

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6973845号
(P6973845)

(45) 発行日 令和3年12月1日(2021.12.1)

(24) 登録日 令和3年11月8日(2021.11.8)

(51) Int.Cl.	F I		
GO 1 N 15/06 (2006.01)	GO 1 N 15/06		D
GO 1 N 27/60 (2006.01)	GO 1 N 27/60		C
FO 1 D 25/00 (2006.01)	GO 1 N 15/06		E
FO 2 C 7/00 (2006.01)	FO 1 D 25/00		V
	FO 2 C 7/00		A

請求項の数 20 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-8017 (P2017-8017)	(73) 特許権者	390041542
(22) 出願日	平成29年1月20日 (2017.1.20)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公開番号	特開2017-134066 (P2017-134066A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 123
(43) 公開日	平成29年8月3日 (2017.8.3)		45、スケネクタデー、リバーロード、1
審査請求日	令和2年1月16日 (2020.1.16)		番
(31) 優先権主張番号	15/375,882	(74) 代理人	100188558
(32) 優先日	平成28年12月12日 (2016.12.12)		弁理士 飯田 雅人
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100154922
			弁理士 崔 允辰
(31) 優先権主張番号	15/007,282	(74) 代理人	100207158
(32) 優先日	平成28年1月27日 (2016.1.27)		弁理士 田中 研二
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電気粒子センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも1つの静電気センサ(12)を備えた統合型センサ組立体(10)であって、前記静電気センサは、

外側ハウジング(14)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、所定の長さで隔てられた第1の端部(18)と第2の端部(20)とを備え、前記第2の端部は、前記外側ハウジングの縁(24)と実質的に面一の検知面(22)を備え、前記検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して前記第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を含む、電極(16)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記電極に電氣的に結合され、前記検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになった増幅器(28)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記センサに電氣的に結合された回路基板(32)と、

を備え、
前記回路基板は、前記電極に隣接して配された、センサ組立体。

【請求項2】

少なくとも1つの静電気センサ(12)を備えた統合型センサ組立体(10)であって、前記静電気センサは、

外側ハウジング(14)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、所定の長さで隔てられた第1の端部(18)と第2の端部(20)とを備え、前記第2の端部は、前記外側ハウジングの縁(24)と実質的に面一の検知面(22)を備え、前記検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して前記第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を含む、電極(16)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記電極に電氣的に結合され、前記検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになった増幅器(28)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記センサに電氣的に結合された回路基板(32)と、
を備え、

前記電極の前記検知面は、所定の半径を有する湾曲面を備える、センサ組立体。

【請求項3】

前記増幅器は、広帯域シリコン・オン・インシュレータ(SOI)演算増幅器を含む、請求項1に記載のセンサ組立体。

【請求項4】

少なくとも1つの静電気センサ(12)を備えた統合型センサ組立体(10)であって、前記静電気センサは、

外側ハウジング(14)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、所定の長さで隔てられた第1の端部(18)と第2の端部(20)とを備え、前記第2の端部は、前記外側ハウジングの縁(24)と実質的に面一の検知面(22)を備え、前記検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して前記第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を含む、電極(16)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記電極に電氣的に結合され、前記検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになった増幅器(28)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記センサに電氣的に結合された回路基板(32)と、
を備え、

前記増幅器は、1フェムトアンペア乃至5フェムトアンペアの漏れ電流を有し、

前記回路基板における前記センサと接続される抵抗器は、1Gオームを超えるインピーダンスを有する、センサ組立体。

【請求項5】

前記増幅器は、摂氏-55度()乃至250の範囲の動作温度を有する、請求項1に記載のセンサ組立体。

【請求項6】

前記粒子レベルを示す1又は2以上の信号を前記回路基板から受け取るようになったコントローラをさらに備える、請求項1に記載のセンサ組立体。

【請求項7】

前記静電気センサは、前記外側ハウジング内に設けられた1又は2以上の絶縁体をさらに備える、請求項1に記載のセンサ組立体。

【請求項8】

前記静電気センサの前記外側ハウジングは、エンジンの1又は2以上の既存の部位に取り付けられるようになった所定の形状を備える、請求項1に記載のセンサ組立体。

【請求項9】

前記エンジンの前記1又は2以上の既存の部位は、前記エンジンのボアスコープポート、圧縮機入口、圧縮機ブリード管、ブースタ入口、又はタービン若しくはアフタバーナ出口のうち少なくとも1つを含む、請求項8に記載のセンサ組立体。

【請求項10】

前記静電気センサは、流体媒体内のダスト、デブリ、氷、砂、火山灰、又は浮遊微粒子のうち少なくとも1つを検出するようになっており、前記流体媒体は、空気、水、オイ

10

20

30

40

50

ル、又は燃料のうちの少なくとも1つを含む、請求項1に記載のセンサ組立体。

【請求項11】

少なくとも1つの静電気センサ(12)を備えた統合型マルチチップモジュール(MCM)センサ組立体(10)であって、前記静電気センサは、

外側ハウジング(14)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、第1の端部(18)と、検知面(22)を有する対向した第2の端部(20)とを備え、前記検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して前記第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を含む、電極(16)と、

前記外側ハウジング内に設けられ、前記電極に電氣的に結合され、前記検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになった増幅器(28)と、

前記センサに電氣的に結合された回路基板(32)と、
を備え、

前記回路基板は、前記電極に隣接して配された、センサ組立体。

【請求項12】

少なくとも1つの静電気センサ(12)を備えたセンサ組立体(10)であって、前記静電気センサは、

外側ハウジング(14)と、

前記外側ハウジング内に少なくとも部分的に設けられ、所定の長さで隔てられた第1の端部(18)と第2の端部(20)とを備え、前記第1の端部は前記外側ハウジング内に固定され、前記第2の端部は前記外側ハウジングの縁(24)を越えて延びた検知面(22)を備え、前記検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して前記第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を含む、電極(16)と、

ケーブル(25)を介して前記センサに電氣的に結合された回路基板(32)と、
を備え、

前記検知面は、1又は2以上の突起を備える、センサ組立体。

【請求項13】

前記電極の前記第2の端部は、所定の半径を有する湾曲面を備える、請求項12に記載のセンサ組立体。

【請求項14】

前記外側ハウジング内に設けられ、前記電極に電氣的に結合され、前記検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになった増幅器(28)をさらに備える、請求項12又は13に記載のセンサ組立体。

【請求項15】

前記増幅器は、広帯域シリコン・オン・インシュレータ(SOI)演算増幅器を備え、前記増幅器は、1フェムトアンペア乃至5フェムトアンペアの漏れ電流を有する、請求項14に記載のセンサ組立体。

【請求項16】

前記回路基板における前記センサと接続される抵抗器は、1Gオームを超えるインピーダンスを有し、前記増幅器は、摂氏-55度()乃至250 の範囲の動作温度を有し、前記検知面は、摂氏-55度()乃至550 の範囲の動作温度を有する、請求項14に記載のセンサ組立体。

【請求項17】

前記静電気センサは、前記外側ハウジング内に設けられた1又は2以上の絶縁体をさらに備える、請求項12に記載のセンサ組立体。

【請求項18】

前記静電気センサは、前記外側ハウジング内に、前記電極を固定する1又は2以上の機械的締結具をさらに備える、請求項17に記載のセンサ組立体。

【請求項19】

10

20

30

40

50

前記 1 又は 2 以上の機械的締結具は、平ワッシャ、傾斜ワッシャ、ナット、ねじ、又はねじ山のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 8 に記載のセンサ組立体。

【請求項 2 0】

前記静電気センサは、流体媒体内のダスト、デブリ、氷、砂、火山灰、又は浮遊微粒子のうちの少なくとも 1 つを検出するようになっており、前記流体媒体は、空気、水、オイル、又は燃料のうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 2 に記載のセンサ組立体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本主題は、一般に粒子センサに関し、より具体的には、静電気ダストセンサに関する。

10

【背景技術】

【0 0 0 2】

多くの型式のエンジンは、最大限のエンジン性能及びエンジン寿命を保証するため及び保守の必要性を減らすために大量の清浄空気の供給を必要とする場合が多い。空気吸入システムに引き込まれた粒子状物質の 9 9 % を除去する空気清浄システムが幾つかの型式のエンジン用に開発されている。このような高効率の空気清浄システムは、障壁型空気フィルタを含む多段ユニットである。しかしながら、空気清浄システム内で単にダストが漏れる（例えば空気フィルタの 1 つに偶発的に穴が空くことによって生じる）だけで、システムの効力が無効になってしまうことがある。加えて、障壁フィルタを使用することができないガスタービンエンジン等の他の型式の用途では、過度にダストが多い空気に伴う問題

