

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4973992号
(P4973992)

(45) 発行日 平成24年7月11日(2012.7.11)

(24) 登録日 平成24年4月20日(2012.4.20)

(51) Int. Cl.	F 1		
FO1N 3/023 (2006.01)	FO1N 3/02	321K	
FO1N 3/00 (2006.01)	FO1N 3/00	ZABF	
FO2D 35/00 (2006.01)	FO2D 35/00	368D	
GO1N 27/41 (2006.01)	GO1N 27/46	325D	
BO1D 46/42 (2006.01)	GO1N 27/46	325G	
請求項の数 8 (全 22 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2007-182394 (P2007-182394)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社
(22) 出願日	平成19年7月11日(2007.7.11)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(65) 公開番号	特開2009-19557 (P2009-19557A)	(74) 代理人	110001243 特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(43) 公開日	平成21年1月29日(2009.1.29)	(74) 代理人	100077481 弁理士 谷 義一
審査請求日	平成22年6月28日(2010.6.28)	(74) 代理人	100088915 弁理士 阿部 和夫
		(72) 発明者	柴田 大介 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	今村 晋一郎 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 内燃機関の排気浄化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の排気通路に設けられ、排気中に含まれる微粒子を捕集するフィルタと、
前記フィルタより上流の排気通路に設けられ、排気ガスの酸素濃度に応じて出力が変化すると共に前記フィルタに捕集された微粒子の量が増加するにつれ出力が次第に減少する上流酸素濃度センサと、

前記上流酸素濃度センサに供給される排気空燃比を推定すると共に、前記上流酸素濃度センサの出力に拘わらず前記空燃比を推定する空燃比推定手段と、

前記空燃比推定手段によって推定された排気空燃比と、前記上流酸素濃度センサの出力とに基づき、前記フィルタの微粒子捕集量を推定する推定手段と、

前記空燃比推定手段によって推定された排気空燃比と、前記上流酸素濃度センサの出力とに基づき、前記フィルタの上流の圧力変化を検出する圧力変化検出手段と、

前記圧力変化検出手段によって検出された圧力変化に基づき、前記フィルタにおける異常発生を検出するフィルタ異常検出手段と、

を備え、

前記圧力変化検出手段が、前記上流酸素濃度センサ出力の今回値と前回値との差に基づき前記フィルタ上流の圧力変化を検出すると共に、前記前回値を、前記今回値と同一空燃比条件の値に補正する補正手段を有する

ことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】

前記圧力変化検出手段によって検出された圧力変化の絶対値が所定のしきい値より大きいとき、前記フィルタ異常検出手段が、前記フィルタに異常が発生したことを検出することを特徴とする請求項 1 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 3】

前記上流酸素濃度センサが、排気側電極と、該排気側電極をカバーすると共に前記排気中微粒子が堆積可能な多孔質体とを備え、前記多孔質体への排気中微粒子の堆積に応じて出力が変化する特性を有する

ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 4】

前記上流酸素濃度センサが、前記多孔質体に堆積した微粒子を燃焼除去するためのヒータを備えた

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 5】

前記フィルタより下流の排気通路に、酸素濃度に応じて出力が変化する下流酸素濃度センサが設けられ、

前記推定手段が、前記下流酸素濃度センサの出力にも基づいて前記微粒子捕集量を推定する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 6】

前記上流酸素濃度センサ及び前記下流酸素濃度センサが、排気側電極と、該排気側電極への酸素輸送量を決定するためのピンホール及び多孔質体の少なくとも一方とを備え、排気圧に応じて出力が変化する特性を有する

ことを特徴とする請求項 5 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 7】

前記推定手段が、前記上流酸素濃度センサの出力と前記下流酸素濃度センサの出力とに基づき、前記フィルタの上流の排気通路と前記フィルタの下流の排気通路との間の差圧を監視することにより、前記フィルタの微粒子捕集量を推定する

ことを特徴とする請求項 5 または 6 記載の内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 8】

前記推定手段によって推定された前記フィルタの微粒子捕集量が所定量を超えたとき、所定のフィルタ再生制御を実行するフィルタ再生制御手段を備えた

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は内燃機関の排気浄化装置に係り、特に、排気中に含まれる微粒子を浄化する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車等に搭載される内燃機関では、排気中に含まれる有害ガス成分を浄化することが望まれている。特に、圧縮着火式内燃機関即ちディーゼルエンジンでは、排気中に含まれる煤や S O F (Soluble Organic Fraction) などの微粒子 (Particulate Matter、以下「PM」ともいう) を浄化することが要求されている。この微粒子浄化技術として、エンジンの排気通路にフィルタを設置し、このフィルタで排気中の PM を捕集することが行われている。このフィルタは一般にパーティキュレートフィルタと称され、特にディーゼルエンジンの場合ディーゼルパーティキュレートフィルタ (DPF) と称される。

【0003】

かかるフィルタは、PM を一定量以上捕集すると捕集効率が格段に低下してしまう。そこでフィルタの PM 捕集量を推定し、この PM 捕集量が所定値を超えたら、その捕集 PM を燃焼除去するフィルタ再生が実施される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

このフィルタ再生の実行時期、即ち、フィルタに所定量を超えるPMが堆積したことを決定するに際し、従来は、フィルタの上下流の差圧を差圧センサで計測し、この差圧が所定値を超えたらフィルタ再生を実行するようにしていた。これは、PM堆積量の増加につれ排気がフィルタを通過し難くなり、フィルタ上流の排気圧がフィルタ下流の排気圧に比べて高くなることを利用したものである。また、近年ではPM堆積量をより正確に把握すべく、エンジン運転条件に基づいてPM堆積量を計算することも提案されている（例えば特許文献1参照）。

【 0 0 0 5 】

【特許文献1】特開2006-77761号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

前述したような一般的な差圧を計測する方法だと、フィルタの上下流から差圧センサに至る排気通路が別途必要になる。このため、排気通路の構成が複雑化し、その設計自由度が制限されてしまう。

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明はかかる実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、排気通路の構成を複雑化することなくフィルタのPM捕集量を推定でき、ひいてはフィルタ再生時期を決定することができる内燃機関の排気浄化装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の第1の形態によれば、
内燃機関の排気通路に設けられ、排気中に含まれる微粒子を捕集するフィルタと、
前記フィルタより上流の排気通路に設けられた上流酸素濃度センサと、
前記上流酸素濃度センサに供給される排気の空燃比を推定する空燃比推定手段と、
前記空燃比推定手段によって推定された排気空燃比と、前記上流酸素濃度センサの出力とに基づき、前記フィルタの微粒子捕集量を推定する推定手段と
を備えたことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【 0 0 0 9 】

30

本発明者らは、鋭意研究の結果、酸素濃度センサの出力値が、酸素濃度センサに供給される排気の空燃比と、酸素濃度センサに堆積した微粒子の量とに応じて変化することを見出した。例えば、酸素濃度センサに供給される排気空燃比が一定の場合、酸素濃度センサに堆積した微粒子量の増加に応じて、酸素濃度センサ出力値は次第に減少する。一方、酸素濃度センサにおける微粒子堆積量と、フィルタにおける微粒子捕集量とは相関関係にある。結局、フィルタの微粒子捕集量が増加するほど酸素濃度センサ出力が減少していくので、同一排気空燃比の下で酸素濃度センサ出力を監視することにより、フィルタの微粒子捕集量が推定される。フィルタ上流の排気通路に上流酸素濃度センサを設置するだけで済み、別途排気通路を設ける必要が無いので、排気通路の構成を複雑化したりその設計自由度を制限したりすることを防止できる。

40

【 0 0 1 0 】

本発明の第2の形態は、前記第1の形態において、
前記上流酸素濃度センサが、排気側電極と、該排気側電極をカバーすると共に前記排気中微粒子が堆積可能な多孔質体とを備え、前記多孔質体への排気中微粒子の堆積に応じて出力が変化する特性を有することを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本発明は、フィルタの微粒子捕集量が増加するにつれ酸素濃度センサの微粒子堆積量が増加し、酸素濃度センサ出力値が変化することを利用する。従ってこの第2の形態のように、排気中微粒子が堆積可能な多孔質体を備える酸素濃度センサの構成は本発明の実現に

50

とって非常に好適である。

【0012】

本発明の第3の形態は、前記第2の形態において、
前記上流酸素濃度センサが、前記多孔質体に堆積した微粒子を燃焼除去するためのヒータを備えた
ことを特徴とする。

【0013】

このヒータにより、多孔質体に堆積した微粒子を燃焼除去して上流酸素濃度センサを微粒子堆積の無い初期状態に戻すことができる。

【0014】

本発明の第4の形態は、前記第1乃至第3のいずれかの形態において、
前記フィルタより下流の排気通路に下流酸素濃度センサが設けられ、
前記推定手段が、前記下流酸素濃度センサの出力にも基づいて前記微粒子捕集量を推定
する
ことを特徴とする。

