

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5324598号
(P5324598)

(45) 発行日 平成25年10月23日 (2013. 10. 23)

(24) 登録日 平成25年7月26日 (2013. 7. 26)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 N 15/14 (2006. 01)	GO 1 N 15/14 D
GO 1 N 21/53 (2006. 01)	GO 1 N 21/53 Z
	GO 1 N 15/14 K

請求項の数 33 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-537010 (P2010-537010)	(73) 特許権者	506061299
(86) (22) 出願日	平成20年12月2日 (2008. 12. 2)		パーティクル・メージャリング・システムズ・インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2011-505577 (P2011-505577A)		アメリカ合衆国コロラド州80301, ボールダー, エアポート・ブルーバード5475番
(43) 公表日	平成23年2月24日 (2011. 2. 24)	(74) 代理人	100094318
(86) 国際出願番号	PCT/US2008/085236		弁理士 山田 行一
(87) 国際公開番号	W02009/073649	(74) 代理人	100107456
(87) 国際公開日	平成21年6月11日 (2009. 6. 11)		弁理士 池田 成人
審査請求日	平成23年11月7日 (2011. 11. 7)	(74) 代理人	100148596
(31) 優先権主張番号	61/005, 336		弁理士 山口 和弘
(32) 優先日	平成19年12月4日 (2007. 12. 4)	(74) 代理人	100123995
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 野田 雅一
(31) 優先権主張番号	60/992, 192		
(32) 優先日	平成19年12月4日 (2007. 12. 4)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非直角粒子検出システム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流体を収容するフローセルであり、流体は該フローセルを通して所定の流れの方向に流れる、フローセルと、

長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有する電磁放射のビームを生成するための供給源であり、前記供給源が前記ビームを前記フローセル経由で導くように位置決めされ、前記長軸と前記流れの方向との間の角度が非直角であり、前記流体内に含まれる粒子が前記ビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、供給源と、

前記散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を受け取るように前記フローセルと光通信して位置決めされた2次元検出器と、

前記散乱又は放射された電磁放射を前記2次元検出器上に収集及び導くための光学系とを備え、

前記光学系は、前記長軸に非直角に位置決めされた光軸を有し、

前記2次元検出器は、前記光学系の前記光軸に非直角に位置決めされている粒子検出システム。

【請求項 2】

前記2次元検出器は、複数の検出器要素が前記散乱又は放射された電磁放射を受け取るように位置決めされた前記検出器要素のアレイを備える、請求項1に記載の粒子検出シ

10

20

テム。

【請求項 3】

前記角度が $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲から選択される、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 4】

前記断面プロファイルが、楕円又は長方形である形状を有する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 5】

前記断面プロファイルが、 $5 \mu\text{m}$ と $100 \mu\text{m}$ との間から選択された、前記短軸に沿った幅を有する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 6】

前記断面プロファイルが、 $50 \mu\text{m}$ と $1200 \mu\text{m}$ との間から選択された、前記長軸に沿った幅を有する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 7】

前記断面プロファイルが、前記フローセルの縁部まで、又はその縁部を超えて延びる、前記長軸に沿った幅を有する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 8】

前記フローセルが、前記ビームの伝搬軸に平行な第 1 のより長い側と、前記ビームの前記伝搬軸に垂直な第 2 のより短い側とを有する断面プロファイルを有する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 9】

前記第 1 のより長い側が $0.25 \text{ mm} \sim 10 \text{ mm}$ から選択された幅を有する、請求項 8 に記載の粒子検出システム。

【請求項 10】

前記第 2 のより短い側が $80 \mu\text{m} \sim 500 \mu\text{m}$ から選択された幅を有する、請求項 8 に記載の粒子検出システム。

【請求項 11】

前記フローセルのアスペクト比が 20 以上である、請求項 8 に記載の粒子検出システム。

【請求項 12】

前記ビームの伝搬軸が前記流れの方向に垂直である、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 13】

前記ビームの伝搬軸が前記流れの方向に非直角である、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 14】

前記光学系が前記散乱又は放射された放射を前記 2 次元検出器上に画像化する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 15】

前記散乱又は放射された電磁放射が、前記光学系によって、 $5 \mu\text{m} \sim 80 \mu\text{m}$ の間から選択されたサイズを有する 2 次元検出器上のスポットに合焦される、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 16】

前記 2 次元検出器が、前記 2 次元検出器の活性区域の端から端まで前記散乱又は放射された電磁放射の鮮明に合焦された画像を可能にするように位置決めされた方位を有する、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 17】

前記 2 次元検出器が前記散乱又は放射された電磁放射の空間的に分離された画像を与えるように位置決めされた方位を有し、前記散乱又は放射された電磁放射が前記ビームの伝搬軸と平行な第 1 の軸及び前記ビームの前記断面プロファイルの前記長軸と平行な第 2 の軸に沿って空間的に分離される、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

前記 2 次元検出器が時間遅延積分を行う、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 19】

前記流れの方向が前記ビームの伝搬軸に垂直である、請求項 1 に記載の粒子検出システム。

【請求項 20】

粒子を検出する方法であって、

所定の流れの方向を有する流体中の粒子を供給するステップと、

長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有する電磁放射のビームを前記流体経由で通過させるステップであり、前記長軸と前記流れの方向との間の角度が非直角であり、前記粒子が前記ビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、ステップと、

前記散乱又は放射された電磁放射を、光学系を用いて 2 次元検出器上に収集又は導くステップであって、前記光学系は前記長軸に非直角に位置決めされた光軸を有する、ステップと、

前記散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を、前記光学系の前記光軸に非直角に位置決めされた 2 次元検出器を用いて検出し、それによって前記粒子を検出するステップと、

を含む方法。

【請求項 21】

前記 2 次元検出器は、複数の検出器要素が前記散乱又は放射された電磁放射を受け取るように位置決めされた前記検出器要素のアレイを備える、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

前記角度が $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲から選択される、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 23】

前記 2 次元検出器が、前記 2 次元検出器の活性区域の端から端まで前記散乱又は放射された電磁放射の鮮明に合焦された画像を可能にするように位置決めされた方位を有する、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 24】

前記 2 次元検出器が前記散乱又は放射された電磁放射の空間的に分離された画像を与えるように位置決めされた方位を有し、前記散乱又は放射された電磁放射が前記ビームの伝搬軸と平行な第 1 の方向に及び前記ビームの前記断面プロファイルの前記長軸と平行な第 2 の方向に空間的に分離される、請求項 20 に記載の方法。

【請求項 25】

粒子の電磁放射のビームとの相互作用を空間的に分離する方法であって、

流れの方向に流れる流体内に浮遊する粒子を供給するステップと、

電磁放射のビームを前記流体経由で通過させるステップであり、前記ビームが長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有し、前記長軸と前記流れの方向との間の角度が非直角であり、前記粒子が前記ビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、ステップと、

前記散乱又は放射された電磁放射を、光学系を用いて 2 次元検出器上に収集又は導くステップであって、前記光学系は前記長軸に非直角に位置決めされた光軸を有し、前記 2 次元検出器は、前記光学系の前記光軸に非直角に位置決めされた、ステップと、

前記散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を前記 2 次元検出器を用いて検出し、それによって、前記散乱又は放射された電磁放射を前記ビームの伝搬軸と平行な第 1 の方向に及び前記ビームの前記断面プロファイルの前記長軸と平行な第 2 の方向に空間的に分離する、ステップとを含む方法。

【請求項 26】

前記散乱又は放射された電磁放射が、前記流体を囲むフローセルの壁から散乱又は放射された電磁放射から空間的に分離される、請求項 25 に記載の方法。

【請求項 27】

第1の粒子が前記ビームと相互作用することによって生成された散乱又は放射された電磁放射が前記2次元検出器の第1の位置に画像化され、前記第1の粒子とは異なる位置を有する、第2の粒子との前記ビームの相互作用によって生成された散乱又は放射された電磁放射が前記2次元検出器の第2の位置に画像化される、請求項25に記載の方法。

【請求項 28】

前記散乱又は放射された電磁放射に応じて前記検出器によって供給された信号を分析するステップをさらに含む、請求項25に記載の方法。

【請求項 29】

前記分析が、時間遅延積分、画像閾値分析、画像形状分析、パルス高分析、及びパルス幅分析からなる群から選択された1つ又は複数の技法を含む、請求項28に記載の方法。

10

【請求項 30】

粒子をサイズ分類する方法であって、

フローセルを通して流れの方向に流れる流体内に浮遊する粒子を供給するステップと、

電磁放射のビームを前記流体経路で通過させるステップであり、前記ビームが長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有し、前記長軸と前記流れの方向との間の角度が非直角であり、前記粒子が前記ビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、ステップと、

