

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年3月20日(20.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/041677 A1

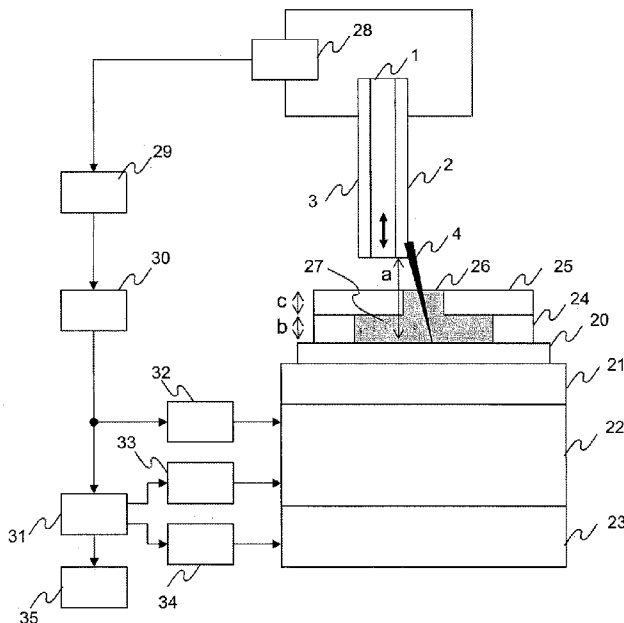
- (51) 国際特許分類:
G01Q 60/38 (2010.01) *G01Q 40/00* (2010.01)
G01Q 30/14 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/073572
- (22) 国際出願日: 2012年9月14日(14.09.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立製作所 (HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 平家 誠嗣 (HEIKE Seiji) [JP/JP]; 〒1858601 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

[続葉有]

(54) Title: FORCE PROBE, MEASUREMENT DEVICE, AND MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: カプローブ、計測装置及び計測方法

図3



(57) Abstract: Provided is a probe observation device which enables in-solution measurement, along with optical microscopic observation, of a probe position on a sample surface, without the viewing field being obstructed by a vibrator. A probe which is at least partially formed so as to be non-parallel to the direction of vibration of a vibrator is provided to the distal end of the vibrator, and microscopic observation by force probe is carried out while the probe distal end and sample surface are being simultaneously observed with an optical microscope.

(57) 要約: 振動子に視界を遮られることなく試料表面上の探針位置を光学顕微鏡で観察しながら液中測定可能なプローブ観察装置を提供する。振動子の先端に少なくとも一部が振動子の振動方向とは非平行に形成された探針を設け、光学顕微鏡で探針先端と試料表面を同時に観察しながら、カプローブ顕微鏡観察を行う。

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称 : カプローブ、計測装置及び計測方法

技術分野

[0001] 本発明は、溶液中で試料表面の形状を測定するカプローブ、計測装置および計測方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、溶液中試料の観察として、原子間力顕微鏡（A F M : Atomic Force Microscopy）が用いられている。この原子間力顕微鏡に代表される走査プローブ顕微鏡は、超高真空中、大気中等の多様な環境で動作が可能な顕微手法である。この手法は、鋭い探針先端と試料表面との相互作用を検出し、この相互作用の値を一定に保ちながら試料表面を走査することにより、表面形状を原子分子分解能で観察するものである。

[0003] 近年は、液中観察が脚光を浴びており、固液界面における分子の配列（例えば、非特許文献１）等の報告がなされている。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献１：福間剛志ら、フィジカル・レビュー・レターズ１０４巻１６１０１頁２０１０年（T. Fukuma et al., Phys. Rev. Lett. 104, 16101 (2010)）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、A F Mを溶液中で動作させる場合、振動する探針を溶液中に導入して観察する必要がある。A F Mにおいては、探針-試料間に作用する力を、探針を取り付けた振動子の振動状態の変化として検出するが、通常、振動子は探針よりも大きいため、試料表面上の探針位置を直接確認することが困難であった。

[0006] 本発明の目的は、振動子に視界を遮られることなく、試料表面上の探針位

置を観察しながら液中測定可能なプローブ観察装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0007] (1) カプローブ顕微鏡の振動子の振動状態は、振動子に対する探針の取り付け方には影響されないという知見に基づき、振動子の先端に探針を振動方向に対し、少なくとも一部を非平行に設け、振動子の振動方向への投影図において、探針先端の投影位置が振動子の投影図形の外側になる形状のカプローブとする。これにより、上部から、探針位置を確認することができる。
- [0008] (2) 装置としては、上記カプローブを試料上部の液体保持手段の開口部に挿入する構成とする。具体的には、試料に対して垂直の振動成分を有する振動子と、前記振動子の先端に前記振動子の振動方向と非平行に設けられた探針と、前記試料を載置する試料台と、前記試料表面に載置される厚さ b のスペーサと、前記スペーサ上に載置される厚さ c のカバーとを有し、前記振動子の振動方向と垂直な方向への投影図において、前記探針の先端の投影位置が、前記振動子の投影図形の外部であり、前記振動子の振動方向の前記探針の長さを a とすると、 $a > b + c$ の条件を備えるプローブ観察装置とする。これにより、振動子に遮られることなく、上部から試料表面を観察することができる。
- [0009] (3) 方法としては、前記試料と前記カバーの間に液体を満たし、前記振動子の振動方向と非平行に設けられた探針を前記カバーに設けられた観察窓に挿入することにより前記試料表面の形状を測定する計測方法とする。これにより、(1)と同様に、上部から、探針位置を確認することができる。

発明の効果

- [0010] 本発明によれば、探針を振動子の振動方向に対し非平行に取り付けることにより、振動子に遮られることなく試料表面上の探針位置を確認しながら、液体中の試料表面形状を測定することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]本発明の実施形態に係る探針と伸縮型振動子からなるカプローブの概略構成図である。

[図2]本発明の実施形態に係る探針と音叉型振動子からなる力プローブの概略構成図である。

[図3]本発明の実施形態に係る力プローブ顕微鏡の概略構成図である。

[図4]本発明の実施形態に係る力プローブ顕微鏡における、探針の信号入出力を行う回路の概略図である。

[図5]本発明の実施形態に係る計測装置の概略構成図である。

[図6]本発明の実施形態に係る力プローブの着脱機構の概略構成図である。

[図7]本発明の実施形態に係るスリット状の観察窓を設けた試料ホルダの構成例の概略図である。

[図8]本発明の実施形態に係るプローブセット保管ホルダの構成例の概略図である。

[図9]本発明の実施形態に係る探針の洗浄手順を示したフロー図である。

[図10]本発明の実施形態に係る計測装置を用いて得られた、純水中における金表面の形状画像である。

[図11]本発明の実施形態に係る計測装置を用いて得られた、純水中における金表面の形状電位分布画像である。

発明を実施するための形態

実施例 1

[0012] 図1は、本発明の実施形態に係る探針と伸縮型振動子からなる力プローブの概略構成図である。図1aは力プローブの正面図である。伸縮型の振動子1は第一の電極2と第二の電極3との間に交流電圧を印加することにより、図1aの上下方向に伸縮振動する。振動子1の先端には探針4が設けられ、導電性接着材等により第一の電極2と電氣的に接続されている。図1bの側面図に示すように、探針4は振動子1の振動方向に対して角度を持って取り付けられている。探針4の振動子1の振動方向に対する角度は、接着時に調整してもよいし、また、接着後、探針4の接着部近傍を曲げることにより調整してもよい。振動子1の側面あるいは底面に第一の電極2および第二の電極3は絶縁性のプローブ支持体5に固定されている。プローブ支持体5には第一

の端子 6 および第二の端子 7 が貫通しており、第一の電極 2 と第一の端子 6 は第一の接続部 8 により、また、第二の電極 3 と第二の端子 7 は第二の接続部 9 により電氣的に接続されている。これにより、第一の端子 6 および第二の端子 7 を介して、振動子 1 を振動させることができる。プローブ支持体 5 にはピンセット用穴 10 およびピンセット用溝 11 が設けられており、これらにピンセットの先端を挿入することにより、力プローブを容易に扱うことができる。図 1 c は力プローブの上面図である。探針 4 が振動子 1 の振動方向に対して角度を持って取り付けられているため、振動子 1 の振動方向から、探針 4 の先端を観察することが可能である。

実施例 2

[0013] 図 2 は、本発明の実施形態に係る探針と音叉型振動子からなる力プローブの概略構成図である。図 2 a は力プローブの正面図である。音叉型の振動子 1 は第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に交流電圧を印加することにより、図 2 a の上下方向にたわみ振動する。振動子 1 の先端には探針 4 が設けられ、第一の電極 2 と電氣的に接続されている。図 2 b の側面図に示すように、探針 4 は振動子 1 の振動方向に対して角度を持って取り付けられている。第一の電極 2 および第二の電極 3 は絶縁性のプローブ支持体 5 に固定されている。プローブ支持体 5 には第一の端子 6 および第二の端子 7 が貫通しており、第一の電極 2 と第一の端子 6 は第一の接続部 8 により、また、第二の電極 3 と第二の端子 7 は第二の接続部 9 により電氣的に接続されている。これにより、第一の端子 6 および第二の端子 7 を介して、振動子 1 を振動させることができる。プローブ支持体 5 にはピンセット用穴 10 およびピンセット用溝 11 が設けられており、これらにピンセットの先端を挿入することにより、力プローブを容易に扱うことができる。図 2 c は力プローブの上面図である。探針 4 が振動子 1 の振動方向に対して角度を持って取り付けられているため、振動子 1 の振動方向から、探針 4 の先端を観察することが可能である。

