

(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 2016/189651 A1

- (51) 国際特許分類:
G01Q 20/02 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/065068
- (22) 国際出願日: 2015年5月26日(26.05.2015)
- (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: 新井 浩 (ARAI, Hiroshi); 〒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). 池田 雄一郎 (IKEDA, Yuichiro); 〒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). 平出 雅人 (HIRADE, Masato); 〒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). 渡谷 浩司 (WATADANI, Koji); 〒6048511 京都府京都市中京

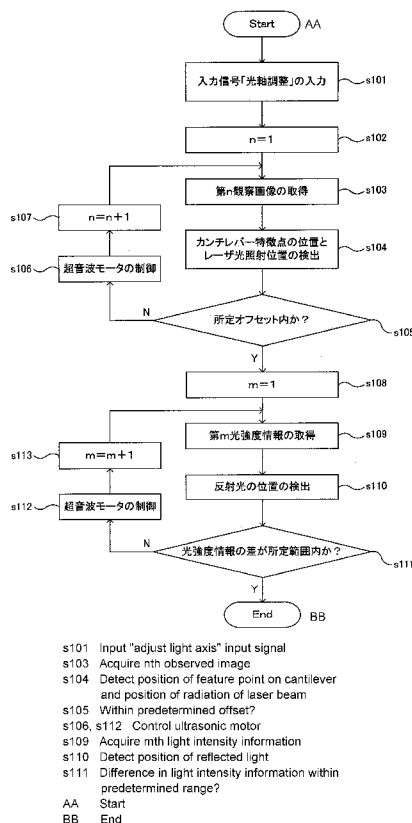
区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 永井 正道 (NAGAI, Masamichi); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP).

- (74) 代理人: 鹿島 義雄 (KASHIMA, Yoshio); 〒5300052 大阪府大阪市北区南扇町7-2 ユニ東梅田409号 新生国際特許事務所内 Osaka (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,

[続葉有]

(54) Title: SCANNING PROBE MICROSCOPE

(54) 発明の名称: 走査型プローブ顕微鏡



(57) Abstract: In order to provide a scanning probe microscope capable of automatically adjusting the positions of a laser element and a photodetector, a scanning probe microscope 1 is provided with: a sample stage unit 32; a light source unit 30; a cantilever 21 and a cantilever support unit 20 to which the cantilever 21 attaches; a photodetection unit 31; and a control unit 40. The scanning probe microscope 1 is further provided with: an ultrasonic motor or a stepping motor 30b, which moves the light source unit 30 in the x and y directions; and a CCD camera 33 that acquires an observed image. One cantilever 21 selected from a plurality thereof is attached to the cantilever support unit 20. Whenever a cantilever 21 is attached to the cantilever support unit 20, the control unit 40 performs a light source unit control step wherein the control unit 40 detects, on the basis of the observed image, the position of a feature point on the cantilever 21 and the position of the radiation of a laser beam, and controls the motor 30b such that the laser beam is radiated onto an irradiation surface.

(57) 要約: レーザ素子の位置と光検出器の位置とを自動的に調整することができる走査型プローブ顕微鏡を提供するために、該走査型プローブ顕微鏡1は、試料配置部32と、光源部30と、カンチレバー21とこれが取付けられるカンチレバー支持部21と、光検出部31と、制御部40とを備え、さらに光源部30をXY方向に移動させる超音波モータ又はステッピングモータ30bと、観察画像を取得するCCDカメラ33とを備え、カンチレバー支持部20には複数のカンチレバー21から選択された一つが取付けられるようになっており、制御部40は、カンチレバー支持部20にカンチレバー21が取付けられた際、観察画像に基づいてカンチレバー21の特徴点の位置及びレーザ光の照射位置を検出し、レーザ光が照射面に照射されるようにモータ30bを制御する光源部制御工程を実行する。



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))

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、特にカンチレバーの背面を照射面として利用する光学式変位検出系を備える走査型プローブ顕微鏡に関する。

背景技術

[0002] 走査型プローブ顕微鏡として、プローブ（カンチレバー）と試料（金属、半導体、生物、有機分子、絶縁物等の非導電物質等）の表面との間に働く原子間力を測定することによって、試料表面の形状（SPM画像）を観察することができる原子間力顕微鏡（AFM）が知られている。図3は、一般的な走査型プローブ顕微鏡を示す概略構成図である。なお、地面に水平な一方向をX方向とし、地面に水平でX方向と垂直な方向をY方向とし、X方向とY方向とに垂直な方向をZ方向とする。

[0003] 走査型プローブ顕微鏡101は、筐体10と、走査型プローブ顕微鏡101全体を制御する制御部140とを備える。筐体10内部には、試料が載置される試料載置台（試料配置部）32と、カンチレバー21が着脱可能なカンチレバー支持部20と、レーザ光を出射する光源部130と、反射光を検出する光検出部131とが配置されている。また、筐体10上部にはCCDカメラ（撮像装置）33が配置されている（例えば、特許文献1及び特許文献2参照）。

[0004] 試料載置台32は、筐体10の下部に設置されており、例えば平面視で直径15mmの円形状である載置面32aと、載置面32aの下部に設置されたピエゾスキャナ（走査手段）32bとを備える。ピエゾスキャナ32bは、制御部140によって制御される。そして、載置面32aは、ピエゾスキャナ32bによって筐体10に対してX方向とY方向とZ方向とに移動可能となっている。これにより、測定者は、載置面32aに試料を載置するとと

