

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6325423号  
(P6325423)

(45) 発行日 平成30年5月16日(2018.5.16)

(24) 登録日 平成30年4月20日(2018.4.20)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 N 21/64 (2006.01)** GO 1 N 21/64 Z  
 GO 1 N 21/65 (2006.01) GO 1 N 21/65

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-236527 (P2014-236527)	(73) 特許権者	000006666
(22) 出願日	平成26年11月21日(2014.11.21)		アズビル株式会社
(65) 公開番号	特開2016-80673 (P2016-80673A)		東京都千代田区丸の内2丁目7番3号
(43) 公開日	平成28年5月16日(2016.5.16)	(74) 代理人	100079108
審査請求日	平成29年3月27日(2017.3.27)		弁理士 稲葉 良幸
(31) 優先権主張番号	特願2014-209075 (P2014-209075)	(74) 代理人	100109346
(32) 優先日	平成26年10月10日(2014.10.10)		弁理士 大貫 敏史
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100117189
			弁理士 江口 昭彦
		(74) 代理人	100134120
			弁理士 内藤 和彦
		(72) 発明者	小原 太輔
			東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液中蛍光検出装置及び液中の蛍光の検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

液体が流れるセルと、

第2の蛍光波長帯域より第1の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する生物粒子、及び前記第1の蛍光波長帯域より前記第2の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する非生物粒子を含み得る前記セル中を流れる液体に向けて、前記第1及び第2の蛍光波長帯域の間の波長帯域において前記液体でラマン散乱光が生じるような波長の励起光を発する光源と、

前記第1及び第2の蛍光波長帯域の光を検出する蛍光検出部と、

前記励起光を照射された前記液体中で生じた、前記励起光と波長が同じ散乱光を検出する散乱光検出部と、

前記蛍光検出部で検出された前記第1及び第2の蛍光波長帯域の光の強度と、前記散乱光検出部で検出された前記励起光と波長が同じ散乱光の強度と、を時系列的に保存する光強度記憶装置と、

検出した前記第1の蛍光波長帯域の光の強度と、前記第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較する比較部と、

前記光強度記憶装置から前記第1及び第2の蛍光波長帯域の光の強度と、前記励起光と波長が同じ散乱光の強度と、を読み出し、前記励起光と波長が同じ散乱光が検出され、かつ、前記第1の蛍光波長帯域の光の強度が前記第2の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、前記セル中を流れる液体が前記生物粒子を含んでいると判定し、前記励起光と波

10

20

長が同じ散乱光が検出され、かつ、前記第 2 の蛍光波長帯域の光の強度が前記第 1 の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、前記セル中を流れる液体が前記非生物粒子を含んでいると判定する判定部と、

を備え、

前記生物粒子が発する光のスペクトルの強度が、前記ラマン散乱光のピークよりも長波長側で強くなり、前記非生物粒子が発する光のスペクトルの強度が、前記ラマン散乱光のピークよりも短波長側で強くなるよう、前記励起光の波長を設定する、

液中粒子検出装置。

**【請求項 2】**

前記励起光と波長が同じ散乱光が検出され、かつ、前記第 1 及び第 2 の蛍光波長帯域の光が検出されなかった場合、前記液体が前記生物粒子及び前記非生物粒子を含んでいないと前記判定部が判定する、請求項 1 に記載の液中粒子検出装置。

10

**【請求項 3】**

セルに液体を流すことと、

第 2 の蛍光波長帯域より第 1 の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する生物粒子、及び前記第 1 の蛍光波長帯域より前記第 2 の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する非生物粒子を含み得る前記セル中を流れる液体に向けて、前記第 1 及び第 2 の蛍光波長帯域の間の波長帯域において前記液体でラマン散乱光が生じるような波長の励起光を発することと、

前記第 1 及び第 2 の蛍光波長帯域の光を検出することと、

20

前記励起光を照射された前記液体中で生じた、前記励起光と波長が同じ散乱光を検出することと、

前記検出された前記第 1 及び第 2 の蛍光波長帯域の光の強度と、前記検出された前記励起光と波長が同じ散乱光の強度と、を時系列的に光強度記憶装置に保存することと、

検出した前記第 1 の蛍光波長帯域の光の強度と、前記第 2 の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較することと、

前記光強度記憶装置から前記第 1 及び第 2 の蛍光波長帯域の光の強度と、前記励起光と波長が同じ散乱光の強度と、を読み出し、前記励起光と波長が同じ散乱光が検出され、かつ、前記第 1 の蛍光波長帯域の光の強度が前記第 2 の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、前記セル中を流れる液体が前記生物粒子を含んでいると判定し、前記励起光と波長が同じ散乱光が検出され、かつ、前記第 2 の蛍光波長帯域の光の強度が前記第 1 の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、前記セル中を流れる液体が前記非生物粒子を含んでいると判定することと、

30

を含み、

前記生物粒子が発する光のスペクトルの強度が、前記ラマン散乱光のピークよりも長波長側で強くなり、前記非生物粒子が発する光のスペクトルの強度が、前記ラマン散乱光のピークよりも短波長側で強くなるよう、前記励起光の波長を設定する、

液中粒子の検出方法。

**【請求項 4】**

前記励起光と波長が同じ散乱光が検出され、かつ、前記第 1 及び第 2 の蛍光波長帯域の光が検出されなかった場合、前記液体が前記生物粒子及び前記非生物粒子を含んでいないと判定することを更に含む、請求項 3 に記載の液中粒子の検出方法。

40

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は検出技術に関し、液中蛍光検出装置及び液中の蛍光の検出方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

検査対象である気体に含まれる蛍光粒子を検出する方法（例えば、特許文献 1、2 参照。）、及び検査対象である液体に含まれる蛍光粒子を検出する方法（例えば特許文献 3 参

50

照。)が提案されている。いずれの方法においても、検査対象に励起光が照射され、蛍光が検出された場合に、粒子が存在すると判断される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許4377064号公報

【特許文献2】特開2012-88304号公報

【特許文献3】特開2013-117466号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一般に気体に励起光を照射しても、自家蛍光を発する蛍光粒子の検出の妨げになる程度の強さのラマン散乱光は生じないが、液体に励起光を照射すると、水などの液体を構成する分子、あるいは液体中に含まれる分子によって、自家蛍光を発する蛍光粒子の検出の妨げになる程度の強さのラマン散乱光が生じることがある。ラマン散乱光の波長は、励起光の波長よりも長い場合、検査対象に含まれる蛍光粒子が発する蛍光の波長と重なる場合がある。また、検査対象は、複数種類の蛍光粒子を含んでいる場合がある。