実施例 3

[0014] 図 3 は、本発明の実施形態に係る力プローブ顕微鏡の概略構成図である。

振動子 1 の周辺部に関しては電氣的な接続のみを示しており、実施例 1 および 2 で示した第一の端子 6 および第二の端子 7 は省略されている。まず、試料台 21 上に、試料 20 を置き、スペーサ 24 とカバー 25 を置いて、内部に液体 27 を注入する。こうして、試料 20 の観察面上にはスペーサ 24 を介してカバー 25 が置かれ、スペーサ 24 によって形成される試料 20 とカバー 25 との間の間隙には液体 27 が満たされることとなる。カバー 25 には観察窓 26 が設けられ、観察窓 26 が十分に小さい場合、表面張力により液体 27 は観察窓 26 の最上部まで満たされる。試料 20 の表面に対向して振動子 1 が配置され、振動子 1 は図中に矢印で示したように、試料 20 の表面に対して垂直方向に振動する。また、振動子 1 の先端には探針 4 が振動子 1 の振動方向に対して非平行に設けられている。このとき、探針 4 の長さの振動子 1 の振動方向成分を a 、スペーサ 24 の厚さを b 、カバー 25 の厚さを c とすると、 $a > b + c$ の関係にある。振動子 1 および探針 4 は発振回路 28 により、振動子 1 に設けられた第一の電極 2 と第二の電極 3 との間に交流電圧を印加することにより、固有振動数かその近傍の周波数（固有振動数の $\pm 1\%$ 程度以内）で、測定試料 20 の表面に対して垂直方向に振動させられる。探針 4 は観察窓 26 から液体 27 中に導入され、試料 20 の表面近傍まで接近させられる。振動子 1 は探針 4 と試料 20 との間の相互作用により周波数特性が変化し、その変化は周波数特性検出器 29 を用いて検出される。試料 20 は試料台 21 を介して XYZ 走査機構 22 および粗動機構 23 上に固定されており、XYZ 走査機構 22 により探針 4 に対して 3 次元方位方向に移動させることができ、また、粗動機構 23 により試料 20 と探針 4 の間の距離を大きく変化させることができる。

[0015] また、周波数特性検出器 29 からの振動子 1 の周波数特性変位信号は制御系 30 に入力される。探針 4 が試料 20 の表面と接触すると、探針 4 と試料 20 の距離にしたがって振動子 1 の周波数特性が変化する。具体的には、発振回路 28 により振動子 1 を一定の周波数で強制振動させた場合は、振動子 1 の振幅および位相が変化し、発振回路 28 により振動子 1 を自発振させ

た場合は、振動子 1 の発振周波数が変化する。それぞれの場合に応じて、周波数特性検出器 29 からの振幅変化、位相変化、周波数変化信号の値が設定された一定の値となるように、制御系 30 を用いて、Z 駆動部 32 を介して X Y Z 走査機構 22 を Z 方向に駆動し、試料 20 の探針 4 に対する Z 方向の位置を調整することにより、探針 4 と試料 20 との距離が一定値に保たれる。これにより、試料表面の凹凸によらず探針 4 と試料 20 との距離は常に一定となる。即ち、探針と試料表面との間の距離は、周波数特性検出器 29 と制御系 30 とを含む距離制御部により、試料 20 の探針 4 に対する Z 方向の位置を調整することにより制御できる。

[0016] 測定は次のような手順で行う。まず、制御部 31 は粗動部 34 を介して粗動機構 23 を駆動することにより粗動を行い、探針 4 を試料 20 に数百 nm 程度まで接近させる。粗動は周波数特性検出器 29 から出力される信号があらかじめ設定したしきい値を超えた時点で停止し、その後、制御系 30 による探針 - 試料間距離制御を開始する。次に、制御部 31 は走査部 33 を介して X Y Z 走査機構 22 を駆動することにより、試料 20 を探針 4 に対して X Y 方向に走査する。なお、試料 20 と探針 4 の距離は一定に保たれている。試料 20 を探針 4 に対して X Y 方向に走査する際、制御部 31 は、各測定点において制御系 30 からの出力信号を表面形状データとして取り込む。最後に、表面形状データを、各 X Y 座標を用いて 2 次元的にマッピングし、表面形状の画像を表示装置 35 に表示する。

[0017] 観察窓 26 の開口径は可能な限り小さいことが好ましいが、探針 4 の直径よりも大きく、かつ、X Y Z 走査機構 22 による X Y 面内走査を妨げないサイズでなければならない。また、操作性を考慮すると、直径 0.5 ~ 2 mm 程度が望ましい。振動子 1 の Q 値低下を抑えるためには、探針 4 の質量は、振動子 1 の質量の 0.2 % 程度以下が望ましい。また、探針 4 の直径は、質量的にも液体 27 による粘性抵抗的にも、可能な限り小さいことが好ましいが、探針 4 の強度を考慮して、5 ~ 10 μ m 程度が望ましい。また、探針 4 の振動子 1 の振動方向に対する取り付け角度は、探針 4 の先端の観察し易さ

と先端の曲率半径を考慮して、 $10 \sim 20^\circ$ 程度が望ましい。

[0018] なお、本実施例では、試料台を走査機構により走査する例を示したが、振動子と試料台を相対的に移動させれば良く、振動子を走査するようにしてもよい。

[0019] また、スペーサ 24、カバー 25 別々の構成として記載したが、一体化させた構成としても良い。

実施例 4

[0020] 図 4 は、本発明の実施形態に係るカプローブ顕微鏡で、探針 4 が導電性を持ち、第一の電極 2 と電氣的に結合されている場合において、発振回路 28 内で、探針 4 と試料 20 表面との間で信号の入出力を行う回路の概略構成図である。振動子 1 は、第一の電極 2、第二の電極 3 と、これらに挟まれた誘電体から構成される。発振器 40 から出力された交流電圧信号は、結合コンデンサ 41 を介して、第一の電極 2 に印加される。第二の電極 3 からは対応した交流電流振動が出力され、電流電圧変換器 42 によって交流電圧信号に変換される。第一の電極 2 には信号入出力回路 43 が接続されており、探針 4 と試料 20 との間の入出力信号を処理する。信号入出力回路 43 が、電圧フォロワの場合、試料 20 の表面電位を探針 4 を介して測定できる。

実施例 5

[0021] 図 5 は、本発明の実施形態に係る計測装置の概略構成図である。本発明の計測装置は、カプローブ顕微鏡と光学観察装置からなり、カプローブ顕微鏡は実施例 3 に示したものと同様である。光学顕微鏡 50 が観察窓 26 の上方に対向して設けられ、観察された画像はカメラ 51 によって電気信号に変換され、光学系表示装置 52 に表示される。光学顕微鏡 50 の観察視野の中心線 53 は試料 20 の表面に対しほぼ垂直となっているため、光学顕微鏡 50 は観察窓 26 を介して試料 20 の表面を観察することができる。また、探針 4 が観察窓 26 から挿入された場合、探針 4 が振動子 1 の振動方向に対して角度を持って取り付けられているため、振動子 1 に視野をさえぎられることなく、探針 4 の先端を光学顕微鏡 50 で観察することができる。カプローブ

顕微鏡測定に先立ち、試料 4 表面の目的の領域を光学顕微鏡 50 で観察した上で、観察窓 26 から挿入した探針 4 の先端のXY面内の位置が目的の領域内となるように、探針 4 と試料 20 との相対位置を調整することにより、試料 20 表面の所望の領域をカプローブ顕微鏡観察することができる。

実施例 6

[0022] 図 6 は、本発明の実施形態に係るカプローブ顕微鏡における、カプローブの着脱機構の概略構成図である。図 6 a は探針 4 や振動子 1 などからなるプローブセット 60 がプローブセット 60 を保持するプローブセットホルダ 61 へ装着される前、図 6 b は装着後の状態を示す。このプローブセットホルダ 61 は装置本体側にあつて、振動子の電氣的な接続を取るためのものである。プローブセットホルダ 61 は、絶縁性のプローブセット支持体 62 およびそれを貫通する第一のソケット 63 と第二のソケット 64 からなる。第一のソケット 63 と第二のソケット 64 には、プローブセット 60 の第一の端子 6 と第二の端子 7 がそれぞれ挿入できる。第一のソケット 63 と第二のソケット 64 の内部にはバネ 65 が設けられている。プローブセット 60 を装着した際に、第一の端子 6 と第二の端子 7 をバネ 65 が押さえることにより、プローブセット 60 がプローブセットホルダ 61 に機械的に固定され、かつ、第一の端子 6 が第一のソケット 63 と、また、第二の端子 7 が第二のソケット 64 と電氣的に接続される。これにより、第一のソケット 63 および第二のソケット 64 を介して、振動子 1 の駆動および電気信号の入出力が可能となる。また、プローブセット 60 のプローブセットホルダ 61 への着脱は、ピンセット用穴 10 とピンセット用溝 11 にピンセットの先端を挿入することにより行う。

実施例 7

[0023] 図 7 は、本発明の実施形態に係るスリット状の観察窓を設けた試料ホルダの概略図である。図 7 a は試料台 21 上に置かれた試料 20 に対し、試料カバー部 70 をかぶせる前の状態を示したものである。試料カバー部 70 はカバー 25 とスペーサ 24 で構成される。カバー 25 は円形で中央に円形の平

