

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4983726号
(P4983726)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 N 27/416 (2006.01)

GO 1 N 27/46 3 3 1

GO 1 N 27/419 (2006.01)

GO 1 N 27/46 3 2 7 G

GO 1 N 27/46 3 2 7 C

GO 1 N 27/46 3 2 7 Q

請求項の数 4 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-141065 (P2008-141065)
 (22) 出願日 平成20年5月29日(2008.5.29)
 (65) 公開番号 特開2009-288082 (P2009-288082A)
 (43) 公開日 平成21年12月10日(2009.12.10)
 審査請求日 平成22年9月23日(2010.9.23)

(73) 特許権者 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 100077481
 弁理士 谷 義一
 (74) 代理人 100088915
 弁理士 阿部 和夫
 (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
 審査官 黒田 浩一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス濃度センサの暖機制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固体電解質を一对の電極で挟んでなるセルを検出素子部に複数有し、前記検出素子部にヒータを有するガス濃度センサの暖機制御装置であって、

前記複数のセルのうちの所定のセルのインピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、

前記ヒータの抵抗を検出するヒータ抵抗検出手段と、

前記検出されたヒータ抵抗が所定の目標値に達するまでは、その検出されたヒータ抵抗が前記目標値に近づくように前記ヒータに電力を供給し、前記検出されたヒータ抵抗が前記目標値に達した後は、前記検出されたインピーダンスが所定値に維持されるように前記ヒータへの供給電力を制御するヒータ制御手段と

を備えたことを特徴とするガス濃度センサの暖機制御装置。

【請求項2】

前記検出されたインピーダンスが前記所定値に最初に達した時よりも遅い時点で、前記検出されたヒータ抵抗が前記目標値に達するように、前記ヒータ抵抗の目標値が設定されている

ことを特徴とする請求項1記載のガス濃度センサの暖機制御装置。

【請求項3】

前記ガス濃度センサが、ポンプセル、モニタセル及びセンサセルを有するNOxセンサである

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のガス濃度センサの暖機制御装置。

【請求項 4】

前記所定のセルがモニタセルである

ことを特徴とする請求項 3 記載のガス濃度センサの暖機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はガス濃度センサの暖機制御装置に係り、特に、検出対象となる被検出ガス中の特定成分の濃度を検出するガス濃度センサの暖機制御装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

内燃機関においては、その排気系に、排気ガス中の特定ガス成分の濃度を検出するガス濃度センサが設けられている。かかるガス濃度センサとしては、排気空燃比を実質的に検出するため、排気ガス中の酸素濃度を検出する酸素センサがよく知られている。酸素センサは空燃比センサとも呼ばれ、これには所謂リニア A / F センサや O₂ センサが含まれる。他方、排気ガス中の窒素酸化物、即ち NO_x の濃度を検出する NO_x センサが公知であり、この NO_x センサは、例えばディーゼルエンジンにおける選択還元型 NO_x 触媒を用いた排気浄化システム（例えば尿素 SCR システム）において、NO_x 触媒の下流側に配設され、その検出 NO_x 濃度が NO_x 触媒に対する還元剤添加量の制御等に利用される。

【0003】

20

NO_x センサは一般に、その検出素子部にポンプセル、モニタセル及びセンサセルの 3 セルを有する構造である。ポンプセルは、検出素子部内の第 1 チャンバに導入された排気ガスから酸素を排出し、或いは汲み出す。またモニタセルは、第 1 チャンバから第 2 チャンバに送られたガスの酸素濃度を検出し、センサセルは、第 2 チャンバ内のガスの NO_x 濃度に見合った出力を発する。

【0004】

かかる NO_x センサは、その検出素子部が高温となって活性化していないと正常な出力を発することができない。そこで排気ガスの熱や内蔵ヒータを用いて検出素子部が加熱、暖機され、検出素子部が活性化した後センサの出力を利用するようにしている。

【0005】

30

例えば内燃機関及びセンサが冷間状態にあるときに内燃機関が始動された場合、センサの検出素子部を速やかに活性化させるべく、暖機制御が実行される。一般的には、検出素子部の所定のセルのインピーダンスが検出され、この検出インピーダンスが当該セルの高温活性時相当の目標値になるように、ヒータが通電制御される。

【0006】

なお、特許文献 1 には、単セル且つコップ型構造である酸素センサのヒータ制御装置が開示されており、これはセンサの早期活性化とヒータの断線防止を目的として、次のようなヒータ制御を実施している。即ち、ヒータの通電開始からヒータの抵抗値が所定の初期値になるまではヒータに全電力を供給し、ヒータ抵抗値が初期値に達すると、酸素センサの内部抵抗が目標温度相当の値に達するまで、ヒータへの通電をフィードバック制御する。さらに、酸素センサの内部抵抗が目標温度相当の値に達した後は、酸素センサの素子温が目標値になるようにヒータへの通電をフィードバック制御する。

40

【0007】

【特許文献 1】特開平 8 - 278279 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ところで、NO_x センサのような多セル構造のセンサにおいて、前述の一般的な暖機制御、即ち所定セルの検出インピーダンスを目標値にするようなヒータ制御を採用すると、次のような問題がある。

50

【 0 0 0 9 】

近年では、例えば自動車分野におけるエミッション規制（SULEV、EUR06等）の強化等に伴い、センサに高精度な検出性能、即ち低いガス濃度を確実に識別する能力が求められてきている。一方、セルの出力はセルの温度に応じて変化するため、セルの出力を利用する際はセルの温度を高精度で目標値に保つ必要がある。セル温度が高いほどセルインピーダンスが低下するという相関関係があることから、一般的にはセルインピーダンスを検出することによりセル温度を間接的に検出している。

【 0 0 1 0 】

センサ暖機制御時においては、所定セルの検出インピーダンスが当該セルの高温活性時相当の目標値になるようにヒータが制御される。しかし、冷間始動後のセンサ暖機過程では、センサ全体が冷えており、排ガス温度や周囲の排気管等の温度も低いため、センサ全体における温度分布差が大きく、各セルの温度がばらついている。よって所定セルの検出インピーダンスが目標値に達してセンサが活性化したと判断し、ガス濃度検出を開始しても、他のセルが目標温度に達しているとは限らず、活性判定直後付近において他のセルが目標温度に達するまでの間で、検出精度が低下するという問題がある。

