

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2020-7976
(P2020-7976A)

(43) 公開日 令和2年1月16日 (2020.1.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1N 3/18 (2006.01)	FO1N 3/18 C	3G091
FO1N 3/023 (2006.01)	FO1N 3/023 K	3G190
FO1N 3/02 (2006.01)	FO1N 3/02 2O1	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2018-129986 (P2018-129986)	(71) 出願人	000004547
(22) 出願日	平成30年7月9日 (2018.7.9)		日本特殊陶業株式会社
			愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
		(74) 代理人	110000578
			名古屋国際特許業務法人
		(72) 発明者	杉山 武史
			愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
			日本特殊陶業株式会社内
		(72) 発明者	日比野 功穂
			愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
			日本特殊陶業株式会社内
		Fターム (参考)	3G091 AA02 AA18 AB13 BA21 BA31
			CB03 DB10 EA21 EA27 HA37
			3G190 AA02 AA12 BA31 CA01 DA04
			DB03 DD01 EA33 EA43 EA56

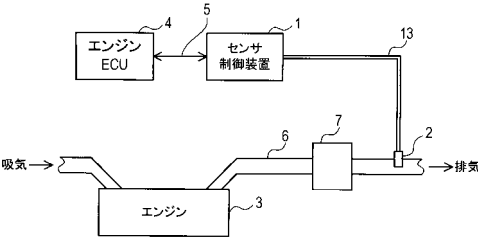
(54) 【発明の名称】 フィルタ診断装置

(57) 【要約】

【課題】フィルタ故障診断の信頼性を向上させる。

【解決手段】フィルタ診断装置は、期間判断部と出力取得部と上流微粒子量取得部と第1，2関連量算出部と故障判断部を備える。期間判断部は、フィルタ再生処理完了直後の故障判定期間内であるかを判断する。出力取得部は、故障判定期間内に、微粒子センサの検出結果を示すセンサ出力を取得する。上流微粒子量取得部は、上流微粒子量を示す情報を取得する。第1関連量算出部は、上流微粒子量と再生直後捕集効率に基づき、故障判定期間内にフィルタから排出される微粒子量に関連した第1下流微粒子関連量を算出する。第2関連量算出部は、センサ出力に基づき、故障判定期間内にフィルタから排出される微粒子の量に関連した第2下流微粒子関連量を算出する。故障判断部は、第1，2関連量算出部により算出された第1，2下流微粒子関連量に基づいてフィルタ故障を判断する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内燃機関の排気管に取り付けられて、前記内燃機関から排出される排気ガスに含まれる微粒子を除去するフィルタの故障診断を、前記フィルタから排出される前記微粒子の量を検出する微粒子センサを用いて行うフィルタ診断装置であって、

前記微粒子センサは、

自身の内部に流入される前記排気ガスに含まれる前記微粒子を帯電させて帯電微粒子を生成するように構成された検出部を備え、

前記フィルタ診断装置は、

前記フィルタに捕集された前記微粒子を除去することにより前記フィルタを再生するフィルタ再生処理が完了した直後における予め設定された故障判定期間内であるか否かを判断するように構成された期間判断部と、

前記故障判定期間内であると前記期間判断部が判断した場合に、前記微粒子センサの検出結果を示すセンサ出力を取得するように構成された出力取得部と、

前記フィルタに流入する前における前記排気ガスに含まれる前記微粒子の量である上流微粒子量を示す上流微粒子量情報を取得するように構成された上流微粒子量取得部と、

前記上流微粒子量取得部により取得された前記上流微粒子量情報が示す前記上流微粒子量と、前記フィルタ再生処理が完了した直後における前記フィルタの捕集効率を示す予め設定された再生直後捕集効率とに基づいて、前記故障判定期間内において前記フィルタから排出される前記微粒子の量に関連した第 1 下流微粒子関連量を算出するように構成された第 1 関連量算出部と、

前記出力取得部により取得された前記センサ出力に基づいて、前記故障判定期間内において前記フィルタから排出される前記微粒子の量に関連した第 2 下流微粒子関連量を算出するように構成された第 2 関連量算出部と、

前記第 1 関連量算出部により算出された前記第 1 下流微粒子関連量と、前記第 2 関連量算出部により算出された前記第 2 下流微粒子関連量とに基づいて、前記フィルタが故障しているか否かを判断するように構成された故障判断部と

を備えるフィルタ診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のフィルタ診断装置であって、

前記第 1 関連量算出部は、前記内燃機関が使用された累積時間と前記再生直後捕集効率との間で正の相関を有するように前記再生直後捕集効率を設定するフィルタ診断装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のフィルタ診断装置であって、

前記内燃機関を搭載した車両が燃料噴射を伴って加速している過渡状態であるか否かを、予め設定された過渡判断条件に基づいて判断するように構成された過渡判断部と、

前記故障判定期間内であると前記期間判断部が判断し、且つ、前記過渡状態であると前記過渡判断部が判断している場合に、前記故障判断部による前記フィルタの故障判断を禁止するように構成された禁止部と

を備えるフィルタ診断装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 請求項 3 の何れか 1 項に記載のフィルタ診断装置であって、

前記第 1 下流微粒子関連量および前記第 2 下流微粒子関連量は、前記故障判定期間内において前記フィルタから排出される前記微粒子の量の平均値であるフィルタ診断装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 請求項 3 の何れか 1 項に記載のフィルタ診断装置であって、

前記第 1 下流微粒子関連量および前記第 2 下流微粒子関連量は、前記故障判定期間内において前記フィルタから排出される前記微粒子の量を累積した累積値であるフィルタ診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、内燃機関の排気管に取り付けられたフィルタの故障診断を行うフィルタ診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、排気管に取り付けられたフィルタの下流側に設置された微粒子センサの検出信号に基づいて、フィルタが故障しているか否かを判断する故障診断装置が記載されている。特許文献1に記載の微粒子センサは、一対の電極を備える。そして、一対の電極間に一定の電圧が印加されることにより、一対の電極間に付着した微粒子の量に応じた電流が一対の電極間に流れ、微粒子センサは、一対の電極間に流れる電流に応じた検出信号を出力する。

10

【0003】

特許文献2には、コロナ放電によりイオンを生成する放電部を備え、生成したイオンを被測定ガス中に含まれる微粒子に付着させて帯電微粒子を生成することにより、被測定ガスに含まれる微粒子の量を検出する微粒子センサが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-122399号公報

20

【特許文献2】特開2015-129711号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献2に記載の微粒子センサでは、微粒子センサの検出結果を示すセンサ出力の電流レベルがpAオーダーまたはnAオーダーであり微弱である。このため、特許文献2に記載の微粒子センサを上記フィルタの故障診断に用いる場合において、ノイズの影響を抑制して故障診断の信頼性を向上させるには、排気管内を通過する排気ガスに含まれる微粒子の量が多いタイミングで故障診断を実行することが望ましい。

30

【0006】

本開示は、フィルタ故障診断の信頼性を向上させることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示の一態様は、内燃機関の排気管に取り付けられて、内燃機関から排出される排気ガスに含まれる微粒子を除去するフィルタの故障診断を、フィルタから排出される微粒子の量を検出する微粒子センサを用いて行うフィルタ診断装置である。微粒子センサは、自身の内部に流入される排気ガスに含まれる微粒子を帯電させて帯電微粒子を生成するように構成された検出部を備える。

【0008】

フィルタ診断装置は、期間判断部と、出力取得部と、上流微粒子量取得部と、第1関連量算出部と、第2関連量算出部と、故障判断部とを備える。

40

期間判断部は、フィルタに捕集された微粒子を除去することによりフィルタを再生するフィルタ再生処理が完了した直後における予め設定された故障判定期間内であるか否かを判断するように構成される。

【0009】

出力取得部は、故障判定期間内であると期間判断部が判断した場合に、微粒子センサの検出結果を示すセンサ出力を取得するように構成される。

上流微粒子量取得部は、フィルタに流入する前における排気ガスに含まれる微粒子の量である上流微粒子量を示す上流微粒子量情報を取得するように構成される。

【0010】

50

第1関連量算出部は、上流微粒子量取得部により取得された上流微粒子量情報が示す上流微粒子量と、フィルタ再生処理が完了した直後におけるフィルタの捕集効率を示す予め設定された再生直後捕集効率とに基づいて、故障判定期間内においてフィルタから排出される微粒子の量に関連した第1下流微粒子関連量を算出するように構成される。

【0011】

第2関連量算出部は、出力取得部により取得されたセンサ出力に基づいて、故障判定期間内においてフィルタから排出される微粒子の量に関連した第2下流微粒子関連量を算出するように構成される。

故障判断部は、第1関連量算出部により算出された第1下流微粒子関連量と、第2関連量算出部により算出された第2下流微粒子関連量とに基づいて、フィルタが故障しているか否かを判断するように構成される。

【0012】

このように構成された本開示のフィルタ診断装置は、上流微粒子量と再生直後捕集効率とに基づいて推定された第1下流微粒子関連量と、センサ出力に基づいて算出された第2下流微粒子関連量とに基づいて、フィルタの故障を判断する。センサ出力は、フィルタ再生処理が完了した直後においてフィルタから排出される微粒子の量を微粒子センサが検出した結果を示す。そして、フィルタ再生処理が完了した直後におけるフィルタの捕集効率は、フィルタ再生処理が開始される前と比較して低くなる。すなわち、フィルタ再生処理が完了した直後は、フィルタ再生処理が開始される前と比較して、センサ出力が大きくなる。このため、本開示のフィルタ診断装置は、フィルタの故障を判断するために用いられるセンサ出力に対するノイズの影響を抑制することができ、フィルタ故障診断の信頼性を向上させることができる。

