

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-151187

(P2018-151187A)

(43) 公開日 平成30年9月27日(2018.9.27)

(51) Int.Cl.

GO1Q 20/02 (2010.01)
 GO1Q 10/04 (2010.01)
 GO1B 11/27 (2006.01)

F 1

GO1Q 20/02
 GO1Q 10/04
 GO1B 11/27

テーマコード(参考)

2 F 0 6 5

H

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号
 (22) 出願日

特願2017-45904 (P2017-45904)
 平成29年3月10日 (2017.3.10)

(71) 出願人 000001993
 株式会社島津製作所
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 (74) 代理人 110001069
 特許業務法人京都国際特許事務所
 (72) 発明者 小林 寛治
 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
 (72) 発明者 平出 雅人
 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
 F ターム(参考) 2F065 AA02 AA03 AA19 AA20 BB15
 CC21 DD02 DD06 FF01 FF04
 GG04 JJ24 LL00 LL12 NN20
 PP12 PP24 QQ25 TT02

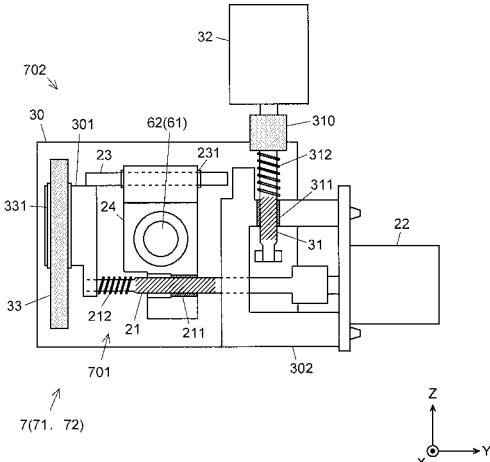
(54) 【発明の名称】走査型プローブ顕微鏡

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】走査型プローブ顕微鏡の光軸調整において、位置調整の対象となる対象物(レーザ光源又は/及び光検出器)を、与えられた調整量だけ精確に移動させることができる技術の提供。

【解決手段】走査型プローブ顕微鏡は、レーザ光源61と、光検出器62と、これらの少なくとも一方に設けられた、対象物をその光軸と直交する面内の第1方向(Y方向)に移動させるY駆動機構701を備える。Y駆動機構701は、Y方向に延在するYねじ軸21と、これに平行に延在するYガイド軸23と、Yねじ軸21に螺合するナット部材211を介してYねじ軸21に連結されるとともに、Yガイド軸23に摺動自在に設けられた摺動部材231を介してYガイド軸23に連結された、対象物を支持する支持部材24と、Yねじ軸21を回転させるY駆動モータ22と、を備える。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光源と、
 前記レーザ光源から出射されてカンチレバーで反射された光を検出する光検出器と、
 前記レーザ光源および前記光検出器の少なくとも一方に設けられた、対象物をその光軸と直交する面内の第1方向に移動させる第1駆動機構と、
 を備え、
 前記第1駆動機構が、
 前記第1方向に延在する第1ねじ軸と、
 前記第1ねじ軸に平行に延在する第1ガイド軸と、
 前記第1ねじ軸に螺合する第1ナット部材を介して前記第1ねじ軸に連結されるとともに、前記第1ガイド軸に摺動自在に設けられた第1摺動部材を介して前記第1ガイド軸に連結された、前記対象物を支持する支持部材と、
 前記第1ねじ軸を回転させる第1駆動モータと、
 を備え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、
 前記対象物を前記面内において前記第1方向と交差する第2方向に移動させる第2駆動機構、
 をさらに備え、
 前記第2駆動機構が、
 前記第2方向に延在する第2ねじ軸と、
 前記第2ねじ軸に平行に延在する第2ガイド軸と、
 前記第2ねじ軸に螺合する第2ナット部材を介して前記第2ねじ軸に連結されるとともに、前記第2ガイド軸に摺動自在に設けられた第2摺動部材を介して前記第2ガイド軸に連結された、前記第1駆動機構を支持するベース部材と、
 与えられた回転角度だけ前記第2ねじ軸を回転させる第2駆動モータと、
 を備える、走査型プローブ顕微鏡。

【請求項 3】

請求項2に記載の走査型プローブ顕微鏡であって、
 前記レーザ光源に設けられてこれを対象物とする第1駆動機構及び第2駆動機構を備え、
 さらに、
 前記カンチレバーに光が照射される部位を撮影する撮像部と、
 前記撮像部が取得した撮像データを解析して前記レーザ光源を目標位置に配置するための調整量を特定するレーザ光源調整量特定部と、
 前記第1駆動モータ及び前記第2駆動モータを制御して、前記第1ねじ軸及び前記第2ねじ軸の各々を前記調整量に応じた各回転角度だけ回転させる駆動モータ制御部と、
 を備える、走査型プローブ顕微鏡。

【請求項 4】

請求項2または3に記載の走査型プローブ顕微鏡であって、
 前記光検出器に設けられてこれを対象物とする第1駆動機構及び第2駆動機構を備え、
 さらに、
 前記光検出器からの検出信号に基づいて、前記光検出器を目標位置に配置するための調整量を特定する光検出器調整量特定部と、
 前記第1駆動モータ及び前記第2駆動モータを制御して、前記第1ねじ軸及び前記第2ねじ軸の各々を前記調整量に応じた各回転角度だけ回転させる駆動モータ制御部と、
 を備える、走査型プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【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。

10

【0003】

原子間力顕微鏡で行われる測定手法として、最近では、コンタクトモードやダイナミックモードと呼ばれるものが用いられることが多い。ダイナミックモードでは、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て、そのときの探針と試料表面の間の相互作用を、カンチレバーの振動の振幅、位相、或いは周波数の変化により検出する手法である。