坦な窪みがあり、窪みの底にスリット状の観察窓 26 が設けられ、裏面にスペーサ 24 が固定されている。また、液体導入孔 71 が設けられ、ここからカバー 25 内部に液体を導入できる。試料台 21 は試料カバー部 70 と同サイズのシャーレ状容器で、この中に試料 20 を置き、試料カバー部 70 をかぶせると、図 7 b のような状態となる。この状態で液体導入孔より液体を導入したものを、スリット状の観察窓 26 の長手方向を横切る方向で切った断面図を図 7 c に示す。観察窓 26 では、表面張力により、導入する液体の量によらず、観察窓 26 の上面まで液体に満たされる。また、試料台 21 の深さが、カバー 25 の窪みの深さとスペーサの厚みと試料の厚みの合計よりも小さいため、試料 20 表面にスペーサ 24 が接触し、観察窓 26 における試料 20 表面までの液深は、カバー 25 の厚みとスペーサ 24 の厚みの和に固定される。スリット状の観察窓 26 の長手方向のサイズに制限はないが、表面張力で液面が保持されるためにはスリット幅は 2 mm 程度以下である必要がある。また、探針 4 の直径よりも大きく、かつ、XYZ 走査機構 22 による XY 面内走査を妨げないサイズでなければならないため、スリット幅は 0.5 mm 程度以上が望ましい。

[0024] なお、ここでは、円柱状の試料ホルダの形状を説明したが、他の任意の形状であっても良い。

実施例 8

[0025] 図 8 は、本発明の実施形態に係るプローブセット保管ホルダの構成例の概略図である。プローブ保管箱 80 は図 8 a の正面図における手前の面が開放された直方体の箱であり、開放面に垂直な面の内側にプローブホルダ台座 81 が設けられている。プローブホルダ台座 81 には、プローブホルダ支持部 82 を貫通して等間隔に複数個並んだプローブホルダソケット 83 が固定されている。プローブホルダソケット 83 は、プローブセット 60 の第一の端子 6 あるいは第二の端子 7 を挿入し、内部に設けられたバネで固定することが可能である。このように、保管箱の内部に、開放面と平行な方向に、カプローブの端子を固定する複数の、並列して設けられたソケットとを有し、記

箱の内部は、カプローブを収納するのに十分な空間を有するように構成した。また、プローブホルダソケット 83 の間隔は、プローブセット 60 の第一の端子 6 と第二の端子 7 との間隔と等しいので、隣り合う二個のプローブホルダソケット 83 を用いてプローブセット 60 を固定することができる。図 8 a には伸縮振動型振動子のプローブセットを挿入した例を示した。図 8 b はこれに対応する側面図であり、蓋 84 によりプローブ保管箱 80 の開放面を閉じることにより、振動子 1 および探針 4 を安全に保管することができる。図 8 c は音叉型振動子を挿入した場合の側面図である。プローブセット 60 の振動子 1 部分をプローブ保管箱 80 の底面に向けて取り付けられるので、より安全な保管が可能である。

実施例 9

[0026] 図 9 は、本発明の実施形態に係る探針の洗浄手順を示したフロー図である。まず、探針 4 が設けられたプローブセット 60 をプローブセットホルダ 61 に装着する（ステップ S 90）。次に、試料台 21 に導電性基板試料 20 を固定し（ステップ S 91）、試料 20 表面に洗浄液を滴下する（ステップ S 92）。ここから、探針 4 先端を光学顕微鏡 50 で観察開始する（ステップ S 93）。粗動機構 23 を用いるか、あるいは手動で粗動を行い、試料 20 と探針 4 を接近させる（ステップ S 94）。光学顕微鏡 50 で確認しながら、探針 4 の洗浄したい部分を洗浄液中に導入する（ステップ S 95）。探針 4 と試料 20 との間に交流電圧を印加し洗浄する（ステップ S 96）。粗動により、探針 4 と試料 20 を離して終了する（ステップ S 97）。

[0027] 洗浄液として電解研磨液を用いた場合、探針 4 先端はエッチングによって洗浄される。例えば、探針がタングステンの場合、洗浄液として水酸化カリウム水溶液（1 M）を用い、交流電圧（1 V、50 Hz）を 100 ms 程度印加する。また、探針が金の場合、洗浄液として塩酸とエタノールの混合液を用い、交流電圧（1 V、50 Hz）を 100 ms 程度印加する。電解研磨で洗浄した場合、探針 4 先端がエッチングされるので、異物の洗浄のみならず、変形した先端形状を改善することも可能である。洗浄液として水を用い

た場合、交流電圧（2 V、50 Hz）を数 s 程度印加することにより、探針 4 先端は水の電気分解によるバブリングで洗浄される。

実施例 10

[0028] 実際に、マイカ上の金薄膜表面を測定した。カプローブ顕微鏡の構成は図 5 と同様である。真空蒸着によりマイカ基板上に厚さ 200 nm の金薄膜を形成し、水素炎中でアニール処理したものを用いた。振動子として、固有振動数が 32,768 kHz の音叉型水晶振動子を用いた。水晶振動子の先端には長さ 500 μ m、直径 10 μ m の金探針を振動子の振動方向から約 10° 傾けて接着した。探針は、直径 20 μ m の金線を塩酸 - エタノール混合液中で電解研磨（5 V、50 Hz）することによって作製した。このとき、探針の質量（約 0.25 μ g）は水晶振動子の質量（約 170 μ g）の 0.2% 以下とした。発振器を用いて水晶振動子の一方の電極に交流電圧を印加し、水晶振動子の固有振動数である約 32 kHz の一定の周波数で振動させた。また、水晶振動子の他方の電極からの電流を電流電圧変換回路を用いて電圧信号に変換し、この信号の位相と印加した交流電圧信号の位相とを比較し、その位相差変化を用いて探針に加わる力を検出した。位相比較は、二つの信号をデジタル信号の矩形波に変換後、両者の排他的論理和を演算し、ローパスフィルタにより高周波成分を除去することにより行った。

[0029] 試料表面には、中央に幅約 1 mm、長さ約 10 mm のスリット状観察窓を設けた厚さ約 120 μ m のカバーガラスをかぶせ、試料とカバーガラスの間には、同じカバーガラス片をスペーサとして挿入した。この状態で、試料 - カバーガラス間を純水で満たした。試料は円柱型のピエゾ素子を用いた XYZ スキャナ上に観察面を上方に向けて固定した。水晶振動子は、ステッピングモータとネジを用いた粗動機構によって上下移動可能なステージに、試料観察面に対向して固定した。探針先端は、スライドガラスの観察窓の真上方向に設置した光学顕微鏡で観察しながら、観察窓中の金表面の比較的清浄な表面の真上に位置するように調整後、ステッピングモータを駆動し、探針を試料表面に接近させた。水晶振動子の位相信号が、あらかじめ設定されたし

きい値を超えるまで接近させた後、ステッピングモータを停止した。さらに、フィードバック制御系により位相信号があらかじめ設定した一定の値となるようにXYZスキャナをZ方向に調整し、探針 - 試料間の距離を一定に保持した。この状態でXYZスキャナをXY方向に駆動して、探針を試料表面の $1\mu\text{m} \times 1\mu\text{m}$ の領域に対してラスタ走査した。各測定座標において、探針 - 試料間距離のフィードバック制御系からの出力値をD/Aコンバータで制御用PCに読み込み、表面形状データとして記憶した。試料表面のXY座標に対して、記憶した表面形状データをマッピングすることにより得られた表面形状画像を図10に示す。直径200nm程度の金結晶粒が明瞭に観察され、また、結晶粒表面のテラス領域にコンタミネーションと思われる微小な構造も観察された。

[0030] 以上、本実施例によれば、探針を振動子の振動方向に対して非平行に取り付けても高分解能で試料表面の液中観察が可能であり、また、探針先端の様子を光学顕微鏡で観察することが可能である。

実施例 11

[0031] 実際に、マイカ上の金薄膜表面において表面電位を測定した。カプロープ顕微鏡の構成は図5と同様である。真空蒸着によりマイカ基板上に厚さ200nmの金薄膜を形成し、水素炎中でアニール処理したものを用いた。振動子として、 $2.75\text{mm} \times 85\mu\text{m} \times 120\mu\text{m}$ の伸縮型水晶振動子を用いた。水晶振動子の先端には長さ $300\mu\text{m}$ 、直径 $10\mu\text{m}$ の金探針を接着した。探針は、直径 $20\mu\text{m}$ の金線を塩酸 - エタノール混合液中で電解研磨（5V、50Hz）することによって作製した。このとき、探針の質量（約 $0.15\mu\text{g}$ ）は水晶振動子の質量（約 $80\mu\text{g}$ ）の0.2%以下とした。発振器を用いて水晶振動子の一方の電極に $1\mu\text{F}$ の結合コンデンサを介して交流電圧を印加し、水晶振動子の固有振動数である約1MHzの一定の周波数で振動させた。この電極には電圧フォロワ回路を直接接続した。また、水晶振動子の他方の電極からの電流を電流電圧変換回路を用いて電圧信号に変換し、この信号の位相と印加した交流電圧信号の位相とを比較し、その位相差

変化を用いて探針に加わる力を検出した。位相比較は、二つの信号をデジタル信号の矩形波に変換後、両者の排他的論理和を演算し、ローパスフィルタにより高周波成分を除去することにより行った。

[0032] 試料表面には、中央に直径約 1 mm の観察窓を設けた厚さ約 120 μm のカバーガラスをかぶせ、試料とカバーガラスの間には、厚さ 50 μm のアルミ箔をスペーサとして挿入した。このアルミ箔をカバーガラスの表面に折り返すことによって、アルミ箔を介して試料表面に電圧を印加できるようにした。この状態で、試料 - カバーガラス間を純水で満たした。試料は円柱型のピエゾ素子を用いた XYZ スキャナ上に観察面を上方に向けて固定した。水晶振動子は、ステッピングモータとネジを用いた粗動機構によって上下移動可能なステージに、試料観察面に対向して固定した。探針がスライドガラスの観察窓の真上に位置するように調整後、ステッピングモータを駆動し、探針を試料表面に接針させた。水晶振動子の位相信号が、あらかじめ設定されたしきい値を超えるまで接近させた後、ステッピングモータを停止した。さらに、フィードバック制御系により位相信号があらかじめ設定した一定の値となるように XYZ スキャナを Z 方向に調整し、探針 - 試料間の距離を一定に保持した。

[0033] この状態で、XYZ スキャナを XY 方向に駆動して、探針を試料表面の 1 $\mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ の領域に対してラスタ走査した。各測定座標において、探針 - 試料間距離のフィードバック制御を停止し、探針を試料表面に 10 nm 接近させることにより試料表面の電位を探針が検出し、探針と接続された水晶振動子の電極を介して電圧フォロワで読み取った電圧値を D/A コンバータで制御用 PC に読み込み、電位データとして記憶した。試料表面の XY 座標に対して、記憶した電位データをマッピングすることにより得られた電位分布画像を図 11 a に示す。測定中、試料には、0.5 mV、1 Hz の交流電圧が印加されており、この信号に対応する縞模様が画像として観察された。また、図 11 a 中の破線に沿った電位プロファイルを図 11 b に示す。振幅 0.5 mV の電位変動が明瞭に観察されており、これから電位分解能が 0.