【0013】

また、本開示の一態様では、第1関連量算出部は、内燃機関が使用された累積時間と再生直後捕集効率との間で正の相関を有するように再生直後捕集効率を設定するようにしてもよい。これにより、本開示のフィルタ診断装置は、故障判定期間内においてフィルタから排出される微粒子の量をより精度良く推定することができ、フィルタ故障診断の信頼性を更に向上させることができる。

【0014】

また、本開示の一態様では、フィルタ診断装置が、過渡判断部と、禁止部とを備えるようにしてもよい。過渡判断部は、内燃機関を搭載した車両が燃料噴射を伴って加速している過渡状態であるか否かを、予め設定された過渡判断条件に基づいて判断するように構成される。禁止部は、故障判定期間内であると期間判断部が判断し、且つ、過渡状態であると過渡判断部が判断している場合に、故障判断部によるフィルタの故障判断を禁止するように構成される。これにより、本開示のフィルタ診断装置は、内燃機関の運転状態が安定していないために上流微粒子量の推定精度が悪くなる過渡状態であるときを除外して、フィルタが故障しているか否かを判断するため、フィルタ故障診断の信頼性を更に向上させることができる。

【0015】

また、本開示の一態様では、第1下流微粒子関連量および第2下流微粒子関連量は、故障判定期間内においてフィルタから排出される微粒子の量の平均値であってもよいし、故障判定期間内においてフィルタから排出される微粒子の量を累積した累積値であってもよい。また、第1下流微粒子関連量と第2下流微粒子関連量とを比較することで、フィルタが故障しているか否かを判断することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】センサ制御装置を構成要素とするシステムの概略構成を示す図である。

【図2】微粒子センサの断面図である。

【図3】微粒子センサの分解斜視図である。

【図4】先端側からの絶縁スペーサの斜視図である。

10

20

30

40

50

【図 5】後端側からの絶縁スペーサの斜視図である。

【図 6】セラミック素子の斜視図である。

【図 7】セラミック素子の分解斜視図である。

【図 8】センサ制御装置の回路構成を示す図である。

【図 9】微粒子センサの検出動作を説明するための模式図である。

【図 10】フィルタ故障判定処理の前半部分を示すフローチャートである。

【図 11】フィルタ故障判定処理の後半部分を示すフローチャートである。

【図 12】過渡期間判定処理を示すフローチャートである。

【図 13】DPF 下流微粒子量等の時間変化を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

10

【0017】

以下に本開示の実施形態を図面とともに説明する。

本実施形態のセンサ制御装置 1 は、車両に搭載され、図 1 に示すように、微粒子センサ 2 を制御する。

【0018】

センサ制御装置 1 は、ディーゼルエンジン 3 を制御する電子制御装置 4 との間で通信線 5 を介して、データを送受信することが可能に構成されている。以下、電子制御装置 4 をエンジン ECU 4 という。ECU は、Electronic Control Unit の略である。

【0019】

ディーゼルエンジン 3 の排気管 6 には、排気ガスを取り込んで排気ガス中の粒子状物質を除去する DPF 7 が設置されている。DPF は、Diesel Particulate Filter の略である。

20

【0020】

微粒子センサ 2 は、排気管 6 における DPF 7 より下流側に設置され、DPF 7 から排出された排気ガスに含まれる微粒子（例えば、煤）の量を検出する。

微粒子センサ 2 は、図 2 に示すように、ケーシング 11、セラミック素子 12 およびケーブル 13 を備える。図 2 において、微粒子センサ 2 の下端側を先端側 FE、微粒子センサ 2 の上端側を後端側 BE、微粒子センサ 2 の長手方向を軸線方向 DA という。

【0021】

ケーシング 11 は、セラミック素子 12 の先端側 FE を排気管 6 の内部に突出させるようにしてセラミック素子 12 を保持する。

30

ケーシング 11 は、内側金具 21 と、外側金具 22 と、絶縁スペーサ 23、24 と、絶縁ホルダ 25 と、セパレータ 26、27 とを備える。

【0022】

内側金具 21 は、主体金具 31 と、ガス取入管 32 と、内筒 33 と、内筒接続金具 34 とを備える。

主体金具 31 は、軸線方向 DA に延びる筒状に形成されたステンレス製の部材である。主体金具 31 は、本体部 41 とフランジ部 42 とを備える。本体部 41 は、軸線方向 DA に延びる円筒状に形成され、軸線方向 DA に沿って貫通する貫通孔 41a と、貫通孔 41a の径方向内側に突出する棚部 41b とを備える。棚部 41b は、先端側 FE へ近づくにつれて貫通孔 41a の径方向外側から中心に向かう傾きを有する内向きのテーパ面として形成されている。フランジ部 42 は、本体部 41 の外周から径方向に沿って外側へ延びる板状に形成されている。

40

【0023】

主体金具 31 の貫通孔 41a の内部には、先端側 FE から後端側 BE に向かって順に、セラミック素子 12 の径方向周囲を取り囲む筒状の部材であるセラミックホルダ 43 と、粉末充填層である滑石リング 44、45 と、セラミックスリーブ 46 とが積層されている。

【0024】

セラミックスリーブ 46 と主体金具 31 の後端側 BE の端部との間には、加締リング 4

50

7が配置されている。セラミックホルダ43と主体金具31の棚部41bとの間には、金属ホルダ48が配置されている。金属ホルダ48は、滑石リング44およびセラミックホルダ43を保持する。主体金具31の後端側BEの端部は、加締リング47を介してセラミックスリーブ46を先端側FEに向かって押し付けるように加締められる部分である。

【0025】

ガス取入管32は、主体金具31の先端側FEの端部に設けられ、外側プロテクタ51および内側プロテクタ52を備える。外側プロテクタ51および内側プロテクタ52は、軸線方向DAに延びる筒状に形成されたステンレス製の部材である。内側プロテクタ52は、セラミック素子12の先端側FEの端部を覆った状態で主体金具31に溶接され、外側プロテクタ51は、内側プロテクタ52を覆った状態で主体金具31に溶接されている。

10

【0026】

内筒33は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成されたステンレス製の部材である。内筒33は、本体部54とフランジ部55とを備える。本体部54は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成され、軸線方向DAに沿って貫通する貫通孔54aを備える。フランジ部55は、本体部54における先端側FEの端部の外周から径方向に沿って外側へ延びる板状に形成されている。内筒33は、先端側FEの端部の開口部内に主体金具31の後端側BEの端部を嵌め込んだ状態、すなわち、フランジ部55を主体金具31のフランジ部42に重ねた状態で、主体金具31に溶接される。

【0027】

20

内筒33の貫通孔54aの内部には、先端側FEから後端側BEに向かって順に、絶縁ホルダ25と、セパレータ26と、セパレータ27とが積層されている。

絶縁ホルダ25は、セラミック素子12の径方向周囲を取り囲む筒状に形成された絶縁性の部材である。

【0028】

セパレータ26は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成された絶縁性の部材である。セパレータ26には、軸線方向DAに沿って貫通する貫通孔26aが形成されている。貫通孔26a内には、セラミック素子12がセパレータ26における後端側BEの端部から突出するように、セラミック素子12が挿入される。

【0029】

30

セパレータ27は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成された絶縁性の部材である。セパレータ27の内部には、セラミック素子12における後端側BEの端部が挿入される。セパレータ27には、軸線方向DAに沿って貫通する貫通孔27aおよび貫通孔27bが形成されている。セパレータ27の外表面には、径方向外側に突出するフランジ部27cが形成されている。

【0030】

内筒33の後端側BEの端部は、フランジ部27cを先端側FEに向かって押し付けるように加締められる。これにより、絶縁ホルダ25、セパレータ26およびセパレータ27は、内筒33に対して固定された状態で保持される。

【0031】

40

内筒接続金具34は、後端側BEの端部が閉塞されている筒状に形成されたステンレス製の部材である。内筒接続金具34は、先端側FEの端部の開口部内に内筒33の後端側BEの端部を嵌め込んだ状態で、内筒33に溶接される。内筒接続金具34における後端側BEの端部には、ケーブル13を挿入するための複数の挿入口34aが形成されている。

【0032】

外側金具22は、取付金具61と外筒62とを備える。取付金具61は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成されたステンレス製の部材である。取付金具61は、本体部71と六角部72とを備える。本体部71は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成され、軸線方向DAに沿って貫通する貫通孔71aと、貫通孔71aの径方向内側に突出する棚部71

50

bとを備える。棚部71bは、先端側FEへ近づくにつれて貫通孔71aの径方向外側から中心に向かう傾きを有する内向きのテーパ面として形成されている。本体部71における先端側FEの外周には、排気管6に固定するための雄ネジが形成されている。六角部72は、本体部71における後端側BEの外周から径方向に沿って外側へ延びて外周が六角形の板状に形成されている。

【0033】

排気管6には、微粒子センサ2を挿入するための挿入口6aが形成されている。そして、排気管6の外周面には、挿入口6aから突出するようにして取付用ボス6bが取り付けられている。このため、取付用ボス6bのネジ穴に微粒子センサ2を挿入して、取付金具61の雄ネジを取付用ボス6bのネジ穴の内周壁に形成された雌ネジに螺合することで、ガス取入管32が排気管6の内周面から突出するようにして微粒子センサ2が排気管6に取り付けられる。

10

【0034】

外筒62は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成されたステンレス製の部材である。外筒62は、大径部74と小径部75とを備える。大径部74は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成され、先端側FEの端部の開口部内に取付金具61の後端側BEの端部を嵌め込んだ状態で取付金具61に溶接される。

【0035】

小径部75は、軸線方向DAに延びて外径および内径が大径部74より小さい円筒状に形成され、大径部74における後端側BEの端部から軸線方向DAに沿って突出するように配置されている。小径部75は、後端側BEの端部において径方向に沿って内側に延びる円環状に形成された縮径部75aを備える。縮径部75aの中央領域には、ケーブル13を挿入するための挿入口75bが形成されている。

