

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 8 月 7 日(07.08.2014)



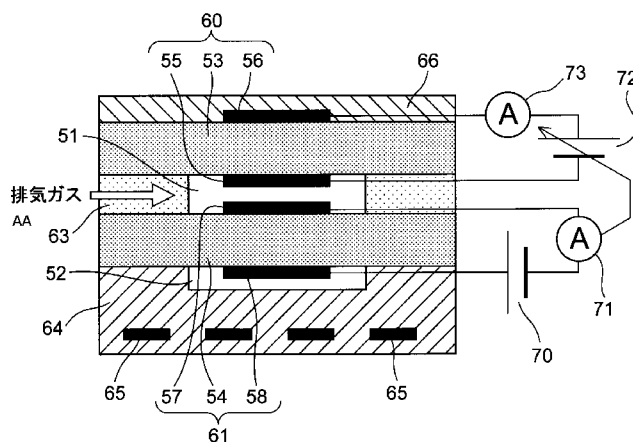
(10) 国際公開番号
WO 2014/118896 A1

- (51) 国際特許分類:
F02D 45/00 (2006.01) *G01N 27/41* (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/051918
- (22) 国際出願日: 2013 年 1 月 29 日(29.01.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (71) 出願人(米国についてのみ): 林下 剛(HAYASHITA, Go) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 青木 圭一郎(AOKI, Keiichiro) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目 5 番 1 号 虎ノ門 3 7 森ビル青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第 21 条(3))

(54) Title: CONTROL DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: 内燃機関の制御装置

図 5



AA Exhaust gas

(57) Abstract: This control device for an internal combustion engine is equipped with: an air/fuel ratio sensor provided to the exhaust passage of an internal combustion engine; and an engine control device that controls the internal combustion engine according to the output of the air/fuel ratio sensor. The air/fuel ratio sensor is equipped with: a gas chamber to be measured, into which exhaust gas flows; a pump cell that pumps oxygen into or out of the gas chamber to be measured according to the pump current; and a reference cell of which the reference cell output current detected varies according to the air/fuel ratio inside the gas chamber to be measured. The reference cell is equipped with: a first electrode that is exposed to the exhaust gas in the gas chamber to be measured; a second electrode exposed to a reference atmosphere; and a solid electrolyte layer arranged between the electrodes. The air/fuel ratio sensor is equipped with: a reference cell voltage applying device that applies a sensor applied voltage between the electrodes; and a reference cell output current detection device that detects, as the reference cell output current, the current flowing between the electrodes.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/118896 A1



内燃機関の制御装置は、内燃機関の排気通路に設けられた空燃比センサと、空燃比センサの出力に応じて内燃機関を制御する機関制御装置とを具備する。空燃比センサは、排気ガスが流入せしめられる被測ガス室と、ポンプ電流に応じて該被測ガス室内に対して酸素の汲み入れ及び汲み出しを行うポンプセルと、被測ガス室内の空燃比に応じて、検出される基準セル出力電流が変化する基準セルとを具備する。基準セルは、被測ガス室内の排気ガスに曝される第一電極と、基準雰囲気気中に曝される第二電極と、電極間に配置された固体電解質層とを具備する。空燃比センサは、電極間にセンサ印加電圧を印加する基準セル電圧印加装置と、電極間に流れる電流を前記基準セル出力電流として検出する基準セル出力電流検出装置とを具備する。

明 細 書

発明の名称： 内燃機関の制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、空燃比センサの出力に応じて内燃機関を制御する内燃機関の制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来から、内燃機関の排気通路に空燃比センサを設け、この空燃比センサの出力に基づいて内燃機関に供給する燃料量を制御する内燃機関の制御装置が広く知られている。また、斯かる制御装置で用いられる空燃比センサも広く知られている（例えば、特許文献１～６を参照）。

[0003] 斯かる空燃比センサは、大別すると、１セル型の空燃比センサ（例えば、特許文献２、４）と２セル型の空燃比センサ（例えば、特許文献１、３、５）とに分けられる。１セル型の空燃比センサでは、酸素イオンを通すことができる固体電解質層とその両側面上に設けられた二つの電極からなるセルが一つのみ設けられている。このうち一方の電極が大気に曝され、他方の電極が拡散律速層を介して排気ガスに曝される。このように構成された１セル型の空燃比センサでは、固体電解質層の両側面上に配置された二つの電極間に電圧が印加されると共に、これに伴って固体電解質層の両側面間ではこれら側面間の酸素濃度比に応じて酸素イオンの移動が生じる。この酸素イオンの移動によって生じる電流を検出することによって、排気ガスの空燃比（以下、「排気空燃比」ともいう）が検出される（例えば、特許文献２）。

[0004] 一方、２セル型の空燃比センサでは、酸素イオンを通すことができる固体電解質層とその両側面上に設けられた二つの電極からなるセルが二つ設けられている。このうち一方のセル（基準セル）は、被測ガス室内の排気ガス中の酸素濃度に応じて検出電圧（起電力）が変化するように構成される。また、他方のセル（ポンプセル）は、ポンプ電流に応じて被測ガス室内の排気ガスに対して酸素の汲み入れ及び汲み出しを行う。特に、ポンプセルのポンプ

電流は、基準セルにおいて検出された検出電圧を目標電圧値に一致させるべく酸素の汲み入れ及び汲み出しが行われるように設定され、このポンプ電流を検出することによって排気空燃比が検出される。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2002-357589号公報
特許文献2：特開2005-351096号公報
特許文献3：特開2004-258043号公報
特許文献4：特開2000-356618号公報
特許文献5：特開平4-204370号公報
特許文献6：特開昭58-153155号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] ここで、1セル型の空燃比センサと2セル型の空燃比センサとを比較する。いずれの空燃比センサにおいても、固体電解質層は直接的に又は間接的に排気ガスに曝されることから、経年劣化により固体電解質層の内部抵抗は変化する。また、固体電解質層の内部抵抗はその温度によって変動することから、固体電解質層の温度制御が正確に行われない場合にも固体電解質層の内部抵抗は変化する。
- [0007] 1セル型の空燃比センサでは、排気空燃比が同一であっても固体電解質層の内部抵抗が変化するとその出力電流が変化する。このため、温度制御を高精度で行わないと空燃比の検出精度が低下してしまううえ、温度制御を高精度で行っても経年劣化により空燃比の検出精度が低下する。これに対して、2セル型の空燃比センサのポンプセルでは、ポンプ電流と被測ガス室内への酸素の汲み入れ流量及び汲み出し流量との関係は内部抵抗が変化しても一定である。このため、ポンプセルについては、内部抵抗が変化しても出力に影響はない。また、基準セルについては、内部抵抗によって変化しない起電力

のみを検出しているため、内部抵抗が変化しても出力に影響はない。したがって、2セル型の空燃比センサでは、1セル型の空燃比センサと比べて、経年劣化や温度の制御不良によって内部抵抗が変化しても高い精度で空燃比の検出を行うことができる。

[0008] 図2は、2セル型の空燃比センサ及び1セル型の空燃比センサにおける出力特性を示す図である。図2(B)は、1セル型の空燃比センサにおいて、セルを構成する電極間に印加する電圧 V_r と出力電流 I_r との関係を示す。図2(B)からわかるように、排気空燃比に応じて限界電流（印加電圧を変化させても出力電流がほとんど変化しないときの出力電流）が生じる電圧領域は変化する。このため、印加電圧を一定（例えば、図中の一点鎖線）にしていると、検出可能な空燃比の範囲は限られてしまう。一方、広範囲に亘って空燃比を検出するためには出力電流に応じて印加電圧を変更する必要があるが（例えば、図中の二点鎖線）、このような制御は複雑であり、また、事前にセンサ毎に限界電流の生じる電圧領域を測定しなければならない。

[0009] 一方、図2(A)は、2セル型の空燃比センサにおいて、ポンプ電流を設定する際の目標電圧値 V_t と、ポンプ電流（出力電流） I_p との関係を示す。図2(A)からわかるように、排気空燃比に関わらずに限界電流が生じる電流領域はほぼ一定である。このため、目標電圧値を一定にしておけば、広い範囲で空燃比の検出を行うことができる。このように、2セル型の空燃比センサによれば、1セル型の空燃比センサに比べて、広範囲で空燃比の検出を行うことができる。

[0010] 一方、2セル型の空燃比センサでは、被測ガス室内の排気ガス中の酸素濃度と大気中の酸素濃度との比に応じて起電力が生じる基準セルを用いている。この基準セルでは、排気空燃比がリッチからリーンに変化したときと、リーンからリッチに変化したときとで空燃比と出力電圧との関係が変化する。

[0011] 図3は、基準セルにおける空燃比と検出電圧（起電力）との関係を示した図である。図3に実線「リッチ→リーン」で示したように、空燃比を理論空燃比よりもリッチ（以下、「リッチ空燃比」ともいう）から理論空燃比より

もリーン（以下、「リーン空燃比」ともいう）に変化させたときには、実際の空燃比がリーン空燃比になった場合でも暫くは起電力は高い状態を維持する。一方、図3に実線「リーン→リッチ」で示したように、空燃比をリーン空燃比からリッチ空燃比に変化させたときには、実際の空燃比がリッチ空燃比になった場合でも暫くは起電力は低い状態を維持する。このように、基準セルは、空燃比の変化の方向に応じてヒステリシスを有する。このように基準セルがヒステリシスを有するのは、電極上での未燃ガスや酸素の反応性が低いことによるものであり、実際には空燃比に対して起電力が遅れて追従することによるものである。

[0012] このように基準セルにヒステリシスがある結果、図4に示したように、2セル型空燃比センサの出力電流（ポンプ電流）は、同一の空燃比に対して、空燃比がリッチ方向に変化したとき（すなわち、相対的にリーンな状態からリッチな状態に変化したとき）と、空燃比がリーン方向に変化したとき（すなわち、相対的にリッチな状態からリーンな状態に変化したとき）とで異なるものになってしまう。

[0013] また、図3中の実線は、排気ガス中に含まれる成分をCO、NOとした場合、破線は、排気ガス中に含まれる成分をCO、O₂とした場合をそれぞれ示している。図3からわかるように、実線と破線との間でずれが生じており、基準セルにおいては排気ガス中の成分に応じて空燃比と起電力との関係が変わってしまうといえる。このように、排気ガス中に含まれる成分（CO、HC、NO_x、O₂等）の組成に応じて空燃比と起電力との関係が変化するのは、排気ガス中の成分毎に基準セルの電極上での反応性が異なり、その結果、排気ガス中の成分毎に応答性が異なることによるものである。この結果、2セル型の空燃比センサでは、排気空燃比が同一であっても、排気ガス中の成分の組成に応じて出力電流（ポンプ電流）が変化する場合がある。

[0014] したがって、上記課題に鑑みて、本発明の目的は、従来の1セル型空燃比センサ及び2セル型空燃比センサのいずれの欠点も克服した空燃比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

- [0015] 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に設けられた空燃比センサと、該空燃比センサのセンサ出力電流に応じて内燃機関を制御する機関制御装置とを具備する、内燃機関の制御装置において、前記空燃比センサは、空燃比の検出対象である排気ガスが流入せしめられる被測ガス室と、ポンプ電流に応じて該被測ガス室内の排気ガスに対して酸素の汲み入れ及び汲み出しを行うポンプセルと、前記被測ガス室内の空燃比に応じて、検出される基準セル出力電流が変化する基準セルとを具備し、前記基準セルは、前記被測ガス室内の排気ガスに曝される第一電極と、基準雰囲気に曝される第二電極と、前記第一電極と前記第二電極との間に配置された固体電解質層とを具備し、前記空燃比センサは、前記基準セルの第一電極と第二電極との間にセンサ印加電圧を印加する基準セル電圧印加装置と、前記基準セルの第一電極と第二電極との間に流れる電流を前記基準セル出力電流として検出する基準セル出力電流検出装置と、前記基準セル出力電流検出装置によって検出された基準セル出力電流が目標電流値になるようにポンプセルで流れるポンプ電流を制御するポンプ電流制御装置と、該ポンプ電流を前記センサ出力電流として検出するポンプ電流検出装置とを具備する、内燃機関の制御装置が提供される。
- [0016] 第2の発明では、第1の発明において、前記ポンプ電流制御装置における目標電流は零である。
- [0017] 第3の発明では、第1又は第2の発明において、前記空燃比センサは拡散律速層を更に具備し、該拡散律速層は、前記基準セルの第一電極が当該拡散律速層を介して被測ガス室内の排気ガスに曝されるように配置される。
- [0018] 第4の発明では、第1～第3のいずれか一つの発明において、前記空燃比センサは前記第二電極が曝された大気室を更に具備し、前記基準雰囲気は大気であり、該大気室は大気を導入できるように構成される。
- [0019] 第5の発明では、第1～第4のいずれか一つの発明において、前記ポンプセルは、前記被測ガス室内の排気ガスに曝される第三電極と、前記空燃比セ

ンサ周りの排気ガスに曝される第四電極と、前記第三電極と前記第四電極との間に配置された固体電解質層とを具備し、前記ポンプ電流制御装置は、前記ポンプセルの固体電解質層を介して前記第三電極と第四電極との間で流れるポンプ電流を制御する。

[0020] 第6の発明では、第1～第5のいずれか一つの発明において、前記基準セルは、被測ガス室内の排気ガスの空燃比に応じて基準セル出力電流が零となるようなセンサ印加電圧が変化すると共に、該排気ガスが理論空燃比であるときに当該基準セルにおけるセンサ印加電圧を増大させるとこれに伴って基準セル出力電流が増大するように構成されており、前記基準セルにおけるセンサ印加電圧は一定電圧に固定され、該一定電圧は、前記被測ガス室内の排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときに基準セル出力電流が零となる電圧である。

[0021] 第7の発明では、第6の発明において、前記内燃機関は、前記空燃比センサよりも排気流れ方向上流側において前記排気通路に設けられた酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒を具備し、前記機関制御装置は、前記空燃比センサのセンサ出力電流が理論空燃比よりも低いリッチ判定空燃比に対応するリッチ判定基準値以下となったときに、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量よりも少ない所定の吸蔵量となるまで、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリーンにする酸素吸蔵量増加手段と、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が前記所定の吸蔵量以上になったときに、該酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量に達することなく零に向けて減少するように、前記目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリッチにする酸素吸蔵量減少手段とを具備する。

[0022] 第8の発明では、第1～第5のいずれか一つの発明において、前記基準セルは、被測ガス室内の排気ガスの空燃比に応じて基準セル出力電流が零となるようなセンサ印加電圧が変化すると共に、該排気ガスが理論空燃比であるときに当該基準セルにおけるセンサ印加電圧を増大させるとこれに伴って基準セル出力電流が増大するように構成されており、前記基準セルにおけるセ

ンサ印加電圧は一定電圧に固定され、該一定電圧は、前記被測ガス室内の排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときに基準セル出力電流が零となる電圧とは異なる電圧であって且つ前記排気ガスの空燃比が理論空燃比とは異なる空燃比であるときに基準セル出力電流が零となる電圧である。