20

【0 0 0 3】

典型的なガスタービンエンジンは、一般に直列流れ順に、圧縮機セクション、燃焼器セクション、タービンセクション及び排出セクションを含む。動作時、空気は、圧縮機セクションに入り、そこで 1 又は 2 以上の軸流又は遠心圧縮機が空気を燃焼セクションに達するまで徐々に圧縮する。燃焼セクション内で圧縮空気に燃料が混合されて燃焼し、燃焼ガスがもたらされる。燃焼ガスは、燃焼セクションからタービンセクション内に定められた熱ガス路を通して送られ、次いでタービンセクションから排出セクションを介して排出される。

【0 0 0 4】

30

このようなガスタービンエンジンは、通常、航空機に使用される。航空機の運航中、エンジン環境の微粒子及びダストの吸い込みレベルは、解析プロセスへの主要な入力であり、その結果、特定のエンジン毎のアクションが得られる。最新の環境のダスト / 微粒子レベルデータは、航空機とは別個の地上の遠隔検出システムによって提供される。かかるデータは一時的及び特別な変動並びに誤差を有するので、航空機の離陸時及び上昇時のエンジン状態の正確な評価は特に困難である。他方、センサがエンジンに取り付けられた場合、かかるセンサシステムの電子機器は、典型的には複数の長いケーブル及びコネクタを介して個別のセンサに接続されることになる。この場合、ケーブル布線の何らかの移動又は振動によって、センサ面を通過するダスト粒子よりも大きい信号が生成される場合があり、それにより信号対雑音比が不良になりかねない。これらのスプリアス信号は、ケーブル及びコネクタの摩擦電気及び圧電効果に起因する。

40

【0 0 0 5】

従って、本開示は、上記問題に対処する改善されたセンサシステムに向けられる。より詳細には、本開示は、ダスト粒子及び / 又は微粒子をより正確に検出する、統合型電子機器及び / 又はより短いケーブル接続を有する 1 又は 2 以上の改善された静電気センサを含むセンサ組立体に向けられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 6】

【特許文献 1】米国特許第 9 0 7 4 8 6 8 号明細書

50

【発明の概要】

【0007】

本発明の態様及び利点は、その一部を以下の説明に記載しており、又はこの説明から明らかに行うことができ、或いは本発明を実施することにより理解することができる。

【0008】

1つの態様において、本開示は、回路基板に電氣的に結合された少なくとも1つの静電気センサを有する統合型センサ組立体に向けられる。静電気センサは、電極及び増幅器を内部に収容した外側ハウジングを含む。電極は、所定の長さで隔てられた第1の端部と第2の端部とを含む。第2の端部は、外側ハウジングの縁と実質的に面一の検知面を含む。電極は導体であり、検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して、第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を包含する。従って、増幅器は、電極に電氣的に結合され、検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになっている。さらに、回路基板は、外側ハウジング内に構成されかつセンサに電氣的に結合される。

10

【0009】

別の態様において、本開示は、マルチチップモジュール(MCM)センサ組立体に関する。MCMセンサ組立体は、少なくとも1つの静電気センサを含む。より詳細には、静電気センサは、電極及び増幅器を収容した外側ハウジングを含むことができる。電極は、第1の端部と、検知面を有する対向する第2の端部とを含む。さらに、電極は、検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して、第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を包含する。さらに、回路基板は、センサに電氣的に結合される。MCMセンサ組立体は、本明細書で説明されるような付加的特徴のいずれかをさらに設けることができることを理解されたい。

20

【0010】

さらに別の態様において、本開示は、センサ組立体に向けられる。センサ組立体は、少なくとも1つの静電気センサを含む。より詳細には、静電気センサは、外側ハウジング内に少なくとも部分的に設けられた電極を収容した外側ハウジングを含む。電極は、所定の長さで隔てられた第1の端部と第2の端部とを含む。第1の端部は外側ハウジング内に固定され、第2の端部は外側ハウジングの縁を越えて延びた検知面を含む。さらに、電極は、検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して、第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することにより応答するようになった複数の電子を包含する。静電気センサはまた、外側ハウジング内に設けられ、電極に電氣的に結合された増幅器を含む。さらに、増幅器は、検知面を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出するようになっている。加えて、静電気センサは、ケーブルを介してセンサに電氣的に結合された回路基板を含む。センサ組立体は、本明細書で説明されるような付加的特徴のいずれかをさらに設けることができることを理解されたい。

30

【0011】

本発明のこれら及び他の特徴、態様、並びに利点は、以下の説明及び添付の請求項を参照するとより理解できるであろう。本明細書に組み込まれ且つその一部を構成する添付図面は、本開示の実施形態を例証しており、説明と共に本開示の原理を説明する役割を果たす。

40

【0012】

添付図を参照した本明細書において、当業者に対してなしたその最良の形態を含む本発明の完全かつ有効な開示を説明する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本開示によるMCMセンサ組立体の1つの実施形態の、特に内部に構成された統合型電子機器を有する静電気センサを示す斜視図。

【図2】図1の静電気センサの断面図。

【図3】図1の静電気センサの平面図。

50

【図 4】本開示による M C M センサ組立体の別の実施形態の、特にケーブルを介して電子機器ハウジングに結合された静電気センサを示す斜視図。

【図 5】図 4 の M C M センサ組立体の静電気センサの 1 つの実施形態の詳細斜視図。

【図 6】図 5 の M C M センサ組立体の静電気センサの断面図。

【図 7】図 6 の M C M センサ組立体の静電気センサの詳細断面図。

【図 8】図 4 の M C M センサ組立体の電子機器ハウジングの正面図。

【図 9】図 4 の M C M センサ組立体の電子機器ハウジングの側面斜視図。

【図 10】本開示による M C M センサ組立体の回路トポロジーの 1 つの実施形態の模式図。

【図 11】本開示によるガスタービンエンジンの 1 つの実施形態の概略断面図。

【図 12】特に本開示による M C M センサ組立体の 1 つの実施形態のためのセンサ位置を示す、図 11 のガスタービンエンジンの簡略化された模式図。

10

【図 13】特に本開示による M C M センサ組立体の別の実施形態のための付加的なセンサ位置を示す、図 11 のガスタービンエンジンの斜視図。

【図 14】特にガスタービンエンジンの圧縮機ブリード管上に取り付けられたセンサ組立体を示す、本開示による M C M センサ組立体の 1 つの実施形態の斜視断面図。

【図 15】本開示によるエンジンのコントローラ内に含めることができる適切な構成要素の 1 つの実施形態のブロック図。

【図 16】本開示によるエンジン内の粒子を検出するための方法の 1 つの実施形態のフロー図。

【発明を実施するための形態】

20

【0014】

次に、その 1 又は 2 以上の実施例が図面に例示されている提示された実施形態について詳細に説明する。各実施例は、本発明の限定ではなく、例証として提供される。実際に、本発明の範囲又は技術的思想から逸脱することなく、種々の修正形態及び変形形態を本発明において実施できることは、当業者であれば理解されるであろう。例えば、1 つの実施形態の一部として例示され又は説明される特徴は、別の実施形態と共に使用して更に別の実施形態を得ることができる。従って、本発明は、このような修正形態及び変形形態を添付の請求項及びその均等物の範囲内にあるものとして保護することが意図される。

【0015】

本明細書で使用される用語「第 1」、「第 2」、及び「第 3」は、ある構成要素を別の構成要素と区別するために同義的に用いることができ、個々の構成要素の位置又は重要性を意味することを意図したものではない。

30

【0016】

用語「上流」及び「下流」は、流体通路における流体流れに対する相対的方向を指す。例えば、「上流」は、流体がそこから流れる方向を指し、「下流」は流体がそこに向けて流れ込む方向を指す。

