

(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
2012年3月15日(15.03.2012)

PCT

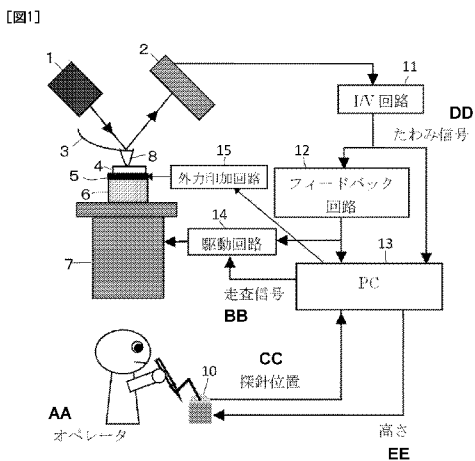
(10) 国際公開番号
WO 2012/033131 A1

- (51) 国際特許分類:
G01Q 10/06 (2010.01) G01Q 70/08 (2010.01)
G01Q 60/24 (2010.01) G01Q 80/00 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/070385
- (22) 国際出願日: 2011年9月7日(07.09.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-202497 2010年9月9日(09.09.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人静岡大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION SHIZUOKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒4228529 静岡県静岡市駿河区大谷836 Shizuoka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岩田 太 (Iwata Futoshi) [JP/JP]; 〒4328561 静岡県浜松市中区城北3丁目5-1 国立大学法人静岡大学工学部内 Shizuoka (JP).
- (74) 代理人: 居藤 洋之 (Ito Hiroyuki); 〒4313126 静岡県浜松市東区有玉台2丁目34番31号 Shizuoka (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, 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, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SURFACE TREATMENT DEVICE USING SCANNING PROBE MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置



(57) Abstract: The present invention is capable of observing the way of surface treatment in real time with a high-speed scanning probe microscope (SPM) (atomic force microscope(AFM)), and performing fine surface treatment with a probe even using a cantilever having a small spring constant. A treatment device for treating the surface of a sample (4) using the scanning probe microscope (SPM, AFM) comprises: stages (6, 7) on which the sample is mounted; a cantilever (3) which is provided to face the surface of the sample (4); displacement measuring means (1, 2) for measuring the displacement of the cantilever; a surface texture image acquiring means for acquiring a surface texture image of the sample as a result of the measurement of the displacement of the cantilever by the displacement measuring means while varying the relative position between the cantilever and the sample; and a surface treatment means (5) for treating the surface of the sample with the probe by applying external force from a system different from a cantilever system between the surface of the sample and the probe (8) which is provided to the tip of the cantilever. The acquisition of the surface texture image by the surface texture image acquiring means and the surface treatment by the surface treatment means are alternately repeated.

(57) 要約:

[続葉有]

- AA OPERATOR
- 15 EXTERNAL FORCE APPLYING CIRCUIT
- 14 DRIVE CIRCUIT
- BB SCANNING SIGNAL
- CC PROBE POSITION
- 11 IV CIRCUIT
- DD DEFLECTION SIGNAL
- 12 FEEDBACK CIRCUIT
- EE HEIGHT

WO 2012/033131 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

表面加工の様子を高速SPM (AFM) によりリアルタイムで観察可能であるとともに、ばね定数の小さなカンチレバーを用いても探針により微細表面加工を行える。走査型プローブ顕微鏡 (SPM、AFM) を用いて試料4の表面を加工する加工装置であって、試料を載置するステージ6、7と、試料4の表面に対向して設けられるカンチレバー3と、カンチレバーの変位を測定する変位測定手段1、2と、カンチレバーと試料との相対位置を変化させながら変位測定手段によりカンチレバーの変位を測定することにより試料の表面性状画像を取得する表面性状画像取得手段と、試料の表面とカンチレバーの先端に設けられた探針8との間にカンチレバー系とは異なる系から外力を印加することにより探針により試料の表面を加工する表面加工手段5とを有し、表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得と表面加工手段による表面加工とを交互に繰り返す。

明 細 書

発明の名称：走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置

技術分野

[0001] 本発明は、走査型プローブ顕微鏡（SPM）を用いた表面加工装置に関する。走査型プローブ顕微鏡（SPM）としては原子間力顕微鏡（AFM）が好適であるが、試料を表面加工できる探針を有する走査型顕微鏡であれば何でも良く、走査型トンネル顕微鏡（STM）等でも良い。

背景技術

[0002] SPM（走査型プローブ顕微鏡）は試料の微細な表面性状を画像化する顕微鏡であり、その中でも特にAFM（原子間力顕微鏡）は真空のみならず大気中や液体の環境でのナノスケールイメージングや微細加工を可能にする重要なナノ科学やナノテクノロジーを支える顕微鏡である。しかし、一般的なSPM（AFM）測定は、試料の表面上を探針により走査しながら1点1点の表面性状（表面形状）を測定していくため、1枚の表面性状画像（表面形状画像）を取得するのに数分以上を必要とする。よってSPM（AFM）測定は実質的に静止した試料の様子しか見ることができない。また、SPM（AFM）の探針を用いた試料表面の加工においては、加工中の様子をリアルタイムで観察することができないことが問題となる。このようなことから、SPM（AFM）を用いたリアルタイム観察が望まれている。

[0003] 本発明者らは、SPM（AFM）と力覚操作を組み合わせた微細表面加工装置を開発した（非特許文献1参照）。また、SPM（AFM）の探針を用いた試料表面の加工の様子をリアルタイムで観察するために、光学顕微鏡や電子顕微鏡で観察しながら表面加工を行う装置も開発した。光学顕微鏡や電子顕微鏡で探針位置や試料表面を観察しながら加工対象箇所探針を移動させ、カンチレバーまたは試料表面をZ軸方向（試料表面に垂直な方向）に変位させることにより、カンチレバーの反発力を先端部にある探針に伝えて試料表面を押圧して加工する。しかしながら、光学顕微鏡による観察は、回折

限界のため観測できる大きさに限界がある。また、電子顕微鏡による観察は、装置が大掛かりになってしまう上に、真空中で操作しなくてはならないため生体試料の測定ができないなどの種々の制約がある。

[0004] 近年、SPM (AFM) の走査速度を高速化する研究が進められている。例えば、小さな形状による高い共振周波数を有するカンチレバーを用いて高速フィードバックを行う手法（特許文献1～3、非特許文献2）が報告されている。これらの高速SPM (AFM) 技術を用いれば、数10ミリ秒程度の時間で1枚の表面性状画像（表面形状画像）を取得することが可能である。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特許4496350
特許文献2：特許4474556
特許文献3：国際公開2007/072706

非特許文献

- [0006] 非特許文献1：Iwata F, Ohara K, Ishizu Y, Sasaki A, Aoyama H and Ushiki T 2008 Japan. J. Appl. Phys. 47 6181
非特許文献2：Ando T, Uchihashi T, Kodera N, Miyagi A, Nakakita R, Yamashita H and Sakashita M 2006 Japan. J. Appl. Phys. 45 1897

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] SPM (AFM) の探針を用いた表面加工装置において、表面加工の様子をリアルタイムで観察するために上述の高速SPM (AFM) 技術を用いて、表面加工と表面走査とを交互に行うことが考えられる。しかしながら、高速SPM (AFM) では、探針を表面の凹凸に高速に追従させるため、ばね定数が小さいカンチレバーを用いる必要がある。一方で、表面加工においては、試料表面に十分な押圧力を印加するために、ばね定数が大きなカンチレ

バーを用いる必要がある。したがって、これらの技術の両立は困難である。

[0008] 本発明は上記問題点を解決し、表面加工の様子を高速SPM（AFM）によりリアルタイムで観察可能であるとともに、ばね定数の小さなカンチレバーを用いても探針により微細表面加工が可能な走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するため、本発明は以下の構成を有する。
走査型プローブ顕微鏡を用いて試料の表面を加工する加工装置であって、
前記試料を載置するステージと、
前記試料の表面に対向して設けられるカンチレバーと、
前記カンチレバーの変位を測定する変位測定手段と、
前記カンチレバーと前記試料との相対位置を変化させながら、前記変位測定手段によりカンチレバーの変位を測定することにより、前記試料の表面性状画像を取得する表面性状画像取得手段と、
前記試料の表面と前記カンチレバーの先端に設けられた探針との間に、前記カンチレバーの系とは異なる系から外力を印加することにより、前記探針により前記試料の表面を加工する表面加工手段と、を有し、
前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得と前記表面加工手段による表面加工とを交互に繰り返す、
ことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[0010] また、本発明は以下の構成を有する。
走査型プローブ顕微鏡を用いて試料の表面を加工する加工装置であって、
前記試料を載置するステージと、
前記試料の表面に対向して設けられるカンチレバーと、
前記カンチレバーの変位を測定する変位測定手段と、
前記カンチレバーと前記試料との相対位置を変化させながら、前記変位測定手段によりカンチレバーの変位を測定することにより、前記試料の表面性状画像を取得する表面性状画像取得手段と、