【0005】

そこで、本発明は、液中で正確に蛍光を検出可能な液中蛍光検出装置及び液中の蛍光の検出方法を提供することを目的の一つとする。なお、蛍光とは、自家蛍光を含む。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の態様によれば、(a)第2の蛍光波長帯域より第1の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第1の物質、及び第1の蛍光波長帯域より第2の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第2の物質を含み得る液体に向けて、第1及び第2の蛍光波長帯域の間の波長帯域において液体でラマン散乱光が生じるような波長の励起光を発する光源と、(b)第1及び第2の蛍光波長帯域の光を検出する蛍光検出部と、を備える、液中蛍光検出装置が提供される。

【0007】

上記装置は、検出した第1の蛍光波長帯域の光の強度と、第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較する蛍光基準比較部をさらに備えていてもよい。また、上記装置は、第1の蛍光波長帯域の光の強度が第2の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が第1の物質を含んでいると判定し、第2の蛍光波長帯域の光の強度が第1の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が第2の物質を含んでいると判定する判定部をさらに備えていてもよい。

【0008】

上記装置において、第1の物質が生物粒子であり、第2の物質が非生物粒子であってもよい。また、第1の蛍光波長帯域の方が、第2の蛍光波長帯域よりも長波長側であってもよい。さらに、第1の蛍光波長帯域の光が生物粒子が発する自家蛍光であり、第2の蛍光波長帯域の光が非生物粒子が発する自家蛍光であってもよい。

【0009】

あるいは、上記装置において、第1及び第2の物質が非生物粒子であってもよいし、第1及び第2の物質の少なくとも一方が液体中に溶解した蛍光物質であってもよい。

【0010】

上記装置は、励起光を照射された液体中で生じた、励起光と波長が同じ散乱光を検出する散乱光検出部をさらに備えていてもよい。

【0011】

また、本発明の態様によれば、(a)第2の蛍光波長帯域より第1の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第1の物質、及び第1の蛍光波長帯域より第2の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第2の物質を含み得る液体に向けて、第1及び第2の蛍光

10

20

30

40

50

波長帯域の間の波長帯域において液体でラマン散乱光が生じるような波長の励起光を発生することと、(b)第1及び第2の蛍光波長帯域の光を検出することと、を含む、液中の蛍光の検出方法が提供される。

【0012】

上記方法は、検出した第1の蛍光波長帯域の光の強度と、第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較することをさらに含んでもよい。また、上記方法は、第1の蛍光波長帯域の光の強度が第2の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が第1の物質を含んでいると判定し、第2の蛍光波長帯域の光の強度が第1の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が第2の物質を含んでいると判定することをさらに含んでもよい。

10

【0013】

上記方法において、第1の物質が生物粒子であり、第2の物質が非生物粒子であってもよい。また、上記方法において、第1の蛍光波長帯域の方が、第2の蛍光波長帯域よりも長波長側であってもよい。さらに、上記方法において、第1の蛍光波長帯域の光が生物粒子が発する自家蛍光であり、第2の蛍光波長帯域の光が非生物粒子が発する自家蛍光であってもよい。

【0014】

あるいは、上記方法において、第1及び第2の物質が非生物粒子であってもよいし、第1及び第2の物質の少なくとも一方が液体中に溶解した蛍光物質であってもよい。

【0015】

上記方法は、励起光を照射された液体中で生じた、励起光と波長が同じ散乱光を検出することをさらに含んでもよい。

20

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、液中で正確に蛍光を検出可能な液中蛍光検出装置及び液中の蛍光の検出方法を提供可能である。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る液中蛍光検出装置の模式図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る微生物が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

30

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る非生物粒子が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図4】図2及び図3に示したスペクトルを重ねたグラフである。

【図5】本発明の第1の実施の形態に係る微生物が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図6】本発明の第1の実施の形態に係る非生物粒子が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図7】図5及び図6に示したスペクトルを重ねたグラフである。

【図8】本発明の第1の実施の形態に係る微生物が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

40

【図9】本発明の第1の実施の形態に係る非生物粒子が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図10】図8及び図9に示したスペクトルを重ねたグラフである。

【図11】本発明の第2の実施の形態に係るガラスからなる非生物粒子が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係るPETからなる非生物粒子が発する自家蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図13】図11及び図12に示したスペクトルを重ねたグラフである。

【図14】本発明の第3の実施の形態に係る消毒用アルコールが発する蛍光の蛍光スペク

50

トルの実例である。

【図15】本発明の第3の実施の形態に係る緑茶が発する蛍光の蛍光スペクトルの実例である。

【図16】図14及び図15に示したスペクトルを重ねたグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号で表している。但し、図面は模式的なものである。したがって、具体的な寸法等は以下の説明を照らし合わせて判断するべきものである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

10

【0019】

(第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態に係る液中蛍光検出装置は、図1に示すように、第2の蛍光波長帯域より第1の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第1の物質、及び第1の蛍光波長帯域より第2の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第2の物質を含み得るセル40中の液体に向けて、第1及び第2の蛍光波長帯域の間の波長帯域において液体でラマン散乱光が生じるような波長の励起光を発する光源10と、第1及び第2の蛍光波長帯域の光を検出する蛍光検出部102と、を備える。

【0020】

例えば、セル40中の液体に含まれる第1の物質は微生物等の生物粒子であり、第2の物質が非生物粒子である。液体が第1の物質及び第2の物質を含みうるとは、液体が第1の物質及び第2の物質を含む可能性があることを意味し、検査のうえ、液体が第1の物質及び第2の物質を含んでいないと判定されることもある。

20

【0021】

液中蛍光検出装置は、励起光を照射された液体中で生じた、励起光と波長が同じ散乱光を検出する散乱光検出部105をさらに備えていてもよい。光源10と、蛍光検出部102と、散乱光検出部105とは、筐体30に設けられている。光源10には、光源10に電力を供給する光源駆動電源11が接続されている。光源駆動電源11には、光源10に供給される電力を制御する電源制御装置12が接続されている。励起光が照射される液体は、透明なセル40の中を流れる。励起光が照射される液体は、例えば、純水、製薬用水、注射用水、及び培養液であるが、これらに限定されない。セル40は、例えばプラントの配管に接続されていてもよいが、これに限定されない。

