が円形で光ファイバーの先端を先鋭化して湾曲させた近接場顕微鏡用のベントプローブなどでもよい。

30

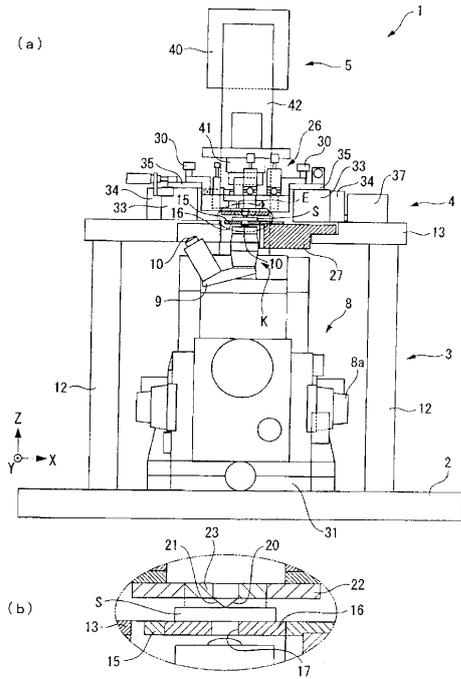
## 【 0 1 3 7 】

また、DFM モードによる観察としたが、これに限ることはなく、コンタクト AFM などの種々のモードに適用可能である。

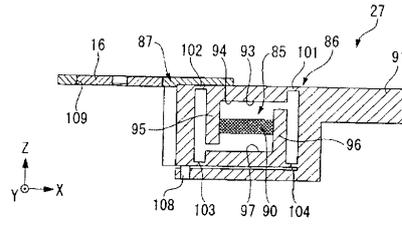
さらに、顕微鏡として透過照明法を利用した倒立顕微鏡と正立顕微鏡の他、反射照明法による顕微鏡も本発明に含まれる。

さらに、近接場顕微鏡にも適用することができる。近接場顕微鏡に適用すると、高 NA の対物レンズを、プローブ先端が観察可能な位置に任意の角度で対物レンズを配置することができるため、近接場光の励起や集光効率を向上させることができる。

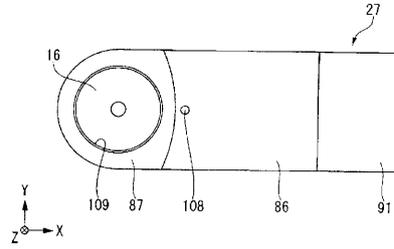
【図1】



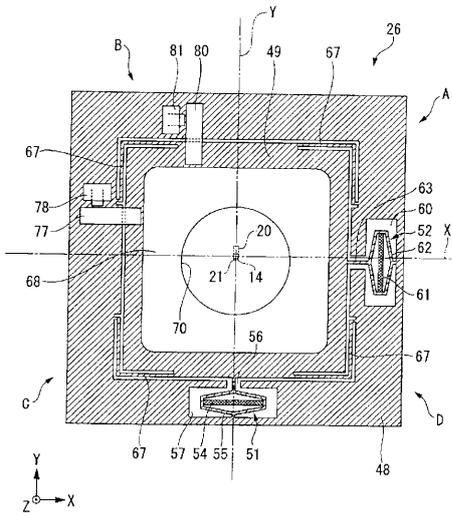
【図2】



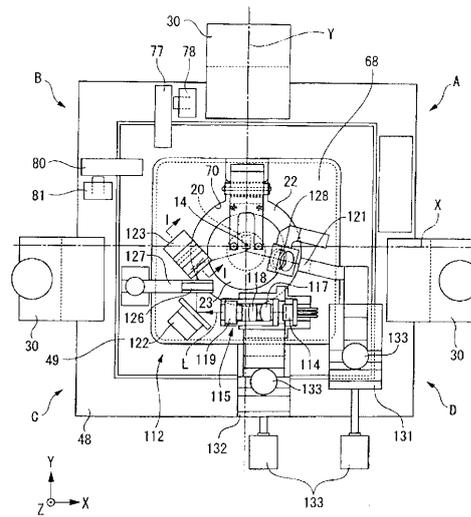
【図3】



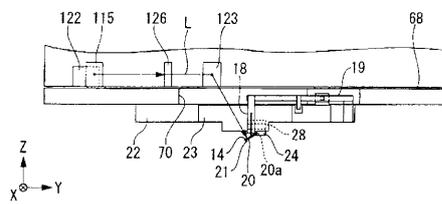
【図4】



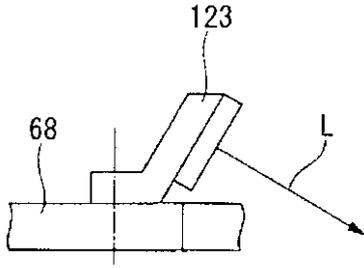
【図5】



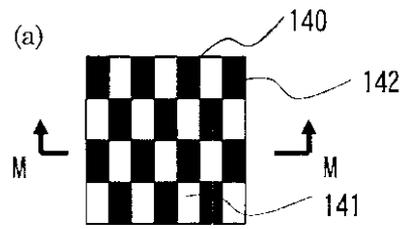
【図6】



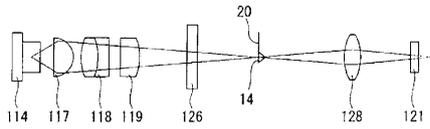
【図7】



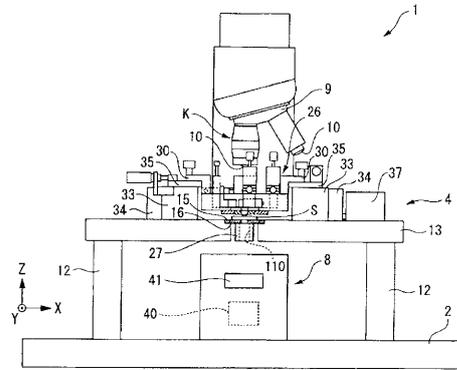
【図10】



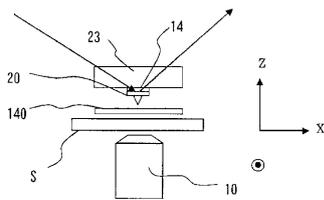
【図8】



【図11】



【図9】



---

フロントページの続き

審査官 秋田 将行

- (56)参考文献 特開平04 - 328718 (JP, A)  
特開平05 - 149732 (JP, A)  
特開平05 - 157554 (JP, A)  
特開平07 - 181029 (JP, A)  
特開平08 - 220114 (JP, A)  
特開平08 - 278317 (JP, A)  
特開平10 - 090610 (JP, A)  
特開平10 - 267945 (JP, A)  
特開平11 - 133040 (JP, A)  
特開平11 - 271341 (JP, A)  
特開2003 - 042928 (JP, A)  
特開2003 - 114182 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01Q 10/00 - 90/00