

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5145292号
(P5145292)

(45) 発行日 平成25年2月13日 (2013. 2. 13)

(24) 登録日 平成24年11月30日 (2012. 11. 30)

(51) Int. Cl.

F I

GO 1 N 27/419 (2006.01)

GO 1 N 27/46 3 2 7 N

GO 1 N 27/46 3 2 7 R

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-147248 (P2009-147248)	(73) 特許権者	501418498
(22) 出願日	平成21年6月22日 (2009. 6. 22)		矢崎エナジーシステム株式会社
(65) 公開番号	特開2011-2403 (P2011-2403A)		東京都港区三田1丁目4番28号
(43) 公開日	平成23年1月6日 (2011. 1. 6)	(74) 代理人	100145908
審査請求日	平成24年5月7日 (2012. 5. 7)		弁理士 中村 信雄
		(74) 代理人	100136711
			弁理士 益頭 正一
		(72) 発明者	岡本 卓
			静岡県浜松市天竜区二俣町南鹿島23 矢
			崎資源株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 隆之
			静岡県浜松市天竜区二俣町南鹿島23 矢
			崎資源株式会社内
		審査官	黒田 浩一
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空燃比センサ、及び空燃比測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

定電流回路から供給される定電流に応じた濃度の酸素ガスをガス律速体に供給するポンピングセルと、

電圧回路から電圧が印加されると共に、前記ポンピングセルによって供給された酸素ガスの濃度と自然拡散により前記ガス律速体に導入されたガスの濃度とに応じた電流を出力可能なセンサセルと、

前記センサセルの電極間の電位差を検出する電位差検出手段と、

前記電位差検出手段により検出された電位差に応じて、前記電圧回路の電圧値を制御する制御手段と、

を備えることを特徴とする空燃比センサ。

【請求項 2】

前記制御手段は、前記電位差が所定値以上である場合に還元雰囲気であると判断して前記電圧回路の電圧値を還元雰囲気に応じた電圧値とすると共に、前記電位差が所定値未満である場合に酸化雰囲気であると判断して前記電圧回路の電圧値を酸化雰囲気に応じた電圧値とする

ことを特徴とする請求項 1 に記載の空燃比センサ。

【請求項 3】

前記電位差検出手段は、前記電圧回路からの印加電圧の遮断時において前記センサセルの電極間の電位差を検出する

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 のいずれかに記載の空燃比センサ。

【請求項 4】

前記ポンピングセルは、前記ガス律速体側から順に第 1 電極と、ポンピングセル側固体電解質と、第 2 電極とを順次積層させた積層構造からなる

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の空燃比センサ。

【請求項 5】

前記センサセルは、前記ガス律速体側から順に第 3 電極と、センサセル側固体電解質と、第 4 電極とを順次積層させた積層構造からなる

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の空燃比センサ。

【請求項 6】

定電流回路から供給される定電流に応じた濃度の酸素ガスをガス律速体に供給するポンピングセルと、電圧回路から電圧が印加されると共に、前記ポンピングセルによって供給された酸素ガスの濃度と前記ガス律速体の自然拡散によりガス律速体に導入されたガスの濃度とに応じた電流を出力可能なセンサセルと、を備えた空燃比センサの空燃比測定方法であって、

前記センサセルの電極間の電位差を検出する電位差検出工程と、

前記電位差検出工程において検出された電位差に応じて、前記電圧回路の電圧値を制御する制御工程と、

を有することを特徴とする空燃比測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、空燃比センサ、及び空燃比測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、限界電流に基づいて雰囲気中の酸素濃度を測定する限界電流式酸素センサが知られている。この限界電流式酸素センサは、車両の排気ガスが排出される排気通路に配置され、空燃比を検出するための空燃比センサとして用いられることがある（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 101201 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来の空燃比センサでは、理想空燃比が 15 % 以上、すなわち余剰酸素が存在する酸化雰囲気において出力電流がリニアに変化するため空燃比の計測が可能であるものの、余剰酸素が存在しない還元雰囲気では出力電流がリニアに変化せず、空燃比の計測が困難となってしまう。

【0005】

本発明はこのような従来の課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、還元雰囲気における測定制度について向上させることが可能な空燃比センサ、及び空燃比測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の空燃比センサは、定電流回路から供給される定電流に応じた濃度の酸素ガスをガス律速体に供給するポンピングセルと、電圧回路から電圧が印加されると共に、前記ポンピングセルによって供給された酸素ガスの濃度と自然拡散により前記ガス律速体に導入されたガスの濃度とに応じた電流を出力可能なセンサセルと、前記センサセルの電極間の

10

20

30

40

50

電位差を検出する電位差検出手段と、前記電位差検出手段により検出された電位差に応じて、前記電圧回路の電圧値を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0007】

また、本発明の空燃比センサにおいて、前記制御手段は、前記電位差が所定値以上である場合に還元雰囲気であると判断して前記電圧回路の電圧値を還元雰囲気に応じた電圧値とすると共に、前記電位差が所定値未満である場合に酸化雰囲気であると判断して前記電圧回路の電圧値を酸化雰囲気に応じた電圧値とすることが好ましい。