30

【0022】

光源10は、セル40中を流れる液体に向けて、広帯域波長の励起光を照射する。光源10としては、例えば、発光ダイオード(LED)及びレーザーが使用可能である。励起光の波長は、例えば250ないし550nmである。励起光は、可視光であっても、紫外光であってもよい。励起光が可視光である場合、励起光の波長は、例えば400ないし550nmの範囲内であり、例えば405nmである。励起光が紫外光である場合、励起光の波長は、例えば300ないし380nmの範囲内であり、例えば340nmである。ただし、励起光の波長は、これらに限定されない。

40

【0023】

セル40中の液体に細菌等の微生物が含まれる場合、励起光を照射された微生物に含まれるニコチンアミドアデニンジヌクレオチド及びリボフラビン等が、蛍光を発する。また、セル40中の液体に例えば金属又は樹脂からなる非微生物粒子が含まれる場合も、励起光を照射された非微生物粒子が、蛍光、又は波長帯域が蛍光と重なる光を発する場合がある。なお、蛍光とは、自家蛍光を含む。

【0024】

例えば、液体が精製水製造装置で製造された水である場合、水には精製水製造装置の材料からなる非微生物粒子が含まれる場合がある。例えば、精製水製造装置が備えるフィルタやハウジングからは、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリテトラフルオロエチレン

50

( P T F E )、オレフィン、ポリカーボネート、及びポリウレタン等から選択される少なくとも一つの材料からなる粒子が生じうる。また、精製水製造装置が備えうるパッキンからは、例えば、シリコンゴム、ニトリルゴム ( N B R )、エチレンプロピレンゴム ( E P D M )、フッ素ゴム、カルレッツ、及び P T F E 等から選択される少なくとも一つの材料からなる粒子が生じうる。さらに、精製水製造装置が備えうるポンプからは、バイトン、フッ素樹脂、シリコン樹脂、ポリアミド、ポリフェニレンスルファイド ( P P S )、及びパーフロ等から選択される少なくとも一つの材料からなる粒子が生じうる。またさらに、精製水製造装置が備えうるシールからは、例えば P T F E 等からなる粒子が生じうる。加えて、精製水製造装置が備えうる配管からは、酸化ステンレス等の金属材料からなる粒子が生じうる。上記したような精製水製造装置から生じる粒子の材料は、励起光を照射されると、蛍光、又は波長帯域が蛍光と重複する光を発する場合がある。

10

## 【 0 0 2 5 】

微生物及び非微生物粒子が発する蛍光帯域の光のスペクトルは、微生物及び非微生物粒子の種類によって異なる。また、一般に、微生物が発する蛍光波長帯域の光の強度は、非微生物粒子が発する蛍光波長帯域の光の強度よりも長波長側で強い傾向にある。そのため、複数の波長において検出した蛍光帯域の光の強度に基づいて、液体に含まれる粒子等の物質が、微生物であるか、あるいは非微生物粒子であるかを判定することが可能となる。

## 【 0 0 2 6 】

また、液体に励起光を照射すると、励起光が液体に含まれる分子によって散乱され、励起光よりも波長の長いラマン散乱光が発生する。例えば、水においては、励起光の波長よりも 5 0 ないし 1 0 0 n m、あるいは 6 0 ないし 7 0 n m 長い波長のラマン散乱光が生じる。ラマン散乱光の波長帯は、主に分子の種類と、励起光の波長により変化する。具体的には、励起光の波長が 3 8 0 n m である場合、水において波長が 4 3 6 n m 前後にラマン散乱光のピークが発生する。励起光の波長が 4 0 5 n m である場合、水において波長が 4 6 9 n m 前後にラマン散乱光のピークが発生する。励起光の波長が 4 9 0 n m である場合、水において波長が 5 3 5 n m 前後及び 5 8 5 n m 前後にラマン散乱光のピークが発生する。

20

## 【 0 0 2 7 】

そのため、ラマン散乱光のピーク波長が、微生物又は非微生物粒子が発する強度の弱い自家蛍光等の蛍光帯域の光の波長と重なると、ラマン散乱光が迷光として作用し、本来の検出対象である、強度の弱い自家蛍光の検出が困難になる場合がある。また、液体中に微生物又は非微生物粒子が含まれていると誤判定する場合もあり得る。

30

## 【 0 0 2 8 】

これに対し、第 1 の実施の形態に係る液中蛍光検出装置は、微生物が発する蛍光の強度が強い第 1 の蛍光波長帯域と、非微生物粒子が発する蛍光の強度が強い第 2 の蛍光波長帯域の間の波長帯域においてラマン散乱光が生じるような波長の励起光を発する。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 は、波長が 4 0 5 n m の励起光を照射したときの、水棲菌であるシュードモナス・デミニュータ ( *Brevundimonas diminuta*、ATCC 19146 ) 及びシュードモナス・プチダ ( *Pseudomonas putida*、ATCC 12633 ) が発する自家蛍光のスペクトルの実例の一つである。図 3 は、波長が 4 0 5 n m の励起光を照射したときの、種々の樹脂ガセット材料から生じた非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの実例の一つである。図 4 は、図 2 に示したスペクトルと、図 3 に示したスペクトルと、を重ねたグラフである。図 2 ないし図 4 に示すように、微生物が発する自家蛍光のスペクトルは、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルよりも長波長側において強度が強い。反対に、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、微生物が発する自家蛍光のスペクトルよりも短波長側において強度が強い。また、このとき、水において波長が 4 6 9 n m 前後にラマン散乱光のピークが発生している。微生物が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも長波長側において強度が強い。反対に、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも短波長側にお

40

50

いて強度が強い。

【0030】

図5は、波長が380nmの励起光を照射したときの、枯草菌であるバシラス・アトロフィーウス (*Bacillus atrophaeus*) が発する自家蛍光のスペクトルの事例の一つである。図6は、波長が380nmの励起光を照射したときの、ガラス及び種々の樹脂材料からなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの事例の一つである。図7は、図5に示したスペクトルと、図6に示したスペクトルと、を重ねたグラフである。図5ないし図7に示すように、微生物が発する自家蛍光のスペクトルは、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルよりも長波長側において強度が強い。反対に、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、微生物が発する自家蛍光のスペクトルよりも短波長側において強度が強い。また、このとき、水において波長が436nm前後にラマン散乱光のピークが発生している。微生物が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも長波長側において強度が強い。反対に、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも短波長側において強度が強い。

