

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7575123号
(P7575123)

(45)発行日 令和6年10月29日(2024.10.29)

(24)登録日 令和6年10月21日(2024.10.21)

(51)国際特許分類

FI

G 0 1 N 15/06 (2024.01) G 0 1 N 15/06 D

G 0 1 N 27/68 (2006.01) G 0 1 N 27/68 A

G 0 1 N 27/70 (2006.01) G 0 1 N 27/70

請求項の数 11 (全37頁)

(21)出願番号	特願2022-547679(P2022-547679)	(73)特許権者	518145651
(86)(22)出願日	令和3年2月2日(2021.2.2)		デカティ オサケユキチエア
(65)公表番号	特表2023-513160(P2023-513160 A)		DEKATI OY
(43)公表日	令和5年3月30日(2023.3.30)		フィンランド国 3 6 2 4 0 カンガサラ
(86)国際出願番号	PCT/FI2021/050070		ティキティエ 1
(87)国際公開番号	WO2021/156541		Ty k k i t i e 1 3 6 2 4 0 K a
(87)国際公開日	令和3年8月12日(2021.8.12)	(74)代理人	n g a s a l a F i n l a n d
審査請求日	令和5年11月13日(2023.11.13)		100134832
(31)優先権主張番号	20205122	(74)代理人	弁理士 瀧野 文雄
(32)優先日	令和2年2月5日(2020.2.5)		100165308
(33)優先権主張国・地域又は機関	フィンランド(FI)	(74)代理人	弁理士 津田 俊明
			100115048
		(74)代理人	弁理士 福田 康弘
		(72)発明者	アルフマン アンシ
			フィンランド国 3 6 2 4 0 カンガサラ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エアロゾル粒子を測定するための方法及び装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

エアロゾル粒子（P0）を測定するための装置（500）であって、
拡散荷電によってエアロゾルサンプル流（FG1）の粒子（P0）を荷電することによ
って荷電粒子（P1）を形成するための荷電ユニット（100）と、
前記荷電粒子（P1）の拡散によって当該荷電粒子（P1）から電荷を収集することによ
り、前記エアロゾルサンプル流（FG1）のエアロゾル粒子（P0）の数密度（ $n_0(t)$ ）
を示す電流（ $I_1(t)$ ）を提供するための収集ユニット（200）と、
前記エアロゾルサンプル流（FG1）の圧力を低減するための減圧ユニット（PDU1）
と、
前記荷電ユニット（100）を介して前記エアロゾルサンプル流（FG1）を前記収集
ユニット（200）に引き込むための吸引ユニット（VAC1）と、
を備えており、
荷電効率関数（ $\eta_1(d_p)$ ）が、粒径（ d_p ）に対する、前記拡散荷電が前記粒子（P
1）を荷電する効率の関係を示し、
収集効率関数（ $\eta_2(d_p)$ ）が、粒径（ d_p ）に対する、前記荷電粒子（P1）の拡散
により前記電荷を収集する効率の関係を示し、
前記減圧ユニット（PDU1）及び前記吸引ユニット（VAC1）は、前記収集ユニッ
ト（200）の内部圧力（ p_2 ）を80kPa以下の選択された圧力値（ p_{SET} ）に維持
するように構成されており、これにより、少なくとも40nm～200nmの粒径範囲に

において前記収集効率関数 ($\eta_2(d_p)$) の負の勾配 ($\Delta\eta_2/\Delta d_p$) が少なくとも部分的に前記荷電効率関数 ($\eta_1(d_p)$) の正の勾配 ($\Delta\eta_1/\Delta d_p$) を補償し、
前記吸引ユニット (VAC1) は、前記収集ユニット (200) から流れ (FG4) を引き込むためのポンプ (PUMP1)、及び／又は、当該吸引ユニット (VAC1) の流量 (Q_1) を制御するためのバルブ (VAL1) を備えており、
前記吸引ユニット (VAC1) は、前記収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を示す信号を供給するための圧力センサ (PSEN1) と、前記収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を前記選択された値 (p_{SET}) に実質的に等しく維持するように前記吸引ユニット (VAC1) の流量 (Q_1) を調整するための制御ユニット (CNT2) と、を備えており、
前記制御ユニット (CNT2) は、前記圧力センサ (PSEN1) の信号に基づき前記バルブ (VAL1) の動作を制御するため及び／又は前記ポンプ (PUMP1) の動作を制御するための制御信号を出力するように構成されている
 ことを特徴とする装置 (500)。

【請求項2】

200 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出するための電流 ($I_1(t)$) の応答 ($R_1(d_p)$) が、100 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出するための応答 ($R_1(d_p)$) の0.9～1.1倍の範囲となるように、前記収集効率関数 ($\eta_2(d_p)$) の負の勾配 ($\Delta\eta_2/\Delta d_p$) は前記荷電効率関数 ($\eta_1(d_p)$) の正の勾配 ($\Delta\eta_1/\Delta d_p$) を補償する、
 請求項1記載の装置 (500)。

【請求項3】

400 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出するための電流 ($I_1(t)$) の応答 ($R_1(d_p)$) は、100 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出するための応答 ($R_1(d_p)$) の0.9～1.1倍の範囲であり、
 40 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出するための電流 ($I_1(t)$) の応答 ($R_1(d_p)$) は、100 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出するための応答 ($R_1(d_p)$) の0.9～1.1倍の範囲である、
 請求項1又は2記載の装置 (500)。

【請求項4】

前記荷電ユニット (100) は、
 対向電極 (E2) と共にコロナ放電 (DSR1) を形成することによりイオン (J1) を生成するコロナ電極 (E1) と、
 生成された前記イオン (J1) の拡散により前記エアロゾルサンプル流 (FG1) のエアロゾル粒子 (P0) から荷電粒子 (P1) を形成するための荷電空間 (SPC1) と、
 前記荷電空間 (SPC1) 内の前記エアロゾルサンプル流 (FG1) における電界 (EFIELD1) の最大強度が100 V/cm未満となるように、受け取った前記エアロゾルサンプル流 (FG1) を前記荷電空間 (SPC1) に通して案内するための1つ又は複数の流れ案内部 (BAF1) と、
 を備えている、
 請求項1から3までのいずれか1項記載の装置 (500)。

【請求項5】

前記減圧ユニット (PDU1) は1つ又は複数の臨界オリフィス (OR1) を有する
 請求項1から4までのいずれか1項記載の装置 (500)。

【請求項6】

一次エアロゾルサンプル流 (FG1) を希釈ガス流 (DGO) と組み合わせることにより希釈エアロゾルサンプル流 (FG1) を形成するための希釈ユニット (DIL1) を備えている、
 請求項1から5までのいずれか1項記載の装置 (500)。

【請求項7】

10

20

30

40

50

前記収集ユニット（２００）から出た荷電粒子（Ｐ１）の電荷を示す補助電流（ $I_2(t)$ ）を提供するための補助検出ユニット（３００）を備えている、
請求項１から６までのいずれか１項記載の装置（５００）。

【請求項８】

エアロゾル粒子（Ｐ０）を測定するための方法であって、

荷電ユニット（１００）を用いて、拡散荷電によりエアロゾルサンプル流（ＦＧ１）の粒子（Ｐ０）から荷電粒子（Ｐ１）を形成することと、

減圧ユニット（ＰＤＵ１）を用いて前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）の圧力を低減することと、

吸引ユニット（ＶＡＣ１）を用いて、前記荷電ユニット（１００）を介して前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）を収集ユニット（２００）に引き込むことと、

前記収集ユニット（２００）を用いて、前記荷電粒子（Ｐ１）の拡散によって当該荷電粒子（Ｐ１）から電荷を収集することにより、前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）のエアロゾル粒子（Ｐ０）の数密度（ $n_0(t)$ ）を示す電流（ $I_1(t)$ ）を提供することと、

少なくとも４０ｎｍ～２００ｎｍの粒径範囲において、収集効率関数（ $\eta_2(d_p)$ ）の負の勾配（ $\Delta\eta_2/\Delta d_p$ ）が少なくとも部分的に荷電効率関数（ $\eta_1(d_p)$ ）の正の勾配（ $\Delta\eta_1/\Delta d_p$ ）を補償するように、前記収集ユニット（２００）の内部圧力（ p_2 ）を８０ｋＰａ以下の選択された圧力値（ p_{SET} ）に維持することと、

を含み、

前記荷電効率関数（ $\eta_1(d_p)$ ）は、粒径（ d_p ）に対する、前記拡散荷電が前記粒子（Ｐ１）を荷電する効率の関係を示し、

前記収集効率関数（ $\eta_2(d_p)$ ）は、粒径（ d_p ）に対する、前記荷電粒子（Ｐ１）の拡散により前記電荷を収集する効率の関係を示し、

前記吸引ユニット（ＶＡＣ１）は、前記収集ユニット（２００）から流れ（ＦＧ４）を引き込むためのポンプ（ＰＵＭＰ１）、及び／又は、当該吸引ユニット（ＶＡＣ１）の流量（ Q_1 ）を制御するためのバルブ（ＶＡＬ１）を備えており、

前記吸引ユニット（ＶＡＣ１）は、前記収集ユニット（２００）の内部圧力（ p_2 ）を示す信号を供給するための圧力センサ（ＰＳＥＮ１）と、前記収集ユニット（２００）の内部圧力（ p_2 ）を前記選択された値（ p_{SET} ）に実質的に等しく維持するように前記吸引ユニット（ＶＡＣ１）の流量（ Q_1 ）を調整するための制御ユニット（ＣＮＴ２）と、を備えており、

前記制御ユニット（ＣＮＴ２）は、前記圧力センサ（ＰＳＥＮ１）の信号に基づき前記バルブ（ＶＡＬ１）の動作を制御するため及び／又は前記ポンプ（ＰＵＭＰ１）の動作を制御するための制御信号を出力することを特徴とする方法。

【請求項９】

エンジン（ＳＲＣ１）の排ガス（ＰＧ０）をサンプリングすることによって前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）を得る、

請求項８記載の方法。

【請求項１０】

前記電流（ I_1 ）から数密度値（ n_0 ）を求めることと、求めた前記数密度値（ n_0 ）を限界値（ＬＩＭ１）と比較することと、前記数密度値（ n_0 ）が前記限界値（ＬＩＭ１）未満であるか否かを判定することと、を含む、

請求項８又は９記載の方法。

【請求項１１】

前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）を第１の臨界オリフィス（ＯＲ１）に通して案内することと、希釈ガス流（ＤＧ０）を第２の臨界オリフィス（ＯＲ２）に通して案内することと、前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）を前記希釈ガス流（ＤＧ０）と組み合わせることにより希釈エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）を形成することと、を含む、

請求項 8 から 10 までのいずれか 1 項記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

一部の実施形態はエアロゾル粒子の測定に関するものである。

【背景技術】

【0002】

内燃機関のエアロゾルエミッションは環境に有害となり得る。エアロゾル測定は、例えば、内燃機関の排ガス中のエアロゾル粒子の質量濃度が所定の規制限界よりも低いかどうかを確認するために使用され得る。エアロゾル粒子の質量濃度は例えば、フィルタによってエアロゾル粒子を捕集し、フィルタの質量を計測して、捕集した粒子の総質量を求めることにより測定することができる。質量計測後、捕集した粒子の総質量を、フィルタに通されたガスの総体積で除することにより、平均粒子質量濃度を算出することができる。フィルタによって十分な量のエアロゾル粒子を捕集するためには、例えば数時間等の比較的長い期間が必要となり得る。フィルタの質量計測は手動の作業を要することがあり、又は、高価な自動質量計測装置を用いなければならないことがある。

【0003】

フィルタに捕集された粒子堆積物は、例えば顕微鏡視又は画像解析等によって分析することができる。しかし、捕集した粒子堆積物を分析することによって排ガス中のエアロゾル粒子の本来の個数濃度を求めることは困難又は不可能である場合がある。

【0004】

エアロゾル粒子の数密度は、例えばエアロゾル粒子カウンタ等を使用して測定することができる。粒子カウンタの動作は、典型的には光散乱に基づくものである。エアロゾル粒子カウンタは、例えばレーザビーム等をエアロゾルサンプル流に照射することができ、エアロゾル粒子カウンタは、エアロゾル粒子の光散乱により生じた光パルスを計数することができる。エアロゾル粒子カウンタは例えば、クリーンルーム内の空気の品質を検証したり、又は都市環境におけるエアロゾル粒子の数密度を測定するために使用されてきた。

【発明の概要】

【0005】

一部の実施態様は、エアロゾルサンプル流のエアロゾル粒子の数密度を測定するための装置に関する。一部の実施態様は、エアロゾルサンプル流のエアロゾル粒子の数密度を測定するための方法に関する。一部の実施態様は、排気管から排出されるエアロゾル粒子の数密度を測定するための装置に関する。一部の実施態様は、排気管から放出されるエアロゾル粒子の数密度が所定の限界値未満か否かを判定するための方法に関する。

【0006】

排ガス管は、例えば内燃機関の排ガス管等とすることができる。排ガス管は例えば、内燃機関を備えた車両の排ガス管等とすることができる。排気管は例えば、発電所のダクト等とすることができる。排気管は例えば、工場のダクト等とすることができる。

【0007】

一側面では、

－拡散荷電によってエアロゾルサンプル流 (FG1) の粒子 (P0) を荷電することによって荷電粒子 (P1) を形成するための荷電ユニット (100) と、

－前記荷電粒子 (P1) の拡散によって当該荷電粒子 (P1) から電荷を収集することにより、前記エアロゾルサンプル流 (FG1) のエアロゾル粒子 (P0) の数密度 ($n_0(t)$) を示す電流 ($I_1(t)$) を提供するための収集ユニット (200) と、

－減圧ユニット (PDU1) と、

－吸引ユニット (VAC1) と、

を備えており、

前記減圧ユニット (PDU1) 及び前記吸引ユニット (VAC1) は、前記収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を選択された圧力値 (p_{SET}) に維持するように構成さ

10

20

30

40

50

れた装置（５００）を提供する。

【０００８】

一側面では、

－拡散荷電によってエアロゾルサンプル流（ＦＧ１）の粒子（Ｐ０）を荷電することによって荷電粒子（Ｐ１）を形成するための荷電ユニット（１００）と、

－前記荷電粒子（Ｐ１）の拡散によって当該荷電粒子（Ｐ１）から電荷を収集することにより、前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）のエアロゾル粒子（Ｐ０）の数密度（ $n_0(t)$ ）を示す電流（ $I_1(t)$ ）を提供するための収集ユニット（２００）と、

－前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）の圧力を低減するための減圧ユニット（ＰＤＵ１）と、

－前記荷電ユニット（１００）を介して前記エアロゾルサンプル流（ＦＧ１）を前記収集ユニット（２００）に引き込むための吸引ユニット（ＶＡＣ１）と、

を備えており、

荷電効率関数（ $\eta_1(d_p)$ ）が、粒径（ d_p ）に対する、前記拡散荷電が前記粒子（Ｐ１）を荷電する効率の関係を示し、

収集効率関数（ $\eta_2(d_p)$ ）が、粒径（ d_p ）に対する、前記荷電粒子（Ｐ１）の拡散により前記電荷を収集する効率の関係を示し、

前記減圧ユニット（ＰＤＵ１）及び前記吸引ユニット（ＶＡＣ１）は、前記収集ユニット（２００）の内部圧力（ p_2 ）を８０ｋＰａ以下の選択された圧力値（ p_{SET} ）に維持するように構成されており、これにより、少なくとも４０ｎｍ～２００ｎｍの粒径範囲において前記収集効率関数（ $\eta_2(d_p)$ ）の負の勾配（ $\Delta\eta_2/\Delta d_p$ ）が少なくとも部分的に前記荷電効率関数（ $\eta_1(d_p)$ ）の正の勾配（ $\Delta\eta_1/\Delta d_p$ ）を補償する装置（５００）を提供する。

【０００９】

特許請求の範囲に他の側面が記載されている。

【００１０】

装置によって提供される電流は、入力流のエアロゾル粒子の瞬時数密度を示すことができる。粒径が異なる粒子を検出するための電流の応答は、収集ユニットの内部圧力を選択することによりカスタム調整することができる。収集ユニットの内部圧力は、粒径が異なるナノ粒子の数密度を検出するための電流の応答を実質的に平坦にするため、選択された低減値に維持することができる。装置は、実質的に平坦な計数応答を有することができる。内部圧力の選択された値は、大気圧よりも実質的に低い値とすることができる。内部圧力は、例えば４０ｎｍ～２００ｎｍの粒径範囲において実質的に平坦な応答になるよう選択することができる。例えば、４０ｎｍの粒子を検出するための応答は、１００ｎｍの粒子を検出するための応答に実質的に等しくすることができ、また、２００ｎｍの粒子を検出するための応答は、１００ｎｍの粒子を検出するための応答に実質的に等しくすることができる。

