

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6421736号
(P6421736)

(45) 発行日 平成30年11月14日(2018.11.14)

(24) 登録日 平成30年10月26日(2018.10.26)

(51) Int.Cl.	F I
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 31OR
FO1N 3/023 (2006.01)	FO1N 3/023 K
FO1N 3/00 (2006.01)	FO1N 3/00 F

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-207174 (P2015-207174)	(73) 特許権者	000004260
(22) 出願日	平成27年10月21日(2015.10.21)		株式会社デンソー
(65) 公開番号	特開2017-78372 (P2017-78372A)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(43) 公開日	平成29年4月27日(2017.4.27)	(74) 代理人	100121821
審査請求日	平成29年12月21日(2017.12.21)		弁理士 山田 強
		(74) 代理人	100139480
			弁理士 日野 京子
		(74) 代理人	100125575
			弁理士 松田 洋
		(74) 代理人	100175134
			弁理士 北 裕介
		(72) 発明者	田村 昌之
			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】 粒子状物質検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関(11)の排気中に含まれる粒子状物質を付着させる素子部(41)と、
 前記素子部を加熱するヒータ(44)と、
 前記素子部の電気的特性に基づいて前記粒子状物質の量を検出する検出部(31, 32)
)と、
 前記ヒータの動作を制御する制御部(31, 33)と、
 を備える粒子状物質検出装置(20)であって、
 前記制御部は、前記素子部に前記粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において
 、前記素子部の温度が前記排気の温度よりも高く前記素子部が熱劣化する所定温度よりも
 低くなるように予め設定された所定制御量で、前記ヒータを動作させ、
 前記所定期間は、前記素子部に付着した前記粒子状物質を燃焼させる燃焼期間よりも前
 の期間であり、
 前記素子部の温度は前記排気の温度に応じて変化することを特徴とする粒子状物質検出
 装置。

【請求項2】

内燃機関(11)の排気中に含まれる粒子状物質を付着させる素子部(41)と、
 前記素子部を加熱するヒータ(44)と、
 前記素子部の電気的特性に基づいて前記粒子状物質の量を検出する検出部(31, 32)
)と、

前記ヒータの動作を制御する制御部（３１，３３）と、
を備える粒子状物質検出装置（２０）であって、

前記制御部は、前記素子部に前記粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において、前記素子部の温度が前記排気の温度よりも高く前記素子部が熱劣化する所定温度よりも低くなるように予め設定された所定制御量で、前記ヒータを動作させ、

前記素子部の温度は前記排気の温度に応じて変化することを特徴とする粒子状物質検出装置。

【請求項３】

前記制御部は、前記素子部の温度が、前記粒子状物質が燃焼を開始する温度よりも高い場合に、前記所定制御量で前記ヒータを動作させるよりも、前記素子部の温度が低下する
制御量で前記ヒータを動作させる請求項１又は２に記載の粒子状物質検出装置。

10

【請求項４】

内燃機関（１１）の排気中に含まれる粒子状物質を付着させる素子部（４１）と、

前記素子部を加熱するヒータ（４４）と、

前記素子部の電気的特性に基づいて前記粒子状物質の量を検出する検出部（３１，３２）と、

前記ヒータの動作を制御する制御部（３１，３３）と、
を備える粒子状物質検出装置（２０）であって、

前記制御部は、前記素子部に前記粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において、前記素子部の温度が前記排気の温度よりも高く前記素子部が熱劣化する所定温度よりも低くなるように予め設定された所定制御量で、前記ヒータを動作させ、

20

前記制御部は、前記素子部の温度が、前記粒子状物質が燃焼を開始する温度よりも高い場合に、前記所定制御量で前記ヒータを動作させるよりも、前記素子部の温度が低下する
制御量で前記ヒータを動作させることを特徴とする粒子状物質検出装置。

【請求項５】

前記素子部の温度を検出する温度センサ（４４ａ）を備え、

前記制御部は、前記温度センサにより検出される温度が、前記粒子状物質が燃焼を開始する温度よりも高い場合に、前記所定制御量で前記ヒータを動作させるよりも、前記素子部の温度が低下する制御量で前記ヒータを動作させる請求項１～４のいずれか１項に記載
の粒子状物質検出装置。

30

【請求項６】

内燃機関（１１）の排気中に含まれる粒子状物質を付着させる素子部（４１）と、

前記素子部を加熱するヒータ（４４）と、

前記素子部の電気的特性に基づいて前記粒子状物質の量を検出する検出部（３１，３２）と、

前記ヒータの動作を制御する制御部（３１，３３）と、
前記素子部の温度を検出する温度センサ（４４ａ）と、

を備える粒子状物質検出装置（２０）であって、

前記制御部は、前記素子部に前記粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において、前記素子部の温度が前記排気の温度よりも高く前記素子部が熱劣化する所定温度よりも低くなるように予め設定された所定制御量で、前記ヒータを動作させ、

