

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6643584号  
(P6643584)

(45) 発行日 令和2年2月12日(2020.2.12)

(24) 登録日 令和2年1月9日(2020.1.9)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 15/14 (2006.01)

GO 1 N 15/14 D

GO 1 N 15/00 (2006.01)

GO 1 N 15/14 A

GO 1 N 21/64 (2006.01)

GO 1 N 15/00 C

GO 1 N 21/05 (2006.01)

GO 1 N 21/64 Z

GO 1 N 21/27 (2006.01)

GO 1 N 21/05

請求項の数 15 (全 34 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-509619 (P2017-509619)  
 (86) (22) 出願日 平成27年8月20日 (2015.8.20)  
 (65) 公表番号 特表2017-529526 (P2017-529526A)  
 (43) 公表日 平成29年10月5日 (2017.10.5)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2015/046076  
 (87) 国際公開番号 W02016/028996  
 (87) 国際公開日 平成28年2月25日 (2016.2.25)  
 審査請求日 平成30年5月9日 (2018.5.9)  
 (31) 優先権主張番号 62/039,512  
 (32) 優先日 平成26年8月20日 (2014.8.20)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)  
 (31) 優先権主張番号 62/039,519  
 (32) 優先日 平成26年8月20日 (2014.8.20)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
 米国 (US)

(73) 特許権者 507021506  
 リサーチ トライアングル インスティテ  
 ユート  
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2  
 7709 リサーチ トライアングル パ  
 ーク コーンウォリス ロード 3040  
 ビーオーボックス 12194  
 (74) 代理人 100107364  
 弁理士 齊藤 達也  
 (72) 発明者 クレイトン, アンソニー, クリント  
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2  
 7709, リサーチ トライアングル  
 パーク, コーンウォリス ロード 30  
 40 リサーチ トライアングル インス  
 ティテュート内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粒子検出のための装置、システム、及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

粒子検出器であって、

サンプル入口及びサンプル出口を備えているハウジングであり、縦軸に沿っているキャ  
 ビティ長を有している検出キャビティを取り囲んでおり、前記ハウジングは、前記サンプ  
 ル入口から、前記検出キャビティを介して、前記サンプル出口へのサンプル流体のための  
 フローパスを画定している、前記ハウジングと、

前記検出キャビティにて流れている前記サンプル流体の粒子へ、前記縦軸に沿って照射  
 光を向けるように構成された光源と、

前記ハウジングにコンフォーマルに設けられている光電材料であり、前記キャビティ長  
 の少なくとも一部に沿って前記検出キャビティを囲んでいる前記光電材料であって、前記  
 光電材料は、前記縦軸に対して曲げられた複数の測定光パスにて前記粒子から伝播してい  
 る測定光を受けるように構成された、前記光電材料と、

を備える粒子検出器。

【請求項 2】

前記検出キャビティは、

前記検出キャビティが、一般的に、円筒状、球状、あるいは、多角形状である、

前記検出キャビティの少なくとも一部は、前記縦軸に沿って変化する断面領域を備える

、

前記検出キャビティは、前記縦軸に沿って増加する断面領域を備えているトランザクシ

10

20

ョンを備える、

前記検出キャビティは、前記縦軸に沿って減少する断面領域を備えているトランザクションを備える、

前記検出キャビティは、前記縦軸と前記光電材料との間の前記測定光パスにてビーム成形光学部品がない、

前記検出キャビティは、前記縦軸において第1の端部及び反対の第2の端部を備え、前記光源は、前記第1の端部から前記第2の端部へ前記照射光を向けるように構成されている、

前記検出キャビティは、前記縦軸において第1の端部及び反対の第2の端部を備え、前記光源は、前記第1の端部にて前記ハウジングに設けられている、

10

前述の2つ以上の組み合わせ、

から構成されたグループから選択された構成を備える、

請求項1に記載の粒子検出器。

#### 【請求項3】

前記光源は、

前記光源が、干渉ビーム、調整ビーム、あるいは、干渉及び調整ビームの両方として前記照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、0.4 mmから4000 mmの範囲のビーム径を有している照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、前記検出キャビティの断面領域の1%から80%の範囲の断面領域を備えている前記照射光を出力するように構成されている、

20

前記光源は、紫外線範囲、可視範囲、あるいは、赤外線範囲の照射波長で前記照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、250から1500 nmの照射波長で前記照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、1つ以上のタイプの生体粒子における自己蛍光を引き起こすために効果的な範囲における照射波長にて前記照射光を出力するように構成されている、

前述の2つ以上の組み合わせ、

から構成されたグループから選択された構成を備える、

請求項1又は2に記載の粒子検出器。

30

#### 【請求項4】

前記光源は、複数の光源を備えており、少なくとも1つの前記光源は、他の光源とは異なる照射波長にて前記照射光を出力するように構成されている、

請求項1から3のいずれか一項に記載の粒子検出器。

#### 【請求項5】

前記光電材料と前記縦軸との間に設けられている光学的フィルタを備えており、前記測定光は、前記光学的フィルタを通過する、

請求項1から4のいずれか一項に記載の粒子検出器。

#### 【請求項6】

前記光源は、照射波長にて前記照射光を出力するように構成されており、前記光学的フィルタは、前記光電材料での衝突から所望でない光子をブロックするように構成されており、前記所望でない光子は、

40

前記照射波長以外の波長範囲以上の波長、

1つ以上のタイプの生体粒子が蛍光する波長範囲以外の波長範囲内以上の波長、

前記照射波長以外、及び、1つ以上のタイプの生体粒子が蛍光する波長範囲以外の波長範囲以上の波長、

から構成されたグループから選択された波長を備える、

請求項5に記載の粒子検出器。

#### 【請求項7】

前記ハウジングは、外面及び内面を備えており、前記光電材料及び前記光学的フィルタ

50

は、

前記光電材料は、前記外面にコンフォーマルに設けられており、前記光学フィルタは前記内面にコンフォーマルに設けられている、

前記光学フィルタは、前記外面にコンフォーマルに設けられており、前記光電材料は、前記光学フィルタにコンフォーマルに設けられている、

前記光電材料は、前記内面にコンフォーマルに設けられており、前記光学フィルタは、前記光電材料にコンフォーマルに設けられている、

から構成されたグループから選択された配置に従って設けられる、

請求項 5 又は 6 に記載の粒子検出器。

【請求項 8】

前記光電材料は、前記縦軸に直交する平面において、 $30^{\circ}$  から  $360^{\circ}$  の範囲のアーチ長を介して前記縦軸の周囲にのびている、

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の粒子検出器。

【請求項 9】

前記光電材料は、フレキシブルである、

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の粒子検出器。

【請求項 10】

前記光電材料は、光電池材料である、

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の粒子検出器。

【請求項 11】

前記光電材料は、相互に近接して配置されている複数の光電ユニットを備えており、  
前記光電ユニットは、前記縦軸に対して異なる曲げられた位置、前記縦軸に対して異なる軸位置、あるいは、前記縦軸に対して異なる曲げられた位置及び異なる軸位置の両方に設けられている、

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の粒子検出器。

【請求項 12】

前記光電材料は、複数の光電材料を備えており、

前記複数の光電材料は、

前記複数の光電材料が、相互に直列に電氣的に接続された 2 つ以上の光電材料を備える、

前記複数の光電材料は、相互に並列に電氣的に接続された 2 つ以上の光電材料を備える、

前記複数の光電材料は、相互に電氣的に絶縁された 2 つ以上の光電材料を備える、

前述の 2 つ以上の組み合わせ、

から構成されたグループから選択された構成を備える、

請求項 1 から 11 のいずれか一項に記載の粒子検出器。

【請求項 13】

前記複数の光電材料は、複数の電氣的に絶縁された光電材料を備えており、及び、前記測定光が光学フィルタを通過するように、1 つ以上の電氣的に絶縁された光電材料と前記縦軸との間に各々設けられている複数の光学フィルタを更に備えており、少なくとも 1 つの光学フィルタは、他の光学フィルタによって通過される波長範囲とは異なる前記測定光の波長範囲を通過させるように構成されている、

請求項 12 に記載の粒子検出器。

【請求項 14】

前記少なくとも 1 つの光学フィルタは、前記粒子によって散乱された測定光に対応する波長範囲をブロックする一方で、前記粒子によって蛍光的に出力された測定光に対応する波長を通過させるように構成されている、

請求項 13 に記載の粒子検出器。

【請求項 15】

サンプル流体における粒子を測定するための方法であって、前記方法は、

検出キャビティを介してサンプル流体を流すステップと、

前記サンプル流体における粒子を照射するために、縦軸に沿って前記検出キャビティを介して照射光を向けるステップであって、前記粒子は、前記照射への応答において測定光を出力するステップと、

前記縦軸に対して曲げられた複数の測定光パスにおいて前記粒子から伝播している光電材料の測定光を受けるステップであって、前記光電材料は、ハウジングにコンフォーマルに設けられており、前記キャビティ長の少なくとも一部に沿って前記検出キャビティを囲んでいるステップと、

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本出願は、「粒子検出のための装置、システム、及び方法」と題した2014年8月24日付けの米国仮特許出願第62/039,512号、「流れ制御及びサンプルモニタリング制御のためのシステム、装置、及び方法」と題した2014年8月20日付け米国仮特許出願第62/039,519号の利益を請求し、これらの内容は、これら全体を参照することにより組み込まれる。

【0002】

技術分野

本発明は、散乱及び自発蛍光の測定を含む、エアロゾル又は液体における粒子の光学ベースの検出に関連する。

20

【背景技術】

【0003】

背景技術

濃度又は他のプロパティの測定のために液体培地において漂っている粒子及びコロイドの検出は、例えば、医学診断、科学研究、空気質測定、及び脅威検出のように、様々なアプリケーションにおいて利用される。例は、例えば、血液におけるタンパク質のような液体において漂う粒子、及びビルならびに外側の環境のような内部の環境の空気中の粒子の濃度の測定を含む。

【0004】

30

ノートの1つのアプリケーションは、エアロゾルにおける空気中の粒子（又は、粒子状物質、PM）の濃度及び他のプロパティの測定である。アメリカ合衆国環境保護庁（USEPA）は、空気及びその健康影響においてエアロゾル濃度の重要性によって、コースPM（ $10\mu\text{m}$ 及び $2.5\mu\text{m}$ の間、PM<sub>10</sub>）及びファインPM（ $2.5\mu\text{m}$ 未満、PM<sub>2.5</sub>）のための暴露基準を設定してきた。エアロゾル濃度は、また、労働者の健康の保護、及び製造プロセスにおける汚染の防止の両方のために製造産業において重要である。

【0005】

特別の関心のエアロゾルのクラスは、バイオエアロゾルである。バイオエアロゾルは、例えば、真菌孢子、バクテリア孢子、バクテリア、ウイルス、及び生物学的由来の粒子（皮膚細胞、デトリタス等）を含む。いくつかのバイオエアロゾルは、慢性の及び/又は重大な健康影響を引き起こし、例えば、食いかびの種又は炭疽菌（炭疽菌の原因となるバクテリア）である。バイオエアロゾル濃度は、安全な病院、清潔な食品加工、薬物及び医学装置製造、及び空気質の維持において重要である。病気の空気伝播は、公衆衛生の観点から特に重要である。エアロゾル化されたバイオエージェントは、また、一般人又は軍人を害するためにテロリストによって用いられることができる。

40

【0006】

エアロゾル及びバイオエアロゾル濃度の測定（センシング）は、典型的には光学技術によって達成される。エアロゾル（例えば、空气中に拡散した $10\mu\text{m}$ 以下の個体及び液体粒子）濃度測定は、様々な光散乱測定によって容易に達成される。非特許文献1；非特許文献2参照。最も正確な方法は、長波長（ $>650\text{nm}$ ）のレーザーからの光散乱が測定

50

される検出キャビティへの、エアロゾルの流れにフォーカスする単一粒子カウンターの使用を必要とする。精密な光学部品は、(光源の光を除外する間に)光検出器への散乱光の収集及びフォーカスのために、必要とされる。光検出器は、光電効果(光子の電子への変換)を行うシリコン又はフォトカスケード材料(例えば、インジウムガリウム化合物)によって生成される。これらの材料は、例えば、光電子増倍管(PMTs)及びアパランシェフォトダイオード(APDs)のような、光子からの信号の高増幅を提供する検出器にパッケージされる。これらの検出器は、( $25\text{ mm}^2$ より小さい)小さくて水平配合に限定されるアクティブ検出領域を有する。また、これらの検出器は、\$100以上費用がかさみ、高感度のケースにおいてはしばしば\$1000を超えて費用がかさむ。

【0007】

10

紫外線(UV)及び青色光によって励起される自己蛍光(又は、内部蛍光)は、バイオエアロゾルの検出のためによく開発される。非特許文献3;非特許文献4、非特許文献5;非特許文献6;非特許文献7参照。微生物の自己蛍光を開発することは、潜在的な生体脅威を検出するためによりコスト効果のある手法の一つとして、広く見られている。バイオエアロゾル検出器は、典型的には、散乱している光(一般的なエアロゾルの濃度及びプロパティの測定)及び自己蛍光(出力された光子の検出)の組み合わせを用いる。自己蛍光に基づくバイオエアロゾル検出器は、生体粒子の内部に存在する分子蛍光体からの蛍光に依存する。クリーンな生体粒子のために、この蛍光は、トリプトファンとチロシン(アミノ酸)、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)及びリボフラビンのような生体化学物質に主に帰することができる。NADH及びリボフラビンは、アミノ酸よりも長い波長を吸収し出力する。非特許文献8;非特許文献9参照。例えば発光ダイオード(LED、蛍光波長  $\lambda_{exc} > 360\text{ nm}$ )又はレーザー( $\lambda_{exc} > 400\text{ nm}$ )のようなより長い波長の励起ソースを用いる能力は、このような機器のコストを減少させてよい。

20

【0008】

従来のバイオエアロゾル粒子検出器は、3つのメインコンポーネントに依存し、:(1)ターゲットされた蛍光体又は蛍光体のコレクションを励起するための適切な波長の励起ソース;(2)狭い気流にソースをフォーカスするための、及び生体的な粒子から出力された光子のコレクションをエンハンスするための、励起及び出力の両方における精密な光学部品(レンズ及びミラー);及び(3)例えばPMT、あるいは、APDのような高増幅検出器である。可視又は長波長から散乱している弾力光は、計数するために、及び、しばしば粒子を寸法するために用いられる。生体分子の自己蛍光は、微生物を検出するために用いられる。典型的なバイオエアロゾル検出器は、 $1 \times 10^{-4}\text{ cm}^3$ の蛍光アクティブ容量を有する小さな検出キャビティを用いており、ごく小さな各バイオエアロゾル粒子の検出のためのウィンドウを生成している。典型的な流速にて、バイオエアロゾル粒子は、平均で $1 - 10\text{ }\mu\text{m}$ の励起容量内で存在する。非特許文献3参照。結果として、各バイオエアロゾル粒子から出力及び散乱された光は、実質的には個別基準で収集され、信号は弱い。非特許文献10参照。この弱い信号は従って、弱い信号を収集するために、及び、高利得検出器(例えば、PMT、あるいは、APD)にフォーカスするために、精密なレンズ及びミラーの使用を要する。