【0008】

この空燃比センサによれば、センサセルの電極間の電位差を検出し、検出された電位差に応じて、電圧回路の電圧値を制御する。ここで、本件出願人は、酸化雰囲気におけるセンサセルの電極間電位差と、還元雰囲気におけるセンサセルの電極間電位差が異なることを見出した。すなわち、還元雰囲気において一方の電極の酸素濃度はポンピングセル側から供給される酸素により酸素濃度が高くなるが、他方の電極の酸素濃度は還元雰囲気に曝されて酸素濃度が低くなる。このように、電極間において酸素濃度に差が生じる。これにより、電極間電位差が異なることとなり、酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかを判断でき、これに応じて電圧回路の印加電圧を設定できることとなる。従って、酸化雰囲気においても還元雰囲気においても出力電流がリニアに変化するように電圧回路の印加電圧を設定でき、還元雰囲気における測定制度について向上させることができる。

10

【0009】

また、本発明の空燃比センサにおいて、前記電位差検出手段は、前記電圧回路からの印加電圧の遮断時において前記センサセルの電極間の電位差を検出することが好ましい。

20

【0010】

この空燃比センサによれば、電位差検出手段は、電圧回路からの印加電圧の遮断時においてセンサセルの電極間の電位差を検出する。このため、電位差検出にあたり印加電圧が電位差に合算してしまい、正確な電位差を検出できなくなってしまう事態を防止することができる。

【0011】

また、本発明の空燃比センサにおいて、前記ポンピングセルは、前記ガス律速体側から順に第1電極と、ポンピングセル側固体電解質と、第2電極とを順次積層させた積層構造からなることが好ましい。

30

【0012】

この空燃比センサによれば、ポンピングセルは、ガス律速体側から順に第1電極と、ポンピングセル側固体電解質と、第2電極とを順次積層させた積層構造からなるため、簡素の構成により空燃比センサを製造等することができる。

【0013】

また、本発明の空燃比センサにおいて、前記センサセルは、前記ガス律速体側から順に第3電極と、センサセル側固体電解質と、第4電極とを順次積層させた積層構造からなることが好ましい。

【0014】

この空燃比センサによれば、センサセルは、ガス律速体側から順に第3電極と、センサセル側固体電解質と、第4電極とを順次積層させた積層構造からなるため、簡素の構成により空燃比センサを製造等することができる。

40

【0015】

また、本発明の空燃比測定方法は、定電流回路から供給される定電流に応じた濃度の酸素ガスをガス律速体に供給するポンピングセルと、電圧回路から電圧が印加されると共に、前記ポンピングセルによって供給された酸素ガスの濃度と前記ガス律速体の自然拡散によりガス律速体に導入されたガスの濃度とに応じた電流を出力可能なセンサセルと、を備えた空燃比センサの空燃比測定方法であって、前記センサセルの電極間の電位差を検出する電位差検出工程と、前記電位差検出工程において検出された電位差に応じて、前記電圧回路の電圧値を制御する制御工程と、を有することを特徴とする。

50

【 0 0 1 6 】

この空燃比測定方法によれば、センサセルの電極間の電位差を検出し、検出された電位差に応じて、電圧回路の電圧値を制御する。ここで、本件出願人は、酸化雰囲気におけるセンサセルの電極間電位差と、還元雰囲気におけるセンサセルの電極間電位差が異なることを見出した。すなわち、還元雰囲気において一方の電極の酸素濃度はポンピングセル側から供給される酸素により酸素濃度が高くなるが、他方の電極の酸素濃度は還元雰囲気に曝されて酸素濃度が低くなる。このように、電極間において酸素濃度に差が生じる。これにより、電極間電位差が異なることとなり、酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかを判断でき、これに応じて電圧回路の印加電圧を設定できることとなる。従って、酸化雰囲気においても還元雰囲気においても出力電流がリニアに変化するように電圧回路の印加電圧を設定でき、還元雰囲気における測定制度について向上させることができる。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

本発明によれば、還元雰囲気における測定制度について向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図 1】本発明の実施形態に係る空燃比センサの構成図である。

【図 2】酸化雰囲気における限界電流を示すグラフであり、(a) はポンピングセルに定電流を供給しない場合の限界電流を示し、(b) はポンピングセルに定電流を供給した場合の限界電流を示している。

20

【図 3】酸化雰囲気において電圧回路による印加電圧が 0 . 8 V のときの限界電流を示すグラフである。

【図 4】還元雰囲気における電流を示すグラフであり、(a) はポンピングセルに定電流を供給しない場合の電流を示し、(b) はポンピングセル 2 0 に定電流を供給した場合の電流を示している。