40

前記制御部は、前記温度センサにより検出される温度が、前記粒子状物質が燃焼を開始する温度よりも高い場合に、前記所定制御量で前記ヒータを動作させるよりも、前記素子部の温度が低下する制御量で前記ヒータを動作させることを特徴とする粒子状物質検出装置。

【請求項７】

前記所定制御量は、前記素子部の温度と前記排気の温度との差が１００よりも小さくなるように予め設定されている請求項１～６のいずれか１項に記載の粒子状物質検出装置。

【請求項８】

50

前記所定制御量は、前記所定期間において、80%を超える期間で前記素子部の温度が前記排気の温度よりも高くなるように予め設定されている請求項1～7のいずれか1項に記載の粒子状物質検出装置。

【請求項9】

前記内燃機関の排気通路(13)において前記素子部よりも上流には、前記粒子状物質を捕集して燃焼させるフィルタ(15)が設けられており、

前記所定制御量は、前記フィルタにより捕集された前記粒子状物質を燃焼させている期間、又は前記内燃機関の急加速期間において、前記排気の温度が前記素子部の温度よりも高くなり得るように予め設定されている請求項1～8のいずれか1項に記載の粒子状物質検出装置。

10

【請求項10】

前記所定期間は、前記検出部により前記粒子状物質の量を検出した後の期間に含まれている請求項2、4、6のいずれか1項に記載の粒子状物質検出装置。

【請求項11】

前記所定期間は、前記素子部に前記粒子状物質が付着する状態が異常となる前記内燃機関の運転期間である請求項1～9のいずれか1項に記載の粒子状物質検出装置。

【請求項12】

前記所定制御量は、前記所定期間において、80%を超える期間で前記素子部の温度が、前記粒子状物質が燃焼を開始する温度よりも低くなるように予め設定されている請求項11に記載の粒子状物質検出装置。

20

【請求項13】

前記内燃機関の排気通路において前記素子部よりも上流には、前記粒子状物質を捕集して燃焼させるフィルタが設けられており、

前記所定制御量は、前記フィルタにより捕集された前記粒子状物質を燃焼させている期間、又は前記内燃機関の急加速期間において、前記素子部の温度が、前記粒子状物質が燃焼を開始する温度よりも高くなり得るように予め設定されている請求項11又は12に記載の粒子状物質検出装置。

【請求項14】

前記制御部は、所定期間のうち前記ヒータに通電する比率であるデューティ比により前記ヒータの動作を制御し、前記素子部に前記粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において、予め設定された所定デューティ比で前記ヒータを動作させる請求項1～13のいずれか1項に記載の粒子状物質検出装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排気中に含まれる粒子状物質を検出する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、粒子状物質センサにより排気中の粒子状物質(Particulate Matter、以下「PM」という)を検出した後に、粒子状物質センサの素子部を、PMを燃焼させる所定の温度域に制御して、素子部に堆積したPMを燃焼させて除去するものがある(特許文献1参照)。特許文献1に記載のものでは、PMを燃焼させて除去した後に、内燃機関が停止するまでの間、素子部を上記所定の温度域に維持している。したがって、PMを燃焼させて除去した後に、素子部にPMが堆積することを抑制することができるため、次回の内燃機関の始動時に、PMの燃焼を行うことなくPMの検出を開始することができる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開第2012/124054号

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

しかしながら、特許文献1に記載のものでは、PMの検出後にPMを燃焼させる所定の温度域に維持するため、粒子状物質センサの素子部に加わる熱ストレスが増加し、粒子状物質センサの耐久性が低下するおそれがある。

【0005】

また、粒子状物質センサの素子部に被毒物質が堆積することにより、粒子状物質センサの機能が低下するという問題がある。

【0006】

本発明は、こうした実情に鑑みてなされたものであり、その主たる目的は、粒子状物質検出装置の素子部に加わる熱ストレスの抑制と、素子部への被毒物質の堆積抑制とを両立することのできる粒子状物質検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

以下、上記課題を解決するための手段、及びその作用効果について記載する。

【0008】

本発明は、内燃機関の排気中に含まれる粒子状物質を付着させる素子部と、前記素子部を加熱するヒータと、前記素子部の電気的特性に基づいて前記粒子状物質の量を検出する検出部と、前記ヒータの動作を制御する制御部と、を備える粒子状物質検出装置であって、前記制御部は、前記素子部に前記粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において、前記素子部の温度が前記排気の温度よりも高く前記素子部が熱劣化する所定温度よりも低くなるように予め設定された所定制御量で、前記ヒータを動作させることを特徴とする。

【0009】

上記構成によれば、内燃機関の排気中に含まれる粒子状物質(PM)が、素子部に付着させられる。PMはある程度の導電性を有しているため、素子部にPMが付着すると素子部の電気的特性が変化する。そこで、検出部により、素子部の電気的特性に基づいて、粒子状物質の量が検出される。

