

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6961406号
(P6961406)

(45) 発行日 令和3年11月5日 (2021.11.5)

(24) 登録日 令和3年10月15日 (2021.10.15)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 N 21/51 (2006.01)	GO 1 N 21/51
GO 1 N 15/02 (2006.01)	GO 1 N 15/02 A

請求項の数 13 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2017-132206 (P2017-132206)	(73) 特許権者	000206967
(22) 出願日	平成29年7月5日 (2017.7.5)		大塚電子株式会社
(65) 公開番号	特開2019-15576 (P2019-15576A)		大阪府枚方市招提田近三丁目26番3号
(43) 公開日	平成31年1月31日 (2019.1.31)	(74) 代理人	110002310
審査請求日	令和2年5月27日 (2020.5.27)		特許業務法人あい・特許事務所
		(72) 発明者	泉谷 悠介
			大阪府枚方市招提田近三丁目26番3号
			大塚電子株式会社内
		(72) 発明者	若山 育央
			大阪府枚方市招提田近三丁目26番3号
			大塚電子株式会社内
		審査官	吉田 将志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学測定装置および光学測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体ベースと、

前記本体ベースに移動可能に結合された光学ベースと、

前記光学ベースに固定された測定光学系と、

前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース内に設定した内部測定対象位置となる内部測定位置と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース外に設定した外部測定対象位置となる外部測定位置との間で、前記光学ベースを前記本体ベースに対して相対移動させる光学ベース移動機構と、

を含む、光学測定装置。

【請求項2】

前記本体ベースに支持され、試料を保持するための試料ホルダが配置される試料ステージをさらに含み、

前記内部測定対象位置が、前記試料ホルダに保持される試料の位置に対応している、請求項1に記載の光学測定装置。

【請求項3】

前記試料ホルダに保持される試料を前記内部測定対象位置に配置する測定ステージ位置と、前記測定光学系による前記外部測定対象位置での測定を阻害しない退避ステージ位置との間で、前記試料ステージを前記本体ベースに対して相対移動させる試料ステージ移動機構をさらに含み、請求項2に記載の光学測定装置。

【請求項 4】

前記光学ベース移動機構が、前記光学ベースが前記試料ホルダに保持される試料に対して接離する第 1 方向に沿って、前記光学ベースを前記内部測定位置と前記外部測定位置との間で移動するように構成されており、

前記試料ステージ移動機構が、前記第 1 方向に交差する第 2 方向に沿って、前記試料ステージを前記測定ステージ位置と前記退避ステージ位置との間で移動するように構成されている、請求項 3 に記載の光学測定装置。

【請求項 5】

前記試料ホルダが、複数の試料を前記第 2 方向に沿って前記試料ステージ上で保持するように構成されており、

前記試料ステージ移動機構が、前記内部測定対象位置に前記複数の試料のうちの任意の一つを配置するように前記試料ステージを移動させる、請求項 4 に記載の光学測定装置。

【請求項 6】

前記本体ベースに結合可能に構成された外部測定ベースと、

前記外部測定ベースに支持され、前記外部測定ベースが前記本体ベースに取り付けられたときに、前記外部測定対象位置に試料を提示するように当該試料を保持する外部試料ホルダと、をさらに含む、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の光学測定装置。

【請求項 7】

前記外部試料ホルダが、複数の試料を保持するように構成されており、

前記外部試料ホルダを前記外部測定ベース上で動かして、前記複数の試料のうちの任意の一つを前記外部測定対象位置に提示する外部試料移動機構をさらに含む、請求項 6 に記載の光学測定装置。

【請求項 8】

前記外部試料ホルダが、試料を収容するビーカーもしくは試験管、または流体状の試料が流通する配管部材を保持するように構成されている、請求項 6 に記載の光学測定装置。

【請求項 9】

前記測定光学系が、測定対象位置に照射する光を発生する光源ユニットと、前記光源ユニットの光を測定対象位置に集光する投光レンズと、前記測定対象位置から散乱される散乱光が入射する検出レンズとを含む、請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の光学測定装置。

【請求項 10】

前記測定光学系が、測定対象位置に光を照射し、前記測定対象位置から散乱される散乱光を検出して、当該検出した散乱光に対応する検出信号を出力するように構成されており、

前記測定光学系が出力する検出信号に基づいて、前記測定光学系の測定対象位置に配置された試料中に含まれる粒子の粒子径を解析する粒子径解析装置をさらに含む、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の光学測定装置。

【請求項 11】

本体ベースと、本体ベースに移動可能に結合された光学ベースと、前記光学ベースに固定された測定光学系と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース内に設定した内部測定対象位置となる内部測定位置と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース外に設定した外部測定対象位置となる外部測定位置との間で、前記光学ベースを前記本体ベースに対して相対移動させる光学ベース移動機構とを含む光学測定装置を用いた光学測定方法であって、

前記光学ベース移動機構によって前記光学ベースを前記外部測定位置に配置することによって、前記測定光学系の測定対象位置を、前記外部測定対象位置に配置するステップと

、前記外部測定対象位置に試料を配置するステップと、

前記測定光学系の測定対象位置が前記外部測定対象位置に配置され、かつ前記外部測定対象位置に試料が配置された状態で、前記測定光学系による検出信号を取得するステップ

10

20

30

40

50

と、
を含む、光学測定方法。

【請求項 1 2】

前記光学測定装置が、前記本体ベースに支持され、試料を保持するための試料ホルダが配置される試料ステージを含み、

前記光学測定方法が、前記試料を前記内部測定対象位置に提示する測定ステージ位置から前記試料ステージを退避させるステップをさらに含む、請求項 1 1 に記載の光学測定方法。

【請求項 1 3】

前記測定光学系が、測定対象位置に光を照射し、前記測定対象位置から散乱される散乱光を検出して、当該検出した散乱光に対応する検出信号を出力するように構成されており、

前記光学測定方法が、前記測定光学系の出力信号に基づいて、前記試料中に含まれる粒子の粒子径を解析するステップをさらに含む、請求項 1 1 または 1 2 に記載の光学測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、測定対象に対する光学的な測定を実行するための装置および方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、複数の測光セルを環状に配列して保持するターンテーブルと、ターンテーブルに近接して配置された光源ユニットと、同じくターンテーブルに近接して配置された検出ユニットとを備えた自動化学分析装置を開示している。光源ユニットおよび検出ユニットは、分光測定部を構成している。分光測定部は、ターンテーブルに保持された複数の測光セルのうちの一つに対して分光測定を実行する。ターンテーブルが回転することによって測定対象の測光セルが交換される。それによって、複数の測光セルに対する測定を連続的に実行できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 3 5 3 3 5 0 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 の装置は、ターンテーブルを内蔵しているため、大型であり、装置設置面積が大きく、部品点数が多く、構成が複雑であり、製造コストが高つく。それに応じて、装置の価格が高くなるので、多数の測定対象に対する連続測定を必要としないユーザは、ターンテーブルを備えない構成の装置の方が望ましいと考えるであろう。

したがって、装置メーカーは、ターンテーブルの有無に応じて個別に設計した少なくとも 2 つのモデルを準備し、それぞれの製造および販売を行うことになる。

【0005】

しかし、このような複数のモデルを備えることによって、装置メーカーにとっては、設計コストが嵩むうえに、それぞれのモデルの専用部品を準備しなければならない。一方、ユーザにとっても、ターンテーブル無しのモデルを購入した後に、多数の測定対象の連続測定に対する要求が生じたときには、ターンテーブル付のモデルを改めて購入しなければならない、経済的な負担が大きくなる。

【0006】

同様の課題は、ターンテーブルの有無だけでなく、測定対象に応じた保持部品等を備え

10

20

30

40

50

る場合にも生じ得る。

そこで、この発明の一つの目的は、ユーザの様々なニーズに対応可能な光学測定装置および光学測定方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明の一実施形態は、本体ベースと、前記本体ベースに移動可能に結合された光学ベースと、前記光学ベースに固定された測定光学系と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース内（より具体的には光学測定装置のハウジング内）に設定した内部測定対象位置となる内部測定位置と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース外（より具体的には光学測定装置のハウジング外）に設定した外部測定対象位置となる外部測定位置との間で、前記光学ベースを前記本体ベースに対して相対移動させる光学ベース移動機構と、を含む、光学測定装置を提供する。

10

【0008】

前記測定光学系は、測定対象位置に対して光を照射し、かつ前記測定対象位置で散乱される光を検出するように構成されていてもよい。より具体的には、前記測定光学系は、測定対象位置に照射する光を発生する光源ユニットと、前記光源ユニットの光を測定対象位置に集光する投光レンズと、前記測定対象位置から散乱される散乱光が入射する検出レンズとを含んでいてもよい。この場合、投光レンズの焦点位置またはその近傍が測定対象位置である。

【0009】

20

本体ベースに対する光学ベースの移動は、平行移動および回転移動の一方または両方を含む。平行移動の方向は、水平方向成分および垂直方向成分の一方または両方を含む。回転移動は、水平方向成分および垂直方向成分の一方または両方を含む方向に沿った回転軸線まわりの回転であってもよい。

この発明の一実施形態では、前記本体ベースに支持され、試料を保持するための試料ホルダが配置される試料ステージをさらに含み、前記内部測定対象位置が、前記試料ホルダに保持される試料の位置に対応している。

【0010】

前記試料ホルダは試料を収容した試料セルを保持するように構成されていてもよい。

この発明の一実施形態では、前記光学測定装置は、前記試料ホルダに保持される試料を前記内部測定対象位置に配置する測定ステージ位置と、前記測定光学系による前記外部測定対象位置での測定を阻害しない退避ステージ位置との間で、前記試料ステージを前記本体ベースに対して相対移動させる試料ステージ移動機構をさらに含む。