前記散乱又は放射された電磁放射を、光学系を用いて2次元検出器上に収集又は導くステップであって、前記光学系は前記長軸に非直角に位置決めされた光軸を有し、前記2次元検出器は、前記光学系の前記光軸に非直角に位置決めされた、ステップと、

20

前記散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を前記2次元検出器上に画像化するステップと、

前記2次元検出器上に画像化された前記散乱又は放射された電磁放射の強度を決定するステップと、

前記2次元検出器上に画像化された前記散乱又は放射された電磁放射の前記強度を1つ又は複数の閾値基準値と比較し、それによって前記粒子のサイズを決定するステップとを含む方法。

【請求項 31】

前記閾値基準値が前記フローセル内の前記粒子の位置に依存する、請求項30に記載の方法。

30

【請求項 32】

比較する前記ステップの前に、前記フローセル内の前記粒子の前記位置を決定するステップをさらに含む、請求項30に記載の方法。

【請求項 33】

比較する前記ステップの前に、前記フローセル内の前記粒子の前記位置を使用して1つ又は複数の基準閾値の値を決定するステップをさらに含む、請求項32に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

40

[0001]本出願は、それぞれ2007年12月4日、2007年12月4日、及び2008年10月22日に出願された米国特許仮出願第61/005,336号、第60/992,192号、及び第61/107,397号の利益を主張するものであり、それらは参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれる。

【連邦政府による資金提供を受けた研究開発の記載】

【0002】

[0002]該当せず。

【背景技術】

【0003】

[0003]本発明は光学粒子カウンタの分野に関する。本発明は、一般に、粒子から散乱さ

50

れた又は粒子によって放射された電磁放射を空間的に分離することができる光学粒子カウンタに関する。本発明は、さらに、粒子を検出及びサイズ分類する方法、並びに粒子の電磁放射のビームとの相互作用を空間的に分離する方法に関する。

【0004】

[0004]大部分の微量汚染産業は、米国特許第3,851,169号、第4,348,111号、第4,957,363号、第5,085,500号、第5,121,988号、第5,467,188号、第5,642,193号、第5,864,399号、第5,920,388号、第5,946,092号、及び第7,053,783号を含む多数の米国特許に記載されているような粒子カウンタの使用に依存している。米国特許第4,728,190号、第6,859,277号、及び第7,030,980号、5,282,151も粒子カウンタを開示しており、それらは参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれる。エアロゾル粒子カウンタは、多くの場合、クリーンルーム及びクリーン区域中の浮遊微粒子汚染を測定するために使用される。液相粒子カウンタは、多くの場合、水処理産業及び化学処理産業において微粒子汚染を測定するために使用される。

【0005】

[0005]粒子によって散乱又は放射された電磁放射を空間的に分離することができる粒子カウンタは、一般に、米国特許第5,282,151号に記載されている粒子検出器などの2次元検出器を使用する。米国特許第7,170,601号及び米国特許出願公開第2006/0001874A1号にも粒子によって散乱又は放射された電磁放射を空間的に分離することができる粒子カウンタが開示されている。これらの光学粒子カウンタは、流体流れの方向と平行な方向の散乱又は放射された電磁放射を収集し、散乱又は放射された電磁放射の発生源を流体流れの方向に垂直な方向に沿って空間的に分離することができる。しかし、これらの粒子カウンタは、散乱又は放射された電磁放射を流体流れの方向と平行な方向に空間的に分離する能力を欠いている。本明細書で説明される粒子検出システムは、粒子によって散乱又は放射された電磁放射を流体流れの方向に平行な方向並びに流体流れの方向に垂直な方向に空間的に分離するのを可能にする幾何学的構成を利用する。

【発明の概要】

【0006】

[0006]粒子の電磁放射のビームとの相互作用を空間的に分離することができる粒子検出システムを本明細書で説明する。特定の電磁ビームの断面形状及び方位を使用して、粒子検出システムの検出感度を改善することができる。低バックグラウンド信号を有し、粒子からの電磁放射の散乱又は放射を空間的に分離するのを可能にする方法で粒子を検出及びサイズ分類する方法を本明細書でさらに説明する。

【0007】

[0007]一実施形態では、粒子検出システムは、流体を収容するためのフローセル（流体室）で、この流体はフローセルを通して所定の流れの方向に流れる、フローセルと、長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有する電磁放射のビームを生成するための供給源であり、この供給源がビームをフローセル経由で導くように位置決めされ、ビームの断面プロファイルの主軸と流れの方向との間の角度が非直角であり、流体内に含まれる粒子がビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、供給源と、散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を受け取るためにフローセルと光通信して位置決めされた2次元検出器とを含む。

【0008】

[0008]これらなどの粒子検出システムは、粒子を検出及び/又はサイズ分類する方法に対して有用である。一実施形態では、この態様の方法は、流れの方向を有する流体中の粒子を供給するステップと、長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有する電磁放射のビームを流体経由で通過させるステップであり、長軸と流れの方向との間の角度が非直角であり、粒子がビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、ステップと、散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を2次元検出器で検出し、それによって粒子を検出するステップとを含む。いくつかの用途にとって好ましい一実施

形態では、散乱又は放射された電磁放射は光学系によって２次元検出器に収集されるか又は導かれる。実施形態によっては、ビーム断面の長軸と流れの方向との間の角度は非平行である。

【 0 0 0 9 】

[0009]限定はしないが、レンズ、ミラー、フィルタ、ビームスプリッタ、光ファイバ、光導波路、ウィンドウ、開口、スリット、プリズム、回折格子、偏光器、波長板、結晶、及びこれら光学要素又は他の光学要素の任意の組合せを含む、任意の光学要素が本明細書で説明される方法及びシステムに対して有用となり得る。いくつかの用途にとって好ましい実施形態では、散乱又は放射された電磁放射は光学系によって２次元検出器上に画像化される。いくつかの実施形態では、粒子カウンタは、粒子からの散乱又は放射された放射を２次元検出器上に適切に画像化するための光学系の自動合焦を適宜含む。

10

【 0 0 1 0 】

[0010]いくつかの用途にとって好ましい実施形態では、有用な２次元検出器は、複数の検出器要素が散乱又は放射された電磁放射を受け取るように位置決めされた検出器要素のアレイを備える。限定はしないが、光検出器の２次元アレイ、電荷結合素子（ＣＣＤ）検出器、相補形金属酸化膜半導体（ＣＭＯＳ）検出器、金属酸化膜半導体（ＭＯＳ）検出器、能動画素センサ、マイクロチャネルプレート検出器、光電子増倍管の２次元アレイ、フォトダイオードの２次元アレイ、フォトトランジスタの２次元アレイ、光抵抗器の２次元アレイ、及び光伝導薄膜を含む、任意の２次元検出器は、粒子を検出又はサイズ分類するシステム及び方法に対して有用となり得る。

20

【 0 0 1 1 】

[0011]いくつかの用途にとって好ましい実施形態では、２次元検出器は、２次元検出器の活性区域の端から端まで散乱又は放射された電磁放射の鮮明に合焦された画像を可能にするように位置決めされた方位を有する。いくつかの用途にとって好ましい実施形態では、２次元検出器は散乱又は放射された電磁放射の空間的に分離された画像を与えるように位置決めされた方位を有し、散乱又は放射された電磁放射がビームの伝搬軸と平行な第１の方向に及び流れの方向と平行な第２の方向に空間的に分離される。別の実施形態では、２次元検出器の方位により、ビームの伝搬軸と平行な第１の方向に及びビーム断面プロファイルの長軸と平行な第２の方向に、散乱又は放射された電磁放射の空間的に分離された画像が可能になる。

30

【 0 0 1 2 】

[0012]別の態様では、粒子の電磁放射のビームとの相互作用を空間的に分離する方法が提供される。この態様の方法は、流れの方向に流れる流体内に浮遊する粒子を供給するステップと、電磁放射のビームを流体経路で通過させるステップであり、ビームが長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有し、長軸と流れの方向との間の角度が非直角であり、粒子がビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、ステップと、散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を２次元検出器に導き、それによって、散乱又は放射された電磁放射をビームの伝搬軸と平行な第１の方向に及びビーム断面プロファイルの長軸と平行な第２の方向に空間的に分離する、ステップとを含む。実施形態では、散乱又は放射された電磁放射は、２次元検出器に達すると、２次元検出器によって検出され、それによって、散乱又は放射された電磁放射の強度に対応する複数の出力信号を生成する。実施形態によっては、ビーム断面の長軸と流れの方向との間の角度は非平行である。

