

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) **公開特許公報(A)**

(11) 特許出願公開番号

特開2015-114102

(P2015-114102A)

(43) 公開日 平成27年6月22日(2015.6.22)

(51) Int.Cl.

F 1

テーマコード (参考)

GO 1 N 15/14 (2006.01)

GO 1 N 15/14

D

26043

GO 1 N 21/64 (2006.01)

GO 1 N 21/64

$$\mathbb{Z}$$

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2013-253660 (P2013-253660)

(22) 出願日 平成25年12月6日 (2013. 12. 6)

(71) 出願人 000006666

アズビル株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目7番3号

(74) 代理人 100079108

弁理士 稲葉 良幸

(74) 代理人 100109346

弁理士 大貫 敏史

(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 衣笠 静一郎

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

Fターム(参考) 2G043 AA01 CA01 DA05 EA01 FA06

GB21 LA01

(54) 【発明の名称】 粒子検出装置及び粒子の検出方法

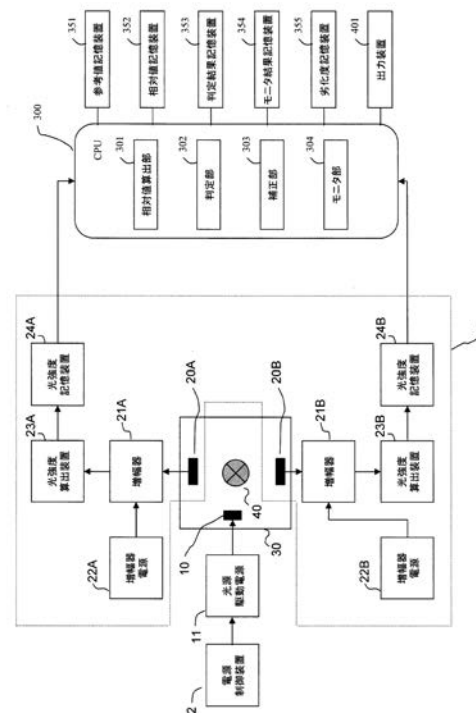
(57) 【要約】

【課題】検出対象とする蛍光粒子を正確に検出可能な粒子検出装置を提供する。

【解決手段】

流体に励起光を照射する光源 10 と、励起光を照射された領域で生じる蛍光帯域の光の強度を少なくとも 2 つの波長で測定する蛍光強度測定器 2 と、少なくとも 2 つの波長で測定された、励起光を照射された所定の物質が発する光の強度に基づく値を参考値として保存する参考値記憶装置 351 と、光源 10 及び蛍光強度測定器 2 の少なくとも一方の状態に応じて、光の強度の測定値又は参考値を補正する補正部 303 と、少なくとも一方が補正された光の強度の測定値と参考値とを比較し、流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定する判定部 302 と、を備える粒子検出装置 1。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

流体に励起光を照射する光源と、

前記励起光を照射された領域で生じる蛍光帯域の光の強度を少なくとも 2 つの波長で測定する蛍光強度測定器と、

前記少なくとも 2 つの波長で測定された、前記励起光を照射された所定の物質が発する光の強度に基づく値を参考値として保存する参考値記憶装置と、

前記光源及び前記蛍光強度測定器の少なくとも一方の状態に応じて、前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する補正部と、

少なくとも一方が補正された前記光の強度の測定値と前記参考値とを比較し、前記流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定する判定部と、

を備える、粒子検出装置。

10

【請求項 2】

前記蛍光強度測定器が前記少なくとも 2 つの波長に対応する少なくとも 2 つの受光素子を備え、

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが前記蛍光帯域の光を受光した回数に応じて、前記補正部が前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、

請求項 1 に記載の粒子検出装置。

【請求項 3】

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが所定の強度以上の前記蛍光帯域の光を受光した回数に応じて、前記補正部が前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、請求項 2 に記載の粒子検出装置。

20

【請求項 4】

前記蛍光強度測定器が前記少なくとも 2 つの波長に対応する少なくとも 2 つの受光素子を備え、

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが受光した前記蛍光帯域の光の積算強度に応じて、前記補正部が前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、

請求項 1 に記載の粒子検出装置。

【請求項 5】

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが受光した所定の強度以上の前記蛍光帯域の光の積算強度に応じて、前記補正部が前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、請求項 4 に記載の粒子検出装置。

30

【請求項 6】

前記少なくとも 2 つの波長で測定された光の強度の相対値を測定相対値として算出する相対値算出部をさらに備え、

前記参考値記憶装置が、前記少なくとも 2 つの波長で測定された、前記励起光を照射された所定の物質が発する光の強度の相対値に基づく値を前記参考値として保存し、

前記補正部が、前記蛍光強度測定器の状態に応じて、前記測定相対値又は前記参考値を補正し、

前記判定部が、少なくとも一方が補正された前記測定相対値と前記参考値とを比較し、前記流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定する、

40

請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の粒子検出装置。

【請求項 7】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子と同じであり、前記測定相対値が前記参考値と等価である場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含むと前記判定部が判定する、請求項 6 に記載の粒子検出装置。

【請求項 8】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子と同じであり、前記測定相対値が前記参考値と等価ではない場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含まないと前記判定部が判定する、請求項 6 又は 7 に記載の粒子検出装置。

50

【請求項 9】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子と同じであり、前記測定相対値が前記参考値と等価ではない場合、前記測定された光が検出対象の蛍光粒子以外の物質由来であると前記判定部が判定する、請求項 6 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の粒子検出装置。

【請求項 10】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子ではなく、前記測定相対値が前記参考値と等価である場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含まないと前記判定部が判定する、請求項 6 に記載の粒子検出装置。

【請求項 11】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子ではなく、前記測定相対値が前記参考値と等価ではない場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含むと前記判定部が判定する、請求項 6 又は 10 に記載の粒子検出装置。

10

【請求項 12】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子ではなく、前記測定相対値が前記参考値と等価である場合、前記測定された光が前記検出対象の蛍光粒子以外の物質由来であると前記判定部が判定する、請求項 6、10、11 のいずれか 1 項に記載の粒子検出装置。

【請求項 13】

流体に励起光を照射することと、

前記励起光を照射された領域で生じる蛍光帯域の光の強度を少なくとも 2 つの波長で測定することと、

20

前記少なくとも 2 つの波長で測定された、前記励起光を照射された所定の物質が発する光の強度に基づく値を参考値として用意することと、

前記蛍光帯域の光の強度を少なくとも 2 つの波長で測定する装置の状態に応じて、前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正することと、

少なくとも一方が補正された前記光の強度の測定値と前記参考値とを比較し、前記流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定することと、

を含む、粒子の検出方法。

【請求項 14】

前記少なくとも 2 つの波長に対応する少なくとも 2 つの受光素子で前記蛍光帯域の光の強度が測定され、

30

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが前記蛍光帯域の光を受光した回数に応じて、前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、

請求項 13 に記載の粒子の検出方法。

【請求項 15】

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが所定の強度以上の前記蛍光帯域の光を受光した回数に応じて、前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、請求項 14 に記載の粒子の検出方法。

【請求項 16】

前記少なくとも 2 つの波長に対応する少なくとも 2 つの受光素子で前記蛍光帯域の光の強度が測定され、

40

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが受光した前記蛍光帯域の光の積算強度に応じて、前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、

請求項 13 に記載の粒子の検出方法。

【請求項 17】

前記少なくとも 2 つの受光素子のそれぞれが受光した所定の強度以上の前記蛍光帯域の光の積算強度に応じて、前記光の強度の測定値又は前記参考値を補正する、請求項 16 に記載の粒子の検出方法。

【請求項 18】

前記少なくとも 2 つの波長で測定された光の強度の相対値を測定相対値として算出することをさらに含み、

50

前記少なくとも２つの波長で測定された、前記励起光を照射された所定の物質が発する光の強度の相対値に基づく値を前記参考値として用意し、

前記装置の状態に応じて、前記測定相対値又は前記参考値を補正し、

少なくとも一方が補正された前記測定相対値と前記参考値とを比較し、前記流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定する、

請求項１３ないし１７のいずれか１項に記載の粒子の検出方法。

【請求項１９】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子と同じであり、前記測定相対値が前記参考値と等価である場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含むと判定する、請求項１８に記載の粒子の検出方法。

10

【請求項２０】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子と同じであり、前記測定相対値が前記参考値と等価ではない場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含まないと判定する、請求項１８又は１９に記載の粒子の検出方法。

【請求項２１】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子と同じであり、前記測定相対値が前記参考値と等価ではない場合、前記測定された光が検出対象の蛍光粒子以外の物質由来であると判定する、請求項１８ないし２０のいずれか１項に記載の粒子の検出方法。

【請求項２２】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子ではなく、前記測定相対値が前記参考値と等価である場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含まないと判定する、請求項１８に記載の粒子の検出方法。

20

【請求項２３】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子ではなく、前記測定相対値が前記参考値と等価ではない場合、前記流体が前記検出対象の蛍光粒子を含むと判定する、請求項１８又は２２に記載の粒子の検出方法。

【請求項２４】

前記所定の物質が検出対象の蛍光粒子ではなく、前記測定相対値が前記参考値と等価である場合、前記測定された光が前記検出対象の蛍光粒子以外の物質由来であると判定する、請求項１８、２２、２３のいずれか１項に記載の粒子の検出方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は環境評価技術に関し、特に粒子検出装置及び粒子の検出方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

バイオクリーンルーム等のクリーンルームにおいては、粒子検出装置を用いて、飛散している微生物粒子や非微生物粒子が検出され、記録される（例えば、特許文献１、２及び非特許文献１参照。）。粒子の検出結果から、クリーンルームの空調機器の劣化具合を把握可能である。また、クリーンルームで製造された製品に、参考資料として、クリーンルーム内の粒子の検出記録が添付されることもある。光学式の粒子検出装置は、例えば、クリーンルーム中の気体を吸引し、吸引した気体に光を照射する。気体に微生物粒子や非微生物蛍光粒子が含まれていると、光を照射された粒子が蛍光を発するため、粒子が発した蛍光を受光素子で検出することにより、気体に含まれる微生物粒子や非微生物蛍光粒子の数や大きさ等を検出することが可能となる。また、クリーンルーム以外でも、流体中の粒子を正確に検出する技術が望まれている（例えば、特許文献３参照。）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】特開２０１１－８３２１４号公報

50

【特許文献2】特表2008-530583号公報

【特許文献3】特開平8-29331号公報

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】長谷川倫男他，「気中微生物リアルタイム検出技術とその応用」，株式会社山武，azbil Technical Review 2009年12月号，p.2-7，2009年

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

例えば、粒子検出装置が受光素子として光電子増倍管を含む場合、光電子増倍管に含まれるアノードの構造や塗装状態により、光電子増倍管への累積照射光量が増大していくと、光電子増倍管の感度が変化することがある。累積照射光量が増大すると、光電子増倍管の感度は、例えば一時的に上昇することもあるが、経時的には低下する傾向にある。また、光電子増倍管の感度は、保管時の温度や使用時の温度にも依存して低下する。これに対し、光電子増倍管の感度が劣化した場合に、蛍光粒子に照射する励起光の強度を上げて蛍光の強度を上げようとする、光電子増倍管に入射する光子数が増大し、カソード電極への負荷が増大して、光電子増倍管の劣化がさらに進展してしまう場合もある。また、粒子検出装置の受光素子の劣化は、光電子増倍管に限らず起こりうる。粒子検出装置の光強度測定器が劣化すると、粒子検出装置が、蛍光粒子を正確に測定できない場合がある。そこで、本発明は、検出対象とする蛍光粒子を正確に検出可能な粒子検出装置、及び粒子の検出方法を提供することを目的の一つとする。

10

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の態様によれば、(a)流体に励起光を照射する光源と、(b)励起光を照射された領域で生じる蛍光帯域の光の強度を少なくとも2つの波長で測定する蛍光強度測定器と、(c)少なくとも2つの波長で測定された、励起光を照射された所定の物質が発する光の強度に基づく値を参考値として保存する参考値記憶装置と、(d)光源及び蛍光強度測定器の少なくとも一方の状態に応じて、光の強度の測定値又は参考値を補正する補正部と、(e)少なくとも一方が補正された光の強度の測定値と参考値とを比較し、流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定する判定部と、を備える、(f)粒子検出装置であることを要旨とする。なお、蛍光は、自家蛍光も含む。また、流体は、気体及び液体を含む。