10

【0031】

図8は、波長が490nmの励起光を照射したときの、枯草菌であるバシラス・アトロフィーウス (*Bacillus atrophaeus*) が発する自家蛍光のスペクトルの事例の一つである。図9は、波長が490nmの励起光を照射したときの、ポリエチレンテレフタレート (PET) からなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの事例の一つである。図10は、図8に示したスペクトルと、図9に示したスペクトルと、を重ねたグラフである。図8ないし図10に示すように、微生物が発する自家蛍光のスペクトルは、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルよりも長波長側において強度が強い。反対に、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、微生物が発する自家蛍光のスペクトルよりも短波長側において強度が強い。また、このとき、水において波長が535nm前後及び585nm前後にラマン散乱光のピークが発生している。微生物が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも長波長側において強度が強い。反対に、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも短波長側において強度が強い。

20

【0032】

図1に示す光源10は、微生物が発する自家蛍光のスペクトルと、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルと、の間に、ラマン散乱光の波長帯域が位置するような波長の励起光を照射する。あるいは、光源10は、微生物が発する自家蛍光のスペクトルの裾と、非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの裾と、が重なる部分に、ラマン散乱光の波長帯域が位置するような波長の励起光を照射する。

30

【0033】

蛍光検出部102は、微生物又は非微生物粒子が発する蛍光帯域の光を検出する。蛍光検出部102は、第1の蛍光波長帯域の光を受光する第1の受光素子20Aと、第1の蛍光波長帯域とは異なる第2の蛍光波長帯域の光を受光する第2の受光素子20Bと、を備える。第1及び第2の受光素子20A、20Bは、ラマン散乱光の波長帯域の光を検出しないようにされてもよい。例えば、第1及び第2の受光素子20A、20Bが検出可能な波長帯域から、ラマン散乱光の波長帯域を除外してもよい。あるいは、第1及び第2の受光素子20A、20Bの前に、ラマン散乱光の波長帯域の光を遮光するフィルタ、あるいは、バンドパスフィルタ、ロングパスフィルタ、ショートパスフィルタ、及びダイクロイックミラー、並びにこれらを組み合わせた波長選択手段等を配置してもよい。第1の受光素子20A及び第2の受光素子20Bとしては、フォトダイオード及び光電子増倍管等が使用可能であり、光を受光すると、光エネルギーを電気エネルギーに変換する。

40

【0034】

第1の受光素子20Aには、第1の受光素子20Aで生じた電流を増幅する増幅器21Aが接続されている。増幅器21Aには、増幅器21Aに電力を供給する増幅器電源22Aが接続されている。また、増幅器21Aには、増幅器21Aで増幅された電流を受け取

50

り、第1の受光素子20Aが受光した光の強度を算出する光強度算出装置23Aが接続されている。光強度算出装置23Aは、例えば、検出した光のスペクトルの面積に基づいて、光の強度を算出する。光強度算出装置23Aには、光強度算出装置23Aが算出した光の強度を保存する光強度記憶装置24Aが接続されている。

【0035】

第2の受光素子20Bには、第2の受光素子20Bで生じた電流を増幅する増幅器21Bが接続されている。増幅器21Bには、増幅器21Bに電力を供給する増幅器電源22Bが接続されている。また、増幅器21Bには、増幅器21Bで増幅された電流を受け取り、第2の受光素子20Bが受光した光の強度を算出する光強度算出装置23Bが接続されている。光強度算出装置23Bは、例えば、検出した光のスペクトルの面積に基づいて、光の強度を算出する。光強度算出装置23Bには、光強度算出装置23Bが算出した光の強度を保存する光強度記憶装置24Bが接続されている。

10

【0036】

散乱光検出部105は、検査光を照射された微生物、非微生物粒子、及び気泡で生じる散乱光を検出する。散乱光検出部105は、散乱光を受光する散乱光受光素子50を備える。散乱光受光素子50としては、フォトダイオード等が使用可能であり、光を受光すると、光エネルギーを電気エネルギーに変換する。

【0037】

散乱光受光素子50には、散乱光受光素子50で生じた電流を増幅する増幅器51が接続されている。増幅器51には、増幅器51に電力を供給する増幅器電源52が接続されている。また、増幅器51には、増幅器51で増幅された電流を受け取り、散乱光受光素子50が受光した散乱光の強度を算出する光強度算出装置53が接続されている。光強度算出装置53には、光強度算出装置53が算出した散乱光の強度を保存する光強度記憶装置54が接続されている。

20

【0038】

セル40内を液体が流れると、光源10が励起光を照射し、蛍光検出部102が、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の蛍光波長帯域の光の強度と、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を測定し、時系列的に光強度記憶装置24A、24Bに保存する。また、散乱光検出部105が、散乱光を測定し、散乱光の光強度を時系列的に光強度記憶装置54に保存する。

30

【0039】

第1の実施の形態に係る液中蛍光検出装置は、中央演算処理装置(CPU)300をさらに含む。CPU300は、散乱光基準判定部303を含む。散乱光基準判定部303は、第1の蛍光波長帯域の光の強度の値と、第2の蛍光波長帯域の光の強度の値と、を光強度記憶装置24A、24Bから読み出す。また、散乱光基準判定部303は、散乱光の強度を、光強度記憶装置54から読み出す。

【0040】

散乱光基準判定部303は、蛍光検出部102が蛍光帯域の光を測定せず、散乱光検出部105が散乱光を測定した場合、検査対象の水が気泡を含むと判定する。さらに、散乱光基準判定部303は、蛍光検出部102が蛍光帯域の光を測定せず、散乱光検出部105が散乱光を測定した場合、検査対象の水が微生物及び非微生物粒子を含まないと判定してもよい。またさらに、散乱光基準判定部303は、蛍光検出部102が蛍光帯域の光を測定し、散乱光検出部105が散乱光を測定した場合、検査対象の水が微生物又は非微生物粒子を含むと判定してもよい。

40

【0041】

CPU300は、比較部301及び蛍光基準判定部302をさらに含んでもよい。比較部301は、検出した第1の蛍光波長帯域における光の強度の値と、第2の蛍光波長帯域における光の強度の値と、を光強度記憶装置24A、24Bから読み出す。さらに、比較部301は、第1の蛍光波長帯域の光の強度と、第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較する。蛍光基準判定部302は、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の

