

(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2018-91663

(P2018-91663A)

(43) 公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1N 27/416 (2006.01)	GO1N 27/416 331	3G091
FO1N 3/00 (2006.01)	FO1N 3/00 ZABF	3G384
FO2D 45/00 (2006.01)	FO2D 45/00 366H	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 36 頁)

(21) 出願番号 特願2016-233384 (P2016-233384)
 (22) 出願日 平成28年11月30日(2016.11.30)

(71) 出願人 000003207
 トヨタ自動車株式会社
 愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74) 代理人 110000213
 特許業務法人プロスペック特許事務所
 (72) 発明者 若尾 和弘
 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 青木 圭一郎
 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 松田 和久
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

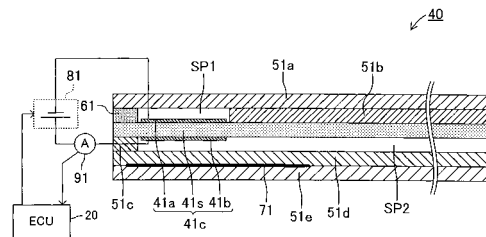
(54) 【発明の名称】 ガス検出装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 内燃機関の排出する排気中に含まれる所定濃度以上の硫黄酸化物の有無の判定又は濃度を検出することが可能なガス検出装置を提供する。

【解決手段】 ガス検出装置は、電圧印加部81を制御すると共に電気化学セル41cの第1電極41aと第2電極41bとの間に流れる出力電流を取得する測定制御部を備える。測定制御部は、降圧スイープ中であって印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧以下の範囲になっている期間の出力電流に相関する値を、第1電流として取得し、出力電流が酸素の限界電流となる電圧以上の特定電圧に印加電圧がなっている時点において検出される出力電流であり且つ昇圧スイープによって第1電極に付着した硫黄が当該第1電極において再酸化反応すること起因する電流を含まない当該出力電流を、第2電流として取得する。測定制御部は、第2電流と第1電流との差分を用いて、排気中の硫黄酸化物濃度の検出を行う。

【選択図】 図2



【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、酸化物イオン伝導性を有する固体電解質体と前記固体電解質体の表面にそれぞれ形成された第 1 電極及び第 2 電極とを含む電気化学セルと、前記排気通路を流れる排気が通過可能な多孔質材料からなる拡散抵抗体とを備え、前記排気通路を流れる排気が前記拡散抵抗体を通して前記第 1 電極に到達するように構成された素子部と、

前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に電圧を印加する電圧印加部と、

前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に流れる電流である出力電流を検出する電流検出部と、

10

前記電圧印加部を用いて前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に印加される電圧である印加電圧を制御すると共に前記電流検出部により検出される出力電流に基づいて、前記排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定又は前記排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を行う測定制御部と

を有し、

前記測定制御部は、

前記内燃機関に供給される混合気の空燃比が安定している状態である場合、前記電圧印加部を用いて前記印加電圧を、前記出力電流が酸素の限界電流となる第 1 電圧であって硫黄酸化物の分解開始電圧未満である第 1 電圧以上であり且つ硫黄酸化物の分解開始電圧未満である所定電圧から、硫黄酸化物の分解開始電圧よりも高い第 2 電圧まで、上昇させる昇圧スイープを実行した後、前記第 2 電圧から前記第 1 電圧まで所定の降圧速度にて下降させる降圧スイープを実行し、且つ、

20

前記降圧スイープ中に前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧未満となったときに前記第 1 電極に吸着していた硫黄が当該第 1 電極において再酸化反応して硫黄酸化物へと戻ることにより前記第 1 電極と前記第 2 電極との間に流れる電流に起因して前記出力電流に生じる変化であって前記排気に含まれる前記硫黄酸化物の濃度が高いほど大きくなる出力電流に生じる変化の程度、に相関を有するパラメータを前記電流検出部により検出される出力電流に基づいて取得し、当該パラメータに基づいて前記排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定又は前記排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を行う、

ように構成された、

30

ガス検出装置であって、

前記所定の降圧速度が、

前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧未満であって前記第 1 電圧よりも高い電圧範囲内の電圧となった時点をも境に前記再酸化反応の速度が急増する速度となるように設定され、

前記測定制御部が、

前記降圧スイープ中であって前記印加電圧が前記第 1 電圧より高く硫黄酸化物の分解開始電圧以下の範囲になっている期間の前記出力電流に相関を有する値を、当該期間において前記電流検出部により検出される出力電流に基づいて第 1 電流として取得し、

前記出力電流が前記酸素の限界電流となる電圧以上の特定電圧に前記印加電圧がなっている時点において前記電流検出部により検出される出力電流であり且つ前記昇圧スイープによって前記第 1 電極に付着した硫黄が当該第 1 電極において再酸化反応することに起因する電流を含まない当該出力電流を、第 2 電流として取得し、

40

前記取得した第 2 電流と前記取得した第 1 電流との差分を算出し、当該差分を、前記パラメータとして用いるように構成された、

ガス検出装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のガス検出装置において、

前記測定制御部は、前記排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの前記判定を行うように構成されており、

50

前記測定制御部は、
前記差分の大きさが所定の閾値以上であるか否かを判定し、
前記差分の大きさが前記閾値以上であると判定した場合、前記排気中に前記所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれていると判定し、
前記差分の大きさが前記閾値未満と判定した場合、前記排気中に前記所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれていないと判定する、
ように構成された、ガス検出装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のガス検出装置において、
前記測定制御部は、前記排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を行うように構成されており、
前記差分に基づいて前記排気中の硫黄酸化物の濃度を検出するように構成された、
ガス検出装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載のガス検出装置において、
前記測定制御部は、
前記降圧スイープ中であって前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧以下の第 3 電圧以下であり且つ前記第 1 電圧より高い第 4 電圧以上の検出用電圧範囲内となっている期間に前記電流検出部により検出される出力電流、のうちの最小値を、前記第 1 電流として取得するように構成された、
ガス検出装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一項に記載のガス検出装置において、
前記測定制御部は、
前記降圧スイープ中であって前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧以下の第 3 電圧以下であり且つ前記第 1 電圧より高い第 4 電圧以上の検出用電圧範囲から選ばれる電流取得電圧になったときに前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第 1 電流として取得するように構成された、
ガス検出装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のガス検出装置において、
前記測定制御部は、
前記特定電圧として、前記出力電流が前記酸素の限界電流となる空燃比検出用印加電圧を採用し、
前記昇圧スイープの実行を開始する前に、前記電圧印加部を用いて、前記印加電圧を、前記空燃比検出用印加電圧、に設定し、
前記印加電圧が前記空燃比検出用印加電圧に設定されている場合に前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第 2 電流として取得するように構成された、
ガス検出装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のガス検出装置において、
前記測定制御部は、
前記昇圧スイープ中に前記印加電圧が前記第 2 電圧になったときに前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第 2 電流として取得するように構成された、
ガス検出装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のガス検出装置において、
前記測定制御部は、
前記降圧スイープ中に前記印加電圧が前記第 1 電圧になったときに前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第 2 電流として取得するように構成された、

ガス検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の排出する排気（被検ガス）中に含まれる所定濃度以上の硫黄酸化物の有無の判定又はその排気中に含まれる硫黄酸化物の濃度を検出することが可能なガス検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、内燃機関を制御するために、排気中に含まれる酸素（ O_2 ）の濃度に基づいて燃焼室内の混合気の空燃比（ A/F ）を取得する空燃比センサ（「 A/F センサ」とも称呼される。）が広く使用されている。このような空燃比センサの1つのタイプとして、限界電流式ガスセンサを挙げることができる。

【0003】

更に、このような限界電流式ガスセンサを用いて、排気中の硫黄酸化物（以下、「 SO_x 」と称呼される場合がある。）の濃度を検出する SO_x 濃度検出装置（以下、「従来装置」と称呼する。）が提案されている（例えば、特許文献1を参照。）。

【0004】

従来装置は、酸素イオン伝導性固体電解質の酸素ポンピング作用を利用したセンシングセル（電気化学セル）を含む。従来装置は、センシングセルの一对の電極間に電圧を印加することにより、排気中の酸素原子を含むガス成分（例えば O_2 、 SO_x 及び H_2O 等であり、以下、「酸素含有成分」とも称呼する。）を分解させ、それによって、酸化物イオン（ O^{2-} ）を発生させる。従来装置は、酸素含有成分の分解によって生じた酸化物イオンがセンシングセルの電極間を移動すること（酸素ポンピング作用）によって当該電極間を流れる電流の特性を、検出するようになっている。

【0005】

より具体的に述べると、従来装置は、 SO_x 濃度を検出するときに、印加電圧スイープを実行するようになっている。即ち、従来装置は、センシングセルに対して印可する印可電圧を0.4Vから0.8Vまで昇圧した後、0.8Vから0.4Vまで降圧する印加電圧スイープを、実行するようになっている。

【0006】

そして、従来装置は、印可電圧が0.8Vに達した時点の「センシングセルの電極間を流れる電流（以下、「電極電流」又は「出力電流」と称呼する場合がある。）」である参照電流と、印加電圧が0.8Vから0.4Vまで低下させられている期間における出力電流の最小値であるピーク値との差を用いて、 SO_x 濃度を算出するようになっている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2015-17931号公報

【発明の概要】

【0008】

しかしながら、上記出力電流は、排気中に含まれる SO_x 以外の酸素含有成分の影響によっても変化してしまう可能性が高い。例えば、水（ H_2O ）の分解電圧は硫黄酸化物の分解電圧と同じ程度であるか、或いはそれより僅かに高い。更に、排気中の水の濃度は例えば、混合気の空燃比に応じて変動する。このため、水の分解に起因する出力電流への影響を取り除いて、 SO_x 成分の分解のみに起因する出力電流を検出することは困難である。従って、「 SO_x 以外の酸素含有成分の影響を受けることがなく、且つ、 SO_x 成分のみに起因する出力電流変化」を用いて、排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が存在するかどうかの判定又は排気中の硫黄酸化物の濃度を検出することが求められていた。

【0009】

10

20

30

40

50

本発明は上述した課題に対処するためになされた。即ち、本発明の目的の一つは、排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定又は排気中の硫黄酸化物の濃度を精度よく行うことができるガス検出装置（以下、「本発明検出装置」とも称呼する。）を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

本発明検出装置は、内燃機関の排気通路（12）に設けられ、酸化物イオン伝導性を有する固体電解質体（41s）と前記固体電解質体の表面にそれぞれ形成された第1電極（41a）及び第2電極（41b）とを含む電気化学セル（41c）と、前記排気通路を流れる排気が通過可能な多孔質材料からなる拡散抵抗体（61）とを備え、前記排気通路を流れる排気が前記拡散抵抗体を通して前記第1電極に到達するように構成された素子部（40）と、

10

前記第1電極と前記第2電極との間に電圧を印加する電圧印加部（81）と、

前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電流である出力電流（ I_m ）を検出する電流検出部（91）と、

前記電圧印加部を用いて前記第1電極と前記第2電極との間に印加される電圧である印加電圧（ V_m ）を制御すると共に前記電流検出部により検出される出力電流に基づいて、前記排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定又は前記排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を行う測定制御部（20）と

を有し、

前記測定制御部は、

20

前記内燃機関に供給される混合気の空燃比（ A/F ）が安定している状態である場合（図9のステップ930での「Yes」との判定）、前記電圧印加部を用いて前記印加電圧を、前記出力電流が酸素の限界電流となる第1電圧であって且つ硫黄酸化物の分解開始電圧未満である第1電圧以上であり且つ硫黄酸化物の分解開始電圧未満である所定電圧から、硫黄酸化物の分解開始電圧よりも高い第2電圧まで、上昇させる昇圧スイープを実行した後、前記第2電圧から前記第1電圧まで所定の降圧速度にて下降させる降圧スイープを実行し（図10のステップ1010）、且つ、

前記降圧スイープ中に前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧未満となったときに前記第1電極に吸着していた硫黄が当該第1電極において再酸化反応して硫黄酸化物へと戻ることにより前記第1電極と前記第2電極との間に流れる電流に起因して前記出力電流に生じる変化であって前記排気に含まれる前記硫黄酸化物の濃度が高いほど大きくなる出力電流に生じる変化の程度、に相関を有するパラメータ（ I_{diff} ）を前記電流検出部により検出される出力電流に基づいて取得し（図10及び図12のそれぞれに示されたステップ1038、図14のステップ1450、図15及び図16のそれぞれに示されたステップ1038、図17のステップ1450）、当該パラメータに基づいて前記排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定（図10及び図12のそれぞれに示されたステップ1040、図14のステップ1460）又は前記排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を行う（図15のステップ1510、図16のステップ1610、図17のステップ1710）、

30

ように構成されている。

40

更に、前記所定の降圧速度が、

前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧未満であって前記第1電圧よりも高い電圧範囲内の電圧となった時点をも境に前記再酸化反応の速度（再酸化反応の発生頻度と言うこともできる。）が急増する速度となるように設定される。

加えて、前記測定制御部が、

前記降圧スイープ中であって前記印加電圧が前記第1電圧より高く硫黄酸化物の分解開始電圧以下の範囲になっている期間の前記出力電流に相関を有する値を、当該期間において前記電流検出部により検出される出力電流に基づいて第1電流（ I_g ）として取得し（図10及び図12のそれぞれに示されたステップ1030、図14のステップ1420、図15及び図16のそれぞれに示されたステップ1030、図17のステップ1420）

50

前記出力電流が前記酸素の限界電流となる電圧以上の特定電圧に前記印加電圧がなっている時点において前記電流検出部により検出される出力電流であり且つ前記昇圧スイープによって前記第1電極に付着した硫黄が当該第1電極において再酸化反応することに起因する電流を含まない当該出力電流を、第2電流(I_b)として取得し(図10のステップ1009、図12のステップ1214、図14のステップ1440、図15のステップ1009、図16のステップ1214、図17のステップ1440)、

前記取得した第2電流と前記取得した第1電流との差分(I_{diff})を算出し(図10及び図12のそれぞれに示されたステップ1038、図14のステップ1450、図15及び図16のそれぞれに示されたステップ1038、図17のステップ1450)、当該差分を、前記パラメータとして用いる(図10及び図12のそれぞれに示されたステップ1040、図14のステップ1460、図15のステップ1510、図16のステップ1610、図17のステップ1710)ように構成されている。

【0011】

発明者の検討によれば、「降圧スイープを行っているときに第1電極に吸着した硫黄」が当該第1電極において再酸化反応して硫黄酸化物へ戻ることにより「硫黄酸化物以外の酸素含有成分」の影響を受け難い「出力電流の変化」が生じることが判明した。更に、降圧スイープにおける所定の経過時間当たりの電圧降下量(即ち、降圧速度)により、この「出力電流の変化」の程度が大きく変わることが判明した(図5(A)及び(B)を参照)。これらの現象が生じるメカニズムは、次のようなことであると推定される。

【0012】

即ち、昇圧スイープを行うことにより第1電極に吸着した硫黄(硫黄酸化物の分解物)が、降圧スイープを行っているときに、当該第1電極において再酸化反応して硫黄酸化物へと戻る。昇圧スイープを行った場合に硫黄酸化物以外の酸素含有成分の分解物(例えば、水の分解物である水素)は第1電極に吸着しないため、降圧スイープを行っているとき、硫黄酸化物以外の酸素含有成分の分解物が当該第1電極において再酸化反応して酸素含有成分へ戻る現象は実質的に生じない。

【0013】

このため、降圧スイープを行っているときに第1電極に吸着していた硫黄が当該第1電極において再酸化反応して硫黄酸化物へと戻ることにより生じる「出力電流の変化」は、硫黄酸化物以外の酸素含有成分の影響を受けにくい。即ち、降圧スイープ中に硫黄酸化物以外の酸素含有成分の影響を受けにくい「出力電流の変化」が生じる。