30

【0007】

また、本発明の態様によれば、(a)流体に励起光を照射することと、(b)励起光を照射された領域で生じる蛍光帯域の光の強度を少なくとも2つの波長で測定することと、(c)少なくとも2つの波長で測定された、励起光を照射された所定の物質が発する光の強度に基づく値を参考値として用意することと、(d)蛍光帯域の光の強度を少なくとも2つの波長で測定する装置の状態に応じて、光の強度の測定値又は参考値を補正することと、(e)少なくとも一方が補正された光の強度の測定値と参考値とを比較し、流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定することと、を含む、(f)粒子の検出方法であることを要旨とする。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、検出対象とする蛍光粒子を正確に検出可能な粒子検出装置、及び粒子の検出方法を提供可能である。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るクリーンルームの模式図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る微生物及び大気含有物質が発する光の530nm以上の帯域における強度に対する、440nm帯域における強度の関係を示すグラフで

50

ある。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係る粒子検出装置の模式図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施の形態に係る光強度の測定方法を示すフローチャートである。

【図 5】本発明の第 1 の実施の形態に係る蛍光帯域の光の強度の時間変化を示すグラフである。

【図 6】本発明の第 1 の実施の形態に係る参考値の取得方法を示すフローチャートである。

【図 7】本発明の第 1 の実施の形態に係る第 1 の受光素子の感度の時間変化を示すグラフである。

10

【図 8】本発明の第 1 の実施の形態に係る第 2 の受光素子の感度の低下が光強度の相関に与える影響を示すグラフである。

【図 9】本発明の第 1 の実施の形態に係る第 1 及び第 2 の受光素子の感度の低下が光強度の相関に与える影響を示すグラフである。

【図 10】本発明の第 1 の実施の形態に係る第 1 の受光素子の劣化係数の時間変化を示すグラフである。

【図 11】本発明の第 1 の実施の形態に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

【図 12】本発明の第 1 の実施の形態の第 1 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

20

【図 13】本発明の第 1 の実施の形態の第 2 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

【図 14】本発明の第 1 の実施の形態の第 3 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

【図 15】本発明の第 1 の実施の形態の第 4 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

【図 16】本発明の第 1 の実施の形態の第 5 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

【図 17】本発明の第 1 の実施の形態の第 6 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

30

【図 18】本発明の第 1 の実施の形態の第 7 の変形例に係る参考値の補正方法を示すフローチャートである。

【図 19】本発明の第 1 の実施の形態の第 8 の変形例に係る光強度の測定方法を示すフローチャートである。

【図 20】本発明の第 1 の実施の形態の第 8 の変形例に係る蛍光帯域の光の強度の時間変化を示すグラフである。

【図 21】本発明の第 1 の実施の形態の第 9 の変形例に係る光強度の測定方法を示すフローチャートである。

【図 22】本発明の第 1 の実施の形態の第 9 の変形例に係る蛍光帯域の光の強度の時間変化を示すグラフである。

40

【図 23】本発明の第 1 の実施の形態の第 10 の変形例に係る光強度の測定方法を示すフローチャートである。

【図 24】本発明の第 1 の実施の形態の第 10 の変形例に係る蛍光帯域の光の強度の時間変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

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。

50

【 0 0 1 1 】

(第 1 の 実 施 の 形 態)

図 1 に示すように、第 1 の実施の形態に係る粒子検出装置 1 は、例えば、クリーンルーム 70 内に配置されている。クリーンルーム 70 には、ダクト 71、並びに H E P A (H i g h E f f i c i e n c y P a r t i c u l a t e A i r F i l t e r) 及び U L P A (U l t r a L o w P e n e t r a t i o n A i r F i l t e r) 等の超高性能エアフィルタを有する噴き出し口 72 を介して、清浄な空気等の気体が送り込まれる。

【 0 0 1 2 】

クリーンルーム 70 内には、生産ライン 81、82 が配置されている。生産ライン 81、82 は、例えば精密機器、電子部品、又は半導体装置の生産ラインである。あるいは生産ライン 81、82 は、食品、飲料、又は医薬品の生産ラインである。例えば、生産ライン 81、82 において、輸液が点滴や注射器に充填される。あるいは、生産ライン 81、82 において、経口剤や漢方薬が製造される。またあるいは、生産ライン 81、82 において、栄養ドリンクやビールが容器に充填される。

【 0 0 1 3 】

生産ライン 81、82 は、通常、微生物粒子及び非微生物粒子等をクリーンルーム 70 内の気体に飛散させないように管理されている。しかし、生産ライン 81、82 は、何らかの事情で、クリーンルーム 70 内の気体に飛散する微生物粒子及び非微生物粒子の発生源になる。また、生産ライン 81、82 以外の要因で、クリーンルーム 70 内の気体に微生物粒子及び非微生物粒子が飛散することもある。

【 0 0 1 4 】

クリーンルーム 70 内の気体に飛散しうる微生物粒子の例としては細菌が含まれる。細菌の例としては、グラム陰性菌、グラム陽性菌、及びカビ胞子を含む真菌が挙げられる。グラム陰性菌の例としては、大腸菌が挙げられる。グラム陽性菌の例としては、表皮ブドウ球菌、枯草菌芽胞、マイクロコッカス、及びコリネバクテリウムが挙げられる。カビ胞子を含む真菌の例としては、アスペルギルスが挙げられる。ただし、クリーンルーム 70 内の気体に飛散しうる微生物粒子はこれらに限定されない。また、クリーンルーム 70 内の気体に飛散しうる非微生物粒子の例としては、化学物質、薬品及び食品の飛沫、ごみ、ちり、並びに埃等のダスト等が挙げられる。

【 0 0 1 5 】

微生物粒子は、光を照射されると、微生物粒子に含まれるニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (N A D H) 及びフラビン等が、蛍光を発する。また、例えばポリエステルからなるクリーニングしたガウンから飛散した蛍光粒子は、光を照射されると蛍光を発する。さらに、ポリスチレン粒子も蛍光を発し、その後退色する。したがって、従来、粒子検出装置は、気体に励起光を照射して蛍光を検出すると、気体中に検出対象の蛍光粒子が存在するものとして認識している。なお、蛍光は、自家蛍光も含む。

【 0 0 1 6 】

ここで、本発明者は、気体中に上述したような蛍光を発する蛍光粒子が含まれていなくても、気体中に二酸化窒素 (NO_2) を含む窒素酸化物 (NO_x)、硫黄酸化物 (SO_x)、オゾンガス (O_3)、酸化アルミ系のガス、アルミ合金、ガラス粉末、並びに大腸菌及びカビ等の異物を除染するための除染ガス等が含まれていると、これらのミー散乱を起こす粒子よりも小さいこともある気体含有物質が励起光を受けて蛍光帯域の光を発し、従来の粒子検出装置が、検出対象の蛍光粒子が存在するものとして誤検出することを見出した。なお、「蛍光帯域の光」とは、必ずしも蛍光に限らず、波長帯域が蛍光と重なる散乱光も含まれる。

【 0 0 1 7 】

例えば、二酸化窒素は、光を吸収すると、赤方偏移した光を放出して基底状態に戻る。二酸化窒素の吸収スペクトルは、波長 440 nm 付近にピークを有するが、100ないし200 nm 程度の広い帯域を有する。そのため、二酸化窒素の存在下、405 nm の波長

10

20

30

40

50

を有する光でN A D H由来の蛍光及びフラビン由来の蛍光を励起すると、N A D H及びフラビンと励起光の吸収スペクトルが重なる二酸化窒素においても蛍光が励起されうる。また、二酸化窒素は、物質が燃焼するときに、気体中の窒素と酸素が反応して発生する。そのため、元々検査対象の気体中に二酸化窒素が含まれていなくても、粒子検出装置が検査対象の気体に励起光として高いビーム密度を有するレーザ光あるいは強力な電磁放射線を照射すると、気体中の物質が燃焼して二酸化窒素が生じ、二酸化窒素が蛍光を発することもある。さらに、一酸化窒素とオゾンが反応して二酸化窒素を形成し、蛍光を発することもある。

【0018】

二酸化窒素については、特開2003-139707号公報、Joel A. Thorntonら著、「Atmospheric NO₂: In Situ Laser-Induced Fluorescence Detection at Parts per Trillion Mixing Ratios」、Analytical Chemistry、Vol. 72、No. 3、February 1、2000、pp.528 - 539、及びS.A.Nizkorodovら著、「Time-resolved fluorescence of NO₂ in a magnetic field」、Volume 215、number 6、CHEMICAL PHYSICS LETTERS、17 December 1993、pp. 662-667参照。硫黄酸化物については、特開2012-86105号公報参照。

10

【0019】

一般的に、二酸化窒素等の気体含有物質由来の蛍光の強度は、微生物粒子由来の蛍光の強度より弱い。しかし、二酸化窒素由来の蛍光の寿命は、大気圧に依存するものの、マイクロ秒オーダーであり、ナノ秒オーダーの大腸菌及びバチルス菌等の微生物粒子由来の蛍光の寿命よりも長い。粒子検出装置に含まれる光電子増倍管やガイガーモードで動作するフォトダイオード等の受光素子、及び積分器等を備える検出回路の応答周波数は1MHz程度であり、時定数はマイクロ秒オーダーである。そのため、検出回路がフォトン数を積算して出力する電流は、強度は強いが寿命の短い微生物粒子由来の蛍光を検出したときよりも、強度は弱いが寿命の長い二酸化窒素由来の蛍光を検出したときのほうが大きくなってしまふということが起こりうる。

20

【0020】

また、二酸化窒素由来の蛍光スペクトルは、帯域が広く、フラビン由来の蛍光スペクトルと重なる場合がある。そのため、例えば、フラビン由来の蛍光帯域の光の有無のみを検出して、微生物粒子の存在の有無を判定していると、二酸化窒素由来の蛍光を検出したにもかかわらず、微生物粒子が存在するものと誤判定してしまう場合が生じうる。この問題は、検出回路の時定数を短くしても解決できない可能性がある。

30

【0021】

そこで、本発明者は鋭意研究の末、複数の波長において物質が発する蛍光帯域の光の強度を測定すると、ある波長の光の強度に対する他の波長の光の強度の相関が、物質毎に異なることを見出した。例えば、図2は、励起光を照射された表皮ブドウ球菌、枯草菌芽胞、大腸菌、ガラス、及びアルミニウムのそれぞれが発した蛍光帯域の光について、横軸に530nm以上の帯域における波長の光強度を、縦軸に440nm付近の帯域における波長の光強度をプロットしたグラフである。図2に示すように、530nm以上の帯域における波長の光強度に対する440nm付近の帯域における波長の光強度の比は、非生物において大きく、微生物粒子において小さくなる傾向にある。このように、本発明者は、複数の波長毎に物質が発した蛍光帯域の光の強度を測定し、それらの相関をとることで、その物質が検出対象の蛍光粒子であるか否かを判別可能であることを見出した。

40

【0022】

本発明の第1の実施の形態に係る粒子検出装置1は、図3に示すように、流体に励起光を照射する光源10と、励起光を照射された領域で生じる蛍光帯域の光の強度を少なくとも2つの波長で測定する蛍光強度測定器2と、を備える。光源10及び蛍光強度測定器2は、中央演算処理装置(CPU)300に電気的に接続されている。CPU300は、少なくとも2つの波長で測定された光の強度の相対値を測定相対値として算出する相対値算出部301を含む。CPU300には、少なくとも2つの波長で測定された、励起光を照射された所定の物質が発する光の強度の相対値に基づく値を参考値として保存する参考値

50

記憶装置 351 が電氣的に接続されている。CPU 300 は、さらに、光源 10 及び蛍光強度測定器 2 の少なくとも一方の状態に応じて、測定相対値又は参考値を補正する補正部 303 と、少なくとも一方が補正された測定相対値と参考値とを比較し、流体が検出対象の蛍光粒子を含むか否か判定する判定部 302 を含む。