【００１１】

本装置は、拡散荷電と拡散捕集との組み合わせを用いて、実質的に粒径に依存しない計数応答を提供することができる。装置によって提供される電流は、入力流のエアロゾル粒子の瞬時数密度を示すことができ、この瞬時数密度は例えば、４０ｎｍ～２００ｎｍの粒径範囲の粒子の瞬時数密度である。本装置は、４０ｎｍ～２００ｎｍの粒径範囲の粒子の数密度を測定するために、実質的に一定の応答を提供することができる。本装置は、粒径分布が幅広い及び／又は未知であるエアロゾルサンプルであっても、実質的に一定の応答を提供することができる。

【００１２】

拡散収集部の内部圧力は、当該拡散収集部が荷電粒子の電荷を収集する効率に影響を及ぼす可能性がある。拡散荷電により粒子を荷電する効率に荷電ユニットの内部圧力が及ぼす影響は変わり得る。粒径 d_p が粒子の荷電に及ぼす影響は、荷電効率関数 $\eta_1(d_p)$ によって記述することができる。粒径 d_p が荷電粒子の電荷の収集に及ぼす影響は、収集効

10

20

30

40

50

率関数 $\eta_2(d_p)$ によって記述することができる。第1の粒径範囲では、荷電効率関数 $\eta_1(d_p)$ は粒径 d_p の増大と共に増加することができると共に、収集効率関数 $\eta(d_p)$ は当該第1の粒径範囲では減少することができる。収集ユニット内のエアロゾルサンプル流の圧力は、収集効率関数 $\eta_2(d_p)$ の形状に影響を及ぼし得る。エアロゾルサンプル流の圧力を、選択された低減値 (p_{SET}) に維持することにより、収集効率 ($\eta_2(d_p)$) の負の勾配が荷電効率 ($\eta_1(d_p)$) の正の勾配を実質的に補償して、全体的に粒径に実質的に依存しない応答を提供することができる。

【0013】

数密度は個数濃度とも称され得る。装置は、エアロゾル粒子の数密度を連続モニタリングできる電流を提供することができる。装置は、例えば、排ガス中のエアロゾル粒子の数密度の急激な変化を検出するために使用することができる。モニタリング信号の応答時間は、例えば1 s未満等とすることができ、又は0.1 s未満とすることもできる。測定された結果はオプションとして、時間情報と関連付けるようにしてメモリに記録することができる。オプションとして、記録された測定結果にタイムスタンプを付与することができる。

10

【0014】

本装置は例えば、車両のエンジンの排ガス中のエアロゾル粒子の数密度が所定の限界未満であるか否かを確認するために使用することができる。本装置は例えば、車両の排ガス中のエアロゾル粒子の数密度が、規格及び／又は公的規制で規定された規制限界値を遵守しているか否かを確認するために使用することができる。

20

【0015】

収集ユニットの内部圧力を減圧することにより、エアロゾルサンプル流の1つ又は複数のガス物質の凝縮を低減又は回避しすることもできる。物質の凝縮は例えば、数密度の測定を妨げ得る新しい粒子を生じさせることがある。凝縮が減少することによって装置の内部表面を洗浄する必要性が減少し、及び／又は、装置の内部表面を洗浄する必要なく動作できる期間を長くすることができる。

【0016】

装置の内部圧力の減少は、例えば臨界オリフィス等を使用することによって達成することができる。内部圧力を一定かつ低減すると共に臨界オリフィスを用いることにより、流量を実質的に一定に維持することができる。数密度値は、例えば、測定された電流値に校正係数を単に乘じることによって算出することができる。

30

【0017】

第1の臨界オリフィスを介してサンプリングラインにエアロゾルサンプル流を案内すると共に、第2の臨界オリフィスを介して希釈ガス流を案内することにより、実質的に一定の既知の希釈比で希釈サンプルエアロゾル流を提供することができる。

【0018】

内部圧力の減圧により、サンプリングライン及び装置の各ユニットにおけるエアロゾルサンプル流の速度を速くすることができる。よって、内部圧力の減圧により、より高速な応答を実現することもできる。

【0019】

一実施形態では本方法は、(第1の) 収集ユニットから出るエアロゾル粒子の電荷を示す第2の補助電流信号を測定することを含むことができる。第1の検出器電流は入力流の粒子の個数濃度を示すことができると共に、第2の補助信号は入力流のエアロゾル粒子の表面積濃度を示すことができる。第1の信号は、例えば40 nm～200 nmの粒径範囲等において粒径に実質的に依存しないと共に、第2の信号は40 nm～200 nmの粒径範囲において粒径に依存することが可能である。第1の信号及び第2の信号の相異なる挙動により、例えば、これら2つの信号から平均粒径を推定することが可能になる。本方法は、第1の検出器電流及び第2の補助電流からの平均粒径を決定することを含んでもよい。

40

【0020】

一実施形態では、第2の補助電流信号を用いて、測定された数密度の信頼性を確認し、

50

及び／又は、測定装置が適正に動作しているか否かを確認することができる。入力流の粒径分布が不変であると分かっている状況では、一定の第2の補助電流信号は、測定結果が有効であることの示唆、及び／又は測定装置が適正に動作していることの示唆とすることができる。入力流の粒径分布が不変であると分かっている状況では、第2の補助電流信号が変化すると、これは測定結果が有効でないことの示唆、及び／又は測定装置が適正に動作していないことの示唆とすることができる。

【0021】

以下の事例では、添付の図面を参照して複数の実施態様を詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1a】エアロゾル粒子の数密度を測定するための装置を例示する図である。

【図1b】エアロゾル粒子の数密度を測定するための装置を例示する図である。

【図2a】拡散荷電により粒子を荷電する効率を例示する図である。

【図2b】拡散により荷電粒子から電荷を収集する効率を例示する図である。

【図2c】拡散荷電を行って拡散により荷電粒子から電荷を収集することにより粒子を荷電した場合の粒子を検出する複合効率を例示する図である。

【図2d】粒径が異なる粒子を検出する応答を正規化したものを例示する図である。

【図2e】粒径分布修正ユニットの透過率を例示する図である。

【図2f】修正ユニットを用いた場合及び用いない場合の応答を正規化したものを例示する図である。

【図3】エアロゾル粒子の数密度を測定するための装置を例示する図である。

【図4a】粒子の総電荷を検出するための補助検出ユニットをさらに備えた、エアロゾル粒子の数密度を測定するための装置を例示する図である。

【図4b】エアロゾル粒子の数密度を測定するための装置を例示する図である。

【図5】希釈サンプル流を提供するための希釈ユニットをさらに備えた、エアロゾル粒子の数密度を測定するための装置を例示する図である。

【図6a】拡散により荷電粒子から電荷を収集するための収集ユニットを例示する図である。

【図6b】拡散により荷電粒子から電荷を収集するための収集ユニットを例示する図である。

【図7a】拡散荷電により粒子を荷電するための荷電ユニットを例示する図である。

【図7b】拡散荷電により粒子を荷電するための荷電ユニットを例示する図である。

【図8a】低圧サンプリングラインを備えた、エアロゾル粒子を測定するための装置を例示する図である。

【図8b】希釈部及び低圧サンプリングラインを備えた、エアロゾル粒子を測定するための装置を例示する図である。

【図8c】希釈部と低圧サンプリングラインと修正ユニットとを備えた、エアロゾル粒子を測定するための装置を例示する図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

図1aを参照すると、測定システム1000はエアロゾル源SRC1及びエアロゾル測定装置500を備えることができる。測定装置500は、一次エアロゾルPG0のエアロゾル粒子P0を測定するように配置することができる。一次エアロゾルPG0は、エアロゾル源SRC1によって構成することができる。エアロゾル源SRC1は、例えば内燃機関等とすることができる。一次エアロゾルPG0はガス管DUC1内を案内することができ、又はガス管DUC1に収容することができる。装置500は、一次エアロゾルPG0からエアロゾルサンプル流FG0を得ることができる。一次エアロゾルPG0はエアロゾル粒子P0を運ぶことができる。測定装置500は、一次エアロゾルPG0のエアロゾル粒子P0の数密度を連続モニタリングすることができる。

【0024】

測定装置500は、排気管DUC1内の一次エアロゾルPG0のエアロゾル粒子P0の数密度 $n_0(t)$ を示す電流 $I_1(t)$ を提供するように配置することができる。記号 t は、時間を示すことができる。

【0025】

測定装置500は、減圧ユニットPDU1と、荷電ユニット100と、収集ユニット200と、吸引ユニットVAC1とを備えることができる。

【0026】

荷電ユニット100は、例えばサンプリングライン50等を介して排気管DUC1からエアロゾルサンプル流(FG0、FG1)を受け取ることができる。荷電ユニット100はサンプリングライン50からエアロゾルサンプル流(FG1)を受け取ることができる。エアロゾルサンプル流FG0は、例えば入力流FG0とも称され得る。

【0027】

荷電ユニット100は、イオンJ1を生成するためのイオン源を備えることができる。イオンJ1は、中性粒子P0と電荷を交換することにより荷電粒子P1を形成することができる。イオン源は、例えばコロナ放電DSR1(図3)とすることができる。荷電ユニット100は、コロナ放電DSR1を発生させるためのコロナ電極E1を備えることができる。荷電ユニット100は、拡散荷電により中性粒子P0から荷電粒子P1を形成することができる。この粒子の付近をイオンが拡散により移動し、一部のイオンJ1が粒子と衝突して電荷を粒子に移動させることができる。荷電ユニット100は、イオンJ1の拡散によって中性粒子P0から荷電粒子P1を形成することができる。

【0028】

装置500はオプションとして、エアロゾルサンプル流(FG2、FG3)からイオンJ1を除去するためのイオントラップTRAP1を備えることができる。装置500は、拡散荷電により形成された荷電粒子P1を含む実質的にイオンフリーのエアロゾルサンプル流(FG3)を提供するように配置することができる。

【0029】

一実施形態では、荷電ユニット100はイオントラップTRAP1として動作できる1つ又は複数の領域を有することができる。収集ユニット200は、荷電ユニット100から直接エアロゾルサンプル流(FG2、FG3)を受け取ることができる。

【0030】

収集ユニット200は、荷電ユニット100からエアロゾルサンプル流(FG3)を受け取ることができる。収集ユニット200は、荷電粒子(P1)から電荷を収集するための1つ以上の収集要素(E3)を備えることができる。荷電粒子(P1)は拡散によって移動することができ、一部の粒子(しかし全部ではない)は収集要素(E3)と接触し得る。収集ユニット200は荷電粒子P1から電荷を収集することにより電流 $I_1(t)$ を提供することができる。電流 $I_1(t)$ は、荷電粒子から収集要素(E3)に移動する電荷の単位時間当たりの正味量に実質的に比例することができる。電流 $I_1(t)$ は、排気管DUC1から取り出されたエアロゾルサンプル流FG0のエアロゾル粒子P0の数密度 $n_0(t)$ を示すことができる。電流 $I_1(t)$ は、一次エアロゾルPG0中のエアロゾル粒子の数密度を示すことができる。

【0031】

装置500はオプションとして、一次エアロゾルPG0から取り出されたサンプル流FG0から希釈エアロゾル流(FG1)を提供する希釈システムを構成することができる。サンプル流はオプションとして、希釈比で希釈することができる。サンプル流(FG1、FG2)はオプションとして、希釈比で希釈することができる。一次エアロゾルPG0中のエアロゾル粒子の数密度は、サンプル流(FG1、FG2)によって運ばれるエアロゾル粒子の数密度に比例することができる。

【0032】

吸引ユニットVAC1は、荷電ユニット100を通して収集ユニット200へ流れるエアロゾルサンプル流を生じさせるための例えばエジェクタ又はポンプPUMP1等を備え

ることができる。吸引ユニットVAC1は、エアロゾルサンプル流FG1を荷電ユニット100に引き込むことができる。吸引ユニットVAC1は、荷電ユニット100から収集ユニット200にエアロゾルサンプル流(FG2, FG3)を引き込むことができる。吸引ユニットVAC1は、収集ユニット200から流れFG4を引き込むことにより荷電ユニット100から収集ユニット200へのエアロゾル流を生じさせることができる。また、吸引ユニットVAC1は、収集ユニット200の内部圧力 p_2 を、選択された圧力値 p_{SET} と実質的に等しく維持するように配置されることができる。吸引ユニットVAC1は減圧ユニットPDU1と協働して、収集ユニット200の内部圧力 p_2 を所定の値 p_{SET} に維持することができる。圧力値 p_{SET} は、通常の大気圧(100 kPa)より実質的に小さくすることができる。値 p_{SET} は例えば80 kPa以下とすることができる。値 p_{SET} は例えば50 kPa以下とすることができる。値 p_{SET} は例えば20 kPa以下とすることができる。

10

【0033】

エアロゾル流FG1の流量 Q_1 は、例えばポンプPUMP1及び／又はバルブVAL1(図3、図8b)によって制御することができる。

【0034】

サンプル流(FG0, FG1, FG2, FG3)は、減圧臨界オリフィスOR1を介して案内されることができ、流量 Q_1 は、例えばオリフィスOR1の下流圧から求めることができる。オリフィスOR1の下流圧は例えば、内部圧力 p_2 と実質的に等しくすることができる。例えば、一次エアロゾルPG0の圧力が実質的に一定に維持され、内部圧力(p_2)が実質的に一定に維持される状況等では、流量 Q_1 を実質的に一定に維持することができる。特に、臨界オリフィスOR1を介してチョーク流れ(臨界流)を保証するため、圧力比 p_2/p_0 は0.5未満とすることができる。

20

【0035】

装置500はオプションとして、流量(FG0, FG1, FG2, FG3, FG4, FG5, FG6)をモニタリングするための流れセンサQSEN1(図8b)を備えることができる。

【0036】

吸引ユニットVAC1は、排気流EXG1を提供することができる。排気流EXG1は例えば、装置500外部の大気中又は換気ダクト内へ放出され得る。

30

【0037】

収集ユニット200の収集要素E3は、内部圧力 p_2 で動作するように配置することができる。内部圧力 p_2 は、例えば、80 kPa以下、50 kPa以下、又は20 kPa以下とすることができる。

【0038】

収集ユニット200の内部圧力 p_2 の下限は、例えば2 kPa(20 mbar)等とすることができる。装置500は、内部圧力 p_2 が例えば2 kPa以上になるように動作するように配置することができる。内部圧力 p_2 は、例えば2 kPa~80 kPaの範囲とすることができる。内部圧力 p_2 は、例えば2 kPa~50 kPaの範囲とすることができる。内部圧力 p_2 は、例えば2 kPa~20 kPaの範囲とすることができる。

40

【0039】

減圧ユニットPDU1は例えば1つ又は複数のオリフィスOR1を有することができ、この1つ又は複数のオリフィスOR1を介してエアロゾルサンプル流(FG0, FG1, FG2, FG3)が案内される状況では、排気管DUC1の元の圧力 p_0 と収集ユニット200の内部圧力 p_2 との間に圧力差($p_0 - p_2$)を生じさせるためのものである。減圧オリフィスOR1は例えば、サンプリングライン50の流入端(IN0)、サンプリングライン50と荷電ユニット100との間、荷電ユニット100とイオントラップTRAP1との間、又はイオントラップTRAP1と収集ユニット200との間に配置することができる。

【0040】

50

収集ユニット200は、粒子の瞬時の数密度を示す検出器電流 $I_1(t)$ を出力することができる。粒子から電荷を収集することによって形成される一次電流 $I_1(t)$ は、非常に弱くなり得る。検出器電流 $I_1(t)$ の大きさは、例えば数フェムトアンペアのオーダーとなり得る。装置500は、検出器電流 $I_1(t)$ を検出器信号 $S_1(t)$ に変換するための電流モニタリングユニットCMU1を備えることができる。装置は例えば、一次電流 $I_1(t)$ の大きさを測定するための電位計を備えることができる。電流モニタリングユニットCMU1は例えば、収集ユニット200から得られた電流 $I_1(t)$ を測定するための電位計を備えることができる。検出器信号 $S_1(t)$ は、検出器電流 $I_1(t)$ の大きさを示すことができる。検出器信号 $S_1(t)$ は、電流 $I_1(t)$ に実質的に比例することができる。信号処理を容易にするため、検出器信号 $S_1(t)$ は例えばデジタル信号等とすることができる。