前記試料の表面と前記カンチレバーの先端に設けられた探針との間に力を印加することにより、前記探針により前記試料の表面を加工する表面加工手段と、

前記カンチレバーのばね定数を動的に変化させるばね定数変化手段と、を有し、

前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得と前記表面加工手段による表面加工とを交互に繰り返し、

前記ばね定数変化手段は、前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得時には前記カンチレバーのばね定数を小さくし、前記表面加工手段による表面加工時には前記カンチレバーのばね定数を大きくする、ことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[0011] また、本発明は以下の好ましい実施態様を有する。

前記カンチレバーに押圧力を加える押圧力付与手段を有し、

前記表面加工手段は、前記押圧力付与手段による前記押圧力により前記試料の表面を加工しても良い。

前記押圧力付与手段は、

前記カンチレバーに設けられた磁石と、

前記磁石が存在する領域に磁界を発生させる磁界発生手段とを備えても良い。

前記試料の表面と前記探針との間に電界または磁界を発生させる手段を有し、

前記表面加工手段は、前記探針に生じる静電力または磁力により前記試料の表面を加工しても良い。

前記表面加工手段は、前記試料に振動を加えることにより前記外力を印加しても良い。

前記ばね定数変化手段は、前記カンチレバーの梁部に設けられた弾性力可変部材を含んでいても良い。

前記弾性力可変部材は、形状記憶合金または磁歪素子であっても良い。

前記ばね定数変化手段は、前記カンチレバー近傍に設けられた剛性部材を含んでおり、前記剛性部材を前記カンチレバーに機械的に結合させることにより前記カンチレバーのばね定数を大きくするようによっても良い。

前記ばね定数変化手段は、前記剛性部材が、前記カンチレバーに対して前記試料の表面形状の取得時における前記カンチレバーの変位範囲を越えた位置に配置されており、前記表面加工手段は、前記カンチレバーの前記探針を前記試料の表面に押し付けた状態で加工を行うようによっても良い。

前記ばね定数変化手段は、前記カンチレバーを多次モードにより振動させることにより、ばね定数を変化させるようによっても良い。

前記走査型プローブ顕微鏡は原子間力顕微鏡であっても良い。

前記カンチレバーと前記試料との相対位置を変化させるためのカンチレバー操作子を有し、前記カンチレバー操作子は、前記変位測定手段によって測定された前記カンチレバーの変位をオペレータに操作反力として提示する力覚フィードバックデバイスであっても良い。

前記表面性状画像取得手段は、高速AFMであっても良い。

[0012] 前記表面加工手段における“表面加工”とは、表面の形状を変形させること（ファブリケーション）のほか、表面にある物体を移動させること（マニピュレーション）を含む。また、“表面加工”に表面の性質を局所的に変化させること、すなわち局所的な様々な相互作用（化学反応、電気化学反応、光化学反応、溶解など）による表面の局所的な変化（形状以外の変化も）を含めても良い。

“前記カンチレバーの系とは異なる系から外力を印加する”とは、前記カンチレバーのばね力を用いなくて試料表面と探針との間に力を作用させることを意味している。

前記外力を試料に振動を加えることにより印加する場合、前記試料に、前記カンチレバーの共振周波数以上でカンチレバーが追従できない程度の振動や衝撃力を印加することで外力を生じさせる。

前記多次モードとは、前記カンチレバーを共振周波数より高い周波数で振

動させて、複数の節・腹を有する定在波を生じさせることをいい、前記カンチレバーを多次モードで振動させることにより見かけ上のばね定数を大きくすることができる。

発明の効果

[0013] 本発明は上記構成を採用したことにより、走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置において、高速SPM（AFM）によるリアルタイム観察のためにばね定数の小さなカンチレバーを用いても、探針による微細表面加工を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の一実施形態のシステム構成図。
[図2]本発明の一実施形態の外力印加の説明図。
[図3]本発明の一実施形態の試料走査の説明図。
[図4]本発明の一実施形態の信号処理の説明図。
[図5]本発明の一実施形態により取得したAFM画像。
[図6]本発明の一実施形態の動作説明図。
[図7]本発明の一実施形態の動作フローチャート。
[図8]本発明の別の実施形態のカンチレバーの説明図。
[図9]本発明の別の実施形態のカンチレバーの説明図。
[図10]本発明の別の実施形態のカンチレバーの説明図。
[図11]本発明の別の実施形態のカンチレバーの説明図。
[図12]本発明の別の実施形態のカンチレバーの説明図。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明の好適な実施形態について説明する。なお、以下に説明するものは本発明の実施形態の一例であり、本発明はこれに限定されるものではなく、当業者であれば特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇で各種の変更が可能である。

[0016] 本実施形態のシステム構成を図1に示す。カンチレバー3は先端部に探針8を有しており、試料4の表面に探針8が接するようにカンチレバー3が配

置される。カンチレバー 3 のばね定数は、例えば 0.15N/m である。レーザ 1 及び 4 分割光検出器 2 はカンチレバー 3 のたわみを検出するものであり、レーザ 1 からのレーザ光をカンチレバー 3 の先端部に照射し、その反射光の変化を 4 分割光検出器 2 で検出する光てこ法によりカンチレバー 3 のたわみ量を検出する。そして、カンチレバー 3 のたわみ量によって探針 8 の Z 軸方向（試料表面に垂直な方向）の変位を検出する。

[0017] 試料 4 は、シェア型スキャナ 6 及びチューブスキャナ 7 に載置されていて、これらのスキャナにより X Y Z 方向に移動可能になっている。図 3 に示すように、シェア型スキャナ 6 は高速走査軸である X 軸方向に移動し、チューブスキャナ 7 は低速走査軸である Y 軸方向に移動する。試料表面に垂直な方向である Z 軸方向については、チューブスキャナ 7 により移動される。これらのスキャナは駆動回路 1 4 により制御される。

[0018] 試料 4 の下部には、探針 8 に外力を印加するための電極 5 が設けられている。カンチレバー 3 及び探針 8 は導電性を有するように構成されており、カンチレバー 3 と電極 5 との間に図 2 のように電圧を印加すると、試料 4 の表面と探針 8 との間に電界が生じる。この電界により、探針 8 に試料表面方向への静電力が生じ、この静電力を試料 4 の表面の加工のための押圧力として用いる。このようにすることにより、カンチレバー 3 のばね力を用いることなく試料 4 の表面の加工が可能となる。カンチレバー 3 と電極 5 との間の電圧を制御することにより、探針 8 の試料表面への押圧力を制御可能である。この制御は、外力印加回路 1 5 により行われる。試料表面への押圧力の制御は、単純な ON/OFF 制御でも良いし、探針 8 の Z 軸変位測定と後述の力覚操作を用いたフィードバック系により制御しても良い。試料表面への押圧力の印加は、直流的に印加しても良いし、交流的に印加しても良いし、タッピングしても良い。

[0019] AFM による高速画像取得は、例えばコンタクトモードによる方法を用いる。これは試料 4 に対して探針 8 の先端で高速に走査した際のカンチレバー 3 の瞬時のたわみ、すなわち図 1 における I/V 回路 1 1 からのカンチレバ

ー3のたわみ信号から試料4の表面情報を得ることができ、AFM画像を高速に取得できる。また、走査中は従来のAFMフィードバックシステム（フィードバック回路12）によっておよそ1フレームの中で平均化した一定力を維持するように制御される。試料表面の高速走査は、シェア型スキャナ6によりX軸走査と、チューブスキャナ7によりY軸走査の組み合わせにより行われる。図6（a）に走査の軌跡の例を示す。高速走査が必要なX軸方向走査にはシェア型スキャナ6を用い、比較的低速な走査で良いY軸方向走査にはチューブスキャナ7を用いる。なお、AFMによる画像取得はコンタクトモードに限られず、タッピングモードを用いても良い。

[0020] 本システムはナノマニピュレータとして、人間の手に力を提示する力覚フィードバックデバイスであるハプティックデバイス10 (PHANTOM omni, SensAble Technologies)を、この高速AFMシステムに組み込んでいる。ハプティックデバイス10はPC13と接続されており、ペン型のハンドルを動かすことでAFM探針8を試料4の表面の任意の場所に移動させ、その間カンチレバー3が検出した表面凹凸形状を感じることができる。これにより、高速画像取得と任意の位置の力覚操作の両方を可能とするシステムを実現する。

[0021] 本システムでは高速AFM用システムとして、例えば、図4に示すメモリ搭載のA/D・D/A変換ボードを用いたデータ収集システムを用いる。A/D変換の動作は、D/A変換ボードからのクロック信号により走査信号と同期して同じタイミングで行われる。画素データは一旦A/D変換ボードのメモリに格納され、その後、データ処理され、A/D変換ボードのメモリに1フレーム分の画素データが溜まった後にまとめてPCに転送する。このシステムでは1フレームのデータごとにPCのCPUにデータを転送するという方式をとっているため、従来の1点の画素ずつの処理方法に比べてCPUのデータ処理回数が減り、大幅に時間を短縮することができる。