5 mV以下であることがわかった。

[0034] 以上、本実施例によれば、振動子の電極に接続された探針を試料表面に接近させ、電極の電位を電圧フォロワで検出することにより、高分解能で試料表面の電位分布観察が可能となる。

産業上の利用可能性

[0035] 固液界面の電気化学反応および触媒反応の評価、また、生体分子および生体細胞の評価に適用できる。

符号の説明

[0036] 1…振動子、 2…第一の電極、 3…第二の電極、 4…探針、 5…プローブ支持部、 6…第一の端子、 7…第二の端子、 8…第一の接続部、 9…第二の接続部、 10…ピンセット用穴、 11…ピンセット用溝、 20…試料、 21…試料台、 22…XYZ走査機構、 23…粗動機構、 24…スペーサ、 25…カバー、 26…観察窓、 27…液体、 28…発振回路、 29…周波数特性検出器、 30…制御系、 31…制御部、 32…Z駆動部、 33…走査部、 34…粗動部、 35…表示装置、 40…発振器、 41…結合コンデンサ、 42…電流電圧変換器、 43…信号入出力回路、 50…光学顕微鏡、 51…カメラ、 52…光学系表示装置、 53…観察視野の中心線、 60…プローブセット、 61…プローブセットホルダ、 62…プローブセット支持部、 63…第一のソケット、 64…第二のソケット、 65…バネ、 70…試料カバー部、 71…液体導入孔、 80…プローブ保管箱、 81…プローブホルダ台座、 82…プローブホルダ支持部、 83…プローブホルダソケット、 84…蓋、 S90…プローブセットステップ、 S91…導電性基板セットステップ、 S92…洗浄液滴下ステップ、 S93…光学顕微鏡観察開始ステップ、 S94…粗動前進ステップ、 S95…探針液中導入ステップ、 S96…電圧印加ステップ、 S97…粗動後退ステップ。

請求の範囲

[請求項1]

振動子と、

前記振動子の先端に、前記振動子と導通するように接続された探針とを有し、

前記探針の少なくとも一部が、前記振動子の振動方向とは非平行に形成され、前記振動方向と垂直な方向への投影図において、前記探針の先端の投影位置が、前記振動子の投影図形の外部であることを特徴とする力プローブ。

[請求項2]

試料を載置する試料台と、

振動子と、

前記振動子先端に設けられた、少なくとも一部が前記振動子の振動方向とは非平行に形成され、前記振動方向と垂直な方向への投影図において、先端の投影位置が、前記振動子の投影図形の外部である探針と、

前記試料台上に設けられた、前記探針を挿入する開口部を有し、液体を保持する手段と、

前記試料と前記探針との距離を所定値に保ち、前記試料表面を走査する手段とを有することを特徴とする計測装置。

[請求項3]

前記液体を保持する手段は、スペーサと、前記開口部を有するカバーとを有し、

前記振動子の振動方向成分の前記振動子から突出した部分の前記探針の長さのを a 、前記スペーサの厚さを b 、前記カバーの厚さを c としたときに、 $a > b + c$ の関係にあることを特徴とする請求項2記載の計測装置。

[請求項4]

前記試料表面を走査する手段は、

前記振動子を振動させる発振器と、

前記発振器と前記振動子との間に設けられた結合コンデンサと、

前記振動子からの出力電流信号を電圧信号に変換する電流電圧変換

器と、

前記振動子に対し信号を入出力する信号入出力回路を備え、

前記振動子は、第一の電極と誘電体と第二の電極から構成され、

前記振動子の第一の電極と前記探針が電氣的に接続され、前記第一の電極に対し前記結合コンデンサを介して前記発振器から前記振動子に振動信号を入力し、前記振動子の第二の電極からの出力電流を前記電流電圧変換器で電圧信号に変換し、前記信号入出力回路を用いて前記第一の電極の信号を入出力することを特徴とする請求項 2 記載の計測装置。

[請求項5] 前記信号入出力回路が電圧フォロワであることを特徴とする請求項 4 記載の計測装置。

[請求項6] 前記探針を前記試料に接近させ、前記電圧フォロワにより前記試料表面の電位を検出することを特徴とする請求項 5 記載の計測装置。

[請求項7] 前記試料表面上の各測定点において、前記探針を前記試料に接近させ、前記電圧フォロワにより前記試料表面の電位を検出しながら、前記試料表面を走査することによって、前記試料表面の電位分布を測定することを特徴とする請求項 5 記載の計測装置。

[請求項8] 前記振動子と前記探針からなるプローブ部が着脱可能であることを特徴とする請求項 2 記載の計測装置。

[請求項9] 前記開口部がスリット状であることを特徴とする請求項 3 記載の計測装置。

[請求項10] 前記探針の先端の上部に設けられた、前記試料を光学的に観察する手段と、

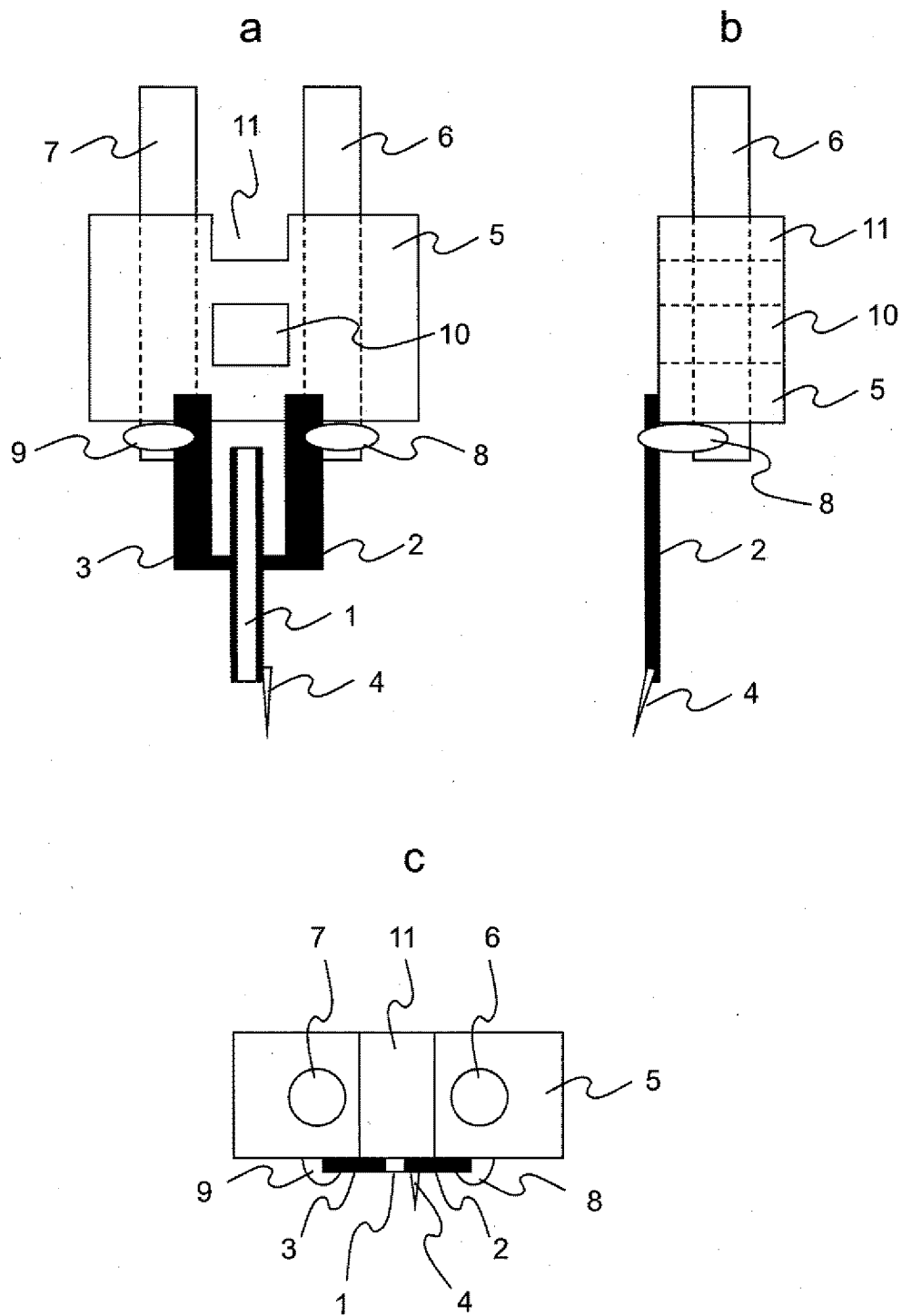
前記光学的に観察する手段により観察された画像を表示する手段とを有することを特徴とする請求項 2 記載の計測装置。