50

蛍光波長帯域の光の強度が、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が微生物を含んでいると判定する。また、蛍光基準判定部302は、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度が、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が非生物粒子を含んでいると判定する。

【0042】

蛍光基準判定部302は、例えば、判定結果を出力装置401から出力する。出力装置401としては、ディスプレイ、スピーカ、及びプリンタ等が使用可能である。

【0043】

以上説明した第1の実施の形態に係る液中蛍光検出装置によれば、ラマン散乱光が生じても、ラマン散乱光を液体中に含まれている微生物又は非生物粒子からの自家蛍光であると誤判定することを抑制することが可能となる。

10

【0044】

(第2の実施の形態)

第2の実施の形態では、第1の非生物粒子と、第1の非生物粒子とは異なる第2の非生物粒子と、を判別する方法を説明する。

【0045】

第2の実施の形態においては、図1に示す光源10は、第1の非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルと、第2の非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルと、の間に、ラマン散乱光の波長帯域が位置するような波長の励起光を照射する。あるいは、光源10は、第1の非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの裾と、第2の非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの裾と、が重なる部分に、ラマン散乱光の波長帯域が位置するような波長の励起光を照射する。

20

【0046】

図11は、波長が445nmの励起光を照射したときの、ガラスからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの実例の一つである。図12は、波長が445nmの励起光を照射したときの、ポリエチレンテレフタレート(PET)からなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルの実例の一つである。図13は、図11に示したスペクトルと、図12に示したスペクトルと、を重ねたグラフである。図11ないし図13に示すように、ガラスからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、PETからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルよりも長波長側において強度が強い。反対に、PETからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、ガラスからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルよりも短波長側において強度が強い。また、このとき、水において波長が524nm前後にラマン散乱光のピークが発生している。ガラスからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも長波長側において強度が強い。反対に、PETからなる非生物粒子が発する自家蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも短波長側において強度が強い。

30

【0047】

第2の実施の形態において、図1に示すCPU300の比較部301は、第1の蛍光波長帯域の光の強度と、第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較する。蛍光基準判定部302は、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の蛍光波長帯域の光の強度が、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が第1の非生物粒子を含んでいると判定する。また、蛍光基準判定部302は、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度が、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が第2の非生物粒子を含んでいると判定する。

40

【0048】

(第3の実施の形態)

第3の実施の形態では、液体中に溶解した第1の蛍光物質と、液体中に溶解した第1の蛍光物質とは異なる第2の蛍光物質と、を判別する方法を説明する。

50

## 【 0 0 4 9 】

第3の実施の形態においては、図1に示す光源10は、液体中に溶解した第1の蛍光物質が発する蛍光のスペクトルと、液体中に溶解した第2の蛍光物質が発する蛍光のスペクトルと、の間に、ラマン散乱光の波長帯域が位置するような波長の励起光を照射する。あるいは、光源10は、液体中に溶解した第1の蛍光物質が発する蛍光のスペクトルの裾と、液体中に溶解した第2の蛍光物質が発する蛍光のスペクトルの裾と、が重なる部分に、ラマン散乱光の波長帯域が位置するような波長の励起光を照射する。

## 【 0 0 5 0 】

図14は、波長が460nmの励起光を照射したときの、消毒用アルコールに含まれる香料及び色素等の添加剤が発する蛍光のスペクトルの実例の一つである。図15は、波長が460nmの励起光を照射したときの、緑茶に含まれるクロロフィルが発する蛍光のスペクトルの実例の一つである。図16は、図14に示したスペクトルと、図15に示したスペクトルと、を重ねたグラフである。図14ないし図16に示すように、消毒用アルコールに含まれる香料及び色素等の添加剤が発する蛍光のスペクトルは、緑茶に含まれるクロロフィルが発する蛍光のスペクトルよりも長波長側において強度が強い。反対に、緑茶に含まれるクロロフィルが発する蛍光のスペクトルは、消毒用アルコールに含まれる香料及び色素等の添加剤が発する蛍光のスペクトルよりも短波長側において強度が強い。また、このとき、水において波長が545nm前後にラマン散乱光のピークが発生している。消毒用アルコールに含まれる香料及び色素等の添加剤が発する蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも長波長側において強度が強い。反対に、緑茶に含まれるクロロフィルが発する蛍光のスペクトルは、ラマン散乱光のピークよりも短波長側において強度が強い。

## 【 0 0 5 1 】

第3の実施の形態において、図1に示すCPU300の比較部301は、第1の蛍光波長帯域の光の強度と、第2の蛍光波長帯域の光の強度と、を比較する。蛍光基準判定部302は、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の蛍光波長帯域の光の強度が、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が消毒用アルコールに含まれる香料及び色素等の添加剤を含んでいると判定する。また、蛍光基準判定部302は、ラマン散乱光の波長帯域よりも短波長側の第2の蛍光波長帯域の光の強度が、ラマン散乱光の波長帯域よりも長波長側の第1の蛍光波長帯域の光の強度よりも大きい場合、液体が緑茶に含まれるクロロフィルを含んでいると判定する。

## 【 0 0 5 2 】

第3の実施の形態によれば、飲料工場等において、配管に流れている液体が消毒用アルコールから緑茶に切り替わったことを検出することが可能である。

## 【 0 0 5 3 】

(その他の実施の形態)

上記のように本発明を実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす記述及び図面はこの発明を限定するものであると理解するべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかになるはずである。例えば、第2の蛍光波長帯域より第1の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第1の物質と、第1の蛍光波長帯域より第2の蛍光波長帯域に強い強度を有する光を発する第2の物質と、の組み合わせは任意であり、第1の物質及び第2の物質が生物粒子であったり、第1及び第2の物質の少なくとも一方が細胞であったりしてもよい。第1及び第2の物質の少なくとも一方が細胞である場合、細胞は染色されていなくともよい。

## 【 0 0 5 4 】

また、粒子による散乱光の強度は、粒子の粒径と相関する。さらに、微生物及び非微生物粒子の粒径は、微生物及び非微生物粒子の種類によって異なる。そのため、検出した散乱光の強度から、水に含まれる微生物及び非微生物粒子の種類を特定してもよい。その他、粒子の種類を判別方法としては、米国特許第6885440号明細書、及び米国特許第7106442号明細書が開示している方法が使用可能である。また、図1においては、