【0017】

一般に、本開示は、回路基板に電氣的に結合された少なくとも 1 つの静電気センサを有するセンサ組立体に向けられる。特定の実施形態において、センサ組立体は、適用環境の温度に相関して設計される。例えば、1 つの実施形態において、静電気センサの位置は、センサ回路を回路基板上の低温ディスクリット電子部品と共に実装することができるように十分に低温にすることができる。代替的に、さらなる実施形態において、温度がより高い場合、センサ組立体は、統合型 M C M センサ組立体を含むことができる。このように、本開示の M C M センサ組立体は、航空機ガスタービンエンジン並びに他のいずれかの適切なエンジン型式といった複数の用途で用いることができる。例えば、M C M センサ組立体及び関連する方法は、産業用エンジン、発電用エンジン、陸上用エンジン、船舶用エンジン、又はそれに類したものを含むがそれらに限定されない他のいずれかの型式のエンジンにも適している。より詳細には、静電気センサは、少なくとも部分的に内部に構成された電極及び増幅器を収容した外側ハウジングを含む。さらに、電極は、所定の長さで隔てられた第 1 の端部及び第 2 の端部を含む。第 1 の端部は、外側ハウジング内に固定すること

40

50

ができ、他方、第2の端部は、検知面を含むことができ、該検知面は、外側ハウジングの縁と面一である、又は外側ハウジングの縁の中に若しくは縁を超えて延びる、そのいずれかである。さらに電極は導電体であるので、検知面を通過する1又は2以上の荷電粒子に対して、第2の端部に向かう方向又は遠ざかる方向のいずれかに移動することによって応答するようになった複数の電子を包含する。従って、増幅器は、電極に電氣的に結合しており、検知面を通過する粒子のレベルを電子移動の関数として検出するようになっている。さらに、回路基板は、外側ハウジング内に収容されることにより、又は短縮されたケーブルを介してセンサに接続されることにより、そのいずれかでセンサに電氣的に結合する。

【0018】

従って、センサの外側ハウジングと電子機器との構成は、センサ入力と電極との間の距離を最小限にして、それによりセンサの感度を高める。このように、本開示は、従来技術ではなかった種々の利点を提供する。例えば、本開示の静電気センサは、堅牢かつ信頼性が高い、より正確な粒子検出を可能にする。さらに、電子機器はセンサ内に内蔵されるか又はセンサに接近して結合されるので、本デザインは、従来技術の設計に比べて保守の必要性が少なく、かつ動作上の問題がより少ない。さらに、増幅器の漏れ電流が低いことで増幅器の直流電流(DC)結合が容易になり、このことにより粒子レベルの低周波数変化を捕捉することが可能になる。加えて、電極の高入力インピーダンスは、検知面における電荷の小さい変化に対するセンサの感度を改善する。さらに、電極の高入力インピーダンスはまた、検知した粒子が漏れ出して出力信号が生成されなくなることに起因する電極内の電荷のリディストリビューションを防止することで、センサの低周波数応答も改善する。従って、本開示の静電気センサは、粒子質量基準で約7百万分の1を検出することが可能である。このように、本開示の静電気センサは、空気、水、オイル、燃料、及び/又はそれに類するものなどの流体媒体内のダスト、デブリ、浮遊微粒子、氷(すなわち非常に微細な氷晶)、砂、火山灰、及び/又は他の何らかの粒子を検出するように構成される。加えて、静電気センサはまた、エンジン排出ノズル内に位置する場合、デブリの放出をもたらすことになる内部エンジン部品の摩擦及び/又はエンジン部品の劣化に由来して内部で発生する粒子も検出することができる。例えば、このような検出は、粒子がエンジンを通過するときの粒子上の「中性電荷(natural charge)」の蓄積を検知することによって達成される。従って、統合型電子機器ノ一体型ケーブル接続は、従来技術と比べて、非常に小さい粒子の「中性電荷」のセンサ感度を高める。

【0019】

ここで図面を参照すると、図1~図9及び図13~図14は、本開示によるMCMセンサ組立体10の種々の実施形態を示す。本明細書で用いる場合、MCMは、一般に、複数の集積回路(IC)、半導体ダイ、及び/又はその他のディスクリットなダイ構成要素が通常は一体化された基板の上に集積されて、使用時にはあたかも単一の構成要素であるかのように扱われるようになっている電子組立体(多数の導体端子又は「ピン」を有するパッケージなど)を指す。より詳細には、図1~図3に示すように、統合型MCM組立体10の1つの実施形態を例証する。例えば、図1は、統合型MCM組立体10の斜視図を示し、図2は、統合型MCM組立体10の断面図を示し、図3は、統合型MCM組立体10の平面図を示す。図4~図9は、MCMセンサ組立体10の別の実施形態を示し、ここでは電子機器は、短縮ケーブル25を介して接近して結合されているが一体化されていない。

【0020】

特に図1~図3を参照すると、統合型MCM組立体10は、外側ハウジング14又はケーシングを有する少なくとも1つの静電気センサ12を含む。より詳細には、図示するように、外側ハウジング14は、センサ12を所望の位置に取り付けるか又はそれ以外の方法で固定するように構成された基部又は取付け部分17を含むことができる。例えば、図1及び図3に示すように、センサ12の取付け部分17は、静電気センサ12を所望の位置に取り付けるように構成された1又は2以上の貫通穴19を含むことができる。より詳細には、特定の実施形態において、貫通穴19の各々は、締結具(例えばねじ付きボルト

10

20

30

40

50

)を受け入れてセンサ12を所望の位置に固定するように構成することができる。代替的に、静電気センサ12は、金属クリップ、クランプ、溶接ニクロム箔、溶接、又はそれに類する方法を含むが限定されない他のいずれかの適切な方法によって固定する又は取り付けることができる。

【0021】

さらに、図示するように、静電気センサ12は、外側ハウジング14内に設けられた電極16を収容する。電極16は、所定の長さLで隔てられた第1の端部18及び第2の端部20を含む。特定の実施形態において、所定の長さLは、エンジン設置の幾何学的制約によって設定することができる。例えば、1つの実施形態において、所定の長さLは、電子26が電極16内で移動し、従って増幅器28（これは後述する）によって検出可能であるように、約1インチ乃至約3インチとすることができる。加えて、図示するように、電極16は、荷電粒子が矢印30で示すように検知面22を通過する場合に移動するようになった複数の電子26を包含する。このように、所定の長さLは、電子26が、その近くを流れる粒子の電荷に応じて検知面22に向かう方向及び/又は検知面22から遠ざかる方向に容易に流れることを可能にする。さらに、電極16の第1の端部18は、一般に外側ハウジング14内に固定され、他方、検知面22を含む第2の端部20は、外側ハウジング14の縁24と面一にすることができる。さらに、図1及び図2に示すように、電極16の検知面22は、所定の半径を有する湾曲面を含むことができる。

【0022】

加えて、図示した実施形態で示すように、静電気センサ12は、外側ハウジング14内に設けられた、電極16に電氣的に結合された少なくとも1つの増幅器28を含むことができる。かかる実施形態において、増幅器28は、摂氏約-55度（ ）乃至約250、より好ましくは約150乃至約230の範囲の動作温度を有することができる。より詳細には、増幅器28は、シリコン・オン・インシュレータ（SOI）演算増幅器を含むことができる。例えば、特定の実施形態において、本開示の増幅器28は、米国ミネソタ州PlymouthのHoneywell, Inc.によって製造された広帯域SOI演算増幅器を含むことができる。かかる増幅器は、極めて低い漏れ電流を有し、高温で動作することが可能である。このように、本開示の増幅器28は、検知面22を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出又は測定するように構成される。

【0023】

さらに、MCM組立体10は、外側ハウジング14内に設けられた、センサ12に例えば増幅器28を介して電氣的に結合した集積回路基板32を含むことができる。より詳細には、図示するように、回路基板32は、電極16に隣接しかつ検知面22に対向するように構成することができる。付加的な実施形態において、回路基板32は、静電気センサ12の外側ハウジング14内のいずれかの適切な位置に配置することができる。さらに、本明細書で説明する場合の回路基板32は、センサ12の外側ハウジング14内で電子構成要素を支持して電氣的に接続するあらゆる適切な回路基板を含むことができる。より詳細には、本開示の特定の回路基板は、非導電性基板上に積層された銅などの金属のシートからエッチングされた、導電性トラック、パッド、及び/又は他の特徴部を含むことができる。さらに、本開示の回路基板32は、片面、両面、又は多層とすることができる。従って、本明細書で説明する場合の回路基板32は、検知面22を通過する粒子レベルを示す1又は2以上の信号をコントローラ182に送るよう構成され、これについてはより詳細に後述する。

