

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6468255号  
(P6468255)

(45) 発行日 平成31年2月13日(2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日(2019.1.25)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>GO 1 N</b>	<b>27/416</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 N	27/416	3 3 1
<b>FO 2 D</b>	<b>45/00</b>	<b>(2006.01)</b>	FO 2 D	45/00	3 5 8 K
			FO 2 D	45/00	3 5 8 M
			FO 2 D	45/00	3 6 0 Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2016-132346 (P2016-132346)	(73) 特許権者	000003207
(22) 出願日	平成28年7月4日(2016.7.4)		トヨタ自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2018-4468 (P2018-4468A)		愛知県豊田市トヨタ町1番地
(43) 公開日	平成30年1月11日(2018.1.11)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成30年1月29日(2018.1.29)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100180194
			弁理士 利根 勇基
		(74) 代理人	100153729
			弁理士 森本 有一
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100147555
			弁理士 伊藤 公一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排気センサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内燃機関の排気通路を流れる排気ガス中の窒素酸化物の濃度を検出する排気センサであって、

酸化物イオン伝導性を有する固体電解質層と、前記排気ガスに曝されるように前記固体電解質層の一方の側面上に配置され且つペロブスカイト型酸化物から構成された第一電極と、基準ガスに曝されるように前記固体電解質層の他方の側面上に配置された第二電極とを有するセンサセルと、

前記第二電極の電位が前記第一電極の電位よりも高くなるように前記センサセルに電圧を印加する電圧印加回路と、

前記センサセルに流れる電流を検出する電流検出回路と、

前記電流検出回路によって検出された電流に基づいて前記濃度を算出する濃度算出部とを備え、

前記電流検出回路は、前記内燃機関において該内燃機関の燃焼室への燃料供給が停止される燃料カット制御が実行され且つ前記電圧印加回路から前記センサセルに所定電圧が印加されているときに前記センサセルに流れる第一電流を検出し、前記内燃機関において前記燃焼室に燃料が供給される通常制御が実行され且つ前記電圧印加回路から前記センサセルに前記所定電圧が印加されているときに前記センサセルに流れる第二電流を検出し、

前記濃度算出部は、前記第一電流が相対的に低い場合には、該第一電流が相対的に高い場合に比べて、前記第二電流に対して前記濃度を高く算出する、排気センサ。

## 【請求項 2】

前記濃度算出部は、前記第一電流と前記第二電流との比率に基づいて前記濃度を算出する、請求項 1 に記載の排気センサ。

## 【請求項 3】

前記濃度算出部は、前記第一電流の初期値と前記第一電流の現在値との比率に基づいて前記第二電流を補正し、該補正された第二電流に基づいて前記濃度を算出する、請求項 1 に記載の排気センサ。

## 【請求項 4】

前記第一電流の初期値は、予め定められ、複数の当該排気センサにおける前記第一電流の初期値の平均値である、請求項 3 に記載の排気センサ。

10

## 【請求項 5】

前記第一電流の初期値は、当該排気センサが前記内燃機関に取り付けられた後、前記電流検出回路によって最初に所定回数検出された前記第一電流の平均値である、請求項 3 に記載の排気センサ。

## 【請求項 6】

当該排気センサは、排気ガス中の窒素酸化物の濃度を検出する、1セル型の窒素酸化物センサである、請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の排気センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は排気センサに関する。

20

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、内燃機関の排気通路を流れる排気ガス中の特定の成分の濃度を検出するために、内燃機関の排気通路に排気センサを配置することが知られている。排気センサは、例えば、排気ガス中の窒素酸化物の濃度を検出する窒素酸化物センサ（NO<sub>x</sub>センサ）である（例えば特許文献 1～4 を参照）。

## 【0003】

排気センサは、固体電解質層、陽極及び陰極を有するセンサセルを備える。排気センサでは、センサセルに所定電圧が印加されたときにセンサセルに流れる電流をセンサセルの出力として検出し、検出された出力に基づいて、排気ガス中の特定の成分の濃度が算出される。例えば、濃度は、濃度がセンサセルの出力の関数として示されたマップを用いて算出される。このマップでは、センサセルの出力が高いほど、濃度が高くされている。

30

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 171919 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 513735 号公報

【特許文献 3】特開 2009 - 014706 号公報

【特許文献 4】特開 2001 - 133429 号公報

40

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、排気センサが長期に亘って使用されると、経時劣化によってセンサセルの電極等の特性が変化し、センサセルの出力が低下する。低下した出力に基づいて濃度が算出されると、濃度が実際の濃度よりも低く算出され、濃度の検出精度が低下する。

## 【0006】

そこで、本発明の目的は、経時劣化によりセンサセルの出力が低下することによる濃度の検出精度の低下を抑制することができる排気センサを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

50

## 【0007】

上記課題を解決するために、第1の発明では、内燃機関の排気通路を流れる排気ガス中の特定の成分の濃度を検出する排気センサであって、酸化物イオン伝導性を有する固体電解質層と、前記排気ガスに曝されるように前記固体電解質層の一方の側面上に配置され且つペロブスカイト型酸化物から構成された第一電極と、基準ガスに曝されるように前記固体電解質層の他方の側面上に配置された第二電極とを有するセンサセルと、前記第二電極の電位が前記第一電極の電位よりも高くなるように前記センサセルに電圧を印加する電圧印加回路と、前記センサセルに流れる電流を検出する電流検出回路と、前記電流検出回路によって検出された電流に基づいて前記濃度を算出する濃度算出部とを備え、前記電流検出回路は、前記内燃機関において該内燃機関の燃焼室への燃料供給が停止される燃料カット制御が実行され且つ前記電圧印加回路から前記センサセルに所定電圧が印加されているときに前記センサセルに流れる第一電流を検出し、前記内燃機関において前記燃焼室に燃料が供給される通常制御が実行され且つ前記電圧印加回路から前記センサセルに前記所定電圧が印加されているときに前記センサセルに流れる第二電流を検出し、前記濃度算出部は、前記第一電流が相対的に低い場合には、該第一電流が相対的に高い場合に比べて、前記第二電流に対して前記濃度を高く算出する、排気センサが提供される。

