

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3897893号

(P3897893)

(45) 発行日 平成19年3月28日(2007.3.28)

(24) 登録日 平成19年1月5日(2007.1.5)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 N	13/10	(2006.01)	GO 1 N 13/10 C
GO 5 D	3/00	(2006.01)	GO 5 D 3/00 G
HO 1 L	41/09	(2006.01)	HO 1 L 41/08 J

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平10-53910	(73) 特許権者	000002325
(22) 出願日	平成10年3月5日(1998.3.5)		セイコーインスツル株式会社
(65) 公開番号	特開平11-248719		千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地
(43) 公開日	平成11年9月17日(1999.9.17)	(74) 代理人	100079212
審査請求日	平成16年4月14日(2004.4.14)		弁理士 松下 義治
		(72) 発明者	本間 克則
			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
		(72) 発明者	村松 宏
			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
		(72) 発明者	山本 典孝
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基盤と、前記基盤に平行に固定される圧電素子と、前記圧電素子の伸縮端に前記基盤と平行に固定される入力梁と、前記圧電素子の出力軸を基準として対称的に配置される 2 組の近似平行運動連鎖と、前記 2 組の近似平行運動連鎖の対向する 2 本の梁を結合する出力梁から成る変位拡大装置であって、

a) 前記 2 組の近似平行運動連鎖のそれぞれ 1 組は、

前記基盤上に固定され、前記基板と垂直をなす回転軸を有する第 1 の支点と、
前記第 1 の支点に回転自在に固定され、前記圧電素子の出力軸と直交する方向に延びる第 1 の梁と、

前記第 1 の梁の自由端に固定される第 1 の回転対偶と、

前記第 1 の梁に固定され、前記第 1 の支点と自由端の間の任意の一点に位置する第 2 の回転対偶と、

前記第 1 の回転対偶に、前記第 1 の梁と任意の角度を持って固定される第 2 の梁と、

前記第 2 の梁の任意の位置に固定される第 3 の回転対偶と、

前記第 2 の梁の任意の位置に固定される第 4 の回転対偶と、

前記第 3 の回転対偶に固定され、第 1 の梁と平行に配置される第 3 の梁と、

第 3 の梁のもう一端を回転自在に固定し、前記基盤上に固定され、前記基盤と垂直をなす回転軸を有する第 2 の支点と、

10

20

を含み、同時に、

b) 前記第1の梁の長さ(A)と前記第3の梁の長さ(B)との比が、前記第3の回転対偶と前記第4の回転対偶の間の距離(a)と、前記第1の回転対偶と前記第4の回転対偶の間の距離(b)との比に等しい、すなわち、 $A : B = a : b$ になる位置関係にあり、

c) 前記入力梁が前記第2の回転対偶に固定され、前記出力梁の両端が前記2組の近似平行運動連鎖の対向する2個の前記第4の回転対偶に固定されることを特徴とする変位拡大装置。

【請求項2】

前記第1の支点と、前記第2の支点と、前記第1の回転対偶と、前記第2の回転対偶と、前記第3の回転対偶と、前記第4の回転対偶が、弾性ヒンジによって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の変位拡大装置。

10

【請求項3】

前記入力梁から前記出力梁にいたるまでに質量勾配があることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の変位拡大装置。

【請求項4】

請求項1乃至3のいずれかに記載の変位拡大装置の少なくとも1つと、第2の圧電素子を備えたことを特徴とする微小領域走査装置。

【請求項5】

請求項1乃至3のいずれかに記載の変位拡大装置の少なくとも2つを備えたことを特徴とする微小領域走査装置。

20

【請求項6】

Z軸用圧電素子を更に備えたことを特徴とする請求項4または請求項5に記載の微小領域走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、原子間力顕微鏡(AFM)や走査型近視野顕微鏡(SNOM)に代表される走査型プローブ顕微鏡(SPM)の試料走査やプローブ走査に利用される微小領域走査装置に利用する変位拡大装置及びこれを用いた微小領域走査装置に関する。

【0002】

30

【従来の技術】

走査型プローブ顕微鏡(SPM)は、機械的探針(以下、プローブと呼ぶ)によって試料表面を走査し、プローブと試料表面との間に働く相互作用を検出することによって、試料表面の物理量をnm(10⁻⁹m)以下のオーダーで観察する装置である。例えば、走査型プローブ顕微鏡(SPM)の一つとして代表的な原子間力顕微鏡(AFM)では、プローブと試料表面の間に働く原子間力をプローブのたわみ量変化という情報で検出し、これを利用することによって試料の表面形状を観察することができる。

【0003】

こうした装置において、試料やプローブを水平方向(以下XY方向と呼ぶ)、もしくは水平方向と高さ方向(以下Z方向と呼ぶ)に走査するために必要な機械装置が、微小領域走査装置である。

40

【0004】

走査型プローブ顕微鏡(SPM)に利用される微小領域走査装置には、0.01~0.1nmの高い分解能が要求されるため、圧電素子が使われる。代表的には、例えば米国特許第5306919(Elings et al.)が開示しているようなチューブ型の微小領域走査装置が挙げられる。走査型プローブ顕微鏡(SPM)が開発された初期には、このような微小領域走査装置を用いて原子像などが観察されている。

