

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02016/171042

発行日 平成30年2月15日 (2018. 2. 15)

(43) 国際公開日 平成28年10月27日 (2016. 10. 27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>GO 1 N 21/27 (2006. 01)</b>	GO 1 N 21/27	Z 2 G 0 5 7
<b>GO 1 N 21/03 (2006. 01)</b>	GO 1 N 21/03	Z 2 G 0 5 9

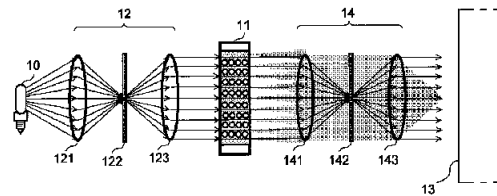
審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 26 頁)

出願番号 特願2017-514081 (P2017-514081)	(71) 出願人 304028346 国立大学法人 香川大学 香川県高松市幸町1番1号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2016/061825	
(22) 国際出願日 平成28年4月12日 (2016. 4. 12)	
(31) 優先権主張番号 特願2015-87135 (P2015-87135)	(74) 代理人 110001069 特許業務法人京都国際特許事務所
(32) 優先日 平成27年4月21日 (2015. 4. 21)	
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 石丸 伊知郎 香川県高松市林町2217-20 国立大 学法人香川大学工学部内
	Fターム(参考) 2G057 AA01 AB02 AC01 AD07 BA01 BB02 BB06 2G059 AA01 BB04 CC16 DD13 DD15 EE01 EE02 EE10 EE12 HH01 JJ11 JJ12 JJ13 KK04 LL01 NN01
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 分光測定装置

(57) 【要約】

本発明に係る分光測定装置は、複数の液体成分を含む試料、あるいは液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出器とを備え、さらに、前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する光入射面及び光出射面を有する試料セルと、前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と、前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、前記試料セルと前記分光光学系の間配置された、該試料セルから出射された光を平行光に変換する測定光学系とを備える。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

複数の液体成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出器とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と、

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、該試料セルから出射された光を平行光に変換する測定光学系と

を備えることを特徴とする分光測定装置。

**【請求項 2】**

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出装置とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記照射光を前記試料セル中の試料に照射する光照射手段と、

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射された光の一部を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に変換するコリメータレンズと、前記集光レンズの前記コリメータレンズ側の焦点位置に配置されたピンホールとを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする分光測定装置。

**【請求項 3】**

前記測定光学系が、前記試料セルの前記光入射面及び前記光出射面と直交する光軸を有する試料セル側、前記分光光学系側の両方においてテレセントリックな光学系から成ることを特徴とする請求項 2 に記載の分光測定装置。

**【請求項 4】**

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出装置とを備えた分光測定装置において、

e) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光であって前記粒子成分から発せられる光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

f) 前記照射光を前記試料セル中の試料に照射する光照射手段と、

g) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

h) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射された光の一部を平行光に変換するコリメータレンズと、該コリメータレンズによって平行光に変換された光を所定の結像面に結像する結像レンズと、前記コリメータレンズの前記結像レンズ側の焦点位置に配置された、該コリメータレンズによって集光された光を遮蔽する遮光板とを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする分光測定装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 5】**

前記光照射手段が、光源と、該光源からの光を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に整形するコリメータレンズと、集光レンズとコリメータレンズの共焦点に配置された開口絞りとを備え、前記試料セルの前記光入射面及び前記光出射面と直交する光軸を有する光を前記試料セル中の試料に照射することを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれかに記載の分光測定装置。

**【請求項 6】**

前記分光光学系が、前記測定光学系を通過した光である測定光を第 1 測定光と第 2 測定光に分割する分割光学系と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光を干渉させる干渉光学系とから構成され、

10

前記干渉光学系によって形成された前記第 1 測定光と前記第 2 測定光の干渉光の強度を検出する検出部と、前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させることにより前記検出器が検出する干渉光の強度変化から前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより該測定光のスペクトルを取得する処理部を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の分光測定装置。

**【請求項 7】**

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法において、

20

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記試料セル中の試料に照射光を照射することにより前記試料セルから出射された光の一部を平行光に変換して前記分光光学系に導入することを特徴とする分光測定方法。

**【請求項 8】**

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法において、

30

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記試料セル中の試料に照射光を照射することにより前記試料セルから出射された光の一部を所定の結像面に結像させて前記分光光学系に導入することを特徴とする分光測定方法。

**【請求項 9】**

前記分光光学系が、導入された光を第 1 測定光と第 2 測定光に分割する分割光学系と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、

40

前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光を干渉させる干渉光学系とを備え、

前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させたときの前記干渉光の強度を検出することにより前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより前記分光光学系に導入された光のスペクトルを取得することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の分光測定方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、液体と粒子の混合物から成る試料における液体のみあるいは粒子のみの分光特性を測定する分光測定装置に関する。

50

**【背景技術】****【0002】**

糖尿病が発症すると、血液中のグルコース濃度（血糖値）が異常に高くなることから、糖尿病の予防や治療のために健康診断や診察等、様々な場面で血中グルコース濃度が測定されている。血中グルコース濃度は様々な方法により測定され、その一つにグルコース固有の吸収波長やラマンシフト量を利用した分光測定方法がある。分光測定方法では測定対象となる試料に所定の波長範囲の光を照射し、それにより試料から発せられる光を分光して得られたスペクトルからグルコース値を求める。

**【0003】**

血液（全血）は、液体成分である血漿と細胞成分である赤血球、白血球、血小板等から構成され、グルコースは血漿に含まれる。細胞成分はいずれも微粒子であるが、全血に光を照射すると細胞成分（特に赤血球）によって光が散乱されて損失（散乱損失）が生じる。このような散乱損失と、グルコースの光吸収による損失（吸収損失）を区別することはできないため、グルコース濃度を正確に測定することができない。そこで、グルコース濃度の測定には通常、血漿や血清（血液を凝固させて細胞成分と凝固因子を取り除いたもの）が用いられる。しかしながら、血液から血漿や血清を取り出すためには、血液を遠心分離したり血液を凝固させたりする必要があり、分光測定を行うまでに時間や手間がかかる。

10

**【0004】**

上記の問題は、例えば日本酒の製造過程において行われる、濾過前の日本酒に含まれるエタノールやグルコース等の成分濃度を測定する場合にも生じる。濾過前の日本酒は醪（もろみ）と呼ばれ、仕込みに用いるタンクの中に仕込み水と酒母、麴、蒸米を入れ、発酵させたものから成る。醪は白く濁って泡立ちのある粘度の高い液体であるため、醪に含まれるエタノールやグルコースの分光特性を測定する場合、発酵した酒母、麴、蒸米等の微粒子成分による光散乱の影響を受ける。醪から微粒子成分を取り除くことにより上記した微粒子成分の影響を取り除くことができるが、微粒子成分を取り除くために醪を濾過する作業にはやはり時間や手間がかかる。

20

**【0005】**

なお、上記では微粒子成分を含む試料から該微粒子成分を除いた成分、つまり液体成分のみの分光測定を行う場合の問題について説明したが、微粒子成分のみの分光測定を行う場合も同様の問題がある。

30

**【先行技術文献】****【非特許文献】****【0006】**

【非特許文献1】国立研究開発法人産業技術総合研究所HP 「医療技術と福祉のために」 ”透視から念動力へ！？微小物体を意のままに操る？” [平成27年4月16日検索], インターネット<URL:[http://www.aist.go.jp/science\\_town/medical/medical\\_02/medical\\_02\\_01.html](http://www.aist.go.jp/science_town/medical/medical_02/medical_02_01.html)>