【0014】

ところが、降圧スイープの降圧速度(掃引速度)がある速度より遅い場合、降圧スイープを行っているときに硫黄の再酸化反応が連続的且つ徐々に進行するため、硫黄酸化物濃度がどのような濃度であっても「出力電流の変化」の程度が現れ難い。

【0015】

これに対して、降圧スイープの降圧速度をある速度より速くした場合、降圧スイープを行っているときに硫黄の再酸化反応がそれ程進行しないまま印加電圧が低下し、印加電圧が「硫黄の再酸化反応が活発になるある電圧範囲(即ち、硫黄酸化物の分解開始電圧未満の所定の電圧範囲)」内の電圧になると、硫黄の再酸化反応が急激に進行する(硫黄の再酸化反応の速度が急増する、硫黄の再酸化反応の発生頻度が急増する)ので、硫黄酸化物濃度が高いほど出力電流の変化の程度が大きくなる。即ち、硫黄酸化物濃度を精度よく検出するのに有意な電流変化が現れる。

【0016】

そこで、本発明検出装置においては、降圧スイープの降圧速度が「印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧未満であって第1電圧よりも高い電圧範囲内の電圧となった時点を超えて硫黄の再酸化反応の速度が急増する速度」となるように設定されている。従って、硫黄酸化物以外の酸素含有成分の影響を受けにくい出力電流の変化が、硫黄酸化物濃度が高いほど大きく現れる。

10

20

30

40

50

前記差分に基づいて前記排気中の硫黄酸化物の濃度を検出する（図 15 のステップ 1510、図 16 のステップ 1610、図 17 のステップ 1710）ように構成されている。

【0024】

上記の場合、硫黄酸化物の濃度を精度よく表す上記差分に基づいて排気中の硫黄酸化物の濃度が検出されることによって、排気中の硫黄酸化物の濃度を簡単に検出することができる。

【0025】

本発明検出装置の一態様において、
前記測定制御部は、

前記降圧スイープ中であって前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧以下の第 3 電圧以下であり且つ前記第 1 電圧より高い第 4 電圧以上の検出用電圧範囲内となっている期間に前記電流検出部により検出される出力電流、のうちの最小値を、前記第 1 電流として取得する（図 10 のステップ 1020 乃至ステップ 1030）ように構成されている。

【0026】

印加電圧が上記検出用電圧範囲内の電圧となっている期間（即ち、硫黄の再酸化反応が活発に生じている期間）における出力電流の最小値は、硫黄酸化物の濃度を精度良く表す。この最小値が上記第 1 電流として用いられることによって、上記差分がより精度良く硫黄酸化物の濃度を表す値になる。従って、排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定又は排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を精度良く行うことができる。

【0027】

本発明検出装置の一態様において、
前記測定制御部は、

前記降圧スイープ中であって前記印加電圧が硫黄酸化物の分解開始電圧以下の第 3 電圧以下であり且つ前記第 1 電圧より高い第 4 電圧以上の検出用電圧範囲から選ばれる電流取得電圧（ V_g ）になったときに前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第 1 電流として取得するように構成されている。

【0028】

印加電圧が上記検出用電圧範囲から選ばれる電流取得電圧（ V_g ）になったときの出力電流は、硫黄酸化物の濃度を精度良く表す。この出力電流が上記第 1 電流（ I_g ）として用いられることによって、上記差分（ I_{diff} ）が精度良く硫黄酸化物の濃度を表すことができるようになる。従って、排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの判定又は排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を精度良く行うことができる。

【0029】

本発明検出装置の一態様において、
前記測定制御部は、

前記特定電圧として、前記出力電流が前記酸素の限界電流となる空燃比検出用印加電圧を採用し、

前記排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれているか否かの前記判定又は前記排気中の硫黄酸化物の濃度の検出を行う前に、前記電圧印加部を用いて、前記印加電圧を、前記空燃比検出用印加電圧、に設定し（図 8 のステップ 850）、

前記印加電圧が前記空燃比検出用印加電圧に設定されている場合に前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第 2 電流として取得する（図 10 のステップ 1009、図 15 のステップ 1009）ように構成されている。

【0030】

この態様によれば、印加電圧が空燃比検出用印加電圧に設定されていて、前記出力電流が酸素の限界電流となっているとき、その出力電流が前記第 2 電流として取得される。酸素の限界電流に相当する電流分は前記第 1 電流に含まれている。従って、このようにして得られる第 2 電流と第 1 電流との差分（ I_{diff} ）は、排気中の酸素濃度の影響を受け難いパラメータとなるから、硫黄酸化物の濃度を精度良く表すパラメータとなる。その結果、この態様のガス検出装置は、排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれるか否かの判定

10

20

30

40

50

又は排気中の硫黄酸化物の濃度の検出をより精度良く行うことができる。

【0031】

本発明検出装置の一態様において、
前記測定制御部は、

前記昇圧スイープ中に前記印加電圧が前記第2電圧になったときに前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第2電流として取得する（図12及び図16のそれぞれに示されたステップ1214）ように構成されている。

【0032】

本発明検出装置の一態様において、
前記測定制御部は、

前記降圧スイープ中に前記印加電圧が前記第1電圧になったときに前記電流検出部により検出される出力電流を、前記第2電流として取得する（図14のステップ1440及び図17のそれぞれに示されたステップ1440）ように構成されている。

【0033】

これらの場合、降圧スイープの開始時及び終了時の何れかの時点において前記第2電流（ I_b ）が取得され、同じ降圧スイープ中に前記第1電流（ I_g ）が取得され得る。これにより、前記パラメータ（ I_{diff} ）を取得するのに必要な「第1電流及び第2電流」の両方を短い期間内に取得することができる。

【0034】

従って、その期間において排気中の酸素濃度が大きく変化する可能性が低くなるので、第1電流及び第2電流のそれぞれに及ぼされる排気中の酸素濃度の影響の程度を互いに略一致させることができる。その結果、差分（ I_{diff} ）が、排気中の酸素濃度の影響を受け難く且つ排気中の硫黄酸化物の濃度により精度良く応じた値になるから、排気中に所定濃度以上の硫黄酸化物が含まれるか否かの判定又は排気中の硫黄酸化物の濃度の検出をより精度良く行うことができる。

【0035】

上記説明においては、本発明の理解を助けるために、後述する実施形態に対応する発明の構成に対し、その実施形態で用いた名称及び/又は符号を括弧書きで添えている。しかしながら、本発明の各構成要素は、前記名称及び/又は符号によって規定される実施形態に限定されるものではない。本発明の他の目的、他の特徴及び付随する利点は、以下の図面を参照しつつ記述される本発明の実施形態についての説明から容易に理解されるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】図1は、本発明の第1実施形態に係るガス検出装置及びガス検出装置が適用される内燃機関の概略構成図である。

【図2】図2は、図1に示したガスセンサ素子部の構成の一例を示す模式的な断面図である。

【図3】図3（A）は、本発明の第1実施形態に係るガス検出装置の作動の概要を説明するためのタイムチャートである。図3（B）は、 SO_x 検出を行う時の印加電圧の波形を示すグラフである。図3（C）は、 SO_x 検出を行う時の別の印加電圧の波形を示すグラフである。

【図4】図4（A）は、素子部で生じる SO_x の分解反応を説明するための模式図である。図4（B）は、素子部で生じる硫黄の再酸化反応を説明するための模式図である。

【図5】図5（A）は、印加電圧と出力電流との関係を示すグラフである。図5（B）は、印加電圧と出力電流との関係を示すグラフである。

【図6】図6は、燃焼室内の混合気のA/Fと酸素の限界電流域との関係を示すグラフである。

【図7】図7は、経過時間と印加電圧及び出力電流のそれぞれとの関係を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 8】図 8 は、図 1 に示した ECU の CPU が実行するセンサ活性判定ルーチンを表すフローチャートである。

【図 9】図 9 は、図 1 に示した ECU の CPU が実行する A / F 検出ルーチンを表すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、図 1 に示した ECU の CPU が実行する SOx 検出ルーチンを表すフローチャートである。

【図 11】図 11 は、経過時間と印加電圧及び出力電流のそれぞれとの関係を示すグラフである。

【図 12】図 12 は、本発明の第 2 実施形態に係るガス検出装置が備える ECU の CPU が実行する SOx 検出ルーチンを表すフローチャートである。

10

【図 13】図 13 は、経過時間と印加電圧及び出力電流のそれぞれとの関係を示すグラフである。

【図 14】図 14 は、本発明の第 3 実施形態に係るガス検出装置が備える ECU の CPU が実行する SOx 検出ルーチンを表すフローチャートである。

【図 15】図 15 は、図 1 に示したガス検出装置の変形例に係る ECU の CPU が実行する SOx 検出ルーチンを表すフローチャートである。

【図 16】図 16 は、図 1 に示したガス検出装置の他の変形例に係る ECU の CPU が実行する SOx 検出ルーチンを表すフローチャートである。

【図 17】図 17 は、図 1 に示したガス検出装置の更に他の変形例に係る ECU の CPU が実行する SOx 検出ルーチンを表すフローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【0037】

以下、本発明の各実施形態に係るガス検出装置について図面を参照しながら説明する。尚、実施形態の全図において、同一又は対応する部分には同一の符号を付す。

【0038】

< 第 1 実施形態 >

本発明の第 1 実施形態に係るガス検出装置（以下、「第 1 検出装置」と称呼される場合がある。）について説明する。第 1 検出装置は、「図 1 に示された内燃機関 10」を搭載した図示しない車両に適用される。

【0039】

内燃機関 10 は周知のディーゼルエンジンである。内燃機関 10 は、図示しない燃焼室と、燃料噴射弁 11 と、を含む。燃料噴射弁 11 は、燃焼室内に燃料を噴射することができるようにシリンダヘッド部に配設されている。燃料噴射弁 11 は、後述する ECU 20 の指示に応じて燃焼室内に燃料を直接噴射する。排気管 12 は、図示しない燃焼室に連通する排気ポートに接続された図示しないエキゾーストマニホールドの端部に接続されている。排気ポート、エキゾーストマニホールド及び排気管 12 は、燃焼室から排出された排気が行く排気通路を構成している。排気管 12 には、DOC (Diesel Oxidation Catalyst: ディーゼル用酸化触媒) 13 及びDPF (Diesel Particulate Filter) 14 が配設されている。

30

【0040】

DOC 13 は、排気浄化触媒である。具体的に述べると、DOC 13 は、白金及びパラジウム等の貴金属を触媒として、排気中の未燃成分 (HC、CO) を酸化し、排気を浄化する。即ち、DOC 13 により、HC は水と CO₂ に酸化され、CO は CO₂ に酸化される。

40

【0041】

DPF 14 は、DOC 13 よりも下流側に配置されている。DPF 14 は、排気中の微粒子 (パーティキュレート) を捕捉するフィルタである。具体的に述べると、DPF 14 は、多孔質材料 (例えば、セラミックの一種であるコージライトからなる隔壁) によって形成された複数の通路を備えている。DPF 14 は、隔壁を通過する排気に含まれる微粒子を、その隔壁の細孔表面にて捕集する。

50

【 0 0 4 2 】

第 1 検出装置は、E C U 2 0 を含む。E C U 2 0 は、C P U、R O M、R A M、バックアップ R A M 及びインターフェース (I / F) を含むマイクロコンピュータを主要構成部品として有する電子制御回路である。C P U は、メモリ (R O M) に格納されたインストラクション (ルーチン) を実行することにより、所定の機能を実現するようになっている。

【 0 0 4 3 】

E C U 2 0 は、内燃機関 1 0 の各種アクチュエータ (燃料噴射弁 1 1 等) に接続されている。E C U 2 0 は、これらのアクチュエータに駆動 (指示) 信号を送出し、内燃機関 1 0 を制御するようになっている。更に、E C U 2 0 は、以下に述べる各種センサ類と接続されていて、これらのセンサ類からの信号を受け取るようになっている。

10

【 0 0 4 4 】

機関回転速度センサ 2 1 : 機関回転速度センサ (以下、「N E センサ」と称呼する。) 2 1 は、内燃機関 1 0 の回転速度 (機関回転速度) N E を測定し、この機関回転速度 N E を表す信号を出力するようになっている。

【 0 0 4 5 】

水温センサ 2 2 : 水温センサ 2 2 は、シリンダブロック部に配設されている。水温センサ 2 2 は、内燃機関 1 0 を冷却する冷却水の温度 (冷却水温 T H W) を測定し、この冷却水温 T H W を表す信号を出力するようになっている。

【 0 0 4 6 】

アクセルペダル操作量センサ 2 3 : アクセルペダル操作量センサ 2 3 は、車両のアクセルペダル 2 3 a の操作量 (アクセル開度) を検出し、アクセルペダル操作量 A P を表す信号を出力するようになっている。

20

【 0 0 4 7 】

ガスセンサ 3 0 : ガスセンサ 3 0 は、1 セル式の限界電流式ガスセンサであり、機関 1 0 の排気経路を構成する排気管 1 2 に配設されている。ガスセンサ 3 0 は、排気管 1 2 に介装された D O C 1 3 及び D P F 1 4 よりも下流側に配設されている。

【 0 0 4 8 】

(ガスセンサの構成)

次に、ガスセンサ 3 0 の構成について、図 2 を参照しながら説明する。ガスセンサ 3 0 が備える素子部 4 0 は、固体電解質体 4 1 s、第 1 アルミナ層 5 1 a、第 2 アルミナ層 5 1 b、第 3 アルミナ層 5 1 c、第 4 アルミナ層 5 1 d、第 5 アルミナ層 5 1 e、拡散抵抗部 (拡散律速層) 6 1 及びヒータ 7 1 を備える。

30

【 0 0 4 9 】

固体電解質体 4 1 s は、ジルコニア等を含み、酸化物イオン伝導性を有する薄板体である。固体電解質体 4 1 s を形成するジルコニアは、例えば、スカンジウム (S c) 及びイットリウム (Y) 等の元素を含んでいてもよい。

【 0 0 5 0 】

第 1 乃至第 5 アルミナ層 5 1 a 乃至 5 1 e は、アルミナを含む緻密 (ガス不透過性) の層 (緻密な薄板体) である。

40

【 0 0 5 1 】

拡散抵抗部 6 1 は、多孔質の拡散律速層であり、ガス透過性の層 (薄板体) である。ヒータ 7 1 は、例えば、白金 (P t) とセラミックス (例えば、アルミナ等) とを含むサーメットの薄板体であり、通電によって発熱する発熱体である。ヒータ 7 1 は、図示しないリード線によって車両に搭載された図示しない電源に接続されている。ヒータ 7 1 は、E C U 2 0 によって「その電源から供給される電力量」が制御されることにより、発熱量を変更できるようになっている。

【 0 0 5 2 】

素子部 4 0 の各層は、下方から、第 5 アルミナ層 5 1 e、第 4 アルミナ層 5 1 d、第 3 アルミナ層 5 1 c、固体電解質体 4 1 s、拡散抵抗部 6 1 及び第 2 アルミナ層 5 1 b、第

50

1 アルミナ層 5 1 a の順に積層されている。

【 0 0 5 3 】

内部空間 S P 1 は、第 1 アルミナ層 5 1 a、固体電解質体 4 1 s、拡散抵抗部 6 1 及び第 2 アルミナ層 5 1 b によって形成される空間であり、その中に拡散抵抗部 6 1 を介して被検ガスとしての内燃機関 1 0 の排気が導入されるようになっている。即ち、内部空間 S P 1 は拡散抵抗部 6 1 を介して内燃機関 1 0 の排気管 1 2 の内部と連通している。従って、排気管 1 2 内の排気が内部空間 S P 1 内に被検ガスとして導かれる。

【 0 0 5 4 】

第 1 大気導入路 S P 2 は、固体電解質体 4 1 s、第 3 アルミナ層 5 1 c 及び第 4 アルミナ層 5 1 d によって形成され、排気管 1 2 の外部の大気に開放されている。

10

【 0 0 5 5 】

第 1 電極 4 1 a は、固体電解質体 4 1 s の一方の側の表面（具体的には、内部空間 S P 1 を画定する固体電解質体 4 1 s の表面）に固着されている。第 1 電極 4 1 a は陰極である。第 1 電極 4 1 a は、白金（P t）を主成分として含む多孔質サーメット電極である。

