

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7234976号
(P7234976)

(45)発行日 令和5年3月8日(2023.3.8)

(24)登録日 令和5年2月28日(2023.2.28)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 N 27/26 (2006.01)	G 0 1 N 27/26 3 9 1 Z
G 0 1 N 33/00 (2006.01)	G 0 1 N 33/00 C
G 0 1 N 27/416 (2006.01)	G 0 1 N 27/416 3 3 1

請求項の数 5 (全23頁)

(21)出願番号	特願2020-31804(P2020-31804)	(73)特許権者	000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(22)出願日	令和2年2月27日(2020.2.27)	(74)代理人	100140486 弁理士 鎌田 徹
(65)公開番号	特開2021-135176(P2021-135176 A)	(74)代理人	100170058 弁理士 津田 拓真
(43)公開日	令和3年9月13日(2021.9.13)	(72)発明者	鈴木 寛 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式 会社デンソー内
審査請求日	令和4年4月18日(2022.4.18)	(72)発明者	村山 勇樹 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	佐藤 陽 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

排出ガスセンサ(100)の制御装置(10)であって、
前記排出ガスセンサは、内燃機関(EG)で生じた排出ガスから酸素を排出する第1セル(150)と、前記第1セルによって酸素が排出された後の排出ガスに含まれる残留酸素の濃度、に応じた大きさの電流を出力する第2セル(160)と、を有するものであり、
前記第1セルによる酸素の排出を制御する第1セル制御部(13)と、
前記第2セルから出力される電流の値、であるセル電流値を取得する電流値取得部(14)と、
前記セル電流値に基づいて、前記排出ガスセンサで生じている劣化の度合いを示す指標、である劣化率を算出する劣化率算出部(15)と、を備え、
前記劣化率算出部は、
前記第1セル制御部によって前記第1セルによる酸素の排出が抑制された後、
所定のタイミング又は期間における前記セル電流値の変化の傾きである第1傾きと、
前記第1傾きよりも後のタイミング又は期間であって、且つ、前記第1セルによる酸素の排出の抑制が解除されるよりも前のタイミング又は期間における前記セル電流値の変化の傾きである第2傾きと、の両方に基づいて、前記劣化率を算出するように構成されている制御装置。

10

【請求項2】

前記第1傾きの値に基づく第1指標と、前記第2傾きの値に基づく第2指標と、算出さ

20

れる前記劣化率の値と、の対応関係を記憶している記憶部（16）を更に備え、

前記劣化率算出部は、前記対応関係を参照することにより前記劣化率を算出する、請求項1に記載の制御装置。

【請求項3】

前記劣化率算出部は、

前記第1傾きに基づいて補正係数を算出し、

算出された前記補正係数を用いて前記第2傾きを補正し、

補正された前記第2傾きに基づいて前記劣化率を算出する、請求項1に記載の制御装置。

【請求項4】

前記第1セルの電極は金を含有している、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の制御装置。 10

【請求項5】

前記排出ガスセンサは、前記第1セルの電極と前記第2セルの電極とが、同一の空間内に配置されたものである、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、排出ガスセンサの制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】 20

内燃機関を有する車両の排気配管には、排出ガスに含まれる特定のガスの濃度を測定するための排出ガスセンサが設けられる。「特定のガス」とは、例えば窒素酸化物である。このような排出ガスセンサとしては、固体電解質層の両側に電極が形成されたセルを、複数有する構成のものが知られている。上記セルでは、電極間に電圧が印加された状態において、測定対象成分の濃度に応じた大きさの電流が流れる。排出ガスセンサは、当該電流の値に基づいて測定対象成分の濃度を測定する。

【0003】

例えば、上記の複数のセルとして、第1セル及び第2セルを有する構成の排出ガスセンサが知られている。当該排出ガスセンサでは、排出ガスに含まれる酸素が、上流側に配置された第1セルによって予め排出される。下流側に配置された第2セルでは、酸素が排出された後の排出ガスに含まれる残留酸素や窒素酸化物の濃度に応じた電流が流れる。以下では、当該電流のことを「出力電流」とも表記する。このような構成の排出ガスセンサでは、窒素酸化物よりも量の多い酸素を排出ガスから予め排出しておくことにより、窒素酸化物の濃度を精度よく測定することができる。 30

【0004】

複数のセルを有する排出ガスセンサでは、セルの劣化により、測定対象成分の濃度と出力電流との関係が変化してしまうことがある。そこで、下記特許文献1に記載のガスセンサ制御装置では、排出ガスセンサで生じている劣化の度合いを示す指標である劣化率、を算出することが可能となっている。具体的には、第1セル（ポンプセル）に印加される電圧を低減し、第2セル（センサセル）に到達する酸素の量を一時的に増加させた上で、その際における第2セルからの出力電流の変化の傾きに基づいて劣化率を算出することとしている。 40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2017-116438号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

第2セルからの出力電流の変化の傾きは、第2セルの劣化度合いに応じて小さくなる傾 50

向がある。このため、第2セルからの出力電流の変化の傾きが通常時よりも小さくなると、第2セルに劣化が生じている、すなわち排出ガスセンサの劣化率が大きくなっていると判定することができる。

【0007】

ところで、第2セルからの出力電流の変化の傾きは、第2セルの劣化度合いに応じて変化するだけでなく、第2セルの温度に応じても変化する。例えば、第2セルの温度が通常時よりも高温となっているときには、第2セルからの出力電流の変化の傾きは大きくなる傾向がある。このため、実際には第2セルで劣化が生じている場合であっても、第2セルが高温となっているときには、第2セルからの出力電流の変化の傾きが通常時と概ね同じ程度の傾きとなり、劣化率が実際よりも小さな値として算出されてしまう。その結果、排出ガスセンサで劣化が生じていないとの誤判定がなされてしまうことが起こり得る。

10

【0008】

本開示は、排出ガスセンサにおける劣化率を正確に算出することのできる制御装置、を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示に係る制御装置は、排出ガスセンサ(100)の制御装置(10)である。制御対象である排出ガスセンサは、内燃機関(EG)で生じた排出ガスから酸素を排出する第1セル(150)と、第1セルによって酸素が排出された後の排出ガスに含まれる残留酸素の濃度、に応じた大きさの電流を出力する第2セル(160)と、を有するものである。この制御装置は、第1セルによる酸素の排出を制御する第1セル制御部(13)と、第2セルから出力される電流の値、であるセル電流値を取得する電流値取得部(14)と、セル電流値に基づいて、排出ガスセンサで生じている劣化の度合いを示す指標、である劣化率を算出する劣化率算出部(15)と、を備える。劣化率算出部は、第1セル制御部によって第1セルによる酸素の排出が抑制された後、所定のタイミング又は期間におけるセル電流値の変化の傾きである第1傾きと、第1傾きよりも後のタイミング又は期間であって、且つ、前記第1セルによる酸素の排出の抑制が解除されるよりも前のタイミング又は期間におけるセル電流値の変化の傾きである第2傾きと、の両方に基づいて、劣化率を算出するように構成されている。

20

【0010】

本発明者らは、セル電流値の変化の傾きについて、第1セルによる酸素の排出が抑制された直後の傾きは、劣化の影響を殆ど受けず温度のみの影響を受けて変動する一方で、その後における傾きは、劣化及び温度の両方の影響を受けて変動する、という知見を得ている。そこで、上記構成の制御装置では、所定のタイミング又は期間におけるセル電流値の変化の傾きである第1傾きと、第1傾きよりも後のタイミング又は期間におけるセル電流値の変化の傾きである第2傾きと、の両方に基づいて、排出ガスセンサの劣化率を算出することとしている。これにより、第2セルの温度による傾きの変化の影響を排除しながら、劣化率を正確に算出することが可能となる。

30

【発明の効果】

【0011】

本開示によれば、排出ガスセンサにおける劣化率を正確に算出することのできる制御装置、が提供される。

40

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】図1は、第1実施形態に係る制御装置及び排出ガスセンサが設けられた、車両の排気系の構成を模式的に示す図である。

【図2】図2は、第1実施形態に係る制御装置及び排出ガスセンサの構成を模式的に示す図である。

【図3】図3は、図2のIII-III断面を示す断面図である。

【図4】図4は、排出ガスセンサの測定原理を説明するための図である。

50

【図 5】図 5 は、ポンプセル電圧等の時間変化の例を示す図である。

【図 6】図 6 は、センサセル電流の時間変化を示すグラフである。

【図 7】図 7 は、センサセル電流の時間変化を示すグラフである。

【図 8】図 8 は、第 1 指標と、第 2 指標と、算出される劣化率の値と、の対応関係を示すマップの例を示す図である。

【図 9】図 9 は、第 1 実施形態に係る制御装置によって実行される処理の流れを示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、センサセル電流の時間変化を示すグラフである。

【図 11】図 11 は、第 2 指標と劣化率との対応関係を示す図である。

【図 12】図 12 は、第 1 指標と補正係数との対応関係を示す図である。

10

【図 13】図 13 は、第 2 実施形態に係る制御装置によって実行される処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付図面を参照しながら本実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