【非特許文献2】平林恭稔、”樹脂構造体による超音波放射圧を用いた細胞分離デバイスの開発”、日本機械学会、情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集、1103, pp. 9-12 (2007)

40

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

本発明が解決しようとする課題は、液体成分と粒子成分を含む試料の液体成分、あるいは粒子成分の分光特性を選択的に測定することができる、分光測定装置及び分光測定方法を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

上記課題を解決するために成された本発明に係る分光測定装置の第1態様は、複数の液

50

体成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出器とを備えた分光測定装置において

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、該試料セルから出射した光を平行光に変換する測定光学系と

を備えることを特徴とする。

【0009】

また、本発明に係る分光測定装置の第2態様は、

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出器とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射した光の一部を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に変換するコリメータレンズとを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする。

【0010】

さらに、本発明に係る分光測定装置の第3態様は、

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出装置とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光であって前記粒子成分から発せられる光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射した光の一部を平行光に変換するコリメータレンズと、該コリメータレンズによって平行光に変換された光を所定の結像面に結像する結像レンズとを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする。

【0011】

本発明に係る分光測定装置においては、まず、定在波形成手段により試料中に定在波を形成する。これにより、第1態様の分光測定装置では、音響放射圧により複数の液体成分のうち比重の大きい液体成分が定在波の節近傍に集められ、試料中に濃淡が生じる。また、第2態様及び第3態様の分光測定装置では、音響放射圧により、試料中の粒子成分が定

10

20

30

40

50

在波の節近傍に集められ、試料中の粒子成分と液体成分が分離される（非特許文献1、2参照）。この状態で、光照射手段からの照射光が試料セルの光入射面を通して試料に照射される。このとき、定在波の節近傍と腹近傍とで試料の濃度や含まれる液体成分と粒子成分の割合が異なるため、節近傍と腹近傍とでは異なる性質の光が発せられることになる。例えば、第1態様では、節近傍は腹近傍よりも比重の大きい液体成分が集中し、該液体成分の濃度が高くなるため、腹近傍を透過する光よりも強度が低くなる。また、第2及び第3態様では、粒子成分が多く存在する節近傍からは照射光が粒子成分によって散乱された散乱光が発せられ、液体成分が多く存在する腹近傍からは、照射光の透過光が発せられる。従って、測定光学系によって、試料中に形成された定在波の節近傍及び腹近傍から発せられた性質の異なる光を分離し、いずれか一方のみを分光光学系に導入することにより、試料中の特定の成分の分光特性を選択的に測定することができる。

10

**【0012】**

この場合、液体成分から発せられた透過光は方向が揃った光であるのに対して、粒子成分から発せられた散乱光は様々な方向に向かった放射される光であることから、第2態様に係る分光測定装置においては、前記測定光学系を、前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射された光の一部を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に変換するコリメータレンズと、前記集光レンズの前記コリメータレンズ側の焦点位置に配置されたピンホールとから構成することにより、液体成分から発せられた光（透過光）を選択的に分光光学系に導入する。

20

**【0013】**

一方、第3態様に係る分光測定装置においては、前記測定光学系を、前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射された光の一部を平行光に変換するコリメータレンズと、該コリメータレンズによって平行光に変換された光を所定の結像面に結像する結像レンズと、前記コリメータレンズの前記結像レンズ側の焦点位置に配置された、該コリメータレンズによって集光された光を遮蔽する遮光板とから構成することにより、粒子成分から発せられた光（散乱光）を選択的に分光光学系に導入する。

**【0014】**

第2、第3態様に係る分光測定装置においては、

前記光照射手段が、光源と、該光源からの光を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に整形するコリメータレンズと、集光レンズとコリメータレンズの共焦点に配置された開口絞りとを備え、試料セルの光入射面及び光出射面と直交する光軸を有する光を前記試料セル中の試料に照射すると良い。

30

このような構成によれば、液体成分から発せられる透過光の多くが試料セルの光入射面及び光出射面と直交する光軸を有する平行光となるため、粒子成分から発せられる散乱光と分離しやすくなる。

**【0015】**

また、第1～第3態様に係る分光測定装置においては、

前記分光光学系を、前記測定光学系を通過した光である測定を第1測定光と第2測定光に分割する分割光学系と、前記第1測定光と前記第2測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、前記第1測定光と前記第2測定光を干渉させる干渉光学系とから構成し、

40

前記干渉光学系によって形成された前記第1測定光と前記第2測定光の干渉光の強度を検出する検出部と、前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させることにより前記検出器が検出する干渉光の強度変化から前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより該測定光のスペクトルを取得する処理部を設けると良い。

**【0016】**

また、本発明に係る分光測定方法は、液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する

50

分光測定方法であって、

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に照射光を照射することにより前記試料セルから出射された光の一部を平行光に変換して前記分光光学系に導入することを特徴とする。

【0017】

さらに、本発明に係る分光測定方法は、液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法であって、

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に照射光を照射することにより前記試料セルから出射された光の一部を所定の結像面に結像させて前記分光光学系に導入することを特徴とする。

【0018】

上記分光測定方法においては、前記分光光学系が、導入された光を第1測定光と第2測定光に分割する分割光学系と、前記第1測定光と前記第2測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、

前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、

前記第1測定光と前記第2測定光を干渉させる干渉光学系とを備え、

前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させたときの前記干渉光の強度を検出することにより前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより前記分光光学系に導入された光のスペクトルを取得するように構成すると良い。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る分光測定装置及び分光測定方法によれば、試料中に定在波を形成して該試料に含まれる液体成分の濃度や液体成分と粒子成分の割合を定在波の節近傍と腹近傍の領域で異ならせ、前記節近傍の領域及び腹近傍の領域から発せられる異なる性質の光を測定光学系によって分離するようにしたため、試料中に含まれる液体成分、粒子成分といった複数の成分を分離するための前処理をすることなく、試料中の特定の成分の分光特性を選択的に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施形態に係る分光測定装置の概略構成図。

【図2A】図1中、二点鎖線で囲んだ部分の拡大構成図

【図2B】図2A中、テレセントリック光学系に代えて結像光学系とした構成図。

【図3】試料容器の概略構成図。

【図4】定在波の発生状態の説明図。

【図5】本実施形態に係る分光測定装置を用いて具体的な試料を測定したときの分光特性の測定結果を示し、左側は定在波を形成しなかったとき、右側は定在波を形成したときの結果を示す。

【図6】本実施形態に係る分光測定装置を用いて具体的な試料を測定したときの吸光度の結果を示し、左側は定在波を形成しなかったとき、右側は定在波を形成したときを示す。

【図7】テレセントリック光学系の効果を確認するための実験結果を示し、左側は結像光

10

20

30

40

50

学系を用いたときの分光特性、右側はテレセントリック光学系を用いたときの分光特性を示す。

【図 8】テレセントリック光学系の効果を確認するための実験結果を示し、左側は結像光学系を用いたときの吸光度、右側はテレセントリック光学系を用いたときの吸光度を示す。