40

【 0 0 1 3 】

[0013]いくつかの用途にとって好ましい実施形態では、粒子によって散乱又は放射された電磁放射は、流体を囲むフローセルの壁によって散乱又は放射された電磁放射から空間的に分離される。別の実施形態では、第１の粒子がビームと相互作用することによって散乱又は放射された電磁放射は２次元検出器の第１の位置に画像化され、第１の粒子とは異なる位置を有する、第２の粒子によって生成された散乱又は放射された電磁放射は２次元検出器の第２の位置に画像化される。

50

【 0 0 1 4 】

[0014]この態様のいくつかの実施形態では、この方法は、散乱又は放射された電磁放射に応じて検出器によって供給される信号を分析するステップをさらに含む。一実施形態では、この分析は、時間遅延積分 (T D I)、画像閾値分析、画像形状分析、パルス高分析、パルス幅分析、又は粒子を検出するのに有用な他の技法を含む 1 つ又は複数の技法を含む。

【 0 0 1 5 】

[0015]別の態様では、粒子をサイズ分類する方法が提供される。この態様の方法は、フローセルを通して流れの方向に流れる流体内に浮遊する粒子を供給するステップと、電磁放射のビームを流体経路で通過させるステップであり、ビームが長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有し、長軸と流れの方向との間の角度が非直角であり、粒子がビームと相互作用し、それによって散乱又は放射された電磁放射を生成する、ステップと、散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を 2 次元検出器上に画像化するステップと、散乱又は放射された電磁放射の強度を 2 次元検出器で決定するステップと、散乱又は放射された電磁放射の強度を 1 つ又は複数の閾値基準値と比較し、それによって粒子のサイズを決定するステップとを含む。例えば、閾値基準値は、既知のサイズの粒子からの散乱又は放射された電磁放射の強度に対応することができ、粒子から散乱又は放射された電磁放射の強度が 2 つの閾値基準値間に入る場合、粒子はそれらの閾値基準値に対応する既知の粒子サイズ間にサイズ分類される。

【 0 0 1 6 】

[0016]この態様の一実施形態では、閾値基準値はフローセル内の粒子の位置に依存する。別の実施形態では、閾値基準値は流体の流速に依存する。さらなる別の実施形態では、流体の流速はフローセル内の位置に依存することがあり、例えば、フローセルの壁の近くを流れる流体は、フローセルの中心の近くを流れる流体よりも遅い流れとなることがある。別の実施形態では、閾値基準値はビームの強度に依存する。さらなる実施形態では、閾値基準値はビームの強度及びフローセル内の位置の両方に依存する。

【 0 0 1 7 】

[0017]いくつかの用途にとって好ましい一実施形態では、この方法はフローセル内の粒子の位置を決定するステップをさらに含むことができる。実施形態によっては、このステップは、散乱又は放射された電磁放射の強度を 1 つ又は複数の閾値基準値と比較するステップの前に行われることが好ましい。別の実施形態では、フローセル内の粒子の位置を使用して、後続の比較のための 1 つ又は複数の閾値基準値が決定される。

【 0 0 1 8 】

[0018]いかなる理論にも拘束されることを望むことなく、本発明に関連する根本原理の見解又は知識について本明細書で説明される。任意の機械論的説明又は仮説の最終的妥当性にかかわらず、本発明の実施形態はそれにもかかわらず有効で有用となり得ることが認識されよう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 粒子検出システムの一実施形態の概略図である。

【 図 2 A 】 粒子検出システムの一実施形態の斜視図である。

【 図 2 B 】 粒子検出システムの一実施形態の斜視図である。

【 図 3 A 】 粒子検出システムのフローセルを照明する電磁放射のビームの別の斜視図である。

【 図 3 B 】 図 3 A の一領域の拡大図である。

【 図 3 C 】 図 3 A のフローセルの俯瞰図である。

【 図 3 D 】 流体流れの方向に沿った図 3 A のフローセルの図である。

【 図 3 E 】 図 3 A のフローセルの側面図である。

【 図 4 A 】 粒子検出システムの 2 次元検出器によって検出された画像を示す図であり、ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の角度が 90 ° である。

【図４Ｂ】粒子検出システムの２次元検出器によって検出された画像を示す図であり、ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の角度が 45° である。

【図４Ｃ】粒子検出システムの２次元検出器によって検出された画像を示す図であり、ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の角度が 21° である。

【図５】ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の様々な角度における粒子検出システムによる 80 nm の粒子の計数効率を例示するデータを示す図である。

【図６】ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の様々な角度における粒子検出システムによる 125 nm の粒子の計数効率を例示するデータを示す図である。

【図７】ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の様々な角度における 80 nm 及び 125 nm の粒子の計数効率を集約するデータを示す図である。

10

【図８】例示的な細管マウントの図である。

【図９】例示的な自動合焦システムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００２０】

[0035] 一般に、本明細書で使用される用語及び句は、当業者にとって既知の標準テキスト、雑誌参考文献、及びコンテキストを参照することによって見いだすことができる、当技術分野で認められている意味を有する。以下の定義は本発明のコンテキスト中の特定の使用を明確にするために提供される。

【００２１】

[0036] 「流れの方向」は、流体が流れている場合に流体の大部分が移動している方向と平行な軸を参照する。直線フローセルを流れる流体では、流れの方向は流体の大部分が占める経路と平行である。湾曲フローセルを流れる流体では、流れの方向は流体の大部分が占める経路の接線であると見なすことができる。

20

【００２２】

[0037] 「ビーム伝搬軸」は、電磁放射のビームの進行の方向と平行な軸を参照する。

【００２３】

[0038] 「断面プロファイル」は、伝搬又は進行の軸に直角に物体を流れて切断する平面によって形成されたプロファイルを参照する。例えば、電磁放射のビームの断面プロファイルは、ビーム伝搬軸に垂直な平面によって形成されるビームのプロファイルである。フローセルの断面プロファイルは、流れの方向に垂直な平面によって形成されるフローセルのプロファイルである。

30

【００２４】

[0039] 「長軸」は形状の最長軸と平行な軸を参照する。例えば、楕円の長軸は楕円の最長径と平行であり、長方形の長軸は長方形の長い寸法と平行である。

【００２５】

[0040] 「短軸」は形状の最短軸と平行な軸を参照する。例えば、楕円の短軸は楕円の最短径と平行であり、長方形の短軸は長方形の短い寸法と平行である。

【００２６】

[0041] 「光通信」は、光又は電磁放射が構成要素間を移動できるように構成要素が配置されるような構成要素の方位を参照する。

40

【００２７】

[0042] 「光軸」は、電磁放射がシステムを流れて伝搬する方向を参照する。

【００２８】

[0043] 「スポットサイズ」は、点又は物体の画像が１つ又は複数のレンズによって合焦されるサイズを参照する。一般に、スポットサイズは平方自乗平均（ RMS ）スポットサイズを参照する。 RMS スポットサイズは、総エネルギーの 66% 、例えば電磁放射の合焦されたビームの総エネルギーの 66% を含むスポットのサイズである。

【００２９】

[0044] 「２次元検出器」は、検出器の活性区域の端から端まで２次元で入力信号（例えば電磁放射）を空間的に分離できる検出器を参照する。２次元検出器は、画像、例えば、

50

検出器の活性区域の強度パターンに対応する画像を生成することができる。好ましい２次元検出器には、検出器要素又は画素のアレイ、例えば光検出器の２次元アレイ、電荷結合素子（ＣＣＤ）検出器、相補形金属酸化膜半導体（ＣＭＯＳ）検出器、金属酸化膜半導体（ＭＯＳ）検出器、能動画素センサ、マイクロチャネルプレート検出器、光電子増倍管の２次元アレイ、フォトダイオードの２次元アレイ、フォトトランジスタの２次元アレイ、光抵抗器の２次元アレイ、又は光伝導薄膜が含まれる。

【００３０】

[0045]「粒子」は、多くの場合、汚染物質と見なされる小さい物体を参照する。例えば、２つの表面が機械的接触状態になり、機械的運動がある場合、粒子は摩擦行為によって生成される任意の材料であり得る。粒子は、粉塵、汚物、煙、灰、水、すす、金属、鉱物、又はこれら若しくは他の材料若しくは汚染物質の任意の組合せなどの材料の集合体からなることがある。「粒子」は、さらに、生物学的粒子、例えば、ウィルスと、胞子と、バクテリア、菌類、古細菌、原生生物、他の単細胞微生物、及び具体的には１～１５μmの程度のサイズを有する微生物を含む微生物とを参照することができる。粒子は、光を吸収又は散乱し、それにより光学粒子カウンタによって検出できる任意の小さい物体を参照することができる。本明細書で使用される「粒子」は、搬送流体の個々の原子又は分子、例えば水分子、酸素分子、ヘリウム原子、窒素分子などを除外するように意図される。本発明のいくつかの実施形態では、５０nmを超える、１００nm、１μm以上、又は１０μm以上のサイズを有する材料の集合体を含む粒子を検出、サイズ分類、及び／又は計数することができる。特定の粒子は、５０nm～５０μmから選択されたサイズ、１００nm～１０μmから選択されたサイズ、又は５００nm～５μmから選択されたサイズを有する粒子を含む。