30

【0011】

この発明の一実施形態では、前記光学ベース移動機構が、前記光学ベースが前記試料ホルダに保持される試料に対して接離する第1方向に沿って、前記光学ベースを前記内部測定位置と前記外部測定位置との間で移動（たとえば平面視において直線的に移動）するように構成されている。また、前記試料ステージ移動機構が、前記第1方向に交差する第2方向に沿って、前記試料ステージを前記測定ステージ位置と前記退避ステージ位置との間で移動（たとえば平面視において直線的に移動）するように構成されている。

40

【0012】

この発明の一実施形態では、前記試料ステージが、前記試料ホルダを当該試料ステージに対して着脱するための着脱手段を備えており、一つの試料を保持（たとえば一つの試料セルを保持）する第1試料ホルダと、複数の試料を保持（たとえば複数の試料セルを保持）する第2試料ホルダとを交換可能に前記試料ステージに装着可能である。

この発明の一実施形態では、前記試料ホルダが、複数の試料を前記第2方向に沿って前記試料ステージ上で保持（たとえば複数の試料セルを保持）するように構成されており、前記試料ステージ移動機構が、前記内部測定対象位置に前記複数の試料のうちの任意の一つを配置（たとえば複数の試料セルのうちの任意の一つを配置）するように前記試料ステージを移動させる。

50

【0013】

この発明の一実施形態では、前記光学測定装置は、前記本体ベースに結合可能に構成された外部測定ベースと、前記外部測定ベースに支持され、前記外部測定ベースが前記本体ベースに取り付けられたときに、前記外部測定対象位置に試料を提示（配置）するように当該試料を保持する外部試料ホルダと、をさらに含む。前記外部試料ホルダは、試料を収容した収容した容器、または試料が流通する配管を介して試料を保持するように構成されている。

【0014】

この発明の一実施形態では、前記外部試料ホルダが、複数の試料を保持するように構成されており、前記光学測定装置が、前記外部試料ホルダを前記外部測定ベース上で動かして、前記複数の試料のうちの任意の一つを前記外部測定対象位置に提示（配置）する外部試料移動機構をさらに含む。

10

この発明の一実施形態では、前記外部試料ホルダが、試料を収容するビーカーもしくは試験管、または流体状の試料が流通する配管部材を保持するように構成されている。

【0015】

この発明の一実施形態では、前記測定光学系が、測定対象位置に光を照射し、前記測定対象位置から散乱される散乱光を検出して、当該検出した散乱光に対応する検出信号（たとえば光信号または電気信号）を出力するように構成されており、前記光学測定装置が、前記測定光学系が出力する検出信号に基づいて、前記測定光学系の測定対象位置に配置された試料中に含まれる粒子の粒子径を解析する粒子径解析装置をさらに含む。

20

【0016】

この発明の一実施形態では、前記粒子径解析装置が、動的光散乱法によって粒子径を解析するものである。

この発明の一実施形態では、前述のような特徴を有する光学測定装置を用いて、試料に対する光学測定を行う方法が提供される。光学測定は、動的光散乱法による粒子径の測定であってもよい。

【0017】

より具体的には、この発明の一実施形態は、本体ベースと、本体ベースに移動可能に結合された光学ベースと、前記光学ベースに固定された測定光学系と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース内（より具体的には光学測定装置のハウジング内）に設定した内部測定対象位置となる内部測定位置と、前記測定光学系による測定対象位置が前記本体ベース外（より具体的には光学測定装置のハウジング外）に設定した外部測定対象位置となる外部測定位置との間で、前記光学ベースを前記本体ベースに対して相対移動させる光学ベース移動機構とを含む光学測定装置を用いた光学測定方法を提供する。この方法は、前記光学ベース移動機構によって前記光学ベースを前記外部測定位置に配置することによって、前記測定光学系の測定対象位置を、前記外部測定対象位置に配置するステップと、前記外部測定対象位置に試料を配置するステップと、前記測定光学系の測定対象位置が前記外部測定対象位置に配置され、かつ前記外部測定対象位置に試料が配置された状態で、前記測定光学系による検出信号を取得するステップと、を含む。

30

【0018】

この発明の一実施形態では、前記光学測定装置が、前記本体ベースに支持され、試料を保持するための試料ホルダが配置される試料ステージを含む。さらに、前記光学測定方法が、前記試料を前記内部測定対象位置に提示する測定ステージ位置から前記試料ステージを退避させるステップを含む。

40

【0019】

また、この発明の一実施形態では、前記測定光学系が、測定対象位置に光を照射し、前記測定対象位置から散乱される散乱光を検出して、当該検出した散乱光に対応する検出信号（たとえば光信号または電気信号）を出力するように構成されている。そして、前記光学測定方法が、前記測定光学系の出力信号に基づいて、前記試料中に含まれる粒子の粒子径を解析するステップをさらに含む。

50

【発明の効果】

【0020】

この発明によれば、ユーザの様々なニーズに対応可能な光学測定装置および光学測定方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、この発明の第1の実施形態に係る光学測定装置の構成を示す図解的な平面図である。

【図2】図2は、複数セルホルダを用いた場合の構成を示す図解的な平面図である。

【図3】図3は、オートサンプラを結合した場合の構成を示す図解的な平面図である。

【図4】図4は、ピーカホルダを結合した場合の構成を示す図解的な平面図である。

【図5】図5は、試験管ホルダを結合した場合の構成を示す図解的な平面図である。

【図6】図6は、配管ホルダを結合した場合の構成を示す図解的な平面図である。

【図7】図7は、前記光学測定装置の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

【図8】図8は、前記光学測定装置を用いた測定に関連する動作を説明するためのフローチャートである。

【図9】図9は、この発明の第2の実施形態に係る光学測定装置の構成を示す図解的な平面図である。

【図10】図10は、この発明の第3の実施形態に係る光学測定装置の構成を示す図解的な平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、この発明の第1の実施形態に係る光学測定装置の構成を示す図解的な平面図である。光学測定装置1は、散乱光検出装置2と、これに接続された処理装置3とを含む。処理装置3は、コンピュータの形態を有していてもよく、散乱光検出装置2を制御する制御装置としての機能と、散乱光検出装置2の出力に基づいて測定対象の性質を解析する解析装置としての機能とを有していてもよい。処理装置3は、処理装置本体4と、表示装置5と、操作装置6とを含む。操作装置6は、キーボード、ポインティングデバイス等の入力装置を含む。散乱光検出装置2と処理装置3とは、通信ケーブル7によって接続されている。

【0023】

散乱光検出装置2は、本体ベース10と、光学ベース11と、試料ステージ12とを備えており、これらはハウジング13に収容されている。本体ベース10は、その一部または全部がハウジング13とは別の部材であってもよい。また、本体ベース10は、ハウジング13の一部であってもよい。すなわち、ハウジング13が本体ベース10を構成していてもよい。

【0024】

散乱光検出装置2は、さらに、本体ベース10に対して光学ベース11を相対移動させる光学ベース移動機構21を備えている。散乱光検出装置2は、さらに、本体ベース10に対して試料ステージ12を移動させる試料ステージ移動機構22を備えている。光学ベース11は、水平方向であるX方向（第1方向）に沿って移動可能に本体ベース10に結合されている。光学ベース移動機構21は、X方向に沿って光学ベース11を移動させる。X方向は、この実施形態では、平面視矩形のハウジング13の一辺（たとえば装置正面の辺）に平行な方向である。試料ステージ12は、平面視においてX方向に交差（この実施形態では直交）する水平方向であるY方向（第2方向）に沿って移動可能に本体ベース10に結合されている。試料ステージ移動機構22は、Y方向に沿って試料ステージ12を移動させる。Y方向は、この実施形態では、平面視矩形のハウジング13の別の一辺（たとえば装置側面の辺）に平行な方向である。

【0025】

光学ベース 11 には、測定光学系 30 が固定されている。測定光学系 30 は、複数の光学部品を含み、各光学部品が光学ベース 11 に固定されている。すなわち、光学ベース 11 は、測定光学系 30 を構成する複数の光学部品を一体的に支持している。光学ベース 11 は、板状であってもよく、箱状であってもよい。光学ベース 11 と、それに支持された複数の光学部品とによって、測定光学系モジュールが構成されていてもよい。複数の光学部品は、光源ユニット 31、ミラー 32、投光レンズ 33 および検出レンズ 34 を含む。光源ユニット 31 は、たとえばレーザ光源であってもよく、半導体レーザ素子を含んでいてもよい。光源ユニット 31 は、発生する光の波長を変更可能に構成されていてもよい。

【0026】

光源ユニット 31 から発生した光は、ミラー 32 で反射されて投光レンズ 33 に導かれ、投光レンズ 33 によってその光軸上の焦点位置 33a に向けて集光され、試料 S を照射する照射光 L1 を形成する。光源ユニット 31 から投光レンズ 33 に至る光路上のいずれかの位置に、光量を調整するための減光ユニットが配置されてもよい。

投光レンズ 33 の焦点位置 33a およびその近傍は、測定光学系 30 による測定対象位置 30a である。この測定対象位置 30a に試料 S が配置されていれば、その試料 S によって照射光 L1 が散乱されて、散乱光 L2 が生じる。

【0027】

検出レンズ 34 は、投光レンズ 33 の光軸と交差するように光軸を設定して光学ベース 11 に固定されている。検出レンズ 34 は、試料 S からの散乱光 L2 をその光軸上の焦点位置 34a に向けて集光する。その焦点位置 34a には、オプティカルファイバ 35 の入射端 35a が配置されている。オプティカルファイバ 35 の入射端 35a は、ファイバ固定部材 36 によって、光学ベース 11 に固定されている。