【図 5】還元雰囲気において電圧回路による印加電圧が 0 . 4 V のときの電流を示すグラフである。

【図 6】酸化雰囲気及び還元雰囲気における電流値を示すグラフである。

【図 7】本実施形態に係る空燃比センサにより空燃比測定方法を示すフローチャートである。

30

【図 8】本実施形態に係る空燃比センサによる空燃比と出力電流との相関を示す特性図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、本発明の実施形態に係る空燃比センサの構成図である。図 1 に示す空燃比センサ 1 は、車両の排気ガスが排出される排気通路に配置され、空燃比を検出するためのものである。

【 0 0 2 0 】

この空燃比センサ 1 は、ガス律速体 1 0 と、ポンピングセル 2 0 と、センサセル 3 0 と、定電流回路 4 0 と、電圧回路 5 0 と、出力電流測定部 6 0 と、電位差測定部（電位差検出手段）7 0 と、制御部（制御手段）8 0 とを備えている。

40

【 0 0 2 1 】

ガス律速体 1 0 は、例えば多孔質セラミック基板からなり、拡散律速された酸素ガスをセンサセル 3 0 側に供給するものとして機能する。

【 0 0 2 2 】

ポンピングセル 2 0 は、酸素ガスをガス律速体 1 0 に供給するものであって、ガス律速体 1 0 側から順に、第 1 電極 2 1 と、固体電解質（ポンピングセル側固体電解質）2 3 と、第 2 電極 2 2 とを積層した積層構造となっている。詳細に第 1 電極 2 1 は、白金などからなる例えば平板状の部材であって、ガス律速体 1 0 の一面側に設けられている。固体電解質 2 3 は、安定化ジルコニアからなる部材であって、図 1 に示すように例えば断面略 L

50

字状に形成されている。この固体電解質 23 は、第 1 電極 21 の一部を覆うと共に L 字の先端側がガス律速体 10 に接するように配置されている。第 2 電極 22 は、第 1 電極 21 と同様に白金などからなり、例えば断面略 L 字状に形成されている。この第 2 電極 22 は、固体電解質 23 の一部を覆うと共に L 字の先端側がガス律速体 10 に接するように配置されている。

【0023】

なお、各電極 21, 22 及び固体電解質 23 は、図 1 に示した形状に限るものではない。例えば、第 2 電極 22 及び固体電解質 23 がすべて平板状であってもよいし、第 1 電極 21 が断面 L 字状であってもよい。また、各電極 21, 22 及び固体電解質 23 は、他の形状であってもよい。加えて、各電極 21, 22 及び固体電解質 23 を平面視した形状は、各電極 21, 22 の配索の関係などから種々の形状を採用可能である。

10

【0024】

センサセル 30 は、ガス濃度に応じた電流を発生させるものであって、ガス律速体 10 側から順に、第 3 電極 31 と、固体電解質（センサセル側固体電解質）33 と、第 4 電極 32 とを積層した積層構造となっている。詳細に第 3 電極 31 は、白金などからなる例えば平板状の部材であって、ガス律速体 10 の他面側に設けられている。固体電解質 33 は、安定化ジルコニアからなる部材であって、図 1 に示すように例えば断面略 L 字状に形成されている。この固体電解質 33 は、第 3 電極 31 の一部を覆うと共に L 字の先端側がガス律速体 10 に接するように配置されている。第 4 電極 32 は、第 3 電極 31 と同様に白金などからなり、例えば断面略 L 字状に形成されている。この第 4 電極 32 は、固体電解質 33 の一部を覆うと共に L 字の先端側がガス律速体 10 に接するように配置されている。

20

【0025】

なお、各電極 21, 22 及び固体電解質 23 は、図 1 に示した形状に限るものではない。例えば、第 2 電極 22 及び固体電解質 23 がすべて平板状であってもよいし、第 1 電極 21 が断面 L 字状であってもよい。また、各電極 21, 22 及び固体電解質 23 は、他の形状であってもよい。加えて、各電極 21, 22 及び固体電解質 23 を平面視した形状は、各電極 21, 22 の配索の関係などから種々の形状を採用可能である。

【0026】

定電流回路 40 は、ポンピングセル 20 に定電流を供給するものである。この定電流回路 40 は、第 1 電極 21 が陰極で第 2 電極 22 が陽極となるように接続される。また、定電流回路 40 の接続により、ポンピングセル 20 は、定電流に応じた濃度の酸素ガスをガス律速体 10 に供給することとなる。

30

【0027】

電圧回路 50 は、センサセル 30 に電圧を印加するものである。また、センサセル 30 と電圧回路 50 との間には、出力電流測定部 60 が直列接続されている。出力電流測定部 60 は、センサセル 30 の電極 31, 32 間に流れる電流の値を測定するものである。

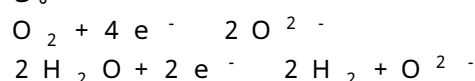
【0028】

電位差測定部 70 は、センサセル 30 の電極 31, 32 間の電位差を検出するものである。制御部 80 は、空燃比センサ 1 の周囲雰囲気（酸化雰囲気（余剰酸素が存在する雰囲気）であるか還元雰囲気（酸素がゼロ又はほぼゼロの雰囲気）であるか）に応じて、電圧回路 50 の電圧値を制御するものである。周囲雰囲気が酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかについては、電位差測定部 70 により検出された電位差に応じて判断される。