もに、ピエゾスキャナ 32b を用いて筐体 10 に対して X 方向と Y 方向と Z 方向とに載置面 32a を移動させることで、試料測定前に試料表面の初期位置を調整することができ、さらに試料測定中に試料表面の測定位置を X 方向と Y 方向と Z 方向とに走査することができるようになっている。

[0005] カンチレバー 21 は、例えば長さ 100 μm 、幅 30 μm 、厚さ 0.8 μm の板状体であり、先端部の下面に下方に向かって突出する先鋭な探針 21a が形成されている。そして、カンチレバー 21 の先端部の上面（背面）が、光源部 130 からのレーザ光が照射されるための照射面となる。また、カンチレバー 21 の他端部は、カンチレバー支持部 20 の下端面に固定具（図示せず）で固定されるようになっている。固定具は、ネジやバネ機構等の任意の固定手段を用いることができる。よって、測定者は、試料や測定目的に応じて複数種類のカンチレバー 21 の内から一のカンチレバー 21 を選択して取付けて用いることができるようになっている。

[0006] カンチレバー支持部 20 は、筐体 10 の右部に設置されており、支持部本体 22 と支持レバー（図示せず）と固定具（図示せず）とを備える。そして、支持部本体 22 が支持レバーによって筐体 10 に対して X 方向と Y 方向と Z 方向とに移動可能となっている。これにより、測定者は、支持部本体 22 の下端面の所定位置にカンチレバー 21 を固定具で取付けるとともに、支持レバーを用いて筐体 10 に対して X 方向と Y 方向と Z 方向とに支持部本体 22 を移動させることで、カンチレバー 21 の位置を調整することができるようになっている。

[0007] 光源部 130 は、筐体 10 の右上部に設置されており、レーザ光を出射するレーザ素子 30a と、レーザ素子 30a を移動させる 2 軸位置決めステージ 130b とを備える。そして、レーザ素子 30a が 2 軸位置決めステージ 130b によって筐体 10 に対して X 方向と Y 方向とに移動可能となっている。レーザ素子 30a から出射されるレーザ光は、略左方（所定方向）に向かって出射されており、ビームスプリッタ（図示せず）にて直角に屈折し、その出射方向に垂直となる面では例えば直径 50 μm の円形状に照射される

。これにより、測定者は、2軸位置決めステージ130bを用いて筐体10に対してレーザ素子30aを移動させることで、レーザ光が照射される照射位置（スポット）を調整することができるようになっている。

[0008] 光検出部131は、筐体10の左上部に設置されており、カンチレバー21の背面で反射された反射光を検出する4分割光検出器31aと、4分割光検出器31aを移動させる2軸位置決めステージ131bとを備える。

図4は、4分割光検出器を示す概略構成図である。4分割光検出器31aは、光束を受光する四角形（例えば、面積 4 mm^2 ）の第一の受光面を有する第一のフォトダイオードと、光束を受光する四角形（例えば、面積 4 mm^2 ）の第二の受光面を有する第二のフォトダイオードと、光束を受光する四角形（例えば、面積 4 mm^2 ）の第三の受光面を有する第三のフォトダイオードと、光束を受光する四角形（例えば、面積 4 mm^2 ）の第四の受光面を有する第四のフォトダイオードとを有する。また、第一～第四の4つの受光面は、2行2列となるように隣接し、かつ、反射光の光軸と垂直となるように配置されている。そして、垂直方向の受光量 $((I_1+I_3)-(I_2+I_4))$ と水平方向の受光量 $((I_1+I_2)-(I_3+I_4))$ を制御部140に出力する。

[0009] また、このような4分割光検出器31aは、2軸位置決めステージ131bによって筐体10に対してX方向とY方向とに移動可能となっている。カンチレバー21の背面からの反射光は、略左上方に向かって反射されており、その反射方向に垂直となる面では例えば直径 $50\text{ }\mu\text{m}$ の円形状に照射される。これにより、測定者は、2軸位置決めステージ131bを用いて筐体10に対して4分割光検出器31aを移動させることで、試料測定前に受光面における反射光の初期位置を調整することができるようになっている。そして、試料測定の際に試料表面によってカンチレバー21に生じたたわみ量（変位量）を、受光面における反射光の初期位置からの移動量で検出している。

[0010] ところで、このような走査型プローブ顕微鏡101では、上述したようにカンチレバー21は支持部本体22に対して取付け・取外し自在となってい

る。よって、別のカンチレバー 21 に交換した後は、レーザ光がカンチレバー 21 の照射面に照射されるようにレーザ素子 30 a の位置を調整し、さらに反射光が受光面の中心に照射されるように 4 分割光検出器 31 a の位置を調整することが必要である。このとき、0.1 mm 以下のレベルでレーザ素子 30 a の位置を調整しなければならないため、走査型プローブ顕微鏡 101 は、カンチレバー 21 の先端部付近とレーザ光の照射位置（スポット）とを拡大して観察するための CCD カメラ 33 を備えている。

[0011] ここで、走査型プローブ顕微鏡 101 において、レーザ素子 30 a の位置と 4 分割光検出器 31 a の位置とを調整する光軸調整方法について説明する。図 5 は、CCD カメラ 33 で観察される観察画像の一例を示す図である。

