

(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2019-60831

(P2019-60831A)

(43) 公開日 平成31年4月18日(2019.4.18)

(51) Int.Cl.
G01N 21/63 (2006.01)

F I
G O I N 21/63

テーマコード (参考)
2 G O 4 3

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2017-188050 (P2017-188050)
(22) 出願日 平成29年9月28日 (2017.9.28)

(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 伊藤 喜直
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) 2G043 AA01 CA05 EA06 EA10 GA03
GB01 JA04 KA01 KA09 LA03

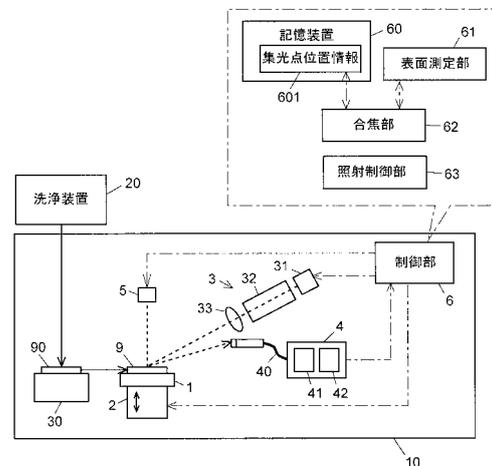
(54) 【発明の名称】 レーザ誘起分析装置、および、レーザ誘起分析方法

(57) 【要約】

【課題】 サンプルの形状がどのようなものであっても、精度の高い分析精度を得ることができる技術を提供する。

【解決手段】 レーザ誘起分析装置は、サンプル9が載置されるステージ1と、ステージ1を、その上面と交差する所定の移動方向に移動させる駆動機構2と、レーザ光の集光点Pを通り該移動方向と平行な線上にある表面の位置Poを測定する表面センサ5と、表面センサ5が測定した位置Poが集光点Pの位置に一致するように駆動機構を制御する合焦部と、を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

レーザ光を集光してサンプルの表面に照射し、該照射により発生した光の発光スペクトルに基づいて該サンプルの分析を行うレーザ誘起分析装置であって、

前記サンプルが載置されるステージと、

前記ステージを、その上面と交差する所定の移動方向に移動させる駆動機構と、

前記レーザ光の集光点を通り前記移動方向と平行な線上にある表面の位置を測定する表面センサと、

前記表面センサが測定した位置が前記集光点の位置に一致するように前記駆動機構を制御する合焦部と、

を備える、レーザ誘起分析装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のレーザ誘起分析装置であって、

前記ステージを、その上面と平行な面内で移動させる面内駆動機構、

をさらに備える、レーザ誘起分析装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のレーザ誘起分析装置であって、

前記面内駆動機構が、

前記ステージを、その上面と直交する回転軸の周りに回転させる回動機構、

を備える、レーザ誘起分析装置。

20

【請求項 4】

請求項 2 または 3 に記載のレーザ誘起分析装置であって、

前記面内駆動機構が、

前記ステージを、その上面と平行であり互いに非平行な 2 本の直線軸の各々に沿って移動させる直動機構、

を備える、レーザ誘起分析装置。

【請求項 5】

請求項 2 から 4 のいずれかに記載のレーザ誘起分析装置であって、

前記面内駆動機構を制御して前記ステージを移動させつつ、レーザ光を複数回出射させる照射制御部、

をさらに備える、レーザ誘起分析装置。

30

【請求項 6】

レーザ光を集光してサンプルの表面に照射し、該照射により発生した光の発光スペクトルに基づいて該サンプルの分析を行うレーザ誘起分析方法であって、

前記サンプルをステージに載置する載置工程と、

前記レーザ光の集光点を通り、前記ステージの上面と交差する所定方向と平行な線上にある表面の位置を測定する表面測定工程と、

前記ステージを前記所定方向に移動させて、前記表面測定工程で測定された位置を前記集光点の位置と一致させる合焦工程と、

を備える、レーザ誘起分析方法。

40

【請求項 7】

請求項 6 に記載のレーザ誘起分析方法であって、

前記ステージをその上面と平行な面内に規定される所定軌道に沿って移動させつつ、レーザ光を複数回出射させる繰り返し照射工程、

をさらに備える、レーザ誘起分析方法。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のレーザ誘起分析方法であって、

前記繰り返し照射工程が行われる間、レーザ光の出射と交互に繰り返して前記表面測定工程を行う、

レーザ誘起分析方法。

50

【請求項 9】

請求項 7 に記載のレーザ誘起分析方法であって、

前記繰り返し照射工程の前に、前記ステージを前記所定軌道に沿って移動させつつ前記表面測定工程を複数回繰り返し行う、

レーザ誘起分析方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、分析対象物をレーザ誘起プラズマ分光法 (Laser-Induced Plasma Spectroscopy: LIPS) により分析する技術に関する。

10

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、液体状態から蒸発乾固によって固体化された物質を、レーザ誘起プラズマ分光法を用いて分析する装置が記載されている。ここでは、まず、液体状態の物質を定形のプレート上に微量滴下し、これを加熱して溶媒を蒸発させる。そして、プレート上に残された物質 (乾固物質) をレーザ誘起プラズマ分光法により分析して、該物質に含まれる元素の種類および量 (濃度) を特定する。

【0003】

ここで、レーザ誘起プラズマ分光法について説明する。この分析手法では、レーザ装置から短パルスのレーザ光を出射し、レンズで集光 (フォーカシング) してサンプル表面に照射する。このとき、レーザ光が集光されたスポット (集光点) において高温高密度のプラズマ (破壊プラズマ) が生成され、該スポットにおいてサンプル表面にある原子が励起される。励起された原子は固有の波長の光を放射して状態遷移する。したがって、このときに発生した光の発光スペクトルを分光器で取得し、該発光スペクトルに現れるピーク的位置 (波長) および強度を特定することで、サンプルに含まれる元素の種類および量 (濃度) を特定することができる。

20

なお、この手法でガス中に含まれる物質を特定する場合は、レーザ誘起ブレイクダウン分光法 (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: LIBS) と呼ばれることもある。

【先行技術文献】**【特許文献】**

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2016 - 95139 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

上記の通り、従来は、サンプルを得る手法として、分析すべき液体を所定の定形プレート (典型的には、矩形平板状のシリコンチップ) 上に微量滴下して蒸発乾固させる、というものが一般的であった。

【0006】

近年、このような手法とは異なる手法でサンプルを得ることも考えられている。例えば、分析すべき液体が流れる配管の端にサンプル捕獲用のチューブ (例えば樹脂チューブ) を予め連設しておく。配管内に該液体が流れない時間帯があると、このチューブの内壁に該液体が蒸発乾固した物質 (乾固物質) が付着する。そこで、このチューブの一部を切り取ることにより、チューブ片の内面に乾固物質が付着したサンプルを得ることができる。