[0022] 実際に本システムにより取得した高速AFM画像の例を図5に示す。図はDVD表面の凹凸（ピット）を計測したものであり、（a）は高速AFMに

より0.5秒で取得した画像を、(b)は従来型のAFMにより300秒で取得した画像を示す。図からわかるように、高速AFMでも十分に表面の凹凸を計測可能である。

[0023] 続いて、図6及び図7により、高速AFMによる画像取得と力覚操作による表面加工とを組み合わせた本システムの動作について説明する。なお、説明を簡単化するために探針8やカンチレバー3が移動するように記載しているが、実際には試料4の方を移動させている。本システムでは1つのカンチレバー3で(a)高速AFMモード(高速で試料表面の2次元画像を取得)と(b)表面加工モード(加工対象20に探針8を移動させ表面加工)とを交互に繰り返すことにより、2次元表面画像取得と表面加工とを行う。例えば、高速AFMモードによる画像取得は0.1秒で終了するので、1フレーム/秒で画像取得・表示を行うようにすれば、高速AFMによる画像取得の終了と次の画像取得の開始までの間に0.9秒の空き時間ができる。この空き時間の中に探針8を加工対象20に移動させ表面加工を行う。高速AFM動作中は表面加工は行えないが、高速AFM走査の開始前に探針8の座標を記憶しておき、高速AFM走査終了時に記憶した座標に探針8を復元することにより、見かけ上連続して表面加工を行うことができる。図6(c)にタイミング図を示す。

[0024] 図7のフローチャートにより本システムの動作を説明する。

まず、探針8の表面加工座標及び加工押圧力を初期化する(ステップ31)。例えば、初期座標として表面加工座標が画面の中央位置に設定され、加工押圧力は0に設定される。

続いて、高速AFMにより表面形状画像(2次元)の取得・表示を行う(ステップ32)。試料4とカンチレバー3の相対位置を高速に移動させて、試料表面を2次元的に走査することにより表面形状画像(2次元)を取得する。取得に要する時間は種々の条件により変わるが、本実施形態では0.1秒で1画像分を取得する。

高速AFMによる画像取得終了後、カンチレバー3は高速AFMの走査終了

位置にあるので、これを高速AFM走査前の表面加工座標に移動させて加工押圧力を印加し（ステップ33）、高速AFM走査前のハプティックデバイスによる表面加工操作を引き続いて継続する（ステップ34）。

ハプティックデバイスによる表面加工操作を0.9秒程度継続した後、次の高速AFM走査の開始前に、現在の探針8の表面加工座標と加工押圧力を記憶する。なお、表面加工の押圧力は上述の静電力により発生され、外力印加回路15により制御される。

ステップ32～ステップ35を繰り返すことにより、見かけ上、1つカンチレバー3で、高速AFMで取得した画像上で探針8により表面加工を行っているように操作することができる。これにより、2次元AFM画像を見ながら、画像上の加工対象20の表面加工を行うことが可能となる。なお、表面形状画像を取得する時間と表面加工を行う時間とは、取得する画像の解像度や表面加工の内容によって適宜決定すれば良く、例えば、表面形状画像を取得する時間と表面加工を行う時間とをそれぞれ0.5秒ずつとすることもできる。

[0025] 本発明の別の実施形態について説明する。上述の実施形態では、表面加工の際、カンチレバーのばね定数の小ささを外力の印加により補ったが、本実施形態ではカンチレバーのばね定数そのものを動的に変化させることで高速画像取得と表面加工とを両立させる。

[0026] カンチレバーのばね定数を変化させる実施形態の一例について図8を用いて説明する。図8は、カンチレバー3の側面図である。本実施形態では、カンチレバー3の一部に凹部41が設けられていて、この部分が機械的に弱くなるように設計してある。この機械的に弱い部分に、熱により弾性力を変化させることができる形状記憶合金42を設ける。形状記憶合金42は形状記憶温度以下では高い弾性力を持つので、その状態ではばね定数は大きく、カンチレバー3全体のばね定数は大きくなる。一方、図示されていない加熱手段により形状記憶合金42を形状記憶温度以上に加熱すると弾性力が低下するため、カンチレバー3全体のばね定数が小さくなる。これを画像取得時と

表面加工時とで動的に切り換えて、画像取得時にはばね定数を小さく、表面加工時にはばね定数を大きくして用いる。形状記憶合金42の加熱については、直接通電、近傍に設けたヒーターによる加熱、レーザ加熱など、公知の方法を用いることができる。弾性力を変化させることができる部材としては、外部からの物理量により弾性力を変化させられるものであれば何でもよく、例えば磁歪素子などを用いても良い。すなわち、これらの形状記憶合金や磁歪素子が、本発明に係る弾性力可変部材に相当する。なお、図8の配置についてはあくまで一例であり、本実施形態の趣旨に沿った形で当業者が適宜設計可能であることは言うまでもない。

[0027] カンチレバー3のばね定数を変化させる実施形態の別の例について図9を用いて説明する。図9は、カンチレバー3の上面図である。本実施形態では、ばね定数の小さいカンチレバーのばね定数を補うために、剛性部材51をカンチレバー3の梁部に機械的に結合させる。図9(a)は剛性部材51がカンチレバー3から離れた状態であり、カンチレバー3のばね定数は小さくなる。一方、図9(b)は剛性部材51がカンチレバー3に機械的結合している状態であり、カンチレバー3のばね定数は大きくなる。剛性部材51とカンチレバー3との機械結合に関しては、双方に凹凸を設けて嵌合するように構成しても良いし、それぞれを単に接触させて摩擦力により結合するようにしても良い。剛性部材51とカンチレバー3を機械的結合するためにそれぞれを移動する手段については図示されていないが、一般的な公知の移動手段を用いることができる。また、剛性部材の配置や形状については、本実施形態の趣旨に沿った形で当業者が適宜設計可能であることは言うまでもない。

この他、カンチレバー3の見かけ上のばね定数を変化させるために、カンチレバー3を梁部に多次モードの定在波が発生する周波数で振動させても良い。カンチレバー3の梁部に多次モード(2次、3次、4次・・・)の定在波が発生することにより、見かけ上のばね定数を大きくすることができる。

この他、カンチレバー3の梁部にバイメタルを設けて、表面加工時にはバ

イメタルを加熱してカンチレバー 3 を試料 4 側に逆そらしさせることにより、ゼロ点のオフセットを持たせて試料に対する押圧力を強めても良い。

[0028] また、カンチレバー 3 のばね定数を変化させる実施形態の別の例について図 10 を用いて説明する。図 10 (a), (b) は、カンチレバー 3 の側面図である。本実施形態では、カンチレバー 3 の上面（試料 4 とは反対側の面）に剛性部材 61 が設けられている。剛性部材 61 は、カンチレバー 3 の上方において探針 8 側に向かってカンチレバー 3 の梁部と平行に延びるとともに探針 8 側の端部がカンチレバー 3 側に突出して規制部 62 が形成されている。この場合、剛性部材 61 の規制部 62 の下面とカンチレバー 3 の上面との間の隙間は、カンチレバー 3 が試料 4 の表面を二次元的に走査して表面形状画像を取得する際におけるカンチレバー 3 の Z 軸方向の変位量よりも大きく設定されている。すなわち、剛性部材 61 は、カンチレバー 3 に対して試料 4 の表面形状の取得時におけるカンチレバー 3 の変位範囲を越える位置に配置されている。

[0029] このため、試料 4 の表面形状画像を取得する場合には、図 10 (a) に示すように、カンチレバー 3 は剛性部材 61 の規制部 62 に接触することなく Z 軸方向に往復変位することができる。一方、試料 4 の表面に加工を行う場合においては、図 10 (b) に示すように、チューブスキャナ 7 を駆動することにより試料 4 をカンチレバー 3 側に移動させることにより、試料 4 がカンチレバー 3 の探針 8 を押圧してカンチレバー 3 の梁部を剛性部材 61 の規制部 62 に接触させる。これにより、カンチレバー 3 の撓み変形が規制されてばね定数を変化させることができる。この結果、カンチレバー 3 は、剛性部材 61 の規制部 62 側への変位が規制された状態で試料 4 の表面に加工を行うことになる。なお、本実施形態における剛性部材 61 は、必ずしもカンチレバー 3 に支持されている必要はなく、カンチレバー 3 の変位の範囲の外に配置されていれば、他の部材によってカンチレバー 3 とは独立した状態で支持されても良い。また、カンチレバー 3 を剛性部材 61 の規制部 62 に接触させる際においても、カンチレバー 3 を試料 4 側に変位させること

によってカンチレバー 3 を剛性部材 6 1 の規制部 6 2 に接触させるようにしても良い。また、剛性部材 6 1 によってカンチレバー 3 の上面が覆われることにより、レーザ 1 及び 4 分割光検出器 2 によるカンチレバー 3 のたわみ量が検出できない場合には、カンチレバー 3 に圧電素子を設けることによってたわみ量を検出することができる所謂自己検型のカンチレバー 3 を用いることができる。