30

40

【0009】

エアロゾル及びバイオエアロゾル濃度及び濃度における変化の測定は、例えば、エアロゾル用レーザエアロゾルスペクトロメータ(TSI社、ショービュー、ミネソタ、米国)、バイオエアロゾル用紫外線空気力学粒子サイザー(TSI社)、バイオエアロゾル用ワイドバンドインテグレートッドバイオエアロゾルセンサ(WIBS-4)(ドロップレット測定テクノロジーズ、ボルダー、コロラド、USA)、及び即時バイオリジカルアナライザ及びコレクタ(FLIRシステムズ株式会社、ウィルソンビル、オレゴン、USA)のような、様々な市販の機器にて可能である。しかしながら、このような機器は、コストにおいて\$10,000を超えることがあり、普及した法外なコスト使用となる。また、エアロゾル/バイオエアロゾルセンサの密集センサネットワーク(すなわち、中央ネッ

50

トワークと通信する多数のこれらの機器)を十分に有することは、法外なコストになる。センサネットワークの高コストは、また、各システムに投資することが困難であることを意味する。例えば、病院又は他の建物のいたるところに配置され、及び、エアフローに転換すること、あるいは、フィルタ及びエアハンドラのメンテナンスのための必要性を指し示すことにより、安全な環境の維持及びバイオエアロゾル濃度における変化への応答のために建物の制御システムに接続された、いくつかのバイオエアロゾルセンサを提供することが望ましい。

#### 【0010】

規定されたサンプリング期間(積分期間)の間、エアロゾルがリアルタイムでサンプルされる間、エアロゾルからデータを取得する、エアロゾル暴露モニタが開発されてきた。このような装置は、空気力学サイジングのための慣性インパクタ、収集及びその後の分析のための粒子収集フィルタ、リアルタイムで光散乱データを取得することによって粒子濃度を測定するためのネフェロメータを採用してよい。このような装置の例は、「エアロゾル暴露モニタリング」と題された2012年10月26日付け出願の国際公報第2013/063426号に記載されており、この公報の内容は、この全体の援用によって組み込まれる。また、知られているのは、例えば、溶液における細胞のような粒子の濃度を測定するタービドメータ(turbidometers)である。

#### 【先行技術文献】

#### 【非特許文献】

#### 【0011】

【非特許文献1】ハインズ著、エアロゾルテクノロジー、ニューヨーク、ジョンウィリー及びサンズ株式会社(1982)

【非特許文献2】レイマキ及びウィレキ著、測定法、エアロゾル測定、ウィレキ及びボロン著、ニューヨーク、バンノーランドレインホルド、112-129(1993)

【非特許文献3】ハーストン等著、「粒子の空気力学サイズ及び内部蛍光の同時測定を利用したバイオエアロゾルのリアルタイム測定のための機器の設計」、エアロゾル科学のジャーナル28(3):471-482(1997)

【非特許文献4】ホー著、「エアロゾル検出の未来」、分析科学会報457(1):125-148(2002)

【非特許文献5】アラノフスク等著、「UVAPSでのバクテリアエアロゾルのリアルタイム測定:パフォーマンス評価」、エアロゾル科学ジャーナル34(3):34(3):301-317(2003)

【非特許文献6】アマー著、「バクテリア識別及び特徴化のための固有蛍光の利用における最近の前進」、蛍光ジャーナル17(5):455-459(2007)

【非特許文献7】ホー等著、「クリーンルーム環境における低濃度での存在可能なバクテリアエアロゾルの存在を検出するためのリアルタイム光学手法を用いる可能性」、エーロバイオロジー27(2):163-172(2011)

【非特許文献8】ジェイ等著、「アドバンストリガー開発」、リンカーン研究ジャーナル、17(1):29-62(2007)

【非特許文献9】ヒル等著、「バイオエアロゾルの蛍光:バクテリアにおける主に蛍光及び吸収分子を含んでいる数学モデル」、光学部品エクスプレス21(19):22285-22313(2013)

【非特許文献10】グリーンウッド等著、「生物兵器材の検出及び識別のための光学的技術」、IEEEのプロシーディング97(6):971-989(2009)

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0012】

濃度及び粒子の他のプロパティに関連するデータを獲得するために、エアロゾル、バイオエアロゾル、及び液体における粒子の測定のための装置及び方法のための進行中の必要性が存在する。設計ジオメトリを簡略化し、及び精密部品の数及びコストを低減した状態

10

20

30

40

50

で、効率的に動作するこのような装置のための必要性も存在する。このような装置を製造、動作、及び維持するためにより少ないコスト及び労力を要するこのような装置のための必要性も存在する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

全体及び部分において、前述の問題、及び／又は、当業者によって観察されてきてよかった他の問題にアドレスするために本開示は、以下に示す実装における例の手法によって記載されているように、方法、プロセス、システム、装置、機器、及び／又はデバイスを提供する。

【0014】

10

1つの実施形態によると、粒子検出器は、サンプル入口及びサンプル出口を備えているハウジングであり、縦軸に沿っているキャビティ長を有している検出キャビティを取り囲んでおり、前記ハウジングは、前記サンプル入口から、前記検出キャビティを介して、前記サンプル出口へのサンプル流体のためのフローパスを画定している、前記ハウジングと、前記検出キャビティにて流れている前記サンプル流体の粒子へ、前記縦軸に沿って照射光を向けるように構成された光源と、前記キャビティ長の少なくとも一部に沿って前記検出キャビティを囲んでいる光電材料であって、前記光電材料は、前記縦軸に対して曲げられた複数の測定光パスにて前記粒子から伝播している測定光を受けるように構成された、前記光電材料と、を備える。

【0015】

20

他の実施形態によると、サンプル流体における粒子を測定するための方法は、検出キャビティを介してサンプル流体を流すステップと、前記サンプル流体における粒子を照射するために、縦軸に沿って前記検出キャビティを介して照射光を向けるステップであって、前記粒子は、前記照射への応答において測定光を出力するステップと、前記縦軸に対して曲げられた複数の測定光パスにおいて前記粒子から伝播している光電材料の測定光を受けるステップであって、前記光電材料は、前記キャビティ長の少なくとも一部に沿って前記検出キャビティを囲んでいるステップと、を含む方法。

【0016】

いくつかの実施形態において、前記サンプル流体は、エアロゾルである。

【0017】

30

他の実施形態においては、前記サンプル流体は、液体である。

【0018】

発明の他のデバイス、装置、システム、方法、特徴及び利点は、以下の図面及び詳細の記述の研究にて、当業者に明らかであり、あるいは、明らかであろう。全てのこのような追加のシステム、方法、特徴及び利点が本記載内に含まれており、本発明の範囲内であり、及び添付の請求によって保護されることを意図されている。

【0019】

本発明は、以下の図面を参照することにより、より良く理解され得る。図面におけるコンポーネントは、スケールのために必須でなく、本発明の原理を示すことを重んじることによって代えて強調する。図面においては、同様な参照番号は、異なる視点を通して対応しているパーツを示す。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本開示のいくつかの実施形態に係る粒子検出器の例の概略斜視図である。

【図2】縦軸（Z - 軸）に沿った任意のポイントで得られた、図1に図示された粒子検出器の概略断面図（x - y平面）である。

【図3】x - z平面として任意に得られた、図1に図示されている粒子検出器の概略平面図である。

【図4】粒子検出器において用いられてよい迷光ブロック装置の例を図示している、図1に図示されている粒子検出器の概略平面図である。

50

【図 5】粒子検出器において用いられてよいビーム成形光学部品の例を図示している、図 1 に図示されている粒子検出器の概略平面図である。

【図 6】図 1 に図示された粒子検出器において用いられてよいフレキシブル光検出器の例の概略平面図である。

【図 7】他の実施形態に係る粒子検出器の概略断面図である。

【図 8】いくつかの実施形態に係る粒子検出器の他の例の概略平面図である。

【図 9】いくつかの実施形態に係る粒子検出器の他の例の概略平面図である。

【図 10】いくつかの実施形態に係る粒子検出器の他の例の概略平面図である。

【図 11】いくつかの実施形態に係る粒子検出器の他の例の概略断面図である。

【図 12】スキャンニングモビリティ粒子サイザー (S M P S) で測定され、及び、例 1 の以下の粒子検出器によってサンプルされた I S O ウルトラファインアリゾナロードダストのサイズ分布のプロットであり、 ; ダストがエアロゾル混合チャンバに分布され、及びこの後、濃縮粒子カウンター (C P C) に接続された S M P S でサンプルされた図である。

10

【図 13 A】エアロゾル混合チャンバがウルトラファインアリゾナロードダストの量でチャージされ、そしてこの後、例 1 における以下に記載の粒子検出器によってサンプルされる、エアロゾル濃度のプロットであり、 ; アエロダイナミックパーティクルサイザー (A P S) 、及び C P C が図 12 と接続している上述を参照し、チャンバでのエアロゾル濃度における衰減は、全ての 3 つの機器によって捕獲され、報告された粒子検出器応答は、測定電圧、マイナス、センサを介して流れている粒子なし大気であるがレーザーで測定されたベースラインである、図である。

20

【図 13 B】例 1 における以下に記載の粒子検出器の応答と A P S の粒子計数との比較のプロットであり、報告された粒子検出器応答は、測定電圧、マイナス、センサを介して流れている粒子なし大気であるがレーザーで測定されたベースラインである、図である。

【図 13 C】例 1 における以下に記載の粒子検出器の応答と C P C の粒子計数との比較のプロットであり、報告された粒子検出器応答は、測定電圧、マイナス、センサを介して流れている粒子なし大気であるがレーザーで測定されたベースラインである、図である。

【図 14】不活性なエアロゾル及びバイオエアロゾルのための模擬物質としてのチノバル添加及び無添加のサイロイドエアロゾルに対する、例 2 における以下の粒子検出器の応答のプロットであり、 ; 紫外線 U V ゲルフィルタによって保護された粒子検出器の光電池光検出器の応答は、出力される蛍光により、及び、散乱された励起光子によらない、図である。

30

【図 15】蛍光的に添加されたサイロイドエアロゾル (2 % チノバル) に対する、例 2 における以下に記載の粒子検出器の応答のプロットであり、 ; A P S 及び C P C は (蛍光を測定せずに) 合計粒子計数を提供し、 ; 報告された粒子検出器応答は、測定電圧、マイナス、センサを介して流れている粒子なし大気であるがレーザーで測定されたベースラインである、図である。

【図 16】B g 胞子のための紫色 405 nm 及び赤色 650 nm レーザーを有する、例 3 における以下に記載の粒子検出器の応答のプロットの図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0021】

本明細書で用いられているように、用語「エアロゾル」は、一般的に、観察及び測定のために十分に長い気体媒質において漂っている液体又は固体粒子 (あるいは、微粒子、又は微粒子物質) のアセンブリを指す。エアロゾル粒子のサイズは、典型的には、約 0.001  $\mu\text{m}$  から約 100  $\mu\text{m}$  の範囲である。カルカミ等著、エアロゾル測定、第 3 版、ジョンウィリー & サンズ株式会社 (2011), p. 821 参照。用語「気体流体」は、一般的に、気体 (又は気体流体、あるいは、気相流体) を指す。気体は、液滴又は蒸気を含んでも含まなくてもよく、及びエアロゾル粒子を含んでも含まなくてもよい。気体の例は、限定されないが、大気である。エアロゾルは、それから、粒子及び粒子を巻き込み又は保持する気体として考えられてよい。

50



## 【 0 0 2 2 】

本明細書で用いられているように、用語「バイオエアロゾル」は、一般的に、1つ以上の生体粒子が漂っている又は保持されているエアロゾルを指す。用語「生体粒子」は、一般的に、生体物質、あるいは、生体物質と生体物質が保持されている非生体粒子との組み合わせを指す。これは、生体物質がそれ自身、エアロゾルにおいて自由に漂う粒子であってよく、あるいは、生体物質及び非生体粒子がエアロゾルにおいて一緒に漂うように、非生体粒子に保持されてよい、ということである。生体物質は、例えば、捕捉、根入れ、粘着、吸着、引力、親和力等のようないくつかのメカニズムによって、非生体粒子に保持されてよい。生体物質の例は、限定されないが、孢子（例えば、菌類孢子、バクテリア孢子等）、真菌類、カビ、バクテリア、ウイルス細胞、又は、細胞内のコンポーネント、生体的由来の粒子（例えば、皮膚細胞、デトリアス等）等を含む。

10

## 【 0 0 2 3 】

本明細書で用いられているように、別な方法で示されなければ、あるいは、内容がその他の点を規定しなければ、用語「エアロゾル」は、一般的に、用語「バイオエアロゾル」を包含し、及び、用語「粒子」は、一般的に、用語「生体粒子」を包含する。

## 【 0 0 2 4 】

本明細書で用いられているように、別な方法で示されなければ、あるいは、内容がその他の点を規定しなければ、用語「流体」は、一般的に、用語「気体」と共に用語「液体」を包含する。液体において漂っている又は保持されている粒子は、エアロゾルにおいて漂っている又は保持されている粒子と共に、本明細書で開示される装置及び方法によって検出されてよい。

20

## 【 0 0 2 5 】

本明細書で用いられているように、「光」は、一般的に、光子として量子化され得る電磁放射を指す。本開示に係るように、光は、紫外線（UV）から赤外線（IR）の範囲の波長で伝播してよい。本開示において、用語「光」、「光子」、及び「放射」は、交換可能に用いられる。

## 【 0 0 2 6 】

本明細書で用いられているように、材料は、所望の波長又は波長の範囲の光を（最小の光透過損失で）効率的に通し得る場合、「光学的に透明」である。

## 【 0 0 2 7 】

図1は、いくつかの実施形態に係る、粒子検出器100の例の概略斜視図である。一般的に、粒子検出器100は、粒子を含んだサンプル流体（すなわち、エアロゾル又は液体）が流れてよい検出キャビティ104（又は、サンプルボリューム）を画定する（例えば、含む、あるいは、囲む）ように構成され、1つ以上の選択された波長の照射光（すなわち、光源の光）の1つ以上のビーム108を生成し、粒子112における照射入射光と相互作用するために検出キャビティ104における粒子112を有効にするために、検出キャビティ104にビーム108を向け、及び、照射に応じて粒子112から出力される測定光（又は、出力光）を収集する（受光する）。粒子検出器100は、図1における光線によって部分的に描かれているように、測定光が伝播する複数のパス116を介して、大きな検出領域（すなわち、大きな光子収集領域）にて測定光を収集するように構成されている。これらの目的のために、粒子検出器100は、ハウジング120あるいはフロースルー検出キャビティ104を画定するための他の構造、照射光の1つ以上のビーム108を生成するための1つ以上の光源124、及び、複数の異なるパス116にて測定光を収集するための1つ以上の光検出器128を備えてよい。粒子検出器100は、サンプル流体が粒子検出器100を流れるときに、リアルタイムで粒子データを獲得するように動作されてよい。