20

【0004】

図6に一般的な走査型プローブ顕微鏡の要部の構成を示す。観察対象である試料1は、筒状のスキャナ3の上に設けられた試料台2の上に固定される。スキャナ3は、試料1を互いに直交するX、Yの2軸方向に移動させるXYスキャナ30bとX軸及びY軸に直交するZ軸方向に微動させるZスキャナ30a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上下方向（Z軸方向）に振動される。

20

【0005】

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、光検出器62、ハーフミラー63及びミラー64を含む変位検出部（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61から出射されたレーザ光を、ハーフミラー63で略垂直に反射させて、カンチレバー4の先端部背面に設けられた反射面40に照射する。カンチレバー4の反射面40で反射された光は、ミラー64を経て光検出器62に入射する。光検出器62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分割光検出器を備えたものである。カンチレバー4がZ軸方向に変位するとこれら4つの分割受光面に入射する光量の割合が変化し、各分割受光面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。

30

【0006】

上記構成の走査型プローブ顕微鏡における、ダイナミック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の表面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62での検出信号によって振動振幅の微小な変化が検知され、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30aの圧電素子がフィードバック制御される。このような制御を行いつつ、XYスキャナ30bの圧電素子を制御して試料1をX-Y面内で移動させて、試料1の表面を探針5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の表面凹凸画像を作成する。

40

【0007】

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40で反射されたレーザ光の位置（受光量が最も大きい位置）が、光検出器6

50

2の4分割受光面の中央に入射するように、レーザ光源61と光検出器62の位置の調整が行われる。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。

【0008】

従来の一般的な光軸調整は、例えば次のように行われていた。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81の画面上に表示させる。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がカンチレバー4先端の反射面40の適宜の位置に来るよう、レーザ光源61の位置を調整する。具体的には、レーザ光源61にはこれを光軸と直交する面内において互いに直交する2軸方向(Y、Z方向)にそれぞれ移動させるための歯車駆動機構(第1歯車駆動機構)791が設けられており、作業者は、この歯車駆動機構791のハンドル7910を操作することによって、レーザ光源61のY位置およびZ位置を手動で調整する。レーザ光源61の位置が決まると、続いて、反射面40で反射されたレーザ光のスポットが光検出器62の4分割受光面の中央に来るよう、光検出器62の位置(Y位置およびZ位置)を調整する。光検出器62の位置調整も、レーザ光源61の位置調整と同様、作業者が、光検出器62に設けられた歯車駆動機構(第2歯車駆動機構)792のハンドル7920を操作することによって手動で行われる。

【0009】

しかしながら、上記のように、作業者が手動で光学調整を行う様によると、その調整精度が作業者の熟練度によって大きく左右されてしまう。また、調整に相当の時間を要してしまう。

【0010】

そこで、光軸調整を自動で行うための技術が特許文献1で提案されている。ここでは、制御部が、CCDカメラが取得した光学像(すなわち、カンチレバーと光ビーム(レーザ光のスポット)を含む光学像)に基づいて両者の位置関係を特定し、レーザ光源を、その光ビームがカンチレバーの先端部の適宜の位置にくるような位置(目標位置)に移動させる。具体的には、レーザ光源に設けられた2個のステッピングモータ(すなわち、レーザ光源を、X軸に沿って移動させるステッピングモータ、及び、Y軸に沿って移動させるステッピングモータ)をそれぞれ制御することによって、レーザ光源を目標位置まで移動させる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2003-014611号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1の技術においては、光軸調整に係る対象物(レーザ光源又は/及び光検出器)を目標位置まで移動させるために必要な移動量(調整量)を制御部が自動で特定するので、作業者が目視でこれを特定する場合に比べて、安定的に正確な調整量を得ることができる。しかしながら、調整量の特定精度がいくら高くとも、対象物を駆動する駆動機構が与えられた調整量だけ正確に対象物を移動させることができるものでなければ意味がない。

【0013】

この事情は、調整量を作業者が画面上で目視で特定する場合も同様であり、作業者がいかに正確に必要な調整量を把握していても、対象物を駆動する駆動機構が作業者が所望する調整量だけ正確に対象物を移動させることができるものでなければ意味がない。

【0014】

本発明が解決しようとする課題は、走査型プローブ顕微鏡の光軸調整において、位置調整の対象となる対象物(レーザ光源又は/及び光検出器)を、与えられた調整量だけ正確に

移動させることができる技術を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題を解決するために成された本発明は、
レーザ光源と、

前記レーザ光源から出射されてカンチレバーで反射された光を検出する光検出器と、

前記レーザ光源および前記光検出器の少なくとも一方に設けられた、対象物をその光軸と直交する面内の第1方向に移動させる第1駆動機構と、
を備え、

前記第1駆動機構が、
前記第1方向に延在する第1ねじ軸と、
前記第1ねじ軸に平行に延在する第1ガイド軸と、
前記第1ねじ軸に螺合する第1ナット部材を介して前記第1ねじ軸に連結されるとともに、前記第1ガイド軸に摺動自在に設けられた第1摺動部材を介して前記第1ガイド軸に連結された、前記対象物を支持する支持部材と、
前記第1ねじ軸を回転させる第1駆動モータと、
を備える走査型プローブ顕微鏡である。

【0016】

ここで、第1駆動機構が移動させる「対象物」は、該第1駆動機構が設けられたレーザ光源又は/及び光検出器のことを指す。また、対象物の「光軸」とは、対象物がレーザ光源の場合はそこから出射される光の光軸であり、対象物が光検出器の場合はそこに入射する光の光軸である。

【0017】

この発明によると、第1駆動モータが第1ねじ軸を回転させると、支持部材(ひいては、これに支持された対象物)は、第1ガイド軸にガイドされつつ、第1ねじ軸の回転角度に応じた距離だけ所定方向に移動される。ここで、第1ねじ軸の回転角度に対する対象物の移動距離は、第1ねじ軸のリードに応じて規定されるものであり、十分に小さなリードの第1ねじ軸を使用すれば回転角度に対する対象物の移動距離が十分に小さなものとなり、回転角度の誤差に対する移動距離の誤差も十分に小さなものとなる。すなわち、対象物を第1方向に精確に移動させることができる。したがって、必要な調整量に応じた回転角度だけ第1ねじ軸を回転させることで、対象物を、該調整量だけ精確に第1方向に移動させることができる。これにより、光軸調整の精度を高めることができる。