【 0 0 5 6 】

第 2 電極 4 1 b は、固体電解質体 4 1 s の他方の側の表面（具体的には、第 1 大気導入路 S P 2 を画定する固体電解質体 4 1 s の表面）に固着されている。第 2 電極 4 1 b は陽極である。第 2 電極 4 1 b は、白金（P t）を主成分として含む多孔質サーメット電極である。

【 0 0 5 7 】

第 1 電極 4 1 a と第 2 電極 4 1 b とは、固体電解質体 4 1 s を挟んで互いに対向するように配置されている。即ち、第 1 電極 4 1 a、第 2 電極 4 1 b 及び固体電解質体 4 1 s は、酸素ポンピング作用による酸素排出能力を有する電気化学セル 4 1 c を構成している。電気化学セル 4 1 c は、ヒータ 7 1 により、活性化温度まで加熱される。

20

【 0 0 5 8 】

固体電解質体 4 1 s 及び第 1 乃至第 5 アルミナ層 5 1 a 乃至 5 1 e の各層は、例えばドクターブレード法及び押し出し成形法等により、シート状に成形されている。第 1 電極 4 1 a、第 2 電極 4 1 b 及びこれらの電極に通電するための配線等は、例えばスクリーン印刷法等によって形成されている。これらのシートを上述したように積層して焼成することにより、上記のような構造を有する素子部 4 0 が一体的に製造されている。

30

【 0 0 5 9 】

尚、第 1 電極 4 1 a を構成する材料は、上記の材料に限定されず、例えば、白金（P t）、ロジウム（R h）、パラジウム（P d）等の白金族元素又はそれらの合金等を主成分として含む材料から選択することができる。但し、第 1 電極 4 1 a を構成する材料は、第 1 電極 4 1 a と第 2 電極 4 1 b との間に S O x 分解開始電圧以上の電圧（具体的には、約 0 . 6 V 以上の電圧）を印加したときに、拡散抵抗部 6 1 を介して内部空間 S P 1 に導かれた排気中に含まれる S O x を還元分解させることができる限り、特に限定されない。

【 0 0 6 0 】

ガスセンサ 3 0 は、更に、電源回路 8 1 及び電流計 9 1 を備える。電源回路 8 1 及び電流計 9 1 は上述した E C U 2 0 に接続されている。

40

【 0 0 6 1 】

電源回路 8 1 は、第 1 電極 4 1 a と第 2 電極 4 1 b との間に、第 2 電極 4 1 b の電位が第 1 電極 4 1 a の電位よりも高くなるように所定の電圧（以下、「印加電圧 V m」とも称呼する。）を印加できるようになっている。電源回路 8 1 は、E C U 2 0 により制御されることにより、印加電圧 V m を変更できるようになっている。

【 0 0 6 2 】

電流計 9 1 は、第 1 電極 4 1 a と第 2 電極 4 1 b との間に流れる電流（従って、固体電解質体 4 1 s を流れる電流）である出力電流（電極電流）I m を計測して、その計測値を E C U 2 0 に出力するようになっている。

【 0 0 6 3 】

50

< 作動の概要 >

次に、第1検出装置が行う作動の概要について説明する。第1検出装置は、内燃機関10から排出される排気(被検ガス)の酸素濃度を検出するように構成されている。第1検出装置は、排気中の酸素濃度に基づいて内燃機関10の燃焼室内の混合気の空燃比(A/F)を検出するように構成されている。以下、内燃機関10の燃焼室内の混合気の空燃比は、「機関の空燃比A/F」とも称呼される。更に、第1検出装置は、排気に含まれる所定濃度以上のSOxの有無を判定するように構成されている。第1検出装置は、SOxの有無の検出開始から検出終了までに数秒を必要とするため、機関の空燃比A/Fが安定している状態において所定濃度以上のSOxの有無を判定するように構成されている。

【0064】

具体的に述べると、図3(A)に示したように、内燃機関10の始動が開始した時点である時刻t0になると、第1検出装置はヒータ71によって固体電解質体41sを加熱するように、ヒータ71に対する制御を開始する。これによって、固体電解質体41sが、酸化物イオン伝導性を発現する温度(以後、「活性化温度」と称呼される場合がある。)以上の所定の温度まで昇温される。

【0065】

時刻t1で、固体電解質体41sの温度(センサ素子温度)が活性化温度以上になって、ガスセンサ30がセンサ活性の状態になると、第1検出装置は、排ガスの酸素濃度を検出し当該酸素濃度に基づいて機関の空燃比A/Fを取得するための処理を開始する。尚、時刻t0から時刻t1の間の時点である時刻tdで、第1検出装置は、第1電極41a及び第2電極41b間に、酸素濃度の検出に適した酸素濃度(A/F)検出用の電圧(具体的に述べると0.4V)の印加を開始する。即ち、第1検出装置は、印加電圧Vmを酸素濃度検出用の電圧に設定する。固体電解質体41sの温度が活性化温度以上であるときに、この印加電圧Vmが酸素濃度検出用の電圧に設定されている場合、酸素分子が分解されて酸素ポンピング作用が発現するが、酸素以外の酸素含有成分(SOxを含む。)のガスが分解されることはない。酸素濃度検出用の電圧は酸素以外の酸素含有成分(SOxを含む)の分解開始電圧よりも低いので、酸素以外の酸素含有成分が分解されることはない。

【0066】

第1検出装置は、時刻t1から、酸素濃度を連続的に検出することにより機関の空燃比A/Fを監視する。そして、時刻t2で、SOx検出開始条件を満たすと(即ち、機関の空燃比A/Fが安定した状態になり、且つ、後述するその他の条件を満たされると)、第1検出装置は排気中のSOx濃度検出の処理を開始する。即ち、時刻t1から時刻t2の直前までの期間、第1検出装置は機関の空燃比A/Fを検出し、SOx検出を開始する時点である時刻t2にて機関の空燃比A/Fの検出を停止する。

【0067】

尚、本明細書において、SOx濃度検出とは、排気中のSOx濃度そのものを検出(測定)すること、及び、排気中のSOx濃度を表すパラメータを取得することの両方を指す。本検出装置は、後述するように、排気中のSOx濃度を表すパラメータ(SOx濃度に応じて変化するパラメータ)を取得し、そのパラメータを用いて排気中に所定濃度以上のSOxが排気中に含まれているか否かの判定を行う。所定濃度としては、所望の検出レベルに応じた0よりも大きい濃度が選ばれる。

【0068】

時刻t2から時刻t3の直前までの期間、第1検出装置は所定の印加電圧範囲(印加電圧スイープ範囲(下限電圧(第1電圧V1)及び上限電圧(第2電圧V2))で印加電圧スイープを行う。即ち、第1検出装置は、印加電圧Vmを「第1電圧V1から第2電圧V2まで徐々に増大させる昇圧スイープ」を行った後、印加電圧Vmを「第2電圧V2から第1電圧V1まで徐々に減少させる降圧スイープ」を行う。第1検出装置は、1回の昇圧スイープ及び1回の降圧スイープを1サイクルとする印加電圧スイープを、1サイクル行う。但し、第1検出装置は、印加電圧スイープを複数サイクル行っても良い。

【0069】

10

20

30

40

50

尚、第1検出装置は、酸素濃度(A/F)検出用の印加電圧が第1電圧V1より大きい場合、印加電圧Vmを、酸素濃度検出用の印加電圧から1回目の昇圧スイープを開始するようにしてもよい。代替えとして、第1検出装置は、酸素濃度検出用の印加電圧が第1電圧V1より大きい場合、印加電圧Vmを酸素濃度検出用の印加電圧から第1電圧V1に、一旦下げてから1回目の昇圧スイープを開始するようにしてもよい。

【0070】

より具体的に述べると、第1検出装置は、図3(B)に示したように、正弦波の波形(一周分)を有する電圧を第1電極41a及び第2電極41bの間に印加することにより、印加電圧スイープを行う。尚、この場合の電圧波形は、図3(B)に示した正弦波に限定されるものではなく、種々の波形を採用し得る。例えば、この場合の電圧波形は、図3(C)のグラフに示したような非正弦波(キャパシタの充放電時の電圧波形のような波形)であってもよい。

10

【0071】

時刻t3で、SOx検出が終了すると、第1検出装置は、機関の空燃比A/Fを検出するための処理を再開する。即ち、第1検出装置は、時刻t3で、印加電圧Vmを酸素濃度検出用の電圧(0.4V)に設定する。

【0072】

(A/F検出)

次に、上述した機関の空燃比A/Fを検出する際の作動について説明する。第1検出装置は、ガスセンサ30がセンサ活性の状態になると、機関の空燃比A/Fを取得するために、第1電極41aが低電位となり且つ第2電極41bが高電位となるように、印加電圧Vmを酸素濃度検出用の電圧(例えば、0.4V)に設定する。即ち、第1電極41aは陰極として機能し、第2電極41bは陽極として機能する。酸素濃度検出用の電圧は、第1電極41aにおいて酸素(O₂)の分解が始まる電圧(分解開始電圧)以上であって且つ酸素以外の酸素含有成分の分解開始電圧未満の電圧に設定される。これにより、排気中に含まれる酸素が第1電極41aにおいて還元分解されて酸化物イオン(O²⁻)となる。

20

【0073】

この酸化物イオンは上記固体電解質体41sを介して第2電極41bへと伝導されて酸素(O₂)となり、大気導入路SP2を通じて大気中へと排出される。前述したように、このような陰極(第1電極41a)から陽極(第2電極41b)への固体電解質体41sを介する酸化物イオンの伝導による酸素の移動は「酸素ポンピング作用」と称される。

30

【0074】

この酸素ポンピング作用に伴う酸化物イオンの伝導により、第1電極41aと第2電極41bとの間に電流が流れる。第1電極41aと第2電極41bとの間に流れる電流は「出力電流Im(或いは電極電流Im)」と称呼される。出力電流Imは、一般には、印加電圧Vmが上昇するほど大きくなる傾向を有する。しかしながら、第1電極41aに到達する排気の流量が拡散抵抗部61によって制限されるので、やがて酸素ポンピング作用に伴う酸素の消費速度が第1電極41aへの酸素の供給速度を超えるようになる。即ち、第1電極41a(陰極)における酸素の還元分解反応が拡散律速状態となる。

40

【0075】

第1電極41aにおける酸素の還元分解反応が拡散律速状態となると、印加電圧Vmを上昇させても出力電流Imが増大せず、略一定となる。このような特性は「限界電流特性」と称呼される。限界電流特性が発現する(観測される)印加電圧の範囲は「限界電流域」と称呼される。更に、限界電流域における出力電流Imは「限界電流」と称呼される。酸素に対する限界電流の大きさ(限界電流値)は第1電極41a(陰極)への酸素の供給速度に対応する。上述したように、第1電極41aに到達する排気の流量は拡散抵抗部61によって一定に維持されているので、第1電極41aへの酸素の供給速度は排気に含まれる酸素の濃度に対応する。

【0076】

50

従って、ガスセンサ 30 において、印加電圧 V_m を「酸素の限界電流領域内の所定の電圧（酸素濃度検出用の電圧であり、具体的に述べると 0.4 V ）」に印加電圧 V_m を設定したときの出力電流（限界電流） I_m は排気に含まれる酸素の濃度に対応する。このように酸素の限界電流特性を利用して、第 1 検出装置は被検ガスとしての排気中に含まれる酸素の濃度を検出する。一方、機関の空燃比 A/F と排気中の酸素の濃度とは、一対一の関係がある。従って、第 1 検出装置は、この関係を予め ROM に記憶させておき、その関係と検出した酸素濃度とに基づいて機関の空燃比 A/F を取得する。尚、第 1 検出装置は、酸素の限界電流と機関の空燃比 A/F との関係を予め ROM に記憶させておき、その関係と検出した酸素の限界電流とに基づいて機関の空燃比 A/F を取得してもよい。

【0077】

（ SO_x 濃度検出）

[検出原理]

次に、排気中の SO_x 濃度の検出の仕方について説明する。上述した酸素ポンピング作用は、分子中に酸素原子を含む「 SO_x （硫酸化合物）及び H_2O （水）等」の酸素含有成分に対しても発生する。即ち、第 1 電極 41a 及び第 2 電極 41b 間に、これらの化合物のそれぞれの分解開始電圧以上の電圧を印加すると、これらの化合物のそれぞれが還元分解されることによって、酸化物イオンが生じる。この酸化物イオンは、「酸素ポンピング作用」によって、第 1 電極 41a から第 2 電極 41b へと伝導される。これにより、第 1 電極 41a 及び第 2 電極 41b 間に出力電流 I_m が流れる。

【0078】

しかしながら、排気中に含まれる SO_x の濃度は極めて低く、 SO_x の分解に起因する電流も極めて小さい。更に、 SO_x 以外の酸素含有成分（例えば、水及び二酸化炭素等）が分解されることに起因する電流も第 1 電極 41a 及び第 2 電極 41b 間に流れる。そのため、 SO_x に起因する出力電流のみを精度よく検出することは困難である。

【0079】

そこで、本願の発明者は、鋭意検討した結果、 SO_x 濃度を検出する際、昇圧スイープ及び「所定の掃引速度での降圧スイープ」を 1 サイクルとする印加電圧スイープを実行することによって、 SO_x 濃度を精度良く検出できるとの知見を得た。

【0080】

昇圧スイープは、印加電圧 V_m を、第 1 電圧 V_1 から第 2 電圧 V_2 に徐々に上昇させる処理である。降圧スイープは、印加電圧 V_m を、第 2 電圧 V_2 から第 1 電圧 V_1 に徐々に下降させる処理である。尚、第 1 電圧 V_1 及び第 2 電圧 V_2 は、第 1 電極 41a の電位を基準とした第 2 電極 41b の電位であり、正の電圧値である。

【0081】

第 1 電圧 V_1 は、 SO_x の分解開始電圧（約 0.6 V ）よりも低く、且つ、酸素の限界電流領域内の印加電圧 V_m の最小値よりも高い電圧範囲（以下、「第 1 電圧範囲」とも称される。）内の電圧に設定される。酸素の限界電流領域内の印加電圧 V_m の最小値は、機関の空燃比 A/F に依存するから、第 1 電圧範囲の下限値もまた機関の空燃比 A/F に応じて変更されることが望ましい。具体的には、第 1 電圧範囲の下限値は例えば 0.2 V 乃至 0.45 V の範囲内の電圧であり、第 1 電圧範囲の上限電圧は 0.6 V である。即ち、第 1 電圧は 0.2 V 以上であり且つ 0.6 V 未満の範囲から選ばれた電圧である。

【0082】

第 2 電圧 V_2 は、 SO_x の分解開始電圧（約 0.6 V ）よりも高く、且つ、固体電解質体 41s が破壊されない電圧の上限値（ 2.0 V ）よりも低い電圧範囲（以下、「第 2 電圧範囲」とも称される。）内の電圧に設定される。即ち、第 2 電圧 V_2 は、 0.6 V よりも高く且つ 2.0 V 以下の範囲から選ばれた電圧である。

【0083】

昇圧スイープを行っている期間において、第 1 電極 41a 及び第 2 電極 41b の間に印加される印加電圧 V_m が、 SO_x の分解開始電圧以上になると、図 4 (A) に示したように、第 1 電極 41a（陰極）において排気に含まれる SO_x が S と O^{2-} とに還元分解さ

10

20

30

40

50

れる。その結果、 SO_x の還元分解生成物（S（硫黄））が、第1電極41a（陰極）に吸着する。

【0084】

降圧スイープを行っている期間において、印加電圧 V_m が、 SO_x の分解開始電圧未満になると、図4（B）に示したように、第1電極41a（陰極）に吸着していたSと O^2- とが反応して SO_x を生成する反応（以下、「S（硫黄）の再酸化反応」と称呼する場合がある。）が生じる。このとき、「Sの再酸化反応」に起因して、出力電流 I_m が後述するように変化する。尚、この「Sの再酸化反応」に伴う出力電流 I_m の変化を「再酸化電流変化」と称呼する。