【0015】

本発明者らは、鋭意研究の結果、酸素濃度センサの出力値が、酸素濃度センサに供給される排気の空燃比と、酸素濃度センサに供給される排気の圧力とに応じて変化することを見出した。例えば、酸素濃度センサに供給される排気の空燃比が一定の場合、排気圧力の増加につれ、酸素濃度センサの出力値が次第に増加していく。一方、フィルタの上下流間の差圧は、フィルタの微粒子捕集量が増加するにつれ大きくなる。この第4の形態では、上流及び下流酸素濃度センサを圧力センサの如く使用し、同一空燃比条件下でフィルタの上下流間の差圧を監視することにより、フィルタの微粒子捕集量が推定される。第1の形態同様、別途排気通路を設ける必要が無いので排気通路の構成を複雑化したりその設計自由度を制限したりすることを防止できる。

【0016】

なお、フィルタ上流の排気圧力は、フィルタの微粒子捕集量が増加するにつれ大きくなる。一方、フィルタ上流の排気圧力の増加につれ上流酸素濃度センサの出力値が増加していく。よってこのことを利用し、前記第1の形態に基づいてフィルタの微粒子捕集量が推定される。即ち、同一空燃比条件下で上流酸素濃度センサの出力値を監視することにより、フィルタの微粒子捕集量が推定される。

【0017】

本発明の第5の形態は、前記第4の形態において、
前記上流酸素濃度センサ及び前記下流酸素濃度センサが、排気側電極と、該排気側電極への酸素輸送量を決定するためのピンホール及び多孔質体の少なくとも一方とを備え、排気圧に応じて出力が変化する特性を有する
ことを特徴とする。

【0018】

好ましくは、ピンホールの直径は0.1mm以上、多孔質体の気孔率は20%以上である。

【0019】

本発明の第6の形態は、前記第1乃至第5のいずれかの形態において、
前記推定手段によって推定された前記フィルタの微粒子捕集量が所定量を超えたとき、
所定のフィルタ再生制御を実行するフィルタ再生制御手段を備えた
ことを特徴とする。

【0020】

これにより、フィルタに堆積した微粒子を除去してフィルタを微粒子堆積の無い初期状態に戻すことができる。

【0021】

本発明の第7の形態によれば、

10

20

30

40

50

内燃機関の排気通路に設けられ、排気中に含まれる微粒子を捕集するフィルタと、前記フィルタより上流の排気通路に設けられた上流酸素濃度センサと、前記上流酸素濃度センサに供給される排気空燃比を推定する空燃比推定手段と、前記空燃比推定手段によって推定された排気空燃比と、前記上流酸素濃度センサの出力に基づき、前記フィルタの上流の圧力変化を検出する圧力変化検出手段と、前記圧力変化検出手段により検出された圧力変化に基づき、前記フィルタにおける異常発生を検出するフィルタ異常検出手段とを備えたことを特徴とする内燃機関の排気浄化装置が提供される。

【0022】

前述したように、酸素濃度センサに供給される排気空燃比が一定の場合、排気圧力の変化に応じて酸素濃度センサの出力が変化する。一方、フィルタに割れ等の異常が発生すると、その異常発生前後でフィルタ上流側の排気圧力が急変する。よってこの排気圧力の変化を上流酸素濃度センサで検出することにより、フィルタの異常発生を検出することができる。

10

【0023】

本発明の第8の形態は、前記第7の形態において、前記圧力変化検出手段が、前記上流酸素濃度センサ出力の今回値と前回値との差に基づき前記フィルタ上流の圧力変化を検出すると共に、前記前回値を、前記今回値と同一空燃比条件の値に補正する補正手段を有することを特徴とする。

20

【0024】

酸素濃度センサの出力値は排気圧力だけでなく排気空燃比の変化によっても変化するが、この第8の形態によれば、前回値の補正によって排気空燃比の変化の影響を排除し、純粋な圧力変化のみを検出することができる。これによって好適にフィルタの異常発生を検出することができる。

【0025】

本発明の第9の形態によれば、内燃機関の排気中の酸素濃度を検出するための酸素濃度センサであって、排気側電極と、該排気側電極をカバーすると共に排気中微粒子が堆積可能な多孔質体とを備え、前記多孔質体への排気中微粒子の堆積に応じて出力が変化する特性を有することを特徴とする酸素濃度センサが提供される。

30

【0026】

一般的な酸素濃度センサでは、排気側電極をカバーする多孔質体を設けたものは存在するものの、その多孔質体は通常排気中微粒子を堆積し得ない。かかる微粒子堆積によりセンサ出力特性が変化するのを防止するためである。しかしながら、第9の形態の酸素濃度センサは、第1の形態等に好適となるよう、敢えて多孔質体に排気中微粒子を堆積可能とし、多孔質体への排気中微粒子の堆積に応じて出力が変化する特性を持たせたものである。従って第9の形態はそれ自体単独で且つ第1の形態等に密接に関連した発明と認識できる。

【発明の効果】

40

【0027】

本発明によれば、排気通路の構成を複雑化することなくフィルタの微粒子捕集量を推定でき、ひいてはフィルタ再生時期を決定することができるという、優れた効果が発揮される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【0029】

図1は、本発明の実施形態に係る内燃機関の概略的なシステム図である。10は自動車用の圧縮着火式内燃機関即ちディーゼルエンジンであり、11は吸気ポートに連通されて

50

いる吸気マニフォールド、12は排気ポートに連通されている排気マニフォールド、13は燃焼室である。本実施形態では、不図示の燃料タンクから高圧ポンプ17に供給された燃料が、高圧ポンプ17によりコモンレール18に圧送されて高圧状態で蓄圧され、このコモンレール18内の高圧燃料がインジェクタ（燃料噴射弁）14から燃焼室13内に直接噴射供給される。エンジン10からの排気ガスは、排気マニフォールド12からターボチャージャ19を経た後にその下流の排気通路15に流され、後述のように浄化処理された後、大気に排出される。なお、ディーゼルエンジンの形態としてはこのようなコモンレール式燃料噴射装置を備えたものに限らない。

【0030】

エアクリーナ20から吸気通路21内に導入された吸入空気は、エアフローメータ22、ターボチャージャ19、インタークーラ23、スロットルバルブ24を順に通過して吸気マニフォールド11に至る。エアフローメータ22は吸入空気量を検出するためのセンサであり、具体的には吸入空気（新気）の流量に応じた信号を出力する。スロットルバルブ24には電子制御式のものが採用されている。

10

【0031】

ターボチャージャ19の下流側の排気通路15には、上流側から順に、NOx触媒30、フィルタとしてのディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）31及び酸化触媒32が直列に設けられている。NOx触媒30は、排気ガス中のNOxを還元して浄化するものであり、例えば吸蔵還元型NOx触媒からなる。吸蔵還元型NOx触媒は、排気空燃比がリーンの通常運転時に排気中のNOxを吸収する一方、ポスト噴射等によるリッチスパイクが実行され、排気空燃比が一時的にリッチとされたとき、吸収NOxを放出する。この放出NOxは還元剤としての排気中HCと反応して還元除去される。酸化触媒32は、排気中の未燃成分である炭化水素（HC）及び一酸化炭素（CO）（特に炭化水素）を酸化して浄化するためのものである。

20

【0032】

DPF31は、排気中に含まれる微粒子（PM）を捕集して除去するものであり、ハニカム形状の耐熱性基材の両端開口を互い違いに市松状に閉塞した所謂ウォールフロータイプのもの、あるいは網の目構造のフォーム形状のものなど、PMを物理的に捕集するあらゆるタイプのフィルタを用いることができる。

【0033】

エンジン10には、排気の一部を吸気系に還流させるためのEGR装置35が設けられる。EGR装置35は、排気通路15（排気マニフォールド12）及び吸気通路21（吸気マニフォールド11）を連通するEGR通路36と、EGR通路36に設けられたEGR弁37と、EGR通路36においてEGR弁37の上流側に設けられたEGRクーラ38とを備える。EGR弁37は、EGR通路36を流れる排気ガス、即ち排気系から吸気系に環流されるEGRガスの流量を調節する。EGRクーラ38は、吸気系に戻されるEGRガスの流量を増大すべくEGRガスを冷却する。

30

【0034】

エンジン全体の制御を司る制御手段としての電子制御ユニット（以下ECUと称す）100が設けられる。ECU100は、CPU、ROM、RAM、入出力ポート、および記憶装置等を含むものである。ECU100は、各種センサ類の検出値等に基づいて、所望のエンジン制御が実行されるように、インジェクタ14、高圧ポンプ17、スロットルバルブ24及びEGR弁27等を制御する。ECU100に接続されるセンサ類としては、前述のエアフローメータ22の他、エンジン10のクランク角を検出するクランク角センサ26、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ27、及びコモンレール18内の燃料圧力（コモンレール圧）を検出するコモンレール圧センサ28が含まれる。ECU100はクランク角センサ26の出力に基づきエンジン10の回転速度を常時演算している。