【0018】

本発明において、「第1駆動モータ」及び後述する「第2駆動モータ」は、数値制御が可能なモータであることが好ましく、特に、パルスモータ、ステッピングモータ、サーボモータ、超音波モータ、等であることが好ましい。

【0019】

好ましくは、前記走査型プローブ顕微鏡において、

前記対象物を前記面内であって前記第1方向と交差する第2方向に移動させる第2駆動機構、

をさらに備え、

前記第2駆動機構が、
前記第2方向に延在する第2ねじ軸と、
前記第2ねじ軸に平行に延在する第2ガイド軸と、
前記第2ねじ軸に螺合する第2ナット部材を介して前記第2ねじ軸に連結されるとともに、前記第2ガイド軸に摺動自在に設けられた第2摺動部材を介して前記第2ガイド軸に連結された、前記第1駆動機構を支持するベース部材と、
与えられた回転角度だけ前記第2ねじ軸を回転させる第2駆動モータと、
を備える。

【0020】

10

20

30

40

50

この発明によると、第2駆動モータが第2ねじ軸を回転させると、ベース部材（ひいては、第1駆動機構を介してベース部材上に支持された対象物）は、第2ガイド軸にガイドされつつ、第2ねじ軸の回転角度に応じた距離だけ第2方向に移動される。ここでも、十分に小さなリードの第2ねじ軸を使用すれば、第2ねじ軸の回転角度に対する対象物の移動距離が十分に小さなものとなり、対象物を第2方向に精確に移動させることができる。したがって、必要な調整量に応じた回転角度だけ第2ねじ軸を回転させることで、対象物を、該調整量だけ精確に第2方向に移動させることができる。つまり、対象物を、第1方向及び第2方向のそれぞれに精確に移動させることができるので、対象物を、その光軸と直交する面内の任意の位置に精確に配置することができる。

【0021】

上記の発明において、「第2方向」は、典型的には「第1方向と直交する方向」である。

【0022】

好ましくは、前記走査型プローブ顕微鏡は、
前記レーザ光源に設けられてこれを対象物とする第1駆動機構及び第2駆動機構を備え、
さらに、

前記カンチレバーに光が照射される部位を撮影する撮像部と、
前記撮像部が取得した撮像データを解析して前記レーザ光源を目標位置に配置するための調整量を特定するレーザ光源調整量特定部と、

前記第1駆動モータ及び前記第2駆動モータを制御して、前記第1ねじ軸及び前記第2ねじ軸の各々を前記調整量に応じた各回転角度だけ回転させる駆動モータ制御部と、
を備える。

【0023】

ここで、「レーザ光源の目標位置」は、例えば、レーザ光源の光ビームがカンチレバーの先端部の適宜の位置（例えば最先端位置）にくるような位置である。

【0024】

この発明によると、作業者がレーザ光源の調整量を特定するための作業を行う必要がない。したがって、光軸調整に要する時間が短縮されるとともに、作業者によって調整精度にばらつきが生じる、といった問題も回避できる。

【0025】

好ましくは、前記走査型プローブ顕微鏡は、
前記光検出器に設けられてこれを対象物とする第1駆動機構及び第2駆動機構を備え、
さらに、

前記光検出器からの検出信号に基づいて、前記光検出器を目標位置に配置するための調整量を特定する光検出器調整量特定部と、

前記第1駆動モータ及び前記第2駆動モータを制御して、前記第1ねじ軸及び前記第2ねじ軸の各々を前記調整量に応じた各回転角度だけ回転させる駆動モータ制御部と、
を備える。

【0026】

ここで、「光検出器の目標位置」は、例えば、カンチレバーで反射された光が、光検出器の中央に入射するような位置である。

【0027】

この発明によると、作業者が光検出器の調整量を特定するための作業を行う必要がない。したがって、光軸調整に要する時間が短縮されるとともに、作業者によって調整精度にばらつきが生じる、といった問題も回避できる。

【発明の効果】

【0028】

本発明によると、走査型プローブ顕微鏡の光軸調整において位置調整の対象となる対象物を、与えられた調整量だけ精確に移動させることができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。

【図2】筐体をその外側から見た側面図。

【図3】図2を矢印K方向から見た図。

【図4】光軸調整の流れを示す図。

【図5】別の実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。

【図6】従来の走査型プローブ顕微鏡の要部の構成図。

【発明を実施するための形態】

【0030】

10

以下、本発明の実施形態について、添付図面を参照して説明する。

【0031】

<1. 全体構成>

図1には、実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡100の要部が示されている。なお、図1において、図6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。

【0032】

20

走査型プローブ顕微鏡100は、観察対象である試料1がその上に固定される試料台2、試料1をX、Yの2軸方向に移動させるとともにZ軸方向に微動させるスキヤナ3、試料1の上方に配置されたカンチレバー4、その先端に設けられた探針5、カンチレバー4のZ軸方向の変位を検出するための光学的変位検出部6、その光軸調整において位置調整の対象となる対象物（この実施形態では、レーザ光源61及び光検出器62）を移動させる駆動機構7、カンチレバー4の先端部付近を真上から撮影するためのビデオカメラ（撮像部）8、及び、これら各部の動作を制御する制御部9、等を備える。

【0033】

30

光学的変位検出部6は、レーザ光源61、光検出器62、これらの間に配置されたハーフミラー63及びミラー64、これら各部61～64を格納する筐体65、を備える。なお、図1において、筐体65は断面図で示されている。