30

40

## 【 0 0 2 8 】

本内容においては、「照射」光は、光源124によって生成され、測定光から識別されるように、及び、背景光（すなわち、例えば外乱光のように、背景信号ノイズに資するのみである非分析光）から識別されるように、検出キャビティ104において粒子を照射す

50

るために用いられる光を指す。本内容においては、「測定」光は、照射に応答する粒子から出力される光を指す。測定光は、粒子からの散乱された（反射された）光、あるいは、粒子から出力された蛍光性の光を指す。粒子検出器 100 は、散乱された光、及び / 又は、蛍光的に出力された光を測定するように構成されてよい。粒子検出器 100 は、散乱された光、及び、蛍光的に出力された光を、同時に又は順次測定するように構成されてよい。

#### 【0029】

散乱された光に関して、粒子検出器 100 は、特に、弾力的に散乱された光を測定するために構成されてよい。粒子への照射光の入射は、粒子のサイズ及び形状、及び粒子の屈折率及びサンプル流体の屈折率の差異によって、照射光として同じ波長で粒子から弾力的に散乱されてよい。散乱モードは、レイリー（Rayleigh）散乱、ミー（Mie）散乱、又は幾何学散乱であってよく、照射光の波長に関連する粒子のサイズに依存している。蛍光性の出力される光に関して、照射光は、粒子（特に、生体粒子）の蛍光体において自己蛍光を引き起こすための励起光として用いられてよい。これは、蛍光体含有粒子に入射する適切な波長又は波長範囲の照射光が、粒子によって吸収されてよく、そして、それによって、粒子に蛍光させてよく、すなわち、異なる（典型的にはより長い）波長又は波長範囲での出力光である。

#### 【0030】

一般的に、測定光は、図 2 及び図 3 に更に示されているように、縦軸 132 に対していくつかの多数の向きにおいて照射されている粒子から伝播されてよい。参照の目的のために、縦軸 132 は、z 軸として考えられてよく、及び、縦軸 132 に直交する断面は、xy 平面として考えられてよい。図 2 は、縦軸 132 に沿って任意の位置で取られた粒子検出器 100 の（xy 平面）概略断面図である。照射された粒子 136 は、縦軸 132 に直接任意に配置されていた。図 2 に示されるように、測定光が伝播するほとんど又は全てのパス 116 は、縦軸 132 に対してラジアルコンポーネントを有する。図 3 は、粒子検出器 100 の概略平面図である。平面図は、粒子検出器 100 を縦軸 132 について 90° だけ y-z 平面に向けて回転することは本質的に同じ視認をもたらすという理解で、xy 平面として任意にみなされている。照射された粒子が照射後に瞬間又は短く横たわる xy 平面は、垂直破線 340 によって示される。図 3 に示されているように、測定光が伝播するパス又は方向は、xy 平面 340 に対して、純粋ラジアルパス 342、前方角パス 344、及び後方角パス 346 を備えてよい。本内容において、純粋ラジアルパス 342 は、実質的には、xy 平面 340 において横たわっており、前方角パス 344 は、xy 平面 340 に対していくつかの正の角度にて向けられており（すなわち、下流の方向において指されたラジアルコンポーネント及びアクシャルコンポーネントの両方を有する）、後方角パス 346 は、xy 平面 340 に対していくつかの負角度にて向けられている（すなわち、上流の方向において指されたラジアルコンポーネント及びアクシャルコンポーネントの両方を有する）。以下で更に記載されるように、光検出器 128 は、照射された粒子 136 から出ている、純粋ラジアルパス 342、前方角パス 344、及び後方角パス 346 の多数を伝播している光子を補足できる。

#### 【0031】

図 1 を再度参照して、ハウジング 120、あるいは、検出キャビティ 104 を画定している他の構成は、縦軸 132 についてチャンバ又は内部を取り囲んでよく又は囲んでよい。チャンバ又は内部は、検出キャビティ 104 と同一の広がりをもってよく、あるいは、少なくとも検出キャビティ 104 を備えてよい。ハウジング 120（又は、検出キャビティ 104 を画定している部分）は、一般的に、縦軸 132 がハウジング 120（又は、検出キャビティ 104 を画定しているハウジング部分）の中心軸となるように、縦軸 132 について対称であってよい。いくつかの実施形態では、ハウジング 120（又は、検出キャビティ 104 を画定しているハウジング部分）は、一般的に、図 1 において示されているように、円筒状であってよく、一方、他の実施形態では、球状又は多角形状であってよい。ハウジング 120 は、検出キャビティ 104 が縦軸 132 に沿ってのびるように、構

10

20

30

40

50

成されてよい。伸びているジオメトリの1つの例として、縦軸132に沿っている検出キャビティ104の長さは、その断面寸法よりも長くてよい。本内容においては、用語「断面寸法」は、縦軸132に直交する平面における検出キャビティの断面（断面流領域）のサイズを特徴付ける最大寸法（例えば、円形断面の直径、楕円形断面の長軸、あるいは、多角形断面の横の長さ又は反対側の角の間の距離）を指す。ハウジング120は、サンプル入口152から、検出キャビティ104を介して、そしてサンプル出口154へのサンプルフローパスをハウジング120が画定するように配置された、サンプル入口152及びサンプル出口154を備える。サンプル入口152及びサンプル出口154は、典型的には、粒子検出器100の外部の周辺環境に開いている。検出キャビティ104の軸長さは、サンプル流体を受ける第1の端部と、サンプル流体が排出される軸方向反対側の第2の端部との間に画定されてよい。ハウジング120の構成に依存して、検出キャビティ104の第1の端部は、一般的に、サンプル入口152に対応して（又は、近傍に設けられて）よく、検出キャビティ104の第2の端部は、一般に、サンプル出口154に対応して（又は、近傍に設けられて）よい。

#### 【0032】

光源124は、選択された波長の照射光を生成するために適したいくつかの光源であってよい。典型的には、選択された波長は、単一の波長であり、光源124が選択された波長の周囲の狭い波長帯において光子を出力するケースにおいて、主波長又はピーク波長（あるいは、中心波長）であってよい。照射波長又は波長は、例えば、散乱された光又は蛍光性の光のような、測定のあるタイプを実装するために選択されてよい。光源124の例は、限定されないが、発光ダイオード（LEDs）、レーザー、レーザーダイオード（LDs）、及び中心又はピーク波長にて主に光を出力するように構成されたランプを備える。光源124が照射光を出力するパワーは、ワットオーダー（例えば、0.5から10W）であってよいが、より一般的には光源124の出力パワーに制限は設けられてない。光源124は、連続波（CW）及び/又はパルス動作のために構成されてよい。光源124は、照射光のビーム108が縦軸132と同軸又は実質的に同軸になるように、検出キャビティ104に対して配置されてよい。光源124は、いくつかの適切な手法によって、ハウジング120、あるいは、粒子検出器100の他の構造に設けられてよい。照射光が、一般的には、検出キャビティを介して流れるサンプル流体と平行又は同じ方向において伝播するように、光源124は、検出キャビティ104の第1の端部にあるいは第1の端部に近い方に設けられてよい。用いられる光源124のタイプに依存して、ビーム108は、干渉性又は非干渉性（分岐）であってよい。ビーム108は、従来的にフォーカスされるレーザビームによって生成されたライン又はポイントに反して、大断面及びそれから大容積の検出キャビティ104の内部の一般的に円筒形状の粒子照射領域を提供してよい。ビーム108の断面は、円形又は楕円形であってよい。ビーム108の比較的大容量は、粒子検出器100の感度及び検出下限（LOD）を増大させる結果をもたらしてよい。いくつかの実施形態では、ビーム108は、0.4mmから4cm（4000mm）の範囲の断面寸法（例えば、直径又は長軸）を有する。いくつかの実施形態では、ビーム108は、検出キャビティ104の断面領域の1%から80%の範囲における断面領域を有する。

#### 【0033】

光源124は、生成される測定のタイプのために選択された照射波長にて照射光を放出するように構成されてよい。いくつかの実施形態において、照射波長は、250から1500nmの範囲内である。様々な実施形態において、照射波長は、紫外範囲内、可視範囲内、あるいは、赤外範囲内であってよい。散乱された光を測定するために、光源124は、例えば、低コストのような要因に基づいて選択され、自己蛍光を導かない照射波長での出力等である。蛍光出力を測定するために、光源124は、関心である一定の生体粒子を励起するために必要とされる照射波長に基づいて選択されてよい。いくつかの実施形態において、より長い照射波長は、散乱された放射を検出するために用いられてよいが、より短い照射波長は、蛍光体を励起するために用いられてよい。例えば、例えば紫色（例えば

10

20

30

40

50

、405 nm) から赤外線 (IR、例えば、900 nm) のような長波長である可視は、いくつかの実施形態においては、赤外線波長に近い赤色 (例えば、650 nm) が典型的であり、散乱された放射を検出するために用いられてよい。他の例として、紫外線 (UV) から青色波長 (例えば、365 から 450 nm) は、蛍光体の励起のために用いられてよい。下の表は、2% のチノバル (商標) CBSX 蛍光体 (BASF、フロマンパーク、ニュージャージー、アメリカ合衆国) でターゲットされた、サイロイド (商標) シリコンパウダー (W. R. グレイスアンドカンパニー、コロンビア、メリーランド、アメリカ合衆国) である、2% のチノバルのサイロイド (Tinopal-on-Syloid) である、実験代用物と共に、ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (NAD) 及びリボフラビンである、僅かな生態的に関連する蛍光体のグラウンド及び励起されたステータスプロパティを提供する。

【0034】

【表1】

蛍光体	粒子毎の 合計蛍光体 (#／粒子)	吸収係数 (M <sup>-1</sup> cm <sup>-1</sup> )	光吸収開始 (nm)	出力 スペクトラル 範囲	蛍光のための 量子収量	蛍光 ライフタイム (ns)
2% サイロイドに おけるチノバル	1.5 x 10 <sup>7</sup>	1,000	< 420	380 – 575	0.81	1.2
フリー NADH (蛋白結合 NADH)	4.8 x 10 <sup>6</sup>	6,220	< 410	390 – 510	0.020 (0.08)	0.38, 0.74 (1.2)
リボフラビン	2 x 10 <sup>6</sup>	15,000	< 500	480 – 610	0.3	4.1

【0035】

いくつかの実施形態においては、粒子検出器 100 は、図 1 における例のために示されているように、光トラップ 158 (光学的「ビームダンプ」) を備えてよい。光トラップ 158 は、光源 124 としての光検出キャビティ 104 の反対側において、光源 124 と光学的に整列して設けられてよい。一般的に、光トラップ 158 は、光を効果的に吸収し、及び、検出キャビティ 104 への戻り反射を防止するために適したいくつかの構成を有してよい。光トラップのための様々な構成は、当業者によって知られている。例として、光トラップ 158 は、不透明 (「光学的に黒色」) 又は非反射的である、あるいは、少なくとも検出キャビティ 104 と対向しているこれらのプレート又はキャビティの表面が不透明又は非反射的であるプレート又はキャビティを備えてよい。光トラップ 158 は、当業者によって理解されるような光を捕捉するように構成されたジオメトリ又は構造を備えてよい。必要であれば、光トラップ 158 は、ヒートシンク、あるいは、光トラップ 158 から熱を除去するための他の手段を備えてよい。

【0036】

いくつかの実施形態において、必要又は所望であれば、粒子検出器 100 は、光検出器 128 における衝突から迷光を防止するように構成された装置 (1 つ以上のコンポーネント) を備えてよい。一般的に、迷光は、光検出器 128 による光の測定が望まれないような、非分析値を有するいくつかの光である。迷光の例は、散乱された又は蛍光性の光を生成するために、粒子との最初の相互作用を行わない、光検出器 128 に直接的に衝突して

いる照射光である。迷光は、検出キャビティ 104 において粒子が欠乏している状態でさえも、光検出器 128 によって生成された検出器出力信号を高め、そしてそれから、粒子検出器 100 の信号ノイズ比 (S/N) を下げる大きなバックグラウンド (又は、ベースライン) 信号に貢献してよく、また、測定データを巻き込んでよい。光検出器 128 の反応曲線の感部内に留めるために、バックグラウンドシグナルを最少化することが望まれる。テストは、1 ボルト (V) から数ミリボルト (mV) に光検出器 128 のベースライン電圧応答を減少させることが、 $1,000 \text{ s} \# / \text{cm}^3$  から  $100 \# / \text{cm}^3$  未満のエアロゾルのために LOD を劇的に下げるということを論証してきた。

#### 【0037】

図 4 は、開口 464 を有しているプレート 462 (あるいは、ウォール、バッフル等) の形式である装置の例を概略的に示す。一般的に、プレート 462 は、光源 124 の光学的に「下流」に設けられていてよく、すなわち、光学的には、光源 124 及び光検出器 128 の間である。プレート 462、あるいは、光検出器 128 に対向しているプレート 462 の表面 (又は、表面のコーティング) は、照射光及びいくつかの他の迷光を吸収するために、不透明又は非反射性であってよい。従って、プレート 462 は、さもないと光検出器 128 に到達し得る迷光をブロックしている、光子損失表面として働く。ところで、開口 464 によって、光 (及びサンプル流体) は、縦軸 132 の近傍においてパスに沿ってプレート 462 を介して通過することが可能となり、それによって、このような光が、粒子と相互作用して、意図された波長の照射光になる可能性があることを確実にする。光源 124 及び光検出器 128 に対するプレート 462 の軸位置、及び、開口 464 のサイズは、プレート 462 の光子ブロック機能を最適化するために必要とされるように選択されてよい。開口 464 は、一般的に、縦軸 132 において中心であってよい。いくつかの実施形態においては、開口 464 は、ガスコンダクタンスバリアとして動作しない、局所化された乱気流を引き起こさない、あるいはさもないと、検出キャビティ 104 を介するサンプル流体フローの動力学を明らかに変更しないように、十分に大きくなるべきである。1 つより多いプレート 462 は、所望される場合に提供されてよい。また、プレート 462 は、1 つより多い開口 464 を備えてよい。他の実施形態においては、照射光のビーム 108 は、十分に干渉しており及び / 又は調整されており、プレート 462 又は同様な装置は必要とされない。