40

【0029】

次に、本実施形態に係る空燃比センサ 1 の基本動作を説明する。まず、定電流回路 40 はポンピングセル 20 に定電流を供給する。これにより、ポンピングセル 20 は、第 2 電極 22 において酸素ガス O_2 、水蒸気 H_2O 、及び炭酸ガス CO_2 を下記式により分解する。



50



また、分解された酸素イオンは固体電解質 2 3 へ汲み取られ、固体電解質 2 3 中を伝導し、第 1 電極 2 1 に達する。そして、酸素イオンは、第 1 電極 2 1 において電子を放出し、酸素ガスとなってガス律速体 1 0 に導入される。

【 0 0 3 0 】

また、図 1 に示すように、ガス律速体 1 0 の側面などは電極 2 1 , 3 1 等が載置されておらず排気通路を流れる排ガスに曝されるため、ガス律速体 1 0 には自然拡散により排ガスが導入される。ここで、空燃比センサ 1 の周囲雰囲気は酸化雰囲気である場合、排ガス中の酸素が自然拡散によりガス律速体 1 0 に導入される。

【 0 0 3 1 】

このため、センサセル 3 0 の第 3 電極 3 1 には、ポンピングセル 2 0 から送られてきた酸素ガスと自然拡散により導入された酸素ガスとが到達することとなる。そして、酸素ガスは第 3 電極 3 1 において電子を受け取って酸素イオンとなり、酸素イオンは、固体電解質 3 3 中を伝導し、第 4 電極 3 2 において電子を放出して酸素ガスとなる。特に、センサセル 3 0 では電極 3 1 , 3 2 において電子の授受があるため、電流が流れることとなる。また、流れる電流の値は、電圧回路 5 0 の電圧値が高くなると初期的には電圧値の上昇にあわせて高くなっていくが、ある電圧値以上となると電流値は上昇せずに飽和状態となる。これを限界電流という。

【 0 0 3 2 】

図 2 は、酸化雰囲気における限界電流を示すグラフであり、(a) はポンピングセル 2 0 に定電流を供給しない場合の限界電流を示し、(b) はポンピングセル 2 0 に定電流を供給した場合の限界電流を示している。

【 0 0 3 3 】

ポンピングセル 2 0 に定電流を供給しない場合、自然拡散のみによってガス律速体 1 0 に酸素ガスが導入されることとなる。この場合、図 2 (a) に示すように、酸素濃度が 2 1 % のときの限界電流は約 0 . 2 8 m A となる。また、酸素濃度が 1 0 % であるとき、限界電流は約 0 . 1 3 m A となり、酸素濃度が 1 % であるとき、限界電流は約 0 . 0 1 m A となる。

【 0 0 3 4 】

一方、ポンピングセル 2 0 に 0 . 5 m A の定電流を供給した場合、ポンピングセル 2 0 及び自然拡散の双方によって酸素ガスが導入されることとなる。この場合、図 2 (b) に示すように、酸素濃度が 2 1 % のときの限界電流は約 0 . 5 5 m A となる。また、酸素濃度が 1 0 % である場合、限界電流は約 0 . 4 2 m A となり、酸素濃度が 1 % である場合、限界電流は約 0 . 2 7 m A となる。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、酸化雰囲気において電圧回路 5 0 による印加電圧が 0 . 8 V のときの限界電流を示すグラフである。図 3 に示すように、酸化雰囲気において限界電流の値は酸素濃度にあわせてリニアに変化している。すなわち、限界電流の値は酸素濃度が高まるに従って、高くなる傾向にある。これにより、空燃比センサ 1 は、周囲雰囲気の酸素濃度を求めることができる。そして、酸素濃度から空燃比についても求めることが可能となる。

【 0 0 3 6 】

ところで、図 1 に示す空燃比センサ 1 の周囲雰囲気が還元雰囲気である場合、ガス律速体 1 0 には、自然拡散により排ガス中の未燃ガス (H C 、 C O 、 H ₂) が導入される。

【 0 0 3 7 】

このため、ガス律速体 1 0 においてポンピングセル 2 0 から供給された酸素ガスは、未燃ガスと反応して消費されてしまう。このため、還元雰囲気では、図 2 及び図 3 に示した特性とは異なった特性が得られてしまう。

【 0 0 3 8 】

図 4 は、還元雰囲気における電流を示すグラフであり、(a) はポンピングセル 2 0 に定電流を供給しない場合の電流を示し、(b) はポンピングセル 2 0 に定電流を供給した