40

【0007】

分析装置に搬入されたサンプルは、所定のステージ上に載置されて、レーザ光の照射を受ける。従来の分析装置では、定形プレート上に乾固物質が付着したものがサンプルとして搬入されてくるのが前提とされており、このようなサンプルがステージに載置されたときに、レーザ光の集光点が該サンプルの表面と一致するように、レーザ装置やレンズ等の光学調整がなされていた。

50

【0008】

このため、例えば、チューブ片の内面に乾固物質が付着したサンプルのように表面が非平坦なサンプル、表面が平坦であっても厚みが定形プレートとは異なるサンプル、等が、ステージ上に載置された場合、該サンプルの表面がレーザ光の集光点と一致することが保証されない。サンプルの表面がレーザ光の集光点からずれた位置にくると、レーザ光がサンプルの表面に十分に集光されず、十分なエネルギー密度が得られない。その結果、サンプルの表面にある原子が十分に励起されず、十分な発光強度が得られない。これにより、分析精度が低化してしまう。

【0009】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、サンプルの形状がどのようなものであっても、精度の高い分析精度を得ることができる技術の提供を目的としている。

10

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために成された本発明は、

レーザ光を集光してサンプルの表面に照射し、該照射により発生した光の発光スペクトルに基づいて該サンプルの分析を行うレーザ誘起分析装置であって、

前記サンプルが載置されるステージと、

前記ステージを、その上面と交差する所定の移動方向に移動させる駆動機構と、

前記レーザ光の集光点を通り前記移動方向と平行な線上にある表面の位置を測定する表面センサと、

20

前記表面センサが測定した位置が前記集光点の位置に一致するように前記駆動機構を制御する合焦部と、

を備える。

【0011】

この構成によると、ステージ上にサンプルが載置された状態において、表面センサは、レーザ光の集光点を通りステージの移動方向と平行な線上にあるサンプルの表面の位置を測定することになり、該位置が集光点の位置と一致するようにステージが移動される。すなわち、ステージが、これに載置されたサンプルの表面内にレーザ光の焦点位置が含まれるように移動される。したがって、サンプルの形状がどのようなものであっても、その表面にレーザ光を十分に集光することができる。ひいては、精度の高い分析精度を得ることができる。

30

【0012】

好ましくは、前記レーザ誘起分析装置は、

前記ステージを、その上面と平行な面内で移動させる面内駆動機構、
をさらに備える。

【0013】

この構成によると、ステージをその上面と平行な面内で移動させることによって、ステージ上のサンプルの表面内における適宜の位置にレーザ光を照射することができる。

【0014】

上記の面内駆動機構は、ステージを、その上面と直交する回転軸の周りに回転させる回転機構を備えてもよい。あるいは、該面内駆動機構は、ステージを、その上面と平行であり互いに非平行な2本の直線軸の各々に沿って移動させる直動機構を備えてもよい。あるいは、該面内駆動機構は、該回転機構と該直動機構の両方を備えてもよい。

40

【0015】

好ましくは、前記レーザ誘起分析装置は、

前記面内駆動機構を制御して前記ステージを移動させつつ、レーザ光を複数回出射させる照射制御部、

をさらに備える。

【0016】

この構成によると、サンプル表面における互いに異なる複数の位置の各々にレーザ光を

50

照射して複数の発光スペクトルを得ることができる。これら複数の発光スペクトルを例えば積算あるいは平均することで、ノイズの影響を低減してS/N比を大きくすることができる。

【0017】

また、別の態様に係る本発明は、

レーザ光を集光してサンプルの表面に照射し、該照射により発生した光の発光スペクトルに基づいて該サンプルの分析を行うレーザ誘起分析方法であって、

前記サンプルをステージに載置する載置工程と、

前記レーザ光の集光点を通り、前記ステージの上面と交差する所定方向と平行な線上にある表面の位置を測定する表面測定工程と、

前記ステージを前記所定方向に移動させて、前記表面測定工程で測定された位置を前記集光点の位置と一致させる合焦工程と、
を備える。

10

【0018】

好ましくは、前記レーザ誘起分析方法は、

前記ステージをその上面と平行な面内に規定される所定軌道に沿って移動させつつ、レーザ光を複数回出射させる繰り返し照射工程、

をさらに備える。

【0019】

前記レーザ誘起分析方法において、

前記繰り返し照射工程が行われる間、レーザ光の出射と交互に繰り返して前記表面測定工程を行うことが好ましい。

20

【0020】

この構成によると、ステージをその上面と平行な面内で所定軌道に沿って移動させる回数が1回で済むので、レーザ光の照射回数が比較的少ない場合に、繰り返し照射工程および表面測定工程に要する総時間を短く抑えることができる。

【0021】

あるいは、前記レーザ誘起分析方法において、

前記繰り返し照射工程の前に、前記ステージを前記所定軌道に沿って移動させつつ前記表面測定工程を複数回繰り返し行うことも好ましい。

30

【0022】

この構成によると、繰り返し照射工程に要する時間を短く抑えることができるので、レーザ光の照射回数が比較的多い場合に、繰り返し照射工程および表面測定工程に要する総時間を短く抑えることができる。

【発明の効果】

【0023】

本発明によると、サンプルの形状がどのようなものであっても、その表面にレーザ光を十分に集光することができる。ひいては、精度の高い分析精度を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

40

【図1】第1実施形態に係るレーザ誘起分析装置の構成を模式的に示す図。

【図2】該レーザ誘起分析装置で実行される合焦動作を説明するための図。

【図3】該レーザ誘起分析装置で実行される処理の流れを示す図。

【図4】第2実施形態に係るレーザ誘起分析装置の構成を模式的に示す図。

【図5】該レーザ誘起分析装置で実行される合焦動作を説明するための図。

【図6】位置情報テーブルの構成例を示す図。

【図7】該レーザ誘起分析装置で実行される処理の流れを示す図。

【図8】第3実施形態に係るレーザ誘起分析装置の構成を模式的に示す図。

【図9】該レーザ誘起分析装置で実行される処理の流れを示す図。

【図10】第4実施形態に係るレーザ誘起分析装置の構成を模式的に示す図。

50

【図 1 1】該レーザ誘起分析装置で実行される合焦動作を説明するための図。

【図 1 2】該レーザ誘起分析装置で実行される処理の流れを示す図。

【発明を実施するための形態】

【0025】

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。

【0026】

< 0 . サンプル >

実施形態に係るレーザ誘起分析装置について具体的に説明する前に、該レーザ誘起分析装置で分析対象とされるサンプルについて、図 1 を参照しながら説明する。

10

【0027】

レーザ誘起分析装置 10 は、例えば、脱イオン水や薬液等の各種の洗浄液を用いて半導体基板等を洗浄する洗浄装置 20 において洗浄に使用された洗浄液の分析に用いられる。