[0012] まず、測定者は、レーザ光がカンチレバー 21 の照射面に照射されるように、CCD カメラ 33 の観察画像を観察しながら 2 軸位置決めステージ 130 b を用いてレーザ素子 30 a を X 方向と Y 方向とに移動させることで、レーザ光が照射される照射位置（スポット）を調整する（光源部制御工程）。

[0013] 次に、測定者は、反射光が 4 分割光検出器 31 a の受光面の中心に照射されるように、すなわち垂直方向の受光量 $((I_1 + I_3) - (I_2 + I_4))$ と水平方向の受光量 $((I_1 + I_2) - (I_3 + I_4))$ がそれぞれ 0 となるように、2 軸位置決めステージ 131 b を用いて 4 分割光検出器 31 a を X 方向と Y 方向とに移動させることで、受光面における反射光が照射される位置を調整する（検出部制御工程）。

先行技術文献

特許文献

- [0014] 特許文献 1：特開 2000-329772 号公報
特許文献 2：特開 2012-225722 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0015] しかしながら、上述したような光軸調整方法では、測定者は、観察画像を観察しながら経験と勘とに基づいて 2 軸位置決めステージ 130 b を用いて

レーザ素子 30 a を X 方向と Y 方向とに移動させるとともに、2 軸位置決めステージ 131 b を用いて 4 分割光検出器 31 a を X 方向と Y 方向とに移動させることになるため、非常に多くの時間と労力とを要するという問題点があった。特に、経験の浅い測定者（初心者）にとっては、レーザ素子 30 a を X 方向と Y 方向とに移動させるときには 2 軸位置決めステージ 130 b を手動で操作するため、光源部 130 等が揺れることにより観察画像も揺れるので、レーザ素子 30 a の調整による動きと揺れによる動きとを判別するのが困難であった。

課題を解決するための手段

[0016] 本件発明者らは、レーザ素子 30 a の位置と 4 分割光検出器 31 a の位置とを自動的に調整する光軸調整方法について検討した。そして、従来は光源部に駆動機構を取付けると、光源部が重くなるとともに重心が高くなることから、SPM 画像も揺れるものと考えられていたが、なるべく軽量化した駆動機構を用いれば、SPM 画像取得には影響がないことがわかった。よって、光源部に軽量化した駆動機構である超音波モータやステッピングモータを取付けることにした。

また、カンチレバー支持部には、従来同様試料や測定目的に応じて複数種類のカンチレバーの内から一のカンチレバーを選択して取付けられるようになっているが、この複数種類のカンチレバーの先端部は全て三角形となっており、さらに照射面が三角形の頂点から末端に向かって所定距離の位置に形成されている。そこで、制御部は、取得した観察画像に基づいて、カンチレバーの三角形の頂点の位置とレーザ光の照射位置とを検出し、カンチレバーの三角形の頂点の位置から末端に向かって所定距離の位置にレーザ光の照射位置が来るように、超音波モータやステッピングモータを利用したステージ制御をすることを見出した。

[0017] すなわち、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、試料が配置される試料配置部と、レーザ光を所定方向に出射する光源部と、前記試料表面上方に配置されるカンチレバーと、前記カンチレバーが取付けられるカンチレバー支持部

と、前記カンチレバーの照射面で反射した反射光が照射される受光面を有する光検出部と、前記受光面における反射光の位置に基づいて、前記試料表面による前記カンチレバーの変位を算出する制御部とを備える走査型プローブ顕微鏡であって、前記光源部をX Y方向に移動させるステージと、前記カンチレバー支持部に取付けられた前記カンチレバーの先端部及び前記レーザ光の照射位置を撮影することにより、観察画像を取得する撮像装置とを備え、前記カンチレバー支持部には複数種類のカンチレバーの内から選択された一のカンチレバーが取付けられることが可能となっており、前記制御部は、前記カンチレバー支持部に前記カンチレバーが取付けられた際に、前記観察画像に基づいて、前記カンチレバーの特徴点の位置及び前記レーザ光の照射位置を検出し、前記レーザ光が前記照射面に照射されるように前記ステージを制御する光源部制御工程を実行するようにしている。

[0018] ここで、「所定方向」とは、設計者等によって予め決められており、例えば左方向等となる。

発明の効果

[0019] 以上のように、本発明の走査型プローブ顕微鏡によれば、レーザ光がカンチレバーの照射面に照射されるように自動的に調整することができる。

[0020] (その他の課題を解決するための手段および効果)

また、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、前記光検出部をX Y方向に移動させるステージを備え、前記制御部は、前記光源部制御工程の実行後、前記光検出部で検出された反射光の位置に基づいて、前記反射光が前記受光面の中心に照射されるように前記ステージを制御する検出部制御工程を実行するようにしてもよい。

以上のように、本発明の走査型プローブ顕微鏡によれば、反射光が受光面の中心に照射されるように自動的に調整することができる。

[0021] そして、本発明の走査型プローブ顕微鏡は、前記カンチレバーの特徴点は、前記カンチレバーの先端であり、前記光源部制御工程で、前記カンチレバーの先端から末端に向かって所定距離の位置に前記レーザ光が照射されるよ

うに前記ステージを制御するようにしてもよい。

ここで、「所定距離」とは、設計者等によって予め決められており、例えば 1 mm 等となる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の走査型プローブ顕微鏡を示す概略構成図。