10

【0041】

装置500は、校正データCAL1に基づいて検出器信号 $S_1(t)$ から数密度値 $N_0(t)$ を形成するための信号処理ユニットCNT1を備えることができる。求められた数密度値 $N_0(t)$ は例えば、エアロゾルサンプル流(FG0, FG1)の数密度 $n_0(t)$ を示すことができる。求められた数密度値 $N_0(t)$ は例えば、一次エアロゾルPG0の粒子の数密度を示すことができる。

【0042】

校正データCAL1は例えば、検出器信号 $S_1(t)$ から数密度値 $N_0(t)$ を算出するための比例定数を含むことができる。校正データCAL1は例えば、測定された検出器電流 $I_1(t)$ から数密度値 $N_0(t)$ を算出するための比例定数を含むことができる。

20

【0043】

装置500は、荷電ユニット100の動作電圧V1を提供するための電圧供給部VSU1を備えることができる。荷電ユニット100の電位を安定化するため、電圧供給部VSU1の接続端(例えばT1又はT2等)を装置500のグラウンドGND1に直接的又は間接的に接続することができる。

【0044】

装置500は、イオントラップTRAP1の動作電圧V5を提供するための電圧供給部VSU2を備えることができる。イオントラップTRAP1の電位を安定化するため、電圧供給部VSU2の接続端T5, T6を装置500のグラウンドGND1に直接的又は間接的に接続することができる。一実施形態では、荷電ユニット100及びイオントラップTRAP1は同一の電圧供給部(VSU1)から動作電圧を受け取ることもできる。

30

【0045】

エアロゾル源SRC1は、例えば内燃機関等とすることができる。ダクトDUC1は、例えば機関の排ガス管等とすることができる。一次エアロゾルPG0は、例えば機関の排ガス等とすることができる。一次エアロゾルPG0は、例えばガスタービンの排ガス等とすることができる。

【0046】

エアロゾル源SRC1は例えば内燃機関等を含むことができる。エアロゾル源SRC1は例えば、内燃機関と、エミッションを制御及び／又は低減するための触媒コンバータとを組み合わせたもの等を含むことができる。

40

【0047】

内燃機関は例えば、天然ガス、合成ガス、ガソリン、ディーゼル燃料、燃料油及び／又はアルコールを、粒子エミッション試験の際の燃料として使用することができる。サンプル流FG0は、例えば機関のガスクリーニングユニットの前又は後で採取することができる。ガスクリーニングユニットは例えば、触媒コンバータ及び／又はガスクリーニングフィルタ等を備えることができる。

【0048】

装置500の収集ユニット100から得られた電流 $I_1(t)$ は例えば、機関の粒子エミッションが所定の限界(LIM1)未満であるか否かを確認するため等に使用されるこ

50

とができる。この限界は、例えば規格及び／又は公的規制において規定されたものとしてとすることができる。測定された電流 $I_1(t)$ から数密度値を算出することができる。本方法は、電流 (I_1) から数密度値 (n_0) を求めることと、求めた数密度値 (n_0) を限界値 ($LIM1$) と比較することと、数密度値 (n_0) が限界値 ($LIM1$) 未満であるか否かを判定することと、を含むことができる。

【0049】

ガス管 $DUC1$ は、例えば機関の排ガス管 $SRC1$ 等とすることができる。ダクト $DUC1$ は希釈システムのダクトとすることができる、その際には一次エアロゾル $PG0$ は、例えば機関の希釈された排ガス等とすることができる。ダクト $DUC1$ は、例えば定容量サンプラのトンネル (CVT トンネル) 等とすることができる。ダクト $DUC1$ は、希釈された排ガスを含むことができる。エアロゾル源 $SRC1$ は例えば、燃焼炉、焼却炉、流動床ボイラ、工業プロセスユニット、又はガスタービン等とすることができる。ガス管 $DUC1$ は、例えば燃焼設備の煙道ガス管等とすることができる。オプションとして、粒子収集期間の間、例えば加熱した炉内等に装置 500 を維持して、例えば凝縮を安定化させることができる。

【0050】

エアロゾル源 $SRC1$ はオプションとして、プロセスインジケータ信号 $S0(t)$ を提供することができる。本方法は、機関 $SRC1$ の動作パラメータを示すプロセスインジケータ信号 $S0(t)$ を得ることを含むことができる。検出器電流 $I_1(t)$ をこのプロセスインジケータ信号 $S0(t)$ と比較して、粒子源 $SRC1$ の動作パラメータの変化が検出器電流 $I_1(t)$ の変化に対応するか否かを判定することができる。

【0051】

装置 500 は、例えば機関 $SRC1$ からの粒子エミッションの測定等に使用することができる。機関は、第1の試験手順に従って駆動することができる。第1の試験手順は例えば、機関の制御信号 (例えばガスペダル位置等) 及び／又は機関の負荷 (すなわち出力) を所定のシーケンスに従って調整することを含むことができる。測定された検出器電流 $I_1(t)$ 及び／又は測定された数密度 $n_0(t)$ をプロセスインジケータ信号 $S0(t)$ と比較することにより、検出器電流 $I_1(t)$ がプロセスインジケータ信号 $S0(t)$ と相関するか否かを判定することができる。プロセスインジケータ信号 $S0(t)$ は例えば、燃料流量、機関に供給される流入空気流量、機関の動作温度、機関のシリンダの動作温度、触媒コンバータの動作温度、フィルタの動作温度、プロセスの動作温度、ガスペダル設定、機関のバルブタイミング、燃料供給圧力、機関に結合された動力計の回転速度、機関のトルク、機関から動力計へ伝達される出力、又は添加剤の流量を示すものとしてとすることができる。エアロゾル粒子源 $SRC1$ は、エアロゾル源 $SRC1$ の複数の異なる動作パラメータを示すことができる複数のプロセスインジケータ信号を同時に提供することができる。

【0052】

一般に装置 500 の各ユニットは、収集ユニット 200 が荷電ユニット 100 から荷電粒子を受け取るように、また収集ユニット 200 の内部圧力 p_2 が大気圧 p_0 より実質的に低くなり得るように配置されることができる。収集ユニット 200 は、荷電ユニット 100 の下流かつ減圧ユニット $PDU1$ の下流に配置することができる。

【0053】

装置 500 はオプションとして、エアロゾルサンプル流の粒径分布を修正するための修正ユニット $MOD1$ を備えることができる。修正ユニット $MOD1$ は例えば、所定の限界 (d_{cut}) より大きい粒子を除去することができる。修正ユニット $MOD1$ は、収集ユニット 200 の上流に配することができる。修正ユニット $MOD1$ は例えば、荷電ユニット 100 の上流、又は荷電ユニット 100 と収集ユニット 200 との間に配することができる。

【0054】

図1bを参照すると、減圧ユニット $PDU1$ は例えば荷電ユニット 100 と収集ユニッ

10

20

30

40

50

ト 200 との間等に配することができる。荷電ユニット 100 はエアロゾルサンプル流 FG1 を受け取ることができる。荷電ユニット 100 は、荷電粒子 P1 を含むエアロゾルサンプル流 FG2 を提供することができる。イオントラップ TRAP1 は、エアロゾルサンプル流 FG2 からイオンを除去することによって、エアロゾルサンプル流 FG21 を提供することができる。減圧ユニット PDU1 は流れ FG2 を減圧することにより、エアロゾルサンプル流 FG22 を提供することができる。修正ユニット MOD1 は、流れ FG22 の粒径分布を修正することによってエアロゾルサンプル流 FG3 を提供することができる。収集ユニット 200 は、流れ FG3 の荷電粒子から電荷を収集することができる。

【0055】

図 2a ~ 2d は、収集ユニット 200 の動作圧 (p_2) を選択することによって、異なる粒径の粒子 P0 に対する装置 500 の応答をどのように調整できるかを例示している。また、装置 500 は、収集ユニット 200 の内部圧力 p_2 を、選択された圧力値 p_{SET} と実質的に等しく維持するように配置されることができる。

【0056】

図 2a は、エアロゾルサンプル流のエアロゾル粒子 P0 の移動粒径 (mobility size) d_p に対する、拡散荷電によってエアロゾル粒子を荷電するための効率 $\eta_1(d_p)$ の関係を示す。エアロゾル粒子 P0 は初期は中性とすることができ、又は初期電荷を有することができる。拡散荷電によって初期のエアロゾル粒子 P0 から荷電エアロゾル粒子 P1 を形成することにより、荷電効率 $\eta_1(d_p)$ に従ってエアロゾルサンプル流 FG2 を提供することができる。荷電効率 $\eta_1(d_p)$ は、荷電ユニットの流出口から提供されるエアロゾルサンプル流 FG2 中の粒子あたりの単位電荷 (e) の平均個数を示すことができる。荷電効率 $\eta_1(d_p)$ は、エアロゾルサンプル流 FG2 の粒子集団を表すことができる。各個々の粒子の荷電は、統計的变化 (statistical variation) を示すことができる。

【0057】

荷電効率関数 $\eta_1(d_p)$ は例えば、粒子の移動粒径に対する粒子あたりの単位電荷の平均個数の関係を示すことができる。単位電荷 (e) は、 $1.602 \cdot 10^{-19} \text{ As}$ ($\text{As} = \text{アンペア秒}$) に等しい。

【0058】

図 2a の曲線は例として、荷電ユニット 100 の内部圧力 p_{100} が 20 kPa のときの荷電効率関数 $\eta_1(d_p)$ を示している。

【0059】

図 2b は、荷電粒子 P1 からの電荷が荷電粒子 P1 の拡散によって収集されるとき、エアロゾル粒子 P1 の移動粒径 d_p に対する、電荷を収集する収集効率 $\eta_2(d_p)$ の関係を示す。収集効率 $\eta_2(d_p)$ は、移動粒径 d_p の粒子の電荷を収集する確率を示すことができる。収集効率 $\eta_2(d_p)$ は、粒径 d_p に依存して $0\% \sim 100\%$ の範囲をとることができる。

【0060】

例えば、収集効率 $\eta_2(d_p = 40 \text{ nm})$ は実質的に 1% に等しくなり得、これは、 40 nm 粒子 P1 の電荷を収集する確率が実質的に 1% になり得ることを意味する。

【0061】

粒径 d_p の粒子 P1 が電荷を収集ユニットに送ることなく収集ユニット 200 を通過する確率は、それぞれ $1 - \eta_2(d_p)$ に等しくなり得る。例えば、 40 nm の粒子が電荷を収集ユニットに送ることなく収集ユニットを通過する確率は、それぞれ $100\% - \eta_2(d_p = 40 \text{ nm})$ に等しくなり得る。

【0062】

0% の収集効率 $\eta_2(d_p)$ は、粒径 d_p のすべての粒子が電荷を移動させることなく収集ユニット 200 を通過することを示すことができる。 50% の収集効率 $\eta_2(d_p)$ は、粒径 d_p の粒子の 50% が電荷を移送することなく収集ユニット 200 を通過し、粒径 d の粒子の 50% が収集ユニット 200 に電荷を移動させることを示すことができる。 100% の収集効率 $\eta_2(d_p)$ は、寸法 d の実質的にすべての粒子が収集ユニット 200

10

20

30

40

50

に電荷を移動させることを示すことができる。

【0063】

図2bの実線の曲線は、収集ユニットの内部圧力 p_2 が20kPaの場合の収集効率を表す。図2bの破線の曲線は、内部圧力 p_2 が100kPaの場合の収集効率 $\eta_2(d_p)$ を表す。収集効率 $\eta_2(d_p)$ の形状は、収集ユニット200の内部圧力 p_2 に依存し得る。所与の粒径（例えば $d_p=40\text{nm}$ 等）における収集効率関数 $\eta_2(d_p)$ の勾配（ $\Delta\eta_2/\Delta d_p$ ）は、収集ユニット200の内部圧力 p_2 に依存し得る。

【0064】

荷電粒子P1は、一部の荷電粒子P1が収集要素E3と接触するまで拡散により収集要素E3の付近を移動する。荷電粒子P1は、収集要素E3を接触したときに（のみ）当該収集要素E3に電荷を移動させることができる。荷電粒子P1から収集要素E3に移動したすなわち収集された電荷は、収集ユニット200の検出器電流 $I_1(t)$ に寄与し得る。

【0065】

収集ユニットは、例えば拡散によって荷電粒子を収集すること等により、荷電粒子の電荷を収集することができる。収集ユニットは永続的に粒子を収集することを要しない。収集ユニットによって収集された粒子が後で電氣的に中性の粒子としてガス流に放出されて戻される場合であっても、収集ユニットは正味の電流を提供することができる。

【0066】

収集ユニットは、粒径が100nmの場合に荷電粒子を収集する確率が実質的に100%未満となって収集効率 $\eta_2(d_p)$ の傾きが負になるように動作する配置とすることができる。

【0067】

収集ユニット200の内部圧力 p_2 の減圧により、1000nm未満の粒子の空気力学的抗力が減少して拡散を促進することができる。内部圧力 p_2 は、空気力学的抗力を減らすことによって、収集効率曲線 $\eta_2(d_p)$ の形状に影響を及ぼすことができる。

【0068】

図2cは、エアロゾル粒子P0が拡散荷電によって荷電し、荷電した粒子の電荷が拡散捕集により収集される場合の、エアロゾル粒子P0の移動粒径 d_p に対する粒子を検出する複合効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ を例示する図である。この複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は複数の効率の積として求めることができ、すなわち、 $\eta_{CMB}(d_p) = \eta_1(d_p) \cdot \eta_2(d_p)$ として求めることができる。複合効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、荷電ユニット100における粒子の荷電の寄与分と、収集ユニット200における粒子の電荷収集の寄与分と、を含むことができる。

【0069】

複合検出効率（ $\eta_{CMB}(d_p) = \eta_1(d_p) \cdot \eta_2(d_p)$ ）は、荷電ユニット100からのエアロゾルサンプル流（FG1）の粒径 d_p の各粒子（P0）から収集ユニット200の1つ又は複数の収集要素に移動した単位電荷（e）の平均個数を示すことができる。複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、荷電ユニット100におけるエアロゾルサンプル流（FG1）の粒径 d_p の各粒子（P0）に移動した単位電荷（e）の平均個数の寄与分を考慮することができ、また、複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は収集ユニット200における荷電粒子の電荷を収集する確率の寄与分を考慮することもできる。

【0070】

収集ユニット（200）の内部圧力（ p_2 ）の変化（ Δp_2 ）は、例えば40nm～200nmの粒径範囲等の所定の粒径範囲RNG1において収集効率関数（ $\eta_2(d_p)$ ）の勾配（ $\Delta\eta_2/\Delta d_p$ ）に影響を及ぼすことができる。複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ の勾配（ $\Delta\eta_{CMB}/\Delta d_p$ ）は、収集ユニット（200）の内部圧力（ p_2 ）を選択することによってカスタム調整することができる。

【0071】

内部圧力 p_2 の目標値（ p_{SET} ）を選択することにより、複合検出効率（ $\eta_{CMB}(d_p)$ ）の形状を最適な形状にすることができる。例えば、少なくとも40nm～200nm

10

20

30

40

50

mの粒径範囲において収集効率関数 ($\eta_2(d_p)$) の負の勾配 ($\Delta\eta_2/\Delta d_p$) が荷電効率関数 ($\eta_1(d_p)$) の正の勾配 ($\Delta\eta_1/\Delta d_p$) を少なくとも部分的に補償するように、収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を選択することができる。

【0072】

例えば、40 nm～200 nmの粒径範囲において複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ の勾配 ($\Delta\eta_{CMB}/\Delta d_p$) が実質的にゼロとなるように、収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を所定の選択された値 (p_{SET}) に維持することができる。

【0073】

荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) は、収集ユニット200の内部圧力 (p_2) と実質的に等しくすることができ、又は、荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) は、収集ユニット200の内部圧力 (p_2) とは異なることができる。

10

【0074】

荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) は、収集ユニット200の内部圧力 (p_2) と実質的に等しくすることができる。例えば、荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) が収集ユニット200の内部圧力 (p_2) と実質的に等しくなるように荷電ユニット100及び収集ユニット200を減圧ユニットPDU1の下流に配することができる。