40

【0035】

ECU100は、インジェクタ14から噴射される燃料噴射量をエンジン運転状態（主に回転速度及びアクセル開度）に基づき制御する。またECU100は、吸気全体に対す

50

る EGR ガス量の比率が所定の目標 EGR 率になるように、EGR 弁 37 及びスロットルバルブ 24 を制御する。さらに ECU 100 は、コモンレール圧センサ 28 により検出された実際のコモンレール圧が所定の目標コモンレール圧になるように、高圧ポンプ 17 を制御する。

【0036】

排気通路 15 において、DPF 31 の上流側特に直前には、DPF 31 に流入する排気ガスの酸素濃度を検出するための酸素濃度センサ、即ち上流酸素濃度センサ 40 が設置されている。上流酸素濃度センサ 40 は、排気ガスの酸素濃度に応じて連続的に可変の電流信号を ECU 100 に出力する。この電流信号の値は ECU 100 により空燃比に換算可能である。なお酸素濃度センサは酸素センサ或いは空燃比センサなどとも称される。酸素濃度センサの出力信号は電流信号でなく電圧信号であってもよい。

10

【0037】

他のセンサ類として、排気温を検出する排気温センサ、排気ガスの NO_x 濃度を検出する NO_x センサ、及び理論空燃比を境に出力値が急変するタイプの酸素濃度センサ（所謂 O₂ センサ）等を排気通路 15 に適宜設置するのも好ましい。

【0038】

さて、かかる装置構成においては、DPF 31 に捕集されて堆積した PM 量が所定量を超えたとき、その PM を除去し、DPF 31 の PM 捕集能を初期化するフィルタ再生を行う必要がある。このフィルタ再生を行う方法については様々な方法が知られているが、本実施形態では DPF 自身で捕集 PM を燃焼除去する方法を採用する。即ち、DPF 内部に Pt 等の貴金属からなる触媒を担持させておき、捕集 PM が所定量を超えたら、ポスト噴射等により比較的リッチな排気ガスを DPF 31 に供給する。これにより、排気ガス中のリッチ成分（主に HC）が触媒と反応して燃焼し、これと同時に捕集 PM を燃焼する。なお、他の方法でフィルタ再生を行うことも可能であり、例えば別途設けられたヒータで捕集 PM を燃焼除去することも可能である。

20

【0039】

ところで、このフィルタ再生を効率的に行うためには、DPF 31 の PM 捕集量が所定量を超えたことを的確に判断し、フィルタ再生を行う時期ないしタイミングを的確に決定する必要がある。従来は、フィルタ前後の差圧を差圧センサで計測し、この差圧が所定値に達した時にフィルタ再生を実行していた。しかし、これだとフィルタの上下流から差圧センサに至る排気通路が別途必要となり、排気通路の構成が複雑化するなどの問題がある。

30

【0040】

そこで、本実施形態では差圧センサを用いずに、次のようにして DPF 31 の PM 捕集量を推定し、ひいてはフィルタ再生時期を決定することとしている。即ち、上流酸素濃度センサ 40 に供給される排気空燃比を推定し、この推定された排気空燃比（以下「推定空燃比」ともいう） A/F_e と、上流酸素濃度センサ 40 の出力（以下「上流センサ出力」ともいう） I_f とに基づき、DPF 31 の PM 捕集量を推定する。そしてこの PM 捕集量が所定量を超えたとき、フィルタ再生時期であるとして、前述の如きフィルタ再生制御を実行する。上流酸素濃度センサ 40 を、通常空燃比検出のために用いずに、DPF の PM 捕集量検出のために用いるのである。

40

【0041】

本発明者らは、鋭意研究の結果、酸素濃度センサの出力値が、酸素濃度センサに供給される排気空燃比と、酸素濃度センサに付着、堆積した PM 量とに応じて変化することを見出した。図 2 にはこれら三者の関係を示す。図示するように、酸素濃度センサに供給される排気空燃比 A/F が一定の場合、酸素濃度センサに付着、堆積した PM 量（以下「センサ PM 堆積量」ともいい、横軸で示す）の増加につれ、酸素濃度センサの出力値 I （縦軸で示す）が次第に減少していく。一方、酸素濃度センサにおける PM 堆積量と、DPF における PM 捕集量とは相関関係或いは比例関係にある。結局、DPF の PM 捕集量が増加するほど酸素濃度センサ出力が減少していくので、同一排気空燃比の下で酸素濃度セ

50

ンサ出力を監視することにより、DPFのPM捕集量が推定される。そしてDPFのPM捕集量が所定値を超えたとき、フィルタ再生時期であると判断される。酸素濃度センサ出力値、または当該出力値に対応するセンサPM堆積量が、DPFのPM捕集量を表す指標値となる。

【0042】

これによれば、単に上流酸素濃度センサ40を排気通路に設置すればよく、別途排気通路を設ける必要が無いので、排気通路の構成を複雑化したりその設計自由度を制限したりすることを防止できる。

【0043】

酸素濃度センサに供給される排気の空燃比は例えば次のようにしてエンジン運転状態に基づき推定される。即ち、ECU100が、クランク角センサ26の出力に基づき検出されるエンジン回転速度 N_e と、アクセル開度センサ27によって検出されるアクセル開度 A_c とに基づき、所定のマップ等に従って、次回噴射すべき燃料噴射量 Q を決定する。そしてECU100が、この内部値若しくは指示値としての燃料噴射量 Q と、エアフロメータ22によって検出された吸入空気量 G_a とに基づき、これらの比を推定空燃比 $A/F_e = G_a / Q$ として算出する。

【0044】

ところで、本実施形態では、DPF31のPM捕集量と酸素濃度センサの出力値との間に相関性が現れるよう、酸素濃度センサに以下の如き構成上の工夫がなされている。図3及び図4には、上流酸素濃度センサ40として用いられる酸素濃度センサの第1の構成を示す。酸素濃度センサXは、所謂限界電流式酸素濃度センサであり、積層型構造のセンサ素子60を有する。センサ素子60はその全体が図示しない素子カバーに収容されている。

【0045】

センサ素子60は、絶縁層61と、絶縁層61に固着された板状の固体電解質62と、この固体電解質62に互いに対向するよう設置された一対の電極63、64とを備える。例えば、絶縁層61はアルミナ等の高熱伝導性セラミックスからなり、固体電解質62は部分安定化ジルコニア製のシートからなる。電極63、64は白金からなる。絶縁層61のうち、内側の電極64に対面する部位には大気室65が形成されており、この電極64が大気に晒されるようになっている。この内側の電極64を大気側電極という。絶縁層61にはヒータ66が埋設されている。ヒータ66は、バッテリー電源からの通電により発熱する線状の発熱体よりなり、その発熱により素子全体を加熱する。

【0046】

センサ素子60には、少なくとも外側即ち排気側の電極63をカバーするカバー層67が設けられている。本実施形態においてカバー層67は排気側電極63のみならず、素子全体をカバーしている。カバー層67は、排気ガスが流通可能で且つ排気ガス中の微粒子が堆積可能な多孔質体からなる。このような多孔質体は例えば多孔質セラミックからなる。このカバー層67に、排気中のPMが徐々に付着し堆積していくことになる。

【0047】

大気側電極64を陽極、排気側電極63を陰極として両電極に電圧を印加し、電流を流すと、排気側電極63では



の電気化学反応によって、固体電解質62への酸素イオンの注入がおこる。一方、大気側電極64では



の反応によって酸素の放出がおこる。この現象は酸素ポンプ作用として知られている。

【0048】

酸素がセンサ素子60の雰囲気から、(1)式の反応が起こる排気側電極63まで輸送される過程のどこかに、酸素輸送量を制限する過程が存在すると、この電解質セルの電流-電圧特性に飽和電流特性が現れる。この飽和電流は限界電流と称され、限界電流の大き

10

20

30

40

50

さは基本的に雰囲気中の酸素濃度によって決まる。限界電流式酸素濃度センサは、排気側電極 63 への酸素の供給をガス拡散によって行い、酸素濃度に比例した限界電流を出力するものである。

【0049】

上記酸素濃度センサ 40 の場合、多孔質体からなるカバー層 67 における酸素ガス拡散が、排気側電極 63 への酸素輸送量を支配する。そして、固体電解質 62 を流れる酸素イオン流量、即ちセンサ出力電流は、カバー層 67 でのガス拡散量によってほぼ決定される。