【0010】

そして、制御部により、素子部に粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間において、予め設定された所定制御量で、素子部を加熱するヒータが動作させられる。ヒータが動作させられるのは、素子部に粒子状物質を付着させる期間を除く所定期間であるため、素子部に粒子状物質を付着させることに支障を来さない。

【0011】

ここで、上記所定制御量は、素子部が熱劣化する所定温度よりも素子部の温度が低くなるように予め設定されている。このため、所定制御量でヒータを動作させても、素子部に加わる熱ストレスを抑制することができる。さらに、上記所定制御量は、排気の温度よりも素子部の温度が高くなるように予め設定されている。温度勾配のある場に微小な粒子が存在する場合、粒子は低温側に向かう熱泳動力を受ける。このため、素子部から離れる向きに被毒物質やPMに熱泳動力を作用させることができ、素子部への被毒物質の堆積を抑制することができる。しかも、ヒータは予め設定された所定制御量で動作させられるため、素子部の温度を検出して制御量を調節する必要がない。

【図面の簡単な説明】**【0012】**

【図1】内燃機関システムの概略を示す模式図。

【図2】PM検出装置の回路構成を示す模式図。

【図3】PMセンサの素子部及びヒータを示す分解斜視図。

【図4】素子温及び排気温の変化を示すタイムチャート。

【発明を実施するための形態】**【0013】**

以下、一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。本実施形態は、車両に搭載される内燃機関システムとして具体化している。

【0014】

<実施形態の装置構成>

図1を参照すると、内燃機関システム10においては、ディーゼル機関である内燃機関11が設けられている。内燃機関11には、吸気通路12と排気通路13とが接続されている。排気通路13には、排気浄化装置14が装着されている。排気浄化装置14は、内燃機関11から排出された排気から有害成分（窒素酸化物、燃料の未燃あるいは不完全燃焼によって生じたHCやCO等の炭素化合物、PM等）を除去するように構成されている。特に、本実施形態においては、排気浄化装置14には、PM捕集フィルタ15（フィルタに相当）が設けられている。かかる排気浄化装置14の構成については周知であるので、本明細書においては説明を省略する。

10

【0015】

また、内燃機関システム10には、「粒子状物質検出装置」としてのPM検出装置20が設けられている。このPM検出装置20は、ECU（Electric Control Unit）30及びPMセンサ40を備えている。ECU30は、内燃機関11及びその補機類の動作を制御するとともに、PM検出装置20としての動作を制御するように構成されている。

【0016】

図2を参照すると、ECU30は、マイクロコンピュータ31と、検出部制御回路32と、ヒータ制御回路33と、を備えている。マイクロコンピュータ31は、CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、不揮発性メモリ等を備えている。

20

【0017】

検出部制御回路32は、PMセンサ40に設けられた素子部41（一对の検出電極42、43を含む）に接続されている。また、検出部制御回路32は、マイクロコンピュータ31にも接続されている。この検出部制御回路32は、検出電極42、43間に印加される電圧を出力する電源回路（図示略）と、素子部41の電気的特性を検出する検出回路（図示略）とを備えている。検出部制御回路32は、電源回路により検出電極42、43間に電圧を印加させた状態で、検出回路によりPMの付着状態に応じた素子部41の電気的特性を検出させる。検出回路は、検出した電気的特性をマイクロコンピュータ31に入力するようにになっている。電気的特性としては、検出電極42、43間に流れる電流や、検出電極42、43間の抵抗等を採用することができる。マイクロコンピュータ31は、検出された電気的特性に基づいて、素子部41に付着したPMの量、ひいては内燃機関11の排気中に含まれるPMの量を算出する。なお、検出部制御回路32及びマイクロコンピュータ31により、検出部が構成されている。

30

【0018】

ヒータ制御回路33は、PMセンサ40に設けられたヒータ44（電熱線44aを含む）に接続されている。また、ヒータ制御回路33は、マイクロコンピュータ31にも接続されている。このヒータ制御回路33は、電熱線44aに印加される電圧を出力する電源回路（図示略）と、この電源回路の電圧が電熱線44aに出力される状態を変更する駆動回路（図示略）とを備えている。駆動回路は、所定周期のうち電熱線44aに通電する比率であるデューティ比を変更する（パルス幅変調制御）。マイクロコンピュータ31は、駆動回路に指令するデューティ比により、ヒータ44の動作を制御する。なお、ヒータ制御回路33及びマイクロコンピュータ31により、制御部が構成されている。

40

【0019】

図2及び図3を参照しつつ、PMセンサ40の具体的な構成について説明する。PMセンサ40は、上述したように素子部41及びヒータ44を備えている。

【0020】

素子部41は、排気中に暴露されることで当該排気中に含まれるPMが付着するように、排気通路13に装着されている。素子部41は、絶縁基板45と、一对の検出電極42

50

、43とを備えている。検出電極42、43は、絶縁基板45の表面に、例えば白金により形成されている。白金は、高い耐熱性を有するが、高温の酸素雰囲気下では酸化及び蒸発減少することが知られている。検出電極42、43を白金電極で構成したサンプルについて、大気中での高温負荷試験を720時間実施したところ、650（所定温度に相当）以上で電極の蒸発減少が確認され、600では確認されなかった。絶縁基板45は、セラミックス等により形成されている。