【0028】

この場合、サンプル 9 は例えば次のようにして得られる。すなわち、洗浄装置 20 から例えば定期的に所定量の洗浄液を採取し、該採取した洗浄液を保持部材 90 (典型的には、シリコンウェハを切断して得られる矩形のシリコンチップ、あるいは、該シリコンチップの表面に液滴を保持するための凹部が形成されたもの)上に滴下する。そして、洗浄液の液滴を保持した保持部材 90 を、例えば、ヒータ、ホットプレート等から構成される加熱処理部 30 で加熱して、該保持部材 90 上の液滴を蒸発乾固させる。これにより、保持部材 90 の上面に、洗浄液が蒸発乾固して固体化した物質 (乾固物質) が付着したものが得られることとなり、これをサンプル 9 とする。

20

【0029】

あるいは、サンプル 9 は、次のようにして得ることもできる。すなわち、洗浄装置 20 の配管 (例えば、廃液配管)の端部に、サンプル捕獲用のチューブ (例えば樹脂チューブ)を予め連設しておく。そして、該配管内に液体が流れない時間帯 (例えば、装置の定期メンテナンスの際)に、該チューブの一部を切り取る。これにより、チューブ片の内面に、廃液配管を流れる液体が蒸発乾固した物質 (乾固物質) が付着したものが得られることとなり、これをサンプル 9 とする。

30

【0030】

なお、サンプル 9 を得るための一連の処理は、機械的な機構により自動で行われてもよいし、分析者によって手動で行われてもよい。また、図の例では、レーザ誘起分析装置 10 が加熱処理部 30 を備えるものとしているが、加熱処理部 30 は、レーザ誘起分析装置 10 において必須の要素ではない。

【0031】

< 1 . 第 1 実施形態 >

< 1 - 1 . 装置構成 >

第 1 実施形態に係るレーザ誘起分析装置について、図 1、図 2 を参照しながら説明する。図 1 は、レーザ誘起分析装置 10 の構成例を模式的に示す図である。図 2 は、レーザ誘起分析装置 10 で実行される合焦動作を説明するための図である。

40

【0032】

レーザ誘起分析装置 10 は、レーザ誘起プラズマ分光法によりサンプル 9 を分析する装置であり、レーザ光を集光してサンプル 9 の表面に照射し、該照射により発生した光の発光スペクトルに基づいて該サンプル 9 の分析を行う。

【0033】

レーザ誘起分析装置 10 は、サンプル 9 が載置されるステージ 1、ステージ 1 を昇降させる昇降機構 2、ステージ 1 上のサンプル 9 にレーザ光を照射する光源ユニット 3、サンプル 9 にレーザ光が照射されることにより発生した光を受光してその発光スペクトルを取得する分析器 4、ステージ 1 の上方に配置された表面センサ 5、および、これらの各要素

50

を制御して一連の動作を実行させる制御部 6、を主として備える。

【0034】

ステージ 1 は、上面に平坦かつ水平な載置面が形成された部材であり、サンプル 9 は該載置面上に載置される。

【0035】

昇降機構 2 は、ステージ 1 を、その表面と交差する所定の方向（ここでは鉛直方向）に移動させる機構である。昇降機構 2 は、具体的には例えば、鉛直方向に延在するねじ軸、これを回転させる駆動モータ、ねじ軸に平行に延在するガイド軸、等を含んで構成することができる。駆動モータは、数値制御可能なモータ（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）により構成され、該駆動モータが、制御部 6 から指示された回転角度だけ回転する（すなわち、数値制御される）ことにより、ステージ 1 が該指示された距離だけ鉛直方向に移動する。

10

【0036】

光源ユニット 3 は、レーザ光を出射する光源（レーザ装置）31を備える。光源 31として、例えば YAG レーザを用いることができる。光源ユニット 3 はさらに、光源 31 から出射されるレーザ光を導く照射光学系 32 と、照射光学系 32 から導出されるレーザ光を集光するためのレンズ 33 とを備える。レーザ誘起分析装置 10 は、その背が低いほど安定感が増すため、光源ユニット 3 は、図示されるように、ここから出射されるレーザ光の光軸がステージ 1 の載置面に対して斜めに交わるような位置および姿勢で配置されることが好ましい。

20

【0037】

光源ユニット 3 は、レンズ 33 の焦点、すなわち、レーザ光がレンズ 33 により集光される位置（集光点）P（図 2 参照）が、所定の位置にくるように予め位置調整されており、集光点 P の位置情報（集光点位置情報 601）は、制御部 6 が備える記憶装置 60 に予め格納される。ただし、集光点 P の位置は、昇降機構 2 によるステージ 1 の移動方向（ここでは鉛直方向）から見て、ステージ 1 の載置面内の所定の位置（例えば載置面の中央位置）と重なる位置に規定される。

【0038】

分析器 4 は、ステージ 1 上のサンプル 9 にレーザ光が照射されることにより発生した光を受光してその発光スペクトルを取得する。分析器 4 は、例えば、ファイバ 40 等を介して導入された光を波長毎に分解（分光）する回折格子（分光手段）41 と、分光された光を受光して発光スペクトルを取得する撮像素子 42 とを含んで構成される。ファイバ 40 の先端位置および角度は、光源ユニット 3 から出射されるレーザ光の光軸方向および集光点 P の位置に対して厳密に調整されており、レーザ光の照射により生じた発光を十分に受光できるようになっている。

30

【0039】

表面センサ 5 は、例えば、光学式変位センサ（光学式距離センサ）により構成され、その光軸上にある表面の位置を測定する。ここで、表面センサ 5 は、その光軸が、昇降機構 2 によるステージ 1 の移動方向（ここでは鉛直方向）と平行であって集光点 P を通る仮想線（集光点通過線）PL（図 2 参照）と一致するように配置される。したがって、ステージ 1 にサンプル 9 が載置された状態において、表面センサ 5 は、集光点通過線 PL 上にあるサンプル 9 表面の位置（すなわち、集光点通過線 PL とサンプル 9 の表面が交わるポイント（線上点）Po の位置）（図 2 参照）を測定する。

40

【0040】

制御部 6 は、レーザ誘起分析装置 10 が備える各部と電氣的に接続されて、これら各部の動作を制御する。制御部 6 は、記憶装置 60 を備える。記憶装置 60 には、上述した集光点位置情報 601 等が格納されている。また、制御部 6 には、機能ブロックとして、表面測定部 61、合焦部 62、照射制御部 63、等が実現される。制御部 6 の実体は、所要のオペレーティングソフトウェア（OS）等がインストールされたパーソナルコンピュータであり、入力部と表示部が接続されている（いずれも図示省略）。