10

【 0 0 1 1 】

また、セルの検出インピーダンスとしては、セル自体のインピーダンスに、セルとECUを結ぶリード部のインピーダンス（抵抗）を加えた値が検出されてしまう。セルのインピーダンスはセル温が高いほど低い、リード部のインピーダンスはリード部の温度が高いほど高いという逆の関係にある。よって活性判定直後付近において見掛け上の検出セルインピーダンスを一定に制御したとしても、リード部が十分暖まってそのインピーダンスが安定するまでの間、セル温は上昇し続け、このセル温変化により検出精度が低下するという問題がある。

20

【 0 0 1 2 】

そこで、本発明はかかる実状に鑑みて創案されたものであり、その目的は、活性判定直後付近におけるガス濃度センサの検出精度を向上することができるガス濃度センサの暖機制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、

30

固体電解質を一对の電極で挟んでなるセルを検出素子部に複数有し、前記検出素子部にヒータを有するガス濃度センサの暖機制御装置であって、

前記複数のセルのうちの所定のセルのインピーダンスを検出するインピーダンス検出手段と、

前記ヒータの抵抗を検出するヒータ抵抗検出手段と、

前記検出されたヒータ抵抗が所定の目標値に達するまでは、その検出されたヒータ抵抗が前記目標値に近づくように前記ヒータに電力を供給し、前記検出されたヒータ抵抗が前記目標値に達した後は、前記検出されたインピーダンスが所定値に維持されるように前記ヒータへの供給電力を制御するヒータ制御手段と

を備えたことを特徴とするガス濃度センサの暖機制御装置が提供される。

40

【 0 0 1 4 】

ヒータ抵抗はヒータ温度と相関する値であり、ヒータ抵抗が目標値に達した後は、ヒータが十分高温でセンサの検出素子部全体が十分暖まっており、全てのセルが十分な暖機状態になっているとみなすことができる。またリード部の少なくともセンサ側の部分の温度やインピーダンスも安定しており、さらに各セルとリード部の温度差も小さくなっている。よって本発明に係る暖機制御を実行することにより、活性判定直後付近におけるセル温度変化を抑制し、ガス濃度センサの検出精度を向上することができる。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、前記検出されたインピーダンスが前記所定値に最初に達した時よりも遅い時点で、前記検出されたヒータ抵抗が前記目標値に達するように、前記ヒータ抵抗の目標

50

値が設定されている。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、前記ガス濃度センサが、ポンプセル、モニタセル及びセンサセルを有するNO_xセンサである。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、前記所定のセルがモニタセルである。

【 発 明 の 効 果 】

【 0 0 1 8 】

本発明によれば、活性判定直後付近におけるガス濃度センサの検出精度を向上することができるという、優れた効果が発揮される。

【 発 明 を 実 施 す る た め の 最 良 の 形 態 】

【 0 0 1 9 】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【 0 0 2 0 】

図1は、本発明が適用される内燃機関のシステム図である。図中、10は、自動車用の圧縮着火式内燃機関即ちディーゼルエンジンであり、11は吸気ポートに連通されている吸気マニフォールド、12は排気ポートに連通されている排気マニフォールド、13は燃焼室である。本実施形態では、不図示の燃料タンクから高圧ポンプ17に供給された燃料が、高圧ポンプ17によりコモンレール18に圧送されて高圧状態で蓄圧され、このコモンレール18内の高圧燃料がインジェクタ14から燃焼室13内に直接噴射供給される。エンジン10からの排気ガスは、排気マニフォールド12からターボチャージャ19を経た後にその下流の排気通路15に流れ、後述のように浄化処理された後、大気に排出される。なお、ディーゼルエンジンの形態としてはこのようなコモンレール式燃料噴射装置を備えたものに限らない。またEGR装置などの他の排気浄化デバイスを含むことも任意である。

【 0 0 2 1 】

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

【 0 0 2 2 】

排気通路15には、排気ガス中のNO_xを還元して浄化するNO_x触媒、特に選択還元型NO_x触媒34が設けられている。なお排気ガス中の未燃成分（特にHC）を酸化して浄化する酸化触媒や、排気ガス中の粒子状物質（PM）を捕集して燃焼除去するDPR（Diesel Particulate Reduction）触媒が追加して設けられてもよい。また、NO_x触媒34に還元剤としての尿素水を添加するための尿素添加装置48が設けられている。具体的には、NO_x触媒34の上流側の排気通路15に、尿素水を噴射するための尿素添加弁40が設けられている。尿素添加弁40には供給ライン41を通じて尿素供給ポンプ42から尿素水が供給され、尿素供給ポンプ42は尿素タンク44に貯留された尿素水を吸引して吐出する。

【 0 0 2 3 】

また、エンジン全体の制御を司る制御手段としての電子制御ユニット（以下ECUと称す）100が設けられる。ECU100は、CPU、ROM、RAM、入出力ポート、および記憶装置等を含むものである。ECU100は、各種センサ類の検出値等に基づいて、所望のエンジン制御が実行されるように、インジェクタ14、高圧ポンプ17、スロットルバルブ24等を制御する。またECU100は、尿素添加量を制御すべく、尿素添加弁40及び尿素供給ポンプ42を制御する。ECU100に接続されるセンサ類としては、前述のエアフローメータ22の他、NO_x触媒34の下流側に設けられたNO_xセンサ50、NO_x触媒34の上流側と下流側にそれぞれ設けられた触媒前排気温度センサ52及

10

20

30

40

50

び触媒後排気温度センサ 54 が含まれる。NO_x センサ 50 は排気ガスの NO_x 濃度に応じた出力信号を発する所謂限界電流式 NO_x センサである。その構造については後に詳しく述べる。

【0024】

他のセンサ類として、クランク角センサ 26、アクセル開度センサ 27 及びエンジンスイッチ 28 が ECU 100 に接続されている。クランク角センサ 26 はクランク角の回転時にクランクパルス信号を ECU 100 に出力し、ECU 100 はそのクランクパルス信号に基づきエンジン 10 のクランク角を検出すると共に、エンジン 10 の回転速度を計算する。アクセル開度センサ 27 は、ユーザによって操作されるアクセルペダルの開度（アクセル開度）に応じた信号を ECU 100 に出力する。エンジンスイッチ 28 はユーザによってエンジン始動時にオン、エンジン停止時にオフされる。

10

【0025】

選択還元型 NO_x 触媒（SCR: Selective Catalytic Reduction）34 は、ゼオライト又はアルミナなどの基材表面に Pt などの貴金属を担持したものや、その基材表面に Cu 等の遷移金属をイオン交換して担持させたもの、その基材表面にチタニヤ/バナジウム触媒（V₂O₅/WO₃/TiO₂）を担持させたもの等が例示できる。選択還元型 NO_x 触媒 34 は、その触媒温度が活性温度域にあり、且つ、還元剤としての尿素が添加されているときに NO_x を還元浄化する。尿素が触媒に添加されると、触媒上でアンモニアが生成され、このアンモニアが NO_x と反応して NO_x が還元される。