【0050】

図 5 は、酸素濃度センサ X の電圧 - 電流特性 (V - I 特性) を示す。図中、V 軸 (横軸) に平行な直線部分は、センサ出力電流即ち素子電流を特定する限界電流域であり、この素子電流の増減は排気中酸素濃度の増減、即ち排気空燃比の増減に対応している。つまり、排気空燃比がリーン側になるほど素子電流は増大し、排気空燃比がリッチ側になるほど素子電流は減少する。なお、図中の L X 1 は、センサ素子 60 への印加電圧を決定するための印加電圧直線 (印加電圧特性) を表しており、その傾きは概ね抵抗支配域 (限界電流域よりも低電圧側の傾き部分) に一致している。特に本実施形態では、A / F 11 ~ 大気の広域を空燃比検出範囲としており、A / F 11 では素子電流が - 1.3 mA、ストイキ (A / F = 14.6) では素子電流が約 0 mA、大気状態では素子電流が 2.5 mA となっている。

【0051】

一方、カバー層 67 に排気中 PM が堆積していくと、カバー層 67 における酸素ガス拡散が妨げられ、結果的に同一空燃比を示すセンサ出力電流が減少する。即ち、センサ出力電流 I は次式 (3) で表される。

【0052】

【数 1】

$$I = \frac{4F}{RT} \cdot D \cdot \frac{S}{L} \cdot P \dots (3)$$

【0053】

ここで、F : ファラデー定数、R : 気体定数、T : ガス温度、D : カバー層内での酸素拡散係数、S : 電極面積、L : カバー層厚さ、P : 酸素濃度である。カバー層 67 に PM が堆積していくと、酸素拡散係数 D が減少し、その結果センサ出力電流 I が減少する。このため、図 2 に示したような関係が成立することとなる。なお、カバー層への PM 堆積量が増加するとカバー層の実質的な気孔率が減少する。

【0054】

次に、本実施形態におけるフィルタ再生処理の第 1 の態様を図 6 を用いて説明する。図示されるルーチンは ECU 100 により所定周期毎に繰り返し実行される。

【0055】

最初のステップ S101 では、上流酸素濃度センサ 40 に供給される排気中の空燃比の推定値即ち推定空燃比 A / Fe が、エンジン運転状態即ち燃料噴射量 Q と吸入空気量 Ga とに基づいて算出される (A / Fe = Ga / Q)。次のステップ S102 では、上流酸素濃度センサ 40 の出力電流値 (上流センサ出力) If が取得される。

【0056】

続くステップ S103 では、取得された上流センサ出力 If が所定のしきい値 A1 と比較される。上流センサ出力 If がしきい値 A1 以上の場合、フィルタ再生の必要なし、即ち、DPF 31 の PM 捕集量がフィルタ再生を要する程の所定量 (「フィルタ最大捕集量」という) 以下であると推定され、本ルーチンが終了される。

【0057】

他方、上流センサ出力 If がしきい値 A1 未満の場合、DPF 31 の PM 捕集量がフィ

10

20

30

40

50

ルタ最大捕集量を超えたと推定され、ステップS104でDPF31を再生すべく、前述のフィルタ再生制御が実行される。そして、ステップS105で、上流酸素濃度センサ40に堆積したPMを燃焼除去するためのセンサ再生制御が実行され、本ルーチンが終了される。

【0058】

図2を参照して、フィルタ最大捕集量に対応するセンサPM堆積量がWであるとする（これを「センサ最大堆積量」という）と、このWに対応するセンサ出力値 I_{W20} 、 I_{W18} 、 I_{W15} が、それぞれフィルタ再生の要否を決める前記しきい値A1となる。しきい値A1は推定空燃比 A/F_e の値が大きいほど大きな値となる。例えば、推定空燃比 $A/F_e = 20$ のときに実際に取得された上流センサ出力 I_f が、その推定空燃比に対応したしきい値 $A1 = I_{W20}$ 以上のときは、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量以下と推定され、フィルタ再生が実行されない。逆に、上流センサ出力 I_f がしきい値 $A1 = I_{W20}$ 未満のときは、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量を超えたと推定され、フィルタ再生が実行される。

10

【0059】

ステップS105のセンサ再生制御では、ECU100により上流酸素濃度センサ40のヒータ66が加熱制御される。これにより、上流酸素濃度センサ40のカバー層67に付着、堆積したPMが燃焼除去され、DPF31と同様、上流酸素濃度センサ40もPM付着の無い初期状態に戻される。

【0060】

20

次に、本実施形態におけるフィルタ再生処理の第2の態様を図7を用いて説明する。このルーチンもECU100により所定周期毎に繰り返し実行される。

【0061】

最初のステップS201では、フィルタ再生終了直後であるか否かが判断される。例えば、フィルタ再生終了時点から比較的短い所定時間内であるとき、判定はイエスとなる。

【0062】

フィルタ再生終了直後であると判断された場合、ステップS202において、実際の上流センサ出力 I_f が初期上流センサ出力 I_{f_0} としてECU100に記憶される。この初期上流センサ出力 I_{f_0} は、DPF31及び上流酸素濃度センサ40にPMが堆積していないときの値である。このフィルタ再生終了時から所定時間を経過するまでの間に、複数の異なる推定空燃比 A/F_e と、その各々に対応した初期上流センサ出力 I_{f_0} の値とが、組のデータとしてECU100に記憶される。他方ステップS201でフィルタ再生終了直後でないとは判断された場合にはステップS202がスキップされる。

30

【0063】

ステップS203では前記ステップS101同様、推定空燃比 A/F_e の値が算出され、ステップS204では前記ステップS102同様、上流センサ出力 I_f が取得される。

【0064】

続くステップS205では、ステップS203で算出された推定空燃比 A/F_e と同一空燃比の初期上流センサ出力 I_{f_0} の値が読み出され、この初期上流センサ出力 I_{f_0} と、ステップS204で取得された上流センサ出力 I_f との差、即ちセンサ出力差 $I_f (= I_{f_0} - I_f)$ が算出される。そしてこのセンサ出力差 I_f が所定のしきい値A2と比較される。センサ出力差 I_f がしきい値A2以下の場合、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量以下と推定され、本ルーチンが終了される。他方、センサ出力差 I_f がしきい値A2より大きい場合、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量を超えたと推定され、ステップS206で前記ステップS104同様にフィルタ再生制御が実行され、ステップS207で前記ステップS105同様にセンサ再生制御が実行され、本ルーチンが終了される。

40

【0065】

図2を参照して、DPF31及び上流酸素濃度センサ40にPMが堆積していくと、上流センサ出力 I_f はPM堆積量0のときの初期上流センサ出力 I_{f_0} から次第に減少し、

50

センサ出力差 $I f = I f_0 - I f$ は次第に増加していく。よってこのセンサ出力差 $I f$ によって D P F の P M 堆積量が推定される。センサ最大堆積量 W のときの各空燃比におけるセンサ出力差 $I f_w$ が、それぞれ、各空燃比における前記しきい値 $A 2$ となる。センサ P M 堆積量に対する上流センサ出力の傾きが空燃比大ほど大きいので、しきい値 $A 2$ は推定空燃比 $A / F e$ の値が大きいほど大きな値となる。例えば、推定空燃比 $A / F e = 20$ のときに実際に取得された上流センサ出力 $I f_{20}$ と、同一空燃比における初期上流センサ出力 $I f_{020}$ との差 $(I f_{020} - I f_{20})$ が、その推定空燃比に対応したしきい値 $A 2 = (I f_{020} - I f_{W20})$ 以下のときは、D P F 3 1 の P M 捕集量がフィルタ最大捕集量を超えてないと推定され、フィルタ再生が実行されない。逆に、差 $(I f_{020} - I f_{20})$ がしきい値 $A 2$ より大きいときは、D P F 3 1 の P M 捕集量がフィルタ最大捕集量を超えたと推定され、フィルタ再生が実行される。

10

【 0 0 6 6 】

この第 2 の態様の場合だと、P M 堆積量 0 のときに実際に取得した初期上流センサ出力 $I f_0$ に対する差でもってフィルタ P M 捕集量を推定するので、例えば上流酸素濃度センサ 4 0 の出力が劣化等の理由でオフセットずれした場合であっても、その影響を取り除いて正確に P M 捕集量を推定できる利点がある。