50

【0041】

表面測定部61は、ステージ1にサンプル9が載置された状態において、表面センサ5に、集光点通過線PL上にあるサンプル9表面の位置（すなわち、線上点Poの位置）を測定させ、測定により得られた線上点Poの位置情報を合焦部62に通知する。

【0042】

合焦部62は、表面測定部61より通知された線上点Poの位置情報に基づいて昇降機構2を制御して、線上点Poの位置を集光点Pの位置に一致させる。具体的には、合焦部62は、まず、線上点Poの位置情報と、集光点Pの位置情報（記憶装置60に格納されている集光点位置情報601）との差分を算出する。線上点Poと集光点Pはいずれも集光点通過線PL上にあり、該差分は集光点通過線PL上における両点Po, Pの離間距離である（図2（a））。そこで、合焦部62は、該差分だけステージ1を昇降させるように昇降機構2に指示を与える。集光点通過線PLに沿って該差分だけステージ1が移動されることによって、線上点Poの位置が、集光点Pの位置に3次元的に一致した状態となる（図2（b））。いうまでもなく、ステージ1の移動方向は差分の正負から規定される。

10

【0043】

照射制御部63は、線上点Poと集光点Pが一致した状態において、光源ユニット3からレーザ光を出射させる。集光点Pが、サンプル9の表面内の位置である線上点Poと一致していると、該出射されたレーザ光はサンプル9の表面に十分に集光され、これによりサンプル9の表面にある原子が十分に励起される。ひいては、十分な強度の発光が生じる。該発光はファイバ40を介して分析器4に導入され、ここで発光スペクトルが取得される。

20

【0044】

< 1 - 2 . 処理の流れ >

レーザ誘起分析装置10において実行される処理の流れを、図1、図2に加えて図3を参照しながら説明する。図3は、該一連の流れを示す図である。

【0045】

まず、適宜の方法でサンプル9が準備されて、ステージ1に載置される（ステップS11）。

【0046】

次に、表面測定部61が、表面センサ5に、ステージ1上のサンプル9表面における線上点Poの位置を測定させる（図2（a））（ステップS12）。測定により線上点Poの位置情報が得られると、表面測定部61は該位置情報を合焦部62に通知する。

30

【0047】

次に、合焦部62が、記憶装置60に格納されている集光点位置情報601を読み出し、これと、ステップS12の測定で得られた線上点Poの位置情報との差分を算出し、該差分だけステージ1を昇降させるように昇降機構2に指示を与える。指示に従って昇降機構2がステージ1を昇降させることによって、線上点Poの位置と集光点Pの位置が一致する（図2（b））（ステップS13）。

40

【0048】

その後、照射制御部63が、光源ユニット3からレーザ光を出射させる（ステップS14）。ステップS13により、ステージ1上のサンプル9の表面内の位置である線上点Poと集光点Pが一致するようにステージ1の位置が調整されているため、該出射されたレーザ光はサンプル9の表面に十分に集光される。これにより、高温高密度のプラズマが生成されて、レーザ光が集光されたスポットにおいてサンプル9の表面にある原子が十分に励起される。励起された各原子は固有の波長の光を放射しながら状態遷移する。このときに発生した光は、ファイバ40を介して分析器4に導入される。分析器4では、導入された光が回折格子41で分光されて撮像素子42で検出されることにより、発光スペクトルが取得される。

【0049】

50

分析器 4 が取得した発光スペクトルは制御部 6 に送られ、ここで必要に応じて所定の演算処理を施された上で、記憶装置 6 0 に格納される。また、必要に応じて表示部に表示される。分析者は、例えば、該発光スペクトルに現れるピークの位置（波長）および強度を特定することで、サンプル 9 に含まれる元素の種類および量を特定することができる。

【 0 0 5 0 】

< 2 . 第 2 実施形態 >

< 2 - 1 . 装置構成 >

第 2 実施形態に係るレーザ誘起分析装置について、図 4、図 5 を参照しながら説明する。図 4 は、レーザ誘起分析装置 1 0 a の構成例を模式的に示す図である。図 5 は、レーザ誘起分析装置 1 0 a で実行される合焦動作を説明するための図である。なお、以下において、第 1 実施形態と相違する点のみを説明する。第 1 実施形態に係るレーザ誘起分析装置 1 0 と同じ要素については同じ符号を付すとともその説明を省略する。

10

【 0 0 5 1 】

レーザ誘起分析装置 1 0 a は、第 1 実施形態に係るレーザ誘起分析装置 1 0 と同様の要素（ステージ 1、昇降機構 2、光源ユニット 3、分析器 4、表面センサ 5、および、制御部 6 a）に加えて、回動機構 7 を備える。

【 0 0 5 2 】

回動機構 7 は、ステージ 1 をその上面と直交する（すなわち、鉛直な）回転軸 7 0 の周りで回転させる機構である。ただし、回転軸 7 0 は、集光点通過線 P L から離間した位置に規定される（図 5（a）参照）。回動機構 7 は、具体的には例えば、上端がステージ 1 の下面に固定されて鉛直方向に延在する回転軸部、これを回転させる駆動モータ、等を含んで構成することができる。ここでも、駆動モータは数値制御可能なモータにより構成され、該駆動モータが、制御部 6 a から指示された回転角度だけ回転する（すなわち、数値制御される）ことにより、ステージ 1 が該指示された角度だけ回転する。

20

【 0 0 5 3 】

照射制御部 6 3 a は、回動機構 7 を制御してステージ 1 を回転させつつ、光源ユニット 3 から間欠的に（典型的には、一定周期で）、レーザ光を複数回出射させることによって、回転軸 7 0 を中心とした円周上に並ぶ複数の点（照射点 K 1 , K 2 , . . .）の各々に、レーザ光を照射する。例えば、照射制御部 6 3 a が、ステージ 1 を等角速度で、2 0 秒間で 1 回転させつつ、レーザ光を 1 秒間隔で 2 0 回出射させる場合、回転軸 7 0 を中心とした円周上に 1 8 ° の角度間隔で並ぶ 2 0 個の点（照射点 K 1 , K 2 , . . . , K 2 0）の各々に、レーザ光が照射されることになる。

30

【 0 0 5 4 】

表面測定部 6 1 a は、表面センサ 5 に、サンプル 9 表面における複数の照射点 K 1 , K 2 , . . . 各々の位置を測定させる。具体的には、表面測定部 6 1 a は、回動機構 7 を制御してステージ 1 を回転させつつ、表面センサ 5 に間欠的に線上点 P o の位置を測定させることによって、回転軸 7 0 を中心とした円周上に並ぶ複数の照射点 K 1 , K 2 , . . . 各々の位置情報を取得する。表面測定部 6 1 a は、取得された複数個の位置情報を、例えばテーブル（位置情報テーブル）6 0 2 の形にまとめて記憶装置 6 0 a に格納する。図 6 には、位置情報テーブル 6 0 2 の構成例が示されている。ここでは、各照射点 K i（i = 1 , 2 , . . .）の位置情報が、該照射点 K i の照射順位、1 番目の照射点 K 1 を基準とした照射タイミング、1 番目の照射点 K 1 を基準とした角度位置、等と対応付けて格納されている。

