

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 0 1 N 37/00		G 0 1 N 37/00	A
G 0 1 B 21/30		G 0 1 B 21/30	Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 14 頁)

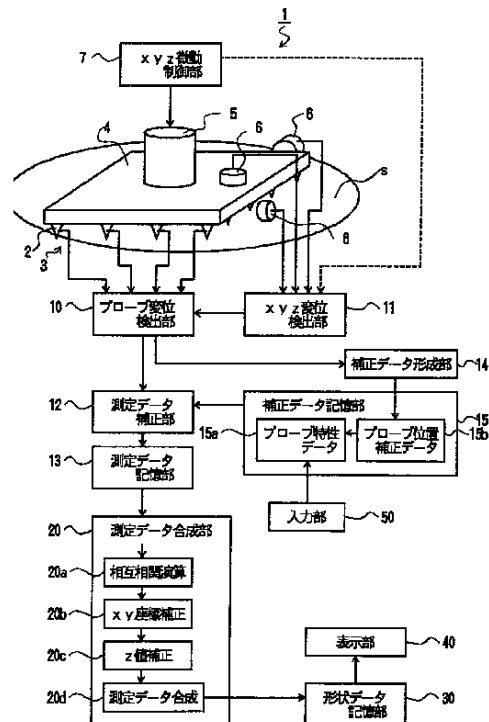
(21) 出願番号	特願平9-110678	(71) 出願人	000001993 株式会社島津製作所 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(22) 出願日	平成9年(1997)4月28日	(71) 出願人	592032636 学校法人トヨタ学園 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1
		(72) 発明者	粉川 良平 神奈川県秦野市堀山下字松葉380-1 株式会社島津製作所秦野工場内
		(72) 発明者	古谷 克司 愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1 学校法人トヨタ学園 豊田工業大学内
		(74) 代理人	弁理士 竹本 松司 (外1名) 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査型プローブ顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 走査型プローブ顕微鏡において、広範囲にわたって高精度の形状測定を行う。

【解決手段】 プローブを複数個配列することによって測定範囲を拡大し、各プローブで測定される変位信号について、プローブの配列に基づく位置ずれと各プローブ自体が持つ特性による誤差を補正し、さらに、各プローブによる測定データをつなぎ合わせて広範囲の像を得るものであり、同一ステージ4に複数のプローブ2を2次元的に配列したプローブアレイ3と、プローブアレイを3次元方向に移動可能とする移動手段5、7と、試料の表面形状の測定データを各プローブ毎に測定する変位検出手段10、11と、各プローブの位置誤差およびプローブ特性に基づいて、測定データを各プローブ毎に補正する測定データ補正手段12、14、15と、各プローブ毎の隣接する測定データの相互相関を求めて測定データをつなぎ合わせ合成像を生成する測定データ合成手段20を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 同一ステージ上に複数のプローブを2次元的に配列したプローブアレイと、前記プローブアレイを3次元方向に移動可能とする移動手段と、プローブの変位信号と移動手段による移動量から、試料の表面形状の測定データを各プローブ毎に測定する変位検出手段と、各プローブの位置誤差およびプローブ特性に基づいて、前記測定データを各プローブ毎に補正する測定データ補正手段と、各プローブ毎の隣接する測定データの相互相関を求めることによって測定データをつなぎ合わせ、合成像を生成する測定データ合成手段を備えた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】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡等の、微細な表面形状の凹凸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】走査型プローブ顕微鏡として走査型トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡が知られている。図18は走査型トンネル顕微鏡を説明するための概略図である。走査型トンネル顕微鏡（STM）は、導電性の試料表面に先端の鋭い金属探針を接近させて電圧を印加し、両者間に流れるトンネル電流を用いて試料表面の形状を測定する装置である。図18に示す走査型トンネル顕微鏡では、プローブ62を積層型圧電素子61x、61y、61zでxyz方向に変位させ、試料sとプローブ62との間に流れるトンネル電流を一定に制御することによって、試料sの形状を測定する。

【0003】また、図19は原子間力顕微鏡を説明するための概略図である。原子間力顕微鏡（AFM）は、物質間に働く力によって物質表面の形状を3次元的に観察する装置である。図19に示す原子間力顕微鏡では、円筒状圧電素子71の表面に配置されている電極に電圧を印加することにより試料sをxyz方向に変位させる。このとき、プローブ72と試料sの間に働く原子間力によりカンチレバー74がたわむ。このたわみを検出することによって試料sの形状を測定する。

【0004】走査型プローブ顕微鏡では広範囲の測定が求められているが、上記構成の走査型プローブ顕微鏡では圧電素子61、71の変位量に制限があるため、測定範囲が制限され試料の広範囲にわたって高精度の形状測定を行うことが困難である。例えば、図18の走査型トンネル顕微鏡では最大で数10 μ m程度であり、また、図19の原子間力顕微鏡では最大で数100 μ m程度である。

【0005】そこで、前記圧電素子を用いた微動機構と、ボールねじを用いた粗動機構とを組み合わせた、てこによる変位拡大機構を用いて圧電素子による変位量を拡大して、走査範囲を広げること（「大ストロークS

TM、精密学会誌、55巻1号、pp. 146-151（1989））が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】前記したように、微動機構と粗動機構の組み合わせによって測定範囲を拡大する場合には、局所的に高精度に測定される形状を何らかの方法でつなぎ合わせる必要があるが、局所的に高精度に測定された形状を、微動機構により測定される精度と同様の精度でつなぎ合わせることは困難である。変位拡大機構を用いて測定範囲を拡大する場合には、変位分解能も拡大されるため、微小変位の制御が困難であり、また、てこの拡大率を大きくすると装置全体が大きくなり、温度変化による熱変形が大きくなって、測定精度が低下するという問題が生じる。したがって、従来の走査型プローブ顕微鏡は測定範囲が狭いという問題があり、測定範囲を拡大する機構を用いると測定精度が低下するという問題がある。

【0007】そこで、本発明は前記した従来の走査型プローブ顕微鏡の問題点を解決し、広範囲にわたって高精度の形状測定を行うことができる走査型プローブ顕微鏡を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の走査型プローブ顕微鏡は、プローブを複数個配列することによって測定範囲を拡大し、各プローブで測定される変位信号についてプローブの配列に基づく位置ずれと各プローブ自体が持つ特性による誤差を補正し、さらに、各プローブによる測定データをつなぎ合わせて、広範囲の合成像を得るものであり、これによって、広範囲にわたって高精度の形状測定を行うことができる。

【0009】本発明の走査型プローブ顕微鏡は、上記測定データの処理を行うために、同一ステージ上に複数のプローブを2次元的に配列したプローブアレイと、プローブアレイを3次元方向に移動可能とする移動手段と、プローブの変位信号と移動手段による移動量から、試料の表面形状の測定データを各プローブ毎に測定する変位検出手段と、各プローブの位置誤差およびプローブ特性に基づいて、測定データを各プローブ毎に補正する測定データ補正手段と、各プローブ毎の隣接する測定データの相互相関を求めて測定データをつなぎ合わせを行い、合成像を生成する測定データ合成手段を備えた構成とする。