【0014】

第 1 実施形態について説明する。本実施形態に係る制御装置 10 は、排出ガスセンサ 100 の制御を行うための装置として構成されている。図 1 には、排出ガスセンサ 100 が設けられる車両の排気系が模式的に示されている。同図に示されるように、当該車両の内燃機関 EG には、内燃機関 EG から排出された排出ガスを外部に導くための排気配管 20 が接続されている。排出ガスセンサ 100 は、排出ガスに含まれる窒素酸化物の濃度を測定するためのものであって、排気配管 20 の途中となる位置に設けられている。尚、本実施形態においては、排出ガスセンサ 100 の検知対象となる成分は上記の通り窒素酸化物なのであるが、例えばアンモニアのように、窒素酸化物以外の成分であってもよい。

20

【0015】

排気配管 20 の途中には、排出ガスセンサ 100 のほか、酸化触媒コンバータ 22 が設けられている。酸化触媒コンバータ 22 は、排出ガスに含まれる有害物質を浄化するものである。酸化触媒コンバータ 22 の内部には酸化触媒（不図示）が収容されている。酸化触媒は、主としてセラミック製の担体と、酸化アルミニウム、二酸化セリウム及び二酸化ジルコニウムを成分とする酸化物混合物、並びに白金、パラジウム、ロジウムといった貴金属触媒で構成されている。酸化触媒は、排出ガスに含まれる炭化水素、一酸化炭素、窒素酸化物などを酸化させ浄化する。酸化触媒コンバータ 22 の内部には、上記の酸化触媒に加えて、微小粒子を捕捉するためのパティキュレートフィルタが収容されていてもよい。

30

【0016】

制御装置 10 の制御対象である排出ガスセンサ 100 は、排気配管 20 のうち、酸化触媒コンバータ 22 の下流側となる位置に設けられており、当該位置における排出ガスの窒素酸化物の濃度を測定するものとなっている。

【0017】

排出ガスセンサ 100 で測定された窒素酸化物の濃度は、制御装置 10 に伝えられる。制御装置 10 は、測定された窒素酸化物の濃度に基づいて、内燃機関 EG の各種制御を行う。当該制御には、例えば、内燃機関 EG における点火タイミングを調整する制御等が含まれる。

40

【0018】

このように、本実施形態に係る制御装置 10 は、後に説明する排出ガスセンサ 100 の制御のほか、内燃機関 EG の制御をも行う装置として構成されている。つまり、制御装置 10 は所謂「エンジン ECU」としての機能をも有している。このような態様に換えて、制御装置 10 が、排出ガスセンサ 100 の制御を行うための専用の装置として構成されており、エンジン ECU とは別の制御装置となっているような態様であってもよい。この場

50

合、制御装置 10 は、エンジン ECU と通信を行うことにより、エンジン ECU が行う内燃機関 EG の制御に寄与することとなる。

【0019】

図 2 乃至図 4 を参照しながら、排出ガスセンサ 100 の具体的な構成について説明する。図 2 では、排出ガスセンサ 100 のうち排気配管 20 の内部に配置されている部分の断面が模式的に示されている。図 2 における左側、すなわち拡散抵抗体 140 が配置されている側の端部が、排気配管 20 の内部で突出する排出ガスセンサ 100 の先端部分に該当する。

【0020】

排出ガスセンサ 100 は、固体電解質体 110 と、本体部 120、130 とを備えている。

10

【0021】

固体電解質体 110 は板状の部材であって、酸化ジルコニア等の固体電解質材料によって構成されている。固体電解質体 110 は、所定温度以上の活性状態になると酸素イオン伝導性を有するようになる。固体電解質体 110 には、ポンプセル 150、センサセル 160、及びモニタセル 170 がそれぞれ形成されているのであるが、これら複数のセルについては後述する。

【0022】

本体部 120、130 は、いずれも板状の部材であって、アルミナを主成分とする絶縁体材料によって構成されている。本体部 120、130 は、上記の固体電解質体 110 を間に挟むように配置されている。固体電解質体 110 の一方側に配置された本体部 120 のうち、固体電解質体 110 側の面の一部は、固体電解質体 110 とは反対側に向けて凹状に後退している。これにより、本体部 120 と固体電解質体 110 との間には空間が形成されている。当該空間は、測定対象である排出ガスが導入される空間となっている。以下では、当該空間のことを「測定室 121」とも表記する。

20

【0023】

排出ガスセンサ 100 の先端部分には拡散抵抗体 140 が配置されている。測定室 121 は、この拡散抵抗体 140 を介して外部（つまり排気配管 20 の内側）に開放されている。拡散抵抗体 140 は、多孔質又は細孔が形成されたアルミナ等のセラミック材料からなっている。拡散抵抗体 140 の作用により、測定室 121 内に引き込まれる排出ガスの流量が律せられる。拡散抵抗体 140 を通って測定室 121 に流入した排出ガスは、後述のポンプセル 150 やセンサセル 160、モニタセル 170 へと供給される。

30

【0024】

固体電解質体 110 の他方側に配置された本体部 130 のうち、固体電解質体 110 側の面の一部は、固体電解質体 110 とは反対側に向けて凹状に後退している。これにより、本体部 130 と固体電解質体 110 との間にも空間が形成されている。当該空間の一部（不図示）は、排気配管 20 の外側である大気に開放されている。つまり、当該空間は大気が導入される空間となっている。以下では、当該空間のことを「大気室 131」とも表記する。

【0025】

40

固体電解質体 110 のうち測定室 121 に接している方の面には、ポンプ電極 111 と、センサ電極 112 と、モニタ電極 113 と、がそれぞれ形成されている。ポンプ電極 111 は、固体電解質体 110 のうち拡散抵抗体 140 寄りとなる位置に形成されている。センサ電極 112 及びモニタ電極 113 は、固体電解質体 110 のうち、ポンプ電極 111 を間に挟んで拡散抵抗体 140 とは反対側となる位置に形成されている。センサ電極 112 及びモニタ電極 113 は、図 2 において紙面奥行方向に沿って並ぶように配置されている（図 3 を参照）。

【0026】

ポンプ電極 111 及びモニタ電極 113 は、Pt - Au 合金（白金 - 金合金）によって形成されている。これらはいずれも、酸素に対して活性であり、かつ窒素酸化物に対して

50

不活性な電極となっている。一方、センサ電極 112 は、Pt (白金) や Rh (ロジウム) 等の貴金属によって形成されており、酸素に対して活性であり、且つ窒素酸化物に対しても活性な電極となっている。

【0027】

固体電解質体 110 のうち大気室 131 に接している方の面には、共通電極 114 が形成されている。共通電極 114 は、図 3 のように固体電解質体 110 に対し垂直な方向に沿って見た場合において、ポンプ電極 111、センサ電極 112、及びモニタ電極 113 の全てに重なるような範囲に形成されている。共通電極 114 は Pt (白金) を主成分とする材料によって形成されている。

【0028】

固体電解質体 110 が高温の活性状態となっているときに、ポンプ電極 111 と共通電極 114 との間に電圧が印加されると、測定室 121 の排出ガスに含まれる酸素がポンプ電極 111 において分解され、酸素イオンとなって固体電解質体 110 を通過する。これにより、測定室 121 から大気室 131 へと酸素が排出される。つまり、ポンプ電極 111、共通電極 114、及び固体電解質体 110 のうちポンプ電極 111 と共通電極 114 との間に挟まれた部分は、排出ガスから酸素を排出するためのポンプセル 150 として機能する部分となっている。ポンプセル 150 は、本実施形態における「第 1 セル」に該当する。

【0029】

上記のような酸素の排出が行われているときには、ポンプ電極 111 と共通電極 114 との間に電流が流れる。当該電流の値は、排出ガスから排出される酸素の量に比例した値であって、且つ、排出ガスの酸素濃度に比例した値となる。つまり、ポンプセル 150 は、排出ガスの酸素濃度に応じた大きさの電流を出力するものということができる。制御装置 10 は、上記電流の値に基づいて、測定室 121 に存在する排出ガスの酸素濃度を取得することができる。

【0030】

ポンプ電極 111 と共通電極 114 との間に印加される電圧のことを、以下では「ポンプセル電圧」とも称する。また、ポンプセル電圧が印加された状態で、ポンプ電極 111 と共通電極 114 との間に流れる電流のことを、以下では「ポンプセル電流」とも称する。

【0031】

固体電解質体 110 が高温の活性状態となっているときに、センサ電極 112 と共通電極 114 との間に電圧が印加されると、測定室 121 の排出ガスに含まれる酸素及び窒素酸化物がセンサ電極 112 において分解され、いずれも酸素イオンとなって固体電解質体 110 を通過する。その結果、センサ電極 112 と共通電極 114 との間には、センサ電極 112 の近傍における酸素及び窒素酸化物の濃度に応じた電流が流れることとなる。当該電流の値は制御装置 10 によって取得される。

【0032】

つまり、センサ電極 112、共通電極 114、及び固体電解質体 110 のうちセンサ電極 112 と共通電極 114 との間に挟まれた部分は、排出ガスに含まれる残留酸素及び窒素酸化物の濃度に応じた大きさの電流を、電圧が印加された状態において出力するセンサセル 160 として機能する部分となっている。センサセル 160 によって窒素酸化物および残留酸素の濃度が測定される排出ガスは、ポンプセル 150 において酸素が排出された後の排出ガスである。センサセル 160 は、本実施形態における「第 2 セル」に該当する。