40

【 0 0 5 5 】

< 2 - 2 . 処理の流れ >

レーザ誘起分析装置 1 0 a において実行される処理の流れを、図 4 ~ 図 6 に加えて図 7 を参照しながら説明する。図 7 は、該一連の流れを示す図である。

【 0 0 5 6 】

まず、適宜の方法でサンプル 9 が準備されて、ステージ 1 に載置される（ステップ S 2 1）。

50

【 0 0 5 7 】

次に、表面測定部 6 1 a が、表面センサ 5 に、サンプル 9 表面における複数の照射点 K 1 , K 2 , . . . 各々の位置を測定させる (ステップ S 2 2)。

【 0 0 5 8 】

具体的には、表面測定部 6 1 a は、まず、ステージ 1 が所定の初期回転位置に配置されている状態で、表面センサ 5 に線上点 P o の位置を測定させる (ステップ S 2 2 1)。ここでは、ステージ 1 が初期回転位置に配置されているときの線上点 P o が、1 番目の照射点 K 1 とされる。そこで、表面測定部 6 1 a は、測定により得られた位置情報を、1 番目の照射点 K 1 の位置情報として位置情報テーブル 6 0 2 に記述する。

【 0 0 5 9 】

続いて、表面測定部 6 1 a は、回動機構 7 を制御してステージ 1 を所定角度 (次の照射点 K 2 までの角度間隔であり、図 6 の例の場合、1 8 °) だけ回転させる (回転速度は例えば 3 rpm) (ステップ S 2 2 2)。これにより、2 番目の照射点 K 2 が線上点 P o と一致した状態となる。この状態で、表面測定部 6 1 a は、再び表面センサ 5 に線上点 P o の位置を測定させる (ステップ S 2 2 1)。そして測定により得られた位置情報を、2 番目の照射点 K 2 の位置情報として位置情報テーブル 6 0 2 に記述する。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 2 2 1 ~ ステップ S 2 2 2 の処理が所定回数 (図 6 の例の場合、2 0 回)、繰り返されることによって所定数個の位置情報が取得されると (すなわち、位置情報テーブル 6 0 2 に、全ての照射点 K i (i = 1 , 2 , . . .) 各々の位置情報が記述されると) (ステップ S 2 2 3 で Y E S)、ステップ S 2 3 の処理に進む。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 2 3 では、照射制御部 6 3 a が、回動機構 7 を制御してステージ 1 を回転させつつ、光源ユニット 3 から間欠的にレーザ光を複数回出射させることによって、複数の照射点 K 1 , K 2 , . . . の各々に、レーザ光を照射する。

【 0 0 6 2 】

具体的には、照射制御部 6 3 a は、まず、必要に応じて回動機構 7 を制御してステージ 1 を適宜回転させて、ステージ 1 を所定の初期回転位置に配置する。これにより、1 番目の照射点 K 1 が線上点 P o と一致した状態となる (図 5 (a))。また、これと並行して、合焦部 6 2 a が、記憶装置 6 0 a に格納されている集光点位置情報 6 0 1 を読み出すとともに、位置情報テーブル 6 0 2 から 1 番目の照射点 K 1 の位置情報を読み出し、両者の差分を算出し、昇降機構 2 を制御して該差分だけステージ 1 を昇降させる (図 5 (b))。これにより、照射点 K 1 の位置と集光点 P の位置が一致した状態となる。つまり、照射制御部 6 3 a および合焦部 6 2 a の制御下で、ステージ 1 が回転されつつ昇降されることにより、1 番目の照射点 K 1 の位置と集光点 P の位置が一致した状態となる (ステップ S 2 3 1)。

【 0 0 6 3 】

その後、照射制御部 6 3 a が、光源ユニット 3 からレーザ光を出射させる (ステップ S 2 3 3)。該出射されたレーザ光は 1 番目の照射点 K 1 に集光され、このときに発生した光の発光スペクトルが分析器 4 で取得される。

【 0 0 6 4 】

続いて、照射制御部 6 3 a が、回動機構 7 を制御してステージ 1 を所定角度 (次の照射点 K 2 までの角度間隔であり、図 6 の例の場合、1 8 °) だけ回転させて、2 番目の照射点 K 2 が線上点 P o と一致した状態とする。また、これと並行して、合焦部 6 2 a が、位置情報テーブル 6 0 2 から 2 番目の照射点 K 2 の位置情報を読み出し、これと 1 番目の照射点 K 1 の位置情報の差分を算出し、昇降機構 2 を制御して該差分だけステージ 1 を昇降させる。これにより、照射点 K 2 の位置と集光点 P の位置が一致する。つまり、ステージ 1 が回転されつつ昇降されることにより、2 番目の照射点 K 2 の位置と集光点 P の位置が一致した状態となる (図 5 (c)) (ステップ S 2 3 1)。

【 0 0 6 5 】

その後、再び、照射制御部 6 3 a が、光源ユニット 3 からレーザ光を出射させる（ステップ S 2 3 3）。該出射されたレーザ光は 2 番目の照射点 K 2 に集光され、このときに発生した光の発光スペクトルが分析器 4 で取得される。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 2 3 1 ~ ステップ S 2 3 2 の処理が所定回数（図 6 の例の場合、20 回）、繰り返されることによって、全ての照射点 K i（i = 1, 2, ...）各々の発光スペクトルが取得されると（ステップ S 2 3 3 で YES）、ステップ S 2 4 の処理に進む。

【 0 0 6 7 】

ステップ S 2 4 では、制御部 6 a が、ステップ S 2 3 で得られた複数の発光スペクトルに所定の演算処理を施す。具体的には例えば、該複数の発光スペクトルを積算（あるいは平均）する。複数の発光スペクトルを積算あるいは平均することで、ノイズの影響を低減して S/N 比を大きくすることができる。該演算により得られたデータは、記憶装置 6 0 a に格納される。また、必要に応じて表示部に表示される。分析者は、例えば、該データに現れるピークの位置（波長）および強度を特定することで、サンプル 9 に含まれる元素の種類および量を特定することができる。

【 0 0 6 8 】

< 3 . 第 3 実施形態 >

< 3 - 1 . 装置構成 >

第 3 実施形態に係るレーザ誘起分析装置について、図 8 を参照しながら説明する。図 8 は、レーザ誘起分析装置 1 0 b の構成例を模式的に示す図である。なお、以下においては、上記の各実施形態と相違する点のみを説明する。上記の各実施形態に係るレーザ誘起分析装置 1 0, 1 0 a と同じ要素については同じ符号を付すとともにその説明を省略する。