【0085】

ところで、発明者の検討によれば、降圧スイープの掃引速度（所定の経過時間当たりの電圧降下量）によっては、 SO_x 濃度検出に有意な再酸化電流変化が現れなくなる場合があることが判明した。この点について、図5（A）及び図5（B）を参照しながら説明する。

【0086】

図5（A）は、掃引周期（即ち、昇圧スイープに要する時間と降圧スイープに要する時間との和、印加電圧スイープの周期）を1秒に設定して印加電圧スイープを実行したときの印加電圧 V_m と出力電流 I_m との関係を示した模式的なグラフである。図5（B）は、図5（A）に示した例より遅い掃引速度（掃引周期20秒）にて、印加電圧スイープを実行したときの印加電圧 V_m と出力電流 I_m との関係を示した模式的なグラフである。

【0087】

両者を比較すると、図5（B）の例より、印加電圧スイープの掃引速度がより速い図5（A）の例の方が、 SO_x の分解開始電圧（0.6V）よりも小さい電圧範囲にて、線L1で示した「被検ガスの SO_x 濃度が0ppmのときの出力電流 I_m 」と、線L2で示した「被検ガスの SO_x 濃度が130ppmのときの出力電流 I_m 」との差（電流値の差）が明確に現れている。即ち、図5（A）の例の方では、 SO_x 濃度検出に有意な電流変化（再酸化電流変化）が現れている。このような現象が生じるメカニズムは、次のようなことであると考えられる。

【0088】

即ち、掃引速度を所定速度より遅くした場合、降圧スイープを行っているときに、Sの再酸化反応が連続的且つ徐々に進行するため、有意な再酸化電流変化は現れない。一方、掃引速度を所定の掃引速度より速くした場合、降圧スイープを行っているときに、Sの再酸化反応がそれ程進行しないまま印加電圧 V_m が低下し、印加電圧が「Sの再酸化反応が活発になるある電圧範囲」の電圧になると、Sの再酸化反応が急激に進行すると考えられる。これにより、 SO_x 濃度検出に有意な電流変化が現れる。

【0089】

このように、降圧スイープを行った時の掃引速度によって、 SO_x 濃度検出に有意な電流変化が現れる場合と現れなくなる場合とが生じる。従って、降圧スイープを行うとき、掃引速度を、再酸化電流変化を示す有意な電流変化が現れるような所定速度にする必要がある。

【0090】

第1検出装置において、この所定速度は、予め実験を行うことによって再酸化電流変化を示す有意な電流変化が現れる適切な速度に設定される。

【0091】

実験によれば、例えば、図3（B）に示した正弦波形の電圧を第1電極41a及び第2電極41b間に印加する場合、所定範囲の周波数 F （典型的には、0.1Hz以上5Hz以下の範囲）となるような掃引速度に設定することが好ましいことが判明した。この所定範囲の周波数 F の下限値は、これ未満になると SO_x 濃度検出に有意な信号差（再酸化電流変化）が得られなくなる観点から定められる。この所定範囲の周波数 F の上限値は、これより多くなると、 SO_x 濃度以外の他の電流変化要因（具体的に述べると固体電解質体

10

20

30

40

50

41 s の容量等) の寄与が大きくなってしまふ観点から定められる。

【0092】

一方、実験によれば、図3(C)に示したような、キャパシタの充放電に伴う非正弦波形の電圧を第1電極41a及び第2電極41b間に印加する場合、電圧切り替え波形の応答時間T1が所定範囲(典型的には、0.1秒以上5秒以下の範囲)となるような掃引速度に設定することが好ましいことが判明した。尚、応答時間T1は、印加電圧Vmが所定範囲の下限電圧から上限電圧又はその逆に変化するのに要する時間である。応答時間T1の所定範囲の下限電圧及び上限電圧は、上述した正弦波形の電圧を印加電圧として用いる場合の周波数F(上記所定の周波数)を決定する場合と同様の観点から適切な値に定められる。

10

【0093】

尚、上記の周波数F及び応答時間T1の所定範囲を、降圧スイープに要する時間(即ち、第2電圧V2から第1電圧V1に達するまでの時間)に換算すると、0.1秒以上5秒以下の範囲となる。従って、当該時間は、0.1秒以上5秒以下の範囲であることが好ましい。

【0094】

更に、再酸化電流変化は、主として被検ガスである排気中のSOx濃度に依存することが判明した。換言すると、再酸化電流変化は、排気中の「硫黄酸化物(SOx)以外の酸素含有成分のガス(例えば、水)」の影響を受ける可能性が低い。即ち、昇圧スイープを行った場合に「硫黄酸化物以外の他の成分(酸素含有成分)の分解物(例えば、水の分解物である水素等)は第1電極41aに吸着しないため、降圧スイープを行っている期間において、そのような「硫黄酸化物以外の酸素含有成分」の分解物が当該第1電極41aにおいて再酸化反応して酸素含有成分へ戻る現象は実質的に生じない。

20

【0095】

このため、降圧スイープを行っているときに第1電極41aに吸着していた硫黄が当該第1電極41aにおいて再酸化反応して硫黄酸化物へと戻ることにより生じる「出力電流の変化」は、硫黄酸化物以外の酸素含有成分の影響を受けにくい。即ち、硫黄酸化物以外の酸素含有成分の影響を受けにくい「出力電流の変化」が生じる。

【0096】

更に、「出力電流の変化(再酸化電流変化)」は、排気(被検ガス)中のSOx濃度が大きくなるほど出力電流Imが小さくなっていくような特性を有するように現れることが判明した。即ち、硫黄の再酸化反応が生じた場合、図4(B)に示したように、第1電極41aにおいて酸化物イオンが消費されるため、第1電極41aから第2電極41bへ移動する酸化物イオン(例えば、酸素分子の分解により生じる酸化物イオン)の移動量が減少する。これにより、出力電流Imは減少する。排気中のSOx濃度が大きくなるほど、特に昇圧スイープ中に第1電極41aに吸着する硫黄の量が多くなり、よって、特に降圧スイープ中に第1電極41aにおいて硫黄と反応して消費される酸化物イオンの量も多くなる。その結果、第1電極41aから第2電極41bへ移動する酸化物イオンの量も減少する。従って、排気中のSOx濃度が大きくなるほど、出力電流Imは減少する。

30

【0097】

以上により、上述した「再酸化電流変化を利用することにより、排気中のSOx以外の酸素含有成分のガス(例えば、水)の影響を受けることなく、精度よく排気中のSOx濃度を検出することができる。」ことが理解される。よって、第1検出装置は、この再酸化電流変化を利用してSOx濃度検出(実際には、所定濃度以上のSOxの有無の判定)を行う。

40

【0098】

[再酸化電流変化を検出するためのパラメータ]

第1検出装置は、「再酸化電流変化」を適切に(精度良く)表すパラメータを取得し、このパラメータに基づいて、SOx濃度検出を行う。より具体的に述べると、第1検出装置は、降圧スイープ中において印加電圧Vmが「電流取得開始電圧(第3電圧)Vsem以

50

下であり、且つ、第1電圧 V_1 より高い第4電圧 V_4 以上の範囲（検出用電圧範囲）内」になっている期間の出力電流 I_m のうちの最小値を、当該期間の出力電流 I_m に相関を有する値（即ち、第1電流 I_g ）として取得する。

【0099】

電流取得開始電圧 V_{sem} は、降圧スイープの下限電圧（第1電圧 V_1 ）より大きく、且つ、 SO_x の分解開始電圧（ $0.6V$ ）以下の範囲内から選ばれる。本例において、電流取得開始電圧 V_{sem} は、 $0.6V$ に設定されている。尚、電流取得開始電圧 V_{sem} は、印加電圧スイープの印加電圧範囲及び印加電圧スイープの周期（換言すると、印加電圧スイープの掃引速度）の少なくとも1つに依じて異なるようにしてもよい。電流取得開始電圧 V_{sem} は、「印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧（第1電圧 V_1 ）よりも大きく、且つ、 SO_x 分解開始電圧（ $0.6V$ ）未満」であってもよく、好ましくは第1電圧 V_1 よりも大きく且つ $0.45V$ 以下であってもよい。

10

【0100】

更に、第1検出装置は、「印加電圧 V_m が機関の A/F を検出するための電圧であるときの出力電流 I_m 」を、第2電流 I_b として取得する。更に、第1検出装置は、第2電流 I_b から第1電流 I_g を引いた差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ を、「再酸化電流変化を表すパラメータ」として取得する。そして、第1検出装置は、このパラメータ（差分 I_{diff} ）に基づいて SO_x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の SO_x の有無の判定）を行う。

【0101】

第1検出装置は、印加電圧スイープを1サイクルだけ行って差分 I_{diff} を取得するが、次のように構成されてもよい。即ち、第1検出装置は、印加電圧スイープを複数サイクル行い、且つ、各サイクルで差分 I_{diff} を取得するようにし、取得した複数の「差分 I_{diff} 」の平均値を、「再酸化電流変化を表すパラメータ」として用いるように構成されてもよい。

20

【0102】

[SO_x 濃度検出方法]

第1検出装置は、以上説明した SO_x 濃度の検出原理を用いて、 SO_x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の SO_x の有無の判定）を次のように行うようになっている。

- ・第1検出装置は、所定の掃引速度にて印加電圧スイープを実行する。この場合、特に、大切な点は、降圧スイープ速度である。

30

このとき、第1検出装置は、直前に取得しておいた「排気中の酸素濃度」を用いて検出される機関の空燃比 A/F に基づいて印加電圧スイープの電圧範囲（即ち、第1電圧 V_1 及び第2電圧 V_2 ）を決定する。

- ・第1検出装置は、 A/F 検出時の印加電圧（ $0.4V$ ）の出力電流 I_m を第2電流 I_b として取得する。

- ・第1検出装置は、降圧スイープ中であって印加電圧 V_m が検出用電圧範囲（第1電圧 V_1 より高く電流取得開始電圧 V_{sem} 以下の範囲）であるときの出力電流 I_m の最小値を、第1電流 I_g として取得する。

- ・第1検出装置は、第2電流 I_b から第1電流 I_g を引いた差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ を算出する。この差分 I_{diff} が、排気中の SO_x 濃度を表すパラメータである。

40

- ・第1検出装置は、差分 I_{diff} に基づいて、所定濃度以上の SO_x 濃度が排気中に含まれているか否かを判定する。

【0103】

具体的に述べると、第1検出装置は、 SO_x 濃度検出の印加電圧スイープを実行する場合、図3（B）に示した正弦波の電圧波形を有する電圧の一周期分を第1電極41a及び第2電極41b間に印加する。このとき、第1検出装置は、既述の SO_x 濃度検出に有意な電流変化が生じるような上述した「所定の掃引速度」にて、印加電圧スイープ（昇圧スイープ及び降圧スイープ）を実行する。

【0104】

このとき、第1検出装置は、機関の空燃比 A/F に基づいて印加電圧スイープの電圧範

50

囲（印加電圧スイープの下限電圧（第 1 電圧 V_1 ）及び上限電圧（第 2 電圧 V_2 ））を決定する。具体的には、図 6 に示したように、印加電圧スイープの下限電圧は、点線 R で囲まれた内部抵抗依存域の出力電流 I_m を検出することを避けるように定められる。この内部抵抗依存域とは、印加電圧 V_m の増大に伴って出力電流 I_m が増大する領域（酸素の限界電流域に到達する直前の領域）である。内部抵抗依存域の印加電圧 V_m の上限値（即ち、酸素の限界電流域内の印加電圧の最小値）は、機関の空燃比 A/F がリーンになる（排気中の酸素濃度が大きくなる）に従い高くなる。印加電圧スイープの上限電圧は、一定であってもよいが、印加電圧スイープの下限電圧（第 1 電圧 V_1 ）は、機関の空燃比 A/F がリーンになるほど、高くなるように定められる。

【0105】

具体的に述べると、機関の空燃比 A/F がリーンになるほど、内部抵抗依存域 R の印加電圧 V_m の上限値が高くなる。よって、第 1 検出装置は、印加電圧スイープの電圧範囲が、この内部抵抗依存域 R に入らないように、機関の空燃比 A/F がリーンになるほど印加電圧スイープの下限電圧（第 1 電圧 V_1 ）を高くする。

【0106】

発明者の実験によれば、 $A/F = 14.5$ （ストイキ）の場合、第 1 電圧 V_1 は 0.2 V 以上から選ばれた値であることが好ましく、第 1 検出装置は第 1 電圧 V_1 を 0.2 V に設定している。 $A/F = 30$ の場合、第 1 電圧 V_1 は 0.3 V 以上から選ばれた値であることが好ましく、第 1 検出装置は第 1 電圧 V_1 を 0.3 V に設定している。 $A/F = \infty$ （ O_2 濃度 = 20.9% ）の場合、第 1 電圧 V_1 は 0.4 V 以上から選ばれた値であることが好ましく、第 1 検出装置は第 1 電圧 V_1 を 0.4 V に設定している。

【0107】

既述した通り、昇圧スイープ及び降圧スイープを行った場合、排気中に SO_x が含まれていると、昇圧スイープを行っている期間において、 SO_x が分解して生じた S（硫黄）が、第 1 電極 41a に吸着する。降圧スイープを行っている期間において、第 1 電極 41a に吸着した S が再酸化する。

【0108】

第 1 検出装置は、再酸化電流変化を前述したパラメータ（差分 I_{diff} ）を用いて検出することによって、 SO_x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の SO_x の有無の判定）を行う。

【0109】

即ち、図 7 に示したように、第 1 検出装置は、印加電圧スイープを開始する時点（時刻 t_2 ）の前において印加電圧 V_m を A/F 検出時の印加電圧（ 0.4 V）に設定し、そのときの出力電流 I_m を、第 2 電流 I_b として取得する。更に、第 1 検出装置は、降圧スイープ中であって印加電圧 V_m が「電流取得開始電圧 V_{sem} （ 0.6 V）以下であり且つ第 1 電圧 V_1 よりも高い第 4 電圧 V_4 以上の範囲（即ち、検出用電圧範囲）」である期間（時刻 t_b から時刻 t_3 までの期間）の出力電流 I_m （線 g_2 により示した出力電流 I_m ）の最小値を、第 1 電流 I_g として取得する。更に、第 1 検出装置は、第 2 電流 I_b から第 1 電流 I_g を引いた差分 I_{diff} （ $= I_b - I_g$ ）を算出する。更に、第 1 検出装置は、差分 I_{diff} に基づいて、 SO_x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の SO_x の有無の判定）を行う。

【0110】

線 g_2 に示したように、排気中に SO_x が含まれていれば、降圧スイープ中に印加電圧 V_m が検出用電圧範囲内の電圧になっている期間（時刻 t_b から時刻 t_3 の期間）の出力電流 I_m （第 2 電流 I_b ）は、次のようになっている。即ち、線 g_2 に示した排気に SO_x が含まれている場合の出力電流 I_m は、線 g_1 に示した排気中に SO_x が含まれていない場合に比べて小さくなるような「再酸化電流変化の程度」が現れるようになっている。従って、上記期間の出力電流 I_m の最小値（第 1 電流 I_g ）は、排気中に SO_x が含まれていない場合の出力電流 I_m の最小値（電流 I_r ）より小さくなる特性を有する。更に、この第 1 電流 I_g は、 SO_x 濃度が大きくなるほど小さくなるような特性を有する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 1 】

一方、降圧スweep中に印加電圧 V_m が検出用電圧範囲内の電圧になっている期間（時刻 t_b から時刻 t_3 の期間）の出力電流 I_m は、排気中の酸素濃度の影響を受けて変化する。即ち、この出力電流 I_m は、排気中の酸素濃度が高いほど（機関の空燃比 A/F がリーンであるほど）大きくなる。従って、第1電流 I_g も、排気中の酸素濃度が高いほど大きくなる。