【0024】

特に図2を参照すると、静電気センサ12はまた、1又は2以上の絶縁体又は絶縁層34を含むことができる。例えば、図示するように、静電気センサ12は、電極16と外側ハウジング14との間に1又は2以上の絶縁層34を含むことができる。加えて、静電気センサ12は、センサ構成要素を動作環境から絶縁するように取付け部分17内に1又2以上の絶縁層34を含むことができる。任意の数の絶縁層をセンサ12内のいずれかの適切な位置で使用することができることをさらに理解されたい。

【 0 0 2 5 】

図4～図9を参照すると、本開示のMCMセンサ組立体10の別の実施形態が例証される。より詳細には、図4に示すように、MCM組立体10は、ケーブル25を介して電子機器ハウジング15に結合された少なくとも1つの静電気センサ12を含む。さらに、図4～図7に示すように、静電気センサ12は、外側ハウジング14又はケーシングを有する。より詳細には、図示するように、外側ハウジング14は、センサ12を所望の位置に取り付ける又はそれ以外の方法で固定するように構成された取付け部分17を含むことができる。例えば、図5～図7に示すように、センサ12の取付け部分17は、静電気センサ12を所望の位置に固定する又は設置するように構成されたねじ外面又はBナットを含むことができる。さらに、図5及び図6に示すように、センサ12の外側ハウジング14はまた、センサの組み付け及び/又は取外し並びに設置を補助するように構成されたレンチ用平坦部(wrenching flat)21を含むこともできる。加えて、図6に示すように、センサ12の種々の構成要素は、1又は2以上のねじ接合部23を介して容易に固定することができる。

10

【 0 0 2 6 】

さらに、図4～図7に一般的に示すように、静電気センサ12は、少なくとも部分的に外側ハウジング14内に設けられた電極16を有する。より詳細には、図7に示すように、電極16は、所定の長さLで隔てられた第1の端部18と第2の端部20とを含む。このように、電極16は、「電子湖(electron lake)」としての役割を果たし、その上を通過する荷電粒子は、その電荷に基づいて、「湖中」の電子を電極の第2の端部20に向かう方向又はそこから遠ざかる方向のいずれかに移動させる。電極16内のこの電子分布のシフトが増幅器28によって検出される。従ってこのような特徴は、センサ12の低周波数帯域を1ヘルツ(Hz)より下に拡張するように構成される。より詳細には、第1の端部18は、外側ハウジング14内に固定され、他方、第2の端部20は、外側ハウジング14の縁24を越えて延びた検知面22を含む。例えば、図示するように、第1の端部18は、少なくとも1つの固定具、例えばナット41を介して外側ハウジング14内に固定される。電極16の第1の端部18は、他のいずれかの適切な手段を用いてさらに固定することができることを理解されたい。加えて、図6及び図7に示すように、ケーブル25は、開放キャビティ45を通してセンサ12の中に延びて、締結具36を介してセンサ12に固定される及び/又は電氣的に結合することができる。より詳細には、ケーブル25の外側シースは、溶接ニクロムストリップを介してセンサ12の本体に接地することができ、他方、ケーブル25の内側導体は、締結具36を介してセンサ12に取り付けることができる。

20

30

【 0 0 2 7 】

さらに、図5～図7に示すように、電極16の検知面22は、所定の半径を有する湾曲面を含むことができる。特定の実施形態において、所定の半径を導入することで、検知面22の表面積を増大させ、及び/又はセンサ利得を増大させる。従って、特定の実施形態において、半径は、センサ組立体10を設置するのに利用可能な空間に応じたものとしてすることができる。1つの実施形態において、例えば、可能であれば検知面22の表面積を平坦な検知面と比べて約50%増大させる半径を導入することが望ましい場合がある。かかるセンサは、より大きい設置容積を必要とするが、粒子をより低濃度レベルで検出することが可能となる。

40

【 0 0 2 8 】

さらに、図示するように、検知面22の湾曲面は、1又は2以上の突起38を有する刻み目付きの輪郭を有することができる。例えば、図示するように、突起38は、検知面22の表面積を約50%増大させる弓形の隆起に対応する。さらなる実施形態において、湾曲面及び/又は突起38は、検知面22の表面積を50%未満又は50%より多く増大させるように構成することができることを理解されたい。このように、湾曲面及び/又は突起38は、センサ12の流れストリームに提示される面積を最大限にしてセンサ12の感度を高めるように構成される。本明細書で説明される検知面22の突起38は、センサ1

50

2の感度を高めるように、いずれかの適切な形状及び/又はサイズをさらに有することができることを理解されたい。

【0029】

加えて、図6及び図7に示すように、センサ12の電極16は、荷電粒子が検知面22を通過した場合に移動するようになった複数の電子26を包含する。従って、電子26は、荷電ダスト粒子が検知面22を通過した場合に移動する又は流れるようになっている。より詳細には、電子26は、電極16内で、通過する粒子の電荷に基づいて、検知面22に向かう方向又は検知面22から遠ざかる方向のいずれかで移動する。

【0030】

特に図4及び図8～図9を参照すると、MCMセンサ組立体10の電子機器ハウジング15は、静電気センサ12とは分離しているが、それでもなおケーブル25を介して静電気センサ12に接近して結合される。より詳細には、特定の実施形態において、ケーブル25の長さは、約10インチ乃至約48インチ、より好ましくは約12インチ乃至約24インチの範囲とすることができる。これにより、電子機器は、外側ハウジング14内に組み込まれない場合であってもなおセンサ構成要素に接近して結合されており、高められたセンサ12の感度をもたらすようになっている。さらに、ケーブル25は、センサ12を電子機器ハウジング15内の適切な電子機器に電氣的に結合するように構成されたいずれかの適切な電気ケーブルとすることができる。例えば、特定の実施形態において、ケーブル25は同軸ケーブルである。より詳細には、特定の実施形態において、ケーブル25は、一体型無機絶縁ハードラインケーブルを含むことができる。かかる実施形態において、電子機器ハウジング15をセンサ12から離れたより低温の位置に配設することができ、このことは後でより詳細に論じる。

【0031】

さらに、電子機器ハウジング15は、いずれかの適切な形状を有することができる。例えば、図示するように、電子機器ハウジング15は、略円筒形状を有する。さらに、図示するように、電子機器ハウジング15は、複数の締結具35によって互いに固定される2つの半部分33から形成することができる。このように、ケーブル25は、ケーブル25を半部分33の各々の間に配置し、半部分33を互いに固定することによって、回路基板32に電氣的に結合することができる。加えて、図8～図9に示すように、電子機器ハウジング15はまた、回路基板32に電氣的に結合したピンコネクタ37を例えばケーブル

【0032】

特に図4及び図8～図9を参照すると、電子機器ハウジング15は、電極16に電氣的に結合した少なくとも1つの増幅器28を収容するように構成される。図4～図9の増幅器28(及び残りの電子機器)はセンサ12から分離しているため、MCMセンサ組立体10は、図1～図3の統合型センサ組立体よりも高い、摂氏約250度()乃至約550、より好ましくは約370乃至約538の範囲の動作温度を有することができる。さらに、増幅器28は、増幅器28がセンサ12の検知面22を通過する粒子レベルを電子移動の関数として検出又は測定するようになっている、本明細書で説明するようないずれかの増幅器を含むことができる。加えて、図示するように、電子機器ハウジング15はまた、ケーブル25を介してセンサ12に電氣的に結合された回路基板32も収容する。上述のように、本明細書で説明される場合の回路基板32は、電子機器(例えば増幅器28など)を機械的に支持しかつセンサ12に電氣的に接続するいずれかの適切な回路基板を含むことができる。より詳細には、本開示の特定の回路基板は、非導電性基板上に積層された銅などの金属のシートからエッチングされた、導電性トラック、パッド、及び/又は他の特徴部を含むことができる。

【0033】

本開示の集積増幅器28は、極めて高感度であり、粒子レベルをより正確に検出することが可能である。より詳細には、特定の実施形態において、増幅器28は、約1フェムトアンペア乃至約5フェムトアンペア、より好ましくは約3フェムトアンペアの漏れ電流を

10

20

30

40

50

含むことができる。従って、漏れ電流が低いことで、増幅器 28 の直流結合が容易になり、このことにより粒子レベルの低周波数変化を捕捉することが可能になる。さらに、本開示の電極 16 は、約 1 G オームを超える、例えば約 10 G オームのインピーダンスを有することができる。このように、電極 16 の高入力インピーダンスは、検知面 22 における電荷の小さい変化に対するセンサ感度を改善するように構成される。さらに、高入力インピーダンスはまた、検知された電荷が漏れ出して出力電圧を生成することができなくなることを防止することによって、静電気センサ 12 の低周波数応答を改善するようになっている。従って、本開示の静電気センサ 12 は、粒子質量基準で約 7 百万分の 1 を検出することが可能である。