#### 【0038】

いくつかの実施形態において、ハウジング 120、あるいは、検出キャビティ 104 を画定しているハウジング 120 の少なくとも一部は、低反射率材料にて構成されてよく、あるいは、少なくともハウジング 120 の内面 (又は、これに適用されているコーティング) は、低反射 (あるいは、不透明、又は非反射) 材料にて構成されてよい。これは、迷光が光検出器 128 に到達することを阻止するのに用いられてよい。

#### 【0039】

いくつかの実施形態においては、必要又は所望であれば、粒子検出器 100 は、ビーム成形光学部品を備えてよい。ビーム成形光学部品は、1 つ以上の光学コンポーネント (例えば、レンズ) を備えてよい。本内容においては、用語「ビーム成形光学部品」は、波長をフィルタすることなしで、光ビーム又はビームパスを修正する光学コンポーネントを指す。図 5 は、ビーム成形光学部品 570 の例を概略的に示す。1 つの例として、ビーム成形光学部品 570 は、照射光のビームを調整するためのコリメータ (コリメートレンズ) であって、あるいは、を備えてよい。このようなビーム成形光学部品 570 は、プレート 462、あるいは、上述の図 4 にて示された他の迷光ブロック装置に代えて又は加えて提供されてよい。光源 124 に対するビーム成形光学部品 570 の軸位置は、そのビーム成形機能を最適化するために必要とされるように選択されてよい。他の実施形態において、ビーム成形光学部品 570 は、光源 124 のパッケージあるいはアセンブリに実装されてよい。他の実施形態において、光源 124 によって生成された照射光のビーム 108 は、十分に干渉しており及び / 又は調整されており、光源 124 から離れており性質が異なっているコリメータは、必要とされない。他の例として、コリメータに代えて又は加えて、

ビーム成形光学部品 570 は、光源 124 から出力されたビーム 108 の径を増大させるように構成されたビームエキスパンダであってよく又は備えてよい。

#### 【0040】

図 1 を参照して、光検出器 128 は、上述のように縦軸 132 に対して曲げられた測定光パスを含んでいる、測定光が伝播する複数のパス 116 を介して大きな検出領域（すなわち、大きな光子収集領域）で測定光を収集するように構成されている。これの末端に、光検出器 128 は、大きな領域アクティブ光電材料を備えてよい。光検出器 128 は、また、当業者によって理解されるように、アクティブ材料と接続されている 1 つ以上のアノード及びカソードを備える。光検出器 128、あるいは、少なくとも光電材料は、少なくともキャビティ長の一部に沿って検出キャビティ 104 を取り囲む。例示の実施形態において、光検出器 128、あるいは、少なくとも光電材料は、ハウジング 120（あるいは、検出キャビティ 104 を画定しているハウジング 120 の一部）の外面の周囲をコンフォーマルに覆うこと、あるいは、ハウジング 120 の内面にコンフォーマルに並ぶことの何れかが可能となっている、フレキシブル材料（1 つ以上のフレキシブル材料層）からなっている。典型的な実施形態においては、光電材料は、フレキシブルになるように比較的薄い（例えば、ミリメートルオーダー以下）。光電材料は、粒子検出器 100 のため考慮された測定光の波長の範囲にて、効率的な光電活動及び十分な感度を示しているいくつかの材料（あるいは、2 つ以上の材料の合成）によって構成されてよい。例えば、光電材料は、無機、有機、あるいは無機/有機半導体の薄膜であってよく、1 つの非限定の例は、アモルファスケイ素である。光電材料は、一般的に、入射する光へのつり合いにおいて変化する、少なくとも 1 つの電子特徴（電流、電圧、あるいは、抵抗）を有する材料であってよい。

#### 【0041】

いくつかの実施形態においては、光電材料は、表面において入射する光子への電流応答及び電圧応答の両方を生成する光電池（PV）である。低光コンディションのために、電流応答及び電圧応答の両方は、観測されて及び PV 材料に当たっている光子の量に釣り合っている。PV 材料のオープン回路電圧（OCV）は、低レベル入射光（0.1 サンズ；あるいは、粒子又は蛍光出力からの弾力的散乱に対応する入射光子の量）と、OCV における増加の結果をもたらすこととの間の対数応答関係によって、低レベル粒子濃度変化（例えば、100 # / cm<sup>3</sup> 未満）への測定可能な応答を示してよい。他のケースにおいては、例えば高粒子濃度のような、PV 材料の電流応答の測定は、より有用となり得る。

#### 【0042】

典型的な実施形態においては、少なくとも光電材料の 1 つのサイドは、フレキシブル基板（例えば、ポリミドのようなポリマー層又はフィルム）によって支持されている。いくつかの実施形態においては、光電材料は、基板によって完全にカプセル化されて（基板に実装されて）いてよく、あるいは、動作環境から光電材料を保護するために、基板と追加のカプセル化されているレイヤ又はフィルムとの間に挟まれてよい。光電材料の光子収集サイドを覆っているいくつかのレイヤ又はフィルムは、光学的に透明であるべきである。いくつかの実施形態において、光子収集サイドは、透明電極によって覆われてよい。いくつかの実施形態において、光子収集サイドは、光学的フィルタ材料のレイヤ又はフィルムによって覆われてよく、以下に記述する例であってよい。

#### 【0043】

光電材料は、縦軸 132 の周囲の 360°あるいは 360°付近にわたっている検出領域を提供するために、検出キャビティ 104 を完全にあるいは実質的に完全に取り囲んでよい。光電材料は、検出キャビティ 104 に近接して取り囲んでよい。代替的に、光電材料は、複数のディスクリットユニット、あるいは、相互に離れており検出キャビティ 104 を集団的に取り囲んでいる光電材料のセルを備えてよい。

#### 【0044】

図 6 は、粒子検出器 100 において用いられているフレキシブル光検出器 628 の例の平面概略図である。光検出器 628 は、一般的に、フレキシブル基板 680 に設けられて

10

20

30

40

50

いるフレキシブル光電材料 6 7 8 を備えてよい。この例において、光電材料 6 7 8 は、複数の光電材料、あるいは、光電ユニット又はセル 6 8 2 を備える。光電ユニット 6 8 2 は、相互に離されているが、アクティブ検出領域のサイズを最大化するように、接近してグループ化されてよい。図示されている例では光電ユニット 6 8 2 が 1 次元アレイにおいて設けられているが、他の実施形態において、これらは 2 次元アレイにおいて設けられてよい。光検出器 6 2 8 は、最初のうちは、平面ストリップとして提供されてよく、そしてこの後、検出キャビティ 1 0 4 を取り囲むように操作されてよい。例えば、光検出器 6 2 8 は、上述のように、ハウジング 1 2 0 にコンフォーマルに設けられてよい。従って、円筒状又は球状のハウジングのケースにおいて、光検出器 6 2 8 は、シリンダー、バンド、又はリングとして、検出キャビティ 1 0 4 を取り囲んでよい。光検出器 6 2 8 は、光電ユニット 6 8 2 のアクティブ材料によって多くを示されているかなりの表面領域 ( $L \times D$ ) を提示してよい。1 つの非限定の例として、寸法  $L$  は、数十ミリメートル以上のオーダーであってよく、及び寸法  $D$  は、数百ミリメートル以上のオーダーであってよい。円筒状又は球状のハウジングに適用されるとき、寸法  $L$  及び  $D$  は各々、光検出器 6 2 8 のシリンダー長及び径に対応する。光検出器 6 2 8 は、当業者に理解されるように、様々な電流運搬コンポーネント (不図示の相互接続、ワイヤ、コンタクト等) を備えてよい。1 つの非限定の例において、光検出器 6 2 8 は、パワーフィルム株式会社、アメス、アイオワ、アメリカ合衆国から市販の P V モジュール (例えば、モデル M P 3 3 7) に基づいてよい。

#### 【0045】

すべてのこのような実施形態において、光電材料 6 7 8 は、測定光の格子が入射されてよく、そしてそれによって検出及び測定されてよい、検出キャビティ 1 0 4 を取り囲んでいる極めて多数の検出ポイントを提供する。これらの検出ポイントは、(図 6 の寸法  $D$  における) 中心軸に対して異なる角度位置、及び / 又は、(図 6 の寸法  $L$  における) 縦軸に対して異なる軸位置に設けられてよい。図 2 及び図 3 から明らかなように、光電材料 6 7 8 は、照射された粒子からの多数の異なるパスを通して伝播している測定光のためにターゲットを提供する。この構成によって、光検出器 6 2 8 は、粒子から出力している個別の光学測定信号は比較的弱くてもよいが、比較的高い強度の測定の電子検出信号を出力することができる。

#### 【0046】

図 1 を参照して、いくつかの実施形態において、粒子検出器 1 0 0 は、光検出器 1 2 8 の光電材料の光子収集サイドと縦軸 1 3 2 との間に光学的に設けられている 1 つ以上の光学的フィルタ 1 8 6 を更に備える。これは、光学的フィルタ 1 8 6 が、光電材料に向けられたいくつかの測定光がまず光学的フィルタ 1 8 6 を介して通過しなければならないように、設けられていることである。いくつかの実施形態において、光学的フィルタ 1 8 6 は、光電材料に、すなわち、光電材料、あるいは、光電材料を覆っている又はカプセル化しているレイヤ又はフィルムに直接的に、設けられている。光学的フィルタ 1 8 6 は、一般的に、1 つ以上の波長の範囲をブロックするように構成されてよく、そしてそれから、ローパス、ハイパス、あるいは、バンドパスフィルタであってよい。光学的フィルタ 1 8 6 は、所望のパス / ブロック特徴を獲得するように、2 つ以上の光学的フィルタにて構成されてよい。光学的フィルタ 1 8 6 は、個体 (例えば、ガラス、あるいは、ポリマー)、あるいは、ゲル (例えば、ポリマー) 材料であってよく、及び、光電材料をコンフォーマルに覆うように十分にフレキシブルなように薄く及び / 又はしなやかであってよい。1 つの非限定の例において、ゲルフィルタは、ロスコ研究所株式会社、スタンフォード、コネチカット、アメリカ合衆国から市販のものであってよい。

#### 【0047】

図 2 の断面図は、光電材料の可能な配列及びハウジングに対する光学的フィルタのいくつかの例を示す。光電材料及び光学的フィルタが設けられている検出器キャビティ 1 0 4 の領域で、粒子検出器 1 0 0 は、検出キャビティを取り囲んでいる少なくとも 3 つのレイヤ: 第 1 (内部) レイヤ 2 0 2、第 1 レイヤ 2 0 2 を取り囲んでいる第 2 (中間) レイヤ 2 0 6、及び第 2 レイヤを取り囲んでいる第 3 (外部) レイヤ、を備えているものとして

考えられ得る。１つの実施形態において、第１レイヤ２０２は、光学的フィルタであり、第２レイヤ２０６は、ハウジング（すなわち、ハウジングのウォール）であり、及び、第３レイヤ２１０は、光電材料である。したがって、この実施形態においては、光学的フィルタは、ハウジングの内面にコンフォーマルに設けられており、光電材料は、ハウジングの外面にコンフォーマルに設けられている。他の実施形態において、第１レイヤ２０２は、光学的フィルタであり、第２レイヤ２０６は、光電材料であり、第３レイヤ２１０は、ハウジングである。従って、この実施形態においては、光電材料がハウジングと光学的フィルタとによって挟まれるように、光電材料は、ハウジングの内面にコンフォーマルに設けられており、及び、光学的フィルタは、光電材料にコンフォーマルに設けられる。更なる他の実施形態において、第１レイヤ２０２は、ハウジングであり、第２レイヤ２０６は、光学的フィルタであり、及び、第３レイヤ２１０は、光電材料である。従って、この実施形態においては、光電フィルタが光電材料とハウジングとによって挟まれるように、光電フィルタは、ハウジングの外面にコンフォーマルに設けられており、及び、光電材料は、光電フィルタにコンフォーマルに設けられる。光電材料がハウジングの外部であるケースにおいて、ハウジング（あるいは、少なくとも光電材料で同一の広がりを持つ部分）は、光学的に透明である。必要であれば、レイヤ２０２、２０６、及び２１０は、例えば、粘着、機械ファスナー等のようないくつかの適切な手法によって相互に固定されてよい。光学的フィルタ無しの実施形態において、光電材料は、ハウジングの内面、あるいは、外面に直接的にコンフォーマルに設けられてよい。

10

#### 【００４８】

20

光学的フィルタは、一般的に、アプリケーションに依存している、選択された波長又は波長の範囲（所望でない光子）をブロックするように構成されてよい。例えば、自己蛍光を測定するとき、光学的フィルタは、蛍光体を励起するために用いられる照射光の波長をブロックしている間に、蛍光性の測定光の波長を通過させるように構成されてよい。他の例では、散乱を測定するとき、光学的フィルタは、例えば、迷外乱光のような他の波長をブロックしている間に、照射光（そして従って、散乱測定光の波長）を通過させるように構成されてよい。

#### 【００４９】

図１を参照して、いくつかの実施形態において、粒子検出器１００は、光検出器１２８と信号通信するように設けられてよいデータ収集装置１９０を更に備えてよい。データ収集装置１９０は、光電材料により出力される電気検出器信号において具現化されるように、光電材料の応答（例えば、電圧応答、電流応答、及び／又は抵抗応答）を測定するように構成されてよい。データ収集装置１９０は、アナログ検出器信号をデジタル検出器信号に変換し、及び検出器信号を記録又は格納するように構成されてよい。データ収集装置１９０は、例えば、粒子サイズ、濃度、識別（すなわち、生体粒子のあるタイプ）等のような、検出キャビティ１０４における照射光によって調べられる粒子の１つ以上のプロパティと応答の測定が相互に関連するように構成されてよい。データ収集装置１９０は、例えば、増幅、キャリブレーション、デコンボリューションのような、要求又は所望された信号調整又は処理、他の装置への転送等のためのフォーマットであるいくつかの収集後処理を行うように構成されてよい。データ収集装置１９０は、調べられた粒子の１つ以上のプロパティに関連しているデータを生成し、及びデータを他の装置（例えば、コンピューティング装置）に有線又は無線通信リンクを介して、あるいは、１つ以上の装置に適切な通信ネットワークを介して送信するように構成されてよい。データ収集装置１９０は、例えば光電材料からの電気リードで生成された取り外し可能なコネクションによって光検出器に取り外し可能に接続されてよい。データ収集装置１９０は、この後、分析のために他の装置にデータをダウンロードするために、他の装置と接続されてよい。当業者によって理解されるように、データ収集装置１９０の様々な機能は、ハードウェア（あるいは、ファームウェア）、ソフトウェア、あるいは、両方によって実装されてよい。データ収集装置１９０は、１つ以上のプロセッサ、メモリ、及び他のハードウェアを備えてよい。１つの非限定の例において、データ収集装置１９０は、メジャメントコンピューティングコーポ

