

(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
2016 年 12 月 1 日(01.12.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/189575 A1

- (51) 国際特許分類:
G01Q 20/02 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/064690
- (22) 国際出願日: 2015 年 5 月 22 日(22.05.2015)
- (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: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 永井 正道(NAGAI, Masamichi); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人京都国際特許事務所 (KYOTO INTERNATIONAL PATENT LAW OFFICE); 〒6008091 京都府京都市下京区東洞院通四条下元恵王子町 3 7 番地 豊元四条烏丸ビル Kyoto (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

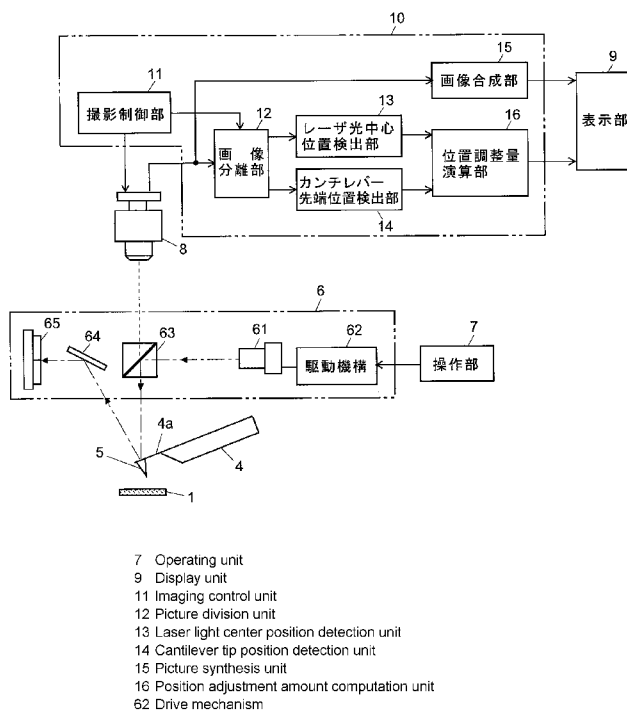
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SCANNING PROBE MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 走査型プローブ顕微鏡

[図1]



(57) Abstract: For each single picture, an imaging control unit (11) controls a video camera (8) so as to capture an image while switching between a first imaging condition suitable for capturing an image of a laser light spot and a second imaging condition suitable for capturing an image of a cantilever. A picture synthesis unit (15) creates a picture in which a laser light spot image and a cantilever image clearly appear in each of two consecutive pictures, and displays the picture in a display unit (9). A laser light center position detection unit (13), a cantilever tip position detection unit (14), and a position adjustment amount computation unit (16) calculate a position adjustment amount for adjusting an optical axis from the laser light center position and the cantilever tip position obtained by image processing from each of the two consecutive pictures, and the calculated numerical value is also displayed in the display unit (9). An operator operates an operating unit (7) while viewing the pictures and the adjustment amount, and executes an optical axis adjustment. Optical axis adjustment can thereby be easily and reliably performed on the basis of a real observation picture not adequately viewable by normal imaging.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/189575 A1



撮影制御部（１１）は１枚の画像毎に、レーザ光スポットの撮影に適した第１撮影条件とカンチレバーの撮影に適した第２撮影条件とを切り替えながら撮影を行うようにビデオカメラ（８）を制御する。画像合成部（１５）は連続する２枚の画像に各々明瞭に現れるレーザ光スポット像とカンチレバー像とを合成した画像を作成し表示部（９）に表示する。レーザ光中心位置検出部（１３）、カンチレバー先端位置検出部（１４）及び位置調整量演算部（１６）は、連続する２枚の画像から各々画像処理により求めたレーザ光中心位置とカンチレバー先端位置とから光軸調整のための位置調整量を算出し、その数値も表示部（９）に表示する。作業者はこれら画像と調整量を見ながら操作部（７）を操作して光軸調整を実行する。これにより、通常の撮影では十分に見ることができない実観察画像に基づいて、光軸調整を容易に且つ確実に行うことができる。

明 細 書

発明の名称：走査型プローブ顕微鏡

技術分野

[0001] 本発明は走査型プローブ顕微鏡に関し、さらに詳しくは、探針が設けられたカンチレバーの機械的な変位を光学的に検出する変位検出部を備える走査型プローブ顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 金属、半導体、セラミック、合成樹脂等の表面観察や表面粗さ等の測定を行う装置として、探針（プローブ）と試料表面間に作用する原子間力を測定する原子間力顕微鏡（AFM=Atomic Force Microscope）を代表とする走査型プローブ顕微鏡（SPM=Scanning Probe Microscope）が広く知られている。原子間力顕微鏡ではいくつかの測定モードが用いられるが、最近では、探針を設けたカンチレバーをその共振点付近で振動させ、その状態で探針に働く試料表面との間の相互作用をカンチレバーの振動の振幅、位相、或いは周波数の変化に変換して検出する、ノンコンタクトモードやダイナミックモードと呼ばれる方法が用いられることが多い。

[0003] 図7は一般的な走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図である。観察対象である試料1は略円筒形状のスキャナ3の上に設けられた試料台2の上に保持される。スキャナ3は、試料1を互いに直交するX、Yの2軸方向に走査するXYスキャナ31とX軸及びY軸に対し直交するZ軸方向に微動させるZスキャナ32とを含み、それぞれ外部から印加される電圧によって変位を生じる圧電素子を駆動源としている。試料1の上方には先端に探針5を備えるカンチレバー4が配置され、このカンチレバー4は図示しない圧電素子を含む励振部により振動される。

[0004] カンチレバー4のZ軸方向の変位を検出するために、カンチレバー4の上方には、レーザ光源61、ハーフミラー63、ミラー64、及び光検出器65を含む光学的変位検出部6が設けられている。光学的変位検出部6では、

レーザ光源 6 1 から出射したレーザ光をハーフミラー 6 3 で略垂直に反射させ、カンチレバー 4 の先端部背面に設けられた反射面 4 a に照射する。このカンチレバー 4 の反射面 4 a で反射された光はミラー 6 4 を経て光検出器 6 5 に入射する。光検出器 6 5 は例えば、Z 軸方向及び Y 軸方向に 4 分割された受光面を有する 4 分割光検出器である。カンチレバー 4 が Z 軸方向に変位すると複数の受光面に入射する光量の割合が変化し、その複数の受光光量に応じた検出信号を演算処理することで、カンチレバー 4 の変位量を算出することができる。