【００３１】

[0046]いくつかの実施形態の粒子検出システムは、流体を収容するためのフローセルを備え、このフローセルを通して流体は所定の流れの方向に流れる。いくつかの用途にとって好ましい一実施形態では、フローセルは透明な壁のある試料セルを含む。有用なフローセルには、液体又はガスを含む流体を移送することができるフローセルが含まれる。流体の流れの方向は、本明細書で説明されるシステム及び方法の追加の構成要素を画定するのに有用な基準軸をさらに提供する。一実施形態では、フローセルは、第１のより長い側及び第２のより短い側を有する断面プロファイルを有する。実施形態によっては、第１のより長い側は、０．２５mm～１０mmの範囲から選択された長さ、好ましくは５mmの長さを有する。実施形態によっては、第２のより短い側は、８０μm～５００μmの範囲から選択された幅、好ましくは１００μmの幅を有する。一実施形態では、フローセルの断面は、２０以上又は５０以上の、より長い側の長さをより短い側の幅で割り算したものに等しい、アスペクト比を有する。実施形態によっては、フローセルの第１のより長い側は電磁ビーム伝搬軸と平行に位置合わせされ、フローセルの第２のより短い側は電磁ビーム伝搬軸に垂直に位置合わせされる。

【００３２】

[0047]いくつかの実施形態の粒子検出システムは、電磁放射のビームを生成するための供給源をさらに含む。好ましい実施形態では、電磁放射のビームは、長軸及び短軸を有する断面プロファイルを有する。そのような断面プロファイルは、供給源自体によって、又はレンズ、ミラー、開口、若しくは他のビーム整形要素を含む１つ又は複数のビーム整形要素と組み合わせて供給源によって生成することができる。ある実施形態では、ビーム断面プロファイルは楕円又は長方形の形状を有する。他の実施形態では、ビーム断面プロファイルは、実質的に楕円又は実質的に長方形である形状を有する。いくつかの用途にとって好ましい一実施形態では、ビーム断面プロファイルは、５μmと１００μmとの間から選択された、好ましくは４０μmの短軸に沿った幅を有する。いくつかの用途にとって好ましい別の実施形態では、ビーム断面プロファイルは、５０μmと１２００μmとの間から選択された、好ましくは６００μmの長軸に沿った幅を有する。例示的な一実施形態では、ビーム断面プロファイルは、フローセルの壁まで又はそれを超えて延びる長軸に沿っ

た幅を有する。この実施形態及び他の実施形態では、粒子検出システムは流体の容量分析を行うことができる。別の実施形態では、ビーム断面プロファイルは、フローセルの壁に達しない、長軸に沿った幅を有する。この実施形態及び他の実施形態では、粒子検出システムは流体の非容量分析を行うことができる。

【0033】

[0048]好ましい実施形態では、供給源は、ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の角度が非直角となるようにビームをフローセル経路で導くように位置決めされる。いくつかの実施形態では、ビーム断面プロファイルの長軸と流れの方向との間の角度は、 $5^{\circ} \sim 85^{\circ}$ の範囲から、又は好ましくは $16^{\circ} \sim 26^{\circ}$ の範囲から、又はより好ましくは $20^{\circ} \sim 22^{\circ}$ の範囲から選択される。しかし、実施形態によっては、ビーム断面プロファイルの長軸は流れの方向に垂直又は平行とすることができる。

10

【0034】

[0049]別の実施形態の粒子検出システムは、フローセルと光通信して位置決めされた2次元検出器をさらに含む。フローセルと光通信して位置決めされた検出器は、粒子がビームと相互作用することによって散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を検出するのに有用である。いくつかの用途にとって好ましい一実施形態では、2次元検出器は、複数の検出器要素が散乱又は放射された電磁放射の少なくとも一部を受け取るように位置決めされた検出器要素のアレイを含む。有用な2次元検出器には、限定はしないが、光検出器の2次元アレイ、CCD検出器、CMOS検出器、MOS検出器、能動画素センサ、マイクロチャネルプレート検出器、光電子増倍管の2次元アレイ、フォトダイオードの2次元アレイ、フォトトランジスタの2次元アレイ、光抵抗器の2次元アレイ、及び光伝導薄膜が含まれる。

20

【0035】

[0050]この態様のいくつかの実施形態は光学系をさらに含むことができる。そのようなシステムの光学要素は、電磁放射のビームを整形するのに、或いは粒子がビームと相互作用することによって散乱又は放射された電磁放射を2次元検出器に収集するか又は導くのに有用である。光学系は1つ又は複数の光学要素を含むことができる。例えば、光学系は2つの非球面レンズを含むことができる。有用な光学要素には、レンズ、ミラー、フィルタ、ビームスプリッタ、光ファイバ、光導波路、ウィンドウ、開口、スリット、プリズム、回折格子、偏光器、波長板、結晶、及びこれら又は他の整形要素、合焦要素、若しくは誘導要素の任意の組合せが含まれる。いくつかの用途にとって好ましい一実施形態では、光学系は、散乱又は放射された放射を2次元検出器上に画像化する。別の実施形態では、散乱又は放射された電磁放射は、 $5\mu\text{m} \sim 80\mu\text{m}$ の範囲から選択されたサイズ、好ましくは $12\mu\text{m}$ のサイズを有する2次元検出器上のスポットに合焦される。

30

【0036】

[0051]散乱又は放射された電磁放射を収集するか又は導くための光学系は、好ましくは、フローセルと2次元検出器との間に位置決めされる。一実施形態では、2次元検出器は、ビームを2次元検出器に収集するか又は導くための光学系の光軸に非直角に向けられる。この実施形態における非直角は、光学系の光軸に対する、能動要素を含む2次元検出器の平面の位置を参照している。

40

【0037】

[0052]別の実施形態では、光学系の光軸は、ビーム断面プロファイルの長軸に非直角に向けられる。例示的な一実施形態では、2次元検出器は、2次元検出器の活性区域の端から端まで散乱又は放射された電磁放射の鮮明に合焦された画像を可能にするように位置決めされた方位を有する。別の例示的な実施形態では、2次元検出器は散乱又は放射された電磁放射の空間的に分離された画像を与えるように位置決めされた方位を有し、散乱又は放射された電磁放射はビーム伝搬軸と平行な第1の軸に沿って及びビーム断面プロファイルの長軸と平行な第2の軸に沿って空間的に分離される。

【0038】

[0053]次に、図面を参照すると、図1は粒子検出システムの一実施形態の概略図を示す

50

。図で分かるように、供給源 1 0 0 は、ビーム伝搬軸 1 1 5 と平行にフローセル 1 2 0 経由で導かれる電磁放射のビーム 1 1 0 を生成する。この実施形態では、ビーム 1 1 0 はレンズ 1 3 0 によって整形され導かれ、その後フローセル 1 2 0 に入る。フローセル 1 2 0 を通って流れる流体中に浮遊する粒子は、ビーム 1 1 0 と相互作用すると、散乱又は放射された電磁放射 1 6 0 を生成する。光学系 1 7 0 は、光学検出軸 1 7 5 に沿って、散乱又は放射された電磁放射 1 6 0 を収集し、それを 2 次元検出器 1 8 0 上に合焦する。この実施形態では、光学系 1 7 0 は 2 つの非球面レンズで構成される。

【 0 0 3 9 】

[0054]図 2 A は、粒子検出システムの実施形態の斜視図を示す。この実施形態では、供給源 2 0 0 は電磁放射のビーム 2 1 0 を生成し、それはフローセル 2 2 0 経由で導かれる。ビーム 2 1 0 はレンズ 2 3 0 によって整形され導かれ、その後、フローセル 2 2 0 に入る。この実施形態では、ビーム 2 1 0 は、軸 2 0 5 と平行な長軸を有する楕円形状を有する断面プロファイル 2 3 5 及び流れの方向 2 5 0 に垂直な伝搬軸を有するようにレンズ 2 3 0 によって整形される。粒子 2 4 0 は流れの方向 2 5 0 と平行にフローセル 2 2 0 を通って流れる。断面プロファイルの長軸 2 0 5 は流れの方向 2 5 0 に対して角度 2 9 0 を形成する。粒子は、ビーム 2 1 0 によって照明されるフローセル 2 2 0 の領域を通して流れ、ビームと相互作用し、散乱又は放射された電磁放射 2 6 0 を生成する。散乱又は放射された電磁放射 2 6 0 は、光学系 2 7 0 によって光学検出軸 2 7 5 に沿って 2 次元検出器 2 8 0 に収集され導かれる。この実施形態では、2 次元検出器 2 8 0 は光学検出軸 2 7 5 に非直角である。