【0033】

センサ電極 112 と共通電極 114 との間に印加される電圧のことを、以下では「センサセル電圧」とも称する。また、センサセル電圧が印加された状態で、センサ電極 112 と共通電極 114 との間に流れる電流のことを、以下では「センサセル電流」とも称する。また、センサセル電流の値のことを、以下では「セル電流値」とも称する。

【0034】

固体電解質体 110 が高温の活性状態となっているときに、モニタ電極 113 と共通電

10

20

30

40

50

極 1 1 4 との間電圧が印加されると、測定室 1 2 1 の排出ガスに含まれる酸素がモニタ電極 1 1 3 において分解され、酸素イオンとなって固体電解質体 1 1 0 を通過する。その結果、モニタ電極 1 1 3 と共通電極 1 1 4 との間には、モニタ電極 1 1 3 の近傍における酸素の濃度に応じた電流が流れることとなる。当該電流の値は制御装置 1 0 によって取得される。

【 0 0 3 5 】

つまり、モニタ電極 1 1 3、共通電極 1 1 4、及び固体電解質体 1 1 0 のうちモニタ電極 1 1 3 と共通電極 1 1 4 との間に挟まれた部分は、排出ガスに含まれる残留酸素の濃度に応じた大きさの電流を出力するモニタセル 1 7 0 として機能する部分となっている。モニタセル 1 7 0 によって残留酸素の濃度が測定される排出ガスは、ポンプセル 1 5 0 において酸素が排出された後の排出ガスである。

10

【 0 0 3 6 】

モニタ電極 1 1 3 と共通電極 1 1 4 との間に印加される電圧のことを、以下では「モニタセル電圧」とも称する。また、モニタセル電圧が印加された状態で、モニタ電極 1 1 3 と共通電極 1 1 4 との間に流れる電流のことを、以下では「モニタセル電流」とも称する。

【 0 0 3 7 】

このように、ポンプセル 1 5 0 の下流側となる位置には、ポンプセル 1 5 0 によって酸素が排出された後の排出ガスに含まれる、残留酸素の濃度に応じた大きさの電流を出力するモニタセル 1 7 0 と、ポンプセル 1 5 0 によって酸素が排出された後の排出ガスに含まれる、残留酸素及び窒素酸化物の濃度に応じた大きさの電流を出力するセンサセル 1 6 0 と、が配置されている。

20

【 0 0 3 8 】

拡散抵抗体 1 4 0 を通って測定室 1 2 1 に流入した排出ガスは、ポンプセル 1 5 0 に沿って流れた後、センサセル 1 6 0 及びモニタセル 1 7 0 のそれぞれに供給される。図 4 では、このような排出ガスの流れが複数の矢印で模式的に示されている。矢印 A R 1 0 で示されるのは、拡散抵抗体 1 4 0 を通って測定室 1 2 1 に流入した後、ポンプセル 1 5 0 によって排出される酸素の流れである。ポンプセル 1 5 0 では、排出ガスに含まれる酸素の殆どが除去されるのであるが、酸素を完全に除去することは難しい。このため、僅かな量の酸素が、センサセル 1 6 0 及びモニタセル 1 7 0 のそれぞれに到達することとなる。矢印 A R 1 1 で示されるのはセンサセル 1 6 0 に到達する酸素の流れであり、矢印 A R 1 2 で示されるのはモニタセル 1 7 0 に到達する酸素の流れである。

30

【 0 0 3 9 】

既に述べたように、ポンプ電極 1 1 1 及びモニタ電極 1 1 3 は、いずれも窒素酸化物に対して不活性な電極となっている。このため、測定室 1 2 1 に流入した排出ガスに含まれる窒素酸化物は、ポンプセル 1 5 0 やモニタセル 1 7 0 によっては排出されず、そのままセンサセル 1 6 0 のセンサ電極 1 1 2 に到達することとなる。矢印 A R 2 0 で示されるのは、このようにセンサセル 1 6 0 に到達する窒素酸化物の流れである。

【 0 0 4 0 】

図 4 に示されるように、センサセル 1 6 0 には窒素酸化物（矢印 A R 2 0 ）と残余の酸素（矢印 A R 1 1 ）との両方が到達する。このため、センサセル電流の大きさは、排出ガスに含まれる窒素酸化物及び酸素の濃度を示すものとなっている。

40

【 0 0 4 1 】

一方、モニタセル電流の大きさは、排出ガスに含まれる酸素の濃度を示すものとなっている。従って、センサセル電流の値から、モニタセル電流の値を差し引いて得られる電流値は、窒素酸化物のみの濃度を示すものとなる。このような排出ガスセンサ 1 0 0 では、排出ガスに含まれる酸素の影響を抑制し、窒素酸化物の濃度を正確に測定することが可能となっている。

【 0 0 4 2 】

図 2 に示されるように、本体部 1 3 0 にはヒーター 1 8 0 が埋設されている。ヒーター 1 8 0 は、本体部 1 3 0 の内側において発熱し、ポンプセル 1 5 0、センサセル 1 6 0、

50

及びモニタセル 170 のそれぞれを加熱するためのものである。ヒーター 180 によって、固体電解質体 110 が活性となる温度に保たれる。ヒーター 180 の出力は制御装置 10 によって調整される。

【0043】

図 2 を参照しながら、制御装置 10 の構成について説明する。制御装置 10 は、CPU、ROM、RAM 等を有するコンピュータシステムとして構成されている。制御装置 10 は、その機能を表すブロック要素として、濃度検知部 11 と、内燃機関制御部 12 と、第 1 セル制御部 13 と、電流値取得部 14 と、劣化率算出部 15 と、記憶部 16 と、を備えている。

【0044】

濃度検知部 11 は、モニタセル電流及びセンサセル電流のそれぞれに基づいて、排出ガスに含まれる窒素酸化物の濃度を検知する部分である。既に述べたように、濃度検知部 11 による窒素酸化物の濃度の検知は、センサセル電流の値からモニタセル電流の値を差し引いて得られる電流値に基づいて行われる。

【0045】

内燃機関制御部 12 は、濃度検知部 11 によって検知された窒素酸化物の濃度に基づいて、内燃機関 E G の制御を行う部分である。内燃機関制御部 12 は、排出ガスセンサ 100 によって検知される窒素酸化物の濃度が 0 に近づくように、内燃機関 E G の燃料噴射量等を調節する。既に述べたように、制御装置 10 が排出ガスセンサ 100 の制御を行うための専用の装置として構成されており、エンジン ECU とは別の制御装置となっているような態様であってもよい。この場合、内燃機関制御部 12 はエンジン ECU の一部として構成されることとなる。

【0046】

第 1 セル制御部 13 は、ポンプセル電圧を変化させることにより、第 1 セルであるポンプセル 150 による酸素の排出を制御する部分である。排出ガスセンサ 100 による窒素酸化物の濃度検知が行われているとき、すなわち通常時においては、第 1 セル制御部 13 はポンプセル電圧を概ね一定の値に維持する。一方、後に説明する劣化率の算出が行われる際には、第 1 セル制御部 13 はポンプセル電圧を一時的に低下させる。

【0047】

電流値取得部 14 は、それぞれのセルから出力される電流の値、具体的にはポンプセル電流、センサセル電流、及びモニタセル電流の値を取得する部分である。電流値取得部 14 によって取得されたセンサセル電流等の値は、通常時における窒素酸化物の濃度の算出に用いられる。また、センサセル電流等の値は、後に説明する劣化率の算出にも用いられる。

【0048】

劣化率算出部 15 は、排出ガスセンサ 100 の劣化率を算出する処理を行う部分である。「劣化率」とは、排出ガスセンサ 100 で生じている劣化の度合いを示す指標であって、排出ガスセンサ 100 の劣化が進行するほど大きな値として算出されるものである。本実施形態では、劣化率は 0% から 100% までの範囲のいずれかの値、として算出される。劣化率算出部 15 は、センサセル電流の値、すなわちセル電流値に基づいて劣化率を算出する。その具体的な算出方法については後に説明する。

【0049】

劣化率算出部 15 によって算出される劣化率は、例えば、排出ガスセンサ 100 が正常か否かを判定するための指標として用いられる。算出された劣化率が所定値を超えた場合には、車両に設けられた警告灯を点灯させ、乗員に対し交換等の対応を促すことができる。排出ガスセンサ 100 で取得される窒素酸化物の濃度の値を、劣化率を用いて補正することとしてもよい。

【0050】

記憶部 16 は、制御装置 10 に設けられた不揮発性の記憶装置であり、具体的にはフラッシュメモリである。記憶部 16 には、劣化率の算出を行うために必要となる情報が予め

10

20

30

40

50

記憶されている。当該情報の具体的な内容については後に説明する。

【 0 0 5 1 】

劣化率を算出するために行われる処理の概要について説明する。図 5 (A) に示されるのは、劣化率の算出が行われる際における、ポンプセル電圧の時間変化の例である。図 5 (B) に示されるのは、ポンプセル電流の時間変化の例である。図 5 (C) に示されるのは、センサセル電流の時間変化の例である。

【 0 0 5 2 】

図 5 に示される例では、通常時の制御、つまり窒素酸化物濃度を測定するための処理が時刻 t_0 において一時的に停止されており、時刻 t_0 から、劣化率を算出するための処理が開始されている。時刻 t_0 においては、ポンプセル 1 5 0 に印加される電圧が、当初の V_{P1} から、これよりも低い V_{P0} へと変更されている (図 5 (A))。当該処理は第 1 セル制御部 1 3 によって行われる。その結果、ポンプセル 1 5 0 による酸素の排出は、時刻 t_0 以降においては一時的に抑制された状態となる。