【0023】

ここで、「少なくとも 2 つの波長で測定された光の強度の相対値」とは、例えば、第 1 の波長における光の強度と、第 1 の波長とは異なる第 2 の波長における光の強度と、の比、第 1 の波長における光の強度と第 2 の波長における光の強度の差と、第 1 の波長における光の強度と第 2 の波長における光の強度の和と、の比、あるいは第 1 の波長における光の強度と、第 2 の波長における光の強度と、の差である。

10

【0024】

光源 10 と、蛍光強度測定器 2 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。粒子検出装置 1 は、図 1 に示したクリーンルーム 70 の内部から図 3 に示す筐体 30 の内部に、気体を吸引する第 1 の吸引装置をさらに備える。第 1 の吸引装置で吸引された気体は、筐体 30 内部の流路のノズル 40 の先端から放出される。ノズル 40 の先端から放出された気体は、ノズル 40 の先端と対向して筐体 30 の内部に配置された第 2 の吸引装置で吸引される。

【0025】

光源 10 は、ノズル 40 の先端から放出され、第 2 の吸引装置で吸引される気体の気流に向けて、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) 及びレーザが使用可能である。励起光の波長は、例えば 250 ないし 550 nm 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 550 nm の範囲内であり、例えば 405 nm 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 380 nm の範囲内であり、例えば 340 nm である。ただし、励起光の波長は、これらに限定されない。

20

【0026】

ノズル 40 から噴出された気流中に細菌等の微生物粒子が含まれる場合、励起光を照射された微生物粒子が、蛍光を発する。また、ノズル 40 から噴出された気流中にポリエステル粒子等の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、蛍光を発する。さらには、ノズル 40 から噴出された気流中に二酸化窒素 (NO_2) を含む窒素酸化物 (NO_x)、硫酸化物 (SO_x)、オゾンガス (O_3)、酸化アルミ系のガス、アルミ合金、ガラス粉末、並びに大腸菌及びカビ等の異物を除染するための除染ガス等が含まれていると、励起光を照射されたこれらの気体含有物質が蛍光帯域の光を発する。

30

【0027】

蛍光強度測定器 2 は、検出対象である微生物粒子又は非微生物粒子が発する蛍光帯域の光を検出する。蛍光強度測定器 2 は、第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光する第 1 の受光素子 20A と、第 1 の波長とは異なる第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光する第 2 の受光素子 20B と、を備える。なお、第 1 の波長とは、帯域を有していてもよい。第 2 の波長についても同様である。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

【0028】

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 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。

50

【0029】

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。

【0030】

蛍光強度測定器2が第1の受光素子20Aを用いて第1の波長における蛍光帯域の光の強度を算出するフローチャートを、図4に示す。ステップS101で、図1に示す粒子検出装置1は、筐体30の外部から気体の吸引を開始し、図3に示す光源10が、吸引した気体の気流に対して励起光を照射する。ステップS102で、蛍光強度測定器2に含まれる光強度算出装置23Aは、第1の受光素子20Aが検出している第1の波長における蛍光帯域の光の強度の時間変化率を算出する。ステップS103で、図5に示すように、第1の受光素子20Aが検出している蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が所定の閾値Dを上回っている場合、ステップS104に進み、光強度算出装置23Aは、励起光を照射された粒子又は物質由来の蛍光帯域の光を実際に検出中であると判定する。蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が所定の閾値Dを下回っている場合は、ステップS101に戻る。

【0031】

ステップS105で、光強度算出装置23Aは、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0以下であるか否かを判定する。図5に示すように、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0以下となった場合、光強度算出装置23Aは、ステップS106で、ピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_p を検出する。蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0以下でない場合は、ステップS104に戻る。

【0032】

ステップS107で、光強度算出装置23Aは、ピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_p を蛍光強度測定器2に含まれる光強度記憶装置24Aに保存する。ステップS108で、蛍光強度測定器2は、図5に示すように、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0に近似できるか否かを判定する。蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0に近似できない場合は、0に近似できるまで待機する。0に近似できる場合は、ステップS109で、光強度算出装置23Aは、励起光の照射位置から、粒子又は物質が通過し終えたと判定する。

【0033】

ステップS110で、光強度算出装置23Aは、粒子又は物質が通過し終えたと判定した後、第1の受光素子20Aが検出している第1の波長における蛍光帯域の光の強度をオフセットCとして測定する。ステップS111で、光強度算出装置23Aは、光強度記憶装置24Aに保存したピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_p からオフセットCを引き、ピークにおける蛍光帯域の光の補正された強度 I_{pC} を算出し、これを第1の波長における蛍光帯域の光の強度として光強度記憶装置24Aに保存する。

【0034】

図3に示す蛍光強度測定器2が、第2の受光素子20Bを用いて第2の波長における蛍光帯域の光の強度を算出し、光強度記憶装置24Bに保存する方法は、上記の方法と同様であるので、説明は省略する。

【0035】

CPU300は、蛍光強度測定器2をモニタするモニタ部304をさらに含む。モニタ部304は、第1の受光素子20Aが第1の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第2の受光素子20Bが第2の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、をモニタする。

【0036】

第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数とは、例えば、粒子検出装置 1 が工場で製造され、クリーンルーム 7 0 に設置された時点时起算点として、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した累積回数である。あるいは、蛍光強度測定器 2 がメンテナンスされた時点时起算点として、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した累積回数である。またあるいは、後述する参考値を取得した時点时起算点として、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した累積回数である。第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数についても同様である。

【 0 0 3 7 】

C P U 3 0 0 には、モニタ結果記憶装置 3 5 4 が接続されている。モニタ部 3 0 4 は、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、をモニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存する。

【 0 0 3 8 】

図 6 は、参考値記憶装置 3 5 1 に保存されている、少なくとも 2 つの波長で測定された、励起光を照射された所定の物質が発する光の強度の相対値を参考値として取得する方法を示すフローチャートである。なお、第 1 の実施の形態においては、励起光を照射される所定の物質が、粒子検出装置 1 が検出対象とする蛍光粒子である所定の微生物粒子である例を説明する。

【 0 0 3 9 】

ステップ S 2 0 1 で、蛍光粒子として、所定の微生物粒子を用意する。また、不純物を除去した清浄な気体を用意し、これに微生物粒子を含ませる。ステップ S 2 0 2 で、図 3 に示した蛍光強度測定器 2 の電源を入れ、ステップ S 2 0 3 で光源 1 0 から励起光を照射する。次に、ステップ S 2 0 4 で、微生物粒子を含む気体の気流を励起光の焦点に向けて流す。ステップ S 2 0 5 で、蛍光強度測定器 2 は、第 1 の受光素子 2 0 A を用いて、第 1 の波長における蛍光強度を測定する。また、ステップ S 2 0 5 と同時にステップ S 2 0 6 で、蛍光強度測定器 2 は、第 2 の受光素子 2 0 B を用いて、第 2 の波長における蛍光強度を測定する。ステップ S 2 0 5 及びステップ S 2 0 6 における蛍光強度の測定方法の詳細は、例えば図 4 で説明した通りである。

【 0 0 4 0 】

ステップ S 2 0 7 で、蛍光強度測定器 2 は、微生物粒子由来の、第 1 の波長における蛍光強度と、第 2 の波長における蛍光強度と、を光強度記憶装置 2 4 A、2 4 B に保存する。ステップ S 2 0 8 で、相対値算出部 3 0 1 は、第 1 の波長における蛍光強度の値と、第 2 の波長における蛍光強度の値と、を光強度記憶装置 2 4 A、2 4 B から読み出し、例えば、下記 (1) 式に示すように、第 1 の波長における蛍光強度の値 I_1 を、第 2 の波長における蛍光強度の値 I_2 で割って、参考値 R を算出する。

$$R = I_1 / I_2 \quad (1)$$

【 0 0 4 1 】

ステップ S 2 0 9 で、相対値算出部 3 0 1 は、算出した参考値を参考値記憶装置 3 5 1 に保存する。ステップ S 2 1 0 で、相対値算出部 3 0 1 は、参考値の算出を終了すべきか否かを判定する。例えば、参考値を複数回取得して平均値を求めることが要求されている場合、相対値算出部 3 0 1 は、平均値を求めるために必要な数の参考値を取得したか否かを判定する。平均値を求めるために必要な数の参考値を取得していない場合、ステップ S 2 0 4 に戻る。平均値を求めるために必要な数の参考値を取得した場合、ステップ S 2 1 1 に進む。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 2 1 1 で、相対値算出部 3 0 1 は、参考値記憶装置 3 5 1 から複数の参考値を読み出し、参考値の平均値を算出する。ステップ S 2 1 2 で、相対値算出部 3 0 1 は、参考値の標準偏差を算出する。さらにステップ S 2 1 2 で、相対値算出部 3 0 1 は、参考値の標準偏差に、所定の定数 W をかけた値 W を算出する。相対値算出部 3 0 1 は、

参考値 - $W / 2$ から参考値 + $W / 2$ の範囲を参考値の等価範囲とし、ステップ S 2 1 4 で参考値記憶装置 3 5 1 に保存する。例えば以上の方法により、参考値記憶装置 3 5 1 に所定の微生物粒子の参考値ないしは参考値の等価範囲が保存される。なお、他の粒子検出装置を用いて取得した参考値を、図 1 及び図 3 に示す参考値記憶装置 3 5 1 に保存してもよい。

【 0 0 4 3 】

図 1 に示す粒子検出装置 1 がクリーンルーム 7 0 から含有物質が未知の検査対象とする気体の吸引を開始すると、吸引した気体に対して図 3 に示す光源 1 0 が励起光を照射し、蛍光強度測定器 2 が、第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度と、第 2 の波長における蛍光帯域の光の強度と、を測定し、光強度記憶装置 2 4 A、2 4 B に保存する。相対値算出部 3 0 1 は、第 1 の波長における光の強度の値を、第 2 の波長における光の強度の値と、を光強度記憶装置 2 4 A、2 4 B から読み出す。さらに、相対値算出部 3 0 1 は、例えば、第 1 の波長における光の強度の値を、第 2 の波長における光の強度の値で割って、測定相対値を算出する。なお、相対値の算出方法は、参考値の算出方法と同じにする。相対値算出部 3 0 1 は、算出した測定相対値を相対値記憶装置 3 5 2 に保存する。

10

【 0 0 4 4 】

ここで、蛍光強度測定器 2 の第 1 の受光素子 2 0 A は、図 7 に示すように、第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光する毎に劣化しうる。また、蛍光強度測定器 2 の第 2 の受光素子 2 0 B の受光感度は、第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光する毎に劣化しうる。蛍光強度測定器 2 の稼働中、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光する回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光する回数とは、必ずしも一致しない。そのため、蛍光強度測定器 2 において、第 1 の受光素子 2 0 A の感度の劣化の程度と、第 2 の受光素子 2 0 B の感度の劣化の程度とが、一致しない状態が生じうる。

20

【 0 0 4 5 】

また、仮に第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光する回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光する回数と、が同じであっても、第 1 の受光素子 2 0 A と第 2 の受光素子 2 0 B の構成の違いにより、第 1 の受光素子 2 0 A の感度の劣化の程度と、第 2 の受光素子 2 0 B の感度の劣化の程度とが、一致しない状態が生じうる。

30

【 0 0 4 6 】

例えば図 8 において、左のグラフは、第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B のいずれも感度が劣化していない状態で測定された、種々の粒子が発した蛍光帯域の光の強度の相関を示している。ここで、例えば、その後、第 1 の受光素子 2 0 A は劣化したが、第 2 の受光素子 2 0 B が劣化しなかった場合、右のグラフに示すように、第 1 の波長における光強度の測定値が低下する。あるいは、例えば、第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B の両方が劣化した場合、図 9 の右のグラフに示すように、第 1 の波長における光強度の測定値と、第 2 の波長における光強度の測定値と、の両方が低下し、その低下の程度が一致しないこともある。

40

【 0 0 4 7 】

したがって、参考値記憶装置 3 5 1 に保存されている参考値を取得した際と比較して、検査対象とする気体の測定相対値を取得した際に、第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B の少なくとも一方が劣化していると、劣化に応じた補正をすることなく測定相対値と参考値とを比較しても、気体が検出対象の蛍光粒子を含むか否かが正確に判定できない場合がある。

【 0 0 4 8 】

これに対し、補正部 3 0 3 は、蛍光強度測定器 2 の状態に応じて、相対値記憶装置 3 5 2 に保存されている測定相対値又は参考値記憶装置 3 5 1 に保存されている参考値を補正する。第 1 の実施の形態では、補正部 3 0 3 が、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯

50

域の光を受光した回数と、に応じて、参考値記憶装置 3 5 1 に保存されている参考値を補正する例を説明する。

【 0 0 4 9 】

第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B のそれぞれの光の受光回数と、感度の劣化と、の関係は、予め検査して取得することが可能である。また、図 1 0 に示すように、参考値を取得した際の第 1 の受光素子 2 0 A の感度を 1 に規格化し、その後の劣化した感度を劣化係数と定義することができる。図 1 0 に示す曲線は、第 1 の受光素子 2 0 A が光を受光した回数を独立変数とし、劣化係数を従属変数とする第 1 の関数に近似できる。第 2 の受光素子 2 0 B についても、光を受光した回数を独立変数とし、劣化係数を従属変数とする第 2 の関数を予め取得可能である。C P U 3 0 0 には、劣化度記憶装置 3 5 5 が接続されている。劣化度記憶装置 3 5 5 は、予め取得された第 1 の関数と、第 2 の関数と、を保存する。

10

【 0 0 5 0 】

補正部 3 0 3 は、判定部 3 0 2 が測定相対値と参考値とを比較する前に、モニタ結果記憶装置 3 5 4 から、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、を読み出す。さらに補正部 3 0 3 は、劣化度記憶装置 3 5 5 から、第 1 の関数と、第 2 の関数と、を読み出す。次に、補正部 3 0 3 は、第 1 の関数の独立変数に第 1 の受光素子 2 0 A が光を受光した回数を代入し、第 1 の受光素子 2 0 A の劣化係数 F_1 を算出する。また、補正部 3 0 3 は、第 2 の関数の独立変数に第 2 の受光素子 2 0 B が光を受光した回数を代入し、第 2 の受光素子 2 0 B の劣化係数 F_2 を算出する。

20

【 0 0 5 1 】

補正部 3 0 3 は、参考値記憶装置 3 5 1 から参考値 R を読み出し、例えば、下記 (2) 式に示すように、参考値 $R (= I_1 / I_2)$ に F_1 を F_2 で割った値をかけて、補正された参考値 R_c を算出する。補正部 3 0 3 は、算出した補正された参考値を参考値記憶装置 3 5 1 に保存する。

$$R_c = (I_1 / I_2) \times (F_1 / F_2) \quad (2)$$

【 0 0 5 2 】

図 1 1 は、補正部 3 0 3 が参考値を補正する方法を示すフローチャートである。図 1 に示す粒子検出装置 1 がクリーンルーム 7 0 から含有物質が未知の検査対象とする気体の吸引を開始すると、ステップ S 1 1 0 1 で、図 3 に示すモニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 から、それまでに第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、を読み出す。ステップ S 1 1 0 2 で、光源 1 0 が励起光を照射し、ステップ S 1 1 0 3 で蛍光強度測定器 2 が、気体中の物質が発する第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度と、第 2 の波長における蛍光帯域の光の強度と、を測定する。

30

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 1 0 3 で第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 1 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、それまで第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算する。また、ステップ S 1 1 0 3 で第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 1 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、それまで第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算する。

40

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 1 0 5 でモニタ部 3 0 4 は、蛍光帯域の光の測定が終了したか否かを判定する。蛍光帯域の光の測定が終了していない場合、ステップ S 1 1 0 3 に戻る。蛍光帯域の光の測定が終了した場合、ステップ S 1 1 0 6 に進む。ステップ S 1 1 0 6 でモニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、を更新する。これにより、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1

50

の波長における蛍光帯域の光を受光した累積回数と、第２の受光素子２０Ｂが第２の波長における蛍光帯域の光を受光した累積回数と、が、モニタ結果記憶装置３５４に保存される。

【００５５】

ステップＳ１１０７で補正部３０３は、モニタ結果記憶装置３５４から、第１の受光素子２０Ａが第１の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、第２の受光素子２０Ｂが第２の波長における蛍光帯域の光を受光した回数と、を読み出す。さらに補正部３０３は、劣化度記憶装置３５５から、第１の関数と、第２の関数と、を読み出す。ステップＳ１１０８で補正部３０３は、第１の関数の独立変数に第１の受光素子２０Ａが光を受光した回数を代入し、第１の受光素子２０Ａの劣化係数を算出する。また、補正部３０３は、第２の関数の独立変数に第２の受光素子２０Ｂが光を受光した回数を代入し、第２の受光素子２０Ｂの劣化係数を算出する。さらに補正部３０３は、参考値記憶装置３５１から参考値を読み出し、算出した劣化係数に基づいて参考値を補正し、参考値記憶装置３５１に保存する。

【００５６】

図３に示す判定部３０２は、相対値記憶装置３５２から測定相対値を読み出し、参考値記憶装置３５１から補正された参考値の等価範囲を読み出す。次に、判定部３０２は、測定相対値が、所定の微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれるか否かを判定する。測定相対値が、所定の微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれる場合、判定部３０２は、クリーンルーム７０から吸引した気体が、所定の微生物粒子を含んでいると判定する。測定相対値が、所定の微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれない場合、判定部３０２は、吸引した気体が、所定の微生物粒子を含んでいないと判定する。また、この場合、判定部３０２は、測定された蛍光帯域の光が、検出対象とする所定の微生物粒子以外の物質由来であり、吸引した気体が、所定の微生物粒子以外の蛍光粒子を含んでいると判定してもよい。

【００５７】

さらに判定部３０２は、測定相対値が、所定の微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれるものの、等価範囲の上限又は下限に近似される場合は、クリーンルーム７０から吸引した気体が、所定の微生物粒子を含んでいると判定するが、判定の確実性は低いと判断してもよい。また、判定部３０２は、測定相対値が、所定の微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれていないものの、等価範囲の上限又は下限に近似される場合は、クリーンルーム７０から吸引した気体が、所定の微生物粒子を含んでいないと判定するが、判定の確実性は低いと判断してもよい。

【００５８】

判定部３０２は、判定結果を判定結果記憶装置３５３に保存し、また判定結果をディスプレイ装置やプリンター等の出力装置４０１に出力させる。

【００５９】

以上説明した第１の実施の形態に係る粒子検出装置１によれば、検査対象の流体に検出対象とする所定の微生物粒子以外の物質が含まれており、当該物質が励起光を照射されて蛍光帯域の光を発しても、当該物質を検出対象とする微生物粒子として誤検出することを抑制することが可能となる。また、参考値を取得してから測定相対値を取得するまでの間に蛍光強度測定器２が劣化しても、参考値を補正して、誤判定を抑制することも可能となる。そのため、第１の実施の形態に係る粒子検出装置１によれば、検出対象とする微生物粒子を正確に検出することが可能となる。

【００６０】

（第１の実施の形態の第１の変形例）

補正部３０３が参考値を補正する方法は、図１１に示した例に限られず、例えば図１２に示す方法でもよい。図１２のステップＳ２１０１からステップＳ２１０４は、図１１のステップＳ１１０１からステップＳ１１０４と同様である。

【００６１】

10

20

30

40

50

図 1 2 に示す方法では、ステップ S 2 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 がそれまで第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算すると、ステップ S 2 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数を更新する。また、ステップ S 2 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 がそれまで第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算すると、ステップ S 2 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数を更新する。

【 0 0 6 2 】

図 1 2 のステップ S 2 1 0 6 及びステップ S 2 1 0 7 は、図 1 1 のステップ S 1 1 0 7 及びステップ S 1 1 0 8 と同様である。ステップ S 2 1 0 8 でモニタ部 3 0 4 は、蛍光帯域の光の測定が終了したか否かを判定する。蛍光帯域の光の測定が終了していない場合、ステップ S 2 1 0 3 に戻る。以上説明した方法によれば、第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B のそれぞれが光を 1 回受光する毎に参考値が補正される。そのため、複数の粒子を検出中に参考値をリアルタイムに補正することが可能となる。

【 0 0 6 3 】

(第 1 の実施の形態の第 2 の変形例)

補正部 3 0 3 が参考値を補正する方法は、例えば図 1 3 に示す方法でもよい。図 1 3 のステップ S 3 1 0 1 からステップ S 3 1 0 3 は、図 1 1 のステップ S 1 1 0 1 からステップ S 1 1 0 3 と同様である。

【 0 0 6 4 】

図 1 3 のステップ S 3 1 0 3 で第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 3 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、受光した光の強度が閾値以上であるか否かを判定する。閾値以上である場合は、ステップ S 3 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、それまで第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算する。また、閾値以下である場合は、ステップ S 3 1 0 6 に進み、モニタ部 3 0 4 は、それまで第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に何も加算しない。

【 0 0 6 5 】

また、ステップ S 3 1 0 3 で第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 3 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、受光した光の強度が閾値以上であるか否かを判定する。閾値以上である場合は、ステップ S 3 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、それまで第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算する。また、閾値以下である場合は、ステップ S 3 1 0 6 に進み、モニタ部 3 0 4 は、それまで第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に何も加算しない。

【 0 0 6 6 】

図 1 3 のステップ S 3 1 0 7 からステップ S 3 1 1 0 は、図 1 1 のステップ S 1 1 0 5 からステップ S 1 1 0 8 と同様である。ステップ S 3 1 0 4 における閾値は、オフセットの平均値、及びオフセットの平均値にオフセットの揺らぎを加算した値等が使用可能である。オフセットの平均値及び揺らぎは予め測定可能である。また、オフセットの平均値及び揺らぎは、粒子検出中にリアルタイムに測定してもよい。あるいは、ステップ S 3 1 0 4 における閾値は、予め取得された光電子増倍管のショットノイズパルスの平均ピーク値又は最高ピーク値であってもよい。閾値は、第 1 の波長及び第 2 の波長のそれぞれに設定されうる。

【 0 0 6 7 】

(第 1 の実施の形態の第 3 の変形例)

補正部 3 0 3 が参考値を補正する方法は、例えば図 1 4 に示す方法でもよい。図 1 4 のステップ S 4 1 0 1 からステップ S 4 1 0 6 は、図 1 3 のステップ S 3 1 0 1 からステップ S 3 1 0 6 と同様である。

【 0 0 6 8 】

図 1 4 に示す方法では、ステップ S 4 1 0 5 でモニタ部 3 0 4 がそれまで第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算すると、ステップ S 4 1 0 7 に進み、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数を更新する。また、ステップ S 4 1 0 5 でモニタ部 3 0 4 がそれまで第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数に 1 を加算すると、ステップ S 4 1 0 7 に進み、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光した回数を更新する。

【 0 0 6 9 】

図 1 4 のステップ S 4 1 0 8 及びステップ S 4 1 0 9 は、図 1 3 のステップ S 3 1 0 9 及びステップ S 3 1 1 0 と同様である。ステップ S 4 1 1 0 でモニタ部 3 0 4 は、蛍光帯域の光の測定が終了したか否かを判定する。蛍光帯域の光の測定が終了していない場合、ステップ S 4 1 0 3 に戻る。以上説明した方法によれば、第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B のそれぞれが光を 1 回受光する毎に参考値が補正される。そのため、複数の粒子を検出中に参考値をリアルタイムに補正することが可能となる。

【 0 0 7 0 】

(第 1 の実施の形態の第 4 の変形例)

第 1 の実施の形態の第 4 の変形例においては、図 3 に示すモニタ部 3 0 4 は、第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光を受光する毎に受光パルスの高さを積算し、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存する。また、モニタ部 3 0 4 は、第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光を受光する毎に受光パルスの高さを積算し、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存する。受光パルスの高さの積算値は、受光した光の積算強度を反映する。

【 0 0 7 1 】

第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B のそれぞれが受光した光のパルス高の積算値と、感度の劣化と、の関係は、予め検査して取得することが可能である。そのため、第 1 の受光素子 2 0 A が受光した光のパルス高の積算値を独立変数とし、劣化係数を従属変数とする関数を第 1 の関数とし、第 2 の受光素子 2 0 B が受光した光のパルス高の積算値を独立変数とし、劣化係数を従属変数とする関数を第 2 の関数としてもよい。