【0034】

特に図 6 及び図 7 を参照すると、静電気センサ 12 はまた、1 又は 2 以上の絶縁体又は絶縁層 34 を含むことができる。例えば、図 6 及び図 7 に示すように、静電気センサ 12 は、電極 16 と外側ハウジング 14 との間にセラミック絶縁体 34 (アルミナなど) を含むことができる。任意の数の絶縁層をセンサ 12 内のいずれかの適切な位置で使用することができることをさらに理解されたい。

【0035】

加えて、図示されるように、静電気センサ 12 は、外側ハウジング 14 内でセラミック絶縁体 34 とケーブル 25 との間で構成された 1 又は 2 以上の機械的締結具をさらに含むことができる。機械的締結具は、平ワッシャ、傾斜ワッシャ、ナット、ねじ、又はねじ山を含むことができる。より詳細には、図 7 に示すように、センサ 12 は、2 つの内側平ワッシャ 40 とそれらの間に設けられた内側傾斜ワッシャ 42 とを含む。さらに、図示されるように、センサ 12 はまた、2 つの外側平ワッシャとそれらの間に設けられた外側傾斜ワッシャ 46 とを含む。このように、傾斜ワッシャ 42、46 は、センサ 12 内ではねとして作用し、熱応力を解放する及び / 又は高温で動作するときのセンサ 12 の種々の構成要素の膨張を可能にするようになっている。加えて、内側及び外側ワッシャのスタックは、高温においてセラミック絶縁体 34 に亀裂を入れることなく移動することを可能にするように、間隙 48 によって互いに分離される又は隔離されるようにすることができる。同様に、別の間隙 49 がセラミック絶縁体 34 と電極 16 との間に存在してもよく、それらの間の熱応力をさらに解放する。さらに図 7 を参照すると、上述のように、機械的締結具はまた、電極 16 を外側ハウジング 14 内に固定するように構成された、内側ワッシャ 40、42 に隣接したナット 41 を含むことができる。

【0036】

ここで図 10 を参照すると、本開示による静電気センサ 12 に適した回路トポロジ 50 の 1 つの実施形態の概略図を示す。図示するように、回路 50 は、静電気センサ 12 から 1 又は 2 以上のセンサ入力を受け取る。例えば、センサ入力は、センサ 12 の電極 16 から受け取ることができる。入力は、次に第 1 の増幅器 52 に伝送される。より詳細には、センサ入力は、信号の静電放電 (ESD) を防止する及び / 又は低減するように、最初に抵抗器 R_1 を通ることができる。さらに、図示するように、大きな抵抗値の抵抗器 R_2 を入力経路 (Pin 1 で示される) 上に設けて、増幅器の漏れ電流を接地にバイパスするようになっている。Pin 2 から、入力信号のコピーが第 2 の増幅器 54 の Pin 1 に伝送される。図示するように、信号は、抵抗器 R_3 及び R_4 を通って進み、これが信号の利得を設定する。 R_5 は、増幅器 54 の Pin 1 の入力キャパシタンスを入力信号から切り離す。抵抗器の少なくとも 1 つ (例えば R_3) はまた、それと並列に設けられた、増幅器 52 の帯域幅を制限するキャパシタ C_1 を含むこともできる。キャパシタ C_2 、 C_3 、 C_4 及び C_5 は、増幅器 52 及び 54 に対する減結合キャパシタとして働く。抵抗器 R_6 及び R_7 は、増幅器出力を ESD から保護するとともに回路を長い外部ケーブルから切り離す。第 2 の増幅器 54 の目的は、小さなセンサ信号をガードすることである。例えば、第 2 の増幅器 54 は、第 1 の増幅器 52 の入力と同じ電圧及び振幅で構成することができるが、低インピーダンスソース電流を供給する。このように、Pin 3 において示すように、第 2 の増幅器 54 は、センサ入力電圧をトラッキングして不要の電荷をセンサ入力から分流させるこ

10

20

30

40

50

とによって、センサ信号をガードする。従って、本発明の増幅器構成は、センサ入力電圧をトラッキングする第2の増幅器54によってガードされた利得を有する電圧フォロアを含み、センサ入力電圧をガードしてより良好な信号対雑音比をもたらす。

【0037】

本明細書で説明する静電気センサ12は、あらゆる適切な用途を有することができる。例えば、特定の実施形態において、本開示の静電気センサ12は、航空機産業において、例えば航空機ガスタービンエンジン、並びに他のいずれかの適切なエンジン型式で利用することができる。より詳細には、図11は、本明細書で説明するような静電気センサ12の恩恵を受けることができるガスタービンエンジン100（高バイパスタイプ）の1つの実施形態の概略断面図を示す。図示するように、ガスタービンエンジン100は、貫通する長手方向中心軸線102を基準目的で有する。さらに図示するように、ガスタービンエンジン100は、好ましくは、全般的に符号104で示されるコアガスタービンエンジンセクションと、その上流に位置決めされたファンセクション106とを含む。コアエンジン104は、典型的には、環状入口120を定める略管状の外部ケーシング108を含む。外部ケーシング108は、さらに、コアエンジン104に入る空気の圧力を第1の圧力レベルまで高めるためのブースタ122を囲んで支持する。高圧多段軸流圧縮機124は、ブースタ122から加圧空気を受け取り、空気圧力をさらに高める。圧縮機124は、タービンエンジン100内で空気を方向付けて圧縮する機能を有する回転ブレード及び固定ペーンを含む。加圧空気は、燃焼器126へ流れ、ここで加圧空気ストリームに燃料を注入して点火し、加圧空気の温度及びエネルギーレベルを上昇させる。高エネルギーの燃焼生成物は、燃焼器126から、第1の（高圧）駆動シャフト130を通して高圧圧縮機124を駆動するための第1の（高圧）タービン128へ流れ、次いで、第1の駆動シャフト130と同軸の第2の（低圧）駆動シャフト134を通してブースタ122及びファンセクション106を駆動するための第2の（低圧）タービン132へ流れる。各タービン128及び132を駆動した後、燃焼生成物は、排出ノズル136を通過してコアエンジン104から出て、エンジン100のジェット推進推力の少なくとも一部をもたらす。

【0038】

ファンセクション106は、環状ファンケーシング140によって取り囲まれた回転可能な軸流ファンロータ138を含む。ファンケーシング140は、複数の実質的に半径方向に伸びた円周方向に離間した出口ガイドペーン142によってコアエンジン104から支持されることが認識されるであろう。このようにして、ファンケーシング140は、ファンロータ138及びファンロータブレード144を囲む。ファンケーシング140の下流セクション146は、コアエンジン104の外側部分の上に延びて、付加的なジェット推進推力をもたらす二次的な、すなわちバイパスの空気流通路148を定める。

【0039】

流れの観点から見れば、矢印150で表される初期空気流は、ファンケーシング140への入口152を通過してガスタービンエンジン100に入ることが認識されるであろう。空気流はファンブレード144を通過して、通路148を通過して移動する第1の空気流（矢印154で表される）と、ブースタ122に入る第2の空気流（矢印156で表される）とに分かれる。

【0040】

第2の圧縮空気流156の圧力が高められて、矢印158で表されるように高圧圧縮機124に入る。燃焼器126内で燃料と混合されて燃焼した後、燃焼生成物160は、燃焼器126から出て第1のタービン128を通過して流れる。燃焼生成物160は次に、第2のタービン132を通過して流れ、排出ノズル136から出て、ガスタービンエンジン100の推力の少なくとも一部をもたらす。

【0041】

引き続き図11を参照すると、燃焼器126は、長手方向中心軸線102と同軸の環状燃焼室162、並びに入口164及び出口166を含む。上記のように、燃焼器126は、高圧圧縮機排出口169から加圧空気の環状ストリームを受け取る。この圧縮機排出

空気流の一部は、混合器（図示せず）に入る。燃料は、燃料ノズル 180 から注入され、空気と混ざり合って燃料 - 空気混合物を形成し、これが燃焼のために燃焼室 162 に供給される。適切な点火器によって燃料 - 空気混合物の点火が達成され、得られた燃料ガス 160 は、環状の第 1 段タービンノズル 172 に向かって軸線方向に流入する。ノズル 172 は、環状流れチャネルによって定められ、これは、ガスの向きを変えてガスが第 1 のタービン 128 の第 1 段タービンブレードに角度を成して衝突するようにする複数の半径方向に延びた円周方向に離間したノズルベーン 174 を含む。第 1 のタービン 128 は、好ましくは第 1 の駆動シャフト 130 を介して高圧圧縮機 124 を回転させ、他方、低圧タービン 132 は、好ましくはブースタ 122 及びファンロータ 138 を第 2 の駆動シャフト 134 を介して駆動する。