【 0 0 4 0 】

[0055]図 2 B は、別の粒子検出システムの実施形態の斜視図を示す。この実施形態では、供給源 2 0 0 は電磁放射のビーム 2 1 0 を生成し、それはフローセル 2 2 0 経由で導かれる。ビーム 2 1 0 はレンズ 2 3 0 によって整形され導かれ、その後、フローセル 2 2 0 に入る。この実施形態では、ビーム 2 1 0 は、軸 2 0 5 と平行な長軸を有する楕円形状を有する断面プロファイル 2 3 5 及び流れの方向 2 5 0 に非直角な伝搬軸を有するようにレンズ 2 3 0 によって整形される。粒子 2 4 0 は流れの方向 2 5 0 と平行にフローセル 2 2 0 を通って流れる。この実施形態では、流れの方向 2 5 0 と断面プロファイルの長軸 2 0 5 とは垂直である。粒子は、ビーム 2 1 0 によって照明されるフローセル 2 2 0 の領域を通して流れ、ビームと相互作用し、散乱又は放射された電磁放射 2 6 0 を生成する。散乱又は放射された電磁放射 2 6 0 は、光学系 2 7 0 によって光学検出軸 2 7 5 に沿って 2 次元検出器 2 8 0 に収集され導かれる。この実施形態では、2 次元検出器 2 8 0 は光学検出軸 2 7 5 に非直角である。

【 0 0 4 1 】

[0056]図 3 A は、フローセルを照明する電磁放射のビームの別の斜視図を示す。この図において、ビーム 3 1 0 はビーム伝搬軸 3 1 5 と平行に進行している。フローセル 3 2 0 を流れる粒子及び流体は流れの方向 3 5 0 と平行に移動する。図 3 B は、フローセル 3 2 0 の領域の拡大図を示す。粒子 3 4 0 は、軌道 3 5 5 に沿って流れの方向 3 5 0 と平行に移動し、領域 3 6 5 でビーム 3 1 0 と相互作用し、その領域で散乱又は放射された電磁放射を生成する。図 3 C、3 D、及び 3 E は、フローセル 3 2 0 及びビーム 3 1 0 の様々な図を示す。図 3 C は、ビームの伝搬軸に沿って見たフローセル 3 2 0 及びビームの図を示す。ビームの断面プロファイル 3 3 5 がこの図に示されている。この実施形態では、断面プロファイル 3 3 5 は楕円形状を有する。図 3 C は、さらに、この図が流れの方向 3 5 0、光学収集軸 3 7 5、及びビーム断面プロファイルの長軸 3 0 5 を示すために 1 組の軸を示している。角度 3 9 0 は、流れの方向 3 5 0 とビーム断面プロファイルの長軸 3 0 5 との間に形成される。様々な実施形態において、角度 3 9 0 は 9 0 °とは異なり、すなわち、流れの方向 3 5 0 とビーム断面プロファイルの長軸 3 0 5 とは非直角である。しかし、実施形態によっては、角度 3 9 0 は 9 0 °である。図 3 D は、流れの方向に沿って見たフローセル 3 2 0 の図を示す。ビーム 3 1 0 は、フローセル 3 2 0 を照明するビーム伝搬軸 3 1 5 に沿って伝搬する。粒子がビーム 3 1 0 と相互作用することによって生成された散

乱又は放射された電磁放射は光学収集軸 375 に沿って収集される。図 3 E は、光学収集軸に沿った図を示す。粒子及び流体は流れの方向 350 にフローセル 320 を通って流れる。ビーム 310 は、フローセル 320 を照明するビーム伝搬軸 315 に沿って伝搬する。この実施形態では、フローセル 320 のわずかな部分しかビーム 310 によって照明されない。照明される領域は図 3 E の破線によって示される。しかし、流体はすべてビームを通して流れる。

【0042】

[0057] 本発明は、以下の非限定の実施例によってさらに理解することができる。

【0043】

実施例 1：粒子検出器画像及び計数効率

[0058] 図 4 A、4 B、及び 4 C は、流れの方向とビーム断面プロファイルの長軸との間の様々な角度について粒子検出システムの実施形態の 2 次元検出器によって検出された画像を示す。これらのグレースケール画像は 2 次元検出器によって観察された強度を表し、黒色は低い強度であり、白色は高い強度である。これらの画像は図 3 E と同様のフローセルの図を表す。これらの画像において、画像の最上部の明るい白色スポットは、ビームがフローセルに入るフローセルの壁とビームが相互作用することによって生成された散乱又は放射された電磁放射を表す。画像の最下部の明るい白色スポットは、ビームがフローセルを出るフローセルの壁とビームが相互作用することによって生成された散乱又は放射された電磁放射を表す。これらの画像において、125 nm のサイズを有する粒子が、流れの方向 350 に沿って流体中で移動しており、ビームは軸 315 に沿って伝搬している。これらの画像中の差込み図は、ビーム伝搬軸に沿ったフローセルの図を示し、フローセル及び流れの方向 350 に対するビーム断面プロファイルの長軸 305 の方位を示す。

【0044】

[0059] 図 4 A において、ビーム断面プロファイルの長軸 305 は流れの方向 350 に垂直であり、すなわち、角度 390 は 90° である。画像の中心にある明るい白色スポットはフローセルの壁の汚染の結果である。画像の最上部から画像の最下部に移動するかすかな線は、軸 315 に沿って伝搬するビームとフローセル中の流体が相互作用することによって散乱された電磁放射を表す。図 4 A の画像において、周辺よりも明るいかなスポットは単一の粒子の検出を示すことができる（画像中の矢印によって示されている）。明るい白色スポットは、恐らく、ビームと相互作用するフローセルの壁にある汚染の結果である。この方位で、このような汚染によって散乱又は放射された電磁放射は、粒子が移動することができる流れの領域に沿って位置し、それによりこれらの領域からの粒子の検出を不明瞭にする。角度 390 が 90° とは異なる場合、フローセルの壁の汚染は画像の左側又は右側の方に現れ、そのような大きい領域を不明瞭にしないはずである。

【0045】

[0060] 図 4 B において、ビーム断面プロファイルの長軸 305 及び流れの方向 350 は約 45° の角度 390 を形成する。画像の左側に沿った 2 つの明るい白色スポットはフローセルの壁の汚染の結果である。以前に述べたように、ビームの断面プロファイルは、今では、45° の角度 390 であるので、汚染からの散乱又は放射された電磁放射は、もはや流れ領域の主要部分を不明瞭にせず、画像の両側に現れる。画像の最上部から画像の最下部に移動するかすかなグロウは、軸 315 に沿って伝搬するビームとフローセル中の流体が相互作用することによって散乱された電磁放射を表す。図 4 B の画像において、周辺よりも明るいいくつかのかすかなスポットは粒子の検出を示すことができる（画像中の矢印によって示された 3 つの例）。角度 390 が 90° である図 4 A の幾何学的構成では、長い矢印によって示された粒子は、恐らく、画像の左側にある最高に明るい汚染スポットにより検出が不明瞭となるであろう。これは、雑音を低減し、検出効率及び感度を向上する際に非直角幾何学的構成の有用な利点を示している。さらに、ビーム断面プロファイルの長軸 305 が、図 4 B のように流れの方向 350 に非直角である場合、散乱又は放射された放射が 2 次元検出器上で検出される場所は、フローセル中の散乱又は放射された放射の起点の位置に関連する。例えば、画像の左側の明るい汚染スポットは、差込み図中の要

10

20

30

40

50

素 3 9 5 によって示されるようにフローセルの一方の側の汚染からのものであるように見え、一方、長い矢印によって示された粒子は、差込み図中の要素 3 4 0 によって示されたフローセルの反対側の近くを移動する粒子からのものであるように見える。