【0005】

このようなチューブ型の微小領域走査装置は、変位量が~20μm程度で良い場合には、構造が簡単で、共振周波数が高いという長所がある。しかし、それ以上、例えば50μm

50

以上の変位量を必要とする場合には、チューブの長さが増加し、共振周波数が下がると同時に、XY方向走査時のピッチングも大きくなるという特性を有している。

【0006】

走査型プローブ顕微鏡(SPM)の普及が広がった最近では、生物細胞などの、より大きい試料の観察が要求され、50～200μmのXY方向の移動量が必要となってきた。また、通常の光学顕微鏡に搭載しての観察も必要となることから、Z方向に薄い微小領域走査装置が求められている。このような趨勢に沿って、従来のチューブ型ではなく、圧電素子と弾性ヒンジと挺子の組み合わせによって圧電素子の変位を数倍に拡大する変位拡大装置と、これを用いた薄型の微小領域走査装置が製作されている。

【0007】

このような変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置としては、例えば、米国特許第5051594号(Tsuda et al.)に開示されている。ここに開示されている変位拡大装置は、形式的には平行バネと呼ばれる構造に挺子の原理を応用したものであり、この例では、板バネに換えて弾性ヒンジを利用している。このような変位拡大装置においては、圧電素子の変位に伴い、挺子を兼ねた平行バネが傾き、5～10倍程度に拡大された変位をステージ面で得ることができる。

【0008】

図14は、平行バネ構造を利用した従来の変位拡大装置の構成の一例を示す模式図である。

図14において、圧電素子1401が、基盤1402上に固定される。圧電素子1401の伸縮端側には、ボール1403が固定される。基盤1402上には、第1の弾性ヒンジ1404が配置され、第1の弾性ヒンジ1404には、圧電素子1401の出力軸と直交する方向に第1の梁1405が固定される。ボール1403は、第1の梁1405の任意の一点で接触する。第1の梁1405の自由端側には、第2の弾性ヒンジ1406が固定される。基盤1402の両側には、第3の弾性ヒンジ1407がそれぞれ1個ずつ配置される。第3の弾性ヒンジ1407には、第2の梁1408が、それぞれ1本ずつ、第1の梁1405と平行に固定される。第2の梁1408の自由端には、第4の弾性ヒンジ1409がそれぞれ1個ずつ固定される。2個の第4の弾性ヒンジ1409には出力梁1410が固定される。出力梁1410の任意の位置に、第2の弾性ヒンジ1406が固定される。この変位拡大装置を2個、互いに直交するように組み合わせれば、XY方向の微小領域走査装置を構成することができる。

【0009】

図15は従来の変位拡大装置の動作を示した模式図である。

図15に、圧電素子1401が、紙面向かって右側にL1だけ伸びた状態を示す。この状態において、第1の梁1405は、ボール1403によって右側に向かって押され、第1の弾性ヒンジ1404を回転中心として傾く。このとき、第1の弾性ヒンジ1404とボール1403の間の距離をa、第1の弾性ヒンジ1404と第2の弾性ヒンジ1406の距離、すなわち、第1の梁1405の長さをbとする。第1の梁1405は、第1の弾性ヒンジ1404を支点とし、ボール1403を力点、第2の弾性ヒンジ1406を作用点とした挺子として作用し、圧電素子1401の伸び量がL1の時の第2の弾性ヒンジ1406の変位量L2は、 $L2 = L1 \cdot b / a$ となる。この第2の弾性ヒンジ1406の変位によって出力梁1410は、第2の弾性ヒンジ1406の変位と同じ変位量で右に動く。このときに、2本の第2の梁1408は出力梁1410を水平に保つ案内として作用する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、以上に示したような平行バネ構造を利用した従来の変位拡大装置においては、平行バネが支点を中心とした回転運動を行うことから、主変位方向とは別の方向にも回転による変位が発生してしまう。図15におけるhがこの回転による変位である。こ

10

20

30

40

50

れは、梃子の拡大率を大きくするほど顕著である。さらに、このような変位拡大装置を 1 軸ないしは 2 軸用いて微小領域走査装置を構成し、走査型プローブ顕微鏡 (S P M) に組み込んだ場合、観察像にゆがみが生じるなどの問題がある。

【 0 0 1 2 】

そこで、本発明の目的は、従来の平行ばね構造を用いた変位拡大装置および微小領域走査装置の持つ上記のような課題を解決し、梃子による圧電素子の変位拡大率を大きくしつつ、主変位方向とは別の方向への変位が発生しない変位拡大装置を実現し、これを用いて観察像にゆがみを生じない微小領域走査装置を実現することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明では、走査型プローブ顕微鏡 (S P M) の試料走査やプローブ走査用の微小領域走査装置に利用する変位拡大装置と、これを用いる微小領域走査装置において、圧電素子と組み合わせる平行ばね構造に、近似平行運動連鎖の構造を取り入れ、平行ばねの出力点が近似直線運動を行うようにした。さらにこの近似平行運動連鎖を 2 組向かい合わせて梁で結合することにより、角度変位のない近似直線変位を取り出せるようにした。加えて、この近似平行運動連鎖の 1 部に梃子の作用を兼ねさせることによって、圧電素子の変位を拡大し、この拡大変位が近似直線変位として得られるようにした。また、この変位拡大装置を組み合わせる微小領域走査装置を構成した。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施例について図に基づいて説明する。

(1) 第 1 の実施例

図 1、図 2 は、本発明の変位拡大装置のうち、第 1 の実施例を示した模式図である。

【 0 0 1 5 】

図 1 は上面図、図 2 は側面図を示す。図 1、図 2 において、基盤 1 0 1 上の第 1 のホルダ 1 0 2 に、第 1 の圧電素子 1 0 3 の基部が固定される。