[図2]光軸調整方法を説明するフローチャート。

[図3]一般的な走査型プローブ顕微鏡を示す概略構成図。

[図4]4分割光検出器を示す概略構成図。

[図5]CCDカメラで観察される観察画像の一例を示す図。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。なお、本発明は、以下に説明するような実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の態様が含まれることはいうまでもない。

[0024] 図1は、本発明の走査型プローブ顕微鏡を示す概略構成図である。なお、先に述べた走査型プローブ顕微鏡101と同様のものについては、同じ符号を付している。

走査型プローブ顕微鏡1は、筐体10と、走査型プローブ顕微鏡1全体を制御する制御部40とを備える。筐体10内部には、試料が載置される試料載置台（試料配置部）32と、カンチレバー21が着脱可能なカンチレバー支持部20と、レーザ光を出射する光源部30と、反射光を検出する光検出部31とが配置されている。また、筐体10上部にはCCDカメラ33が配置されている。

[0025] 光源部30は、筐体10の右上部に設置されており、レーザ光を出射するレーザ素子30aと、レーザ素子30a（レーザ素子ステージ）を移動させる超音波モータ30bとを備える。そして、レーザ素子30aが超音波モータ30bによって筐体10に対して水平/垂直方向に移動可能となっている。これにより、超音波モータ30bを用いて筐体10に対してレーザ素子30

aを移動させることで、レーザ光が照射される照射位置（スポット）を調整することができるようになっている。

[0026] 光検出部31は、筐体10の左上部に設置されており、カンチレバー21の背面で反射された反射光を検出する4分割光検出器31aと、4分割光検出器31aを移動させる超音波モータ31bとを備える。そして、4分割光検出器31a（4分割光検出器ステージ）は、超音波モータ31bによって筐体10に対して水平方向と垂直方向とに移動可能となっている。これにより、超音波モータ31bを用いて筐体10に対して4分割光検出器31aを移動させることで、試料測定前に受光面における反射光の初期位置を調整することができるようになっている。

[0027] 制御部40は、CPU41とメモリ42と表示装置43と操作部44とを備える。

また、CPU41が処理する機能をブロック化して説明すると、CCDカメラ33から第n観察画像を取得する画像読取部41aと、取得した第n観察画像に基づいてカンチレバー21の特徴点の位置及びレーザ光の照射位置を検出してその位置関係を計算するレーザ光差分計算部41bと、超音波モータ30bを制御するレーザ軸駆動部41cと、4分割光検出器31aから第m光強度情報を取得する検出器読取部41dと、取得した第m光強度情報に基づいて反射光の位置を検出する反射光差分計算部41eと、超音波モータ31bを制御する検出器軸駆動部41fとを有する。

[0028] また、メモリ42には、レーザ光の位置が合致したと判定するための所定オフセット(Δx , Δy)が設定され記憶されている。

[0029] 画像読取部41aは、操作部44からの入力信号「光軸調整」を受信したときには、CCDカメラ33から第n観察画像を取得する制御を行う。

[0030] レーザ光差分計算部41bは、第n観察画像に基づいてカンチレバー21の先端（特徴点）の位置及びレーザ光の照射位置を検出してその位置関係を計算する制御を行う。具体的には、第n観察画像からカンチレバー21の先端（特徴点）の位置を検出し、カンチレバー21の先端（特徴点）からX/Y

方向の距離 x 、 y を算出する。そして、所定オフセット (Δx , Δy) 内に、レーザ光の照射位置が存在するか否かを判定し、存在しないと判定したときには、距離 x 、 y をレーザ素子 30 a の移動方向と移動量とする。

[0031] レーザ軸駆動部 41 c は、レーザ光差分計算部 41 b でレーザ素子 30 a の移動方向と移動量が算出された際には、レーザ素子 30 a の移動方向と移動量とに基づいて、超音波モータ 30 b を制御する。

[0032] 以上のような制御（段落 0030 から段落 0032 まで）を、レーザ中心位置とカンチレバー 21 の先端の距離の差分が所定オフセット (Δx , Δy) 内に治まるまで繰り返す。

[0033] 検出器読取部 41 d は、レーザ光差分計算部 41 b でレーザ光の照射位置が所定オフセット (Δx , Δy) 内に存在すると判定されたときには、4 分割光検出器 31 a から第 m 光強度情報を取得する制御を行う。

[0034] 反射光差分計算部 41 e は、第 m 光強度情報 I_{1m} 、 I_{2m} 、 I_{3m} 、 I_{4m} に基づいて反射光の位置を検出する制御を行う。

具体的には、第 m 光強度情報 I_{1m} と第 m 光強度情報 I_{2m} と第 m 光強度情報 I_{3m} と第 m 光強度情報 I_{4m} とから反射光の位置を検出する。そして、垂直方向の受光量 $((I_{1m} + I_{3m}) - (I_{2m} + I_{4m}))$ と水平方向の受光量 $((I_{1m} + I_{2m}) - (I_{3m} + I_{4m}))$ がゼロになるか否かを判定し、所定範囲でないと判定したときには、反射光の位置と受光面の中心とを合わせるために必要となる 4 分割光検出器 31 a の移動方向と移動量とを算出する。

[0035] 検出器軸駆動部 41 f は、反射光差分計算部 41 e で 4 分割光検出器 31 a の移動方向と移動量が算出された際には、4 分割光検出器 31 a の移動方向と移動量とに基づいて、超音波モータ 31 b を制御する。