20

【0036】

大径部74の内部には、内筒33および内筒接続金具34が収容される。小径部75の内部には、先端側FEから後端側BEに向かって順に外筒接続金具64とグロメット65とが積層された状態で収容される。

【0037】

外筒接続金具64は、後端側BEの端部が閉塞されている筒状に形成されたステンレス製の部材である。外筒接続金具64における後端側BEの端部には、ケーブル13を挿入するための複数の挿入口64aが形成されている。

30

【0038】

グロメット65は、軸線方向DAに延びる円柱状に形成された耐熱ゴム製の部材である。グロメット65には、ケーブル13を挿入するための複数の貫通孔65aが形成されている。

【0039】

グロメット65は、その外周面が小径部75の内周面を押し付けた状態で、小径部75の内部に収容される。また、小径部75の外周面が径方向内向きに加締められることにより、外筒接続金具64と小径部75とが一体に固定される。これにより、グロメット65は、小径部75の挿入口75bを塞いだ状態で小径部75の内部に固定される。

40

【0040】

絶縁スペーサ23は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成されたアルミナ製の部材である。絶縁スペーサ23は、大径部81と、小径部82と、段差部83と、傾斜部84とを備える。

【0041】

大径部81は、軸線方向DAに延びる円筒状に形成される。小径部82は、軸線方向DAに延びて外径および内径が大径部81より小さい円筒状に形成され、大径部81よりも先端側FEに配置される。

【0042】

段差部83は、軸線方向DAに延びて外径が大径部81に等しく且つ内径が小径部82

50

に等しい円筒状に形成される。そして段差部 8 3 は、大径部 8 1 における先端側 F E の端部から軸線方向 D A に沿って突出するように配置されている。これにより、大径部 8 1 と段差部 8 3 との接続箇所には、径方向内側に突出する段差 8 3 a が形成される。

【 0 0 4 3 】

傾斜部 8 4 は、段差部 8 3 と小径部 8 2 との間に配置されて、内径が小径部 8 2 に等しい円筒状に形成される。また傾斜部 8 4 は、段差部 8 3 との接続箇所から小径部 8 2 との接続箇所へ向うにつれて外径が徐々に小さくなるように形成される。

【 0 0 4 4 】

絶縁スペーサ 2 3 は、傾斜部 8 4 の外周面が取付金具 6 1 の棚部 7 1 b に接触した状態で取付金具 6 1 の貫通孔 7 1 a の内部に収容される。絶縁スペーサ 2 3 は、上記のように取付金具 6 1 の内側に収容されることにより、絶縁スペーサ 2 3 における先端側 F E の端部において、排気ガスに接するガス接触表面 2 3 a を有するように形成されている。

【 0 0 4 5 】

そして主体金具 3 1 は、フランジ部 4 2 が絶縁スペーサ 2 3 の段差 8 3 a により支持された状態で絶縁スペーサ 2 3 の内部に収容される。これにより、主体金具 3 1 は、取付金具 6 1 と電氣的に絶縁された状態で取付金具 6 1 の内部に収容される。

【 0 0 4 6 】

絶縁スペーサ 2 4 は、軸線方向 D A に延びる円筒状に形成されたアルミナ製の部材である。絶縁スペーサ 2 4 は、大径部 8 6 と、小径部 8 7 とを備える。

大径部 8 6 は、軸線方向 D A に延びる円筒状に形成される。小径部 8 7 は、軸線方向 D A に延びて外径が大径部 8 6 より小さく且つ内径が大径部 8 6 に等しい円筒状に形成される。小径部 8 7 は、大径部 8 6 における先端側 F E の端部から軸線方向 D A に沿って突出するように配置されている。小径部 8 7 の外周面には、周方向に沿って延びる溝 8 7 a が形成されている。溝 8 7 a には、円筒状に形成されたヒータ接続金具 8 9 が配置されている。

【 0 0 4 7 】

絶縁スペーサ 2 4 は、小径部 8 7 が絶縁スペーサ 2 3 の大径部 8 1 の内部に挿入されることにより、絶縁スペーサ 2 3 よりも後端側 B E に配置される。これにより、内筒 3 3 と取付金具 6 1 とが電氣的に絶縁される。そして、絶縁スペーサ 2 4 の大径部 8 6 と取付金具 6 1 の後端側 B E の端部との間には、線パッキン 9 0 が配置されている。取付金具 6 1 の後端側 B E の端部は、線パッキン 9 0 を介して絶縁スペーサ 2 4 を先端側 F E に向かって押し付けるように加締められる。これにより、絶縁スペーサ 2 3 , 2 4 は、取付金具 6 1 の内部に固定される。

【 0 0 4 8 】

ケーブル 1 3 は、図 3 に示すように、電線 1 0 1 , 1 0 2 , 1 0 3 , 1 0 4 , 1 0 5 を備える。電線 1 0 1 は、三重同軸ケーブルであり、リード線 1 0 1 a と、内側外部導体 1 0 1 b と、外側外部導体 1 0 1 c とを備える。内側外部導体 1 0 1 b は、リード線 1 0 1 a の周囲を包囲する。外側外部導体 1 0 1 c は、内側外部導体 1 0 1 b の周囲を包囲する。電線 1 0 2 は、三重同軸ケーブルであり、リード線 1 0 2 a と、内側外部導体 1 0 2 b と、外側外部導体 1 0 2 c とを備える。内側外部導体 1 0 2 b は、リード線 1 0 2 a の周囲を包囲する。外側外部導体 1 0 2 c は、内側外部導体 1 0 2 b の周囲を包囲する。電線 1 0 3 , 1 0 4 , 1 0 5 はそれぞれ、単芯の絶縁電線であり、リード線 1 0 3 a , 1 0 4 a , 1 0 5 a を備える。

【 0 0 4 9 】

リード線 1 0 1 a , 1 0 2 a , 1 0 3 a , 1 0 4 a はそれぞれ、先端側 F E の端部が金属端子 1 0 6 , 1 0 7 , 1 0 8 , 1 0 9 に接続される。リード線 1 0 1 a , 1 0 2 a , 1 0 3 a , 1 0 4 a は、内筒 3 3 の内部に挿入される。そして金属端子 1 0 6 は、セパレータ 2 6 の内部に配置される。金属端子 1 0 7 , 1 0 8 , 1 0 9 は、セパレータ 2 7 の内部に配置される。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

リード線 105a は、図 2 に示すように、外筒 62 の内部に挿入される。そして、リード線 105a における先端側 FE の端部はヒータ接続金具 89 に接続される。内側外部導体 101b, 102b は、内筒接続金具 34 の挿入口 34a で内筒接続金具 34 に接触することで、内側金具 21 と電氣的に接続される。外側外部導体 101c, 102c は、外筒接続金具 64 の挿入口 64a で外筒接続金具 64 に接触することで、外側金具 22 と電氣的に接続される。

【0051】

絶縁スペーサ 23 は、図 4 に示すように、発熱抵抗体 111 を備える。発熱抵抗体 111 は、線状に形成されており、小径部 82 の全周にわたって小径部 82 の内部に蛇行状に埋め込まれている。絶縁スペーサ 23 は、ヒータ端子 112 を備える。ヒータ端子 112 は、傾斜部 84 の外周面上の全体に亘って形成されている。そして、発熱抵抗体 111 の一端がヒータ端子 112 に接続される。

10

【0052】

絶縁スペーサ 23 は、図 5 に示すように、ヒータ端子 113 を備える。ヒータ端子 113 は、大径部 81 の内周面上において、大径部 81 の周方向に沿って延びる環状に形成されている。そして、発熱抵抗体 111 の他端がヒータ端子 113 に接続される。絶縁スペーサ 23 と絶縁スペーサ 24 とが取付金具 61 の内部に固定されている状態では、絶縁スペーサ 24 の溝 87a に配置されたヒータ接続金具 89 と、絶縁スペーサ 23 のヒータ端子 113 とが接触する。

【0053】

20

セラミック素子 12 は、図 6 に示すように、セラミック層 121, 122, 123 が順次積層されることにより、軸線方向 DA に延びる板状に形成されている。またセラミック素子 12 は、セラミック層 121 とセラミック層 122 との間に挟まれた放電電極体 124 を備える。

【0054】

セラミック層 121, 122, 123 は、図 7 に示すように、軸線方向 DA に延びる板状に形成されたアルミナ製の部材である。セラミック層 121 は、セラミック層 122, 123 よりも軸線方向 DA に沿った長さが短い。セラミック層 122 およびセラミック層 123 は、軸線方向 DA に沿った長さが互いに等しい。

【0055】

30

放電電極体 124 は、針状電極部 141 と、リード部 142 とを備える。針状電極部 141 は、軸線方向 DA に延びる針状に形成された白金製の部材である。リード部 142 は、パターン印刷により軸線方向 DA に延びる長尺状に形成されたタングステン製の部材である。針状電極部 141 における後端側 BE の端部が、リード部 142 における先端側 FE の端部に接続される。

【0056】

セラミック素子 12 は、絶縁被覆層 125, 126 と、補助電極体 127 と、素子用ヒータ 128 とを備える。

絶縁被覆層 125 は、印刷によりセラミック層 121 と同じ矩形状に形成されたアルミナ製の部材である。絶縁被覆層 126 は、印刷によりセラミック層 122, 123 と同じ矩形状に形成されたアルミナ製の部材である。

40

【0057】

補助電極体 127 は、パターン印刷により軸線方向 DA に延びる薄膜状に形成された電極である。補助電極体 127 は、矩形状に形成された補助電極部 144 と、軸線方向 DA に延びる長尺状に形成されたリード部 145 とを備える。補助電極部 144 における後端側 BE の端部が、リード部 145 における先端側 FE の端部に接続される。

【0058】

素子用ヒータ 128 は、白金を主成分としセラミックが含まれる白金ペーストを用いたパターン印刷により形成された部材である。素子用ヒータ 128 は、発熱抵抗体 147 とリード部 148, 149 とを備える。発熱抵抗体 147 の一端にリード部 148 が接続さ