[0005] 上記構成の走査型プローブ顕微鏡におけるノンコンタクトモードでの測定動作を簡単に説明する。

図示しない励振部により、カンチレバー 4 はその共振点付近の周波数で Z 軸方向に振動される。このとき探針 5 と試料 1 表面との間に引力又は斥力が作用すると、カンチレバー 4 の振動振幅が変化する。光検出器 6 5 での検出信号によって振動振幅の微小な変化量が検知され、その変化量をゼロにする、つまり振動振幅を一定に維持するように試料 1 を Z 軸方向に移動させるべく、Z スキャナ 3 2 の圧電素子はフィードバック制御される。そうした状態で X Y スキャナ 3 1 の圧電素子を制御することで試料 1 を X-Y 面内で走査すると、上述した Z 軸方向に関するフィードバック制御量は試料 1 の表面の微小な凹凸を反映したものとなる。そこで、図示しないデータ処理部は、このフィードバック制御量を示す信号を用いて試料 1 の表面画像を作成する。

[0006] こうした走査型プローブ顕微鏡では、カンチレバー 4 に撓みがない状態で、カンチレバー 4 の反射面 4 a で反射された、強度が最も強いレーザ光が光検出器 6 5 の 4 分割受光面の中央に入射するように、レーザ光源 6 1 と光検出器 6 5 の位置の調整がそれぞれ行われるようになっている。走査型プローブ顕微鏡におけるこうした調整は、「光軸調整」と呼ばれている（特許文献 1、2 など参照）。

[0007] 従来一般的な光軸調整の手順は次のとおりである。

即ち、まず、光学顕微観察が可能であるビデオカメラ 8 でカンチレバー 4

の先端部付近を真上から撮影した画像を表示部 9 の画面上に表示させる。図 8 (a) は光軸調整時の理想的な撮影画像を示す図である。作業者はこの画像を確認しながら、画像上でレーザ光スポット像 6 a がカンチレバー 4 先端の適宜の位置に来るように操作部 7 により所定の操作を行い、駆動機構 6 2 によりレーザ光源 6 1 の位置を調整する。好ましくは、特許文献 1 に記載のように、光検出器 6 5 の手前に置いた紙片にレーザ光を投影し、その投影像でレーザ光が最も明るく映るようにレーザ光源 6 1 の位置を微調整するとよい。レーザ光源 6 1 の位置が決まったならば、そのあと、カンチレバー 4 で反射したレーザ光のスポットが光検出器 6 5 の 4 分割受光面の中央に来るように、光検出器 6 5 の位置を調整する。

[0008] このように従来一般に、走査型プローブ顕微鏡における光軸調整は作業者が光軸調整用に撮影した画像を目視で確認しながらマニュアルで行われている。しかしながら、特許文献 1 でも指摘されているように、レーザ光スポットの輝度はかなり高いため、図 8 (b) に一例を示すように、レーザ光スポット像 6 a とカンチレバー 4 とが共に収まるように撮影された画像では、カンチレバー 4 の部分がかなり暗くなってしまう。こうした画像からカンチレバー 4 の位置を作業者が適切に把握することは困難であり、これが光軸調整の作業を難しくする一因となっていた。

[0009] 特許文献 1 ではこうした課題を解決するために、カンチレバーの位置を示すマーカとレーザ光の輝度重心位置を示すマーカとを画像上に表示し、これらマーカを用いて光軸調整が行われるようになっている。もちろん、こうした方法でも光軸調整は可能であるものの、従来の光軸調整作業に慣れた作業者にとっては、マーカを用いた位置の調整は直感的に理解しにくい場合がある。そのため、画像上に表示されたマーカではなく、実際に撮影された物体像を観察しながら位置調整を行いたいという要望も強い。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献 1：特開 2012-225722 号公報

特許文献2：特開 2014-44144 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 本発明は上記課題を解決するために成されたものであり、その第1の目的は、作業者がカンチレバーとレーザ光スポットとを実観察画像上で観察しながら的確に光軸調整を行うことができる走査型プローブ顕微鏡を提供することである。

また本発明の第2の目的は、カンチレバーの先端位置とレーザ光スポットの位置との正確な把握に基づいて正確な光軸調整を自動的に行うことができる走査型プローブ顕微鏡を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するために成された本発明は、探針が設けられた可撓性を有するカンチレバーと、レーザ光源部、該レーザ光源部から発したレーザ光を反射させて前記カンチレバーに照射する反射鏡、及び、その照射光に対して前記カンチレバーから反射して来た光を検出する検出器、を含むカンチレバー変位検出部と、該カンチレバー変位検出部における光軸調整のために前記反射鏡又は前記レーザ光源部の少なくともいずれか一方を移動させる駆動部と、前記光軸調整のために前記カンチレバーに光が照射される部位付近を撮影する撮像部と、を具備する走査型プローブ顕微鏡において、

a)前記カンチレバーへのレーザ光の照射により形成されるレーザ光スポットを撮影するのに適した第1の撮影条件と、該カンチレバーを撮影するのに適した第2の撮影条件と、を切り替えながら前記撮像部による撮影を実行する撮影制御部と、

b)前記第1の撮影条件の下で撮影された画像と前記第2の撮影条件の下で撮影された画像とを合成する処理を行うことで、レーザ光スポット像とカンチレバー像とが共に現れている画像を作成する合成画像作成部と、

c)前記駆動部を利用した光軸調整を作業者が行うために又はその光軸調整の結果を作業者が確認するために、前記合成画像作成部で作成された画像を

表示する表示部と、

を備えることを特徴としている。

[0013] 本発明に係る走査型プローブ顕微鏡において、第1の撮影条件と第2の撮影条件とは例えば露出条件が異なるものとすることができる。上記撮影制御部が撮像部に第1の撮影条件を設定して撮影を行うと、カンチレバーの部分は露出不足で暗くなり殆ど見えないものの、輝度の高いレーザ光スポット像が鮮明に現れる画像が得られる。一方、撮影制御部が撮像部に第2の撮影条件を設定して撮影を行うと、レーザ光スポットの部分は露出過剰で明るくなりすぎて殆ど見えないものの、カンチレバーの像が鮮明に現れる画像が得られる。合成画像作成部は、第1の撮影条件の下で撮影された画像に明瞭に現れるレーザ光スポット像と第2の撮影条件の下で撮影された画像に明瞭に現れるカンチレバー像とを合成した画像を作成し、表示部はその画像を表示する。

[0014] こうして表示される画像は、それに映っているレーザ光スポットとカンチレバーそれぞれに対して露出が適正に調整された状態での画像であり、それらの像はいずれも鮮明である。したがって、駆動部を利用した光軸調整を作業者がマニュアルで行う場合に、表示された画像からレーザ光スポットとカンチレバーとの位置関係を的確に把握し、容易に且つ確実に光軸調整を行うことができる。また、後述するように光軸調整が自動的に行われる場合には、作業者は、表示された画像に基づいて的確に光軸調整が行われたか否かを確認することができる。