10

【 0 0 5 3 】

これに伴い、ポンプセル電流は、当初の I_{P0} から、これよりも低い I_{P1} へと低下している (図 5 (B))。ポンプセル電流がこのように減少したことは、ポンプセル 1 5 0 を通過してセンサセル 1 6 0 へと到達する酸素の量が、時刻 t_0 以降においては増加したことを意味する。このため、図 5 (C) の線 L 1 0 に示されるように、センサセル電流は時刻 t_0 から増加し始めており、最終的には概ね一定の値となっている。

【 0 0 5 4 】

その後の時刻 t_4 では、ポンプセル電圧が元の値 V_{P1} に戻される (図 5 (A))。それに伴い、ポンプセル電流の値は上昇し I_{P2} となっている。 I_{P2} は、元の値である I_{P0} に等しくなることもあるが、それまでにおける内燃機関の状態変化等により、 I_{P0} とは僅かに異なる値となることが多い。

20

【 0 0 5 5 】

時刻 t_4 以降は、センサセル 1 6 0 へと到達する酸素の量が減少する。これに伴い、センサセル電流の値は時刻 t_4 以降において減少している (図 5 (C))。このように、劣化率を算出するにあたっては、ポンプセル 1 5 0 による酸素の排出が一時的に抑制される。図 5 においては、ポンプセル 1 5 0 による酸素の排出が一時的に抑制される期間が「期間 T_{M0} 」として示されている。

30

【 0 0 5 6 】

図 5 (C) の線 L 1 0 は、センサセル 1 6 0 に劣化が生じていない正常時における、センサセル電流の時間変化を示している。一方、同図の線 L 1 1 は、センサセル 1 6 0 に劣化が生じているときにおける、センサセル電流の時間変化を示している。

【 0 0 5 7 】

線 L 1 0 と線 L 1 1 とを比較すると明らかなように、時刻 t_0 以降におけるセル電流値の変化の傾きは、センサセル 1 6 0 に劣化が生じている場合には、正常時に比べて小さくなる。また、センサセル 1 6 0 の劣化の度合いが大きくなるほど、セル電流値の変化の傾きは小さくなる傾向がある。このため、時刻 t_0 以降のセル電流値の変化の傾きに基づけば、劣化率を算出することができる。例えば、セル電流値の変化の傾きと劣化率との対応関係を、予めマップとして作成しておけば、当該マップを参照することにより、セル電流値の変化の傾きに基づいて劣化率を算出することができる。

40

【 0 0 5 8 】

ただし、セル電流値の変化の傾きは、センサセル 1 6 0 の劣化度合いに応じて変化するだけでなく、センサセル 1 6 0 の温度に応じても変化する。例えば、センサセル 1 6 0 の温度が通常時よりも高温となっているときには、セル電流値の変化の傾きは大きくなる傾向がある。図 5 (C) の例では、センサセル 1 6 0 が高温になると線 L 1 1 の傾きが大きくなり、線 L 1 1 が線 L 1 0 に近づくこととなる。このように、実際にはセンサセル 1 6 0 で劣化が生じている場合であっても、センサセル 1 6 0 が高温となっているときには、セル電流値の変化の傾きが正常時と概ね同じ程度の傾きとなり、劣化率が実際よりも小さ

50

な値として算出されてしまう。その結果、排出ガスセンサ 100 で劣化が生じていないとの誤判定がなされてしまうことが起こり得る。

【0059】

そこで、本実施形態に係る制御装置 10 では、セル電流値に基づく劣化率の算出方法を工夫することにより、劣化率の算出値に対するセンサセル 160 の温度の影響を低減することとしている。

【0060】

図 6 は、図 5 (C) の一部を拡大して示すグラフである。図 6 では、セル電流値の変化を示すグラフのうち、期間 T M 0 の初期の範囲が点線 R 1 で囲まれている。また、当該範囲よりも後の範囲が点線 R 2 で囲まれている。

10

【0061】

点線 R 1 の範囲のように、期間 T M 0 の初期においては、正常時の変化を示す線 L 1 0 と、劣化時の変化を示す線 L 1 1 との差は小さくなっている。このように、期間 T M 0 の初期においては、セル電流値の時間変化は、劣化の影響を受けにくくなっている。

【0062】

点線 R 2 の範囲のように、期間 T M 0 の開始からしばらく時間が経った後においては、正常時の変化を示す線 L 1 0 と、劣化時の変化を示す線 L 1 1 との差は大きくなっている。このように、点線 R 1 よりも後の点線 R 2 の範囲においては、セル電流値の時間変化は、劣化の影響を受けやすくなっている。

【0063】

ただし、センサセル 160 の温度が変化すると、点線 R 1 及び点線 R 2 のいずれの範囲においても、セル電流値の変化の傾きは、当該温度の影響を受けて変化することとなる。

20

【0064】

以上のように、本発明者らは、セル電流値の変化の傾きについて、ポンプセル 150 による酸素の排出が抑制された直後の傾きは、劣化の影響を殆ど受けず概ね温度のみの影響を受けて変動する一方で、その後における傾きは、劣化及び温度の両方の影響を受けて変動する、という知見を得ている。そこで、本実施形態の劣化率算出部 15 は、セル電流値の変化の傾きを、温度の影響の度合いが異なる 2 つのタイミングにおいてそれぞれ取得する。その後、取得された 2 つの傾きを用いることにより、センサセル 160 の温度の影響を可能な限り排除しながら劣化度を算出することとしている。

30

【0065】

劣化率算出部 15 による劣化度の具体的な算出方法について説明する。図 7 に示されるのは、図 5 (C) と同様に、期間 T M 0 におけるセル電流値の変化の例を示すグラフである。期間 T M 0 において、制御装置 10 は、図 7 に示される「I S 1 1」や「I S 3」等の複数のセル電流値を取得する。

【0066】

図 7 に示される I S 3 は、酸素の排出が抑制された後のセル電流値の収束値である。本実施形態では、期間 T M 0 が終了する直前の時刻 t 4 におけるセル電流値が、上記のように定義される I S 3 となるように、期間 T M 0 が設定されている。期間 T M 0 の長さは、3 秒間から 10 秒間までのいずれかに設定されることが好ましい。つまり、I S 3 は、ポンプセル 150 による酸素の排出が抑制された時点(時刻 t 0)から、3 秒間から 10 秒間の所定期間が経過した後のタイミング(時刻 t 4)において取得されるセル電流値である。

40

【0067】

図 7 に示される I S 1 1 は、I S 3 の所定割合の値として設定されたセル電流値である。図 7 では、セル電流値が I S 1 1 に到達したタイミングが、時刻 t 1 として示されている。また、図 7 のグラフ上には、時刻 t 1 に対応する点 P 1 が示されている。

【0068】

図 7 に示される I S 1 2、I S 2 1 は、いずれも、I S 3 の所定割合の値として設定されたセル電流値である。図 7 では、セル電流値が I S 1 2、I S 2 1 に到達したタイミン

50

グが、時刻 t_2 として示されている。また、図 7 のグラフ上には、時刻 t_2 に対応する点 P_2 が示されている。

【 0 0 6 9 】

図 7 に示される IS_{22} は、 IS_3 の所定割合の値として設定されたセル電流値である。図 7 では、セル電流値が IS_{22} に到達したタイミングが、時刻 t_3 として示されている。また、図 7 のグラフ上には、時刻 t_3 に対応する点 P_3 が示されている。

【 0 0 7 0 】

セル電流値が IS_{11} から IS_{12} となるまでの期間 TM_1 は、後述の第 1 傾き A_1 を算出するための期間となっている。このような期間を設定するために、 IS_{11} 及び IS_{12} のそれぞれについて設定される上記の「所定割合」は、0%から50%までのいずれかの値として設定されることが好ましい。つまり、 IS_{11} 及び IS_{12} のそれぞれが、 IS_3 の0%から50%までのいずれかの値として（ただし、 IS_{11} が IS_{12} よりも小さくなるように）設定されることが好ましい。

10

【 0 0 7 1 】

同様に、セル電流値が IS_{21} から IS_{22} となるまでの期間 TM_2 は、後述の第 2 傾き A_2 を算出するための期間となっている。このような期間を設定するために、 IS_{21} 及び IS_{22} のそれぞれについて設定される上記の「所定割合」は、30%から100%までのいずれかの値として設定されることが好ましい。つまり、 IS_{21} 及び IS_{22} のそれぞれが、 IS_3 の30%から100%までのいずれかの値として（ただし、 IS_{21} が IS_{22} よりも小さくなるように）設定されることが好ましい。

20

【 0 0 7 2 】

時刻 t_1 から時刻 t_2 までの期間 TM_1 は、図 6 の点線 R_1 で囲まれた範囲のように、セル電流値の変化の傾きが劣化の影響を受けにくい期間となっている。この期間 TM_1 におけるセル電流値の変化の傾きが、「第 1 傾き A_1 」として算出される。第 1 傾き A_1 は、点 P_1 と点 P_2 とを結ぶ直線の傾きであって、

$$A_1 = (IS_{12} - IS_{11}) / (t_2 - t_1)$$

の式により算出される。第 1 傾き A_1 は、第 1 セル制御部 13 によってポンプセル 150 による酸素の排出が抑制された後の、期間 TM_1 におけるセル電流値の変化の傾きである。