固定は、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸と基盤 1 0 1 が平行になるように、かつ、第 1 の圧電素子 1 0 3 の側面が基盤 1 0 1 に非接触である位置関係で行われる。第 1 の圧電素子 1 0 3 の伸縮端には、2 股形状をした入力梁 1 0 4 が固定される。基盤 1 0 1 上には、圧電素子 1 0 3 の出力軸を基準として対称的に配置される 2 組の近似平行運動連鎖と、2 組の近似平行運動連鎖の対向する 2 本の梁を結合する出力梁 1 1 4 が配置される。この 2 組の近似平行運動連鎖と出力梁 1 1 4 は、すべて基盤 1 0 1 の同一平面上に配置される。

【 0 0 1 6 】

2 組の近似平行運動連鎖のうち、1 組の近似平行運動連鎖の構成を以下に説明する。基盤 1 0 1 上に、基盤 1 0 1 と垂直をなす回転軸を有する第 1 の支点 1 0 5 が固定される。第 1 の支点 1 0 5 に、第 1 の梁 1 0 6 が回転自在に固定される。この第 1 の梁 1 0 6 は、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸と直交する方向に配置される。第 1 の梁 1 0 6 の自由端には、第 1 の回転対偶 1 0 7 が配置される。第 1 の梁 1 0 6 上の任意の位置に、第 2 の回転対偶 1 0 8 が固定される。支点および回転対偶は一体型切り欠き構造の弾性ヒンジによって構成される。弾性ヒンジの材質としては、S U S、リン青銅、ポリアセタールなど弾性の高いものを用いる。

【 0 0 1 7 】

本実施例では、すべての回転対偶に S U S を用い、同形状の切り欠き構造としている。ここで、第 1 の支点 1 0 5 から第 2 の回転対偶 1 0 8 までの距離を (c) とし、第 1 の回転対偶 1 0 7 から第 2 の回転対偶 1 0 8 までの距離を (d) としたときに、図 1 では、 $c : d = 1 : 1$ となる位置に第 2 の回転対偶 1 0 8 が位置する。

【 0 0 1 8 】

第 1 の回転対偶 1 0 7 には、第 2 の梁 1 0 9 が、第 1 の梁 1 0 6 と任意の角度を持って固定される。図 1 では、 90° の角度を有している。第 2 の梁 1 0 9 の任意の位置に、第 3 の回転対偶 1 1 0 と、第 4 の回転対偶 1 1 1 が固定される。図 1 では、第 3 の回転対偶 1

10

20

30

40

50

10が第2の梁109の端に固定され、第4の回転対偶111は、第1の回転対偶107と第3の回転対偶110の間の第2の梁109上の任意の位置に固定されている。第3の回転対偶110には、第3の梁112が、第1の梁106と平行に固定され、第3の梁112のもう一端は、基盤101と垂直を成す回転軸を有する第2の支点113に固定される。

【0019】

ここで、第1の梁106の長さを(A)、第3の梁112の長さを(B)とし、第3の回転対偶110と第4の回転対偶111の間の距離を(a)、第1の回転対偶107と第4の回転対偶111の間の距離を(b)とした時に、 $A : B = a : b$ となる位置関係を持たせる。

10

【0020】

以上が、1組の近似平行運動連鎖の構成であり、この近似平行運動連鎖が圧電素子103の出力軸を基準として基盤上に対称的に2組配置される。

2組の近似平行運動連鎖の対向する2本の梁、すなわち、2本の第2の梁109は、対向する2個の第4の回転対偶111を介して、出力梁114で固定される。

【0021】

2個の第2の回転対偶108には、2股形状の入力梁104の自由端が1本ずつ固定される。

図3は、第1の実施例の動作を示した模式図である。

図3に、第1の圧電素子103が、紙面向かって右側にL1だけ伸びた状態を示す。この状態において、入力梁104がL1だけ右側に移動し、これに伴い第2の回転対偶108がL1だけ右側に移動する。第2の回転対偶108の移動に伴い、第1の梁106は、第1の支点105を軸として回転運動を行う。すなわち、第2の回転対偶108は、第1の圧電素子103の伸縮変位の入力点として作用し、これにより、第1の梁106は、第1の支点105を軸とした槌子として作用する。槌子の作用点は、第1の回転対偶107である。ここで、図1で説明したように、第1の支点105から第2の回転対偶108までの距離を(c)とし、第1の回転対偶107から第2の回転対偶108までの距離を(d)としたときに、図1では、 $c : d = 1 : 1$ となる位置に第2の回転対偶108を配置する。この時の、第1の回転対偶107の出力変位量をL2とすれば、 $L2 = L1 \cdot (c + d) / c = 2 \cdot L1$ である。

20

30

【0022】

さらにここで、第1の支点105、第1の梁106、第1の回転対偶107、第2の梁109、第3の回転対偶110、第4の回転対偶111、第3の梁112、第2の支点113の関係を考える。図1で説明したように、第1の梁106の長さを(A)、第3の梁112の長さを(B)とし、第3の回転対偶110と第4の回転対偶111の間の距離を(a)、第1の回転対偶107と第4の回転対偶111の間の距離を(b)とした時に、 $A : B = a : b$ となる位置関係が存在する。

【0023】

これはすなわち、第4の回転対偶111を出力点とするワットの近似平行運動連鎖である。したがって、第1の梁106の運動に伴い、第2の梁109、第3の梁112が連鎖運動し、第2の梁109上の第4の回転対偶111が近似直線運動を行う。このとき、第4の回転対偶111は、わずかではあるが角度変位しながら直線変位する。この第4の回転対偶111の出力変位をL3とすれば、 $L3 \sim L2$ である。