[0015] また本発明に係る走査型プローブ顕微鏡において、好ましくは、

前記撮影制御部は、第1の撮影条件の下での撮影と第2の撮影条件の下での撮影を画像1枚毎に交互に実行し、前記合成画像作成部は、前記撮影部により1枚の新たな画像が得られる毎に、連続する、第1の撮影条件の下で撮影された1枚の画像と第2の撮影条件の下で撮影された1枚の画像とを合成する処理を行って合成画像を作成し、前記表示部はその合成画像を表示する構成とするといよい。

[0016] この構成によれば、光軸調整のために駆動部によりレーザ光源部や反射鏡が駆動され、レーザ光スポットの位置が移動する際に、その移動に追従した最新の画像が表示部に表示される。したがって、マニュアル調整、自動調整のいずれの場合でも、作業者はレーザ光スポットとカンチレバーとの位置関係の最新の状態を画像で確認し、調整が適切であるか否かを即座に把握したり判定したりすることができる。

[0017] 本発明の第1の態様の走査型プローブ顕微鏡では、前記第1の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてレーザ光スポットの中心位置を検出するとともに、前記第2の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてカンチレバーの先端位置を検出し、検出されたレーザ光スポット中心位置及びカンチレバー先端位置に基づいてレーザ光スポットをカンチレバーの所定位置まで移動させるための調整量を算出する調整量算出部をさらに備え、前記表示部は、前記合成画像作成部で作成された画像と併せて前記調整量算出部で算出された調整量を表示する構成とすることができる。

[0018] また本発明の第2の態様の走査型プローブ顕微鏡では、前記第1の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてレーザ光スポットの中心位置を検出するとともに、前記第2の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてカンチレバーの先端位置を検出し、検出されたレーザ光スポット中心位置及びカンチレバー先端位置に基づいてレーザ光スポットをカンチレバーの所定位置まで移動させるための調整量を算出する調整量算出部と、

前記調整量算出部で算出された調整量に基づいて前記駆動部を動作させることにより、レーザ光スポットをカンチレバーの所定位置まで移動させる光軸調整制御部と、

をさらに備える構成とすることができる。

[0019] 上記第1及び第2の態様の走査型プローブ顕微鏡において、調整量算出部は、第1の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてレーザ光スポットの中心位置を検出するとともに、第2の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてカンチレバーの先端位置を検出する。なお、レーザ光スポットの中心位置

は例えば多値の重心を求める演算によって得ることができるが、光の回折や散乱などの影響が大きい場合には、モフォロジー演算処理によるオープニング処理等を用いたノイズ除去を行い、そのあとに多値重心を求める演算を行えばよい。そして調整量算出部は、レーザ光スポットの中心位置の座標とカンチレバーの先端位置の座標とに基づいて、レーザ光スポットをカンチレバーの所定位置（例えば先端位置）まで移動させるための調整量を算出する。この調整量は例えば画像の面内で互いに直交する二軸方向のそれぞれの距離などとすればよい。

[0020] 第1の態様の走査型プローブ顕微鏡では、上記のように算出された調整量が例えば数値として画像と併せて表示される。したがって、作業者は表示された画像を見ながらおおまかに光軸調整を行いつつ、表示された調整量を参照してより細かい光軸調整を行うことができる。

[0021] 一方、第2の態様の走査型プローブ顕微鏡では、上記のように算出された調整量に基づいて、光軸調整制御部が駆動部を動作させることで、自動的に光軸調整が達成される。したがって、作業者自身が光軸調整に関して面倒な操作を行う必要がなくなり、表示された画像を見て光軸調整が適切であるか否かの最終的な確認のみを行えばよい。

発明の効果

[0022] 本発明に係る走査型プローブ顕微鏡によれば、光軸調整の際に、通常の撮影によっては明瞭に映らないレーザ光スポットとカンチレバーの両方が明瞭に観察可能である画像を、作業者は確認することができる。それによって、光軸調整をマニュアルで行う場合には、その作業が容易であり、且つ正確に行えるようになる。また、光軸調整を自動で行う場合にも、その自動調整の結果を作業者が容易に確認できるようになる。

[0023] また本発明に係る第1の態様の走査型プローブ顕微鏡によれば、正確な光軸調整を作業者が簡単に行うことができる。したがって、例えば、そうした作業に不慣れな者であっても作業にあたることができるようになる。また、作業者毎の光軸調整のばらつきを軽減することができる。また本発明に係る

第２の態様の走査型プローブ顕微鏡によれば、面倒な光軸調整が自動化されるので、作業者の負担が軽減され、作業者毎の光軸調整のばらつきもなくすることができる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]本発明の一実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。
- [図2]本実施例の走査型プローブ顕微鏡における光軸調整のための画像合成処理の説明図。
- [図3]本実施例の走査型プローブ顕微鏡において光軸調整用制御・処理部で実施される処理の説明図。
- [図4]本実施例の走査型プローブ顕微鏡における光軸調整のためのカンチレバー先端位置検出処理の説明図。
- [図5]本実施例の走査型プローブ顕微鏡における光軸調整量算出処理の手順を示すフローチャート。
- [図6]本発明の他の実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。
- [図7]一般的な走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。
- [図8]光軸調整時の理想的な撮影画像を示す図（a）及び実際に得られる画像の一例を示す図（b）。

発明を実施するための形態

- [0025] 以下、本発明の一実施例である走査型プローブ顕微鏡について、添付図面を参照して説明する。図１は本実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図である。図７に示した従来の走査型プローブ顕微鏡と同じ構成要素には同じ符号を付して詳しい説明を省略する。
- [0026] 本実施例の走査型プローブ顕微鏡は、従来の装置にない構成要素として、ビデオカメラ８を制御するとともにビデオカメラ８で撮影された画像データを処理する機能を有する光軸調整用制御・処理部１０を備える。この光軸調整用制御・処理部１０は、撮影制御部１１と、画像分離部１２と、レーザ光中心位置検出部１３と、カンチレバー先端位置検出部１４と、画像合成部１５と、位置調整量演算部１６と、を機能ブロックとして含み、画像合成部１

5 及び位置調整量演算部 16 の出力が表示部 9 の画面上に表示されるようになっている。

[0027] 本実施例の走査型プローブ顕微鏡における特徴的な動作について説明する。図 3 は光軸調整用制御・処理部 10 において実施される処理を説明するための模式図である。

撮影制御部 11 は、レーザ光スポットを撮影するのに適した第 1 の撮影条件の下での撮影と、カンチレバー 4 を撮影するのに適した第 2 の撮影条件の下での撮影とが、1 フレーム毎に交互に実行されるようにビデオカメラ 8 の撮像動作を制御する。通常、第 1、第 2 の撮影条件の相違は露出の相違である。即ち、レーザ光スポット像は輝度がかかなり高いのに対しカンチレバー 4 には光があまり当たらないので輝度がかかなり低い。そこで、第 1 の撮影条件は第 2 の撮影条件に比べて露出を大幅に下げたものとする。各撮影条件における適正な露出は装置メーカーが予め決めたデフォルト値を用いてもよいが、各ユーザが実験的に予め決めておくほうが、より適切な撮影が行える。したがって、第 1、第 2 の撮影条件は図示しない入力部などによりユーザが設定できるようにしておくとい。