【 0 0 7 3 】

時刻 t_2 から時刻 t_3 までの期間 TM_2 は、図 6 の点線 R_2 で囲まれた範囲のように、セル電流値の変化の傾きが劣化の影響を受けやすい期間となっている。この期間 TM_2 におけるセル電流値の変化の傾きが、「第 2 傾き A_2 」として算出される。第 2 傾き A_2 は、点 P_2 と点 P_3 とを結ぶ直線の傾きであって、

$$A_2 = (IS_{22} - IS_{21}) / (t_3 - t_2)$$

の式により算出される。第 2 傾き A_2 は、上記の第 1 傾き A_1 よりも後の期間 TM_2 におけるセル電流値の変化の傾きである。

30

【 0 0 7 4 】

制御装置 10 が備える記憶部 16 には、第 1 傾き A_1 と、第 2 傾き A_2 と、の組み合わせに基づいて、劣化率を算出するためのマップが予め記憶されている。図 8 には、このようなマップの一例が示されている。

40

【 0 0 7 5 】

同図の横軸に示されるのは、第 1 傾き A_1 を、 A_1 の基準値で除することにより得られる「第 1 指標」である。「 A_1 の基準値」とは、排出ガスセンサ 100 で劣化が生じておらず、且つ、センサセル 160 の温度が所定の基準温度となっているときに取得される、第 1 傾き A_1 の値である。つまり、 A_1 の基準値とは、排出ガスセンサ 100 が正常であり、センサセル 160 の温度が通常温度となっているときの、標準的な第 1 傾き A_1 の値である。

【 0 0 7 6 】

センサセル 160 の温度が通常よりも高温になると、第 1 傾き A_1 の値は大きくなるので、図 8 の横軸である第 1 指標は 1.0 よりも大きくなる。逆に、センサセル 160 の温

50

度が通常よりも低温になると、第1傾きA1の値は小さくなるので、第1指標は1.0よりも小さくなる。以上のように定義される第1指標は、第1傾きA1の値に基づいてその値を変化させるので、第1傾きA1の値に基づく指標、ということができる。

【0077】

尚、期間TM0における、ポンプセル150による酸素の排出が抑制される量、すなわち図5(B)のIPが大きくなる程、「第1傾きA1」及び「A1の基準値」はいずれも大きくなる。このため、制御装置10が備える記憶部16には、IPと、A1の基準値との対応関係も予め記憶されている。上記の第1指標を算出するにあたっては、制御装置10は、測定されたIPに対応する「A1の基準値」を用いる。これにより、算出される第1指標が、IPの大きさにより変動してしまうことが防止される。

10

【0078】

同8の縦軸に示されるのは、第2傾きA2を、A2の基準値で除することにより得られる「第2指標」である。「A2の基準値」とは、排出ガスセンサ100で劣化が生じておらず、且つ、センサセル160の温度が所定の基準温度となっているときに取得される、第2傾きA2の値である。つまり、A2の基準値とは、排出ガスセンサ100が正常であり、センサセル160の温度が通常温度となっているときの、標準的な第2傾きA2の値である。

【0079】

センサセル160の温度が通常よりも高温になった場合や、センサセル160で劣化が生じた場合には、第2傾きA2の値は大きくなるので、図8の縦軸である第2指標は1.0よりも大きくなる。センサセル160の温度が通常よりも低温となり、且つセンサセル160で劣化が生じていない場合には、第2傾きA2の値は小さくなるので、第2指標は1.0よりも小さくなる。以上のように定義される第2指標は、第2傾きA2の値に基づいてその値を変化させるので、第2傾きA2の値に基づく指標、ということができる。

20

【0080】

尚、期間TM0における、ポンプセル150による酸素の排出が抑制される量、すなわち図5(B)のIPが大きくなる程、「第2傾きA2」及び「A2の基準値」はいずれも大きくなる。このため、制御装置10が備える記憶部16には、IPと、A2の基準値との対応関係も予め記憶されている。上記の第2指標を算出するにあたっては、制御装置10は、測定されたIPに対応する「A2の基準値」を用いる。これにより、算出される第2指標が、IPの大きさにより変動してしまうことが防止される。

30

【0081】

本実施形態では、第1指標(横軸)と第2指標(縦軸)との組み合わせを示す領域が、図8に示されるように4×4の計16の領域に分けられており、それぞれの領域ごとに、算出される劣化率の値が設定されている。図8のうち「D0」と記載された領域は、算出される劣化率の値が0%に設定されている。「D1」と記載された領域は、算出される劣化率の値が20%に設定されている。「D2」と記載された領域は、算出される劣化率の値が50%に設定されている。「D4」と記載された領域は、算出される劣化率の値が80%に設定されている。

【0082】

例えば、センサセル160の温度が通常よりも低温となっている時には、第1指標は1.0よりも小さくなる。このとき、センサセル160の劣化が生じていない場合には、第2指標もあわせて小さくなる。このため、例えば第1指標及び第2指標のいずれもが0.3程度となっているときには、D0の領域となるので、劣化率は0%と算出される。センサセル160の温度が通常よりも高温となっており、第1指標及び第2指標のいずれもが1.7程度となっているときも同様である。

40

【0083】

一方、センサセルの温度が通常よりも高温となっており、且つ、センサセル160が劣化している場合には、第1指標は1.0よりも大きくなる一方で、第2指標は、正常時の値よりも小さくなる。その結果、第1指標及び第2指標により示される領域は、図8のう

50

ちD0の領域よりも下方側の領域となる。これは、第1指標は劣化の影響を受けにくく温度のみの影響を受けるのに対し、第2指標が劣化及び温度の両方の影響を受けるからである。

【0084】

また、ポンプセル150で劣化が生じていた場合には、期間TM0において下流側に到達する酸素の量が大きくなる。その結果、第2傾きA2は通常時よりも大きくなるので、第1指標及び第2指標により示される領域は、図8のうちD0の領域よりも上方側の領域となる。この場合も、センサセル160で劣化が生じていた場合と同様に、劣化率が0%よりも大きな値として算出される。

【0085】

尚、図8のような分割方法はあくまで一例にすぎず、第1指標及び第2指標により示される領域をより細かく分割して、それぞれの領域ごとに劣化率の値が設定されていてもよい。この場合、D0の領域はさらに細分化され、例えば各領域に0%から10%の劣化率の値が設定されればよい。同様に、D1の領域はさらに細分化され、例えば各領域に10%から30%の劣化率の値が設定されればよい。D2の領域はさらに細分化され、例えば各領域に30%から60%の劣化率の値が設定されればよい。D3の領域はさらに細分化され、例えば各領域に60%から100%の劣化率の値が設定されればよい。

【0086】

このように、本実施形態の劣化率算出部15は、所定の期間TM1におけるセル電流値の変化の傾きである第1傾きA1と、第1傾きA1よりも後の期間TM2におけるセル電流値の変化の傾きである第2傾きA2と、の両方に基づいて、劣化率を算出するように構成されている。これにより、センサセル160の温度の影響を排除しながら、排出ガスセンサ100の劣化率を正確に算出することが可能となっている。

【0087】

尚、第1傾きA1の算出に用いられる期間TM1と、第2傾きA2の算出に用いられる期間TM2とは、本実施形態のように間隔を空けず互いに隣り合う期間として設定されてもよいが、互いに一部が重なる期間として設定されてもよい。例えば、期間TM1が終了するタイミングよりも前に、期間TM2が始まることとしてもよい。この場合、図7の例では、IS21が、IS12よりも小さな値として設定されることとなる。

【0088】

また、期間TM1が終了してから、しばらく時間が経った後に、期間TM2が始まることとしてもよい。この場合、図7の例では、IS21が、IS12よりも大きな値として設定されることとなる。

【0089】

本実施形態では、第1傾きA1及び第2傾きA2のいずれもが、所定の期間における傾きとして算出される。このような態様に替えて、第1傾きA1及び第2傾きA2のうちの少なくとも一方が、所定のタイミングにおける傾きとして算出されてもよい。所定のタイミングにおける傾きとは、例えば、セル電流値の変化を示すグラフにおける、特定の時点における微分係数のことである。すなわち、上記の「所定の期間」の長さを極限まで0に近づけた上で、第1傾きA1及び第2傾きA2のうちの少なくとも一方が算出されることとしてもよい。

【0090】

本実施形態の劣化率算出部15は、第1傾きA1の値に基づく第1指標と、第2傾きA2の値に基づく第2指標と、算出される劣化率の値と、の対応関係を示すマップ、すなわち、記憶部16に記憶されている図8のマップを参照することにより、劣化率を算出するように構成されている。これにより、センサセル160の温度に応じた劣化率の算出を容易に且つ正確に行うことができる。尚、このような対応関係は、マップではなく数式として記憶されていてもよい。

【0091】

先に述べたように、ポンプセル150のポンプ電極111は、Pt-Au合金によって

10

20

30

40

50

形成されており、金を含有している。金は比較的その融点が低いので、ポンプセル150の温度上昇に伴って金の一部が蒸散し、下流側にあるセンサセル160のセンサ電極112に付着してしまうことがある。このようなAu被毒が生じると、センサセル160が劣化し、セル電極の変化の傾きが小さくなる。