【 0 1 1 2 】

他方、印加電圧スweep中ではなく印加電圧 V_m が一定値に設定されている期間の出力電流 I_m は、印加電圧スweep中の出力電流 I_m に比べて安定している。更に、印加電圧 V_m が「 SO_x の分解開始電圧（約 $0.6V$ ）よりも低い、 A/F 検出時の印加電圧（酸素の限界電流領域内の印加電圧である酸素濃度検出用の印加電圧）」に設定されているとき、出力電流 I_m は排気中の酸素濃度に応じた値になる。加えて、印加電圧スweep前であって印加電圧 V_m が A/F 検出時の印加電圧に設定されているとき（時刻 t_2 の直前）の出力電流 I_m （第2電流 I_b ）は、排気中の SO_x 濃度によって変化が生じず、排気中に SO_x が含まれている場合の第2電流 I_b 及び排気中に SO_x が含まれていない場合の第2電流 I_b の大きさは同じである。

【 0 1 1 3 】

第1電流 I_g 及び第2電流 I_b は、以上説明したような特性を有するため、排気中に SO_x が含まれている場合の差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ は、排気中に SO_x が含まれていない場合の差分 $I_r (= I_b - I_r)$ より大きくなる。更に、 SO_x 濃度に関わらず第2電流 I_b の大きさは同じであるのに対して、 SO_x 濃度が大きくなるほど、再酸化電流変化の程度は顕著になって第1電流 I_g は小さくなるため、 SO_x 濃度が大きくなるほど、差分 I_{diff} も大きくなる。加えて、第1電流 I_g は排気中の酸素濃度の影響を受けて変化するが、その影響の度合いは第2電流 I_b に現れている。従って、差分 I_{diff} は、排気中の酸素濃度（機関の空燃比 A/F ）の影響を受けることなく、硫酸化物の濃度を精度よく表すパラメータとなる。この結果、第1検出装置は、このパラメータ（差分 I_{diff} ）に基づいて、排気中に所定濃度以上の SO_x が存在するか否かを精度良く判定することができる。

【 0 1 1 4 】

< 具体的作動 >

次に、第1検出装置の具体的作動について説明する。所定時間が経過する毎に、ECU 20のCPU（以下、単に「CPU」と称呼する。）は、ガスセンサ30を使用して図8乃至図10のフローチャートによりそれぞれ示したセンサ活性判定ルーチン、 A/F 検出ルーチン及び SO_x 検出ルーチンを実行する。

【 0 1 1 5 】

尚、これらのルーチンにおいて使用される「 A/F 検出要求フラグ X_{af} の値及び SO_x 検出要求フラグ X_s の値」は、車両に搭載された図示しないイグニッション・キー・スイッチがオフ位置からオン位置へと変更されたときに、CPUにより実行されるイニシャルルーチンにおいて「0」に設定される。

【 0 1 1 6 】

CPUは、所定のタイミングになると、図8に示したセンサ活性判定ルーチンのステップ800から処理を開始して、ステップ810に進み、 A/F 検出要求フラグ X_{af} の値、及び、 SO_x 検出要求フラグ X_s の値が共に「0」であるか否かを判定する。

【 0 1 1 7 】

現時点が、イグニッション・キー・スイッチがオン位置へと変更された直後（内燃機関10の始動直後）であるとすると、 A/F 検出要求フラグ X_{af} の値及び SO_x 検出要求フラグ X_s の値が共に「0」である。従って、CPUはステップ810にて「Yes」と判定してステップ820に進み、ガスセンサ30が正常であるか否かを周知の方法により判定する。例えば、CPUは、内燃機関10の前の運転中において A/F 検出中である場合に内燃機関10の運転状態が燃料噴射状態から燃料カット状態へと変化した際、出力電

10

20

30

40

50

流 I_s 変化しなかったとき、ガスセンサ 30 が異常であると判定し、その旨をイグニッション・キー・スイッチがオフ中にも記憶内容を保持できるバックアップ RAM に記録する。そして、CPU は、本ルーチンのステップ 920 にて、そのバックアップ RAM の記憶内容に基づいて、ガスセンサ 30 が正常であるか否かを判定する。

【0118】

ガスセンサ 30 が正常である場合、CPU はステップ 820 にて「Yes」と判定してステップ 830 に進み、素子温度制御用の素子インピーダンス（固体電解質体 41s の内部抵抗）を第 1 電極 41a と第 2 電極 41b との間に電圧（例えば、高周波電圧）を印加したときの出力電流 I_m に基づいて検出する（例えば、特開平 10 - 232220 号公報、特開 2002 - 71633 号公報を参照。）。 10

【0119】

その後、CPU は、以下に述べるステップ 840 及びステップ 850 の処理を順次実行した後、ステップ 860 に進む。

ステップ 840：CPU は、目標インピーダンスフィードバックによるヒータ通電制御を実行する。即ち、温度情報としてステップ 830 にて取得した素子インピーダンスを予め設定した目標インピーダンスに一致させるようにヒータ 71 の通電を制御する（例えば、特開 2002 - 71633 号公報及び特開 2009 - 53108 号公報を参照。）。 20

ステップ 850：CPU は、第 1 電極 41a 及び第 2 電極 41b 間に酸素濃度検出用（即ち、A/F 検出用）の印加電圧（具体的に述べると 0.4V）を印加する。即ち、CPU は、印加電圧 V_m を酸素濃度検出用の印加電圧に設定する。

【0120】

CPU は、ステップ 860 に進むと、ガスセンサ 30 が活性しているか（センサ活性であるか）否かを判定する。具体的には、CPU は、ステップ 830 にて取得した素子インピーダンスに基づいて推定される固体電解質体 41s の温度が活性温度閾値以上であるか否かを判定する。ガスセンサ 30 がセンサ活性ではない場合、CPU はステップ 860 にて「No」と判定してステップ 895 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0121】

これに対して、ガスセンサ 30 がセンサ活性である場合、CPU はステップ 860 にて「Yes」と判定してステップ 870 に進み、A/F 検出要求フラグ X_{af} の値を「1」に設定する。その後、CPU はステップ 895 に進み、本ルーチンを一旦終了する。 30

【0122】

尚、CPU がステップ 810 の処理を実行する時点において、A/F 検出要求フラグ X_{af} の値及び SO_x 検出要求フラグ X_s の値の何れかが「0」ではない場合、CPU はステップ 810 にて「No」と判定してステップ 895 に進み、本ルーチンを一旦終了する。加えて、CPU がステップ 820 の処理を実行する時点において、ガスセンサ 30 が正常でない場合、CPU はステップ 820 にて「No」と判定してステップ 895 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0123】

次に、図 9 を参照しながら A/F 検出ルーチンについて説明する。CPU は、所定タイミングになると、図 9 のステップ 900 から処理を開始してステップ 910 に進み、A/F 検出要求フラグ X_{af} の値が「1」であるか否かを判定する。 40

【0124】

A/F 検出ルーチンは、ガスセンサ 30 がセンサ活性になって A/F 検出要求フラグ X_{af} の値が「1」に設定された時点以降であって、 SO_x 検出要求フラグ X_s がオフ（ $X_s = 0$ ）である場合に、実質的に機能する。従って、A/F 検出要求フラグ X_{af} の値が「1」ではない場合（即ち、A/F 検出要求フラグ X_{af} の値が「0」である場合）、CPU はステップ 910 にて「No」と判定してステップ 995 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0125】

これに対して、A/F 検出要求フラグ X_{af} の値が図 8 のステップ 870 の処理によって 50

「1」に設定されている場合、CPUはステップ910にて「Yes」と判定してステップ920に進み、ガスセンサ30から取得した出力電流 I_m に基づいて、酸素濃度を検出し、当該酸素濃度を所定のルックアップテーブル（「マップ」とも称呼される。）に適用することにより機関の空燃比 A/F を算出する。尚、ステップ920の処理を実行する時点において、印加電圧 V_m が酸素濃度検出用（ A/F 検出用）の印加電圧に設定されていない場合、CPUは、印加電圧 V_m を酸素濃度検出用の印加電圧に設定する。その後、CPUはステップ930に進み、各種センサ（NEセンサ21及び水温センサ22等）から取得した情報に基づいて、下記のSOx検出条件を構成する条件の総てが満たされているか否かを判定する。下記の条件の総てが満たされているとき、SOx検出条件が成立する。

【0126】

<<SOx検出条件>>

- ・内燃機関10が暖機後の状態である（即ち、冷却水温 T_{HW} が暖機水温 T_{HWth} 以上である。）。
- ・ガスセンサ30がセンサ活性である。
- ・燃料カット（フューエルカット）状態ではない。
- ・機関の空燃比 A/F が安定している。即ち、内燃機関10の運転状態がアイドル状態であるか、又は、車両の運転状態が定常走行状態である。尚、内燃機関10の運転状態がアイドル状態であるか否かは、「アクセルペダル操作量 AP が「0」であり、且つ、機関回転速度 NE が所定回転数以上である状態」が所定アイドル時間以上継続しているか否かを判定することにより判定される。車両の運転状態が定常走行状態であるか否かは、「アクセルペダル操作量 AP の単位時間あたりの変化量が閾値操作変化量以下であり且つ図示しない車速センサにより検出される車両の速度の単位時間あたりの変化量が閾値車速変化量以下である状態」が所定定常走行閾値時間以上継続しているか否かを判定することにより判定される。

尚、SOx検出条件を構成する条件として以下の条件が加えられても良い。

- ・イグニッション・キー・スイッチがオフ位置からオン位置へと変更されたのちにオフ位置へと変更される前に（即ち、今回の内燃機関10の始動後において）、一度も、SOx濃度検出が行われていない。

【0127】

SOx検出条件が成立している場合、CPUはステップ930にて「Yes」と判定して、以下に述べるステップ940乃至ステップ960の処理を順次実行した後、ステップ995に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0128】

ステップ940：CPUは、ステップ920にて算出した A/F を取得する。尚、CPUはこの A/F を算出する時に用いた出力電流 I_m をRAMに記憶する。

ステップ950：CPUは、取得した A/F をルックアップテーブルM1に適用することによって、印加電圧スイープの電圧範囲（下限電圧（第1電圧 V_1 ）及び上限電圧（第2電圧 V_2 ））を決定する。

ステップ960：CPUは、 A/F 検出要求フラグ X_{af} の値を「0」に設定すると共に、SOx検出要求フラグ X_s の値を「1」に設定する。

【0129】

これに対して、SOx検出条件を構成する条件のうち少なくとも1つが満たされていない場合、CPUはステップ930にて「No」と判定してステップ995に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0130】

以下、図10を参照しながらSOx検出ルーチンについて説明する。CPUは、図10にフローチャートにより示したSOx検出ルーチンを一定時間 t （本例では、2ms）が経過する毎に実行するようになっている。CPUは、所定のタイミングになると、図10のステップ1000から処理を開始してステップ1005に進み、SOx検出要求フラ

10

20

30

40

50

グ X_s の値が「1」であるか否かを判定する。

【0131】

SO_x 検出ルーチンは、上述した SO_x 検出条件が成立した場合（即ち、 SO_x 検出要求フラグ X_s がオン（ $X_s = 1$ ）である場合）に、実質的に機能する。従って、 SO_x 検出要求フラグ X_s の値が「1」ではない場合（即ち、 SO_x 検出要求フラグ X_s の値が「0」である場合）、CPUはステップ1005にて「No」と判定してステップ1095に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0132】

これに対して、 SO_x 検出要求フラグ X_s の値が図9のステップ960の処理によって「1」に設定されている場合、CPUはステップ1005にて「Yes」と判定してステップ1008に進み、第2電流 I_b を取得しているか否かを判定する。

10

【0133】

第2電流 I_b を取得していない場合、CPUはステップ1008にて「No」と判定してステップ1009に進み、ステップ940でRAMに記憶した「印加電圧 V_m が酸素濃度検出用（A/F検出用）の印加電圧に設定されているときの出力電流 I_m 」を第2電流 I_b として取得する。その後、CPUはステップ1095に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0134】

一方、第2電流 I_b を取得している場合、CPUはステップ1008に「Yes」と判定してステップ1010に進み、ステップ950にて決定した印加電圧範囲にて所定の掃引速度で印加電圧スイープ（具体的に述べると、正弦波の電圧（周波数1Hz、一周分）を印加する処理）を開始する。この印加電圧スイープでは、先ず昇圧スイープが行われ、次いで、降圧スイープが行われる。ステップ1010の処理の時点で印加電圧スイープを既に実行中の場合、CPUは、その印加電圧スイープの実行を継続する。尚、ステップ850にて設定される酸素濃度検出用（A/F検出用）の印加電圧が、ステップ950にて決定した印加電圧範囲の下限値（第1電圧 V_1 ）より大きい場合、その酸素濃度検出用の印加電圧（即ち、出力電流 I_m が酸素の限界電流となる第1電圧 V_1 であって硫酸化物の分解開始電圧未満である第1電圧 V_1 以上であり、且つ、硫酸化物の分解開始電圧未満である所定電圧）から昇圧スイープを開始してよい。

20

【0135】

その後、CPUはステップ1012に進み、 SO_x 濃度検出が未完了であるか否かを判定する。 SO_x 濃度検出が未完了である場合、CPUはステップ1012にて「Yes」と判定して、CPUはステップ1015に進み、現時点が、「降圧スイープ中であり、且つ、印加電圧 V_m が電流取得開始電圧 V_{sem} （第3電圧 V_3 ）に達した」か否かを判定する。このステップ1015の判定条件が成立していない場合、CPUはステップ1015にて「No」と判定し、ステップ1095に直接進んで本ルーチンを一旦終了する。

30

【0136】

これに対し、ステップ1015の判定条件が成立している場合、CPUはステップ1015にて「Yes」と判定してステップ1020に進み、現時点の出力電流 I_m （ $= I(k)$ ）を取得する。その後、CPUはステップ1025に進み、ステップ1020にて取得した出力電流 $I(k)$ が、現在行われている印加電圧スイープの開始後において本ルーチンを実行した際及び本ルーチンを前回実行した際にステップ1020の処理により取得した出力電流 $I(k)$ の中で、最小値であるか否かを判定する。即ち、CPUは $I(k) < 第1電流 I_g$ であるか否かを判定する。

40

【0137】

本ルーチンのステップ1020にて取得した出力電流 $I(k)$ が最小値である場合、CPUはステップ1025にて「Yes」と判定してステップ1030に進み、第1電流 I_g をその出力電流 $I(k)$ に更新した後、ステップ1035に進む。本ルーチンのステップ1020にて取得した出力電流 $I(k)$ が最小値ではない場合、CPUはステップ1025にて「No」と判定してステップ1035に直接進む。

50

【 0 1 3 8 】

ステップ 1 0 3 5 にて、CPU は印加電圧 V_m が、上述した検出用電圧範囲の下限電圧（第 4 電圧 V_4 ）に達したか否かを判定する。

【 0 1 3 9 】

印加電圧 V_m が、検出用電圧範囲の下限電圧（第 4 電圧 V_4 ）に達していない場合、CPU はステップ 1 0 3 5 にて「No」と判定し、ステップ 1 0 9 5 に進んで、本ルーチンを一旦終了する。

【 0 1 4 0 】

これに対し、印加電圧 V_m が、検出用電圧範囲の下限電圧（第 4 電圧 V_4 ）に達していた場合、CPU はステップ 1 0 3 5 にて「Yes」と判定して、ステップ 1 0 3 8 に進み、第 2 電流 I_b から第 1 電流 I_g を引いた差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ を算出する。差分 I_{diff} は 0 以上の値であるから、「差分 I_{diff} 」と「差分 I_{diff} の大きさ」とは等しい。