[0028] 光軸調整を行うために作業者が図示しない入力部から所定の指示を行うと、撮影制御部 11 の制御の下で、ビデオカメラ 8 はカンチレバー 4 の反射面 4a 付近の所定の 2 次元範囲に対する連続的な撮影を開始する。撮影によって 1 フレームの画像が得られる毎に撮影条件（つまりは露出）が交互に切り替えられるため、第 1 の撮影条件の下で得られた画像データと第 2 の撮影条件の下で得られた画像データとがビデオカメラ 8 から交互に出力される。

[0029] 図 2 (a) は第 1 の撮影条件の下で得られる画像 # 1 の一例、図 2 (b) は第 2 の撮影条件の下で得られる画像 # 2 の一例である。第 1 の撮影条件はレーザ光スポットに対し適正な露出となっているため、レーザ光スポット像 6a は明瞭に映るものの、カンチレバー 4 に対しては露出アンダーのためにその像は暗く殆ど見えない状態である。一方、第 2 の撮影条件はカンチレバー 4 に対して適正な露出となっているため、カンチレバー 4 の像は明瞭に映

るものの、レーザ光スポットに対しては露出オーバーのために明るすぎてその像は殆ど見えない。

[0030] ビデオカメラ 8 から交互に出力される二種類の画像 # 1、# 2 を構成するデータは順次画像合成部 15 に入力される。画像合成部 15 は 1 フレーム毎に、時間的に連続する 2 フレーム分の画像データに基づいて、レーザ光スポット像 6 a とカンチレバー 4 の像とを合成した画像を作成する。

具体的には、図 2 (a) に示したように、第 1 の撮影条件の下で得られた画像 # 1 には実質的にレーザ光スポット像 6 a しか現れていないから、例えばその画像全体の明度を上げることでレーザ光スポット像 6 a 以外の部分を明るくしたうえで、その画像に第 2 の撮影条件の下で得られた画像 # 2 を合成する。それによって、図 2 (c) に示すような、レーザ光スポット像 6 a とカンチレバー 4 の像との両方が明瞭に現れる画像が得られる。こうして合成された画像データが表示部 9 に送られ、表示部 9 の画面上に表示される。図 3 に示すように、2 フレーム分の画像の合成処理は 1 フレーム毎に行われるから、表示部 9 には、常に最新の撮影によって得られた画像が表示されることになる。

[0031] 一方、ビデオカメラ 8 から交互に出力される二種類の画像 # 1、# 2 を構成するデータは画像分離部 12 にも入力される。画像分離部 12 は 1 フレーム毎交互に画像データを振り分ける。そして、第 1 の撮影条件の下で得られた画像 # 1 を構成するデータはレーザ光中心位置検出部 13 に入力され、第 2 の撮影条件の下で得られた画像 # 2 を構成するデータはカンチレバー先端位置検出部 14 に入力される。レーザ光中心位置検出部 13、カンチレバー先端位置検出部 14、及び位置調整量演算部 16 は、図 5 に示したフローチャートに沿って、光軸調整のための位置調整量を算出する。

[0032] 即ち、レーザ光中心位置検出部 13 は、図 2 (a) に示したようなレーザ光スポット像 6 a が現れている画像 # 1 から、本来のレーザ光スポット以外の部分を遮蔽するマスク画像を作成する（ステップ S 1）。マスク画像を作成するのは、撮影された画像に映っているレーザ光スポット像には、回折や

散乱、さらにそれ以外の外乱の影響により本来のレーザ光スポットではないノイズと呼べる偽の像が現れているからである。図2（a）では分かりにくい、図8（b）ではこうした偽の像が縦方向に並ぶように複数重なって出現していることが分かる。

[0033] マスク画像を作成するには画像処理で一般に利用されている様々な方法を用いることができる。マスク画像作成の第1の方法は、モフォロジー演算処理によるオープニング処理を利用した方法である。この処理ではN回の収縮処理とN回の膨張処理とを組み合わせることで、目的とする対象画像の周囲のノイズを除去することができる。それによって、回折や散乱の影響等によるノイズ部分を遮蔽するようなマスク画像が得られる。また、マスク画像作成の第2の方法は、ラプラシアンフィルタを用いたエッジ（輪郭）検出とガウシアンフィルタを用いた平滑化とを組み合わせる方法である。またそれ以外にも、ラベリングを利用したノイズ除去なども利用可能である。

[0034] マスク画像が得られたならば、次にレーザ光中心位置検出部13は、元の画像とマスク画像とを画素毎に論理積をとって本来（と推定される）のレーザ光スポット像のみが現れている修正スポット画像を作成する（ステップS2）。そして、この修正スポット画像においてレーザ光スポット像部分の多値重心を計算し、算出された重心の位置座標をレーザ光スポットの中心位置として決定する（ステップS3）。

[0035] 一方、カンチレバー先端位置検出部14は、図2（b）に示したようなカンチレバー4の像が現れている画像#2から、尖ったカンチレバー最先端部の位置を求める（ステップS4）。

図3はカンチレバー先端位置検出処理の説明図である。ここでは、多くのカンチレバーの先端形状が三角形状であることを利用し、まずカンチレバーが映り込んだ画像#2から画像認識などによりカンチレバー部分を切り出す。次に、切り出した画像から、カンチレバーの外形の輪郭に沿った三角形の二辺の直線を算出する。そして、この二辺の直線の交点の位置がカンチレバーの最先端位置であると決定する。

[0036] こうしてレーザ光スポットの中心位置とカンチレバーの最先端位置とが求まるから、位置調整量演算部 16 はその二つの位置情報から、光軸調整のために必要な位置調整量を算出する（ステップ S5）。具体的には、画像の面内の直交する二軸方向、つまり X 方向と Y 方向とについてそれぞれ、二つの位置情報の差分を計算し、これを位置調整量とすればよい。また、これを実際の長さに換算したものを位置調整量としてもよい。こうして算出された位置調整量の値も表示部 9 に送られ、表示部 9 の画面上に上記画像と併せて表示される。位置調整量の算出も画像の合成処理と同様に 1 フレーム毎に行われるから、表示部 9 には、常に最新の撮影によって得られた画像に基づく位置調整量が表示されることになる。