【 0 0 7 2 】

第 1 の実施の形態の第 4 の変形例に係る補正部 3 0 3 が参考値を補正するフローチャートを図 1 5 に示す。図 1 に示す粒子検出装置 1 がクリーンルーム 7 0 から含有物質が未知の検査対象とする気体の吸引を開始すると、ステップ S 5 1 0 1 で、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 から、それまでに第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値と、第 2 の受光素子 2 0 B が受光した第 2 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値と、を読み出す。ステップ S 5 1 0 2 で、光源 1 0 が励起光を照射し、ステップ S 5 1 0 3 で蛍光強度測定器 2 が、第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度と、第 2 の波長における蛍光帯域の光の強度と、を測定する。

【 0 0 7 3 】

ステップ S 5 1 0 3 で第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 5 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、それまで第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値に今回受光した光のパルス高を加算する。また、ステップ S 5 1 0 3 で第 2 の受光素子 2 0 B が第 2 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 5 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、それまで第 2 の受光素子 2 0 B が受光した第 2 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値に今回受光した光のパルス高を加算する。

【 0 0 7 4 】

ステップ S 5 1 0 5 でモニタ部 3 0 4 は、蛍光帯域の光の測定が終了したか否かを判定する。蛍光帯域の光の測定が終了していない場合、ステップ S 5 1 0 3 に戻る。蛍光帯域

10

20

30

40

50

の光の測定が終了した場合、ステップ S 5 1 0 6 に進む。ステップ S 5 1 0 6 でモニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値と、第 2 の受光素子 2 0 B が受光した第 2 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値と、を更新する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 5 1 0 7 で補正部 3 0 3 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 から、第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値と、第 2 の受光素子 2 0 B が受光した第 2 の波長における蛍光帯域の光のパルス高の積算値と、を読み出す。さらに補正部 3 0 3 は、劣化度記憶装置 3 5 5 から、第 1 の関数と、第 2 の関数と、を読み出す。ステップ S 5 1 0 8 で補正部 3 0 3 は、第 1 の関数の独立変数に第 1 の受光素子 2 0 A が受光した光のパルス高の積算値を代入し、第 1 の受光素子 2 0 A の劣化係数を算出する。また、補正部 3 0 3 は、第 2 の関数の独立変数に第 2 の受光素子 2 0 B が受光した光のパルス高の積算値を代入し、第 2 の受光素子 2 0 B の劣化係数を算出する。さらに補正部 3 0 3 は、参考値記憶装置 3 5 1 から参考値を読み出し、算出した劣化係数に基づいて参考値を補正し、参考値記憶装置 3 5 1 に保存する。

【 0 0 7 6 】

(第 1 の実施の形態の第 5 の変形例)

補正部 3 0 3 が参考値を補正する方法は、例えば図 1 6 に示す方法でもよい。図 1 6 のステップ S 6 1 0 1 からステップ S 6 1 0 4 は、図 1 5 のステップ S 5 1 0 1 からステップ S 5 1 0 4 と同様である。

【 0 0 7 7 】

図 1 6 に示す方法では、ステップ S 6 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 がそれまで第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のピーク高の積算値に今回受光した光のピーク高を加算すると、ステップ S 6 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のピーク高の積算値を更新する。また、ステップ S 6 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 がそれまで第 2 の受光素子 2 0 B が受光した第 2 の波長における蛍光帯域の光のピーク高の積算値に今回受光した光のピーク高を加算すると、ステップ S 6 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、モニタ結果記憶装置 3 5 4 に保存されている第 2 の受光素子 2 0 B が受光した第 2 の波長における蛍光帯域の光のピーク高の積算値を更新する。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 のステップ S 6 1 0 6 及びステップ S 6 1 0 7 は、図 1 5 のステップ S 5 1 0 7 及びステップ S 5 1 0 8 と同様である。ステップ S 6 1 0 8 でモニタ部 3 0 4 は、蛍光帯域の光の測定が終了したか否かを判定する。蛍光帯域の光の測定が終了していない場合、ステップ S 6 1 0 3 に戻る。以上説明した方法によれば、第 1 の受光素子 2 0 A 及び第 2 の受光素子 2 0 B のそれぞれが光を 1 回受光する毎に参考値が補正される。そのため、複数の粒子を検出中に参考値をリアルタイムに補正することが可能となる。

【 0 0 7 9 】

(第 1 の実施の形態の第 6 の変形例)

補正部 3 0 3 が参考値を補正する方法は、例えば図 1 7 に示す方法でもよい。図 1 7 のステップ S 7 1 0 1 からステップ S 7 1 0 3 は、図 1 5 のステップ S 5 1 0 1 からステップ S 5 1 0 3 と同様である。

【 0 0 8 0 】

図 1 7 のステップ S 7 1 0 3 で第 1 の受光素子 2 0 A が第 1 の波長における蛍光帯域の光パルスを 1 回受光すると、ステップ S 7 1 0 4 でモニタ部 3 0 4 は、受光した光のピーク高さが閾値以上であるか否かを判定する。閾値以上である場合は、ステップ S 7 1 0 5 に進み、モニタ部 3 0 4 は、それまで第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値に今回受光した光のピーク高さを加算する。また、閾値以下である場合は、ステップ S 7 1 0 6 に進み、モニタ部 3 0 4 は、それまで第 1 の受光素子 2 0 A が受光した第 1 の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値に何も

加算しない。

【0081】

また、ステップS7103で第2の受光素子20Bが第2の波長における蛍光帯域の光パルスを1回受光すると、ステップS7104でモニタ部304は、受光した光のピーク高さが閾値以上であるか否かを判定する。閾値以上である場合は、ステップS7105に進み、モニタ部304は、それまで第2の受光素子20Bが受光した第2の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値に今回受光した光のピーク高さを加算する。また、閾値以下である場合は、ステップS7106に進み、モニタ部304は、それまで第2の受光素子20Bが受光した第2の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値に何も加算しない。図17のステップS7107からステップS7108は、図15のステップS5105からステップS5108と同様である。

10

【0082】

(第1の実施の形態の第7の変形例)

補正部303が参考値を補正する方法は、例えば図18に示す方法でもよい。図18のステップS8101からステップS8106は、図17のステップS7101からステップS7106と同様である。

【0083】

図18に示す方法では、ステップS8105でモニタ部304がそれまで第1の受光素子20Aが受光した第1の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値に今回受光した光のピーク高さを加算すると、ステップS8107に進み、モニタ部304は、モニタ結果記憶装置354に保存されている第1の受光素子20Aが受光した第1の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値を更新する。また、ステップS8105でモニタ部304がそれまで第2の受光素子20Bが受光した第2の波長における蛍光帯域の光のピーク高さの積算値に今回受光した光のピーク高さを加算すると、ステップS8107に進み、モニタ部304は、モニタ結果記憶装置354に保存されている第2の受光素子20Bが受光した第2の波長における蛍光帯域の光のピーク高さを更新する。

20

【0084】

図18のステップS8108及びステップS8109は、図17のステップS7109及びステップS7110と同様である。ステップS8110でモニタ部304は、蛍光帯域の光の測定が終了したか否かを判定する。蛍光帯域の光の測定が終了していない場合、ステップS8103に戻る。以上説明した方法によれば、第1の受光素子20A及び第2の受光素子20Bのそれぞれが光を1回受光する毎に参考値が補正される。そのため、複数の粒子を検出中に参考値をリアルタイムに補正することが可能となる。

30

【0085】

(第1の実施の形態の第8の変形例)

図3に示した蛍光強度測定器2が、第1の受光素子20Aを用いて第1の波長における蛍光帯域の光の強度を算出する方法は、図4に示した方法に限られず、例えば図19に示す方法でもよい。

【0086】

図19のステップS301からステップS308までは、図4のステップS101からステップS108までと同様に実施する。ただし、ステップS307では、光強度算出装置23Aは、図20に示す第1のピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_{p1} を蛍光強度測定器2に含まれる光強度記憶装置24Aに保存する。ステップS309で、所定の時間が経過したか否かを判定する。

40

【0087】

ステップS309で所定の時間が経過した後、ステップS310で、蛍光強度測定器2は、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0に近似できるか否かを判定する。蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0に近似できない場合は、図20に示すように、2つ目のピークが出現すると判定して、ステップS302に戻り、ステップS303ないしステップS306を実施して、ステップS307で、光強度算出装置23Aは

50

、第2のピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_{P2} を蛍光強度測定器2に含まれる光強度記憶装置24Aに保存する。ステップS302からステップS310までのループが繰り返された後、ステップS310で、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が0に近似できる場合は、光強度算出装置23Aは、ステップS311で、励起光の照射位置から、複数の粒子又は物質が通過し終えたと判定する。

【0088】

ステップS312で、光強度算出装置23Aは、複数の粒子又は物質が通過し終えたと判定した後に第1の受光素子20Aが検出している第1の波長における蛍光帯域の光の強度をオフセットCとして測定する。ステップS313で、光強度算出装置23Aは、光強度記憶装置24Aに保存した第1のピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_{P1} からオフセットCを引き、第1のピークにおける蛍光帯域の光の補正された強度 I_{P1C} を算出し、これを第1の波長における蛍光帯域の光の強度として光強度記憶装置24Aに保存する。

【0089】

またステップS313で、光強度算出装置23Aは、光強度記憶装置24Aに保存した第2のピークにおける蛍光帯域の光の強度 I_{P2} からオフセットCを引き、第2のピークにおける蛍光帯域の光の補正された強度 I_{P2C} を算出し、これも第1の波長における蛍光帯域の光の強度として光強度記憶装置24Aに保存する。

【0090】

以上の方法により、複数の物質のそれぞれのピークにおける光の強度を測定可能である。なお、蛍光強度測定器2が、第2の受光素子20Bを用いて第2の波長における蛍光帯域の光の強度を算出し、光強度記憶装置24Bに保存する方法は、上記の方法と同様であるので、説明は省略する。

【0091】

(第1の実施の形態の第9の変形例)

図3に示した蛍光強度測定器2が、第1の受光素子20Aを用いて第1の波長における蛍光帯域の光の強度を算出する方法は、例えば図21に示す方法でもよい。

【0092】

図21のステップS401からステップS403までは、図4のステップS101からステップS103までと同様に実施する。図21のステップS403で、第1の受光素子20Aが検出している蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が所定の閾値Dを上回っている場合、ステップS404に進み、光強度算出装置23Aは、図22に示すように、蛍光帯域の光の強度の積分値の計算を開始する。ステップS405で、光強度算出装置23Aは、蛍光帯域の光の強度の積分値の時間変化率が所定の閾値Eを下回っているか否かを判定する。積分値の時間変化率が所定の閾値Eを下回っていない場合、ステップS404に戻り、積分値の計算を継続する。

【0093】

ステップS405で、図22に示すように、積分値の時間変化率が所定の閾値Eを下回っている場合、ステップS406に進み、積分値の計算を終了し、ステップS407で積分した光強度を蛍光強度測定器2に含まれる光強度記憶装置24Aに保存する。またステップS408で、光強度算出装置23Aは、励起光の照射位置から粒子又は物質が通過し終えたと判定する。

【0094】

ステップS409で、光強度算出装置23Aは、粒子又は物質が通過し終えたと判定した後に第1の受光素子20Aが検出している第1の波長における蛍光帯域の光の強度をオフセットCとして測定する。ステップS410で、光強度算出装置23Aは、光強度記憶装置24Aに保存した蛍光帯域の光の強度の積分値から、積分した際のデータ点数をNとしてオフセットCにNをかけた値を引き、補正された蛍光帯域の光の強度の積分値を算出し、これを第1の波長における蛍光帯域の光の強度として光強度記憶装置24Aに保存する。

【0095】

10

20

30

40

50

以上説明した方法によれば、光の強度の積分値を用いるため、光の強度が弱い物質の相対値の算出が容易になる。なお、蛍光強度測定器 2 が、第 2 の受光素子 20 B を用いて第 2 の波長における蛍光帯域の光の強度を算出し、光強度記憶装置 24 B に保存する方法は、上記の方法と同様であるので、説明は省略する。

【0096】

(第 1 の実施の形態の第 10 の変形例)

図 3 に示した蛍光強度測定器 2 が、第 1 の受光素子 20 A を用いて第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度を算出する方法は、例えば図 23 に示す方法でもよい。