【0075】

また、収集ユニット200の内部圧 (p_2) は、荷電ユニット100の内部圧 (p_{100}) よりも実質的に低くてもよい。例えば、減圧ユニットPDU1は荷電ユニット100と収集ユニット200との間に配することができる。

20

【0076】

荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) の変化は荷電効率 $\eta_1(d_p)$ に影響を与え、収集ユニット200の内部圧力 (p_2) の変化は収集効率 $\eta_2(d_p)$ に影響を与え得る。内部圧力 (p_{100}) が荷電効率 $\eta_1(d_p)$ に与える影響は、内部圧力 (p_2) が収集効率 $\eta_2(d_p)$ に与える影響とは異なり得る。その結果、荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) が収集ユニット200の内部圧力 (p_2) と実質的に等しい状況においても、収集ユニット200の内部圧力 (p_2) を選択することにより複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ をカスタム調整することができる。複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、少なくとも粒径範囲RNG1において、収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を選択することによってカスタム調整することができる。

30

【0077】

例えば、図2cの実線の曲線は、内部圧力 p_2 が20 kPaに等しい場合における複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ を表すことができる。図2cの破線の曲線は、内部圧力 p_2 が100 kPaに等しい場合における複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ を表すことができる。

【0078】

図2dは、複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ を基準値 η_{REF} で除することにより得られた正規化応答関数 R_0 を示している。実線の曲線は、内部圧力 p_2 が20 kPaに等しい場合の正規化応答関数 R_0 を示している。破線の曲線は、内部圧力 p_2 が100 kPaに等しい場合の正規化応答関数 R_0 を示している。図2dの曲線は、複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ を基準値 η_{REF} で除することにより正規化したものである。基準値 η_{REF} は、所定の粒径 (例えば20 nm又は100 nm等) における複合検出効率に等しくすることができる。

40

【0079】

複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、例えば40 nm～200 nmの粒径範囲では実質的に粒径に依存しないことが可能である。例えば、40 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出する効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、例えば100 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出する効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ の0.8～1.2倍の範囲等とすることができ、200 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出する効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、例えば100 nmの移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P0) を検出する効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ の0.8～1.2倍の範囲等とすることができる。

50

【0080】

複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、例えば $40\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ の粒径範囲では実質的に粒径に依存しないことが可能である。例えば、 40 nm の移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P_0) を検出する効率 η_{CMB} は、例えば 100 nm の移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P_0) を検出する効率 η_{CMB} の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲等とすることができ、 200 nm の移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P_0) を検出する効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、例えば 100 nm の移動粒径 (d_p) を有する粒子 (P_0) を検出する効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲等とすることができる。

【0081】

収集ユニット200の内部圧力値 (p_2) は、所定の圧力値 (p_{SET}) に維持することができる。圧力値 (p_{SET}) は、複合効率関数 $\eta_{CMB}(d_p)$ が、上記にて列挙した基準のうち1つ又は複数に従って実質的に平坦になるように選択することができる。

【0082】

第1の粒径範囲 (RNG1) では、荷電効率 $\eta_1(d_p)$ は粒径が増大すると減少し得る。第1の粒径範囲 (RNG1) は、例えば粒径 $40\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ の範囲とすることができる。減少する荷電効率関数は、前記第1の粒径範囲 (RNG1) における第1の指数関数によって近似することができる：

$$\eta_1(d_p) = k_1 \cdot (d_p)^\alpha \quad (1)$$

k_1 は比例定数を表し、 d_p はエアロゾル粒子の移動粒径を表す。 α は指数を表す。拡散荷電の場合、指数 α は、例えば粒径範囲 RNG1 では $1.05 \sim 1.50$ の範囲とすることができる。三極荷電器 (図7b) による拡散荷電では、指数 α は例えば、粒径範囲 RNG1 では実質的に 1.1 に等しくすることができる。

【0083】

第1の粒径範囲 (RNG1) では、収集効率 $\eta_2(d_p)$ は粒径が増大すると減少し得る。増加する荷電効率関数は、前記第1の粒径範囲 (RNG1) における第2の指数関数によって近似することができる：

$$\eta_2(d_p) = k_2 \cdot (d_p)^{-\beta} \quad (2)$$

k_2 は比例定数を表す。 $-\beta$ は指数を示す。指数 $-\beta$ の値は、例えば粒径範囲 RNG1 では $-1.00 \sim -0.85$ の範囲とすることができる。

【0084】

荷電ユニット100と収集ユニット100とを組み合わせたものの複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は、荷電効率 $\eta_1(d_p)$ と収集効率 $\eta_2(d_p)$ との積として形成することができる：

$$\eta_{CMB}(d_p) = \eta_1(d_p) \cdot \eta_2(d_p) \quad (3)$$

【0085】

(1), (2), (3) 式に基づき、複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は指数関数の積によって近似することができる：

$$\eta_{CMB}(d_p) = k_1 \cdot (d_p)^\alpha \cdot k_2 \cdot (d_p)^{-\beta} \quad (4a)$$

$$\eta_{CMB}(d_p) = k_1 \cdot k_2 \cdot (d_p)^{\alpha-\beta} \quad (4b)$$

【0086】

差 $\alpha - \beta$ の値が低い場合、これは、粒径 d_p が測定装置500の計数応答に及ぼす影響が小さい又は無視できる程度である動作状態に相当し得る。収集ユニット200の内部圧力 p_2 は、差 $\alpha - \beta$ が例えば $0 \sim 0.65$ の範囲内となるように選択することができる。

【0087】

収集ユニット200の内部圧力 p_2 は、指数 β に影響を与え得る。荷電ユニット100の内部圧力 p_{100} が指数 α に与える影響は、より小さい及び／又は異なることができる。収集ユニット200の内部圧力 p_2 は、例えば、指数 β が指数 α 実質的に等しくなるように選択することができる。指数 β が指数 α に実質的に等しくなるように圧力が選択されている場合、複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ は第1の粒径範囲 (RNG1) では、粒径 d_p に実質的に依存しないことが可能である。荷電ユニット100の内部圧力 (p_{100}) は例え

10

20

30

40

50

ば、収集ユニット200の内部圧力 p_2 と実質的に等しくすることができる。

【0088】

本実施形態では装置は、収集ユニット200の内部圧力 p_2 が荷電ユニット100の内部圧力 p_{100} と異なるように動作する配置とすることもできる。

【0089】

図2eを参照すると、装置500はオプションとして、エアロゾルサンプル流の粒径分布を修正するための1つ以上の修正ユニットMOD1を備えることができる。修正ユニットMOD1は例えば、荷電ユニット100の上流、又は荷電ユニット100と収集ユニット200との間等に配することができる。修正ユニットMOD1は、エアロゾルサンプル流の粒径分布を修正するために、例えば、フィルタ、インパクタ及び／又はサイクロンを備えることができる。所定の透過率関数 $\eta_{MOD1}(d_p)$ に従ってエアロゾルサンプル流から粒子を取り出すため、修正ユニットMOD1は例えばフィルタ、インパクタ及び／又はサイクロンを備えることができる。透過率 $\eta_{MOD1}(d_p)$ は例えばカットオフ粒径 d_{CUT} を有することができる、これは、取り出した粒子が荷電ユニット100から電荷を収集ユニット200に移動させないように当該カットオフ粒径 d_{CUT} より大きい粒子をエアロゾルサンプル流から消失させるためのものである。透過率 $\eta_{MOD1}(d_p)$ は、粒径 d_p の粒子が修正ユニットMOD1を通過する確率を示すことができる。透過率 $\eta_{MOD1}(d_p)$ は、実質的に全ての粒子が修正ユニットMOD1を通過できる粒径範囲RNG1（例えば40nm～200nm等）の場合は、100%に実質的に等しくなり得る。カットオフ粒径 d_{CUT} より大きい粒子の場合、透過率 $\eta_{MOD1}(d_p)$ は50%より低くなり得る。修正ユニットMOD1が実質的にすべての粒子を取り除く粒径範囲では、透過率 $\eta_{MOD1}(d_p)$ は実質的に0%に等しくなり得る。

【0090】

装置500の総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ は、透過率 $\eta_{MOD1}(d_p)$ と荷電効率 $\eta_1(d_p)$ と収集効率 $\eta_2(d_p)$ との積として形成することができる：

$$\eta_{tot}(d_p) = \eta_{MOD1}(d_p) \cdot \eta_1(d_p) \cdot \eta_2(d_p) \quad (4c)$$

$$\eta_{tot}(d_p) = \eta_{MOD1}(d_p) \cdot \eta_{CMB}(d_p) \quad (4d)$$

【0091】

修正ユニットMOD1は、例えばインパクション及び／又はインターセプションによってエアロゾルサンプル流から粒子を取り出すように配置することができる。収集ユニット200の内部圧力(p_2)を選択することにより、例えば40nm～200nmの粒径範囲RNG1における総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ の勾配をカスタム調整することができると共に、インパクション及び／又はインターセプションのメカニズムを用いて、上記の粒径範囲RNG1の範囲外のより大きな粒子の総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ をカスタム調整することができる。

【0092】

収集ユニット200から得られる検出器電流 $I_1(t)$ は、エアロゾルサンプル流FG1の粒子数密度 $n_0(t)$ に比例し、エアロゾルサンプル流FG1の流量 Q_1 に比例し、また、総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ に比例することができる。 r は時間を示し、 k_0 は比例定数を示す。

$$I_1(t) = k_0 \cdot Q_1 \cdot \eta_{tot}(d_p) \cdot n_0(t) \quad (5)$$

【0093】

粒径 d_p の単分散分布の粒子密度 n_0 に対する電流 I_1 の応答 $R_1(d_p)$ は、例えば次のように定義することができる：

【数1】

$$R_1(d_p) = \frac{I_1(d_p)}{n_0(d_p)} \quad (6)$$

10

20

30

40

50

【0094】

(5)と(6)を組み合わせることにより、応答 $R_1(d_p)$ を例えば次式のように総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ から算出することができる：

$$R_1(d_p) = k_0 \cdot Q_1 \cdot \eta_{tot}(d_p) \quad (7)$$

【0095】

このように、応答 $R_1(d_p)$ は総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ に比例することができる。応答関数 $R_1(d_p)$ の形状は、総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ の形状と類似することができる。粒径範囲 $RNG1$ において総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ が実質的に粒径 d_p に依存しない場合、応答 $R_1(d_p)$ は粒径範囲 $RNG1$ において粒径 d_p に実質的に依存しないことが可能である。

10

【0096】

例えば、少なくとも $40\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ の粒径範囲において収集効率関数($\eta_2(d_p)$)の負の勾配($\Delta\eta_2/\Delta d_p$)が荷電効率関数($\eta_1(d_p)$)の正の勾配($\Delta\eta_1/\Delta d_p$)を少なくとも部分的に補償するように、収集ユニット(200)の内部圧力(p_2)を選択することができる。

【0097】

例えば、移動粒径(d_p)が 200 nm の粒子($P0$)を検出する電流($I_1(t)$)の応答($R_1(d_p)$)が、 100 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出する応答($R_1(d_p)$)の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲となり、 40 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための電流($I_1(t)$)の応答($R_1(d_p)$)が、 100 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための応答($R_1(d_p)$)の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲となるように、収集ユニット(200)の圧力(p_2)を選択することができる。

20

【0098】

例えば、移動粒径(d_p)が 400 nm の粒子($P0$)を検出する電流($I_1(t)$)の応答($R_1(d_p)$)が、 100 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出する応答($R_1(d_p)$)の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲となり、 40 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための電流($I_1(t)$)の応答($R_1(d_p)$)が、 100 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための応答($R_1(d_p)$)の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲となるように、収集ユニット(200)の圧力(p_2)を選択することができる。

30

【0099】

例えば、 40 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための応答($R_1(d_p)$)が、 100 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための応答($R_1(d_p)$)の $0.9 \sim 1.1$ 倍の範囲となるように、また、 1000 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための応答($R_1(d_p)$)が 100 nm の移動粒径(d_p)を有する粒子($P0$)を検出するための応答($R_1(d_p)$)の $0.9 \sim 1.2$ 倍の範囲となるように、収集ユニット200の圧力を選択することができる。

【0100】

流量 Q_1 は実質的に一定に維持することができる。総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ は、測定装置500の検出粒径範囲 $RNG0$ において実質的に一定とすることができる。検出粒径範囲 $RNG0$ は、例えば $40\text{ nm} \sim 400\text{ nm}$ とすることができる。検出粒径範囲 $RNG0$ は、例えば $40\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ とすることができる。定数 k_0 、流量 Q_1 及び総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ を組み合わせ、較正定数 K_{CAL} として表すことができる。

40

【数2】

$$K_{CAL} = \frac{1}{k_0 \cdot \eta_{tot} \cdot Q_1} \quad (8)$$

50

【0101】

数密度 n_0 は、測定された検出器電流 I_1 から、例えば較正定数 K_{CAL} を用いて求めることができる：

$$n_0(t) = K_{CAL} \cdot I_1(t) \quad (9)$$

【0102】

較正定数 K_{CAL} は、例えば較正測定によって求めることができる。較正定数 K_{CAL} は、例えば装置のメモリ (MEM1) に記憶することができる。装置 500 は、較正定数 K_{CAL} を用いて測定電流 $I_1(t)$ から数密度 $n_0(t)$ を求めるように配置されることができる。一実施形態では、測定電流 $I_1(t)$ は補助コンピュータに通信接続することができ、補助コンピュータは、較正定数 K_{CAL} を用いて測定電流 $I_1(t)$ から数密度 $n_0(t)$ を求めるように配置されることができる。

10

【0103】

数密度 n_0 とは、単位体積中のエアロゾル粒子の個数をいう。数密度 n_0 は個数濃度とも称され得る。

【0104】

図 2 d を参照すると、応答関数 $R_1(d_p)$ を基準値 R_{REF} で除することにより、応答関数 $R_1(d_p)$ を正規化することができる。

【数 3】

$$R_0(d_p) = \frac{R_1(d_p)}{R_{REF}} \quad (10)$$

20

【0105】

基準値 R_{REF} は例えば、粒径 100 nm における応答 $R_1(d_p)$ と等しくすることができる。

【0106】

内部圧力 p_2 を選択することにより、実質的に平坦な応答関数 $R_1(d_p)$ 及び／又は実質的に平坦である正規化された応答関数 $R_0(d_p)$ を提供することができる。例えば、少なくとも 40 nm から 400 nm の粒径範囲では、応答関数 $R_1(d_p)$ 、 $R_0(d_p)$ は限界 ± 10 % の範囲内で実質的に平坦となることができる。例えば、少なくとも 20 nm から 1000 nm の粒径範囲では、応答関数 $R_1(d_p)$ 、 $R_0(d_p)$ は限界 ± 20 % の範囲内で実質的に平坦となることができる。

30

【0107】

所定の粒径範囲 RNG2 において収集効率関数 ($\eta_2(d_p)$) の負の勾配 ($\Delta \eta_2 / \Delta d_p$) が荷電効率関数 ($\eta_1(d_p)$) の正の勾配 ($\Delta \eta_1 / \Delta d_p$) を補償できるように、収集ユニット (200) の内部圧力 (p_2) を選択することができる。

【0108】

例えば、収集ユニットの内部圧力 (p_2) が 20 kPa に等しい場合、100 nm ~ 200 nm の粒径範囲 (RNG2) において、正規化された応答関数 $R_0(d_p)$ の勾配が例えば -1 % / 100 nm に実質的に等しくなるように、負の勾配は正の勾配を補償することができる。

40

【0109】

比較例として、収集ユニットの内部圧力が 100 kPa に等しい場合、100 nm ~ 200 nm の粒径範囲 (RNG2) において、正規化された応答関数 $R_0(d_p)$ の勾配は例えば -17 % / 100 nm に実質的に等しくなることができる。

【0110】

図 2 f を参照すると、修正ユニット MOD1 の透過関数 $\eta_{MOD1}(d_p)$ は総検出効率 $\eta_{tot}(d_p)$ と応答関数 $R_0(d_p)$ とに影響を及ぼし得る。例えば、測定装置 500 の検出粒径範囲 RNG0 の上限付近において実質的に平坦な応答となるように、修正ユニ

50

ットMOD1の透過関数 $\eta_{MOD1}(d_p)$ を選択することができる。例えば、測定装置500の検出粒径範囲RNG0の上限付近において実質的に平坦な応答となるように、透過関数 $\eta_{MOD1}(d_p)$ のカットオフ粒径 d_{cut} を選択することができる。