【0026】

20

NO_x 触媒 34 の温度は、触媒に埋設した温度センサにより直接検出することもできるが、本実施形態ではそれを推定することとしている。具体的には、ECU 100 が、触媒前排気温度センサ 52 及び触媒後排気温度センサ 54 によりそれぞれ検出された触媒前排気温度及び触媒後排気温度に基づき、触媒温度を推定する。なお推定方法はこのような例に限られない。

【0027】

NO_x 触媒 34 に対する尿素添加量は、NO_x センサ 50 により検出される NO_x 濃度に基づき制御される。具体的には、検出 NO_x 濃度の値が常にゼロになるように尿素添加弁 40 からの尿素噴射量が制御される。この場合、検出 NO_x 濃度の値のみに基づいて尿素噴射量を設定してもよいし、或いは、エンジン運転状態（例えばエンジン回転速度とアクセル開度）に基づいて NO_x 濃度をゼロとするような基本尿素噴射量を設定し、且つ、この基本尿素噴射量を検出 NO_x 濃度の値がゼロになるようにフィードバック補正してもよい。NO_x 触媒 34 が尿素添加時のみ NO_x を還元可能なので、基本的に尿素は、エンジン運転中且つ燃料噴射実行時に常時添加される。また、NO_x 還元に必要な最小限の量しか尿素が添加されないよう、制御が行われる。過剰に尿素を添加するとアンモニアが触媒下流に排出されてしまい（所謂 NH₃ スリップ）、異臭等の原因となるからである。

30

【0028】

次に、NO_x センサ 50 の詳細について説明する。図 2～図 4 には NO_x センサ 50 の検出素子部の構造を示す。なお図 3 には図 2 の I-I 断面を示し、図 4 には図 2 の V-V 断面を概略的に示す。

40

【0029】

NO_x センサ 50 は、ポンプセル P、モニタセル M 及びセンサセル S という 3 つのセルを有する多セル構造であると共に、複数のシート状材料を積層してなる多層型センサである。本実施形態の NO_x センサ 50 は排気ガス中の NO_x 濃度を検出すると同時に、排気ガス中の酸素濃度をも検出可能ないわゆる複合型センサとして構成されている。

【0030】

NO_x センサ 50 においては、酸化ジルコニア等の酸素イオン伝導性材料からなる一対のシート状の固体電解質 51、52 が、アルミナ等の絶縁材料からなるスペーサ 53 を介して上下方向に積層されている。このうち上側の固体電解質 51 にはピンホール 54 が形成されており、このピンホール 54 を通じてセンサ周囲の排気ガス（被検出ガス）が第 1

50

チャンバ５５内に導入される。第１チャンバ５５は、ガス速度を律速するための律速通路、具体的には絞り５６を介して、第２チャンバ５７に連通されている。またピンホール５４の入口は多孔質拡散層５８で覆われ、センサ外部から第１チャンバ５５に排気ガスが導入されるときのガス速度が律速されるようになっている。

【００３１】

下側の固体電解質５２には、第１チャンバ５５内に臨むようにしてポンプセルＰが設けられており、ポンプセルＰは、第１チャンバ５５内に導入した排気ガス中の酸素を排出する或いは汲み出す働きをすると共に、酸素排出の際に排気ガス中の酸素濃度を検出する。ポンプセルＰは、下側の固体電解質５２と、これを挟んで対向配置された一対の電極５９、６０から構成され、特に第１チャンバ５５内に位置する上側の電極（ポンプセル電極）５９は NO_x に対して概ね不活性の電極となっている。ポンプセルＰは、第１チャンバ５５内に存在する酸素を分解して下側の電極６０より大気通路６１に排出する。

10

【００３２】

また、上側の固体電解質５１には、第２チャンバ５７内に臨むようにしてモニタセルＭ及びセンサセルＳが設けられている。モニタセルＭは、第２チャンバ５７内の酸素濃度に応じて起電力、又は電圧印加に伴う電流を発生する。他方センサセルＳは、第２チャンバ５７内のガス中の NO_x 濃度に応じた電流を発生する。

【００３３】

本実施形態では、図３及び図４に示すように、第１チャンバ５５から第２チャンバ５７へと向かう排気ガスの流れ方向に対して同等位置になるよう、モニタセルＭ及びセンサセルＳが並列に配置されると共に、これらセルＭ、Ｓの、上側の大気通路６２内に位置する電極が共通電極６３となっている。即ちモニタセルＭは、上側の固体電解質５１とこれを挟んで対向配置された一対の電極即ち電極（モニタセル電極）６４及び共通電極６３とにより構成され、センサセルＳは、同じく上側の固体電解質５１とこれを挟んで対向配置された一対の電極即ち電極（センサセル電極）６５及び共通電極６３とにより構成されている。

20

【００３４】

下側の固体電解質５２の下面にはアルミナ等よりなる絶縁層６６が設けられ、この絶縁層６６により前記大気通路６１が区画形成されている。この絶縁層６６には、検出素子部全体を加熱するためのヒータ６７が埋設されている。このヒータ６７はＥＣＵ１００により後述の如く通電制御される。

30

【００３５】

第１チャンバ５５内に位置するポンプセル電極５９と、第２チャンバ５７内に位置するモニタセル電極６４とは、 NO_x を還元若しくは分解し得る触媒能を有しないか又はその触媒能が低い材料から構成されている。本実施形態の場合、これら電極５９、６４は、金 Au と白金 Pt とセラミックスのサーメットからなる。一方、第２チャンバ５７内のセンサセル電極６５は、 NO_x を還元若しくは分解し得る触媒能を有し又はその触媒能が高い材料を含む。本実施形態の場合、センサセル電極６５は、ロジウム Rh と白金 Pt とセラミックスとしてのジルコニア ZrO_2 からなる多孔質サーメットから構成され、このうちロジウム Rh が NO_x 、特に NO をも還元し得る高い NO_x 触媒能を発揮する材料をなす。

40

【００３６】

排気ガスは多孔質拡散層５８及びピンホール５４を通して第１チャンバ５５に導入される。そしてこの排気ガスがポンプセルＰを通過する際、その電極５９、６０間にポンプセル電圧 V_p を印加することで、第１チャンバ５５内の酸素 O_2 がポンプセル電極５９と接触して酸素イオン O^{2-} となる。この酸素イオン O^{2-} は、下側の固体電解質５２を通じて他方の電極６０に向かって流れる。したがって、第１チャンバ５５内の排気ガスに含まれる酸素が大気通路６１に排出されることになる。なおポンプセルＰに流れた電流（ポンプセル電流 I_p ）により排気ガスの酸素濃度ひいては空燃比が検出される。ポンプセル電極５９により、排気ガス中の NO_2 が NO に還元されることはあるものの、 NO はそれ以