【 0 0 4 6 】

[0061] 図 4 C において、ビーム断面プロファイルの長軸 3 0 5 は約 2 1 ° の角度 3 9 0 で流れの方向 3 5 0 に位置合わせされる。画像の最上部から画像の最下部に移動するかなグローは、軸 3 1 5 に沿って伝搬するビームとフローセル中の流体が相互作用することによって散乱された電磁放射を表す。図 4 C の画像において、周辺よりも明るいいくつかのかすかなスポットは粒子の検出を示している（画像中の矢印によって示された 5 つの例）。フローセルの壁からの散乱又は放射された電磁放射の分離とは別に、ビーム断面プロファイルの長軸 3 0 5 が流れの方向 3 5 0 に非直角である場合、粒子はビームを通して移動する距離がより長く、それにより、より多く光散乱された粒子及びより小さい粒子を検出することができる。

【 0 0 4 7 】

[0062] 粒子の計数効率を決定するために、8 0 n m 及び 1 2 5 n m のサイズを有するポリスチレンラテックス粒子を、粒子検出システムを通して流すことができた。流れの方向とビーム断面プロファイルの長軸との間の角度は、3 つの方向に、すなわち、流れの方向とビーム断面プロファイルの長軸との間の 2 1 ° の角度、流れの方向とビーム断面プロファイルの長軸との間の 4 5 ° の角度、及び流れの方向とビーム断面プロファイルの長軸との間の 9 0 ° の角度に変更された。図 5 は、流れの方向とビーム断面プロファイルの長軸との間の角度の関数として 8 0 n m の粒子の計数効率を例示するデータを示す。図 5 で分かるように、8 0 n m の粒子の計数効率は、角度が 2 1 ° から 4 5 ° 、さらに 9 0 ° に増加するにつれて低下している。図 6 は、1 2 5 n m の粒子の計数効率を例示する同様のデータを示す。図 6 で分かるように、1 2 5 n m の粒子の計数効率は 2 1 ° 及び 4 5 ° でほぼ 1 0 0 % であるが、9 0 ° の角度で 8 0 % 未満の計数効率にかなり減少している。図 7 は、8 0 n m 及び 1 2 5 n m のポリスチレンラテックス粒子の計数効率を集約している。

【 0 0 4 8 】

実施例 2：一体化シールをもつ粒子計数法用細管マウント

[0063] 液体粒子カウンタを悩ませてきた 1 つの問題は、フローセルに試料細管を封着するための化学耐性シールがないことである。この問題を解決する一手法は、細管入口との封止を生成するために、反応しにくく実質的に剛性のポリマー、例えば、8 0 Shore D の Kel - f を含むホルダ又はマウントを使用する。ホルダ又はマウントは、ホルダ又はマウントに一体化される細管の開口のまわりに 1 つ又は複数の同心シールを含む。これにより、潜在的な漏れ経路の数が減らされ、不適切に取り付けられることがある構成要素が除去され、許容範囲の数値が低減され、より均一なシール圧力が保証される。実施形態では、粒子カウンタ又は粒子検出システムはそのような細管マウントを含む。

【 0 0 4 9 】

[0064] 本発明の画像化ベース粒子カウンタは、例えば、ホルダと一体化する細管開口のまわりに一連の同心シールを生成するように機械加工又は成型によって形成される剛性ポリマー（例えば、8 0 Shore D の Kel - f ）を使用する一体化シールを備えた粒子計数用細管マウントを適宜含む。一体化シールを備えた細管マウントを使用するのは、用途によっては、それにより、潜在的な漏れ経路の数が減らされ、不適切に取り付けられることがある構成要素が除去され、許容範囲の数値が低減され、より均一なシール圧力が保証されるので有益である。

【 0 0 5 0 】

[0065] 図 8 は、例示的な細管マウント 8 0 0 の斜視図を示す。細管マウント 8 0 0 は、細管との封止を生成するための複数の封止領域 8 0 1 を含む。細管マウント 8 0 0 は、フローセルと、フローセルへのレーザビームの入りと出を可能にするための複数のウィンドウ領域 8 0 2 とをさらに含む。追加のウィンドウ領域 8 0 3 は散乱光を検出器に送出するために含まれる。いくつかの実施形態では、細管マウント 8 0 0 は単一構造体であり、す

なわち、１つ又は複数の細管との封止を形成するための単一片の材料を含む。

【００５１】

実施例３：非直角粒子検出器の自動合焦

[0066] 粒子走行時間、適用区域を最大化し、被写界深度を最小にするために、粒子検出器中のレーザ経路は細管セルに対して傾けられる。一実施形態では、ビーム断面プロファイルの長軸は、細管セル内の流れの方向に非直角に向けられる。別の実施形態では、ビーム伝搬軸は細管セル内の流れの方向に非直角に向けられる。例えば、これらの軸は 69° 又は 21° の相対角度で向けることができる。流れ中の粒子から散乱された又は流れ中の粒子によって放射された放射を収集すること、及び適切な合焦を保証することのために、検出器及び細管は、任意のセンサ画像化光学系、例えば上述のような光学系に対して傾けられる。本発明の画像化ベース粒子カウンタは、粒子スポットサイズ若しくはレーザビーム構造のいずれか又は両方の組合せを使用する自動合焦を適宜含む。

10

【００５２】

[0067] 画像化光学系の光軸に沿った検出器の場所は、散乱又は放射された放射の最良の合焦を達成するように移動によって調整することができるが、さらに、移動の範囲の全体にわたって検出器の同じ場所に画像を保持しなければならない。これを達成する方法には、画像化光学系の光軸に対して固定角で検出器を取り付けるステップと、合焦するために画像化軸に沿って検出器を移動するステップとが含まれる。一実施形態では、検出器は、検出器を光軸に沿って移動するために光軸に位置合わせされた直線レールシステムに取り付けられる。特定の実施形態では、ばねを取り付けて、画像化光学系に予圧をかけて傾いた面の一方の側に押し付け、移動ステップモーターの精度を向上させ（例えば５倍以上）、ステップモーターのステップ当たりの直線運動のより小さい増加（例えば $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下）を可能にする。一実施形態では、粒子カウンタ又は粒子検出システムは自動合焦システムを含む。

20

【００５３】

[0068] 図９は特定の自動合焦システムの実施形態９００を示す。細管セルは細管マウント９０１に取り付けられ、検出器９０２はブロック９０３内に収容された画像化光学系に対してある角度で取り付けられる。直線レールシステム９０４は、ブロック９０３内に収容された画像化光学系の光軸に沿った検出器９０２の移動のために、検出器９０２及びステップモーター９０５に取り付けられる。

30

【００５４】

実施例３：検出器アレイ処理

[0069] 実施形態では、電磁放射は、粒子が粒子検出システムの電磁放射のビームと相互作用することによって散乱又は放射され、２次元検出器に達する散乱又は放射された電磁放射は検出され、それによって、散乱又は放射された電磁放射の強度に対応する複数の出力信号を生成する。これらの出力信号をさらに処理及び／又は分析して、粒子の特性を決定することができる。

【００５５】

[0070] いくつかの実施形態では、２次元検出器のすべての要素からの出力信号が記録されるか、又はさらなる分析のためにプロセッサに送出される。しかし、他の実施形態では、２次元検出器の要素のサブアレイ（すなわち一部だけ）からの出力信号が記録されるか、又はさらなる分析のためにプロセッサに送出される。このように、粒子の特性の検出又は感知に使用するために２次元検出器のサブセットを選択することが可能である。特定の実施形態では、サブアレイの出力信号の一部だけが粒子の特性を決定する際に利用される。注目するそのような領域は、例えば、検出された粒子のより良好なサイズ解像度の生成及び／又は検出にかけられる試料容積の増大の防止に有用である。

40

【００５６】

[0071] 例えば、２次元検出器全体は、粒子検出システムのフローセル全体を画像化することができる。特定のサブアレイは、フローセルの画像化領域、例えば、電磁放射のビームによって照明されたフローセルの領域の出力信号に対応することができる。別の例とし

50

て、サブアレイは、電磁放射のビームによって照明されたフローセルの画像化領域の出力信号に対応するが、フローセルの壁を排除することができる。注目する領域は、例えば、電磁放射のビームの中心によって照明されたフローセルの画像化領域及び／又は電磁放射のビームの強度が実質的に均一である場所に対応する出力信号を含むことができる。

【 0 0 5 7 】

[参照による援用及び変形に関する説明]

[0072] 本出願の全体にわたるすべての参考文献、例えば、発行済み特許若しくは登録特許又は均等物を含む特許文献、特許出願公開、及び非特許文献若しくは他の資料は、あたかも各参照が本出願の開示と少なくとも部分的に矛盾しない範囲で参照により個々に組み込まれる（例えば、部分的に矛盾する参照は、参照の部分的に矛盾する部分を除いて参照により組み込まれる）ように、参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれる。それぞれ 2007 年 12 月 4 日、2007 年 12 月 4 日、及び 2008 年 10 月 22 日に出願された米国特許仮出願第 61 / 005,336 号、第 60 / 992,192 号、及び第 61 / 107,397 号は、参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれる。代理人整理番号 No. 171-07 を有し、2008 年 12 月 2 日に開示された、発明者の Mitchell、Sandberg、Sehler、Williamson、及び Rice による「Two-Dimensional Optical Imaging Methods and Systems for Particle Detection」という名称の米国非仮出願は参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【 0 0 5 8 】