10

20

30

40

50

セル40内を流れの液体に励起光を照射する例を示したが、容器中に保存された、流れていない液体に励起光を照射してもよい。

【0055】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を包含するというこを理解すべきである。

【産業上の利用可能性】

【0056】

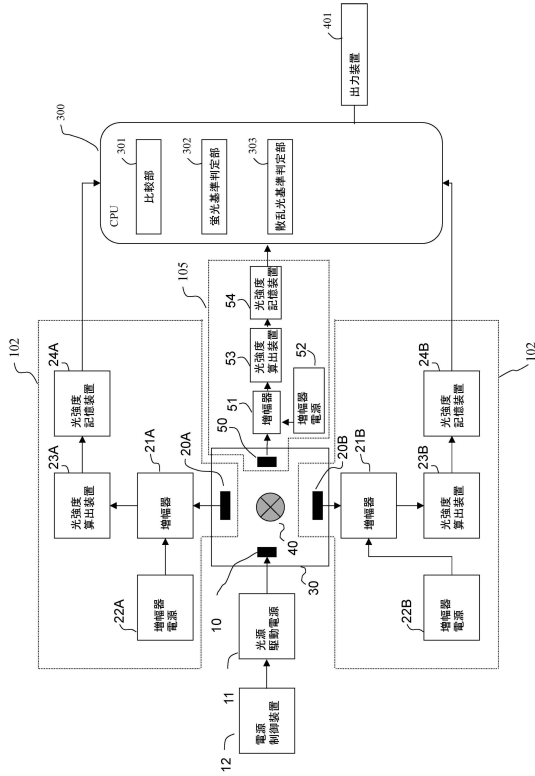
以下に限定されないが、本発明は、医薬用精製水、食品用精製水、飲料用精製水、及び半導体装置製造用精製水の製造現場等で利用可能である。

【符号の説明】

【0057】

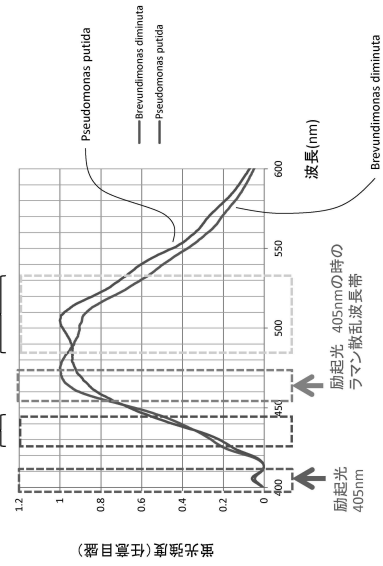
10	光源	
11	光源駆動電源	
12	電源制御装置	
20A	第1の受光素子	
20B	第2の受光素子	
21A、21B	増幅器	
22A、22B	増幅器電源	
23A、23B	光強度算出装置	
24A、24B	光強度記憶装置	20
30	筐体	
40	セル	
50	散乱光受光素子	
51	増幅器	
52	増幅器電源	
53	光強度算出装置	
54	光強度記憶装置	
102	蛍光検出部	
105	散乱光検出部	
300	中央演算処理装置(CPU)	30
301	比較部	
302	蛍光基準判定部	
303	散乱光基準判定部	
401	出力装置	