50

上還元されない。したがって第1チャンバ55内では NO_x が NO にほぼ単ガス化され、この NO_x を含む排気ガスが絞り56を通じて第2チャンバ57内に導入される。

【0037】

第2チャンバ57内において、モニタセルMでは、排気ガスの酸素濃度に応じた出力が発生する。モニタセルMの出力は、その電極64, 63間に所定の電圧(モニタセル電圧 V_m)を印加することで、モニタセル電流 I_m として検出される。従ってこのモニタセル電流 I_m が第2チャンバ57内の酸素濃度を示すこととなる。他方、センサセルSでは、その電極65, 63間に所定の電圧(センサセル電圧 V_s)を印加することで、ガス中の NO_x (殆どが NO である)が還元分解され、分解後の酸素 O_2 がセンサセル電極65と接触して酸素イオン O^{2-} となり、この酸素イオン O^{2-} が上側の固体電解質51を通じて共通電極63に向かって流れ、酸素 O_2 となって大気通路62に排出される。これに加え、センサセルSでは、ポンプセルPと同様の原理で、第2チャンバ57内の酸素 O_2 を分解し酸素イオン O^{2-} として共通電極63に導いて大気通路62に排出する。したがってセンサセルSには、第2チャンバ57内の NO_x 濃度と酸素濃度との合計濃度に応じた分解電流(センサセル電流 I_s)が流れることとなる。

10

【0038】

ポンプセル電圧 V_p は、第2チャンバ57内の酸素濃度が低濃度の所定値(例えば0.01ppm)となるように、言い換えればモニタセル電流 I_m がその所定濃度に対応した所定値となるように、モニタセル電流 I_m に基づいてECU100によりフィードバック制御される。このときポンプセル電圧 V_p が高いほど、第1チャンバ55から排出される酸素量は多くなり、逆にポンプセル電圧 V_p が低いほど、第1チャンバ55から排出される酸素量は少なくなる。こうして第2チャンバ57内の酸素濃度は低濃度の一定値に制御されることとなる。

20

【0039】

また、モニタセルMにおいて、第2チャンバ57内の酸素濃度に応じたモニタセル電流 I_m が流れ、センサセルSにおいて、第2チャンバ57内の NO_x 濃度と酸素濃度との合計濃度に応じたセンサセル電流 I_s が流れる。ECU100は、これら電流値 I_m , I_s を取得すると共にセンサセル電流 I_s からモニタセル電流 I_m を減算し、その差 I_x ($=I_s - I_m$)を NO_x センサ50の出力(出力電流)として求めると共に、当該出力 I_x に基づいて所定のマップ(関数でもよい。以下同様。)から NO_x 濃度を求める。

30

【0040】

なお、第2チャンバ57内の酸素濃度が低濃度の一定値であること、センサセル電流 I_s に含まれる酸素分が少ないと考えられること等から、センサセル電流 I_s 自身を NO_x センサ出力 I_x としてもよいし、センサセル電流 I_s から予め定められた一定値を減じて NO_x センサ出力 I_x としてもよい。

【0041】

モニタセルMとセンサセルSは、電極64, 65における NO_x 触媒能の有無の違い(即ち材質の違い)を除けばほぼ同様に構成されている。具体的には、両電極64, 65とも第2チャンバ57内に設置されており、また図3及び図4からも分かるように、両電極64, 65は面積、形状も等しい。加えて、両電極64, 65は第2チャンバ57内に並列配置されており、第2チャンバ57の入口である絞り56から等距離に位置されている。結果的に、モニタセルMとセンサセルSは感度が同等になり、同等の特性を有することとなる。なお、両電極64, 65は第2チャンバ57内に直列配置することも可能である。例えばモニタセル電極64を絞り56に近い上流側に、センサセル電極65を絞り56から遠い下流側に配置してもよい。また両セルに対して共通電極63を用いずに個別の電極を用いることも可能である。

40

【0042】

これとは対照的に、ポンプセルPとセンサセルSでは互いに特性等が異なるのが明らかである。例えば両セルの電極59, 65は材質のみならず、設置チャンバが異なり、面積も異なる。ポンプセル電極59はセンサセル電極65よりかなり大きく形成されている。

50

【 0 0 4 3 】

次に、NOxセンサの暖機制御について説明する。

【 0 0 4 4 】

従来の暖機制御では、三つのセルのうちの所定のセル、例えば代表セルとしてのモニタセルMのインピーダンスが検出されると共に、この検出インピーダンスが、当該モニタセルMの高温活性時相当の目標値になるように、ヒータ67がECU100によって通電制御されていた。即ち、エンジンの冷間始動後においてヒータ67を通電すると、モニタセルMの温度が次第に上昇し、図5に示すようにモニタセルMの検出インピーダンスaが低下していく。そしてモニタセルMの検出インピーダンスが活性時相当の十分小さい目標値Ztに達するまでは、ヒータ67に最大電力の100%デューティが供給される。さらにモニタセルMの検出インピーダンスが目標値Ztに達したと同時に(時刻t1)、検出インピーダンスをその目標値Ztに維持するよう、検出インピーダンスに基づきヒータ67への供給電力、具体的にはデューティの値がフィードバック制御される。検出インピーダンスが目標値Ztに達したと同時にセンサが活性化したと判定され、センサの出力電流Ixが利用される。

10

【 0 0 4 5 】

しかし、前述したように、エンジンの冷間始動後におけるセンサ暖機過程では、センサ全体が冷えており、排ガス温度や周囲の排気管等の温度も低い。そのためセンサ全体における温度分布差が大きく、各セルの温度がばらついている。よって従来の暖機制御のように、モニタセルMのみの検出インピーダンスに基づいて活性判定するやり方では、活性判定時に他のポンプセルP及びセンサセルSが目標温度に達しているとは限らず、他のセルが目標温度に達するまでの間で検出精度が低下するという問題がある。この検出精度の低下は特に低いガス濃度を検出するNOxセンサ50では問題となる。

