

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-281655

(43) 公開日 平成11年(1999)10月15日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 37/00

G 0 1 N 37/00

C

G 0 1 B 7/34

G 0 1 B 7/34

Z

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平10-85770

(22) 出願日

平成10年(1998)3月31日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成9年10月2日  
社団法人応用物理学会発行の「1997年(平成9年)秋季  
第58回応用物理学会学術講演会講演予稿集 No. 2」  
に発表

(71) 出願人 391012394

東北大学長

宮城県仙台市青葉区片平2丁目1番1号

(72) 発明者 潮田 資勝

宮城県仙台市青葉区貝ヶ森1丁目6番3号

(72) 発明者 上原 洋一

宮城県仙台市泉区加茂2丁目36番4号

(72) 発明者 伊藤 啓司

宮城県仙台市宮城野区原町1丁目1番49号

カウラ荘403号室

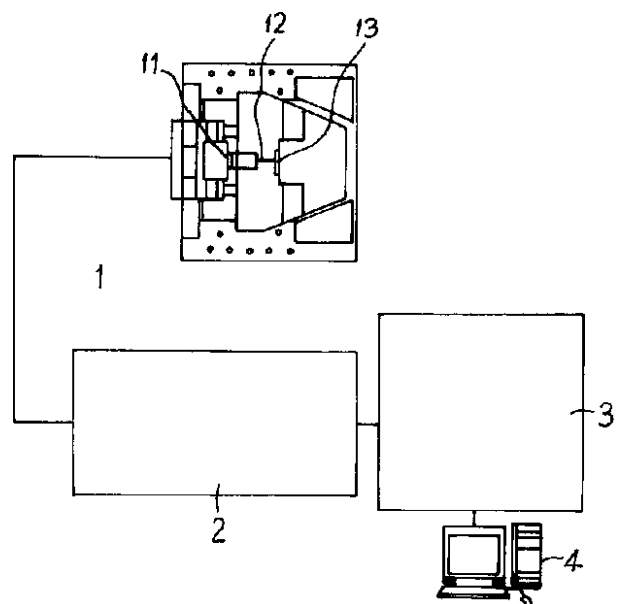
(74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外8名)

(54) 【発明の名称】 走査プローブ顕微鏡の探針位置固定方法

(57) 【要約】

【課題】 走査プローブ顕微鏡の探針を試料の任意の位置に、任意の時間間隔だけ固定するための方法を提供する。

【解決手段】 探針の微動機構に与える駆動信号を制御して探針を試料における所望の位置に移動し、この位置を含む顕微鏡像を得るステップと、前記顕微鏡像を得た後、再び探針を前記位置に移動した後、所定の時間間隔だけ前記駆動信号を保持するステップと、前記時間間隔の経過後、他の顕微鏡像を得て、前記顕微鏡像との比較に基づいて前記時間間隔中に生じたドリフト量を計算するステップと、前記ドリフト量を補償するように前記駆動信号を制御し、前記探針を前記位置に移動するステップとを具え、前記顕微鏡像を得た後のステップを繰り返す。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 走査プローブ顕微鏡の探針位置固定方法において、探針の微動機構に与える駆動信号を制御して探針を試料における所望の位置に移動し、この位置を含む顕微鏡像を得るステップと、前記顕微鏡像を得た後、再び探針を前記位置に移動した後、所定の時間間隔だけ前記駆動信号を保持するステップと、前記時間間隔の経過後、他の顕微鏡像を得て、前記顕微鏡像との比較に基づいて前記時間間隔中に生じたドリフト量を計算するステップと、前記ドリフト量を補償するように前記駆動信号を制御し、前記探針を前記位置に移動するステップとを具え、前記顕微鏡像を得た後のステップを繰り返すことを特徴とする探針位置固定方法。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

**【発明の属する技術分野】**本発明は、走査プローブ顕微鏡の探針位置固定方法に関することである。

**【0002】**

**【従来の技術】**走査トンネル顕微鏡（STM）を始めとする走査プローブ顕微鏡は個々の原子の位置分解能で固体表面の構造やいろいろな物性情報が得られるため、現在では基礎研究、応用研究を問わず欠かすことのできない計測手法となっている。

**【0003】**走査プローブ顕微鏡では、先端の非常に尖った探針と試料表面との「原子1個程度の試料面内方向の広がりしかない相互作用」を通じて情報を得る。この探針を試料表面のいろいろな位置に移動させることによりこれらの位置の情報を得る。

**【0004】**

**【発明が解決しようとする課題】**探針の移動を、圧電素子に電圧を印加することにより行う。この電圧を一定に保てば、原理的には試料と探針先端の試料面内方向の位置関係は変わらないはずであるが、実際には時間経過とともに変化することが知られている。これが走査プローブ顕微鏡の発明当初から問題になっている探針ドリフトの問題である。すなわち、研究上あるいは応用上の要請から探針を試料表面のある一点に長時間固定しようとしても、この探針ドリフトのために不可能であるというのが現状である。