[0030] また、カンチレバー 3 の探針 8 を試料 4 の表面に押圧する実施形態の別の例について図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 (a) ~ (c) は、カンチレバー 3 の側面図である。図 1 1 (a) に示した実施形態においては、カンチレバー 3 における探針 8 の図示上方にノックピン 7 1 およびこのノックピン 7 1 を図示上下方向に進退させるためのアクチュエータ 7 2 を設けて構成されている。この場合、アクチュエータ 7 2 は、圧電素子やマイクロリニアモータなどで構成できる他に、磁力や静電力によってノックピン 7 1 を図示上下方向に進退させることができるアクチュエータによって構成することもできる。このように構成した本実施形態によれば、カンチレバー 3 は、アクチュエータ 7 2 によって図示下方向に変位するノックピン 7 1 に押されて試料 4 の表面を押圧して加工する。すなわち、ノックピン 7 1 およびアクチュエータ 7 2 が、本発明に係る押圧力付与手段に相当する。

[0031] また、図 1 1 (b) に示した実施形態においては、カンチレバー 3 の上面に磁石 8 1 を設けるとともにカンチレバー 3 における探針 8 の図示上方に電磁石 8 2 を設けて構成されている。この場合、磁石 8 1 は、板状のネオジムやパーマロイのコーティングなどによって構成されており、探針 8 の背面側におけるカンチレバー 3 の図示上面に磁極の一方が位置した状態で設けられる。このように構成された本実施形態によれば、カンチレバー 3 は、磁石 8 1 に対向する側の電磁石 8 2 の磁極が正極と負極とに切り替わるごとに図示上下方向に変位する。すなわち、カンチレバー 3 は、磁石 8 1 と電磁石 8 2 とが反発しあう磁力によって試料 4 の表面を押圧して加工する。

[0032] また、図 1 1 (c) に示した実施形態においては、前記電磁石 8 2 に代え

て棒状の可動磁石 8 3 が設けられて構成されている。この場合、可動磁石 8 3 は、ネオジムや芯材の表面をパーマロイでコーティングなどして構成されており、中央部を回転中心として回転駆動制御されるように支持されている。このように構成された本実施形態によれば、カンチレバー 3 は、可動磁石 8 3 が回転駆動することにより磁石 8 1 に対向する側の可動磁石 8 3 の磁極が正極と負極とに入れ替わることによって図示上下方向に変位する。すなわち、カンチレバー 3 は、磁石 8 1 と可動磁石 8 3 とが反発しあう磁力によって試料 4 の表面を押圧して加工する。なお、可動磁石 8 3 は、回転駆動だけでなく、磁石 8 3 に対して近接および離隔する方向に直線的に可動するように支持されていても良い。すなわち、前記電磁石 8 2 および可動磁石 8 3 が、本発明に係る磁界発生手段に相当する。

[0033] また、これらの各実施形態において、カンチレバー 3 の上面が覆われることにより、レーザ 1 及び 4 分割光検出器 2 によるカンチレバー 3 のたわみ量が検出できない場合には、カンチレバー 3 に圧電素子を設けることによってたわみ量を検出することができる所謂自己検型のカンチレバー 3 を用いることができる。また、磁力に代えて静電力によってカンチレバー 3 を試料 4 の表面に押圧して加工することもできる。例えば、探針 8 の背面側におけるカンチレバー 3 の図示上面にエレクトレット（電石）を設けることができる。この場合、エレクトレットは、半永久的に保持した静電力により電場を形成し続けることができる物質である。したがって、カンチレバー 3 に設けたエレクトレットに対向する位置にエレクトレットに対応する電場を形成することによってカンチレバー 3 を変位させることができる。

[0034] 以上、本発明の実施形態のいくつかの例について説明したが、当業者であれば本発明の技術思想に沿って種々の設計変更が可能であることは言うまでも無い。

例えば、上述の実施形態では外力印加手段に静電力を用いたがこれに限られるものではなく、例えば、図 1 2 に示すように、探針 8 を磁性体で構成し外部から制御可能な磁界を例えば電磁石 8 2 で印加して磁力により試料 4 の

表面に押圧してもよいし、カンチレバー 3 に適当な強度のレーザ光を印加して光圧によって押圧してもよい。このほか、試料に超音波振動を与えたり Z 方向の衝撃力を与えることにより探針 8 との間に押圧力を発生させても良い。また、上述の実施形態では電極を試料 4 の背面側に設けたがこれに限らず、試料の表面側に導電性物質を蒸着してこれを電極としても良い。

上述の実施形態では、SPM（走査型プローブ顕微鏡）として AFM（原子間力顕微鏡）を用いる例を示したが、これに限らず、走査型トンネル顕微鏡（STM）や走査型近接場光顕微鏡（SNOM）などを用いても良い。これらの顕微鏡に必要な構成は公知なので、当業者であれば上述の実施形態をこれらの顕微鏡に応用可能であることは言うまでも無い。

上述の実施形態では、DVDの凹凸を観察する例を示したが、これはあくまで一例であり、SPM（走査型プローブ顕微鏡）で観察可能な試料であれば、加工対象は何でも構わない。特に、SPMとしてAFMを用いた場合は大気中で観察・加工ができるので、種々の試料に適用可能である。特に、細胞などの生体試料に好適に用いられうる。生体試料を高速AFMで観察する場合は、高速AFMの画像取得中に生体試料を傷つけないようにするために、特にばね定数の小さなカンチレバーを用いる必要があるが、上述の実施形態では加工のための押圧力をカンチレバー系以外から印加したりばね定数を可変にしているため、カンチレバー自体はばね定数の小さなものを用いることができる。もちろん、生体試料以外の試料も観察・加工可能であることは言うまでも無い。

符号の説明

- [0035] 1：レーザ、 2：4分割光検出器、 3：カンチレバー、 4：試料：
5：電極、 6：シェア型スキャナ、 7：チューブスキャナ、 8：探針、
10：ハプティックデバイス、 20：加工対象、 41：凹部、 42：
形状記憶合金、 51：剛性部材、 61：剛性部材、 62：規制部、 71：
ロックピン、 72：アクチュエータ、 81：磁石、 82：電磁石、 83：可

動磁石

請求の範囲

- [請求項1] 走査型プローブ顕微鏡を用いて試料の表面を加工する加工装置であって、
- 前記試料を載置するステージと、
 - 前記試料の表面に対向して設けられるカンチレバーと、
 - 前記カンチレバーの変位を測定する変位測定手段と、
 - 前記カンチレバーと前記試料との相対位置を変化させながら、前記変位測定手段によりカンチレバーの変位を測定することにより、前記試料の表面性状画像を取得する表面性状画像取得手段と、
 - 前記試料の表面と前記カンチレバーの先端に設けられた探針との間に、前記カンチレバーの系とは異なる系から外力を印加することにより、前記探針により前記試料の表面を加工する表面加工手段と、を有し、
 - 前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得と前記表面加工手段による表面加工とを交互に繰り返す、
- ことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。
- [請求項2] 前記カンチレバーに押圧力を加える押圧力付与手段を有し、
- 前記表面加工手段は、前記押圧力付与手段による前記押圧力により前記試料の表面を加工する、
- ことを特徴とする請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。
- [請求項3] 前記押圧力付与手段は、
- 前記カンチレバーに設けられた磁石と、
 - 前記磁石が存在する領域に磁界を発生させる磁界発生手段とを備える、
- ことを特徴とする請求項2記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。
- [請求項4] 前記試料の表面と前記探針との間に電界または磁界を発生させる手

段を有し、

前記表面加工手段は、前記探針に生じる静電力または磁力により前記試料の表面を加工する、

ことを特徴とする請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項5]

前記表面加工手段は、前記試料に振動を加えることにより前記外力を印加する、

ことを特徴とする請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項6]

走査型プローブ顕微鏡を用いて試料の表面を加工する加工装置であって、

前記試料を載置するステージと、

前記試料の表面に対向して設けられるカンチレバーと、

前記カンチレバーの変位を測定する変位測定手段と、

前記カンチレバーと前記試料との相対位置を変化させながら、前記変位測定手段によりカンチレバーの変位を測定することにより、前記試料の表面性状画像を取得する表面性状画像取得手段と、

前記試料の表面と前記カンチレバーの先端に設けられた探針との間に力を印加することにより、前記探針により前記試料の表面を加工する表面加工手段と、

前記カンチレバーのばね定数を動的に変化させるばね定数変化手段と、を有し、

前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得と前記表面加工手段による表面加工とを交互に繰り返し、

前記ばね定数変化手段は、前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得時には前記カンチレバーのばね定数を小さくし、前記表面加工手段による表面加工時には前記カンチレバーのばね定数を大きくする、

ことを特徴とする走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項7] 前記ばね定数変化手段は、前記カンチレバーの梁部に設けられた弾性力可変部材を含んでいる、