【0028】

オプティカルファイバ 35 の出射端 35b は、検出器 37 に光結合されている。検出器 37 は、光電変換素子を含む。検出器 37 は、受光した光量に対応する検出信号（電気信号）を出力する。検出器 37 は、この実施形態では、光学ベース 11 外においてハウジング 13 内に収容されている。検出器 37 は、光学ベース 11 上に固定されて、光学ベース 11 上に固定された測定光学系 30 の構成要素をなしていてもよい。この場合には、オプティカルファイバ 35 を省き、検出レンズ 34 の焦点位置 34a に検出器 37 の受光面を配置することが好ましい。

【0029】

検出器 37 が出力する検出信号はコントローラ 90 に入力される。コントローラ 90 は、検出信号を A/D 変換（アナログディジタル変換）して、演算処理を行う。コントローラ 90 の演算処理結果は、通信ケーブル 7 を介して処理装置 3 に入力される。

光学ベース 11 は、X 方向に沿って、内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との間で移動可能である。

【0030】

光学ベース 11 が内部測定位置 11A にあるとき、測定光学系 30 による測定対象位置 30a は、ハウジング 13 の内部に設定された内部測定対象位置 30A にある。換言すれば、光学ベース 11 の内部測定位置 11A は、測定光学系 30 の測定対象位置 30a が内部測定対象位置 30A となるように定められている。内部測定対象位置 30A は、必ずしも一つの位置である必要はなく、複数の異なる X 方向位置（離散的な複数の位置）を含んでもよく、また X 方向に連続する区間内の任意の位置（連続的な位置）であり得る。

【0031】

一方、光学ベース 11 が外部測定位置 11B にあるとき、測定光学系 30 による測定対象位置 30a は、ハウジング 13 の外部（とくに平面視における外部）に設定された外部測定対象位置 30B にある。換言すれば、光学ベース 11 の外部測定位置 11B は、測定光学系 30 の測定対象位置 30a が外部測定対象位置 30B となるように定められている。外部測定対象位置 30B は、必ずしも一つの位置である必要はなく、複数の異なる X 方向位置（離散的な複数の位置）を含んでもよく、また X 方向に連続する区間内の任意の位

10

20

30

40

50

置（連続的な位置）であり得る。

【0032】

このように、この光学測定装置1は、測定光学系30の測定対象位置30aを内部測定対象位置30Aに配置する内部測定モードと、測定光学系30の測定対象位置30aを外部測定対象位置30Bに配置する外部測定モードとを有する。

試料ステージ12は、当該試料ステージ12に対して試料ホルダHを着脱するための着脱機構16を備えている。着脱機構16は、試料ステージ12上の所定位置に試料ホルダHを位置決めして保持し、かつその保持状態を必要に応じて解除できるように構成されている。試料ホルダHは、試料セルCを保持するように構成されている。試料セルCは、試料Sを保持する。試料セルCは、光源ユニット31が発生する波長の光を透過させることができる材料、たとえば、ガラスまたは透明樹脂で構成されている。試料セルCは、平面視矩形の四角筒状容器であってもよい。試料Sの典型例は液体である。とくに液中に微小粒子が分散した液体試料Sが試料セルCに保持されてもよい。

10

【0033】

図1には、一度に一つの試料セルCのみを保持するように構成された単一セル型の試料ホルダH（単一セルホルダHs）が示されている。図2に示すように、複数の試料セルCを同時に保持可能に構成された複数セル型の試料ホルダH（複数セルホルダHm）を試料ステージ12に取り付けることもできる。すなわち、着脱機構16を利用することにより、必要に応じて、単一セルホルダHsと複数セルホルダHmとのいずれかを選択して、試料ステージ12に取り付けることができる。着脱機構16は、このように、試料ホルダH

20

【0034】

複数セルホルダHmは、複数（図2の例では5個）の試料セルCを一方向に沿って配列（すなわち平面視において直線的に配列）して保持するように構成されている。複数セルホルダHmを試料ステージ12に取り付けた状態では、複数の試料セルCはY方向に整列する。

単一セルホルダHsに保持される試料セルCと複数セルホルダHmに保持される試料セルCとは、形態が異なってもよい。具体的には、単一セルホルダHsは比較的大きなサイズの試料セルCを保持するように設計され、複数セルホルダHmは比較的小さなサイズの試料セルCを保持するように設計されていてもよい。小サイズの試料セルCには、少量の試料Sを準備すれば測定できる利点がある。

30

【0035】

試料ステージ12には、試料ホルダHに保持された試料セルC（より具体的にはその内部に収容された試料S）の温度を調節するための温度調節ユニット14が備えられている。

試料ステージ12は、試料Sが内部測定対象位置30Aを通る経路に沿ってY方向に移動可能に本体ベース10に支持されている。試料ステージ移動機構22は、測定ステージ位置12Aと、退避ステージ位置12Bとの間で、試料ステージ12をY方向に沿って移動させる。

【0036】

40

試料ステージ12が測定ステージ位置12Aにあるとき、試料ホルダHに保持された試料セルC内の試料SのY方向位置が、内部測定対象位置30Aと整合する。換言すれば、測定ステージ位置12Aは、試料位置が内部測定対象位置30Aに整合するように定められている。測定ステージ位置12Aは、必ずしも一つの位置である必要はなく、複数の異なるY方向位置（離散的な複数の位置）を含んでもよく、またY方向に連続する区間内の任意の位置（連続的な位置）であり得る。

【0037】

単一セルホルダHsを用いるときの測定ステージ位置12Aは、単一セルホルダHsに保持された単一の試料セルCに保持された試料Sの位置が内部測定対象位置30Aと整合するY方向位置である。複数セルホルダHmを用いるときの測定ステージ位置12Aは、

50

複数セルホルダHmに保持された複数の試料セルCにそれぞれ保持された複数の試料Sの位置が内部測定対象位置30Aと整合する複数のY方向位置である。

【0038】

一方、退避ステージ位置12Bは、測定ステージ位置12Aから試料ステージ12がY方向に退避した位置である。光学ベース11が外部測定位置11Bに配置されるときに、光学ベース11と干渉しないように試料ステージ12がY方向に退避させられる。このときの試料ステージ12のY方向位置が退避ステージ位置12Bである。

散乱光検出装置2のハウジング13は平面視において矩形である。その矩形の一辺に相当する外面（この実施形態では側面）は、外部測定ベースを必要に応じて本体ベース10に結合（直接的または間接的に結合）するための外部測定ベース結合面13aを提供する。外部測定ベース結合面13aは、X方向と交差（この実施形態では直交）する面である。外部測定ベース結合面13aは、概して平坦な鉛直面を有していることが好ましく、とくに、少なくとも外部測定ベースとの結合部分は、平面視において実質的に凹凸のない直線を形成する平坦面を形成していることが好ましい。内部測定対象位置30Aと外部測定対象位置30Bとは、外部測定ベース結合面13aを挟んで、ハウジング13の内方と外方とに分かれて位置している。つまり、光学ベース11のX方向移動によって、測定光学系30の測定対象位置30aは、外部測定ベース結合面13aを超えて、ハウジング13の内外間で移動する。

【0039】

図3、図4、図5および図6は、外部測定ベース結合面13aに結合可能な外部測定ベースを有する複数のオプション機器の例をそれぞれ示す。

図3は、外部測定ベース結合面13aにオートサンプラ40を結合した構成例を示す。オートサンプラ40は、外部測定ベース結合面13aに固定される外部測定ベース41と、外部測定ベース41に回転可能に支持された回転テーブル42とを含む。回転テーブル42は、回転駆動機構43によって、鉛直方向に沿う回転軸線44まわりに回転させられる。回転駆動機構43は、外部試料移動機構の一例である。回転テーブル42は、複数の試料セルCを回転軸線44まわりの円周に沿って環状に配列して保持する試料ホルダ部45を備えており、外部試料ホルダの一例である。その円周は、オートサンプラ40が外部測定ベース結合面13aに結合された状態において、外部測定対象位置30Bを通る。したがって、回転テーブル42が回転することによって、複数の試料セルCを外部測定対象位置30Bに順次配置し、その内部の試料Sを外部測定対象位置30Bに提示することができる。外部測定対象位置30Bは、試料セルCの内面よりも内方に位置してもよいし、試料セルCの内面と試料Sとの界面に位置してもよい。回転テーブル42は、さらに、試料ホルダ部45に保持された試料セルCを温度調節（加熱および／または冷却）するための温度調節ユニット46を備えていてもよい。

【0040】

図4は、外部測定ベース結合面13aにピーカホルダ50を結合した構成例を示す。ピーカホルダ50は、試料Sを収容したピーカ53を保持するように構成されている。ピーカホルダ50は、外部測定ベース結合面13aに固定される外部測定ベース51と、外部測定ベース51上に設けられた外部試料ホルダとしての位置決め部材52とを含む。外部測定ベース51は、ピーカ53が載置される水平な載置面51aを有している。位置決め部材52は、載置面51a上でピーカ53の配置を規制する部材であり、ピーカ53の側面形状に整合する内壁面を有する環状部材であってもよい。試料Sを収容したピーカ53を位置決め部材52によって規制される位置に配置することで、ピーカ53内の試料Sを外部測定対象位置30Bに提示できる。外部測定対象位置30Bは、ピーカ53の内面よりもピーカ53の内方に位置してもよいし、ピーカ53の内面と試料Sとの界面に位置してもよい。ピーカ53は、光源ユニット31が発生する光を透過させることができる材料、具体的にはガラスまたは透明樹脂で構成されている。