40

【0024】

本発明においては、このワットの近似平行運動連鎖を第1の圧電素子103の出力軸を基準として基盤上に対称的に2組配置し、対向する2個の第4の回転対偶111を、出力梁114で連結する。これによって、第4の回転対偶111の角度変位の影響は、第4の回転対偶111自体の弾性により吸収され、出力梁114から直線変位のみを取り出すことができる。同時に、この出力梁114は、2組の近似平行運動連鎖の剛性向上に貢献し、第2の梁109のねじれを防ぐ作用もある。出力梁114の変位出力方向は第1の圧電素

50

子 1 0 3 の出力軸と同じ方向である。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、第 1 の実施例の各梁の断面図である。図 4 (a) は第 1 の梁 1 0 6 の第 1 の支点 1 0 5 付近の断面図であり、(b) は第 3 の梁 1 1 2 の第 2 の支点 1 1 3 付近の断面図で、同じ形状をしている。図 4 (c) は第 2 の梁 1 0 9 の第 1 の回転対偶 1 0 7 付近の断面図であり、図 4 (d) は、第 2 の梁 1 0 9 の第 4 の回転対偶 1 1 1 付近の断面図である。断面 (a)、(b)、(c)、(d) は、断面形状および断面積を変化させることで、垂直方向の曲げ剛性が (a) = (b) = (c) = (d) であり、かつ、単位質量は (a) = (b) > (c) > (d) となるような質量勾配を有する構成としている。質量勾配は連続的かつ滑らかである。すなわち、出力梁 1 1 4 に近づくにつれて剛性はそのままに質量が小さくなるように設定されており、これにより、自重による各梁のたわみ量を最小にすることができる。第 1 の実施例では、I 型断面を利用しているが、丸形中空断面、角形中空断面を利用することも可能である。また、質量勾配を、断面積変化ではなく材質の成分変化によって実現することも可能である。

10

【 0 0 2 6 】

図 5 は、図 4 で説明した梁の断面変化の状態を模式的に示した斜視図である。

(2) 第 2 の実施例

図 6、図 7 は、本発明の変位拡大装置及びこれを用いた微小領域走査装置のうち、第 2 の実施例を示した模式図である。図 6 は上面図、図 7 は側面図を示す。図 6、図 7 において、基盤 1 0 1 上の第 1 のホルダ 1 0 2 に、第 1 の圧電素子 1 0 3 の基部が固定される。固定は、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸と基盤 1 0 1 が平行になるように、かつ、第 1 の圧電素子 1 0 3 の側面が基盤 1 0 1 に非接触である位置関係で行われる。第 1 の圧電素子 1 0 3 の伸縮端には、2 股形状の入力梁 1 0 4 が固定される。基盤 1 0 1 上には、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸を基準として対称的に配置される 2 組の近似平行運動連鎖と、2 組の近似平行運動連鎖の対向する 2 本の梁を結合する出力梁 1 1 4 が配置される。この 2 組の近似平行運動連鎖と出力梁 1 1 4 は、すべて基盤 1 0 1 の同一平面上に配置される。出力梁 1 1 4 には第 2 のホルダー 1 1 5 が固定され、この第 2 のホルダー 1 1 5 に、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸と直交する出力軸を持つ第 2 の圧電素子 1 1 6 の基部が固定されている。固定は、第 2 の圧電素子 1 1 6 の出力軸と出力梁 1 1 4 が平行になるように、かつ、第 2 の圧電素子 1 1 6 の側面が出力梁 1 1 4 に非接触である位置関係で行われる。第 2 の圧電素子 1 1 6 の伸縮端には、試料台 1 1 7 が固定される。

20

30

【 0 0 2 7 】

2 組の近似平行運動連鎖のうち、1 組の近似平行運動連鎖の構成を以下に説明する。基盤 1 0 1 上に、基盤 1 0 1 と垂直をなす回転軸を有する第 1 の支点 1 0 5 が固定される。第 1 の支点 1 0 5 に、第 1 の梁 1 0 6 が回転自在に固定される。この第 1 の梁 1 0 6 は、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸と直交する方向に配置される。第 1 の梁 1 0 6 の自由端には、第 1 の回転対偶 1 0 7 が配置される。第 1 の梁 1 0 6 上の任意の位置に、第 2 の回転対偶 1 0 8 が固定される。支点および回転対偶は一体型切り欠き構造の弾性ヒンジによって構成される。弾性ヒンジの材質としては、SUS、リン青銅、ポリアセタールなど弾性の高いものを用いる。

40

【 0 0 2 8 】

本実施例では、すべての回転対偶に SUS を用い、同形状の切り欠き構造としている。ここで、第 1 の支点 1 0 5 から第 2 の回転対偶 1 0 8 までの距離を (c) とし、第 1 の回転対偶 1 0 7 から第 2 の回転対偶 1 0 8 までの距離を (d) としたときに、図 6 では、c : d = 1 : 1 となる位置に第 2 の回転対偶 1 0 8 を配置する。

【 0 0 2 9 】

第 1 の回転対偶 1 0 7 には、第 2 の梁 1 0 9 が、第 1 の梁 1 0 6 と任意の角度を持って固定される。図 6 では、90°の角度を有している。第 2 の梁 1 0 9 の任意の位置に、第 3 の回転対偶 1 1 0 と、第 4 の回転対偶 1 1 1 が固定される。