【0034】

筐体65における対向する一対の側面の各々には貫通窓651が形成されており、レーザ光源61及び光検出器62の各々は各貫通窓651を臨んで互いに対向するように配置されている。ただし、レーザ光源61及び光検出器62のそれぞれには、光軸調整においてこれを移動させるための駆動機構71, 72（後述する）が接続されており、各貫通窓651はレーザ光源61及び光検出器62が駆動機構71, 72によって移動される範囲よりも大きなサイズとされている。なお、筐体65は、その底面にも貫通窓652が形成されており、ハーフミラー63及びミラー64とカンチレバー4の間での光路が遮断されないようになっている。また、筐体65の上面は開口していて、ビデオカメラ8がカンチレバー4を撮像できるようになっている。

【0035】

40

光学的変位検出部6は、次のようにしてカンチレバー4のZ軸方向の変位を検出する。すなわち、レーザ光源61からレーザ光が出射されると、該レーザ光はハーフミラー63で略垂直に反射されて、カンチレバー4の反射面40に照射される。反射面40で反射された光は、ミラー64を経て光検出器62に入射する。ここで得られた検出信号を、制御部9が演算処理することによって、カンチレバー4の変位量が算出される。

【0036】

<2. 駆動機構7>

上述したとおり、走査型プローブ顕微鏡100では、試料1の観察に先立って、撓みがない状態のカンチレバー4の反射面40で反射されたレーザ光（強度が最も強いレーザ光）が、光検出器62の4分割受光面の中央に入射するように、レーザ光源61と光検出器62の各位置を調整する処理（光軸調整）が行われる。

50

【0037】

走査型プローブ顕微鏡100は、この光軸調整において、位置調整の対象となる対象物であるレーザ光源61と光検出器62をそれぞれ駆動する駆動機構を備える。すなわち、走査型プローブ顕微鏡100は、レーザ光源61を駆動する駆動機構（レーザ光源駆動機構）71と、光検出器62を駆動する駆動機構（光検出器駆動機構）72を備える。レーザ光源駆動機構71と光検出器駆動機構72は同じ構成を有しており、以下単に「駆動機構7」と呼ぶ。

【0038】

光学的変位検出部6の筐体65は、走査型プローブ顕微鏡100の筐体（外部筐体）10内に収容されており、駆動機構7は筐体65の外部であって外部筐体10の内部に配置されている。ただし、上述の通り、レーザ光源駆動機構71と光検出器駆動機構72は同じ要素により構成されているが、各要素は、Z方向およびY方向は同じ位置でX方向についてのみ反対の位置にレイアウトされる。つまり、レーザ光源駆動機構71と光検出器駆動機構72がそれぞれ備える同じ要素は、YZ面内において互いに同じ位置に配置される。このような構成とされることでスペース効率が高まり、走査型プローブ顕微鏡100全体をコンパクトなものとすることができます。

10

【0039】

駆動機構7の構成について、図2、図3を参照しながら説明する。図2は、筐体65をその外側から見た側面図である。図3は、図2を矢印K方向から見た図である。ただし、図及び以下の説明において、レーザ光源61から出射される光の光軸、及び、光検出器62に入射する光の光軸に沿う方向が「X方向」と規定されている。なお、上述したとおり、レーザ光源駆動機構71と光検出器駆動機構72は同じ構成を有しており、そのレイアウトは互いに左右を反転させたものとなっている。したがって、図2を矢印K'方向から見た図は、図3を左右反転させたものとなる。

20

【0040】

駆動機構7は、駆動するべき対象物（レーザ光源61或いは光検出器62）を、その光軸と直交する面内（YZ面内）の第1方向（Y方向）に移動させる第1駆動機構（Y駆動機構）701と、該対象物を、該面内であって第1方向と直交する第2方向（Z方向）に移動させる第2駆動機構（Z駆動機構）702とを備える。

30

【0041】

<Y駆動機構701>

Y駆動機構701は、対象物をY方向に移動させるための機構であり、Y方向に延在するYねじ軸21、これを回転させるY駆動モータ22、Yねじ軸21に平行に延在するYガイド軸23、及び、対象物61, 62を支持する支持部材24を備える。Y駆動モータ22は、制御部9と電気的に接続されており、制御部9から与えられた回転角度だけ回転する（すなわち、数値制御される）。Y駆動モータ22は、具体的には例えば、パルスモータ、ステッピングモータ、サーボモータ、超音波モータ、等により構成することができる。

【0042】

支持部材24は、Yねじ軸21に螺合するナット部材211を介してYねじ軸21に連結されるとともに、Yガイド軸23に摺動自在に設けられた摺動部材231（具体的には例えば、ボールベアリング）を介してYガイド軸23に連結される。

40

【0043】

上記の構成を備えるY駆動機構701は、筐体65のYZ面と平行な外側面（YZ外側面）650に平行な姿勢でYZ外側面650と離間して配置された平板状のベース部材30に支持されている。すなわち、Yガイド軸23は、ベース部材30上に敷設されている。また、ベース部材30の-Y側および+Y側には補助支持部材301及び枠部材302がそれぞれ固定されており、Yねじ軸21は、その-Y側端部において補助支持部材301に、その+Y側端部付近において枠部材302に、それぞれ軸受等を介して回転可能に貫通して設けられている。また、Yねじ軸21の+Y側の端部に接続されたY駆動モータ

50

22も、枠部材302に対してネジ止め等により固定されている。なお、Yねじ軸21の-Y側の端部付近は他の部分よりも小径となっており、この部分にコイルバネ212が外挿されていて、Yねじ軸21がこのコイルバネ212によって軸方向に付勢されるようになっている。これにより、Yねじ軸21がベース部材30に対して軸方向に位置ずれしないように固定されている。