【図 9】試料収容装置の全体写真。

【図 10】超音波振動を付与した状態における生理食塩水及び赤血球を含む試料の CCD カメラの撮影画像。

【図 11 A】生理食塩水と赤血球を含む試料に超音波振動を付与したときの節部分のインターフェログラム。

【図 11 B】生理食塩水と赤血球を含む試料に超音波振動を付与したときの節部分の分光特性、及び生理食塩水単独の分光特性を示す図。

【図 12】本発明に係る分光測定装置を透析装置に組み込んだ実施例を示す図。

【図 13】本発明に係る分光測定装置で用いられる試料収容装置の実施例を示す図であって、液体成分の分光特性を測定する状態を示す図。

【図 14】本発明に係る分光測定装置で用いられる試料収容装置の実施例を示す図であって粒子成分の分光特性を測定する状態を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の具体的な実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の一実施形態に係る分光測定装置の概略構成図である。分光測定装置は、光源 10 と、光源 10 から光を平行光束にして試料収容装置 11 に照射する照射光学系 12 と、試料収容装置 11 から出射される光のうち所定の角度で出射される光のみを分光測定系 13 に入射させるための両側テレセントリック光学系 14 (以下、「テレセントリック光学系 14」という。)を備えている。分光測定系 13 は、位相シフタ 31 と、結像レンズ 32 と、検出部 33 と、該検出部 33 で検出された結果を処理する処理部 341、演算部 342 などを備えた制御装置 34 とから構成されている。分光測定系 13 のうち位相シフタ 31 及び結像レンズ 32 が本発明の分光光学系及び分割光学系を構成する。

【0022】

検出部 33 は例えば 16 × 16 画素の二次元 CCD (Charge Coupled Device) カメラから構成されており、結像レンズ 32 の結像面に検出部 33 の受光面が位置するように配置されている。

位相シフタ 31 は固定ミラー部 311 及び可動ミラー部 312、及び可動ミラー部 312 を移動させる駆動機構 313 から構成されている。固定ミラー部 311 及び可動ミラー部 312 は、いずれもテレセントリック光学系 14 から出射される光の光軸に対して 45° の角度で傾斜する矩形状の反射面を有している。両ミラー部の反射面は、非常に僅かな隙間をおいて並べて配置されている。位相シフタ 31 が本発明の光路長差付与手段及び光路長差変化手段に相当する。また、固定ミラー部 311 及び可動ミラー部 312 が干渉光学系を構成する。

【0023】

駆動機構 313 は、例えば静電容量センサを具備する圧電素子から構成されており、制御装置 34 からの信号を受けて、光軸に対する反射面の傾斜角度を 45° に維持した状態で可動ミラー部 312 を矢印 A 方向に移動させる。このような構成により、固定ミラー部 311 に対する可動ミラー部 312 の相対位置が変化し、固定ミラー部 311 で反射された光束、及び可動ミラー部 312 で反射された光束の間に光路長差が付与される。

具体的には、可動ミラー部 312 の光軸方向の移動量は、可動ミラー部 312 の矢印 A 方向の移動量の 1/2 となる。また、固定光束と可動光束の間に相対的な位相変化を与える光路長差は、可動ミラー部 312 の光軸方向の移動量の 2 倍となる。

【0024】

図 2 A は、照射光学系 12 及びテレセントリック光学系 14 の構成、並びに照射光学系

10

20

30

40

50



12、テレセントリック光学系14及び試料収容装置11を通る光の経路を示す図である。照射光学系12は、前記光源10と、集光レンズ121と、該集光レンズ121の焦点位置に設けられた開口絞り122と、該開口絞り122を通過した光を平行光に整形するコリメータレンズ123とから構成されている。また、テレセントリック光学系14は、集光レンズ141と、該集光レンズ141の焦点位置に設けられたピンホール142と、該ピンホール142を通過した光を整形して平行光にするコリメータレンズ143とから構成されている。照射光学系12のコリメータレンズ123とテレセントリック光学系14の集光レンズ141の間に試料収容装置11が配置されている。このような構成により、光源からの光のうち、集光レンズ121によって集光され、開口絞り122を通過した光のみがコリメータレンズ123に入射し、平行光が試料収容装置11に入射する。続いて、試料収容装置11から出射した光のうち、集光レンズ141に入射し、該集光レンズ141によって焦点位置に集光された成分のみがピンホール142を通過してコリメータレンズ143に入射する。そして、コリメータレンズ143によって平行光に整形された後、分光測定系13に向かう。

10

20

30

40

50

#### 【0025】

分光測定系13に導入された光は、位相シフタ31の固定ミラー部311、可動ミラー部312によって反射され、それぞれ第1測定光と第2測定光として結像レンズ32に入射し、検出部33の受光面上に集光し、結像する。このとき、可動ミラー部312が駆動機構313によって駆動され、第1測定光と第2測定光の間に連続的な光路長差、つまり位相差が付与されるため、検出部33の受光面上には第1測定光と第2測定光の干渉光が形成される。制御装置34の処理部341は、検出部33によって検出された干渉光の強度からインターフェログラムを求め、このインターフェログラムを演算処理することにより、測定光の分光特性(スペクトル)を取得する。

#### 【0026】

図3は試料収容装置11の概略構成を示している。試料収容装置11は光源10から出射される光が透過する透明樹脂やガラス等から形成された扁平な立方体状の試料セル111と、該試料セル111の対向する2個の側面に取り付けられた一对の超音波振動子112, 113と、超音波振動子112, 113によって試料セル111中の試料に照射される超音波の周波数(波長)を制御する駆動装置114とから構成されている。試料セル111には、液体成分と粒子成分(微粒子成分)を含む試料が収容される。光源10からは試料中の液体成分に特異的な吸収波長の光が出射される。例えば血液を試料とする場合は、光源10から中赤外光が出射され、この場合は試料セル111はゲルマニウムガラスから形成される。試料セル111は互いに平行な面である光入射面111a及び光出射面111bを有しており、光入射面111aがコリメータレンズ123と、光出射面111bが集光レンズ141とそれぞれ対向している。このとき、コリメータレンズ123によって平行光に整形された光の光軸が試料セル111の光入射面111aと直交するように、照射光学系12と試料セル111の位置関係は設定されている。また、試料セル111の光入射面111aは、コリメータレンズ123によって平行光に整形された光源10からの光がほぼ全て入射するような大きさを有している。

#### 【0027】

超音波振動子112、113は、光入射面111a及び光出射面111bと隣接する試料セル111の2個の側面に取り付けられており、駆動装置114は、超音波振動素子112、113のいずれか一方あるいは両方を駆動して試料セル111内の試料中に超音波を照射する。例えば図4は、超音波を照射していないとき(左)、一方の超音波振動素子から超音波を照射したとき(右上)、両方の超音波振動素子から超音波を照射したとき(右下)の試料セル111内の様子を模式的に示す図である。このように、本実施形態では、試料が収容された試料セル111に対して超音波振動素子112、113のいずれか一方、あるいは両方が駆動され、試料セル111内に超音波が照射されると、試料中に定在波が形成される。このとき、音響放射圧により微粒子成分が定在波の節近傍に集められ(捕捉され)るように、試料セル111の長さや幅(厚み)、超音波の周波数等が予め設定

されており、この結果、試料セル 1 1 1 内に収容された試料が微粒子成分と液体成分に分離される。

#### 【 0 0 2 8 】

この状態で光源 1 0 から光が出射され、試料セル 1 1 1 の光入射面 1 1 1 a に入射すると、入射光の一部は微粒子成分が捕捉された領域（微粒子成分領域）を通過し、残りはそれ以外の領域（液体成分領域）を通過する。微粒子成分領域を通過する入射光は微粒子によって散乱された後、光出射面 1 1 1 b から出射する。一方、液体成分領域を通過する入射光は、一部が液体成分に吸収された後、光出射面 1 1 1 b から出射する。光出射面 1 1 1 b から出射した光のうち光軸が出射面 1 1 1 b と直交する光はテレセントリック光学系 1 4 によって平行光に整形された後、分光測定系 1 3 に向かう。つまり、本実施形態では、光出射面 1 1 1 b から出射した光のうち液体成分領域を通過した光のみがテレセントリック光学系 1 4 によって平行光に整形された後、分光測定系 1 3 に導入され、該分光測定系 1 3 によって分光特性が測定される。これにより、液体成分の定性や定量を行うことができる。