10

## 【0008】

第2の発明では、第1の発明において、前記濃度算出部は、前記第一電流と前記第二電流との比率に基づいて前記濃度を算出する。

## 【0009】

第3の発明では、第1の発明において、前記濃度算出部は、前記第一電流の初期値と前記第一電流の現在値との比率に基づいて前記第二電流を補正し、該補正された第二電流に基づいて前記濃度を算出する。

20

## 【0010】

第4の発明では、第3の発明において、前記第一電流の初期値は、予め定められ、複数の当該排気センサにおける前記第一電流の初期値の平均値である。

## 【0011】

第5の発明では、第3の発明において、前記第一電流の初期値は、当該排気センサが前記内燃機関に取り付けられた後、前記電流検出回路によって最初に所定回数検出された前記第一電流の平均値である。

30

## 【0012】

第6の発明では、第1から第5のいずれか一つの発明において、当該排気センサは、排気ガス中の窒素酸化物の濃度を検出する、1セル型の窒素酸化物センサである。

## 【発明の効果】

## 【0013】

本発明によれば、経時劣化によりセンサセルの出力が低下することによる濃度の検出精度の低下を抑制することができる排気センサが提供される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0014】

【図1】図1は、本発明の第一実施形態に係る排気センサが適用される内燃機関を概略的に示す図である。

40

【図2】図2は、NO<sub>x</sub>センサの構成を概略的に示すブロック図である。

【図3】図3は、センサ本体の拡大図である。

【図4】図4は、図3のA-A線に沿ったセンサ本体の断面図である。

【図5】図5は、耐久試験の前後におけるセンサセルの出力を示すグラフである。

【図6】図6は、NO<sub>x</sub>センサの初期状態のNO<sub>x</sub>選択性と耐久試験後のNO<sub>x</sub>選択性との関係を示すグラフである。

【図7】図7は、補正後の第二電流と被測ガス中のNO<sub>x</sub>濃度との関係を示すマップである。

【図8】図8は、本発明の第一実施形態におけるNO<sub>x</sub>濃度算出処理の制御ルーチンを示

50

すフローチャートである。

【図9】図9は、第二電流を第一電流で除算した値と被測ガス中のNO<sub>x</sub>濃度との関係を示すマップである。

【図10】図10は、本発明の第三実施形態におけるNO<sub>x</sub>濃度算出処理の制御ルーチン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】

【0015】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明では、同様な構成要素には同一の参照番号を付す。

【0016】

<第一実施形態>

最初に図1～図8を参照して、本発明の第一実施形態について説明する。

【0017】

<内燃機関全体の説明>

図1は、本発明の第一実施形態に係る排気センサが適用される内燃機関100を概略的に示す図である。図1に示される内燃機関100は、圧縮着火式内燃機関（ディーゼルエンジン）である。内燃機関100は例えば車両に搭載される。

【0018】

図1を参照すると、内燃機関100は、機関本体90と、各気筒の燃焼室2と、燃焼室2内に燃料を噴射する電子制御式燃料噴射弁3と、吸気マニホールド4と、排気マニホールド5とを備える。吸気マニホールド4は吸気管6を介してターボチャージャ（過給機）7のコンプレッサ7aの出口に連結される。コンプレッサ7aの入口は吸気管6を介してエアクリーナ8に連結される。吸気管6内にはステップモータにより駆動されるスロットル弁9が配置される。さらに、吸気管6周りには吸気管6内を流れる吸入空気を冷却するための冷却装置13が配置される。図1に示した内燃機関100では機関冷却水が冷却装置13内に導かれ、機関冷却水によって吸入空気が冷却される。吸気マニホールド4及び吸気管6は、空気を燃焼室2に導く吸気通路を形成する。

【0019】

一方、排気マニホールド5は排気管27を介してターボチャージャ7のタービン7bの入口に連結される。タービン7bの出口は、排気管27を介して、排気浄化触媒28を内蔵したケーシング29に連結される。排気マニホールド5及び排気管27は、燃焼室2における混合気の燃焼によって生じた排気ガスを排出する排気通路を形成する。排気浄化触媒28は、例えば、排気ガス中のNO<sub>x</sub>を還元浄化する選択還元型NO<sub>x</sub>低減触媒（SCR触媒）又はNO<sub>x</sub>吸蔵還元触媒である。また、排気通路には、排気ガス中の粒子状物質（PM）を低減するために、酸化触媒、ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）等が配置されてもよい。

【0020】

排気マニホールド5と吸気マニホールド4とは排気ガス再循環（以下、「EGR」という）通路14を介して互いに連結される。EGR通路14内には電子制御式EGR制御弁15が配置される。また、EGR通路14周りにはEGR通路14内を流れるEGRガスを冷却するためのEGR冷却装置20が配置される。図1に示した実施形態では機関冷却水がEGR冷却装置20内に導かれ、機関冷却水によってEGRガスが冷却される。

【0021】

燃料は電子制御式の吐出量可変な燃料ポンプ19によって燃料タンク33から燃料配管34を介してコモンレール18内に供給される。コモンレール18内に供給された燃料は各燃料供給管17を介して各燃料噴射弁3に供給される。

【0022】

内燃機関100の各種制御は電子制御ユニット（ECU）80によって実行される。ECU80はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス81によって互いに接続されたROM（リードオンリメモリ）82、RAM（ランダムアクセスメモリ）83、CPU（

10

20

30

40

50

マイクロプロセッサ) 84、入力ポート85及び出力ポート86を備える。負荷センサ101及びエアフロメータ102の出力が、対応するAD変換器87を介して入力ポート85に入力される。一方、出力ポート86は、対応する駆動回路88を介して、燃料噴射弁3、スロットル弁駆動用ステップモータ、EGR制御弁15及び燃料ポンプ19に接続されている。

#### 【0023】

負荷センサ101は、アクセルペダル120の踏み量に比例した出力電圧を発生させる。したがって、負荷センサ101は機関負荷を検出する。エアフロメータ102は、吸気通路においてエアクリーナ8とコンプレッサ7aとの間に配置され、吸気管6内を流れる空気流量を検出する。さらに、入力ポート85には、クランクシャフトが例えば15° 10  
回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ108が接続され、クランク角センサ108によって機関回転数が検出される。