図 6 では、第 4 の回転対偶 1 1 1 が第 2 の梁 1 0 9 の端に固定され、第 3 の回転対偶 1

50

10は、第1の回転対偶107と第4の回転対偶111の間の第2の梁109上の任意の位置に固定されている。この第3の回転対偶110と、第4の回転対偶111の位置が、第1の実施例とは異なる。第3の回転対偶110には、第3の梁112が、第1の梁106と平行に固定され、第3の梁112のもう一端は、基盤101と垂直を成す回転軸を有する第2の支点113に固定される。

【0030】

ここで、第1の梁106の長さを(A)、第3の梁112の長さを(B)とし、第3の回転対偶110と第4の回転対偶111の間の距離を(a)、第1の回転対偶107と第4の回転対偶111の間の距離を(b)とした時に、 $A : B = a : b$ となる位置関係を持たせる。

以上が、1組の近似平行運動連鎖の構成であり、この近似平行運動連鎖が第1の圧電素子103の出力軸を基準として基盤上に対称的に2組配置される。

【0031】

2組の近似平行運動連鎖の対向する2本の梁、すなわち、2本の第2の梁109は、対向する2個の第4の回転対偶111を介して、出力梁114で固定される。

2個の第2の回転対偶108には、2股形状の入力梁104の自由端が1本ずつ固定される。

【0032】

図8は、第2の実施例の動作を示した模式図である。

図8に、第1の圧電素子103が、紙面向かって右側にL1だけ伸びた状態を示す。この状態において、入力梁104がL1だけ右側に移動し、これに伴い第2の回転対偶108がL1だけ右側に移動する。第2の回転対偶108の移動に伴い、第1の梁106は、第1の支点105を軸として回転運動を行う。すなわち、第2の回転対偶108は、第1の圧電素子103の伸縮変位の入力点として作用し、これにより、第1の梁106は、第1の支点105を軸としたテコとして作用する。テコの作用点は、第1の回転対偶107である。ここで、図6で説明したように、第1の支点105から第2の回転対偶108までの距離を(c)とし、第1の回転対偶107から第2の回転対偶108までの距離を(d)としたときに、 $c : d = 1 : 1$ となる位置に第2の回転対偶108が位置する。この時の、第1の回転対偶107の出力変位量をL2とすれば、 $L2 = L1 \cdot (c + d) / c = 2 \cdot L1$ である。

【0033】

さらにここで、第1の支点105、第1の梁106、第1の回転対偶107、第2の梁109、第3の回転対偶110、第4の回転対偶111、第3の梁112、第2の支点113の関係を考える。図6で説明したように、第1の梁106の長さを(A)、第3の梁112の長さを(B)とし、第3の回転対偶110と第4の回転対偶111の間の距離を(a)、第1の回転対偶107と第4の回転対偶111の間の距離を(b)とした時に、 $A : B = a : b$ となる位置関係が存在する。

【0034】

これはすなわち、第4の回転対偶111を出力点とするワットの近似平行運動連鎖である。したがって、第1の梁106の運動に伴い、第2の梁109、第3の梁112が連鎖運動し、第2の梁109上の第4の回転対偶111が近似直線運動を行う。このとき、第4の回転対偶111は、わずかではあるが角度変位しながら直線変位する。この第4の回転対偶111の出力変位をL3とすれば、 $L3 \sim L2$ である。

【0035】

本発明においては、このワットの近似平行運動連鎖を第1の圧電素子103の出力軸を基準として基盤上に対称的に2組配置し、対向する2個の第4の回転対偶111を、出力梁114で連結する。これによって、第4の回転対偶111の角度変位の影響は、第4の回転対偶111自体の弾性により吸収され、出力梁114から直線変位のみを取り出すことができる。同時に、この出力梁114は、2組の近似平行運動連鎖の剛性向上に貢献し、第2の梁109のねじれを防ぐ作用もある。出力梁114の変位出力方向は第1の圧電素

10

20

30

40

50

子 1 0 3 の出力軸と同じ方向である。出力梁 1 1 4 の第 2 のホルダー 1 1 5 に固定されている第 2 の圧電素子 1 1 6 は、第 1 の圧電素子 1 0 3 の出力軸と直交する出力軸を持っており、この第 2 の圧電素子 1 1 6 を伸縮させることで、試料台 1 1 7 を移動させることができる。この例では、第 2 の圧電素子 1 1 6 を L 4 だけ伸ばした状態を示しており、この結果として、試料台 1 1 7 は、移動前の位置から右へ L 3、上に L 4 移動する。このように、第 1 の圧電素子 1 0 3 と第 2 の圧電素子 1 1 6 を別々に制御させることで、試料台 1 1 7 を 2 軸方向に走査することができる。

(3) 第 3 の実施例

図 9、図 1 0 は、本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第 3 の実施例を示した模式図である。図 9 は上面図、図 1 0 は側面図を示す。図 9、図 1 0 において、変位拡大装置 2 0 1 の出力梁 1 1 4 に、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の基盤 1 0 1 が固定される。第 1 の変位拡大装置 2 0 1 と第 2 の変位拡大装置 2 0 2 は、第 1 の実施例または第 2 の実施例で述べた変位拡大装置と同じ構成をしている。第 1 の変位拡大装置 2 0 1 と第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の出力軸方向は直交しており、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の出力梁 1 1 4 には、試料台 1 1 7 が固定される。