**【0005】**従来、この探針ドリフトを回避するためのいくつかの試みがなされてきた。一つは、探針ドリフトの量を事前の計測により予測し、この予測をもとにドリフトを補正する方向の電圧を圧電素子に印加する方法である。この方法の問題点は、ドリフトは時間に対して必ずしも一定に起こらないことである。すなわち、事前の計測でドリフト量を予測しても、引き続き時間でのドリフトはそれ以前のドリフトと異なる場合が往々にして発

生ずる。従って、この方法ではドリフトの問題を完全に回避することができない。

**【0006】**もう一つの代表的な方法は、STMにおいてトラッキングトンネリングマイクロスコピ（Tracking tunneling microscopy：TTM）として提案されている方法である。以下図面を参照してその原理を説明する。

**【0007】**図1はTTMの原理を説明する線図である。この図に示すように、TTMによる探針の位置固定は、探針を水平方向に円運動させることによって達成される。探針を円運動させたとき試料表面に局所的な傾斜があると、トンネル電流がその傾斜に対応して変化する。このトンネル電流の変化を探針の位置制御に用いているピエゾ素子への印加電圧にフィードバックさせ、探針を傾斜に沿って移動させる。最終的に探針は、局所的に傾斜のないポイント（試料表面構造の頂点もしくは底）まで達し、その位置に固定される。

**【0008】**この方法は、原子レベルの位置分解能で探針を固定できることが知られているが、固定できる場所が「試料表面構造の頂点もしくは底」に限定されるという欠点がある。すなわち、試料表面の任意の位置に探針位置が固定できるわけではない。

**【0009】**このように、探針ドリフトを回避する完全な方法は未だ存在しない。

**【0010】**本発明の目的は、走査プローブ顕微鏡の探針を試料の任意の位置に、任意の時間間隔だけ固定（ロック）するための方法を提供することにある。

**【0011】**

**【課題を解決するための手段】**上記の目的を達成するため、本発明による走査プローブ顕微鏡の探針位置固定方法は、探針の微動機構に与える駆動信号を制御して探針を試料における所望の位置に移動し、この位置を含む顕微鏡像を得るステップと、前記顕微鏡像を得た後、再び探針を前記位置に移動した後、所定の時間間隔だけ前記駆動信号を保持するステップと、前記時間間隔の経過後、他の顕微鏡像を得て、前記顕微鏡像との比較に基づいて前記時間間隔中に生じたドリフト量を計算するステップと、前記ドリフト量を補償するように前記駆動信号を制御し、前記探針を前記位置に移動するステップとを具え、前記顕微鏡像を得た後のステップを繰り返すことを特徴とする。

**【0012】**本発明によれば、探針ドリフトに伴う顕微鏡像の時間的な変化を顕微鏡像の重ね合わせによって追跡して前記時間間隔の間に生じたドリフト量を計算し、これを補償するようにして探針を元の位置に戻すことができる。前記顕微鏡像を得た後のステップを繰り返す回数に応じて、探針の固定時間が決定される。このようにして、走査プローブ顕微鏡の探針を試料表面のナノメートルサイズもしくはそれ以下のサイズの任意の微細構造上に所望の時間固定することができる。前記時間間隔

を、適応目的に応じてこの時間間隔の間のドリフトが問題にならないような値に選択する。

【0013】さらに本発明による方法は、特殊な回路および機械を付加することなく、既存の走査プローブ顕微鏡の制御コンピュータをプログラムするだけで実現できるという利点を有する。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明による位置実施形態を、一般的な走査トンネル顕微鏡（STM）に用いた場合について説明する。図2は、STMの一般的な構成を示すブロック図である。STM本体1は、探針位置制御用圧電素子11と、探針12と、試料ホルダ13とを具える。STM本体1に、STMフィードバックコントローラ2および探針位置制御電圧発生用D/Aコンバータ3を介して、制御コンピュータ4を接続する。この制御コンピュータ4を、本発明による方法を実行するようにプログラムする。

【0015】以下、説明を明確にするために、試料表面上に図3に示すような座標系を設定する。探針12を固定すべき位置を図3の座標系で $(X_0, Y_0)$ とする。第1ステップにおいて、位置 $(X_0, Y_0)$ を含む比較的広範囲の領域のSTM像Aを得る。この像Aの大きさを、探針12が位置 $(X_0, Y_0)$ からある程度ドリフトしても像Aの外に出ないような大きさにする必要がある。