ことを特徴とする請求項6記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項8] 前記弾性力可変部材は、形状記憶合金または磁歪素子である、ことを特徴とする請求項7記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項9] 前記ばね定数変化手段は、前記カンチレバー近傍に設けられた剛性部材を含んでおり、前記剛性部材を前記カンチレバーに機械的に結合させることにより前記カンチレバーのばね定数を大きくする、ことを特徴とする請求項6記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項10] 前記ばね定数変化手段は、前記剛性部材が、前記カンチレバーに対して前記試料の表面形状の取得時における前記カンチレバーの変位範囲を越えた位置に配置されており、

前記表面加工手段は、前記カンチレバーの前記探針を前記試料の表面に押し付けた状態で加工を行う、

ことを特徴とする請求項9記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項11] 前記ばね定数変化手段は、前記カンチレバーを多次モードにより振動させることにより、ばね定数を変化させる、

ことを特徴とする請求項6記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項12] 前記走査型プローブ顕微鏡は原子間力顕微鏡である、ことを特徴とする請求項1～11いずれか記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

[請求項13] 前記カンチレバーと前記試料との相対位置を変化させるためのカンチレバー操作子を有し、

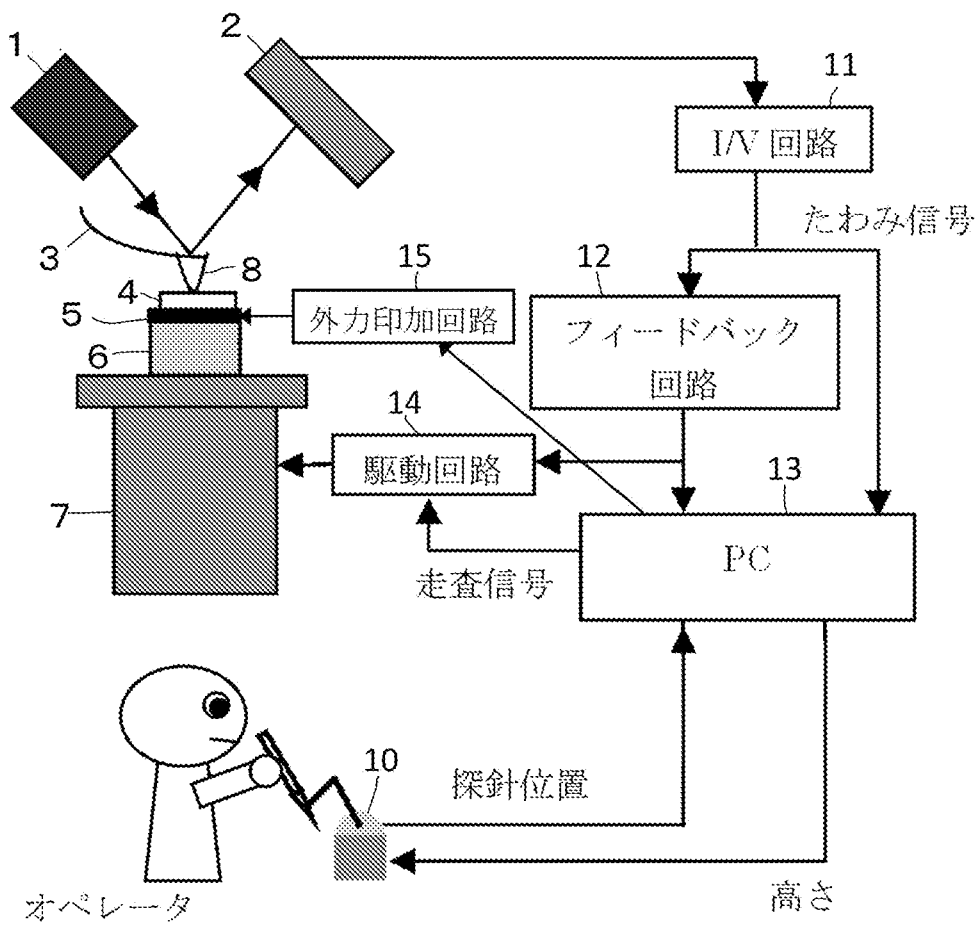
前記カンチレバー操作子は、前記変位測定手段によって測定された前記カンチレバーの変位をオペレータに操作反力として提示する力覚フィードバックデバイスである、

ことを特徴とする請求項1～12いずれか記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

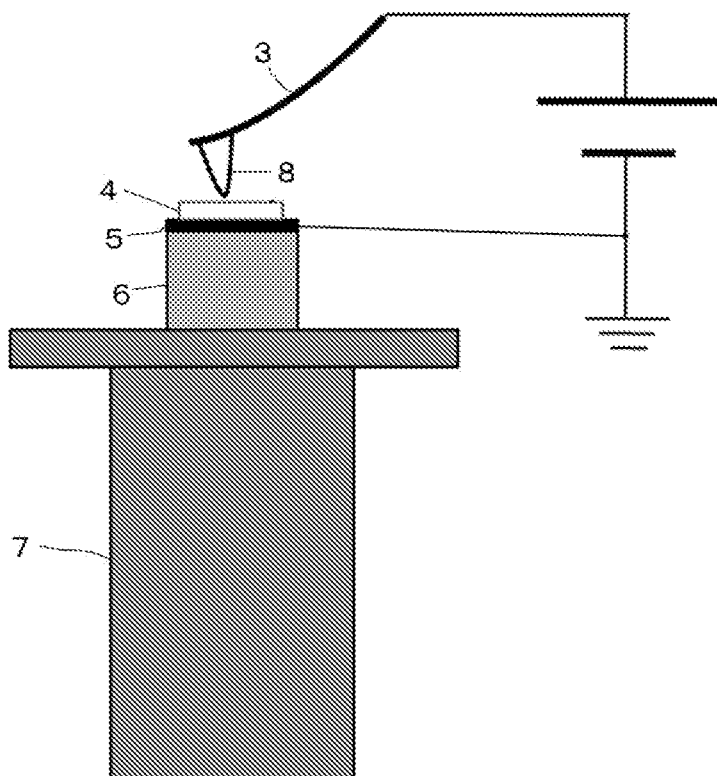
[請求項14] 前記表面性状画像取得手段は、高速AFMである、

ことを特徴とする請求項1～13いずれか記載の走査型プローブ顕微鏡を用いた表面加工装置。

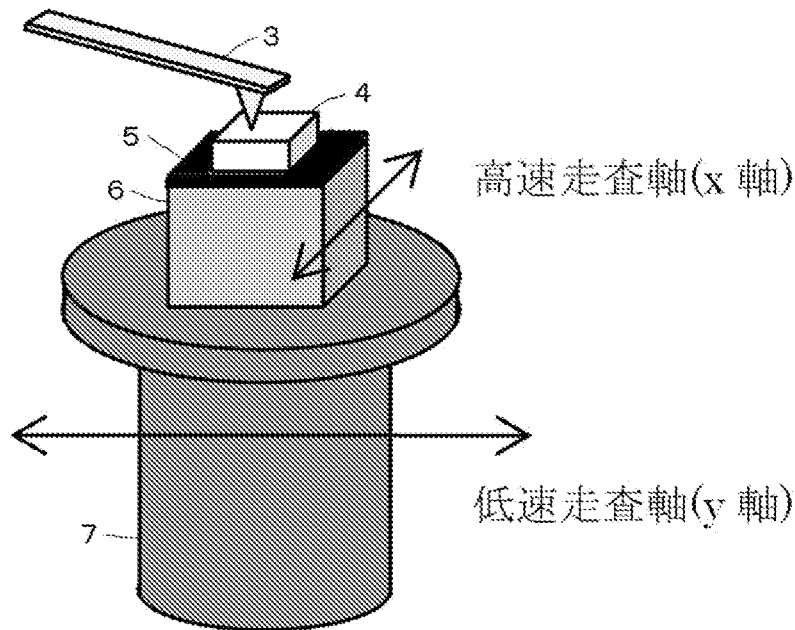
[図1]