50

れ、発熱抵抗体 147 の他端にリード部 149 が接続される。

【0059】

そしてセラミック素子 12 は、セラミック層 123 上に、セラミック層 123 に近い順に、素子用ヒータ 128、絶縁被覆層 126、補助電極体 127、セラミック層 122、放電電極体 124、絶縁被覆層 125 およびセラミック層 121 が積層された構造を有する。なお、図 6 に示すように、放電電極体 124 は、針状電極部 141 における先端側 FE の一部分と、リード部 142 における後端側 BE の一部分とが絶縁被覆層 125 およびセラミック層 121 に覆われないように配置される。

【0060】

そして、セラミック層 121、122 においてセラミック素子 12 の外部に対して露出し、主体金具 31 の内部に収容されるセラミックホルダ 43 の先端から先端側 FE に向かって突出している部分は、排気ガスに接するガス接触表面 12a である。このガス接触表面 12a のうち、針状電極部 141 の周囲は、絶縁性が低下すると針状電極部 141 によるコロナ放電が抑制されてしまうガス接触表面 12b である。

【0061】

またセラミック素子 12 は、図 7 に示すように、導通パターン 131 と電極パッド 132、133、134 とを備える。

導通パターン 131 は、絶縁被覆層 126 とセラミック層 123 との間において、素子用ヒータ 128 より後端側 BE に配置される。電極パッド 132、133、134 は、セラミック層 123 においてセラミック層 122 に対向する面とは反対側の面上に密着して配置されている。また、電極パッド 132、133、134 は、セラミック素子 12 における後端側 BE の端部に配置されている。

【0062】

導通パターン 131 は、絶縁被覆層 126 における後端側 BE の端部に形成された貫通孔 126a を介して、補助電極体 127 のリード部 145 と電氣的に接続される。さらに導通パターン 131 は、セラミック層 123 を貫通するスルーホール導体 123a を介して、電極パッド 132 と電氣的に接続される。

【0063】

電極パッド 133 は、セラミック層 123 を貫通するスルーホール導体 123b を介して、素子用ヒータ 128 のリード部 148 と電氣的に接続される。電極パッド 134 は、セラミック層 123 を貫通するスルーホール導体 123c を介して、素子用ヒータ 128 のリード部 149 と電氣的に接続される。

【0064】

そして、放電電極体 124 における後端側 BE の端部は、金属端子 106 に接触する。電極パッド 132 は、金属端子 107 に接触する。電極パッド 133 は、金属端子 108 に接触する。電極パッド 134 は、金属端子 109 に接触する。

【0065】

センサ制御装置 1 は、図 8 に示すように、絶縁トランス 161 と、内側回路ケース 162 と、外側回路ケース 163 と、イオン源電源回路 164 と、補助電極電源回路 165 と、計測制御部 166 とを備える。

【0066】

絶縁トランス 161 は、一次側鉄心 171 と、二次側鉄心 172 と、一次側コイル 173 と、二次側コイル 174、175 とを備える。一次側コイル 173 は、一次側鉄心 171 に巻き付けられている。一次側コイル 173 の両端は、計測制御部 166 に接続される。二次側コイル 174、175 は、二次側鉄心 172 に巻き付けられている。二次側コイル 174 の両端は、イオン源電源回路 164 に接続される。二次側コイル 175 の両端は、補助電極電源回路 165 に接続される。

【0067】

内側回路ケース 162 は、イオン源電源回路 164 および補助電極電源回路 165 を包囲する導体である。内側回路ケース 162 は、二次側鉄心 172、内側外部導体 101b

10

20

30

40

50

および内側外部導体 102b に接続される。

【0068】

外側回路ケース 163 は、内側回路ケース 162 および計測制御部 166 を包囲する導体である。外側回路ケース 163 は接地されている。また外側回路ケース 163 は、一次側鉄心 171、外側外部導体 101c および外側外部導体 102c に接続される。

【0069】

イオン源電源回路 164 は、一次側コイル 173 に電流が流れることにより二次側コイル 174 の両端で発生する高電圧を出力する。イオン源電源回路 164 は、出力端 164a, 164b を備える。出力端 164a は、内側外部導体 101b に接続される。出力端 164b は、リード線 101a に接続される。なお、出力端 164b の電位は、出力端 164a の電位より高い。

10

【0070】

補助電極電源回路 165 は、一次側コイル 173 に電流が流れることにより二次側コイル 175 の両端で発生する高電圧を出力する。補助電極電源回路 165 は、出力端 165a, 165b を備える。出力端 165a は、内側外部導体 102b に接続される。出力端 165b は、リード線 102a に接続される。なお、出力端 165b の電位は、出力端 165a の電位より高い。

【0071】

計測制御部 166 は、電流検出回路 181 と、ヒータ通電回路 182, 183 と、マイクロコンピュータ 184 と、レギュレータ電源 185 とを備える。

20

電流検出回路 181 は、入力端 181a, 181b および出力端 181c を備える。入力端 181a は、内側回路ケース 162 に接続される。入力端 181b は、外側回路ケース 163 に接続される。電流検出回路 181 は、入力端 181a と入力端 181b との間を流れる電流を検出し、その検出結果を示す信号を出力端 181c から出力する。

【0072】

ヒータ通電回路 182 は、出力端 182a, 182b を備える。出力端 182a は、リード線 103a に接続される。出力端 182b は、外側回路ケース 163 に接続される。ヒータ通電回路 182 は、マイクロコンピュータ 184 からの指示に従って、出力端 182a と出力端 182b との間に PWM 制御電圧を印加することにより、素子用ヒータ 128 へ PWM 信号を出力して、素子用ヒータ 128 の温度を制御する。PWM は、Pulse Width Modulation の略である。

30

【0073】

ヒータ通電回路 183 は、出力端 183a, 183b を備える。出力端 183a は、リード線 105a に接続される。出力端 183b は、外側回路ケース 163 に接続されるとともに、リード線 104a に接続される。ヒータ通電回路 183 は、マイクロコンピュータ 184 からの指示に従って、出力端 183a と出力端 183b との間に、予め設定されたヒータ通電電圧を印加することにより、発熱抵抗体 111 を発熱させる。

【0074】

マイクロコンピュータ 184 は、CPU、ROM、RAM および信号入出力部等を備える。マイクロコンピュータの各種機能は、CPU が非遷移的実体的記録媒体に格納されたプログラムを実行することにより実現される。この例では、ROM が、プログラムを格納した非遷移的実体的記録媒体に該当する。また、このプログラムの実行により、プログラムに対応する方法が実行される。なお、CPU が実行する機能の一部または全部を、一つあるいは複数の IC 等によりハードウェア的に構成してもよい。

40

【0075】

レギュレータ電源 185 は、センサ制御装置 1 の外部に設置されているバッテリー 8 から電圧供給を受けて、センサ制御装置 1 を動作させるための電圧を生成する。

図 9 に示すように、外側プロテクタ 51 は、先端側 FE の端部に開口部 51a が形成されている。また外側プロテクタ 51 は、側面の先端側 FE に複数のガス取入口 51b が形成されている。内側プロテクタ 52 は、内側プロテクタ 52 における先端側 FE の端部が

50

外側プロテクタ 5 1 の開口部 5 1 a から先端側 F E へ突出するように配置される。

【 0 0 7 6 】

内側プロテクタ 5 2 は、先端側 F E の端部にガス排出口 5 2 a が形成されている。また内側プロテクタ 5 2 は、側面において、外側プロテクタ 5 1 のガス取入口 5 1 b よりも後端側 B E に複数のガス導入口 5 2 b が形成されている。

【 0 0 7 7 】

矢印 L 1 で示すように排気ガスが排気管 6 内を流れると、内側プロテクタ 5 2 のガス排出口 5 2 a の外側で排気ガスの流速が上昇し、ガス排出口 5 2 a の付近に負圧が発生する。

この負圧により、矢印 L 2 , L 3 , L 4 で示すように、内側プロテクタ 5 2 内の排気ガスが、ガス排出口 5 2 a から内側プロテクタ 5 2 の外部へ排出される。これにより、矢印 L 5 , L 6 で示すように、外側プロテクタ 5 1 のガス取入口 5 1 b の付近に存在している排気ガスが、ガス取入口 5 1 b を通って外側プロテクタ 5 1 の内部へ吸引される。さらに、矢印 L 7 , L 8 , L 9 , L 1 0 で示すように、外側プロテクタ 5 1 の内部へ吸引された排気ガスは、ガス導入口 5 2 b を通って内側プロテクタ 5 2 の内部へ流入する。

【 0 0 7 8 】

そして、イオン源電源回路 1 6 4 によって放電電極体 1 2 4 の針状電極部 1 4 1 に高電圧（例えば、1 ~ 2 k V）が印加されると、針状電極部 1 4 1 と内側プロテクタ 5 2 との間でコロナ放電が発生する。このコロナ放電により、針状電極部 1 4 1 の周囲で陽イオン P I が発生する。

【 0 0 7 9 】

また、ガス導入口 5 2 b から排気ガスが流入することにより、内側プロテクタ 5 2 の内部では、後端側 B E から先端側 F E へ向かう排気ガスの気流が発生している。これにより、針状電極部 1 4 1 の周囲で発生した陽イオン P I が、排気ガスに含まれる微粒子 M P に吸着して帯電し、帯電微粒子を生成する。