【0097】

図 23 のステップ S501 からステップ S507 までは、図 21 のステップ S401 からステップ S407 までと同様に実施する。ただし、ステップ S507 では、光強度算出装置 23 A は、図 24 に示す第 1 のピークにおける蛍光帯域の光の強度の積分値を蛍光強度測定器 2 に含まれる光強度記憶装置 24 A に保存する。

【0098】

ステップ S508 で、蛍光強度測定器 2 は、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が 0 に近似できるか否かを判定する。蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が 0 に近似できない場合は、図 24 に示すように、2 つ目のピークが出現すると判定して、ステップ S502 に戻り、ステップ S503 ないしステップ S506 を実施して、ステップ S507 で、光強度算出装置 23 A は、第 2 のピークにおける蛍光帯域の光の強度の積分値を蛍光強度測定器 2 に含まれる光強度記憶装置 24 A に保存する。ステップ S502 からステップ S508 までのループが繰り返された後、ステップ S508 で、蛍光帯域の光の強度の時間変化率 I_f / t が 0 に近似できる場合は、光強度算出装置 23 A は、ステップ S509 で、励起光の照射位置から、複数の粒子又は物質が通過し終えたと判定する。

【0099】

ステップ S510 で、光強度算出装置 23 A は、例えば第 1 のピークを測定後、第 1 の受光素子 20 A が検出していた第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度をオフセット C_1 として特定し、第 2 のピークを測定後、第 1 の受光素子 20 A が検出していた第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度をオフセット C_2 として特定する。さらに光強度算出装置 23 A は、オフセット C_1 に第 1 のピークを積分した際のデータ点数 N_1 をかけた値を算出し、オフセット C_2 に第 2 のピークを積分した際のデータ点数 N_2 をかけた値を算出する。

【0100】

ステップ S511 で、光強度算出装置 23 A は、光強度記憶装置 24 A に保存した第 1 のピークにおける蛍光帯域の光の強度の積分値から、オフセット C_1 に N_1 をかけた値を引き、蛍光帯域の光の強度の補正された積分値を算出し、これを第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度として光強度記憶装置 24 A に保存する。また、光強度算出装置 23 A は、光強度記憶装置 24 A に保存した第 2 のピークにおける蛍光帯域の光の強度の積分値から、オフセット C_2 に N_2 をかけた値を引き、蛍光帯域の光の強度の補正された積分値を算出し、これも第 1 の波長における蛍光帯域の光の強度として光強度記憶装置 24 A に保存する。

【0101】

以上説明した方法によれば、光の強度の積分値を用いるため、光の強度が弱い物質の相対値の算出が容易になる。また、複数の物質のそれぞれのピークにおける光の強度が測定可能となる。なお、蛍光強度測定器 2 が、第 2 の受光素子 20 B を用いて第 2 の波長における蛍光帯域の光の強度を算出し、光強度記憶装置 24 B に保存する方法は、上記の方法と同様であるので、説明は省略する。

【0102】

(第 2 の実施の形態)

第 1 の実施の形態では、図 3 に示す参考値記憶装置 351 に所定の微生物粒子の参考値が保存されている例を説明した。これに対し、参考値記憶装置 351 には所定の非微生物

10

20

30

40

50

粒子の参考値が保存されていてもよい。所定の非微生物粒子の参考値は、図6のステップS201で、不純物を除去した清浄な気体を用意し、これに非微生物粒子を含ませることにより得られる。

【0103】

この場合、判定部302は、検査対象の気体を測定することにより算出された測定相対値が、所定の非微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれるか否かを判定する。測定相対値が、所定の非微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれる場合、判定部302は、検査対象の気体が、所定の非微生物粒子を含んでいると判定する。測定相対値が、所定の非微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれない場合、判定部302は、検査対象の気体が、所定の非微生物粒子を含んでいないと判定する。また、この場合、判定部302は、検査対象の気体が、所定の非微生物粒子以外の蛍光粒子を含んでいると判定してもよい。

10

【0104】

さらに判定部302は、測定相対値が、所定の非微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれるものの、等価範囲の上限又は下限に近似される場合は、検査対象の気体が、所定の非微生物粒子を含んでいると判定するが、判定の確実性は低いと判断してもよい。また、判定部302は、測定相対値が、所定の非微生物粒子の補正された参考値の等価範囲に含まれていないものの、等価範囲の上限又は下限に近似される場合は、検査対象の気体が、所定の非微生物粒子を含んでいないと判定するが、判定の確実性は低いと判断してもよい。

20

【0105】

(第3の実施の形態)

参考値記憶装置351には、二酸化窒素(NO_2)を含む窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)、オゾンガス(O_3)、酸化アルミ系のガス、アルミ合金、ガラス粉末、並びに大腸菌及びカビ等の異物を除染するための除染ガス等の気体含有物質の参考値が保存されていてもよい。所定の気体含有物質の参考値は、図6のステップS201で、例えば気体をフィルタでろ過してミエ散乱を起こす程度の粒子を気体から除去し、二酸化窒素(NO_2)等を気体に残すことで得られる。

【0106】

この場合、判定部302は、検査対象の気体から算出された測定相対値が、所定の気体含有物質の補正された参考値の等価範囲に含まれるか否かを判定する。測定相対値が、所定の気体含有物質の補正された参考値の等価範囲に含まれる場合、判定部302は、測定された蛍光帯域の光が、所定の気体含有物質由来であり、検査対象の気体が、所定の気体含有物質を含んでいると判定する。測定相対値が、所定の気体含有物質の補正された参考値の等価範囲に含まれない場合、判定部302は、検査対象の気体が、所定の気体含有物質を含んでいないと判定する。また、この場合、判定部302は、検査対象の気体が、所定の気体含有物質以外の蛍光粒子、あるいは検出対象の蛍光粒子を含んでいると判定してもよい。

30

【0107】

さらに判定部302は、測定相対値が、所定の気体含有物質の補正された参考値の等価範囲に含まれるものの、等価範囲の上限又は下限に近似される場合は、検査対象の気体が、所定の気体含有物質を含んでいると判定するが、判定の確実性は低いと判断してもよい。また、判定部302は、測定相対値が、所定の気体含有物質の補正された参考値の等価範囲に含まれていないものの、等価範囲の上限又は下限に近似される場合は、検査対象の気体が、所定の気体含有物質を含んでいないと判定するが、判定の確実性は低いと判断してもよい。

40

【0108】

(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べきではない。この開示から当業者には

50

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、実施の形態に係る粒子検出装置 1 が配置される場所は、クリーンルームに限られない。また、実施の形態においては、第 1 の波長における光強度と、第 2 の波長における光強度と、を測定し、相対値を算出する方法を示したが、3 つ以上の波長における光強度を測定し、それらの相対値を算出してもよい。

【0109】

さらに実施の形態では、参考値を補正する方法を説明したが、測定相対値を補正してもよい。例えば測定相対値に劣化係数の逆数をかけることで、測定相対値を補正することが可能である。また、劣化度記憶装置 355 は、光源 10 又は蛍光強度測定器 2 の稼働時間を独立変数とし、劣化係数を従属変数とする関数、あるいは蛍光強度測定器 2 の雰囲気温度を独立変数とし、劣化係数を従属変数とする関数を保存してもよい。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とを理解すべきである。

10

【符号の説明】

【0110】

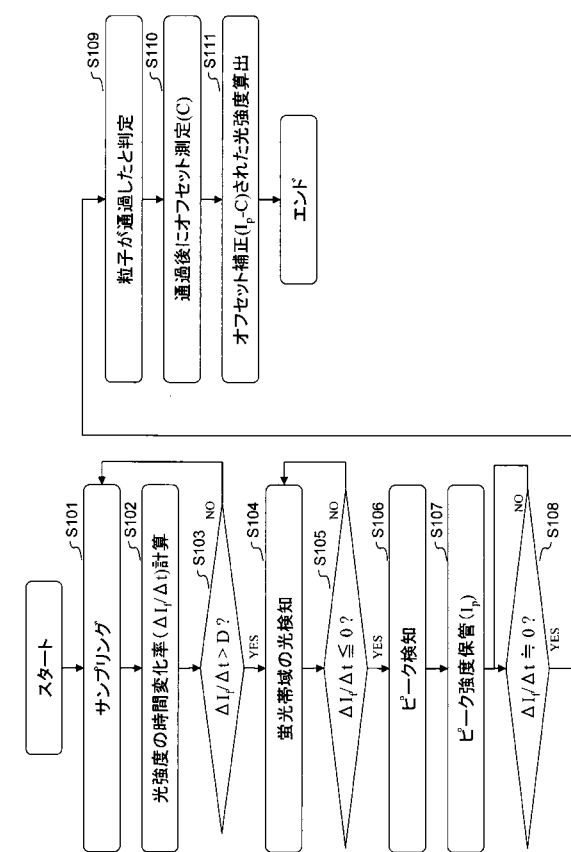
- 1 粒子検出装置
- 2 蛍光強度測定器
- 10 光源
- 11 光源駆動電源
- 12 電源制御装置
- 20A 第 1 の受光素子
- 20B 第 2 の受光素子
- 21A、21B 増幅器
- 22A、22B 増幅器電源
- 23A、23B 光強度算出装置
- 24A、24B 光強度記憶装置
- 30 筐体
- 40 ノズル
- 70 クリーンルーム
- 71 ダクト
- 72 噴き出し口
- 81 生産ライン
- 301 相対値算出部
- 302 判定部
- 303 補正部
- 304 モニタ部
- 351 参考値記憶装置
- 352 相対値記憶装置
- 353 判定結果記憶装置
- 354 モニタ結果記憶装置
- 355 劣化度記憶装置
- 401 出力装置