【0092】

このように、センサセル160の電極が金を含有している構成の排出ガスセンサ100では、Au被毒に伴うセンサセル160の劣化が特に生じやすい。このため、以上に説明したような劣化率算出部15による劣化率の算出方法を採用するメリットが特に大きい。尚、センサセル160には、センサ電極112の金属が温度の影響により凝集し、これにより性能が劣化してしまうことがある。このように、凝集に伴う劣化が生じた場合であっても、劣化率算出部15は劣化率を正確に算出することができる。

10

【0093】

本実施形態に係る排出ガスセンサ100は、ポンプセル150のポンプ電極111と、センサセル160のセンサ電極112とが、同じ測定室121の中に配置されている。すなわち、同一の空間内に配置されている。「同一の空間内に配置されている」とは、ポンプ電極111が配置されている空間と、センサ電極112が配置されている空間との間が、例えば多孔質体のような構造物によって仕切られていないことを意味する。

【0094】

このような構成の排出ガスセンサ100では、ポンプセル150から蒸散したAuのような被毒物質が、下流側にあるセンサセル160の電極に直接到達しやすく、センサセル160の劣化が生じやすい。このため、以上に説明したような劣化率算出部15による劣化率の算出方法を採用するメリットが特に大きい。

20

【0095】

以上に述べたような劣化率の算出を実現するために、制御装置10により実行される具体的な処理の流れについて、図9を参照しながら説明する。図9に示される一連の処理は、所定の制御周期が経過する毎に、制御装置10によって繰り返し実行されるものである。

【0096】

当該処理の最初のステップS01では、車両のイグニッションスイッチがOFFとなっているか否かが判定される。イグニッションスイッチがONとなっている場合には、劣化率の算出を行うことなく、図9に示される一連の処理を終了する。

30

【0097】

イグニッションスイッチがONとなっており、内燃機関EGから排出ガスが排出されているときには、排出ガスセンサ100の周囲における酸素濃度が変動している可能性がある。このような状況の下では、セル電流値の変化の傾きが、劣化率やセンサセル160の温度以外の要因によって変化してしまうため、セル電流値の変化の傾きに基づいて劣化率を精度良く算出することが難しい。そこで、本実施形態では、イグニッションスイッチがONのときには劣化率の算出が禁止されることとしている。

【0098】

ステップS01において、イグニッションスイッチがOFFとなっている場合には、ステップS02に移行する。ステップS02では、所定の環境条件が成立しているか否かが判定される。「環境条件」とは、劣化率の算出を行うために必要な条件として、予め設定されたものである。本実施形態では、排出ガスセンサ100の周囲における酸素濃度の値が所定範囲内であり、且つ、同酸素濃度の変動幅の大きさが所定値以下であることが、環境条件として設定されている。尚、「排出ガスセンサ100の周囲における酸素濃度」は、ポンプセル電流の値に基づいて取得することができる。

40

【0099】

環境条件が成立していない場合には、セル電流値の変化の傾きに基づいて劣化率を精度良く算出することが難しい。このため、この場合には劣化率の算出を行うことなく、図9に示される一連の処理を終了する。環境条件が成立している場合にはステップS03に移行する。

50

【 0 1 0 0 】

ステップ S 0 3 では、電流値取得部 1 4 によりポンプセル電流の値を取得する処理が行われる。ここで取得されるポンプセル電流の値は、ポンプセル 1 5 0 による酸素の排出の抑制が開始される直前におけるポンプセル電流の値、すなわち、図 5 (B) における I P 0 の値として取得されるものである。

【 0 1 0 1 】

ステップ S 0 3 に続くステップ S 0 4 では、第 1 セル制御部 1 3 により、ポンプセル 1 5 0 による酸素の排出の抑制が開始される。先に述べたように、ここでは、ポンプセル電圧が、当初の V P 1 から、これよりも低い V P 0 へと変更される。これにより、期間 T M 0 が開始されることとなる。以降においては、電流値取得部 1 4 により、センサセル電流の変化の波形、及びポンプセル電流の変化の波形が、それぞれ所定の周期でサンプリングされる。

10

【 0 1 0 2 】

このサンプリングは、図 5 (B) に示される時刻 t_0 から、時刻 t_5 までの期間において行われる。時刻 t_5 は、期間 T M 0 が終了してポンプセル電圧が V P 1 に戻された後、ポンプセル電流の値が安定するタイミングとして予め設定されている。本実施形態では、時刻 t_0 から時刻 t_4 までの期間 T M 0 の長さが、3 秒間から 1 0 秒間までのいずれかに設定されており、時刻 t_0 から時刻 t_5 までの期間の長さが、1 5 秒間から 3 0 秒間までのいずれかに設定されている。つまり、本実施形態では、期間 T M 0 よりも長い期間に亘りサンプリングが実行される。

20

【 0 1 0 3 】

ステップ S 0 4 に移行した時点から、上記のサンプリング期間が経過すると、サンプリングを停止すると共に、ステップ S 0 5 に移行する。ステップ S 0 5 では、サンプリングされたポンプセル電流の変化の波形から、図 5 (B) に示される I P 1 及び I P 2 の値が取得される。尚、I P 1 は、期間 T M 0 が終了する直前におけるポンプセル電流の値である。

【 0 1 0 4 】

更にステップ S 0 5 では、サンプリングされたセンサセル電流の変化の波形から、図 7 に示される I S 1 1、I S 1 2、I S 2 1、I S 2 2、及び I S 3 のそれぞれの値が取得される。それぞれの値の意味及びそれぞれの値が取得されるタイミングは、図 7 を参照しながら先に述べた通りである。

30

【 0 1 0 5 】

ステップ S 0 5 に続くステップ S 0 6 では、図 5 (B) に示される I P を算出する処理が行われる。図 5 (B) に示される点線 D L 1 は、時刻 t_0 から時刻 t_5 までの期間において、ポンプセル電流の値が I P 0 から I P 2 へと一定の傾きで変化した場合における、当該変化を示す直線である。当該直線は、ポンプセル電圧の値が仮に V P 1 のまま一定に維持されていた場合における、ポンプセル電流の値の変化を示すもの、ということができる。ポンプセル電流の変化量である I P は、このように定義される点線 D L 1 と、時刻 t_4 の直前におけるポンプセル電流の値（つまり I P 1）との差として算出される。この I P は、ポンプセル 1 5 0 による酸素の排出が抑制される量に相当するものである。

40

I P は、期間 T M 0 の開始に伴い、センサセル 1 6 0 に到達する酸素の増加量に相当するもの、ということもできる。

【 0 1 0 6 】

ステップ S 0 6 に続くステップ S 0 7 では、A 1 の基準値、及び A 2 の基準値を、それぞれ算出する処理が行われる。先に述べたように、「A 1 の基準値」とは、排出ガスセンサ 1 0 0 で劣化が生じておらず、且つ、センサセル 1 6 0 の温度が所定の基準温度となっているときに取得される、第 1 傾き A 1 の値であって、測定された I P の値に対応して設定される基準値である。同様に、「A 2 の基準値」とは、排出ガスセンサ 1 0 0 で劣化が生じておらず、且つ、センサセル 1 6 0 の温度が所定の基準温度となっているときに取得される、第 2 傾き A 2 の値であって、測定された I P の値に対応して設定される基準

50

値である。

【 0 1 0 7 】

ステップ S 0 7 に続くステップ S 0 8 では、ステップ S 0 5 で算出された各値に基づいて、第 1 傾き A 1、及び、第 2 傾き A 2 のそれぞれの値が算出される。先に述べた通り、それぞれの値は、 $A 1 = (I S 1 2 - I S 1 1) / (t 2 - t 1)$ 、及び、 $A 2 = (I S 2 2 - I S 2 1) / (t 3 - t 2)$ の式を用いて算出される。

【 0 1 0 8 】

ステップ S 0 8 に続くステップ S 0 9 では、第 1 指標及び第 2 指標が算出される。第 1 指標は、第 1 傾き A 1 を、A 1 の基準値で除することにより算出される。第 2 指標は、第 2 傾き A 2 を、A 2 の基準値で除することにより算出される。

10

【 0 1 0 9 】

ステップ S 0 9 に続くステップ S 1 0 では、上記のように算出された第 1 指標、第 2 指標、及び図 8 に示されるマップを参照することにより、劣化率を算出する処理が行われる。これにより、センサセル 1 6 0 の温度の影響を排除しながら、正確な劣化率が算出される。

【 0 1 1 0 】

第 2 実施形態について説明する。第 2 実施形態に係る制御装置は、劣化率算出部 1 5 による劣化率の算出方法においてのみ第 1 実施形態と異なっている。以下では、第 1 実施形態と異なる点について主に説明し、第 1 実施形態と共通する点については適宜説明を省略する。