[0023] 第9の発明では、第8の発明において、前記基準セルは、各排気空燃比毎に前記基準セル出力電流が限界電流となる電圧領域である限界電流領域を有するように構成されており、前記一定電圧は、排気空燃比が理論空燃比であるときの前記限界電流領域内の電圧である。

[0024] 第10の発明では、第8又は第9において、前記内燃機関は、前記空燃比センサよりも排気流れ方向上流側において前記排気通路に設けられた酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒を具備し、前記一定電圧は、排気空燃比が理論空燃比よりもリッチである所定空燃比であるときに前記基準セル出力電流が零になるような電圧とされる。

[0025] 第11の発明では、第10の発明において、前記機関制御装置は、前記空燃比センサのセンサ出力電流が零以下となったときに、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量よりも少ない所定の吸蔵量となるまで、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリーンにする酸素吸蔵量増加手段と、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が前記所定の吸蔵量以上になったときに、該酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量に達することなく零に向けて減少するように、前記目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリッチにする酸素吸蔵量減少手段とを具備する。

発明の効果

[0026] 本発明によれば、従来の1セル型空燃比センサ及び2セル型空燃比センサのいずれの欠点も克服した空燃比センサを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]図1は、本発明の制御装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

[図2]図2は、2セル型の空燃比センサ及び1セル型の空燃比センサにおける

出力特性を示す図である。

[図3]図3は、従来の基準セルにおける空燃比と検出電圧（起電力）との関係を示した図である。

[図4]図4は、従来の2セル型の空燃比センサにおける空燃比とセンサ出力電流との関係を示す図である。

[図5]図5は、空燃比センサの概略的な断面図である。

[図6]図6は、空燃比センサの動作を概略的に示した図である。

[図7]図7は、空燃比センサの出力特性を示す図である。

[図8]図8は、基準セルの動作を概略的に示した図である。

[図9]図9は、基準セルの出力特性を示す図である。

[図10]図10は、基準セル電圧印加装置及び基準セル出力電流検出装置を構成する具体的な回路の一例を示す図である。

[図11]図11は、上流側排気浄化触媒の酸素吸蔵量等のタイムチャートである。

[図12]図12は、本発明の制御装置における機能ブロック図を示す図である。

[図13]図13は、空燃比補正量の算出制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。

[図14]図14は、基準セルにおけるセンサ印加電圧と基準セル出力電流との関係を示した図である。

[図15]図15は、排気空燃比と基準セル出力電流との関係を示した図である。

[図16]図16は、空燃比センサの基準セルにおける排気空燃比と基準セル出力電流との関係を示す図である。

[図17]図17は、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} 等のタイムチャートを示す、図11と同様な図である。

[図18]図18は、第三実施形態の空燃比センサの構成を概略的に示す、図5と同様な断面図である。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、図面を参照して本発明の内燃機関の制御装置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。図1は、本発明の第一実施形態に係る制御装置が用いられる内燃機関を概略的に示す図である。

[0029] <内燃機関全体の説明>

図1を参照すると1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダブロック2内で往復動するピストン、4はシリンダブロック2上に固定されたシリンダヘッド、5はピストン3とシリンダヘッド4との間に形成された燃焼室、6は吸気弁、7は吸気ポート、8は排気弁、9は排気ポートをそれぞれ示す。吸気弁6は吸気ポート7を開閉し、排気弁8は排気ポート9を開閉する。

[0030] 図1に示したようにシリンダヘッド4の内壁面の中央部には点火プラグ10が配置され、シリンダヘッド4の内壁面周辺部には燃料噴射弁11が配置される。点火プラグ10は、点火信号に応じて火花を発生させるように構成される。また、燃料噴射弁11は、噴射信号に応じて、所定量の燃料を燃焼室5内に噴射する。なお、燃料噴射弁11は、吸気ポート7内に燃料を噴射するように配置されてもよい。また、本実施形態では、燃料として排気浄化触媒における理論空燃比が14.6であるガソリンが用いられる。しかしながら、本発明の内燃機関は他の燃料を用いても良い。

[0031] 各気筒の吸気ポート7はそれぞれ対応する吸気枝管13を介してサージタンク14に連結され、サージタンク14は吸気管15を介してエアクリーナ16に連結される。吸気ポート7、吸気枝管13、サージタンク14、吸気管15は吸気通路を形成する。また、吸気管15内にはスロットル弁駆動アクチュエータ17によって駆動されるスロットル弁18が配置される。スロットル弁18は、スロットル弁駆動アクチュエータ17によって回動せしめられることで、吸気通路の開口面積を変更することができる。

[0032] 一方、各気筒の排気ポート9は排気マニホールド19に連結される。排気マ

ニホルド１９は、各排気ポート９に連結される複数の枝部とこれら枝部が集合した集合部とを有する。排気マニホルド１９の集合部は上流側排気浄化触媒２０を内蔵した上流側ケーシング２１に連結される。上流側ケーシング２１は、排気管２２を介して下流側排気浄化触媒２４を内蔵した下流側ケーシング２３に連結される。排気ポート９、排気マニホルド１９、上流側ケーシング２１、排気管２２及び下流側ケーシング２３は、排気通路を形成する。

[0033] 電子制御ユニット（ＥＣＵ）３１はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス３２を介して相互に接続されたＲＡＭ（ランダムアクセスメモリ）３３、ＲＯＭ（リードオンリメモリ）３４、ＣＰＵ（マイクロプロセッサ）３５、入力ポート３６および出力ポート３７を具備する。吸気管１５には、吸気管１５内を流れる空気流量を検出するためのエアフロメータ３９が配置され、このエアフロメータ３９の出力は対応するＡＤ変換器３８を介して入力ポート３６に入力される。また、排気マニホルド１９の集合部には排気マニホルド１９内を流れる排気ガス（すなわち、上流側排気浄化触媒２０に流入する排気ガス）の空燃比を検出する上流側空燃比センサ４０が配置される。加えて、排気管２２内には排気管２２内を流れる排気ガス（すなわち、上流側排気浄化触媒２０から流出して下流側排気浄化触媒２４に流入する排気ガス）の空燃比を検出する下流側空燃比センサ４１が配置される。これら空燃比センサ４０、４１の出力も対応するＡＤ変換器３８を介して入力ポート３６に入力される。なお、これら空燃比センサ４０、４１の構成については後述する。

[0034] また、アクセルペダル４２にはアクセルペダル４２の踏み込み量に比例した出力電圧を発生する負荷センサ４３が接続され、負荷センサ４３の出力電圧は対応するＡＤ変換器３８を介して入力ポート３６に入力される。クランク角センサ４４は例えばクランクシャフトが１５度回転する毎に出力パルスを発生し、この出力パルスが入力ポート３６に入力される。ＣＰＵ３５ではこのクランク角センサ４４の出力パルスから機関回転数が計算される。一方、出力ポート３７は対応する駆動回路４５を介して点火プラグ１０、燃料噴射

弁 1 1 及びスロットル弁駆動アクチュエータ 1 7 に接続される。なお、E C U 3 1 は、各種センサ等の出力に基づいて内燃機関を制御する機関制御装置として機能する。

[0035] <空燃比センサの構成>

次に、図 5 を参照して、本実施形態における空燃比センサ 4 0、4 1 の構成について説明する。図 5 は、空燃比センサ 4 0、4 1 の概略的な断面図である。図 5 から分かるように、本実施形態における空燃比センサ 4 0、4 1 は、固体電解質層及び一对の電極から成るセルが 2 つである 2 セル型の空燃比センサである。

[0036] 図 5 に示したように、空燃比センサ 4 0、4 1 は、被測ガス室 5 1 と、基準ガス室 5 2 と、被測ガス室 5 1 の両側に配置された二つの固体電解質層 5 3、5 4 とを具備する。基準ガス室 5 2 は、第二固体電解質層 5 4 を挟んで被測ガス室 5 1 の反対側に設けられる。第一固体電解質層 5 3 の被測ガス室 5 1 側の側面上にはガス室側電極（第三電極）5 5 が配置され、第一固体電解質層 5 3 の排気ガス側の側面上には排気側電極（第四電極）5 6 が配置される。これら第一固体電解質層 5 3、ガス室側電極 5 5 及び排気側電極 5 6 は、ポンプセル 6 0 を構成する。

[0037] 一方、第二固体電解質層 5 4 の被測ガス室 5 1 側の側面上にはガス室側電極（第一電極）5 7 が配置され、第二固体電解質層 5 4 の基準ガス室 5 2 側の側面上には基準側電極（第二電極）5 8 が配置される。これら第二固体電解質層 5 4、ガス室側電極 5 7 及び基準側電極 5 8 は、基準セル 6 1 を構成する。

[0038] 二つの固体電解質層 5 3、5 4 の間には、ポンプセル 6 0 のガス室側電極 5 5 及び基準セル 6 1 のガス室側電極 5 7 を囲うように拡散律速層 6 3 が設けられる。したがって、被測ガス室 5 1 は、第一固体電解質層 5 3、第二固体電解質層 5 4 及び拡散律速層 6 3 によって画成される。被測ガス室 5 1 には、拡散律速層 6 3 を介して排気ガスが流入せしめられる。よって、被測ガス室 5 1 内に配置された電極、すなわちポンプセル 6 0 のガス室側電極 5 5

及び基準セル61のガス室側電極57は、拡散律速層63を介して排気ガスに曝されることになる。なお、拡散律速層63は、必ずしも被測ガス室51に流入する排気ガスが通過するように設けられる必要はない。基準セル61のガス室側電極57に到達する排気ガスが拡散律速層を通過した排気ガスになれば、拡散律速層は如何なる態様で配置されてもよい。

[0039] また、第二固体電解質層54の基準ガス室52側の側面上には、基準ガス室52を囲うようにヒータ部64が設けられる。したがって、基準ガス室52は、第二固体電解質層54及びヒータ部64によって画成される。この基準ガス室52内には基準ガスが導入される。本実施形態では、基準ガス室52は大気に開放されており、よって基準ガス室52内には基準ガスとして大気が導入される。

[0040] また、ヒータ部64には複数のヒータ65が設けられており、これらヒータ65によって空燃比センサ40、41の温度、特に固体電解質層53、54の温度を制御することができる。ヒータ65は、固体電解質層53、54を活性化するまで加熱するのに十分な発熱容量を有している。加えて、第一固体電解質層53の排気ガス側の側面上には、保護層66が設けられる。保護層66は、排気ガス中の液体等が排気側電極56に直接付着するのを防止しつつ排気ガスが排気側電極56に到達するように多孔質材料で形成される。

[0041] 固体電解質層53、54は、 ZrO_2 （ジルコニア）、 HfO_2 、 ThO_2 、 Bi_2O_3 等に CaO 、 MgO 、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 等を安定剤として配当した酸素イオン伝導性酸化物の焼結体により形成されている。また、拡散律速層63は、アルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の耐熱性無機物質の多孔質焼結体により形成されている。さらに、電極55～58は、白金等の触媒活性の高い貴金属により形成されている。

[0042] 基準セル61のガス室側電極57と基準側電極58との間には、ECU31に搭載された基準セル電圧印加装置70によりセンサ印加電圧 V_r が印加される。加えて、ECU31には、基準セル電圧印加装置70によってセン

サ印加電圧 V_r を印加したときに第二固体電解質層54を介してこれら電極57、58間に流れる基準セル出力電流 I_r を検出する基準セル出力電流検出装置71が設けられる。

[0043] また、ポンプセル60のガス室側電極55と排気側電極56との間には、ECU31に搭載されたポンプ電圧印加装置72によりポンプ電圧 V_p が印加される。ポンプ電圧印加装置72によって印加されるポンプ電圧 V_p は、基準セル出力電流検出装置71によって検出された基準セル出力電流 I_r に応じて設定される。具体的には、基準セル出力電流検出装置71によって検出された基準セル出力電流 I_r と予め設定されたその目標電流（例えば、零）との差に応じて、ポンプ電圧 V_p が設定される。加えて、ECU31には、ポンプ電圧印加装置72によってポンプ電圧 V_p を印加したときに第一固体電解質層53を介してこれら電極55、56間に流れるポンプ電流 I_p を検出するポンプ電流検出装置73が設けられる。

[0044] なお、ポンプ電圧印加装置72によってポンプ電圧 V_p を変化させると、電極55、56間に流れるポンプ電流 I_p が変化する。換言すると、ポンプ電圧印加装置72はポンプ電流 I_p を制御していると言える。したがって、ポンプ電圧印加装置72は、ポンプ電流 I_p を制御するポンプ電流制御装置として作用する。なお、ポンプ電流 I_p は例えばポンプ電圧印加装置72と直列に可変抵抗を配置し、この可変抵抗を変更することによっても変化する。したがって、ポンプ電流制御装置としては可変抵抗等、ポンプ電圧印加装置72以外の手段を用いることも可能である。

[0045] <空燃比センサの動作>

次に、図6を参照して、このように構成された空燃比センサ40、41の動作の基本的な概念について説明する。図6は、空燃比センサ40、41の動作を概略的に示した図である。使用時において、空燃比センサ40、41は、保護層66及び拡散律速層63の外周面が排気ガスに曝されるように配置される。また、空燃比センサ40、41の基準ガス室52には大気が導入される。

[0046] 上述したように、固体電解質層 53、54 は、酸素イオン伝導性酸化物の焼結体で形成される。このため、高温により活性化した状態で固体電解質層 53、54 の両側面間に酸素濃度の差が生じると、濃度の高い側面側から濃度の低い側面側へと酸素イオンを移動させようとする起電力 E が発生する性質（酸素電池特性）を有している。

[0047] 逆に、固体電解質層 53、54 は、両側面間に電位差が与えられると、この電位差に応じて固体電解質層の両側面間で酸素濃度比が生じるように、酸素イオンの移動を引き起こそうとする特性（酸素ポンプ特性）を有する。具体的には、両側面間に電位差が与えられた場合には、正極性を与えられた側面における酸素濃度が、負極性を与えられた側面における酸素濃度に対して、電位差に応じた比率で高くなるように、酸素イオンの移動が引き起こされる。

[0048] したがって、ポンプセル 60 では、ポンプ電圧印加装置 72 によってガス室側電極 55 と排気側電極 56 との間にポンプ電圧 V_p が印加されると、これに応じて酸素イオンの移動が生じる。このような酸素イオンの移動に伴って、排気ガス中から被測ガス室 51 内に酸素が汲み入れられたり汲み出されたりする。

[0049] 一方、本実施形態の基準セル 61 は、上述したような第二固体電解質層 54 の性質により、後述するメカニズムに基づいて、被測ガス室 51 内の排気空燃比が理論空燃比であるときには電極 57、58 間に流れる基準セル出力電流が零になる。一方、被測ガス室 51 内の排気空燃比がリッチ空燃比であるときには電極 57、58 間に流れる基準セル出力電流が負電流となり、その大きさは理論空燃比からの差に比例する。逆に、被測ガス室内の排気空燃比がリーン空燃比であるときには電極 57、58 間に流れる基準セル出力電流が正電流となり、その大きさは理論空燃比からの差に比例する。