【 0 1 4 1 】

その後、CPU はステップ 1 0 4 0 に進み、差分 I_{diff} の大きさが閾値差分 I_{dth} 以上であるか否かを判定する。閾値差分 I_{dth} は、排気に所定の濃度以上の SO_x が含まれているか否かを判定するのに適切な差分 I_{diff} の値であって、予め実験等を行う等によって特定されている。即ち、閾値差分 I_{dth} は、燃料に許容範囲の上限の濃度の硫黄（S）を混入させておき、そのとき上記と同じ条件（排気中の SO_x 濃度を実際に検出する場合と同じ条件）で印加電圧スイープを行ったときの、差分 I_{diff} の大きさが設定されている。尚、この場合の同じ条件とは、印加電圧スイープの電圧波形、印加電圧スイープの印加電圧範囲及び印加電圧スイープの掃引速度等が同じであることである。

【 0 1 4 2 】

差分 I_{diff} の大きさが閾値差分 I_{dth} 以上である場合、再酸化電流変化が大きいため、CPU はステップ 1 0 4 0 にて「Yes」と判定してステップ 1 0 4 5 に進み、排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれていると判定する。このとき、CPU はバックアップ RAM 内に排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれている旨（又は、燃料中に許容値を超える S が混入している旨）を記憶してもよく、所定の警告ランプを点灯してもよい。

【 0 1 4 3 】

次に、CPU はステップ 1 0 4 8 に進み、印加電圧 V_m が、印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧（第 1 電圧 V_1 ）に達したか否かを判定する。印加電圧 V_m が、印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧に達していない場合、CPU はステップ 1 0 4 8 にて「No」と判定してステップ 1 0 9 5 に進み、本ルーチンを一旦終了する。尚、この直後に再び SO_x 検出ルーチンを実行する場合、 SO_x 濃度検出が完了している（ SO_x 濃度検出が未完了ではない）ので、CPU はステップ 1 0 1 2 にて「No」と判定してステップ 1 0 4 8 に進み、ステップ 1 0 4 8 の処理を実行する。

【 0 1 4 4 】

ステップ 1 0 4 8 の処理を実行する時点で印加電圧 V_m が、印加電圧範囲の下限電圧に達した場合、CPU はステップ 1 0 4 8 にて「Yes」と判定してステップ 1 0 5 0 に進み、 SO_x 検出要求フラグ X_s の値を「0」に設定すると共に、A/F 検出要求フラグ X_a の値を「1」に設定する。その後、CPU はステップ 1 0 9 5 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【 0 1 4 5 】

これに対し、差分 I_{diff} の大きさが閾値差分 I_{dth} 以上ではない場合、CPU はステップ 1 0 4 0 にて「No」と判定してステップ 1 0 5 5 に進み、排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれていないと判定する。このとき、CPU はバックアップ RAM 内に排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれていない旨（又は、燃料中に許容値を超える S が混入していない旨）を記憶してもよく、所定の警告ランプを消灯してもよい。その後、CPU はステップ 1 0 4 8 に進んだ後、ステップ 1 0 4 8 の判定結果に応じて、ステップ 1 0 9 5 に直接進んで本ルーチンを一旦終了するか、或いは、ステップ 1 0 5 0 を経由してステップ 1 0 9 5 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

10

20

30

40

50

【0146】

以上説明したように、第1検出装置によれば、ECU20は、排気に含まれるSOx以外の酸素含有成分の影響を受け難く、且つ、測定時の排気中に含まれる酸素濃度の影響を受け難い、「硫黄の再酸化電流変化の程度を表すパラメータ」として、第2電流I_bから第1電流I_gを引いた差分I_{diff}(=I_b-I_g)を算出する。更に、ECU20は、算出した差分I_{diff}に基づいて、排気中に所定濃度以上のSOxが含まれているか否かを判定する。その際、ECU20は、降圧スイープの掃引速度及び印加電圧スイープの電圧範囲等を再酸化電流変化の程度が大きく現れるように適切に設定した上で差分I_{diff}を取得する。

【0147】

具体的に述べると、ECU20は、差分I_{diff}(差分I_{diff}の大きさ)が閾値差分I_{dth}以上である場合、排気中に所定濃度以上のSOxが含まれていると判定し、上記差分I_{diff}(差分I_{diff}の大きさ)が閾値差分I_{dth}未満である場合、排気中に所定濃度以上のSOxが含まれていないと判定する。従って、排気中に含まれる所定濃度以上のSOxの有無を精度良く判定することができる。

【0148】

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態に係るガス検出装置(以下、「第2検出装置」と称呼される場合がある。)について説明する。第2検出装置は、「SOx濃度を検出するための印加電圧スイープを開始する前であって印加電圧V_mが酸素濃度検出用の印加電圧に設定されているときの出力電流I_m」に代えて、「印加電圧V_mが印加電圧スイープの上限電圧(第2電圧V₂)になったときの出力電流I_m」を、第2電流I_bとして使用する点において第1検出装置と相違している。

【0149】

<作動の概要>

第2検出装置は、再酸化電流変化を、以下に述べるパラメータ(差分I_{diff})を用いて検出することによって、SOx濃度検出(実際には、所定濃度以上のSOxの有無の判定)を行う。

【0150】

即ち、図11に示したように、第2検出装置は、印加電圧V_mが印加電圧スイープの上限電圧(第2電圧V₂)であるとき(時刻t_a)の出力電流I_mを、第2電流I_bとして取得する。この第2電流I_bは、排気中のSOx濃度の影響を受けて理論上は変化するが、排気中のSOx濃度は極めて小さいので、排気中のSOx濃度に依存しないと考えられる。更に、第2検出装置は、降圧スイープ中であって印加電圧V_mが「電流取得開始電圧V_{sem}(0.6V)以下であり且つ第1電圧V₁よりも高い第4電圧V₄以上の範囲(即ち、検出用電圧範囲)である期間(時刻t_bから時刻t₃までの期間)の出力電流I_m(線g₂により示した出力電流I_m)の最小値を、第1電流I_gとして取得する。更に、第2検出装置は、第2電流I_bから第1電流I_gを引いた差分I_{diff}(=I_b-I_g)を算出する。更に、第2検出装置は、差分I_{diff}に基づいて、SOx濃度検出(実際には、所定濃度以上のSOxの有無の判定)を行う。

【0151】

<具体的作動>

次に、第2検出装置の具体的作動について説明する。所定時間が経過する毎に、ECU20のCPUは、図8のルーチンと同一のセンサ活性判定ルーチン、図9のルーチンと同一のA/F検出ルーチン、及び、図12に示したSOx検出ルーチンのそれぞれを実行する。

【0152】

センサ活性判定ルーチン及びA/F検出ルーチンは、第1検出装置が実行するそれらのルーチンとそれぞれ同一であり、既に説明済みである。よって、それらの説明を省略する。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 3 】

以下、図 1 2 を参照しながら S O x 検出ルーチンについて説明する。図 1 2 のルーチンは、図 1 0 のルーチンのステップ 1 0 0 8 及びステップ 1 0 0 9 を削除し、ステップ 1 0 1 2 とステップ 1 0 1 5 との間にステップ 1 2 1 2 及びステップ 1 2 1 4 を追加した点のみにおいて、図 1 0 のルーチンと相違している。よって、以下、この相違点を中心に説明する。

【 0 1 5 4 】

C P U は、S O x 検出要求フラグ X s の値が「 1 」に設定されている場合、ステップ 1 0 0 5 からステップ 1 0 1 0 に進み、ステップ 1 0 1 0 の処理（即ち、印加電圧スイープ）を実行した後、ステップ 1 0 1 2 にて S O x 濃度検出が未完了であるか否かを判定する。

10

【 0 1 5 5 】

S O x 濃度検出が未完了である場合、C P U はステップ 1 2 1 2 に進み、印加電圧 V m が上限電圧（第 2 電圧 V 2 ）に一致しているか否かを判定する。

【 0 1 5 6 】

印加電圧 V m が上限電圧に一致している場合、C P U はステップ 1 2 1 2 にて「 Y e s 」と判定してステップ 1 2 1 4 に進み、印加電圧 V m が上限電圧であるときの出力電流 I m を第 2 電流 I b として取得した後、ステップ 1 0 1 5 に進む。一方、印加電圧 V m が上限電圧ではない場合、C P U はステップ 1 2 1 2 にて「 N o 」と判定してステップ 1 0 1 5 に進む。

20

【 0 1 5 7 】

その後、C P U はステップ 1 0 1 5 乃至ステップ 1 0 5 5 のうちの適当なステップの処理を順に行った後、ステップ 1 2 9 5 に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【 0 1 5 8 】

以上説明したように、第 2 検出装置は、印加電圧スイープ中において印加電圧 V m が第 2 電圧 V 2 になった時点の出力電流 I m を第 2 電流 I b として取得し、次いで発生する降圧スイープ中において印加電圧 V m が検出用電圧範囲内の電圧になっている期間の出力電流 I m の最小値を第 1 電流 I g として取得する。従って、第 2 電流 I b を取得した時点から第 1 電流 I g を取得する時点までの時間を短くすることができるから、その期間において排気中の酸素濃度が大きく変化する可能性が低い。よって、第 2 電流 I b 及び第 1 電流 I g に対する排気中の酸素濃度の影響の程度を略一致させることができる。その結果、差分 I d i f f (= I b - I g) が、排気中の酸素濃度の影響を受け難く且つ排気中の S O x 濃度により精度良く応じた値になるから、S O x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の S O x の有無の判定）をより精度良く行うことができる。

30

【 0 1 5 9 】

< 第 3 実施形態 >

次に、本発明の第 3 実施形態に係るガス検出装置（以下、「第 3 検出装置」と称される場合がある。）について説明する。第 3 検出装置は、「S O x 濃度を検出するための印加電圧スイープを開始する前であって印加電圧 V m が酸素濃度検出用の印加電圧に設定されているときの出力電流 I m」に代えて、「印加電圧 V m が印加電圧スイープの下限電圧（第 1 電圧 V 1 ）になったときの出力電流 I m」を、第 2 電流 I b として使用する点において第 1 検出装置と相違している。

40

【 0 1 6 0 】

< 作動の概要 >

第 3 検出装置は、再酸化電流変化を、以下に述べるパラメータ（差分 I d i f f ）を用いて検出することによって、S O x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の S O x の有無の判定）を行う。

【 0 1 6 1 】

即ち、図 1 3 に示したように、第 3 検出装置は、第 1 及び第 2 検出装置と同様、降圧スイープ中であって電流取得開始電圧 V s e m (0 . 6 V) 以下である期間（時刻 t b から時

50

刻 t_3 までの期間) の出力電流 I_m (線 g_2 より示した出力電流 I_m) の最小値を、第 1 電流 I_g として取得する。更に、第 3 検出装置は、印加電圧 V_m が印加電圧スイープの下限電圧 (第 1 電圧 V_1) であるとき (時刻 t_3) の出力電流 I_m を、第 2 電流 I_b として取得する。この第 2 電流 I_b は、印加電圧 V_m が SO_x の分解開始電圧より低く、且つ、それまでの降圧スイープによって「第 1 電極 $4_1 a$ (陰極) に吸着していた S の再酸化反応」が実質的に終了したときに得られる出力電流 I_m である。加えて、第 3 検出装置は、第 2 電流 I_b から第 1 電流 I_g を引いた差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ を算出する。更に、第 3 検出装置は、差分 I_{diff} に基づいて、 SO_x 濃度検出 (実際には、所定濃度以上の SO_x の有無の判定) を行う。

【0162】

尚、第 3 検出装置は、印加電圧スイープ中において印加電圧 V_m が印加電圧スイープの下限電圧 (第 1 電圧 V_1) に達した後、印加電圧 V_m を第 1 電圧 V_1 に所定時間維持し、この所定時間の期間に取得した出力電流 I_m を、第 2 電流 I_b として取得するようにしてもよい。この場合、当該期間に得られた出力電流 I_m も、排気中の SO_x 濃度によって変化が生じないので、第 2 電流 I_b として使用してもよい。

【0163】

< 具体的作動 >

次に、第 3 検出装置の具体的作動について説明する。所定時間が経過する毎に、 ECU 20 の CPU は、図 8 のルーチンと同一のセンサ活性判定ルーチン、図 9 のルーチンと同一の A/F 検出ルーチン、及び、図 14 に示した SO_x 検出ルーチンのそれぞれを実行する。

【0164】

センサ活性判定ルーチン及び A/F 検出ルーチンは、第 1 検出装置が実行するそれらのルーチンとそれぞれ同一であり、既に説明済みである。よって、それらの説明を省略する。

【0165】

以下、図 14 を参照しながら SO_x 検出ルーチンについて説明する。図 14 のルーチンは、以下の点のみにおいて図 10 のルーチンと相違している。

- ・図 10 のステップ 1008、ステップ 1009 及びステップ 1012 が削除されている。
- ・図 10 のステップ 1030 がステップ 1410 に置換されている。
- ・図 10 のステップ 1038 乃至ステップ 1055 が、ステップ 1420 乃至ステップ 1490 に置換されている。

以下、この相違点を中心に説明する。

【0166】

ステップ 1410 : CPU は、第 1 電流の暫定値 I_{gz} をその出力電流 $I(k)$ に更新した後、ステップ 1035 に進む。本ルーチンのステップ 1020 にて取得した出力電流 $I(k)$ が最小値ではない場合、 CPU はステップ 1025 にて「No」と判定してステップ 1035 に直接進む。

【0167】

印加電圧 V_m が上述した検出用電圧範囲の下限電圧 (第 4 電圧 V_4) に達している場合、 CPU はステップ 1035 にて「Yes」と判定してステップ 1420 に進み、第 1 電流の暫定値 I_{gz} を第 1 電流 I_g として格納する。次いで、 CPU はステップ 1430 に進み、印加電圧 V_m が印加電圧スイープの下限電圧 (第 1 電圧 V_1) に達したか否かを判定する。印加電圧 V_m が印加電圧スイープの下限電圧 (第 1 電圧 V_1) に達していない場合、 CPU はステップ 1495 に進んで本ルーチンを一旦終了する。

【0168】

これに対し、印加電圧 V_m が印加電圧スイープの下限電圧 (第 1 電圧 V_1) に達している場合、 CPU はステップ 1430 にて「Yes」と判定し、以下に述べるステップ 1440 及びステップ 1450 処理を順に行い、ステップ 1460 に進む。

10

20

30

40

50

ステップ1440：CPUは、印加電圧 V_m が下限電圧（第1電圧 V_1 ）であるときの出力電流 I_m を第2電流 I_b として取得する。

ステップ1450：CPUは、第2電流 I_b から第1電流 I_g を引いた差分 I_{diff} （ $= I_b - I_g$ ）を算出する。差分 I_{diff} は0以上の値であるから、「差分 I_{diff} 」と「差分 I_{diff} の大きさ」とは等しい。

【0169】

その後、CPUはステップ1460に進み、差分 I_{diff} の大きさが閾値差分 I_{dth} 以上であるか否かを判定する。閾値差分 I_{dth} は、排気に所定の濃度以上の SO_x が含まれているか否かを判定するのに適切な差分 I_{diff} の値であって、予め実験等を行う等によって特定されている。

【0170】

差分 I_{diff} の大きさが閾値差分 I_{dth} 以上である場合、再酸化電流変化が大きいため、CPUはステップ1460にて「Yes」と判定してステップ1470に進み、排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれていると判定する。このとき、CPUはバックアップRAM内に排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれている旨（又は、燃料中に許容値を超えるSが混入している旨）を記憶してもよく、所定の警告ランプを点灯してもよい。その後、CPUはステップ1490に進み、 SO_x 検出要求フラグ X_s の値を「0」に設定すると共に、A/F検出要求フラグ X_{af} の値を「1」に設定する。その後、CPUはステップ1495に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0171】

これに対し、差分 I_{diff} の大きさが閾値差分 I_{diff} 以上ではない場合、CPUはステップ1460にて「No」と判定してステップ1480に進み、排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれていないと判定する。このとき、CPUはバックアップRAM内に排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれていない旨（又は、燃料中に許容値を超えるSが混入していない旨）を記憶してもよく、所定の警告ランプを消灯してもよい。その後、CPUはステップ1490の処理を行なってステップ1095に進み、本ルーチンを一旦終了する。

