

走査型プローブ顕微鏡は、
断面形状をプローブ側に凸の半円形とする柱状体からなる突出部を複数備え、該複数の突出部を、隣接する突出部の相対する傾斜面が接触するように配置するプローブ劣化判定用試料を走査して測定データを求め、

前記走査により得られた測定データから高さ方向の高低差を求め、

前記求めた高低差と予め定めた劣化判定用のしきい値とを比較し、

前記比較結果に基づいてプローブの劣化判定を行うことを特徴とするプローブ劣化判定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面検査装置に関し、特にプローブ先端の劣化を判定、及びプローブ交換を行う走査型プローブ顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】

金属、半導体、セラミック、樹脂等の工業材料の表面観察やあらさの測定、液晶、高分子、蒸着膜などの薄膜の観察等のために表面検査が行われる。特に、精密工業の分野では、液晶基板、ハードディスク、CD、DVD、Siウエハー（CMP）、電子素子、ガラス基板、MRヘッド、マスクブランクス等の生産ラインにおいて、試料表面を迅速に検査することが求められている。

20

【0003】

試料の微細な表面形状を検査する装置として、プローブと試料表面間に働く原子間力を測定する原子間力顕微鏡（AFM）や、プローブと試料表面との間に流れるトンネル電流を用いる走査型トンネル顕微鏡（STM）等の走査型プローブ顕微鏡を用いた装置が知られている。

【0004】

原子間力顕微鏡（AFM）は、探針及び探針を支持するカンチレバーと、このカンチレバーの曲がりを検出する変位検出系とを備え、探針と試料との間の原子間力（引力または斥力）を検出し、この原子間力が一定となるように制御することによって、試料表面の形状を観察するものであり、生物、有機分子、絶縁物等の非導電物質の観察を行うことができる。また、走査型トンネル顕微鏡（STM）は、探針を試料表面に近づけて探針または試料を3次元方向に移動可能とし、探針と試料表面との間に流れるトンネル電流が一定となるように試料表面と探針との間をサブナノメートルで制御することによって、原子レベルの分解能で3次元形状を測定し、物質表面の原子配列の観察や、物質表面の表面形状の観察を行う。

30

【0005】

走査型プローブ顕微鏡では、装置側のヘッドに対してプローブを着脱自在とし、プローブの定期的な交換や、劣化による交換や、異なる特性のプローブへの交換が可能な構成を採用している。従来、プローブの劣化による交換を行う場合には、プローブの劣化の程度を測定し、測定結果に基づいて人手によってプローブ交換を行っている。

40

【0006】

プローブの劣化の程度を測定する方法として、径が既知の微粒子を観察して微粒子の粒子径を測定し、測定した値と既知の粒子径とを比較することによってプローブの先端の状態を観察するもの知られている。図6は従来のプローブの劣化を測定する方法を説明するための概略図である。図6において、微粒子AをプローブPで観察する。プローブPによって微粒子Aを観察すると、高さ方向の変化に対する移動距離から、微粒子Aの径を求めることができる。ここで、微粒子Aの粒子径が既知（図では d_0 としている）の場合には、測定で求めた d_1 と既知の d_0 とを比較することによって、プローブPの劣化の程度を知ることができる。図6（a）はプローブP1の劣化の程度が小さい場合を示すもので測定径は d_1 であり、図6（b）はプローブP2の劣化の程度が大きい場合を示すもので測定

50

径は d_2 ($d_2 < d_1$) である。既知の粒子径 d_0 と測定径 d_1 及び測定径 d_2 との比較によって、プローブP2の劣化の程度が大きいことを知ることができる。

【0007】

従来、プローブ交換は、既知の粒子径を備える標準試料を観察し、得られた粒子径に基づいてプローブの劣化の程度を判定し、その後人手によってプローブの交換を行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従来、プローブの劣化の程度を微粒子の観察で行っているため、微粒子の粒子サイズのばらつきや、粒子の境界が不明瞭さや、粒子の測定状態が一定しない等のために測定した粒子径に誤差が生じ、そのため、プローブの劣化判定に正確さを欠くおそれがあるという問題がある。

【0009】

図7は粒子の測定状態による測定値の変動を示す図であり、図中のAは粒子径が d_0 の微粒子を示し、Pはプローブを軸方向から見た状態を示している。図7(a)はプローブPが微粒子Aの最大径上を走査した場合であり、このときの測定値は d_a となる。これに対して、図7(b)、(c)はプローブPが微粒子Aの最大径からずれた位置を走査した場合であり、このときの位置によって異なる d_b 、 d_c となる。また、図7(d)は微粒子A、A'が隣接した場合であり、このときの測定径は d_d となり、微粒子の測定状態によって測定径が一定しない。