30

40

50



レーション、ノートン、マサチューセッツ、アメリカ合衆国からの市販の16ビットデータロギング装置（例えば、モデルUSB-1698FS-Plus）であってよい。

【0050】

図7は、他の実施形態に係る粒子検出器100の概略断面図である。光源124は、複数の離れている光源（又は、光源ユニット）124A、124B、124C、及び124Dを備えてよい。4つの光源124A、124B、124C、及び124Dは、例のみによって示されており、4つよりも多い又は少ないものが提供されてよい。いくつかの実施形態において、光源124A、124B、124C、及び124Dは、縦軸132を中心に近くにグループ化された一団において設けられてよい。いくつかの実施形態においては、2つ以上の光源124A、124B、124C、及び124Dは、いくつかの波長の照射光を出力してよく、測定光をブーストするために、及び/又は、検出キャビティ104の内部の粒子照射領域の全体のサイズを増加させるために用いられてよい。いくつかの実施形態においては、少なくとも1つの光源124A、124B、124C、及び124Dは、他の光源124A、124B、124C、及び124Dからのものとは異なる波長で照射光を出力してよい。例えば、1つ以上の光源124A、124B、124C、及び124Dは、散乱放射を測定するために選択された第1波長で照射光を出力してよいが、1つ以上の他の光源124A、124B、124C、及び124Dは、散乱放射を測定するために選択された第2の異なる波長で照射光を出力してよい。他の例のように、1つ以上の光源124A、124B、124C、及び124Dは、1つのタイプの粒子からの蛍光放射を測定するために選択された第1波長で照射光を出力してよいが、1つ以上の他の光源124A、124B、124C、及び124Dは、第2のタイプの粒子からの蛍光放射を測定するために選択された第2の異なる波長で照射光を出力してよい。後者の構成は、例えば、サンプル流体における1つ以上の粒子を検出するために用いられてよい。他の例のように、1つ以上の光源124A、124B、124C、及び124Dは、散乱放射を測定するために選択された第1波長（あるいは、2つ以上の異なる第1波長）で照射光を出力してよいが、1つ以上の他の光源124A、124B、124C、及び124Dは、蛍光放射を測定するために選択された異なる波長（あるいは、2つ以上の異なる第2波長）で照射光を出力してよい。

【0051】

2つ以上の異なる照射波長の使用を必要とするいくつかの実施形態においては、異なる光源124A、124B、124C、及び124Dは、いくつかのデザインされたパルスシーケンスによってシーケンシャルに動作されてよい。例えば、粒子検出器100は、散乱放射及び蛍光放射を交互に測定するために、1回以上の2つ以上の光源124A、124B、124C、及び124Dの動作を交互にしてもよい。他の例のように、粒子検出器100は、2つ以上の異なる波長で散乱放射を測定するために、及び/又は、2つ以上の異なる波長で蛍光放射を測定するために、2つ以上の異なる光源124A、124B、124C、及び124Dの動作を介して周期をなしてもよい。

【0052】

また、図7に示されているように、いくつかの実施形態においては、光検出器128は、複数の離れている光検出器（あるいは、光検出器ユニット）128A、128B、124C、及び128Dを備えてよい。各光検出器128A、128B、124C、及び128Dは、光電材料を備えており、上述の及び図6において示されている複数の光電ユニット、及び関連するコンポーネントを備えてよい。4つの光検出器128A、128B、124C、及び128Dは、例のみのために示されており、4つよりも多い又は少ないものが提供されてよい。光検出器128A、128B、124C、及び128Dの数は、光源124A、124B、124C、及び124Dの数と同じでよく、より少なくてもよく、あるいは、より多くてもよい。1つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dは、光学的フィルタ186A、186B、186C、及び186D各々と光学的に並べられてよい。

【0053】

10

20

30

40

50

2つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dを提供することは、光検出器128のアクティブ検出領域を増加させるため、及び、アクティブ検出領域のサイトの線において、前方角パス344及び後方角パス346（図3）の数及び角度範囲増加させるために行われてよい。代替的に、あるいは、追加的に、2つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dを提供することは、検出器信号強度を増加させるために行われてよい。いくつかの実施形態においては、2つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dは、電圧応答を増加させるために互いに直列に電氣的に接続されてよく、及び/又は、2つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dは、電流応答を増加させるために互いに並列に電氣的に接続されてよい。

【0054】

代替的に、あるいは、追加的に、2つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dを提供することは、2つ以上の別個の波長（あるいは、別個の波長範囲）の収集能力を提供するために、及び/又は、2つ以上の別個の検出器出力信号を生成するために行われてよい。このような実施形態においては、2つ以上の光検出器128A、128B、124C、及び128Dは、相互に電氣的に絶縁されてよく、そして、従って、相互に独立的に動作してよい。例えば、これは、同じ粒子検出器100が、散乱及び蛍光ベースの分析のために、及び/又は、2つ以上の異なる照射波長で実装された散乱ベースの分析のために、及び/又は、2つ以上の異なる照射（励起）波長、あるいは、2つ以上の異なる測定波長（又は、測定波長範囲）で実装された蛍光ベースの分析のために行われてよい。従っていくつかの実施形態においては、光検出器128A、128B、124C、及び128Dの少なくとも1つは、他の光検出器128A、128B、124C、及び128Dと異なる波長（又は、波長の範囲）に敏感であってよい。代替的に、光検出器128A、128B、124C、及び128Dの少なくとも1つは、他の光検出器128A、128B、124C、及び128Dによって受信される波長とは異なる波長（又は、波長の範囲）で光検出器に通過させる光学的フィルタ186A、186B、186Cと光学的に並べられてよい。1つの特定の例において、散乱放射を受信することを意図している光検出器は、蛍光放射に関連する他の波長をブロックする光学的フィルタを備えてよいが、蛍光放射を受信することを意図している他の光検出器は、照射光（そして従って散乱放射）に関連する波長をブロックする光学的フィルタを備える。図示されている例においては、光検出器128Aは、光源124Aによって照射された粒子から散乱又は出力される測定光を収集するように構成されており、光検出器128Bは、光源124Bによって照射された粒子から散乱又は出力される測定光を収集するように構成されており、光検出器128Cは、光源124Cによって照射された粒子から散乱又は出力される測定光を収集するように構成されており、及び、光検出器128Dは、光源124Dによって照射された粒子から散乱又は出力される測定光を収集するように構成されている。

【0055】

一般的に、粒子プロパティ、照射光の属性、及び波長に関する光検出器の信号応答は、全て、粒子検出器100のLOD及び感度に影響してよい。粒子タイプ、感度、及びLODの検出は、光学的フィルタ、波長、照射光の強度及びコリメーション、及び光検出器の応答性質の適切な選択を介して、全て調整（最適化）されてよい。

【0056】

図8は、いくつかの実施形態に係る粒子検出器800の他の例の概略平面図である。粒子検出器800は、通過検出キャビティ804を画定しているハウジング820、1つ以上の光源824、及び1つ以上の光検出器828を備えてよい。例示された実施形態において、ハウジング820及び従って検出キャビティ804は、一般的に、縦軸に沿って円筒状でのびている。粒子検出器800は、また、上述の図1から図7に示されて1つ以上の他の特徴と共に、上述の光トラップ858及び光学的フィルタ886を備えてよい。いくつかの実施形態において、光検出器828及び光学的フィルタ886は、上述のフレキシブル材料を備えてよい。本実施の形態においては、光源824は、冷却フィン、あるいは、大気への熱伝達を可能にする表面領域増大のための他の手段を備える、ヒートシンク

８９４を備える。ハウジング８２０は、ハウジング８２０が、サンプル入口８５２から検出キャビティ８０４を介してサンプル出口８５２へのサンプルフローパスを画定するように設けられた、サンプル入口８５２及びサンプル出口８５４を備える。本実施の形態においては、ハウジング８２０は、サンプル入口８５２、サンプル出口８５４、あるいは、両方が（図示されているように）縦軸に角度（図示されている例においては９０度）をもって向けられるように構成される。この構成は、検出キャビティ８０４に入って光検出器８２８に到達する外乱光の量を最小化する。

#### 【００５７】

また、図８において示されているように、粒子検出器８００は、サンプルフローパスを介してサンプル流体を移動させるように構成された流体移動装置８９６（例えば、ポンプ、ファン、ブローワ等）を備えてよい。一般的に、流体移動装置８９６は、検出キャビティ８０４と接続される。この目的のために、流体移動装置８９６は、検出キャビティ８０４の下流に設けられてよい。流体移動装置８９６は、サンプル出口８５４の下流及び（図示のように）ハウジング８２０の外部に設けられてよく、あるいは、ハウジング８２０の内部に設けられてよい。一般的に、流体移動装置８９６は、検出キャビティ８０４において乱気流を生成しないように設けられるべきである。流体移動装置８９６は、パルスなしの手法にて、層流コンディションにて及びスムーズに検出キャビティ８０４を介してサンプル流体を移動させるように構成されてよい。層流レジームを維持することは、粒子損失を最小化してよく、及び、収集されたデータの感度及び感度を改善してよい。いくつかの実施形態において、流体移動装置８９６は、毎分数リットルオーダーの流速で検出キャビティ８０４を介してサンプル流体を移動させるように構成される。いくつかの実施形態において、流体移動装置８９６は、流速がユーザによって調整可能となるように構成される。流体移動装置８９６が任意であることについて理解されるであろう。周囲流体フローコンディションは、流体移動装置８９６の使用なしで粒子検出器８００を動作させるために十分であってよい。

#### 【００５８】

また、図８に示されているように、粒子検出器８００は、モジュラー構成を備えてよく、粒子検出器８００の１つ以上のハウジング部及び／又はコンポーネントは、クリーニング、メンテナンス、あるいは、置き換えのための他のハウジング部あるいはコンポーネント（例えば、光源８２４、光トラップ８５８、流体移動装置８９６）から取り外し可能であってよい。光源８２４は、また、異なる照射波長を選択することをユーザに可能にするために取り外し可能であってよい。光源８２４及び光学的フィルタ８８６、あるいは、光源８２４及び光学的フィルタ８８６が取り付けられるハウジング部は、異なる光検出器８２８及び光学的フィルタ８８６又はこれらの組み合わせを選択することをユーザに可能にするために取り外し可能であってよい。また、モジュール性は、図７に示される手法と同様な手法にて、粒子検出器８００を構成するために、直列に追加の異なるハウジング部を追加することをユーザに可能にしてよい。多数のハウジング部は、ハウジング部にあらかじめ取り付けられた１つ以上の光検出器８２８及び１つ以上の光学的フィルタ８８６の、同じ又は異なる組み合わせを備えてよい。

#### 【００５９】

いくつかの実施形態において、粒子検出器８００は、キットの形式にてユーザに提供されてよく、粒子検出器８００は完全に又は部分的に解体されてよい。例えば、キットは、複数の異なる光源８２４、光検出器８２８、及び／又は光学的フィルタ８８６を備えてよい。代替的に、あるいは、追加的に、キットは、検出キャビティ８０４を画定している複数の異なるハウジング部を備えてよい。ハウジング部は、あらかじめ取り付けられた１つ以上の光検出器８２８及び１つ以上の光学的フィルタ８８６の異なる組み合わせを備えてよく、これによって、記載のように、粒子検出器８００の分析機能を仕立てることをユーザに可能にする。

#### 【００６０】

図９は、いくつかの実施形態に係る粒子検出器９００の他の例の概略平面図である。粒

10

20

30

40

50

子検出器 900 は、通過検出キャビティ 904 を画定しているハウジング 920、1つ以上の光源 924、及び 1つ以上の光検出器 928 を備えてよい。粒子検出器 900 は、また、上述の図 1 から図 8 に示されている 1つ以上の他の特徴と共に、光トラップ 958 及び上述の（不図示の）1つ以上の光学的フィルタを備えてよい。いくつかの実施形態において、光検出器 928 及び光学的フィルタは、上述のフレキシブル材料を備えてよい。ハウジング 920 は、ハウジング 920 が、サンプル入口 952 から検出キャビティ 904 を介してサンプル出口 954 へのサンプルフローパスを画定するように配置された、サンプル入口 952 及びサンプル出口 954 を備える。光源 924、サンプル入口 952、サンプル出口 954、及び光トラップ 958 は、照射光が伝播してサンプル流体が縦軸 932 に沿って一般的に同一直線的に流れるように、配置されてよい。粒子検出器 900 は、上述の図 8 に示された粒子検出器 800 と同様に構成されてよい。しかしながら、粒子検出器 900 は、1つ以上のセクションを備えており、検出キャビティ 904 の断面（断面領域）のサイズは縦軸 932 に沿って変化する。図示されている実施形態においては、これは、ハウジング 920 によって実装され、そして従って、検出キャビティ 904 は球状であるか、あるいは、球状セクション 922 を備えている。このケースにおいて、縦軸 932 は、球状セクション 922 の対称の軸であってよい。

10

#### 【0061】

また、図示されている実施の形態において、ハウジング 920 は、縦軸 932 に沿っている球状セクション 922 からのびている、丸又は多角形断面の軸入口セクション 914 及び軸出口セクション 918 を備えてよい。図示のように、光源 924 及びサンプル入口 952 は、入口セクション 914 に設けられてよく、および、サンプル出口 954 及び光トラップ 958 は、出口セクション 918 に設けられてよい。光検出器 928 は、縦軸 932 に 90 度の方向において検出キャビティ 904 を取り囲んでよく、あるいは、異なる角度に向けられてよい。（不図示の）追加の光検出器は、アクティブ検出のための追加の領域を提供するために、検出キャビティ 904 の周囲で完全に又は部分的に覆われてよい。