#### 【0024】

なお、内燃機関100は、燃焼室に点火プラグが配置された火花点火式内燃機関であってもよい。また、気筒配列、吸排気系の構成及び過給機の有無のような内燃機関100の具体的な構成は、図1に示した構成と異なってもよい。

#### 【0025】

<排気センサの説明>

以下、図1～図4を参照して、本発明の第一実施形態に係る排気センサについて説明する。本実施形態では、排気センサは、内燃機関100の排気通路を流れる排気ガス中の窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )を検出する窒素酸化物センサ( $\text{NO}_x$ センサ)1である。 20

#### 【0026】

図2は、 $\text{NO}_x$ センサ1の構成を示す概略的なブロック図である。図2に示されるように、 $\text{NO}_x$ センサ1は、センサ本体10と、ヒータ制御回路60と、電圧印加回路61と、電流検出回路62と、濃度算出部80aと、電圧制御部80bと、ヒータ制御部80cとを備える。ヒータ制御回路60、電圧印加回路61及び電流検出回路62はセンサ本体10に接続されている。また、 $\text{NO}_x$ センサ1は、電圧制御部80b及び電圧印加回路61に接続されたDA変換器63と、濃度算出部80a及び電流検出回路62に接続されたAD変換器87とを更に備える。本実施形態では、濃度算出部80a、電圧制御部80b及びヒータ制御部80cはECU80の一部である。 30

#### 【0027】

図1に示されるように、 $\text{NO}_x$ センサ1のセンサ本体10は内燃機関100の排気通路においてタービン7bと排気浄化触媒28との間に配置されている。言い換えれば、センサ本体10は排気通路において排気浄化触媒28の排気流れ方向上流側に配置されている。なお、センサ本体10は、排気通路の他の位置、例えば排気浄化触媒28の排気流れ方向下流側に配置されてもよい。

#### 【0028】

以下、図3及び図4を参照して、センサ本体10の構成について説明する。図3は、センサ本体10の拡大図である。図3では、センサ本体10の先端側が断面図で示されている。センサ本体10は、先端部11が排気管27内に挿入された状態で排気管27に固定される。センサ本体10は、その内部に、板状の形状を有するセンサ素子12を備えている。 40

#### 【0029】

図4は、図3のA-A線に沿ったセンサ本体10のセンサ素子12の断面図である。図4に示されるように、センサ素子12は、センサセル51が設けられた素子本体50と、素子本体50の外面上に形成された保護層53とを備える。

#### 【0030】

素子本体50は被測ガス室30及び基準ガス室31を備えている。センサ本体10が内燃機関100の排気通路に配置されたとき、被測ガス室30には、排気通路を流れる排気ガスが被測ガスとして導入される。基準ガス室31には基準ガスが導入される。基準ガス 50

は例えば大気である。この場合、基準ガス室 31 は大気に開放されている。

【0031】

素子本体 50 は、複数の層を積層して構成された積層型構造を有する。素子本体 50 は、固体電解質層 40、拡散律速層 16、第一不透過層 21、第二不透過層 22 及び第三不透過層 23 を備える。固体電解質層 40 は、酸化物イオン伝導性を有する薄板体である。固体電解質層 40 は、例えば、 $ZrO_2$  (ジルコニア)、 $HfO_2$ 、 $ThO_2$ 、 $Bi_2O_3$  等に  $CaO$ 、 $MgO$ 、 $Y_2O_3$ 、 $Yb_2O_3$  等を安定剤として添加した焼結体である。拡散律速層 16 は、ガス透過性を有する薄板体である。拡散律速層 16 は、例えば、アルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の多孔質セラミックから構成されている。不透過層 21 ~ 23 は、ガス不透過性の薄板体であり、例えばアルミナを含む。

10

【0032】

素子本体 50 の各層は、図 3 の下方から、第一不透過層 21、第二不透過層 22、固体電解質層 40、拡散律速層 16、第三不透過層 23 の順に積層されている。被測ガス室 30 は、固体電解質層 40、拡散律速層 16 及び第三不透過層 23 によって区画形成されている。排気ガスは保護層 53 及び拡散律速層 16 を通って被測ガス室 30 内に導入される。拡散律速層 16 は被測ガスの拡散律速を行う。なお、被測ガス室 30 は、固体電解質層 40 に隣接し且つ被測ガスが導入されるように構成されていれば、如何なる態様で構成されてもよい。

【0033】

基準ガス室 31 は固体電解質層 40 及び第二不透過層 22 によって区画形成されている。なお、基準ガス室 31 は、固体電解質層 40 に隣接し且つ基準ガスが流入するように構成されていれば、如何なる態様で構成されてもよい。

20

【0034】

センサセル 51 は、固体電解質層 40、第一電極 41 及び第二電極 42 を有する電気化学セルである。第一電極 41 は、被測ガス室 30 内の被測ガスに曝されるように固体電解質層 40 の被測ガス室 30 側の表面上に配置されている。一方、第二電極 42 は、基準ガス室 31 内の基準ガスに曝されるように固体電解質層 40 の基準ガス室 31 側の表面上に配置されている。第一電極 41 と第二電極 42 とは、固体電解質層 40 を挟んで互いに対向するように配置されている。

【0035】

第一電極 41 はペロブスカイト型酸化物から構成されている。ペロブスカイト型酸化物から構成された第一電極 41 は、酸素存在下において  $NO_x$  を選択的に還元分解する特性を有する。ペロブスカイト型酸化物は、例えば、 $(La_{1-x}Sr_x)(CO_{1-y}Fe_y)O_3-(LSCF)$  である。第一電極 41 のこの構成によって、ポンプセル等によって被測ガス中の酸素を除去することなく、センサセル 51 のみを用いて被測ガス中の  $NO_x$  濃度を検出することができる。したがって、 $NO_x$  センサ 1 は、電気化学セルが一つのみ設けられた 1 セル型の  $NO_x$  センサである。1 セル型のセンサでは、電気化学セルが二つ以上設けられたセンサに比べて電極の面積を大きくすることができるため、センサ出力が増大され、ひいては濃度の検出精度が高められる。