【0044】

この構成において、制御部9がY駆動モータ22に回転角度を与えると、Y駆動モータ22が、該与えられた回転角度だけYねじ軸21を回転させる。すると、これとナット部材211を介して連結された支持部材24（ひいては、これに支持されている対象物61, 62）は、Yガイド軸23にガイドされつつ、該回転角度に応じた距離だけベース部材30に対してY方向に移動される。ここで、Yねじ軸21の回転角度に対する対象物61, 62の移動距離は、Yねじ軸21のリードに応じて規定されるものであり、十分に小さなリードのYねじ軸21を使用すれば回転角度に対する対象物61, 62の移動距離が十分に小さなものとなり、回転角度の誤差に対する移動距離の誤差も十分に小さなものとなる。すなわち、対象物61, 62をY方向に正確に移動させることができる。したがって、必要な調整量に応じた回転角度だけYねじ軸21を回転させることで、対象物61, 62を、該調整量だけ正確にY方向に移動させることができる。すなわち、ベース部材30上において、対象物61, 62を、目標とするY位置まで精度よく移動させることができる。

10

【0045】

< Z駆動機構702 >

Z駆動機構702は、対象物をZ方向に移動させるための機構であり、Z方向に延在するZねじ軸31、これを回転させるZ駆動モータ32、及び、Zねじ軸31に平行に延在するZガイド軸33を備える。Z駆動モータ32は、制御部9と電気的に接続されており、制御部9から与えられた回転角度だけ回転する（すなわち、数値制御される）。Z駆動モータ32は、Y駆動モータ22と同様、具体的には例えば、パルスモータ、ステッピングモータ、サーボモータ、超音波モータ、等により構成することができる。

20

【0046】

Zガイド軸33は、+X側において、筐体65のYZ外側面650上に敷設されている（図3においては、YZ外側面650に対して固定される部材が砂地ハッチングで示されている）。一方、Zガイド軸33の-X側には、摺動部材331（具体的には例えば、ボールベアリング）が摺動自在に設けられており、これがベース部材30（具体的には、補助支持部材301）に連結される。

30

【0047】

Zねじ軸31は、+X側において、固定部材310を介して、筐体65のYZ外側面650に固定されている。一方、Zねじ軸31にはナット部材311が螺合されており、その-X側の側面部分にベース部材30（具体的には、枠部材302）が連結される。なお、Zねじ軸31の+Z側の端部付近には、枠部材302と固定部材310の間に挟まれるようにしてコイルバネ312が外挿されていて、Zねじ軸31がこのコイルバネ312によって軸方向に付勢されるようになっている。これにより、Zねじ軸31が軸方向に位置ずれしないように固定されている。

40

【0048】

この構成において、制御部9がZ駆動モータ32に回転角度を与えると、Z駆動モータ32が、該与えられた回転角度だけZねじ軸31を回転させる。すると、これとナット部材311を介して連結されたベース部材30（ひいては、これに支持されている対象物61, 62）が、Zガイド軸33にガイドされつつ、該回転角度に応じた距離だけ筐体65に対してZ方向に移動される。ここで、Zねじ軸31の回転角度に対する対象物61, 62の移動距離は、Zねじ軸31のリードに応じて規定されるものであり、十分に小さなリードのZねじ軸31を使用すれば回転角度に対する対象物61, 62の移動距離が十分に小さなものとなり、回転角度の誤差に対する移動距離の誤差も十分に小さなものとなる。

50

すなわち、対象物 6 1, 6 2 を Z 方向に精確に移動させることができる。したがって、必要な調整量に応じた回転角度だけ Z ねじ軸 3 1 を回転させることで、対象物 6 1, 6 2 を、該調整量だけ精確に Z 方向に移動させることができる。すなわち、ベース部材 3 0 を、目標とする Z 位置まで精度よく移動させることができる。上述したとおり、Y 駆動機構 7 0 1 によって、ベース部材 3 0 上において、対象物 6 1, 6 2 を目標とする Y 位置まで精度よく移動させることができるので、両駆動機構 7 0 1, 7 0 2 によって、対象物 6 1, 6 2 を Y Z 面内における任意の目標位置まで精度良く移動させることができる。

【 0 0 4 9 】

＜ 3 . 光軸調整に係る機能要素 ＞

再び図 1 を参照する。制御部 9 には、光軸調整に関する機能要素として、レーザ光源調整量特定部 9 1、レーザ光源駆動モータ制御部 9 2、光検出器調整量特定部 9 3、及び、光検出器駆動モータ制御部 9 4、を備える。ただし、制御部 9 の実体はパーソナルコンピュータであり、例えば、CPU により走査型プローブ顕微鏡制御用のプログラムを実行することにより、これらの機能要素（機能ロック）が具現化される。なお、制御部 9 には、図示しない表示部および入力部が接続される。

10

【 0 0 5 0 】

レーザ光源調整量特定部 9 1 は、レーザ光源 6 1 の調整量を特定する。具体的には、レーザ光源調整量特定部 9 1 は、ビデオカメラ 8 にカンチレバー 4 の先端付近（カンチレバー 4 にレーザ光が照射される部位）を真上から撮像させ、得られた撮像データを解析して、カンチレバー 4 の先端位置とレーザ光の照射位置（スポット像の位置）を特定する。そして、レーザ光源 6 1 を目標位置（すなわち、レーザ光のスポット像がカンチレバー 4 の先端部の適宜の位置に来るようなレーザ光源 6 1 の位置）に配置するために必要な調整量（Y 方向の調整量（Y 調整量）、及び、Z 方向の調整量（Z 調整量））を特定する。例えば、レーザ光源 6 1 の目標位置が、レーザ光スポット像がカンチレバー 4 の最先端位置に配置されるような位置である場合、撮像画像の面内の直交する二軸方向（X Y 方向）について、カンチレバー 4 の先端位置とレーザ光の照射位置の差分を計算し、X 方向及び Y 方向についての各差分値（あるいは、これを実際の長さに換算したもの）を、Z 調整量及び Y 調整量としてそれぞれ取得する。