【図1】

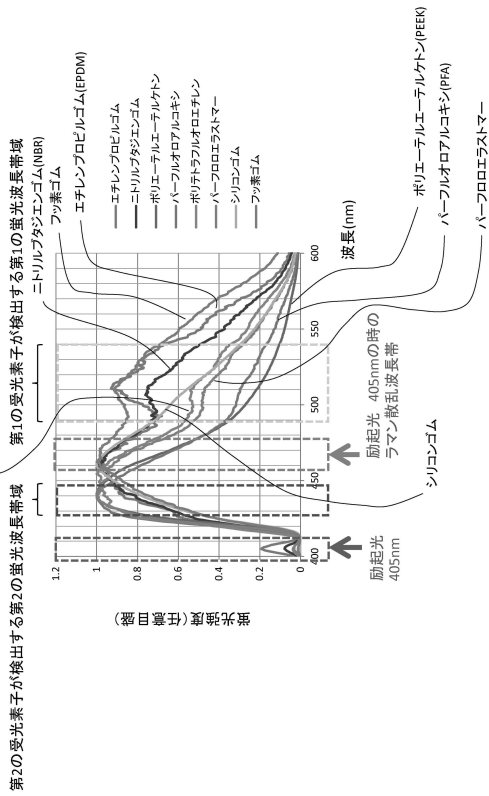


【図2】

第2の受光素子が検出する第2の蛍光波長帯域 第1の受光素子が検出する第1の蛍光波長帯域

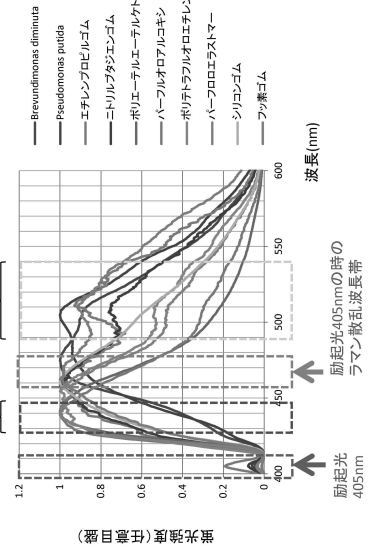


【図3】

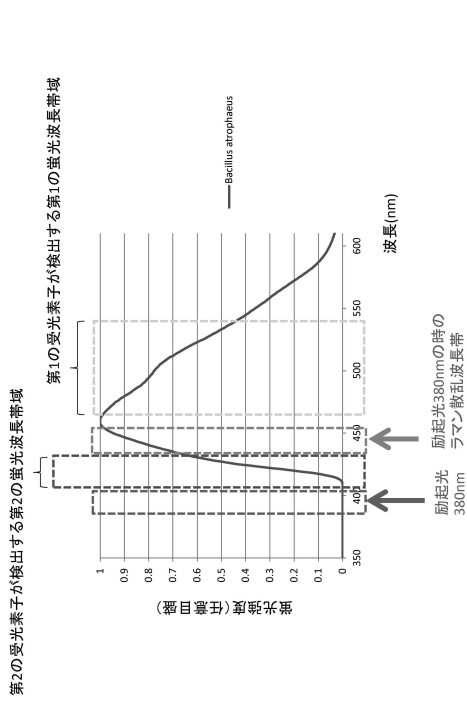


【図4】

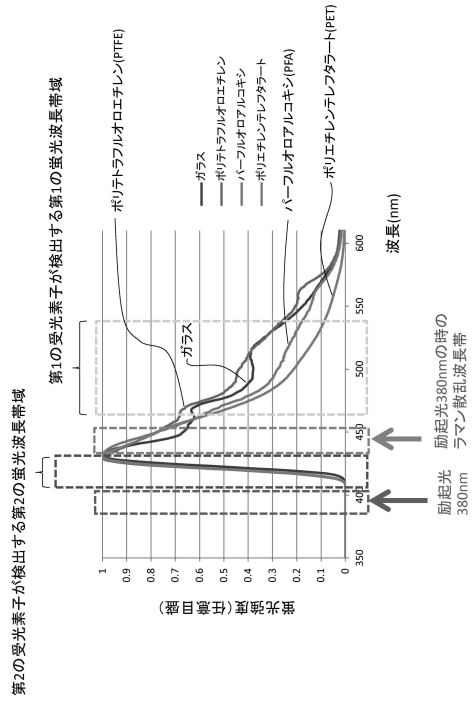
第2の受光素子が検出する第2の蛍光波長帯域 第1の受光素子が検出する第1の蛍光波長帯域