【0111】

図3を参照すると、装置500は例えば、収集ユニット200の内部圧力(p_2)を減圧するための臨界オリフィスOR1を備えることができる。減圧ユニットPDU1は、臨界オリフィスOR1を備えることができる。臨界オリフィスOR1は、例えば装置500のサンプリングライン50等に配置することができる。

【0112】

荷電ユニット100は、例えばコロナ放電DSR1等によってイオンJ1を生成するように配置することができる。荷電ユニット100は、コロナ放電DSR1を形成するためのコロナ電極E1を備えることができる。コロナ電極E1は、対向電極E2と共にコロナ放電DSR1を形成するように配置されることができる。一実施形態では、荷電ユニット100の導電性のハウジング150が対向電極E2として動作することができる。

【0113】

コロナ電極E1は、例えば鋭い先端を有する導体等とすることができる。コロナ電極E1は、例えば径が細い裸導体ワイヤ等とすることができる。電極E1は、例えばコネクタCON1等を介して電圧供給部VSU1の端子T1に接続することができる。コロナ電極は、例えば1つ又は複数の絶縁体(ISO1)によって機械的に支持されることができる。

【0114】

コロナ電極E1は、コロナ放電DSR1によりイオンJ1を生成するように配置されることができる。コロナ電極E1は対向電極E2と協働することができる。電極E1、E2は電圧差V1を有するように高電圧供給VSU1に接続されることができる。コロナ電極E1と対向電極E2とが合わさって、コロナ電極E1の近傍にコロナ放電DSR1を発生させる電界を形成することができる。電界の強度が局所的にガスの絶縁耐力を超えることにより、コロナ電極E1の付近にコロナ放電DSR1を形成することができる。

【0115】

生成されたイオンJ1は、拡散により粒子P0に対して移動することができる。一部の拡散イオンJ1は粒子P0と衝突して電荷を粒子に移動させることができる。荷電ユニットは、拡散荷電によって荷電粒子を形成することができる。イオンJ1から粒子への電荷の移動は、荷電ユニット100の荷電空間(SPC1)内で行うことができる。

【0116】

荷電ユニット200の流出エアロゾルサンプル流FG2は、電氣的に中性の粒子と、荷電エアロゾル粒子P1と、イオンJ1とを含むことができる。エアロゾルサンプル流FG2の粒子P0、P1及びイオンJ1は、気体中に懸濁されることができる。

【0117】

荷電ユニット200の流出エアロゾルサンプル流FG2は、イオントラップTRAP1を通るように案内されてイオンJ1を取り除くことができる。

【0118】

イオントラップTRAP1は、荷電ユニット100の下流かつ収集ユニット200の上流に配置することができる。イオントラップTRAP1は、収集ユニット200に案内されるエアロゾル流FG2、FG3からイオンJ1の少なくとも一部を除去することができる。イオントラップTRAP1を用いることによって電流 $I_1(t)$ を安定化することができる。イオントラップTRAP1は例えば、電界を提供するために2つ以上の偏向電極E5、E6を備えることができ、これらの偏向電極E5、E6は、イオンJ1をエアロゾル流FG3から偏向することができる。電界は、電極E5、E6を通過するガス流FG3の方向に対して実質的に横方向とすることができる。イオントラップTRAP1は電極E5、E6を備えることができる。イオントラップは、例えば、一対の実質的に平行な電極E5、E6を含むことができる。電極E5、E6は、電界を生成するように電圧差V5に接続されることができる。荷電粒子P1の(第1の)適切な割合がイオントラップTRA

10

20

30

40

50

P 1を通過し、イオンJ 1の（第2の）適切な割合がエアロゾル流F G 3から離れる方向に偏向されるように、電極E 5，E 6間のスペースの電界の大きさ及び／又はこれを通過するガス流の速度を選択することができる。このようにして、荷電粒子P 1の大部分がイオントラップT R A P 1を通過して検出器D E T 1に到達することができる。電圧差V 5を選択することにより、イオントラップを通過できる粒子のカットオフ粒径を小さくすることができる。オプションとして、イオントラップT R A P 1の電圧V 5は、総検出効率曲線 $n_{tot}(dp)$ の形状を調整するための追加のパラメータとして用いることができる。

【0119】

イオントラップT R A P 1は、イオンJ 1を除去することによって実質的にイオンフリーのエアロゾルサンプル流F G 3を形成することができる。エアロゾルサンプル流F G 3は、気体中に懸濁された中性粒子P 0及び荷電粒子P 1を含むことができる。

【0120】

エアロゾルサンプル流F G 3を収集ユニット200に案内して、粒子P 1から電荷を収集することができる。収集ユニット200は、拡散により電荷を収集するための1つ以上の収集要素E 3を備えることができる。荷電粒子P 1は拡散によって収集要素E 3の付近を移動することができる。荷電粒子P 1の一部が収集要素E 3に接触して、正味の電荷を収集要素E 3に移動させることができる。収集した電荷を電流 $I_1(t)$ として電流測定ユニットC M U 1に案内するため、収集要素E 3を導体C O N 3に電氣的に接続することができる。収集要素E 3は、例えば導電性メッシュ要素とすることができる。

【0121】

収集ユニット200は、荷電粒子P 1の拡散によって電荷を収集するように配置することができる。収集ユニット200は、荷電粒子P 1が電界によって収集要素E 3に向かって引き付けられないように動作する配置とすることができる。また、収集要素E 3の電荷収集部付近の電界は、実質的に0に等しくすることができる。

【0122】

収集ユニット200はオプションとして、電界が実質的にゼロに等しい領域にエアロゾル流を閉じ込めるための1つ又は複数の電気絶縁シール部I S O 3 a，I S O 3 bを備えてもよい。

【0123】

収集ユニット200は、収集効率関数が、少なくとも100nm～200nmの粒径範囲において負の勾配を有するように動作する配置とすることができる。収集要素E 3は、粒子の大部分が収集ユニット200を通過することができるように、粒子から電荷を収集するように配置することができる。収集要素E 3の網目寸法は、移動粒径200nmの粒子の少なくとも80%が収集ユニット200を通過するように選択することができる。

【0124】

装置500は、導電性遮蔽部E 4を備えることができる。遮蔽部E 4は、収集要素E 3を干渉静電気から保護するように収集要素E 3を包囲することができる。遮蔽部E 4は、例えばファラデーケージとして収集要素E 3を包囲することができる。

【0125】

電流モニタリングユニットC M U 1は、導体C O N 3を介して収集要素E 3から検出器電流 $I_1(t)$ を受け取ることができる。導体C O N 3は、電流モニタリングユニットC M U 1の入力端子(I N 3)に接続することができる。装置500はオプションとして、収集要素E 3から検出器電流 $I_1(t)$ を電流モニタリングユニットC M U 1に導くための電氣的フィードスルー部を備えることができる。電氣的フィードスルー部は、電気絶縁体I S O 3によって囲まれた導体C O N 3の一部を含むことができる。

【0126】

電流モニタリングユニットC M U 1の基準端子(I N 4)は、装置500の電氣的なグラウンドG N D 1に直接又は間接的に接続することができる。また、遮蔽部E 4は、例えば装置500の電氣的グラウンドG N D 1等の固定電位に直接的又は間接的に接続するこ

10

20

30

40

50

とができる。

【0127】

吸引ユニットVAC1は、収集ユニット200から流れFG4を引き込むためのエジェクタ又はポンプPUMP1を備えることができる。吸引ユニットVAC1はオプションとして、当該吸引ユニットVAC1を流れる流量(Q_1)を制御するための調整可能なバルブVAL1を備えることができる。吸引ユニットVAC1は、収集ユニット200の内部圧力(p_2)をモニタリングするための圧力センサPSEN1を備えることができる。吸引ユニットVAC1は、収集ユニット200の内部圧力(p_2)を選択された圧力(p_{SET})に実質的に等しく維持するように、吸引ユニットVAC1の流量を調整するための制御ユニットCNT2を備えることができる。吸引ユニットVAC1の流量は例えば、バルブVAL1を調整することによって、及び／又はポンプPUMP1の動作を制御することによって、調整することができる。制御ユニットCNT2は、圧力センサPSEN1の信号に基づいてバルブVAL1の動作を制御し、及び／又はポンプの動作を制御するための制御信号を提供することができる。ポンプPUMP1は、例えばダイヤフラムポンプ、ピストンポンプ、回転翼ポンプ又は蠕動ポンプ等とすることができる。粒子P1が収集ユニット200によって検出される前にポンプPUMP1が流れFG3から粒子を除去しないように、ポンプPUMP1を収集ユニット200の下流に配置することができる。

10

【0128】

装置500は、測定されたデータを処理するため及び／又は装置500の動作を制御するための制御ユニットCNT1を備えることができる。制御ユニットCNT1は、データを処理するための1つ又は複数の信号処理プロセッサを備えることができる。制御ユニットCNT1は例えば、電流モニタリングユニットCMU1から得られた検出器信号 $S_1(t)$ から数密度値 $n_0(t)$ を求めることができる。装置は、校正データCAL1を記憶するためのメモリMEM1を備えることができる。装置は、メモリMEM1に校正データCAL1として記憶された比例定数を用いて、測定された検出器電流 $I_1(t)$ から数密度値 $N_0(t)$ を求めるように構成することができる。装置は、コンピュータプログラムコードPROG1を格納するためのメモリMEM2を備えることができる。装置は、プログラムコードPROG1を実行することにより1つ又は複数の測定値を求めるように構成することができる。コンピュータプログラムPROG1は、少なくとも1つのデータプロセッサ上で実行される際に、制御ユニットCNT1に装置500の動作を制御させるコンピュータプログラムコードを備えることができる。コンピュータプログラムPROG1は、少なくとも1つのデータプロセッサ上で実行される際に、測定されたデータ(例えば信号 $I_1(t)$ 、 $S_1(t)$ 等)を処理させるコンピュータプログラムコードを備えることができる。装置は、測定された検出器電流値 I_1 を格納するため及び／又は求めた数密度値 $n_0(t)$ を格納するためのメモリMEM3を備えることができる。装置500はオプションとして、データを受信及び／又は送信するための通信ユニットRXTX1を備えることができる。装置500はオプションとして、測定値及び／又は求めた値を例えばサーバ等の外部装置に送信するための通信ユニットRXTX1を備えることができる。通信ユニットRXTX1は、例えば信号 $S_1(t)$ を例えば外部のポータブルコンピュータに送信することができる。通信ユニットRXTX1は、例えば信号 $S_1(t)$ を例えばインターネットサーバに送信することができる。通信ユニットRXTX1は、例えば無線送信、光ケーブル及び／又は電気ケーブルを使用すること等によってデータを受信及び／又は送信することができる。

20

30

40

【0129】

装置はオプションとして、ユーザ入力を受け取るため及び／又はユーザに情報を出力するためのユーザインタフェースUIF1を備えることができる。ユーザインタフェースUIF1は、例えばディスプレイ、タッチスクリーン及び／又はキーボード等を含むことができる。

【0130】

装置500はオプションとして、ユーザに情報を出力するため及び／又はユーザ入力を

50

受け取るためのユーザインタフェースUIF1を備えることができる。ユーザインタフェースUIF1は、例えばディスプレイ及び／又は1つ若しくは複数のキー等を含むことができる。ユーザインタフェースUIF1は例えばタッチスクリーン等を含むことができる。ユーザインタフェースUIF1は、例えば、電流 I_1 の大きさ(t)、測定された数密度 n_0 (t)及び／又は補助電流 I_2 (t)の大きさ(図4a)を表示するように配置することができる。

【0131】

ユニット50、PDU1、100、TRAP1、200、300は、例えばキャビネット内、運転中の機関の近傍及び／又は希釈システムの近傍に配置することができる。インタフェースUIF1はまた、当該インタフェースUIF1を人間工学的及び／又は安全な位置に配するようにユニットから遠隔位置に配置することができる。ポータブルコンピュータ又はモバイルデバイス(例えばスマートフォン等)が通信ユニットRXTX1を介して装置500と通信するように構成することができ、また、前記ポータブルコンピュータ又はモバイルデバイスはインタフェースUIF1として動作するように構成することもできる。

【0132】

装置200によって測定されたデータは分散方式で処理されることができる。例えば、数密度値 n_0 (t)への信号 S_1 の変換は別個のデータプロセッサで実行することができる。データは、例えばポータブルコンピュータ及び／又はインターネットサーバ等を用いて処理することができる。

【0133】

装置500はオプションとして、時間情報を提供するためのクロックCLK1を備えることができる。例えば、信号 S_1 (t)及び／又は測定個数密度 n_0 (t)をタイムスタンプに関連付けるようにメモリMEM3に記録することができる。記録されたデータにタイムスタンプを付与することができる。

【0134】

一実施形態では、荷電ユニット100のコロナ電極E1をエアロゾルサンプル流の粒子から保護するために希釈ガス流DGOを荷電ユニット100に送ることができる。この保護希釈ガス流DGOは、コロナ電極E1を清浄な状態に維持するように配することができる。第1の臨界オリフィスOR1を介してサンプルエアロゾル流を荷電ユニット100の減圧された圧力(p_{100} , p_2)に送り、第2の臨界オリフィスOR2を介して保護ガス流DGOを荷電ユニット100に送ることにより、コロナ電極E1を保護できると共に、希釈サンプルエアロゾル流を実質的に一定の希釈比で提供することができる。荷電ユニット100は、コロナ電極E1に向かって希釈ガス流DGOを送ることにより、コロナ電極E1の周囲にこれを取り囲む実質的に無粒子の領域を形成するように構成することができる。希釈ガス流DGOは、コロナ電極E1をフラッシュ洗浄するように配することができる。

【0135】

入力エアロゾルFG0又はサンプル流FG1は、初期の粒径分布を有することができる。装置500は、例えばサンプルを希釈するため及び／又はエアロゾルサンプル流から大きな粒子を除去するために、修正ユニットMOD1を備えることができる。修正ユニットMOD1は、エアロゾルサンプル流の粒径分布を修正することができる。

【0136】

装置500は、例えばサンプルを希釈するため及び／又はエアロゾルサンプル流から所定のカットオフ粒径を超える大きな粒子を除去するために、修正ユニットMOD1を備えることができる。修正ユニットMOD1は例えば、エアロゾルサンプル流を希釈するための希釈ユニットDIL1及び／又はエアロゾルサンプル流から大きな粒子を除去するためのパーティクルフィルタ等を備えることができる。カットオフ粒径は、例えば $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の範囲とすることができる。カットオフ粒径は、例えば $40\text{nm}\sim 1000\text{nm}$ の粒径範囲等において、総検出効率 $\eta_{tot}(dp)$ の形状が実質的に線形になるように選択

することができる。カットオフ粒径 d_{cut} は、40 nm から 200 nm の粒径範囲における複合検出効率 $\eta_{CMB}(d_p)$ の実質的に線形の形状を有意に変形させないように選択することができる。カットオフ粒径 d_{cut} は、例えば 0.5 μm ~ 5 μm の範囲とすることができる。カットオフ粒径は、例えば 1 μm ~ 2 μm の範囲とすることができる。サンプル修正ユニットは、例えば荷電ユニット 100 の手前等に配置することができる。サンプル修正ユニットの内部圧力も減圧されるように、サンプル修正ユニットを減圧ユニット PDU1 より後に配置することができる。サンプル修正ユニットは、例えばフィルタ、サイクロン及び／又はインパクタを備えることができる。減圧された内部圧力は、フィルタ、サイクロン及び／又はインパクタの動作を容易にすることができる。

【0137】

図 4 a 及び 4 b を参照すると、装置 500 はオプションとして、第 1 の収集ユニット 200 から出た粒子 P1 の電荷を検出するための補助検出ユニット 300 を備えることができる。補助検出ユニット 300 は、エアロゾル流 FG4 によって運ばれる全電荷を検出することができる。補助検出ユニット 300 は例えば、収集ユニット 200 から出た荷電粒子の少なくとも 50 % を検出するように構成することができる。補助検出ユニット 300 は、補助検出ユニット 300 によって捕捉された粒子の単位時間当たりの電荷に比例する電流 $I_2(t)$ を出力することができる。