30

【0036】

また、第二電極 42 は白金 (Pt) から構成されている。例えば、第二電極 42 は、Pt を主成分として含む多孔質サーメット電極である。しかしながら、第二電極 42 を構成する材料は、必ずしも上記材料に限定されるものではなく、第一電極 41 と第二電極 42 との間に所定の電圧を印加したときに、第一電極 41 と第二電極 42 との間で酸化物イオンを移動させることができれば、いかなる材料であってもよい。

40

【0037】

保護層 53 は、素子本体 50 の外面全体を覆うように、素子本体 50 の外面上に形成されている。保護層 53 は、ガス透過性を有し、アルミナ、チタニア、ジルコニア、炭化ケイ素、窒化ケイ素、酸化亜鉛等の多孔質セラミックから構成されている。

【0038】

50

センサ素子 12 はヒータ 55 を更に備える。本実施形態では、ヒータ 55 は、図 4 に示されるように、第一不透過層 21 と第二不透過層 22 との間に配置される。ヒータ 55 は、例えば、白金 (Pt) とセラミック (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 55 は素子本体 50 及び保護層 53 を加熱する。ヒータ制御部 80c は、センサセル 51 の温度が活性温度以上になるように、ヒータ制御回路 60 を介してヒータ 55 に供給する電力を制御する。

【0039】

センサセル 51 の第一電極 41 及び第二電極 42 は電圧印加回路 61 に接続されている。電圧印加回路 61 は、第二電極 42 の電位が第一電極 41 の電位よりも高くなるように、センサセル 51 に電圧を印加する。したがって、第一電極 41 は陰極として機能し、第二電極 42 は陽極として機能する。電圧制御部 80b は、DA変換器 63 を介して電圧制御信号を電圧印加回路 61 に入力し、電圧印加回路 61 からセンサセル 51 に印加される電圧を制御する。

10

【0040】

電流検出回路 62 はセンサセル 51 に流れる電流をセンサセル 51 の出力として検出する。より具体的には、電流検出回路 62 は、第一電極 41 と第二電極 42 との間に流れる電極間電流 (すなわち、固体電解質層 40 内を流れる電流) を検出する。電流検出回路 62 の出力は AD変換器 87 を介して濃度算出部 80a に入力される。したがって、濃度算出部 80a は、電流検出回路 62 によって検出された電流を電流検出回路 62 から取得することができる。

20

【0041】

なお、センサ素子 12 の具体的な構成は、図 4 に示した構成と異なってもよい。例えば、センサ素子 12 はコップ型構造を有していてもよい。

【0042】

<NOx濃度の算出>

濃度算出部 80a は、電圧印加回路 61 からセンサセル 51 に所定電圧が印加されているときに電流検出回路 62 によって検出された電流に基づいて排気ガス中のNOx濃度を算出する。しかしながら、NOxセンサ 1 が長期に亘って使用されると、経時劣化によってセンサセル 51 の第一電極 41 等の特性が変化し、センサセル 51 の出力が低下する。

【0043】

図 5 は、耐久試験の前後におけるセンサセル 51 の出力を示すグラフである。耐久試験では、センサ本体 10 を理論空燃比よりもリーンな排気ガスに数百時間曝した。図中の丸印は、濃度が 500 ppm のNOを含む排気ガスが被測ガスであるときのデータを示す。図 5 に示されるように、耐久試験後のセンサセル 51 の出力は初期状態のセンサセル 51 の出力よりも低い。すなわち、経時劣化によってセンサセル 51 の出力が低下している。低下したセンサセル 51 の出力に基づいてNOx濃度が算出されると、NOx濃度が実際のNOx濃度 (500 ppm) よりも低く算出され、NOx濃度の検出精度が低下する。

30

【0044】

一方、図中の四角印は、空気が被測ガスであるときのデータを示す。上述したように、ペロブスカイト型酸化物から構成された第一電極 41 は、酸素存在下においてNOxを選択的に還元分解する特性を有する。しかしながら、第一電極 41 において酸素も僅かに還元分解されるため、センサセル 51 には酸素の分解電流が流れる。酸素の分解電流はNOxの分解電流よりも小さい。

40

【0045】

図 5 に示されるように、空気が被測ガスである場合にも、耐久試験後のセンサセル 51 の出力は初期状態のセンサセル 51 の出力よりも低くなる。本願の発明者は、NOxを含む排気ガスが被測ガスであるときのセンサセル 51 の出力の低下度合と、空気が被測ガスであるときのセンサセル 51 の出力の低下度合とがほぼ等しくなることを見出した。言い換えれば、本願の発明者は、NOxセンサ 1 が長期間使用されたとしても、NOxセンサ 1 のNOx選択性はほとんど変化しないことを見出した。

50

## 【0046】

本明細書において、NO<sub>x</sub>選択性SPは以下の式によって表される。

$$SP = I_{nox} / (I_{nox} + I_{air}) \times 100 \dots (1)$$

ここで、I<sub>nox</sub>は、所定濃度のNO<sub>x</sub>を含む排気ガスが被測ガスであるときのセンサ出力であり、I<sub>air</sub>は、空気が被測ガスであるときのセンサ出力である。

## 【0047】

図6は、NO<sub>x</sub>センサ1の初期状態のNO<sub>x</sub>選択性と耐久試験後のNO<sub>x</sub>選択性との関係を示すグラフである。この例では、NO<sub>x</sub>の濃度は500ppmである。図6から分かるように、NO<sub>x</sub>センサ1のNO<sub>x</sub>選択性は耐久試験の前後でほとんど変化しない。斯かる現象が生じる具体的な原理は必ずしも明確ではないが、以下のようなメカニズムによって生じるものであると考えられる。

10

## 【0048】

NO<sub>x</sub>センサ1のNO<sub>x</sub>選択性は、第一電極41の結晶構造及び組成によって発現する特性であり、第一電極41の厚さ、面積及び活性点の数に依存しない。第一電極41は1100以上の高温(例えば1200)で焼成されるため、第一電極41が、長時間、高温の排気ガスに曝されたとしても、第一電極41の結晶構造及び組成は変化しない。このため、NO<sub>x</sub>センサ1が長時間使用されたとしても、NO<sub>x</sub>センサ1のNO<sub>x</sub>選択性が変化しないと考えられる。