【0010】プローブアレイの各プローブ間の配置間隔と移動手段による配列方向の可動量との間には、配置間隔が可動量より小さくなる関係を持たせる。これによって、移動手段でプローブアレイを試料に対し移動させることにより、プローブ1個当たりの測定範囲より大きな測定範囲を漏れなく測定することが可能となる。

【0011】変位検出手段は、プローブの変位信号と移動手段による移動量とを座標上で加算して、各プローブ

毎に試料の表面形状の測定データを求める。測定データ補正手段は、各プローブで測定する変位量について、プローブ毎に有する偏りを除去する手段である。この偏りは、プローブの配列による誤差とプローブ特性による誤差があり、あらかじめ記憶しておいた補正データを用いて補正を行う。

【0012】測定データ合成手段は、各プローブで求めた測定データをつなぎ合わせて広範囲の合成像を生成する手段である。各プローブ毎に求めた複数の測定データの内で隣接する測定データは、プローブ間の配置間隔と移動手段の可動範囲との関係から重合部分を含んでいる。測定データ合成手段は、各プローブ毎の隣接する測定データの相互相関を求め、この相互相関が最大となるよう測定データのデータ処理を行って、重合部分の測定データをつなぎ合わせを行い、合成像の生成を行う。

【0013】本発明の走査型プローブ顕微鏡によれば、試料に対してプローブアレイを対向させ、各プローブで変位検出を行って各位置での形状測定を行うと共に、移動手段によってプローブアレイを3次元方向に移動させて走査を行う。各プローブは、移動手段による走査範囲内で変位検出を行って、各範囲内での測定データを得る。プローブによる測定データと移動手段の走査位置を座標上で重ねることによって、各プローブについて同位置座標上での測定データを得ることができる。ここで、プローブの配置間隔は移動手段の可動量より小さいため、隣接する測定データは一部で重合している。

【0014】求めた測定データは、各プローブ毎にプローブの配置に基づく誤差とプローブ特性に基づく誤差を有しているため、測定データ補正手段によってこの誤差の補正を行う。測定データの補正は、隣接する測定データの重合するデータについて、プローブの配置に基づく誤差については、例えば、同一の xy 位置に対する z の値を補正することによって行い、また、プローブ特性に基づく誤差については、記憶したおいておいたプローブ特性を用いて行う。

【0015】測定データ合成手段は、隣接する測定データの重合部分を求め、データをつなぎ合わせを行い、これによって補正した各測定データから広範囲の測定データを生成する。この重合部分の検出には、隣接する測定データの相互相関を求め、その相互相関が最大となるように座標移動等のデータ処理を行う。

【0016】本発明の実施態様において、プローブ配置の誤差を補正する補正データを求める第1の方法は、基準の形状に対する各プローブの測定データから補正データを求める方法において、 z 方向のみの補正データを求めるものである。 z 方向に関して基準位置を定め、測定データの同一 xy 座標において、定めた基準位置からのずれを求め、このずれを補正する値を補正データとするものである。

【0017】プローブ配置の誤差を補正する補正データ

を求める第2の方法は、基準の形状に対する各プローブの測定データから補正データを求める方法において、 yz 方向の補正データを求めるものであり、あるプローブで測定した測定データを基準データとして定め、この基準データを基にして測定データとの相互相関を求め、この相互相関が最大なるよう測定データの座標を移動する。このときの基準データに対するずれを求め、このずれを補正する値を補正データとするものである。また、プローブ配置の誤差を補正する補正データを求める第3の方法は、第2の方法において位置を xyz および $\theta x, \theta y, \theta z$ の6軸について求め、6軸について相互相関を求めて補正データを求めるものである。

【0018】本発明の実施態様において、各プローブ毎に求めた測定データの座標合わせによって合成像を求める第1の方法は、基準の測定データを定め、この基準の測定データと測定データとの相互相関を求めることによって、像のつなぎ合わせを行う方法であって、2次元位置について相互相関を求めて、 xy 方向の補正量を求め、当該補正位置において適正な z 値を定め、これによって、像のつなぎ合わせを行うものである。また、各プローブ毎に求めた測定データの座標合わせによって合成像を求める第2の方法は、基準の測定データを定め、この基準の測定データに基づいて測定データとの相互相関を求めることによって、像のつなぎ合わせを行う方法であって、3次元位置について相互相関を求めて、 xyz 方向の補正量を求め、これによって、像のつなぎ合わせを行うものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図を参照しながら詳細に説明する。本発明の走査型プローブ顕微鏡の一構成例を、図1の本発明の走査型プローブ顕微鏡の概略を説明するための概略図、図2の本発明の走査型プローブ顕微鏡の一部断面図、図3の本発明の走査型プローブ顕微鏡の一部平面図を用いて説明する。走査型プローブ顕微鏡1は、同一のステージ4上に複数のプローブ2を2次的に配列したプローブアレイ3と、プローブアレイ3を xyz 方向に移動し走査を行う xyz 微動機構5および xyz 微動制御部7を含む移動手段とを備え、各プローブ2によって試料 s の表面形状の測定を行う。なお、プローブはトンネル電流を検出する金属探針とすることも、原子間力を検出するカンチレバーを備えたプローブとすることもできる。 xyz 微動機構5は圧電素子を用いた微動機構やパラレルメカニズム等を用いることができる。

【0020】図2において、各プローブ2はステージ4に x 軸方向に対して配列間隔 x_p および y 軸方向に対して配列間隔 y_p で（図示していない）配置する。また、 xyz 微動機構5の x 軸方向に対する可動範囲を $x_a (> x_p)$ 、および y 軸方向に対する可動範囲を $y_a (> y_p)$ （図示していない）とする。図4はプローブ

位置と走査範囲との関係を説明するための図である。なお、図4では一例として4本のプローブ2a、2b、2c、2dの場合について示し、各プローブの走査範囲をDa、Db、Dc、Ddで示しているが、任意の複数個とすることができる。図4において、プローブ5の配置ピッチ x_{p1} 、 x_{p2} 、 y_{p1} 、 y_{p2} を可動範囲 x_a 、 y_a よりも大きく設定することによって隣接する走査範囲は重なり合い、プローブ2a、2b、2c、2dで走査される範囲は漏れなく測定範囲とすることができる。図4中の斜線等の模様地で示される部分は、隣接する走査範囲の重合部分を示している。したがって、プローブアレイ3の投影面積とほぼ同じ面積の測定が可能となる。

【0021】なお、プローブの配置間隔 x_{p1} 、 x_{p2} 、 y_{p1} 、 y_{p2} は、可動範囲 x_a 、 y_a より小さな既知の値であれば良く、同一の値である必要はない。また、プローブの配置間隔はグラファイトやニオブ等の結晶格子を用いて測定することができ、また、プローブが重合する部分間を走査するときの原子の個数を計数することによって、プローブの走査範囲の重合量を測定することができる。