【0041】

図5は、外部測定ベース結合面13aに試験管ホルダ60を結合した構成例を示す。試

験管ホルダ60は、試料Sを収容した試験管63を保持するように構成されている。試験管ホルダ60は、外部測定ベース結合面13aに固定される外部測定ベース61と、外部測定ベース61上に設けられた外部試料ホルダとしての位置決め部材62とを含む。位置決め部材62は、試験管63の配置を規制する部材であり、上下に間隔を開けて整列配置された一对の管部62a, 62bを含んでいてもよい。この一对の管部62a, 62bを通るように、試料Sを収容した試験管63が配置される。それにより、試験管63内の試料Sを外部測定対象位置30Bに提示できる。外部測定対象位置30Bは、試験管63の内面よりも試験管63の内方に位置してもよいし、試験管63の内面と試料Sとの界面に位置してもよい。試験管63は、光源ユニット31が発生する光を透過させることができる材料、たとえばガラスまたは透明樹脂で構成されている。

10

【0042】

図6は、外部測定ベース結合面13aに配管ホルダ70を結合した構成例を示す。配管ホルダ70は、試料Sが流通する配管73を保持するように構成されている。配管ホルダ70は、外部測定ベース結合面13aに固定される外部測定ベース71と、外部測定ベース71上に設けられた外部試料ホルダとしての配管固定部材72とを含む。配管固定部材72は、配管73の配置を規制する部材である。試料Sが流通する配管73を配管固定部材72によって位置決めして固定することで、配管73内の試料Sを外部測定対象位置30Bに提示できる。配管73は、光源ユニット31が発生する光を透過可能な材料、たとえばガラスまたは透明樹脂で構成されている。外部測定対象位置30Bは、配管73の内面よりも配管73の内方に位置してもよいし、配管73の内面と試料Sとの界面に位置してもよい。

20

【0043】

たとえば、一对の配管固定部材72が、上下に間隔を開けて設けられている。これらの配管固定部材72で配管73が固定されることにより、配管73は、一对の配管固定部材72の間で、鉛直方向に沿った直線状の形態を呈する試料提示部73Pを有することになる。配管73は、試料提示部73Pの一方側（好ましくは下方側）に連なる試料流入部73Aと、試料提示部73Pの他方側（好ましくは上方側）に連なる試料流出部73Bとを有する。試料流入部73Aには流入側開閉弁75Aが介装され、試料流出部73Bには流出側開閉弁75Bが介装されている。開閉弁75A, 75Bは、コントローラ90によって制御可能な電磁弁で構成されていてもよい。

30

【0044】

試料Sに対する測定を実施するとき、開閉弁75A, 75Bがいずれも閉状態に制御され、試料提示部73Pにおける試料Sの流動が停止されてもよい。とくに、後述する動的光散乱法による粒子径の測定が行われるときには、開閉弁75A, 75Bを閉じて、試料Sの流動を停止することが好ましい。この実施形態では、試料提示部73Pは鉛直方向に沿って直立しているので、試料提示部73Pの流路が外部測定対象位置30Bを挟んで高低差を有している。それにより、試料S中の気泡が上方に移動して外部測定対象位置30Bから離れていくので、気泡による影響を抑制した精度の高い測定が可能である。とくに、試料流入部73Aを試料提示部73Pの下方側に結合し、試料流出部73Bを試料提示部73Pの上方側に結合することにより、開閉弁75A, 75Bを閉じた後の気泡の上方への移動が円滑に進みやすい。開閉弁75A, 75Bを閉じるときは、一気に閉じるよりも、徐々に開度を絞って閉状態へと移行させることが好ましく、それにより、開閉弁75A, 75Bの急閉による衝撃を抑制できるから、開閉弁75A, 75Bを閉じた後に短時間で試料Sの状態が安定する。開閉弁75A, 75Bの開閉タイミングは同時でもよいし、時間差を付けて開閉弁75A, 75Bを開閉してもよい。

40

【0045】

図3～図6のいずれの場合にも、外部測定ベース結合面13aには、投光レンズ33から外部測定対象位置30Bに向かう照射光L1および外部測定対象位置30Bから検出レンズ34に向かう散乱光L2を透過させるための窓15が設けられる。窓15は、ハウジング13に形成された開口である。この開口には、光を透過させる材料からなる透明板が

50

嵌め込まれてもよい。外部測定ベース４１，５１，６１，７１を結合せずに散乱光検出装置２を単体で用いる図１または図２の構成の場合には、上記のような窓１５をハウジング１３に設ける必要はない。

【００４６】

図７は、この実施形態の光学測定装置の電氣的構成を説明するためのブロック図であり、オートサンプラ４０を接続した場合の構成例（図３を併せて参照）が示されている。

散乱光検出装置２は、コントローラ９０を含む。コントローラ９０は、ＣＰＵ（中央処理装置）９１およびメモリ９２を含む。メモリ９２は、ＣＰＵ９１が実行するプログラムを記憶している。メモリ９２は、さらに、ＣＰＵ９１の演算処理のためのワークエリアを提供する。メモリ９２は、さらに、散乱光検出装置２が備える検出器３７によって検出された信号その他のデータを一時記憶したり、処理装置３から送られてくる命令およびデータを一時記憶したりするために用いられる。

10

【００４７】

コントローラ９０には、散乱光検出装置２の内部信号線９５を介して、内部のセンサ類およびアクチュエータ類が接続されている。より具体的には、内部信号線９５には、光源ユニット３１、検出器３７、光学ベース移動機構２１、試料ステージ移動機構２２、温度調節ユニット１４などが接続されている。コントローラ９０は、内部信号線９５を介して、光源ユニット３１、光学ベース移動機構２１、試料ステージ移動機構２２および温度調節ユニット１４を制御する。また、コントローラ９０は、内部信号線９５を介して、検出器３７の出力信号を取得する。

20

【００４８】

光源ユニット３１は、コントローラ９０によって制御されるレーザ光源（たとえば半導体レーザ素子）を含む。光源ユニット３１は、コントローラ９０によって制御されることによって、出力、発光波長その他の出力特性が制御されるように構成されていてもよい。

光学ベース移動機構２１は、コントローラ９０によって制御されるアクチュエータとして、電動モータ（以下「Ｘ軸モータ」という。）２１Ｍを備えていてもよい。試料ステージ移動機構２２は、コントローラ９０によって制御されるアクチュエータとして、電動モータ（以下「Ｙ軸モータ」という。）２２Ｍを備えていてもよい。

【００４９】

温度調節ユニット１４は、コントローラ９０によって制御されるアクチュエータとして、ヒータ、ペルチエ素子、空冷ファン等を備えていてもよい。

30

図７の構成例では、内部信号線９５は、コネクタ９６を介して、オートサンプラ４０の内部信号線４８に接続されている。したがって、散乱光検出装置２のコントローラ９０は、オートサンプラ４０に備えられたセンサ類の出力信号を取得でき、かつオートサンプラ４０に備えられたアクチュエータを制御することができる。

【００５０】

オートサンプラ４０の内部信号線４８には、回転駆動機構４３および温度調節ユニット４６が接続されている。回転駆動機構４３は、コントローラ９０によって制御されるアクチュエータとして、電動モータ（以下「θ軸モータ」という。）４３Ｍを備えていてもよい。また、温度調節ユニット４６は、コントローラ９０によって制御されるアクチュエータとして、ヒータ、ペルチエ素子、空冷ファン等を備えていてもよい。さらに、オートサンプラ４０は、回転テーブル４２の回転位置を検出する回転位置センサ（センサ類の一例）４７を備えていてもよい。このような回転位置センサ４７が内部信号線４８に接続されている。

40

【００５１】

コントローラ９０は、さらに、通信ケーブル７を介して処理装置３に接続されており、処理装置３との間で制御信号およびデータを授受できるように構成されている。

このような構成により、処理装置３からの指令に応じて、散乱光検出装置２およびオートサンプラ４０の各部を作動させ、散乱光検出装置２の出力信号を処理装置３において取得することができる。

50

【0052】

処理装置3は、前述のとおり、コンピュータとしての形態を有している。光学測定装置1を用いた測定を実行するためのプログラムが予め準備され、ユーザは、そのプログラムを処理装置3上で実行することによって、光学測定装置1を利用した測定を行うことができる。処理装置3は、プログラム101およびデータ102を記憶するメディアとしての記憶装置100と、プログラム101を実行するプロセッサ(CPU)105とを備えている。プロセッサ105がプログラム101を実行することによって、処理装置3は、散乱光検出装置2等を制御する制御装置としての機能と、散乱光検出装置2の出力信号を解析する解析装置としての機能とを発揮する。

【0053】

図8は、測定時のユーザの手順および光学測定装置1の動作を説明するためのフローチャートである。この例では、単一セルホルダHsを用いた測定、複数セルホルダHmを用いた測定、およびオートサンプラ40を用いた測定のうちのいずれかが行われる場合について説明する。

ユーザは、処理装置3に備えられた操作装置6を操作して、表示装置5に表示される測定メニューから、「単一セルモード」、「複数セルモード」および「オートサンプラモード」のいずれかを選択する(ステップS0)。単一セルモードとは、単一セルホルダHsを用いた測定モードであり、単一セルホルダHsに保持された一つの試料セルCに対する測定を実行する場合に選択される(図1参照)。複数セルモードとは、複数セルホルダHmを用いた測定モードであり、複数セルホルダHmに保持された1つまたは複数(この実施形態では最大5個)の試料セルCに対する測定を実行する場合に選択される(図2参照)。オートサンプラモードとは、オートサンプラ40を用いた測定モードであり、オートサンプラ40の回転テーブル42に保持された1つまたは複数(たとえば最大50個)の試料セルCに対する測定を実行する場合に選択される(図3参照)。