20

【 0 1 1 1 】

図 1 0 には、期間 T M 1 0 におけるセル電流値の変化の例が示されている。図 1 0 の線 L 2 0 に示されるのは、センサセル 1 6 0 の温度が比較的高温となっている状態で実際に取得された、セル電流値の変化の例を示すグラフである。図 1 0 の線 L 2 1 に示されるのは、センサセル 1 6 0 の劣化度合いが線 L 2 0 のときと同じである場合において、センサセル 1 6 0 の温度が通常温度となっているときに取得されるであろう、仮想的なセル電流値の変化を示すグラフである。つまり、線 L 2 1 は、センサセル 1 6 0 の温度の影響を排除し、センサセル 1 6 0 の劣化の影響のみを受けたとした場合に取得されるはずの、仮想的なセル電流値の変化を示すグラフ、ということができる。

【 0 1 1 2 】

図 1 0 の例でも、線 L 2 0 について、これまでに説明したものと同様に定義される第 1 傾き A 1 及び第 2 傾き A 2 を算出することができる。また、線 L 2 1 についても、同様に第 1 傾き A 1、及び第 2 傾き A 2 を算出することができる。線 L 2 1 の場合について算出される第 1 傾き A 1 及び第 2 傾き A 2 のことを、以下ではそれぞれ「第 1 傾き A 1 ′」及び「第 2 傾き A 2 ′」と表記する。

30

【 0 1 1 3 】

第 2 傾き A 2 ′ は、センサセル 1 6 0 の温度を排除して、センサセル 1 6 0 の劣化の影響のみを受けた場合における、セル電流値の変化の傾きに該当する。従って、何らかの方法により第 2 傾き A 2 ′ を推定することができれば、第 2 傾き A 2 ′ に基づいて劣化率を正確に算出することができる。

40

【 0 1 1 4 】

本実施形態では、後に述べる方法によって第 2 傾き A 2 ′ を先ず算出した後、図 1 1 に示されるマップを用いることにより、第 2 傾き A 2 ′ に基づいて劣化率を算出する。図 1 1 の横軸は、第 2 傾き A 2 ′ を、「A 2 の基準値」で除することにより得られる値、すなわち、これまでに説明した第 2 指標である。図 1 1 の縦軸は、第 2 指標の各値に対応する劣化率である。このような第 2 指標と劣化率との対応関係は、予めマップとして作成され、制御装置 1 0 が備える記憶部 1 6 に記憶されている。尚、このような対応関係は、マップではなく数式として記憶されていてもよい。

【 0 1 1 5 】

これまでに説明したように、期間 T M 1 0 の開始直後においては、セル電流値の傾きは

50

劣化の影響を殆ど受けることなく、概ねセンサセル160の温度のみに応じて変化する。このため、線L21における第1傾きA1'は、排出ガスセンサ100で劣化が生じておらず、且つ、センサセル160の温度が所定の基準温度となっているときに取得される傾き、すなわち、「A1の基準値」に概ね等しいものである。

【0116】

先に述べたように、A1の基準値は、図5のIPの測定値に基づいて算出することができる。従って、実際に測定された第1傾きA1の値を、上記のように算出された「A1の基準値」で除したものは、線L21に示されるセル電流値のグラフが、温度の影響によりどの程度変化して線L20に示されるグラフになったのかを示す指標、ということができる。つまり、図10の矢印AR1のような変化の程度を示す指標、ということができる。

10

【0117】

本実施形態では、第1傾きA1の値を「A1の基準値」で除した値、に基づいて補正係数を算出し、この補正係数を第2傾きA2に掛け合わせることで、第2傾きA2'を算出することとしている。

【0118】

第1傾きA1の値を「A1の基準値」で除した値は、これまでに説明した第1指標であって、図10の矢印AR1のように、線L21が線L20に変化する度合いを示すものとなっている。また、上記の補正係数は、線L20の第2傾きA2に掛け合わせられることで、これを図10の矢印AR2のように、第2傾きA2'へと変化させるものとなっている。

20

【0119】

第1傾きA1の値を「A1の基準値」で除した値（図10の矢印AR1）と、上記の補正係数（図10矢印AR2）との間には、図12に示されるような一定の対応関係がある。このような対応関係は、予めマップとして作成され、制御装置10が備える記憶部16に記憶されている。尚、このような対応関係は、マップではなく数式として記憶されていてもよい。

【0120】

以上を整理すると、本実施形態に係る劣化率算出部15は、取得されたセル電流値のグラフに基づいて、第1傾きA1と第2傾きA2とをそれぞれ算出する。続いて、第1傾きA1の値を「A1の基準値」で除した値、を算出し、当該値と図12のマップを用いて補正係数を算出する。その後、算出された補正係数を、上記のように算出された第2傾きA2に掛け合わせて第2傾きA2'を算出する。最後に、第2傾きA2'と、図11のマップを用いて劣化率を算出する。

30

【0121】

このように、本実施形態に係る劣化率算出部15は、第1傾きA1に基づいて補正係数を算出し、算出された前記補正係数を用いて第2傾きA2を補正し、補正された第2傾きA2（つまり第2傾きA2'）に基づいて劣化率を算出するように構成されている。このような態様でも、センサセル160の温度の影響を排除しながら、排出ガスセンサ100の劣化率を正確に算出することができる。

【0122】

以上に述べたような劣化率の算出を実現するために、制御装置10により実行される具体的な処理の流れについて、図13を参照しながら説明する。図13に示される一連の処理は、所定の制御周期が経過する毎に、制御装置10によって繰り返し実行されるものであって、図9に示される処理に替えて実行されるものである。尚、図13のうち、ステップS01からステップS08までの処理は、図9に示されるものと同じである。

40

【0123】

ステップS08において、第1傾きA1、及び、第2傾きA2のそれぞれの値が算出された後は、本実施形態ではステップS21に移行する。ステップS21では、ステップS08で算出された第1傾きA1と、「A1の基準値」とに基づいて、図12のマップを用いて補正係数が算出される。

50

【 0 1 2 4 】

ステップ S 2 1 に続くステップ S 2 2 では、ステップ S 2 1 で算出された補正係数を、ステップ S 0 8 で算出された第 2 傾き A 2 に掛け合わせることで、第 2 傾き A 2 ' が算出される。

【 0 1 2 5 】

ステップ S 2 2 に続くステップ S 2 3 では、上記のように算出された第 2 傾き A 2 ' と、「A 2 の基準値」とに基づいて、図 1 1 のマップを用いて劣化率が算出される。これにより、センサセル 1 6 0 の温度の影響を排除しながら、正確な劣化率が算出される。

【 0 1 2 6 】

以上、具体例を参照しつつ本実施形態について説明した。しかし、本開示はこれらの具体例に限定されるものではない。これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、条件、形状などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。前述した各具体例が備える各要素は、技術的な矛盾が生じない限り、適宜組み合わせを変えることができる。

10

【 0 1 2 7 】

本開示に記載の制御装置及び制御方法は、コンピュータプログラムにより具体化された 1 つ又は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された 1 つ又は複数の専用コンピュータにより、実現されてもよい。本開示に記載の制御装置及び制御方法は、1 つ又は複数の専用ハードウェア論理回路を含むプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。本開示に記載の制御装置及び制御方法は、1 つ又は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと 1 つ又は複数のハードウェア論理回路を含むプロセッサとの組み合わせにより構成された 1 つ又は複数の専用コンピュータにより、実現されてもよい。コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。専用ハードウェア論理回路及びハードウェア論理回路は、複数の論理回路を含むデジタル回路、又はアナログ回路により実現されてもよい。

20

【 符号の説明 】

【 0 1 2 8 】

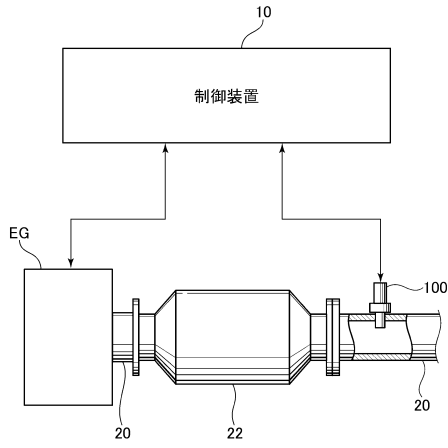
- 1 0 : 制御装置
- 1 3 : 第 1 セル制御部
- 1 4 : 電流値取得部
- 1 5 : 劣化率算出部
- 1 0 0 : 排出ガスセンサ
- 1 5 0 : ポンプセル
- 1 6 0 : センサセル
- E G : 内燃機関