[0036] ここで、走査型プローブ顕微鏡 1 において、レーザ素子 30 a の位置と 4 分割光検出器 31 a の位置とを調整する光軸調整方法について図 2 のフローチャートを用いて説明する。

[0037] まず、ステップ s101 の処理において、測定者は、操作部 44 を用いて入力信号「光軸調整」を入力する。

[0038] 次に、ステップs 1 0 2の処理において、レーザ素子3 0 aの位置調整パラメータ $n = 1$ とする。

次に、ステップs 1 0 3の処理において、画像読取部4 1 aは、CCDカメラ3 3から第 n 観察画像を取得する。

次に、ステップs 1 0 4の処理において、レーザ光差分計算部4 1 bは、第 n 観察画像に基づいてカンチレバー2 1の先端（特徴点）の位置及びレーザ光の照射位置を検出してその位置関係を計算する。

[0039] 次に、ステップs 1 0 5の処理において、レーザ光差分計算部4 1 bは、所定オフセット(Δx , Δy)内に、レーザ光の照射位置が存在するか否かを判定する。

そして、所定オフセット(Δx , Δy)内に、レーザ光の照射位置が存在しないと判定したときには、ステップs 1 0 6の処理において、レーザ軸駆動部4 1 cは、レーザ素子3 0 aの移動方向と移動量とに基づいて、超音波モータ3 0 bを制御する（光源部制御工程）。

[0040] 続いて、ステップs 1 0 7の処理において、 $n = n + 1$ とした後、ステップs 1 0 3の処理に戻る。つまり、所定オフセット(Δx , Δy)内に、レーザ光の照射位置が存在すると判定するまで、ステップs 1 0 3～s 1 0 5の処理は繰り返される。

一方、所定オフセット(Δx , Δy)内に、レーザ光の照射位置が存在すると判定したときには、ステップs 1 0 8の処理において、4分割光検出器3 1 aの位置調整パラメータ $m = 1$ とする。

[0041] 次に、ステップs 1 0 9の処理において、検出器読取部4 1 dは、4分割光検出器3 1 aから第 m 光強度情報を取得する。

次に、ステップs 1 1 0の処理において、反射光差分計算部4 1 eは、第 m 光強度情報 I_{1m} 、 I_{2m} 、 I_{3m} 、 I_{4m} に基づいて反射光の位置を検出する。

[0042] 次に、ステップs 1 1 1の処理において、垂直方向の受光量 $((I_{1m} + I_{3m}) - (I_{2m} + I_{4m}))$ と水平方向の受光量 $((I_{1m} + I_{2m}) - (I_{3m} + I_{4m}))$ がゼロであるか否かを判定する。

そして、所定範囲内でないと判定したときには、ステップs 1 1 2の処理において、検出器軸駆動部4 1 fは、4分割光検出器3 1 aの移動方向と移動量とに基づいて、超音波モータ3 1 bを制御する（検出部制御工程）。

[0043] 続いて、ステップs 1 1 3の処理において、 $m = m + 1$ とした後、ステップs 1 0 9の処理に戻る。つまり、所定範囲内であると判定するまで、ステップs 1 0 9～s 1 1 1の処理は繰り返される。

一方、所定範囲内であると判定したときには、本フローチャートを終了させる。

[0044] 以上のように、本発明の走査型プローブ顕微鏡1によれば、レーザ光がカンチレバー2 1の照射面に照射されるように自動的に調整することができる。また、反射光が受光面の中心に照射されるように自動的に調整することができる。

[0045] <他の実施形態>

上述した走査型プローブ顕微鏡1では、超音波モータ3 0 b、3 1 bを備える構成を示したが、これに代えてステッピングモータ、もしくはその他の駆動系を備えるような構成としてもよい。

産業上の利用可能性

[0046] 本発明は、試料表面の観察に適した走査型プローブ顕微鏡等に使用することができる。

符号の説明

- [0047]
- 1 走査型プローブ顕微鏡
 - 2 0 カンチレバー支持部
 - 2 1 カンチレバー
 - 3 0 光源部
 - 3 0 b 超音波モータ
 - 3 1 光検出部
 - 3 2 試料載置台（試料配置部）
 - 3 2 a 載置面

3 3 C C D カメラ

4 0 制御部

請求の範囲

[請求項1]

試料が配置される試料配置部と、
レーザ光を所定方向に出射する光源部と、
前記試料表面上方に配置されるカンチレバーと、
前記カンチレバーが取付けられるカンチレバー支持部と、
前記カンチレバーの照射面で反射した反射光が照射される受光面を有する光検出部と、
前記受光面における反射光の位置に基づいて、前記試料表面による前記カンチレバーの変位を算出する制御部とを備える走査型プローブ顕微鏡であって、
前記光源部をX Y方向に移動させるステージと、
前記カンチレバー支持部に取付けられた前記カンチレバーの先端部及び前記レーザ光の照射位置を撮影することにより、観察画像を取得する撮像装置とを備え、
前記カンチレバー支持部には複数種類のカンチレバーの内から選択された一のカンチレバーが取付けられることが可能となっており、
前記制御部は、前記カンチレバー支持部に前記カンチレバーが取付けられた際に、前記観察画像に基づいて、前記カンチレバーの特徴点の位置及び前記レーザ光の照射位置を検出し、前記レーザ光が前記照射面に照射されるように前記ステージを制御する光源部制御工程を実行することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