【0036】

図 1 1 は、第 3 の実施例の動作を示した模式図である。

図 1 1 に、第 1 の変位拡大装置 2 0 1 の第 1 の圧電素子 1 0 3 が、紙面向かって右側に L 1 だけ伸び、かつ、第 2 の変位拡大装置第 1 の 2 0 2 の圧電素子 1 0 3 が、紙面向かって上側に L 1 だけ伸びた状態を示す。この状態において、第 1 の変位拡大装置 2 0 1 の出力梁 1 1 4 は右側に L 3 変位し、これにより、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 が右側に L 3 移動する。同時に、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の出力梁 1 1 4 は上側に L 3 伸びる。この結果として、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の出力梁 1 1 4 に固定されている試料台 1 1 7 は、移動前の位置から右に L 3、上に L 3、移動する。

(4) 第 4 の実施例

図 1 2、図 1 3 は、本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第 4 の実施例を示した模式図である。図 1 2 は上面図、図 1 3 は側面図を示す。図 1 2、図 1 3 において、変位拡大装置 2 0 1 の出力梁 1 1 4 に、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の基盤 1 0 1 が固定される。第 1 の変位拡大装置 2 0 1 と第 2 の変位拡大装置 2 0 2 は、第 1 の実施例または第 2 の実施例で述べた変位拡大装置と同じ構成をしている。第 1 の変位拡大装置 2 0 1 と第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の出力軸は直交しており、第 2 の変位拡大装置 2 0 2 の出力梁 1 1 4 には、第 3 のホルダ 1 1 8 が固定され、この上に Z 軸用圧電素子 1 1 9 が固定されている。Z 軸用圧電素子 1 1 9 の伸縮端には、試料台 1 1 7 が固定される。

【0037】

【発明の効果】

この発明は、以上説明したように、走査型プローブ顕微鏡 (SPM) の試料走査やプローブ走査用の微小領域走査装置に利用される変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置において、基盤と、基盤に平行に固定される圧電素子と、圧電素子の伸縮端に基盤と平行に固定される入力梁と、圧電素子の出力軸を基準として対称的に配置される 2 組の近似平行運動連鎖と、2 組の近似平行運動連鎖の対向する 2 本の梁を結合する出力梁により変位拡大装置を構成し、また、この変位拡大装置を用いて微小領域走査装置を構成した。

【0038】

上記のような構成としたので、以下に記載する効果を有する。

(1) 変位拡大装置の平行バネ構造に、近似平行運動連鎖の構造を取り入れることにより、平行バネの出力点に近似直線運動を行わせることができ、さらにこの近似平行運動連鎖を 2 組向かい合わせて梁で結合することにより、角度変位のない近似直線変位を取り出せる。

(2) 加えて、この近似平行運動連鎖の 1 部に梃子の作用を兼ねさせることによって、圧電素子の変位を拡大し、この拡大変位が近似直線変位として得られる。

10

20

30

40

50

(3) この変位拡大装置を組み合わせて微小領域走査装置を構成することで、梃子による圧電素子の変位拡大率を大きくしつつ、主変位方向とは別の方向への変位が発生しない変位拡大装置を実現し、さらに、これを用いて観察像にゆがみを生じない微小領域走査装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の変位拡大装置のうち、第1の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図2】本発明の変位拡大装置のうち、第1の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図3】本発明の変位拡大装置のうち、第1の実施例の動作を示した模式図である。 10

【図4】本発明の変位拡大装置のうち、第1の実施例の梁の断面図である。

【図5】本発明の変位拡大装置のうち、第1の実施例の梁の斜視図である。

【図6】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第2の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図7】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第2の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図8】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第2の実施例の動作を示した模式図である。

【図9】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第3の実施例の構成の一例を示した模式図である。 20

【図10】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第3の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図11】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第3の実施例の動作を示した模式図である。

【図12】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第4の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図13】本発明の変位拡大装置およびこれを用いた微小領域走査装置のうち、第4の実施例の構成の一例を示した模式図である。

【図14】本発明に関わる従来の微小領域走査装置の構成の一例を示す模式図である。

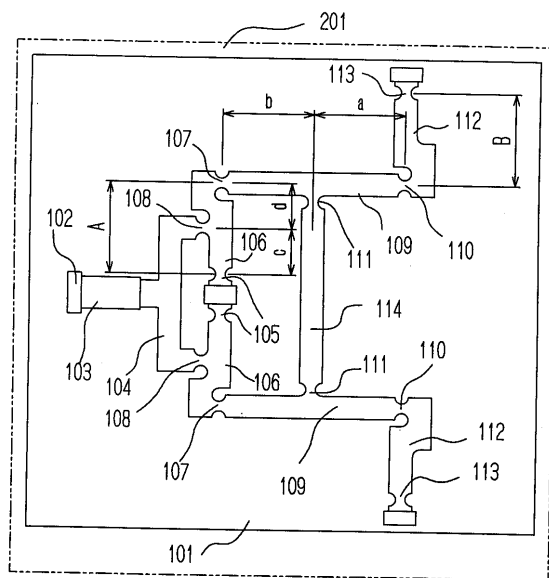
【図15】本発明に関わる従来の微小領域走査装置の動作を示した模式図である。 30