【0054】

単一セルモードが選択されると(ステップS0)、単一セルモード選択指令が、処理装置3からコントローラ90に与えられる。コントローラ90は、Y軸モータ22Mを制御して、試料ステージ12を測定ステージ位置12Aに配置して、試料セルCのY方向位置を内部測定対象位置30Aと整合させる(ステップS1)。さらに、コントローラ90は、X軸モータ21Mを制御して、光学ベース11を内部測定位置11Aに配置する(ステップS2)。それにより、測定光学系30の測定対象位置30aが内部測定対象位置30Aに配置される。コントローラ90は、さらに、光源ユニット31を制御して、検出用の光を発生させる(ステップS3)。その状態で、コントローラ90は、必要に応じて、X軸モータ21Mを制御して光学ベース11をX方向に移動し、投光レンズ33の焦点位置をX方向に微調整する(ステップS4)。具体的には、コントローラ90は、検出器37が適切な光量の光を検出するように、投光レンズ33の焦点のX方向位置を微調整する。

【0055】

液体の試料Sは、希釈系試料と濃厚系試料とに大別される。希釈系試料とは検出光が透過可能な試料であり、コロイド溶液が典型例である。濃厚系試料とは検出光が実質的に透過できない試料であり、乳濁液または懸濁液が典型例である。希釈系試料については、液体試料中のいずれかの位置に照射光L1の焦点が位置していれば、散乱光が検出レンズ34を介して検出器37に入射するので、投光レンズ33の焦点のX方向位置微調整は必ずしも必要ではない。それに対して、濃厚系試料については、試料セルCと試料Sとの界面から内方に深く離れた位置に照射光L1の焦点が位置していると、十分な散乱光を検出レンズ34によって検出器37に導くことができない。そこで、投光レンズ33の焦点のX方向位置を試料セルCと試料Sとの界面近傍に調整する必要がある。

【0056】

こうして必要な調整が行われると、検出器37の出力信号の取得が開始され、その取得された信号を表す光量データがコントローラ90から処理装置3へと送られる(ステップS5：散乱光測定)。こうして、散乱光L2の光量測定が行われる。処理装置3は、受信

10

20

30

40

50

した光量データに基づいた検出結果を表示装置 5 に表示する（ステップ S 6）。

複数セルモードが選択されると（ステップ S 0）、複数セルモード選択指令が、処理装置 3 からコントローラ 9 0 に与えられる。コントローラ 9 0 は、Y 軸モータ 2 2 M を制御して、試料ステージ 1 2 を測定ステージ位置 1 2 A に配置する。このとき、複数セルホルダ H m に保持された複数の試料セル C のうちの一つの Y 方向位置が内部測定対象位置 3 0 A に整合させられる（ステップ S 1 1）。処理装置 3 は、いずれかの試料セル C を選択するための試料セル指定信号をコントローラ 9 0 に与えてもよい。この場合、コントローラ 9 0 は、その選択された試料セル C が内部測定対象位置 3 0 A に配置されるように試料ステージ 1 2 の Y 方向位置を制御する。さらに、コントローラ 9 0 は、X 軸モータ 2 1 M を制御して、光学ベース 1 1 を内部測定位置 1 1 A に配置する（ステップ S 1 2）。それにより、測定光学系 3 0 の測定対象位置 3 0 a が内部測定対象位置 3 0 A に配置される。

10

【0057】

この状態で、コントローラ 9 0 は、光源ユニット 3 1 を制御して、検出用の光を発生させる（ステップ S 1 3）。コントローラ 9 0 は、必要に応じて、X 軸モータ 2 1 M を制御して光学ベース 1 1 を X 方向に移動し、投光レンズ 3 3 の焦点の X 方向位置を微調整する（ステップ S 1 4）。この微調整の目的は、前述のとおりである。

こうして必要な調整が行われると、検出器 3 7 の出力信号の取得が開始され、その取得された信号を表す光量データがコントローラ 9 0 から処理装置 3 へと送られる（ステップ S 1 5：散乱光測定）。こうして、散乱光 L 2 の光量測定が行われる。処理装置 3 は、受信した光量データに基づいた検出結果を表示装置 5 に表示する（ステップ S 1 6）。

20

【0058】

処理装置 3 は、複数セルホルダ H m に保持された複数の試料セル C の中に 1 つまたは複数の未測定の試料セル C があるかどうかを判断する（ステップ S 1 7）。未測定の試料セル C があれば（ステップ S 1 7：YES）、処理装置 3 は、未測定の試料セル C の一つを指定して、測定指令をコントローラ 9 0 に与える。それにより、ステップ S 1 1 からの処理が行われる。

【0059】

このような動作が、複数セルホルダ H m に保持された全ての試料セル C、または処理装置 3 が測定対象として指定する全ての試料セル C に対する測定を終えるまで繰り返される（ステップ S 1 7：NO）。

30

オートサンプラモードは、オートサンプラ 4 0 が散乱光検出装置 2 に接続されているときに有効になる測定モードである。オートサンプラモードが選択されると（ステップ S 0）、オートサンプラモード選択指令が処理装置 3 からコントローラ 9 0 に与えられる。コントローラ 9 0 は、Y 軸モータ 2 2 M を制御して、試料ステージ 1 2 を退避ステージ位置 1 2 B へと退避させ（ステップ S 2 0）、X 軸モータ 2 1 M を制御して光学ベース 1 1 を外部測定位置 1 1 B に配置する（ステップ S 2 1）。それにより、測定光学系 3 0 の測定対象位置 3 0 a が外部測定対象位置 3 0 B に配置される。さらに、コントローラ 9 0 は、θ 軸モータ 4 3 M を制御して回転テーブル 4 2 を回転させ、回転テーブル 4 2 に保持された複数の試料セル C の一つを外部測定対象位置 3 0 B に整合させる（ステップ S 2 2）。処理装置 3 は、試料セル C を選択するための試料セル指定信号をコントローラ 9 0 に与えてもよい。この場合、コントローラ 9 0 は、その選択された試料セル C が外部測定対象位置 3 0 B に配置されるように回転テーブル 4 2 の回転位置を制御する。

40

【0060】

この状態で、コントローラ 9 0 は、光源ユニット 3 1 を制御して、検出用の光を発生させる（ステップ S 2 3）。コントローラ 9 0 は、必要に応じて、X 軸モータ 2 1 M を制御して光学ベース 1 1 を X 方向に移動し、投光レンズ 3 3 の焦点の X 方向位置を微調整する（ステップ S 2 4）。この微調整の目的は、前述のとおりである。

こうして必要な調整が行われると、コントローラ 9 0 は、検出器 3 7 の出力信号を取得し、その取得された信号に対して、測定のための演算処理を実行する（ステップ S 2 5：散乱光測定）。コントローラ 9 0 は、演算処理結果を処理装置 3 に送信する。処理装置 3

50

は、受信した演算処理結果を、散乱光検出装置 2 の検出結果として、表示装置 5 に表示する（ステップ S 2 6）。処理装置 3 は、さらに、受信した演算処理結果を解析し、その解析によって得られた情報を表示装置 5 に併せて表示してもよい。

【0061】

処理装置 3 は、回転テーブル 4 2 に保持された複数の試料セル C の中に 1 つまたは複数の未測定を試料セル C があるかどうかを判断する（ステップ S 2 7）。未測定を試料セル C があれば、処理装置 3 は、未測定を試料セル C の一つを指定して、測定指令をコントローラ 9 0 に与える。これにより、ステップ S 2 2 からの処理が実行される。

このような動作が、回転テーブル 4 2 に保持された全ての試料セル C、または処理装置 3 が測定対象として指定する全ての試料セル C に対する測定を終えるまで繰り返される（ステップ S 2 7：NO）。 10

【0062】

この実施形態の光学測定装置 1 を用いて実行可能な光学測定法の一例は、動的散乱法による粒子径の測定である。この場合、試料セル C には、液体中に微粒子が分散された懸濁液（もしくは乳濁液）または溶液が、試料 S として収容される。その試料 S 中の微粒子の粒子径が測定される。

懸濁液（もしくは乳濁液）または溶液中の微粒子（ナノ粒子）はブラウン運動しており、その速さは微粒子の大きさに依存する。つまり、大きな粒子ほど遅く、小さな粒子ほど速く運動している。動的散乱法では、レーザ光を懸濁液または溶液に入射し、微粒子からの散乱光を検出する。ブラウン運動によってランダムに移動している微粒子からの散乱光強度は時間的に変動してゆらぎを生じる。この変動（散乱光強度のゆらぎ）は、ブラウン運動の速さに依存する。すなわち、大きな粒子の運動に起因する散乱光強度の変動は穏やかであり、小さな粒子の運動に起因する散乱光強度は激しく変動する。このゆらぎの自己相関関数または周波数スペクトルを解析することで、微粒子の拡散係数 D を求めることができ、下記式（1）に示す Stokes-Einstein の式から流体力学的径（粒子径 d）を算出することができる。 20

【0063】

【数 1】

【数 1】

$$D = \frac{k_B T}{3 \pi \eta d} \quad \dots\dots (1)$$

d：粒子径（nm）

k_B ：ボルツマン定数（ $1.38 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ ）

T：絶対温度（K）

η ：希釈液の粘度（ $\text{mPa} \cdot \text{s}$ ）

D：拡散係数（ $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ） 40

より具体的な手順は、次のとおりである。

【0064】

光源ユニット 3 1 からレーザ光（単色かつ可干渉な光）を発生させて照射光 L 1 として試料 S に照射する。試料 S からの散乱光 L 2 を検出器 3 7 で検出して散乱光強度信号を取得し、その散乱光強度信号をコントローラ 9 0 のメモリ 9 2 に保存する。この散乱光強度信号は、試料 S 中の粒子のブラウン運動に起因する時間的な変化（ゆらぎ）を含む。

検出器 3 7 が出力するある時間内の散乱光強度信号から、コントローラ 9 0 で、自己相関関数または周波数スペクトルが算出される。コントローラ 9 0 は、算出した自己相関関数または周波数スペクトルを処理装置 3 に送信する。処理装置 3 は、その自己相関関数または周波数スペクトルから粒子のゆらぎの程度を表す拡散係数 D を求め、上記式（1）に 50