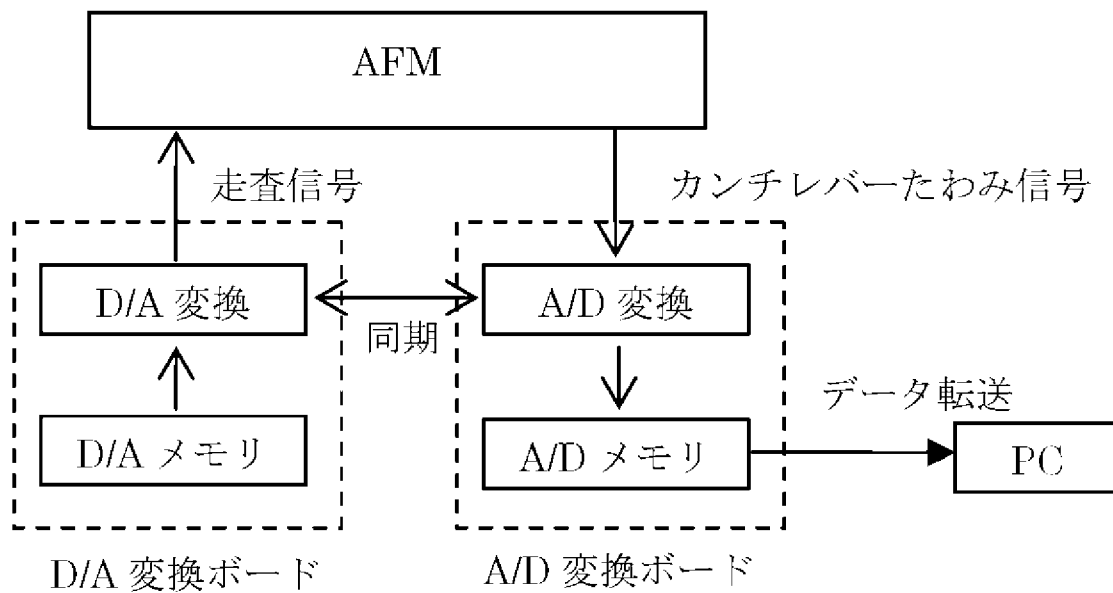
[図2]



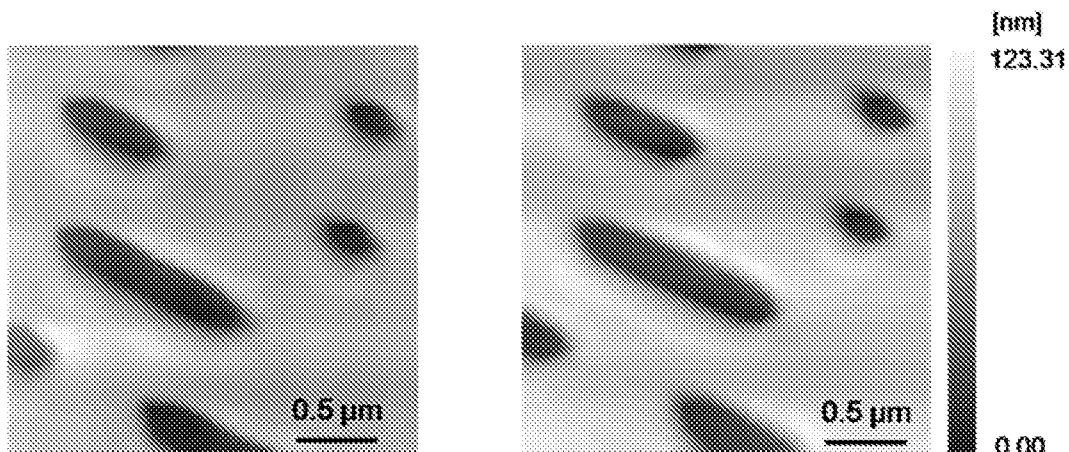
[図3]



[図4]



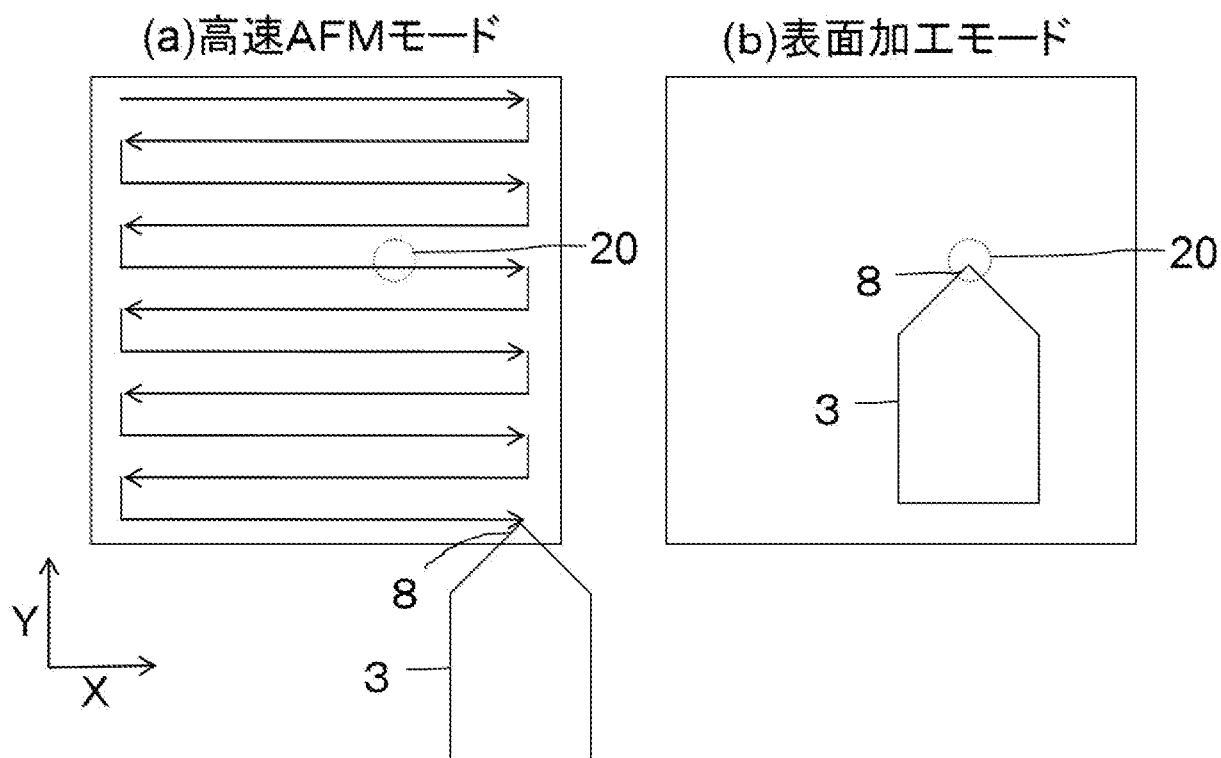
[図5]



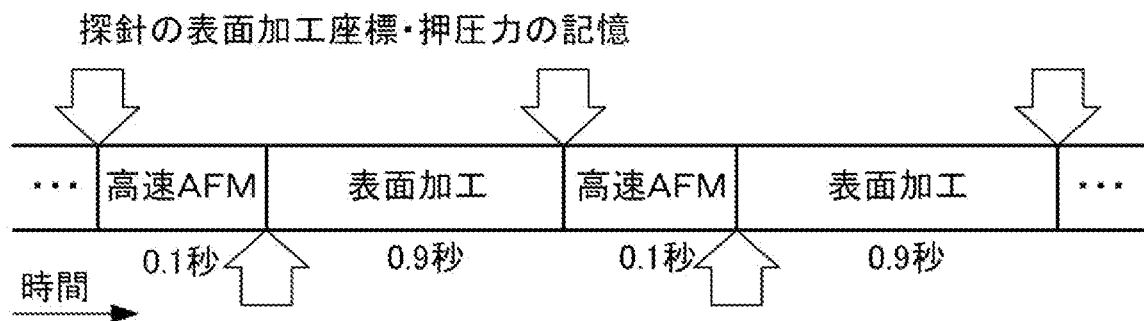
(a) 高速 AFM 画像(0.5 s)

(b) AFM による形状像(300 s)

[図6]