20

【 0 0 4 6 】

また、かかる従来の暖機制御によると、センサの活性判定時t1から暫くの間、実際のモニタセルMの温度が変化してしまうという問題がある。

【 0 0 4 7 】

前述したように、モニタセルMの検出インピーダンスとしては、モニタセル自体の真のインピーダンスに、モニタセルとECU100を結ぶリード部70(図4参照)のインピーダンス(抵抗)を加えた値が検出されてしまう。モニタセルMの真のインピーダンスはモニタセルMの温度が高いほど低いが、リード部70のインピーダンスはリード部70の温度が高いほど高いという逆の関係にある。よってセンサ暖機過程において、図5に示すように、真のモニタセルインピーダンスbが徐々に低下していく一方で、リード部インピーダンスcは徐々に上昇していく。見掛け上の検出セルインピーダンスaが目標値Ztに達し、その後目標値Ztに維持されたとしても、その目標値到達時点t1から、リード部70が十分暖まってそのインピーダンスcが安定するまでの間、モニタセル温度は上昇し続け(真のモニタセルインピーダンスbは低下し続け)、その間でセンサの検出精度が低下するという問題がある。

30

【 0 0 4 8 】

なお、ここでは代表セルをモニタセルMとして説明したが、他のポンプセルP又はセンサセルSとしても同じことが言える。

40

【 0 0 4 9 】

図6には、モニタセルMの検出インピーダンスa、真のインピーダンスb及びリード部インピーダンスcの温度特性を示す。図示するように、モニタセルMの真のインピーダンスbはモニタセルMの温度が高くなるにつれ徐々に低下し、リード部70のインピーダンスcはリード部70の温度が高くなるにつれ比例的に増加する。これらモニタセルMの真のインピーダンスbとリード部70のインピーダンスcとの和がモニタセルMの検出インピーダンスaとなる。

【 0 0 5 0 】

ここで、モニタセルMのインピーダンス検出方法を説明する。この検出はECU100

50

により、いわゆる掃引法なる方法で実行される。図 7 に示すように、モニタセル M に印加される電圧 V_m を、所定時間（例えば $100\ \mu s$ ）毎に、単発的且つ瞬時的に ΔV_m だけ変化させ（つまり交流電圧を瞬時的に印加し）、この電圧変化に応答して表れるモニタセル M の電流 I_m （交流電流）の変化量 ΔI_m を検出する。そしてここでは前者を後者で割った値 $Z = \Delta V_m / \Delta I_m$ を簡略的にインピーダンスの値として扱う。交流電圧と交流電流との間には、交流電圧の周波数に応じて変化する位相差があり、通常交流電流は交流電圧より僅かに遅れる。本実施形態では、この位相差ができるだけ少なくなるような周波数を選択して用いる。この周波数の値は例えば $1 \sim 10\ kHz$ の範囲内にある値である。なお、ECU 100 は、かかるインピーダンス検出とは別のタイミングで、所定のサンプリング周期 τ 毎に、モニタセル M 及びセンサセル S の電圧値及び電流値を検出し、これら電圧値及び電流値に基づいて酸素濃度や NO_x 濃度を検出するようにしている。

10

【0051】

かかる交流電圧の印加や交流電流の取得は、ECU 100 により、リード部 70 を介して行われる。リード部 70 はセンサ側におけるリードパターン、コード、コネクタのほか、センサ外部でセンサ 50 と ECU 100 を接続するワイヤハーネス等を含み、比較的長距離に亘るものである。よってその温度は環境温度に依存しやすく、冷間始動後は特に、ヒータ 67 で加熱される各セルの温度と比べて温度上昇しづらい傾向にある。

【0052】

図 8 には、(A) 従来の活性判定時 t_1 と、(B) その後のセンサの完全暖機時（つまりセンサ全体が暖まった時）とで、モニタセル温度と検出インピーダンスの内訳とがどのように変化していくかを示す。活性判定時 t_1 以降、検出インピーダンスが一定値に制御されるが、リード部 70 が活性判定時 t_1 にまだ十分暖まっておらずその後温度上昇するので、リード部インピーダンスが増加する。よってその増加分、モニタセルの真のインピーダンスが低下し、モニタセルの温度が上昇する。検出インピーダンスに占めるモニタセルの真のインピーダンスの割合は、活性判定時 t_1 より完全暖機時の方が少なく、よって検出インピーダンス一定でもモニタセル温度は活性判定時 t_1 より完全暖機時の方が高くなる。これらのことから、モニタセルの温度が活性判定時 t_1 とその後で異なることが理解されよう。

20

【0053】

こうした従来の暖機制御における課題を解決するため、本実施形態では ECU 100 により次のような暖機制御を実行する。

30

【0054】

従来の暖機制御の欠点は、特定の代表セルの検出インピーダンスのみに基づいてヒータ制御や活性判定を行う点にある。即ち、特定の代表セルの検出インピーダンスに基づくからこそ、その代表セルと他のセルとで活性判定時の暖機状態が異なることがあり、また、代表セル自身においても真のインピーダンス即ちセル温度を把握できないことから、活性判定時以降にセル温度が変化してしまうのである。

【0055】

そこで、本実施形態の暖機制御では、特定の代表セルの検出インピーダンスではなく、ヒータ 67 の温度、具体的にはその抵抗値に基づいて、ヒータ制御や活性判定を行う。ヒータ温度は検出素子部全体の温度と相関性がよく、ヒータ 67 が十分暖まっていれば、検出素子部全体が十分暖まっており、全てのセルが暖機状態になっているとみなすことができ、またリード部 70 の少なくともセンサ側の部分の温度やインピーダンス（抵抗）も安定している。さらに各セルとリード部 70 の温度差も小さくなっている。よって、ヒータ 67 の温度と相関性を有するヒータ 67 の抵抗を検出し、この検出されたヒータ抵抗に基づいてヒータ制御を行う。なお、ヒータ 67 の温度が高くなるほどヒータ 67 の抵抗も高くなる。

40

【0056】

ヒータ 67 に対する通電制御は、定電圧（典型的にはバッテリー電圧、例えば $12\ (V)$ ）を用いたデューティ制御によってなされる。またヒータ抵抗の検出は、 100% デュー

50

ティの電力をヒータ67に供給したときにヒータ67に流れる電流を検出することによりなされる。ヒータ抵抗を R_h 、供給電圧を V_h 、検出電流を I_h とすると、ヒータ抵抗は $R_h = V_h / I_h$ から算出される。