[0073] 明細書で述べられたすべての特許及び刊行物は本発明が関係する当業者の技術レベルを示している。本明細書に引用された参考文献は、いくつかの場合それらの出願日の時点での最新技術を示すために参照によりそれらの全体が本明細書に組み込まれ、この情報は、必要であれば、先行技術である特定の実施形態を除外するために（例えば、放棄するために）本明細書で使用するものである。例えば、化合物が特許請求される場合、本明細書で開示された参考文献に（特に参照された特許文献に）開示されているいくつかの化合物を含む先行技術で既知の化合物は、特許請求の範囲に含まれるものではないことが理解されるべきである。

【 0 0 5 9 】

[0074] 置換基の群が本明細書で開示される場合、群のメンバーの任意の異性体及び鏡像異性体を含むそれらの群及びすべての亜群のすべての個別のメンバー、並びに置換基を使用して形成することができる化合物の種類は別々に開示されることが理解されよう。化合物が特許請求される場合、本明細書で開示された参考文献に開示されている化合物を含む当技術分野で既知の化合物は含まれるものではないことが理解されるべきである。マーカッシュ群又は他の群分けが本明細書で使われる場合、群の個々のメンバーのすべて、及び群の可能な組合せ及び部分組合せ（subcombination）のすべては本開示に個別に含まれるものである。

【 0 0 6 0 】

[0075] 記載又は例示された成分のあらゆる調合物又は組合せは、特に明言されない限り本発明を実施するために使用することができる。当業者が同じ化合物を異なるように命名することができる場合、化合物の特定の名称は例示的なものである。化合物の特定の異性体又は鏡像異性体が例えば化学式又は化学名で指定されていないような化合物が本明細書で説明されている場合、その説明は個別に又は任意の組合せで記載された化合物の各異性体及び鏡像異性体を含むものである。方法、デバイス要素、出発原料、及び詳細に例示されたもの以外の合成方法は、必要以上の実験に頼ることなく本発明の実行において使用することができることが当業者には理解されよう。任意のそのような方法、デバイス要素、出発原料、及び合成方法の当技術分野で既知の機能的均等物はすべて本発明に含まれるものである。範囲、例えば温度範囲、時間範囲、又は組成範囲が明細書に与えられている場合はいつでも、すべての中間範囲及び部分範囲並びに所与の範囲に含まれるすべての個々の値は本開示に含まれるものである。

【 0 0 6 1 】

[0076]本明細書で使用される「含む (comprising)」は、「含む (including)」、「含む (containing)」、又は「によって特徴づけられる (characterized by)」と同義であり、包括的 (inclusive) 又は非限定的 (open-ended) であり、追加要素、記載されなかった要素、又は方法ステップを排除しない。本明細書で使用される「からなる (consisting of)」は請求項の要素に指定されていないいかなる要素、ステップ、又は成分も排除する。本明細書で使用される「本質的に～からなる (consisting essentially of)」は、請求項の基本的及び新規な特徴に実質的に影響を与えない材料又はステップを排除しない。特に組成物の成分の説明又はデバイスの要素の説明における「含む (comprising)」という用語の本明細書でのいかなる詳述も記載された成分又は要素から本質的になる、及び記載された成分又は要素からなるこれらの組成物及び方法を包含することが理解されよう。本明細書で例示として説明された本発明は、本明細書で詳細には開示されていないいかなる 1 つ又は複数の要素、1 つ又は複数の限定がない状態でも適切に実施することができる。

10

【 0 0 6 2 】

[0077]使用された用語及び表現は制限のためではなく説明のための用語として使用されており、そのような用語及び表現の使用において図示及び説明された特徴又はそれらの一部のいかなる均等物も排除することを意図していないが、本発明の特許請求の範囲内で様々な改変が可能であることが認識されよう。したがって、本発明が好ましい実施形態及び任意選択の特徴によって詳細に開示されたが、本明細書で開示された概念の改変及び変形を当業者は用いることができること、並びにそのような改変及び変形は添付の特許請求の範囲によって規定されるような本発明の範囲内にあると見なされることが理解されるべきである。