30

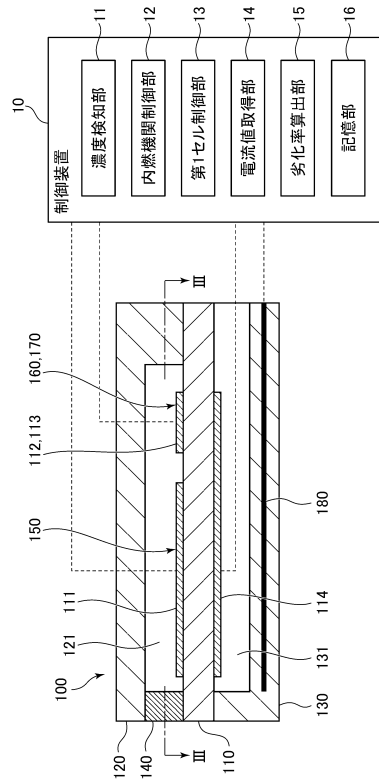
40

50

【図面】
【図 1】



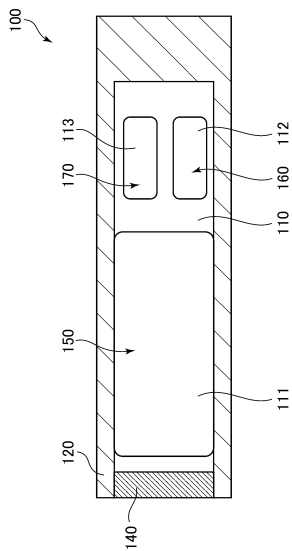
【図 2】



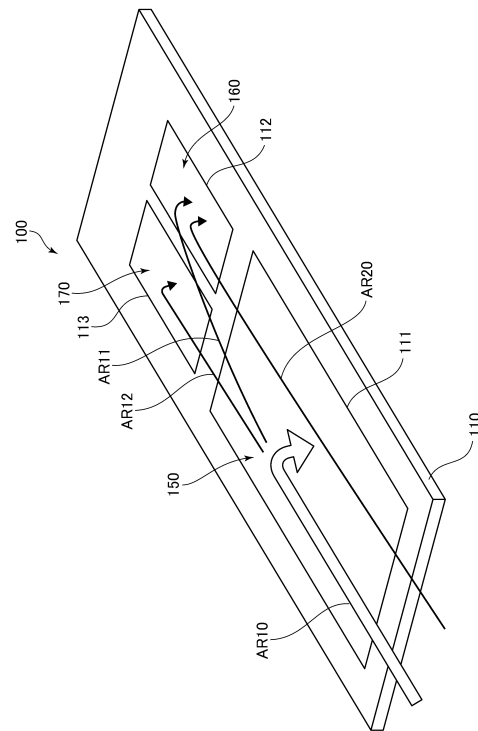
10

20

【図 3】



【図 4】

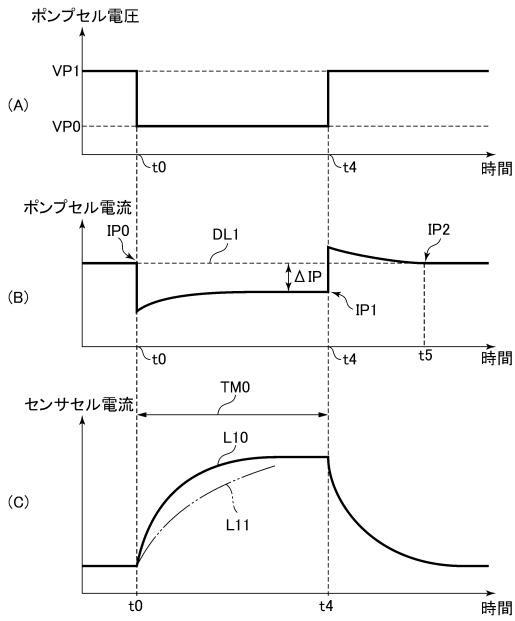


30

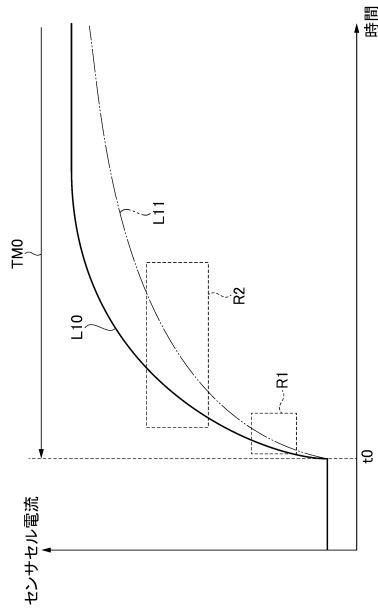
40

50

【 図 5 】



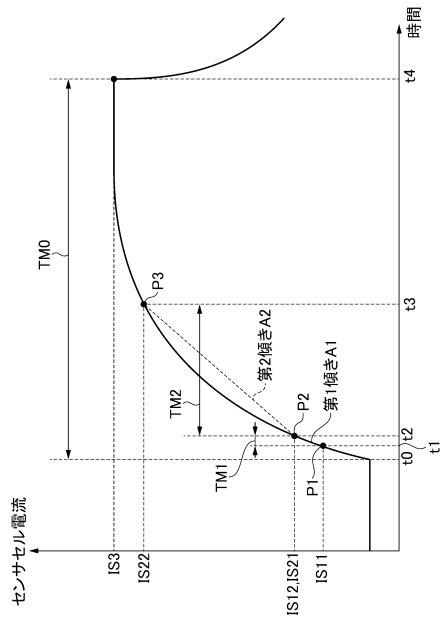
【 図 6 】



10

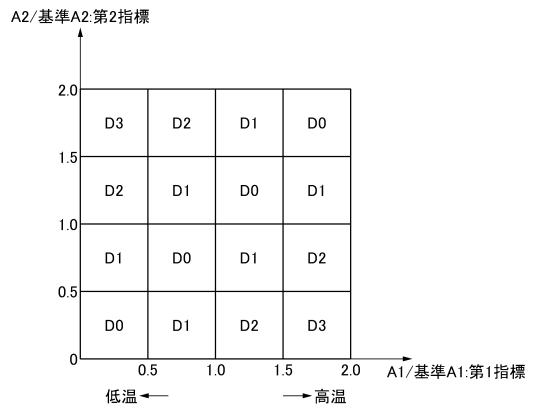
20

【 図 7 】



30

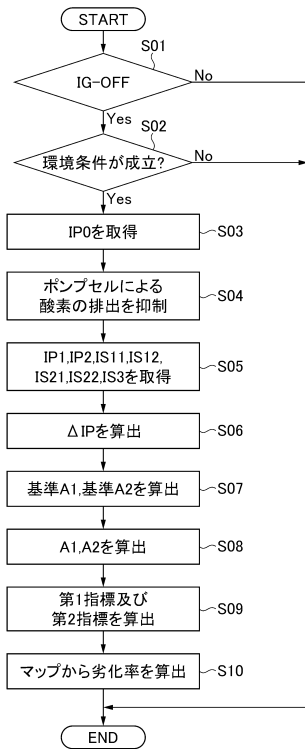
【 図 8 】



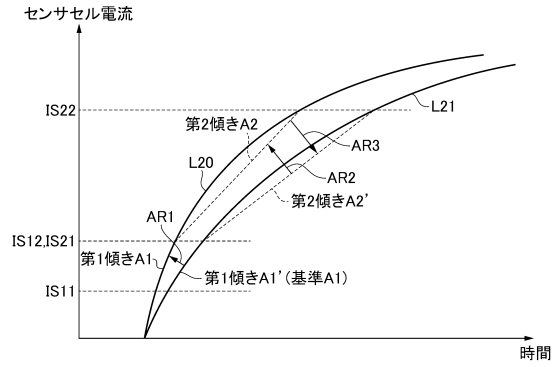
40

50

【 図 9 】



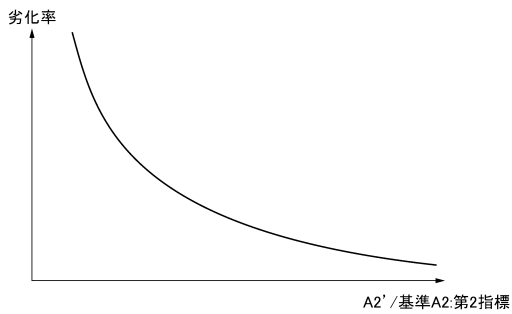
【 図 1 0 】



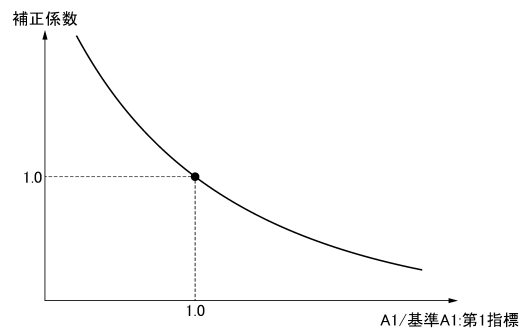
10

20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

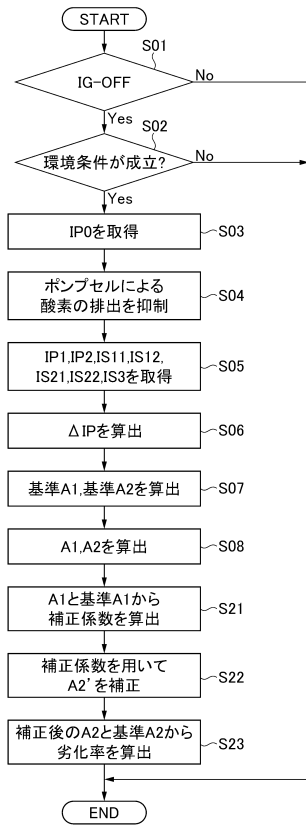


30

40

50

【 図 1 3 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

会社デンソー内

審査官 櫃本 研太郎

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 2 0 0 2 2 8 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 4 / 2 0 7 8 3 9 (W O , A 1)
特開 2 0 0 7 - 1 9 2 0 9 3 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 1 N 2 7 / 2 6 - 2 7 / 4 1 9
G 0 1 N 3 3 / 0 0
F 0 2 D 4 1 / 2 2 , 4 5 / 0 0