【 0 0 6 9 】

レーザ誘起分析装置 1 0 b は、第 2 実施形態に係るレーザ誘起分析装置 1 0 と同様の要素（ステージ 1、昇降機構 2、光源ユニット 3、分析器 4、表面センサ 5、制御部 6 b、および、回動機構 7）を備える。

【 0 0 7 0 】

照射制御部 6 3 b は、第 2 実施形態に係る照射制御部 6 3 a と同様、回動機構 7 を制御してステージ 1 を回転させつつ、光源ユニット 3 から間欠的にレーザ光を複数回出射させることによって、回転軸 7 0 を中心とした円周上に並ぶ複数の照射点 K 1, K 2, ... の各々に、レーザ光を照射する。

【 0 0 7 1 】

表面測定部 6 1 b は、表面センサ 5 に、サンプル 9 表面における複数の照射点 K 1, K 2, ... 各々の位置を測定させる。具体的には、表面測定部 6 1 b は、照射制御部 6 3 b の制御下でレーザ光が出射されるタイミングと交互のタイミングで、表面センサ 5 に線上点 P o の位置を測定させることによって、複数の照射点 K 1, K 2, ... 各々の位置情報を取得する。

【 0 0 7 2 】

< 3 - 2 . 処理の流れ >

レーザ誘起分析装置 1 0 b において実行される処理の流れを、図 8 に加えて、図 5、図 9 を参照しながら説明する。図 9 は、該一連の流れを示す図である。

【 0 0 7 3 】

まず、適宜の方法でサンプル 9 が準備されて、ステージ 1 に載置される（ステップ S 3 1）。

【 0 0 7 4 】

次に、表面測定部 6 1 b が、ステージ 1 が所定の初期回転位置に配置されている状態で、表面センサ 5 に線上点 P o の位置を測定させる（図 5（a））（ステップ S 3 2）。そして、測定により得られた位置情報を、1 番目の照射点 K 1 の位置情報として合焦部 6 2 b に通知する。

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

続いて、合焦部 6 2 b が、記憶装置 6 0 b に格納されている集光点位置情報 6 0 1 を読み出し、これとステップ S 3 2 で取得された 1 番目の照射点 K 1 の位置情報の差分を算出し、昇降機構 2 を制御して該差分だけステージ 1 を昇降させる (図 5 (b)) (ステップ S 3 3) 。これにより、照射点 K 1 の位置と集光点 P の位置が一致した状態となる。

【 0 0 7 6 】

続いて、照射制御部 6 3 b が、光源ユニット 3 からレーザ光を出射させる (ステップ S 3 4) 。該出射されたレーザ光は 1 番目の照射点 K 1 に集光され、このときに発生した光の発光スペクトルが分析器 4 で取得される。

【 0 0 7 7 】

その後、照射制御部 6 3 b が、回動機構 7 を制御してステージ 1 を所定角度 (次の照射点 K 2 までの角度間隔) だけ回転させて、 2 番目の照射点 K 2 が線上点 P o と一致した状態とする (ステップ S 3 5) 。

【 0 0 7 8 】

そして、再びステップ S 3 2 ~ S 3 5 の処理が行われる。すなわち、表面測定部 6 1 b が、表面センサ 5 に線上点 P o の位置を測定させて、該測定により得られた位置情報を、 2 番目の照射点 K 2 の位置情報として合焦部 6 2 b に通知し (ステップ S 3 2) 、合焦部 6 2 b が、 2 番目の照射点 K 2 の位置情報と集光点位置情報 6 0 1 の差分に基づいて昇降機構 2 を制御してステージ 1 を昇降させて、照射点 K 2 の位置と集光点 P の位置を一致させる (図 5 (c)) (ステップ S 3 3) 。そして、照射制御部 6 3 b が、光源ユニット 3 からレーザ光を出射させる (ステップ S 3 4) 。該出射されたレーザ光は 2 番目の照射点 K 2 に集光され、このときに発生した光の発光スペクトルが分析器 4 で取得される。その後、照射制御部 6 3 b が、回動機構 7 を制御してステージ 1 を所定角度 (次の照射点 K 3 までの角度間隔) だけ回転させて、 3 番目の照射点 K 3 が線上点 P o と一致した状態とする (ステップ S 3 5) 。

【 0 0 7 9 】

ステップ S 3 2 ~ ステップ S 3 5 の処理が所定回数繰り返されることによって、全ての照射点 K i (i = 1 , 2 , . . .) 各々の発光スペクトルが取得されると (ステップ S 3 6 で Y E S) 、ステップ S 3 7 の処理に進む。ステップ S 3 7 の処理は、第 2 実施形態に係るステップ S 2 4 の処理と同様である。

【 0 0 8 0 】

< 4 . 第 4 実施形態 >

< 4 - 1 . 装置構成 >

第 4 実施形態に係るレーザ誘起分析装置について、図 1 0 、図 1 1 を参照しながら説明する。図 1 0 は、レーザ誘起分析装置 1 0 c の構成例を模式的に示す図である。図 1 1 は、レーザ誘起分析装置 1 0 c で実行される合焦動作を説明するための図である。なお、以下においては、上記の各実施形態と相違する点のみを説明する。上記の各実施形態に係るレーザ誘起分析装置 1 0 , 1 0 a , 1 0 b と同じ要素については同じ符号を付すとともにその説明を省略する。

【 0 0 8 1 】

レーザ誘起分析装置 1 0 c は、第 1 実施形態に係るレーザ誘起分析装置 1 0 と同様の要素 (ステージ 1 c 、昇降機構 2 、光源ユニット 3 、分析器 4 、表面センサ 5 、および、制御部 6 c) に加えて、直動機構 8 を備える。また、制御部 6 c には、機能ブロックとして、照射希望位置受付部 6 4 c が実現される。

【 0 0 8 2 】

直動機構 8 は、ステージ 1 c を、その上面 (ここでは、水平な載置面) と平行であり互いに直交する 2 本の直線軸の各々に沿って移動させる機構である。いま、ステージ 1 c のいずれかの辺に平行な水平軸を「 X 軸」とした場合、直動機構 8 は、ステージ 1 c を X 軸およびこれと直交する水平軸である Y 軸に沿って各々移動させる駆動機構 (X 駆動機構 8 1 および Y 駆動機構 8 2) を備える。

【 0 0 8 3 】

10

20

30

40

50

X 駆動機構 8 1 は、具体的には例えば、X 方向に延在するねじ軸、これを回転させる駆動モータ、X 方向に平行に延在するガイド軸、等を含んで構成することができる。同様に、Y 駆動機構 8 2 は、Y 方向に延在するねじ軸、これを回転させる駆動モータ、Y 方向に平行に延在するガイド軸、等を含んで構成することができる。いずれの駆動機構 8 1, 8 2 においても、駆動モータは数値制御可能なモータにより構成され、該駆動モータが、制御部 6 c から指示された回転角度だけ回転する（すなわち、数値制御される）ことにより、ステージ 1 c が該指示された距離だけ X 方向あるいは Y 方向に移動する。