10

20

30

40

50

場合の電流を示している。

【 0 0 3 9 】

ポンピングセル 2 0 に定電流を供給しない場合、すなわちガス律速体 1 0 に酸素ガスが供給されず、自然拡散によって未燃ガスが導入されることとなる。この場合、図 4 (a) に示すように、限界電流が得られなくなってしまう。具体的に説明すると、水素濃度 1 % ~ 2 % のいずれの場合においても、電流値が飽和する限界電流が存在しない。そして、電流値は、電圧回路 5 0 の印加電圧が約 1 V あたりで急激に上昇してしまう。

【 0 0 4 0 】

また、ポンピングセル 2 0 に 0 . 5 m A の定電流を供給した場合であっても、図 4 (b) に示すように限界電流が得られなくなってしまう。具体的には水素濃度が 1 % ~ 2 % のいずれの場合においても、電流値は電圧回路 5 0 の印加電圧の上昇にあわせて緩やかに上昇してしまい、限界電流が得られなくなってしまう。

10

【 0 0 4 1 】

図 5 は、還元雰囲気において電圧回路 5 0 による印加電圧が 0 . 4 V のときの電流を示すグラフである。図 5 に示すように、還元雰囲気において電流の値は水素濃度にあわせてリニアに変化しない。このため、空燃比センサ 1 は、周囲雰囲気の水素濃度を求めることができず、空燃比についても求めることができない。

【 0 0 4 2 】

しかし、本件出願人は、還元雰囲気においても限界電流と同様の特性を示す領域が存在することを見出した。図 6 は、酸化雰囲気及び還元雰囲気における電流値を示すグラフである。なお、図 6 に示す数値等は空燃費センサ 1 の素子温度が 6 5 0 のときに得られたものを示している。

20

【 0 0 4 3 】

図 6 に示すように、水素濃度が 1 % ~ 2 % の場合、符号 a で示す箇所、すなわち電圧回路 5 0 の印加電圧が - 0 . 7 V ~ 0 V の箇所では、水素濃度に応じて電流値が異なっている。従って、還元雰囲気においては、電圧回路 5 0 の印加電圧を - 0 . 7 V ~ 0 V とすることにより、水素濃度に応じた電流値を得ることができ、水素濃度を測定できることとなる。

【 0 0 4 4 】

これに対して酸化雰囲気では、符号 b で示す箇所、すなわち電圧回路 5 0 の印加電圧が 0 . 3 V ~ 1 . 0 V の箇所において、酸素濃度に応じて電流値が異なることとなる。このため、本実施形態に係る空燃比センサ 1 では、酸化雰囲気である場合には電圧回路 5 0 の印加電圧を例えば 0 . 4 V ~ 0 . 8 V 程度とし、還元雰囲気である場合には電圧回路 5 0 の印加電圧を例えば - 0 . 7 V ~ - 0 . 3 V 程度とする。これにより、出力電流測定部 6 0 は、酸化雰囲気と還元雰囲気との双方において、ガス濃度に応じた電流を得ることができる。

30

【 0 0 4 5 】

また、本件出願人は、図 6 の符号 c , d に示すように、酸化雰囲気と還元雰囲気とでは第 3 電極 3 1 と第 4 電極 3 2 との電位差に相違があることを見出した。すなわち、符号 c に示すように、酸化雰囲気では電極 3 1 , 3 2 間の電位差が約 0 . 2 V 程度であるが、還元雰囲気では電位差が約 0 . 9 V まで上昇することを見出した。

40

【 0 0 4 6 】

本実施形態に係る空燃比センサ 1 は、この電位差に基づいて、周囲雰囲気が酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかを判断して、電圧回路 5 0 の印加電圧を変更することとなる。

【 0 0 4 7 】

具体的に電位差は以下のようにして求めることができる。まず、第 3 電極 3 1 の電位 E_1 は、

$$E_1 = E_0 + (RT / 4F) \ln(pO_2 [1])$$

なる式によって表わすことができる。

50

【 0 0 4 8 】

また、第 4 電極 3 2 の電位 E_2 は、

$$E_2 = E_0 + (RT / 4F) \ln(pO_2[2])$$
 なる式によって表わすことができる。

【 0 0 4 9 】

ここで、 E_0 は起電力であり、 R は気体定数であり、 F はファラデー定数である。また、 $pO_2[1]$ は第 3 電極 3 1 における酸素濃度であり、 $pO_2[2]$ は第 4 電極 3 2 における酸素濃度である。

【 0 0 5 0 】

そして、電位差 E は、上記式から、

$$E = E_1 - E_2 = (RT / 4F) \ln(pO_2[1] / pO_2[2])$$
 で表わすことができる。この式から明らかなように、電位差は両電極 3 1, 3 2 の酸素濃度によって変化するといえる。

【 0 0 5 1 】

そして、両電極 3 1, 3 2 の酸素濃度は還元雰囲気において差が大きくなる。まず、空燃比センサ 1 においてポンピングセル 2 0 に定電流を供給した場合、ガス律速体 1 0 に酸素ガスが供給される。この酸素ガスは、還元雰囲気において一部消費されるが、残り一部の酸素ガスは第 3 電極 3 1 に到達する。これに対して、第 4 電極 3 2 は還元雰囲気に曝されており、酸素ガスが殆ど存在しない雰囲気となっている。これにより、 $(pO_2[1] / pO_2[2])$ の分母が小さくなり、全体として電位差が大きくなる。