【0022】プローブ変位検出部10は各プローブ2で検出した変位量を入力して、プローブの変位を検出する。また、xyz変位検出部11はプローブアレイ3の変位量を検出し、この変位量をプローブ変位検出部10に入力して、プローブによる変位量と組み合わせ、各プローブによる測定データの形成を行う。なお、プローブアレイ3の変位量は、ステージ4に対向して配置した変位センサ6の検出信号、あるいはxyz微動制御部7の制御信号を用いることができる。

【0023】また、変位センサ6は、xyz軸の各軸方向に配置してステージ4のxyz方向の変位を測定して、並進運動のみの3自由度の変位を測定する構成とすることも、また、図3に示すようにx軸およびz軸の各軸方向に対して二つずつの変位センサ6x1、6x2、6z1、6z2を追加配置して、並進運動と回転運動の6自由度の変位を測定する構成とすることもできる。図1では3自由度の構成について示している。

【0024】測定データ補正部12は、プローブ変位検出部10で形成した測定データに対して、プローブ特性による誤差とプローブ配置に基づく誤差についてデータ補正を行う。このデータ補正では、補正データ記憶部15にあらかじめ記憶しておいた補正データを用いることができる。補正データ記憶部15は、例えば、AFMの場合には、各プローブのプローブ先端半径やカンチレバーのばね定数やゲージ感度等が、また、STMの場合には、圧電素子の伸びと電圧との関係等がプローブ特性データ15aとして格納され、また、プローブ配置による誤差を補正する補正值がプローブ位置補正データ15bとして格納される。

【0025】補正データ形成部14は、プローブ変位検出部10の測定値を用いてプローブ位置補正データを形成し、プローブ位置補正データ15bに格納する手段である。このプローブ位置補正データは、各プローブで同一の原子や校正用の基準形状を測定し、基準の測定データを基にして求めることができる。なお、プローブ特性データ15aは、プローブの変位データからも生成可能であり、走査型プローブ顕微鏡は備える入力部50等からも入力することができる。測定データ記憶部13は、測定データ補正部12で補正した測定データを格納する。

【0026】測定データ合成部20は、測定データ記憶部13から補正した測定データを取り込んで、各プローブ毎の隣接する測定データの相互相関を求めることによって測定データをつなぎ合わせ、合成像を生成するものである。この合成像は、図4中の走査範囲Da、Db、Dc、Ddの各像をつなぎ合わせた像となる。図1中に示す測定データ合成部20は、機能構成の一例を示している。この機能構成例では、相互相関を求める相互相関演算機能20aと、相互相関が最大となるようにxy方向の補正を行うxy座標補正機能20bと、相互相関が最大のxy座標においてz値を補正するz値補正機能20cと、各測定データをつなぎ合わせて測定データを合成する測定データ合成機能20dを備える。形状データ記憶部30は、測定データ合成部20で合成した広範囲の測定データを形状データとして格納する。表示部40は、合成した広範囲の形状データを表示する。なお、上記機能部分は、本発明の走査型プローブ顕微鏡の各機能を説明するために示したものであり、必ずしも当該機能を実現するハードウェアを備えるものではなく、ハードウェア、ソフトウェアのいずれによっても構成することができる。

【0027】次に、本発明の走査型プローブ顕微鏡の動作について、図5～図13を用いて説明する。図5は本発明の走査型プローブ顕微鏡の動作を説明するためのフローチャートである。複数のプローブによって広範囲の測定を行う場合には、各プローブに基づく誤差を補正し、また、各プローブが測定したデータをつなぎ合わせる必要がある。そこで、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、プローブ配置等に基づく誤差を補正するための補正データをあらかじめ求めて記憶し(ステップS1)、また、各プローブのプローブ特性をあらかじめ記憶しておく。これによって、各プローブの校正が完了する(ステップS2)。

【0028】測定を行う場合には、以下のステップS3からステップS5を行う。各プローブ毎に測定データを求め(ステップS3)、前記ステップS1、2による補正データを用いて測定データを補正する。この補正では、プローブ配置の基づく誤差とプローブ特性による誤差の補正を行う(ステップS4)。さらに、補正した測

定データについて座標合わせを行い、重合する部分をつないで合成像を生成する(ステップS5)。これによって、広範囲の測定像を得ることができる。一度校正を行えば、プローブを交換しない限り再度の校正は不要となる。したがって、新たな試料を観察する場合には前記ステップS3からステップS5を繰り返す。

【0029】ステップS1のプローブ配置等に基づく誤差を補正する補正データは、基準の形状に対する各プローブの測定データを用いて求めることができる。以下、三つの方法例について図6～図10を用いて説明する。第1の方法は、z方向のみの補正データを求めるものであり、z方向について基準位置を定め、測定データの同一xy座標において、基準位置からのずれを求め、このずれを補正する値を補正データとするものである。以下、図6のフローチャートと図7の概略図を用いて説明する。結晶格子等の基準形状について各プローブ毎にプローブ変位を求め(ステップSa1)、変位センサ6およびxyz変位検出部11によってステージ位置を求める(ステップSa2)。xyz座標の各値の内、x値およびy値はステージ位置から求め(ステップSa3)、z値はステージ位置とプローブ変位の値から求める(ステップSa4)。これによって、各プローブ毎の測定データ(x, y, z)を得ることができる(ステップSa5)。

【0030】次に、z軸方向の基準位置を定める。基準位置は測定データ中の一データ(図7(a)のSa)中あるいは任意に定めたz軸方向の位置を用いることができる(ステップS6a)。同一位置(x, y)について、基準データ(図7(a)のSa)と各プローブの測定データ(図7(b)のSb, 図7(c)のSc)とを比較しz軸方向のずれ量 Δz (Δz_b , Δz_c)を求め(ステップSa7)、このずれ量 Δz から補正データdzを求める(ステップSa8)。この補正データdzは、補正データ記憶部15内に格納することができる(ステップSa9)。

【0031】第2の方法は、xyz方向の補正データを求めるものであり、あるプローブで測定した測定データを基準データとして定め、この基準データと隣接する測定データとの相互相関、あるいは基準データに対する関係が定まった他の測定データとの相互相関を求め、この相互相関が最大なるよう測定データの座標を移動する。このときの基準データとのずれを求め、このずれを補正する値を補正データとするものである。以下、図9のフローチャートと図8の概略図を用いて説明する。ステップSb1～b5において、前記第1の方法のステップSa1～a5と同様にして、各プローブ毎の測定データ(x, y, z)を得る。

【0032】次に、基準の測定データ(x_0 , y_0 , z_0)を定める。基準データは測定データ中の一データ(図8(a)のSa)を用いることができる(ステップ