【0021】

ヒータ44は、通電により発熱して素子部41を加熱することで、素子部41に付着したPMを燃焼させて除去するように設けられている。ヒータ44は、絶縁基板46と、電熱線44aとを備えている。電熱線44aは、絶縁基板46の表面に、例えば白金により形成されている。絶縁基板46は、セラミックス等により形成されている。

10

【0022】

そして、素子部41が形成された絶縁基板45と、ヒータ44が形成された絶縁基板46とが、素子部41とヒータ44とが互いに向き合わないよう積層（接合）されることで、PMセンサ40が形成されている。なお、かかるPMセンサ40の構成については周知であるので、本明細書においてはこれ以上の説明を省略する。

【0023】

ところで、素子部41に被毒物質が堆積すると、PMセンサ40の機能が低下する。被毒物質としては、排気通路13中の酸化鉄や、素子部41のPMを燃焼させた後に残留する灰分（以下「アッシュ」という）がある。アッシュは、硫酸カルシウムや硫酸マグネシウム等の金属塩（絶縁性物質）を主たる成分とするものである。かかる成分は、内燃機関11の潤滑油等に含まれるカルシウム等の金属元素、燃料に含まれる硫黄等に由来するものである。そして、被毒物質の堆積量が増加すると、素子部41の電気抵抗が上昇したり、素子部41にPMが付着しにくくなったりする。

20

【0024】

そこで、本実施形態では、ECU30は、素子部41にPMを付着させる捕集期間を除く所定期間において、素子部41から被毒物質やPMを遠ざける熱泳動力が作用するように、素子部41をヒータ44により加熱させる。熱泳動とは、温度勾配のある場に微小な粒子が存在する場合に、粒子が低温側に向かう力を受ける現象である。すなわち、素子部41の温度が排気の温度よりも高くなれば、被毒物質やPMに素子部41から遠ざかる方向の熱泳動力が作用する。ただし、素子部41の温度が高くなり過ぎると、上述したように素子部41の検出電極42、43が、酸化したり蒸発減少したりするおそれがある。

30

【0025】

この点、本実施形態では、ECU30は、素子部41にPMを付着させる期間を除く所定期間において、素子部41の温度が排気の温度よりも高く素子部41が熱劣化する所定温度（650）よりも低くなるように予め設定された所定制御量で、ヒータ44を動作させる。具体的には、マイクロコンピュータ31は、ヒータ制御回路33の駆動回路に指令するデューティ比Dを、予め設定されたデューティ比D2（所定デューティ比）とする。ヒータ制御回路33の駆動回路は、デューティ比D2でヒータ44の電熱線44aに通電する。このデューティ比D2は、内燃機関11を搭載した車両毎の適合により決定されている。

40

【0026】

デューティ比D2として採用可能な下限値は、素子部41の温度が最も下がり易い内燃機関11の運転状態であっても、素子部41の温度が排気の温度よりも高くなるように決定されている。素子部41の温度が最も下がり易い内燃機関11の運転状態として、低温の排気が高流速で流れる運転状態を想定している。

【0027】

デューティ比D2として採用可能な上限値は、素子部41の温度が最も上がり易い内燃機関11の運転状態であっても、素子部41の検出電極42、43の温度が熱劣化の生じる650（所定温度）よりも低くなるように決定されている。素子部41の温度が最も

50

上がり易い内燃機関 11 の運転状態として、高温の排気が高流速で流れる運転状態を想定している。そして、デューティ比 D2 は、上記下限値と上記上限値との間の固定値として設定されている。予め設定されたデューティ比 D2 でヒータ 44 を動作させる場合、素子部 41 の温度は排気の温度に応じて変化する。ここで、デューティ比 D2 は、素子部 41 の温度と排気の温度との差が 100 よりも小さくなるように予め設定されている。

【0028】

また、排気の温度が一時的に急上昇する場合や、素子部 41 が急冷される場合は、素子部 41 の温度が排気の温度よりも一時的に低くなることが起こり得る。この場合、素子部 41 から離れる向きに、被毒物質や PM に熱泳動力を作用させることができなくなる。しかしながら、このような状態を完全に防ごうとすると、デューティ比 D2 を過剰に高く設定せざるを得ず、素子部 41 の温度が 650 よりも高くなる可能性が高くなる。この点、デューティ比 D2 は、デューティ比 D2 でヒータ 44 を動作させる期間（所定期間）において、80% を超える期間で素子部 41 の温度が排気の温度よりも高くなるように予め設定されている。内燃機関 11 を最高回転速度域で定常運転させ、ヒータ 44 を停止させることで排気の温度が素子部 41 の温度よりも高くなる期間を設けて、車両の実走行の 30 万 km に相当する条件で試験を行った。その結果、所定期間に対して、排気の温度が素子部 41 の温度よりも高くなる期間が、80% 以上の場合は PM センサ 40 の感度低下は生じず、75%、70%、65% の場合は、それぞれ 15%、21%、30% の感度低下が生じた。