## 【0049】

一方、第一電極41の厚さ、面積及び活性点の数は、センサセル51の出力に影響する。また、第一電極41が、長時間、高温の排気ガスに曝されると、熱凝集等によって第一電極41の厚さ、面積及び活性点の数が増加する。このため、NO<sub>x</sub>センサ1が長時間使用されると、センサセル51の出力が低下すると考えられる。

20

## 【0050】

上述した新たな知見によれば、空気が被測ガスであるときのセンサセル51の出力を検出することで、NO<sub>x</sub>センサ1の劣化度合を推定することができる。また、NO<sub>x</sub>を含む排気ガスが被測ガスであるときのセンサ出力をNO<sub>x</sub>センサ1の劣化度合に基づいて補正することによってNO<sub>x</sub>濃度の検出精度の低下を抑制することができる。

## 【0051】

そこで、本実施形態では、以下のように被測ガス中のNO<sub>x</sub>濃度が算出される。電流検出回路62は、内燃機関100において内燃機関100の燃焼室2への燃料供給が停止される燃料カット制御が実行され且つ電圧印加回路61からセンサセル51に所定電圧が印加されているときにセンサセル51に流れる第一電流を検出する。内燃機関100において燃料カット制御が実行されているときには被測ガス室30には空気が導入される。このため、第一電流を検出することによって、空気が被測ガスであるときのセンサセル51の出力を検出することができる。また、電流検出回路62は、内燃機関100において燃焼室2に燃料が供給される通常制御が実行され且つ電圧印加回路61からセンサセル51に上記所定電圧が印加されているときにセンサセル51に流れる第二電流を検出する。

30

## 【0052】

濃度算出部80aは、第一電流が相対的に低い場合には、第一電流が相対的に高い場合に比べて、第二電流に対してNO<sub>x</sub>濃度を高く算出する。この結果、センサセル51の出力低下を考慮してNO<sub>x</sub>濃度が算出される。このため、NO<sub>x</sub>センサ1は、経時劣化によりセンサセル51の出力が低下することによるNO<sub>x</sub>濃度の検出精度の低下を抑制することができる。

40

## 【0053】

特に、本実施形態では、濃度算出部80aは、第一電流の初期値と第一電流の現在値との比率に基づいて第二電流を補正し、補正された第二電流に基づいてNO<sub>x</sub>濃度を算出する。具体的には、第二電流は以下のように補正される。

$$I_{2ac} = I_{2bc} \times I_{1i} / I_{1c} \dots (2)$$

ここで、I<sub>2ac</sub>は補正後の第二電流であり、I<sub>2bc</sub>は補正前の第二電流であり、I

50

1 i は第一電流の初期値であり、I 1 c は第一電流の現在値である。

【 0 0 5 4 】

第一電流の初期値 I 1 i を第一電流の現在値 I 1 c で除算した値は、第一電流の初期値からの低下度合を表している。この値が高いほど、第一電流の初期値からの低下度合は高くなる。第一電流の初期値 I 1 i は、例えば、複数の NO x センサ 1 における第一電流の初期値の平均値であり、実験によって予め定められる。この場合、第一電流の初期値 I 1 i は ECU 80 の ROM 82 に予め保存される。また、第一電流の現在値 I 1 c は、NO x 濃度を検出するために第二電流が検出される前に電流検出回路 62 によって検出される。

【 0 0 5 5 】

濃度算出部 80 a は、補正後の第二電流 I 2 a c が相対的に高い場合に、補正後の第二電流 I 2 a c が相対的に低い場合に比べて NO x 濃度を高く算出する。例えば、濃度算出部 80 a は、図 7 に示したようなマップを用いて NO x 濃度を算出する。このマップでは、NO x 濃度が補正後の第二電流 I 2 a c の関数として示される。なお、NO x 濃度は、図 7 に破線で示したように、補正後の第二電流 I 2 a c が高くなるにつれて段階的（ステップ状）に高くされてもよい。

【 0 0 5 6 】

< NO x 濃度算出処理 >

以下、図 8 のフローチャートを参照して、被測ガス中の NO x 濃度を算出するための制御について説明する。図 8 は、本発明の第一実施形態における NO x 濃度算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 100 の始動後、ECU 80 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

【 0 0 5 7 】

最初に、ステップ S 101 において、濃度算出部 80 a が、センサセル 51 が活性状態にあるか否かを判定する。濃度算出部 80 a は、センサセル 51 の温度が活性温度以上である場合、センサセル 51 が活性状態にあると判定する。一方、濃度算出部 80 a は、センサセル 51 の温度が活性温度未満である場合、センサセル 51 が活性状態にないと判定する。センサセル 51 の温度は、例えばセンサセル 51 のインピーダンスに基づいて算出される。

【 0 0 5 8 】

ステップ S 101 においてセンサセル 51 が活性状態にないと判定された場合、本制御ルーチンは終了する。一方、ステップ S 101 においてセンサセル 51 が活性状態にあると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 102 に進む。

【 0 0 5 9 】

ステップ S 102 では、濃度算出部 80 a が、内燃機関 100 において燃料カット制御が実行されているか否かを判定する。なお、燃料カット制御は、所定の燃料カット開始条件が成立したときに開始される。例えば、燃料カット制御は、アクセルペダル 120 の踏み込み量がゼロ又はほぼゼロ（すなわち、機関負荷がゼロ又はほぼゼロ）であり且つ機関回転数がアイドリング時の回転数よりも高い所定の回転数以上であるときに実行される。また、燃料カット制御は、所定の燃料カット終了条件が成立すると終了する。例えば、燃料

【 0 0 6 0 】

ステップ S 102 において燃料カット制御が実行されていると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 103 に進む。ステップ S 103 では、濃度算出部 80 a が、燃料カット制御の連続実行時間 T f c が所定時間 T r e f 以上であるか否かが判定される。所定時間 T r e f は、燃料カット制御が開始されてから空気がセンサ本体 10 の被測ガス室 30 に到達するのに要する時間以上であり、予め実験又は計算によって定められる。所定時間は例えば数秒である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 1 】