【符号の説明】

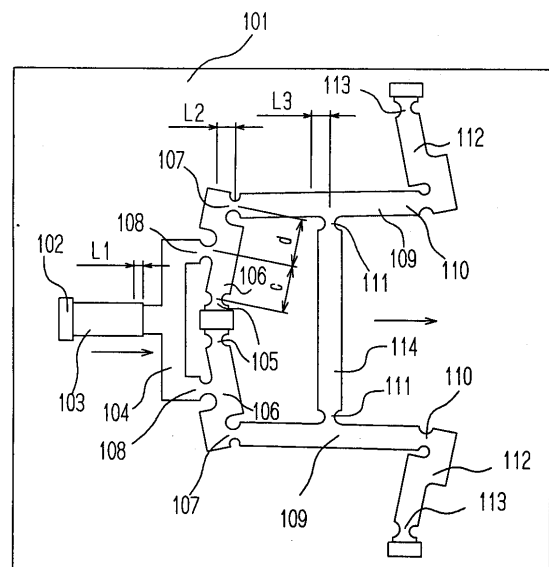
101	基盤	
102	第1のホルダ	
103	第1の圧電素子	
104	入力梁	
105	第1の支点	
106	第1の梁	
107	第1の回転対偶	
108	第2の回転対偶	
109	第2の梁	40
110	第3の回転対偶	
111	第4の回転対偶	
112	第3の梁	
113	第2の支点	
114	出力梁	
115	第2のホルダ	
116	第2の圧電素子	
117	試料台	
118	第3のホルダ	
119	Z軸用圧電素子	50

201	第1の変位拡大装置
202	第2の変位拡大装置
1401	圧電素子
1402	基盤
1403	ボール
1404	第1の弾性ヒンジ
1405	第1の梁
1406	第2の弾性ヒンジ
1407	第3の弾性ヒンジ
1408	第2の梁
1409	第4の弾性ヒンジ
1410	出力梁