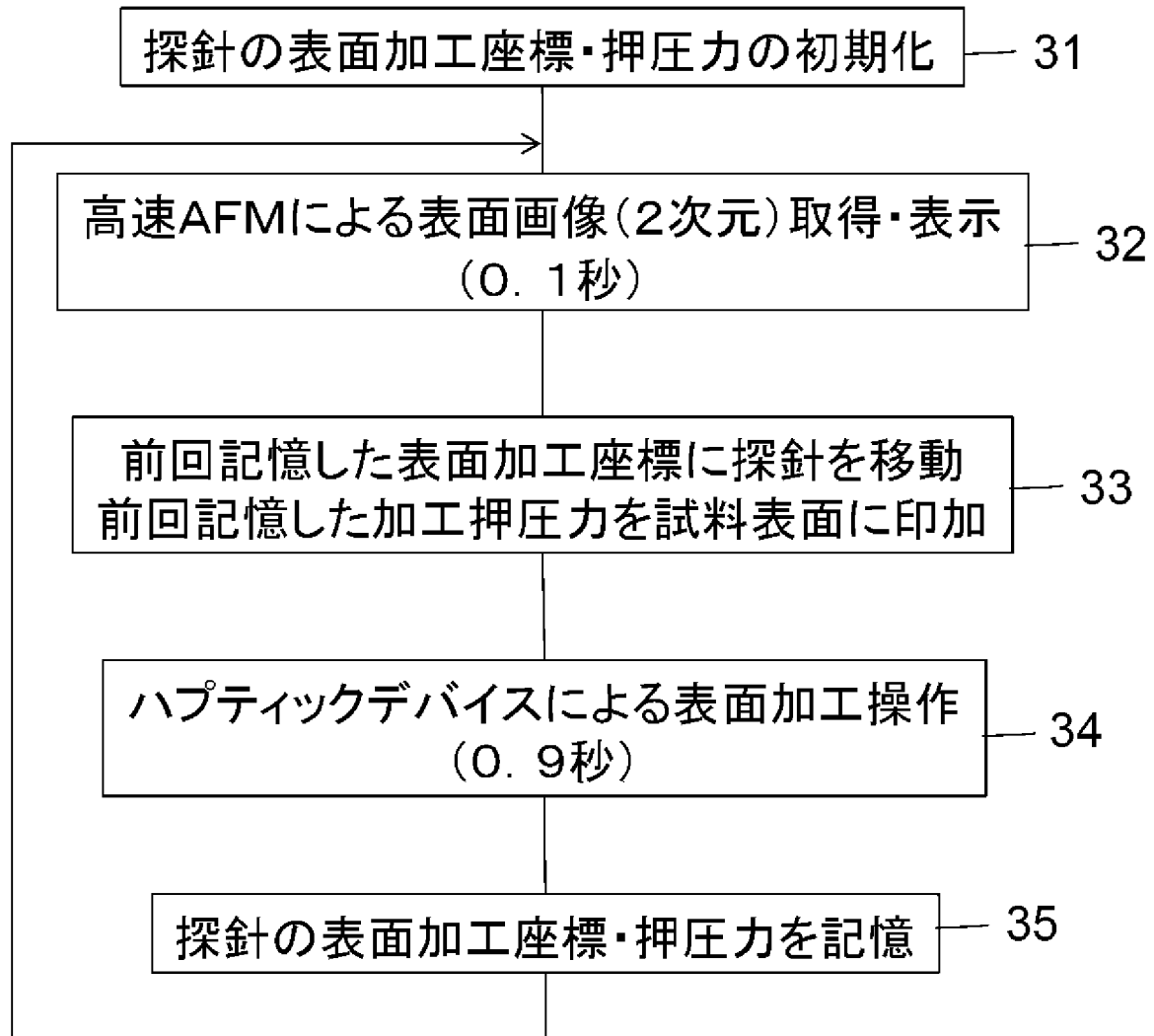


(c) タイミング図

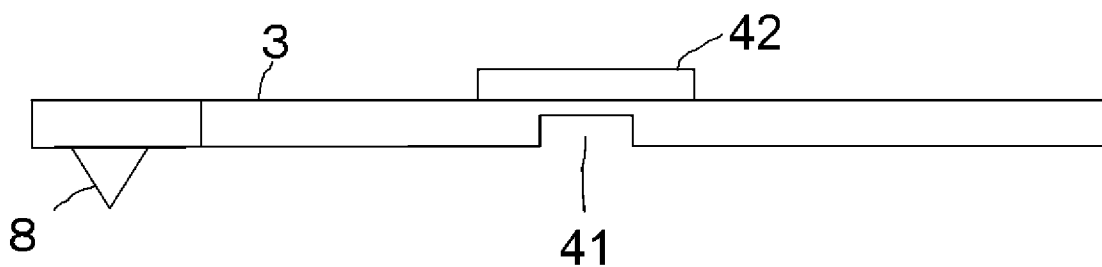


探針の表面加工座標・押圧力の復元

[図7]

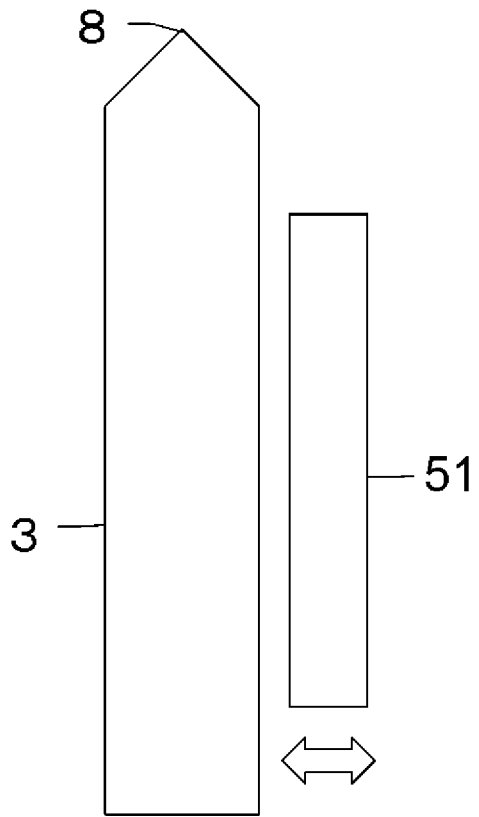


[図8]

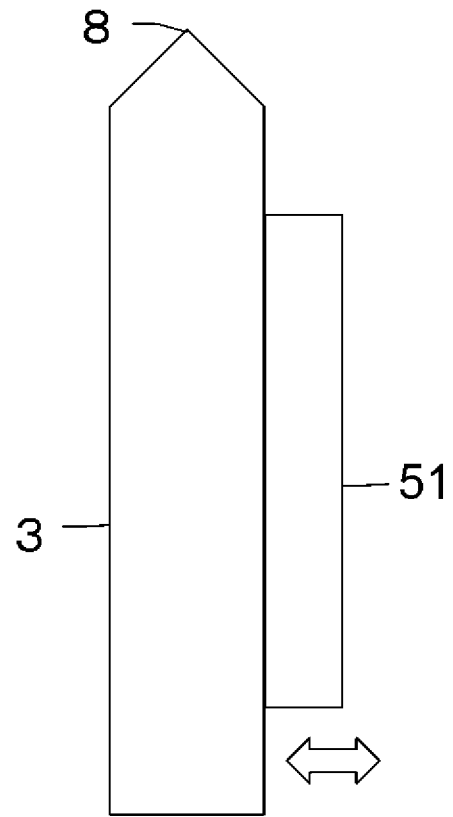


[図9]

(a)

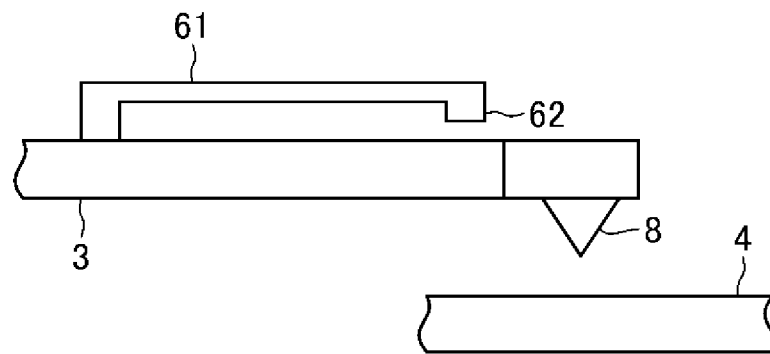


(b)

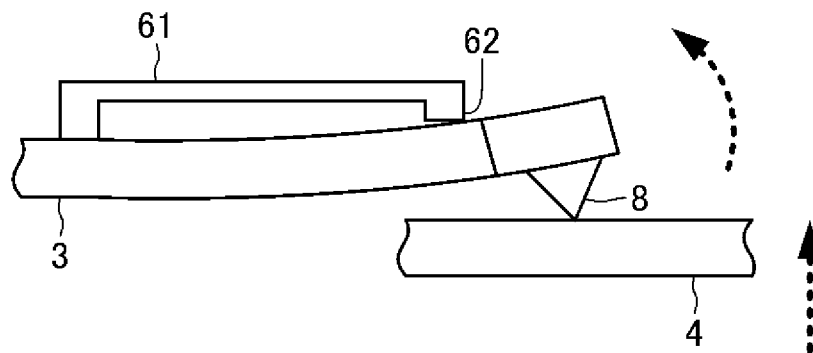


[図10]

(a)

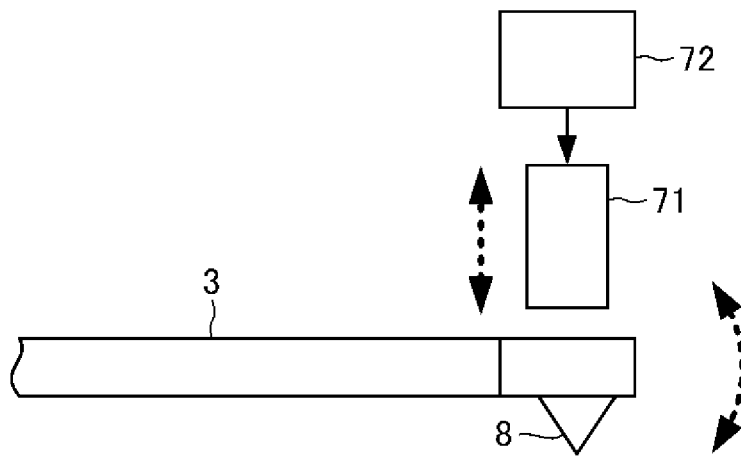


(b)