20

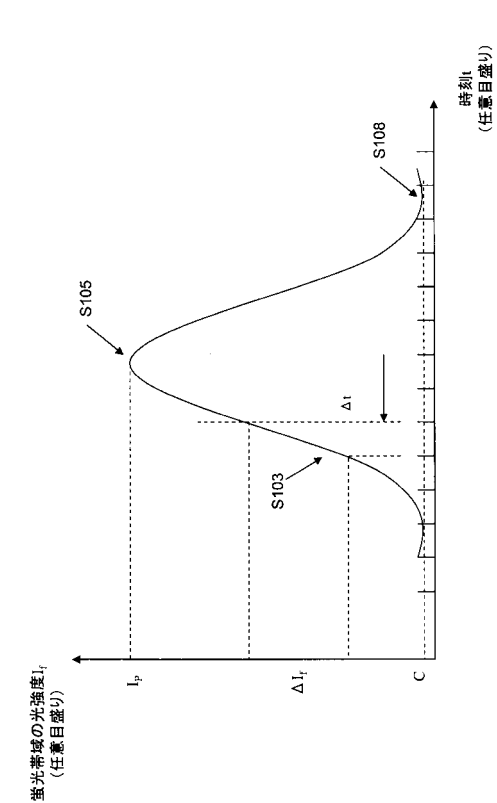
30

40

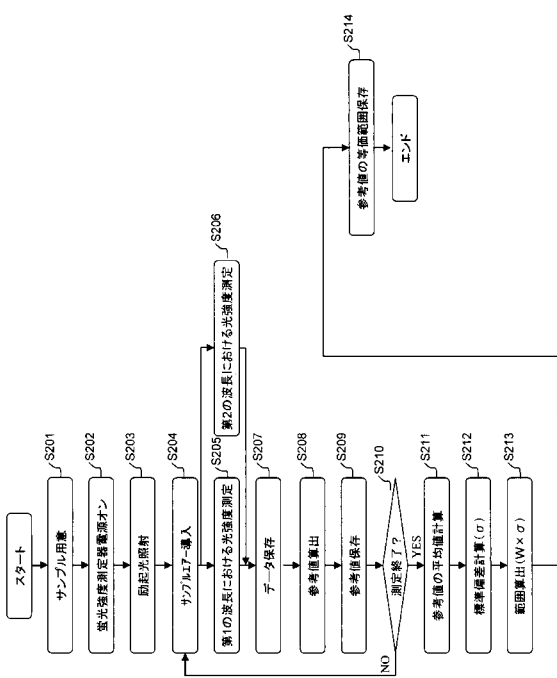
【 図 4 】



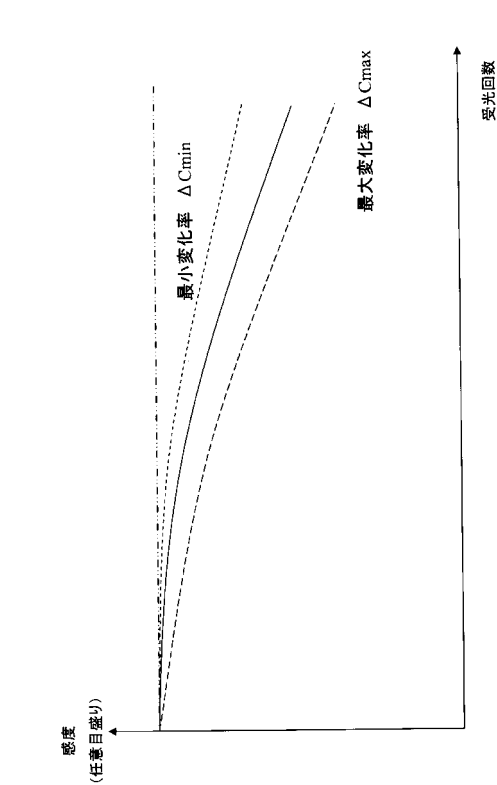
【 図 5 】



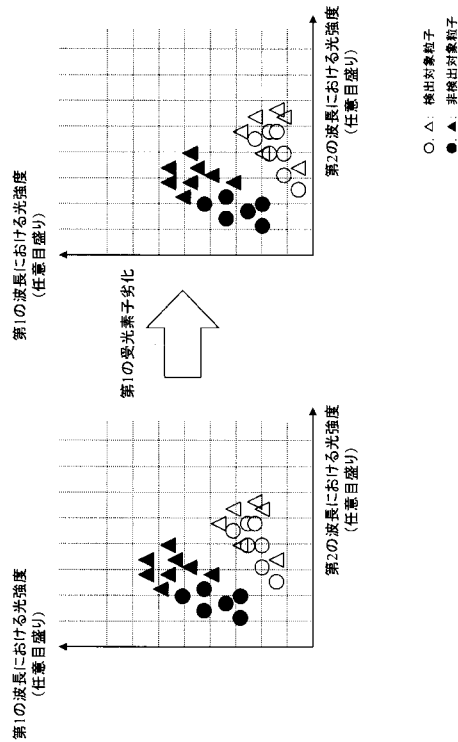
【 図 6 】



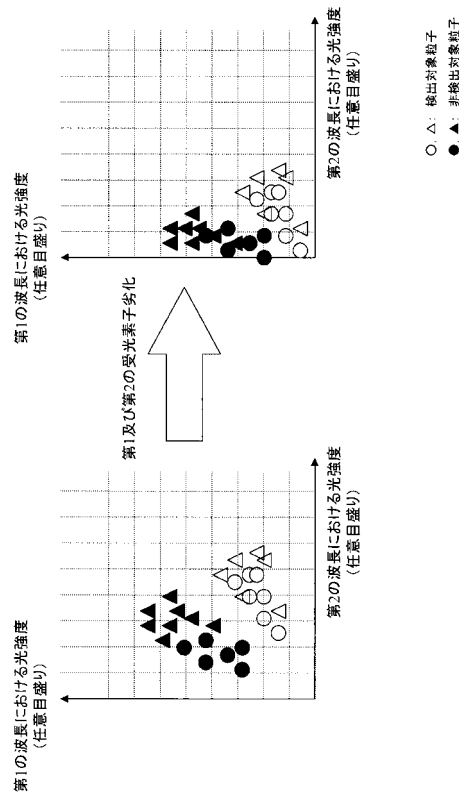
【 図 7 】



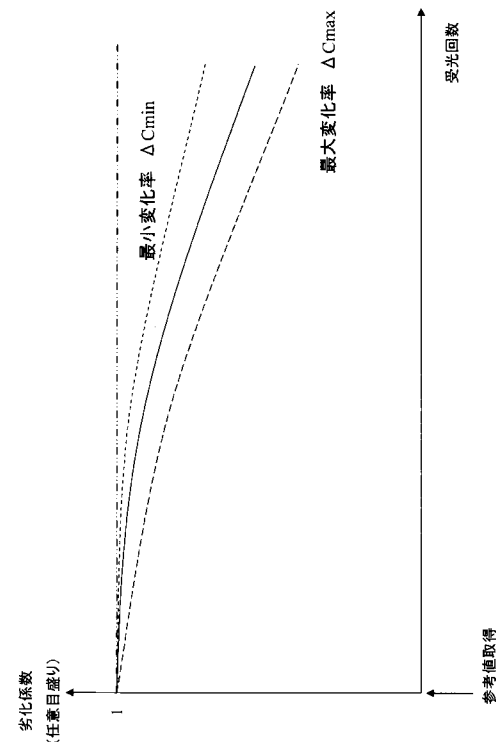
【図 8】



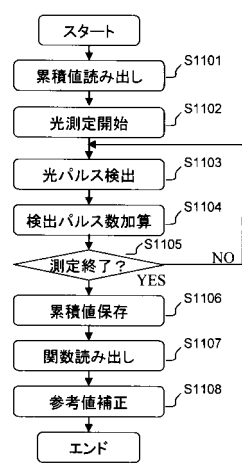
【図 9】



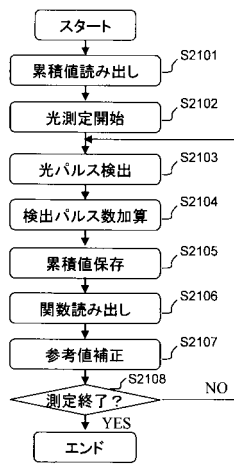
【図 10】



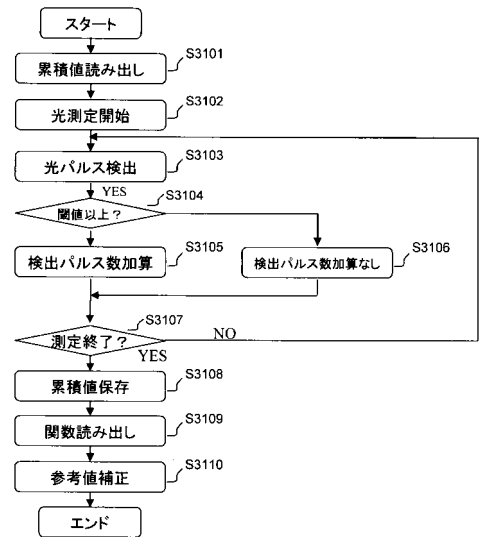
【図 11】



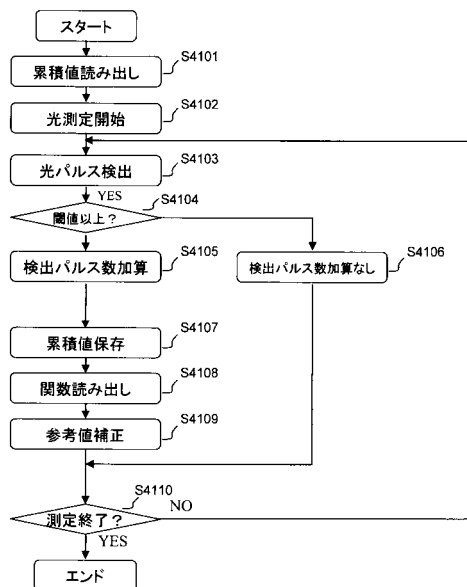
【図 1 2】



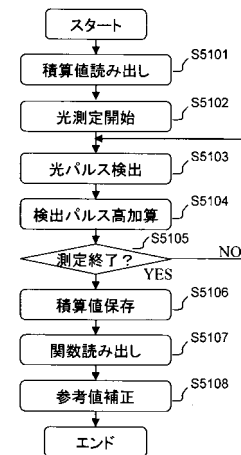
【図 1 3】