【0057】

図5に示すように、暖機制御開始時以降、ヒータ67には電力が供給され、これに伴ってヒータ温度及びヒータ抵抗 d が上昇し、ヒータ電流 e は低下していく。このとき、検出されたヒータ抵抗 d が、目標温度(約700~750)相当の所定の目標値 R_{hL} に近づくよう、ヒータへの供給電力が制御され、より具体的には検出されたヒータ抵抗 d に基づいてヒータ67への供給電力(デューティ)がフィードバック制御される。この際、検出されたヒータ抵抗 d と目標値 R_{hL} との差が大きいとき(所定値以上であるとき)には最大電力(100%デューティ)を供給するのが好ましい。そして、検出されたヒータ抵抗 d が目標値 R_{hL} に達したならば(時刻 t_2)、これと同時に、或いはこの後の所定時点において、活性判定を行い、且つ、暖機制御を、モニタセルの検出インピーダンスに基づくフィードバック制御に切り替える。即ち従来同様、モニタセルの検出インピーダンス a が所定の目標値 Z_t に維持されるように、ヒータ67への供給電力、具体的にはデューティが制御される。活性判定と同時に暖機が実質的に終了となり、各セルの出力は利用可能となり、NOxセンサ50によるNOx濃度及び酸素濃度の検出が開始される。

【0058】

ヒータ抵抗 R_h の目標値 R_{hL} は、モニタセルの温度とヒータ温度との差が比較的小さい所定値以内となったとき(即ち、検出素子部全体が十分暖機されたと推定されるとき)のヒータ抵抗と等しくなるように設定されている。また、ヒータ抵抗の目標値 R_{hL} は、モニタセルの検出インピーダンスが目標値 Z_t に最初に達した時 t_1 よりも遅い時点 t_2 で、ヒータ抵抗 R_h が目標値 R_{hL} に達するように設定されている。従って、ヒータ抵抗 R_h が目標値 R_{hL} に達した時に活性判定し、フィードバック制御に移行することにより、活性判定時以降、全てのセルの温度変化を抑制し、セル温度変化による検出精度低下を防止して検出精度を高めることができる。

【0059】

一方、活性判定時以降は検出インピーダンスに基づくフィードバック制御を行うので、セルから離れたヒータの抵抗値に基づく制御の欠点、即ち排気温度変動等の外乱によるセル温度変動を抑制できる。要するに本実施形態は、検出インピーダンスに基づく活性判定の欠点をヒータ抵抗に基づく活性判定で補い、活性判定時以降のヒータ抵抗に基づく制御の欠点を検出インピーダンスに基づく制御で補うものである。

【0060】

なお、本実施形態では、前記目標値 R_{hL} を下限値とするヒータ抵抗の目標範囲 $R_{hL} \sim R_{hH}$ が予め設定され、検出されたヒータ抵抗 R_h がこの目標範囲に入ったときに活性判定し、ヒータ制御をフィードバック制御に切り替えるようにしている。また、ヒータ電流がヒータ抵抗と相関関係にあるので、ヒータ抵抗の代わりにヒータ電流を用いてもよい。この場合、ヒータ電流が目標値以下に達したとき又は目標範囲に入ったときに、活性判定を行い、且つヒータ制御をフィードバック制御に切り替える。

【0061】

また本実施形態では、検出されたヒータ抵抗 d が目標値 R_{hL} に達した時(時刻 t_2)から、比較的短い所定時間(例えば5秒)を経過した時点で、活性判定を行い、且つ、暖機制御を、モニタセルの検出インピーダンスに基づくフィードバック制御に切り替えるようにしている。このようなディレイを行う理由は、ヒータ抵抗 d が目標値 R_{hL} に達した時点では検出インピーダンス a と目標値 Z_t との差が比較的大きく、セル温度を下げる方向に制御が行われてしまう可能性が高いからである。逆に、かかるディレイを行うようにすれば、切替時点での検出インピーダンス a と目標値 Z_t との差を少なくし、切替時点からセル温度をほぼ一定に保つよう制御を行うことができる。

【0062】

図9は、従来と本実施形態の暖機制御の効果を比較するための概略図である。破線が従

10

20

30

40

50

来の場合、実線が本実施形態の場合である。図示するように、従来は、活性判定時 t_1 以降もモニタセル温度が暫くの間上昇し、この間で温度変化に基づく検出精度悪化を引き起こしていた。しかし、本実施形態の場合、活性判定時 t_2 以降、モニタセル温度を一定に維持できるので、セル温度変化に基づく検出精度悪化を防止することが可能である。本実施形態では従来より検出インピーダンスに基づくフィードバック制御を開始するタイミングが遅いので、セル温度を目標温度に到達させるタイミングが早くなり、結果的に従来より早いタイミングから正確なセル出力、センサ出力を得ることができるようになる。

【0063】

以下、ECU100によって実行される暖機制御ルーチンを図10を用いて説明する。当該ルーチンはECU100により所定周期（例えば16msec）毎に繰り返し実行される。

10

【0064】

最初のステップS101では、エンジン始動後であるか否かが判断される。エンジン始動後でない、即ちエンジンが未だ始動されてないと判断された場合、本ルーチンが終了される。他方、エンジン始動後であると判断された場合、ステップS102において、ヒータ抵抗 R_h が検出される。

【0065】

次のステップS103においては、後述するディレイ完了フラグがオンか否かが判断される。フラグがオンでない（オフである）場合、ステップS104に進んで、検出されたヒータ抵抗 R_h が R_{hL} 、 R_h 、 R_{hH} を満たすような所定範囲内にあるか否かが判断される。かかる範囲内ないと判断された場合、ステップS105において、検出されたヒータ抵抗 R_h が目標値 R_{hL} に近づくようにヒータ供給電力（具体的にはデューティ）がフィードバック制御される。これによりヒータ67は速やかに加熱される。

20

【0066】

なお、ヒータ抵抗 R_h の所定範囲は例えば0.04（ Ω ）である。またヒータ抵抗 R_h の代用値としてヒータ電流を用いることもできるが、この場合ヒータ電流 I_h の範囲は例えば0.4（A）である。

【0067】

他方、ステップS104において、ヒータ抵抗 R_h が所定範囲内にあると判断された場合、ステップS106においてディレイ時間 T が計測される。この計測はECU100に装備されたタイマによって行われ、ステップS104の判定結果が最初にイエスとなった時点から開始される。その後ステップS107では、計測されたディレイ時間 T が所定時間 T_s （例えば5秒）を超えたか否かが判断される。ディレイ時間 T が所定時間 T_s 以内の場合、ステップS105に進んで、ヒータ抵抗 R_h に基づくヒータのフィードバック制御が行われる。

30

【0068】

他方、ディレイ時間 T が所定時間 T_s を超えた場合、ステップS108に進んでディレイ完了フラグがオンされる。そして、ステップS109において、モニタセルMの検出インピーダンス Z_m が取得されると共に、この検出インピーダンス Z_m が目標値 Z_t になるようにヒータ供給電力（具体的にはデューティ）がフィードバック制御される。図示しないが、ステップS108でディレイ完了フラグがオンされると同時に、活性判定がなされ、各セルの出力及びNOxセンサ50の出力 I_x が利用可能となる。