【0172】

以上説明したように、第3検出装置は、降圧スweep中において印加電圧 V_m が検出用電圧範囲内の電圧になっている期間の出力電流 I_m の最小値を第1電流 I_g として取得し、その後、降圧スweep中に印加電圧 V_m が第1電圧 V_1 になった時点の出力電流 I_m を第2電流 I_b として取得する。従って、第1電流 I_g を取得した時点から第2電流 I_b を取得する時点までの時間を短くすることができるから、その期間において排気中の酸素濃度が大きく変化する可能性が低い。よって、第1電流 I_g 及び第2電流 I_b に対する排気中の酸素濃度の影響の程度を略一致させることができる。その結果、差分 I_{diff} （ $= I_b - I_g$ ）が、排気中の酸素濃度の影響を受け難く且つ排気中の SO_x 濃度により精度良く応じた値になるから、 SO_x 濃度検出（実際には、所定濃度以上の SO_x の有無の判定）をより精度良く行うことができる。

【0173】

<変形例>

以上、本発明の各実施形態について具体的に説明したが、本発明は、上述の各実施形態に限定されず、本発明の技術的思想に基づく各種の変形例を採用し得る。

【0174】

上述の各実施形態は、上述した「降圧スweep中において印加電圧 V_m が検出用電圧範囲内になっている期間の出力電流 I_m の最小値に限らず、降圧スweep中であって印加電圧 V_m が検出用電圧範囲内になっている期間の出力電流 I_m に相関を有する値であれば、これを第1電流 I_g として取得するようにしてもよい。例えば、各実施形態は、降圧スweep中であって、印加電圧 V_m が電流取得電圧 V_g であるときの出力電流 I_m を、第1電流 I_g として取得するようにしてもよい。この場合、電流取得電圧 V_g は、降圧スweepの下限電圧（第1電圧 V_1 ）より高い第4電圧以上であり、且つ、 SO_x の分解開始電圧（0.6V）以下の第3電圧 V_{sem} 以下の範囲（検出用電圧範囲）内から選ばれる。

10

20

30

40

50

【 0 1 7 5 】

第 2 電流 I_b として使用できる出力電流 I_m は、各実施形態で述べるように取得した出力電流 I_m に限られず、これら以外の他の出力電流 I_m を第 2 電流 I_b として使用してもよい。即ち、排気中に SO_x が含まれている場合の出力電流 I_m 及び排気中に SO_x が含まれていない場合の出力電流 I_m の大きさが同じになるような電圧に、印加電圧 V_m がなったときの出力電流 I_m であり、且つ、排気中の酸素濃度が「第 1 電流 I_g を取得するときの排気中の酸素濃度」と同等と見做せるとともに、その濃度の酸素の分解電流が第 2 電流 I_b に含まれているのであれば、そのときの出力電流 I_m を第 2 電流 I_b として使用してもよい。

【 0 1 7 6 】

上述の各実施形態は、差分 I_{diff} の大きさと閾値差分 I_{dth} とを比較することによって、排気中に所定濃度以上の SO_x が含まれているか否かを判定しているが、以下に述べるように、差分 I_{diff} に基づいて排気中の SO_x 濃度を取得するようにしてもよい。

【 0 1 7 7 】

(第 1 検出装置の変形例)

例えば、CPU は、図 10 に示した SO_x 濃度検出ルーチンに代えて、図 15 に示した SO_x 濃度検出ルーチンを実行するように構成され得る。この図 15 に示したルーチンは、図 10 に示したルーチンの「ステップ 1040、ステップ 1045 及びステップ 1055」の処理に代えて、「ステップ 1510 の処理」が実行されるルーチンである。よって、以下、図 15 の「ステップ 1510」の処理を主に説明する。

【 0 1 7 8 】

CPU は、図 15 のステップ 1009 にて「印加電圧 V_m 酸素濃度検出用の印加電圧に設定されているときの出力電流 I_m 」を第 2 電流 I_b として取得し、図 15 のステップ 1030 にて印加電圧 V_m が検出用電圧範囲 ($V_4 \sim V_{sem}$) 内であるときの出力電流 I_m の最小値を第 1 電流 I_g として取得する。

【 0 1 7 9 】

そして、CPU は、図 15 のステップ 1038 にて差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ を算出するとステップ 1510 に進み、その差分 I_{diff} をルックアップテーブル $Map1 (I_{diff})$ に適用することによって、排気中の SO_x 濃度を取得する。尚、ECU20 の ROM (記憶部) は、「差分 I_{diff} と排気中の SO_x 濃度との関係」をルックアップテーブル $Map1 (I_{diff})$ として記憶している (図 15 のブロック B1 を参照。)。このルックアップテーブルは予め実験等を行うことにより得ることができる。

【 0 1 8 0 】

(第 2 検出装置の変形例)

更に、例えば、CPU は、図 12 に示した SO_x 濃度検出ルーチンに代えて、図 16 に示した SO_x 濃度検出ルーチンを実行するように構成され得る。この図 16 に示したルーチンは、図 12 に示したルーチンの「ステップ 1040、ステップ 1045 及びステップ 1055」の処理に代えて、「ステップ 1610 の処理」の処理が実行されるルーチンである。よって、以下、図 16 のステップ 1610 の処理を主に説明する。

【 0 1 8 1 】

CPU は、図 16 のステップ 1214 にて「印加電圧 V_m が印加電圧スイープの上限電圧 (第 2 電圧 V_2) であるときの出力電流 I_m 」を第 2 電流 I_b として取得し、図 16 のステップ 1030 にて印加電圧 V_m が検出用電圧範囲 ($V_4 \sim V_{sem}$) 内であるときの出力電流 I_m の最小値を第 1 電流 I_g として取得する。

【 0 1 8 2 】

そして、CPU は、図 16 のステップ 1038 にて差分 $I_{diff} (= I_b - I_g)$ を算出するとステップ 1610 に進み、その差分 I_{diff} をルックアップテーブル $Map2 (I_{diff})$ に適用することによって、排気中の SO_x 濃度を取得する。尚、ECU20 の ROM (記憶部) は、「差分 I_{diff} と排気中の SO_x 濃度との関係」をルックアップテーブル $Map2 (I_{diff})$ として記憶している (図 16 のブロック B2 を参照。)。このルックア

10

20

30

40

50

ップテーブルは予め実験等を行うことにより得ることができる。

【0183】

(第3検出装置の変形例)

更に、例えば、CPUは、図14に示したSO_x濃度検出ルーチンに代えて、図17に示したSO_x濃度検出ルーチンを実行するように構成され得る。この図17に示したルーチンは、図14に示したルーチンの「ステップ1460、ステップ1470及びステップ1480」の処理に代えて、「ステップ1710」の処理が実行されるルーチンである。よって、以下、図17のステップ1710の処理を主に説明する。

【0184】

CPUは、図17のステップ1420にて印加電圧V_mが検出用電圧範囲(V₄ ~ V_{se}m)内であるときの出力電流I_mの最小値を第1電流I_gとして取得し、図17のステップ1440にて「印加電圧V_mが印加電圧スイープの下限電圧(第1電圧V₁)であるときの出力電流I_m」を第2電流I_bとして取得する。

【0185】

そして、CPUは、図17のステップ1450にて差分I_{diff}(=I_b-I_g)を算出するとステップ1710に進み、その差分I_{diff}をルックアップテーブルMap₃(I_{diff})に適用することによって、排気中のSO_xに濃度を取得する。尚、ECU20のROM(記憶部)は、「差分I_{diff}と排気中のSO_x濃度との関係」をルックアップテーブルMap₃(I_{diff})として記憶している(図17のブロックB3を参照。)。このルックアップテーブルは予め実験等を行うことにより得ることができる。

【0186】

これらの変形例の各ECU20は、排気に含まれるSO_x以外の酸素含有成分の影響を受けにくい再酸化電流変化を表すパラメータとして上記差分I_{diff}を用い、上記差分I_{diff}に対応する排気中のSO_xの濃度をROMに記憶されたルックアップテーブルから取得するように構成されている。従って、精度良く排気中の硫黄酸化物の濃度を検出することができる。

【0187】

更に、例えば、上述の各実施形態は、図9の「ステップ940及びステップ950」において、機関の空燃比A/Fを取得し、その取得したA/Fに基づいて「印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧及び上限電圧」を決定しているが、次のように構成されてもよい。

【0188】

即ち、上述の各実施形態は、ステップ920にて、印加電圧V_mが酸素濃度検出用の印加電圧に設定されている場合の出力電流I_mに基づいて酸素濃度を検出し、ステップ950にて、その酸素濃度に基づいて「印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧及び上限電圧」を決定してもよい。この場合、ルックアップテーブルM₁は、酸素濃度と、「印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧及び上限電圧」と、の関係を規定するテーブルとなる。

【0189】

同様に、上述の各実施形態は、ステップ920にて、印加電圧V_mが酸素濃度検出用の印加電圧に設定されている場合の出力電流I_mを検出し、ステップ950にて、その出力電流I_mそのものに基づいて「印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧及び上限電圧」を決定してもよい。この場合、ルックアップテーブルM₁は、出力電流I_mと、「印加電圧スイープの電圧範囲の下限電圧及び上限電圧」と、の関係を規定するテーブルとなる。

【0190】

更に、例えば、各実施形態及び各変形例の印加電圧スイープの電圧波形は、図3(B)及び図3(C)に示された波形に限らず、降圧速度を適切に設定することによって、第1電極41aに吸着した硫黄が再酸化反応することに起因した再酸化電流変化が降圧スイープのある時点から極めて顕著になる限り、任意の波形(例えば、三角波)であってもよい。

【符号の説明】

10

20

30

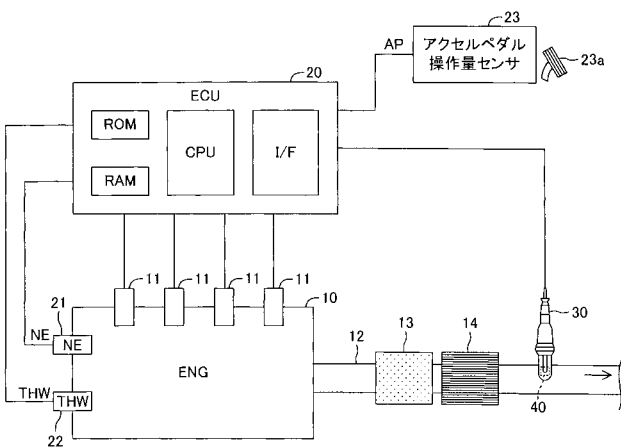
40

50

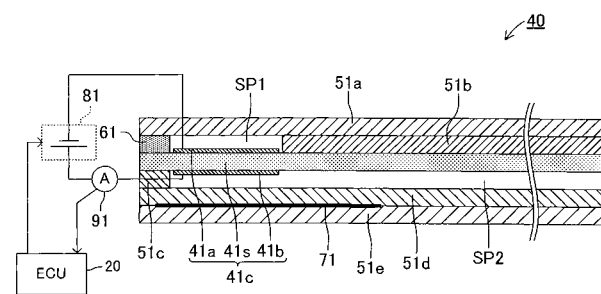
【 0 1 9 1 】

1 0 ... 内 燃 機 関、 1 1 ... 燃 料 噴 射 弁、 1 2 ... 排 気 管、 1 3 ... D O C、 1 4 ... D P F、 2 0 ... E C U、 2 1 ... 機 関 回 転 速 度 セ ン サ、 2 2 ... 水 温 セ ン サ、 2 3 ... ア ク セ ル ペ ダ ル 量 操 作 量 セ ン サ、 2 3 a ... ア ク セ ル ペ ダ ル、 4 0 ... 素 子 部、 4 1 a ... 第 1 電 極 (陰 極)、 4 1 b ... 第 2 電 極 (陽 極)、 4 1 c ... 電 気 化 学 セ ル、 4 1 s ... 固 体 電 解 質 体、 5 1 a、 5 1 b、 5 1 c、 5 1 d 及 び 5 1 e ... 第 1 乃 至 第 5 ア ル ミ ナ 層、 S P 1 ... 内 部 空 間、 S P 2 ... 第 1 大 気 導 入 路、 6 1 ... 拡 散 抵 抗 部、 7 1 ... ヒ ー タ、 8 1 ... 電 源 回 路、 9 1 ... 電 流 計

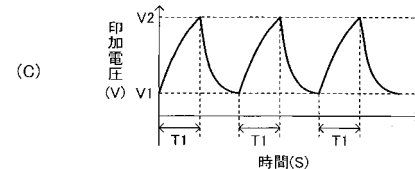
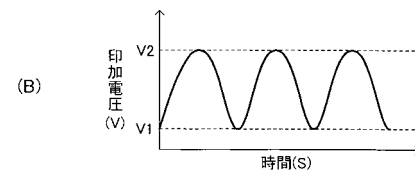
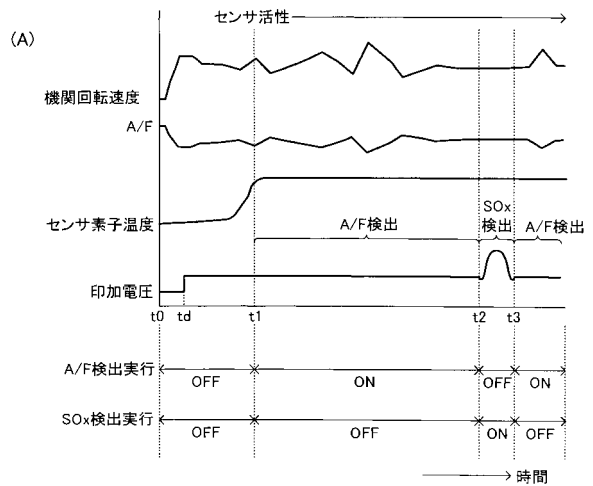
【 図 1 】