20

【 図 1 】

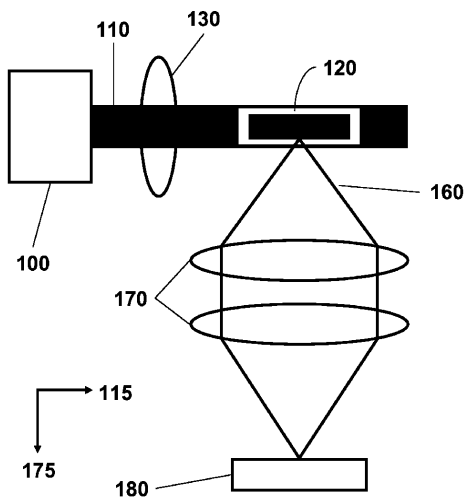


Figure 1

【 図 2 A 】

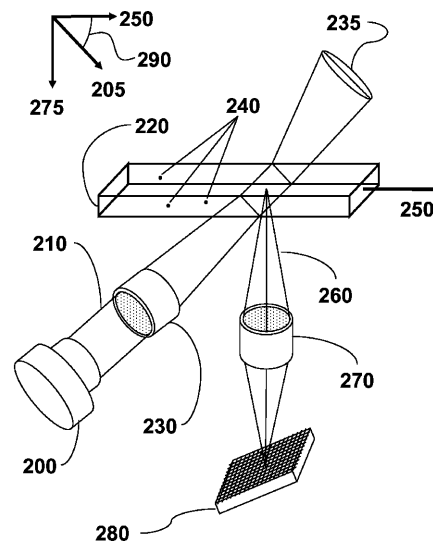


Figure 2A

【図 2 B】

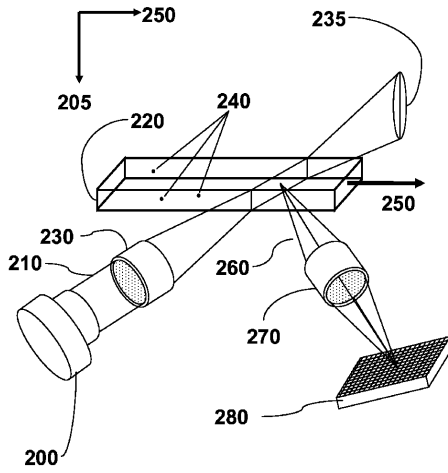


Figure 2B

【図 3 A】

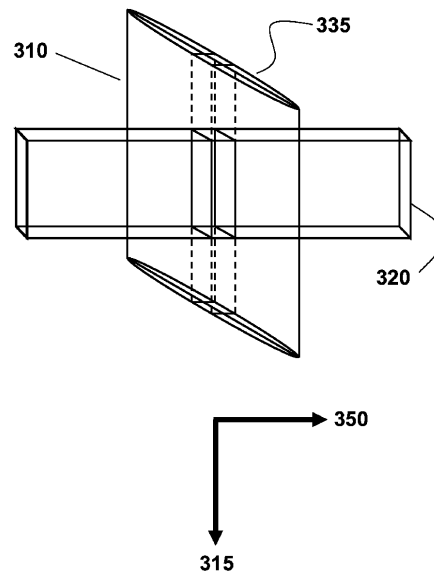


Figure 3A

【図 3 B】

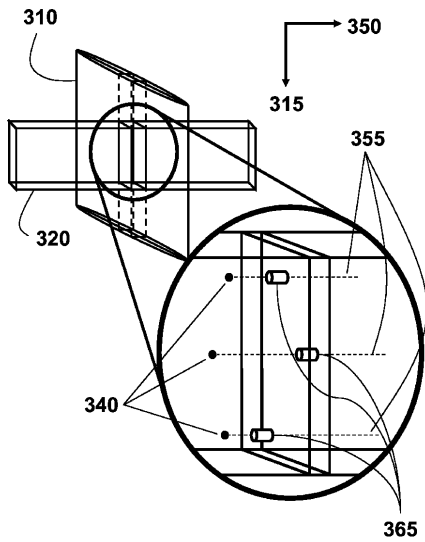


Figure 3B

【図 3 D】

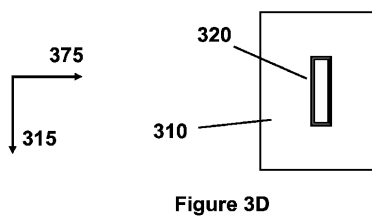


Figure 3D

【図 3 E】

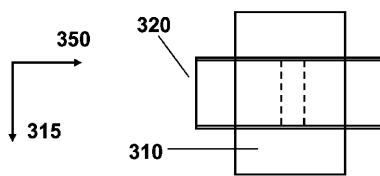


Figure 3E

【図 3 C】

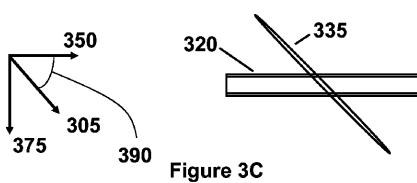
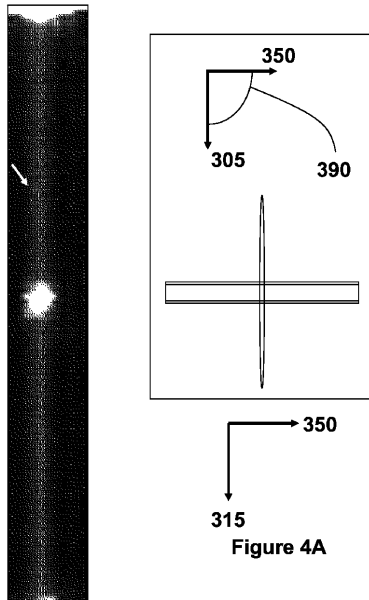
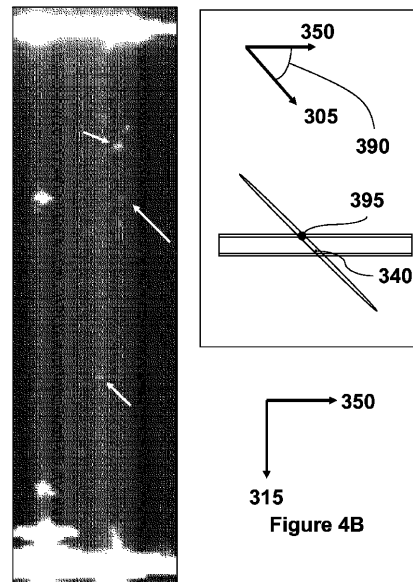


Figure 3C

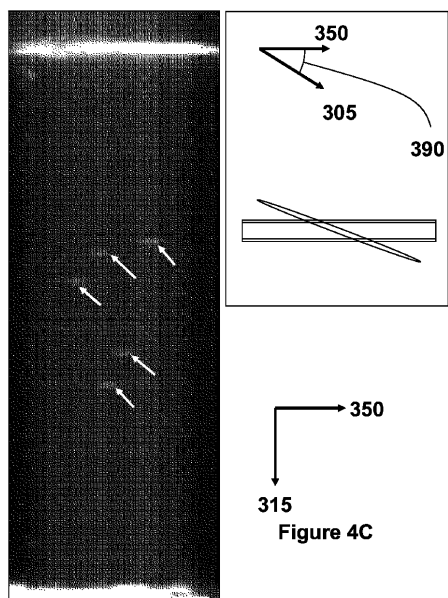
【図 4 A】



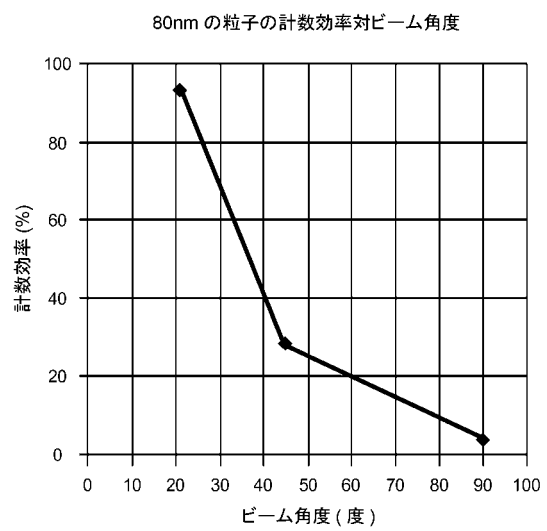
【図 4 B】



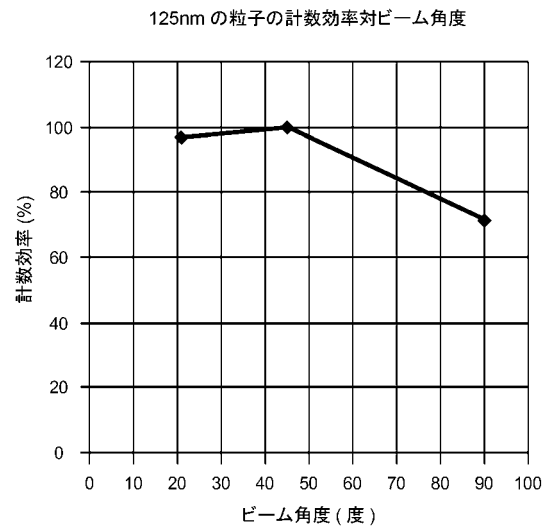
【図 4 C】



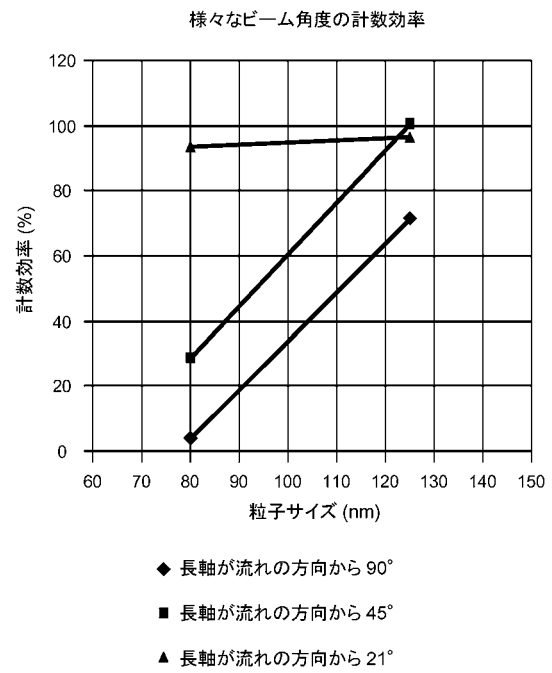
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

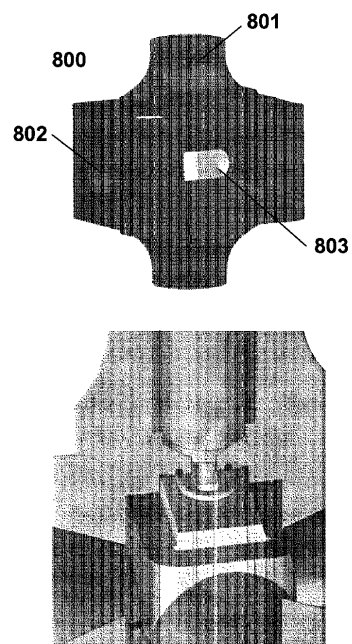


Figure 8

【図 9】

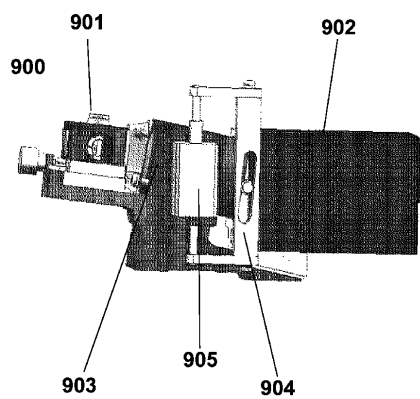


Figure 9

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/107,397

(32)優先日 平成20年10月22日(2008.10.22)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ミッチェル, ジョン

アメリカ合衆国, コロラド州, ロングモント, モーリング ロード 10552

(72)発明者 サンドバーグ, ジョン

アメリカ合衆国, コロラド州, エリー, サンダーズ サークル 286

(72)発明者 セーラー, ドゥワイト エー.

アメリカ合衆国, コロラド州, ロングモント, メイフィールド サークル 1483

審査官 島田 英昭

(56)参考文献 特開昭63-037235(JP,A)

特開平02-013830(JP,A)

米国特許出願公開第2007/0146703(US,A1)

米国特許第05262841(US,A)

米国特許第06067157(US,A)

米国特許出願公開第2004/0067167(US,A1)

米国特許第06256096(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N15/00-15/14

G01N21/47-21/53