[請求項2]

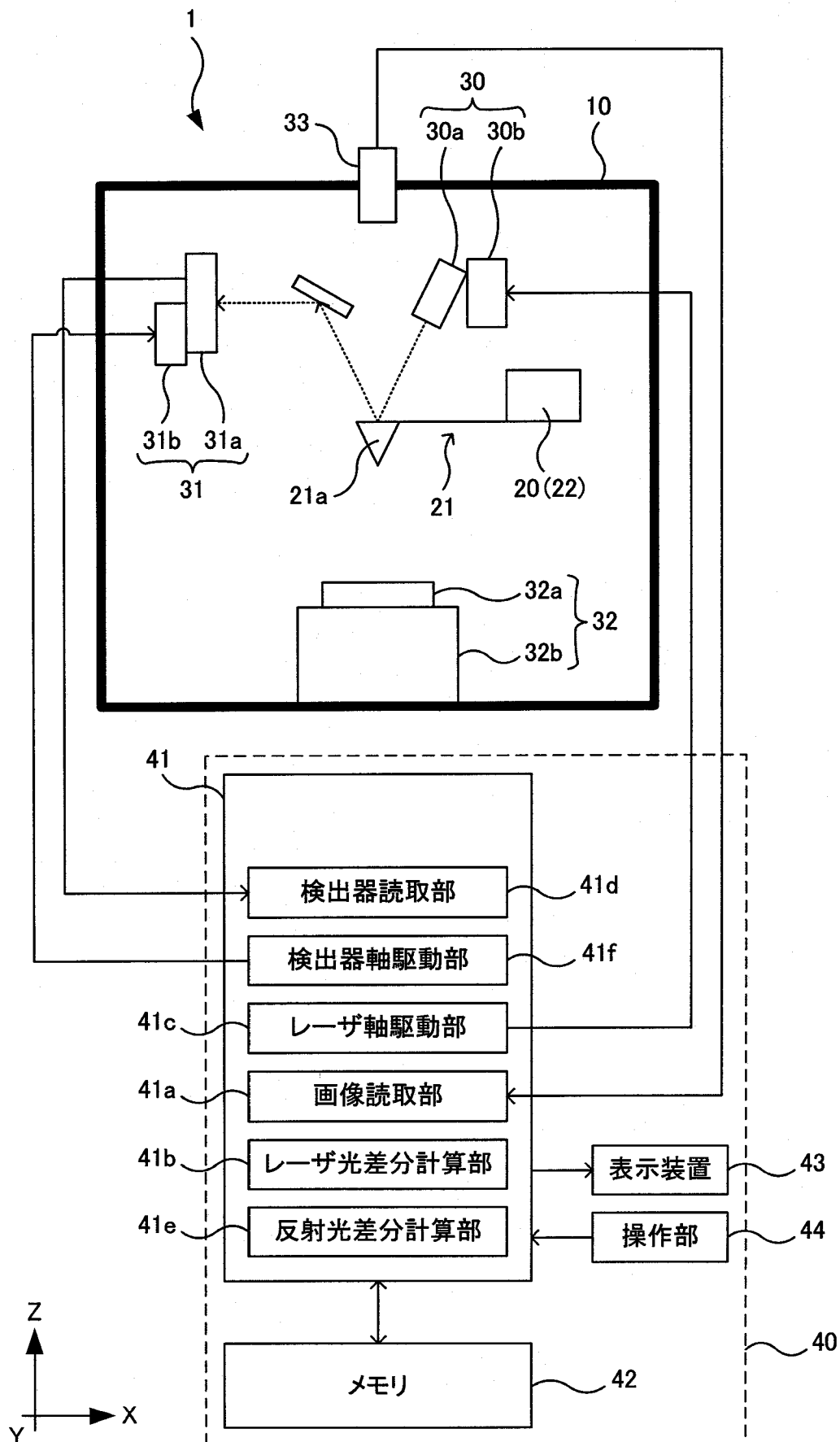
前記光検出部をX Y方向に移動させるステージを備え、
前記制御部は、前記光源部制御工程の実行後、前記光検出部で検出された反射光の位置に基づいて、前記反射光が前記受光面の中心に照射されるように前記ステージを制御する検出部制御工程を実行することを特徴とする請求項1に記載の走査型プローブ顕微鏡。

[請求項3]