[請求項11] 前記光学的に観察する手段の観察視野の中心線は、前記試料の表面に対しほぼ垂直となるように構成されていることを特徴とする請求項 10 記載の計測装置。

- [請求項12] 試料台上に試料を載置するステップと、
 前記試料台上の開口部を有する液体保持手段に、液体を満たすステップと、
 振動子と、前記振動子先端に設けられた、少なくとも一部が前記振動子の振動方向とは非平行に形成され、前記振動方向と垂直な方向への投影図において、先端の投影位置が、前記振動子の投影図形の外部である探針とを有するカプローブを、前記開口部に挿入できるように相対位置を調整し、前記開口部に挿入するステップと、
 前記試料と前記探針との距離を所定値に保ち、前記試料表面を走査するステップとを有することを特徴とする計測方法。
- [請求項13] 前記走査により、電圧フォロワを用いて、前記試料の表面電位を計測することを特徴とする請求項12記載の計測方法。
- [請求項14] 試料台上に導電性基板を設置するステップと、
 前記導電性基板上に洗浄液を滴下するステップと、
 先端に探針が設けられた振動子の、前記探針を前記洗浄液に挿入するステップと、
 前記導電性基板と前記探針との間に電圧を印加し、前記探針の先端を洗浄するステップを有することを特徴とする探針洗浄方法。
- [請求項15] 前記洗浄は、電解研磨または水の電気分解によるバブリングにより行われることを特徴とする請求項14記載の探針洗浄方法。
- [請求項16] 一つの開放面を持つ直方体の箱と、
 前記開放面を閉じる蓋と、
 前記箱の内部に、前記開放面と平行な方向に、カプローブの端子を固定する複数の、並列して設けられたソケットとを有し、
 前記箱の内部は、前記カプローブを収納するのに十分な空間を有することを特徴とするプローブホルダ。

[図1]

図1



[図2]

図2

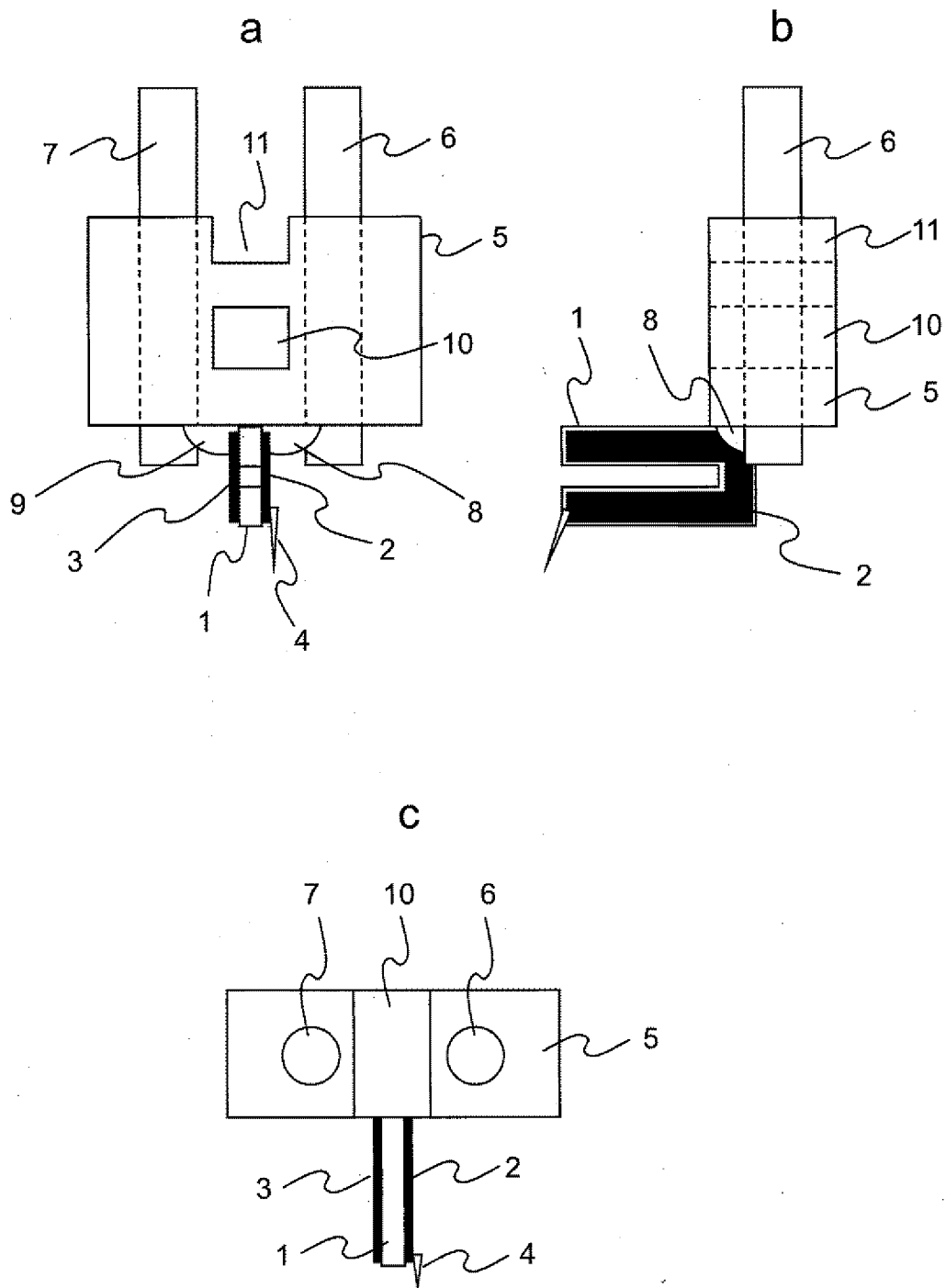
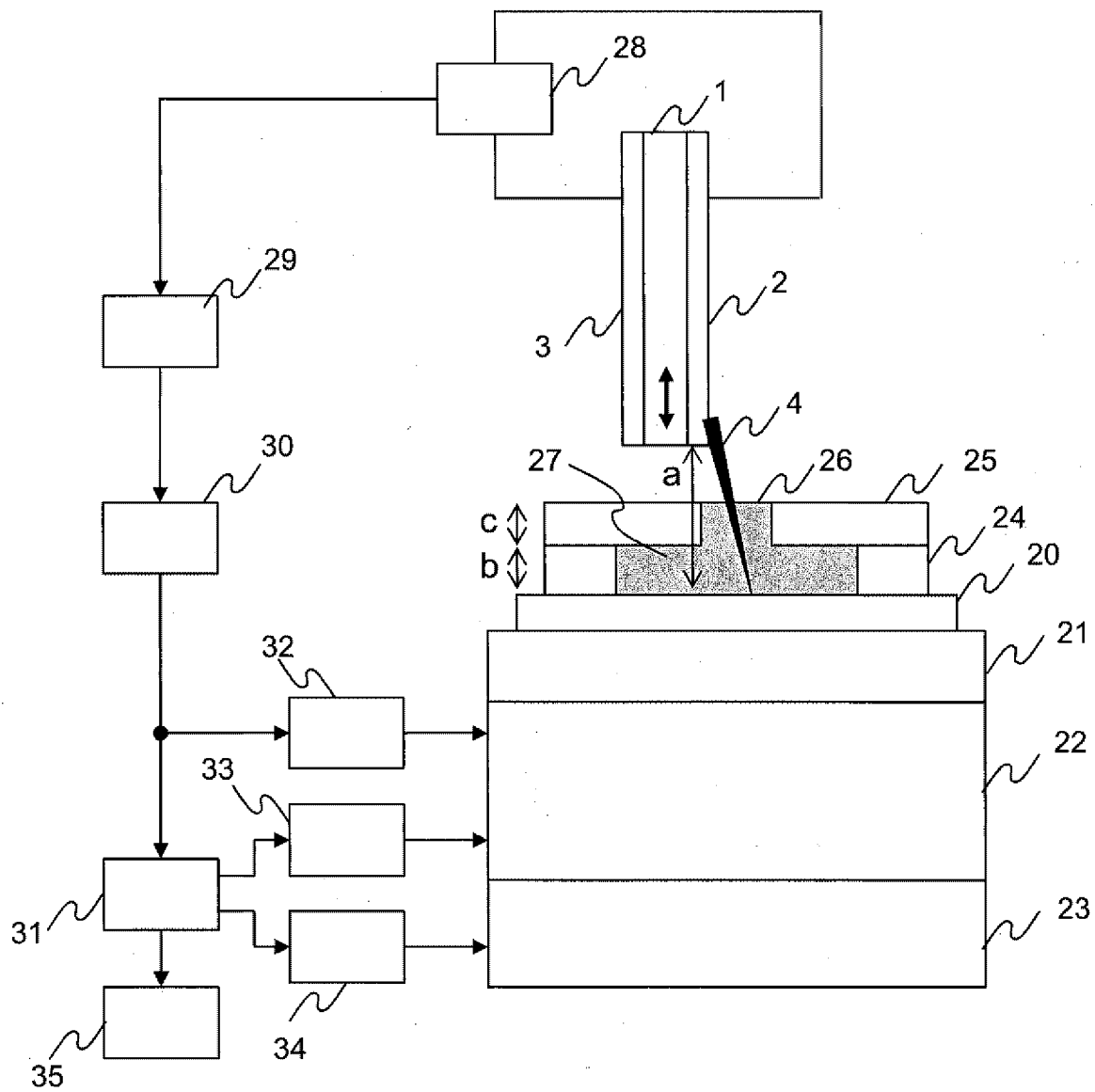
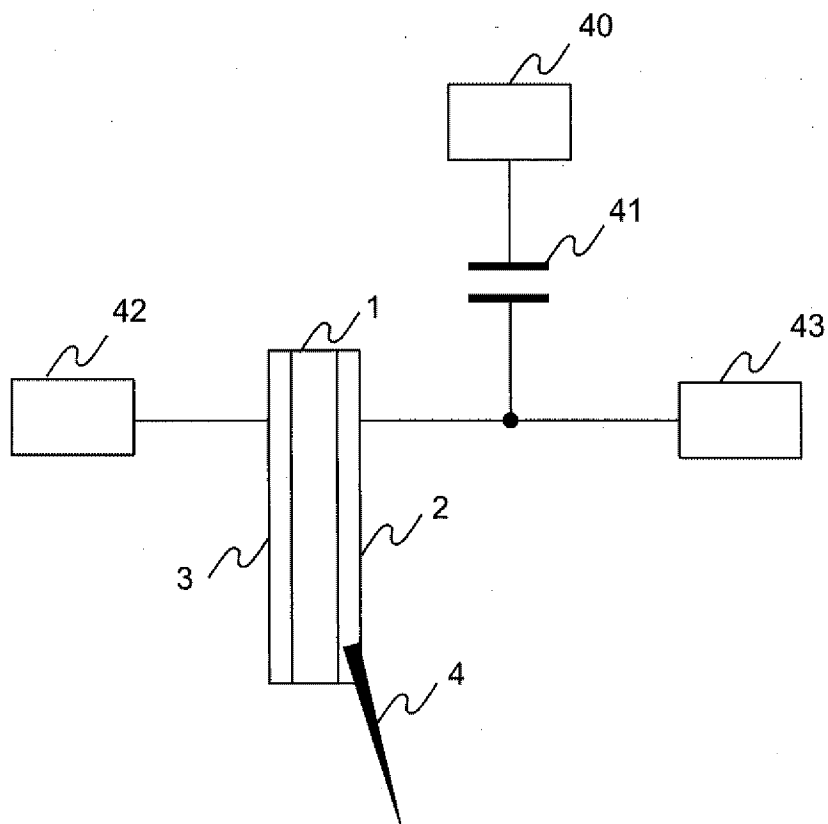