10

#### 【 0 0 2 9 】

次に、本実施形態に係る分光特性装置を用いて試料を測定した具体的な実験結果について説明する。

図 5 は、無水エタノールと粒子径が 1  $\mu\text{m}$  のポリスチレン微粒子から成る試料（ポリスチレン微粒子の割合を 0.05 重量%、0.10 重量%、0.2 重量%、0.3 重量%とする）を合成石英製の試料セルに収容し、ハロゲンランプを光源とした場合の分光特性の測定結果を示す。同図左側のグラフは試料中に定在波を形成していない状態、同図右側のグラフは定在波を形成した状態における測定結果である。また、図 6 の左側及び右側のグラフはそれぞれ図 5 の左側及び右側の分光特性（相対強度）のグラフから求められた吸光度（相対強度）のグラフを示す。

20

#### 【 0 0 3 0 】

図 5、図 6 から分かるように、試料中に定在波を形成しなかったときに比べて定在波を形成したときでは分光特性の相対強度が上昇した。これは、微粒子を定在波の腹に捕捉したことにより、液体成分のみの領域が増え、透過光の光量が増加したためと思われる。また、試料中に定在波を形成しなかったときに比べて定在波を形成したときでは吸光度の相対強度が低下したもののノイズが低減され、且つ測定可能な波長範囲が広がった。定在波を形成したときの測定可能な波長範囲は水及びエタノールの吸収波長範囲（1100nm ~ 1700nm）に近いことから、定在波を形成することは、分光特性の測定において有効であることが確認できた。

30

#### 【 0 0 3 1 】

続いて、テレセントリック光学系 1 4 を採用したことの効果を調べるため、テレセントリック光学系 1 4 に代えて図 2 B に示す結像光学系 2 4 を用いた分光測定装置について、図 5、図 6 と同様の試料、光源等を用い、定在波を形成した状態で実験を行った。図 2 B に示すように、結像光学系 2 4 は、テレセントリック光学系 1 4 の集光レンズ 1 4 1 に代えてコリメータレンズ 2 4 1 を、コリメータレンズ 1 4 3 に代えて結像レンズ 2 4 3 を用いている。結像光学系 2 4 では、ピンホールを用いていない。その結果を図 7、図 8 に示す。図 7、図 8 はそれぞれ分光特性、吸光度の結果を示し、両図の左側及び右側のグラフはそれぞれ結像光学系 2 4、テレセントリック光学系 1 4 の結果を示す。なお、この実験ではテレセントリック光学系 1 4 のピンホール 1 4 2 の径を 500  $\mu\text{m}$  とした。

40

#### 【 0 0 3 2 】

テレセントリック光学系 1 4 を用いた場合、出射面から出射された光をピンホール 1 4 2 で制限するため、分割光学系 1 3 に導入される光量が結像光学系 2 4 の場合よりも少なくなる。このため、テレセントリック光学系 1 4 を用いた場合は微粒子濃度が 0.3% の試料は測定できなかったものの（図 7 の右側のグラフ参照）、その他の濃度では分光特性を測定可能であり、しかも、結像光学系 2 4 の測定結果に比べてノイズが少なかった。

#### 【 0 0 3 3 】

50

次に、厚みが2mmの試料セルに収容された生理食塩水に赤血球を添加し、該試料セルに周波数1.6MHzの超音波振動を付与した状態で、LED光源からの光を試料セルに照射して試料の分光測定を測定した。図9は実験に用いた試料収容装置の写真を示している。図9に示すように、この試料収容装置では、試料セルの両側にそれぞれ直径30mmの超音波振動子が配置されている。

【0034】

図10は、超音波振動を付与したときの試料セルの画像である。この画像から、赤血球が超音波定在波の節近傍に直線状に集まり、縞模様が形成されていることがわかる。

次に、超音波定在波の腹の位置に対応するCCDカメラの各画素の出力信号に基づき、インターフェログラムを求めた。その結果を図11Aに示す。このインターフェログラムには、輝度値にして振幅15程度の光量変動がベースラインに生じていることが確認できるが、これはおそらく、超音波定在波の節に凝集されなかった赤血球によるものである。

【0035】

図11Aのインターフェログラムをフーリエ変換して得られた分光特性（つまり、赤血球＋生理食塩水の分光特性）を図11Bに示す（曲線L1）。図11Bの曲線L2は、生理食塩水のみを試料セルに入れて測定した分光特性を示す。

両者を比較すると、水の吸収波長帯である1400nm近傍だけでなく、波長900-1700nmの全域で両者の分光スペクトルが一致していることが分かる。このことから、超音波振動を付与し、腹付近のインターフェログラムを求めることにより、試料から赤血球を除いた生理食塩水のみ分光特性を得ることができると分かる。

【実施例1】

【0036】

上述の実施形態に係る分光測定装置を、透析装置の血液回路に組み込んだ具体的な実施例について、図12を参照して説明する。

透析装置は、透析器（ダイアライザ）に透析液を供給する透析供給装置と、患者のシャントから血液を体外に導き出し、透析器に通した後、再び体内に戻す血液ポンプを備えている。透析液は透析回路を通過して透析器と透析供給装置の間を流れ、血液は血液回路（動脈側回路及び静脈側回路）を通過して、シャントと透析器の間を流れる。

【0037】

透析に至る患者は、糖尿病起因の腎不全が多く、元来、血糖値のコントロールの能力が低い。そのため、透析中に低血糖に至る場合が散見され、危険を伴う。そこで、本実施例に係る透析装置では動脈側血液回路及び静脈側血液回路にそれぞれ上述の分光測定装置が組み込まれている。これにより、透析中の患者の血液の血糖値を高精度に測定することができる。

【実施例2】

【0038】

図13及び図14は、ATR法（Attenuated Total Reflection：全反射測定法）により、試料に含まれる液体成分又は粒子成分の分光特性を取得するために用いられる試料収容装置21を示している。この試料収容装置21は、立方体状の試料セル211と、試料セル211の6個の側面のうちのひとつと接するように配置されたATRプリズム（台形プリズム）216と、試料セル211のATRプリズム216との接触面211aと対向する該試料セル211の側面及び前記接触面211aと対向するATRプリズム216の側面に設置された超音波振動子213、212とこれら超音波振動子213、212を駆動する駆動装置（図示せず）を備える。本実施例では、試料セル211のATRプリズム216との接触面211aが光入射面及び光出射面となる。

【0039】

この実施例では、上記試料収容装置21に対して、照射光学系からの光を全反射の角度で接触面211aに入射させる。すると、入射した光はプリズム216内で反射を繰り返した後、該プリズム216から出射して分光測定装置に入射する。このとき、プリズム216表面には数百nm程度の厚みのエバネセント光（近接場光）が生じる。なお、詳しい

10

20

30

40

50

説明は省略するが、本実施例の照射光学系及び分光光学系として、図 1 及び図 2 A に示したものを採用することができる。

【 0 0 4 0 】

上記試料収容装置 2 1 においては、超音波振動子 2 1 2、2 1 3 のいずれか一方あるいは両方を駆動することにより試料セル 2 1 1 内の試料に定在波が形成される。このとき、腹が接触面 2 1 1 a 近傍に位置するとき（図 1 3 参照）は、試料セル 2 1 1 の接触面 2 1 1 a 付近には主に液体成分が存在することから、液体成分とエバネセント光との相互作用により該液体成分の分光特性（吸収スペクトル）を測定することができる。一方、節が接触面 2 1 1 a 近傍に位置するとき（図 1 4 参照）は、試料セル 2 1 1 の接触面 2 1 1 a 付近には主に粒子成分が存在することから、粒子成分とエバネセント光との相互作用により該粒子成分の分光特性を測定することができる。