【 0 0 5 2 】

よって、本実施形態に係る空燃比センサ 1 において制御部 8 0 は、電位差測定部 7 0 により測定された電位差が所定値（例えば 0.5 V）以上である場合に、還元雰囲気であると判断する。そして、制御部 8 0 は、電圧回路 5 0 の電圧を還元雰囲気に応じた電圧値（例えば図 6 において示した - 0.7 V ~ - 0.4 V であって具体的には - 0.5 V）とする。

【 0 0 5 3 】

また、制御部 8 0 は、電位差測定部 7 0 により測定された電位差が所定値（例えば 0.5 V）未満である場合に、酸化雰囲気であると判断する。そして、制御部 8 0 は、電圧回路 5 0 の電圧を酸化雰囲気に応じた電圧値（例えば図 6 において示した 0.4 V ~ 0.8 V であって具体的には 0.5 V）とする。

【 0 0 5 4 】

以上により、本実施形態に係る空燃比センサ 1 では還元雰囲気において水素濃度に応じた電流値を取得できると共に、酸化雰囲気においては酸素濃度に応じた電流値を取得することができる。なお、図 6 に示す例では素子温度が 650 であつたが、素子温度が変化すると上記した電圧値についても変化することとなる。

【 0 0 5 5 】

図 7 は、本実施形態に係る空燃比センサ 1 により空燃比測定方法を示すフローチャートである。まず、空燃比センサ 1 及びその周辺回路に電源電圧が供給されると、定電流回路 4 0 はポンピングセル 2 0 に対して定電流を供給する。そして、図 7 に示すフローチャートが実行される。

【 0 0 5 6 】

まず、制御部 8 0 は、電圧回路 5 0 をオフとする（S 1）。その後電位差測定は、第 3 電極 3 1 と第 4 電極 3 2 との電位差を測定する（S 2）。なお、ステップ S 1 において電源回路 5 0 をオフする理由は、電位差測定時に電圧回路 5 0 の電圧が重畳して正確な電位差を検出できなくなってしまう事態を防止するためである。

【 0 0 5 7 】

次に、制御部 8 0 は、ステップ S 2 において測定した電位差が 0.5 V 以上であるかを判断する（S 3）。電位差が 0.5 V 以上であると判断した場合（S 3：YES）、制御部 8 0 は還元雰囲気であると判断して（S 4）、電圧回路 5 0 の印加電圧を - 0.5 V と

10

20

30

40

50

する（Ｓ５）。そして、処理はステップＳ８に移行する。

【００５８】

一方、電位差が０．５Ｖ以上でないと判断した場合（Ｓ３：ＮＯ）、制御部８０は酸化雰囲気であると判断して（Ｓ６）、電圧回路５０の印加電圧を０．５Ｖとする（Ｓ７）。そして、処理はステップＳ８に移行する。

【００５９】

ステップＳ８において出力電流測定部６０は出力電流を測定する。そして、図７に示す処理は終了する。なお、出力電流の測定後、出力電流の値に基づいて所定の演算部が空燃比を演算することとなる。

【００６０】

図８は、本実施形態に係る空燃比センサ１による空燃比と出力電流との相関を示す特性図である。図８に示すように、酸化雰囲気及び還元雰囲気の双方において、出力電流は空燃比に応じてリニアに変化していることがわかる。これにより、本実施形態に係る空燃比センサ１は、酸化雰囲気のみならず還元雰囲気においても測定精度の向上が図れることとなる。

【００６１】

このようにして、本実施形態に係る空燃比センサ１及び空燃比測定方法によれば、センサセル３０の電極３１，３２間の電位差を検出し、検出された電位差に応じて、電圧回路５０の電圧値を制御する。ここで、本件出願人は、酸化雰囲気におけるセンサセル３０の電極間電位差と、還元雰囲気におけるセンサセル３０の電極間電位差が異なることを見出した。すなわち、還元雰囲気において一方の電極３１の酸素濃度はポンピングセル２０側から供給される酸素により酸素濃度が高くなるが、他方の電極３２の酸素濃度は還元雰囲気に曝されて酸素濃度が低くなる。このように、電極３１，３２間において酸素濃度に差が生じる。これにより、電極間電位差が異なることとなり、酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかを判断でき、これに応じて電圧回路５０の印加電圧を設定できることとなる。従って、酸化雰囲気においても還元雰囲気においても出力電流がリニアに変化するように電圧回路５０の印加電圧を設定でき、還元雰囲気における測定精度について向上させることができる。

【００６２】

また、電位差測定部７０は、電圧回路５０からの印加電圧の遮断時においてセンサセル３０の電極３１，３２間の電位差を検出する。このため、電位差検出にあたり印加電圧が電位差に合算してしまい、正確な電位差を検出できなくなってしまう事態を防止することができる。