20

#### 【0062】

図 10 は、いくつかの実施形態に係る粒子検出器 1000 の他の例の概略平面図である。粒子検出器 1000 は、通過検出キャビティ 1004 を画定しているハウジング 1020、1つ以上の光源 1024、及び 1つ以上の光検出器 1028A、1028B、及び 1028C を備えてよい。粒子検出器 1000 は、また、上述の図 1 から図 9 に示されている 1つ以上の他の特徴と共に、光トラップ 1058 及び上述の（不図示の）1つ以上の光学的フィルタを備えてよい。いくつかの実施形態において、光検出器 1028A、1028B、及び 1028C 及び光学的フィルタは、上述のフレキシブル材料を備えてよい。ハウジング 1020 及び検出キャビティ 1004 の断面は、丸又は多角形であってよい。ハウジング 1020 は、ハウジング 1020 が、サンプル入口 1052 から検出キャビティ 1004 を介してサンプル出口 1054 へのサンプルフローパスを画定するように配置された、サンプル入口 1052 及びサンプル出口 1054 を備える。光源 1024、サンプル入口 1052、サンプル出口 1054、及び光トラップ 1058 は、照射光が伝播してサンプル流体が縦軸 1032 に沿って一般的に同一直線的に流れるように、配置されてよく、当該縦軸 1032 は、検出キャビティ 1004 及び粒子検出器 1000 の 1つ以上の他の部分の対称の軸であってよい。粒子検出器 1000 は、上述の図 8 又は 9 に示された粒子検出器 800 と同様に構成されてよい。しかしながら、粒子検出器 1000 は、1つ以上のセクションを備えており、検出キャビティ 1004 の断面（断面領域）のサイズは縦軸 1032 に沿って変化する。これは、例えば、断面が増加又は減少する、1つ以上のトランザクション又はテーパセクションを備えているハウジング 1020 によって実装されてよい。このようなトランザクション又はテーパセクションは、例えば、先端が切られた円錐、あるいは、ピラミッドの構成を備えてよい。図示された実施形態において、ハウジング 1020 は、減少トランザクション 1020 に順番に隣接する、コンスタント断面のセクション 1026 に隣接された増加トランザクション 1022（すなわち、断面は

30

40

50

、流体フロー及び照射光伝播の方向において増加する)を備える。

【0063】

他の実施形態において、トランザクション1022は、増加トランザクションの代わりに減少トランザクションであってよく、これによって、フローがコンスタントな断面のセクション1026においてより小さい断面にフォーカスされるように、断面が流体フローの方向において減少する。より一般的には、断面トランザクションを備えるか否か、及び、このようなトランザクションが流体フローの方向における断面を広げるか又は収縮するかの決定は、流体メカニズムに関する様々なファクターである、粒子及び粒子検出器の間の距離等に依存してよい。

【0064】

また、図示された実施形態において、ハウジング1020は、増加トランザクション1022からのびている軸入口セクション1014、及び縦軸1032に沿って減少トランザクション1030からのびている軸出口セクション1018を備えてよい。図示されているように、光源1024及びサンプル入口1052は、入口セクション1014に設けられてよく、サンプル出口1054及び光トラップ1058は、出口セクション1018に設けられてよい。1つ以上の光検出器1028Aは、縦軸1032に90度の向きにおいて、コンスタント断面のセクション1026で検出キャビティ1004の周囲に囲まれてよい。追加的に、あるいは、代替的に、1つ以上の光検出器1028B及び/又は1028Cは、増加トランザクション1022及び/又は減少トランザクション1020の周囲に各々囲まれてよい。

【0065】

図11は、いくつかの実施形態に係る粒子検出器1100の他の例の概略断面図である。図示は、粒子検出器1100のハウジング1120によって画定される検出キャビティ1104を介して行われている。この実施形態においては、ハウジング1120は、フラットウォールセクションを備えており、検出キャビティ1104の断面が多角形である。図11は、例のみによる直線断面を図示しており、他の多角形のジオメトリ(例えば、六角形、八角形等)は同様に実装されてよい。1つ以上の光検出器1128A、1128B、1128C、及び1128Dは、各フラットウォールセクションに設けられてよい。他の実施形態においては、より少ない数の光検出器の対向しているペアは、与えられた多角形のジオメトリのために提供されてよい。図11において、例えば、光検出器(1128A及び1128C、あるいは、1128B及び1128D)の丁度1つのペアが提供されてよい。

【0066】

本開示は、上述の図1から図11に図示された実施形態の1つ以上の実施形態の様々な組み合わせを提供している様々な他の実施形態を更に含む。また、他の実施形態は、「フロー制御及びサンプルモニタリング制御のためのシステム、装置、及び方法」と題した、2014年8月20日付け出願、米国仮出願番号62/039,519であって、全体の参照によって援用される、開示されている1つ以上の特徴を備えてよい。

【0067】

本明細書に記載されているような粒子検出器は、1つ以上の有利な点を提供する。粒子検出器は、特に例えば本明細書に記載されているような光検出器で、粒子濃度測定のスンプルで低コストであるソリューションを提供してよく、相当敏感なテストを介して実施され、測定光パスにおいて精密ビーム成形光学部品(例えば、レンズ及びミラー)を要求せずに、高い光子収集をもたらす。これは、光検出器によって縦軸及び光電材料の間の測定光パスにおいてビーム成形光学部品がないことをもたらすことである。これは、検出キャビティをコンフォーマルに囲んでいる大きな領域のアクティブ光電材料を備えている光検出器の少なくとも一部によるものであり、光検出器は伝播の付近の全ての方向において測定光を受光できる。また、大きくて検出キャビティをコンフォーマルに囲んでいるアクティブ検出領域で、光検出器は、従来の装置と比べてより大きな容量を有することを検出キャビティに可能にしてよく、光検出器を通過したサンプル流体の通過時間、及び(例えば

5 L / 分のようなリットル / 分のための数秒又は数十秒のオーダーにおいて) より長い通過時間の間収集される、散乱又は蛍光放射の大幅に多い大量及び多数の光子を許容する。これは、約 1 から 10 マイクロ秒 ( $\mu s$ ) の通過時間における少量の光子のみを捕獲できる、従来の粒子検出器において用いられた光検出器に対してである。流速  $\times$  通過時間 = 一定であるが、; 照射ソース、光電材料、及び測定エレクトロニクスの特徴が、粒子検出器の感度及び / 又は LOD のための最適な流速が存在する結果をもたらしてよい、ことについて留意されるであろう。光検出器の構成及び検出手法は、また、小さい検出キャビティ及び多数のビーム成形光学部品を有する従来の単一粒子カウンターと比べて、検出キャビティ又は粒子検出器の他のコンポーネントに関連する光源の並びにおいて正確さ及び精密さのための要求を相当ゆるめてよい。例えば本明細書に記載のような光検出器は、また、従来の単一粒子カウント技術に対して、サンプル流体の量 ( $\# / cm^3$ ) 及び濃度の変化において粒子の合計濃度の測定を可能にする。このアプローチは、要求される光学部品を単純にしてよく、単一の粒子フローパスにサンプル流体を集中する必要性を取り除いてよい。加えて、(例えば、円筒状の) 検出キャビティの単純なジオメトリは、粒子検出器のアセンブリ及びメンテナンスを単純化してよく、内面の粒子の配置を最小化してよく、及び清掃をより容易にしてよい。

#### 【0068】

例 1 - 一般エアロゾル検出

#### 【0069】

この例において、図 8 に図示されているものと同様な構成を備えている粒子検出器が製造された。ハウジングは、径が 1.62 インチ (41.1 mm) である光学的にクリアなチューブであった。1.5 インチ対 4.5 インチのサイズのフレキシブル PV 検出器 (パワーフィルムソーラーによる MP3 - 37) が、光検出器として選択された。フレキシブル PV 検出器は、クリアなチューブの周りに囲まれた。650 nm 波長の赤色レーザーダイオードが光源として選択され、及び毎分 5 リットルの流速で光と一緒に同軸に流れる空気と一緒にチューブの中心を照らすために設けられた。光トラップは、チューブの反対側の端部に設けられた。テストシステムは、粒子検出器を評価するために構成された。テストシステムは、径が  $1 \frac{1}{2}$  インチであった黒色ポリ塩化ビニル (PVC) パイプでほぼ生成された。PV 検出器の出力電圧は、16 ビットデータロガー (メジャメントコンピューティング USB - 1698 FS - Plus) を用いて毎秒 1 サンプルにてリアルタイムで測定された。

#### 【0070】

粒子検出器は、制御されてよく混合されたエアロゾルの濃度を提供したエアロゾル混合チャンバに接続された。アエロダイナミックパーティクルサイザー (APS、TSI 社) は、粒子検出器の後 (下流) に設けられた。APS は、粒子検出器を介してエアフロー (5 L / 分) を提供し、機器を介して通過するエアロゾルについてのサイズ及び計数情報を提供した。両方の機器を介して通過しているサンプルされた空気のこの配置は、両方の機器への一致しているエアロゾル濃度を提供した。APS からのエアロゾル濃度情報は、基準又は参照として用いられた。APS に加えて、濃縮粒子カウンターモデル 3022a (CPS、TSI 社) は、また、粒子検出器及び APS と同じサンプリングフローパスにではなく、エアロゾル混合チャンバに接続された。しかしながら、エアロゾルチャンバのよく混合された環境が与えられて、相当に同様な濃度が、全ての機器によって測定されることを期待された。2 つの粒子カウンターの組み合わせを用いることは、粒子検出器がどのくらいよく動作しているかの、よりよい洞察を提供した。APS は、約  $0.5 \mu m$  ( $500 nm$ ) から  $5 \mu m$  超えの範囲の粒子サイズ及び濃度を測定する。CPS モデル 3022a は、 $7 nm$  の範囲である小さいサイズ、及び約  $1 \mu m$  である上側範囲を有する。自身によって用いられて CPS は、合計計数情報のみを提供する。スキニングモビリティ粒子サイザー (SMPS、TSI 社) を加えることは、サイズ情報を提供する。APS 及び CPS 機器の両方は、精密粒子カウンターである。

#### 【0071】

実験は、ISO 12103-1、ALウルトラファインテストダスト (Al Ultrafine Test Dust) (あるいは、アリゾナロードダストと称される) を用いて行われた。テストダストの中央サイズは、SMPSによる及び図12に示された測定にて250nm周辺であった。TSI SMPSで測定されたときのISOウルトラファインアリゾナロードダストのサイズ分布。典型的な実験は、TSIモデル3433スモールスケールパウダーディスペンサーを用いて、散乱している少量のアリゾナロードダストをエアロゾル混合チャンバに巻き込んだ。チャンバにおけるよく混合されたエアロゾルは、この後、粒子検出器及び2つの市販の粒子カウンター (APS及びCPC) によってサンプルされた。チャンバにおけるエアロゾル濃度は、テストチャンバーに濾過された空気を導いている間にチャンバの外にエアロゾルを引くクリーンアウトポンプが起動した時のポイントまでゆっくりと衰退した。クリーンアウトに続く濃度におけるこの衰退は、図13Aに示された。粒子検出器は、2つの市販の粒子カウンターと同様な濃度の変化への応答を示した。粒子検出器と2つの市販の粒子カウンターとの直接比較は、図13B及び図13Cに示される。この実験で採用される粒子検出器の構成で、粒子検出器は、質量濃度測定のほとんどを提供し及び粒子サイズを説明しなかったことについて、留意された。この違いは、粒子検出器の応答と2つの市販の粒子カウンターとの1:1の関係の欠如において反映された。異なる光の波長及びキャリブレーションアルゴリズムを用いて、測定の精度は向上されることができた。粒子検出器において650nmの赤色レーザーを用いて、0.9粒子/cm<sup>3</sup>未満の濃度及び少なくとも0.25µm (25nm) と同じくらい小さいサイズが、粒子検出器において検出された。

【0072】

例2 - バイオエアロゾル検出

【0073】

この例において、例1において前述のものと同様な構成を備えている粒子検出器が製造された。しかしながら、コリメートレンズと一緒に365nm U V L E Dが励起ソースとして用いられた、そして、LEDを保持し及び安定的な温度を維持するためにアルミニウムヒートシンクが用いられた。励起波長は、Rosco 400nm U V フィルタゲルシートによってブロックされた。U V フィルタは、クリアチューブの周りに巻かれた。フレキシブルP V 検出器は、この後に、ゲルフィルタの周りに巻かれて、従って、P V 検出器からの励起放射を除外する検出キャビティを生成する。

【0074】

例1における上述の同様な実験セットアップを用いて、蛍光性エアロゾルは、バイオエアロゾルのための模擬物質として用いられた。WR グレースサイロイドパウダーは、2%のチノパルCBSXで添加された。チノパル添加は、約385nmの最大光吸収を有する。最大出力波長は、約430nmにて生じる。制御実験は、P V 検出器によって検出される信号が散乱された励起エネルギーというよりむしろ蛍光から出力された光子であることを論証するために、添加されていないサイロイドエアロゾルを用いて行われた。図14は、粒子検出器の応答を添加及び未添加のサイロイドエアロゾルと比較する。実験のこのセットにおいて、迷源放射はP V 検出器に到達しており、これによって、検出のレベルを制限している。

【0075】

開口を加え及びLEDのコリメーションを改善して、実験の第2のセットが実現され、検出の下限及び図15に示されているようによりよい感度の間において提供された。更なる改善は、迷源放射減少への追加の改善、及び検出キャビティ及びサンプル流速のジオメトリの最適化で可能である。

【0076】

例3 - バイオエアロゾル検出

【0077】

この例において、例2において上述のものに同様な構成を備えている粒子検出器が製造された。しかしながら、粒子検出器は、405nmの紫色レーザーを用いるように再構成

された。細菌孢子からのバイオエアロゾルの制御された濃度がチャンバに導入されて、上述の2つの市販の粒子カウンター及び粒子検出装置でサンプルされたことを除いて、同様な実験セットアップは、例2における上述のように用いられた。405 nm波長は生体粒子の励起の上限である。しかしながら、レーザーは、検出キャビティにおけるバイオエアロゾルに効果的に伝えられる強い干渉光を提供する。405 nmの紫色レーザーは、バイオエアロゾルの検出において前に論証された。サリ等著、「2つの蛍光ベースのリアルタイムバイオエアロゾル検出器の実力：Bio Scout対UVAPS」、エアロゾル科学技術 48(4)：371-378 (2014) 参照。405 nmのレーザーは弾力的な散乱(合計エアロゾル検出)、及び、蛍光の刺激(バイオエアロゾル検出)の両方を行う。しかしながら、この実験においてPV検出器の前で用いられたゲルフィルタは、400 nm未満の励起光をブロックしたのみであり、よって、散乱及び出力の両方が行われた蛍光が検出された。第2のステップは、合計のエアロゾル濃度のみを(刺激された蛍光なしで)測定するために、ちょうど650 nmで用いられた。405 nm及び650 nmの信号の違いは、蛍光信号の加工していない評価を提供した。理想的には、405の励起光を除外するフィルタが採用されるべきである。代替的に、400 nm未満の波長を有するUVLEDは、採用されることができたが、光の丁寧なコリメーションを要する。