[0050] 空燃比センサ 40、41 周りにおける排気空燃比が理論空燃比よりもリーンのときには、図 6 (A) に示したように、被測ガス室 51 内には拡散律速層 63 を介してリーン空燃比の排気ガスが流入する。このように多量の酸素

を含むリーン空燃比の排気ガスが流入すると、後述するメカニズムにより、基準セル61の電極57、58間には理論空燃比からの差に比例して正の基準セル出力電流が流れ、斯かる基準セル出力電流は、基準セル出力電流検出装置71によって検出される。

[0051] 基準セル出力電流検出装置71によって基準セル出力電流が検出されると、これに基づいてポンプ電圧印加装置72によりポンプセル60の電極55、56にポンプ電圧が印加される。特に、基準セル出力電流検出装置71によって正の基準セル出力電流が検出されると、排気側電極56を正電極、ガス室側電極55を負電極として、ポンプ電圧が印加される。このようにポンプセル60の電極55、56にポンプ電圧を印加することにより、ポンプセル60の第一固体電解質層53では負電極から正電極に向かって、すなわちガス室側電極55から排気側電極56に向かって酸素イオンの移動が生じる。このため、被測ガス室51内の酸素が空燃比センサ40、41周りの排気ガス中に汲み出される。

[0052] 被測ガス室51内から空燃比センサ40、41周りの排気ガス中へ汲み出される酸素の流量は、ポンプ電圧に比例し、また、ポンプ電圧は基準セル出力電流検出装置71によって検出された正の基準セル出力電流の大きさに比例する。したがって、被測ガス室51内の排気空燃比のリーン度合いが大きいほど、すなわち、被測ガス室51内の酸素濃度が高いほど、被測ガス室51内から空燃比センサ40、41周りの排気ガス中へ汲み出される酸素の流量が多くなる。この結果、拡散律速層63を介して被測ガス室51に流入する酸素流量と、ポンプセル60によって汲み出される酸素流量とは基本的に一致し、被測ガス室51内は基本的にほぼ理論空燃比に保たれることになる。

[0053] ポンプセル60によって汲み出される酸素流量は、ポンプセル60の第一固体電解質層53内を移動した酸素イオンの流量に等しい。そして、この酸素イオンの流量は、ポンプセル60の電極55、56間で流れた電流に等しい。よって電極55、56間で流れたポンプ電流を空燃比センサ40、41

の出力電流（以下、「センサ出力電流」という）としてポンプ電流検出装置 73 により検出することで、拡散律速層 63 を介して被測ガス室 51 に流入する酸素流量を、したがって、被測ガス室 51 周りの排気ガスのリーン空燃比を検出することができる。

[0054] 一方、空燃比センサ 40、41 周りにおける排気空燃比が理論空燃比よりもリッチのときには、図 6（B）に示したように、被測ガス室 51 内には拡散律速層 63 を介してリッチ空燃比の排気ガスが流入する。このように多量の未燃ガスを含むリッチ空燃比の排気ガスが流入すると、後述するメカニズムにより、基準セル 61 の電極 57、58 間には理論空燃比からの差に比例して負の基準セル出力電流が流れ、斯かる基準セル出力電流は、基準セル出力電流検出装置 71 によって検出される。

[0055] 基準セル出力電流検出装置 71 によって基準セル出力電流が検出されると、これに基づいてポンプ電圧印加装置 72 によりポンプセル 60 の電極 55、56 間にポンプ電圧が印加される。特に、基準セル出力電流検出装置 71 によって負の基準セル出力電流が検出されると、ガス室側電極 55 を正電極、排気側電極 56 を負電極として、ポンプ電圧が印加される。このようにポンプ電圧を印加することにより、ポンプセル 60 の第一固体電解質層 53 では負電極から正電極に向かって、すなわち排気側電極 56 からガス室側電極 55 に向かって酸素イオンの移動が生じる。このため、空燃比センサ 40、41 周りの排気ガス中の酸素が被測ガス室 51 内に汲み入れられる。

[0056] 空燃比センサ 40、41 周りの排気ガス中から被測ガス室 51 内へ汲み入れられる酸素の流量は、ポンプ電圧に比例し、また、ポンプ電圧は基準セル出力電流検出装置 71 によって検出された負の基準セル出力電流の大きさに比例する。したがって、被測ガス室 51 内の排気空燃比のリッチ度合いが大きいほど、すなわち、被測ガス室 51 内の未燃ガスの濃度が高いほど、空燃比センサ 40、41 周りの排気ガス中から被測ガス室 51 内へ汲み入れられる酸素の流量が多くなる。この結果、拡散律速層 63 を介して被測ガス室 51 に流入する未燃ガスの流量と、ポンプセル 60 によって汲み入れられる酸

素流量とは化学当量比となり、よって被測ガス室 5 1 内は基本的にほぼ理論空燃比に保たれることになる。

[0057] ポンプセル 6 0 によって汲み入れられる酸素流量は、ポンプセル 6 0 内の第一固体電解質層 5 3 内を移動した酸素イオンの流量に等しい。そして、この酸素イオンの流量は、ポンプセル 6 0 の電極 5 5、5 6 間で流れた電流に等しい。よって電極 5 5、5 6 間で流れたポンプ電流をセンサ出力電流としてポンプ電流検出装置 7 3 により検出することで、拡散律速層 6 3 を介して被測ガス室 5 1 に流入する未燃ガスの流量を、したがって、被測ガス室 5 1 周りの排気ガスのリッチ空燃比を検出することができる。

[0058] また、空燃比センサ 4 0、4 1 周りにおける排気空燃比が理論空燃比のときには、図 6 (C) に示したように、被測ガス室 5 1 内に拡散律速層 6 3 を介して理論空燃比の排気ガスが流入する。このように理論空燃比の排気ガスが流入すると、後述するメカニズムにより、基準セル 6 1 の電極 5 7、5 8 間に流れる基準セル出力電流は零となり、斯かる基準セル出力電流は、基準セル出力電流検出装置 7 1 によって検出される。

[0059] 基準セル出力電流検出装置 7 1 によって検出された基準セル出力電流が零であると、これに伴ってポンプ電圧印加装置 7 2 により印加されるポンプ電圧も零とされる。このためポンプセル 6 0 の第一固体電解質層 5 3 では酸素イオンの移動は生じず、よって被測ガス室 5 1 内は基本的にほぼ理論空燃比に保たれることになる。そして、ポンプセル 6 0 の第一固体電解質層 5 3 において酸素イオンの移動が生じていないため、ポンプ電流検出装置 7 3 によって検出されるポンプ電流も零となる。したがって、ポンプ電流検出装置 7 3 によって検出されるポンプ電流が零であるときには、被測ガス室 5 1 周りの排気ガスの空燃比が理論空燃比であることがわかる。

[0060] このように構成された空燃比センサ 4 0、4 1 は、図 7 に示した出力特性を有する。すなわち、空燃比センサ 4 0、4 1 では、排気空燃比が大きくなるほど（すなわち、リーンになるほど）、ポンプ電流（センサ出力電流） I_p が大きくなる。加えて、本実施形態では、空燃比センサ 4 0、4 1 は、排

気空燃比が理論空燃比であるときにポンプ電流（センサ出力電流） I_p が零になるように構成される。

[0061] <基準セルの動作>

上述したように、基準セル61では、被測ガス室51内の排気空燃比が理論空燃比であるときには電極57、58間に流れる基準セル出力電流が零になり、被測ガス室51内の排気空燃比が理論空燃比とは異なる空燃比となったときにはその排気空燃比に応じて基準セル出力電流が変化する。以下では、図8を参照して基準セル61の動作の基本的な概念について説明する。図8は、基準セル61の動作を概略的に示した図である。使用時においては、上述したように、被測ガス室51には拡散律速層63を介して排気ガスが導入され、基準ガス室52には大気が導入される。また、図5及び図8に示したように、空燃比センサ40、41では、基準側電極58が正極性、ガス室側電極57が負極性となるように、これら電極57、58間に一定のセンサ印加電圧 V_r が印加されている。なお、本実施形態では、両空燃比センサ40、41におけるセンサ印加電圧 V_r は同一の電圧となっている。

[0062] 被測ガス室51内の排気空燃比が理論空燃比よりもリーンのときには、第二固体電解質層54の両側面間での酸素濃度の比はそれほど大きくない。このため、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、第二固体電解質層54の両側面間ではセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比よりも実際の酸素濃度比の方が小さくなる。このため、第二固体電解質層54の両側面間の酸素濃度比がセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比に向けて大きくなるように、図8（A）に示した如く、ガス室側電極57から基準側電極58に向けて酸素イオンの移動が起こる。その結果、センサ印加電圧 V_r を印加する基準セル電圧印加装置70の正極から、基準側電極58、第二固体電解質層54、及びガス室側電極57を介して基準セル電圧印加装置70の負極へと電流が流れる。

[0063] このとき流れる電流（基準セル出力電流） I_r の大きさは、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、排気中から拡散律速層63を通して被測ガ

ス室 5 1 へと拡散によって流入する酸素流量に比例する。したがって、この電流 I_r の大きさを基準セル出力電流検出装置 7 1 によって検出することにより、被測ガス室 5 1 内の酸素濃度を知ることができ、ひいてはリーン領域における空燃比を知ることができる。

[0064] 一方、被測ガス室 5 1 内の排気空燃比が理論空燃比よりもリッチのときには、排気中から拡散律速層 6 3 を通って未燃ガスが被測ガス室 5 1 内に流入するため、ガス室側電極 5 7 上に酸素が存在しても、未燃ガスと反応して除去される。このため、被測ガス室 5 1 内では酸素濃度が極めて低くなり、その結果、第二固体電解質層 5 4 の両側面間での酸素濃度の比は大きなものとなる。このため、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、第二固体電解質層 5 4 の両側面間ではセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比よりも実際の酸素濃度比の方が大きくなる。このため、第二固体電解質層 5 4 の両側面間の酸素濃度比がセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比に向けて小さくなるように、図 8 (B) に示した如く、基準側電極 5 8 からガス室側電極 5 7 に向けて酸素イオンの移動が起こる。その結果、基準側電極 5 8 から、センサ印加電圧 V_r を印加する基準セル電圧印加装置 7 0 を通ってガス室側電極 5 7 へと電流が流れる。

[0065] このとき流れる電流（基準セル出力電流） I_r の大きさは、センサ印加電圧 V_r を適切な値に設定すれば、第二固体電解質層 5 4 中を基準側電極 5 8 からガス室側電極 5 7 へと移動せしめられる酸素イオンの流量によって決まる。その酸素イオンは、排気中から拡散律速層 6 3 を通って被測ガス室 5 1 内へと拡散によって流入する未燃ガスとガス室側電極 5 7 上で反応（燃焼）する。よって、酸素イオンの移動流量は被測ガス室 5 1 内に流入した排気ガス中の未燃ガスの濃度に対応する。したがって、この電流 I_r の大きさを基準セル出力電流検出装置 7 1 によって検出することにより、被測ガス室 5 1 内の未燃ガス濃度を知ることができ、ひいてはリッチ領域における空燃比を知ることができる。

[0066] また、被測ガス室 5 1 内の排気空燃比が理論空燃比のときには、被測ガス

室 5 1 内の酸素及び未燃ガスの量が化学当量比となっている。このため、ガス室側電極 5 7 の触媒作用によって両者は完全に燃焼し、被測ガス室 5 1 内の酸素及び未燃ガスの濃度に変動は生じない。この結果、第二固体電解質層 5 4 の両側面間の酸素濃度比は、変動せずに、センサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比のまま維持される。このため、図 8 (C) に示したように、酸素ポンプ特性による酸素イオンの移動は起こらず、その結果、回路を流れる電流は生じない。

[0067] <空燃比センサの作用効果>

このように構成された基準セル 6 1 は、図 9 に示した出力特性を有する。すなわち、基準セル 6 1 では、排気空燃比が大きくなるほど（すなわち、リーンになるほど）、基準セル出力電流 I_r が大きくなる。加えて、基準セル 6 1 は、排気空燃比が理論空燃比であるときに基準セル出力電流 I_r が零になるように構成される。

[0068] また、基準セル 6 1 では、電極 5 7、5 8 間にセンサ印加電圧 V_r を印加しているため、ガス室側電極 5 7 及び基準側電極 5 8 上で酸化反応や還元反応が強制的に行われる。このため、被測ガス室 5 1 内に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比からリーン空燃比に変化するときであっても、リーン空燃比からリッチ空燃比に変化するときであっても、被測ガス室 5 1 内の排気ガスが同一であれば電極 5 7、5 8 間に流れる基準セル出力電流 I_r は同一となる。この結果、従来の 2 セル型空燃比センサにおいて生じていたヒステリシスの問題が生じない。

[0069] 加えて、基準セル 6 1 では、電極 5 7、5 8 間にセンサ印加電圧 V_r を印加しているため、ガス室側電極 5 7 での反応が促進され、よって排気ガス中の各成分はその反応性にかかわらず強制的に酸化又は還元せしめられる。このため、ガス室側電極 5 7 上での酸化反応及び還元反応が、排気ガス中に含まれる成分の組成の影響を受けにくくなり、排気ガス中の異なる成分であってもほぼ同一の応答性で反応する。この結果、従来の 2 セル型空燃比センサにおいて生じていた排気ガス中の成分の組成に応じた反応性に関する問題が

生じない。

[0070] すなわち、本実施形態の空燃比センサ40、41によれば、従来の2セル型空燃比センサにおいて生じていた問題を解決することができる。加えて、本実施形態の空燃比センサ40、41は、2セル側の空燃比センサであるため、従来の1セル型の空燃比センサで生じていた問題が生じない。すなわち、空燃比センサ40、41では、経年劣化に伴う内部抵抗の変化により出力電流が変化するはなく、また広い範囲で空燃比の検出を行うことができる。したがって、本実施形態の空燃比センサ40、41によれば、従来の1セル型の空燃比センサ及び2セル型の空燃比センサに生じていた欠点を全て克服することができる。

[0071] <電圧印加装置及び電流検出装置の回路>

図10に、基準セル電圧印加装置70及び基準セル出力電流検出装置71を構成する具体的な回路の一例を示す。図示した例では、酸素電池特性により生じる起電力を E 、第二固体電解質層54の内部抵抗を R_i 、両電極57、58間の電位差を V_s と表している。

[0072] 図10からわかるように、基準セル電圧印加装置70は、基本的に、酸素電池特性により生じる起電力 E がセンサ印加電圧 V_r に一致するように、負帰還制御を行っている。換言すると、基準セル電圧印加装置70は、第二固体電解質層54の両側面間の酸素濃度比の変化によって両電極57、58間の電位差 V_s が変化した際にも、この電位差 V_s がセンサ印加電圧 V_r となるように負帰還制御を行っている。