10

【 0 0 4 1 】

中赤外光による吸光分光法は、分子の基本振動モードによる光吸収を観察することから高感度な測定が可能であることが知られている。しかし、中赤外光は液体（水）による吸収も大きいことから液体成分を通過する距離（光路長）をできるだけ短くすることが好ましい。本実施例では、試料を収容する試料セル 2 1 1 と A T R プリズム 2 1 6 から試料収容装置 2 1 を構成し、プリズム 2 1 6 表面に生じるエバネセント光を用いた A T R 法により、試料に含まれる液体成分又は粒子成分の分光特性を取得するようにしたため、照射光学系からの光の液体による吸収を少なく抑えることができる。

【 0 0 4 2 】

なお、本発明は上記した実施形態や実施例に限定されない。例えば、試料から発せられる光のうち粒子成分から発せられた光を選択的に分光測定系 1 3 に導入する場合は、図 2 B に示すような結像光学系 2 4 を用いてもよい。この場合、図 2 B のコリメータレンズ 2 4 1 の結像レンズ 2 4 3 側の焦点位置に遮光板を設置し、液体成分からの透過光が分光測定系 1 3 に導入されないようにすることが好ましい。

20

【 0 0 4 3 】

また、上記した実施形態及び実施例では、粒子成分と液体成分を含む試料について説明したが、複数の液体成分を含む試料を測定対象とする場合も本発明に係る分光測定装置を適用できる。この場合、液体成分がその比重の違いによって定在波の節近傍の領域と腹近傍の領域に分かれて分布するため、目的とする成分が多く存在する領域において開口し、その他の領域を塞ぐようなスリットを試料セルの光出射面に設置すると、目的成分から発せられた光をより選択的に分光測定系 1 3 に導入することができる。

30

【 0 0 4 4 】

さらに、上記実施形態では測定光学系を通過した光を 2 つに分割し、これら分割光を干渉させる干渉光学系から分光光学系を構成したが、回折格子や分光結晶等の光学素子から分光光学系を構成しても良い。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

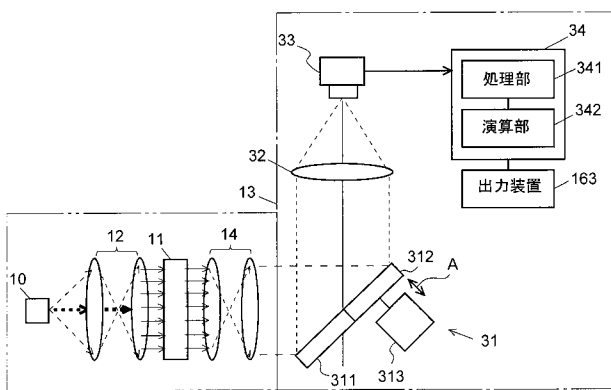
- 1 0 ... 光源
- 1 1、2 1 ... 試料収容装置
  - 1 1 1、2 1 1 ... 試料セル
  - 1 1 2、1 1 3、2 1 2、2 1 3 ... 超音波振動素子
  - 1 1 4 ... 駆動装置
  - 2 1 6 ... A T R プリズム
- 1 2 ... 照射光学系
  - 1 2 1 ... 集光レンズ
  - 1 2 2 ... 開口絞り
  - 1 2 3 ... コリメータレンズ
- 1 3 ... 分光測定系
- 1 4 ... 両側テレセントリック光学系

40

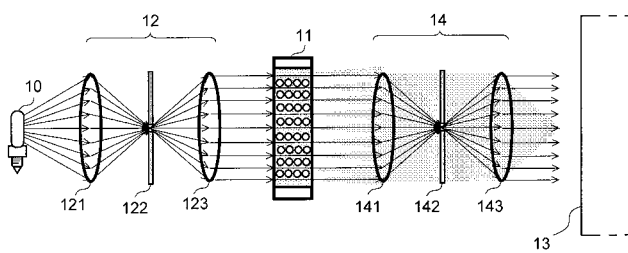
50

- 1 4 1 ... 集光レンズ
- 1 4 2 ... ピンホール
- 1 4 3 ... コリメータレンズ
- 2 4 ... 結像光学系
- 2 4 1 ... コリメータレンズ
- 2 4 3 ... 結像レンズ
- 3 1 ... 位相シフタ
- 3 1 1 ... 固定ミラー部
- 3 1 2 ... 可動ミラー部
- 3 1 3 ... 駆動機構
- 3 2 ... 結像レンズ
- 3 3 ... 検出部
- 3 4 ... 制御装置
- 3 4 1 ... 処理部
- 3 4 2 ... 演算部