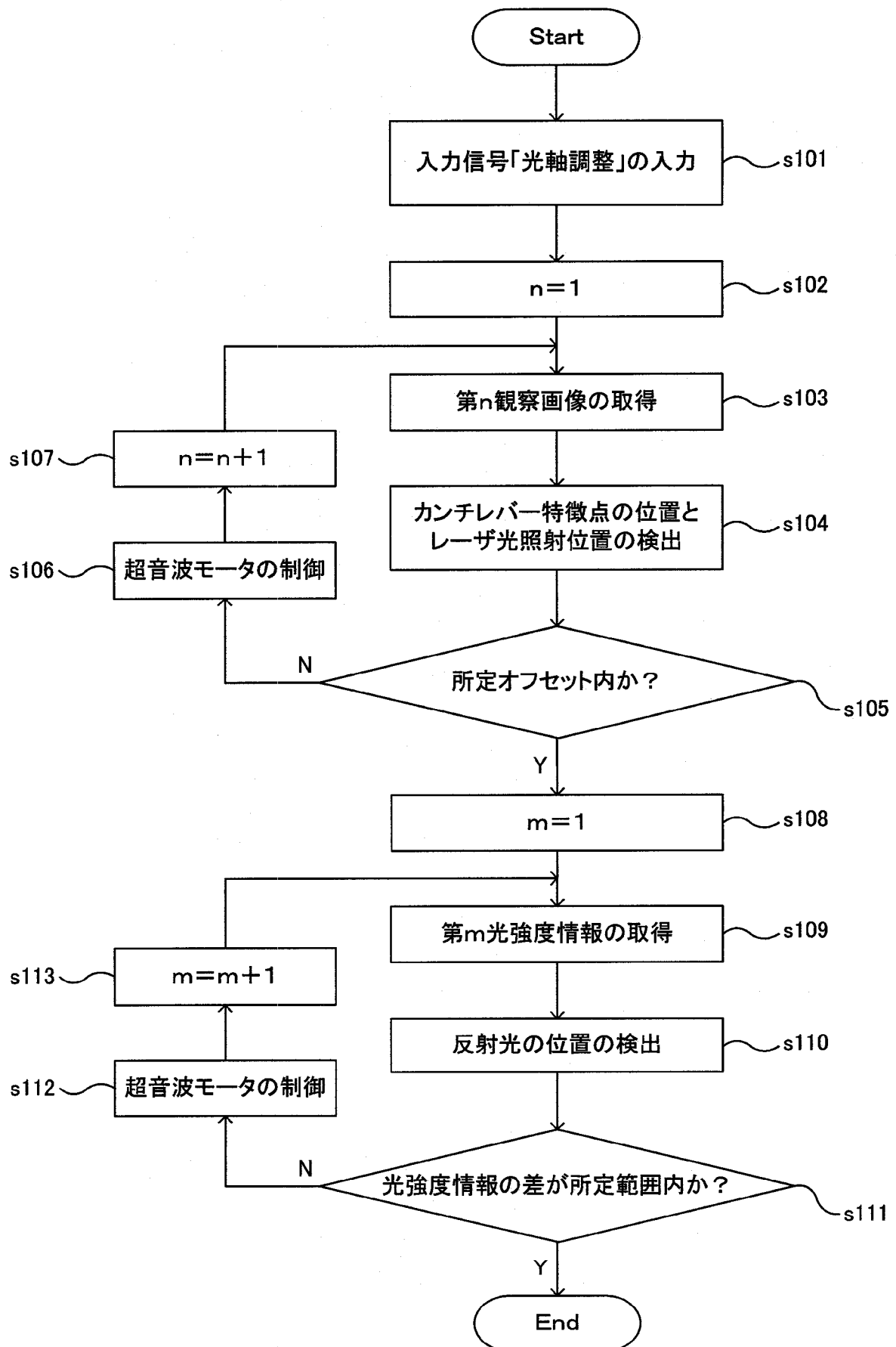
前記カンチレバーの特徴点は、前記カンチレバーの先端であり、
前記光源部制御工程で、前記カンチレバーの先端から末端に向かっ

て所定距離の位置に前記レーザ光が照射されるように前記ステージを制御することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の走査型プロ
ーブ顕微鏡。

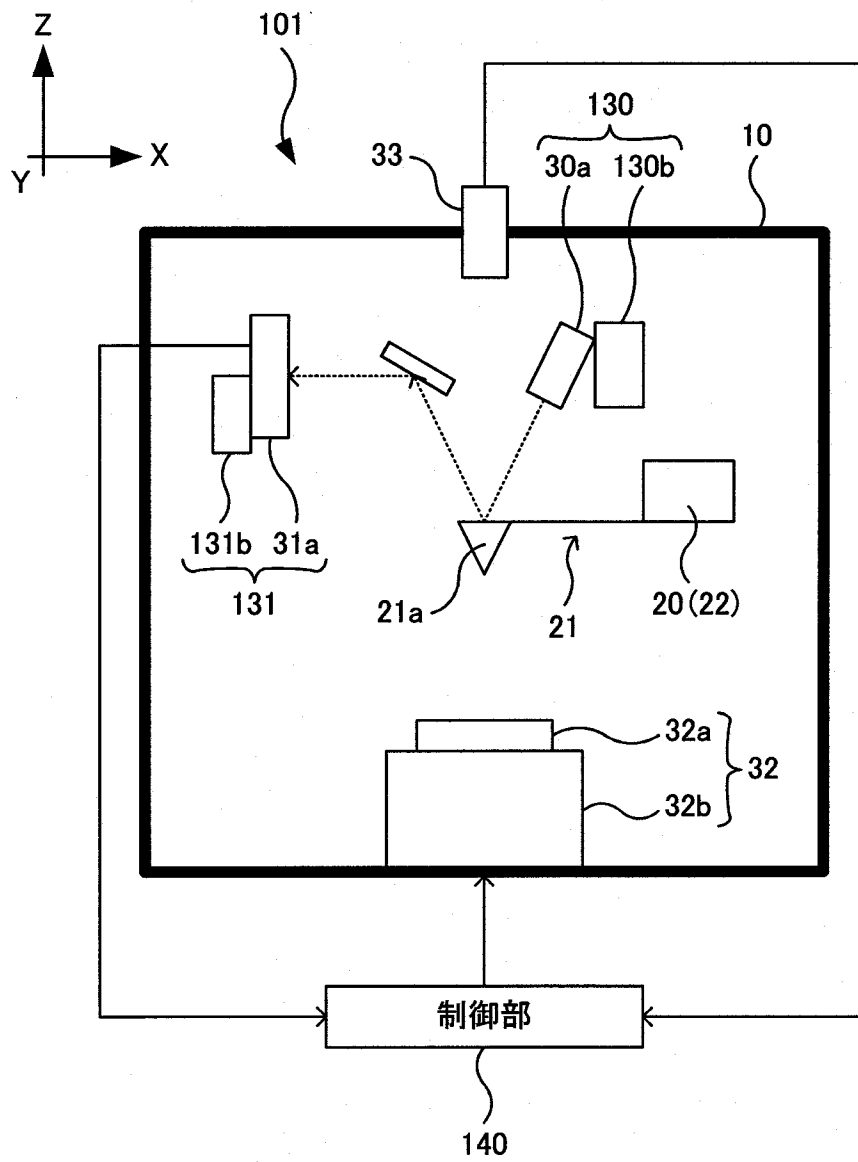
[図1]