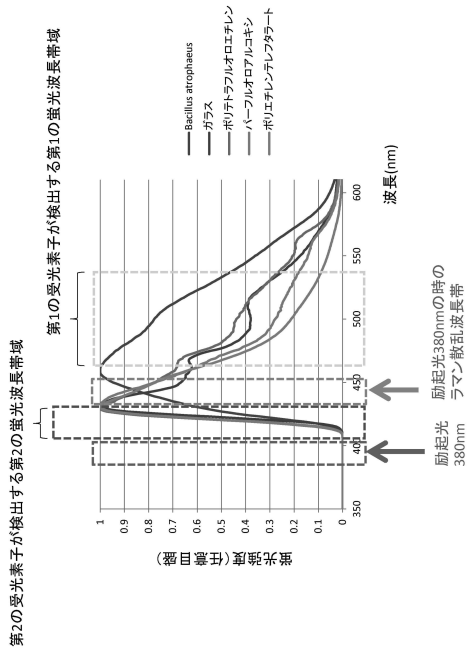
【図5】



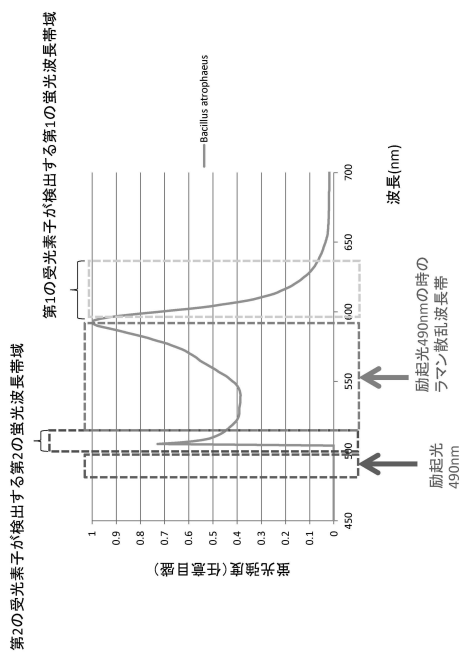
【図6】



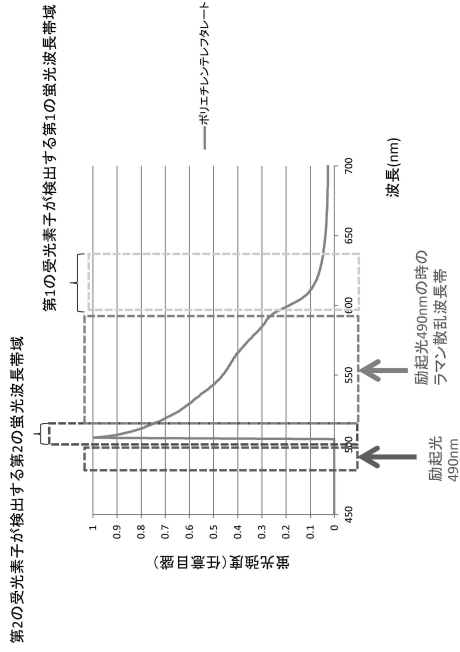
【図7】



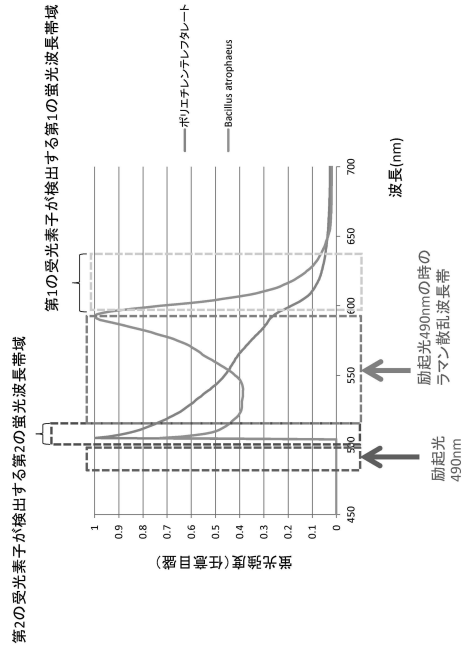
【図8】



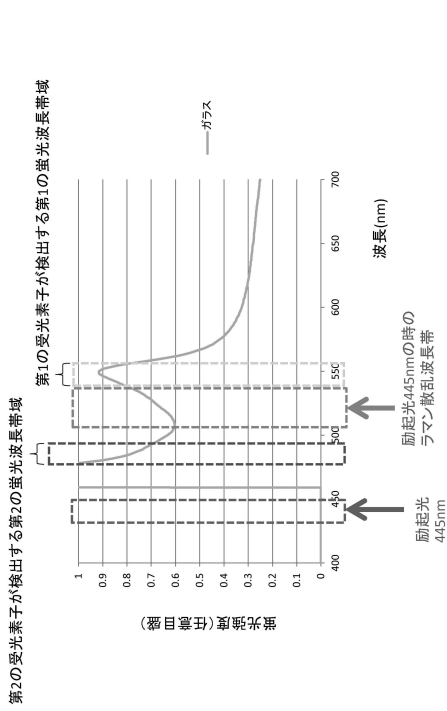
【 図 9 】



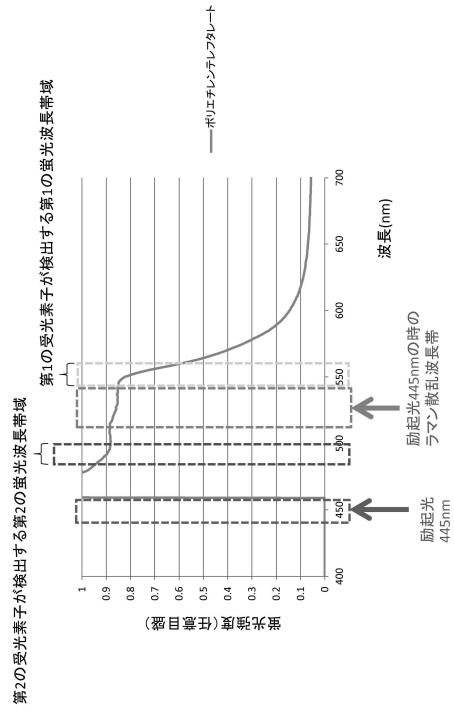
【 図 10 】



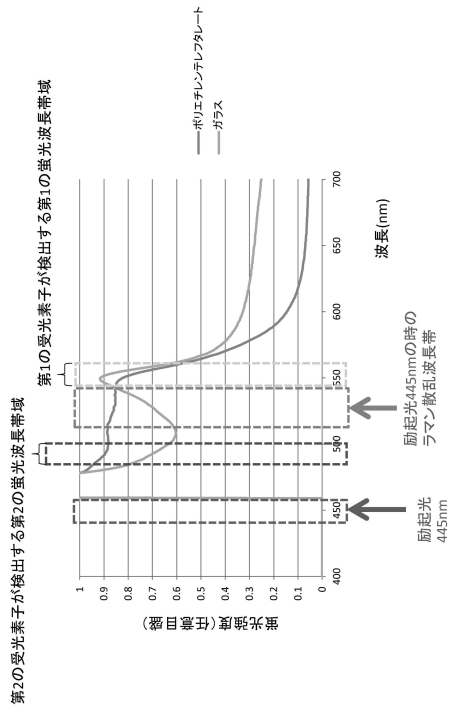
【 図 11 】



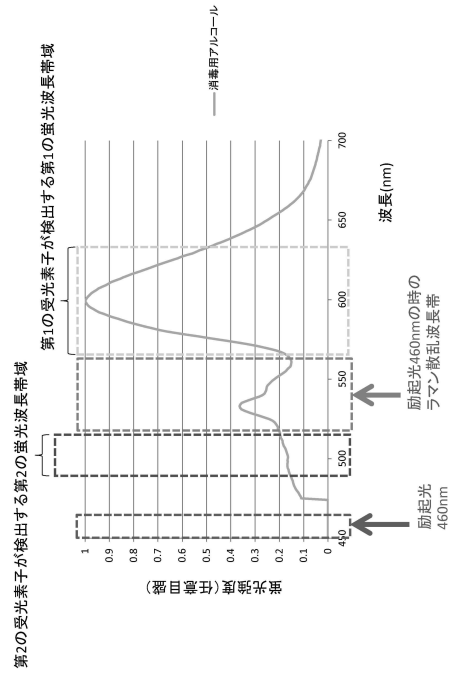
【 図 12 】



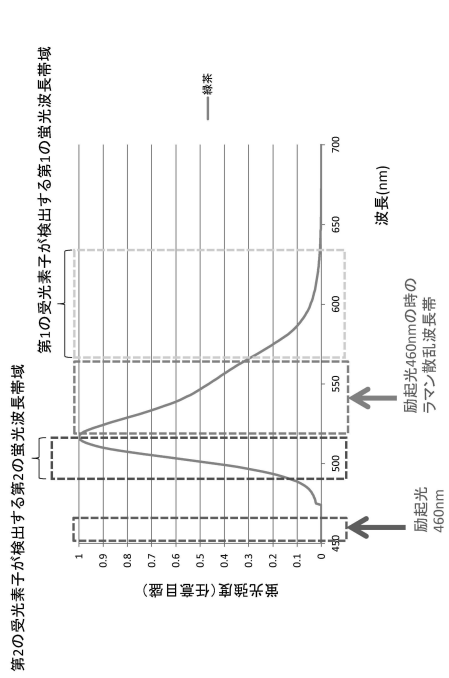
【 図 1 3 】



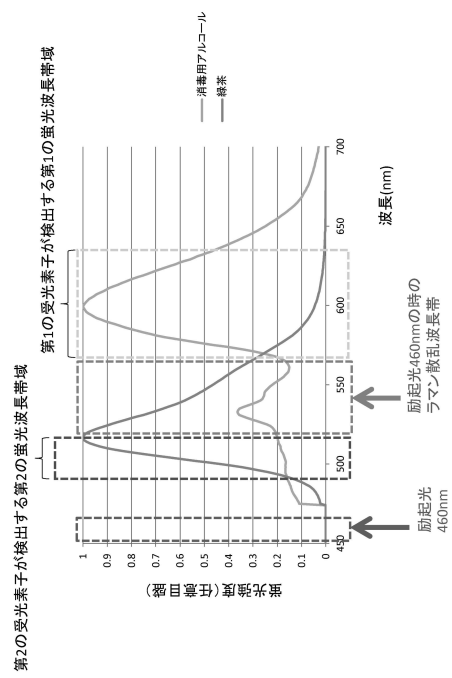
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 古谷 雅  
東京都千代田区丸の内2丁目7番3号 アズビル株式会社内

審査官 吉田 将志

(56)参考文献 特開2012-145390(JP,A)  
特表2008-529000(JP,A)  
特開2009-103479(JP,A)  
特公平06-021862(JP,B2)  
特開2013-148391(JP,A)  
特開平08-015157(JP,A)  
特開昭62-212552(JP,A)  
特開2003-227813(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/62-83

G01N 33/00-46

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)