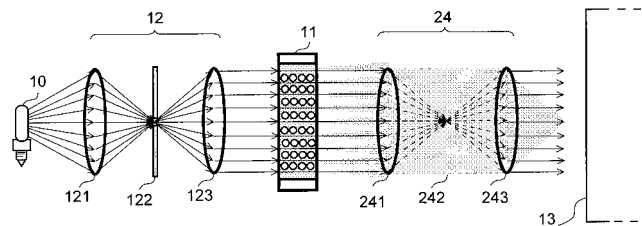
【 図 1 】



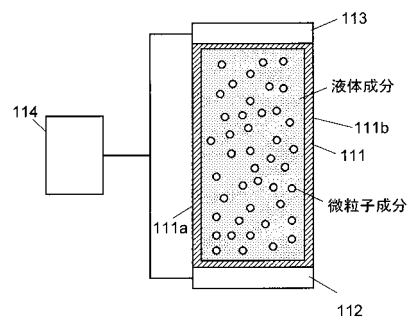
【 図 2 A 】



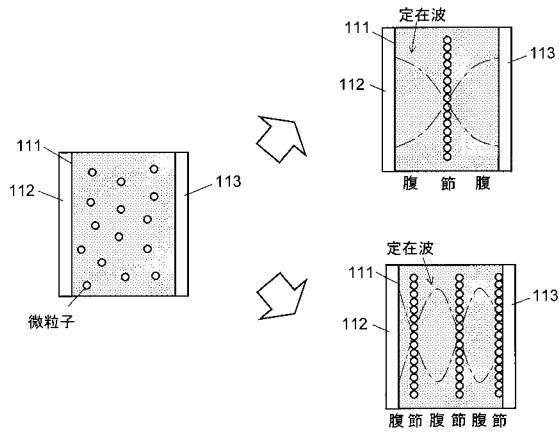
【 図 2 B 】



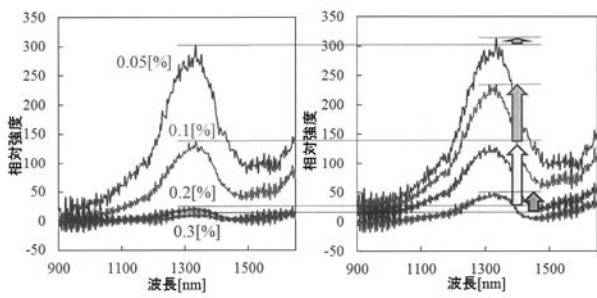
【 図 3 】



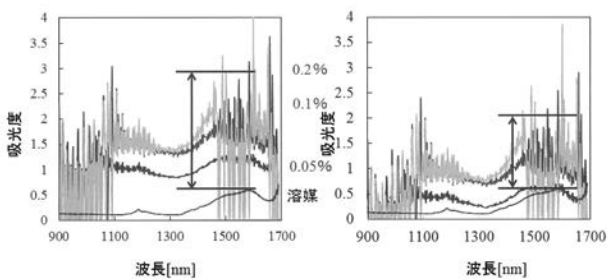
【 図 4 】



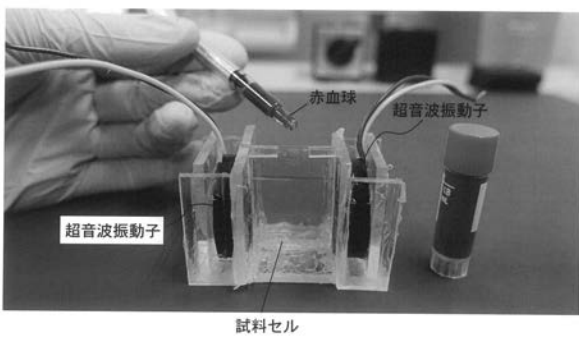
【 図 5 】



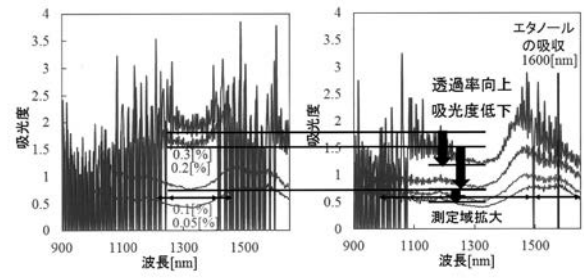
【 図 8 】



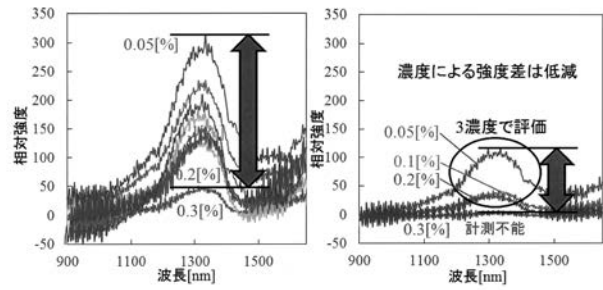
【 図 9 】



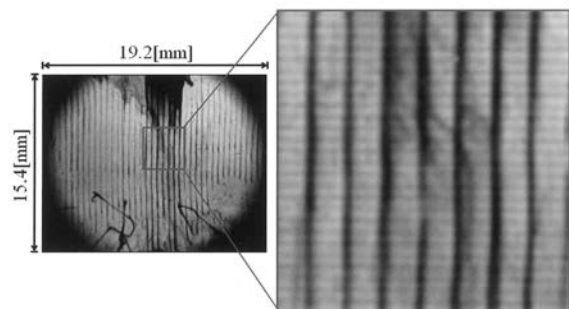
【 図 6 】



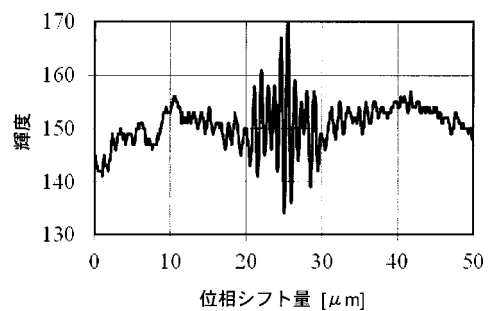
【 図 7 】



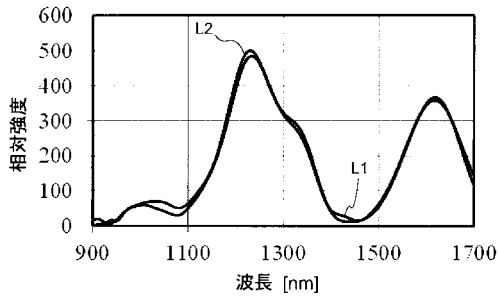
【 図 10 】



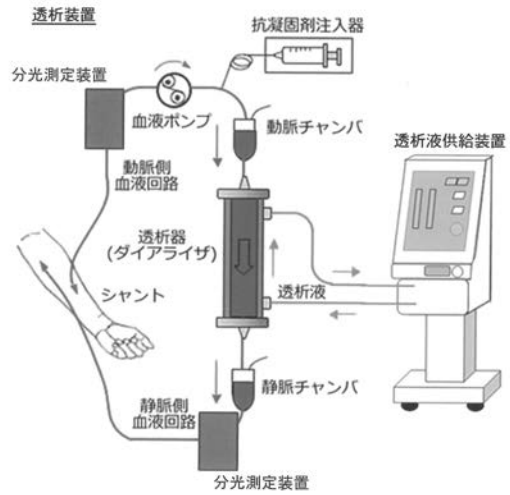
【 図 11 A 】



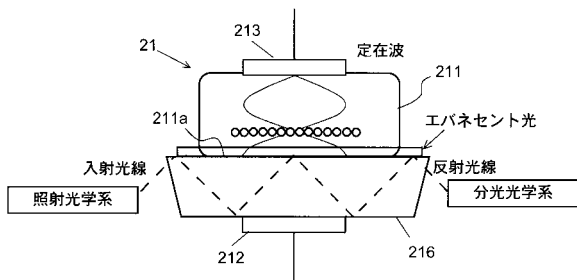
【 図 1 1 B 】



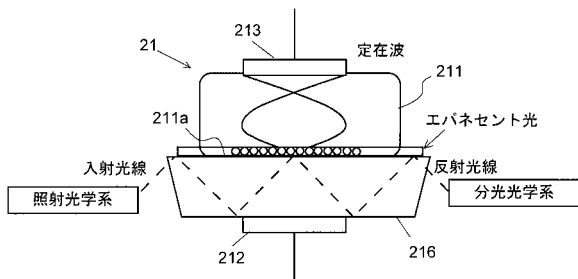
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



**【手続補正書】****【提出日】**平成29年6月15日(2017.6.15)**【手続補正1】****【補正対象書類名】**特許請求の範囲**【補正対象項目名】**全文**【補正方法】**変更**【補正の内容】****【特許請求の範囲】****【請求項1】**

(削除)

**【請求項2】**

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出装置とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記照射光を前記試料セル中の試料に照射する光照射手段と、

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射された光の一部を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に変換するコリメータレンズと、前記集光レンズの前記コリメータレンズ側の焦点位置に配置されたピンホールとを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする分光測定装置。

**【請求項3】**

前記測定光学系が、前記試料セルの前記光入射面及び前記光出射面と直交する光軸を有する試料セル側、前記分光光学系側の両方においてテレセントリックな光学系から成ることを特徴とする請求項2に記載の分光測定装置。

**【請求項4】**

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出装置とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光であって前記粒子成分から発せられる光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記照射光を前記試料セル中の試料に照射する光照射手段と、

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射された光の一部を平行光に変換するコリメータレンズと、該コリメータレンズによって平行光に変換された光を所定の結像面に結像する結像レンズと、前記コリメータレンズの前記結像レンズ側の焦点位置に配置された、該コリメータレンズによって集光された光を遮蔽する遮光板とを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする分光測定装置。

**【請求項5】**

前記光照射手段が、光源と、該光源からの光を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に整形するコリメータレンズと、集光レンズとコリメータレンズの共焦点に配置された開口絞りとを備え、前記試料セルの前記光入射面及び前記光出