图3



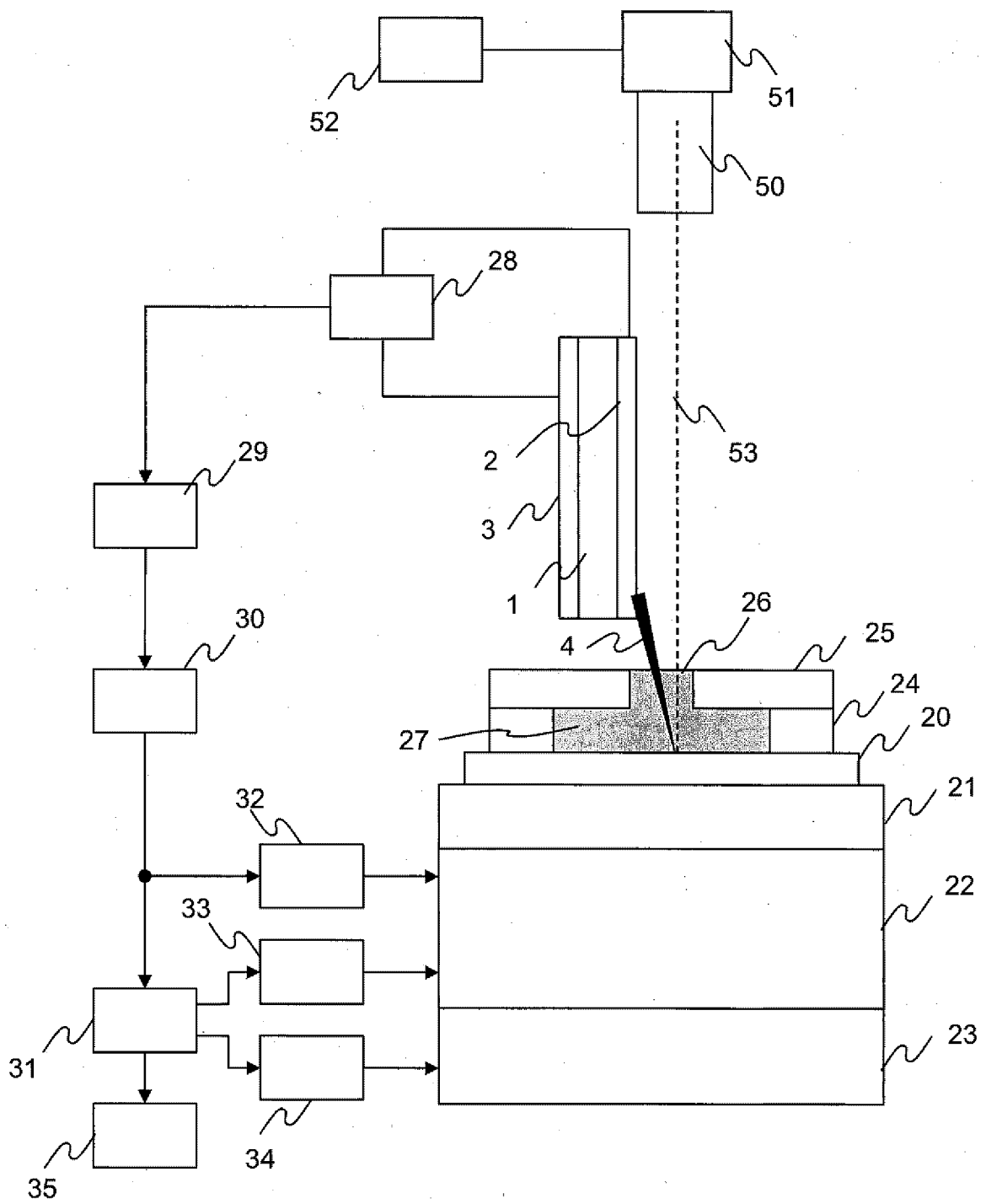
[図4]

図4



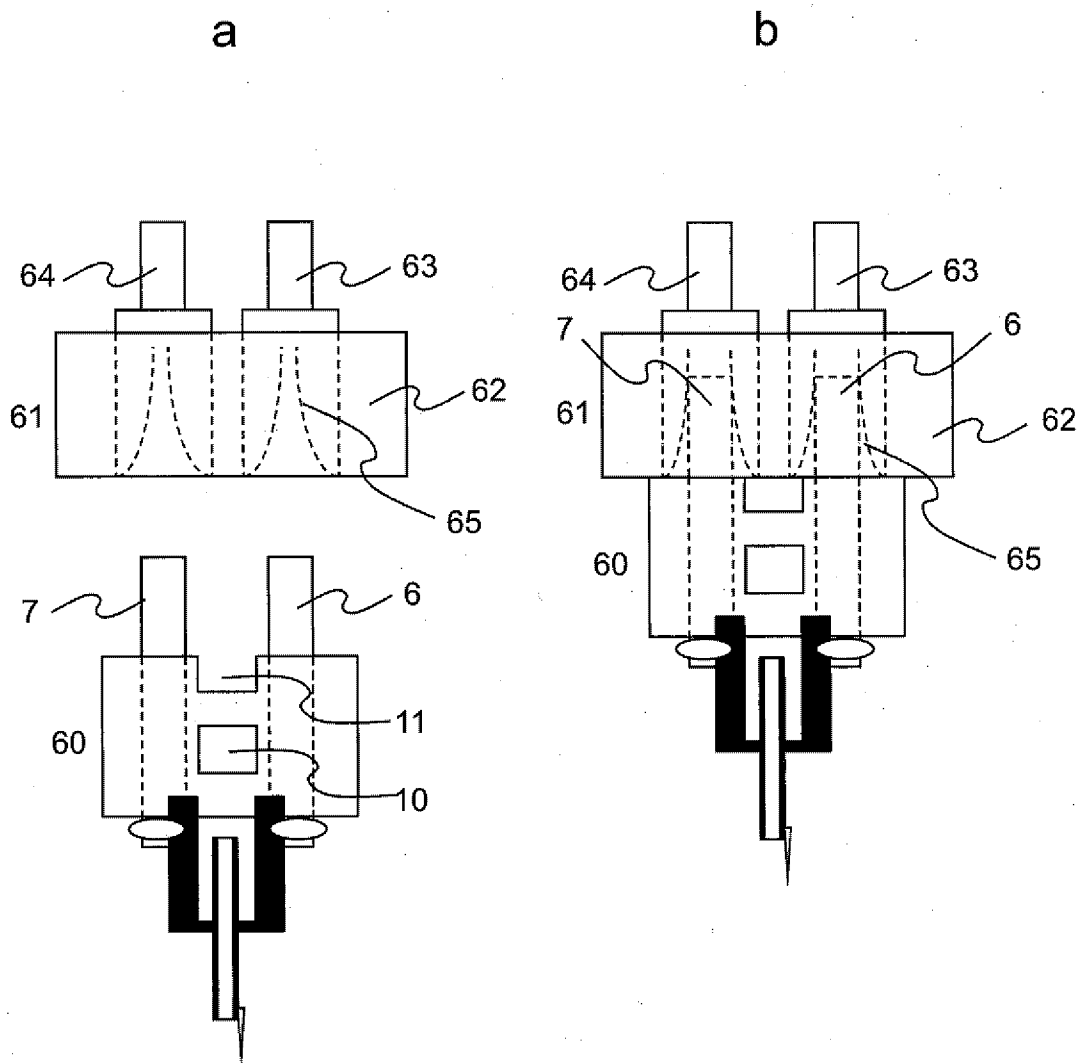
[図5]