ステップ S 1 0 3 において連続実行時間 T f c が所定時間 T r e f 以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 1 0 4 に進む。この場合、燃料カット制御によって空気が被測ガス室 3 0 に導入されていると推定される。ステップ S 1 0 4 では、濃度算出部 8 0 a が、電流検出回路 6 2 によって検出された第一電流 I 1 を電流検出回路 6 2 から取得する。なお、センサセル 5 1 の活性後、N O x 濃度を検出すべく、センサセル 5 1 には電圧印加回路 6 1 から所定電圧が印加されている。所定電圧は例えば 1 V 以下の電圧である。

## 【 0 0 6 2 】

次いで、ステップ S 1 0 5 において、濃度算出部 8 0 a が、ステップ S 1 0 4 において取得された第一電流 I 1 に第一電流の現在値 I 1 c を更新する。第一電流の現在値 I 1 c の初期値は、例えば、複数の N O x センサ 1 における第一電流の初期値の平均値であり、実験によって予め定められる。第一電流の現在値 I 1 c の値は E C U 8 0 の R A M 8 3 に保存される。ステップ S 1 0 5 の後、本制御ルーチンは終了する。

10

## 【 0 0 6 3 】

一方、ステップ S 1 0 2 において燃料カット制御が実行されていないと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 1 0 6 に進む。この場合、内燃機関 1 0 0 において燃焼室 2 に燃料が供給される通常制御が実行されている。通常制御では、内燃機関 1 0 0 の運転状態等に応じた燃料量が燃焼室 2 に供給される。ステップ S 1 0 6 では、濃度算出部 8 0 a が、電流検出回路 6 2 によって検出された第二電流 I 2 を電流検出回路 6 2 から取得する。

20

## 【 0 0 6 4 】

次いで、ステップ S 1 0 7 において、濃度算出部 8 0 a が、第一電流の初期値と第一電流の現在値 I 1 c との比率に基づいて、ステップ S 1 0 6 において取得した第二電流 I 2 を補正する。具体的には、第二電流 I 2 は、上記式 ( 2 ) を用いて補正される。次いで、ステップ S 1 0 8 において、濃度算出部 8 0 a が、ステップ S 1 0 7 において算出された補正後の第二電流 I 2 a c に基づいて被測ガス中の N O x 濃度を算出する。濃度算出部 8 0 a は、補正後の第二電流 I 2 a c が相対的に高い場合に、補正後の第二電流 I 2 a c が相対的に低い場合に比べて N O x 濃度を高く算出する。例えば、濃度算出部 8 0 a は、図 7 に示したようなマップを用いて N O x 濃度を算出する。ステップ S 1 0 8 の後、本制御ルーチンは終了する。

30

## 【 0 0 6 5 】

なお、ステップ S 1 0 5 において、濃度算出部 8 0 a は以下の式を用いて第一電流 I 1 c の現在値を更新してもよい。

$$I 1 c = ( I 1 c b \times n + I 1 ) / ( n + 1 ) \dots ( 3 )$$

ここで、I 1 c b は更新前の第一電流の現在値であり、I 1 はステップ S 1 0 4 において取得された第一電流であり、n は、1 以上の整数であり、例えば 3 である。このように第一電流の現在値 I 1 c を更新することによって、電流検出回路 6 2 によって検出された第一電流 I 1 が電氣的なノイズを含む場合に、更新後の第一電流の現在値 I 1 c へのノイズの影響を低減することができる。この結果、センサ出力の低下度合をより精度良く推定することができ、ひいては N O x 濃度の検出精度の低下をより抑制することができる。

40

## 【 0 0 6 6 】

< 第二実施形態 >

第二実施形態に係る排気センサは、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第二実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

## 【 0 0 6 7 】

第一電極 4 1 は、厚さ、面積及び活性点の数に個体差を有する。このため、N O x センサ 1 が初期状態にあるときに電流検出回路 6 2 によって検出されるセンサセル 5 1 の出力は個体間で異なる場合がある。このため、上記式 ( 2 ) における第一電流の初期値 I 1 i

50

を複数のNOxセンサ1における第一電流の初期値の平均値とすると、第一電流の初期値からの低下度合を精度良く算出できないおそれがある。

【0068】

この不具合を解消するために、第二実施形態では、上記式(2)における第一電流の初期値I1iは、NOxセンサ1が内燃機関100に取り付けられた後、電流検出回路62によって最初に所定回数検出された第一電流の平均値とされる。所定回数は1以上の整数である。第一電流の初期値I1iはECU80のROM82に保存される。

【0069】

第二実施形態では、同一個体において検出された第一電流の初期値を用いて第一電流の初期値からの低下度合が算出されるため、第一電流の初期値からの低下度合を精度良く算出することができる。この結果、NOx濃度の検出精度の低下をより抑制することができる。なお、第二実施形態では、第一実施形態と同様に、図8のNOx濃度算出処理の制御ルーチンが実行される。

【0070】

<第三実施形態>

第三実施形態に係る排気センサは、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る排気センサの構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第三実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0071】

上述したように、上記式(2)における第一電流の初期値I1iを複数のNOxセンサ1における第一電流の初期値の平均値とすると、第一電流の初期値からの低下度合を精度良く算出できないおそれがある。また、第二実施形態のように第一電流の初期値を決定する場合、NOxセンサ1毎に、第一電流の初期値を検出し、検出された初期値をECU80のROM82に書き込む必要がある。

【0072】

また、上述したようにNOxセンサ1の経時劣化によってNOxセンサ1のNOx選択性はほとんど変化しないため、NOxセンサ1の経時劣化による第一電流の低下度合と第二電流の低下度合とはほぼ等しくなる。このため、第一電流と第二電流との比率はNOxセンサ1の経時劣化によってほとんど変化しない。また、第一電流と第二電流との比率は被測ガス中のNOx濃度と相関する。

【0073】

そこで、第三実施形態では、濃度算出部80aは、第一電流と第二電流との比率に基づいて被測ガス中のNOx濃度を算出する。このことによって、より簡易的な方法で、経時劣化によりセンサセル51の出力が低下することによるNOx濃度の検出精度の低下を抑制することができる。