【 0 0 6 7 】

次に、フィルタ P M 捕集量の推定に好適な酸素濃度センサの他の構成について説明する。

【 0 0 6 8 】

図 8 に示す第 2 の構成は、図 4 に示した第 1 の構成とほぼ同様であり、同様の要素については図中同一符号を付してある。異なる点について説明すると、図 8 に示す第 2 の構成においては、排気側電極 6 3 と、これが設置された固体電解質 6 2 の上面とが、多孔質セラミック等の多孔質体からなる拡散抵抗層 6 8 によってカバーされ、拡散抵抗層 6 8 の上に遮蔽層 6 9 が積層されている。そしてこれら拡散抵抗層 6 8 及び遮蔽層 6 9 を含む素子全体が前記カバー層 6 7 によってカバーされている。拡散抵抗層 6 8 及び遮蔽層 6 9 の両側部は面取られて斜めに形成されている。遮蔽層 6 9 は排ガスの通過を抑制するための緻密層からなるが、拡散抵抗層 6 8 は当然ながら排ガスの通過を許容する。結局、素子雰囲気中の排ガスは、カバー層 6 7 を通過した後拡散抵抗層 6 8 の両側部から拡散抵抗層 6 8 に入り、拡散抵抗層 6 8 を通って排気側電極 6 3 に至る。カバー層 6 7 と拡散抵抗層 6 8 との両者が、排気側電極 6 3 への酸素輸送量を決定することとなるが、拡散抵抗層 6 8 の平均孔径及び気孔率はカバー層 6 7 のそれらより小さく、拡散抵抗層 6 8 は P M を堆積し得ない。第 1 の構成同様、カバー層 6 7 に堆積した P M 量に応じてセンサ出力が変化する。

20

30

【 0 0 6 9 】

図 9 及び図 1 0 に第 3 の構成を示す。この第 3 の構成は所謂コップ型の構成であり、電極 6 3 , 6 4 が取り付けられる固体電解質 6 2 が底部が閉塞された円筒状とされている。固体電解質 6 2 の内側に大気室 6 5 が区画形成され、大気側電極 6 4 が設置されている。固体電解質 6 2 の外側に排気側電極 6 3 が設置され、これら固体電解質 6 2 と排気側電極 6 3 との全体がカバー層 6 7 により被覆されカバーされている。第 1 の構成同様、カバー層 6 7 に堆積した P M 量に応じてセンサ出力が変化する。

40

【 0 0 7 0 】

なお、上流酸素濃度センサ 4 0 は通常空燃比検出のためにも用いることができる。よって上流酸素濃度センサ 4 0 を D P F の P M 捕集量推定と空燃比検出との両方のために兼用してもよい。

【 0 0 7 1 】

次に、D P F の P M 捕集量推定に関する別の態様について説明する。この別の態様では、図 1 1 に示すように、D P F 3 1 の下流側特に直後の排気通路 1 5 に、D P F 3 1 から流出した排気ガスの酸素濃度を検出するための酸素濃度センサ、即ち下流酸素濃度センサ 4 1 が追加して設置されている。下流酸素濃度センサ 4 1 は上流酸素濃度センサ 4 0 と同様に構成されている。その他の構成は図 1 に示した前記態様と同様である。

50

【 0 0 7 2 】

この別の態様では、上流酸素濃度センサ 40 に供給される排気の空燃比 A / F_e を推定し、この推定空燃比 A / F_e と、上流酸素濃度センサ 40 の出力（上流センサ出力） I_f と、下流酸素濃度センサ 41 の出力（下流センサ出力） I_r とに基づき、DPF 31 のPM 捕集量を推定する。このPM 捕集量が所定値を超えたとき、フィルタ再生時期であるとしてフィルタ再生制御を実行する。

【 0 0 7 3 】

本発明者らは、鋭意研究の結果、酸素濃度センサの出力値が、酸素濃度センサに供給される排気の空燃比と、酸素濃度センサに供給される排気の圧力とに応じて変化することを見出した。図 12 にはこれら三者の関係を示す。図示するように、酸素濃度センサに供給される排気の空燃比 A / F が一定の場合、排気圧力（横軸で示す）の増加につれ、酸素濃度センサの出力値（縦軸で示す）が次第に増加していく。一方、DPF 上流側の圧力、及び DPF の上下流間の差圧は、DPF のPM 捕集量が増加するにつれ大きくなる。よって、上流及び下流酸素濃度センサ 40, 41 を圧力センサの如く使用し、同一空燃比条件下で DPF の上下流間の差圧を監視することにより、DPF のPM 捕集量が推定される。そして DPF のPM 捕集量が所定値を超えたとき、フィルタ再生時期であると判断される。上流及び下流酸素濃度センサ 40, 41 の出力差、または各出力値に対応する各排気圧力の差が、DPF のPM 捕集量を表す指標値となる。

【 0 0 7 4 】

この別の態様については、前記第 1 乃至第 3 の構成に加え、次の第 4 及び第 5 の構成の酸素濃度センサも好適に使用可能である。

【 0 0 7 5 】

図 13 及び図 14 に示す第 4 の構成においては、センサ素子 60 の排気側電極 63 が多孔質体でカバーされていない。その代わりに、排気側電極 63 は排気室 70 に収容されている。排気室 70 は、固体電解質 62 上に設けられた絶縁層 61a と、この絶縁層 61a 上に設けられた遮蔽層 69 とで区画されている。遮蔽層 69 にはピンホール（細孔）71 が設けられ、このピンホール 71 のみによって素子雰囲気と排気室 70 とが連通される。この第 3 の構成ではピンホール 71 が排気側電極 63 への酸素輸送量を決定することとなる。他の部分は前記構成と同様である。

【 0 0 7 6 】

図 15 には第 5 の構成を示す。これは図 8 に示した第 2 の構成とほぼ同様であり、異なるのは、多孔質体のカバー層 67 が設けられていない点と、多孔質体の拡散抵抗層 68 の排ガス導入部たる両側部に被毒トラップ層 72 が設けられている点である。被毒トラップ層 72 は、主にオイル中に含まれるシリコンやガラス成分等の粒成長する物質をトラップする層である。被毒トラップ層 72 は、排気側電極 63 への酸素ガス拡散や酸素輸送量に実質的に無影響である。

【 0 0 7 7 】

前述したように、センサ出力電流 I は次式 (3) で表される。

【 0 0 7 8 】

【数 2】

$$I = \frac{4F}{RT} \cdot D \cdot \frac{S}{L} \cdot P \cdots (3)$$

【 0 0 7 9 】

ここで、酸素拡散係数 D はガス拡散の経路に依存する。第 4 の構成ではピンホール 71 内での分子の移動機構に依存し、第 5 の構成では拡散抵抗層 68 内での分子の移動機構に依存する。酸素分子の平均自由行程 l_{O_2} （例えば 0.049 mm ）に対して、例えばピンホールの直径 d が十分大きい場合（目安として $d \gg 2.0 l_{O_2}$ ）、このようなピンホール内での拡散は、分子同士の衝突確率が、分子とピンホール内壁との衝突確率よりも著しく

10

20

30

40

50

大きくなる（分子拡散領域）。このときの酸素拡散係数 D は圧力に比例するため、結果的に酸素濃度センサ出力は排気圧力に比例して変化することとなる。この観点から、分子拡散が支配的となるようにすべく、第4の構成ではピンホールの直径 d を 0.1 mm 以上、第5の構成では拡散抵抗層68の気孔率を 20% 以上とするのが好ましい。なお第1乃至第3の構成では、カバー層67及び拡散抵抗層68の気孔率をいずれも 20% 以上とするのが好ましい。

【0080】

次に、この別の態様に関連したフィルタ再生処理の第3の態様を図16を用いて説明する。図示されるルーチンはECU100により所定周期毎に繰り返し実行される。

【0081】

最初のステップS301では前記ステップS101同様、推定空燃比 A/F_e の値が算出され、続くステップS302では前記ステップS102同様、上流センサ出力 I_f が取得される。そしてステップS303では、下流センサ出力 I_r が取得される。

【0082】

この後ステップS304では、これら取得された上流センサ出力 I_f と下流センサ出力 I_r との差即ち上下流センサ出力差 $I_{fr} (= I_f - I_r)$ が算出され、この上下流センサ出力差 I_{fr} が所定のしきい値 B と比較される。上下流センサ出力差 I_{fr} がしきい値 B 以下の場合、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量を超えていないと推定され、本ルーチンが終了される。他方、上下流センサ出力差 I_{fr} がしきい値 B より大きい場合、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量を超えたと推定され、ステップS305で前記ステップS104同様にフィルタ再生制御が実行され、ステップS306で前記ステップS105同様にセンサ再生制御が実行され、本ルーチンが終了される。

【0083】

図12を参照して、DPF31にPMが堆積していくと、DPF上流側の排気圧力が上昇する結果、上下流センサ出力差 $I_{fr} = I_f - I_r$ が次第に増加していく。この上下流センサ出力差 I_{fr} によってDPFのPM捕集量が推定される。PM捕集量がフィルタ最大捕集量に一致したときのDPF上下流圧力差 W に相当する、各空燃比の上下センサ出力差 I_{fr_w} が、各空燃比における前記しきい値 B となる。排気圧力に対するセンサ出力の傾きが空燃比大ほど大きいので、しきい値 B は推定空燃比 A/F_e の値が大きいほど大きな値となる。例えば、推定空燃比 $A/F_e = 20$ のときに実際に取得した上流センサ出力 I_f と下流センサ出力 I_r との差 ($I_{f_{20}} - I_{r_{20}}$) が、その推定空燃比に対応したしきい値 $B = I_{fr_{w_{20}}}$ 以下のときは、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量以下と推定され、フィルタ再生が実行されない。逆に、差 ($I_{f_{20}} - I_{r_{20}}$) がしきい値 B より大きいときは、DPF31のPM捕集量がフィルタ最大捕集量を超えたと推定され、フィルタ再生が実行される。