#### 【0078】

炭疽バクテリアのための模擬物質、細菌アトロフェウス(*Bacillus atrophaeus*)(Bg)は、粒子検出器のテストのために用いられた。Bg孢子の知られた濃度が、2ジェット衝突ネビュライザーを用いてエアロゾルテストチャンバに注入された。粒子検出器及びAPSは、測定不可能な濃度に達するまで、Bg孢子の注入前からデータを採った。生存可能なサンプリングは、孢子を収集するために、インピンジャー流体を用いる全ガラスインピンジャー、4 mm(AGT4)にて行われた。群体のメッキと計数は、生存可能な計数を決定するために用いられた。

#### 【0079】

AGIの結果は、生存可能なバイオエアロゾル濃度に分解された時間を見積もるために、APS粒子サイズ情報と組み合わせられた。別個のピークは、Bg孢子が注入されたときに、1  $\mu\text{m}$ の周辺に形成された。このイベントの間に存在する他の粒子は、成長メディア、あるいは、細胞外材料であることができる。質量濃度による粒子分配のビューは、また、単一の孢子のタイトな分配を明かした。この情報で、関心のあるサイズピンを粒子データから抽出することは合理的である。このケースにおいては、0.965  $\mu\text{m}$ 、1.037  $\mu\text{m}$ 、及び1.114  $\mu\text{m}$ の平均ピンサイズの分配されたログは、ピン不一致のために補正するために選択された。これらの3つのピンは、時間分解粒子数濃度情報を提供するために合計された。しかしながら、ひとまとめに扱っているピンは、また、いくつかの非孢子材料を含んでよく、従って、合計孢子濃度の過大見積もりを提供する。

#### 【0080】

図16は、APS及び見積もられた存在可能なバイオエアロゾル濃度と比較された、405 nm及び650 nmのレーザーでの測定のためのBgバイオエアロゾル試みのための粒子検出器の結果を示す。粒子検出器は、注入が停止された後に衰退するために注入の時間からBg濃度における変化を検出してAPS濃度と一緒によくトラックした。粒子検出器によって測定された下限は、0.085 #/cm<sup>3</sup>のオーダーであった。

#### 【0081】

一般的に、「接続」及び「・・・と接続」のような用語(例えば、第1のコンポーネントが第2のコンポーネント「と接続」あるいは「と接続される」)は、2つ以上のコンポーネント又はエレメントの間の、構造的、機能的、機械的、電気的、信号的、光学的、磁氣的、電磁氣的、イオンの、あるいは、流体的な関係を示唆するために本明細書で使用される。このように、1つのコンポーネントが第2のコンポーネントに接続されると称される事実は、追加のコンポーネントが間に存在すること、及び/又は、第1及び第2のコンポーネントが効果を生むための方法で関連又は接続することを排除することを意図しない。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 8 2 】

発明の様々な側面又は詳細は、本発明の範囲から逸脱することなく変更されるであろうことについて、理解されるであろう。また、前の記述は、例示のみの目的のためであり、及び限定の目的のためではなく、発明は請求項の範囲によって画定されている。

## 〔付記 1〕

粒子検出器であって、

サンプル入口及びサンプル出口を備えているハウジングであり、縦軸に沿っているキャビティ長を有している検出キャビティを取り囲んでおり、前記ハウジングは、前記サンプル入口から、前記検出キャビティを介して、前記サンプル出口へのサンプル流体のためのフローパスを画定している、前記ハウジングと、

前記検出キャビティにて流れている前記サンプル流体の粒子へ、前記縦軸に沿って照射光を向けるように構成された光源と、

前記キャビティ長の少なくとも一部に沿って前記検出キャビティを囲んでいる光電材料であって、前記光電材料は、前記縦軸に対して曲げられた複数の測定光パスにて前記粒子から伝播している測定光を受けるように構成された、前記光電材料と、

を備える粒子検出器。

## 〔付記 2〕

前記検出キャビティは、

前記検出キャビティが、一般的に、円筒状、球状、あるいは、多角形状である、

前記検出キャビティの少なくとも一部は、前記縦軸に沿って変化する断面領域を備えているトランザクションを備える、

前記検出キャビティは、前記縦軸に沿って増加する断面領域を備えているトランザクションを備える、

前記検出キャビティは、前記縦軸に沿って減少する断面領域を備えているトランザクションを備える、

前記検出キャビティは、前記縦軸と前記光電材料との間の前記測定光パスにてビーム成形光学部品がない、

前記検出キャビティは、前記縦軸において第 1 の端部及び反対の第 2 の端部を備え、前記光源は、前記第 1 の端部から前記第 2 の端部へ前記照射光を向けるように構成されている、

前記検出キャビティは、前記縦軸において第 1 の端部及び反対の第 2 の端部を備え、前記光源は、前記第 1 の端部にて前記ハウジングに設けられている、

前述の 2 つ以上の組み合わせ、

から構成されたグループから選択された構成を備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

## 〔付記 3〕

前記ハウジングは、低反射構成を有するか、あるいは、当該低反射構成で覆われている内面を備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

## 〔付記 4〕

前記サンプル入口及び前記サンプル出口は、

前記サンプル入口及び前記サンプル出口の少なくとも 1 つが、前記縦軸に対して曲げられて向けられている、

前記サンプル入口及び前記サンプル出口の少なくとも 1 つは、前記縦軸に対して 90°、あるいは、実質的に 90° にて向けられている、

から構成されたグループから選択された構成を備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

## 〔付記 5〕

前記光源の反対側の前記検出キャビティのサイドに設けられた光トラップを備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

10

20

30

40

50

〔付記 6〕

前記照射光を調整し、前記照射光の断面を増大させ、あるいは、前述の両方を行うように構成されたビーム成形光学部品を備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 7〕

前記光電材料での衝突から迷光を防止するように構成された装置、

前記光源と前記光電材料との間に設けられたプレートであって、前記プレートは、前記縦軸を囲んでいる開口を備えている、前記プレート、

から構成されたグループから選択された装置を備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

10

〔付記 8〕

前記光源は、

前記光源が、干渉ビーム、調整ビーム、あるいは、干渉及び調整ビームの両方として前記照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、0.4 mm から 4000 mm の範囲のビーム径を有している照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、前記検出キャビティの断面領域の 1 % から 80 % の範囲の断面領域を備えている前記照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、前記紫外線範囲、前記可視範囲、あるいは、前記赤外線範囲の照射波長で前記照射光を出力するように構成されている、

20

前記光源は、250 から 1500 nm の照射波長で前記照射光を出力するように構成されている、

前記光源は、1 つ以上のタイプの生体粒子における自己蛍光を引き起こすために効果的な範囲における照射波長にて前記照射光を出力するように構成されている、

前述の 2 つ以上の組み合わせ、

から構成されたグループから選択された構成を備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 9〕

前記光源は、複数の光源を備えており、少なくとも 1 つの前記光源は、他の光源とは異なる照射波長にて前記照射光を出力するように構成されている、

30

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 10〕

前記少なくとも 1 つの光源は、1 つ以上のタイプの生体粒子において自己蛍光を引き起こすために効果的な波長範囲において、照射光を出力するように構成されている、

付記 9 に記載の粒子検出器。

〔付記 11〕

前記光電材料と前記縦軸との間に設けられている光学的フィルタを備えており、前記測定光は、前記光学的フィルタを通過する、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 12〕

40

前記光源は、照射波長にて前記照射光を出力するように構成されており、前記光学的フィルタは、前記光電材料での衝突から所望でない光子をブロックするように構成されており、前記所望でない光子は、

前記照射波長以外の波長範囲以上の波長、

1 つ以上のタイプの生体粒子が蛍光する波長範囲以外の波長範囲内以上の波長、

前記照射波長以外、及び、1 つ以上のタイプの生体粒子が蛍光する波長範囲以外の波長範囲以上の波長、

から構成されたグループから選択された波長を備える、

付記 11 に記載の粒子検出器。

〔付記 13〕

50

前記ハウジングは、外面及び内面を備えており、前記光電材料及び前記光学フィルタは、

前記光電材料は、前記外面にコンフォーマルに設けられており、前記光学フィルタは前記内面にコンフォーマルに設けられている、

前記光学フィルタは、前記外面にコンフォーマルに設けられており、前記光電材料は、前記光学フィルタにコンフォーマルに設けられている、

前記光学材料は、前記内面にコンフォーマルに設けられており、前記光学フィルタは、前記光電材料にコンフォーマルに設けられている、

から構成されたグループから選択された配置に従って設けられる、

付記 11 に記載の粒子検出器。

10

〔付記 14〕

前記光電材料は、前記縦軸に直交する平面において、30°から360°の範囲のアー  
ク長を介して前記縦軸の周囲にのびている、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 15〕

前記光電材料は、

前記粒子によって散乱された光、

前記粒子によって蛍光的に出力された光、

上記の両方、

から構成されたグループから選択された測定光に感度がよい、

20

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 16〕

前記光電材料は、円筒状又は多角形状の外形である、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 17〕

前記光電材料は、前記検出キャビティに対向している表面領域を備えており、前記表面  
領域は、少なくとも数十ミリメートル以上のオーダーの寸法を備える、

付記 16 に記載の粒子検出器。

〔付記 18〕

前記光電材料は、フレキシブルである、

30

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 19〕

前記光電材料は、光電池材料である、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 20〕

前記光電材料は、相互に近接して配置されている複数の光電ユニットを備える、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 21〕

前記光電ユニットは、前記縦軸に対して異なる曲げられた位置、前記縦軸に対して異な  
る軸位置、あるいは、前記縦軸に対して異なる曲げられた位置及び異なる軸位置の両方に  
設けられている、

40

付記 20 に記載の粒子検出器。

〔付記 22〕

前記光電材料は、複数の光電材料を備えている、

付記 1 に記載の粒子検出器。

〔付記 23〕

前記複数の光電材料は、

前記複数の光電材料が、相互に直列に電氣的に接続された 2 つ以上の光電材料を備える

、

前記複数の光電材料は、相互に並列に電氣的に接続された 2 つ以上の光電材料を備える

50

、  
前記複数の光電材料は、相互に電氣的に絶縁された2つ以上の光電材料を備える、  
前述の2つ以上の組み合わせ、  
から構成されたグループから選択された構成を備える、  
付記22に記載の粒子検出器。  
〔付記24〕  
前記複数の光電材料は、複数の電氣的に絶縁された光電材料を備えており、及び、前記測定光が光学的フィルタを通過するように、1つ以上の電氣的に絶縁された光電材料と前記縦軸との間に各々設けられている複数の光学的フィルタを更に備えており、少なくとも1つの光学的フィルタは、他の光学的フィルタによって通過される波長範囲とは異なる前記測定光の波長範囲を通過させるように構成されている、  
付記22に記載の粒子検出器。  
〔付記25〕  
前記少なくとも1つの光学的フィルタは、前記粒子によって散乱された測定光に対応する波長範囲をブロックする一方で、前記粒子によって蛍光的に出力された測定光に対応する波長を通過させるように構成されている、  
付記24に記載の粒子検出器。  
〔付記26〕  
前記サンプルチャンバに接続されている流体移動装置を備えており、当該流体移動装置は、  
前記流体移動装置が、前記検出キャビティの下流に設けられている、  
前記流体移動装置は、層流コンディションにおいて前記検出キャビティを介して前記サンプル流体を移動させる、  
前記流体移動装置は、調整可能な流速にて前記検出キャビティを介して前記サンプル流体を移動させる、  
前記流体移動装置は、毎分数リットルオーダーの流速にて前記検出キャビティを介して前記サンプル流体を移動させる、  
前述の2つ以上の組み合わせ、  
から構成されたグループから選択された構成を備える、  
付記1に記載の粒子検出器。  
〔付記27〕  
電圧応答、電流応答、抵抗応答、又は前述の2つ以上の組み合わせから構成されたグループから選択された前記光電材料の応答を測定するように構成されているデータ収集装置を備える、  
付記1に記載の粒子検出器。  
〔付記28〕  
前記データ収集装置は、  
前記データ収集装置が、前記検出キャビティにおける前記サンプル流体の粒子濃度と前記応答の測定が関連するように構成されている、  
前記データ収集装置は、前記検出キャビティにおける前記サンプル流体の粒子濃度と関連してデータを生成し、有線又は無線通信リンクを介してネットワークに前記データを送信するように構成される、  
前記データ収集装置は、前記光検出器に取り外し可能に接続される、  
前述の2つ以上の組み合わせ、  
から構成されたグループから選択された構成を備える、  
付記27に記載の粒子検出器。  
〔付記29〕  
サンプル流体における粒子を測定するための方法であって、前記方法は、  
検出キャビティを介してサンプル流体を流すステップと、  
前記サンプル流体における粒子を照射するために、縦軸に沿って前記検出キャビティを

10

20

30

40

50

介して照射光を向けるステップであって、前記粒子は、前記照射への応答において測定光を出力するステップと、

前記縦軸に対して曲げられた複数の測定光パスにおいて前記粒子から伝播している光電材料の測定光を受けるステップであって、前記光電材料は、前記キャビティ長の少なくとも一部に沿って前記検出キャビティを囲んでいるステップと、

を含む方法。

〔付記 30〕

前記光電材料は、受けた前記測定光に釣り合っている電氣的な応答を生成し、前記検出キャビティにおいて前記サンプル流体の粒子濃度と前記電氣的な応答を関連させるステップを更に含む、

付記 29 に記載の方法。

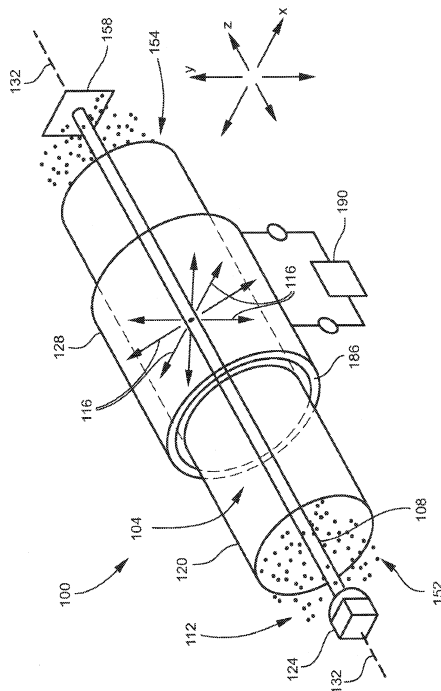
〔付記 31〕

前記光電材料は、前記縦軸に対して直交する平面において  $30^\circ$  から  $360^\circ$  の範囲のアーク長において前記光電材料に入射する測定光を受けることによく応答する、