[0073] したがって、被測ガス室51内の排気空燃比が理論空燃比となっていて、第二固体電解質層54の両側面間に酸素濃度比の変化が生じない場合には、第二固体電解質層54の両側面間の酸素濃度比はセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比となっている。この場合、起電力 E はセンサ印加電圧 V_r に一致し、両電極57、58間の電位差 V_s もセンサ印加電圧 V_r となっており、その結果、電流 I_r は流れない。

[0074] 一方、排気空燃比が理論空燃比とは異なる空燃比となっていて、第二固体

電解質層 5 4 の両側面間に酸素濃度比の変化が生じる場合には、第二固体電解質層 5 4 の両側面間の酸素濃度比がセンサ印加電圧 V_r に対応した酸素濃度比とはなっていない。この場合、起電力 E はセンサ印加電圧 V_r とは異なる値となる。このため、負帰還制御により、起電力 E がセンサ印加電圧 V_r と一致するように第二固体電解質層 5 4 の両側面間で酸素イオンの移動をさせるべく、両電極 5 7、5 8 間に電位差 V_s が付与される。そして、このときの酸素イオンの移動に伴って電流 I_r が流れる。この結果、起電力 E はセンサ印加電圧 V_r に収束し、起電力 E がセンサ印加電圧 V_r に収束すると、やがて電位差 V_s もセンサ印加電圧 V_r に収束することになる。

[0075] したがって、基準セル電圧印加装置 7 0 は、実質的に、両電極 5 7、5 8 間にセンサ印加電圧 V_r を印加しているといえることができる。なお、基準セル電圧印加装置 7 0 の電気回路は必ずしも図 1 0 に示したようなものである必要はなく、両電極 5 7、5 8 間にセンサ印加電圧 V_r を実質的に印加することができれば、如何なる態様の装置であってもよい。

[0076] また、基準セル出力電流検出装置 7 1 は、実際に電流を検出するのではなく、電圧 E_0 を検出してこの電圧 E_0 から電流を算出している。ここで、 E_0 は、下記式 (1) のように表せる。

$$E_0 = V_r + V_0 + I_r R \quad \cdots (1)$$

ここで、 V_0 はオフセット電圧 (E_0 が負値とならないように印加しておく電圧であり、例えば 3 V)、 R は図 5 に示した抵抗の値である。

[0077] 式 (1) において、センサ印加電圧 V_r 、オフセット電圧 V_0 及び抵抗値 R は一定であるから、電圧 E_0 は電流 I_r に応じて変化する。このため、電圧 E_0 を検出すれば、その電圧 E_0 から電流 I_r を算出することが可能である。

[0078] したがって、基準セル出力電流検出装置 7 1 は、実質的に、両電極 5 7、5 8 間に流れる電流 I_r を検出しているといえることができる。なお、基準セル出力電流検出装置 7 1 の電気回路は必ずしも図 1 0 に示したようなものである必要はなく、両電極 5 7、5 8 間を流れる電流 I_r を検出することができれば、如何なる態様の装置であってもよい。

[0079] <空燃比制御の概要>

次に、上述したような空燃比センサ40、41を用いて本発明の内燃機関の制御装置によって行われる空燃比制御の概要を説明する。本実施形態では、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} に基づいて上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流（すなわち、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比） I_{pup} が目標空燃比に相当する値となるようにフィードバック制御が行われる。

[0080] 上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの目標空燃比は、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} に基づいて設定される。具体的には、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} 以下となったときに、目標空燃比はリーン設定空燃比とされ、その空燃比に維持される。ここで、リッチ判定基準値 I_{ref} は、理論空燃比よりも僅かにリッチである予め定められたリッチ判定空燃比（例えば、14.55）に相当する値である。また、リーン設定空燃比は、理論空燃比よりも或る程度リーンである予め定められた空燃比であり、例えば、14.65～20、好ましくは14.68～18、より好ましくは14.7～16程度とされる。

[0081] 目標空燃比がリーン設定空燃比に変更されると、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が推定される。酸素吸蔵量 OSA_{sc} の推定は、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} 、及びエアフロメータ39等に基づいて算出される燃焼室5内への吸入空気量の推定値又は燃料噴射弁11からの燃料噴射量等に基づいて行われる。そして、酸素吸蔵量 OSA_{sc} の推定値が予め定められた判定基準吸蔵量 C_{ref} 以上になると、それまでリーン設定空燃比だった目標空燃比が、弱リッチ設定空燃比とされ、その空燃比に維持される。弱リッチ設定空燃比は、理論空燃比よりも僅かにリッチである予め定められた空燃比であり、例えば、13.5～14.58、好ましくは14～14.57、より好ましくは14.3～14.55程度とされる。その後、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} が再び

リッチ判定基準値 I_{ref} 以下となったときに再び目標空燃比がリーン設定空燃比とされ、その後、同様な操作が繰り返される。

[0082] このように本実施形態では、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比がリーン設定空燃比と弱リッチ設定空燃比とに交互に設定される。特に、本実施形態では、リーン設定空燃比の理論空燃比からの差は、弱リッチ設定空燃比の理論空燃比からの差よりも大きい。したがって、本実施形態では、目標空燃比は、短期間のリーン設定空燃比と、長期間の弱リッチ設定空燃比とに交互に設定されることになる。

[0083] <タイムチャートを用いた制御の説明>

図 11 を参照して、上述したような操作について具体的に説明する。図 11 は、本発明の内燃機関の制御装置における空燃比制御を行った場合における、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} 、下流側空燃比センサ 41 のセンサ出力電流 I_{pdwn} 、空燃比補正量 AFC 、上流側空燃比センサ 40 のセンサ出力電流 I_{pup} 、及び上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガス中の NO_x 濃度のタイムチャートである。

[0084] なお、上流側空燃比センサ 40 のセンサ出力電流 I_{pup} は、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときに零になり、当該排気ガスの空燃比がリッチ空燃比であるときに負の値となり、当該排気ガスの空燃比がリーン空燃比であるときに正の値となる。また、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比又はリーン空燃比であるときには、理論空燃比からの差が大きくなるほど、上流側空燃比センサ 40 のセンサ出力電流 I_{pup} の絶対値が大きくなる。下流側空燃比センサ 41 のセンサ出力電流 I_{pdwn} も、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比に応じて、上流側空燃比センサ 40 のセンサ出力電流 I_{pup} と同様に变化する。また、空燃比補正量 AFC は、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比に関する補正量である。空燃比補正量 AFC が 0 のときには目標空燃比は理論空燃比とされ、空燃比補正量 AFC が正の値であるときには目標空燃比はリーン空燃比となり、空燃比補

正量AFCが負の値であるときには目標空燃比はリッチ空燃比となる。

[0085] 図示した例では、時刻 t_1 以前の状態では、空燃比補正量AFCが弱リッチ設定補正量AFC_{rich}とされている。弱リッチ設定補正量AFC_{rich}は、弱リッチ設定空燃比に相当する値であり、0よりも小さな値である。したがって、目標空燃比はリッチ空燃比とされ、これに伴って上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} が負の値となる。上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガス中には未燃ガスが含まれることになるため、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量OSA_{sc}は徐々に減少していく。しかしながら、排気ガス中に含まれている未燃ガスは、上流側排気浄化触媒20で浄化されるため、下流側空燃比センサのセンサ出力電流 I_{pdwn} はほぼ0（理論空燃比に相当）となる。このとき、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はリッチ空燃比となっているため、上流側排気浄化触媒20からのNO_x排出量は抑制される。

[0086] 上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量OSA_{sc}が徐々に減少すると、酸素吸蔵量OSA_{sc}は時刻 t_1 において下限吸蔵量（図2のC_{low}に参照）を超えて減少する。酸素吸蔵量OSA_{sc}が下限吸蔵量よりも減少すると、上流側排気浄化触媒20に流入した未燃ガスの一部は上流側排気浄化触媒20で浄化されずに流出する。このため、時刻 t_1 以降、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量OSA_{sc}が減少するのに伴って、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} が徐々に低下する。このときも、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はリッチ空燃比となっているため、上流側排気浄化触媒20からのNO_x排出量は抑制される。

[0087] その後、時刻 t_2 において、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定空燃比に相当するリッチ判定基準値 I_{ref} に到達する。本実施形態では、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} になると、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量OSA_{sc}の減少を抑制すべく、空燃比補正量AFCがリーン設定補正量AFC_{lean}に切り替えられる。リーン設定補正量AFC_{lean}は、リー

ン設定空燃比に相当する値であり、0よりも大きな値である。したがって、目標空燃比はリーン空燃比とされる。

[0088] なお、本実施形態では、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} に到達してから、すなわち上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比よりも僅かにリッチなりリッチ判定空燃比に到達してから、空燃比補正量 $AF C$ の切替を行っている。これは、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量が十分であっても、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比から極わずかにずれてしまう場合があるためである。すなわち、仮にセンサ出力電流 I_{pdwn} が零（理論空燃比に相当）から僅かにずれた場合にも酸素吸蔵量が下限吸蔵量を超えて減少していると判断してしまうと、実際には十分な酸素吸蔵量があっても酸素吸蔵量が下限吸蔵量を超えて減少したと判断される可能性がある。そこで、本実施形態では、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比がリッチ判定空燃比に到達して始めて酸素吸蔵量が下限吸蔵量を超えて減少したと判断することとしている。逆に言うと、リッチ判定空燃比は、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量が十分であるときには上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比が到達することのないような空燃比とされる。

[0089] 時刻 t_2 において、目標空燃比をリーン空燃比に切り替えても、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はすぐにはリーン空燃比にならず、或る程度の遅れが生じる。その結果、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比は時刻 t_3 においてリッチ空燃比からリーン空燃比に変化する。なお、時刻 $t_2 \sim t_3$ においては、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比がリッチ空燃比となっているため、この排気ガス中には未燃ガスが含まれることになる。しかしながら、上流側排気浄化触媒20からの NO_x 排出量は抑制される。

[0090] 時刻 t_3 において、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比がリーン空燃比に変化すると、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 $OSAs$

cは増大する。また、これに伴って、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比へと変化し、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} も0に収束する。このとき、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はリーン空燃比となっているが、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵能力には十分な余裕があるため、流入する排気ガス中の酸素は上流側排気浄化触媒20に吸蔵され、 NO_x は還元浄化される。このため、上流側排気浄化触媒20からの NO_x 排出量は抑制される。

[0091] その後、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が増大すると、時刻 t_4 において酸素吸蔵量 OSA_{sc} は判定基準吸蔵量 C_{ref} に到達する。本実施形態では、酸素吸蔵量 OSA_{sc} が判定基準吸蔵量 C_{ref} になると、上流側排気浄化触媒20への酸素の吸蔵を中止すべく、空燃比補正量 AF_C が弱リッチ設定補正量 AF_{Crich} （0よりも小さな値）に切り替えられる。したがって、目標空燃比はリッチ空燃比とされる。

[0092] ただし、上述したように、目標空燃比を切り替えてから上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比が実際に変化するまでには遅れが生じる。このため、時刻 t_4 にて切替を行っても、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比は或る程度時間が経過した時刻 t_5 においてリーン空燃比からリッチ空燃比に変化する。時刻 $t_4 \sim t_5$ においては、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比はリーン空燃比であるため、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は増大していく。

[0093] しかしながら、判定基準吸蔵量 C_{ref} は最大酸素吸蔵量 C_{max} や上限吸蔵量（図2の C_{uplim} 参照）よりも十分に低く設定されているため、時刻 t_5 においても酸素吸蔵量 OSA_{sc} は最大酸素吸蔵量 C_{max} や上限吸蔵量には到達しない。逆に言うと、判定基準吸蔵量 C_{ref} は、目標空燃比を切り替えてから上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比が実際に変化するまで遅延が生じて、酸素吸蔵量 OSA_{sc} が最大酸素吸蔵量 C_{max} や上限吸蔵量に到達しないように十分少ない量とされる。例えば、判定基準吸蔵量 C_{ref} は、最大酸素吸蔵量 C_{max} の $3/4$ 以下、好まし

くは $1/2$ 以下、より好ましくは $1/5$ 以下とされる。したがって、時刻 $t_4 \sim t_5$ においても、上流側排気浄化触媒 20 からの NO_x 排出量は抑制される。

[0094] 時刻 t_5 以降においては、空燃比補正量 AFC が弱リッチ設定補正量 AFC_{rich} とされている。したがって、目標空燃比はリッチ空燃比とされ、これに伴って上流側空燃比センサ 40 のセンサ出力電流 I_{up} が負の値となる。上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガス中には未燃ガスが含まれることになるため、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} は徐々に減少していき、時刻 t_6 において、時刻 t_1 と同様に、酸素吸蔵量 OSA_{sc} が下限吸蔵量を超えて減少する。このときも、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの空燃比はリッチ空燃比となっているため、上流側排気浄化触媒 20 からの NO_x 排出量は抑制される。

[0095] 次いで、時刻 t_7 において、時刻 t_2 と同様に、下流側空燃比センサ 41 のセンサ出力電流 I_{down} がリッチ判定空燃比に相当するリッチ判定基準値 I_{ref} に到達する。これにより、空燃比補正量 AFC がリーン設定空燃比に相当する値 AFC_{lean} に切り替えられる。その後、上述した時刻 $t_1 \sim t_6$ のサイクルが繰り返される。

[0096] なお、このような空燃比補正量 AFC の制御は、 $\text{ECU} 31$ によって行われる。したがって、 $\text{ECU} 31$ は、下流側空燃比センサ 41 によって検出された排気ガスの空燃比がリッチ判定空燃比以下となったときに、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が判定基準吸蔵量 C_{ref} となるまで、上流側排気浄化触媒 20 に流入する排気ガスの目標空燃比を継続的又は断続的にリーン設定空燃比にする酸素吸蔵量増加手段と、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が判定基準吸蔵量 C_{ref} 以上となったときに、酸素吸蔵量 OSA_{sc} が最大酸素吸蔵量 C_{max} を超えることなく零に向けて減少するように、目標空燃比を継続的又は断続的に弱リッチ設定空燃比にする酸素吸蔵量減少手段とを具備するといえる。

[0097] 以上の説明から分かるように上記実施形態によれば、上流側排気浄化触媒

20からのNO_x排出量を常に抑制することができる。すなわち、上述した制御を行っている限り、基本的には上流側排気浄化触媒20からのNO_x排出量を少ないものとすることができる。

[0098] また、一般に、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} 及び吸入空気量の推定値等に基づいて酸素吸蔵量 OSA_{sc} を推定した場合には誤差が生じる可能性がある。本実施形態においても、時刻 $t_3 \sim t_4$ に亘って酸素吸蔵量 OSA_{sc} を推定しているため、酸素吸蔵量 OSA_{sc} の推定値には多少の誤差が含まれる。しかしながら、このような誤差が含まれていたとしても、判定基準吸蔵量 C_{ref} を最大酸素吸蔵量 C_{max} や上限吸蔵量よりも十分に低く設定しておけば、実際の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が最大酸素吸蔵量 C_{max} や上限吸蔵量にまで到達することはほとんどない。したがって、斯かる観点からも上流側排気浄化触媒20からのNO_x排出量を抑制することができる。