【００６３】

また、ポンピングセル２０は、ガス律速体１０側から順に第１電極２１と、固体電解質２３と、第２電極２２とを順次積層させた積層構造からなるため、簡素の構成により空燃比センサ１を製造等することができる。

【００６４】

また、センサセル３０は、ガス律速体１０側から順に第３電極３１と、固体電解質３３と、第４電極３２とを順次積層させた積層構造からなるため、簡素の構成により空燃比センサ１を製造等することができる。

【００６５】

以上、実施形態に基づき本発明を説明したが、本発明は上記実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、変更を加えてもよい。例えば、本実施形態に係る空燃比センサ１において、制御部８０は、電位差に基づいて酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかを判断し、判断結果に基づいて電圧回路５０の印加電圧を調整しているが、制御部８０の構成はこれに限られるものではない。すなわち、制御部８０は、酸化雰囲気であるか還元雰囲気であるかを判断する機能を有しておらず、電位差に基づいて電圧回路５０の電圧値を調整するアナログ回路等であってもよい。

【符号の説明】

10

20

30

40

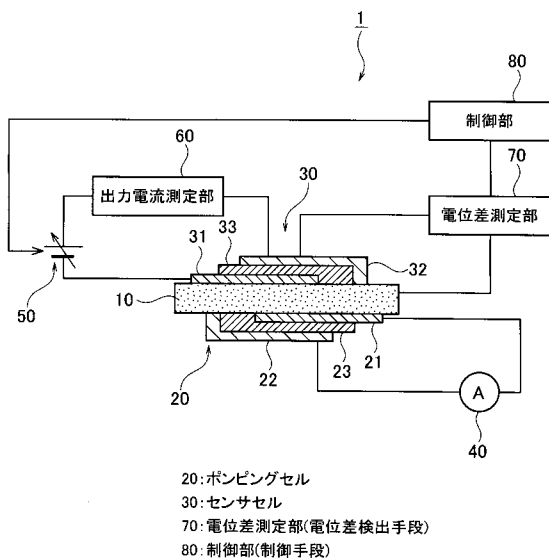
50

【 0 0 6 6 】

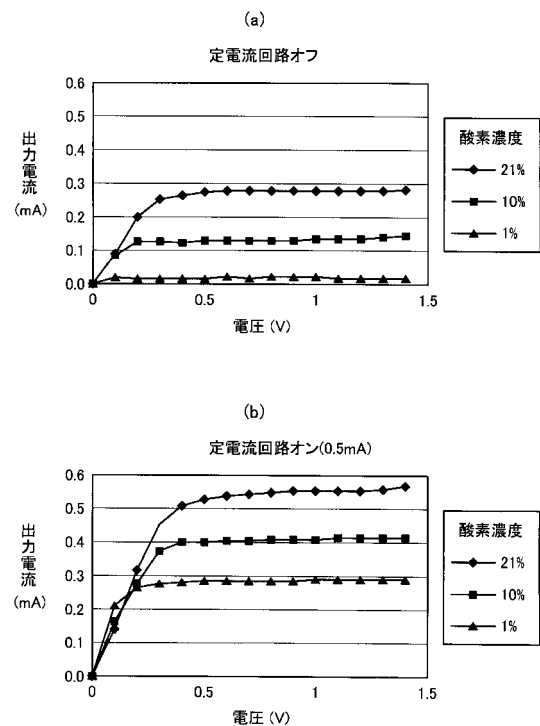
- 1 ... 空燃比センサ
- 1 0 ... ガス律速体
- 2 0 ... ポンピングセル
- 2 1 ... 第 1 電極
- 2 2 ... 第 2 電極
- 2 3 ... 固体電解質 (ポンピングセル側固体電解質)
- 3 0 ... センサセル
- 3 1 ... 第 3 電極
- 3 2 ... 第 4 電極
- 3 3 ... 固体電解質 (センサセル側固体電解質)
- 4 0 ... 定電流回路
- 5 0 ... 電圧回路
- 6 0 ... 出力電流測定部
- 7 0 ... 電位差測定部 (電位差検出手段)
- 8 0 ... 制御部 (制御手段)