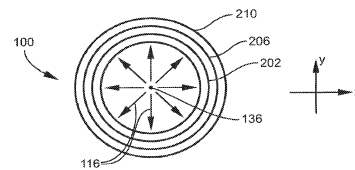
付記 29 に記載の方法。

10

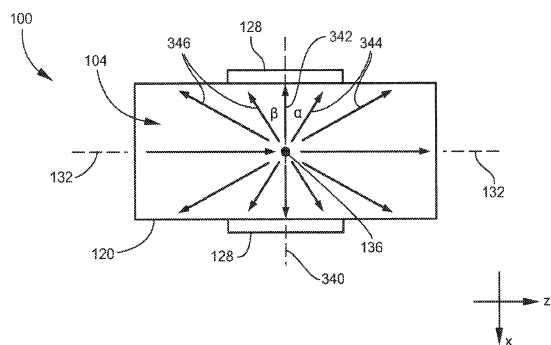
【図 1】



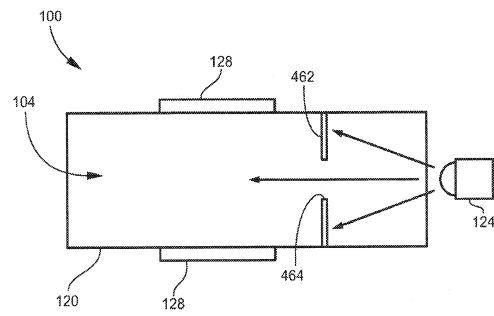
【図 2】



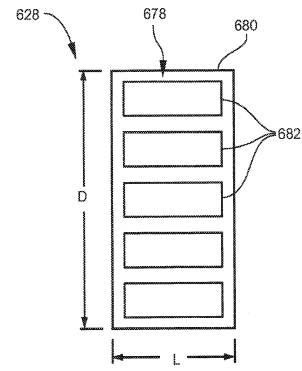
【図 3】



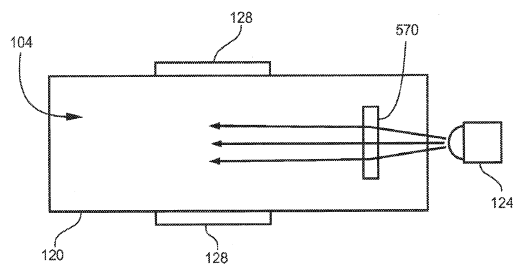
【図 4】



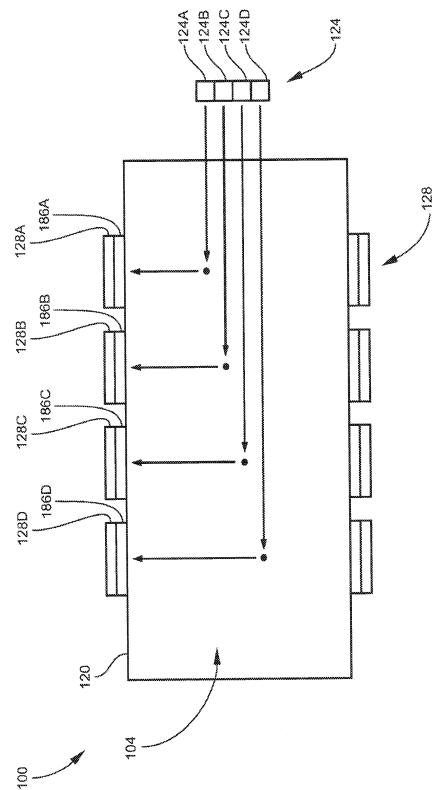
【図 6】



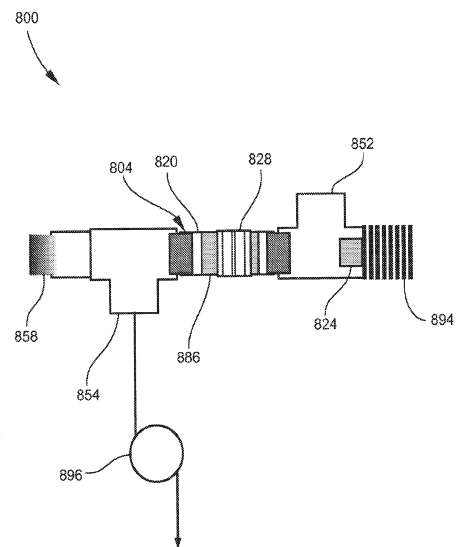
【図 5】



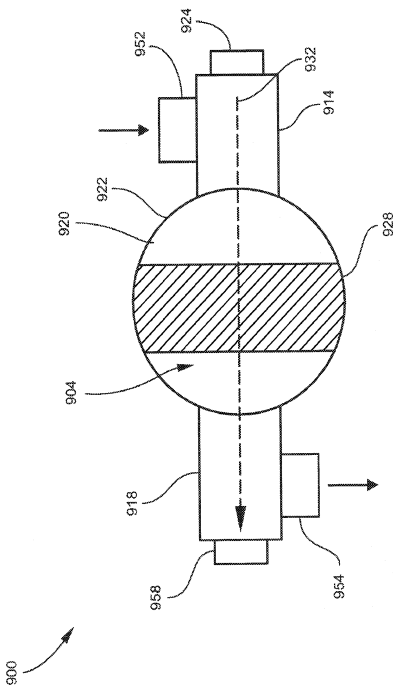
【図 7】



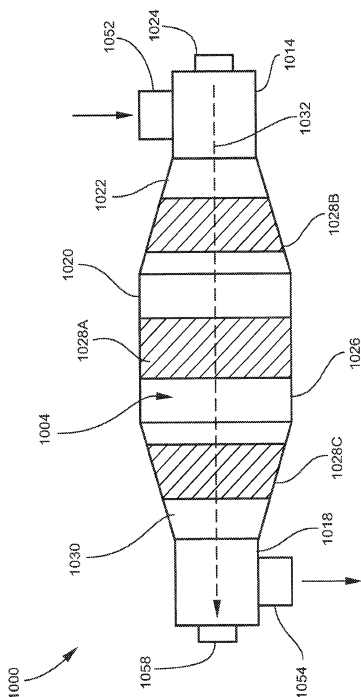
【図 8】



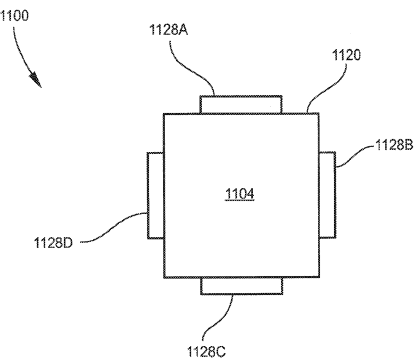
【図 9】



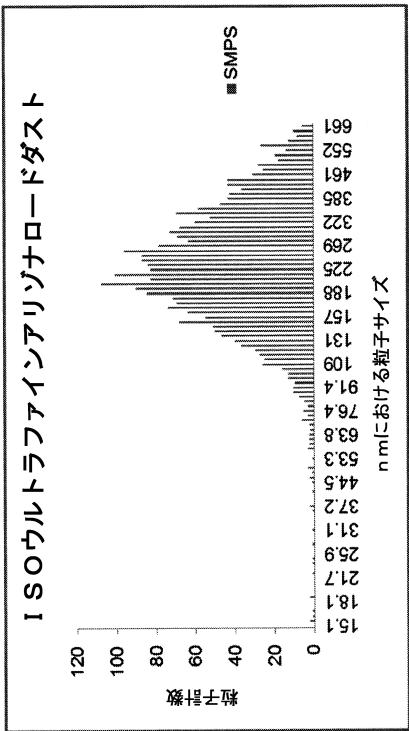
【図 10】



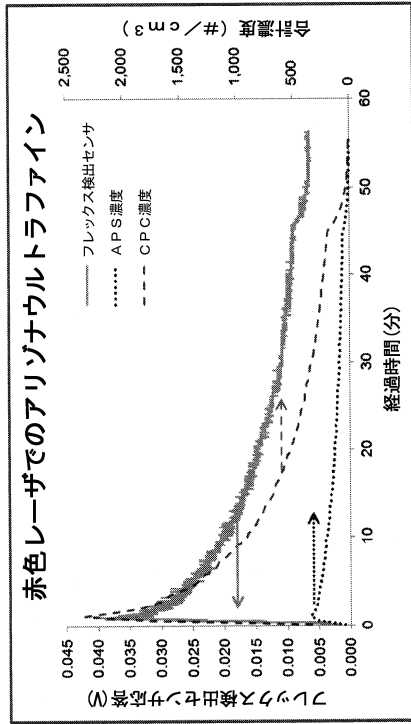
【図 11】



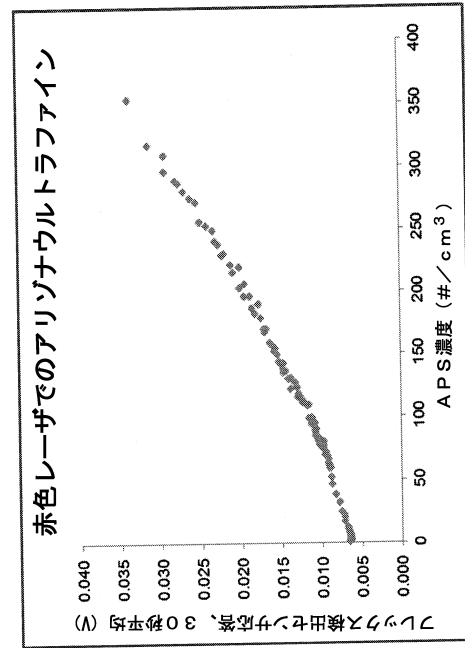
【図 12】



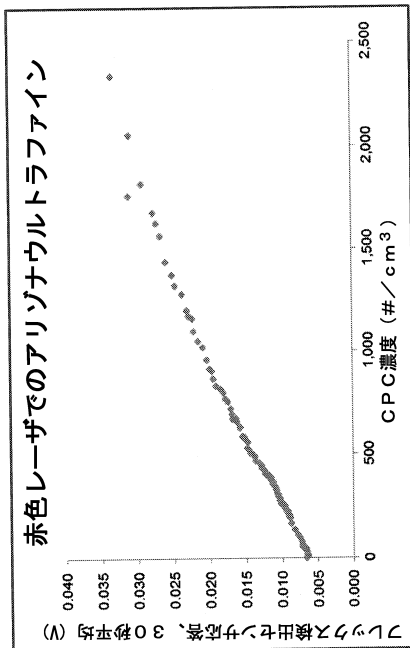
【図 1 3 A】



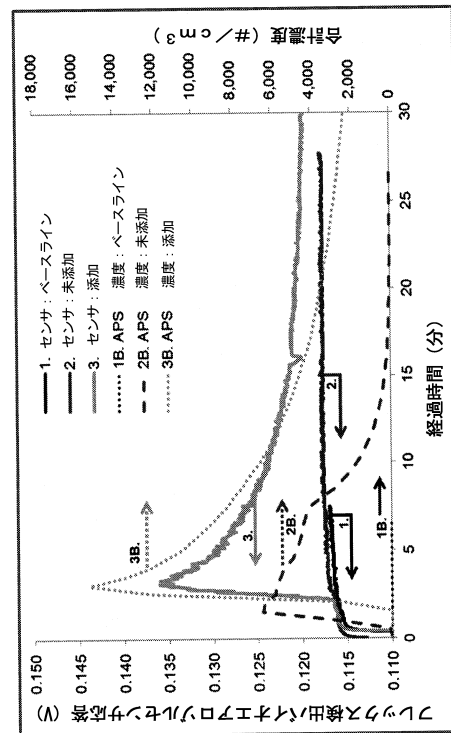
【図 1 3 B】



【図 1 3 C】

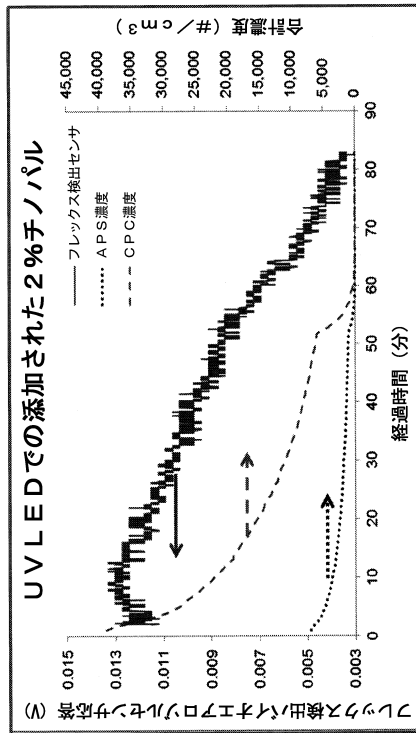


【図 1 4】

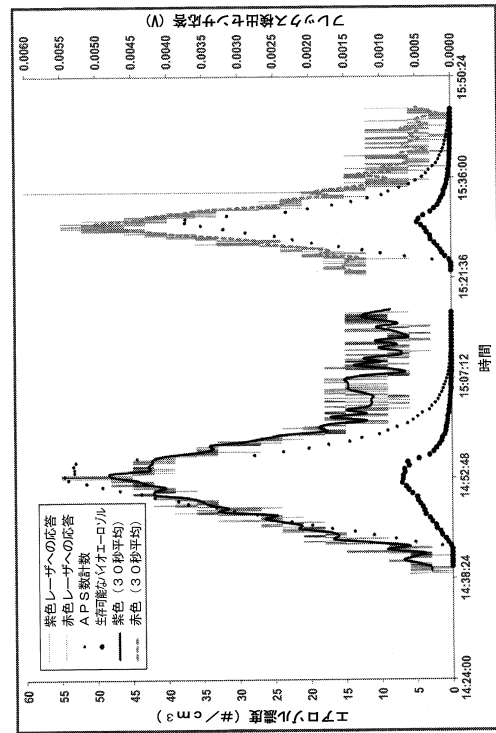




【図 15】



【図 16】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 1 N 21/27 B

- (72)発明者 ウォールズ, ハワード, ジェローム  
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 27709, リサーチ トライアングル パーク, コ  
ーンウォリス ロード 3040 リサーチ トライアングル インスティテュート内
- (72)発明者 ニューサム, ランドール, ジェイ.  
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 27709, リサーチ トライアングル パーク, コ  
ーンウォリス ロード 3040 リサーチ トライアングル インスティテュート内
- (72)発明者 ホエルツ, ボール, ジー.  
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 27709, リサーチ トライアングル パーク, コ  
ーンウォリス ロード 3040 リサーチ トライアングル インスティテュート内

審査官 素川 慎司

- (56)参考文献 国際公開第2005/001436(WO, A1)  
中国特許出願公開第103983544(CN, A)  
特開平09-243549(JP, A)  
特表2010-502941(JP, A)  
国際公開第90/010858(WO, A1)  
特開平10-115584(JP, A)  
特開昭60-174929(JP, A)  
特開昭64-091036(JP, A)  
特開昭60-161548(JP, A)  
特開2010-091548(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 N 15/00 - 15/14  
G 0 1 N 21/00 - 21/958