【 0 0 8 0 】

また、補助電極電源回路 1 6 5 によって補助電極体 1 2 7 の補助電極部 1 4 4 に予め設定された電圧（例えば、1 0 0 ~ 2 0 0 V）が印加される。これにより、排気ガス中の微粒子 M P に吸着せずに浮遊する陽イオン P I は、補助電極部 1 4 4 との間で作用する反発力により、補助電極部 1 4 4 から遠ざかる方向に移動する。そして、補助電極部 1 4 4 から遠ざかる方向に移動する陽イオン P I は、陰極となる内側プロテクタ 5 2 の内壁に捕捉される。一方、陽イオン P I が吸着することにより帯電微粒子は、陽イオン P I と比較して質量が大きいため、補助電極部 1 4 4 との間で作用する反発力の影響が小さい。このため、帯電微粒子は、排気ガスの流れに従って、ガス排出口 5 2 a から排出される。

【 0 0 8 1 】

なお、内側金具 2 1 と外側金具 2 2 は、絶縁スペーサ 2 3 , 2 4 により互いに絶縁されている。すなわち、外側金具 2 2 は外側外部導体 1 0 1 c , 1 0 2 c を介して接地され、内側金具 2 1 は、接地電位にされている外側金具 2 2 と絶縁された状態で排気管 6 内に保持されている。

【 0 0 8 2 】

ここで、微粒子センサ 2 の外部へ排出される陽イオン P I の流れに相当する電流を漏洩電流 $I_{e s c}$ とし、内側金具 2 1 に捕捉される陽イオン P I の流れに相当する電流を捕捉電流 $I_{t r p}$ とすると、下式（1）に示す関係が成立する。

【 0 0 8 3 】

$$I_{i n} = I_{d c} + I_{t r p} + I_{e s c} \quad \cdots (1)$$

そして、放電電流 $I_{d c}$ と捕捉電流 $I_{t r p}$ が内側金具 2 1 に流れ、入力電流 $I_{i n}$ は一定値に保持されている。入力電流 $I_{i n}$ は、コロナ放電により陽イオン P I を発生させるための電流である。

【 0 0 8 4 】

このため、下式（2）に示すように、入力電流 $I_{i n}$ と、放電電流 $I_{d c}$ および捕捉電

流 I_{trp} の合計との差分により、漏洩電流 I_{esc} を算出することができる。

$$I_{esc} = I_{in} - (I_{dc} + I_{trp}) \quad \cdots (2)$$

上式(2)に示すように、内側金具21では、入力電流 I_{in} に対して漏洩電流 I_{esc} 分少ない電流が流れるために、内側金具21の基準電位が外側金具22の基準電位より低下する内側金具21の電位の低下に伴い、この電位低下を補償する補償電流 I_c が電流検出回路181から内側外部導体102bを介して内側金具21へ流れる。この補償電流 I_c は、漏洩電流 I_{esc} に相当する。換言すれば、補償電流 I_c (または、漏洩電流 I_{esc}) は、帯電微粒子の量に応じて流れる信号電流に相当する。電流検出回路181は、補償電流 I_c の値を計測し、この補償電流 I_c の計測値を、漏洩電流 I_{esc} の計測値とする。そして電流検出回路181は、漏洩電流 I_{esc} の計測値を示す漏洩電流信号を

10

【0085】

マイクロコンピュータ184は、電流検出回路181から入力された漏洩電流信号に基づいて漏洩電流 I_{esc} の計測値を特定し、漏洩電流 I_{esc} の計測値と排気ガス中の微粒子の量との対応関係を示すマップまたは演算式などを用いて、排気ガス中の微粒子の量を算出する。ここで、排気ガス中の微粒子の量は、例えば、微粒子の表面積を基準とする量として評価することもでき、微粒子の質量を基準とする量として評価することもできる。あるいは、排ガス中の微粒子量は、単位体積量の排ガス中の微粒子の個数を基準とする量として評価することもできる。本実施形態では、 $[mg/m^3]$ を単位として微粒子量を算出する。

20

【0086】

またマイクロコンピュータ184は、素子用ヒータ128および発熱抵抗体111を発熱させることにより、放電電極体124の針状電極部141に付着した微粒子と、絶縁スペーサ23におけるガス接触表面23aに付着した微粒子とを燃焼させて除去する。

【0087】

またマイクロコンピュータ184は、フィルタ故障判定処理と過渡期間判定処理とを実行する。

まず、フィルタ故障判定処理の手順を説明する。フィルタ故障判定処理は、マイクロコンピュータ184の動作中に繰り返し実行される処理である。

【0088】

フィルタ故障判定処理が実行されると、マイクロコンピュータ184のCPUは、図10に示すように、まずS10にて、電流検出回路181から出力される漏洩電流信号(以下、センサ出力)を、前回取得した時点から予め設定された単位測定時間(本実施形態では50ms)が経過した時点で取得する。その後S20にて、S10で取得したセンサ出力に基づいて、排気ガス中の微粒子の量を算出する。

30

【0089】

そしてS30にして、予め設定された故障判定開始条件が成立したか否かを判断する。本実施形態の故障判定開始条件は、エンジンECU4から定期的(本実施形態では50ms毎)に受信するDPF再生フラグ情報が示すDPF再生フラグの値が1から0に変化してから予め設定された故障判定開始時間(本実施形態では、例えば10秒)が経過していない状態から、故障判定開始時間が経過した状態へ遷移することである。すなわち、マイクロコンピュータ184のCPUは、前回(すなわち、単位測定時間前)のS30において「DPF再生フラグの値が1から0に変化してから故障判定開始時間が経過していない」と判断し、今回のS30において「故障判定開始時間が経過している」と判断した場合に、故障判定開始条件が成立したと判断する。以下の説明において、フラグをセットするとは、そのフラグの値を1にすることを示し、フラグをクリアするとは、そのフラグの値を0にすることを示す。

40

【0090】

エンジンECU4は、DPF7に捕集された微粒子を燃焼させて除去するDPF再生処理を実行しているときにDPF再生フラグの値を1に設定し、DPF再生処理を実行して

50

いないときにDPF再生フラグの値を0に設定する。なお、エンジンECU4は、DPF7に捕集された微粒子の量を推定し、推定した微粒子量が予め設定された再生開始判定値より大きくなった場合に、排気行程中のポスト噴射をDPF再生処理として実行する。排気管6においてDPF7より上流側に設置された酸化触媒は、ポスト噴射により排気管6内に供給された未燃燃料である炭化水素(HC)を触媒反応により燃焼させて排気ガスの温度を上昇させる。そして、昇温された排気ガスがDPF7に流入することでDPF7の温度が上昇し、DPF7に捕集された微粒子が燃焼する。これにより、DPF7から微粒子が除去される。

【0091】

ここで、故障判定開始条件が成立していない場合には、S10に移行する。一方、故障判定開始条件が成立した場合には、S40にて、RAMに設けられたタイマT1を起動する。このタイマT1は、例えば1秒毎にインクリメントするタイマであり、起動されると、その値が0からインクリメント(すなわち、1加算)する。

10

【0092】

そしてS50にて、前回取得した時点から単位測定時間が経過した時点でセンサ出力を取得する。その後S60にて、S50で取得したセンサ出力に基づいて、排気ガス中の微粒子の量を算出する。さらにS70にて、ディーゼルエンジン3から排気管6へ排出された排気ガスの流量(以下、排気流量)を示す排気流量情報をエンジンECU4から取得する。

20

【0093】

そしてS80にて、下流累積値 Vc_d を算出する。具体的には、まず、S60で算出された微粒子量に、排気流量情報が示す排気流量を乗じた乗算値を算出する。その後、RAMに設けられた下流累積値 Vc_d に格納された値と、算出された乗算値とを加算し、この加算値を下流累積値 Vc_d に格納する。なお、エンジンECU4は、少なくとも吸気流量、排気温度および燃料噴射量に基づいて、排気流量を算出する。また、S60で算出された微粒子量は、 $[mg/m^3]$ を単位とした値であり、排気流量情報が示す排気流量は $[m^3/s]$ を単位とした値である。したがって、下流累積値 Vc_d の単位は、 $[mg/s]$ である。

【0094】

またS90にて、ディーゼルエンジン3から排出された排気ガスに含まれる微粒子の量(以下、上流微粒子量)を示す上流微粒子量情報をエンジンECU4から取得する。上流微粒子量は $[mg/s]$ を単位とした値である。エンジンECU4は、ディーゼルエンジン3を制御するための制御値(例えば、吸入空気量、燃料噴射タイミング、噴射量および噴射圧など)と、ディーゼルエンジン3の運転状態を検出する各種センサからの検出信号とに基づいて、上流微粒子量を推定する。なお、エンジンECU4が上流微粒子量を推定する手法については、例えば特開2015-190397号公報等にて公知であるため、詳述は省略する。

30

【0095】

さらにS100にて、上流累積値 Vc_u を算出する。具体的には、RAMに設けられた上流累積値 Vc_u に格納された値と、S90で取得した上流微粒子量情報が示す上流微粒子量とを加算し、この加算値を上流累積値 Vc_u に格納する。

40

【0096】

そしてS110にて、RAMに設けられた過渡期間フラグがセットされているか否かを判断する。ここで、過渡期間フラグがセットされている場合には、図11に示すように、フィルタ故障判定処理を一旦終了する。一方、過渡期間フラグがセットされていない場合には、図10に示すように、S120にて、予め設定された故障判定終了条件が成立したか否かを判断する。本実施形態の故障判定終了条件は、タイマT1の値が予め設定された故障判定終了時間(本実施形態では、20秒)に相当する値以上であることである。

【0097】

ここで、故障判定終了条件が成立していない場合には、S50に移行する。一方、故障

50

判定終了条件が成立した場合には、図 11 に示すように、S 130 にて、下流平均微粒子量を算出する。具体的には、下流累積値 Vc_d をタイマ $T1$ の値で除した除算値を上記の下流平均微粒子量とする。