【0074】

具体的には、濃度算出部80aは、第二電流を第一電流で除算した値が相対的に大きい場合に、第二電流を第一電流で除算した値が相対的に小さい場合に比べてNOx濃度を高く算出する。例えば、濃度算出部80aは、図9に示したようなマップを用いてNOx濃度を算出する。このマップでは、NOx濃度が第二電流を第一電流で除算した値の関数として示される。なお、NOx濃度は、図9に破線で示したように、第二電流を第一電流で除算した値が大きくなるにつれて段階的(ステップ状)に高くされてもよい。また、濃度算出部80aは、第一電流を第二電流で除算した値が相対的に大きい場合に、第一電流を第二電流で除算した値が相対的に小さい場合に比べてNOx濃度を低く算出してもよい。

【0075】

<NOx濃度算出処理>

以下、図10のフローチャートを参照して、被測ガス中のNOx濃度を算出するための制御について説明する。図10は、本発明の第三実施形態におけるNOx濃度算出処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関100の始動後、ECU80によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。図10におけるステップS

10

20

30

40

50

201～ステップS206は、図8におけるステップS101～ステップS106と同様であることから説明を省略する。

【0076】

本制御ルーチンは、ステップS206の後、ステップS207に進む。ステップS207では、濃度算出部80aが、ステップ205において更新された第一電流の現在値I1cと、ステップS206において取得された第二電流I2との比に基づいて、被測ガス中のNOx濃度を算出する。濃度算出部80aは、第二電流I2を第一電流の現在値I1cで除算した値が相対的に大きい場合に、第二電流I2を第一電流の現在値I1cで除算した値が相対的に小さい場合に比べてNOx濃度を高く算出する。例えば、濃度算出部80aは、図9に示したようなマップを用いてNOx濃度を算出する。なお、濃度算出部80aは、第一電流の現在値I1cを第二電流I2で除算した値が相対的に大きい場合に、第一電流の現在値I1cを第二電流I2で除算した値が相対的に小さい場合に比べてNOx濃度を低く算出してもよい。ステップS207の後、本制御ルーチンは終了する。

10

【0077】

以上、本発明に係る好適な実施形態を説明したが、本発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載内で様々な修正及び変更を施すことができる。例えば、排気センサは、排気ガス中のアンモニアの濃度を検出する、1セル型のアンモニアセンサであってもよい。なお、上述した構成と同様のセンサ素子を用いて、センサセルへの印加電圧、センサセルの作動温度等を変化させることによって、酸素環境下においてアンモニアを選択的に還元分解することができる。

20

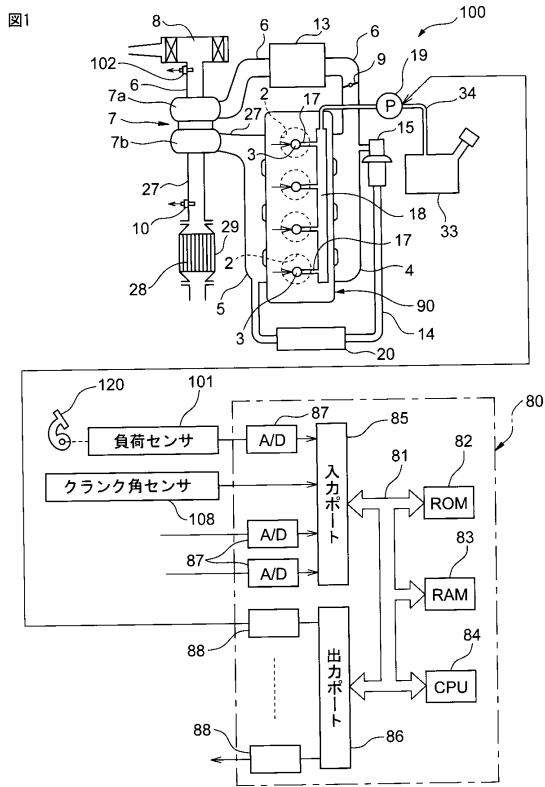
【符号の説明】

【0078】

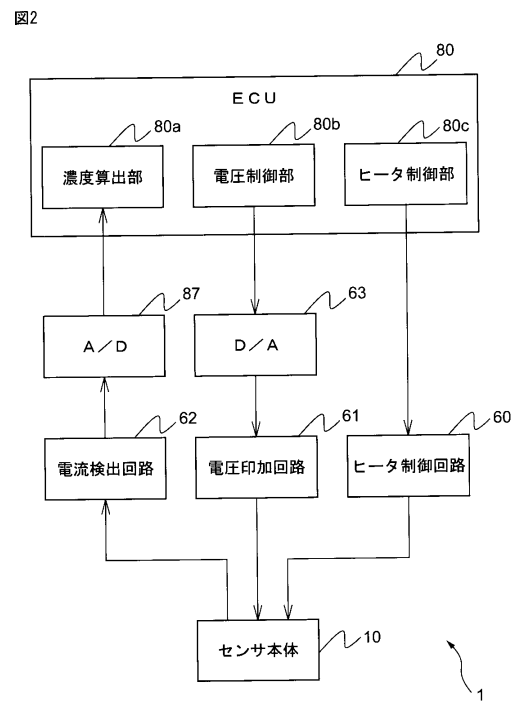
- 1 NOxセンサ(排気センサ)
- 2 燃焼室
- 40 固体電解質層
- 41 第一電極
- 42 第二電極
- 51 センサセル
- 61 電圧印加回路
- 62 電流検出回路
- 80 電子制御ユニット(ECU)
- 80a 濃度算出部
- 100 内燃機関