【0010】

また、図8は従来のプローブの劣化判定に用いる標準試料の概略図であり、基板B上に複数の微粒子Aが点在させている。プローブPはこの標準試料について走査を行い、微粒子Aの全体を観察する。そのため、プローブの劣化判定に用いる測定データを得るために時間がかかるという問題もある。

さらに、従来の走査型プローブ顕微鏡では、プローブの劣化判定に基づいて手動でプローブ交換を行っているため、人手による操作を必要とすると共に交換に時間を要するという問題がある。

【0011】

そこで、本発明は前記した従来の問題点を解決し、走査型プローブ顕微鏡において、プローブの劣化判定の精度及び速度を高めることを目的とし、また、プローブ交換を自動で行うことを目的とする。

【0012】

【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、特殊形状のグレーディング状の試料を測定して測定データを求め、該測定データをプローブ先端の劣化状態を判定するための判断データとし、劣化判定に基づいてプローブの交換を行うものであり、これによって、プローブの劣化判定の精度及び速度を高め、また、プローブの自動交換を可能とする。

【0013】

本発明の走査型プローブ顕微鏡は、プローブ劣化判定用試料とプローブ劣化判定手段とを備え、プローブ劣化判定手段の判定結果に基づいて、ヘッドに取り付けるプローブの交換を行う。

【0014】

プローブ劣化判定用試料は、断面形状をプローブ側に凸の半円形とする柱状体からなる突出部を複数備え、該複数の突出部を、隣接する突出部の相対する傾斜面が接触するように配置する。プローブがこのプローブ劣化判定用試料と接触しながら走査すると、このプローブ劣化判定用試料の表面形状が測定される。測定データは、プローブ劣化判定用試料の表面を1ライン分あるいは複数ライン分走査して得ることができる。測定データは、プローブ劣化判定用試料自体の表面形状データと、プローブの劣化状態を表すデータを含んでいる。プローブの劣化状態は、測定データの高さ方向の高低差により知ることができる。

プローブの劣化が少ない場合には、プローブ先端はプローブ劣化判定用試料自体の表面形状を精度良く追従することができるため、プローブ劣化判定用試料の谷部分の高さを精度良く求めることができる。これに対して、プローブの劣化が大きい場合には、プローブ先端がプローブ劣化判定用試料自体の表面形状を追従する精度は落ちるため、プローブ劣化判定用試料の谷部分の測定精度は低下する。

【0015】

そこで、プローブ劣化判定手段は、この測定データの高さ方向の高低差を劣化の判定に用い、あらかじめ定めた劣化判定のしきい値と比較することによってプローブの劣化判定を行い、比較結果に基づいてプローブの劣化判定を行う。しきい値は、劣化を判定する基準値であり、測定対象に応じてしきい値を定めることができる。プローブ劣化判定手段は、

10

【0016】

プローブ劣化判定手段は、測定データに基づいて評価値を算出する評価値算出部と、評価値を判定するためにしきい値と比較する比較部と、しきい値を記憶するしきい値記憶部とを備えた構成とすることができる。評価値は、測定データの高低差の他に、JISで定める表面粗さを表すパラメータである算術平均粗さ（Ra）、最大高さ（Ry）、十点平均粗さ（Rz）等を用いることができる。プローブ劣化判定用試料の第1の形態は、断面形状を半円形とする柱状体を軸方向に並行となるように、互いに接触させて隣接するように平面上に配列して形成することができる。半円形の径や配置間隔によって、検出するプロ

20

【0019】

プローブ劣化判定用試料の第2の形態は、第1の形態のプローブ劣化判定用試料を用い、形状や大きさを異ならせた各突出部を段階的に複数備え、検出するプローブの劣化の程度を異ならせ、プローブが走査する突出部によって劣化検出の精度を変更することができる。例えば、第1の形態において、半円形の断面の径を異ならせたものを複数備える。第2の形態によれば、プローブの劣化の判定基準を複数段階で設定することができ、測定対象に応じてプローブの劣化判定を行い、求められる測定精度に対応したプローブを交換する

30

【0020】

また、プローブ劣化判定用試料の第3の形態は、第1の形態のプローブ劣化判定用試料を用い、プローブの走査方向と交差する方向の形状や大きさを連続的に変化させ、検出するプローブの劣化の程度を連続的に異ならせ、プローブが走査する突出部によって劣化検出の精度を変更することができる。第3の形態によれば、プローブの劣化の判定基準を連続的に設定することができる。

【0021】

【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。

40

図1、2は本発明の走査型プローブ顕微鏡が備えるプローブ劣化判定用試料の一構成例の概略図及び動作説明図である。

【0022】

図1（a）に示すプローブ劣化判定用試料1aは、断面形状を半円形とする柱状体21を、その軸方向が並行となるように接触させて平面上に配列して形成することができ、グレーディング状の形状を形成する。柱状体21の配列で形成される突出部分の個数は任意とすることができ、各柱状体21が備える個体の形状誤差を減少させるに十分な個数とすることができる。

【0023】

プローブPは、図中の破線で示すラインにそって走査を行い、測定データを求める。図2

50

(a)は、矢印方向に移動するプローブPの走査状態を示している。プローブPは、プローブ劣化判定用試料1の表面に追従して移動することによって、高さ方向のデータを得る。図2(b)は、走査で得られた高さ方向の変化を示している。この高さ方向の変化から求められる高低差D1は、プローブの劣化状態を判定する評価値として用いることができる。

【0024】

図2(c)及び図2(d)は、劣化した状態のプローブによる走査状態及びそのときの高さ方向のデータを示しており、高低差はD2 ($D1 > D2$)である。図2(b)と図2(d)とを比較すると、劣化の状態が小さいプローブにより得られる高低差D1は、劣化の状態が大きいプローブにより得られる高低差D2よりも大であり、高低差Dをプローブの劣化状態を評価する評価値とすることができる。

10

【0025】

図1(b)に示すプローブ劣化判定用試料1bは、図1(a)に示すプローブ劣化判定用試料の断面形状の大きさや配置間隔が異なる突出部を複数配列した構成であり、この構成によってプローブの劣化検出の精度を段階的に変更することができる。

【0026】

図3は、本発明の走査型プローブ顕微鏡の概略構成図である。図3において、走査型プローブ顕微鏡10は、プローブ劣化判定用試料1、ヘッド2、ステージ4、プローブ劣化判定手段15、及びヘッドとステージとを相対的に移動させる移動機構及び制御機構を備える。ヘッド2にはプローブホルダ3を介してプローブPが取り付けられ、試料S上を走査して測定を行う。ステージ4は試料Sを支持する。ヘッド2及びステージ4はそれぞれXYZ方向に移動可能とする移動機構を備え、移動機構によって相対的に位置を変更して試料Sの走査を行う。移動機構の一例としては、ヘッド2側に圧電素子を用いた微動機構や、ステージ4側に粗動機構とすることができる。

20

【0027】

移動機構を制御する制御機構はヘッド制御部12及びステージ制御部13を備える。ヘッド制御部12はヘッド2の移動制御、及びプローブによる測定制御を行う。ステージ制御部13はステージ4の移動制御を行う。ヘッド制御部12及びステージ制御部13は、走査型プローブ顕微鏡10全体の制御を行う制御部11によって制御され、プローブPと試料Sとの相対的な位置制御が行われる。

30

【0028】

測定部14は、プローブPで測定された測定信号、及びヘッド2とステージ4の移動信号を入力し、試料Sの三次元データを形成する。プローブPはプローブホルダ3に取り付けられた状態で、ヘッド2及びステージ7に対して着脱を行い、プローブ5の交換を行うことができる。

【0029】

ステージ4上には、プローブ劣化判定用試料1及び交換用プローブ5を備える。なお、交換用プローブ5の配置位置には、交換後のプローブを配置することができる。プローブ劣化判定用試料1及び交換用プローブ5に対してヘッド2を位置合わせする場合には、前記した移動機構によってヘッドとステージとの相対的位置を調節することによって行うことができる。

40

【0030】

なお、プローブ劣化判定用試料1及び交換用プローブ5は、必ずしも試料Sと同時にステージ4に載置される必要はなく、走査型プローブ顕微鏡のベース部分に設けることもできる。

【0031】

プローブの劣化を判定するには、プローブPをプローブ劣化判定用試料1に移動した後、走査してプローブ劣化判定用試料1の形状測定を行う。測定部14はプローブからの信号を受けて測定データを求める。

【0032】

50

プローブ 劣化判定手段 15 は、評価値算出部 15 a と比較部 15 b としきい値記憶部 15 c を備える。評価値算出部 15 a は、測定部 14 から測定データを取り込んで劣化判定のための評価値を算出し、比較部 15 b は算出した評価値をしきい値と比較し、プローブの劣化判定を行う。しきい値はしきい値記憶部 15 c から読み込むことができ、測定対象に応じて劣化判定のしきい値を変更することができる。

【0033】

比較部 15 b の判定結果は制御部 11 に送られ、劣化と判定された場合にはヘッド制御部 12 及びステージ制御部 13 を制御して、ヘッド 2 を交換用プローブ 5 に移動し交換を行う。

図 4 は、本発明の走査型プローブ顕微鏡のプローブ交換動作を説明するためのフローチャートである。

10

【0034】

制御部 11 は、プローブ劣化判定用試料 1 の初期位置に位置に移動させ（ステップ S1）、プローブ劣化判定用試料 1 を走査して、測定部 14 によって測定データを求める（ステップ S2）。

【0035】

評価値算出部 15 a は、測定部 14 から測定データを取り込んで、高低差等の評価値を算出する（ステップ S3）。比較部 15 b は、評価値算出部 15 a から評価値を取り込むと共に、しきい値記憶部 15 c からしきい値を取り込んで比較を行う。評価値がしきい値よりも大きい場合には、プローブ交換を要するほどの劣化状態ではないと判定し、評価値がしきい値よりも小さい場合には、プローブ交換を要するほどの劣化状態であると判定する（ステップ S4）。

20

【0036】

判定の結果、プローブ交換を要する場合には、制御部 11 はヘッド制御部 12 及びステージ制御部 13 に制御信号を送って、ヘッド 2 とステージ 4 とを相対的に移動させ、プローブ P を交換用プローブ 5 に移動させて交換を行う（ステップ S5）。

【0037】

次に、本発明のプローブ劣化判定用試料の他の構成例を図 5 の概略図を用いて説明する。

【0038】

図 5（c）に示すプローブ劣化判定用試料は、断面の大きさが走査方向と交差する方向に変化する柱状体を軸方向に並行となるように、互いに隣接させて平面上に配列した構成としている。この構成によって、検出するプローブの劣化の程度を連続的に異ならせ、プローブが走査する突出部によって劣化検出の精度を変更することができる。

30

【0040】

【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、プローブの劣化判定の精度及び速度を高めることができ、また、プローブ交換を自動で行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の走査型プローブ顕微鏡が備えるプローブ劣化判定用試料の一構成例の概略図である。

40

【図 2】本発明の走査型プローブ顕微鏡が備えるプローブ劣化判定用試料の一構成例の動作説明図である。

【図 3】本発明の走査型プローブ顕微鏡の概略構成図である。

【図 4】本発明の走査型プローブ顕微鏡のプローブ交換動作を説明するためのフローチャートである。

【図 5】本発明のプローブ劣化判定用試料の他の構成例を説明する概略図である。

【図 6】従来のプローブの劣化を測定する方法を説明するための概略図である。

【図 7】粒子の測定状態による測定値の変動を示す図である。

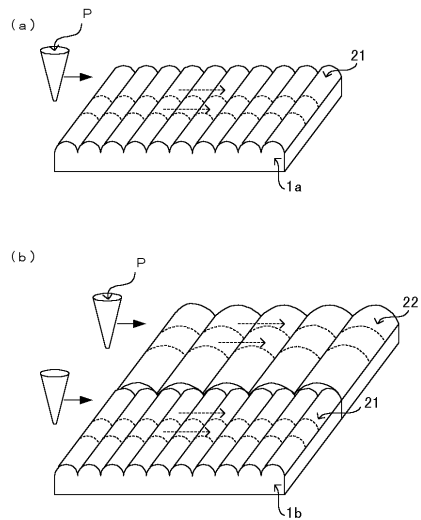
【図 8】従来のプローブの劣化判定に用いる標準試料の概略図である。

【符号の説明】

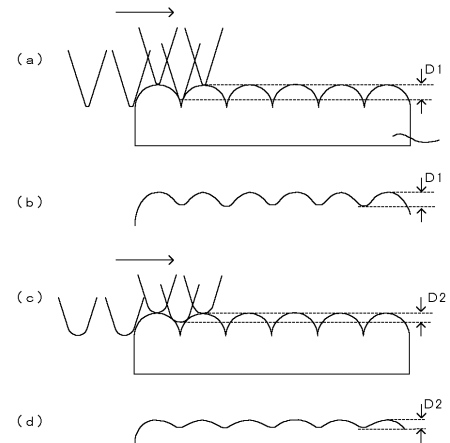
50

1, 1 a～1 e…プローブ劣化判定用試料、2…ヘッド、3…プローブホルダ、4…ステージ、5…交換用プローブ、10…走査型プローブ顕微鏡、11…制御部、12…ヘッド制御部、13…ステージ制御部、14…測定部、15…プローブ劣化判定手段、15 a…評価値算出部、15 b…比較部、15 c…しきい値記憶部、P…プローブ、S…試料。

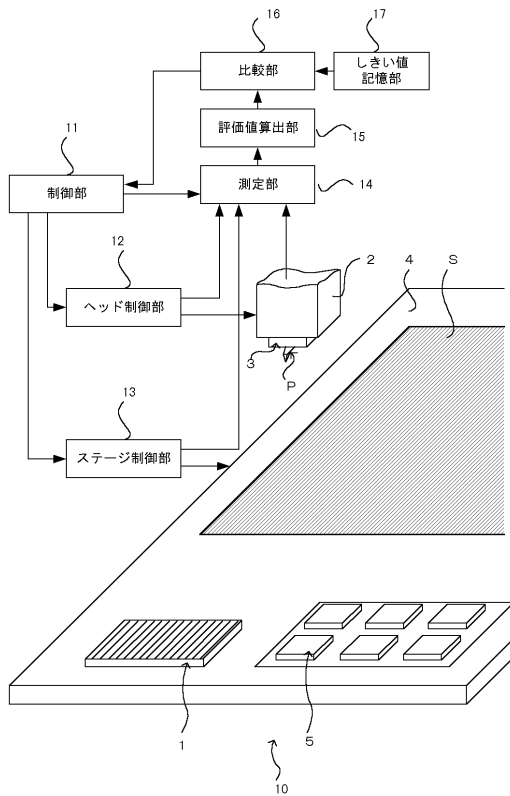
【図 1】



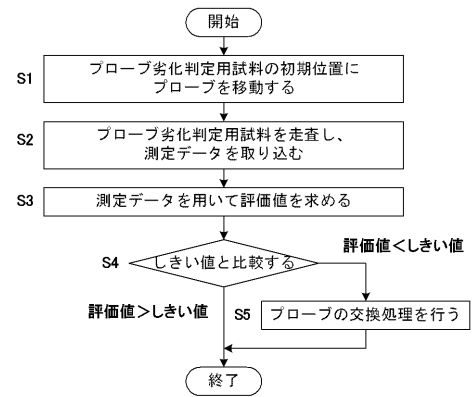
【図 2】



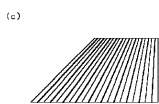
【図 3】



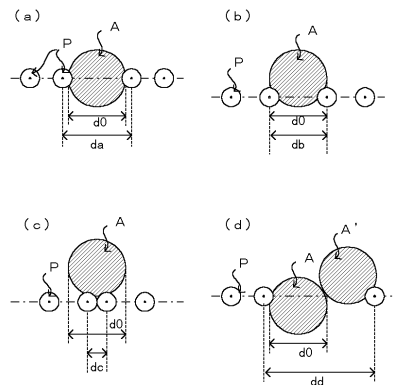
【図 4】



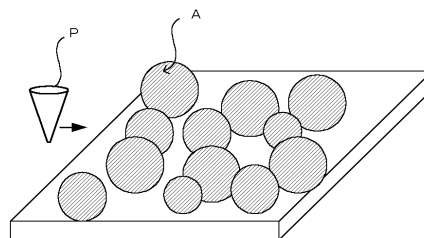
【図 5】



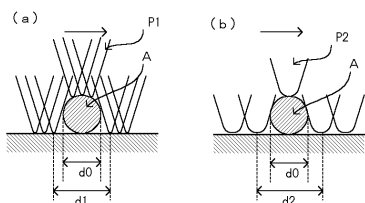
【図 7】



【図 8】



【図 6】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平07-198372 (JP, A)
特開平08-005313 (JP, A)
特開平07-103989 (JP, A)
特開平08-248038 (JP, A)
特開平04-335103 (JP, A)
特開平07-174769 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 13/10