射面と直交する光軸を有する光を前記試料セル中の試料に照射することを特徴とする請求項 2 ~ 4 のいずれかに記載の分光測定装置。

【請求項 6】

前記分光光学系が、前記測定光学系を通過した光である測定光を第 1 測定光と第 2 測定光に分割する分割光学系と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光を干渉させる干渉光学系とから構成され、

前記干渉光学系によって形成された前記第 1 測定光と前記第 2 測定光の干渉光の強度を検出する検出部と、前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させることにより前記検出器が検出する干渉光の強度変化から前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより該測定光のスペクトルを取得する処理部を備えることを特徴とする請求項 2 ~ 5 のいずれかに記載の分光測定装置。

【請求項 7】

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法において、

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記試料セルと前記分光光学系の間に集光レンズ及びコリメータレンズを配置するとともに前記集光レンズの前記コリメータレンズ側の焦点位置にピンホールを配置して、前記試料セル中の試料に照射光を照射したときに該試料セルから出射された光の一部を前記集光レンズで集光した後、前記コリメータレンズで平行光に変換し、前記ピンホールを通過させた後、前記分光光学系に導入することを特徴とする分光測定方法。

【請求項 8】

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法において、

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記試料セルと前記分光光学系の間にコリメータレンズと結像レンズとを配置するとともに、前記コリメータレンズの前記結像レンズ側の焦点位置に遮蔽板を配置し、前記試料セル中の試料に照射光を照射したときに該試料セルから出射された光の一部を前記コリメータレンズで平行光に変換し、前記結像レンズによって所定の結像面に結像させて前記分光光学系に導入し、前記コリメータレンズによって集光された光を前記遮蔽板で遮蔽することを特徴とする分光測定方法。

【請求項 9】

前記分光光学系が、導入された光を第 1 測定光と第 2 測定光に分割する分割光学系と、前記第 1 測定光と前記第 2 測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、

前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、

前記第 1 測定光と前記第 2 測定光を干渉させる干渉光学系とを備え、

前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させたときの前記干渉光の強度を検出することにより前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより前記分光光学系に導入された光のスペクトルを取得することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の分光測定方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

## 【補正方法】変更

## 【補正の内容】

## 【0002】

て泡立ちのある粘度の高い液体であるため、醪に含まれるエタノールやグルコースの分光特性を測定する場合、発酵した酒母、麹、蒸米等の微粒子成分による光散乱の影響を受ける。醪から微粒子成分を取り除くことにより上記した微粒子成分の影響を取り除くことができるが、微粒子成分を取り除くために醪を濾過する作業にはやはり時間や手間がかかる。

## 【0005】

なお、上記では微粒子成分を含む試料から該微粒子成分を除いた成分、つまり液体成分のみの分光測定を行う場合の問題について説明したが、微粒子成分のみの分光測定を行う場合も同様の問題がある。

先行技術文献

非特許文献

## 【0006】

非特許文献1：国立研究開発法人産業技術総合研究所HP 「医療技術と福祉のために」 ”透視から念動力へ！？微小物体を意のままに操る？” [平成27年4月16日検索]、インターネット<URL：[http://www.aist.go.jp/science\\_town/medical/medical\\_02/medical\\_02\\_01.html](http://www.aist.go.jp/science_town/medical/medical_02/medical_02_01.html)>

非特許文献2：平林恭稔、“樹脂構造体による超音波放射圧を用いた細胞分離デバイスの開発”、日本機械学会、情報・知能・精密機器部門講演会講演論文集、1103、pp. 9-12 (2007)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

## 【0007】

本発明が解決しようとする課題は、液体成分と粒子成分を含む試料の液体成分、あるいは粒子成分の分光特性を選択的に測定することができる、分光測定装置及び分光測定方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

## 【0008】

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正の内容】

## 【0003】

## 【0009】

上記課題を解決するために成された本発明に係る分光測定装置の第1態様は、液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出器とを備えた分光測定装置において、

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と、

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間に配置された、前記試料セルから出射した光の

一部を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に変換するコリメータレンズとを有する測定光学系とを備えることを特徴とする。

[ 0 0 1 0 ]

また、本発明に係る分光測定装置の第 2 態様は、

液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光する分光光学系と、前記分光光学系で分光された光を検出する検出装置とを備えた分光測定装置において、

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 4】

a) 前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光であって前記粒子成分から発せられる光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルと、

b) 前記光入射面を通して前記試料セル中の試料に前記照射光を照射する光照射手段と、

c) 前記試料セルに収容された試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成する定在波形成手段と、

d) 前記試料セルと前記分光光学系の間配置された、前記試料セルから出射した光の一部を平行光に変換するコリメータレンズと、該コリメータレンズによって平行光に変換された光を所定の結像面に結像する結像レンズとを有する測定光学系と

を備えることを特徴とする。

[ 0 0 1 1 ]

本発明に係る分光測定装置においては、まず、定在波形成手段により試料中に定在波を形成する。これにより、本発明に係る分光測定装置では、音響放射圧により、試料中の粒子成分が定在波の節近傍に集められ、試料中の粒子成分と液体成分が分離される（非特許文献 1、2 参照）。この状態で、光照射手段からの照射光が試料セルの光入射面を通して試料に照射される。このとき、定在波の節近傍と腹近傍とで試料の濃度や含まれる液体成分と粒子成分の割合が異なるため、節近傍と腹近傍とでは異なる性質の光が発せられることになる。例えば、粒子成分が多く存在する節近傍からは照射光が粒子成分によって散乱された散乱光が発せられ、液体成分が多く存在する腹近傍からは、照射光の透過光が発せられる。従って、測定光学系によって、試料中に形成された定在波の節近

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 0 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 0 5】

傍及び腹近傍から発せられた性質の異なる光を分離し、いずれか一方のみを分光光学系に導入することにより、試料中の特定の成分の分光特性を選択的に測定することができる。

[ 0 0 1 2 ]

この場合、液体成分から発せられた透過光は方向が揃った光であるのに対して、粒子成分から発せられた散乱光は様々な方向に向かった放射される光であることから、第 1 態様に係る分光測定装置においては、前記測定光学系を、前記試料セルと前記分光光学系の間配置された、前記試料セルから出射された光の一部を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に変換するコリメータレンズと、前記集光レンズの前

記コリメータレンズ側の焦点位置に配置されたピンホールとから構成することにより、液体成分から発せられた光（透過光）を選択的に分光光学系に導入する。

[ 0 0 1 3 ]

一方、第2態様に係る分光測定装置においては、前記測定光学系を、前記試料セルと前記分光光学系の間配置された、前記試料セルから出射された光の一部を平行光に変換するコリメータレンズと、該コリメータレンズによって平行光に変換された光を所定の結像面に結像する結像レンズと、前記コリメータレンズの前記結像レンズ側の焦点位置に配置された、該コリメータレンズによって集光された光を遮蔽する遮光板とから構成することにより、粒子成分から発せられた光（散乱光）を選択的に分光光学系に導入する。

[ 0 0 1 4 ]

本発明の第1、第2態様に係る分光測定装置においては、

前記光照射手段が、光源と、該光源からの光を集光する集光レンズと、該集光レンズによって集光された光を平行光に整形するコリメータレンズと、集光レンズとコリメータレンズの共焦点に配置された開口絞りとを備え、試料セルの光入射面及び光出射面と直交する光軸を有する光を前記試料セル中の試料に照射すると良い。

このような構成によれば、液体成分から発せられる透過光の多くが試料セルの光入射面及び光出射面と直交する光軸を有する平行光となるため、粒子成分から発せられる散乱光と分離しやすくなる。

[ 0 0 1 5 ]