【0016】第2ステップにおいて、探針12が位置 $(X_0, Y_0)$ に移動するように圧電素子11に印加する電圧を制御し、探針12を移動する。第3ステップにおいて、像Aに含まれるようなある領域のSTM像Bを得る。本例においては説明を簡単にするために、位置 $(X_0, Y_0)$ が像Bの中心となるようにする。

【0017】第4ステップにおいて、像Aと像Bを比較して、像A内における像Bの位置を計算する（画像の位置合わせ処理）。位置 $(X_0, Y_0)$ が中央になるように像Bを観測したので、像Bの位置は $(X_0, Y_0)$ であるといってもよい。画像の位置合わせ処理のための方法としては、種々の既知の方法を用いることができ、例えば、いわゆるテンプレートマッチング法を使用することができる。

【0018】第5ステップにおいて、再び探針12を位置 $(X_0, Y_0)$ に移動した後、時間間隔Tの間、圧電素子11に印加する電圧を一定に保持する。第6ステップにおいて、前記ステップ3と同様に、像Aに含まれるような他の領域のSTM像Cを得る。本例においては説明を簡単にするために、像Cを、時間間隔Tが経過した後の探針位置を中心とする像Bと同じサイズの像とする。このようにした場合、時間間隔Tの間は圧電素子11に印加される電圧は一定であるため探針12の位置は変わらず、像Bと像Cとは同一のものとなるはずである。しかしながら実際には、この時間間隔Tの間に探針

12はドリフトしてその位置が変化してしまうため、像Bと像Cとは同一にはならない。

【0019】第7ステップにおいて、前記第4ステップと同様に、像Aと像Cの画像の位置合わせ処理により像A内における像Cの位置を計算する。この像Cの位置、すなわち、この時点での探針12の位置を $(X_0 + X, Y_0 + Y)$ とする。

【0020】第8ステップにおいて、前記ステップ4で計算した像Bの位置 $(X_0, Y_0)$ と、ステップ7で計算した像Cの位置 $(X_0 + X, Y_0 + Y)$ とを比較し、前記時間間隔Tの間に生じたドリフト量を計算する。本例においてこの量は、 $(+X, +Y)$ である。

【0021】第9ステップにおいて、前記第8ステップにおいて計算したドリフト量 $(+X, +Y)$ を補償するように圧電素子11に印加する電流を制御し、探針12を再び位置 $(X_0, Y_0)$ に戻す。

【0022】以後手順5～9をn回繰り返すことにより、探針ドリフト量は時間間隔Tの間に発生する量に抑えられ、探針12は目的とする位置にnTの時間間隔止まっていることになる。Tを適応目的に応じて（適応目的においてドリフトが問題にならない）時間間隔に設定し、nをnTが要求される探針位置固定時間間隔になるように設定すれば、走査プローブ顕微鏡の探針を試料の任意の位置に、任意の時間間隔固定（ロック）することができる。

【0023】本発明による方法の効果を下に示す実験結果により証明した。試料には金の蒸着膜を用いた。金の蒸着膜表面には数nmから数十nmのサイズのグレインが形成されることが知られており、このようなグレインの一つに探針を固定しようとした。

【0024】図4は金蒸着膜のSTM像である。サイズは $128 \times 128$ （ピクセル）である。この像を上記で規定した像Aとして、グレインの部位に探針をロックすることを試みた。図5はその結果である。図5中の10枚の図は、もし探針ドリフトがなければすべて部位が画面中央にくるべき $32 \times 32$ （ピクセル）のSTM像であるが、実際には探針ドリフトが存在するので、本発明による方法を使用したかしないかによりこれらの像はかなり異なったものとなっている。

【0025】この図において、計測した時間経過に沿って、左手列のロックオフは本発明による方法を用いなかった場合、右手列のロックオンは用いた場合の結果である。ロックオフ、ロックオンともに1番目の像（一番上の像）は、上記において規定した像Bに対応する。したがっていずれの場合も像の中央に部位が位置している。2番目から4番目までは2分間隔でとったSTM像である。

【0026】ロックオフの場合、探針ドリフトのため部位を示す構造が視野からどんどん離れていく様子かわ

かる。

【0027】ロックオンの場合は2～4行目の像を計測する直前に本発明による方法を適用して探針ドリフトを補償してから計測したものである。常に、同じ位置に構造が見えているので、本発明による方法が期待した通りに作用し、探針ドリフトが補償されていることが実証された。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、走査プローブ顕微鏡の探針を試料の任意の位置に、任意の時間間隔だけ固定（ロック）するための方法が、特殊な回路および機械を付加することなく実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の探針を固定する方法の一つであるTTMの原理を示す線図である。