【0138】

本方法は、収集ユニット 100 から出るエアロゾル粒子の電荷を示す第 2 の補助電流 $I_2(t)$ を測定することを含むことができる。収集ユニット 100 の第 1 の検出器電流 $I_1(t)$ は、例えば入力流の粒子の個数濃度を示すことができ、第 2 の補助電流 $I_2(t)$ は、例えばエアロゾル粒子の表面積濃度を示すことができる。第 1 の電流 $I_1(t)$ は、例えば 40 nm ~ 200 nm の粒径範囲において粒径に実質的に依存しないと共に、第 2 の電流 $I_2(t)$ は 40 nm ~ 200 nm の粒径範囲において粒径に依存することが可能である。このように電流 $I_1(t)$ 、 $I_2(t)$ の挙動が異なることにより、これら 2 つの信号 $I_1(t)$ 、 $I_2(t)$ から平均粒径 ($d_{p,ave}$) を推定することが可能になる。本方法は、第 1 の検出器電流 $I_1(t)$ 及び第 2 の補助電流 $I_2(t)$ から平均粒径 ($d_{p,ave}$) を求めることを含むことができる。

【0139】

本方法は、補助検出ユニット 300 を使用して、収集ユニット 200 を通過する荷電粒子 (P1) の電荷を示す補助電流 ($I_2(t)$) を提供することを含むことができる。

【0140】

本方法は、収集ユニット 200 の電流 ($I_1(t)$) と補助検出ユニット 300 の補助電流 ($I_2(t)$) とから平均粒径 ($d_{p,ave}$) を求めることを含むことができる。

【0141】

第 2 の補助電流 $I_2(t)$ を用いて、測定された数密度 $n_0(t)$ の信頼性を確認し、及び／又は、測定装置が適正に動作しているか否かを確認することができる。入力流 FG0 の粒径分布が不変であると分かっている状況では、一定の第 2 の補助電流 $I_2(t)$ は、測定結果が有効であることの示唆、及び／又は測定装置 500 が適正に動作していることの示唆とすることができる。入力流 FG0 の粒径分布が不変であると分かっている状況では、第 2 の補助電流 $I_2(t)$ が変化すると、これは測定結果が有効でないことの示唆、及び／又は測定装置 500 が適正に動作していないことの示唆とすることができる。

【0142】

補助検出ユニット 300 は、流れ FG4 の粒子 P1 を捕集することができる。補助検出ユニット 300 は、粒子を捕捉するための例えばパーティクルフィルタ FIL1 等を備えることができる。フィルタ FIL1 は、例えばモニタリングフィルタ等と称され得る。フィルタ FIL1 は導電性又は電気絶縁性とすることができる。フィルタ FIL1 は、ファラデーケージ FARA1 によって包囲されることができ、又は、フィルタ FIL1 の導電性の外層がファラデーケージ FARA1 として動作することができる。フィルタ FIL1 及び／又はファラデーケージ FARA1 は、1 つ又は複数の絶縁体 ISO7 によって支持

10

20

30

40

50

されることができる。導電性のフィルタF I L 1は、例えば焼結導電性粒子又は導電性繊維を含むことができる。ファラデーケージF A R A 1及び／又は導電性のフィルタF I L 1は、第2の電流モニタリングユニットC M U 2に電氣的に接続することができる。電流モニタリングユニットC M U 2は、第2の補助電流I₂ (t)を測定することにより第2の電流信号S₂ (t)を提供することができる。第2の電流信号S₂ (t)は、第2の補助電流I₂ (t)の大きさを示すことができる。信号S₂ (t)は例えばデジタル信号等とすることができる。電流モニタリングユニットC M U 2は例えば、第2の補助電流I₂ (t)を測定するための電位計を備えることができる。

【0143】

ファラデーケージF A R A 1内のフィルタD F I Lによって捕捉された荷電粒子P 1がファラデーケージF A R A 1に接触しなくても、ファラデーケージF A R A 1及び電流モニタリングユニットC M U 2を用いて、荷電粒子P 1により運ばれる電荷を検出することができる。

【0144】

フィルタF I L 1は例えば、200 nmの粒径を有する粒子のうち90%超を当該フィルタF I L 1によって捕集できるように選択することができる。フィルタF I L 1は、例えばインターセプション、慣性衝突、拡散、重力沈降及び／又は静電捕集等によってエアロゾル粒子を捕集することができる。フィルタF I L 1は、粒子が検出器F I L 1からガス流中に放出されて戻らないように、粒子を不可逆的に捕集することができる。検出器F I L 1は、例えば、測定期間中に捕集された粒子のうち検出器F I L 1から放出されてガス流F G 5中に戻る割合が質量で10%未満となるように、測定期間中に粒子を捕集することができる。吸引ユニットV A C 1は、補助検出ユニット300からガス流F G 5を引き込むことによりエアロゾル流(F 0, F G 1, F G, F G 3, F G 4)を生じさせることができる。

【0145】

図5を参照すると、装置500は、例えば一定の希釈比でエアロゾルサンプル流を希釈するための希釈ユニットD I L 1を備えることができる。希釈ユニットD I L 1は例えば、希釈ガス流D G 0をサンプリングライン50に案内するための第2の臨界オリフィスO R 2を備えることができる。希釈ガスD G 0のガスG A S 1は、実質的に無粒子のガスとすることができる。希釈ガスG A S 1は、例えばガスボンベ等から得ることができる。希釈ガスG A S 1は、例えば大気A I R 1等とすることができる。希釈ユニットD I L 1はオプションとして例えば、希釈ガスG A S 1から粒子を除去するためのフィルタF I L 2を備えることができる。

【0146】

エアロゾルサンプル流(F G 0, F G 1)は、第1の臨界オリフィスO R 1を介して減圧された圧力p₂に送られることができ、希釈ガス流D G 0は第2の臨界オリフィスO R 2を介して同じ減圧された圧力p₂に送られることができる。希釈されたサンプルを提供するため、エアロゾルサンプル流(F G 0, F G 1)は例えばサンプリングライン50又は荷電ユニット100等において希釈ガス流D G 0と組み合わせることができる。オリフィスO R 1, O R 2を通るチョーク流れ(臨界流)を保証するために、圧力比p₂/p₀は例えば0.5未満とすることができる。これにより、一定の希釈比で希釈エアロゾルサンプル流を提供することができる。

【0147】

一実施形態では例えば、コンタミネーションの原因となる粒子からコロナ電極E 1を保護するため、臨界オリフィス(O R 2)を介して希釈ガス流(D G 0)を荷電ユニット100に送ることもできる。

【0148】

図6aを参照すると、収集ユニット200の収集要素E 3は例えば導電性メッシュ要素等とすることができる。収集要素E 3によって収集された電荷(C H R 1)は、導体C O N 3を介して電流モニタリングユニットC M U 1に伝達することができる。導電性メッシ

10

20

30

40

50

要素は、導電性のハウジング E 3 a によって包囲することができる。要素 E 3 及び／又はハウジング E 3 a は、1 つ又は複数の絶縁体 I S O 3 a , I S O 3 b によって支持されることができる。収集された電荷 (C H R 1) は電流 $I_1(t)$ として、導体 C O N 3 を介して電流モニタリングユニット C M U 1 の入力端 T 3 に伝達することができる。

【 0 1 4 9 】

収集ユニット 2 0 0 は、拡散捕集方式で動作するように構成することができる。収集ユニット 2 0 0 は、エアロゾル粒子の大部分が当該収集ユニット 2 0 0 を通過できるように動作する構成とすることができる。収集ユニット 2 0 0 は、粒径 2 0 0 nm の粒子のうち収集要素 E 3 に捕捉されるのが 2 0 % 未満となるように動作する配置とすることができる。例えば、粒径 2 0 0 nm の粒子のうち収集要素 E 3 によって捕捉される割合が 2 0 % 未満となるように、要素 E 3 の網目寸法を選択することができる。

10

【 0 1 5 0 】

収集ユニット 2 0 0 は、導電性遮蔽部 E 4 を備えることができる。導電性遮蔽部 E 4 は、要素 E 3 及び／又はハウジング E 3 a を干渉静電気から保護するファラデーケージとして動作することができる。遮蔽部 E 4 は、電流モニタリングユニット C M U 1 の入力端 I N 4 及び／又は装置 5 0 0 の電氣的グラウンド G N D 1 に接続することができる。

【 0 1 5 1 】

要素 E 3 付近の電界が小さく又はゼロになり、静電力によって粒子が捕集されるのを低減又は回避できるように、要素 E 3 及び／又はハウジング E 3 a を配置することができる。

【 0 1 5 2 】

20

要素 E 3 の寸法及び／又は要素 E 3 間のギャップの寸法は、収集ユニット 2 0 0 が主に拡散によって電荷 (C H R 1) を収集できるように選択することができる。要素 E 3 の寸法及び／又は要素 E 3 間のギャップの寸法は、インターセプション、慣性衝突及び／又は静電引付けによる捕集を低減又は最小限にするように選択することができる。

【 0 1 5 3 】

図 6 b を参照すると、収集ユニット 2 0 0 の収集要素 E 3 は例えば板状要素等とすることもできる。

【 0 1 5 4 】

図 7 a を参照すると、荷電ユニット 1 0 0 は、エアロゾル流とコロナ放電 D S R 1 との間の距離を拡大するための 1 つ又は複数の流れ案内部 B A F 1 , B A F 2 を備えることができる。距離を拡大することにより、コロナ電極 E 1 と対向電極 E 2 とによって生成される電界 E F I E L D 1 が弱い領域 (S P C 1) にエアロゾル流をシフトさせることができる。例えば、荷電空間 (S P C 1) 内のエアロゾルサンプル流 (F G 1) における電界 E F I E L D 1 の最大強度が 1 0 0 V / c m 未満となるように、荷電空間 (S P C 1) を通るようにエアロゾルサンプル流を案内することができる。電界 E F I E L D 1 を減少させることにより、拡散荷電の相対的な寄与分を増大させることができる。電界 E F I E L D 1 を減少させることにより、4 0 nm ~ 2 0 0 nm の粒径範囲の粒子が主に拡散荷電によって荷電することを保証することができる。流れ案内部 B A F 1 , B A F 2 は、エアロゾル流をコロナ放電 D S R 1 から離れる方向に案内することができる。流れ案内部 B A F 1 , B A F 2 は、対向電極 E 2 付近の荷電領域 S P C 1 にエアロゾル流を案内することができる。荷電領域 S P C 1 は電極 E 1 , E 2 の間に位置することができる。

30

【 0 1 5 5 】

装置 5 0 0 は、荷電ユニット 1 0 0 の動作電力を供給するための電圧供給部 V S U 1 を備えることができる。装置 5 0 0 は、荷電ユニット 1 0 0 のコロナ電極 E 1 に高電圧 V 1 を供給するための高電圧供給部 V S U 1 を備えることができる。

【 0 1 5 6 】

この高いコロナ電圧 V 1 及びコロナ電流は、電圧供給部 V S U 1 から導体 C O N 1 を介してコロナ電極 E 1 に伝送することができる。荷電ユニット 1 0 0 は、ハウジング 1 5 0 を貫通してコロナ電極 E 1 にコロナ電流を伝送するためのフィードスルー部を備えることができる。フィードスルー部は、導体 C O N 1 及び電気絶縁体 I S O 1 の一部を含むこと

50

ができる。

【0157】

サンプル流 (FG1) のエアロゾル粒子 (P0) から荷電粒子 (P1) を形成するための荷電ユニット (100) は：

－エアロゾルサンプル流 (FG1) が流入する流入口 (IN1) と、－対向電極 (E2) と共にコロナ放電 (DSR1) を形成することによりイオン (J1) を生成するコロナ電極 (E1) と、－生成されたイオン (J1) の拡散によってエアロゾルサンプル流 (FG1) のエアロゾル粒子 (P0) から荷電粒子 (P1) を形成する荷電空間 (SPC1) と、－荷電空間 (SPC1) 内のエアロゾルサンプル流 (FG1) における電界 (EFIELD1) の最大強度が 100 V/cm 未満となるように、受け取ったエアロゾルサンプル流 (FG1) を荷電空間 (SPC1) に通して案内する1つ又は複数の流れ案内内部 (BAF1) と、を備えることができる。

10

【0158】

荷電ユニット100は、エアロゾルサンプル流 (FG1) に荷電粒子 (P1) を供給するための流出口OUT1を備えることができる。荷電ユニット100は、荷電粒子 (P1) 及び中性粒子 (P0) を含む荷電エアロゾルサンプル流 (FG2) を提供することができる。

【0159】

2つの電極 (E1、E2) 及び流れ案内内部 (BAF1) により荷電ユニット (100) を実現することにより、比較的低コストで十分な精度と頑丈な構造とを実現することが可能になる。

20

【0160】

図7bを参照すると、荷電ユニットの対向電極E2は、コロナ電極E1を包囲する導電性メッシュとすることもできる。生成されたイオンJ1は導電性メッシュを通過して、メッシュ電極E2の向こう側の荷電ゾーンSPC1に到達することができる。イオンJ1は、荷電ゾーンSPC1において拡散荷電により粒子を荷電することができる。

【0161】

荷電ユニット100のハウジングが補助電極E2aとして動作することができる。補助電極E2aは例えば、導体CON2aを介して補助電圧供給部VSU1aの接続端T2aに接続することができる。対向電極E2は、補助電圧供給部VSU1aの接続端T2bに接続することができる。

30

【0162】

コロナ電極E1と対向電極E2とが合わさって電界を形成することができる。対向電極E2と補助電極E2aとは、外部電界EFIELD1を形成することができる。内部電界EFIELD1は、放電領域DSR1から対向電極E2に向けてイオンJ1のドリフトを引き起こすことができる。荷電ゾーンSPC1における電界EFIELD1の強度は、内部電界EFIELD2の強度よりも実質的に低くすることができる。荷電ゾーンSPC1における電界EFIELD1の強度の低下により、拡散荷電の相対的な寄与分を増加させることができる。

【0163】

装置は、対向電極E2と補助電極E2aとの間に補助電圧V1aを供給する構成とすることができる。補助電圧V1aは、荷電ユニット100の荷電効率曲線 $\eta_1(dp)$ の形状に影響を与えることができる。オプションとして、補助電圧V1aを追加的な動作パラメータとして使用することができ、この追加的な動作パラメータは、測定装置500の総検出効率 $\eta_{tot}(dp)$ の形状を調整するように選択することができる。

40

【0164】

また、補助電極E2aは、荷電ゾーンSPC1における電界EFIELD1を最小化するように対向電極E2に（直接）接続されることができる。

【0165】

電流モニタリングユニットCMU1、CMU2が提供する信号 $S_1(t)$ 、 $S_2(t)$

50

はオプションとして、例えばバックグラウンド信号値等を用いて補償することができる。バックグラウンド信号値は、例えば流量 (Q_1) がゼロであるとき、又はユニット 100, 200, 300 に通されるガスが実質的に無粒子であるとき等に、例えば電流信号 $I_1(t)$ 、 $I_2(t)$ を測定することによって、実験により求めることができる。

【0166】

オプションとして、サンプル流を希釈することができる。希釈比は一定とすることができる、又は希釈比は、例えば希釈システムに案内される排ガスの流量に応じて変動することができる。例えば、機関の排ガスを定容量サンプラのトンネルに案内して、粒子エミッション実験中に例えば機関の出力等に応じて希釈比が変動するようにすることができる。

【0167】

図 8 a 及び図 8 b を参照すると、測定システム 1002 はエアロゾル源 SRC1 及びエアロゾル測定装置 502 を備えることができる。

【0168】

測定装置 502 は、減圧ユニット PDU1 と、低圧サンプリングライン 50 と、エアロゾル計測器 INSTR1 と、低圧サンプリングライン 50 を介してエアロゾルサンプル流 FG1 をエアロゾル計測器 INSTR1 に引き込むための吸引ユニット VAC1 と、を備えることができる。

【0169】

計測器 INSTR1 は例えば、粒子の数密度を測定するための上述の装置 500 とすることができる。しかし、計測器 INSTR1 は他のエアロゾル測定装置とすることもできる。計測器 INSTR1 は、エアロゾル流 FG1 の 1 つ又は複数のエアロゾルパラメータ値を測定するように構成することができる。計測器 INSTR1 は例えば、粒子の数密度、粒子の質量濃度、粒径分布、平均粒径、表面積濃度から選択された 1 つ又は複数のエアロゾルパラメータ値を測定するように構成することができる。計測器 INSTR1 は、例えば光学粒子カウンタ等とすることができる。

【0170】

計測器 INSTR1 はオプションとして、1 つ又は複数の測定されたエアロゾルパラメータ値を示す 1 つ又は複数の信号 $S_{11}(t)$ を提供することができる。計測器 INSTR1 は、エアロゾルサンプル流 FG1 が流入する流入口 IN1 と、出力流 FG12 のための流出口 OUT2 とを有することができる。計測器 INSTR1 は、ガス相のエアロゾルサンプル流 FG1 を流入口 IN1 から流出口 OUT2 に案内することにより、エアロゾルサンプル流 FG1 から出力流 FG12 を形成することができる。