【0098】

そして S 140 にて、ディーゼルエンジン 3 が使用された累積時間（以下、エンジン使用時間）を示すエンジン使用時間情報をエンジン ECU 4 から取得する。さらに S 150 にて、再生直後捕集効率 EF_r を設定する。具体的には、S 140 で取得したエンジン使用時間情報が示すエンジン使用時間に基づき、捕集効率マップを参照して、再生直後捕集効率 EF_r を算出する。捕集効率マップは、エンジン使用時間と再生直後捕集効率 EF_r との対応関係が設定されたマップであり、エンジン使用時間と再生直後捕集効率 EF_r との間で正の相関を有するように設定されている。なお、「エンジン使用時間と再生直後捕集効率 EF_r との間で正の相関を有する」とは、エンジン使用時間の増加に伴い連続的に再生直後捕集効率 EF_r が増加することだけではなく、エンジン使用時間の増加に伴い段階的に再生直後捕集効率 EF_r が増加することも含む。捕集効率マップは、例えば、エンジン使用時間が 1 万時間増加する毎に、再生直後捕集効率 EF_r が 0.02 増加するように設定されている。

10

【0099】

エンジン使用時間が長くなるほど再生直後捕集効率 EF_r が増加するのは、DPF 7 内にアッシュが堆積するためである。アッシュは、エンジンオイルや燃料添加剤などに由来する金属酸化物、硫酸塩やリン酸塩からなる不燃性物質である。排気ガスが DPF 7 内を通過することにより DPF 7 内にアッシュが堆積する。DPF 7 内を通過する排気ガスの量が多い程、DPF 7 内に堆積するアッシュの量が多くなる。そして、上述のようにアッシュは不燃性物質であるため、DPF 7 内に堆積した微粒子と異なり、DPF 再生処理により燃焼させて除去することができない。これにより、エンジン使用時間が長くなる程、DPF 7 内に堆積したアッシュの量が多くなり、DPF 7 内を微粒子が通過し難くなるために、再生直後捕集効率 EF_r が増加する。

20

【0100】

そして S 160 にて、下流推定平均微粒子量を算出する。具体的には、まず、S 150 で設定された再生直後捕集効率 EF_r と、上流累積値 Vc_u とを用いて、下式 (3) により、下流推定微粒子量 Ve_d を算出する。そして、算出された下流推定微粒子量 Ve_d をタイマ $T1$ の値で除した除算値を上記の下流推定平均微粒子量とする。

30

【0101】

$$Ve_d = (1 - EF_r) \times Vc_u \quad \cdots (3)$$

さらに S 170 にて、下流累積値 Vc_d および上流累積値 Vc_u をリセット（すなわち、0 に設定）する。

【0102】

そして S 180 にて、微粒子量比が予め設定された故障判定値以上であるか否かを判断する。微粒子量比は、下流平均微粒子量を下流推定平均微粒子量で除した除算値である。ここで、微粒子量比が故障判定値未満である場合には、フィルタ故障判定処理を一旦終了する。一方、微粒子量比が故障判定値以上である場合には、S 190 にて、RAM に設けられたフィルタ故障フラグをセットし、フィルタ故障判定処理を一旦終了する。

40

【0103】

次に、過渡期間判定処理の手順を説明する。過渡期間判定処理は、マイクロコンピュータ 184 の動作中に繰り返し実行される処理である。

過渡期間判定処理が実行されると、マイクロコンピュータ 184 の CPU は、図 12 に示すように、まず S 310 にて、車両の走行速度（以下、車速）を示す車速情報をエンジン ECU 4 から取得する。そして S 320 にて、過渡期間フラグがセットされているか否かを判断する。

【0104】

ここで、過渡期間フラグがセットされている場合には、S 350 に移行する。一方、過

50

渡期間フラグがセットされていない場合には、S 3 3 0 にて、予め設定された過渡期間開始条件が成立したか否かを判断する。本実施形態の過渡期間開始条件は、車速が 0 [m / s] である状態から、車速が 0 [m / s] より大きい状態へ移行することである。ここで、過渡期間開始条件が成立していない場合には、過渡期間判定処理を一旦終了する。一方、過渡期間開始条件が成立した場合には、S 3 4 0 にて、過渡期間フラグをセットして、過渡期間判定処理を一旦終了する。

【 0 1 0 5 】

また S 3 2 0 にて、過渡期間フラグがセットされている場合には、S 3 5 0 にて、予め設定された過渡期間終了条件が成立したか否かを判断する。本実施形態の過渡期間終了条件は、車速の単位時間当りの変化量が $0 \text{ [m / s }^2 \text{]}$ より大きい状態から、車速の単位時間当りの変化量が $0 \text{ [m / s }^2 \text{]}$ である状態へ移行することである。換言すると、車両が加速している状態から、車両が定速走行している状態へ移行することである。ここで、過渡期間終了条件が成立していない場合には、過渡期間判定処理を一旦終了する。一方、過渡期間終了条件が成立した場合には、S 3 6 0 にて、過渡期間フラグをクリアして、過渡期間判定処理を一旦終了する。

10

【 0 1 0 6 】

図 1 3 は、D P F 再生処理直前から D P F 再生処理直後までにおける D P F 再生フラグ、D P F 下流排気温度および D P F 下流微粒子量の時間変化を示す。D P F 下流排気温度は、D P F 7 から排出された排気ガスの温度である。D P F 下流微粒子量は、D P F 7 から排出された排気ガスに含まれる微粒子の量である。

20

【 0 1 0 7 】

図 1 3 に示すように、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの期間 T P 1 は、D P F 再生処理直前の期間である。期間 T P 1 では、D P F 再生フラグの値は 0 である。また、期間 T P 1 における D P F 下流排気温度を温度 $E T 1 \text{ [} \quad \text{]}$ とし、期間 T P 1 における D P F 下流微粒子量を微粒子量 $A P 1 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ とする。

【 0 1 0 8 】

時刻 t_1 から時刻 t_2 までの期間 T P 2 は、D P F 再生処理中の期間である。期間 T P 2 では、D P F 再生フラグの値は 1 である。期間 T P 2 における D P F 下流排気温度は、温度 $E T 1 \text{ [} \quad \text{]}$ から徐々に上昇し、時刻 t_2 で温度 $E T 2 \text{ [} \quad \text{]}$ となる。期間 T P 2 における D P F 下流微粒子量は、粒子量 $A P 1 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ より小さい粒子量 $A P 2 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ となる。

30

【 0 1 0 9 】

時刻 t_2 から時刻 t_5 までの期間 T P 3 は、D P F 再生処理直後であり且つ D P F 故障判定（すなわち、S 3 0 ~ S 1 9 0 の処理）が行われていない期間である。期間 T P 3 では、D P F 再生フラグの値は 0 である。期間 T P 3 における D P F 下流排気温度は、温度 $E T 2 \text{ [} \quad \text{]}$ から徐々に下降する。また、期間 T P 3 では、D P F 再生処理直後に、D P F 下流微粒子量のピークが発生する。すなわち、D P F 再生処理直後に D P F 下流微粒子量が急激に増加して、時刻 t_3 で粒子量 $A P 3 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ となり、その直後に D P F 下流微粒子量が急激に減少して、時刻 t_4 で、粒子量 $A P 1 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ より大きい粒子量 $A P 4 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ となる。その後、D P F 下流微粒子量は、粒子量 $A P 4 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ を維持する。

40

【 0 1 1 0 】

時刻 t_5 から時刻 t_6 までの期間 T P 4 は、D P F 再生処理直後であり且つ D P F 故障判定が行われている期間である。期間 T P 4 では、D P F 再生フラグの値は 0 である。期間 T P 4 では、D P F 下流排気温度は徐々に下降する。また、期間 T P 4 では、粒子量 $A P 4 \text{ [m g / m }^3 \text{]}$ を維持する。したがって、D P F 再生処理直後の期間 T P 4 では、D P F 再生処理直前の期間 T P 1 よりも D P F 下流微粒子量が大きくなる。

【 0 1 1 1 】

このように構成されたセンサ制御装置 1 は、D P F 7 の故障診断を、D P F 7 から排出される微粒子の量を検出する微粒子センサ 2 を用いて行う。D P F 7 は、ディーゼルエン

50

ジン 3 の排気管 6 に取り付けられて、ディーゼルエンジン 3 から排出される排気ガスに含まれる微粒子を除去する。微粒子センサ 2 は、内側金具 2 1 およびセラミック素子 1 2 を備える。以下、内側金具 2 1 およびセラミック素子 1 2 を検出部ともいう。内側金具 2 1 およびセラミック素子 1 2 (すなわち、検出部) は、自身の内部に流入される排気ガスに含まれる微粒子を帯電させて帯電微粒子を生成するように構成される。

【0112】

センサ制御装置 1 は、D P F 7 に捕集された微粒子を除去することにより D P F 7 を再生する D P F 再生処理が完了した直後における予め設定された故障判定期間内であるか否かを判断する。故障判定期間は、故障判定開始条件が成立してから故障判定終了条件が成立するまでの期間である。センサ制御装置 1 は、故障判定期間内であると判断した場合に、微粒子センサ 2 の検出結果を示すセンサ出力を取得する。

10

【0113】

またセンサ制御装置 1 は、D P F 7 に流入する前における排気ガスに含まれる微粒子の量である上流微粒子量を示す上流微粒子量情報を取得する。またセンサ制御装置 1 は、取得された上流微粒子量情報が示す上流微粒子量と、D P F 再生処理が完了した直後における D P F 7 の捕集効率を示す予め設定された再生直後捕集効率 EF_r とに基づいて、故障判定期間内において D P F 7 から排出される微粒子の量に関連した下流推定平均微粒子量を算出する。またセンサ制御装置 1 は、取得されたセンサ出力に基づいて、故障判定期間内において D P F 7 から排出される微粒子の量に関連した下流平均微粒子量を算出する。そしてセンサ制御装置 1 は、下流推定平均微粒子量と下流平均微粒子量とに基づいて、D P F 7 が故障しているか否かを判断する。