また、本発明の第1、第2態様に係る分光測定装置においては、

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

前記分光光学系を、前記測定光学系を通過した光である測定を第1測定光と第2測定光に分割する分割光学系と、前記第1測定光と前記第2測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、前記第1測定光と前記第2測定光を干渉させる干渉光学系とから構成し

、  
前記干渉光学系によって形成された前記第1測定光と前記第2測定光の干渉光の強度を検出する検出部と、前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させることにより前記検出器が検出する干渉光の強度変化から前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより該測定光のスペクトルを取得する処理部を設けると良い。

[ 0 0 1 6 ]

また、本発明に係る分光測定方法は、液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法であって、

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記試料セルと前記分光光学系の間集光レンズ及びコリメータレンズを配置するとともに前記集光レンズの前記コリメータレンズ側の焦点位置にピンホールを配置して、前記試料セル中の試料に照射光を照射したときに該試料セルから出射された光の一部を前記集光レンズで集光した後、前記コリメータレンズで平行光に変換し、前記ピンホールを通過させた後、前記分光光学系に導入することを特徴とする。

[ 0 0 1 7 ]

さらに、本発明に係る分光測定方法は、液体成分と粒子成分を含む試料に照射光を照射したときに該試料から発せられた光を分光光学系で分光し、前記試料の分光特性を測定する分光測定方法であって、

前記液体成分に特異的な吸収波長又は透過波長の光が透過する性質を有する、互いに平行な光入射面及び光出射面を有する試料セルに前記試料を収容し、

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

前記試料セル中の試料に超音波を照射することにより前記光入射面及び前記光出射面と平行な方向又は直交する方向に沿って腹及び節が並ぶ定在波を該試料中に形成させ、

前記試料セルと前記分光光学系の間のコリメータレンズと結像レンズとを配置するとともに、前記コリメータレンズの前記結像レンズ側の焦点位置に遮蔽板を配置し、前記試料セル中の試料に照射光を照射したときに該試料セルから出射された光の一部を前記コリメータレンズで平行光に変換し、前記結像レンズによって所定の結像面に結像させて前記分光光学系に導入し、前記コリメータレンズによって集光された光を前記遮蔽板で遮蔽することを特徴とする。

【0018】

上記分光測定方法においては、前記分光光学系が、導入された光を第1測定光と第2測定光に分割する分割光学系と、前記第1測定光と前記第2測定光の間に光路長差を付与する光路長差付与手段と、

前記光路長差付与手段が付与する光路長差を連続的に変化させる光路長差変化手段と、

前記第1測定光と前記第2測定光を干渉させる干渉光学系とを備え、

前記光路長差変化手段により前記光路長差を変化させたときの前記干渉光の強度を検出することにより前記測定光のインターフェログラムを求め、該インターフェログラムをフーリエ変換することにより前記分光光学系に導入された光のスペクトルを取得するように構成すると良い。

発明の効果

【0019】

本発明に係る分光測定装置及び分光測定方法によれば、試料中に定在波を形成して該試料に含まれる液体成分の濃度や液体成分と粒子成分の割合を定在波の節近傍と腹近傍の領域で異ならせ、前記節近傍の領域及び腹近傍の領域から発せられる異なる性質の光を測定光学系によって分離するようにしたため、試料中に含まれる液体成分、粒子成分といった複数の成分を分離するための前処理をすることなく、試料中の特定の成分の分光特性を選択的に測定することができる。

図面の簡単な説明

【0020】

【図1】本発明の一実施形態に係る分光測定装置の概略構成図。

【図2A】図1中、二点鎖線で囲んだ部分の拡大構成図

【図2B】図2A中、テレセントリック光学系に代えて結像光学系とした構成図。

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2016/061825
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> G01N21/27(2006.01)i, G01J3/42(2006.01)i, G01J3/45(2006.01)i, G01N21/3577(2014.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01J3/00-3/52, G01N21/00-21/61  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 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2010/040394 A1 (FOSS ANALYTICAL A/S), 15 April 2010 (15.04.2010), paragraphs [0001] to [0005], [0031] to [0046] & US 2011/0154890 A1 & CN 102170949 A	1, 6-9 2-5
Y	JP 2012-184961 A (Kagawa University), 27 September 2012 (27.09.2012), paragraphs [0015], [0031] to [0033]; fig. 7 to 8 (Family: none)	1, 6-9
Y	JP 11-230829 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 27 August 1999 (27.08.1999), paragraph [0022] (Family: none)	8-9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 June 2016 (22.06.16)		Date of mailing of the international search report 05 July 2016 (05.07.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061825

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-501330 A (Smiths Detection-Watford Ltd.), 15 January 2009 (15.01.2009), entire text & US 2009/0169428 A1 entire text & WO 2007/007070 A1	1-9
A	JP 2010-276338 A (Shimadzu Corp.), 09 December 2010 (09.12.2010), entire text (Family: none)	1-9
A	JP 2005-287776 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 20 October 2005 (20.10.2005), entire text (Family: none)	1-9
A	JP 2009-8475 A (Canon Inc.), 15 January 2009 (15.01.2009), entire text (Family: none)	1-9
A	JP 2000-199744 A (Hitachi, Ltd.), 18 July 2000 (18.07.2000), entire text (Family: none)	1-9
A	US 2007/0119239 A1 (PRIEV et al.), 31 May 2007 (31.05.2007), entire text & WO 2007/063544 A2	1-9
A	EP 1998161 A1 (THE TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK), 03 December 2008 (03.12.2008), entire text (Family: none)	1-9

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 6 / 0 6 1 8 2 5									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01N21/27(2006.01)i, G01J3/42(2006.01)i, G01J3/45(2006.01)i, G01N21/3577(2014.01)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 (IPC)) Int.Cl. G01J3/00-3/52, G01N21/00-21/61											
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2016年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2016年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2016年	日本国実用新案登録公報	1996-2016年	日本国登録実用新案公報	1994-2016年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2016年										
日本国実用新案登録公報	1996-2016年										
日本国登録実用新案公報	1994-2016年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリ*	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									
Y A	WO 2010/040394 A1 (FOSS ANALYTICAL A/S) 2010.04.15, [0001]-[0005], [0031]-[0046] & US 2011/0154890 A1 & CN 102170949 A	1, 6-9 2-5									
Y	JP 2012-184961 A (国立大学法人 香川大学) 2012.09.27, [0015], [0031]-[0033], 図 7-8 (ファミリーなし)	1, 6-9									
Y	JP 11-230829 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1999.08.27, [0022] (ファミリーなし)	8-9									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> 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 「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 22.06.2016		国際調査報告の発送日 05.07.2016									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号 100-8915 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) 塚本 丈二 電話番号 03-3581-1101 内線 3258	2W 3304								



国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2016/061825

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-501330 A (スミスズ ディテクションーワトフォード リ ミテッド) 2009.01.15, 全文 & US 2009/0169428 A1, 全文 & WO 2007/007070 A1	1-9
A	JP 2010-276338 A (株式会社島津製作所) 2010.12.09, 全文 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2005-287776 A (松下電工株式会社) 2005.10.20, 全文 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2009-8475 A (キヤノン株式会社) 2009.01.15, 全文 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2000-199744 A (株式会社日立製作所) 2000.07.18, 全文 (ファミリーなし)	1-9
A	US 2007/0119239 A1 (PRIEV et al.) 2007.05.31, 全文 & WO 2007/063544 A2	1-9
A	EP 1998161 A1 (THE TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK) 2008.12.03, 全文 (ファミリーなし)	1-9

様式 PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (2015年1月)

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。