図5



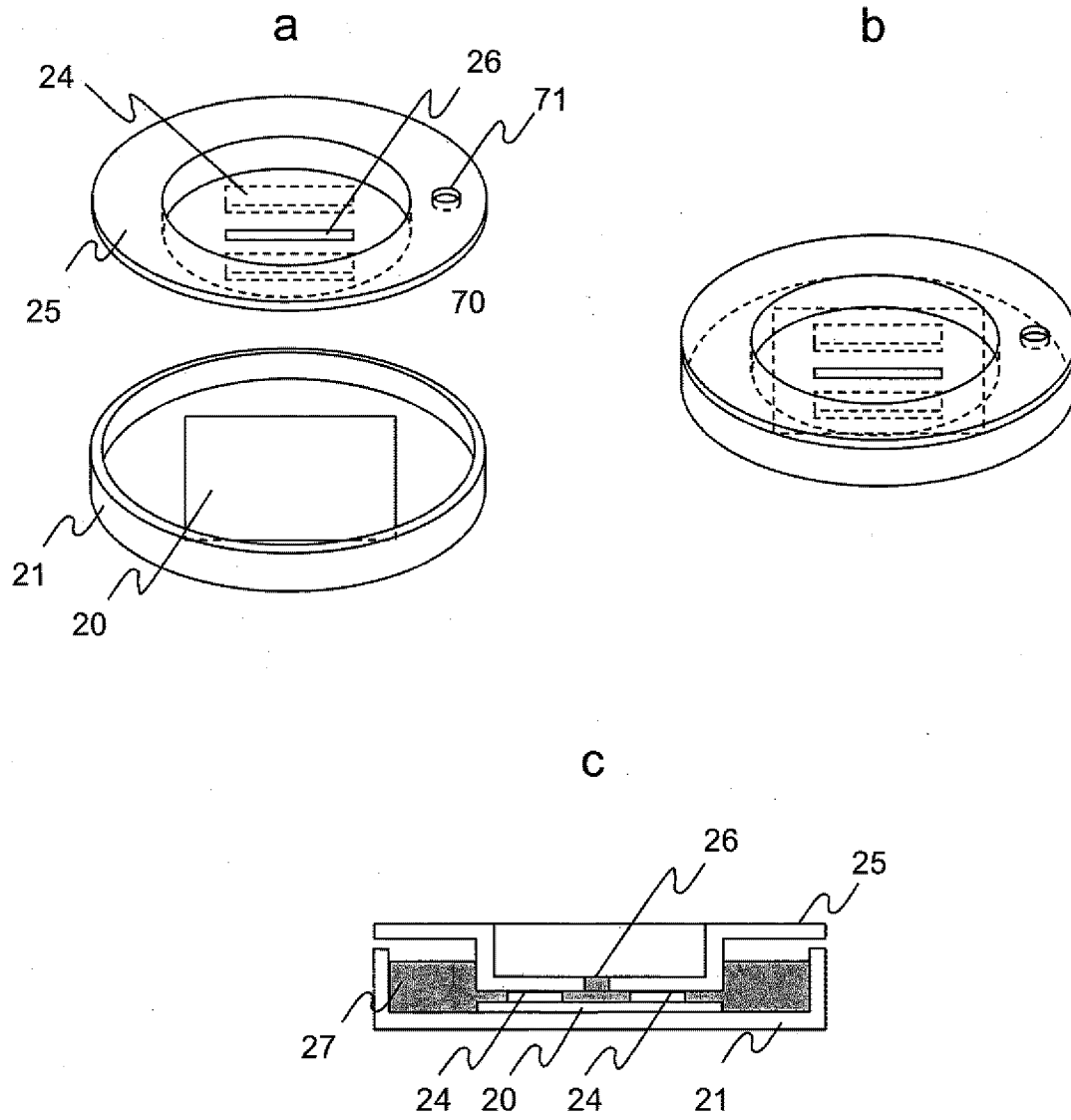
[図6]

図6



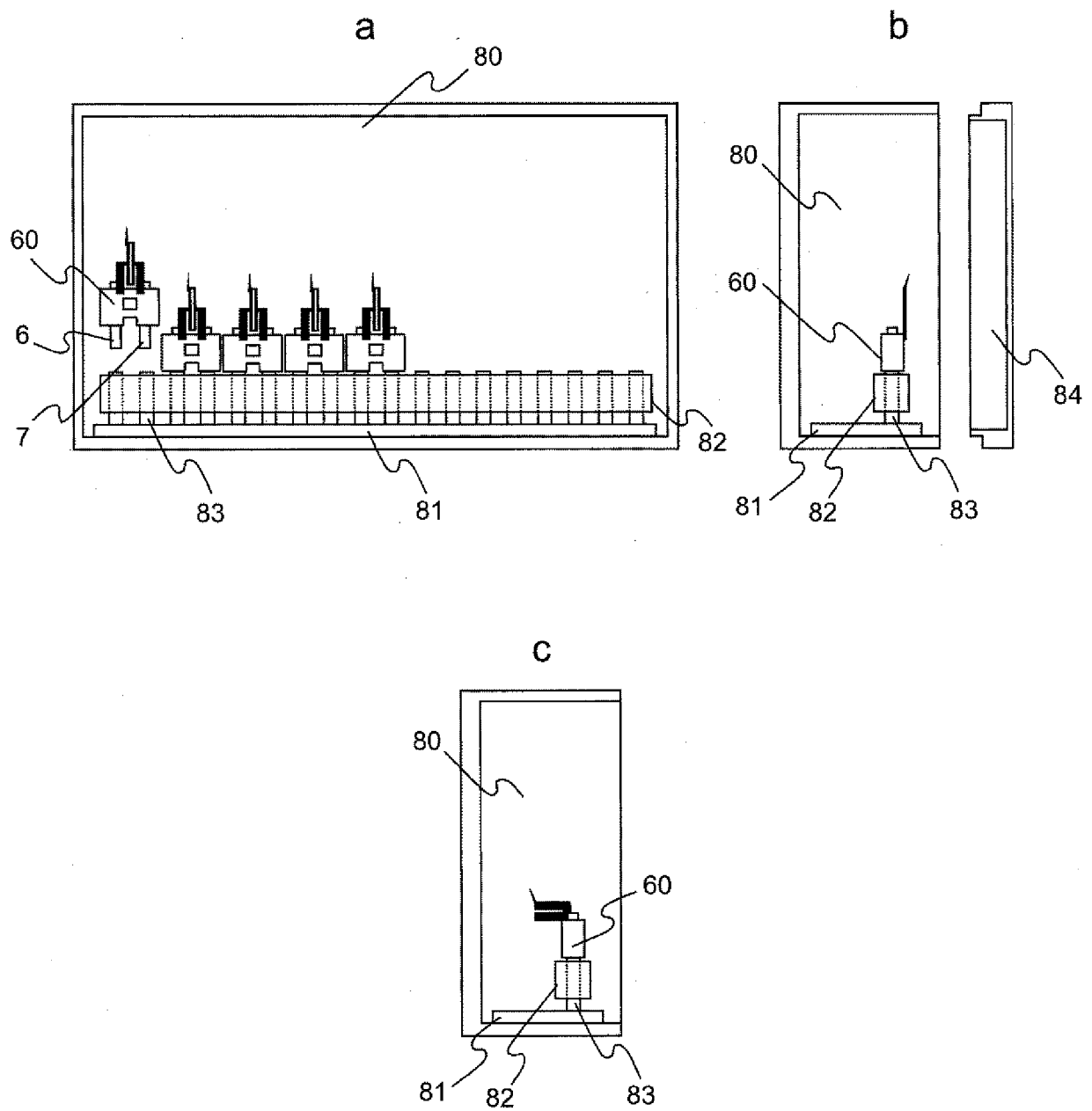
[図7]

図7



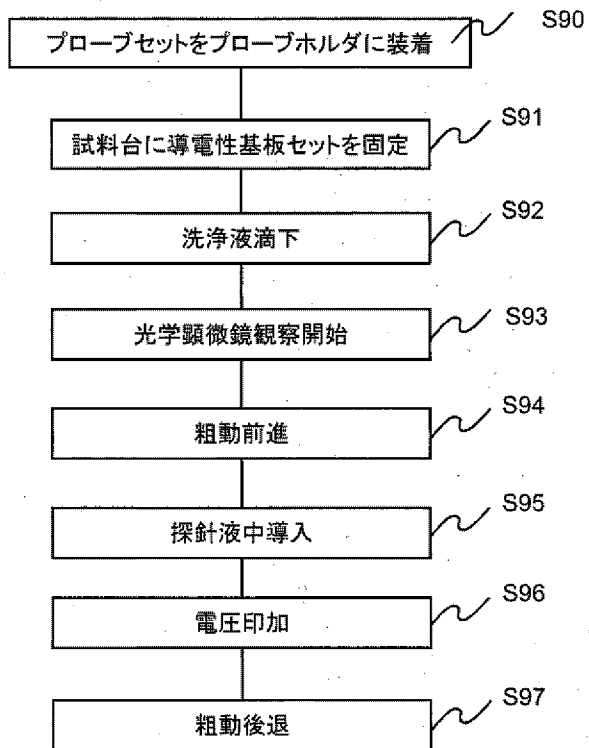
[図8]