10

【0042】

燃焼室 162 は、エンジンの外部ケーシング 108 内に収容され、燃料は、1 又は 2 以上の燃料ノズル 180 によって燃焼室 162 内に供給される。より詳細には、液体燃料は、燃料ノズル 180 のステム内の 1 又は 2 以上の通路又は導管を通して輸送される。

【0043】

動作中、ダスト及び他のタイプの粒子は、例えば入口 152 に入る空気から、ガスタービンエンジン 100 によって吸い込まれる。ダスト及び粒子の蓄積は、それらのレベルがエンジンのサービス時間、摩損、及びノ又は他の保守スケジュールの評価において重要であるので、エンジン解析に対する重要な入力である。従って、上述のように、本開示の静電気センサ 12 は、かかるエンジン 100 内のダスト及びノ又はデブリを検出するのに特に有用である。このように、本開示の静電気センサ 12 は、ガスタービンエンジン 100 のいずれかの適切な位置に配置することができる。例えば、本開示の静電気センサ 12 は、エンジン 100 のボアスコープポート、圧縮機入口 167（図 12）、圧縮機ブリード管（図 13）、ブースタ入口 165（図 12）、又はエンジンのタービン若しくはアフターバーナ出口内に配置することができる。より詳細には、静電気センサ 12 は、旅客機が地球の赤道付近の高高度で遭遇する可能性がある非常に微細な氷晶を検出することが可能である。かかる氷検出のために、センサ 12 をブースタ入口 165 又は圧縮機入口 167 に取り付けることができる。さらに、検知面 22 を非導電性エポキシコーティングで封止して、水又は溶けた氷が電極 16 をセンサ 12 の本体にショートさせることを防止することができる。

20

30

【0044】

より詳細には、本開示の静電気センサ 12 は、所望の取付け位置に対応するあらゆる適切な形状を有することができることを理解されたい。例えば、特定の実施形態において、静電気センサ 12 は、ガスタービンエンジン 100 の既存の部位、穴、又は入口に取り付けられた検知面 22 がその内部表面と面一になるように構成された所定形状を有することができる。具体的には、図 1 ~ 図 3 及び図 12 に示すように、静電気センサ 12 は、略長円又は楕円形状を有することができる。かかる形状は一般に、エンジン 100 の既存の入口位置、例えば限定されないが圧縮機入口 167 及びノ又はブースタ入口 165 などに対応する。代替的に、図 4 ~ 図 7 及び図 13 ~ 14 に示すように、静電気センサ 12 は、エンジン 100 の圧縮機ブリード管 170 の入口に対応する略円筒形状を有することができる。さらに、図 14 に具体的に示すように、センサ 12 は、圧縮機ブリード管 170 に隣接して、検知面 22 がその内部の流路に入り込まない又は交差しないように取り付けることができる。

40

【0045】

図 12、図 13、及び図 15 を参照すると、MCM センサ組立体 10 はまた、センサ 12 の電極 16 によって発生されるセンサ信号を受け取るように構成されたコントローラ 182 に通信可能に結合することができる。より詳細には、図 15 に示すように、本開示によるコントローラ 182 に含めることができる適切な構成要素の 1 つの実施形態のブロック図が示される。図示するように、コントローラ 182 は、種々のコンピュータ実装機能を実行する（例えば、本明細書で開示するように、方法、ステップ、計算等を実行する、及

50

び関連データを格納する)ように構成された、1又は2以上のプロセッサ184及び関連付けられた記憶デバイス186を含むことができる。さらに、コントローラ182はまた、コントローラ182と静電気センサ12との間の通信を支援する通信モジュール188を含むことができる。さらに、通信モジュール188は、センサ12から伝送された信号をプロセッサ184が理解しかつ処理することができる信号に変換するセンサインタフェース190(例えば、1又は2以上のアナログデジタルコンバータ)を含むことができる。センサ12は、いずれかの適切な手段を用いて通信モジュール188に通信可能に結合することができることを認識されたい。例えば、図15に示すように、センサ12は、有線接続でセンサインタフェース190に結合される。しかしながら、他の実施形態において、センサ12は、例えば当該分野で公知のいずれかの適切な無線通信プロトコルを用いて無線接続でセンサインタフェース190に結合することができる。このように、プロセッサ184は、センサ12から1又は2以上の信号を受け取るように構成することができる。

10

【0046】

本明細書で用いる場合、「プロセッサ」という用語は、当該分野でコンピュータに含まれるものとして言及される集積回路のみならず、コントローラ、マイクロコントローラ、マイクロコンピュータ、プログラム可能論理コントローラ(PLC)、特定用途向け集積回路、及び他のプログラム可能回路をも指す。加えて、記憶デバイス186は、一般に、コンピュータ可読媒体(例えばランダムアクセスメモリ(RAM))、コンピュータ可読不揮発性媒体(例えばフラッシュメモリ)、クラウドストレージ、フロッピーディスク、コンパクトディスク読み出し専用メモリ(CD-ROM)、光磁気ディスク(MOD)、デジタル多目的ディスク(DVD)及び/又は他の適切な記憶素子を含むがこれらに限定されない記憶素子を含むことができる。かかる記憶デバイス186は、一般に、プロセッサ184によって実装されたときにコントローラ182にガスタービンエンジン100の種々の機能を実行させる適切なコンピュータ可読命令を格納するように構成することができる。

20

【0047】

ここで図16を参照すると、ガスタービンエンジン100、例えば航空機エンジン内の粒子を検出するための方法200の1つの実施形態のフロー図が示されている。202に示すように、方法200は、ガスタービンエンジン100内の1又は2以上の位置に上述のような少なくとも1つの静電気センサ12を設けることを含む。さらに、204に示すように、方法200は、各センサ12の検出面22を、1又は2以上の位置において粒子流路内に配置することを含む。従って、206に示すように、方法200はまた、各センサ12の増幅器28によって、ガスタービンエンジン100内の粒子レベルを電極16内の電子移動の関数として決定することを含む。208に示すように、方法200は、荷電ダスト粒子を検出したことに応答して、センサ12に接近して結合された回路基板86によって、粒子レベルを示す1又は2以上の信号を発生することを含む。

30

【0048】

1つの実施形態において、方法200は、静電気センサ12の各々の回路基板32によって、ガスタービンエンジン100のコントローラ182に信号を送信することをさらに含むことができる。このように、本明細書で説明されるセンサ12は、リアルタイムで正確な微粒子レベルデータをユーザに提供する。

40

【0049】

本明細書は、最良の形態を含む実施例を用いて本発明を開示し、更に、あらゆる当業者があらゆるデバイス又はシステムを実施及び利用すること及びあらゆる包含の方法を実施することを含む本発明を実施することを可能にする。本発明の特許保護される範囲は、請求項によって定義され、当業者であれば想起される他の実施例を含むことができる。このような他の実施例は、請求項の文言と差違のない構造要素を含む場合、或いは、請求項の文言と僅かな差違を有する均等な構造要素を含む場合には、本発明の範囲内にあるものとする。

50

【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

1 0	: M C M センサ組立体	
1 2	: 静電気センサ	
1 4	: 外側ハウジング	
1 5	: 電子機器ハウジング	
1 6	: 電極	
1 7	: 取付け部分	
1 8	: 第 1 の端部	
1 9	: 貫通穴	10
2 0	: 第 2 の端部	
2 1	: レンチ用平坦部	
2 2	: 検知面	
2 3	: ねじ接合部	
2 4	: ハウジングの縁	
2 5	: ケーブル	
2 6	: 電子	
2 8	: 増幅器	
3 0	: 矢印	
3 2	: 回路基板	20
3 3	: 半部分	
3 4	: 絶縁体	
3 5	: 締結具	
3 6	: 締結具	
3 7	: ピンコネクタ	
3 8	: 突起	
4 0	: 内側平ワッシャ	
4 1	: ナット	
4 2	: 内側傾斜ワッシャ	
4 5	: 開放キャビティ	30
4 6	: 外側傾斜ワッシャ	
4 8	: 間隙	
4 9	: 間隙	
5 0	: 回路トポロジ	
5 2	: 第 1 の増幅器	
5 4	: 第 2 の増幅器	
1 0 0	: ガスタービンエンジン	
1 0 2	: 中心軸線	
1 0 4	: コアエンジン	
1 0 6	: ファンセクション	40
1 0 8	: 外部ケーシング	
1 2 0	: 環状入口	
1 2 2	: ブースタ	
1 2 4	: 圧縮機	
1 2 6	: 燃焼器	
1 2 8	: 第 1 のタービン	
1 3 0	: 第 1 の駆動シャフト	
1 3 2	: 第 2 のタービン	
1 3 4	: 第 2 の駆動シャフト	
1 3 6	: 排出ノズル	50