【0029】

さらに、内燃機関 11 の排気通路 13 において素子部 41 よりも上流には、PM 捕集フィルタ 15 が設けられている。PM 捕集フィルタ 15 により捕集された PM を燃焼させている期間は、高温の排気が素子部 41 へ流れて素子部 41 の温度が急上昇し易い。また、内燃機関 11 の急加速期間においても、高温の排気が素子部 41 へ流れて素子部 41 の温度が急上昇し易い。このような場合にも、素子部 41 の温度を排気の温度よりも高くしようとすると、デューティ比 D2 を過剰に高く設定せざるを得ず、素子部 41 の温度が 650 よりも高くなる可能性が高くなる。この点、デューティ比 D2 は、PM 捕集フィルタ 15 により捕集された PM を燃焼させている期間、又は内燃機関 11 の急加速期間において、排気の温度が素子部 41 の温度よりも高くなり得るように予め設定されている。

【0030】

以上により、本実施形態では、デューティ比 D2 でヒータ 44 を動作させる期間（所定期間）に対して、90% の期間で排気の温度が素子部 41 の温度よりも高くなるように、デューティ比 D2 を予め設定している。換言すれば、上記所定期間に対して、10% の期間で排気の温度が素子部 41 の温度よりも低くなるように、デューティ比 D2 を予め設定している。このとき、素子部 41 の温度は、排気の温度よりも 100 以上高くならず、最高で 600 となっている。

【0031】

また、本実施形態では、内燃機関 11 の運転開始から運転終了までに、PM の量の検出を 1 回行う。そこで、ヒータ 44 によりデューティ比 D2 で素子部 41 を加熱する所定期間を、PM の量を検出した後の期間に含ませている。具体的には、所定期間として、PM の量の検出終了から内燃機関 11 の運転停止までの期間を設定している。

【0032】

図 4 は、PM 検出装置 20 による PM 量検出において、素子部 41 の温度及び排気の温度が変化する様子を示すタイムチャートである。

【0033】

時刻 t1 において、ECU 30 は、PM 量の検出に先立って、素子部 41 に付着している PM を燃焼させる制御を開始する。具体的には、マイクロコンピュータ 31 は、ヒータ制御回路 33 の駆動回路に指令するデューティ比 D を、上記デューティ比 D2 よりも高い予め設定されたデューティ比 D1 とする。ヒータ制御回路 33 の駆動回路は、デューティ比 D1 でヒータ 44 の電熱線 44a に通電する。このデューティ比 D1 は、PM を燃焼さ

10

20

30

40

50

せることの可能な温度（例えば600）まで素子部41の温度を上昇させるデューティ比であり、内燃機関11を搭載した車両毎の適合により決定されている。これにより、実線で示すように、素子部41の温度が略600まで上昇する。破線で示すように、排気の温度は、内燃機関11の運転状態に応じて変動する。このため、素子部41の温度は、排気の温度に応じて600付近で変動する。時刻 $t_1 \sim t_2$ は、素子部41に付着したPMを燃焼させる燃焼期間（PMセンサ再生モード）である。

【0034】

時刻 t_2 において、ECU30は、素子部41に付着しているPMを燃焼させる制御を終了する。具体的には、マイクロコンピュータ31は、ヒータ制御回路33の駆動回路に指令するデューティ比Dを0%とする。これにより、素子部41の温度が低下する。時刻 $t_2 \sim t_3$ は、素子部41を冷却する冷却期間（PMセンサ冷却モード）である。

10

【0035】

時刻 t_3 において、ECU30は、素子部41にPMを付着させる制御を開始する。このとき、検出部制御回路32は、電源回路により検出電極42, 43間に電圧を印加させて、検出電極42, 43の近傍を通過するPMを帯電させてもよい（静電捕集）。PMが帯電することにより、素子部41へのPMの付着が促進される。排気の温度が内燃機関11の運転状態に応じて変動し、それに伴って素子部41の温度が排気の温度よりもやや低い温度で変動する。時刻 $t_3 \sim t_4$ は、素子部41にPMを付着させる捕集期間（PM捕集モード）である。