【0084】

この別の態様によっても、上流及び下流酸素濃度センサ40, 41を排気通路に設置するだけで済み、別途排気通路を追加して設ける必要が無いので、排気通路の構成を複雑化したりその設計自由度を制限したりすることを防止できる。

【0085】

さて、この別の態様では酸素濃度センサを圧力センサの如く使用してDPF上下流の差圧を計測するが、この技術に密接に関連して、DPFの割れ等の異常発生を検出することが可能であるので、以下、この点について述べる。

【0086】

DPFの一部が割れる等の異常が発生すると、その異常発生時の前後においてDPF上流側の排気圧が急変し、異常発生前の排気圧に対して異常発生後の排気圧が急激に低下する。よってこのことをDPF上流側の上流酸素濃度センサ40で検出することにより、DPFの異常発生を検出することができる。

【0087】

図17はDPFの異常発生検出処理の第1の態様を示す。図示されるルーチンはECU

10

20

30

40

50

100により所定周期毎に繰り返し実行される。この第1の態様は、エンジンの定常運転時等の、排気空燃比がほぼ一定である定常状態のときに実行される。

【0088】

最初のステップS401では、今回(n)の処理タイミングにおける推定空燃比 $A/F e_n$ の値が算出される。そしてステップS402では、今回の処理タイミングにおける上流センサ出力 $I f_n$ が取得される。

【0089】

ステップS403では、前回(n-1)と今回の上流センサ出力の差、即ち今回の上流センサ出力変化率 $U_n (= I f_n - I f_{n-1})$ が算出される。そしてステップS404において、この上流センサ出力変化率 U_n の絶対値が所定のしきい値 $C (> 0)$ と比較される

10

【0090】

上流センサ出力変化率 U_n の絶対値がしきい値C以下の場合、DPF31に割れ等の異常は発生していないと判定され、そのまま本ルーチンが終了される。他方、上流センサ出力変化率 U_n の絶対値がしきい値Cより大きい場合、ステップS405にてDPF31に割れ等の異常が発生したと判定され、本ルーチンが終了される。なお、ステップS405にて異常判定がなされたときにはユーザにこの異常を知らせるべく、警告装置等を作動させるのが好ましい。

【0091】

図12から分かるように、DPF割れに伴ってDPF上流圧力が低下すると、上流センサ出力が低下する。よってこの低下量が所定値より大きいとき、DPF割れが発生したと判断することができる。ここで、DPF割れが発生したときの上流センサ出力低下量は、そのときの排気空燃比に応じて異なる。よってしきい値Cは、空燃比に応じて異なる値が予め設定され、空燃比が大きくなるほど大きくなるような値が設定される。そして、ステップS401で算出された推定空燃比 $A/F e_n$ と同一空燃比のしきい値CがステップS404で使用される。

20

【0092】

図18はDPFの異常発生検出処理の第2の態様を示す。図示されるルーチンはECU100により所定周期毎に繰り返し実行される。この第2の態様は、エンジン運転状態の変化により排気空燃比が変化した場合でも、この影響を排除してDPF上流圧力の低下分のみを抽出、検出するものである。

30

【0093】

最初のステップS501では、前記ステップS401同様、今回(n)の処理タイミングにおける推定空燃比 $A/F e_n$ の値が算出される。そしてステップS502では、前記ステップS402同様、今回の処理タイミングにおける上流センサ出力 $I f_n$ が取得される。

【0094】

ステップS503では、今回の処理タイミングにおける排気圧力 P_n が算出される。即ち、ECU100には図12に示したような関係を規定するマップが予め記憶されており、ECU100は、今回の推定空燃比 $A/F e_n$ 及び上流センサ出力 $I f_n$ に基づき、これらに対応する排気圧力 P_n をマップから算出する。

40

【0095】

この後、ステップS504においては、今回の上流センサ出力変化率 U_n が算出される。但しこの第2の態様では上流センサ出力変化率 U_n の算出方法が異なり、上流センサ出力変化率 U_n は次式(4)により算出される。

$$U_n = I f_n - I f(A/F e_n, P_{n-1}) \cdots (4)$$

ここで、 $I f(A/F e_n, P_{n-1})$ は、今回の推定空燃比 $A/F e_n$ と前回の排気圧力 P_{n-1} とに対応したマップ上の上流センサ出力値を意味する。

【0096】

これを図19を用いて説明する。例えば図中白抜きの星印で示すように、前回の上流セ

50

ンサ出力 $I f_{n-1}$ が推定空燃比 $A / F e_{n-1} = 20$ 、排気圧力 P_{n-1} のときの値であったとし、今回の上流センサ出力 $I f_n$ が推定空燃比 $A / F e_n = 18$ 、排気圧力 P_n のときの値であったとする。 $I f_n < I f_{n-1}$ 、 $P_n < P_{n-1}$ である。見掛け上、今回の上流センサ出力 $I f_n$ が前回の上流センサ出力 $I f_{n-1}$ より大きく低下しており、DPF 割れがあったようにも見えるが、この低下量の中には空燃比の変化（減少）分も含まれている。よってこの空燃比変化分を除くため、前回の上流センサ出力値に対し補正を施す。即ち、マップから、前回の排気圧力 P_{n-1} と同じ排気圧力で且つ今回の推定空燃比 $A / F e_n$ と同じ空燃比の上流センサ出力値 $I f(A / F e_n, P_{n-1})$ を取得する（図中黒塗りの星印で示す）。こうすると、前回の上流センサ出力値を空燃比変化分だけ補正することができる。よって今回の推定空燃比 $A / F e_n$ と、補正後の前回の上流センサ出力値 $I f(A / F e_n, P_{n-1})$ との差を求めることにより、空燃比変化分を取り除いた純粋な上流センサ出力値変化量を求めることが可能になる。

10

【0097】

なお、この例では空燃比及び排気圧力が減少した場合を示したが、空燃比が増加した場合、及び排気圧力が増加した場合にも、同様に純粋な上流センサ出力値変化量を求めることが可能である。なお排気圧力が増加するような異常とは、例えばDPFより上流側の排気系部品が故障してその破片がDPFに詰まった場合などが考えられる。

【0098】

こうして今回の上流センサ出力変化率 U_n が算出されたならば、次にステップS505において、前記ステップS404同様、上流センサ出力変化率 U_n の絶対値が所定のしきい値 $C (> 0)$ と比較される。このしきい値 C は第1の態様と同じ値が使用可能である。上流センサ出力変化率 U_n の絶対値がしきい値 C 以下の場合、DPF31に割れ等の異常は発生してないと判定され、本ルーチンが終了される。他方、上流センサ出力変化率 U_n の絶対値がしきい値 C より大きい場合、ステップS506にてDPF31に割れ等の異常が発生したと判定され、本ルーチンが終了される。

20

【0099】

このように、この第2の態様では前回の上流センサ出力値に対し空燃比変化分の補正を行うので、空燃比変化の影響を取り除いて純粋なDPF上流圧力変化量のみを検出することができる。よって、エンジン運転状態が変化していてもこれに拘わらずDPF異常を好適に検出でき、検出機会を限定することなく、多くの検出機会を確保できる。

30

【0100】

以上、本発明の好適実施形態について説明したが、本発明は他の実施形態を採ることも可能である。例えば、前記実施形態は圧縮着火式内燃機関の例であったが、近年では火花点火式内燃機関においても排気中微粒子が発生する例が見受けられ、このような場合に本発明を火花点火式内燃機関に適用することも可能である。また、前記実施形態ではフィルタ再生時期となるようなフィルタPM捕集量を推定するようにしたが、フィルタ再生時期に至る前の中間量のフィルタPM捕集量の推定にも本発明は適用可能である。

【0101】

本発明の実施形態は前述の実施形態のみに限らず、特許請求の範囲によって規定される本発明の思想に包含されるあらゆる変形例や応用例、均等物が本発明に含まれる。従って本発明は、限定的に解釈されるべきではなく、本発明の思想の範囲内に帰属する他の任意の技術にも適用することが可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0102】