40

【0069】

また、ステップS103においてディレイ完了フラグがオンである場合には、直接ステップS109に進んで検出インピーダンス Z_m に基づくヒータのフィードバック制御が実行される。

【0070】

このルーチンによれば、エンジン始動後の暖機初期過程においてヒータ抵抗 R_h がまだ所定範囲内となっていないときには、ディレイ完了フラグがオフなので、ステップS105に進んでヒータ抵抗 R_h に基づくフィードバック制御が行われる。そしてその後ヒータ抵

50

抗 R_h が所定範囲内となっても、ディレイ時間 T が所定時間 T_s を超える前は、ステップ $S105$ においてヒータ抵抗 R_h に基づくフィードバック制御が行われる。ディレイ時間 T が所定時間 T_s を最初に超えた時、ステップ $S108$ でディレイ完了フラグがオンされ、ステップ $S109$ で検出インピーダンス Z_m に基づくフィードバック制御が行われる。それ以降は、ディレイ完了フラグがオンなので、ステップ $S103$ からステップ $S109$ に直接進んで検出インピーダンス Z_m に基づくフィードバック制御が行われる。ディレイ完了フラグが一旦オンとなった後は、たとえヒータ抵抗 R_h が所定範囲外となっても、ステップ $S103$ からステップ $S109$ に至るルートが確立されているので、検出インピーダンス Z_m に基づくフィードバック制御が継続して実行される。

【0071】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は他の実施形態を採ることも可能である。例えば、エンジン始動時のエンジン冷却水の温度を検出し、この水温が高温の所定値以上であるときには全セルが暖機状態にあるとみなして、始動直後から検出インピーダンスに基づくフィードバック制御を行ってもよい。或いは、エンジンの前回停止時から今回始動時までの時間を検出し、この時間が比較的短い所定時間以内であるときには、全セルが暖機状態に維持されているとみなして、始動直後から検出インピーダンスに基づくフィードバック制御を行ってもよい。前記実施形態では、活性判定前にヒータ抵抗に基づくフィードバック制御を実行するようにしたが、ヒータ抵抗を目標値に近づけるようなオープン制御を実行してもよい。この場合、ヒータに最大電力を連続的に供給してもよいし、最大電力未満の電力を供給してもよい。センサの早期活性化とヒータの耐久性とのバランスを考慮して電力値を適宜設定することができる。前記実施形態ではインピーダンス検出対象のセルをモニタセルとしたが、他のポンプセル又はセンサセルとすることも可能である。また、ヒータ抵抗の目標値を、二以上のセル或いは全てのセルの検出インピーダンスがそれぞれ目標値に最初に達した時よりも遅い時点で、ヒータ抵抗が目標値に達するように設定してもよい。こうするとヒータ抵抗が目標値に達した時点でのセル暖機状態をより多くのセルについて担保でき、活性判定時以降の全てのセルの温度変化をより一層確実に抑制することが可能となる。

【0072】

本発明は内燃機関以外の任意の技術分野においても適用可能である。また内燃機関に適用する場合、内燃機関は圧縮着火式内燃機関のほか、例えば火花点火式内燃機関、特に直噴リーンバーンガソリンエンジン等であってもよい。また排気浄化システムについても前記尿素 SCR システムの他、任意の排気浄化システムが可能である。 NO_x センサは上記の構造に限定されず、また NO_x センサ以外の他のガス濃度センサにも本発明は適用可能である。

【0073】

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

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明の実施形態に係る内燃機関の概略的なシステム図である。

【図2】 NO_x センサの検出素子部の構造を示す断面図である。

【図3】図2の $III-III$ 断面図である。

【図4】図2の $IV-IV$ 断面図である。

【図5】 NO_x センサの暖機過程における各値の変化を示すグラフである。

【図6】モニタセルに関する温度とインピーダンスの関係を示すグラフである。

【図7】モニタセルのインピーダンスを検出する方法を説明するための図である。

【図8】モニタセル温度と検出インピーダンス内訳との変化の様子を示す図である。

【図9】従来と本実施形態の暖機制御の効果を比較するための概略図である。

【図 10】暖機制御ルーチンのフローチャートである。

【符号の説明】

【 0 0 7 5 】

10 エンジン

1 5 排气通路

2 6 クランク角センサ

27 アクセル開度センサ

50 NOx センサ

67 ヒータ

100 電子制御ユニット (ECU)