10

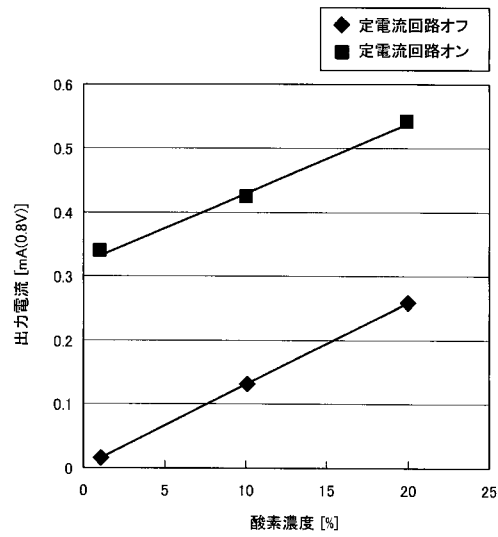
【 図 1 】



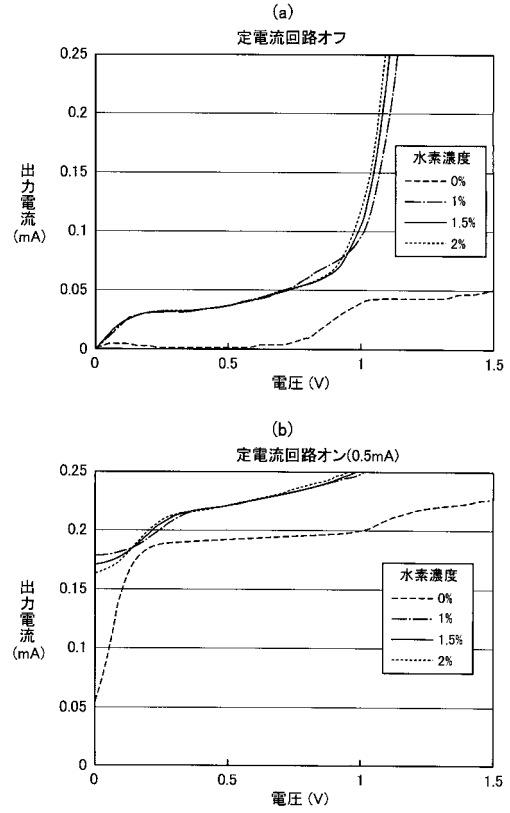
【 図 2 】



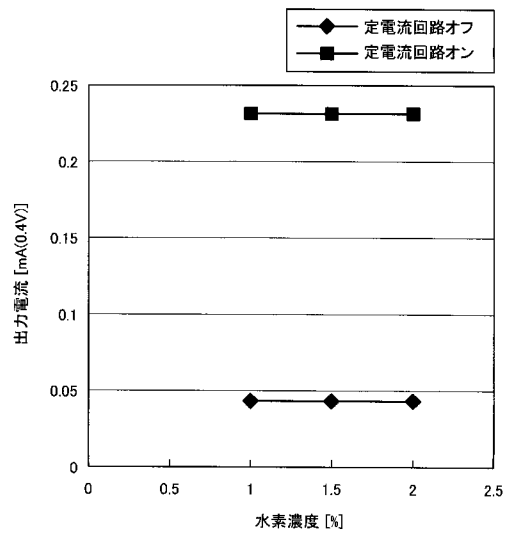
【図 3】



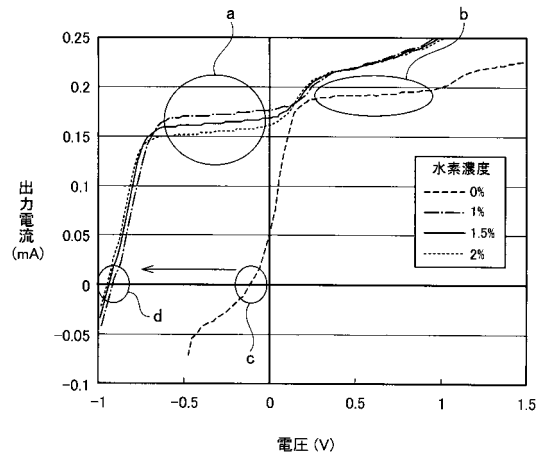
【図 4】



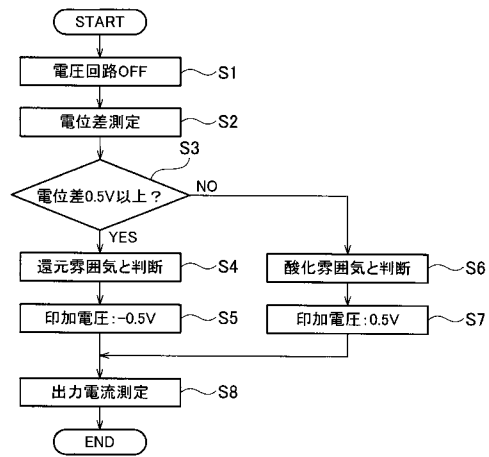
【図 5】



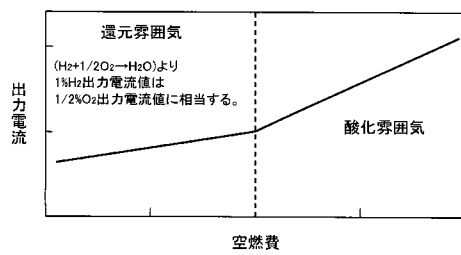
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-101201(JP,A)
特開2001-059833(JP,A)
特開2009-244051(JP,A)
特開2000-206083(JP,A)
特開平07-055765(JP,A)
特開平06-082417(JP,A)
特表平09-509747(JP,A)
特開2003-166968(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 27/419
G01N 27/41