[0037] 作業者は表示部 9 の画面上に表示された画像及び位置調整量の数値を見ながら操作部 7 を操作する。この操作に応じて駆動機構 62 がレーザ光源 61 を移動させるから、ハーフミラー 63 で反射されたレーザ光によって形成されるスポットの位置も移動する。表示された画像上で、レーザ光スポット像 6a がカンチレバー 4 の先端におおよそ来るように粗く調整し、最終的には位置調整量の数値を見ながら細かい調整を行うことで、カンチレバー 4 の反射面 4a にレーザ光が適切に当たるように光軸調整を行うことができる。

[0038] 次に、本発明の他の実施例である走査型プローブ顕微鏡について、添付図面を参照して説明する。図 6 は本実施例による走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図である。図 1 に示した本実施例の走査型プローブ顕微鏡と同じ構成要素には同じ符号を付して詳しい説明を省略する。

[0039] 上記実施例の走査型プローブ顕微鏡では、作業者がマニュアル操作でレーザ光源 61 の位置を調整していたが、本実施例の走査型プローブ顕微鏡では、そうした調整を自動的に行うために光軸調整制御部 17 が光軸調整用制御・処理部 10 に設けられている。

即ち、上記実施例において説明したように、位置調整量演算部 16 が位置調整量を算出すると、光軸調整制御部 17 はその位置調整量を駆動機構 62 の駆動量に変換する。そして、駆動機構 62 を介してレーザ光源 61 を所定

量だけ移動させ、レーザ光スポットがカンチレバー４の反射面４aの所定位置に来るようにする。これにより、作業者が面倒な調整作業を行うことなく光軸調整が達成される。もちろん、上記実施例と同様に、合成された画像が表示部９の画面上に表示されるから、作業者はこの画像を見て光軸調整に問題がないかどうかを確認することができる。

[0040] なお、上記実施例ではカンチレバーの先端部の形状が三角形状であるとして先端位置を検出していたが、先端部の形状が他の形状でも別の方法で先端位置を容易に検出することができる。例えば先端形状が矩形状である場合には、最先端部を含む一辺を求め、その一辺の中央部が最先端位置であるとみなせばよい。

[0041] また、上記実施例ではレーザ光源６１の位置を調整することで光軸調整を行っていたが、ハーフミラー６３の位置や傾き角を調整することでもレーザ光スポットが形成される位置が変わるため、これによって光軸調整を行うことができる。

[0042] さらにまた上記実施例は本発明の一例に過ぎず、本発明の趣旨の範囲で適宜に修正、変更、追加などを行っても本願請求の範囲に包含されることは明らかである。

符号の説明

- [0043] １…試料
２…試料台
１０…光軸調整用制御・処理部
１１…撮影制御部
１２…画像分離部
１３…レーザ光中心位置検出部
１４…カンチレバー先端位置検出部
１５…画像合成部
１６…位置調整量演算部
１７…光軸調整制御部

- 3…スキャナ
- 4…カンチレバー
- 4 a…反射面
- 5…探針
- 6…光学の変位検出部
- 6 1…レーザ光源
- 6 2…駆動機構
- 6 3…ハーフミラー
- 6 4…ミラー
- 6 5…光検出器
- 6 a…レーザ光スポット
- 7…操作部
- 8…ビデオカメラ
- 9…表示部

請求の範囲

[請求項1]

探針が設けられた可撓性を有するカンチレバーと、レーザ光源部、該レーザ光源部から発したレーザ光を反射させて前記カンチレバーに照射する反射鏡、及び、その照射光に対して前記カンチレバーから反射して来た光を検出する検出器、を含むカンチレバー変位検出部と、該カンチレバー変位検出部における光軸調整のために前記反射鏡又は前記レーザ光源部の少なくともいずれか一方を移動させる駆動部と、前記光軸調整のために前記カンチレバーに光が照射される部位付近を撮影する撮像部と、を具備する走査型プローブ顕微鏡において、

a)前記カンチレバーへのレーザ光の照射により形成されるレーザ光スポットを撮影するのに適した第1の撮影条件と、該カンチレバーを撮影するのに適した第2の撮影条件と、を切り替えながら前記撮像部による撮影を実行する撮影制御部と、

b)前記第1の撮影条件の下で撮影された画像と前記第2の撮影条件の下で撮影された画像とを合成する処理を行うことで、レーザ光スポット像とカンチレバー像とが共に現れている画像を作成する合成画像作成部と、

c)前記駆動部を利用した光軸調整を作業者が行うために又はその光軸調整の結果を作業者が確認するために、前記合成画像作成部で作成された画像を表示する表示部と、

を備えることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項2]

請求項1に記載の走査型プローブ顕微鏡であって、

前記第1の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてレーザ光スポットの中心位置を検出するとともに、前記第2の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてカンチレバーの先端位置を検出し、検出されたレーザ光スポット中心位置及びカンチレバー先端位置に基づいてレーザ光スポットをカンチレバーの所定位置まで移動させるための調整量を算出する調整量算出部をさらに備え、前記表示部は、前記合成画像

作成部で作成された画像と併せて前記調整量算出部で算出された調整量を表示することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項3]

請求項1に記載の走査型プローブ顕微鏡であって、

前記第1の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてレーザ光スポットの中心位置を検出するとともに、前記第2の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてカンチレバーの先端位置を検出し、検出されたレーザ光スポット中心位置及びカンチレバー先端位置に基づいてレーザ光スポットをカンチレバーの所定位置まで移動させるための調整量を算出する調整量算出部と、

前記調整量算出部で算出された調整量に基づいて前記駆動部を動作させることにより、レーザ光スポットをカンチレバーの所定位置まで移動させる光軸調整制御部と、

をさらに備えることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項4]