1 3 8	：ファンロータ	
1 4 0	：ファンケーシング	
1 4 2	：ガイドベーン	
1 4 4	：ロータブレード	
1 4 6	：下流セクション	
1 4 8	：空気流通路	
1 5 0	：矢印	
1 5 2	：入口	
1 5 4	：矢印	
1 5 6	：矢印	10
1 5 8	：矢印	
1 6 0	：燃焼生成物	
1 6 2	：燃焼室	
1 6 4	：入口	
1 6 5	：ブースタ入口	
1 6 6	：出口	
1 6 7	：圧縮機入口	
1 6 9	：排出出口	
1 7 0	：圧縮機ブリード管	
1 7 2	：第 1 段タービンノズル	20
1 7 4	：ノズルベーン	
1 8 0	：燃料ノズル	
1 8 2	：コントローラ	
1 8 4	：プロセッサ	
1 8 6	：記憶デバイス	
1 8 8	：通信モジュール	
1 9 0	：センサインタフェース	
2 0 0	：方法	
2 0 2	：方法ステップ	
2 0 4	：方法ステップ	30
2 0 6	：方法ステップ	
2 0 8	：方法ステップ	

【 図 1 】

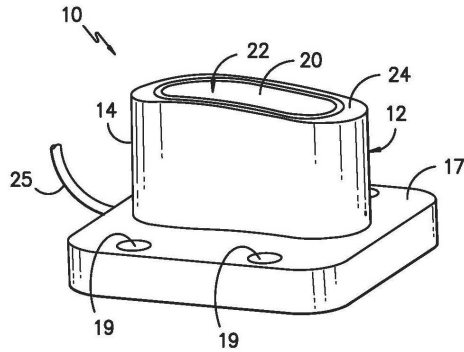


FIG. -1-

【 図 2 】

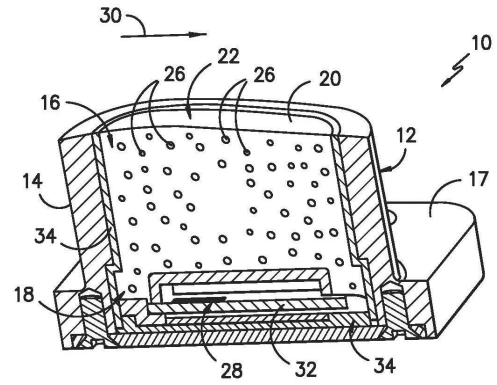


FIG. -2-

【 図 3 】

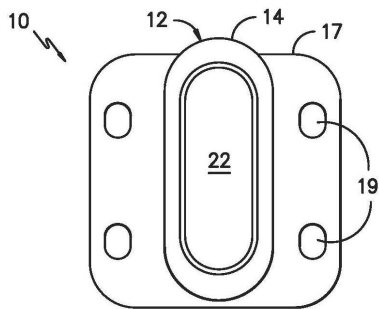


FIG. -3-

【 図 4 】

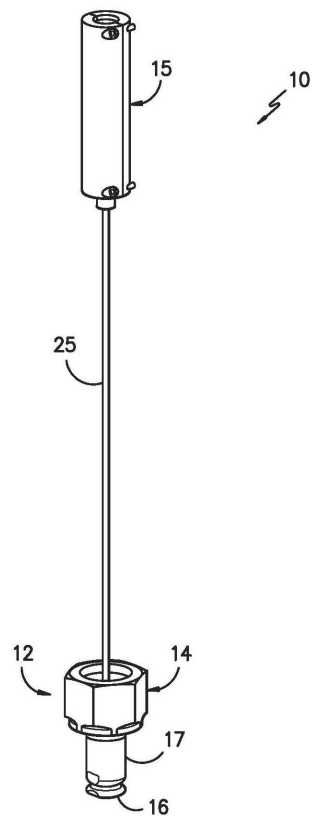


FIG. -4-

【 図 5 】

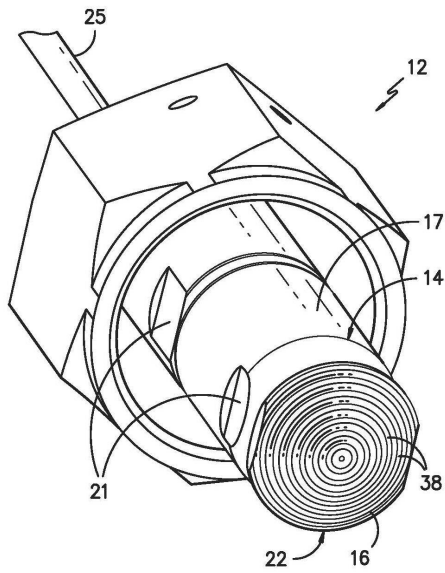


FIG. -5-

【 図 6 】

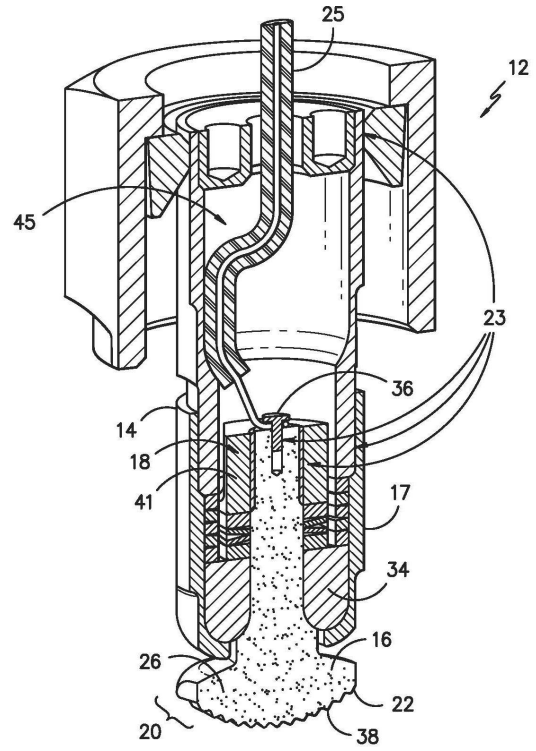


FIG. -6-

【 図 7 】

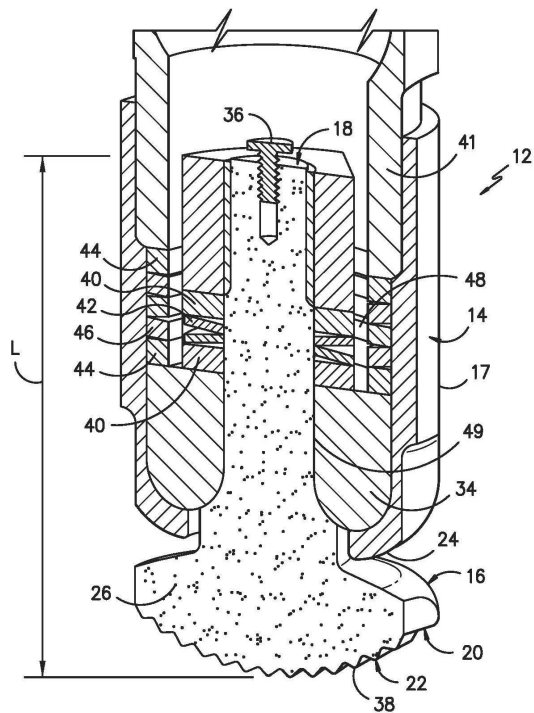


FIG. -7-

【 図 8 】

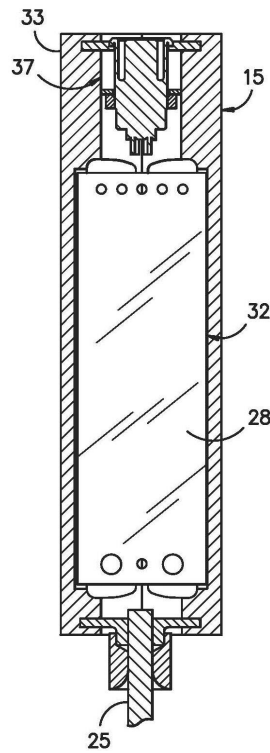


FIG. -8-

【図9】

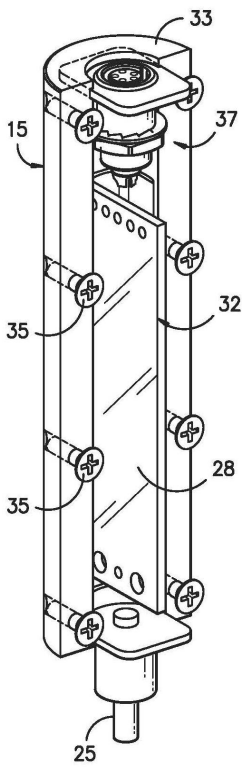


FIG. -9-

【図12】

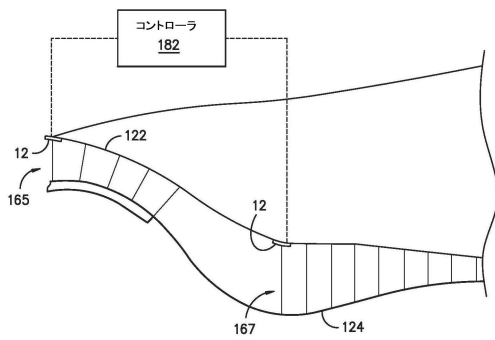


FIG. -12-

【図10】

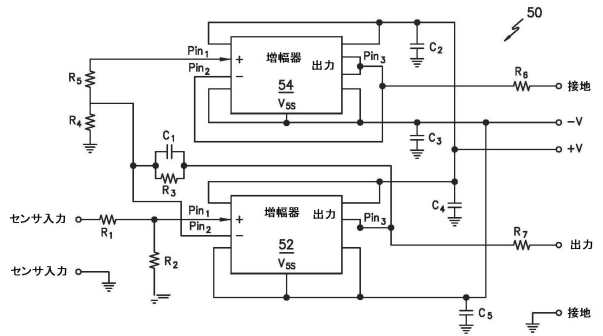


FIG. -10-

【図11】

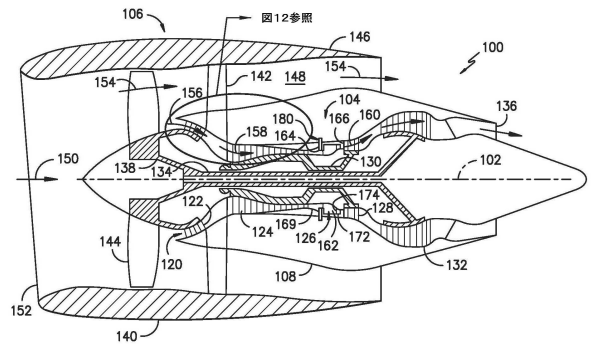


FIG. -11-

【図13】

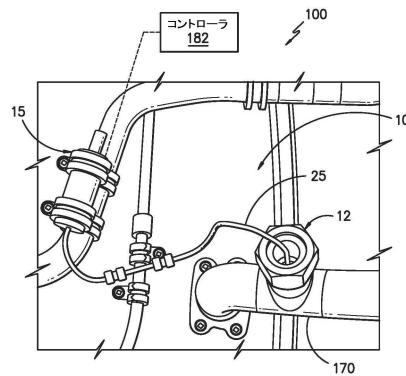


FIG. -13-

【図14】