20

【0114】

このようにセンサ制御装置 1 は、上流微粒子量と再生直後捕集効率 EF_r とに基づいて推定された下流推定平均微粒子量と、センサ出力に基づいて算出された下流平均微粒子量とに基づいて、D P F 7 の故障を判断する。センサ出力は、D P F 再生処理が完了した直後において D P F 7 から排出される微粒子の量を微粒子センサ 2 が検出した結果を示す。そして、D P F 再生処理が完了した直後における再生直後捕集効率 EF_r は、D P F 再生処理が開始される前と比較して低くなる。すなわち、D P F 再生処理が完了した直後は、D P F 再生処理が開始される前と比較して、センサ出力が大きくなる。このため、センサ制御装置 1 は、D P F 7 の故障を判断するために用いられるセンサ出力に対するノイズの影響を抑制することができ、D P F 7 の故障診断の信頼性を向上させることができる。

30

【0115】

またセンサ制御装置 1 は、エンジン使用時間と再生直後捕集効率 EF_r との間で正の相関を有するように再生直後捕集効率 EF_r を設定する。これにより、センサ制御装置 1 は、下流推定平均微粒子量をより精度良く推定することができ、D P F 7 の故障診断の信頼性を更に向上させることができる。

【0116】

またセンサ制御装置 1 は、ディーゼルエンジン 3 を搭載した車両が燃料噴射を伴って加速している過渡状態であるか否かを、予め設定された過渡判断条件に基づいて判断する。過渡判断条件は、過渡期間開始条件が成立してから過渡期間終了条件が成立するまでである。そしてセンサ制御装置 1 は、故障判定期間内であると判断し、且つ、過渡状態であると判断している場合に、D P F 7 の故障診断を禁止する。これにより、センサ制御装置 1 は、ディーゼルエンジン 3 の運転状態が安定していないために上流微粒子量の推定精度が悪くなる過渡状態であるときを除外して、D P F 7 が故障しているか否かを判断するため、D P F 7 の故障診断の信頼性を更に向上させることができる。

40

【0117】

以上説明した実施形態において、センサ制御装置 1 はフィルタ診断装置に相当し、ディーゼルエンジン 3 は内燃機関に相当し、D P F 7 はフィルタに相当し、内側金具 2 1 およびセラミック素子 1 2 が検出部に相当する。

50

【 0 1 1 8 】

また、S 3 0 , S 4 0、S 1 2 0 は期間判断部としての処理に相当し、S 5 0 は出力取得部としての処理に相当し、S 9 0 は上流微粒子量取得部としての処理に相当し、S 1 0 0 , S 1 4 0 ~ S 1 6 0 は第 1 関連量算出部としての処理に相当し、S 6 0 ~ S 8 0 , S 1 3 0 は第 2 関連量算出部としての処理に相当し、S 1 8 0 は故障判断部としての処理に相当する。

【 0 1 1 9 】

また、D P F 再生処理はフィルタ再生処理に相当し、下流推定平均微粒子量は第 1 関連量算出部により算出された第 1 下流微粒子関連量に相当し、下流平均微粒子量は第 2 関連量算出部により算出された第 2 下流微粒子関連量に相当する。

10

【 0 1 2 0 】

また、S 3 1 0 ~ S 3 6 0 は過渡判断部としての処理に相当し、S 1 1 0 は禁止部としての処理に相当する。

以上、本開示の一実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されるものではなく、種々変形して実施することができる。

【 0 1 2 1 】

例えば上記実施形態では、第 1 下流微粒子関連量に相当する下流推定平均微粒子量および第 2 下流微粒子関連量に相当する下流平均微粒子量が、故障判定期間内において D P F 7 から排出される微粒子の量の平均値である形態を示した。しかし、第 1、第 2 下流微粒子関連量として、故障判定期間内において D P F 7 から排出される微粒子の量を累積した累積値を用いるようにしてもよい。

20

【 0 1 2 2 】

また上記実施形態では、エンジン使用時間に基づいて再生直後捕集効率 $E F_r$ を設定する形態を示したが、エンジン使用時間の代わりに、エンジン使用時間と正の相関を有するパラメータを用いるようにしてもよい。例えば、D P F 7 が使用された累積時間であるフィルタ使用時間、または、フィルタ使用時間に亘って D P F 7 内に堆積した微粒子の総量である微粒子総堆積量を用いるようにしてもよい。

【 0 1 2 3 】

また上記実施形態では、故障判定期間内に過渡状態になると、故障判定期間内におけるセンサ出力の取得を中止することにより D P F 7 の故障診断を禁止する形態を示した。しかし、故障判定期間内に過渡状態になってもセンサ出力の取得を中止することなく継続し、故障判定期間が終了した後に、D P F 7 の故障診断を禁止するようにしてもよい。または、故障判定期間内において過渡状態になったときのセンサ出力のみを除外にして、D P F 7 の故障を判断するようにしてもよい。

30

【 0 1 2 4 】

また上記実施形態では、捕集効率マップを参照して、再生直後捕集効率 $E F_r$ を算出する形態を示したが、エンジン使用時間と再生直後捕集効率 $E F_r$ との対応関係が設定された関係式を用いて再生直後捕集効率 $E F_r$ を算出するようにしてもよい。

【 0 1 2 5 】

また上記実施形態では、車速を用いて、過渡状態であるか否かを判断する形態を示した。しかし、車速以外のパラメータを用いて、車両が燃料噴射を伴って加速している過渡状態であるか否かを判断するようにしてもよい。例えば、エンジン回転数、燃料噴射圧、アクセル開度、燃料噴射量、ディーゼルエンジン 3 に吸入される空気量（以下、吸入空気量）、吸気空気圧およびスロットル開度の少なくとも一つを用いるようにしてもよい。または、「吸入空気量 × 吸気空気圧」のように、エンジン負荷またはトルクを推定するためのパラメータを用いるようにしてもよい。または、空燃比、排気ガス温度、燃料噴射タイミング、E G R パルプタイミングおよび D P F 差圧の少なくとも一つを用いるようにしてもよい。

40

【 0 1 2 6 】

また、上記実施形態における 1 つの構成要素が有する機能を複数の構成要素に分担させ

50

たり、複数の構成要素が有する機能を１つの構成要素に発揮させたりしてもよい。また、上記実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、他の上記実施形態の構成に対して付加、置換等してもよい。なお、特許請求の範囲に記載の文言から特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本開示の実施形態である。

【 0 1 2 7 】

上述したセンサ制御装置１の他、当該センサ制御装置１を構成要素とするシステム、当該センサ制御装置１としてコンピュータを機能させるためのプログラム、このプログラムを記録した媒体、故障診断方法など、種々の形態で本開示を実現することもできる。