[0099] また、排気浄化触媒の酸素吸蔵量が一定に維持されると、その排気浄化触媒の酸素吸蔵能力が低下する。これに対して、本実施形態によれば、酸素吸蔵量 OSA_{sc} は常に上下に変動しているため、酸素吸蔵能力が低下することが抑制される。

[0100] なお、上記実施形態では、時刻 $t_2 \sim t_4$ において、空燃比補正量 $AF C$ はリーン設定補正量 $AF C_{lean}$ に維持される。しかしながら、斯かる期間において、空燃比補正量 $AF C$ は必ずしも一定に維持されている必要はなく、徐々に減少させる等、変動するように設定されてもよい。同様に、時刻 $t_4 \sim t_7$ において、空燃比補正量 $AF C$ は弱リッチ設定補正量 $AF C_{rich}$ に維持される。しかしながら、斯かる期間において、空燃比補正量 $AF C$ は必ずしも一定に維持されている必要はなく、徐々に減少させる等、変動するように設定されてもよい。

[0101] ただし、この場合であっても、時刻 $t_2 \sim t_4$ における空燃比補正量 $AF C$ は、当該期間における目標空燃比の平均値と理論空燃比との差が、時刻 $t_4 \sim t_7$ における目標空燃比の平均値と理論空燃比との差よりも大きくなるように設

定される。

[0102] また、上記実施形態では、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} 及び燃焼室5内への吸入空気量の推定値等に基づいて、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が推定されている。しかしながら、酸素吸蔵量 OSA_{sc} はこれらパラメータに加えて他のパラメータに基づいて算出されてもよいし、これらパラメータとは異なるパラメータに基づいて推定されてもよい。また、上記実施形態では、酸素吸蔵量 OSA_{sc} の推定値が判定基準吸蔵量 C_{ref} 以上になると、目標空燃比がリーン設定空燃比から弱リッチ設定空燃比へと切り替えられる。しかしながら、目標空燃比をリーン設定空燃比から弱リッチ設定空燃比へと切り替えるタイミングは、例えば目標空燃比を弱リッチ設定空燃比からリーン設定空燃比へ切り替えてからの機関運転時間等、他のパラメータを基準としてもよい。ただし、この場合であっても、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が最大酸素吸蔵量よりも少ないと推定される間に、目標空燃比をリーン設定空燃比から弱リッチ設定空燃比へと切り替えることが必要となる。

[0103] なお、上記実施形態では、時刻 $t_4 \sim t_7$ において空燃比補正量 $AF C$ を弱リッチ設定補正量 $AF C_{rich}$ に固定しているが、この間においても一時的に空燃比補正量 $AF C$ を理論空燃比又はリーン空燃比としてもよい。同様に、上記実施形態では、時刻 $t_1 \sim t_4$ において空燃比補正量 $AF C$ をリーン設定補正量 $AF C_{lean}$ に固定しているが、この間においても一時的に空燃比補正量 $AF C$ を理論空燃比又はリッチ空燃比としてもよい。

[0104] <具体的な制御の説明>

次に、図12及び図13を参照して、上記実施形態における制御装置について具体的に説明する。本実施形態における制御装置は、機能ブロック図である図12に示したように、A1～A9の各機能ブロックを含んで構成されている。以下、図12を参照しながら各機能ブロックについて説明する。

[0105] <燃料噴射量の算出>

まず、燃料噴射量の算出について説明する。燃料噴射量の算出に当たって

は、筒内吸入空気量算出手段 A 1、基本燃料噴射量算出手段 A 2、及び燃料噴射量算出手段 A 3 が用いられる。

[0106] 筒内吸入空気量算出手段 A 1 は、エアフロメータ 3 9 によって計測される吸入空気流量 G_a と、クランク角センサ 4 4 の出力に基づいて算出される機関回転数 N_E と、ECU 3 1 の ROM 3 4 に記憶されたマップ又は計算式とに基づいて、各気筒への吸入空気量 M_c を算出する。

[0107] 基本燃料噴射量算出手段 A 2 は、筒内吸入空気量算出手段 A 1 によって算出された筒内吸入空気量 M_c を、後述する目標空燃比設定手段 A 6 によって算出された目標空燃比 AFT で除算することにより、基本燃料噴射量 Q_{base} を算出する ($Q_{base} = M_c / AFT$)。

[0108] 燃料噴射量算出手段 A 3 は、基本燃料噴射量算出手段 A 2 によって算出された基本燃料噴射量 Q_{base} に、後述する F/B 補正量 DQ_i を加えることで燃料噴射量 Q_i を算出する ($Q_i = Q_{base} + DQ_i$)。このようにして算出された燃料噴射量 Q_i の燃料が燃料噴射弁 1 1 から噴射されるように、燃料噴射弁 1 1 に対して噴射指示が行われる。

[0109] <目標空燃比の算出>

次に、目標空燃比の算出について説明する。目標空燃比の算出に当たっては、酸素吸蔵量算出手段 A 4、目標空燃比補正量算出手段 A 5、及び目標空燃比設定手段 A 6 が用いられる。

[0110] 酸素吸蔵量算出手段 A 4 は、燃料噴射量算出手段 A 3 によって算出された燃料噴射量 Q_i 及び上流側空燃比センサ 4 0 のセンサ出力電流 I_{pup} に基づいて上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} を算出する。例えば、酸素吸蔵量算出手段 A 4 は、上流側空燃比センサ 4 0 のセンサ出力電流 I_{pup} に対応する空燃比と理論空燃比との差分に燃料噴射量 Q_i を乗算すると共に、求めた値を積算することによって酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} を算出する。なお、酸素吸蔵量算出手段 A 4 による上流側排気浄化触媒 2 0 の酸素吸蔵量の推定は、常時行われていなくてもよい。例えば、目標空燃比がリッチ空燃比からリーン空燃比へ実際に切り替えられたとき (

図10における時刻 t_3)から、酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} が判定基準吸蔵量 C_{ref} に到達する(図10における時刻 t_4)までの間のみ酸素吸蔵量を推定してもよい。

[0111] 目標空燃比補正量算出手段A5では、酸素吸蔵量算出手段A4によって算出された酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} と、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} とに基づいて、目標空燃比の空燃比補正量 AF_C が算出される。具体的には、空燃比補正量 AF_C は、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} (リッチ判定空燃比に相当する値)以下となったときに、リーン設定補正量 $AF_{C_{lean}}$ とされる。その後、空燃比補正量 AF_C は、酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} が判定基準吸蔵量 C_{ref} に到達するまで、リーン設定補正量 $AF_{C_{lean}}$ に維持される。酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} が判定基準吸蔵量 C_{ref} に到達すると、空燃比補正量 AF_C は弱リッチ設定補正量 $AF_{C_{rich}}$ とされる。その後、空燃比補正量 AF_C は、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} (リッチ判定空燃比に相当する値)となるまで、弱リッチ設定補正量 $AF_{C_{rich}}$ に維持される。

[0112] 目標空燃比設定手段A6は、基準となる空燃比、本実施形態では理論空燃比 AF_R に、目標空燃比補正量算出手段A5で算出された空燃比補正量 AF_C を加算することで、目標空燃比 AF_T を算出する。したがって、目標空燃比 AF_T は、理論空燃比 AF_R よりも僅かにリッチである弱リッチ設定空燃比(空燃比補正量 AF_C が弱リッチ設定補正量 $AF_{C_{rich}}$ の場合)か、又は理論空燃比 AF_R よりもある程度リーンであるリーン設定空燃比(空燃比補正量 AF_C がリーン設定補正量 $AF_{C_{lean}}$ の場合)のいずれかとされる。このようにして算出された目標空燃比 AF_T は、基本燃料噴射量算出手段A2及び後述する空燃比差算出手段A8に入力される。

[0113] 図13は、空燃比補正量 AF_C の算出制御の制御ルーチンを示すフローチャートである。図示した制御ルーチンは一定時間間隔の割り込みによって行われる。

[0114] 図13に示したように、まず、ステップS11において空燃比補正量AFCの算出条件が成立しているか否かが判定される。空燃比補正量の算出条件が成立している場合とは、例えば燃料カット制御中ではないこと等が挙げられる。ステップS11において目標空燃比の算出条件が成立していると判定された場合には、ステップS12へと進む。S12では、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} 、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} 、燃料噴射量 Q_i が取得せしめられる。次いでステップS13では、ステップS12で取得された上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流 I_{pup} 及び燃料噴射量 Q_i に基づいて酸素吸蔵量の推定値 OSA_{est} が算出される。

[0115] 次いでステップS14において、リーン設定フラグ F_r が0に設定されているか否かが判定される。リーン設定フラグ F_r は、空燃比補正量AFCがリーン設定補正量 AFC_{lean} に設定されると1とされ、それ以外の場合には0とされる。ステップS14においてリーン設定フラグ F_r が0に設定されている場合には、ステップS15へと進む。ステップS15では、下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} 以下であるか否かが判定される。下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} よりも大きいと判定された場合には制御ルーチンが終了せしめられる。

[0116] 一方、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量 OSA_{sc} が減少して、上流側排気浄化触媒20から流出する排気ガスの空燃比が低下すると、ステップS15にて下流側空燃比センサ41のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} 以下であると判定される。この場合には、ステップS16へと進み、空燃比補正量AFCがリーン設定補正量 AFC_{lean} とされる。次いで、ステップS17では、リーン設定フラグ F_r が1に設定され、制御ルーチンが終了せしめられる。

[0117] 次の制御ルーチンにおいては、ステップS14において、リーン設定フラグ F_r が0に設定されていないと判定されて、ステップS18へと進む。ス

テップS 18では、ステップS 13で算出された酸素吸蔵量の推定値O S A e s t が判定基準吸蔵量C r e f よりも少ないか否かが判定される。酸素吸蔵量の推定値O S A e s t が判定基準吸蔵量C r e f よりも少ないと判定された場合にはステップS 19へと進み、空燃比補正量A F C が引き続きリーン設定補正量A F C l e a n とされる。一方、上流側排気浄化触媒20の酸素吸蔵量が増大すると、やがてステップS 18において酸素吸蔵量の推定値O S A e s t が判定基準吸蔵量C r e f 以上であると判定されてステップS 20へと進む。ステップS 20では、空燃比補正量A F C が弱リッチ設定補正量A F C r i c h とされ、次いで、ステップS 21では、リーン設定フラグF r が0にリセットされ、制御ルーチンが終了せしめられる。

[0118] <F / B補正量の算出>

再び図12に戻って、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流I p u p に基づいたF / B補正量の算出について説明する。F / B補正量の算出に当たっては、数値変換手段A 7、空燃比差算出手段A 8、F / B補正量算出手段A 9が用いられる。

[0119] 数値変換手段A 7は、上流側空燃比センサ40のセンサ出力電流I p u p と、空燃比センサ40のセンサ出力電流I p u p と空燃比との関係を規定したマップ又は計算式（例えば、図5に示したようなマップ）とに基づいて、センサ出力電流I p u p に相当する上流側排気空燃比A F u p を算出する。したがって、上流側排気空燃比A F u p は、上流側排気浄化触媒20に流入する排気ガスの空燃比に相当する。

[0120] 空燃比差算出手段A 8は、数値変換手段A 7によって求められた上流側排気空燃比A F u p から目標空燃比設定手段A 6によって算出された目標空燃比A F T を減算することによって空燃比差D A F を算出する（ $D A F = A F u p - A F T$ ）。この空燃比差D A F は、目標空燃比A F T に対する燃料供給量の過不足を表す値である。

[0121] F / B補正量算出手段A 9は、空燃比差算出手段A 8によって算出された空燃比差D A F を、比例・積分・微分処理（P I D 処理）することで、下記

式（１）に基づいて燃料供給量の過不足を補償するための F/B 補正量 DF_i を算出する。このようにして算出された F/B 補正量 DF_i は、燃料噴射量算出手段Ａ３に入力される。

$$DF_i = K_p \cdot DAF + K_i \cdot SDAF + K_d \cdot DDAF \quad \dots (1)$$

[0122] なお、上記式（１）において、 K_p は予め設定された比例ゲイン（比例定数）、 K_i は予め設定された積分ゲイン（積分定数）、 K_d は予め設定された微分ゲイン（微分定数）である。また、 $DDAF$ は、空燃比差 DAF の時間微分値であり、今回更新された空燃比差 DAF と前回更新されていた空燃比差 DAF との差を更新間隔に対応する時間で除算することで算出される。また、 $SDAF$ は、空燃比差 DAF の時間積分値であり、この時間積分値 $DDAF$ は前回更新された時間積分値 $DDAF$ に今回更新された空燃比差 DAF を加算することで算出される（ $SDAF = DDAF + DAF$ ）。

[0123] なお、上記実施形態では、上流側排気浄化触媒２０に流入する排気ガスの空燃比を上流側空燃比センサ４０によって検出している。しかしながら、上流側排気浄化触媒２０に流入する排気ガスの空燃比の検出精度は必ずしも高い必要はないことから、例えば、燃料噴射弁１１からの燃料噴射量及びエアフロメータ３９の出力に基づいてこの排気ガスの空燃比を推定するようにしてもよい。

[0124] ＜第二実施形態＞

次に、図１４～図１７を参照して、本発明の第二実施形態に係る内燃機関の制御装置について説明する。第二実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御は、基本的に、上記実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御と同様である。しかしながら、上記実施形態では、上流側空燃比センサ及び下流側空燃比センサでは同一のセンサ印加電圧が印加されていたのに対して、本実施形態では、これら空燃比センサ７５、７６の間で異なるセンサ印加電圧が印加される。

[0125] ＜基準セルの理論空燃比近傍における微視的特性＞

ところで、センサ印加電圧 V_r と基準セル出力電流 I_r との関係や排気空

燃比と基準セル出力電流 I_r との関係を、理論空燃比近傍で微視的に見ると図 1 4 及び図 1 5 のようになる。

[0126] 図 1 4 は、基準セルにおけるセンサ印加電圧 V_r と基準セル出力電流 I_r との関係を示した図である。図 1 4 からわかるように、限界電流領域（印加電圧を変化させても基準セル出力電流がほとんど変化しない電圧領域）においても、排気空燃比を一定としたときに、センサ印加電圧 V_r が増大するのに伴って基準セル出力電流 I_r もごく僅かながら増大する。例えば、排気空燃比が理論空燃比（14.6）である場合を例にとってみると、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V 程度のときには基準セル出力電流 I_r は 0 となる。これに対して、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも或る程度低く（例えば、0.2 V）すると、基準セル出力電流 I_r は 0 よりも低い値となる。一方、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも或る程度高く（例えば、0.7 V）すると、基準セル出力電流 I_r は 0 よりも高い値となる。