代入することにより、粒子径 d を求める。この場合、処理装置 3 は、粒子径解析装置として機能することになる。

【0065】

光散乱の測定では、入射光学系（投光レンズ 33 を含む）および検出光学系（検出レンズ 34 を含む）で決まる一定の観測体積中の微粒子からの散乱光のみが検出される。このときの観測体積を散乱体積という。適切な散乱体積中の微粒子からの散乱光は干渉性（coherence）が高く、精度の高い測定に寄与する。微粒子がとくに小さいときや濃度が低いときなどには、散乱体積を増やすことによって散乱光強度を増大させることができるが、干渉性因子の低下を招き、干渉性が犠牲となる。

【0066】

この実施形態の散乱光検出装置 2 では、測定光学系 30 の構成要素一式が光学ベース 11 上に固定され、それらが一体的に移動する構造である。そのため、測定対象位置が内部測定対象位置 30A であるか外部測定対象位置 30B であるかを問わず、散乱体積条件を変えない測定を容易に実現できる。したがって、精度の高い測定が可能である。

以上のように、この実施形態の光学測定装置 1 は、本体ベース 10 と、本体ベース 10 に移動可能に結合された光学ベース 11 と、光学ベース 11 に固定された測定光学系 30 と、内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との間で光学ベース 11 を移動させる光学ベース移動機構 21 とを含む。測定光学系 30 は、測定対象位置 30a に対して照射光 L1 を照射し、測定対象位置 30a で散乱される散乱光 L2 を検出する。

【0067】

光学ベース 11 を内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との間で移動させることにより、測定光学系 30 の測定対象位置 30a を内部測定対象位置 30A と外部測定対象位置 30B との間で移動させることができる。内部測定対象位置 30A は本体ベース 10 内に設定されており、外部測定対象位置 30B は本体ベース 10 外に設定されている。したがって、光学ベース 11 を移動させることによって、測定対象位置 30a を本体ベース 10 内または本体ベース 10 外に設定することができる。それにより、本体ベース 10 に対して必要に応じて外部測定ベース 41, 51, 61, 71 を結合することにより、外部測定ベース 41, 51, 61, 71 上において外部測定対象位置 30B に試料 S を配置すれば、本体ベース 10 外に配置した試料 S に対する測定を行うことができる。

【0068】

したがって、基本的な光学測定に必要とされる最小限の構成を本体ベース 10 上に配置する設計とすることができ、必要に応じて、本体ベース 10 に外部測定ベース 41, 51, 61, 71 を結合することによって、機能拡張を行うことができる。これにより、本体ベース 10 を小型化でき、それに応じて装置設置面積を小さくでき、部品点数を抑制でき、構成を簡単にでき、製造コストを安くすることができる。

【0069】

しかも、基本機能を備えた本体ベース 10 に対して異なる拡張機能を付加する外部測定ベース 41, 51, 61, 71 を必要に応じて結合する構成であるため、本体ベース 10 に備えられた構成の設計を共通に適用しながら、異なる拡張機能を備えた複数の仕様の光学測定装置 1 を提供できる。それにより、設計コストを削減でき、かつ複数のモデルにそれぞれ対応する専用部品を削減することができる。加えて、ユーザは、オートサンプラ 40 を備えない基本構成のみのモデルの装置を購入した場合に、その後、必要に応じて、オートサンプラ 40 を事後的に追加することができる。また、外部測定ベース 41, 51, 61, 71 の種類を変更することもできるから、たとえば、ピーカホルダ 50 を備えた構成から、オートサンプラ 40 を備えた構成に装置を変更することもできる。このようにして、装置自体の買い換えまたは買い増しではなく、拡張機能部分の追加または変更を行えるので、ユーザの経済的な負担を軽減することができる。

【0070】

この実施形態では、散乱光検出装置 2 は、本体ベース 10 に支持され、試料 S（より具体的には試料セル C）を保持するための試料ホルダ H が配置される試料ステージ 12 を含

10

20

30

40

50

む。そして、内部測定対象位置 30A が、試料ホルダ H に保持される試料 S（より具体的には試料セル C）の位置に対応している。これにより、本体ベース 10 内で試料 S に対する光学測定を実行できる。

【0071】

また、この実施形態では、散乱光検出装置 2 は、試料ステージ 12 を本体ベース 10 に対して相対移動させる試料ステージ移動機構 22 をさらに含む。それにより、試料ステージ 12 は、試料ホルダ H に保持される試料 S（より具体的には試料セル C）を内部測定対象位置 30A に配置する測定ステージ位置 12A と、測定光学系 30 による外部測定対象位置 30B での測定を阻害しない退避ステージ位置 12B との間で移動する。これにより、本体ベース 10 上での光学測定および本体ベース 10 外での光学測定の両方を支障なく行える。

10

【0072】

より具体的には、この実施形態では、光学ベース 11 は、試料ホルダ H に保持される試料（具体的には試料セル C）に対して接離する X 方向（第 1 方向）に沿って移動（この実施形態では平面視において直線的に移動）するように構成されている。その一方で、試料ステージ 12 は、X 方向に交差（この実施形態では直交）する Y 方向（第 2 方向）に沿って移動（この実施形態では平面視において直線的に移動）するように構成されている。したがって、試料ステージ 12 が Y 方向に移動して退避ステージ位置 12B に退避することにより、光学ベース 11 が外部測定位置 11B に移動できる。

20

【0073】

光学ベース 11 は、試料 S に対して接離する X 方向に移動するので、測定光学系 30 を X 方向に移動させることによって、測定光学系 30 の焦点位置を試料 S に対して調整することができる。すなわち、焦点位置の微調整のための光学ベース 11 の移動と、内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との切り換えのための光学ベース 11 の移動方向とが同方向である。そのため、光学ベース 11 の移動および焦点位置の微調整のために共通に光学ベース移動機構 21 を用いることができる。それにより、構造を簡素化および小型化でき、それに応じてコストダウンを図ることができる。

【0074】

しかも、この実施形態では、焦点位置の微調整は、測定光学系 30 全体を試料 S に対して接近／離反させて行われるので、前述のとおり、散乱体積が実質的に変化しない。それにより、精度の高い光学測定を実現できる。

30

また、この実施形態では、試料ホルダ H が試料ステージ 12 に対して着脱自在であり、一つの試料 S（具体的には一つの試料セル C）を保持する単一試料ホルダ Hs と、複数の試料 S（具体的には複数の試料セル C）を保持する複数試料ホルダ Hm とのいずれかを選択して試料ステージ 12 に装着でき、必要に応じて、それらを交換することができる。したがって、本体ベース 10 上の構成により、単一の試料セル C に対する光学測定だけでなく、複数の試料セル C に対する連続光学測定も行える。それにより、外部測定ベース 41, 51, 61, 71 を結合しない基本構成だけでも、使い勝手のよい光学測定機能を提供できる。

【0075】

40

さらに、この実施形態では、複数セルホルダ Hm が試料ステージ 12 に装着されたとき、複数セルホルダ Hm が保持する複数の試料セル C が、Y 方向（第 2 方向）に沿って配列される。そして、試料ステージ移動機構 22 が、内部測定対象位置 30A に複数の試料セル C のうちの任意の一つを配置するように試料ステージ 12 を Y 方向に移動させる。したがって、複数の試料セル C を内部測定対象位置 30A に順に提示することで、複数の試料セル C に対する測定を連続的に実行することができる。そして、試料セル C を切り換えるときの試料ステージ移動方向が、測定ステージ位置 12A と退避ステージ位置 12B とで試料ステージ位置を変更するときの試料ステージ移動方向と共通である。そのため、試料ステージ 12 を複数方向に沿って移動させる必要がなく、それらの目的のために試料ステージ移動機構 22 を共通に用いることができる。それにより、試料ステージ 12 を移動さ

50

せるための構成を簡素化および小型化することができ、それに応じて装置の製造コストを抑制できる。

【0076】

散乱光検出装置2の本体ベース10には、ユーザの要求に応じて、外部測定ベース41、51、61、71を結合することができ、それによって、外部オプション機器を備えた装置構成とすることができる。すなわち、散乱光検出装置2を、オートサンプラ40、ピーカホルダ50、試験管ホルダ60、配管ホルダ70等の外部オプション機器を備えた構成とすることができる。これらの外部オプション機器が備える外部試料ホルダ(42、52、62、72)は、外部測定対象位置30Bに試料Sを提示するように構成されている。したがって、光学ベース11を外部測定位置11Bに配置することによって、外部オプション機器を利用した光学測定を行える。具体的には、オートサンプラ40を利用することによって、多数の試料Sに対する光学測定を連続的に短時間で行うことができる。また、ピーカホルダ50や試験管ホルダ60を用いることにより、試料Sを専用の試料セルCに移すことなく光学測定を行える。さらに、配管ホルダ70を用いることにより、配管73中を通して流通する試料Sに対する光学測定を行える。

10

【0077】

図9は、この発明の第2の実施形態に係る光学測定装置201の構成を説明するための図解的な平面図である。図9において、図1の対応部分に図1と同じ参照符号を付す。

この実施形態では、試料ステージ12の測定ステージ位置12Aが、光学ベース11の外部測定位置11Bへの移動を阻害しないように配置されている。すなわち、測定ステージ位置12Aは、光学ベース11の内部測定位置11Aと外部測定位置11Bとの間の光学ベース11の移動経路外に設定されている。したがって、試料ステージ12は、内部測定モードでも外部測定モードでも測定ステージ位置12Aに配置されていればよく、測定ステージ位置12Aから退避する必要がない。