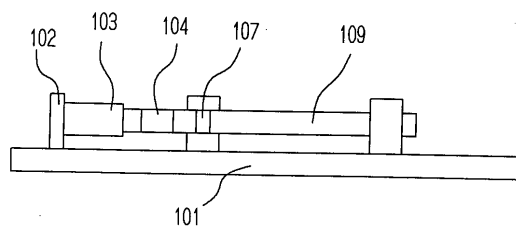
【図1】



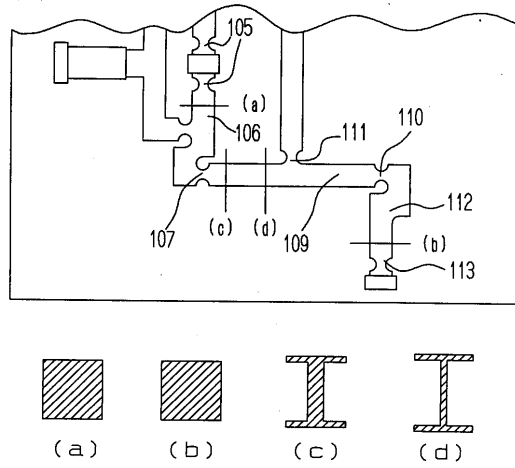
【図3】



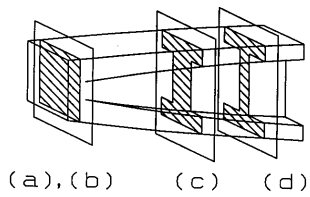
【図2】



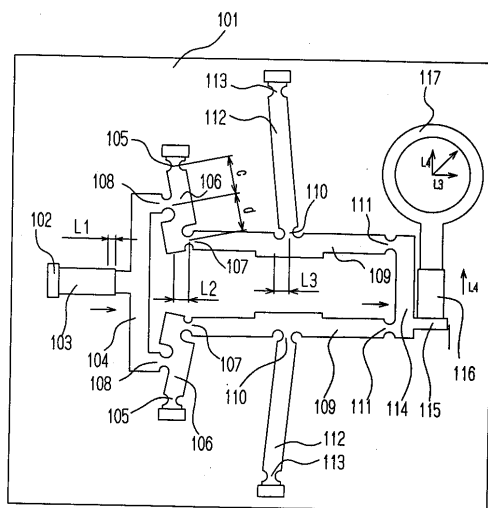
【図 4】



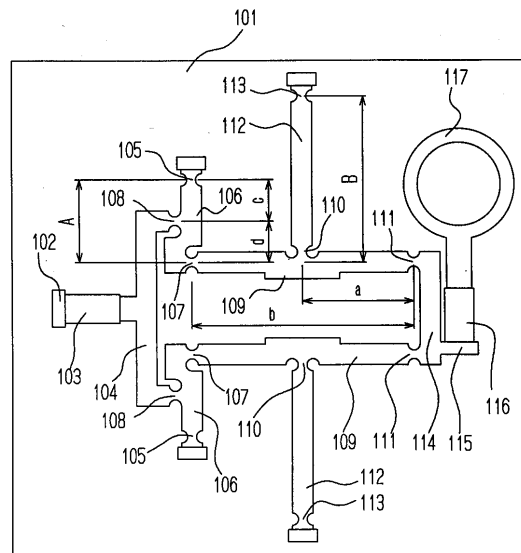
【図 5】



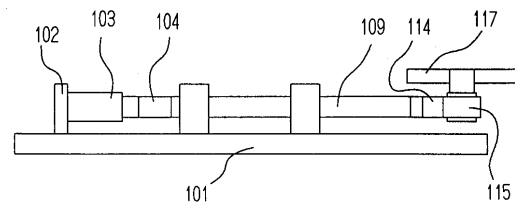
【図 8】



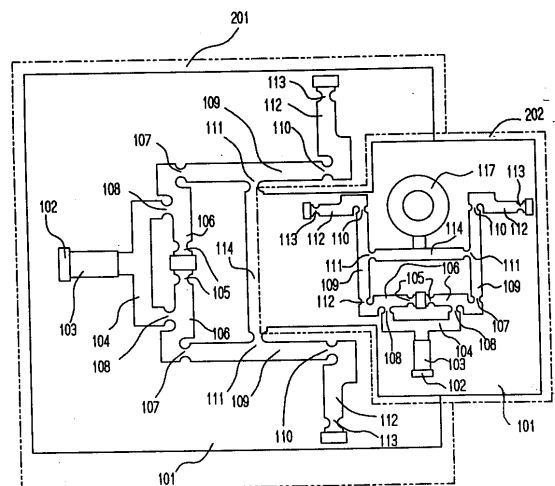
【図 6】



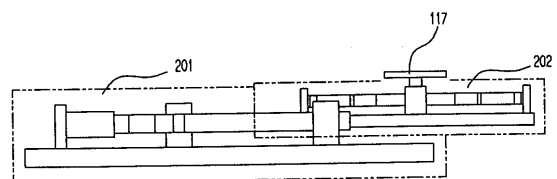
【図 7】



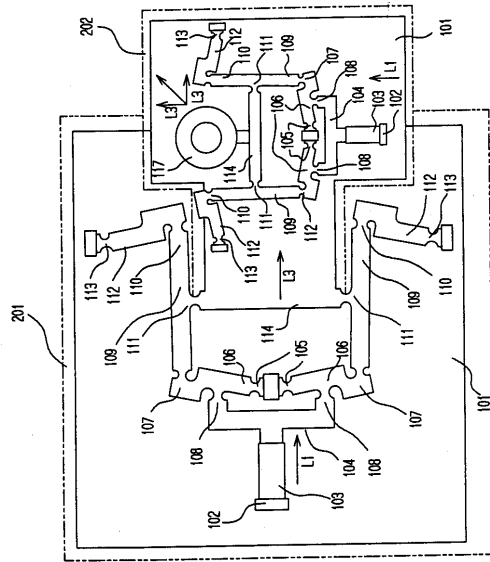
【図 9】



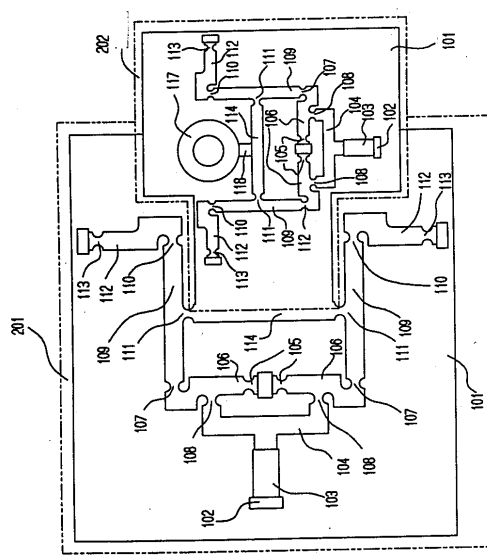
【図 10】



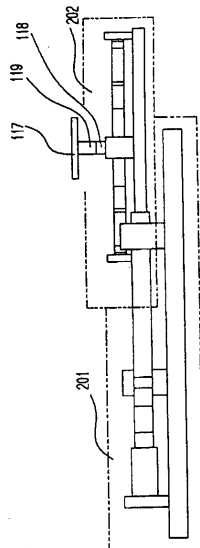
【図 1 1】



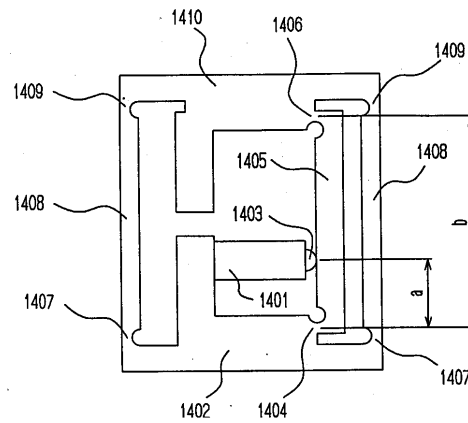
【図 1 2】



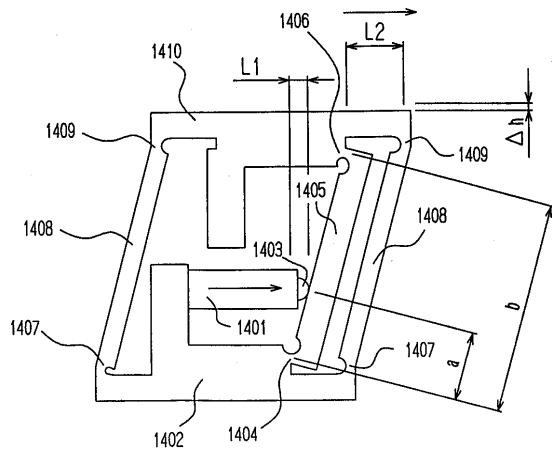
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

審査官 野田 洋平

- (56)参考文献 特開平 1 - 2 1 9 6 0 2 (J P , A)
特開平 2 - 3 6 7 7 1 (J P , A)
特開昭 6 1 - 4 1 6 0 7 (J P , A)
特開昭 5 6 - 1 2 7 9 7 7 (J P , A)
特開平 9 - 2 5 7 1 1 1 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G01N 13/10-13/24

G05D 3/00

H01L 41/09

JSTPlus(JDream2)