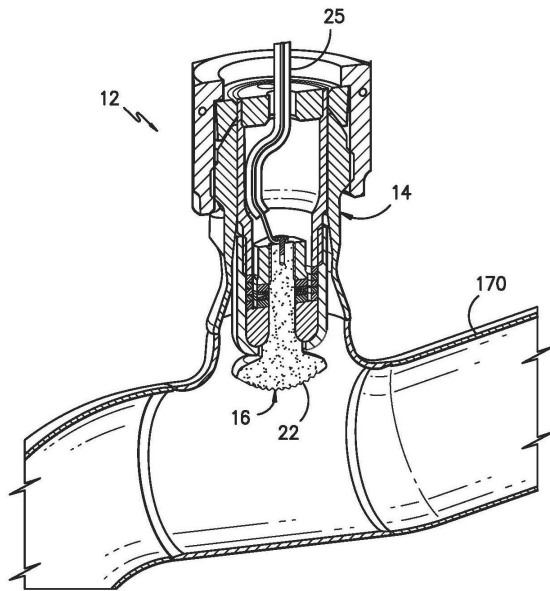


FIG. -14-

【図15】

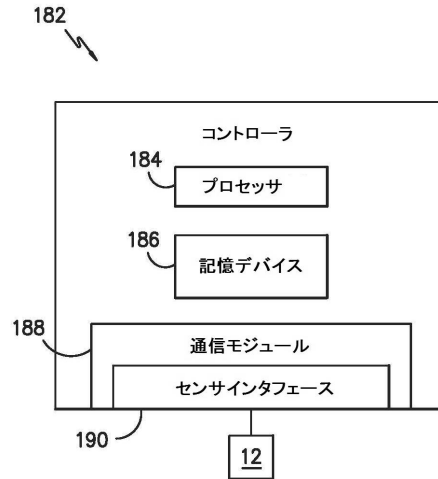


FIG. -15-

【図16】

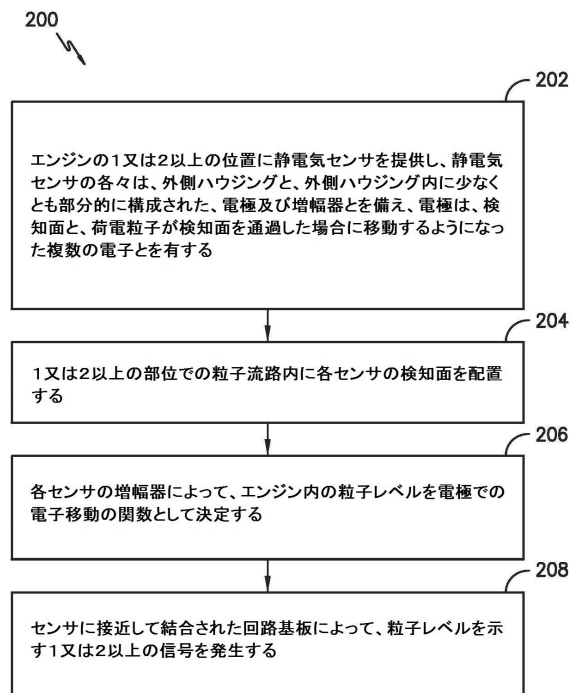


FIG. -16-

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 15/007,289

(32)優先日 平成28年1月27日(2016.1.27)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(74)代理人 100129779

弁理士 黒川 俊久

(74)代理人 100113974

弁理士 田中 拓人

(72)発明者 ジョン・デービッド・ワイカート

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215、イーブンデール、メール・ストップ・エイチ-78、
ワン・ノイマン・ウェイ

(72)発明者 アンドリュー・スコット・ケシエ

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215、シンシナティ、ワン・ノイマン・ウェイ

(72)発明者 フィリップ・ティール・スミス

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215-1988、イーブンデール、ビービーシー-2、ワン
・ノイマン・ウェイ

(72)発明者 チャールズ・リカーズ

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215-1988、イーブンデール、ワン・ノイマン・ウェイ

(72)発明者 ジェームズ・アール・ノエル

アメリカ合衆国、マサチューセッツ州・01910-0002、リン、ウエスタン・アベニュー、
1000番

(72)発明者 グレゴリー・グリフィン

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215-1988、シンシナティ、ワン・ノイマン・ウェイ

(72)発明者 ジョシュア・ダニエル・ブラウン

アメリカ合衆国、オハイオ州・45215-1988、シンシナティ、ワン・ノイマン・ウェイ

審査官 外川 敬之

(56)参考文献 米国特許第04531486(US,A)

米国特許第04973909(US,A)

特開昭63-122944(JP,A)

特開2001-144557(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 15/06

G01N 27/60

F01D 25/00

F02C 7/00