20

【0078】

一方、光学ベース11は、水平方向に平行移動可能であり、かつ鉛直方向に沿う回転軸線17まわりに回転可能な状態で、本体ベース10に支持されている。詳細な図示は省略するが、光学ベース移動機構21は、リニア駆動機構および回転駆動機構を含む。たとえば、リニア駆動機構は、回転駆動機構を支持する直動ブロックを本体ベース10に対してX方向に直線移動させ、回転駆動機構は、直動ブロックに対して光学ベース11を回転軸線17まわりに回転駆動してもよい。この場合、回転軸線17は、直動ブロックのX方向移動に伴ってX方向に移動する。また、回転駆動機構が、直動ブロックを支持する回転ブロックを本体ベース10に対して回転軸線17まわりに回転させ、リニア駆動機構は、回転ブロックに対して光学ベース11を水平方向に進退させてもよい。この場合、回転軸線17は本体ベース10に対して不動であり、リニア駆動機構は、回転軸線17に対して接近／離反する放射方向に光学ベース11を進退させる。いずれの構成の場合も、光学ベース11は、水平方向に沿った平行移動と、鉛直な回転軸線17まわりの回転移動とが可能であり、平行移動および回転移動を複合させた移動が可能である。

30

【0079】

内部測定対象位置30Aは、測定ステージ位置12Aに整合するように設定されている。前述の第1の実施形態では、内部測定対象位置30Aおよび外部測定対象位置30BがX方向に整合しているのに対して、この実施形態では、内部測定対象位置30Aと外部測定対象位置30BとはX方向に整合していない。光学ベース移動機構21は、リニア駆動機構および回転駆動機構によって、光学ベース11を平行移動および回転移動させることによって、光学ベース11を内部測定位置11Aまたは外部測定位置11Bに導くことができる。光学ベース11が内部測定位置11Aにあるとき、測定光学系30の測定対象位置30a(投光レンズ33の焦点位置33a)が内部測定対象位置30Aに位置する。光学ベース11が外部測定位置11Bにあるとき、測定光学系30の測定対象位置30a(投光レンズ33の焦点位置33a)が外部測定対象位置30Bに位置する。

40

【0080】

50

試料ステージ移動機構 22 は、複数セルホルダ Hm を用いるときに試料セル C を切り換えるために、試料ステージ 12 を移動させるように構成されている。試料ステージ移動機構 22 は、たとえば、試料ステージ 12 を複数の試料セル C の整列方向に沿って移動させるリニア駆動機構を含む。試料ステージ移動機構 22 は、さらに、試料ステージ 12 を鉛直な回転軸線 18 まわりに回転させる回転駆動機構を含んでいてもよい。それにより、試料ステージ 12 に装着されたセルホルダ H に保持された試料セル C の測定光学系 30 に対する方位角、すなわち、照射光 L1 の入射角を調整することができる。入射角の調整が必要でなければ、回転駆動機構を設ける必要はない。

【0081】

このような構成により、試料ステージ 12 において保持された試料 S に対する測定を行う内部測定モードであるか、外部測定ベース結合面 13a に結合された外部測定ベース 41, 51, 61, 71 上で保持された試料 S に対する測定を行う外部測定モードであるかに拘わらず、試料ステージ 12 の退避が不要になる。それにより、試料ステージ 12 のための駆動機構の構造を簡素化できる。

【0082】

図 10 は、この発明の第 3 の実施形態に係る光学測定装置 301 の構成を説明するための図解的な平面図であり、オートサンプラ 40 を結合した場合の構成を示す。図 10 において、図 3 の対応部分に図 3 と同じ参照符号を付す。

この実施形態においても、試料ステージ 12 が測定ステージ位置 12A に配置されたままで、測定光学系 30 の測定対象位置 30a を内部測定対象位置 30A と外部測定対象位置 30B との間で移動させることができる。この実施形態では、測定ステージ位置 12A は、第 1 の実施形態の場合と同様な位置である。

【0083】

外部測定ベース結合面 13a は、光学ベース 11 に対して、内部測定対象位置 30A とは反対側（すなわち、試料ステージ 12 とは反対側）の側面に設定されている。したがって、オートサンプラ 40 は、この実施形態では、光学ベース 11 に対して内部測定対象位置 30A とは反対側の側面（試料ステージ 12 とは反対側の側面）に結合されている。

光学ベース 11 は、X 方向に平行移動可能であり、かつ鉛直方向に沿う回転軸線 17 まわりに回転可能な状態で、本体ベース 10 に支持されている。詳細な図示は省略するが、光学ベース移動機構 21 は、リニア駆動機構および回転駆動機構を含む。光学ベース移動機構 21 の具体的な構成は、前述の第 2 の実施形態の場合と同様であってもよい。

【0084】

光学ベース 11 は、内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との間で移動可能である。この実施形態では、外部測定位置 11B は、内部測定位置 11A に対して回転軸線 17 まわりに 180 度回転した位置である。したがって、光学ベース 11 を回転軸線 17 まわりに回転移動させることによって、光学ベース 11 を内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との間で移動できる。むしろ、外部測定位置 11B は、内部測定位置 11A に対して正確に 180 度回転した位置である必要はなく、180 度に近似した角度だけ回転した位置であってもよく、水平方向（たとえば X 方向）に多少ずれた位置であってもよい。光学ベース 11 が内部測定位置 11A にあるとき、測定光学系 30 の測定対象位置 30a（投光レンズ 33 の焦点位置 33a）が内部測定対象位置 30A に位置する。光学ベース 11 が外部測定位置 11B にあるとき、測定光学系 30 の測定対象位置 30a（投光レンズ 33 の焦点位置 33a）が外部測定対象位置 30B に位置する。

【0085】

光学ベース 11 の直線移動（主として X 方向の移動）の範囲は、前述の第 1 または第 2 の実施形態の場合よりも少なくともよい。より具体的には、内部測定対象位置 30A または外部測定対象位置 30B に配置された試料 S に対して、投光レンズ 33 の焦点位置 33a を微調整するのに必要十分な範囲で X 方向への移動が可能であってもよい。内部測定位置 11A と外部測定位置 11B との間の光学ベース 11 の移動が、回転移動だけでなく、直線移動も伴う場合には、そのときの直線移動に必要な範囲で光学ベース 11 の直線移動

範囲を設計すればよい。

【0086】

試料ステージ移動機構22は、複数セルホルダHmを用いるときに試料セルCの切り換えのために試料ステージ12を移動させるように構成されている。試料ステージ移動機構22は、たとえば、試料ステージ12をY方向（複数の試料セルCの整列方向）に直線移動させるリニア駆動機構を含む。

このような構成により、試料ステージ12において保持された試料Sに対する測定を行う内部測定モードであるか、外部測定ベース結合面13aに結合された外部測定ベース41（51、61、71）上で保持された試料Sに対する測定を行う外部測定モードであるかに拘わらず、試料ステージ12の退避が不要になる。それにより、試料ステージ12のための駆動機構の構造を簡素化できる。

10

【0087】

以上、この発明の実施形態について説明してきたが、この発明は、さらに他の形態で実施することができる。たとえば、前述の実施形態では、光学測定法の一例として動的光散乱法について説明したが、この発明は、静的光散乱法にも適用可能である。また、測定光学系30の構成を適宜変更することにより、さらに他の光学測定法にも適用することができる。むろん、測定対象は、粒子径に限られない。

【0088】

また、前述の第1の実施形態では、試料ステージ12は、水平方向（Y方向）に移動して、測定ステージ位置12Aと退避ステージ位置12Bとの間で変位するように構成されているが、試料ステージ12を垂直方向（たとえば下方）に移動して、測定ステージ位置12Aから退避させる構成とすることもできる。さらに、試料ステージ12を回転移動して測定ステージ位置12Aから退避させる構成としてもよい。

20

【0089】

さらに、前述の実施形態では、光学ベース11がX方向に移動し、試料ステージ12がY方向に移動するように構成されている。しかし、光学ベース11の移動方向が一方向である必要はない。また、試料ステージ12が退避のための移動をしない構成としてもよい。たとえば、図9および図10に示した構成のほかにも、試料ステージ12を着脱できる構成として、光学ベース11を外部測定位置11Bに配置するときには、試料ステージ12を取り外すようにしてもよい。また、試料ステージ12を固定配置する一方で、光学ベース11がX方向以外の方向（たとえば鉛直方向）にも移動可能な構成として、光学ベース11が試料ステージ12を回避して外部測定位置11Bに移動可能な構成としてもよい。

30

【0090】

オートサンプラ40は、上下に複数層に積層した複数の回転テーブル42を備えてもよい。この場合、光学ベース移動機構21は、光学ベース11をX方向だけでなく上下方向にも移動させるように構成されていてもよい。または、オートサンプラ40が、回転テーブル42の複数層構造を上下動させる昇降機構を備えていてもよい。このような構成により、複数層の回転テーブル42に保持された試料セルCを外部測定対象位置30Bに順次提示することができるので、より多数の試料Sに対する連続測定を実行できる。

40

【0091】

また、オートサンプラ40は、必ずしも回転テーブル42を備える必要はない。すなわち、オートサンプラ40は、円形または非円形の経路に沿って複数の試料セルCを移動させる機構によって、複数の試料セルCを外部測定対象位置30Bに順次提示する構成を備えていればよい。試料Sが移動する経路は、無端経路（循環経路）であってもよいし、有端経路であってもよい。移動機構は、コンベア（より具体的にはベルトコンベア）であってもよい。