請求項1～3のいずれか1項に記載の走査型プローブ顕微鏡であって、

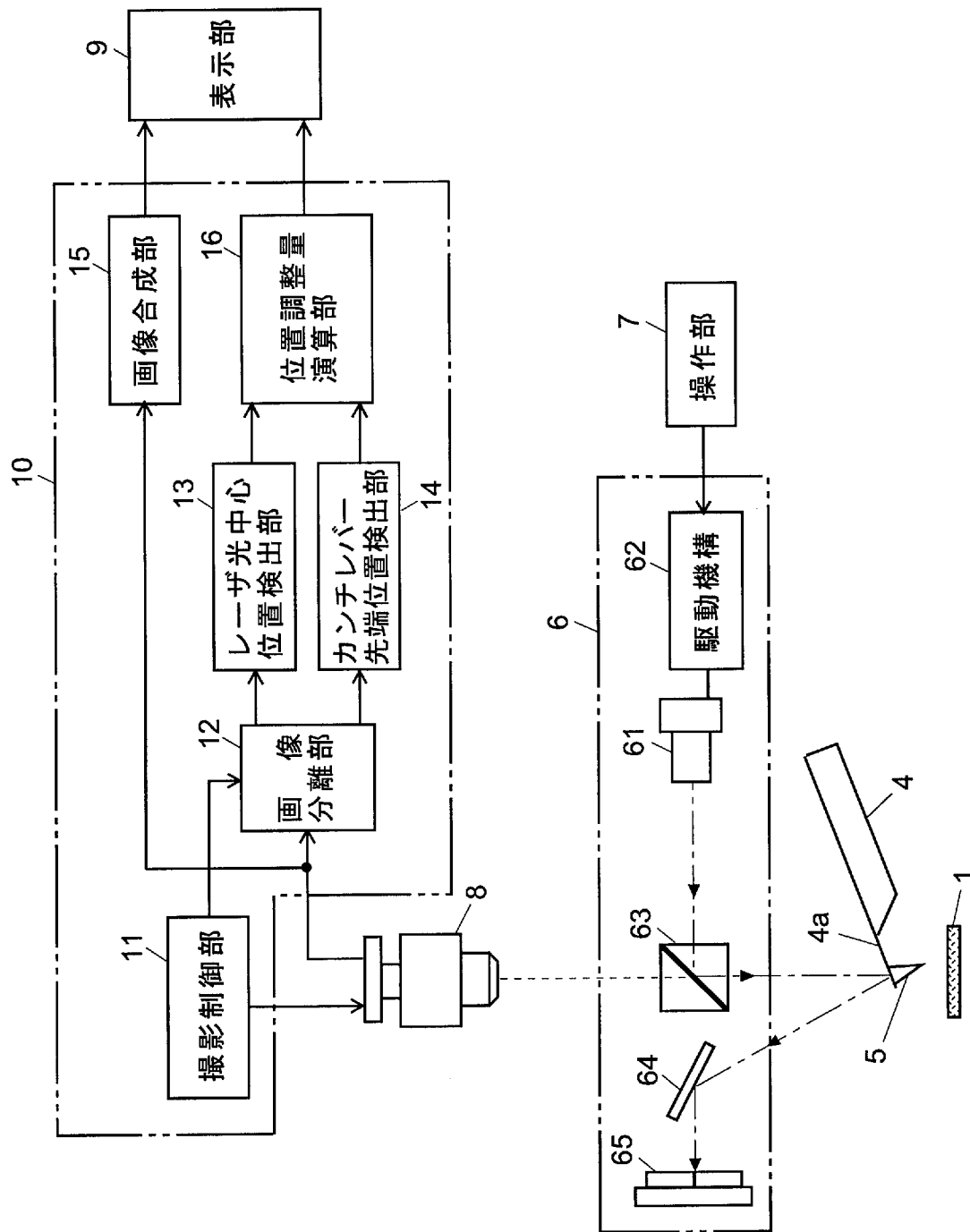
前記撮影制御部は、第1の撮影条件の下での撮影と第2の撮影条件の下での撮影を画像1枚毎に交互に実行し、前記合成画像作成部は、前記撮影部により1枚の新たな画像が得られる毎に、連続する、第1の撮影条件の下で撮影された1枚の画像と第2の撮影条件の下で撮影された1枚の画像とを合成する処理を行って合成画像を作成し、前記表示部はその合成画像を表示することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項5]

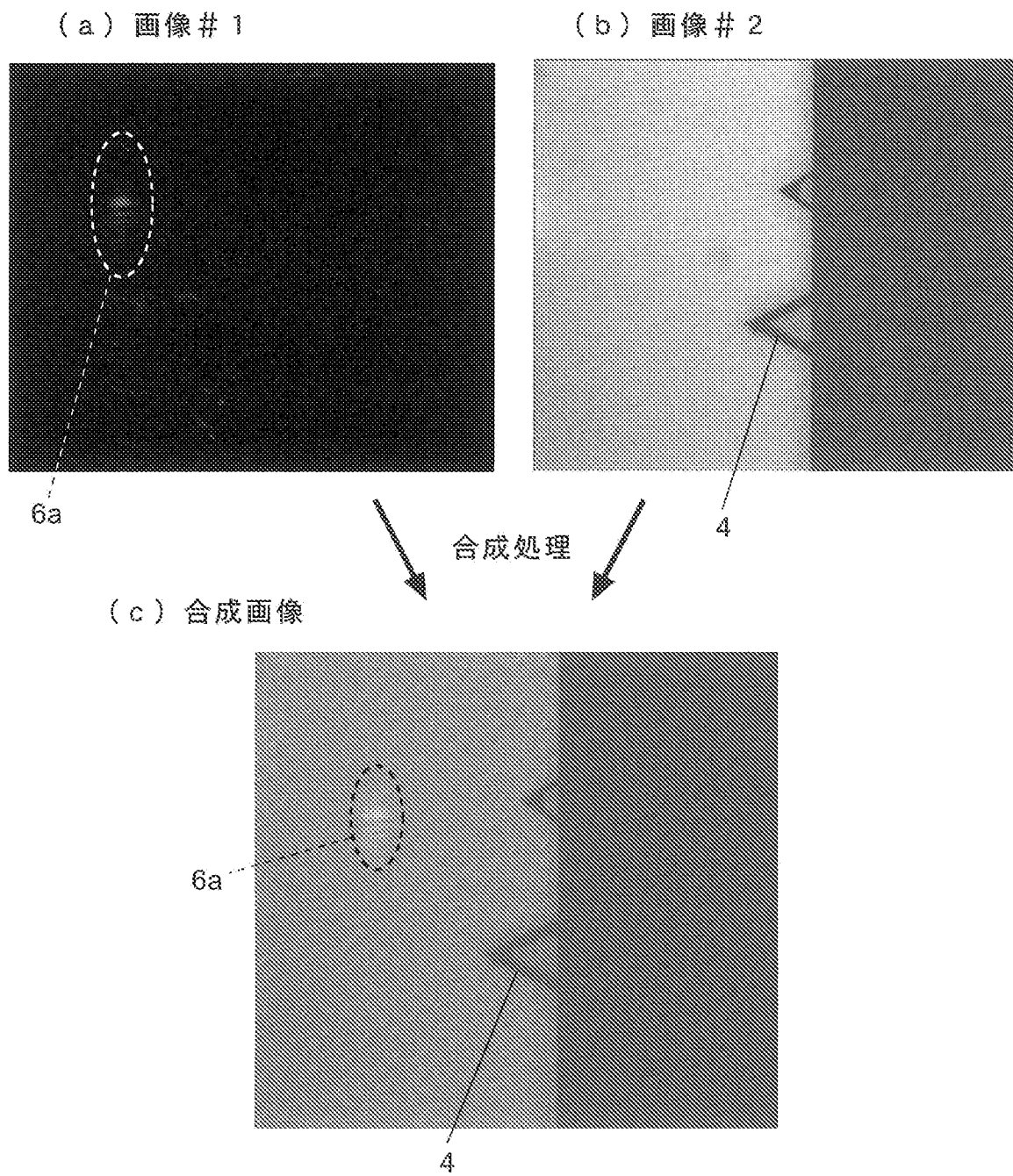
請求項2又は3に記載の走査型プローブ顕微鏡であって、

前記調整量算出部は、前記第1の撮影条件の下で撮影された画像に基づいてレーザ光スポットの中心位置を検出する際に、モフォロジー演算処理によるオープニング処理を用いたノイズ除去を実施することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