P ポンプセル

M モニタセル

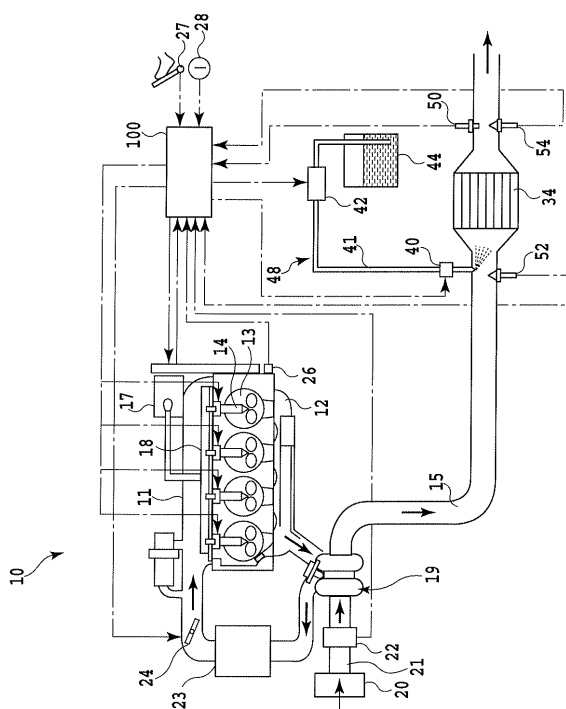
S センサセル

Z m モニタセルの検出インピーダンス

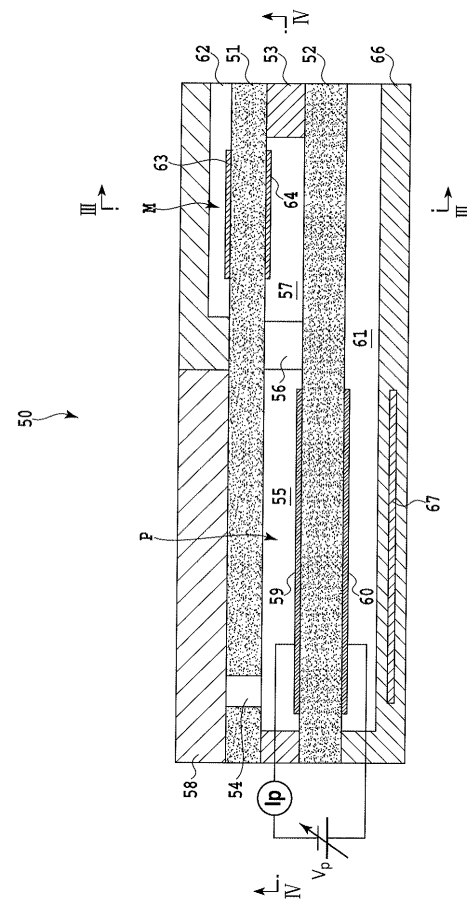
R h ヒータの抵抗

10

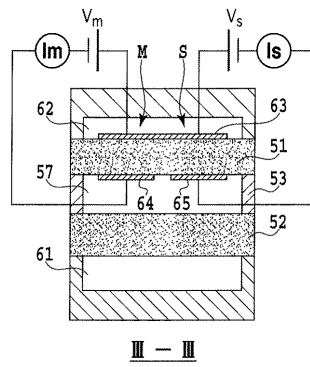
【 図 1 】



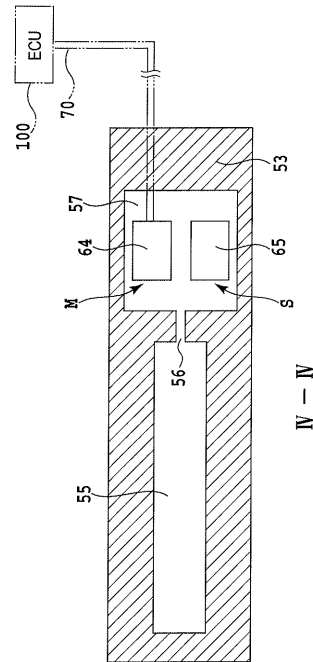
【圖 2】



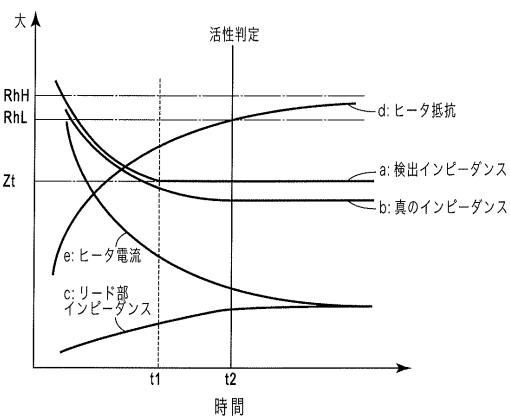
【図 3】



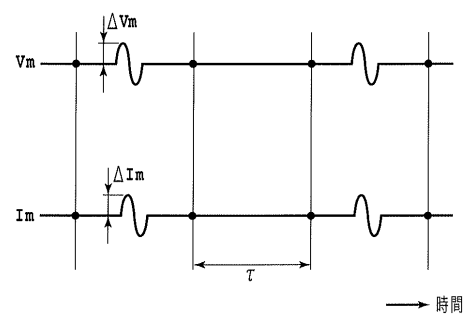
【図 4】



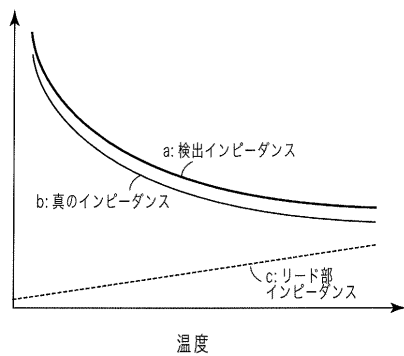
【図 5】



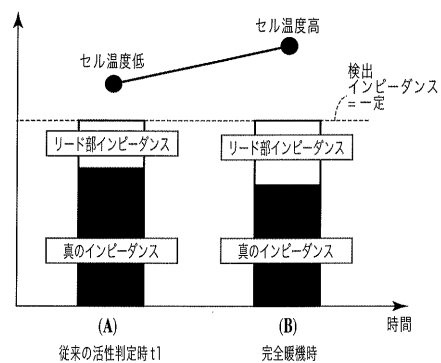
【図 7】



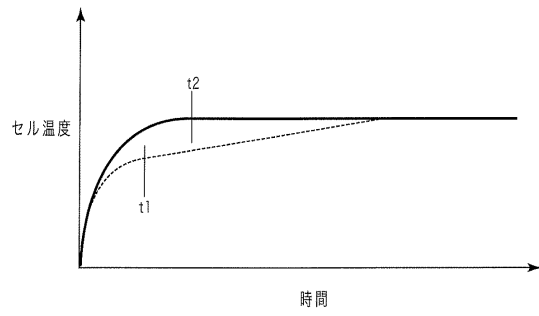
【図 6】



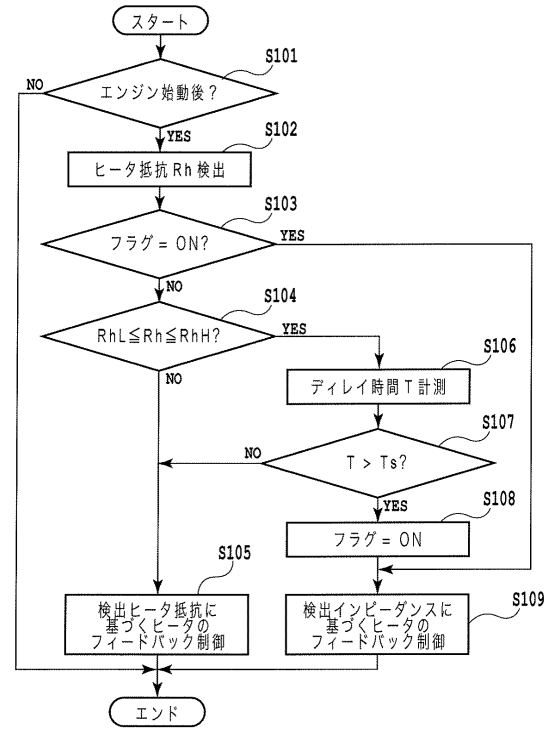
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平08-278279(JP,A)
特開2000-171439(JP,A)
特開平11-271264(JP,A)
特開2002-048762(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/416
G01N 27/419
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamII)