

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成20年4月10日(2008.4.10)

【公開番号】特開2006-226964(P2006-226964A)

【公開日】平成18年8月31日(2006.8.31)

【年通号数】公開・登録公報2006-034

【出願番号】特願2005-44427(P2005-44427)

【国際特許分類】

G 01 B 5/20 (2006.01)

【F I】

G 01 B 5/20 C

【手続補正書】

【提出日】平成20年2月21日(2008.2.21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】試料の表面形状の測定方法及び装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、試料の表面形状の測定方法及び装置に関するものである。一層特に、本発明は、触針式で軟らかい試料の段差や膜厚を高速に測定する際の探針の針圧の制御方法及び装置に関する。

【0002】

本明細書において、用語“試料の表面形状”は試料の段差、膜厚、表面粗さの概念を包含するものとする。

【背景技術】

【0003】

従来技術による触針式段差計の一例を添付図面の図11に示す。図11において、Aは探針で支点Bに揺動可能に取り付けられた支持体Cの一端に装着され、またこの一端に隣接して探針Aの垂長方向変位を検出する変位センサDが設けられている。変位センサDは探針Aの垂長方向変位に応じて電気信号を発生する差動トランスから成っている。一方、支持体Cの他端には探針Aに針圧を加える針圧発生装置Eが設けられている。針圧発生装置Eは、コイルFと、コイルFの中心から軸方向にずれた位置に配置された高透磁率材のコアGとを備え、コイルFに流す電流の大きさに応じて発生される、高透磁率材のコアGをコイルFの中心へ引き込む力より探針Aを試料に押し当てるよう構成されている。そして試料または図1の検出系を走査することで探針Aは試料表面をなぞり、その表面形状に応じて、固定された支点Bのまわりに微小に回転運動し、その変位を差動トランスDで検出して試料の表面形状や段差が測定される。

【0004】

また、測定試料の両面に、測定試料を挟んで二つの触針の先端を接触させ、二つの触針の先端を相互に直接接触させた場合との触針の移動距離の差により測定試料の膜厚を測定するようにした触針式膜厚測定技術は従来公知である(特許文献1参照)。

【0005】

さらに、軸受けを中心として揺動自在のアームの端部に被測定物と接触する触針本体を設け、触針本体と被測定物との接触によって生じるアームの位置を検出して触針本体の変

位置を求めるように構成した形状測定装置も公知である（特許文献2参照）。また、弾性ヒンジを介してアームをフレームに回動可能に支持し、アームの一端に触針を設け、アームの他端に可動プレートを設け、可動プレートを二枚の平行プレート間で移動できるようにして、これらのプレートでブリッジ電極を形成し、可動アームの回動によりブリッジのへん平衡が失われ、これにより触針の先端の変位量を測定するように構成した形状測定装置も公知である（特許文献3参照）。

【特許文献1】特開平9-229663号

【特許文献2】特許第3401444号

【特許文献3】特表平8-502357号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

例えばフォトレジストなどの軟らかい試料の測定では、探針の針先に掛かる力すなわち針圧に応じて試料が変形する。かかる力が強いと、段差や膜厚は正しく測定できない。図1に試料の構成すなわちシリコン基板上にレジスト膜が形成され、シリコン基板上のレジスト膜の段差を探針で走査している状態を示している。図2には探針の針先に加える力と段差測定値との関係例を示し、2mgfでの測定値との差を縦軸にプロットしている。探針の針先に加える力が強いとレジスト膜が変形し、膜厚測定値が小さくなることが分かる。つまり、軟らかい試料では針先の力を小さくしないと正しい段差が得られない。

【0007】

一方、段差計が使用される現場では、膜厚検査時間を短縮するために、測定時間の短縮が要求され、走査速度を大きくしないといけない。例えば0.1mm/秒が要求される。図3には探針の針圧0.15mgf、探針の走査速度0.1mm/秒での測定結果を示している。試料は図2に示す構成と同じで、レジスト膜の厚さは約2μmである。横軸は時間で、60msで走査を開始し、760msで70μm走査が進んでいる。380ms相当の位置にレジスト膜の端すなわち段差があり、そこから変位が増しているが、探針を押さえる力が弱いために膜厚以上に針が飛び上がり、その後、戻ってもレジスト膜表面で針が再び跳ね上がり、その結果、振動を繰返し、その振動がなかなか収まらない。従って、振動が収まるまで待たねばならず、無駄に時間を浪費する。探針の針圧0.12mgf、探針の走査速度0.1mm/秒にした場合には、振動が収まるのに1000ms要し、その間に100μm走査が進むことになる。時間の無駄の他に、100μm以上の無駄に大きいパターンを用意する必要も生じる。また、端に近いところでの膜厚や表面形状を測定できないという問題も生じる。

【0008】

そこで、本発明は、探針の針圧を低くして被測定試料の変形を避け、しかも探針の走査速度を高くしても上記の問題を解決して正確な測定を比較的短い時間で行うことのできる試料の表面形状の測定方法及び装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するために、本発明の第1の発明によれば、探針を被測定試料の表面に接触させて被測定試料の表面形状を測定する方法において、被測定表面上における探針の垂直方向変位に基いて、探針の速度及び加速度の少なくとも一つをリアルタイムでモニターして、探針のとびを検出し、とびを検出したら探針のとびを抑える力を増して表面形状を測定することを特徴としている。

【0010】

本発明による方法においては、被測定試料は比較的軟らかい材料から成り、探針が軟らかい試料の上に達した時点で探針に加える力を徐々に弱めて、とびを防ぎ、かつ、試料の変形のない状態で表面形状を測定することができる。

【0011】

探針のとびは、探針の被測定試料の表面に垂直な方向の位置をzとするとき、 d^2z/dt^2

$d t^2$ の値が、探針の針圧を F 、探針の支点のまわりの慣性モーメントを I 、支点から探針の先端までの距離を r とするときの $F r^2 / I$ に対して予定の範囲内になった時に判断され得る。一例として条件

$$1.1 \times F r^2 / I < d^2 z / d t^2 < 0.9 \times F r^2 / I$$

を用いることができる。この場合、 $d^2 z / d t^2$ を $1.1 \times F r^2 / I$ より大きくしたのはこの下限値より小さいと応答速度が悪くなり、また係数は $d^2 z / d t^2$ を計算する際のノイズの問題で正確な導出が困難であるために導入され得る。代わりに、かかる条件として

$$d^2 z / d t^2 < 0.9 \times F r^2 / I$$

を用いてもよい。

【0012】

また、探針のとびはじめは、探針の被測定試料の表面に垂直な方向の位置を z とするとき、 $d z / d t$ の値が設定値より大きくかつ $d^2 z / d t^2$ の値が負であるときに判断され得る。

【0013】

代わりに、探針のとびは、探針の被測定試料の表面に垂直な方向の位置を z とするとき、 $d z / d t$ の値が探針の走査速度 / 2 ~ 走査速度 / 10 より大きくなった時に判断され得る。

【0014】

さらにまた、探針のとびは、探針の被測定試料の表面に垂直な方向の位置を z とするとき、 $d z / d t$ の値が探針の走査速度 / 2 ~ 走査速度 / 10 より大きくしかも $d^2 z / d t^2$ の値が負となった時に判断してもよい。

【0015】

探針の変位のモニターは、電気的又は光学的に行うことができる。

【0016】

また、本発明の第2の発明による試料の表面形状の測定装置は、被測定試料の表面に対して垂直方向に移動可能でしかも被測定試料の表面に沿って相対的に移動可能である探針と；

探針に被測定試料の表面に対して垂直方向に向う針圧を作用させる針圧付加手段と；

探針の垂直方向の変位を検出する検出手段と；

検出手段の出力信号に基き探針のとびを検出すると共に探針のとびの検出に応じて針圧付加手段を制御して探針の針圧を漸減させる制御手段と；
を有することを特徴としている。

【0017】

制御手段は、探針の垂直方向の変位を検出する検出手段からの探針の垂直方向の変位を表す出力信号に基き逐次探針の速度及び(又は)加速度を計算し、得られた探針の加速度の値が予定の負の設定値を超えた時、針圧付加手段に針圧低減信号を供給して針圧を漸減せざる構成したコンピュータ装置を備え得る。

【0018】

探針の加速度の設定値は、探針の針圧を F 、探針の支点のまわりの慣性モーメントを I 、支点から探針の先端までの距離を r とするとき $F r^2 / I$ に基いて決められ得る。

【0019】

また、制御手段は、探針の垂直方向の変位を検出する検出手段からの探針の垂直方向の変位を表す出力信号に基き逐次探針の速度及び(又は)加速度を計算し、得られた探針の速度が設定値より大きくかつ加速度の値が負の値である時、針圧付加手段に針圧低減信号を供給して針圧を漸減せざる構成したコンピュータ装置を備えてもよい。

【0020】

探針の速度の設定値は、探針の針圧を F 、探針の支点のまわりの慣性モーメントを I 、支点から探針の先端までの距離を r とするとき $F r^2 / I$ に基いて決められ得る。一例として、探針の速度の設定値は、探針の走査速度の 1 / 2 ~ 1 / 10 であり得る。

【発明の効果】**【0021】**

以上説明してきたように、本発明の第1の発明によれば、被測定表面上における探針の垂直方向変位に基いて、探針の速度及び加速度の少なくとも一つをリアルタイムでモニターして、探針のとびを検出し、とびを検出したら探針のとびを抑える力を増すように構成したことにより、従来技術では探針がとんで測定できない場合でも、針先の変位、速度、加速度をモニターしながら針先の力を制御しているので、探針のとびを小さく、または、とばないようにすることができ、試料の表面形状を短時間で正確に測定できるようになる。

【0022】

また、本発明の第2の発明によれば、探針の垂直方向の変位を検出する検出手段の出力信号に基き探針のとびを検出すると共に探針のとびの検出に応じて針圧付加手段を制御して探針の針圧を漸減させる制御手段を設けたことにより、探針のとびを小さく、または、とばないようにすることができ、試料の表面形状を短時間で正確に測定できる試料の表面形状の測定装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0023】**

以下添付図面の図4～図10を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0024】

図4には、本発明による測定装置の一つの実施の形態を示し、1は固定支持台で、その上に支点2を介して揺動支持棒3が設けられ、この揺動支持棒3の一端には探針4が下向きに取り付けられている。探針4はその先端はダイヤモンドで構成され、また先端の半径は一般的には $2.5\mu m$ であるが、それより大きくても小さくてもよい。また、揺動支持棒3の他端には探針4に垂直下方の力すなわち針圧を加える力を発生する針圧付加手段5が設けられている。この針圧付加手段5は図示例では、揺動支持棒3の他端から上方へのびる作動子5aと作動子5aを受ける穴をもつコイル5bとで構成されている。揺動支持棒3の一端における探針4より支点2側において、探針4の垂直方向の変位を検出する検出手段6が設けられ、この検出手段6は揺動支持棒3に一端を固定した測定子6aと測定子6aの他端すなわち自由端を受けるコイル6bとを備えた差動トランスで構成されている。

【0025】

また、図4において7は試料ホルダーで、その上に走査ステージ8が探針4に対して予定の操作速度で移動できるように設けられ、この走査ステージ8上には被測定試料9が取り付けられ得る。

【0026】

針圧付加手段5及び探針4の垂直方向の変位を検出する検出手段6は制御手段10に接続され、この制御手段は検出手段6からの出力信号に基いて針圧付加手段5の動作を制御するように構成されている。なお、図4の装置において試料9を固定して探針側を走査するように構成することも可能である。

【0027】

図5には図4に示す制御手段10の構成の一例を示している。図5において、11はコンピュータ装置で、このコンピュータ装置11はアナログ入出力ボード12を介して、針圧付加手段5におけるコイル5bに接続された針圧付加手段用電源13及び走査ステージ8の駆動装置14にそれぞれ接続されている。また、コンピュータ装置11は、汎用インターフェースボード15を介してデジタルロックイン增幅器及び発振器を備えた検出回路16に接続され、この検出回路16は検出手段6を成す差動トランスの一次コイル及び二次コイルに接続されている。

【0028】

このように構成した図示装置の動作について以下説明する。

差動トランスの二次コイルの出力電圧は、検出回路16で計測され、検出回路16は計

測した出力電圧に相応したのアナログ信号をアナログ入出力ボード12を介してコンピュータ装置11に入力し、コンピュータ装置11はこのアナログ信号に基き、既知の感度係数を用いて探針4の針先の垂直方向変位に換算する。これをミリ秒間隔で逐次、繰返し行うことと、ほぼリアルタイムで変位をモニターする。またコンピュータ装置11は、探針4の針先の垂直方向変位を時間微分して針先のz方向(試料表面に垂直方向)の速度、加速度を算出し、こうして得られた速度及び加速度もリアルタイムでモニターし、探針4の飛びを判断する。

【0029】

探針4の飛びを判断する方法を以下に示す。探針4の針先での力すなわち針圧をF、探針4の針先の垂直方向位置をz、支点2のまわりの慣性モーメントをI、支点2から探針4の針先までの距離をrとして、支点の周りの運動方程式を変形すると次の式を得る。

$$F = I / r^2 \quad d^2 z / dt^2 \quad (1)$$

即ち、力Fが働く場での、質量がI/r²の質点の運動とみなすことができる。従って、探針4が跳んでいる間は重力場での質点の自由落下運動とみなすことができ、Fが一定ならd²z/dt²も一定になる。つまり図3におけるzの軌跡は放物線になっている。

【0030】

なお、探針4の針先のz方向の初速(針先が試料表面から離れるときの速さ)をv₀とし、支点2で支えられた可動部分の重心が支点に近いと仮定すると、放物線の到達高さh、針先が飛んでいる時間(針先が試料表面を離れた後、再び表面に戻るまでの時間)2t₀はそれぞれ次式で表わすことができ、可動部分の設計に有用である。

$$h = I v_0^2 / 2 r^2 F \quad (2)$$

$$2 t_0 = 2 I v_0 / r^2 F \quad (3)$$

即ち、Iを小さくし、rを大きくすることでhや2t₀を小さくできることを示し、その際の依存性も示している。また、v₀は走査の速さに比例するので、走査速さと飛びの関係も分かる。

【0031】

上記のように針が飛んでいる間はd²z/dt²は負の一定値になる。図6に図3のデータの時間微分(dz/dt)を示す。A-A'間、B-B'間、C-C'間、...でd²z/dt²が負のほぼ一定値になっており、それらのところで針が飛んでいることを示している。

【0032】

探針の飛びをd²z/dt²の値で判断する場合には、式(1)で決まる値Fr²/Iになつたかどうかで探針の飛びを判断する。d²z/dt²の値をモニターしながら、例えば、不等式

$$1.1 \times Fr^2 / I < d^2 z / dt^2 < 0.9 \times Fr^2 / I$$

を満たすかどうかで判断する(Fは負の値である)。1.1及び0.9の係数を掛けた理由は、後述のようにノイズの問題で正確なd²z/dt²の導出が困難なため、不等式により範囲を限定した。

【0033】

本来、d²z/dt²はFr²/Iより小さくはなり得ないので、例えば次式で探針の飛びを判断することも可能である。

$$d^2 z / dt^2 < 0.9 \times Fr^2 / I$$

zの測定値はノイズを含むので、d²z/dt²を正確に導出するには、ノイズを除去するよう移動平均などの処理が必要であり、それを行うには多くのデータ数が必要となり、その分の測定に時間が余計にかかり、飛びの判断に時間を要する。また、場合によっては、この方法では上の段から下の段に降りるときにも「とんだ」と判断するが、その場合には力を増す必要はない。つまり、必要がないときにも、力を増してしまう場合がある。

【0034】

飛び始めを判断するには、d²z/dt²をモニターしながら針圧Fで決まる値(式1)参照)になつたかどうかで判断できる。ところでd²z/dt²を短時間で(少ない

収集データ数で)正確に求めることはノイズが伴うため困難であり、正確に求めるには収集データ数を多くする必要があるので時間を要し、飛び始めの判断がその分遅れる。また計測器の測定時定数の問題で z の急速な変化の正確な測定は困難である。そのような場合には、図6からも分かるように、「 $d z / d t$ がある値より大きく」、かつ、「 $d^2 z / d t^2$ が負である」ときに「飛び始め」と判断することができる。

【0035】

このように、「 $d z / d t$ がある値より大きく」、かつ、「 $d^2 z / d t^2$ が負である」ときに「飛び始め」と判断する場合には、とびを短時間で判断でき、試料の上の段から下の段に降りるときには「力の制御が必要なとび」とは判断しない。正確には、とんだことを判断するわけではなく、とぶことが分かっている計測(式(2)、(3)より力と走査速度からとびの大きさが分かる。探針の針先が試料表面から離れるときの速さ v_0 は探針の針先と試料との接触角度にもよるが走査速度と同程度の値である)において、どの時点で力の制御を開始するかを判断する方法である。

【0036】

試料の上の段にさしかかるとき、 $d z / d t$ は走査速さと同程度になる。そして、探針の飛びが生じると、 $d^2 z / d t^2$ が前述の値になるのだが、値の正確な導出に時間がかかるため、値ではなく符号だけで判断する。即ち、「 $d z / d t$ が走査速度と同程度(正の値)」かつ「 $d^2 z / d t^2$ が負」になったときに、力の制御を開始すればよい。試料の平らの場所と、上の段にさしかかる場所とでは、 $d z / d t$ の値が桁違いに異なるので、判断は容易である。また、上記の「 $d z / d t$ が走査速度と同程度(正の値)」とは、例えば「走査速さの数分の1程度」でもよい。従って、例えば、

$$\text{走査速度}/2 < d z / d t \text{ かつ } d^2 z / d t^2 < 0$$

で判断してもよい。さらには、「走査速度/2 < $d z / d t$ 」を満たした後、「 $d^2 z / d t^2 < 0$ 」を満たすまでの時間は実際には十分短い(図7の例では10から20msであり、その間に進む走査距離は1から2μmと非常に小さい)ので、

$$\text{走査速度}/2 < d z / d t$$

で判断してもよい。

【0037】

このようにして $d z / d t$ 、 $d^2 z / d t^2$ のモニタリングから探針4が飛び始めたと判断したら、探針4を押さえる力を発生させている針圧付加手段5におけるコイル5bに流す電流を増加させ、力を増大して探針4の飛びを小さくする。この操作は、例えば図5に示す制御手段において、コンピュータ装置11からアナログ入出力ボード12を介して針圧付加手段用電源13にアナログ制御信号を供給し、それにより針圧付加手段用電源13は針圧付加手段5におけるコイル5bへの電流を増加させ、作動子5aを引く力を強めることにより行われ得る。この場合、探針4の針先の軌跡は式(1)、(2)及び(3)に従う。そして振幅が小さくなりながら振動を繰り返した後、やがて探針4の針先の z 方向の値は試料表面に対して静止する。力を増したことで、この静止までの時間を短くすることができる。

【0038】

ところで試料が比較的軟らかい場合には、力が大きいままでは試料表面がマイナス z 方向に変形した状態となるため、力を元の小さい値に戻す必要がある。しかし、急激に力を小さくすると試料の弾性や、支点2から探針4までの揺動支持棒3の部分の弾性により、探針4の針先は再び跳ね上がり、試料表面から離れ、振動が発生する。これを避けるために力を徐々に弱める必要がある。そのため本発明では、コンピュータ装置11に組み込まれるプログラムを用いて、予定の減衰特性で発生する力を減衰させるようなアナログ制御信号を針圧付加手段用電源13に供給するようにされている。

【0039】

図7に制御と測定結果の例を示す。

図3と同じ試料において、探針4に加える力を0.15mgf、走査速度を0.1mm/sという同じ条件で測定を開始し、2msごとに z 、 $d z / d t$ 、 $d^2 z / d t^2$ をモニ

ニターし、 $d z / d t > 5 \times 10^{-5} \text{ mm/ms}$ 、かつ、 $d^2 z / d t^2 < 0$ を満たしたときに、針圧付加手段用電源 13 から針圧付加手段 5 におけるコイル 5 b へ流す電流を増加させ、探針 4 に加える力を 1.8 mgf に増大した。このときの時間は図 7 の横軸で約 380 ms である。その後、 160 ms の間、その力を保っている。そして、その後、 40 ms かけて一定の割合で電流値を下げ、図の横軸 580 ms で探針 4 に加える力を 0.15 mgf 戻している。これにより探針 4 の飛びを小さく押さえて、飛んでいる時間を短くし、時間の無駄を省き、かつ、試料の端により近い場所での膜厚、段差測定が可能になった。

【0040】

他の制御、測定方法としては次の方法がある。

試料の段差部分でも探針 4 がとばない程度の強い力で測定を開始し、探針 4 の針先が軟らかい試料の上に来たら（通常、段差は予めある程度は分かっているので、z のモニタリングにより判断する）力を徐々に弱める方法である。

【0041】

走査速度を 0.1 mm/s 、探針 4 の針先半径を $2.5 \mu\text{m}$ 、試料上の段差を $2 \mu\text{m}$ とした場合では、探針 4 に加える力を 1 mgf とすると、探針 4 はほとんど飛ばなかったので、探針 4 に加える力を 1 mgf 程度で開始し、試料の上の段（軟らかい試料）に来たら徐々に例えば 0.15 mgf まで弱めればよい。

【0042】

探針 4 の針先が試料の上の段に来たかどうかの判断は、試料の上の段に上がる際に $d z / d t$ が急激に大きくなるので、 $d z / d t$ をモニタリングすることでも可能である。

【0043】

以下、実施例について具体的に説明する。コンピュータ装置 11 による検出回路 16 からのアナログ信号（変位データ）の取り込みと針圧付加手段用電源 13 及び走査ステージ 8 の駆動装置 14 へのアナログ信号の出力（針圧付加手段用電源 13 の制御と走査ステージ 8 の制御）は 2 ms ごとに行つた。針圧付加手段用電源 13 の応答時間は $50 \mu\text{s}$ 、針圧付加手段 5 におけるコイル 5 b の自己インダクタンスは 1 mH のオーダーであり、コイル 5 b 内のコアすなわち作動子 5 a にはパーマロイ PB を用いた。検出手段 6 すなわち差動トランジストの駆動周波数は 5 kHz 、検出手段 6 におけるロックイン增幅器のローパスフィルターの時定数は 3 ms 、ロックイン增幅器内部のデータメモリへの取り込み時間間隔は 1 ms とし、測定終了後に変位のデジタルデータを汎用インターフェースボード 15 を介してコンピュータ装置 11 に取り込んだ。リアルタイムのモニター、制御はアナログ信号で行い、最終的な表面形状のデータは精度の高いデジタルデータを採用した。

【0044】

図 3 のデータで、「谷の部分」（例えば 490 ms 辺り）が下がりきっていないのは、検出回路 16 におけるロックイン增幅器のローパスフィルターの時定数の問題で、変位の時間変化が大きい場合には計測器による値が実際の変位に追隨していない。このことは図 7 でも同じである。しかし、実際の測定では ms オーダーの追隨は必要ないので、問題はない。図 7 で段差測定に用いるのは横軸 600 ms 以上の十分に追隨している平らな部分である。

【0045】

ところで、本発明は、断面形状が垂直である試料の段差に限らず、テープ状の段差をもつ試料にも同様に適用できる。また探針の針先の角度は 60° であるが、先端半径 R は標準的には $2.5 \mu\text{m}$ であり、これより小さい例えば $0.25 \mu\text{m}$ のものもあれば、逆に大きいものでよい。

【0046】

段差、形状、針先端半径により「とび方」は変わるが、正確には、「走査速度」と「探針の針先が試料表面から離れるときの z 方向の速さ v_0 」の関係は当然変わることになる。例えば R が大きければ、同じ走査速度でも v_0 は小さくなる。

【0047】

比較例として、試料上にスプレー式絶縁膜で段差形成し、段差は約20μmであり、探針4の針先の半径は0.05mm程度であり、また針先はSUS304を使用した。走査速度は0.67mm/sとし、探針の針先に加える力は0.25mgfとした。その測定結果を図8に示す。条件が変わればとび方も変わることが認められ、飛びの形態は主に走査速度と探針の針先に加える力に依存している。すなわち走査速度が大きいので、とびは大きい。

【0048】

とびの検知と力の制御の別の例を図9及び図10に示す。図9には変位を、また図10には加速度を示している。走査速度は0.5mm/sであり、線Aは針先での力を0.3mgfで一定にした場合であり、また線Bは0.3mgfでスタートし、加速度から判断して($< 2 \times 10^{-6} \text{ m/s}/(1 \times 10^{-3} \text{ s})$)、1.7mgfに制御した場合である。なお、試料の段差は約35μmである。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】試料と走査方向の例を示す概略線図。

【図2】軟らかい試料での力と段差測定値の関係を示すグラフ。

【図3】従来の方法による測定例を示すグラフ。

【図4】本発明による装置の構成を示す概略部分断面図。

【図5】図4における制御手段の構成の一例を示すブロック線図。

【図6】図3のデータの時間微分を示すグラフ。

【図7】本発明による測定例を示すグラフ。

【図8】従来の方法による別の測定例を示すグラフ。

【図9】本発明による別の測定例を示すグラフ。

【図10】本発明による別の測定例を示すグラフ。

【図11】探針式段差計の従来例を示す概略図。

【符号の説明】

【0050】

1：固定支持台

2：支点

3：揺動支持棒

4：探針

5：針圧付加手段

6：検出手段

7：試料ホルダー

8：走査ステージ

9：被測定試料

10：制御手段

11：コンピュータ装置

12：アナログ入出力ボード

13：針圧付加手段用電源

14：駆動装置

15：汎用インターフェースボード

16：検出回路

【手続補正2】

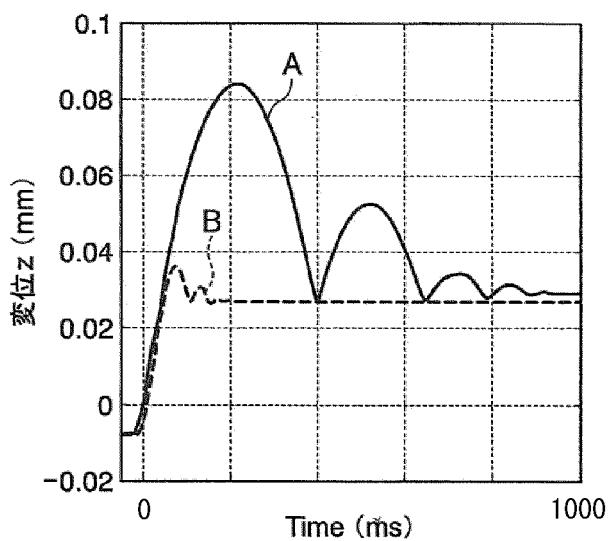
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図9】



【手続補正3】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図10】