【0036】

20

時刻 t_4 において、ECU30は、素子部41に付着したPMの量を検出する。具体的には、検出部制御回路32は、電源回路により検出電極42, 43間に電圧を印加させた状態で、検出回路により検出電極42, 43間に流れる電流値を検出させる。検出回路は、検出した電流値をマイクロコンピュータ31に入力する。マイクロコンピュータ31は、入力された電流値に基づいて、素子部41に付着したPMの量を算出する。例えば、マイクロコンピュータ31は、PMの捕集期間（時刻 $t_3 \sim t_4$ ）における上記電流値とPMの量との関係を規定するマップを備えている。このマップは、予め実験等に基づいて設定しておくことができる。そして、マイクロコンピュータ31は、マップを参照して、入力された電流値に対応するPMの量を算出し、ひいては内燃機関11の排気中に含まれるPMの量を算出する。

30

【0037】

時刻 t_4 以後、ECU30は、素子部41に被毒物質やPMが付着することを抑制する制御を実行する。具体的には、マイクロコンピュータ31は、ヒータ制御回路33の駆動回路に指令するデューティ比Dを、上記デューティ比D2とする。ヒータ制御回路33の駆動回路は、デューティ比D2でヒータ44の電熱線44aに通電する。これにより、実線で示す素子部41の温度は、破線で示す排気の温度よりもやや高い状態に維持される。排気の温度は、内燃機関11の運転状態に応じて変動する。このため、素子部41の温度は、排気の温度に応じて排気の温度よりもやや高い温度で変動する。時刻 t_4 以後は、素子部41に被毒物質やPMが付着することを抑制する抑制期間（付着抑制モード）である。

40

【0038】

以上詳述した本実施形態は、以下の利点を有する。

- ・マイクロコンピュータ31及びヒータ制御回路33（ECU30）により、素子部41にPMを付着させる捕集期間（時刻 $t_3 \sim t_4$ ）を除く所定期間において、予め設定されたデューティ比D2（所定制御量）でヒータ44が動作させられる。ヒータ44が動作させられるのは、素子部41にPMを付着させる捕集期間を除く所定期間であるため、素子部41にPMを付着させることに支障を来さない。

【0039】

- ・上記デューティ比D2は、素子部41が熱劣化する650（所定温度）よりも素子部41の温度が低くなるように予め設定されている。このため、デューティ比D2でヒータ

50

タ４４を動作させても、素子部４１に加わる熱ストレスを抑制することができる。さらに、上記デューティ比Ｄ２は、排気の温度よりも素子部４１の温度が高くなるように予め設定されている。温度勾配のある場に微小な粒子が存在する場合、粒子は低温側に向かう熱泳動力を受ける。このため、素子部４１から離れる向きに被毒物質（アッシュ、酸化鉄等）やＰＭに熱泳動力を作用させることができ、素子部４１への被毒物質の堆積を抑制することができる。しかも、ヒータ４４は予め設定されたデューティ比Ｄ２で動作させられるため、素子部４１の温度を検出して制御量を調節する必要がない。

【００４０】

・デューティ比Ｄ２は、素子部４１の温度と排気の温度との差が１００よりも小さくなるように予め設定されている。一般に、ディーゼル機関の排気の温度は、最高５００

10

【００４１】

・デューティ比Ｄ２は、上記所定期間において、８０％を超える期間で素子部４１の温度が排気の温度よりも高くなるように予め設定されている。したがって、素子部４１に加わる熱ストレスの抑制と、素子部４１への被毒物質の堆積抑制とを、適度に均衡させることができる。

【００４２】

・デューティ比Ｄ２は、ＰＭ捕集フィルタ１５により捕集されたＰＭを燃焼させている期間、又は内燃機関１１の急加速期間において、排気の温度が素子部４１の温度よりも高くなり得るように予め設定されている。したがって、このような場合は、例外的に素子部４１の温度が排気の温度よりも一時的に低くなることを許容することができ、デューティ比Ｄ２が過剰に高く設定されないようにすることができる。

20

【００４３】

・デューティ比Ｄ２でヒータ４４を動作させる所定期間は、マイクロコンピュータ３１及び検出部制御回路３２（ＥＣＵ３０）によりＰＭの量を検出した後の期間に含まれている。このため、ＰＭの量を検出するまでは、素子部４１にＰＭを付着させることに支障を来さないようにすることができる。さらに、ＰＭの量を検出した後は、素子部４１への被毒物質の堆積を抑制することができる。特に、所定期間として、ＰＭの量の検出終了から内燃機関１１の運転停止までの期間を設定しているため、素子部４１への被毒物質の付着量を最少にすることができる。

30

【００４４】

・デューティ比Ｄ２でヒータ４４を動作させることにより、素子部４１の温度を排気の温度よりも高くしている。このとき、素子部４１の温度は排気の温度に応じて変化するため、排気の温度が低い場合に素子部４１の温度を低くすることができる。したがって、素子部４１の温度を排気の温度よりも高い一定温度に維持する構成と比較して、素子部４１が必要以上に加熱されることを抑制することができ、素子部４１に加わる熱ストレスを抑制することができる。