[0127] 図 1 5 は、排気空燃比と基準セル出力電流 I_r との関係を示した図である。図 1 5 からは、理論空燃比近傍の領域においては、同一の排気空燃比に対する基準セル出力電流 I_r がセンサ印加電圧 V_r 毎に僅かに異なることがわかる。例えば、図示した例では、排気空燃比が理論空燃比である場合、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V としたときに基準セル出力電流 I_r が 0 になる。そして、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも大きくすると基準セル出力電流 I_r も大きくなり、センサ印加電圧 V_r を 0.45 V よりも小さくすると基準セル出力電流 I_r も小さくなる。

[0128] 加えて、図 1 5 からは、センサ印加電圧 V_r 毎に、基準セル出力電流 I_r が 0 となるときの排気空燃比（以下、「電流零時の排気空燃比」という）が異なることがわかる。図示した例では、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V である場合には排気空燃比が理論空燃比であるときに基準セル出力電流 I_r が 0 になる。これに対して、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V よりも大きい場合には、排気空燃比が理論空燃比よりもリッチであるときに基準セル出力電流 I_r が 0 になり、センサ印加電圧 V_r が大きくなるほど電流零時の排気空

燃比は小さくなる。逆に、センサ印加電圧 V_r が 0.45 V よりも小さい場合には、排気空燃比が理論空燃比よりもリーンであるときに基準セル出力電流 I_r が 0 になり、センサ印加電圧 V_r が小さくなるほど電流零時の排気空燃比は大きくなる。すなわち、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、電流零時の排気空燃比を変化させることができる。

[0129] ここで、図 9 における傾き、すなわち、基準セルにおける、排気空燃比の増加量に対する基準セル出力電流の増加量の比率（以下、「基準セル出力電流変化率」という）は、同様な生産工程を経ても必ずしも同一にはならず、同一型式の空燃比センサであっても個体間でバラツキが生じてしまう。加えて、同一の空燃比センサにおいても、経年劣化等により基準セル出力電流変化率は変化する。

[0130] この様子を図 16 に示す。図 16 は、空燃比センサの基準セルにおける排気空燃比と基準セル出力電流との関係を示す図である。例えば図 16 に実線 A で示した出力特性を有するように構成されている同一型式の基準セルを用いても、使用したセンサや使用期間等によって、図 16 に破線 B で示したように基準セル出力電流変化率が小さくなったり、一点鎖線 C で示したように基準セル出力電流変化率が大きくなったりする。

[0131] このため、同一型式の空燃比センサを用いて同一の空燃比の排気ガスの計測を行っても、使用したセンサや使用期間等によって、基準セルの基準セル出力電流は異なるものになってしまう。例えば、基準セルが実線 A で示したような出力特性を有する場合には、空燃比が $a f_1$ である排気ガスの計測を行ったときの基準セル出力電流は、 I_2 になる。しかしながら、基準セルが破線 B や一点鎖線 C で示したような出力特性を有する場合には、空燃比が $a f_1$ である排気ガスの計測を行ったときの基準セル出力電流は、それぞれ I_1 及び I_3 となり、上述した I_2 とは異なる基準セル出力電流になってしまう。

[0132] しかしながら、図 16 から分かるように、空燃比センサの個体間でバラツキが生じたり、同一の空燃比センサにおいて経年劣化等によってバラツキが生じたりしたとしても、電流零時の排気空燃比（図 16 の例では理論空燃

比)はほとんど変化しない。すなわち、基準セル出力電流 I_r が零以外の値をとるときには、そのときの排気空燃比の絶対値は必ずしも一定ではないが、基準セル出力電流 I_r が零となるときには、そのときの排気空燃比の絶対値(図16の例では理論空燃比)は一定である。

[0133] そして、図15を用いて説明したように、空燃比センサ75、76では、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、電流零時の排気空燃比を変化させることができる。そして、基準セル出力電流検出装置71によって検出された基準セル出力電流が零であると、ポンプ電圧印加装置72により印加されるポンプ電圧も零とされ、ポンプ電流(センサ出力電流) I_p も零となる。したがって、空燃比センサ75、76によれば、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、理論空燃比以外の排気空燃比の絶対値を正確に検出することができる。

[0134] 特に、センサ印加電圧 V_r を後述する「特定電圧領域」内で変化させた場合には、電流零時の排気空燃比を理論空燃比(14.6)に対して僅かにのみ(例えば、 $\pm 1\%$ の範囲(約14.45~約14.75)内)調整することができる。したがって、センサ印加電圧 V_r を適切に設定することにより、理論空燃比とは僅かに異なる空燃比の絶対値を正確に検出することができるようになる。

[0135] なお、上述したように、センサ印加電圧 V_r を変化させることにより、電流零時の排気空燃比を変化させることができる。しかしながら、センサ印加電圧 V_r を或る上限電圧よりも大きくするか又は或る下限電圧よりも小さくすると、センサ印加電圧 V_r の変化量に対する電流零時の排気空燃比の変化量が大きくなる。したがって、斯かる電圧領域では、センサ印加電圧 V_r が僅かにずれると、電流零時の排気空燃比が大きく変化してしまう。したがって、斯かる電圧領域では、排気空燃比の絶対値を正確に検出するためには、センサ印加電圧 V_r を精密に制御することが必要になり、あまり実用的ではない。このため、排気空燃比の絶対値を正確に検出する観点からは、センサ印加電圧 V_r は或る上限電圧と或る下限電圧との間の「特定電圧領域」内の

値とすることが必要になる。

[0136] ここで、図 14 に示したように、空燃比センサ 75、76 は、各排気空燃比毎に、基準セル出力電流 I_r が限界電流となる電圧領域である限界電流領域を有する。本実施形態では、排気空燃比が理論空燃比であるときの限界電流領域が「特定電圧領域」とされる。

[0137] <各空燃比センサにおける印加電圧>

本実施形態では、上述した微視的特性に鑑みて、上流側空燃比センサ 75 によって排気ガスの空燃比を検出するときには、上流側空燃比センサ 75 におけるセンサ印加電圧 V_{rup} は、排気空燃比が理論空燃比（本実施形態では 14.6）であるときに基準セル出力電流が零となるような電圧（例えば、0.45V）に固定される。換言すると、上流側空燃比センサ 75 では電流零時の排気空燃比が理論空燃比となるようにセンサ印加電圧 V_{rup} が設定される。

[0138] 一方、下流側空燃比センサ 76 によって排気ガスの空燃比を検出するときには、下流側空燃比センサ 76 におけるセンサ印加電圧 V_r は、排気空燃比が理論空燃比よりも僅かにリッチである予め定められたリッチ判定空燃比（例えば、14.55）であるときに基準セル出力電流が零となるような一定電圧（例えば、0.7V）に固定される。換言すると、下流側空燃比センサ 76 では、電流零時の排気空燃比が理論空燃比よりも僅かにリッチであるリッチ判定空燃比となるようにセンサ印加電圧 V_{rdwn} が設定される。このように、本実施形態では、下流側空燃比センサ 76 におけるセンサ印加電圧 V_{rdwn} が上流側空燃比センサ 75 におけるセンサ印加電圧 V_{rup} よりも高い電圧とされる。

[0139] したがって、両空燃比センサ 75、76 に接続された ECU 31 は、上流側空燃比センサ 75 のセンサ出力電流 I_{up} が零になったときに上流側空燃比センサ 75 周りの排気空燃比は理論空燃比であると判断する。一方、ECU 31 は、下流側空燃比センサ 76 のセンサ出力電流 I_{pdwn} が零になったときには下流側空燃比センサ 76 周りの排気空燃比はリッチ判定空燃比

、すなわち、理論空燃比とは異なる予め定められた空燃比であると判断する。

[0140] <第二実施形態における空燃比制御>

第二実施形態における空燃比制御は、基本的に上記実施形態における空燃比制御と同様である。しかしながら、第一実施形態では、時刻 t_2 において下流側空燃比センサ 41 のセンサ出力電流 I_{pdwn} がリッチ判定基準値 I_{ref} 以下となったときに目標空燃比をリーン設定空燃比に切り替えている。これに対して、本実施形態では、下流側空燃比センサ 41 のセンサ出力電流 I_{pdwn} が零以下となったときに目標空燃比をリーン設定空燃比に切り替えている。

[0141] 図 17 は、図 11 と同様な図であり、本実施形態における制御を行った場合の上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} 等のタイムチャートである。以下では、図 11 における制御と異なる部分についてのみ説明する。

[0142] 図 17 から分かるように、時刻 t_1 以前、すなわち、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの空燃比が理論空燃比である場合、下流側空燃比センサ 76 のセンサ出力電流 I_{pdwn} は零よりも大きな値となっている。その後、時刻 t_1 から上流側排気浄化触媒 20 に流入した排気ガス中の未燃ガスの一部は上流側排気浄化触媒 20 で浄化されずに流出し始める。これに伴って、下流側空燃比センサ 76 のセンサ出力電流 I_{pdwn} は零に向かって小さくなり、時刻 t_2 において零となる。本実施形態では、下流側空燃比センサ 76 のセンサ出力電流 I_{pdwn} が零以下になると、上流側排気浄化触媒 20 の酸素吸蔵量 OSA_{sc} の減少を抑制すべく、空燃比補正量 $AF C$ がリーン設定空燃比に相当する値 $AF C_{lean}$ に切り替えられる。その後の制御は、基本的に、図 11 に示した例と同様である。

[0143] 本実施形態によれば、上述したように、下流側空燃比センサ 41 によってリッチ判定空燃比における絶対値を正確に検出することができる。図 16 を用いて説明したように、従来の空燃比センサでは、理論空燃比以外の空燃比についてその絶対値を正確に検出することは困難であった。このため、従来

の空燃比センサにおいて経年劣化や個体差等によりその出力電流に誤差が生じると、上流側排気浄化触媒 20 から流出する排気ガスの実際の空燃比はリッチ判定空燃比とは異なる場合でも、空燃比センサの出力電流がリッチ判定空燃比に相当する値となってしまう。この結果、空燃比補正量 A F C の弱リッチ設定補正量 A F C r i c h からリーン設定補正量 A F C l e a n への切替タイミングが遅れたり、或いは切替不要なタイミングで斯かる切替が行われたりする。これに対して、本実施形態では、下流側空燃比センサ 41 によってリッチ判定空燃比における絶対値を正確に検出することができる。このため、空燃比補正量 A F C の弱リッチ設定補正量 A F C r i c h からリーン設定補正量 A F C l e a n への切替タイミングにおける遅れや、切替不要なタイミングでの切替を抑制することができる。

[0144] <第三実施形態>

次に、図 18 を参照して、本発明の第三実施形態に係る内燃機関の制御装置について説明する。第三実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成は、基本的に、上記実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御と同様である。ただし、本実施形態の制御装置では、空燃比センサの基準セルのガス室側電極周りに拡散律速層が設けられる。

[0145] 図 18 は、第三実施形態の上流側空燃比センサ 80 及び下流側空燃比センサ 81 の構成を概略的に示す、図 5 と同様な断面図である。図 18 から分かるように、空燃比センサ 80、81 は、被測ガス室 51 内に設けられた基準セル用拡散律速層 82 を有する。基準セル用拡散律速層 82 は、基準セル 61 のガス室側電極 57 を囲うように配置される。したがって、ガス室側電極 57 は基準セル用拡散律速層 82 を介して被測ガス室 51 に曝される。

[0146] このように、ガス室側電極 57 の周りに基準セル用拡散律速層 82 を設けることにより、ガス室側電極 57 周りに流入する排気ガスを拡散律速させることができる。ここで、ガス室側電極 57 周りに流入する排気ガスを十分に拡散律速させていないと、排気空燃比、センサ印加電圧 V_r 及び基準セル出力電流 I_r の関係が図 14 及び図 15 に示したような傾向になりにくく、そ

の結果、理論空燃比とは異なる空燃比の絶対値を適切に検出することができない場合がある。本実施形態では、基準セル用拡散律速層 8 2 ガス室側電極 5 7 周りに流入する排気ガスを十分に拡散律速させることで、より確実に、理論空燃比とは異なる空燃比の絶対値を検出することができる。

[0147] なお、本明細書において、排気浄化触媒の酸素吸蔵量は、最大酸素吸蔵量と零との間で変化するものとして説明している。このことは、排気浄化触媒によって更に吸蔵可能な酸素の量が、零（酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量である場合）と最大値（酸素吸蔵量が零である場合）の間で変化することを意味するものである。

符号の説明

- [0148]
- | | |
|----|-----------|
| 5 | 燃焼室 |
| 6 | 吸気弁 |
| 8 | 排気弁 |
| 10 | 点火プラグ |
| 11 | 燃料噴射弁 |
| 13 | 吸気枝管 |
| 15 | 吸気管 |
| 18 | スロットル弁 |
| 19 | 排気マニホルド |
| 20 | 上流側排気浄化触媒 |
| 21 | 上流側ケーシング |
| 22 | 排気管 |
| 23 | 下流側ケーシング |
| 24 | 下流側排気浄化触媒 |
| 31 | ECU |
| 39 | エアフロメータ |
| 40 | 上流側空燃比センサ |
| 41 | 下流側空燃比センサ |

請求の範囲

[請求項1] 内燃機関の排気通路に設けられた空燃比センサと、該空燃比センサのセンサ出力電流に応じて内燃機関を制御する機関制御装置とを具備する、内燃機関の制御装置において、

前記空燃比センサは、空燃比の検出対象である排気ガスが流入せしめられる被測ガス室と、ポンプ電流に応じて該被測ガス室内の排気ガスに対して酸素の汲み入れ及び汲み出しを行うポンプセルと、前記被測ガス室内の空燃比に応じて、検出される基準セル出力電流が変化する基準セルとを具備し、

前記基準セルは、前記被測ガス室内の排気ガスに曝される第一電極と、基準雰囲気中に曝される第二電極と、前記第一電極と前記第二電極との間に配置された固体電解質層とを具備し、

前記空燃比センサは、前記基準セルの第一電極と第二電極との間にセンサ印加電圧を印加する基準セル電圧印加装置と、前記基準セルの第一電極と第二電極との間に流れる電流を前記基準セル出力電流として検出する基準セル出力電流検出装置と、前記基準セル出力電流検出装置によって検出された基準セル出力電流が目標電流値になるようにポンプセルで流れるポンプ電流を制御するポンプ電流制御装置と、該ポンプ電流を前記センサ出力電流として検出するポンプ電流検出装置とを具備する、内燃機関の制御装置。

[請求項2] 前記ポンプ電流制御装置における目標電流は零である、請求項1に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項3] 前記空燃比センサは拡散律速層を更に具備し、該拡散律速層は、前記基準セルの第一電極が当該拡散律速層を介して被測ガス室内の排気ガスに曝されるように配置される、請求項1又は2に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項4] 前記空燃比センサは前記第二電極が曝された大気室を更に具備し、前記基準雰囲気は大気であり、該大気室は大気を導入できるように構