Sb6)。基準データ(図8(a)のSa)あるいは基準データに対する関係が定まった他の測定データと各プローブの測定データ(図8(b)のSb, 図8(c)のSc)との相互相関を求め(ステップSb7)、相互相関が最大となるように相互相関データの座標を移動し、基準データとのずれ量(Δx , Δy , Δz)を求め(ステップSb8)、このずれ量(Δx , Δy , Δz)から補正データ(dx, dy, dz)を求める(ステップSb9)。この補正データ(dx, dy, dz)は、補正データ記憶部15内に格納することができる(ステップSb10)。

【0033】なお、前記第1, 2の方法は、ステージ位置をxyzの並進運動について求めた3軸位置の場合を示している。

【0034】第3の方法は、第2の方法において位置をxyzおよび θ_x , θ_y , θ_z の6軸について求め、6軸について相互相関を求めて補正データを求めるものである。以下、図10のフローチャートを用いて説明する。ステップSc1～c5において、前記第2の方法のステップSb1～b5と同様にして6軸について求め、各プローブ毎の測定データ(x, y, z, θ_x , θ_y , θ_z)を得る。

【0035】次に、ステップSc6～c10において、基準の測定データ(x_0 , y_0 , z_0 , θ_{x0} , θ_{y0} , θ_{z0})を定め、この基準データあるいは基準データに対する関係が定まった他の測定データと、各プローブの測定データとの相互相関を求め、相互相関が最大となるように相互相関データの座標を6軸方向で移動し、基準データとのずれ量(Δx , Δy , Δz , $\Delta \theta_x$, $\Delta \theta_y$, $\Delta \theta_z$)を求め、補正データ(dx, dy, dz, $d\theta_x$, $d\theta_y$, $d\theta_z$)を求め、補正データ記憶部15内に格納する。なお、上記第1, 2, 3の方法は一例であり、いずれの方法を用いることも、また他の方法を用いることもできる。

【0036】ステップS5の各プローブ毎に求めた測定データの座標合わせによる合成像の生成は、基準の測定データを定め、この基準の測定データあるいは基準データに対する関係が定まった他の測定データと、測定データとの相互相関を求めることによって像のつなぎ合わせを行うものである。以下、二つの方法例について図11～図13を用いて説明する。第1の方法は、2次元位置について相互相関を求めて、xy方向の補正量を求め、該補正位置において適正なz値を定め、これによって、像のつなぎ合わせを行うものである。以下、図11のフローチャートと図13の概略図を用いて説明する。

【0037】図13は像のつなぎ合わせを概略的に示しており、図13(a)の試料を隣接するプローブによって、重合部分Dbcを含む測定範囲Db, Dcで測定した場合を示している。各プローブによって測定して得た測定データにおいて、基準の測定データ(x_0 , y_0 , z

0) を定め(ステップSA1)、各プローブの測定データとの2次元位置について相互相関を求める。図13では、図13(b)を基準の測定データとし、図13

(c)の測定データとの相互相関を求める場合を示している(ステップSA2)。

【0038】測定データを基準の測定データあるいは基準データに対する関係が定まった他の測定データに対して2次元(x, y)方向にずらしながら相互相関を求め(ステップSA3)、相互相関が最大となる2次元方向の移動量を求める(図13(d))。これによって、隣接する測定範囲Db, Dcの重合部分Dbcを重ね合わせるための補正量を求めることができる(ステップSA4)。補正なしでは重合部分Daのz軸方向の値は、測定範囲Db, Dcの二つの値があり、必ずしも一致するとは限らない(図13(e)中の Δz)。そこで、この重合部分Dbcのz軸方向の値を定める。プローブの校正データを用いることで、DbとDcをほぼ一致させることができる。それでも一致しない場合には、例えば測定範囲Db, Dcの二つの値の平均値としたり、優先する測定範囲のz値を用いる等により定めることができる(ステップSA5)。

【0039】ステップSA4で求めたxy方向の補正量を用いて、測定データの座標を移動して像の2次元方向のつなぎ合わせを行い、ステップSA5で定めた重合部分のz値を用いて各プローブの測定データをつないで合成像のデータを得る(図13(f))(ステップSA6)。

【0040】第2の方法は、3次元位置について相互相関を求めて、xyz方向の補正量を求め、これによって、像のつなぎ合わせを行うものである。以下、図12のフローチャートを用いて説明する。ステップSB1, B2において、前記第1の方法のステップSA1, A2と同様にして、基準の測定データ(x0, y0, z0)を定め各プローブの測定データとの相互相関を求める。このとき、相互相関は3次元について求め、測定データを基準の測定データあるいは基準データに対する関係が定まった他の測定データに対して3次元(x, y, z)方向にずらしながら、相互相関が最大となる3次元方向の移動量を求め(ステップSB3)、隣接する測定範囲を重ね合わせるための補正量を求める。この補正量は、基準の測定データにずれ量から定めることができる(ステップSB4)。ステップSB4で求めたxyz方向の補正量を用いて、測定データの座標を移動して像の3次元方向のつなぎ合わせを行い、合成像のデータを得る(ステップSB5)。

【0041】次に、原子間力顕微鏡に適用したプローブアレイの構成例について、図14~図17を用いて説明する。図14, 15において、ステージ4の基板に切り欠き部分23a~23hを形成することによってカンチレバー21a~21hを設けるとともに、カンチレバー

の先端部分にプローブ22a~22hを設ける。プローブ22a~22hは、適当な間隔xp, ypで配置することができる。プローブ22a~22hの変位を検出する手段として、歪みゲージやピエゾ抵抗膜等の曲がり検出センサ21a~21hをカンチレバーに取り付ける。

【0042】図16は、プローブ変位検出に抵抗体をセンサとして用いた場合の接続例である。抵抗体はホイーストン・ブリッジを組み、電位の不平衡を検出することによって、カンチレバーの曲がりを検出することができる。図16中のRa11~Ramnはカンチレバーの曲がりを検出する抵抗体であり、Rb, Rc, Rdは抵抗体Raとともにホイーストン・ブリッジを組むための抵抗体である。また、ステージ4上に配置された複数の抵抗体の選択は、2個の切換えスイッチ等のマルチプレクサを同期させて切り換えることによって行うことができ、この構成によれば、ホイーストン・ブリッジを組むための抵抗体の個数を減少させることができる。図17において、カンチレバー上に抵抗体Ra, Rdを配置し、ステージ4の基板aに抵抗体Rb, Rcを配置する。これによって、抵抗体の温度補償を行うことができる。

【0043】本発明の実施の形態によれば、走査型プローブ顕微鏡において、広範囲の形状測定を、装置全体のサイズを大きくすることなく、高精度で行うことができる。

【0044】また、装置を小型に構成できるため、熱等による変形で生じる誤差の発生を抑制することができる。また、本発明の実施の形態によれば、プローブの配置ずれにより生じる誤差の発生を抑制することができる。また、本発明の実施の形態によれば、プローブの特性により生じる誤差の発生を抑制することができる。