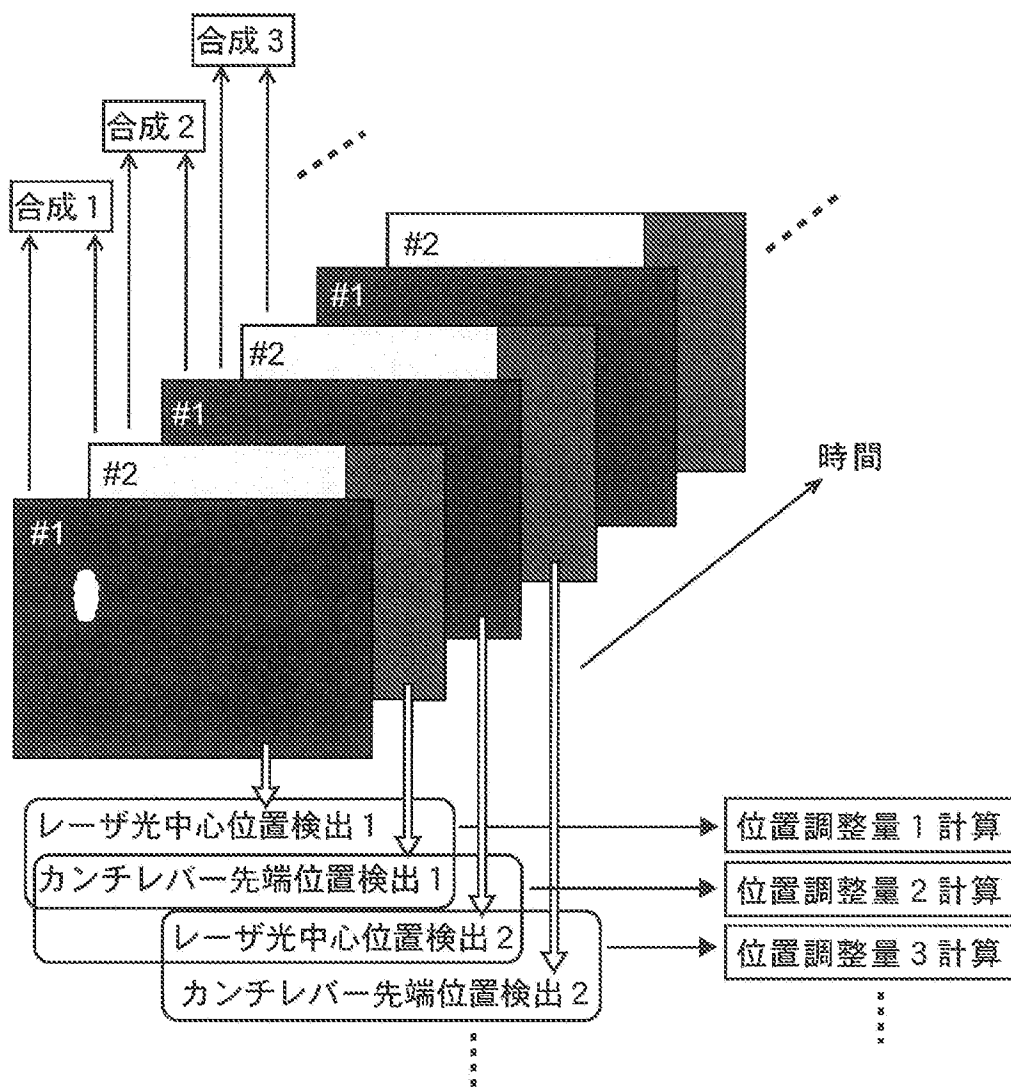
[図1]



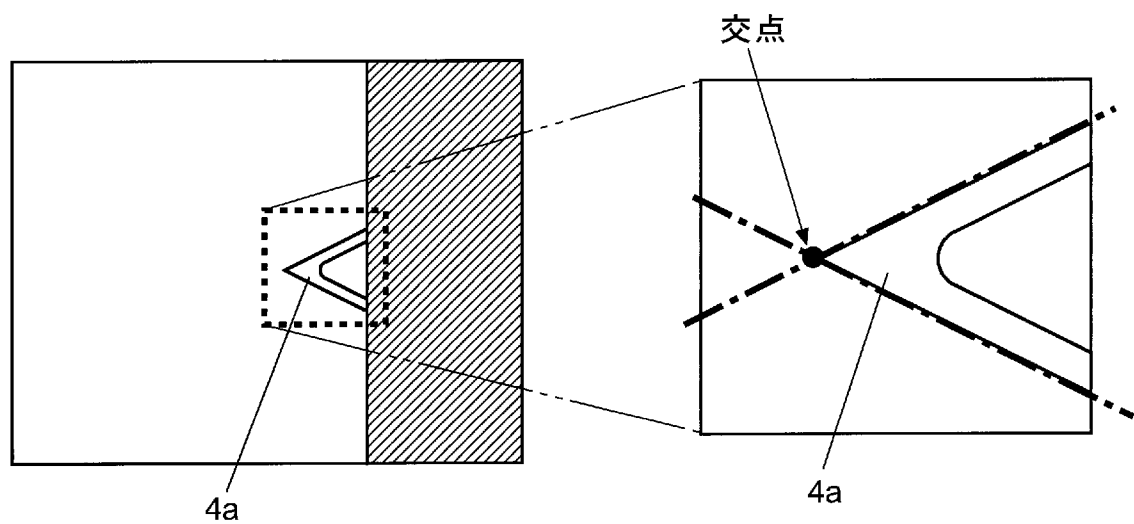
[図2]