【0171】

装置 (502) は、以下のものを備えることができる：

－エアロゾルサンプル流 (FG1) の圧力 (p_{50}) を減圧するための臨界オリフィス (OR1)、－エアロゾルサンプル流 (FG1) の 1 つ又は複数のエアロゾルパラメータ値を測定するためのエアロゾル計測器 (INSTR1)、－エアロゾルサンプル流 (FG1) を臨界オリフィス (OR1) からエアロゾル計測器 (INSTR1) に案内するためのサンプリングライン (50)、及び、－臨界オリフィス (OR1) からサンプリングライン (50) を介してエアロゾル計測器 (INSTR1) にエアロゾルサンプル流 (FG1) を引き込むための吸引ユニット (VAC1)、ただし、臨界オリフィス (OR1) 及び吸引ユニット (VAC1) は、サンプリングライン (50) の内部圧力 (p_{50}) を 50 kPa 未満に維持するように配置されている。

【0172】

サンプリングライン 50 を介してエアロゾルサンプル流 FG1 を減圧した圧力 (p_{50}) で案内することは、以下の効果のうちの 1 つ以上を奏することができる：

－揮発性化合物が凝縮するリスクの減少、－凝縮により粒径分布が変化するリスクの減少、－サンプリングラインの粒子の速度の上昇による応答の高速化。

【0173】

図 8 b を参照すると、測定装置 502 は、希釈ユニット DIL1 をさらに備えることが

10

20

30

40

50

できる。希釈ユニットD I L 1は、入力エアロゾルサンプル流F G 0を希釈ガス流D G 0と組み合わせることによって希釈サンプル流F G 1を形成するように配置することができる。希釈されたエアロゾルサンプル流F G 1は、低圧サンプリグライン5 0を介して計測器I N S T R 1に案内されることができる。

【0174】

希釈されたサンプル流を形成することは、以下の効果のうちの1つ以上を奏することもできる：

－揮発性化合物が凝縮するリスクの減少、－凝縮により粒径分布が変化するリスクの減少、－サンプリグラインの粒子の速度の上昇による応答の高速化。

【0175】

測定装置5 0 2は、減圧ユニットP D U 1と、オプションとして希釈ユニットD I L 1とを備えることができる。また希釈ユニットD I L 1は、減圧ユニットP D U 1として動作するように構成することもできる。希釈ユニットD I L 1は、エアロゾルサンプル流の圧力(p_{50})を減圧するための1つ又は複数のオリフィスO R 1を備えることができる。希釈ユニットD I L 1は、入力流F G 0の流量を制御するための1つ又は複数の第1の臨界オリフィスO R 1を備えることができる。希釈ユニットD I L 1は、希釈ガス流D G 0の流量を制御するための1つ又は複数の第2の臨界オリフィスO R 2を備えることができる。希釈ユニットD I L 1は例えば、希釈ガス流D G 0をサンプリグライン5 0に案内するための第2の臨界オリフィスO R 2を備えることができる。

【0176】

入力流F G 0は、1つ以上の第1の臨界オリフィスO R 1を介してライン5 0に案内することができる。希釈ガス流D G 0は、1つ以上の第2の臨界オリフィスO R 2を介してライン5 0に案内することができる。オリフィスO R 1、O R 2を介して臨界流(チョーク流れ)が流れることを保証するため、サンプリグライン5 0の内部圧力(p_{50})を例えば5 0 k P a未満に維持することができる。入力流F G 0は流量 $Q_{F G 0}$ を有し、希釈ガスは流量 $Q_{D G 0}$ を有することができる。サンプリグライン5 0の内部圧力(p_{50})を5 0 k P a未満の所定値に維持し、オリフィスO R 1、O R 2を介して流れ(F G 0、D G 0)を案内することにより、実質的に一定の希釈比($Q_{F G 0}/Q_{D G 0}$)にすることができる。

【0177】

エアロゾルサンプル流(F G 0、F G 1)は、第1の臨界オリフィスO R 1を介して減圧された圧力 p_{50} に送られることができ、希釈ガス流D G 0は第2の臨界オリフィスO R 2を介して同じ減圧された圧力 p_{50} に送られることができる。希釈されたサンプルを提供するため、エアロゾルサンプル流(F G 0、F G 1)は例えばサンプリグライン5 0等において希釈ガス流D G 0と組み合わせられることができる。オリフィスO R 1、O R 2を通るチョーク流れ(臨界流)を保証するために、圧力比 p_{50}/p_0 は例えば0.5未満とすることができる。これにより、一定の希釈比で希釈エアロゾルサンプル流を提供することができる。

【0178】

希釈ユニットD I L 1は、エアロゾルサンプル流を、例えば一定の希釈比($Q_{F G 0}/Q_{D G 0}$)で希釈することができる。希釈ガスD G 0のガスG A S 1は、実質的に無粒子のガスとすることができる。希釈ガスG A S 1は、例えばガスボンベ等から得ることができる。希釈ガスG A S 1は、例えば大気A I R 1等とすることができる。希釈ユニットD I L 1はオプションとして例えば、希釈ガスG A S 1から粒子を除去するためのフィルタF I L 2を備えることができる。

【0179】

装置(5 0 2)は、以下のものを備えることができる：

－入力エアロゾル流(F G 0)を減圧するための第1の臨界オリフィス(O R 1)と、希釈ガス流(D G 0)を減圧するための第2の臨界オリフィス(O R 2)と、を備えた希釈ユニット(D I L 1)であって、入力エアロゾル流(F G 0)と希釈ガス流(D G 0)

10

20

30

40

50

とを減圧した圧力 (p_{50}) で組み合わせることにより希釈エアロゾルサンプル流 ($FG1$) を形成するように構成された希釈ユニット ($DIL1$)、一エアロゾルサンプル流 ($FG1$) の1つ又は複数のエアロゾルパラメータ値を測定するためのエアロゾル計測器 ($INSTR1$)、一希釈ユニット ($DIL1$) からエアロゾル計測器 ($INSTR1$) へエアロゾルサンプル流 ($FG1$) を案内するためのサンプリングライン (50)、一希釈ユニット ($DIL1$) からサンプリングライン (50) を介してエアロゾル計測器 ($INSTR1$) へエアロゾルサンプル流 ($FG1$) を引き込むための吸引ユニット ($VAC1$)。ただし、臨界オリフィス ($OR1$, $OR2$) 及び吸引ユニット ($VAC1$) は、サンプリングライン (50) の内部圧力 (p_{50}) を 50 kPa 未満の選択された値 p_{SET} に維持するように配置されている。

10

【0180】

吸引ユニット $VAC1$ は例えば、サンプリングライン 50 を介してエアロゾルサンプル流 $FG1$ を計測器 $INSTR1$ に引き込むためのポンプ $PUMP1$ 又はエジェクタを備えることができる。吸引ユニット $VAC1$ は、計測器 $INSTR1$ から流れ $FG12$ を引き込むことによりエアロゾルサンプル流 $FG1$ を生じさせることができる。

【0181】

サンプリングラインの内部圧力 p_{50} の下限は、例えば 2 kPa (20 mbar) 等とすることができる。装置 500 , 502 は、サンプリングラインの内部圧力 p_{50} が 2 kPa 以上になるように動作するように配置することができる。内部圧力 p_2 は、例えば $2\text{ kPa} \sim 50\text{ kPa}$ の範囲とすることができる。

20

【0182】

吸引ユニット $VAC1$ はオプションとして、サンプリングライン 50 の内部圧力 (p_{50}) を直接的又は間接的にモニタリングするための圧力センサ $PSEN1$ を備えることができる。吸引ユニット $VAC1$ はオプションとして、流れ $FG12$ の流量及び／又は圧力 (p_{50}) を制御するためのバルブ $VAL1$ を備えることができる。

【0183】

吸引ユニット $VAC1$ はオプションとして、圧力センサ $PSEN1$ から得られる信号 S_p に基づいてポンプ $PUMP1$ 及び／又はバルブ $VAL1$ の動作を制御するための制御ユニット $CNT2$ を備えることができる。制御ユニット $CNT2$ は、圧力センサ $PSEN1$ から得られる信号 S_p に基づいて、内部圧力 (p_{50}) を所定値 (p_{SET}) に維持するようにポンプ $PUMP1$ 及び／又はバルブ $VAL1$ の動作を制御する構成とすることができる。

30

【0184】

圧力センサ $PSEN1$ は、収集ユニット 200 の内部圧力 (p_2) を示す信号 S_p を提供することができる。圧力センサ $PSEN1$ は、サンプリングライン 50 の内部圧力 (p_{50}) を示す信号 S_p を提供することができる。バルブ $VAL1$ は制御信号 S_{VAL} を提供することによって制御されることができ、及び／又は、ポンプは制御信号 S_{PUMP} を提供することによって制御されることができ。

【0185】

装置 500 , 502 はオプションとして、エアロゾルサンプル流 ($FG0$, $FG1$) の流量 (Q_1) を直接的又は間接的にモニタリングするための流れセンサ $QSEN1$ を備えることができる。流れセンサ $QSEN1$ は、エアロゾルサンプル流 $FG1$ の流量 Q_1 を示す信号 S_Q を出力することができる。例えば装置 500 , 502 は、流量 Q_1 が所定の範囲内でないことを信号 S_Q が示す場合に警報を出力するように構成することができる。

40

【0186】

計測器 $INSTR1$ の流出口 $OUT2$ から得られる流れ $FG12$ は粒子及び／若しくは揮発性化合物を含み得、又は、流れ $FG1$ は汚染物質を実質的に含まないことができる。吸引ユニット $VAC1$ はオプションとして、流れ $FG12$ から粒子及び／又は揮発性ガスを除去するための保護フィルタ $FIL12$ を備えることができる。フィルタ $FIL12$ は、圧力センサ $PSEN1$ 、バルブ $VAL1$ 及び／又はポンプ $PUMP1$ を汚染から保護す

50

ることができる。

【0187】

真空ユニットVAC1は排気流EXG1を提供することができる。吸引ユニットVAC1によって流れFG12が引き込まれた後、排気流EXG1は流出口から、例えば装置500外部の大気中又は換気ダクト内等へ放出されることができる。

【0188】

サンプリングライン50の低圧ゾーンの長さL50は、例えば0.5m~10mの範囲等とすることができる。装置502は例えば、車両の内燃機関から放出されるエアロゾルを測定するために使用することができる。入口流FG0を取り出すため、サンプリングプローブ(50a)の流入口(IN0)を車両の排気管(DUC1)に挿入することができる。

10

【0189】

エアロゾルサンプル流(FG0)は、排気管(DUC1)から排出される一次エアロゾル(PG0)中にサンプリングプローブ(50a)の流入口(IN0)を配置することによっても得ることができる。

【0190】

サンプリングライン50は、サンプリングプローブ(50a)から計測器INSTR1へエアロゾルサンプル流FG1を案内するために使用されることができる。計測器INSTR1は、例えば定置のキャビネット内又は可動のラック等に配置することができる。サンプリングプローブの流入口と計測器INSTR1との間の距離は、例えば0.5m~10mの範囲等とすることができる。

20

【0191】

図8cを参照すると、装置502はさらに、エアロゾルサンプル流の粒径分布を修正するための修正ユニットMOD1を備えることができる。修正ユニットMOD1は、第1のエアロゾルサンプル流FG01を、例えば希釈ユニットDIL1から、又はサンプリングプローブから受け取ることができる。修正ユニットMOD1は、第1のエアロゾルサンプル流FG01から粒子を除去することによってエアロゾルサンプル流FG1を形成することができる。修正ユニットMOD1は、例えば400nm~1000nmの粒径範囲において計測器INSTR1の応答が平坦になるように配置することができる。修正ユニットMOD1の透過関数 $\eta_{MOD1}(dp)$ は、例えば400nm~1000nmの粒径範囲において計測器INSTR1の応答が平坦になるように選択することができる。修正ユニットMOD1は例えば、エアロゾルサンプル流から大きな粒子を除去するためのフィルタ(FIL0)、サイクロン及び／又はインパクタを備えることができる。フィルタ(FIL0)、サイクロン、及び／又はインパクタは、所定の粒径範囲において100%未満の粒子を除去することによってエアロゾルサンプル流の粒径分布を修正し、計測器INSTR1の応答($R_1(dp)$)を実質的に平坦にするように構成することができる。

30

【0192】

例えば、エアロゾルサンプル流がカットオフ粒径 d_{CUT} よりも大きい粒子を含まない場合、修正ユニットMOD1を省略することができる。

【0193】

減圧ユニットPDU1は、例えば1つ又は複数のオリフィスOR1によって具現化することもできる。また減圧ユニットPDU1は、例えば流れ抵抗を生じさせるフィルタ要素によって具現化することもできる。例えば、フィルタ(FIL0)はエアロゾルサンプル流を減圧するように構成することができる。例えば、フィルタ(FIL0)が減圧ユニットPDU1及び／又は修正ユニットMOD1として動作するように構成することができる。

40

【0194】

圧力制御ユニットCNT2は、内部圧力(p_2 、 p_{50})を選択された値 p_{SET} に実質的に等しく維持するようにバルブVAL1及び／又はポンプPUMP1を制御する構成とすることができる。圧力制御ユニットCNT2は、例えば電子的及び／又は機械的とすることができる。電子的圧力制御ユニットCNT2は、例えば所定の圧力値 p_{SET} を記憶す

50

るためのメモリ等を備えることができる。機械的圧力調整器 C N T 2 は、内部圧力（ p_2 ， p_{50} ）を選択された値 p_{SET} に実質的に等しく維持するように、センサ P S E N 1 によって測定された圧力に基づいてバルブ V A L 1 を制御する構成とすることができる。

【 0 1 9 5 】

本発明のシステム、装置、部品及び方法の改良形態や変形形態が可能であることが、当業者に明らかである。図は概略図である。上記にて添付の図面を参照して説明した特定の実施形態はあくまで例示であり、添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲を限定することを意味するものではない。

10

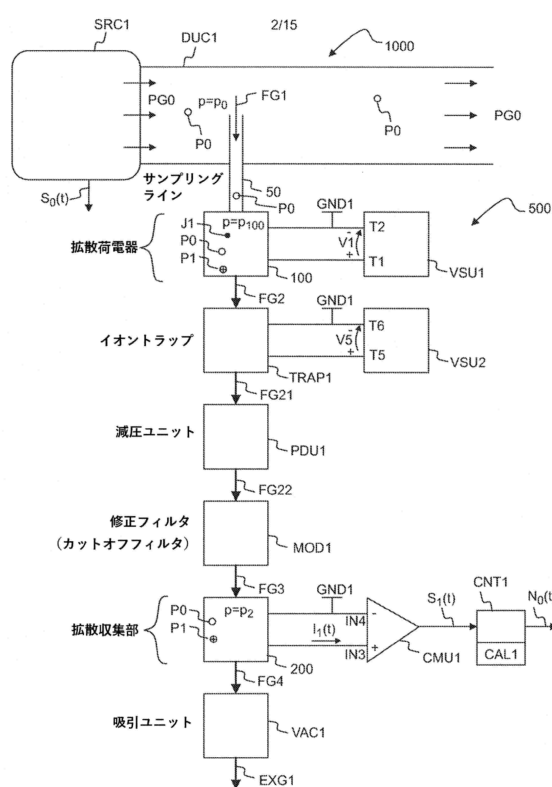
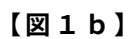
20