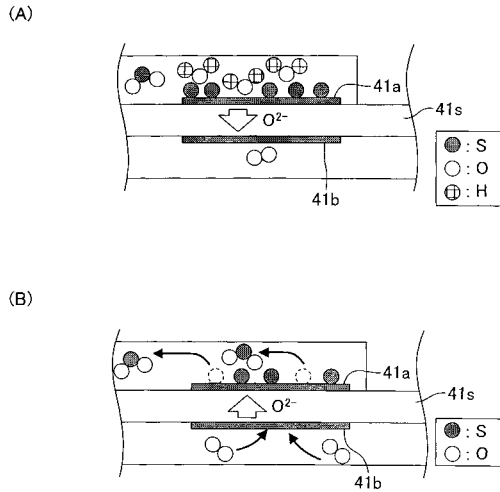
【 図 2 】



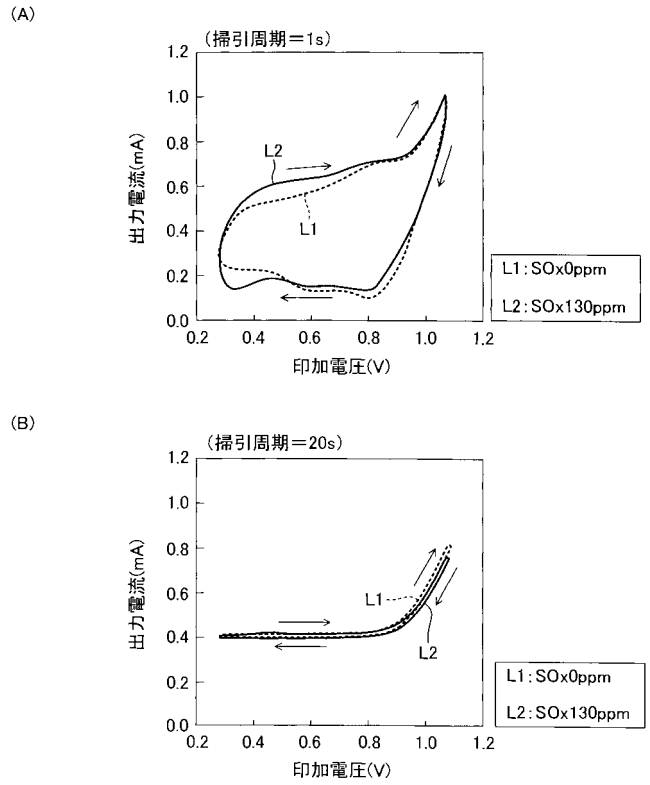
【 図 3 】



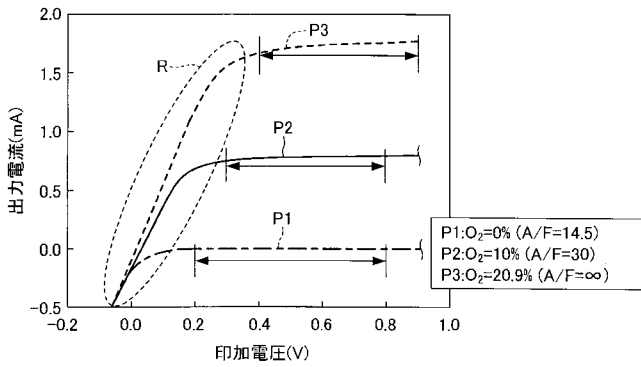
【 図 4 】



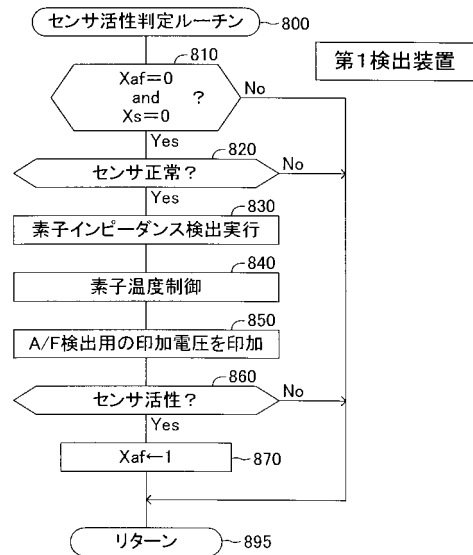
【 図 5 】



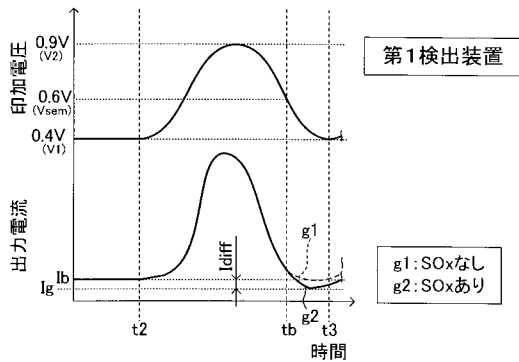
【 図 6 】



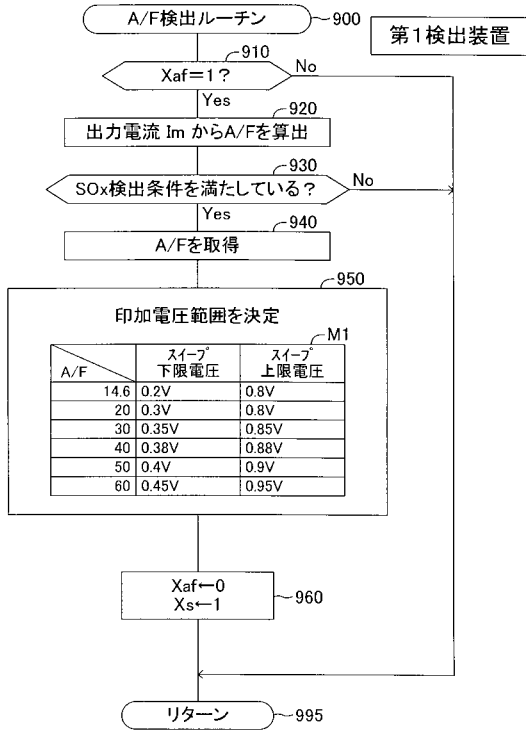
【 図 8 】



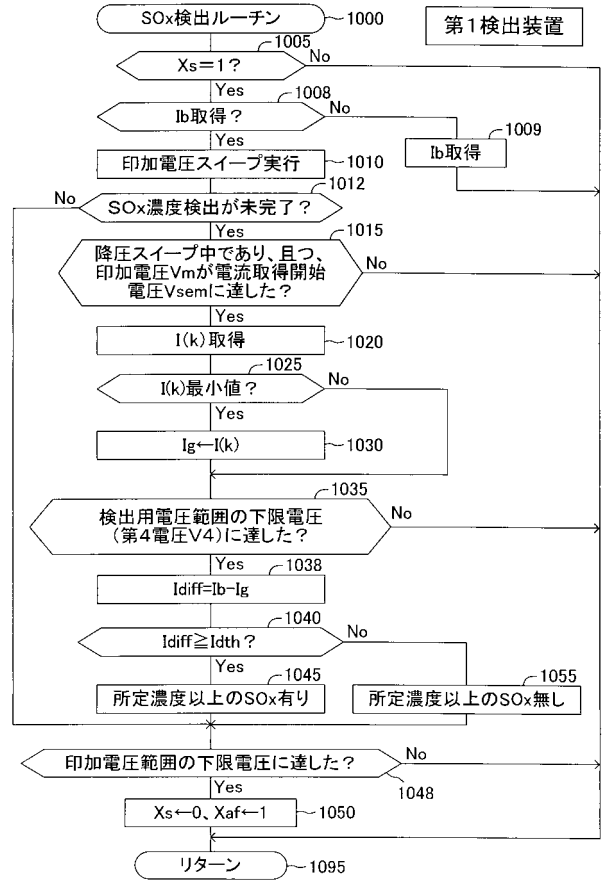
【 図 7 】



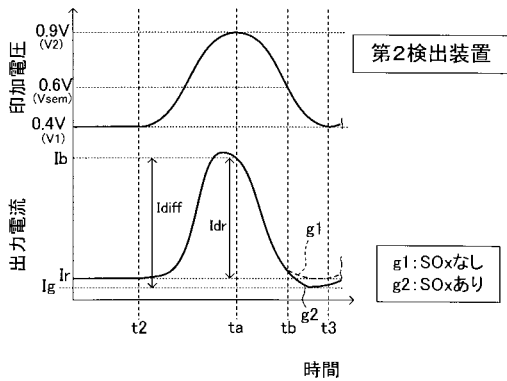
【図9】



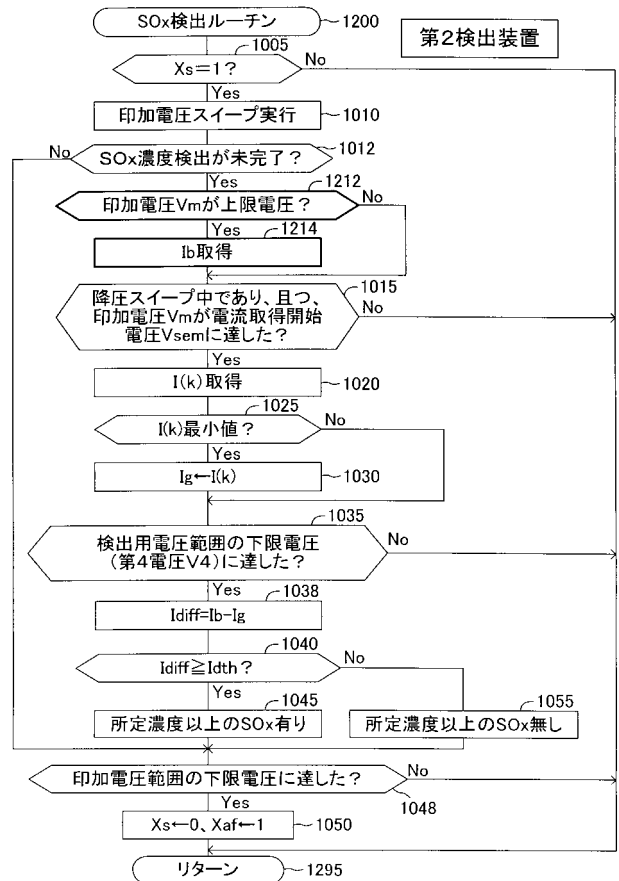
【図10】



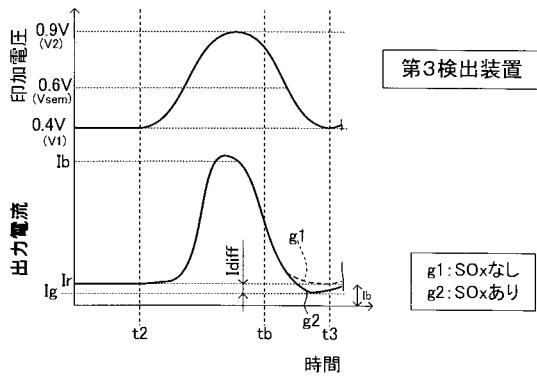
【図11】



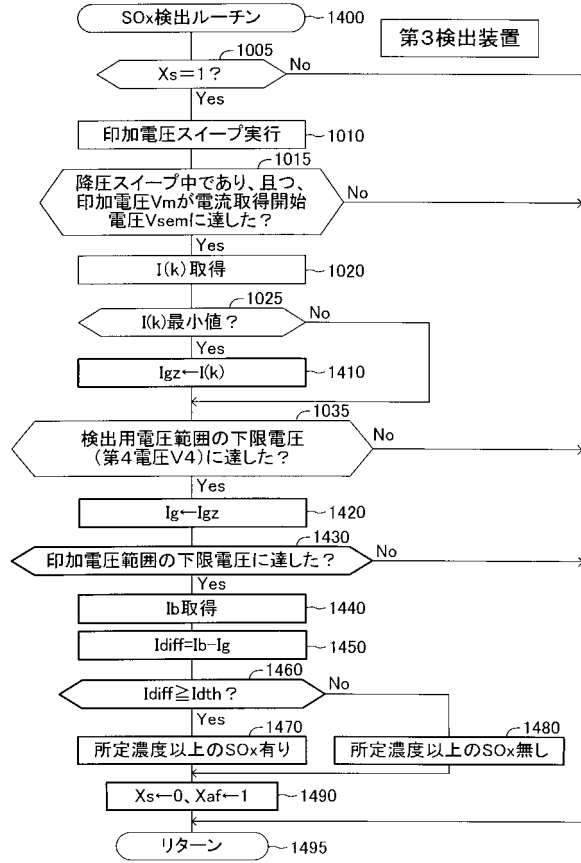
【図12】



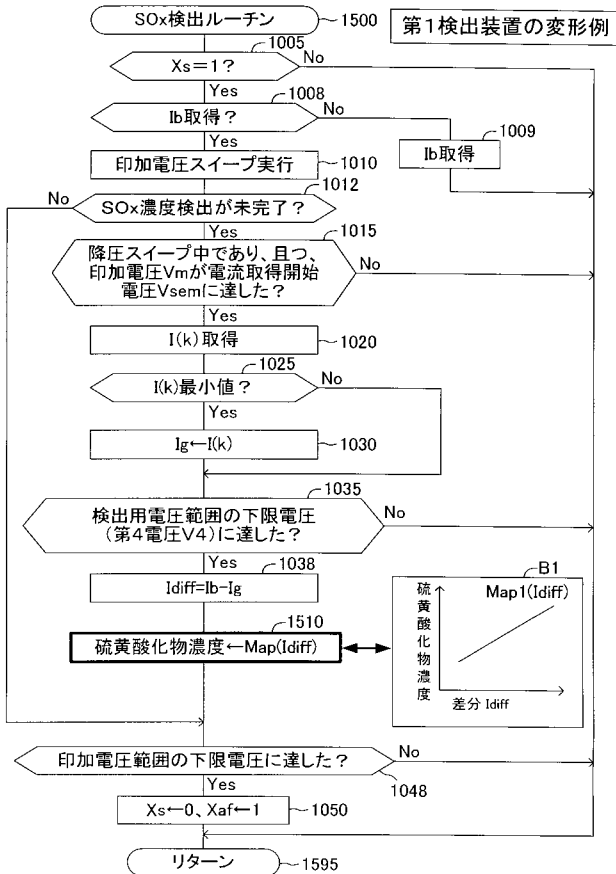
【図13】



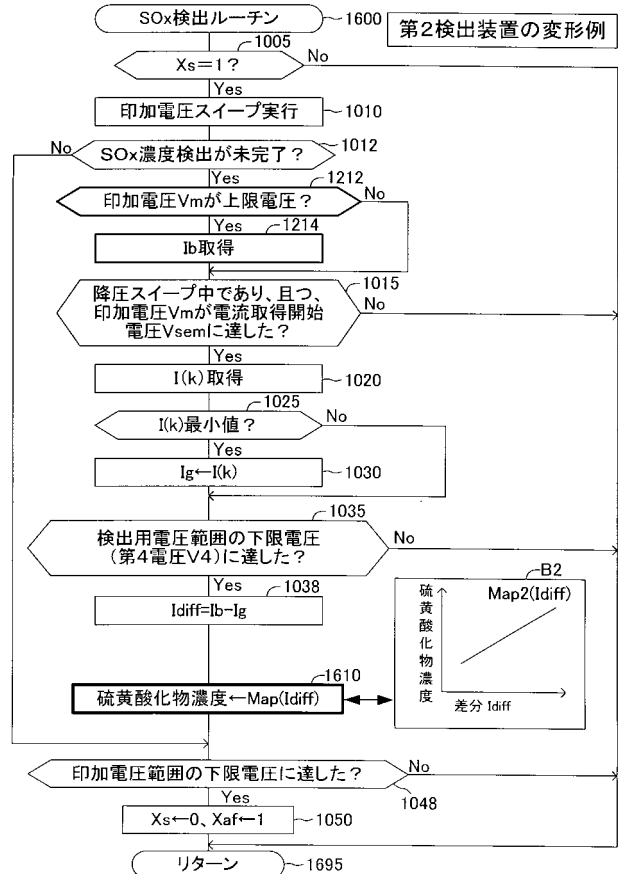
【図14】



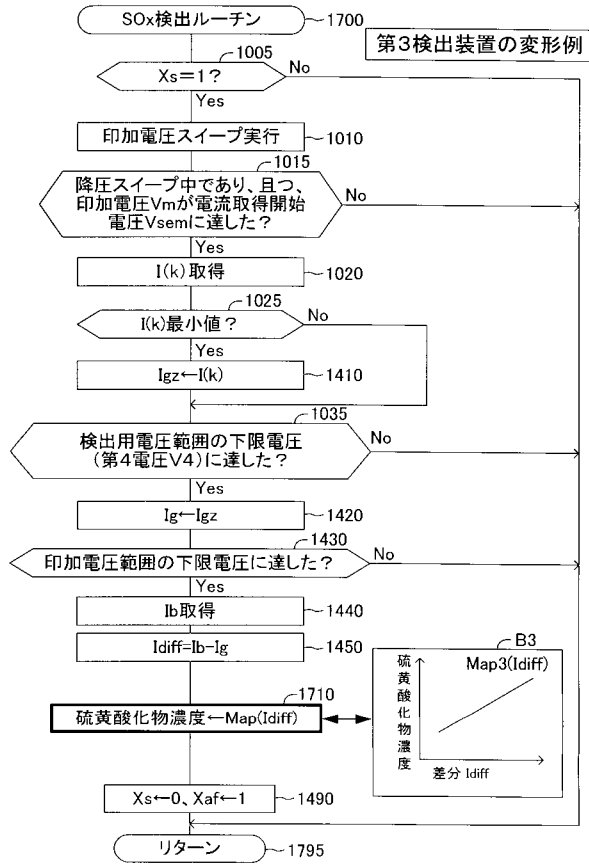
【図15】



【図16】



【 図 1 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3G091 AA02 AA18 AB02 AB13 BA27 EA01 EA16 EA34 HA15 HA37
3G384 AA03 BA58 CA00 FA06Z FA28Z FA40Z FA56Z