20

【 0 0 5 1 】

レーザ光源駆動モータ制御部 9 2 は、レーザ光源調整量特定部 9 1 が特定した調整量に基づいて、レーザ光源駆動機構 7 1 の各駆動モータ 2 2, 3 2 を制御して、各ねじ軸 2 1, 3 1 を該調整量に応じた回転角度だけ回転させる。具体的には、レーザ光源駆動モータ制御部 9 2 は、レーザ光源調整量特定部 9 1 が特定した Y 調整量を Y 駆動モータ 2 2 の駆動量に変換し（具体的には、該 Y 調整量だけレーザ光源 6 1 を移動させるために必要な Y ねじ軸 2 1 の回転角度を算出し）、該駆動量に基づいて Y 駆動モータ 2 2 を制御して、Y ねじ軸 2 1 を該回転角度だけ回転させる。同様に、レーザ光源調整量特定部 9 1 が特定した Z 調整量を Z 駆動モータ 3 2 の駆動量に変換し（具体的には、該 Z 調整量だけレーザ光源 6 1 を移動させるために必要な Z ねじ軸 3 1 の回転角度を算出し）、該駆動量に基づいて Z 駆動モータ 3 2 を制御して、Z ねじ軸 3 1 を該回転角度だけ回転させる。

30

【 0 0 5 2 】

光検出器調整量特定部 9 3 は、光検出器 6 2 の調整量を特定する。具体的には、光検出器調整量特定部 9 3 は、光検出器 6 2 からの検出信号を取得し、レーザ光の入射位置（受光量が最も大きい位置）を特定する。入射位置の特定は、例えば、光検出器 6 2 の各分割受光面の受光強度を比較することにより求めることができる。そして、光検出器 6 2 を目標位置（すなわち、レーザ光が光検出器 6 2 の 4 分割受光面の中央に入射するような光検出器 6 2 の位置）に配置するために必要な調整量（Y 方向の調整量（Y 調整量）、及び、Z 方向の調整量（Z 調整量））を特定する。例えば、光検出器 6 2 の面内の直交する二軸方向（Y Z 方向）について、光検出器 6 2 の中央とレーザ光の入射位置の差分を計算し、Y 方向及び Z 方向についての各差分値（あるいは、これを実際の長さに換算したもの）を、Y 調整量及び Z 調整量としてそれぞれ取得する。

40

50

【0053】

光検出器駆動モータ制御部94は、光検出器調整量特定部93が特定した調整量に基づいて、光検出器駆動機構72の各駆動モータ22,32を制御して、各ねじ軸21,31を該調整量に応じた回転角度だけ回転させる。具体的には、光検出器駆動モータ制御部94は、光検出器調整量特定部93が特定したY調整量をY駆動モータ22の駆動量に変換し(具体的には、該Y調整量だけ光検出器62を移動させるために必要なYねじ軸21の回転角度を算出し)、該駆動量に基づいてY駆動モータ22を制御して、Yねじ軸21を該回転角度だけ回転させる。同様に、光検出器調整量特定部93が特定したZ調整量をZ駆動モータ32の駆動量に変換し(具体的には、該Z調整量だけ光検出器62を移動させるために必要なZねじ軸31の回転角度を算出し)、該駆動量に基づいてZ駆動モータ32を制御して、Zねじ軸31を該回転角度だけ回転させる。

10

【0054】

<4. 光軸調整に係る処理の流れ>

次に、走査型プローブ顕微鏡100において行われる光軸調整の流れを、図4を参照しながら説明する。図4は、光軸調整の流れを示す図である。なお、以下の一連の処理は、光軸調整の実行指示を作業者が入力部から与えた場合に実行される。

【0055】

ただし、光軸調整に先立って、レーザ光源61及び光検出器62の原点検出が行われる。すなわち、走査型プローブ顕微鏡100には、レーザ光源61(及び光検出器62)のY方向及びZ方向の各原点位置を検出するためのリミットセンサ(具体的には例えば、透過型光電センサ)70(図1参照)が所定位置に設けられており、このリミットセンサ70を用いて原点検出が行われる。例えば、レーザ光源61のY方向の原点検出の場合、Y駆動機構701がレーザ光源61をY方向に移動させ、Y方向の所定位置に配置されたリミットセンサ70が被検出部700(すなわち、レーザ光源61に対して固定された被検出部700)を検出したときのレーザ光源61のY位置(あるいは、該位置と所定の相対位置関係にある位置)を、原点位置として記憶する。同様にして、レーザ光源61のZ方向の原点検出、及び、光検出器62のY方向及びZ方向の原点検出が行われる。各軸の原点位置が特定されると、これに予め規定された可動距離を加算して、各軸における可動限界位置が更に特定される。もっとも、可動限界位置を特定するためのリミットセンサ70を、原点位置を特定するためのリミットセンサ70とは別に設けても良い。以下に説明する光軸調整において、レーザ光源調整量特定部91及び光検出器調整量特定部93は、ここで検出された原点位置及び可動限界位置を参照しつつ、必要な調整量等を特定する。

20

【0056】

光軸調整にあたっては、まず、レーザ光源調整量特定部91が、ビデオカメラ8にカンチレバー4の先端付近を真上から撮像させ、得られた撮像データを解析して、レーザ光源61を目標位置に配置するために必要なY調整量及びZ調整量を特定する(ステップS1)。

30

【0057】

続いて、レーザ光源駆動モータ制御部92が、ステップS1で特定された調整量をレーザ光源駆動機構71の駆動量に変換し、該駆動量に基づいてレーザ光源駆動機構71を制御して、各ねじ軸21,31を所定の回転角度(すなわち、レーザ光源61を目標位置に移動させるために必要な回転角度)だけ回転させる(ステップS2)。上述したとおり、レーザ光源駆動機構71は、レーザ光源61をY方向及びZ方向の各方向に精確に移動させることができるので、ここでレーザ光源61を目標位置に高精度に配置することができる。ひいては、高精度な光軸調整を行うことができる。

40

【0058】

続いて、光検出器調整量特定部93が、光検出器62からの検出信号を取得し、レーザ光の入射位置に基づいて、光検出器62を目標位置に配置するために必要なY調整量及びZ調整量を特定する(ステップS3)。

50

【0059】

続いて、光検出器駆動モータ制御部 9 4 が、ステップ S 3 で特定された調整量を光検出器駆動機構 7 2 の駆動量に変換し、該駆動量に基づいて光検出器駆動機構 7 2 を制御して、各ねじ軸 2 1, 3 1 を該所定の回転角度（すなわち、光検出器 6 2 を目標位置に移動させるために必要な回転角度）だけ回転させる（ステップ S 4）。上述したとおり、光検出器駆動機構 7 2 は、光検出器 6 2 を Y 方向及び Z 方向の各方向に精確に移動させることができるので、ここで光検出器 6 2 を目標位置に高精度に配置することができる。ひいては、高精度な光軸調整を行うことができる。

【 0 0 6 0 】

なお、ステップ S 2 の処理の後（あるいはステップ S 4 の処理の後）に、レーザ光源 6 1 の位置が目標位置（具体的には、目標位置から許容される誤差範囲内の位置）にあるか否かを判定し（具体的には、ビデオカメラ 8 にカンチレバー 4 の先端付近を撮像させて、レーザ光スポット像がカンチレバー 4 先端の適宜の位置（具体的には、該位置から許容される誤差範囲内の位置）にあるか否かを判定し）、ここで肯定的な判定結果が得られない場合は、ステップ S 1 ~ ステップ S 2（あるいは、ステップ S 1 ~ ステップ S 4）の処理を再度行う構成としてもよい。

同様に、ステップ S 4 の処理の後に、光検出器 6 2 の位置が目標位置にあるか否かを判定し（具体的には、光検出器 6 2 におけるレーザ光の入射位置を特定し、これが光検出器 6 2 の 4 分割受光面の中央から許容される誤差範囲内の位置にあるか否かを判定し）、ここで肯定的な判定結果が得られない場合は、ステップ S 3 ~ ステップ S 4 の処理を再度行う構成としてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

< 5 . 他の実施形態 >

上記の実施形態においては、光軸調整に係るレーザ光源 6 1 及び光検出器 6 2 の各調整量は制御部 9 によって特定されたが、該調整量はユーザが指定するものであってもよい。図 5 には、この実施形態に係る走査型プローブ顕微鏡 1 0 0 a の要部が示されている。なお、図 5 において、図 1 に示した走査型プローブ顕微鏡 1 0 0 と同じ構成要素には同じ符号を付して説明を省略する。

この走査型プローブ顕微鏡 1 0 0 a の制御部 9 a は、レーザ光源調整量特定部 9 1 に代えてレーザ光源調整量指定受付部 9 1 a を備え、光検出器調整量特定部 9 3 に代えて光検出器調整量指定受付部 9 3 a を備える。そして、レーザ光源調整量指定受付部 9 1 a 及び光検出器調整量指定受付部 9 3 a が、作業者が入力部 9 0 1 から与えた数値を、レーザ光源 6 1（あるいは、光検出器 6 2）の調整量としてそれぞれ受け付ける。

【 0 0 6 2 】

上記の実施形態においては、レーザ光源 6 1 と光検出器 6 2 の両方が光軸調整において位置調整の対象とされていたが、レーザ光源 6 1 と光検出器 6 2 のいずれか一方が、該位置調整の対象とされてもよい。この場合、位置調整の対象となる方だけに駆動機構 7 を設ければよい。すなわち、レーザ光源 6 1 及び光検出器 6 2 の両方に駆動機構 7 を設けることは必須ではなく、いずれか一方のみに駆動機構 7 を設ける構成としてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

1 0 0, 1 0 0 a ... 走査型プローブ顕微鏡

1 ... 試料

2 ... 試料台

3 ... スキャナ

3 0 a ... Z スキャナ

3 0 b ... X Y スキャナ

4 ... カンチレバー

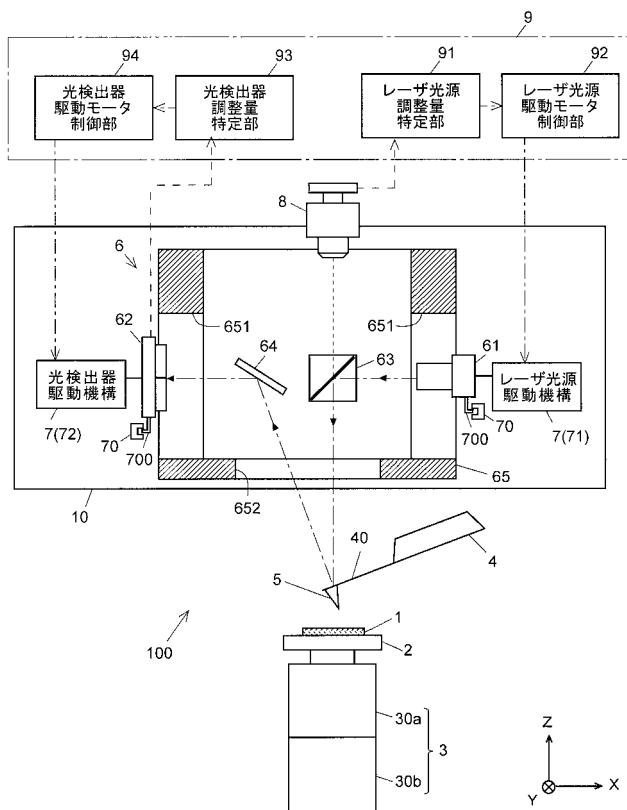
4 0 ... 反射面

5 ... 探針

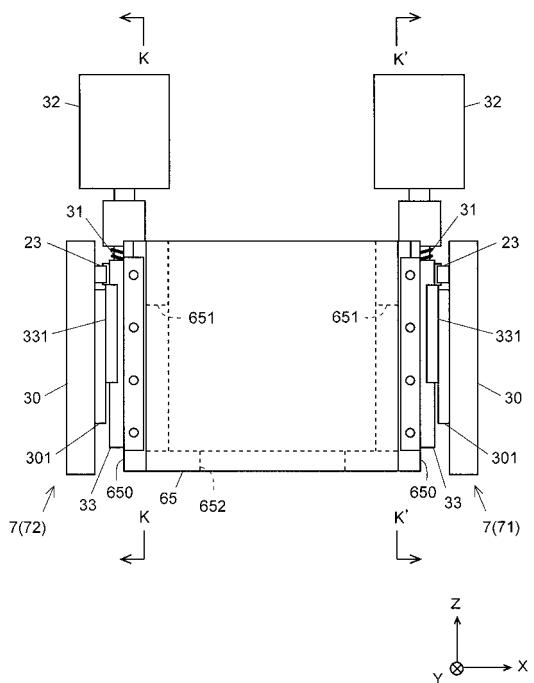
6 ... 光学的変位検出部

6 1 ... レーザ光源	
6 2 ... 光検出器	
6 3 ... ハーフミラー	
6 4 ... ミラー	
6 5 ... 筐体	
6 5 1 , 6 5 2 ... 貫通窓	
7 ... 駆動機構	
7 0 1 ... Y駆動機構	
2 1 ... Yねじ軸	
2 1 1 ... ナット部材	10
2 1 2 ... コイルバネ	
2 2 ... Y駆動モータ	
2 3 ... Yガイド軸	
2 3 1 ... 摺動部材	
2 4 ... 支持部材	
7 0 2 ... Z駆動機構	
3 0 ... ベース部材	
3 0 1 ... 補助支持部材	
3 0 2 ... 枠部材	
3 1 ... Zねじ軸	20
3 1 0 ... 固定部材	
3 1 1 ... ナット部材	
3 1 2 ... コイルバネ	
3 2 ... Z駆動モータ	
3 3 ... Zガイド軸	
3 3 1 ... 摺動部材	
7 0 ... リミットセンサ	
7 1 ... レーザ光源駆動機構	
7 2 ... 光検出器駆動機構	
8 ... ビデオカメラ	30
9 , 9 a ... 制御部	
9 1 ... レーザ光源調整量特定部	
9 1 a ... レーザ光源調整量指定受付部	
9 2 ... レーザ光源駆動モータ制御部	
9 3 ... 光検出器調整量特定部	
9 3 a ... 光検出器調整量指定受付部	
9 4 ... 光検出器駆動モータ制御部	

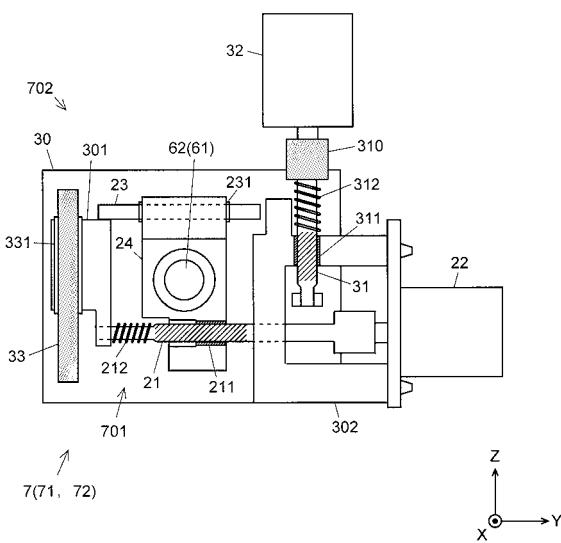
【図1】



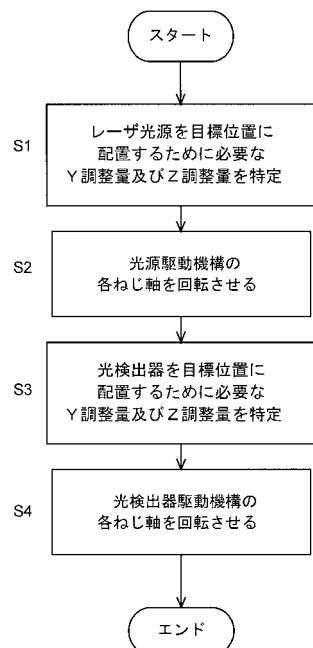
【図2】



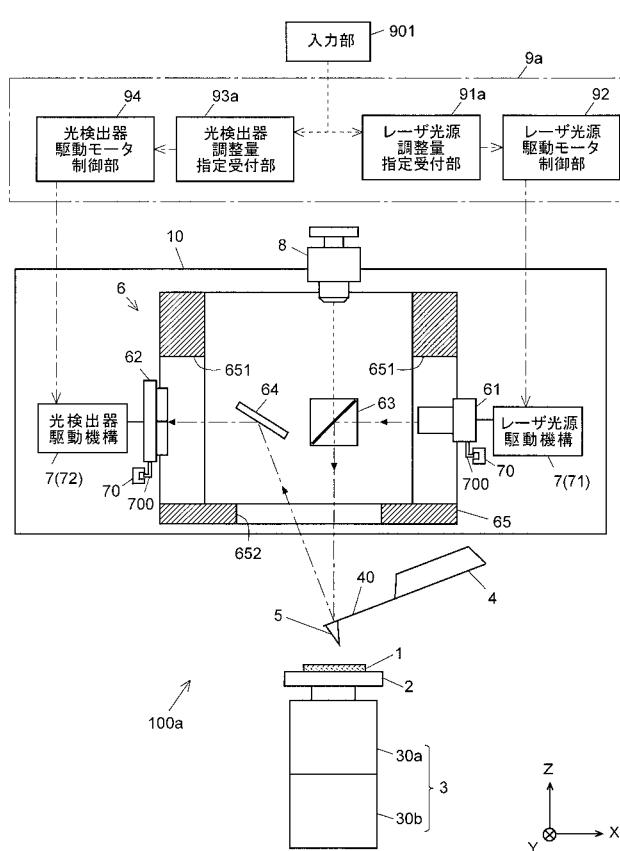
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