30

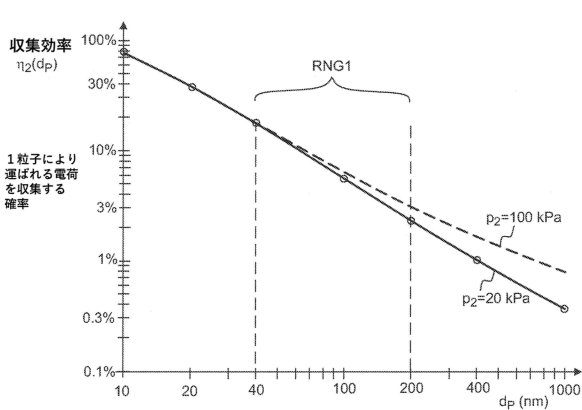
40

50

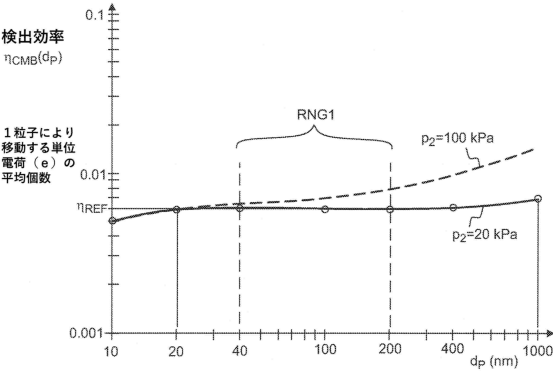
【図 1 a】



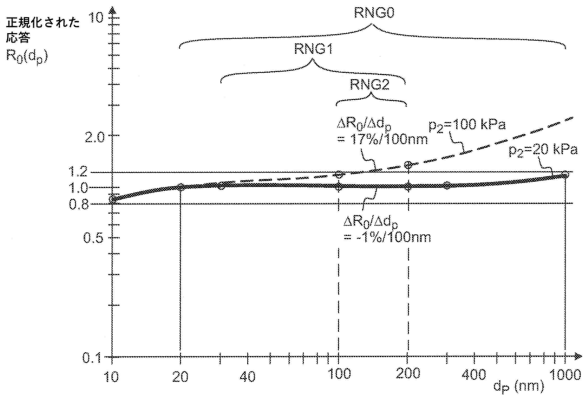
【図 2 b】



【図 2 c】

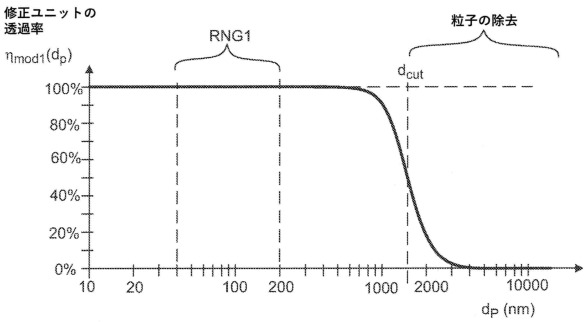


【図 2 d】

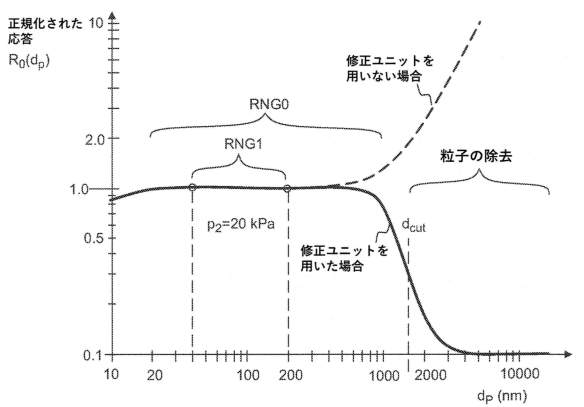


10

【図 2 e】



【図 2 f】



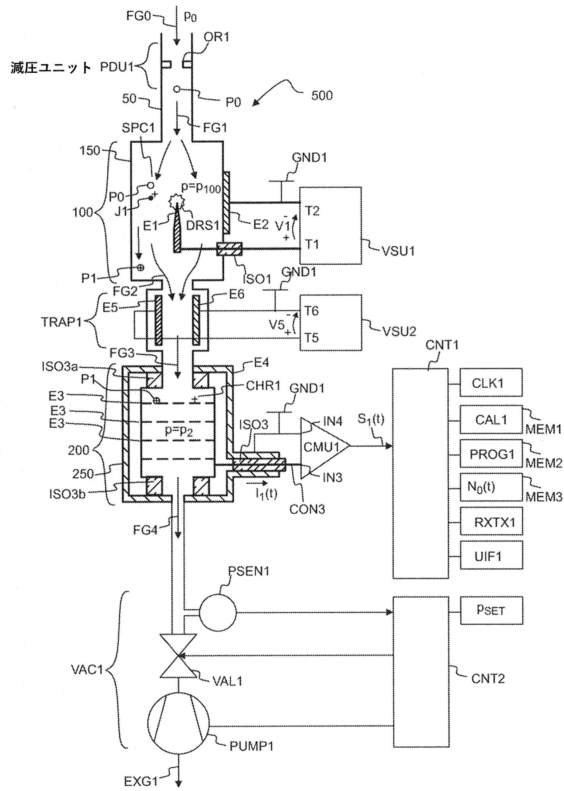
20

30

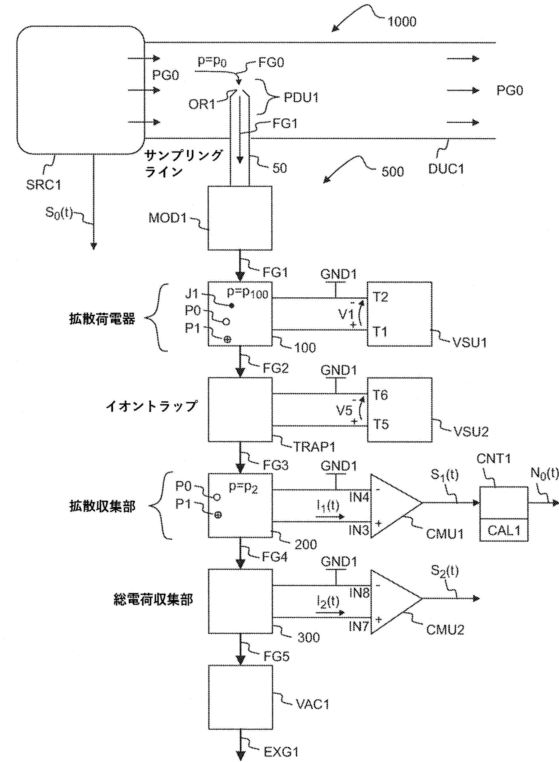
40

50

【図 3】



【図 4 a】



【図 4 b】

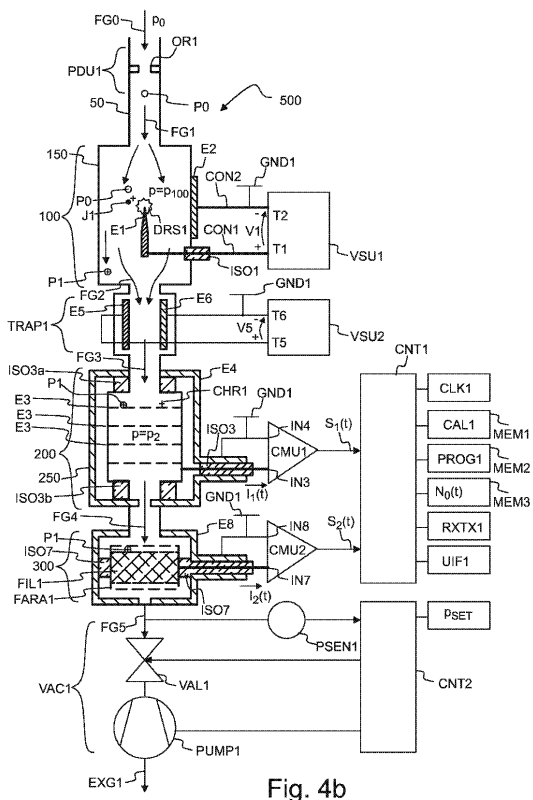
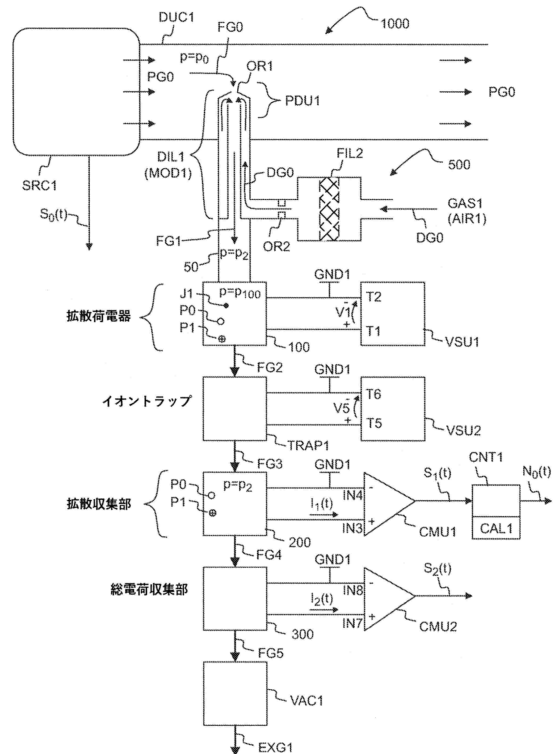


Fig. 4b

【図 5】



10

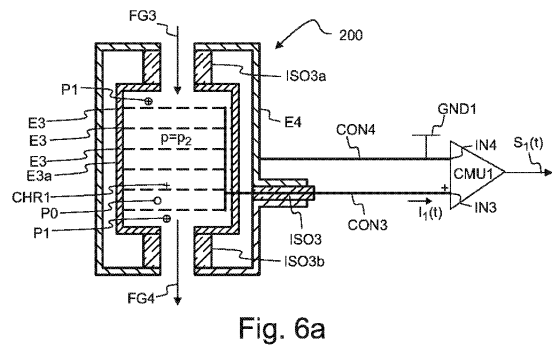
20

30

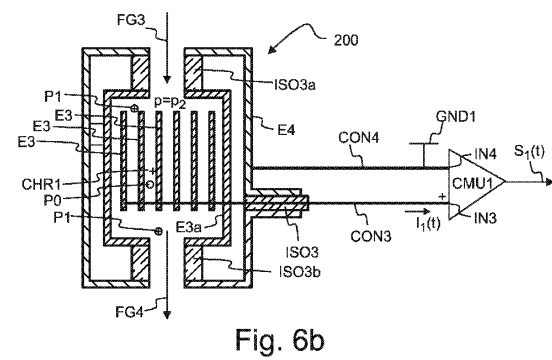
40

50

【図 6 a】

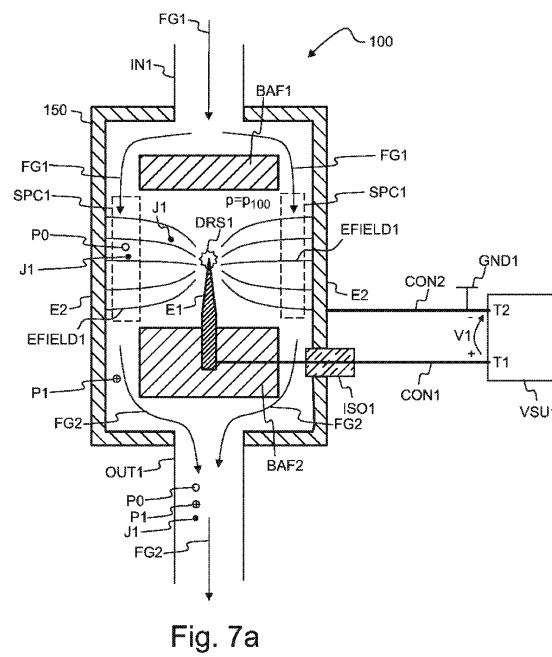


【図 6 b】

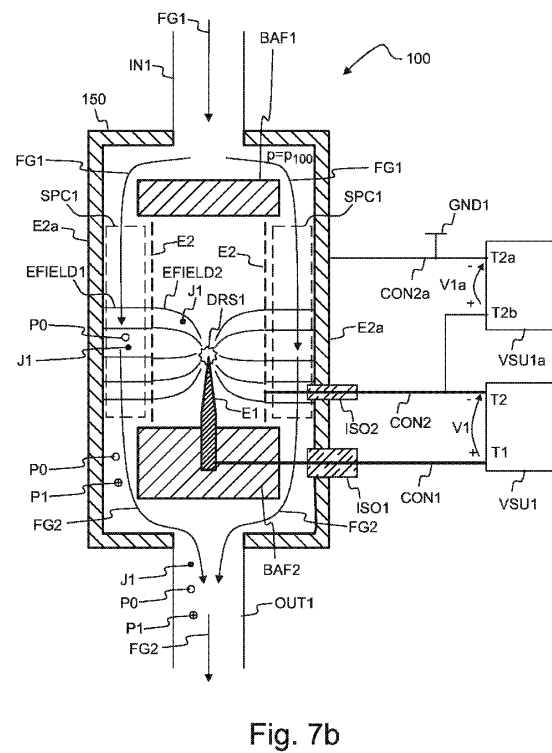


10

【図 7 a】



【図 7 b】



20

30

40

50

【図 8 b】

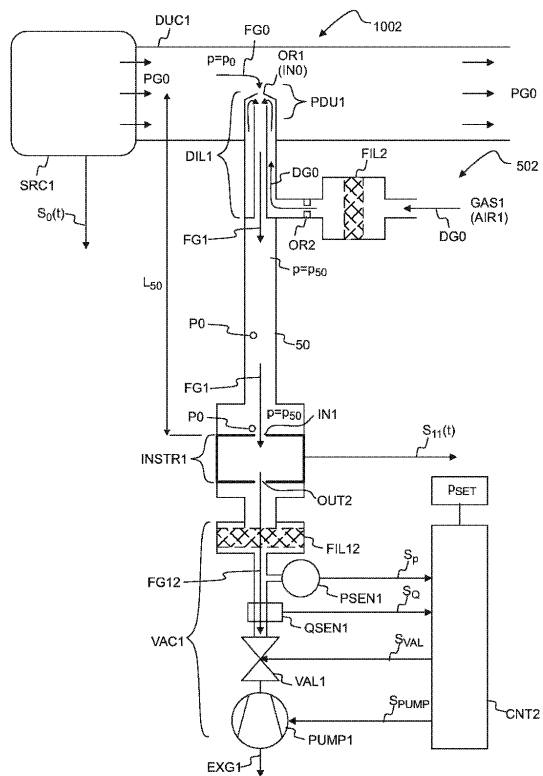


Fig. 8b

【図 8 c】

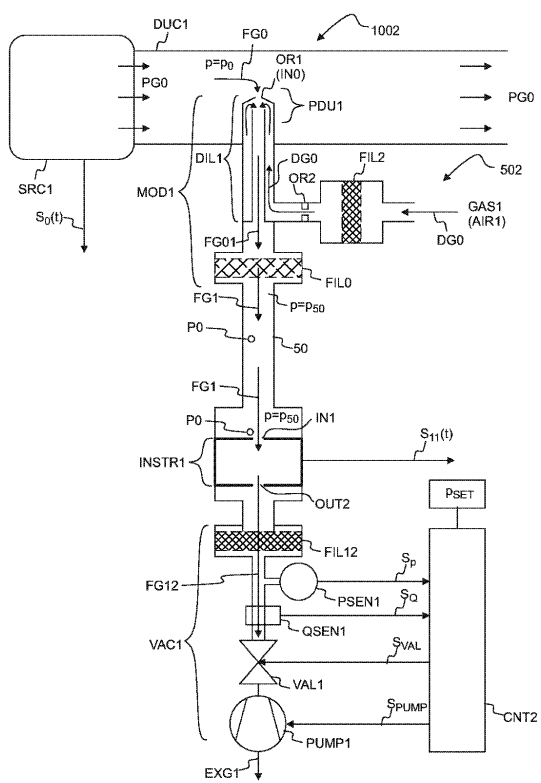


Fig. 8c

フロントページの続き

ティキティエ 1 デカティ オサケユキチェア内
(72)発明者 ウッコネン アリ
フィンランド国 3 6 2 4 0 カンガサラ ティキティエ 1 デカティ オサケユキチェア内
(72)発明者 ニッカ マルクス
フィンランド国 3 6 2 4 0 カンガサラ ティキティエ 1 デカティ オサケユキチェア内
(72)発明者 ルンタ エサ
フィンランド国 3 6 2 4 0 カンガサラ ティキティエ 1 デカティ オサケユキチェア内
(72)発明者 ラミネン エルキ
フィンランド国 3 6 2 4 0 カンガサラ ティキティエ 1 デカティ オサケユキチェア内
審査官 鴨志田 健太
(56)参考文献 特表 2 0 1 8 - 5 3 6 8 7 2 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 8 / 0 2 3 8 7 7 7 (U S , A 1)
実開昭 5 7 - 0 7 5 5 5 6 (J P , U)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
G 0 1 N 1 5 / 0 6
G 0 1 N 2 7 / 6 8
G 0 1 N 2 7 / 7 0