30

【図1】

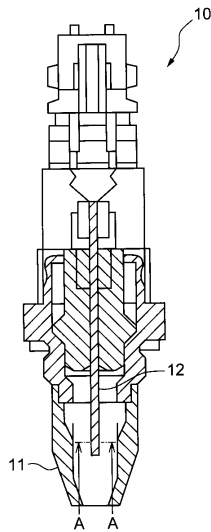


【図2】



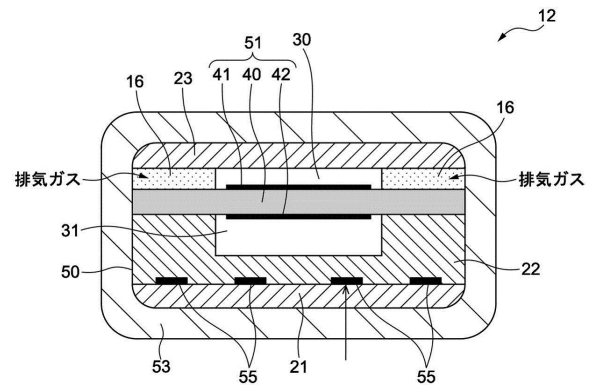
【図3】

図3



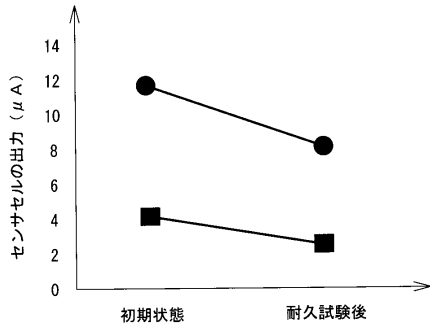
【図4】

図4



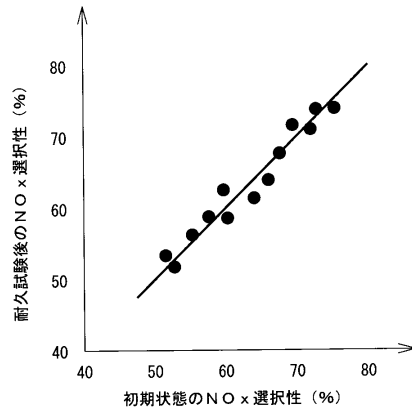
【図5】

図5



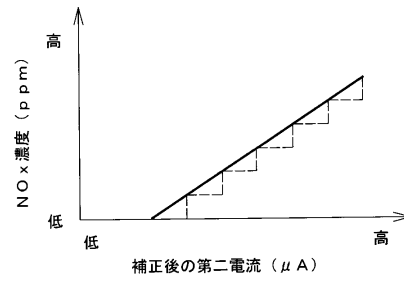
【図6】

図6



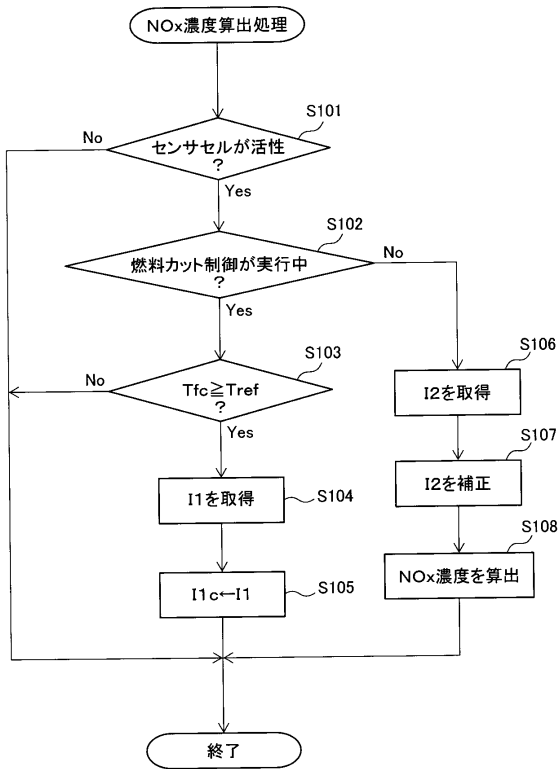
【図7】

図7



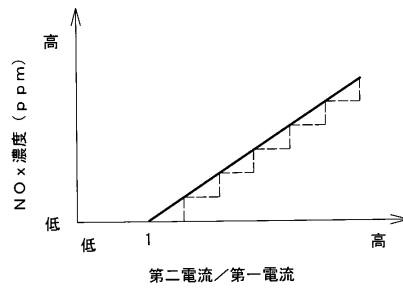
【図8】

図8



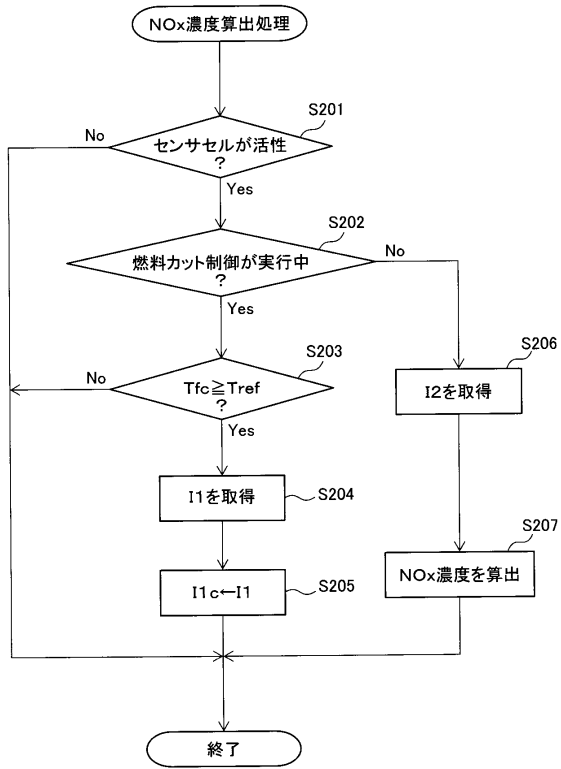
【図9】

図9



【図10】

図10



---

フロントページの続き

- (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 芹澤 義久  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

審査官 黒田 浩一

- (56)参考文献 特開2009-244048(JP,A)  
特開2012-177622(JP,A)  
特開2013-185575(JP,A)  
特開2009-014706(JP,A)  
特開2012-188961(JP,A)  
米国特許出願公開第2007/0125665(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |        |
|------|--------|
| G01N | 27/416 |
| F02D | 45/00  |