成される、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項5] 前記ポンプセルは、前記被測ガス室内の排気ガスに曝される第三電極と、前記空燃比センサ周りの排気ガスに曝される第四電極と、前記第三電極と前記第四電極との間に配置された固体電解質層とを具備し、前記ポンプ電流制御装置は、前記ポンプセルの固体電解質層を介して前記第三電極と第四電極との間で流れるポンプ電流を制御する、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項6] 前記基準セルは、被測ガス室内の排気ガスの空燃比に応じて基準セル出力電流が零となるようなセンサ印加電圧が変化すると共に、該排気ガスが理論空燃比であるときに当該基準セルにおけるセンサ印加電圧を増大させるとこれに伴って基準セル出力電流が増大するように構成されており、

前記基準セルにおけるセンサ印加電圧は一定電圧に固定され、該一定電圧は、前記被測ガス室内の排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときに基準セル出力電流が零となる電圧である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項7] 前記内燃機関は、前記空燃比センサよりも排気流れ方向上流側において前記排気通路に設けられた酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒を具備し、

前記機関制御装置は、前記空燃比センサのセンサ出力電流が理論空燃比よりも低いリッチ判定空燃比に対応するリッチ判定基準値以下となったときに、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量よりも少ない所定の吸蔵量となるまで、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリーンにする酸素吸蔵量増加手段と、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が前記所定の吸蔵量以上になったときに、該酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量に達することなく零に向けて減少するように、前記目標空燃比を継続的又は

断続的に理論空燃比よりもリッチにする酸素吸蔵量減少手段とを具備する、請求項 6 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項 8] 前記基準セルは、被測ガス室内の排気ガスの空燃比に応じて基準セル出力電流が零となるようなセンサ印加電圧が変化すると共に、該排気ガスが理論空燃比であるときに当該基準セルにおけるセンサ印加電圧を増大させるとこれに伴って基準セル出力電流が増大するように構成されており、

前記基準セルにおけるセンサ印加電圧は一定電圧に固定され、該一定電圧は、前記被測ガス室内の排気ガスの空燃比が理論空燃比であるときに基準セル出力電流が零となる電圧とは異なる電圧であって且つ前記排気ガスの空燃比が理論空燃比とは異なる空燃比であるときに基準セル出力電流が零となる電圧である、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項 9] 前記基準セルは、各排気空燃比毎に前記基準セル出力電流が限界電流となる電圧領域である限界電流領域を有するように構成されており、

前記一定電圧は、排気空燃比が理論空燃比であるときの前記限界電流領域内の電圧である、請求項 8 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項 10] 前記内燃機関は、前記空燃比センサよりも排気流れ方向上流側において前記排気通路に設けられた酸素を吸蔵可能な排気浄化触媒を具備し、

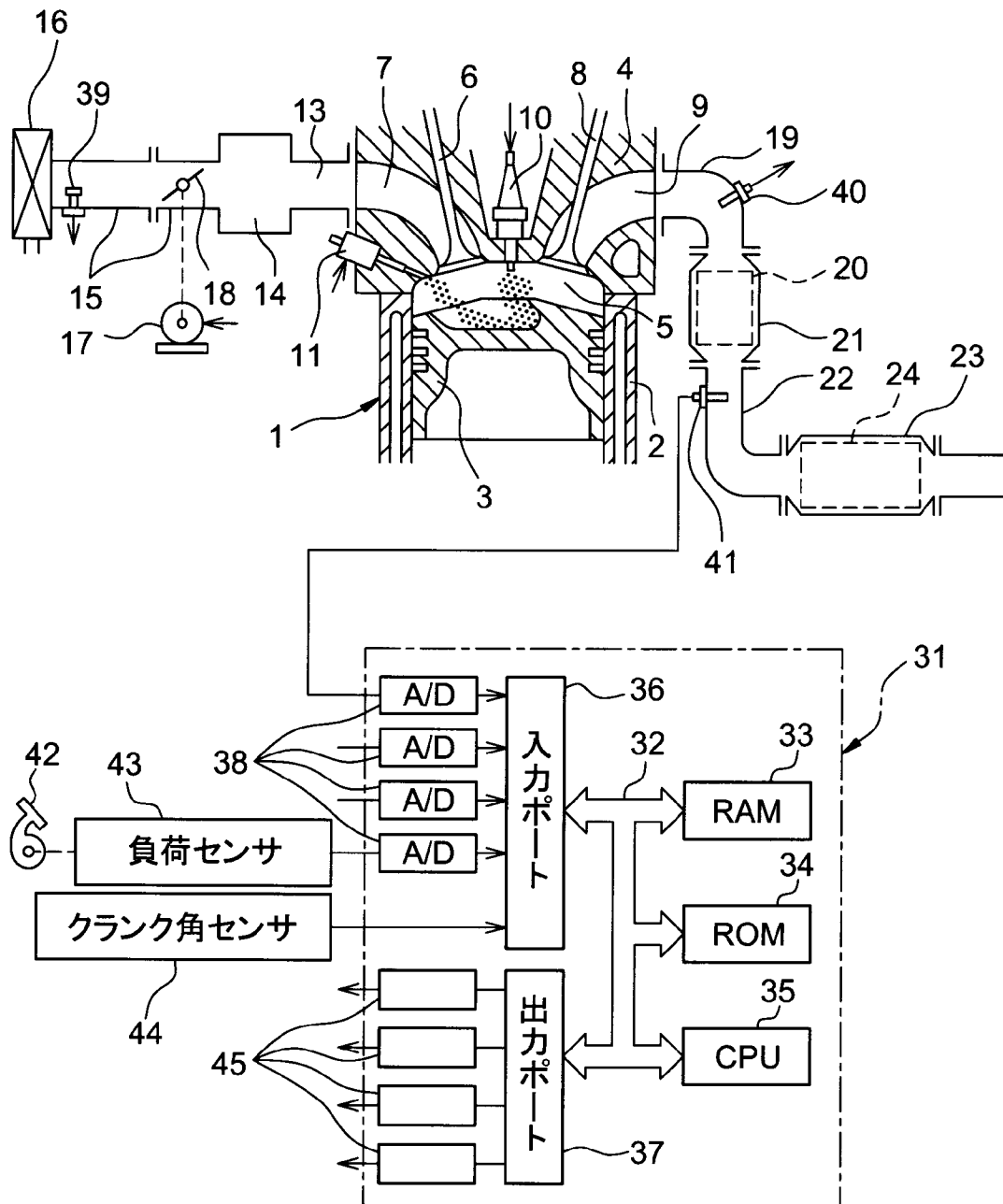
前記一定電圧は、排気空燃比が理論空燃比よりもリッチである所定空燃比であるときに前記基準セル出力電流が零になるような電圧とされる、請求項 8 又は 9 に記載の内燃機関の制御装置。

[請求項 11] 前記機関制御装置は、前記空燃比センサのセンサ出力電流が零以下となったときに、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量よりも少ない所定の吸蔵量となるまで、前記排気浄化触媒に流入する排気ガスの目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリーンに

する酸素吸蔵量増加手段と、前記排気浄化触媒の酸素吸蔵量が前記所定の吸蔵量以上になったときに、該酸素吸蔵量が最大酸素吸蔵量に達することなく零に向けて減少するように、前記目標空燃比を継続的又は断続的に理論空燃比よりもリッチにする酸素吸蔵量減少手段とを具備する、請求項 10 に記載の内燃機関の制御装置。

[図1]

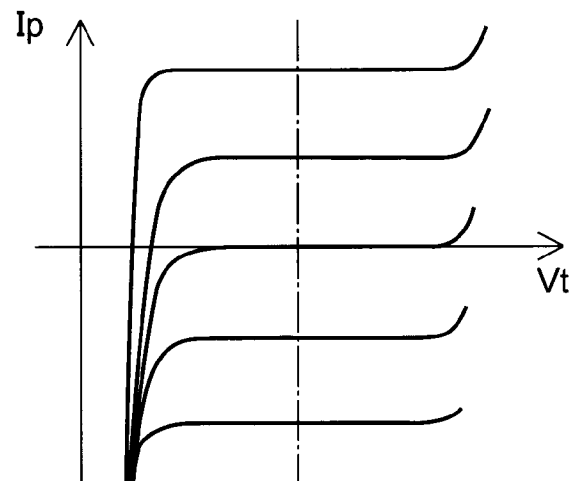
図1



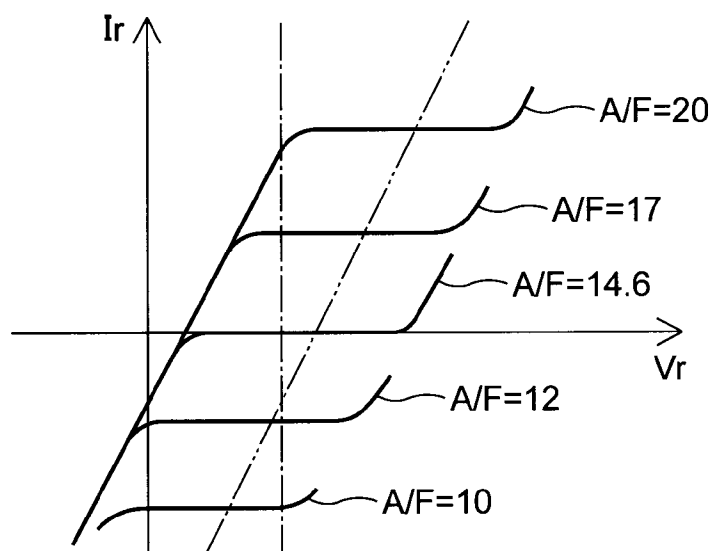
[図2]

図2

(A)

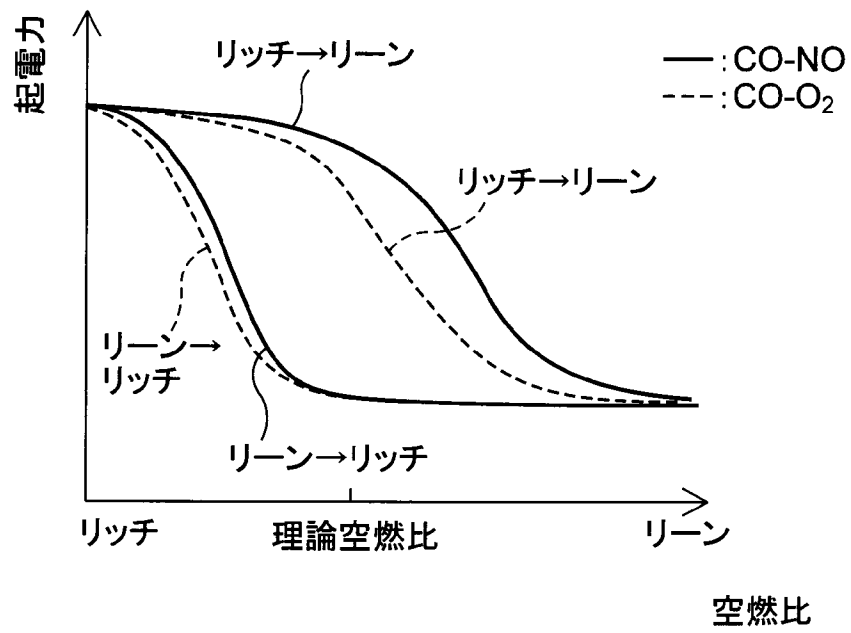


(B)



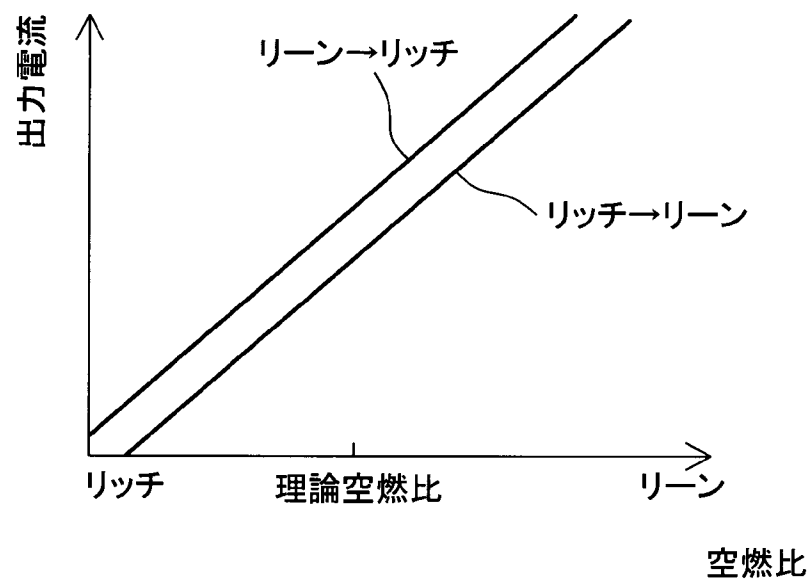
[図3]

図3



[図4]

図4



[図5]