【0045】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の走査型プローブ顕微鏡によれば、広範囲にわたって高精度の形状測定を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の走査型プローブ顕微鏡の概略を説明するための概略図である。

【図2】本発明の走査型プローブ顕微鏡の一部断面図である。

【図3】本発明の走査型プローブ顕微鏡の一部平面図である。

【図4】本発明のプローブ位置と走査範囲との関係を説明するための図である。

【図5】本発明の走査型プローブ顕微鏡の動作を説明するためのフローチャートである。

【図6】プローブ配置等に基づく誤差を補正する補正データを求める第1の方法を説明するためのフローチャートである。

【図7】プローブ配置等に基づく誤差を補正する補正デ

ータを求める第1の方法を説明するための概略図である。

【図8】プローブ配置等に基づく誤差を補正する補正データを求める第2の方法を説明するための概略図である。

【図9】プローブ配置等に基づく誤差を補正する補正データを求める第2の方法を説明するためのフローチャートである。

【図10】プローブ配置等に基づく誤差を補正する補正データを求める第3の方法を説明するためのフローチャートである。

【図11】合成像の生成の第1の方法を説明するためフローチャートである。

【図12】合成像の生成の第2の方法を説明するためフローチャートである。

【図13】合成像の生成の方法を説明するため概略図である。

【図14】原子間力顕微鏡に適用したプローブアレイの構成例を説明するための概略図である。

【図15】原子間力顕微鏡に適用したプローブアレイの*20

*構成例を説明するための断面図である。

【図16】抵抗体センサの接続を説明するための概略回路図である。

【図17】ステージ上の抵抗体の配置例を説明する概略図である。

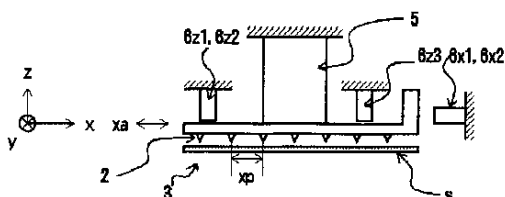
【図18】走査型トンネル顕微鏡を説明するための概略図である。

【図19】原子間力顕微鏡を説明するための概略図である。

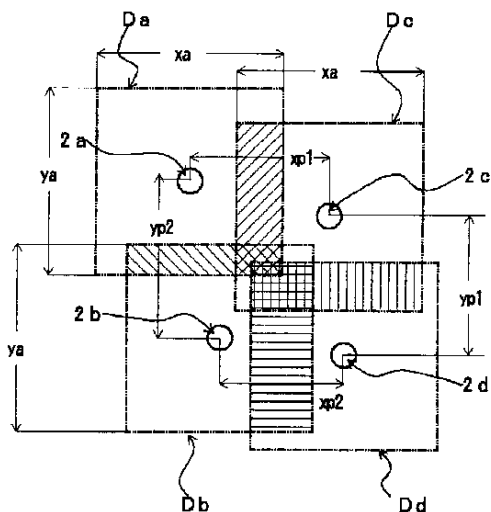
【符号の説明】

1…走査型プローブ顕微鏡、2…プローブ、3…プローブアレイ、4…ステージ、5…xyz微動機構、6…変位センサ、7…xyz微動制御部、10…プローブ変位検出部、11…xyz変位検出部、12…測定データ補正部、13…測定データ記憶部、14…補正データ形成部、15…補正データ記憶部、15a…プローブ特性データ、15b…プローブ位置補正データ、20…測定データ合成部、30…形状データ記憶部、40…表示部、S…試料。

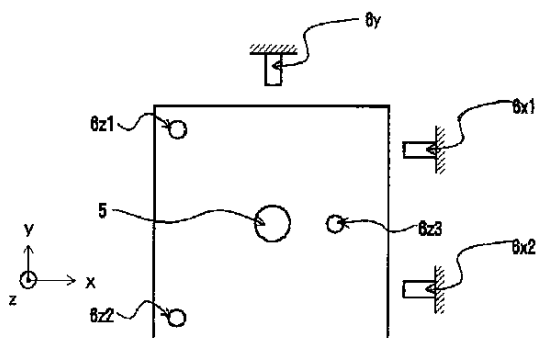
【図2】



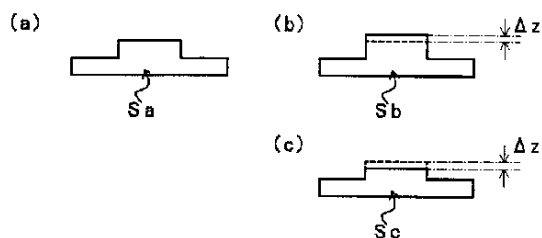
【図4】



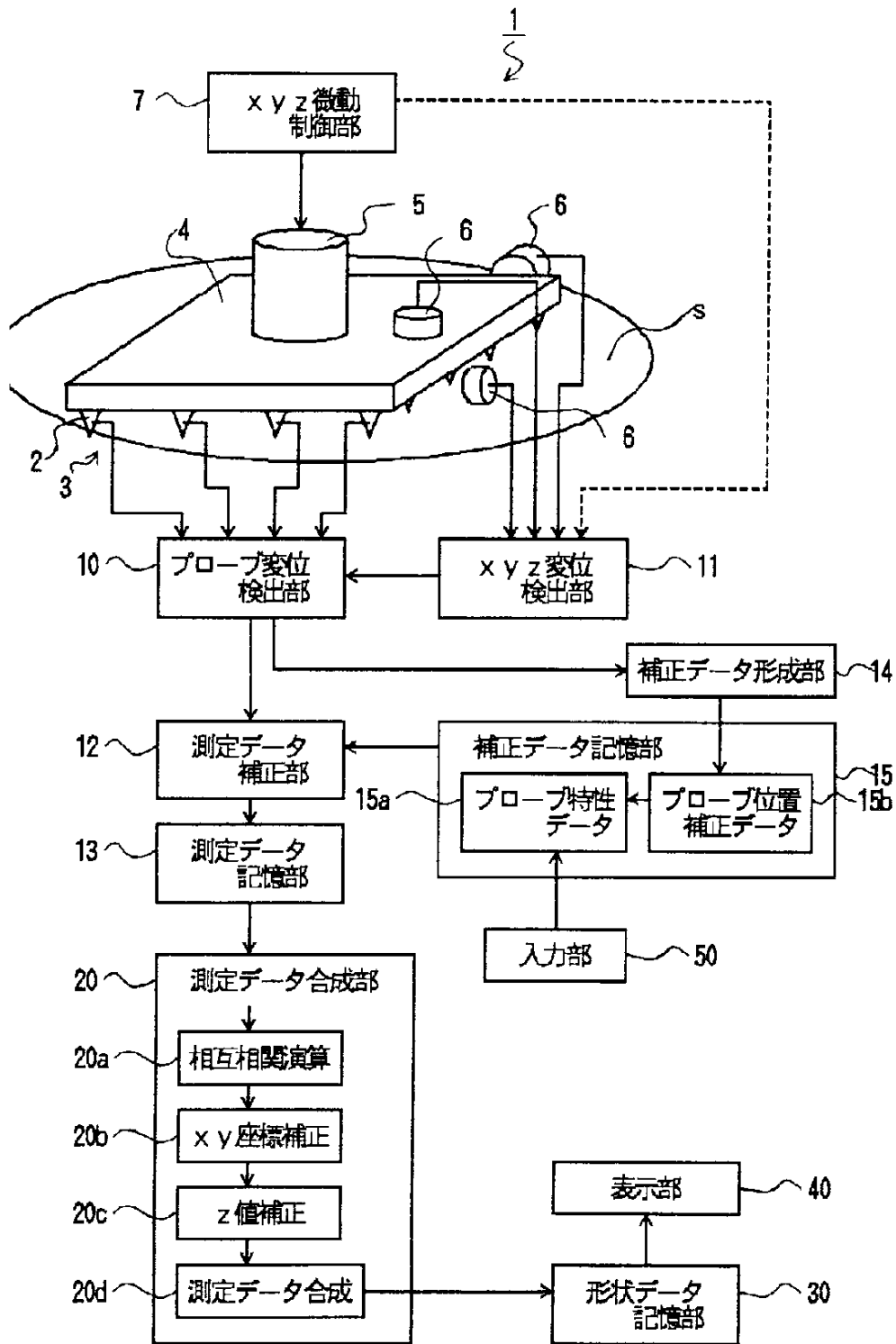
【図3】



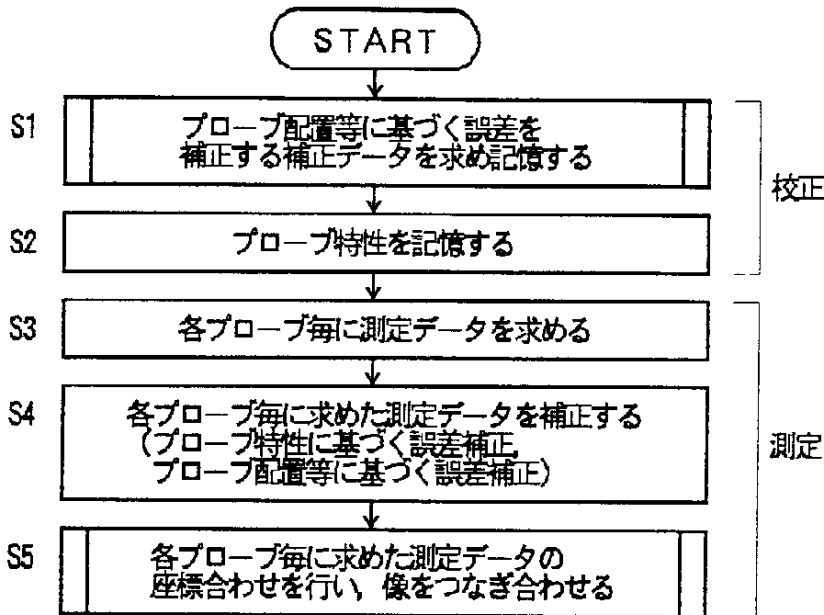
【図7】



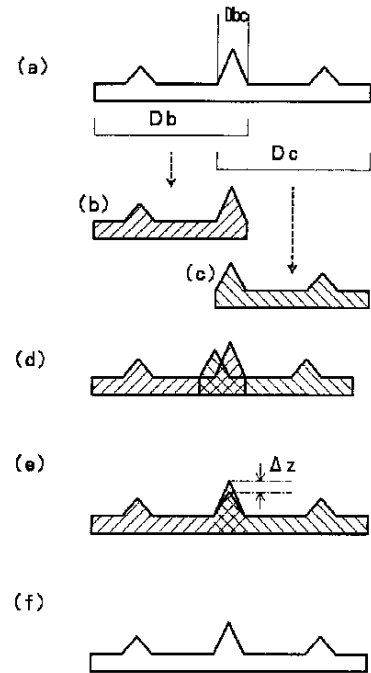
【図1】



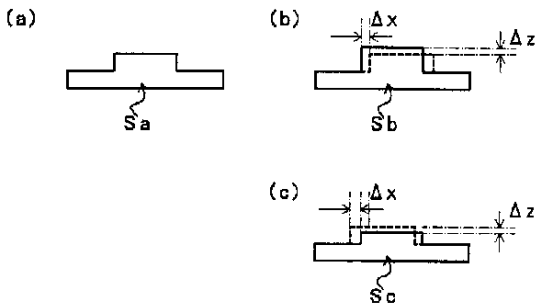
【図5】



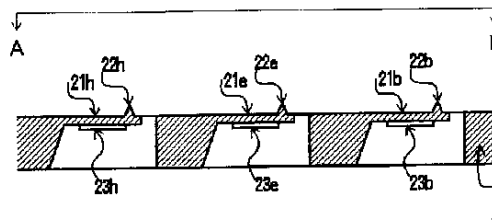