【0084】

ステージ 1 c の付近には、その X 位置および Y 位置を各々検出するセンサ（X センサ 8 0 1 および Y センサ 8 0 2）が配置される（図 1 1（a）参照）。各センサ 8 0 1, 8 0 2 は、例えば、光学式変位センサにより構成され、その光軸上にある表面の位置を測定する。X センサ 8 0 1 は例えば、その光軸が、X 軸と平行であって集光点 P を通る仮想線と一致するように配置される。同様に、Y センサ 8 0 2 は、例えば、その光軸が、Y 軸と平行であって集光点 P を通る仮想線と一致するように配置される。

10

【0085】

ステージ 1 c は、上面に平坦かつ水平な載置面が形成された部材であり、サンプル 9 は該載置面上に載置される。ステージ 1 c の側面には目盛り 1 1 が設けられており、ステージ 1 c の載置面内における任意の位置を、目盛り 1 1 で規定される X Y 座標系内で指定できるようになっている。したがって、例えば分析者は、この目盛り 1 1 を読むことによって、ステージ 1 c に載置されたサンプル 9 内におけるレーザ光を照射したいポイント（照射希望点）D の位置を、該 X Y 座標系内で指定することができる。

20

【0086】

照射希望位置受付部 6 4 c は、レーザ光の照射に先立って、分析者から照射希望点 D の位置情報の入力を受け付け、該入力された位置情報に基づいて直動機構 8 を制御してステージ 1 c を移動させて、照射希望点 D を線上点 P o と一致させる。

【0087】

< 4 - 2 . 処理の流れ >

レーザ誘起分析装置 1 0 c において実行される処理の流れを、図 1 0、図 1 1 に加えて図 1 2 を参照しながら説明する。図 1 2 は、該一連の流れを示す図である。

【0088】

まず、適宜の方法でサンプル 9 が準備されて、ステージ 1 c に載置される（ステップ S 4 1）。

30

【0089】

続いて、分析者が、例えばステージ 1 c の目盛り 1 1 を読むことによって、ステージ 1 c に載置されたサンプル 9 内における照射希望点 D の位置情報を特定し、これを入力部を介して入力する。分析者から照射希望点 D の位置情報が入力されると、照射希望位置受付部 6 4 c は該入力を受け付け、これに基づいて直動機構 8 を制御して、集光点通過線 P L が照射希望点 D を通過するような位置にステージ 1 c を移動させる（ステップ S 4 2）。すなわち、照射希望点 D を線上点 P o と一致させる。

【0090】

具体的には、照射希望位置受付部 6 4 c は、まず、直動機構 8 を制御して、所定の初期位置（例えば、集光点通過線 P L が、目盛り 1 1 により規定される X Y 座標の原点を通過するような位置）にステージ 1 c を移動させる（図 1 1（b））。すなわち、照射希望位置受付部 6 4 c は、X センサ 8 0 1 でステージ 1 c の X 位置を検出しつつ X 駆動機構 8 1 を制御してステージ 1 c を所定の初期 X 位置まで移動させるとともに、Y センサ 8 0 2 でステージ 1 c の Y 位置を検出しつつ Y 駆動機構 8 2 を制御してステージ 1 c を所定の初期 Y 位置まで移動させる。その後、照射希望位置受付部 6 4 c は、分析者から受け付けた照射希望点 D の位置情報に応じてステージ 1 c を X 方向および Y 方向のそれぞれにさらに移動させて、集光点通過線 P L が照射希望点 D を通過するような位置にステージ 1 c を移動させる（図 1 1（c））。

40

50

【0091】

その後、第1実施形態におけるステップS12～ステップS14と同様の処理が行われる(ステップS43～ステップS45)。すなわち、照射希望点Dが線上点Poと一致している状態で、表面測定部61cが、表面センサ5に、ステージ1c上のサンプル9表面における線上点Poの位置を測定させる(ステップS43)。続いて、合焦部62cが、記憶装置60cに格納されている集光点位置情報601を読み出し、これとステップS43で取得された線上点Poの位置情報の差分を算出し、昇降機構2を制御して該差分だけステージ1cを昇降させる(ステップS44)。これにより、照射希望点Dである線上点Poの照射点K1の位置と集光点Pの位置が一致する(図11(d))。その後、照射制御部63cは、光源ユニット3からレーザ光を出射させる(ステップS45)。該出射されたレーザ光は照射希望点Dに集光され、このときに発生した光の発光スペクトルが分析器4で取得される。

10

【0092】

<5.他の実施形態>

上記の各実施形態では、昇降機構2はステージ1,1cを鉛直方向に移動(昇降)させるものであったが、昇降機構2は、ステージ1,1cを、その表面と交差する任意の方向に移動させるものであればよい。

【0093】

第2,第3実施形態に係るレーザ誘起分析装置10a,10bにおいて、直動機構8が設けられてもよく、第4実施形態に係るレーザ誘起分析装置10cにおいて、回動機構7が設けられてもよい。すなわち、レーザ誘起分析装置は、回動機構7と直動機構8の両方を備えてもよい。

20

【0094】

第4実施形態において、照射制御部63cが、直動機構8を制御してステージ1cをXY面内に規定される所定軌道に沿って移動させつつ(例えば、X方向の主走査とY方向の複走査を交互に行いながら)、光源ユニット3から間欠的に(典型的には、一定周期で)レーザ光を複数回出射させて、該所定軌道上に並ぶ複数の照射点K1,K2,...の各々に、レーザ光を照射してもよい。この場合、表面測定部61cは、第2実施形態のように、複数回のレーザ光の出射が行われる前に、ステージ1cを該所定軌道に沿って移動させつつ表面センサ5に線上点Poの位置を複数回間欠的に測定させて、該複数の照射点K1,K2,...各々の位置情報を取得してもよい。あるいは、表面測定部61cは、第3実施形態のように、複数回のレーザ光の出射が行われる間に、レーザ光の出射と交互に繰り返して表面センサ5に線上点Poの位置を測定させることによって、該複数の照射点K1,K2,...各々の位置情報を取得してもよい。

30

【0095】

第2～第4の実施形態においては、複数の発光スペクトルから積算データあるいは平均データあるいはこれらの両方取得する構成であったが、必ずしもこれらのデータを取得する必要はない。例えば、該複数の発光スペクトルのうち、所定の波長において最も大きなピークを検出しているものを選択して、該1個の発光スペクトルから物質の含有量等を特定してもよい。