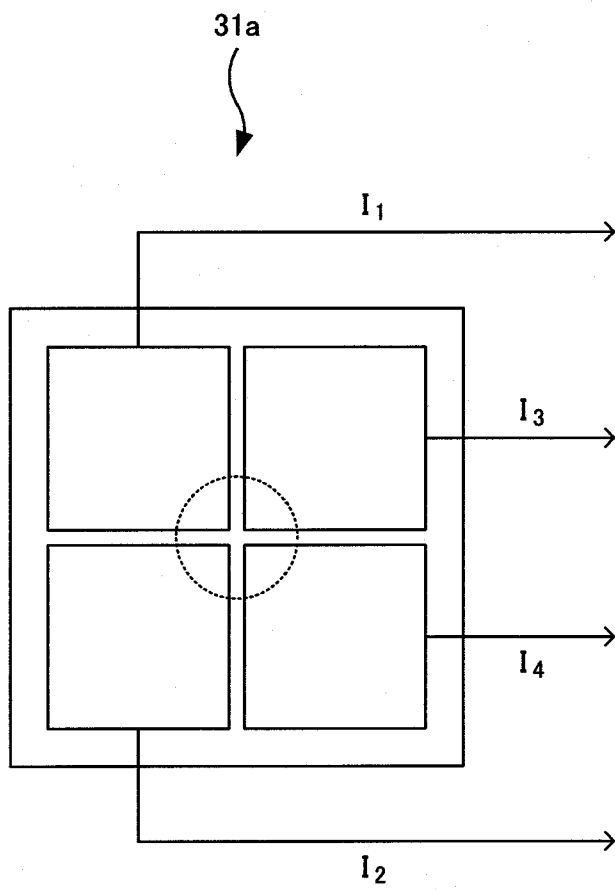
[図2]



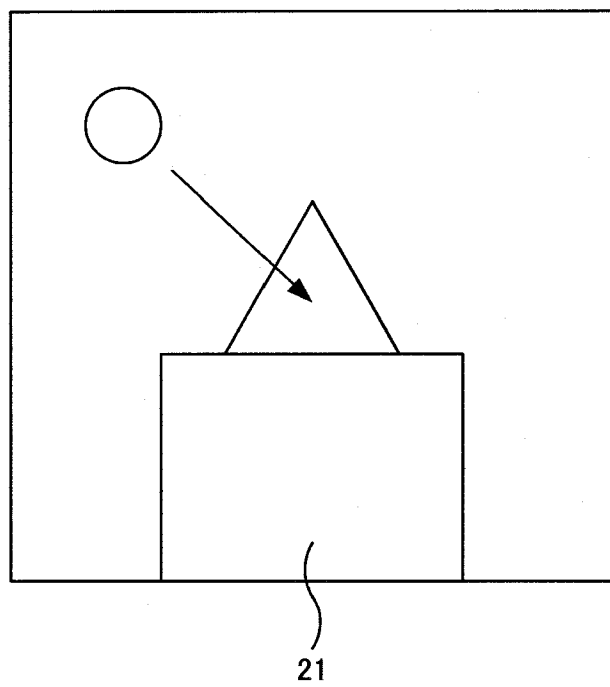
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/065068

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-14611 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 15 January 2003 (15.01.2003), paragraphs [0016] to [0060], [0067] to [0073]; fig. 1 to 11, 13 (Family: none)	1-3
A	JP 2005-535878 A (California Institute of Technology), 24 November 2005 (24.11.2005), paragraphs [0068] to [0077]; fig. 6 to 8 & US 2004/0089816 A1 & EP 1535300 A2	1-3

☐ 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
10 August 2015 (10.08.15)

Date of mailing of the international search report
18 August 2015 (18.08.15)

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）

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	JP 2003-14611 A（オリンパス光学工業株式会社）2003.01.15, [0016]-[0060], [0067]-[0073], [図1]-[図11], [図13] (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2005-535878 A（カリフォルニア インスティテュート オブ テ クノロジー）2005.11.24, [0068]-[0077], [図6]-[図8] & US 2004/0089816 A1 & EP 1535300 A2	1-3

☐ 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。

* 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 0 . 0 8 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 8 . 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）

後藤 大思

2 J

5 2 6 1

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