【図13】



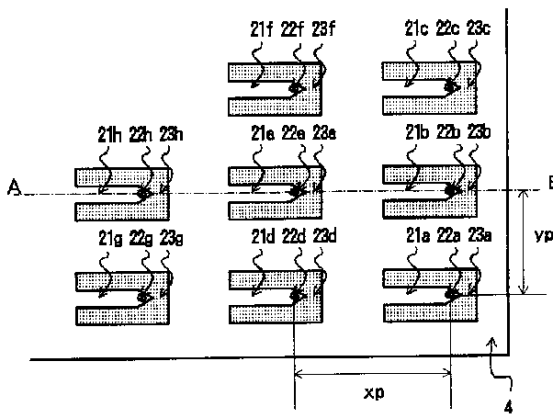
【図8】



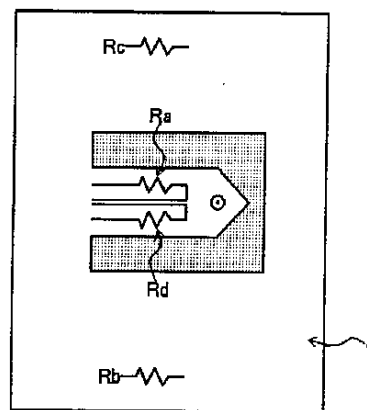
【図15】



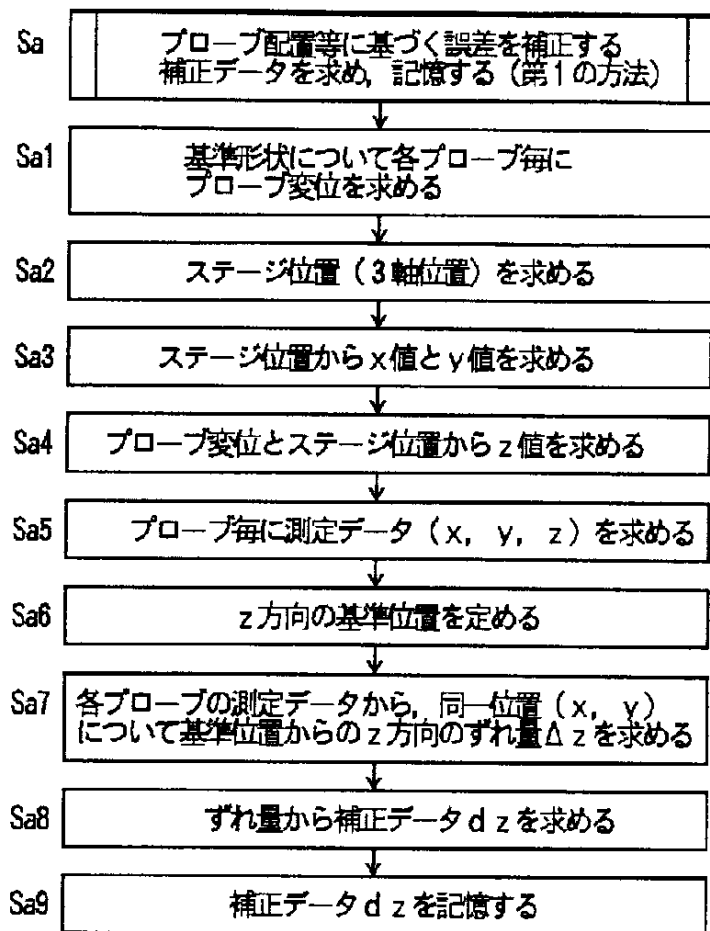
【図14】



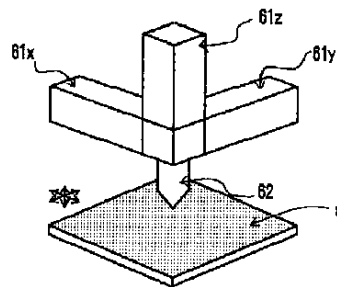
【図17】



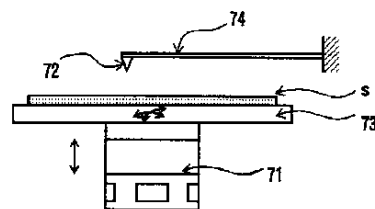
【図6】



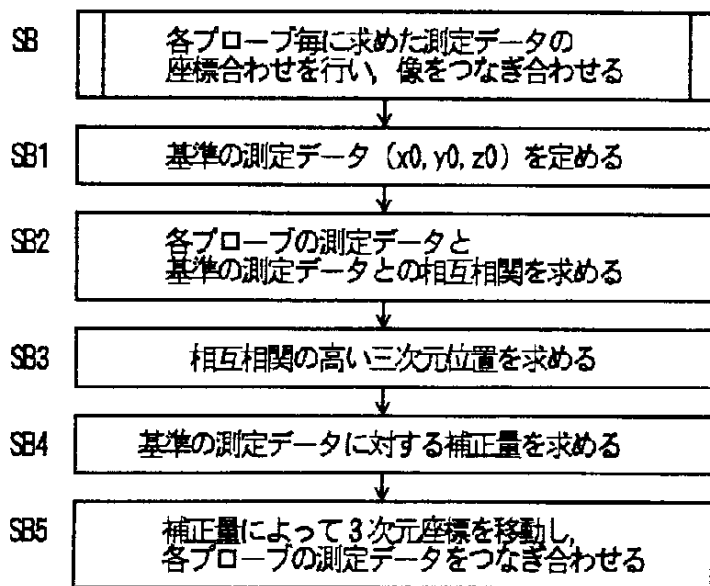