【図1】本発明の実施形態に係る内燃機関の概略的なシステム図である。

【図2】酸素濃度センサに供給される排気空燃比と、酸素濃度センサに堆積したPM量と、酸素濃度センサの出力との関係を示すグラフである。

【図3】酸素濃度センサの第1の構成を示す全体正面図である。

【図4】図3のIV-IV断面図である。

【図5】酸素濃度センサの電圧-電流特性（V-I特性）を示すグラフである。

50

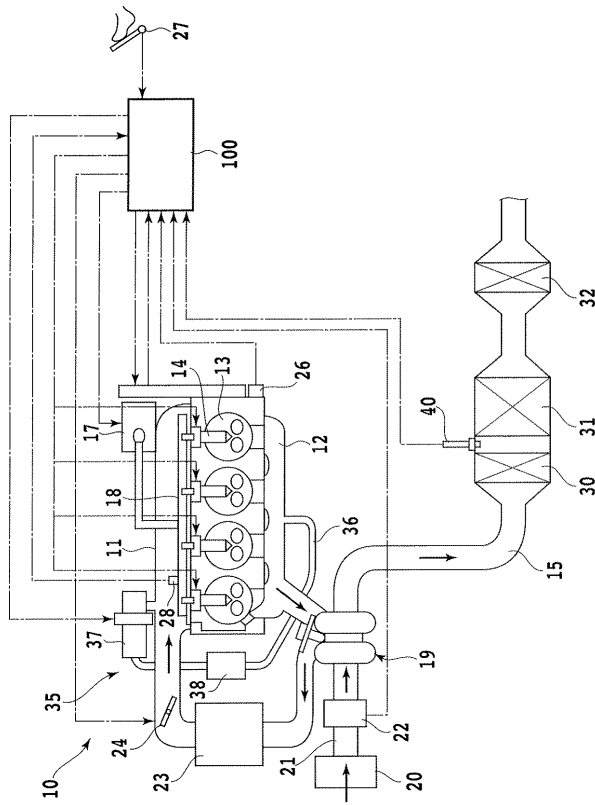
- 【図6】フィルタ再生処理の第1の態様を示すフローチャートである。
- 【図7】フィルタ再生処理の第2の態様を示すフローチャートである。
- 【図8】酸素濃度センサの第2の構成を示す図3のIV - IV断面相当図である。
- 【図9】酸素濃度センサの第3の構成の全体を示す斜視図である。
- 【図10】酸素濃度センサの第3の構成の半断面図である。
- 【図11】DPFのPM捕集量推定に関する別の態様に係る内燃機関の概略的なシステム図である。
- 【図12】酸素濃度センサに供給される排気空燃比と、酸素濃度センサに供給される排気の圧力と、酸素濃度センサの出力との関係を示すグラフである。
- 【図13】酸素濃度センサの第4の構成を示す全体正面図である。
- 【図14】図13のXIV - XIV断面図である。
- 【図15】酸素濃度センサの第5の構成を示す断面図である。
- 【図16】フィルタ再生処理の第3の態様を示すフローチャートである。
- 【図17】DPFの異常発生検出処理の第1の態様を示すフローチャートである。
- 【図18】DPFの異常発生検出処理の第2の態様を示すフローチャートである。
- 【図19】DPFの異常発生検出処理の第2の態様を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

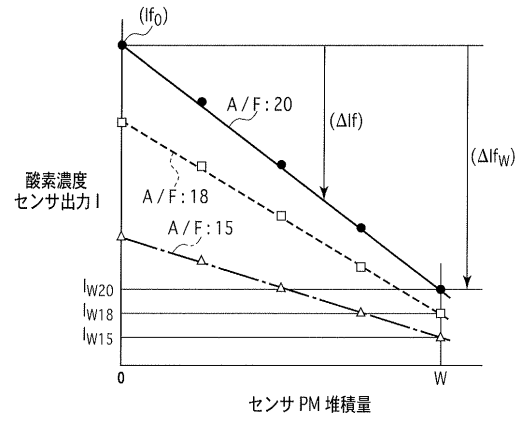
【0103】

- | | | |
|---------|------------------------|----|
| 10 | 内燃機関 | |
| 13 | 燃焼室 | 20 |
| 14 | インジェクタ | |
| 15 | 排気通路 | |
| 22 | エアフローメータ | |
| 31 | ディーゼルパティキュレートフィルタ(DPF) | |
| 40 | 上流酸素濃度センサ | |
| 41 | 下流酸素濃度センサ | |
| 63 | 排気側電極 | |
| 66 | ヒータ | |
| 67 | カバー層 | |
| 68 | 拡散抵抗層 | 30 |
| 71 | ピンホール | |
| 100 | 電子制御ユニット(ECU) | |
| A / F e | 推定空燃比 | |
| I f | 上流酸素濃度センサ出力 | |
| I r | 下流酸素濃度センサ出力 | |