【００４５】

なお、上記実施形態を、以下のように変更して実施することもできる。

40

【００４６】

・内燃機関１１の運転開始から運転終了までに、ＰＭの量の検出を複数回行う場合は、デューティ比Ｄ２でヒータ４４を動作させる所定期間が、各回においてＰＭの量を検出した後の期間に含まれるようにしてもよい。

【００４７】

・素子部４１に付着したＰＭを燃焼させる燃焼期間（時刻 $t_1 \sim t_2$ ）よりも前に、素子部４１に付着する水をライデンフロスト現象により撥水させる撥水期間（撥水モード）を設けてもよい。この場合、撥水期間（所定期間）において、デューティ比Ｄ２でヒータ４４に通電してもよい。これにより、撥水期間において、素子部４１への被毒物質の付着を抑制することができる。

50

【 0 0 4 8 】

・素子部 4 1 に P M を付着させる捕集期間（時刻 t_3 ～時刻 t_4 ）において、素子部 4 1 に P M が付着する状態が異常となる期間には、素子部 4 1 に P M を付着させないことが望ましい。そこで、素子部 4 1 に P M を付着させる捕集期間を除く所定期間として、素子部 4 1 に P M が付着する状態が異常となる内燃機関 1 1 の運転期間を設定してもよい。そして、P M の付着する状態が異常となる期間が終了すれば、P M 捕集期間を再開し、上記所定期間を除いた捕集期間が基準期間になるまで、素子部 4 1 に P M を付着させる。こうした構成によれば、所定期間において、デューティ比 D 2 でヒータ 4 4 が動作させられる。したがって、素子部 4 1 から離れる向きに、被毒物質に加えて P M に熱泳動力を作用させることができ、素子部 4 1 への P M の堆積を抑制することができる。その結果、適切な期間に素子部 4 1 に P M を付着させることができ、P M の量を検出する精度を向上させることができる。なお、素子部 4 1 に P M が付着する状態が異常となる期間として、内燃機関 1 1 の始動時や、加減速時等を採用することができる。

10

【 0 0 4 9 】

上記構成において、排気の温度が一時的に急上昇する場合は、素子部 4 1 の温度が、P M が燃焼を開始する温度（例えば 5 0 0 ）よりも一時的に高くなることが起こり得る。この場合、素子部 4 1 に付着した P M が一時的に燃焼するおそれがある。しかしながら、このような状態を完全に防ごうとすると、デューティ比 D 2 を過剰に低く設定せざるを得ず、素子部 4 1 の温度が排気の温度よりも低くなる可能性が高くなる。

【 0 0 5 0 】

20

この点、デューティ比 D 2 は、所定期間において、8 0 % を超える期間で素子部 4 1 の温度が、P M が燃焼を開始する温度よりも低くなるように予め設定されているといった構成を採用してもよい。こうした構成によれば、素子部 4 1 に付着した P M が検出前に燃焼することを抑制しつつ、素子部 4 1 への P M の異常な堆積を抑制することができる。なお、素子部 4 1 の温度が、P M が燃焼を開始する温度よりも一時的に高くなったとしても、P M が直ちに燃焼してなくなるわけではない。

【 0 0 5 1 】

また、上記構成において、デューティ比 D 2 は、P M 捕集フィルタ 1 5 により捕集された P M を燃焼させている期間、又は内燃機関 1 1 の急加速期間において、素子部 4 1 の温度が、P M が燃焼を開始する温度よりも高くなり得るように予め設定されているといった構成を採用してもよい。こうした構成によれば、上記のような場合は、例外的に素子部 4 1 の温度が、P M が燃焼を開始する温度よりも一時的に高くなることを許容することができる。デューティ比 D 2 が過剰に低く設定されないようにすることができる。

30

【 0 0 5 2 】

・素子部 4 1 が急冷される場合として、寒冷地等で極低気温となる場合を想定することもできる。

【 0 0 5 3 】

・デューティ比 D 2 は、固定値に限らず、下限値と上限値との間で可変とすることもできる。

【 0 0 5 4 】

40

・予め設定された所定制御量でヒータ 4 4 を動作させる構成として、デューティ比 D 2 でヒータ 4 4 に通電する構成に限らず、予め設定された所定電流値でヒータ 4 4 に通電する構成や、予め設定された所定電圧値でヒータ 4 4 に通電する構成等を採用することもできる。要するに、素子部 4 1 の温度が排気の温度よりも高く、且つ素子部 4 1 が熱劣化する所定温度よりも低くなるように予め設定された所定制御量で、ヒータ 4 4 を動作させればよい。

【 0 0 5 5 】

・E C U 3 0 は、素子部 4 1 の温度が、P M が燃焼を開始する温度よりも高い場合に、所定制御量でヒータ 4 4 を動作させるよりも、素子部 4 1 の温度が低下する制御量でヒータ 4 4 を動作させるといった構成を採用することもできる。素子部 4 1 の温度は、例えば