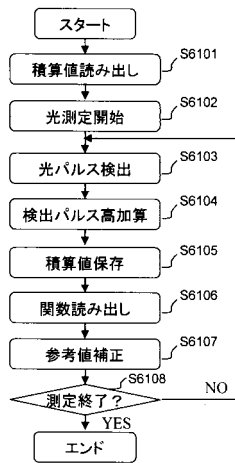
【図 1 4】



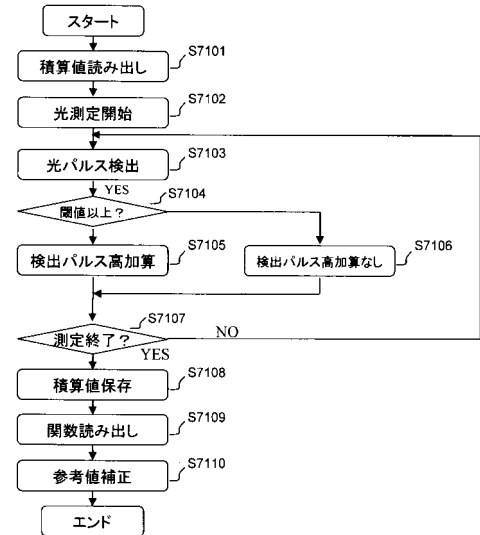
【図 1 5】



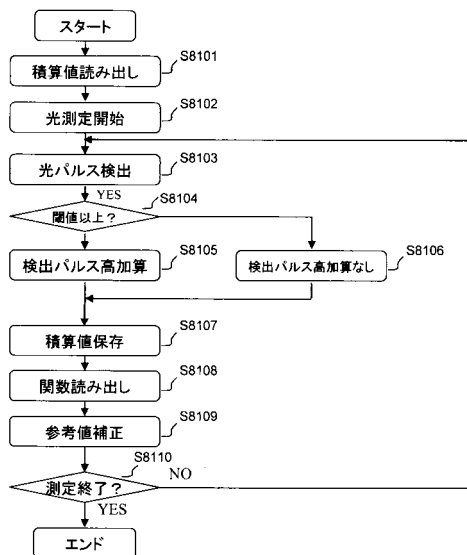
【図 16】



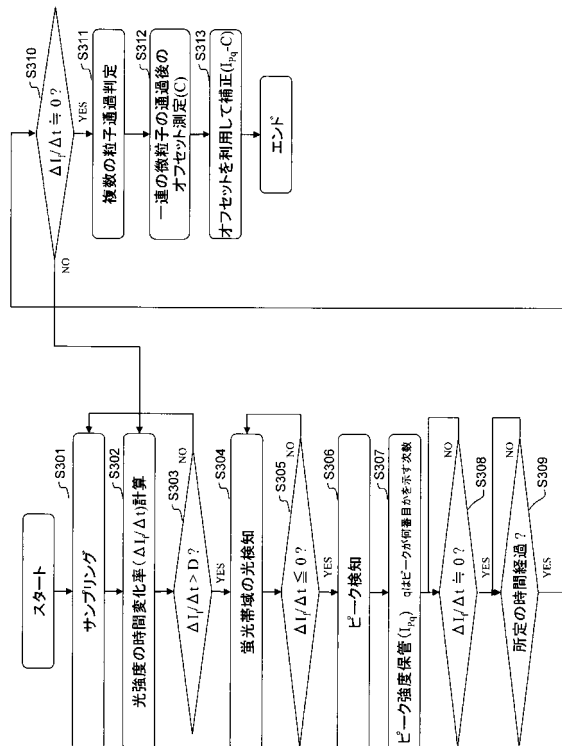
【図 17】



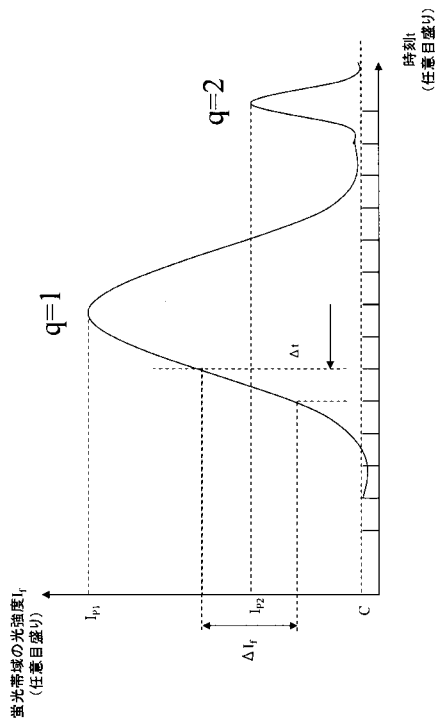
【図 18】



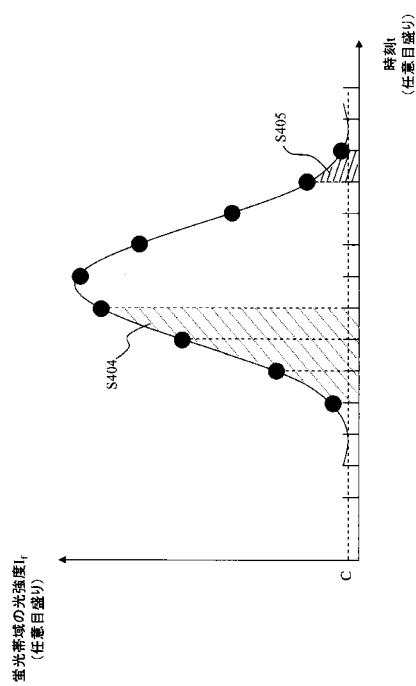
【図 19】



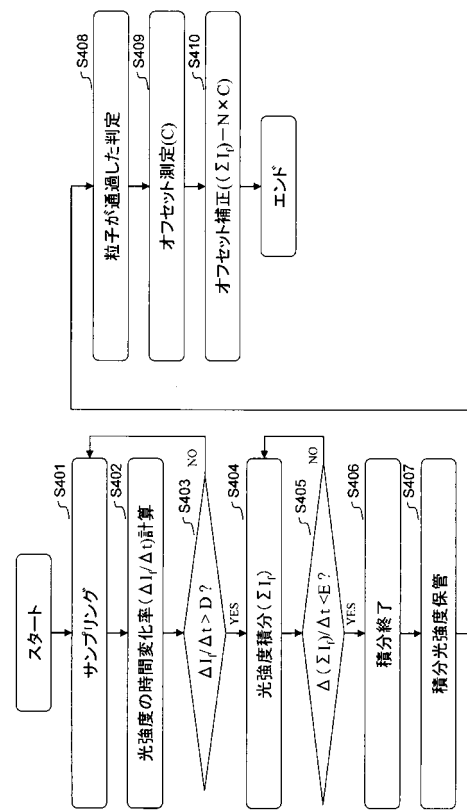
【図 20】



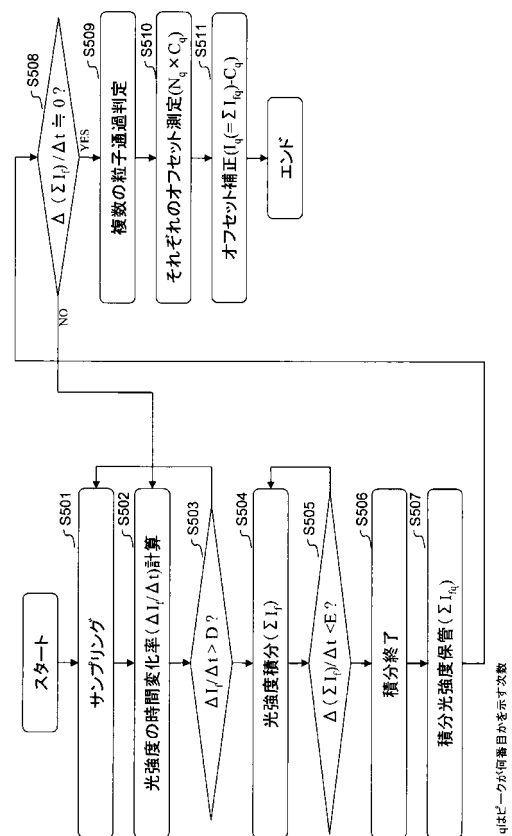
【図 22】



【図 21】

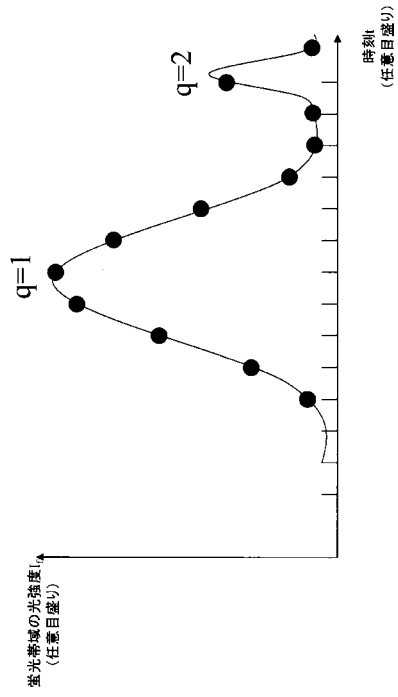


【図 23】

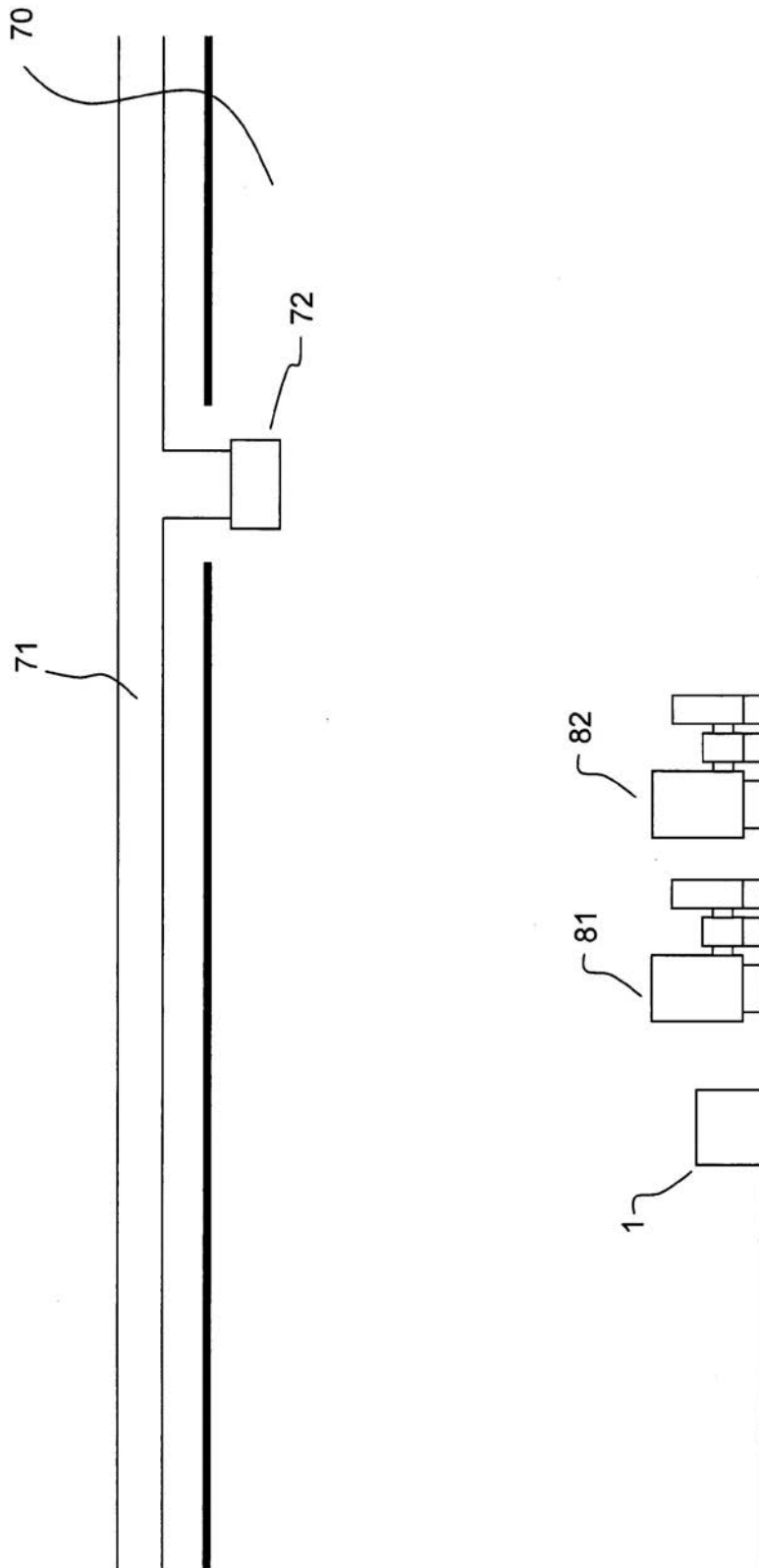


qはピークが何番目かを示す次数

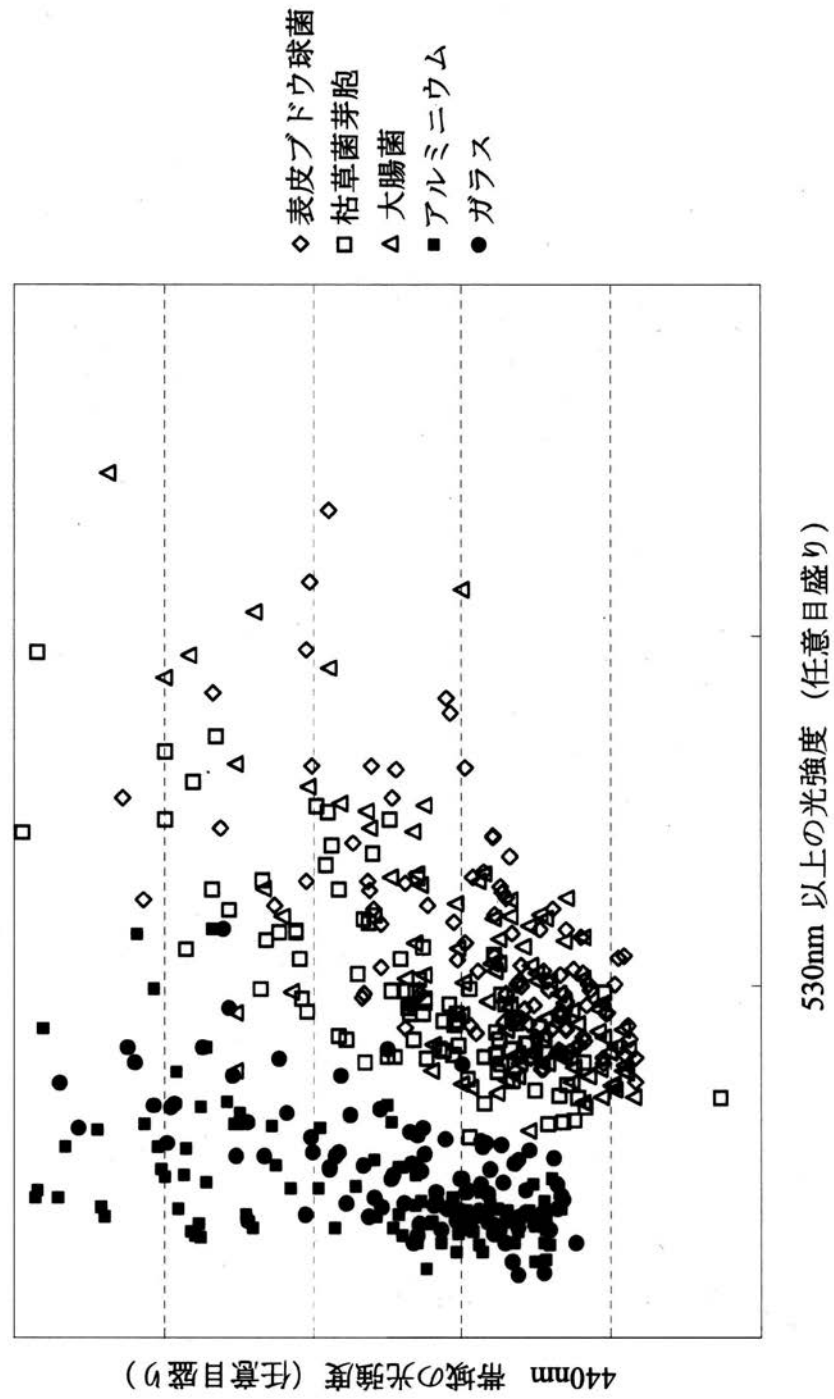
【図 2 4】



【図 1】



【図 2】



【図 3】