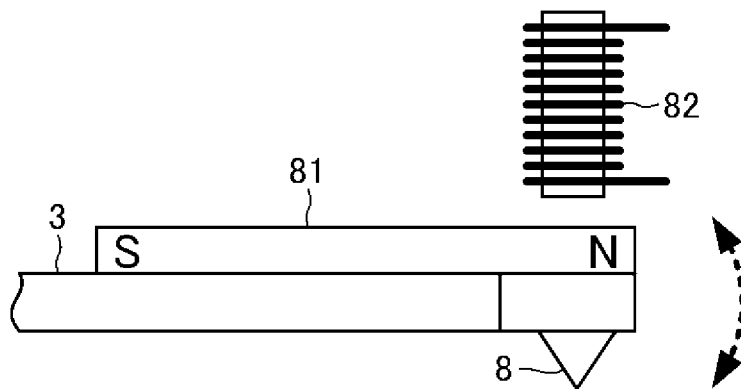


[図11]

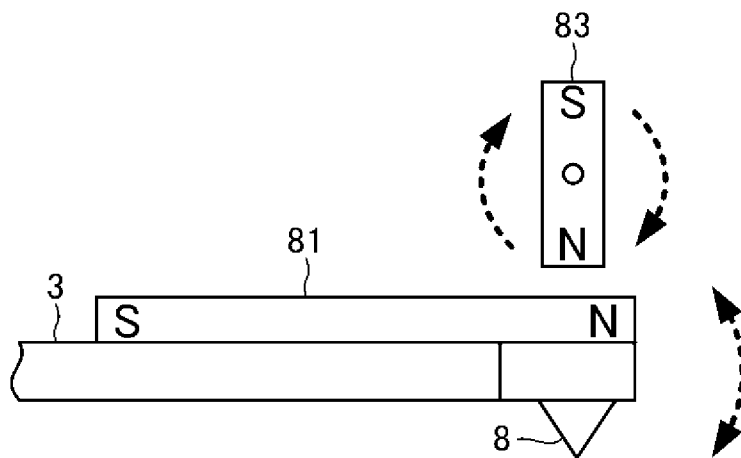
(a)



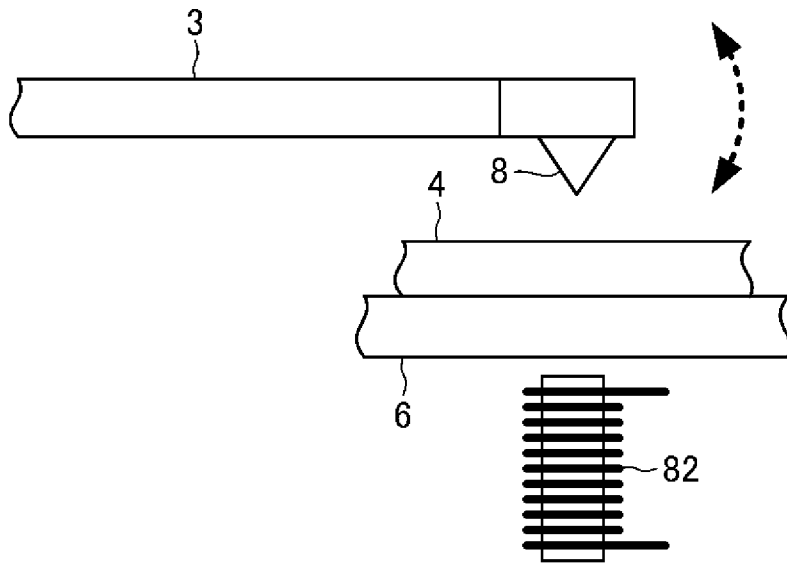
(b)



(c)



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/070385

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01Q10/06(2010.01)i, G01Q60/24(2010.01)i, G01Q70/08(2010.01)i, G01Q80/00(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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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

CiNii, JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-220107 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 30 August 1996 (30.08.1996), paragraphs [0011] to [0047], [0073] (Family: none)	1-14
Y	WO 97/35308 A1 (Hitachi, Ltd.), 25 September 1997 (25.09.1997), example 1 & EP 887794 A1	1, 2, 4, 12, 14
Y	JP 2002-154100 A (Canon Inc.), 28 May 2002 (28.05.2002), example 3 (Family: none)	3

 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
27 September, 2011 (27.09.11)Date of mailing of the international search report
11 October, 2011 (11.10.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/070385

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-12656 A (National University Corporation Shizuoka University), 24 January 2008 (24.01.2008), paragraph [0049] & US 2008/0132151 A1	5
Y	JP 2007-47070 A (Seiko Instruments Inc.), 22 February 2007 (22.02.2007), paragraphs [0038] to [0044], [0051] to [0067] (Family: none)	6, 9, 10
Y	JP 2006-78219 A (Canon Inc.), 23 March 2006 (23.03.2006), paragraphs [0038] to [0044] (Family: none)	7, 8
Y	JP 9-159681 A (Director General, Agency of Industrial Science and Technology), 20 June 1997 (20.06.1997), paragraphs [0016] to [0018] & US 6006593 A	11
Y	Futoshi Iwata et al., Nanometer-Scale Manipulation and Ultrasonic Cutting Using an Atomic Force Microscope Controlled by a Haptic Device as a Human Interface, Jpn J Appl Phys, 47(7), 2008.07.18, 6181-6185	13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/070385

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:
In the light of document 1 cited in the ISR, the special technical feature of the invention in claim 1 of the present application is a point to have "a surface treatment means for treating the surface of the sample with a probe by applying external force from a system different from the system of the cantilever between the surface of the sample and the probe provided to the end of the cantilever."
Meanwhile, the special technical feature of the invention in claim 6 of the present application is a point to have "a spring constant varying means for dynamically varying the spring constant of the cantilever," and that "the (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. [X] 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.:

- 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/JP2011/070385

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

spring constant varying means makes the spring constant of the cantilever small at the time of the acquisition of a surface texture image by the surface texture image acquiring means, and makes the spring constant of the cantilever large at the time of surface treatment by the surface treatment means.”

Therefore, the special technical feature of the invention in claim 1 of the present application, and the special technical feature of the invention in claim 6 of the present application cannot be considered to be the same or corresponding to each other, and thus do not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. G01Q10/06(2010.01)i, G01Q60/24(2010.01)i, G01Q70/08(2010.01)i, G01Q80/00(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 (IPC))
 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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2011年
 日本国実用新案登録公報 1996-2011年
 日本国登録実用新案公報 1994-2011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)
 CiNii, JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)

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
Y	JP 8-220107 A (オリンパス光学工業株式会社) 1996.08.30, 【0011】 - 【0047】、【0073】 (ファミリーなし)	1-14
Y	WO 97/35308 A1 (株式会社日立製作所) 1997.09.25, (実施例1) & EP 887794 A1	1, 2, 4, 12, 14
Y	JP 2002-154100 A (キヤノン株式会社) 2002.05.28, [実施例3] (ファミリーなし)	3

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。

<p>* 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</p>	<p>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</p>
--	---

国際調査を完了した日 27.09.2011	国際調査報告の発送日 11.10.2011
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 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) 樋口 宗彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3252

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
Y	JP 2008-12656 A (国立大学法人静岡大学) 2008.01.24, 【0049】 & US 2008/0132151 A1	5
Y	JP 2007-47070 A (セイコーインスツル株式会社) 2007.02.22, 【0038】 - 【0044】、【0051】 - 【0067】 (ファミリーなし)	6, 9, 10
Y	JP 2006-78219 A (キヤノン株式会社) 2006.03.23, 【0038】 - 【0044】 (ファミリーなし)	7, 8
Y	JP 9-159681 A (工業技術院長) 1997.06.20, 【0016】 - 【0018】 & US 6006593 A	11
Y	Futoshi Iwata et al., Nanometer-Scale Manipulation and Ultrasonic Cutting Using an Atomic Force Microscope Controlled by a Haptic Device as a Human Interface, Jpn J Appl Phys, 47(7), 2008.07.18, 6181-6185	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（PCT17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PCT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。

国際調査報告で引用された文献1に照らして、本願請求項1に係る発明の特別な技術的特徴は、「前記試料の表面と前記カンチレバーの先端に設けられた探針との間に、前記カンチレバーの系とは異なる系から外力を印加することにより、前記探針により前記試料の表面を加工する表面加工手段」を有している点である。

一方、本願請求項6に係る発明の特別な技術的特徴は、

「前記カンチレバーのばね定数を動的に変化させるばね定数変化手段」を有し、「前記ばね定数変化手段は、前記表面性状画像取得手段による表面性状画像の取得時には前記カンチレバーのばね定数を小さくし、前記表面加工手段による表面加工時には前記カンチレバーのばね定数を大きくする」点である。

したがって、本願請求項1に係る発明の特別な技術的特徴と本願請求項6に係る発明の特別な技術的特徴は、同一または対応するものとはいえず、発明の単一性の要件を満たしていない。

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。

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。