【0092】

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

50

【符号の説明】

【0093】

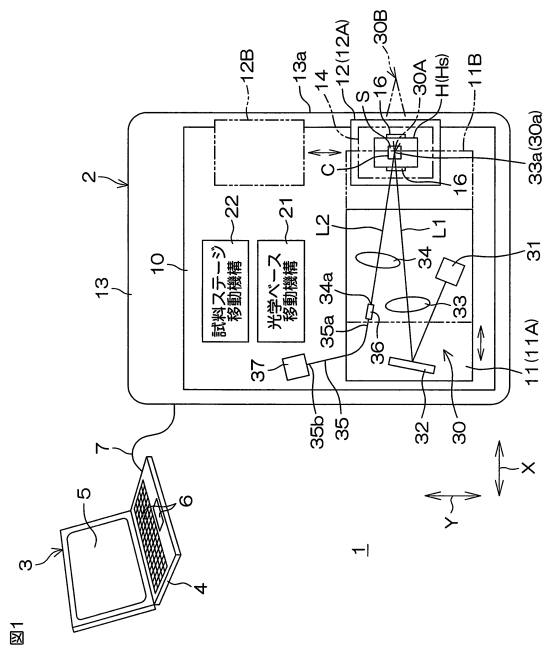
1, 201, 301	：光学測定装置	
2	：散乱光検出装置	
3	：処理装置	
10	：本体ベース	
11	：光学ベース	
11A	：内部測定位置	
11B	：外部測定位置	
12	：試料ステージ	10
12A	：測定ステージ位置	
12B	：退避ステージ位置	
13	：ハウジング	
13a	：外部測定ベース結合面	
14	：温度調節ユニット	
15	：窓	
16	：着脱機構	
21	：光学ベース移動機構	
21M	：X軸モータ	
22	：試料ステージ移動機構	20
22M	：Y軸モータ	
30	：測定光学系	
30A	：内部測定対象位置	
30B	：外部測定対象位置	
30a	：測定対象位置	
31	：光源ユニット	
32	：ミラー	
33	：投光レンズ	
34	：検出レンズ	
34a	：焦点位置	30
35	：オプティカルファイバ	
36	：ファイバ固定部材	
37	：検出器	
40	：オートサンブラ	
41	：外部測定ベース	
42	：回転テーブル	
43	：回転駆動機構	
43M	：θ軸モータ	
45	：試料ホルダ部	
46	：温度調節ユニット	40
47	：回転位置センサ	
48	：内部信号線	
50	：ビーカホルダ	
51	：外部測定ベース	
51a	：載置面	
52	：位置決め部材	
53	：ビーカ	
60	：試験管ホルダ	
61	：外部測定ベース	
62	：位置決め部材	50

- 6 3 : 試験管
- 7 0 : 配管ホルダ
- 7 1 : 外部測定ベース
- 7 2 : 配管固定部材
- 7 3 : 配管
- 7 3 P : 試料提示部
- 7 3 A : 試料流入部
- 7 3 B : 試料流出部
- 7 5 A : 流入側開閉弁
- 7 5 B : 流出側開閉弁
- 9 0 : コントローラ
- 9 5 : 内部信号線
- 9 6 : コネクタ
- C : 試料セル
- H : 試料ホルダ
- Hm : 複数セルホルダ
- Hs : 単一セルホルダ
- L 1 : 照射光
- L 2 : 散乱光
- S : 試料

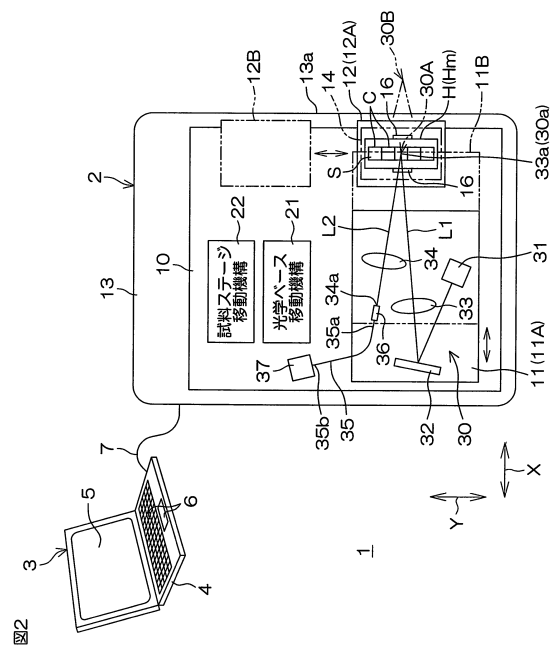
10

20

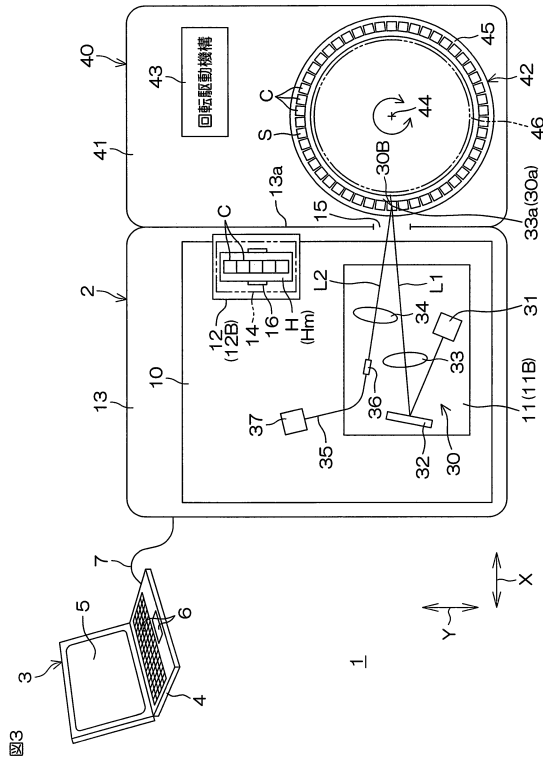
【図 1】



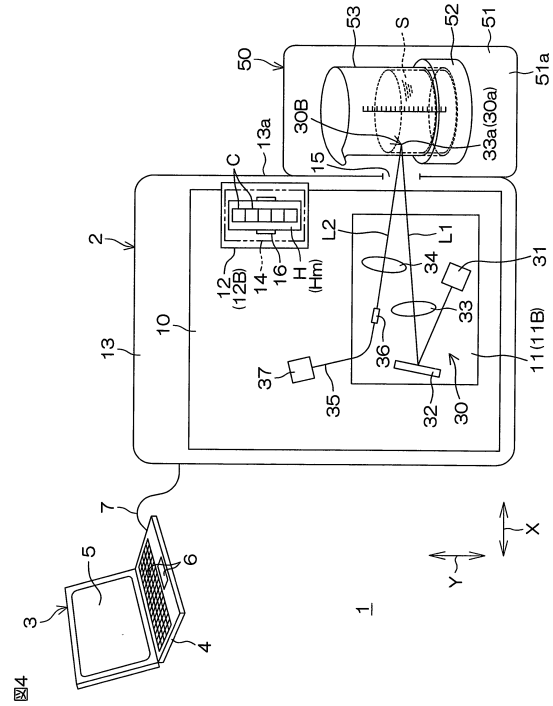
【図 2】



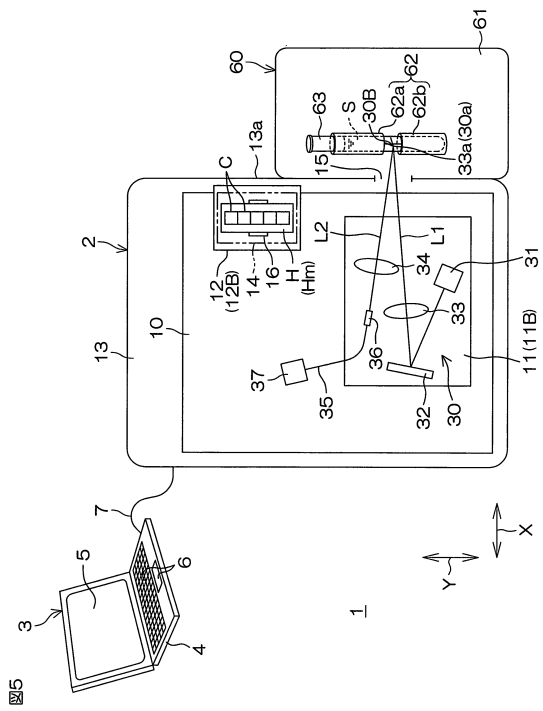
【図 3】



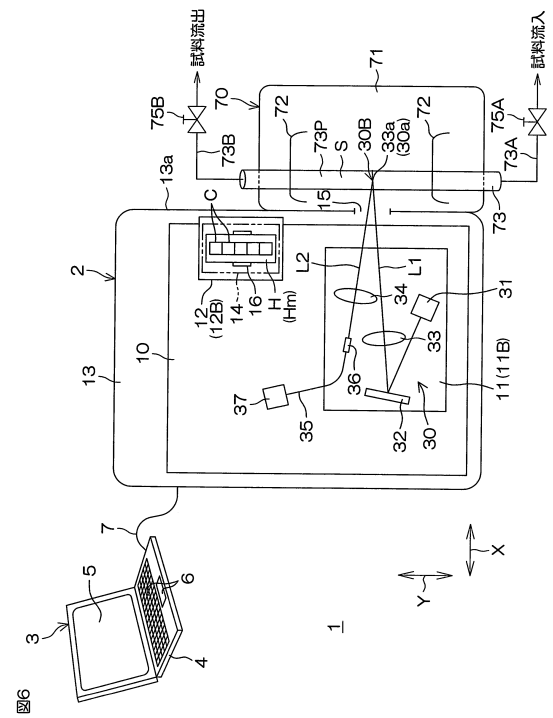
【図 4】



【図 5】



【图 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2009-526239 (JP, A)
特開2014-126529 (JP, A)
米国特許第04657390 (US, A)
実開昭61-129154 (JP, U)
米国特許第06232608 (US, B1)
米国特許出願公開第2016/0077015 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 21/00 - G01N 21/958
G01N 15/02