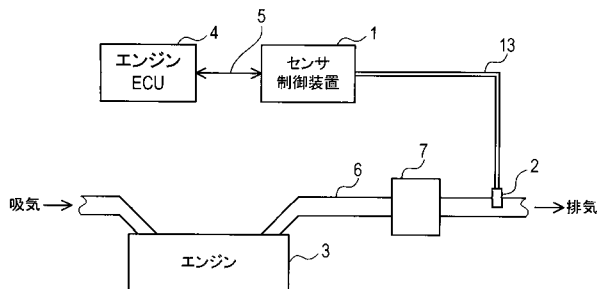
【 符号の説明 】

10

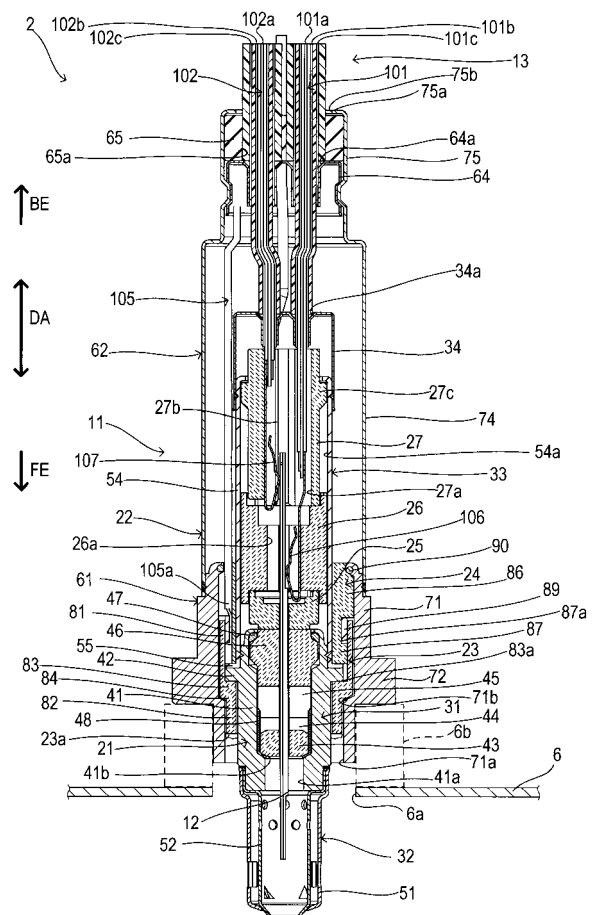
【 0 1 2 8 】

１…センサ制御装置、２…微粒子センサ、３…ディーゼルエンジン、６…排気管、７…ＤＰＦ、１２…セラミック素子、２１…内側金具

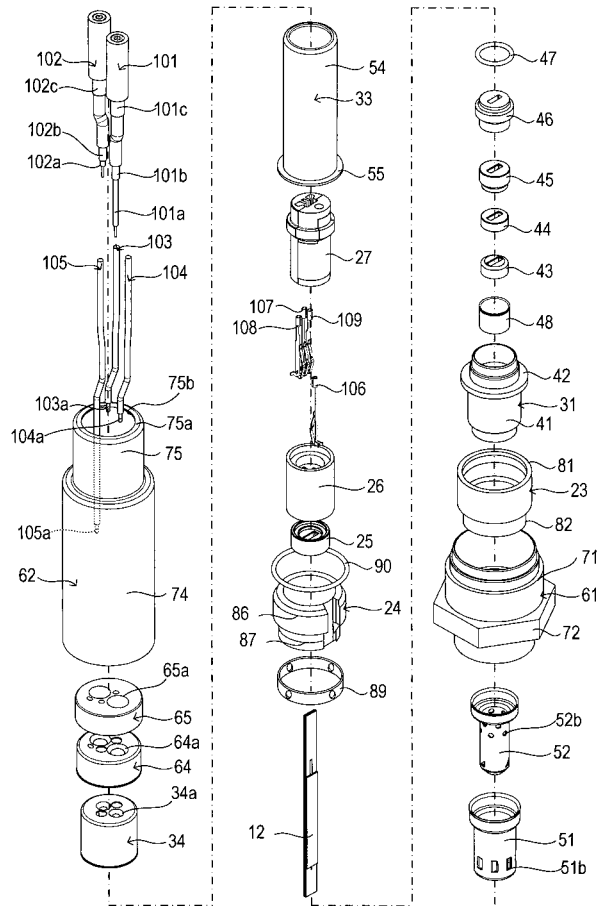
【 図 １ 】



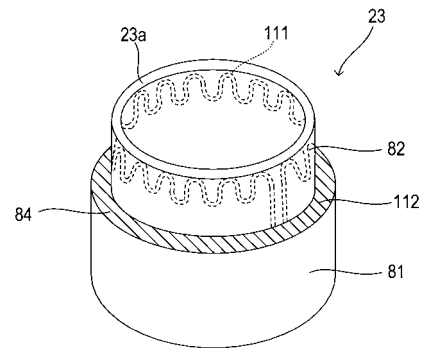
【 図 ２ 】



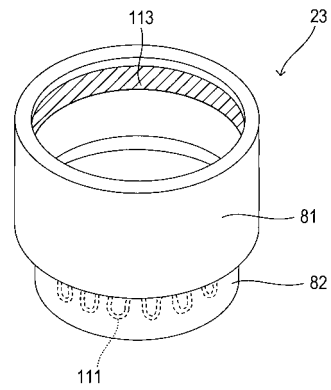
【図 3】



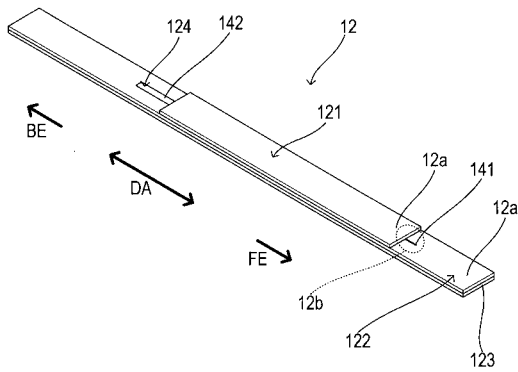
【図 4】



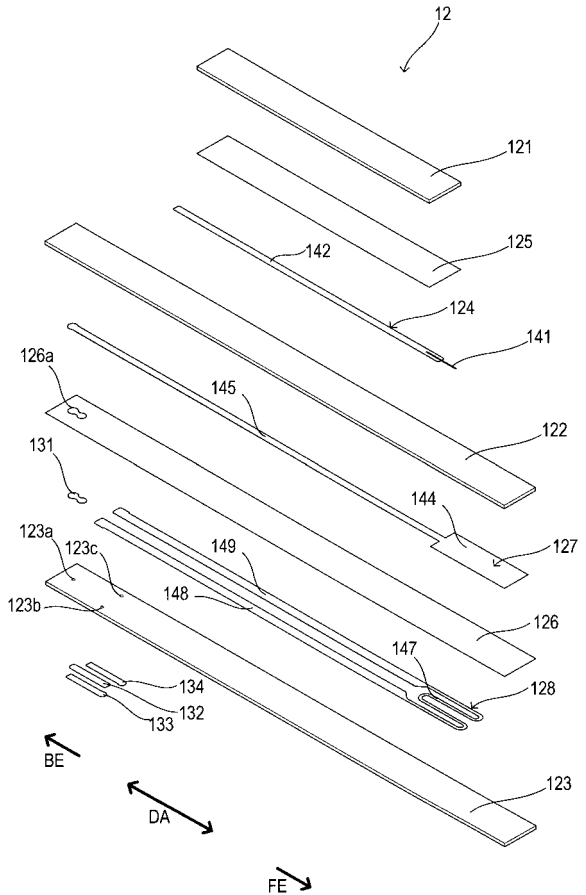
【図 5】



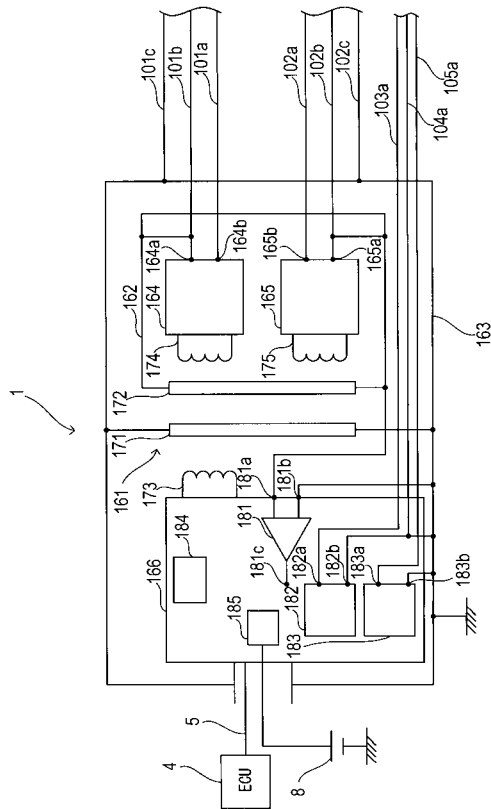
【図 6】



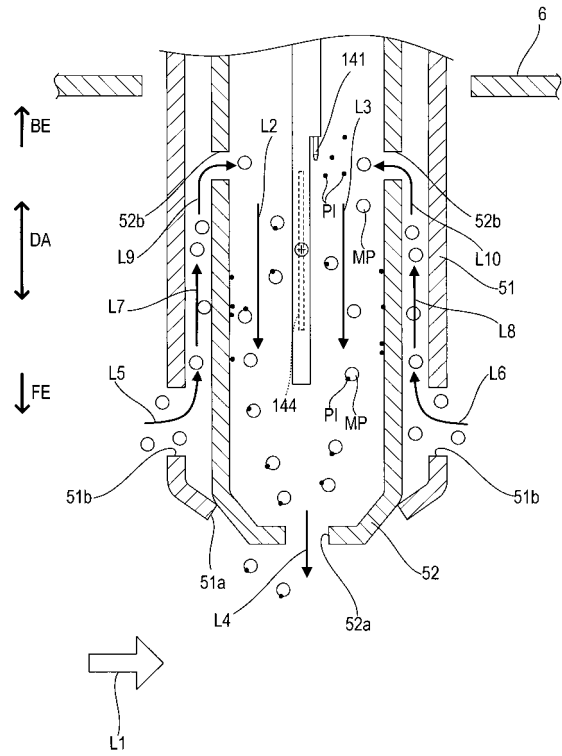
【図 7】



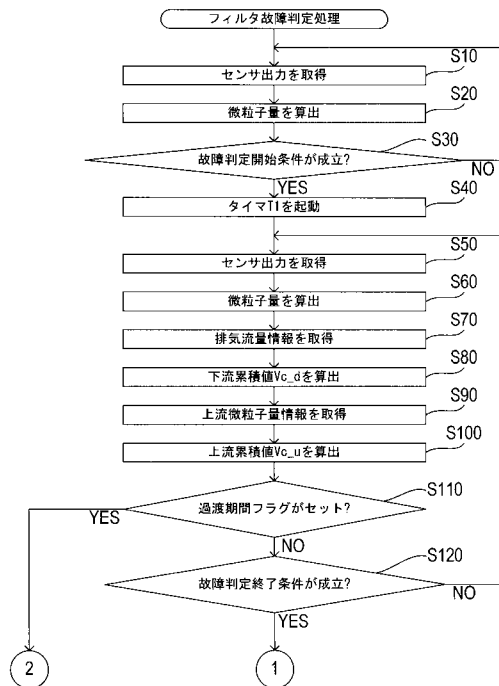
【図 8】



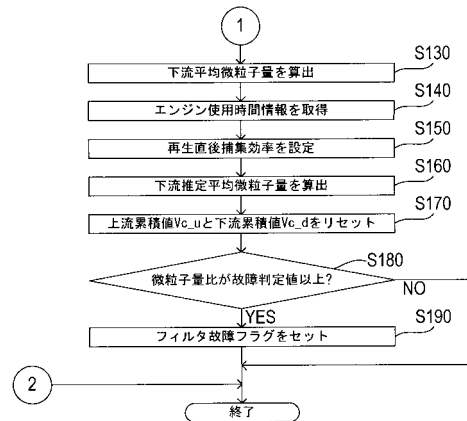
【図 9】



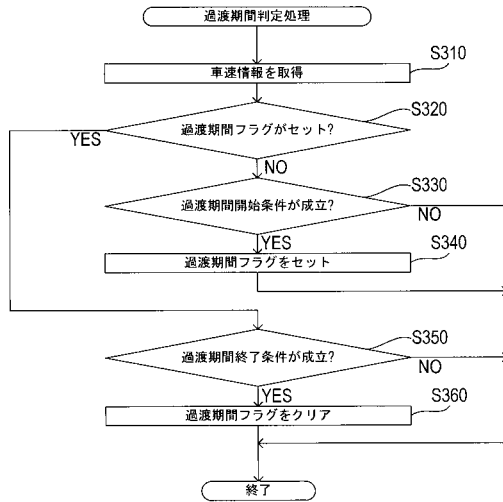
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