50

内燃機関 11 の運転状態に基づいて推定することができる。素子部 41 の温度が低下する制御量として、例えば所定制御量を一定量低下させた制御量を採用することができる。こうした構成によれば、素子部 41 に付着した PM が一時的に燃焼することを抑制することができる。

【0056】

さらに、素子部 41 の温度を検出する温度センサを備え、ECU 30 は、温度センサにより検出される温度が、PM が燃焼を開始する温度よりも高い場合に、所定制御量でヒータ 44 を動作させるよりも、素子部 41 の温度が低下する制御量でヒータ 44 を動作させるといった構成を採用することもできる。こうした構成によれば、素子部 41 に付着した PM が一時的に燃焼することを、確実に抑制することができる。温度センサとして、素子部 41 の温度を検出するサーミスタ等を採用することができる。また、ヒータ 44 の電熱線 44a に通電して発熱させると、電熱線 44a の抵抗値は変化する。電熱線 44a の温度と電熱線 44a の抵抗値との間には一定の関係があり、電熱線 44a の抵抗値に基づいて素子部 41 の温度を検出することができる。この場合は、電熱線 44a が温度センサに相当する。なお、素子部 41 の温度を検出する温度センサを備える場合は、素子部 41 の温度が目標温度となるように所定制御量を調節することもできる。

10

【0057】

- ・ヒータ 44 が PM センサ 40 とは別体で設けられた構成を採用することもできる。

【0058】

- ・PM 検出装置（粒子状物質検出装置）が、PM センサ 40 と PM センサ 40 のコントロールユニットとを含む PM センサモジュールにより構成されていてもよい。

20

【0059】

- ・ガソリン、アルコール、天然ガス等の燃料を用いる内燃機関を対象として、排気中に含まれる PM を検出する装置として具体化することもできる。ただし、一般にガソリン機関の排気の温度は、最高 800 まで上昇する。このため、素子部 41 へ流通する排気の温度が最高 500 となる位置に、素子部 41 を取り付ける必要がある。なお、素子部 41 へ流通する排気の温度が、ガソリン機関（内燃機関）の限られた運転状態において一時的に 500 を超えることを許容してもよい。

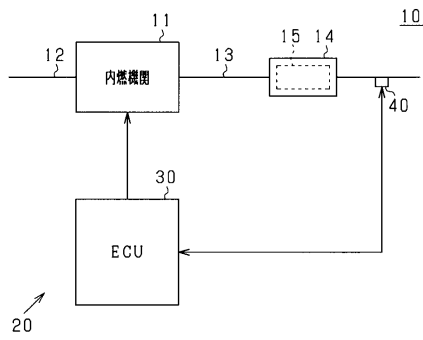
【符号の説明】

【0060】

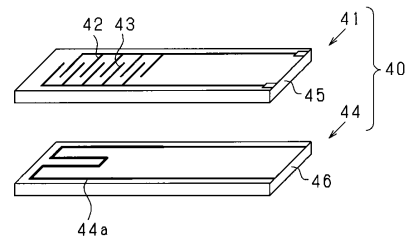
11 ... 内燃機関、20 ... PM 検出装置、30 ... ECU、31 ... マイクロコンピュータ、32 ... 検出部制御回路、33 ... ヒータ制御回路、40 ... PM センサ、41 ... 素子部、44 ... ヒータ。

30

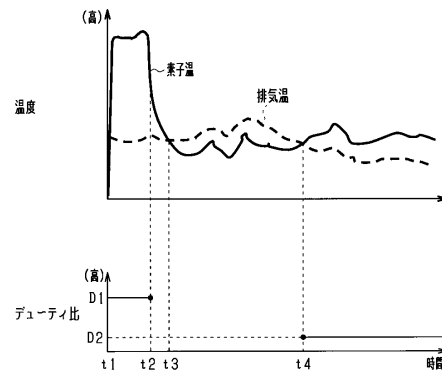
【図 1】



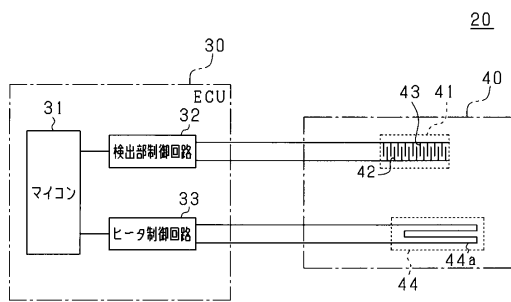
【図 3】



【図 4】



【図 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 荒木 貴司
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 山本 真宏
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 宮川 豪
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 吉留 学
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 勝野 祐人
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 坂輪 年洋
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 佐々木 淳

- (56)参考文献 国際公開第2013/018224(WO, A1)
特開2012-189049(JP, A)
特開2011-080942(JP, A)
特開2013-253794(JP, A)
特開平08-296427(JP, A)
特開2016-085094(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02D 45/00
F01N 3/00
F01N 3/023