【図18】



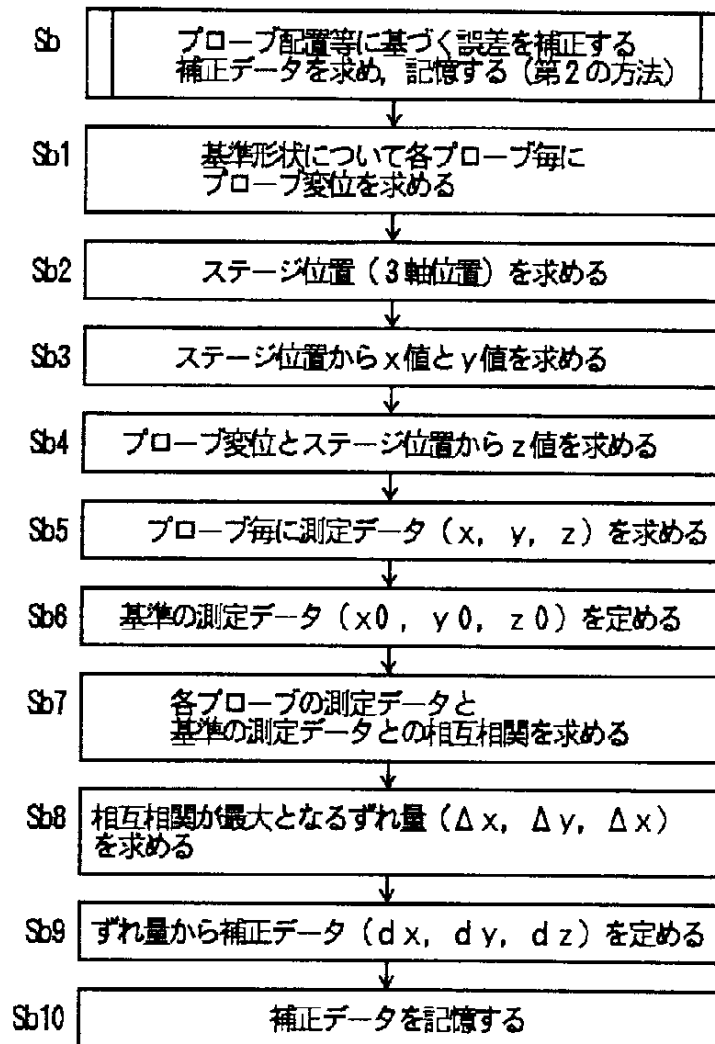
【図19】



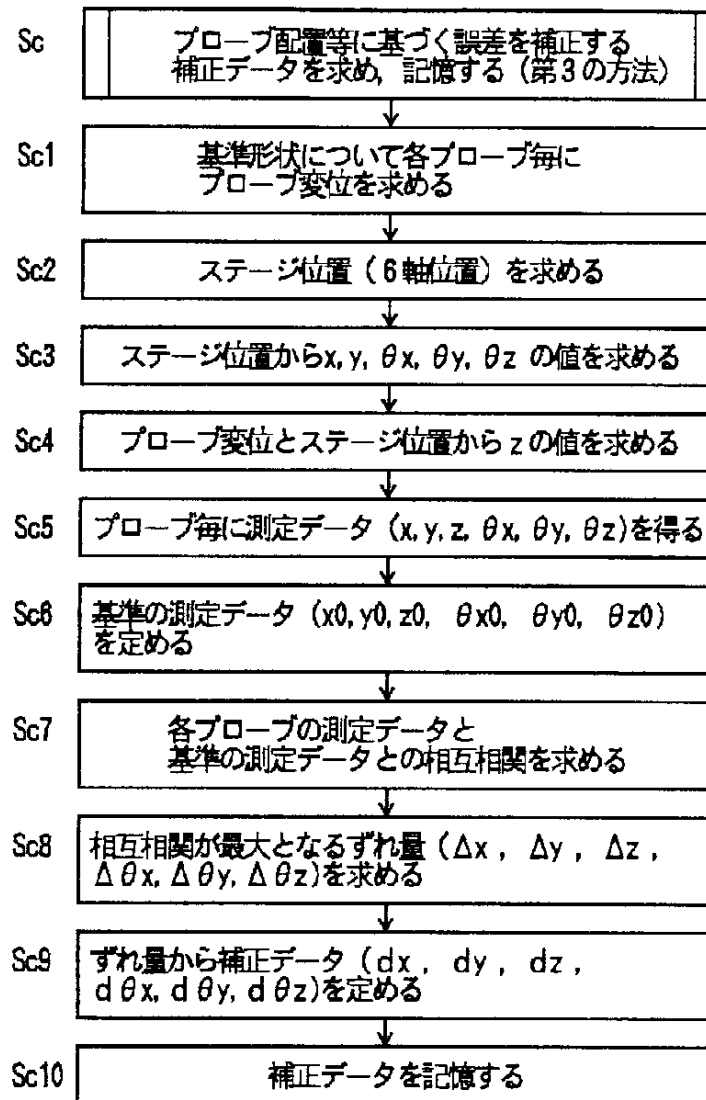
【図12】



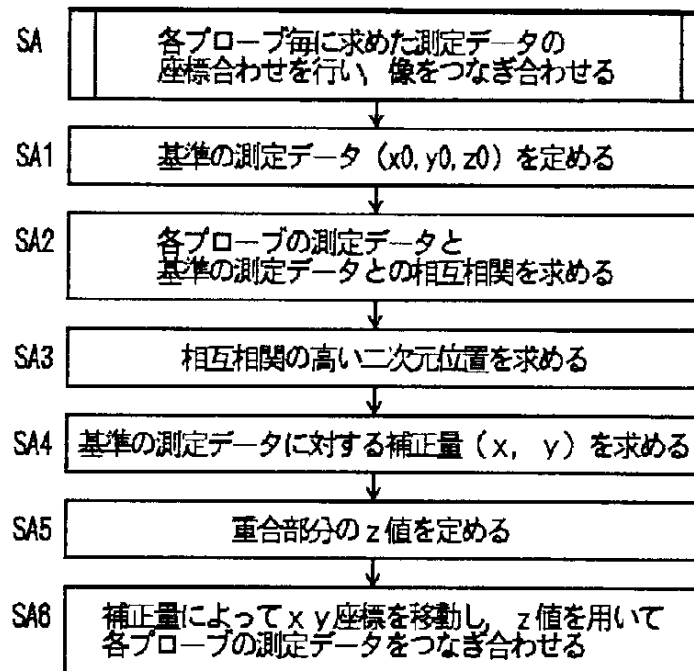
【図9】



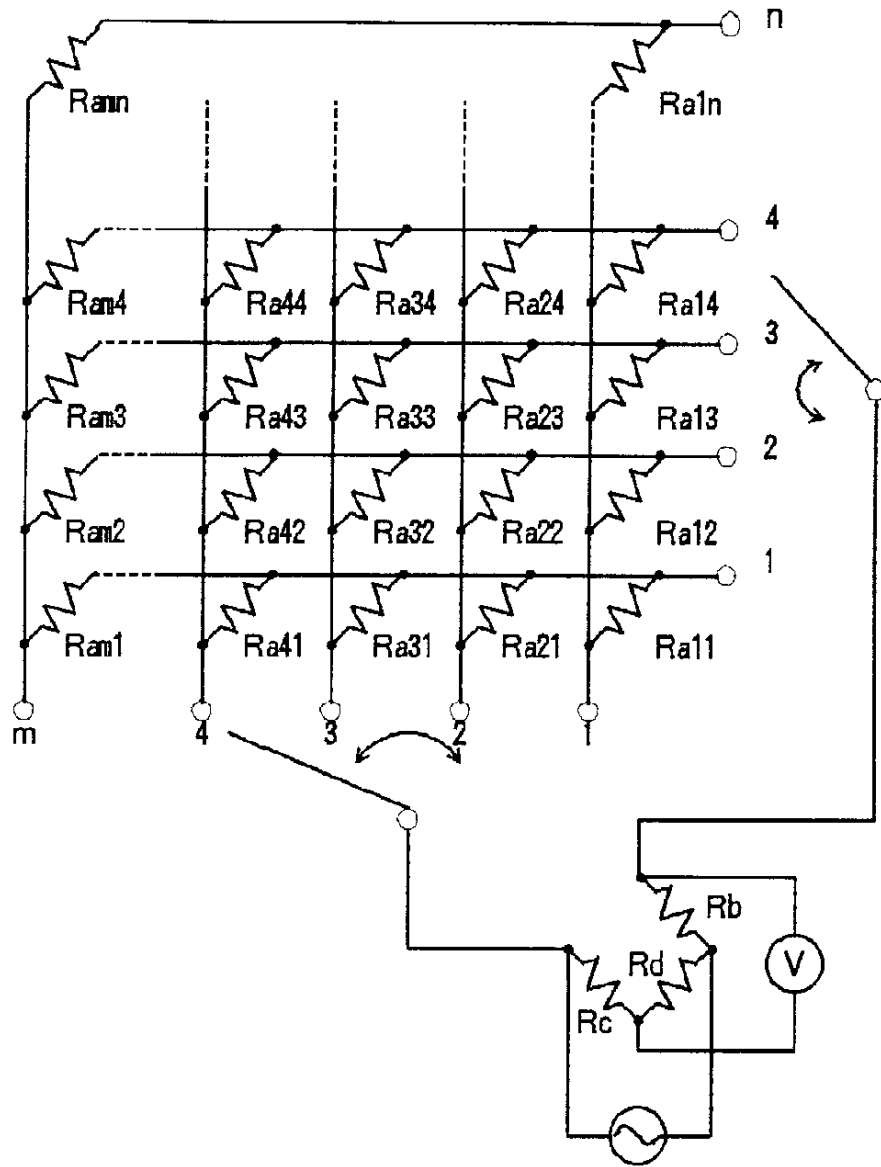
【図10】



【図11】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 毛利 尚武
愛知県名古屋市天白区久方2丁目12番地1
学校法人トヨタ学園 豊田工業大学内