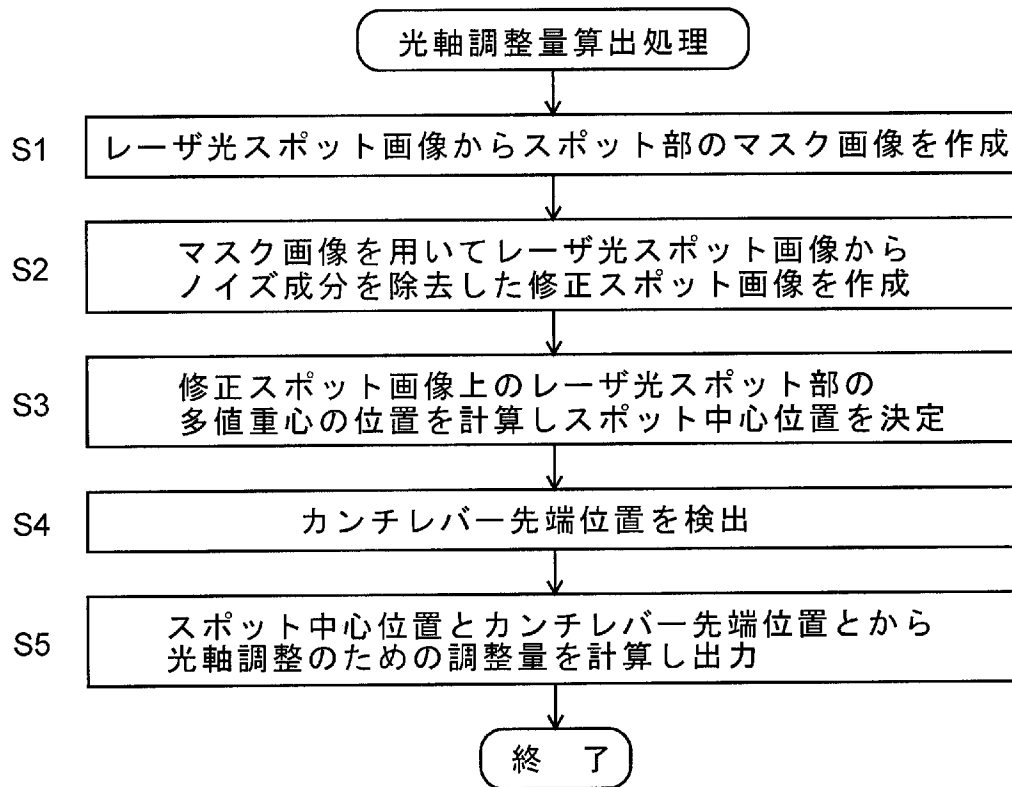
[図3]

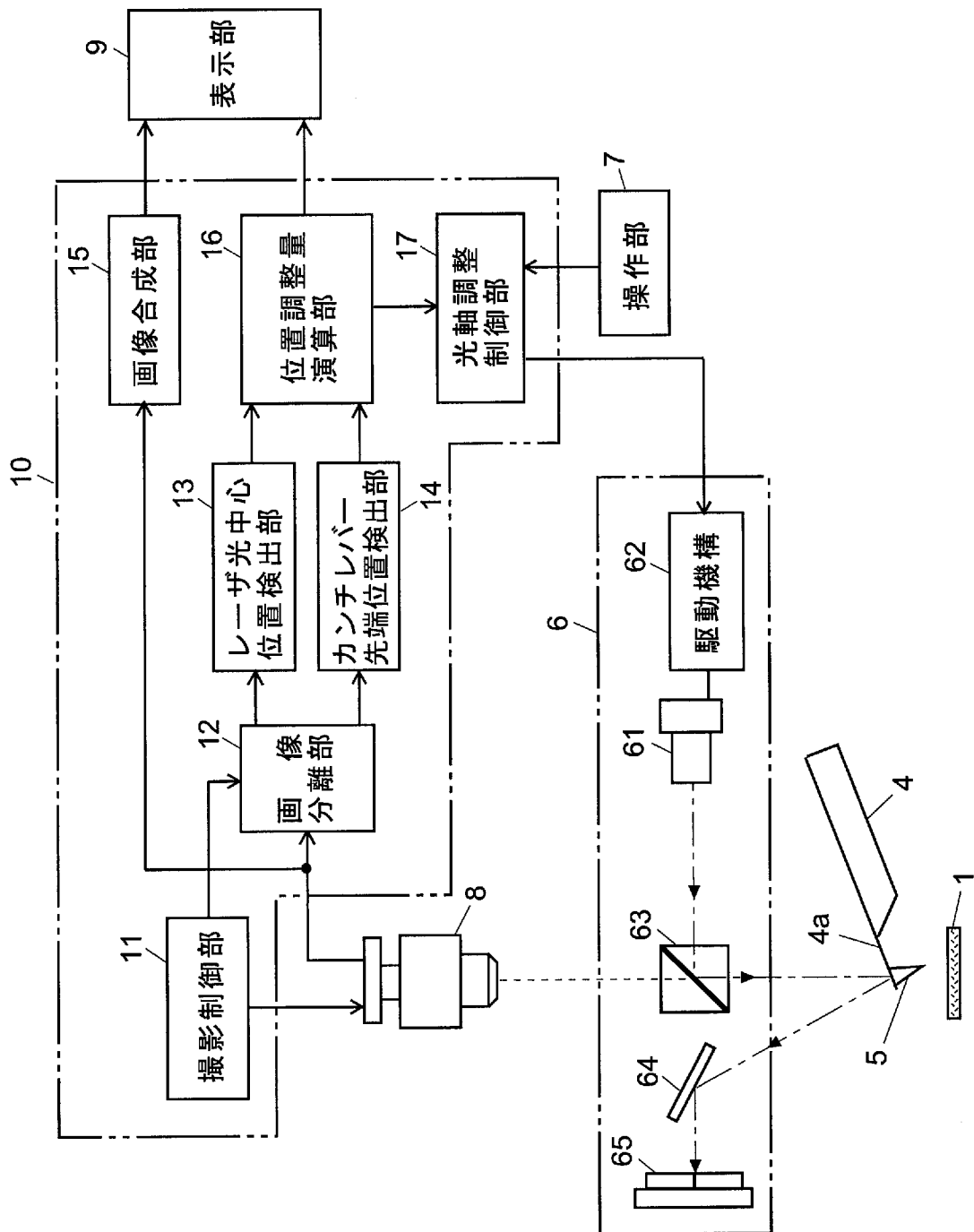


[図4]



[図5]





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/064690

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01Q20/02(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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-51690 A (SII NanoTechnology Inc.), 06 March 2008 (06.03.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2003-14611 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 15 January 2003 (15.01.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2007-218803 A (Research Institute of Biomolecule Metrology), 30 August 2007 (30.08.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

☐ 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
22 June 2015 (22.06.15)

Date of mailing of the international search report
30 June 2015 (30.06.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01Q20/02(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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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）

JSTPlus (JDreamIII), JST7580 (JDreamIII)

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
A	JP 2008-51690 A (エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社) 2008.03.06, 全文、全図（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2003-14611 A (オリンパス光学工業株式会社) 2003.01.15, 全文、 全図（ファミリーなし）	1-5
A	JP 2007-218803 A (株式会社生体分子計測研究所) 2007.08.30, 全 文、全図（ファミリーなし）	1-5

☐ 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

2 2 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

3 0 . 0 6 . 2 0 1 5

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）

2 J

3 6 1 0

清水 督史

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