40

【符号の説明】

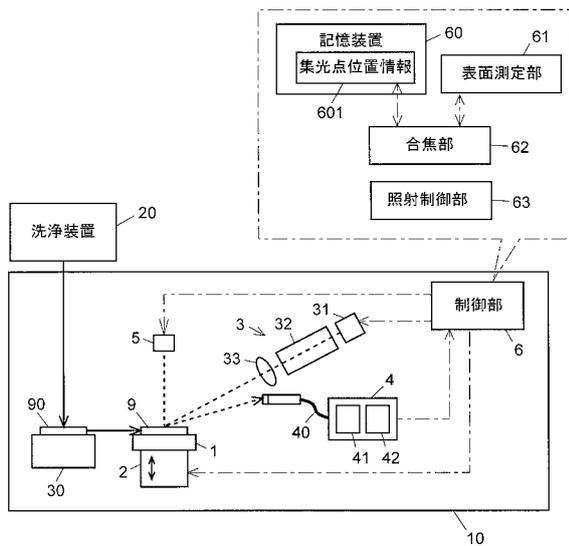
【0096】

- 10, 10a, 10b, 10c ... レーザ誘起分析装置
- 1, 1c ... ステージ
- 2 ... 昇降機構
- 3 ... 光源ユニット
- 4 ... 分析器
- 5 ... 表面センサ
- 6, 6a, 6b, 6c ... 制御部
- 601 ... 集光点位置情報

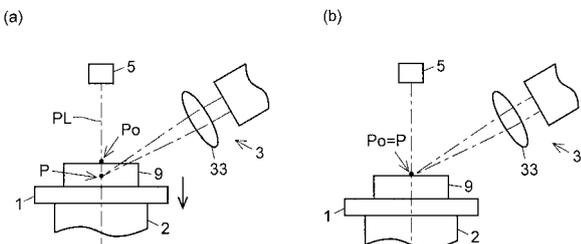
50

- 6 0 2 ... 位置情報テーブル
- 6 1 , 6 1 a , 6 1 b , 6 1 c ... 表面測定部
- 6 2 , 6 2 a , 6 2 b , 6 2 c ... 合焦部
- 6 3 , 6 3 a , 6 3 b , 6 3 c ... 照射制御部
- 6 4 c ... 照射希望位置受付部
- 7 ... 回動機構
- 8 ... 直動機構
 - 8 0 1 ... X センサ
 - 8 0 2 ... Y センサ
 - 8 1 ... X 駆動機構
 - 8 2 ... Y 駆動機構
- 9 ... サンプル
- D ... 照射希望点
- K 1 , K 2 , . . . 照射点
- P ... 集光点
- P L ... 集光点通過線
- P o ... 線上点

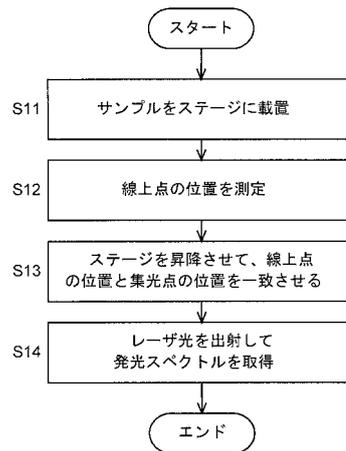
【 図 1 】



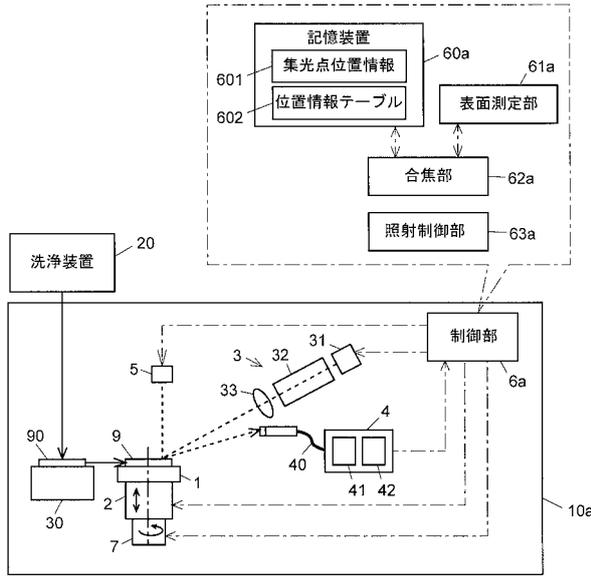
【 図 2 】



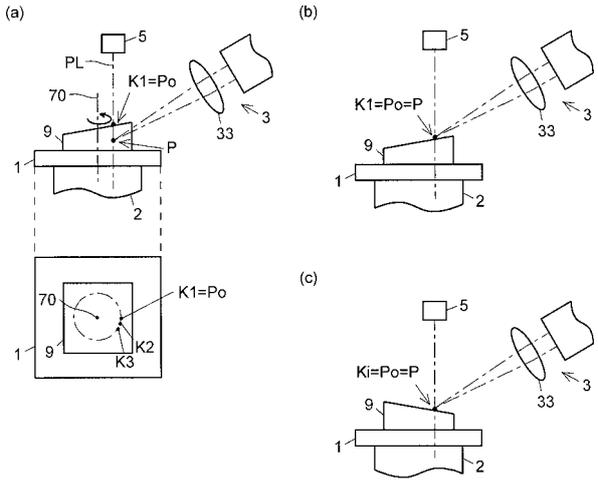
【 図 3 】



【 図 4 】



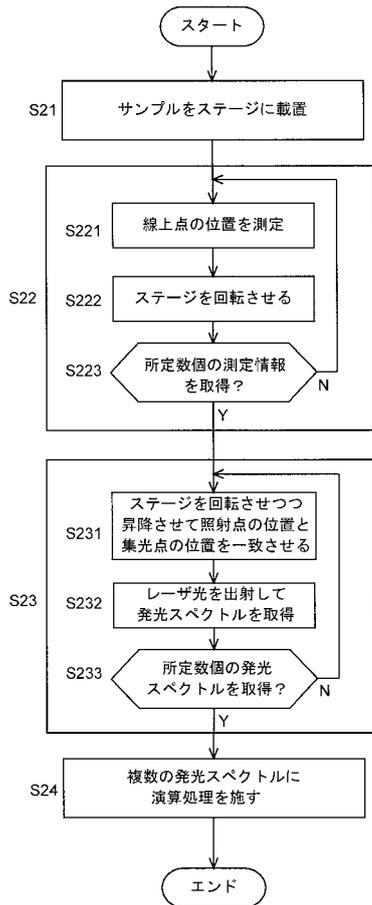
【 図 5 】



【 図 6 】

照射順位	1	2	3	4		18	19	20
照射 タイミング(s)	0	1	2	3		17	18	19
角度位置(°)	0	18	36	54		306	324	342
位置情報(mm)	55.3	58.8	62.5	61.0		58.2	57.7	56.3

【 図 7 】



【 図 8 】