図8



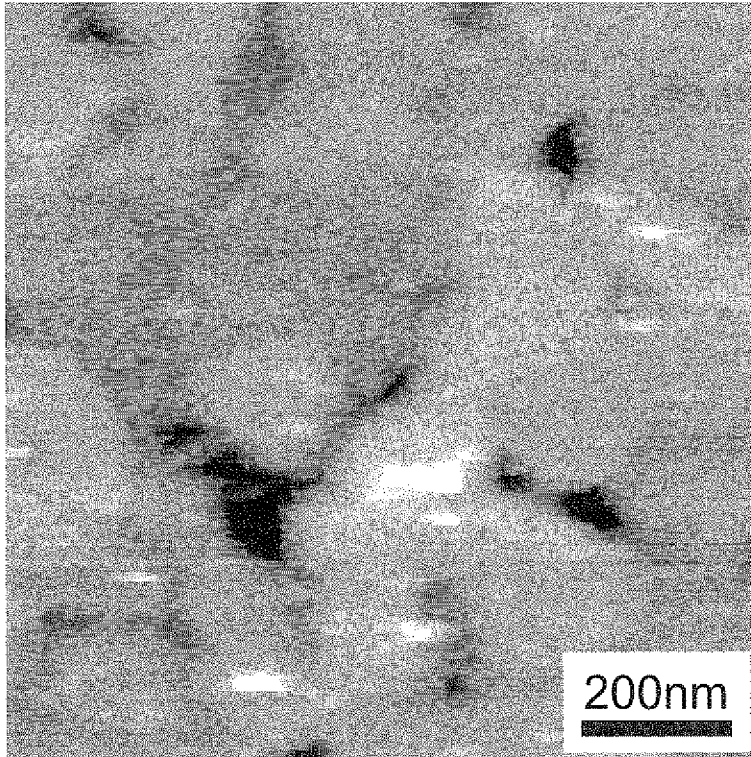
[図9]

図9



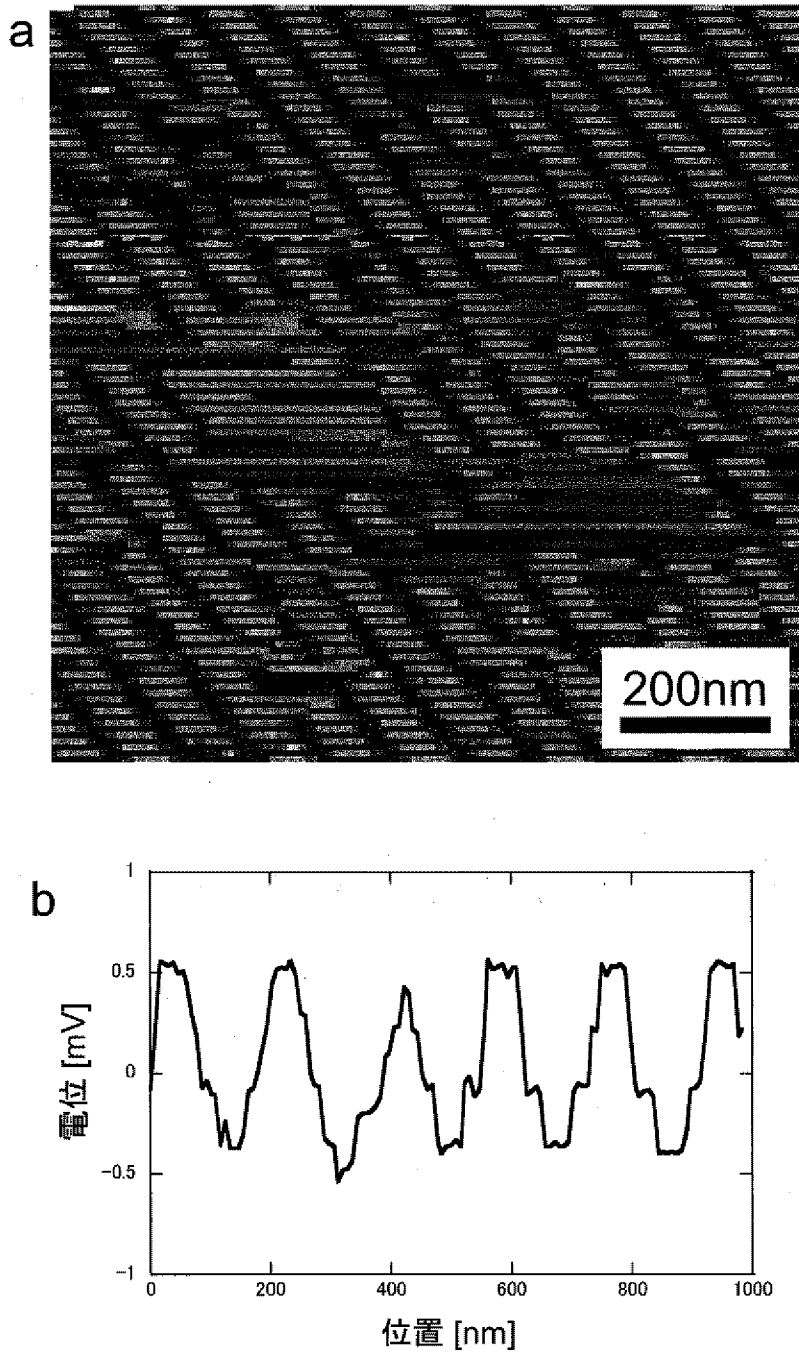
[図10]

図10



[図11]

図11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073572

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01Q60/38(2010.01)i, G01Q30/14(2010.01)i, G01Q40/00(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01Q10/00-90/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X/Y/A	JP 2010-217153 A (Horiba, Ltd.), 30 September 2010 (30.09.2010), paragraphs [0019] to [0036], [0041] (Family: none)	1, 2, 8, 10-13/ 3, 9/4-7
Y	JP 2006-71534 A (SII NanoTechnology Inc.), 16 March 2006 (16.03.2006), paragraph [0036] & US 2006/0060778 A1	3, 9
Y	WO 2010/123120 A1 (Namiki Precision Jewel Co., Ltd.), 28 October 2010 (28.10.2010), paragraph [0032] (Family: none)	3, 9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 November, 2012 (15.11.12)

Date of mailing of the international search report
27 November, 2012 (27.11.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073572

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-108605 A (Nikon Corp.), 20 April 2001 (20.04.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-13
A	JP 1-287606 A (Mitsubishi Electric Corp.), 20 November 1989 (20.11.1989), entire text; all drawings & US 4945235 A	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073572

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-13 are inventions of a force probe, a measuring means, and a measuring method, which have a feature in the probe direction.

The inventions of claims 14 and 15 relate to a method for cleaning a probe, and the invention of claim 16 relates to a probe holder.

Consequently, it is obvious that there is no same or corresponding special technical feature between the inventions of claims 1-13 and the inventions of claims 14-16, and accordingly, these inventions do not comply with the requirement of unity of invention.

(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-13

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/073572

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Furthermore, a common configuration of the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-13 is a feature wherein "at least a part of the probe is formed nonparallel to the vibration direction of the vibrator, and the projection position of a leading end of the probe is outside of a projected figure of the vibrator in a projected figure in the direction perpendicular to the vibrating direction". The configuration is not a special technical feature of the inventions due to the invention that has been disclosed in document 1 cited in the international search report.

Therefore, there is no same or corresponding special technical feature between the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-13 of the present application, and accordingly, these inventions do not comply with the requirement of unity of invention.

In this connection, the inventions of claims 2-13 were covered by this international search report since the search on said inventions have been substantially completed as a result of carrying out the search on the invention of claim 1.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01Q60/38(2010.01)i, G01Q30/14(2010.01)i, G01Q40/00(2010.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01Q10/00-90/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X/Y/A	JP 2010-217153 A (株式会社堀場製作所) 2010.09.30, 【0019】 - 【0036】、【0041】 (ファミリーなし)	1, 2, 8, 10-13/ 3, 9/4-7
Y	JP 2006-71534 A (エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社) 2006.03.16, 【0036】 & US 2006/0060778 A1	3, 9
Y	WO 2010/123120 A1 (並木精密宝石株式会社) 2010.10.28, [0032] (フ ァミリーなし)	3, 9

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 5 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 7 . 1 1 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

谷 垣 圭二

2 J

4 6 3 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2001-108605 A (株式会社ニコン) 2001. 04. 20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 1-287606 A (三菱電機株式会社) 1989. 11. 20, 全文、全図 & US 4945235 A	1-13

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項１－１３に係る発明は、探針の向きに特徴のあるカプロープ／計測手段／計測方法についての発明である。一方、請求項１４、１５に係る発明は、探針の洗浄方法に関するものであり、また、請求項１６に係る発明はプロープホルダに関するものである。

してみると、請求項１－１３に係る発明と請求項１４－１６に係る発明との間には、同一のまたは対応する発明の特別な技術的特徴が存在しないことは明らかであって、発明の単一性の要件を満たしていない。

さらに、請求項１に係る発明と請求項２－１３に係る発明との間で共通する「前記探針の少なくとも一部が、前記振動子の振動方向とは非平行に形成され、前記振動方向と垂直な方向への投影図において、前記探針の先端の投影位置が、前記振動子の投影図形の外部である」との構成は、国際調査報告で引用された文献１に記載の発明に照らして、発明の特別な技術的特徴とは認められない。

したがって、本願請求項１に係る発明と請求項２－１３に係る発明の間には、同一または対応する発明の特別な技術的特徴が存在せず、発明の単一性の要件を満たしていない。ただし、請求項２－１３に係る発明については、請求項１に係る発明を調査した結果実質的に調査が終了したので、国際調査報告の対象に含めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項１－１３

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。