【図2】STMの一般的な構成を示すブロック図であ

る。

【図3】探針を固定しようとする試料表面上の位置を説明するための線図である。

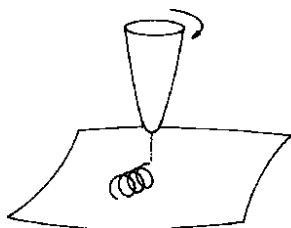
【図4】本発明の効果を示す実験に用いた金蒸着膜のSTM像である。

【図5】本発明の効果を示す実験に用いた金蒸着膜のSTM像である。

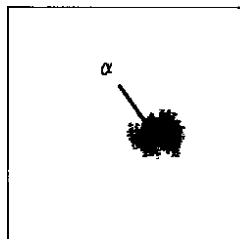
【符号の説明】

- 1 STM本体
- 2 STMフィードバックコントローラ
- 3 探針位置制御電圧発生用D/Aコンバータ
- 4 制御コンピュータ
- 11 探針位置制御用圧電素子
- 12 探針
- 13 試料ホルダ

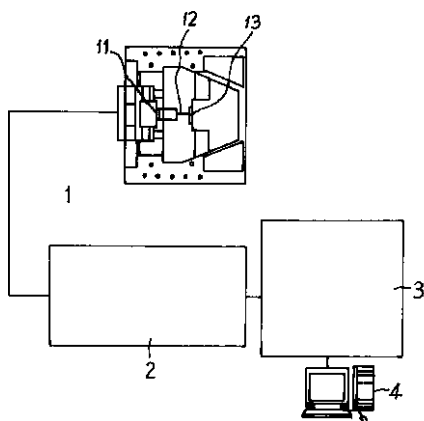
【図1】



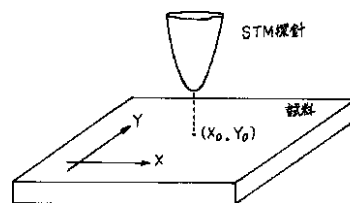
【図4】



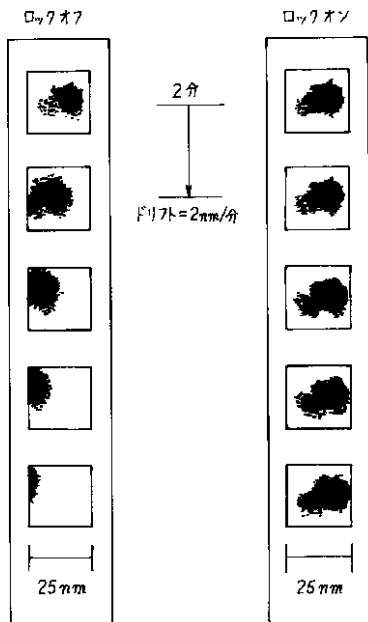
【図2】



【図3】



【図5】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 4 月 23 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項 1

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【請求項 1】 走査プローブ顕微鏡の探針位置固定方法において、

試料の任意の領域の基準顕微鏡像を得るステップと、探針の微動機構に与える駆動信号を制御して探針を前記基準顕微鏡像に含まれる所望の位置に移動し、この位置を含むサブ基準顕微鏡像を得るステップと、

前記基準顕微鏡像における前記サブ基準顕微鏡像の位置を算出するステップと、

前記探針を再び前記位置に移動した後、所定の時間間隔だけ前記駆動信号を保持するステップと、

前記時間間隔の経過後、他の顕微鏡像を得るステップと、

前記基準顕微鏡像における前記他の顕微鏡像の位置を算出するステップと、

算出された前記サブ基準顕微鏡像および他の顕微鏡像の位置の比較に基づいて前記時間間隔中に生じたドリフト量を計算するステップと、

前記ドリフト量を補償するように前記駆動信号を制御し、前記探針を前記位置に移動するステップとを具え、

前記サブ基準顕微鏡像の位置を算出した後のステップを

繰り返すことを特徴とする探針位置固定方法。

## 【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明による走査プローブ顕微鏡の探針位置固定方法は、試料の任意の領域の基準顕微鏡像を得るステップと、探針の微動機構に与える駆動信号を制御して探針を前記基準顕微鏡像に含まれる所望の位置に移動し、この位置を含むサブ基準顕微鏡像を得るステップと、前記基準顕微鏡像における前記サブ基準顕微鏡像の位置を算出するステップと、前記探針を再び前記位置に移動した後、所定の時間間隔だけ前記駆動信号を保持するステップと、前記時間間隔の経過後、他の顕微鏡像を得るステップと、前記基準顕微鏡像における前記他の顕微鏡像の位置を算出するステップと、算出された前記サブ基準顕微鏡像および他の顕微鏡像の位置の比較に基づいて前記時間間隔中に生じたドリフト量を計算するステップと、前記ドリフト量を補償するように前記駆動信号を制御し、前記探針を前記位置に移動するステップとを具え、前記サブ基準顕微鏡像の位置を算出した後のステップを繰り返すことを特徴とする。