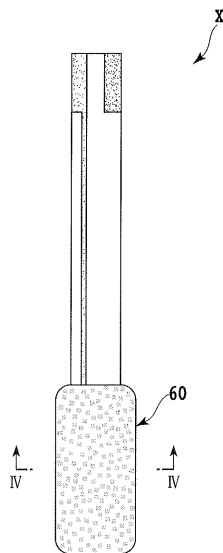
【図1】



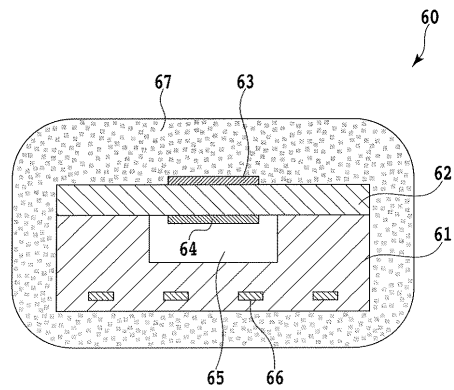
【図2】



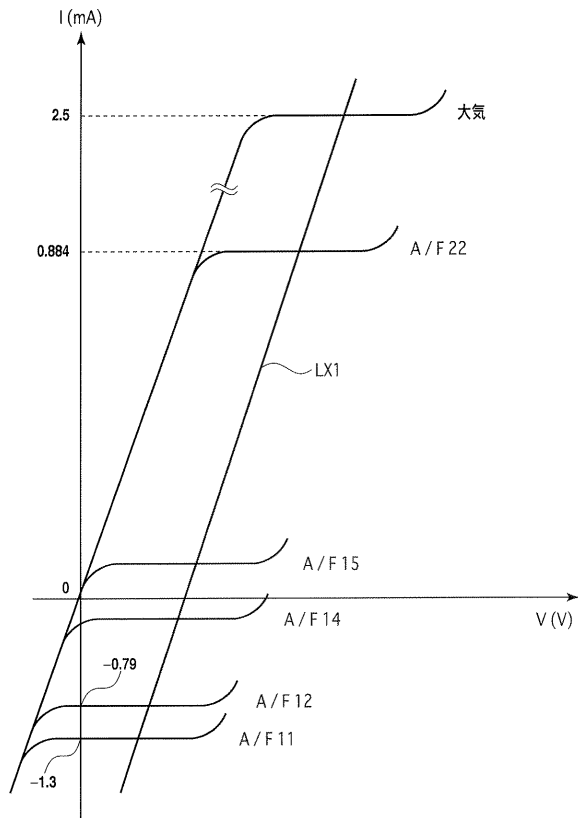
【図3】



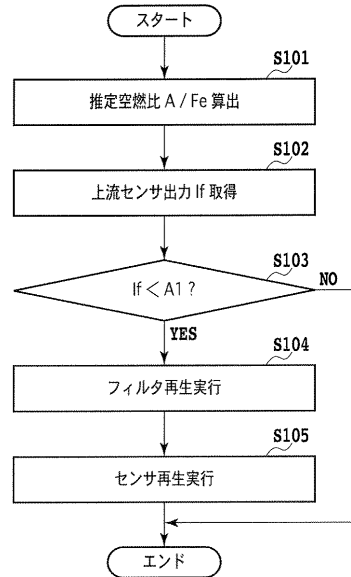
【図4】



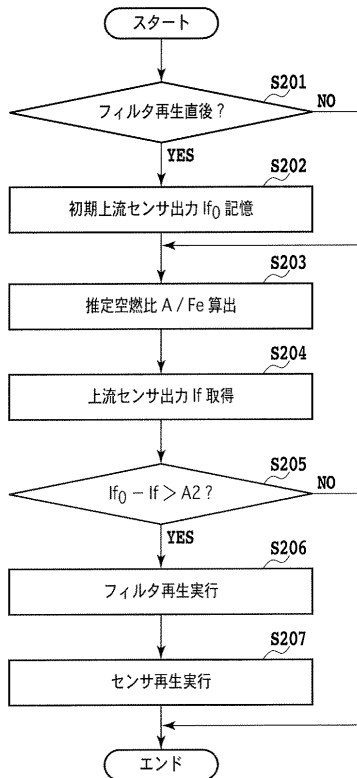
【図5】



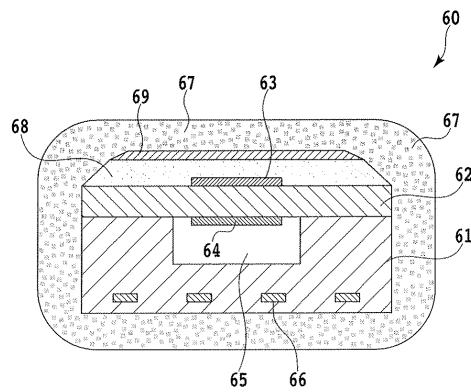
【図6】



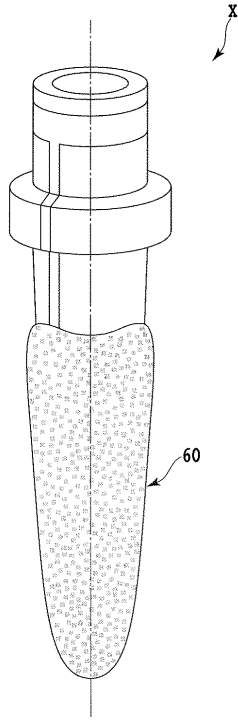
【図7】



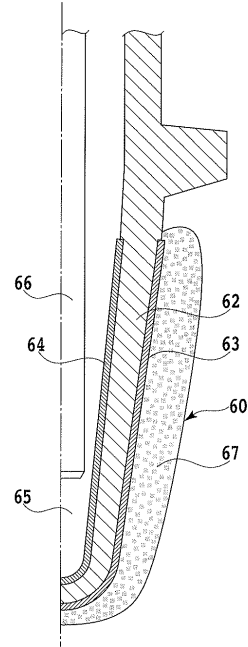
【図8】



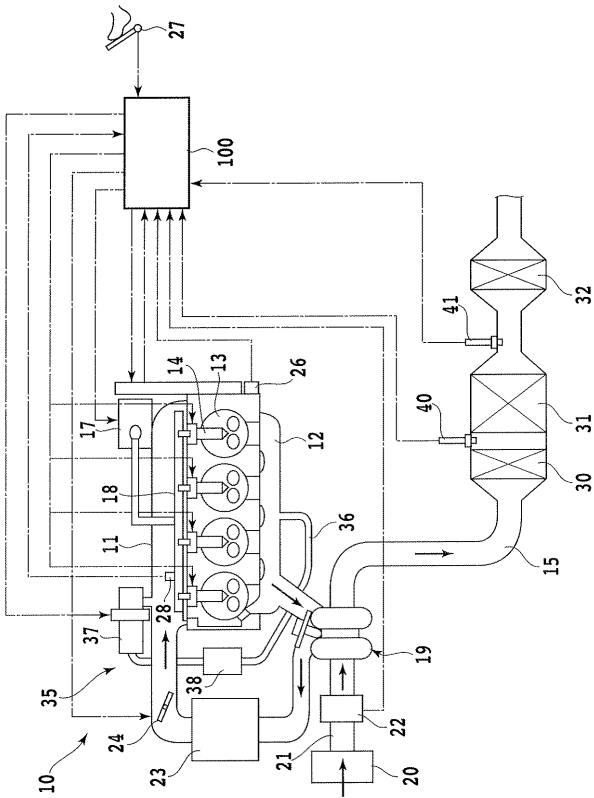
【図 9】



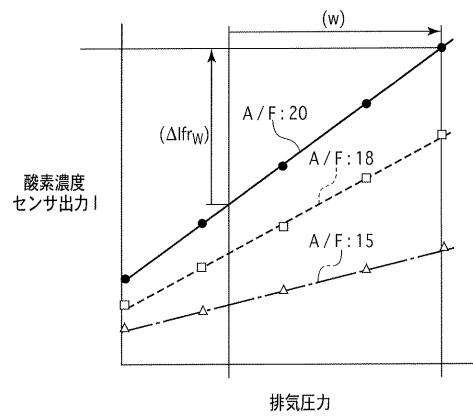
【図 10】



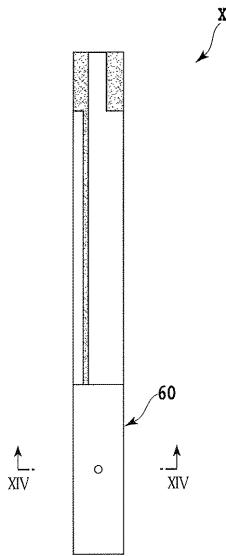
【図 11】



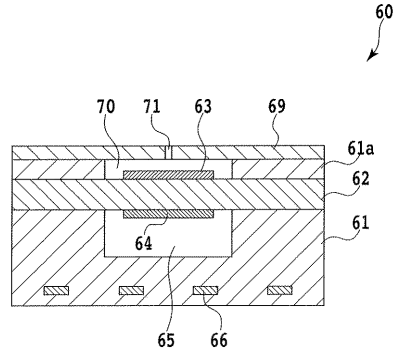
【図 12】



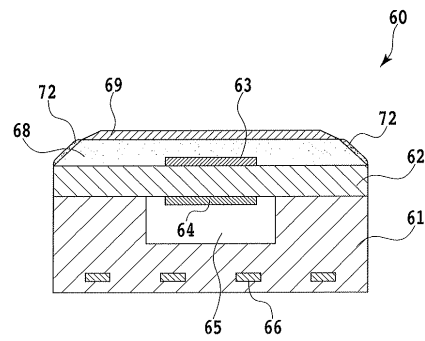
【図13】



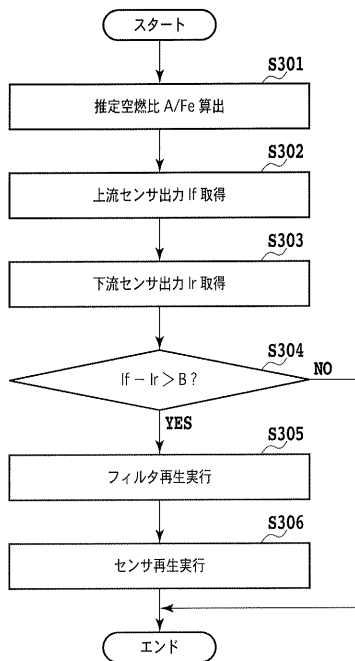
【図14】



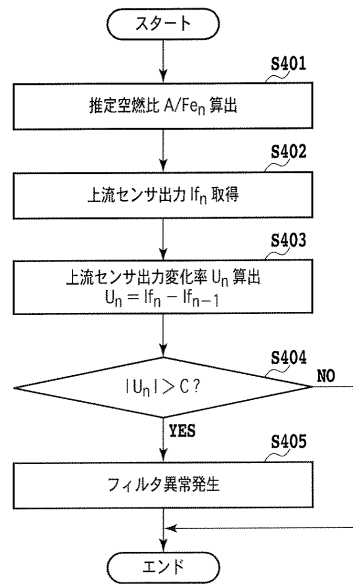
【図15】



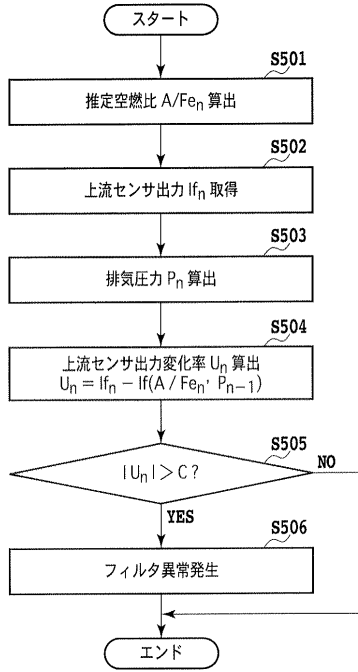
【図16】



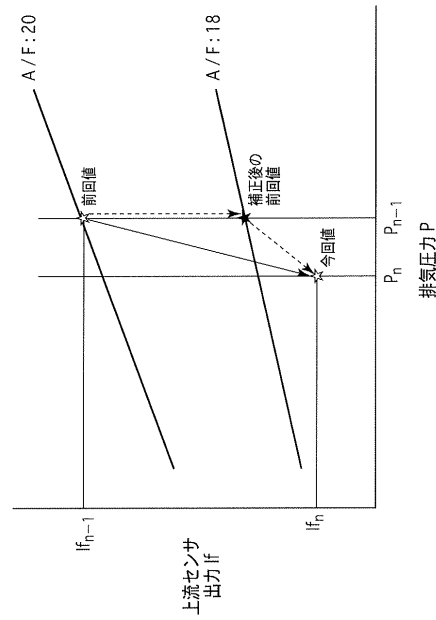
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 N 27/46 3 2 5 E
G 0 1 N 27/46 3 2 5 P
B 0 1 D 46/42 B

審査官 今関 雅子

(56)参考文献 特開2003-097333(JP,A)
特開平05-044439(JP,A)
特表2005-510710(JP,A)
特開2003-214146(JP,A)
特開2006-161626(JP,A)
特開2003-155920(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 1 N 3 / 0 0 - 3 / 3 8