図5

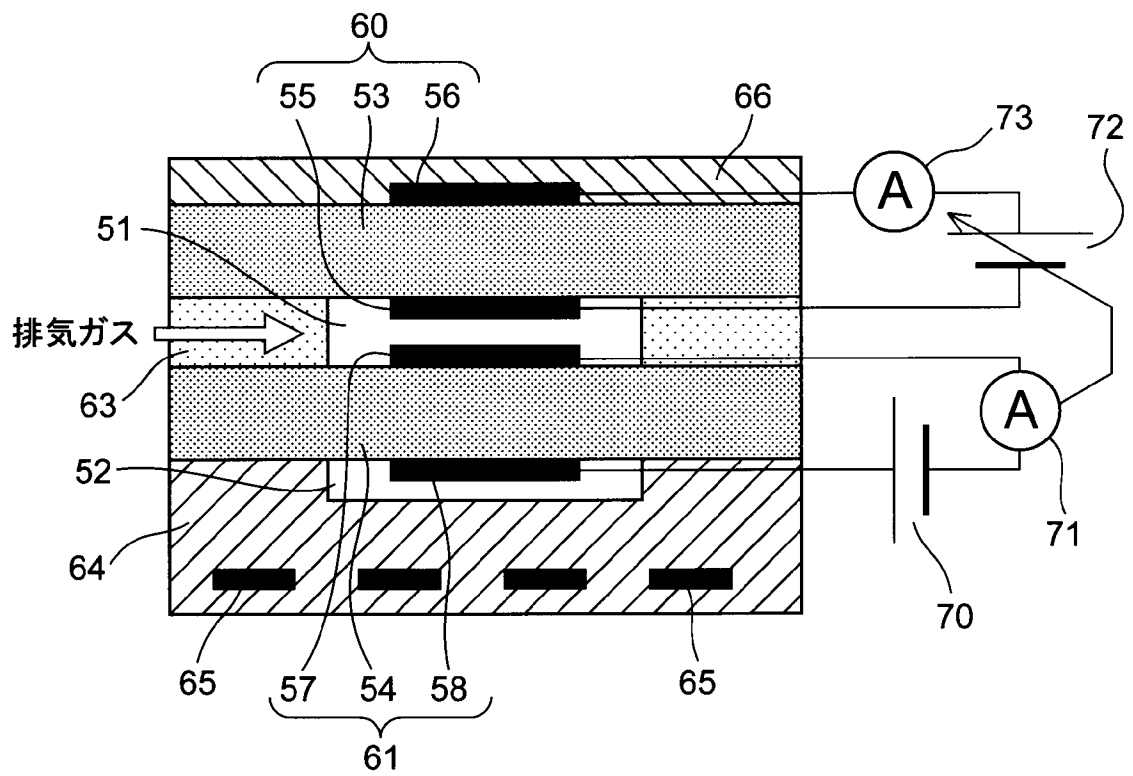
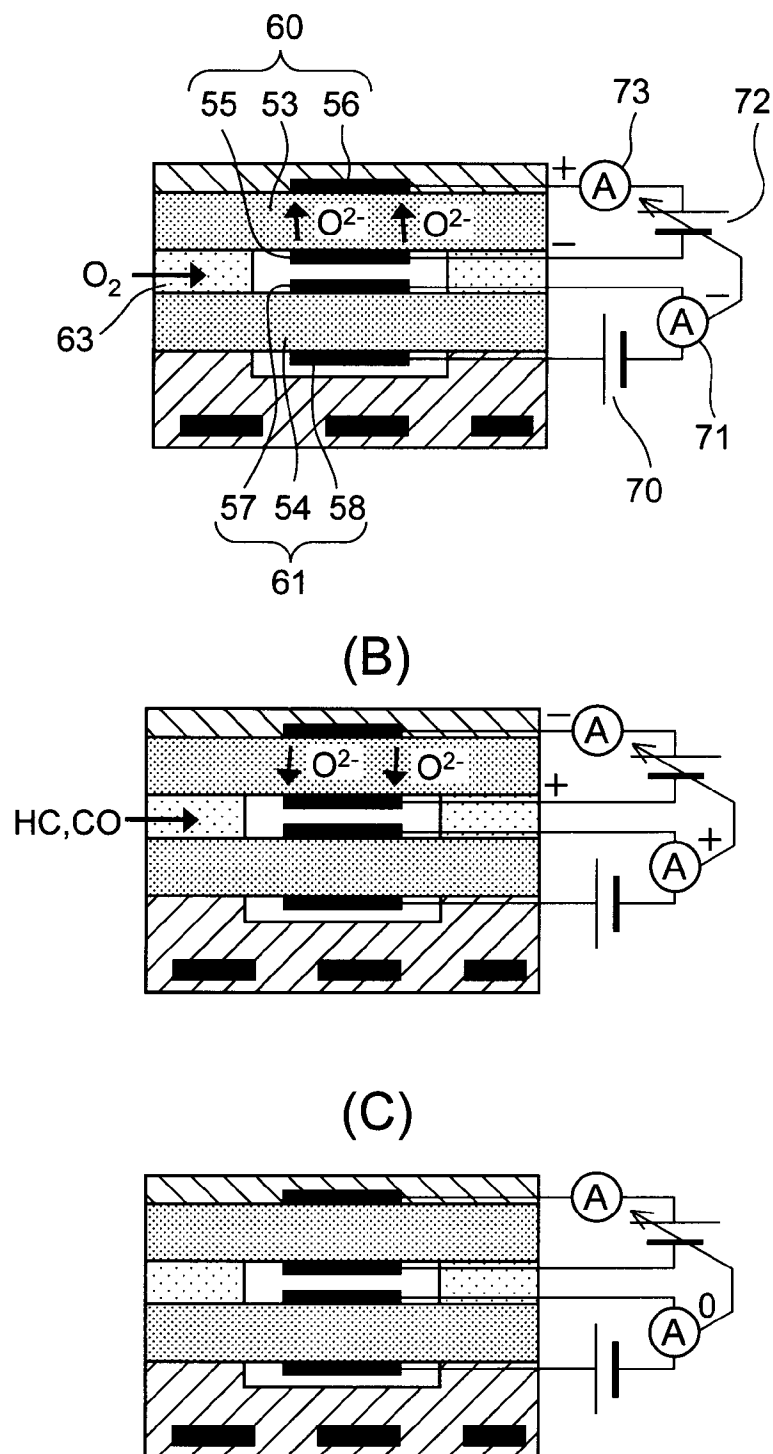
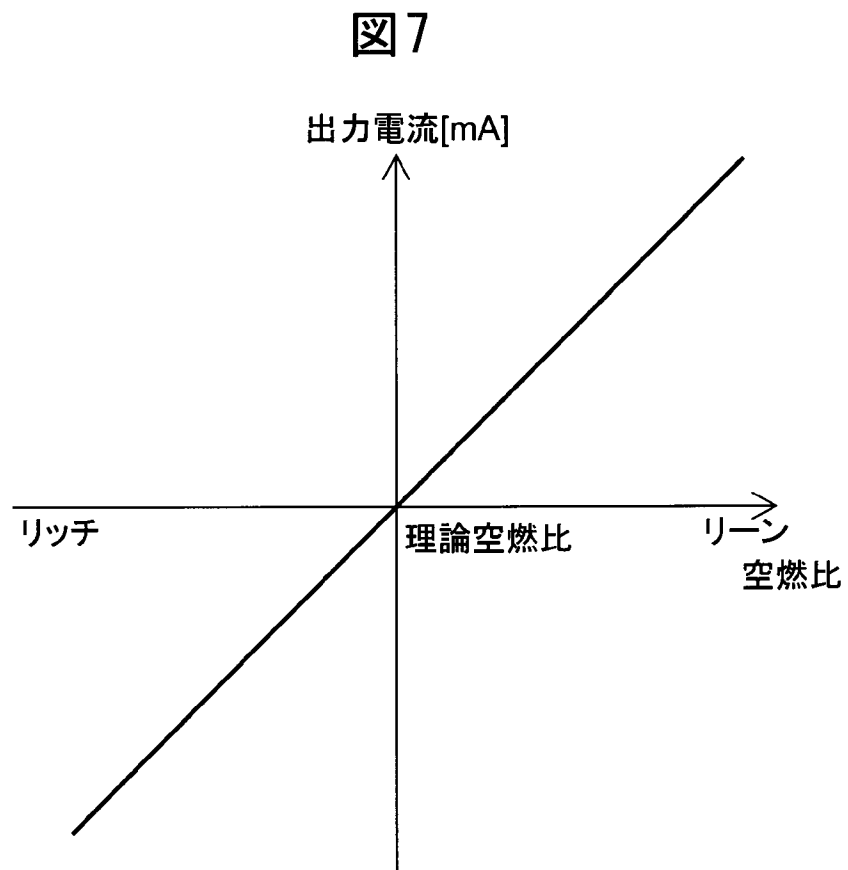


图 6

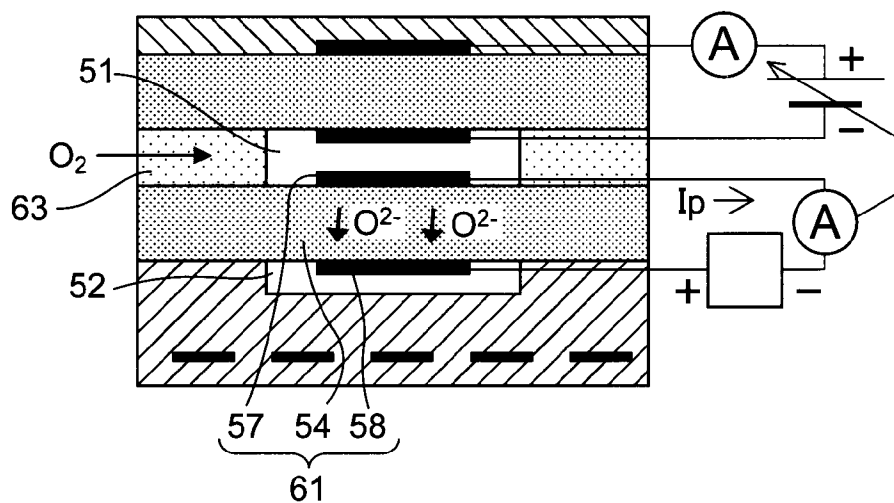
(A)



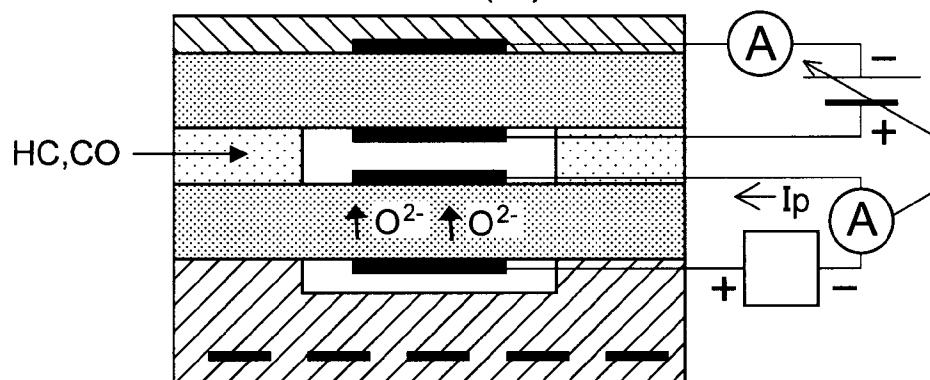
[図7]



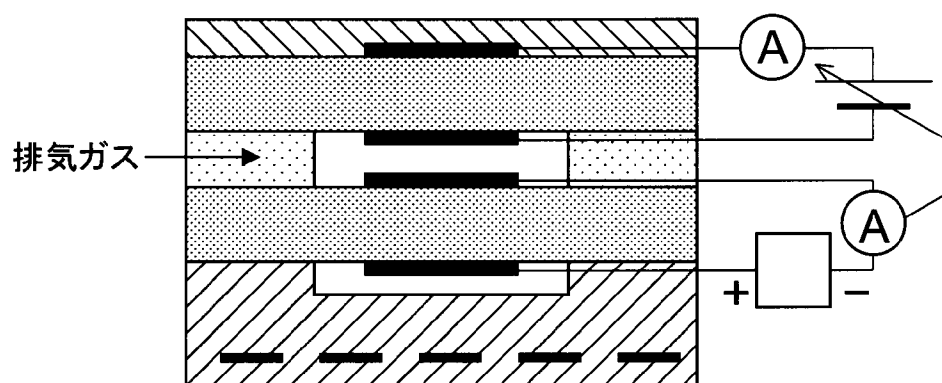
[図8]

図8
(A)

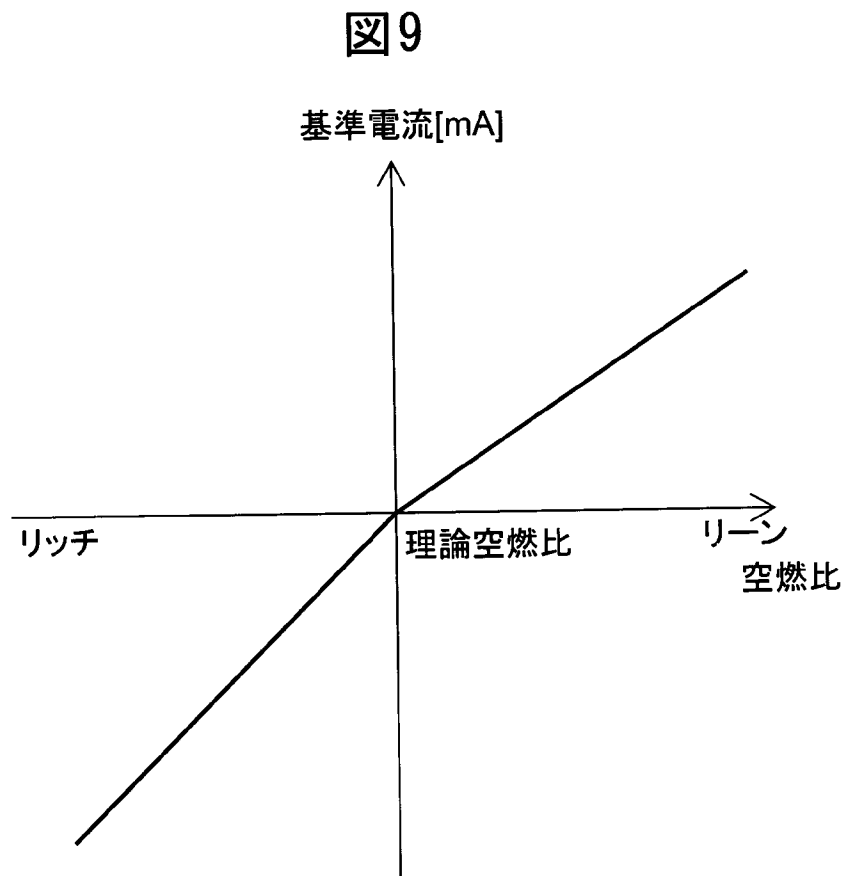
(B)



(C)

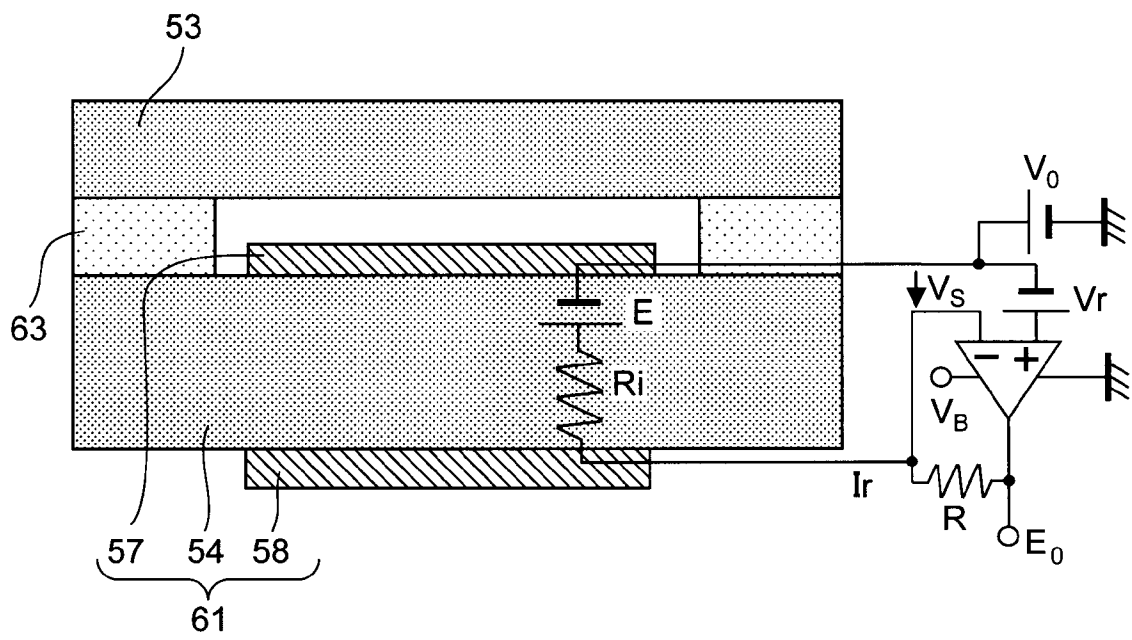


[図9]



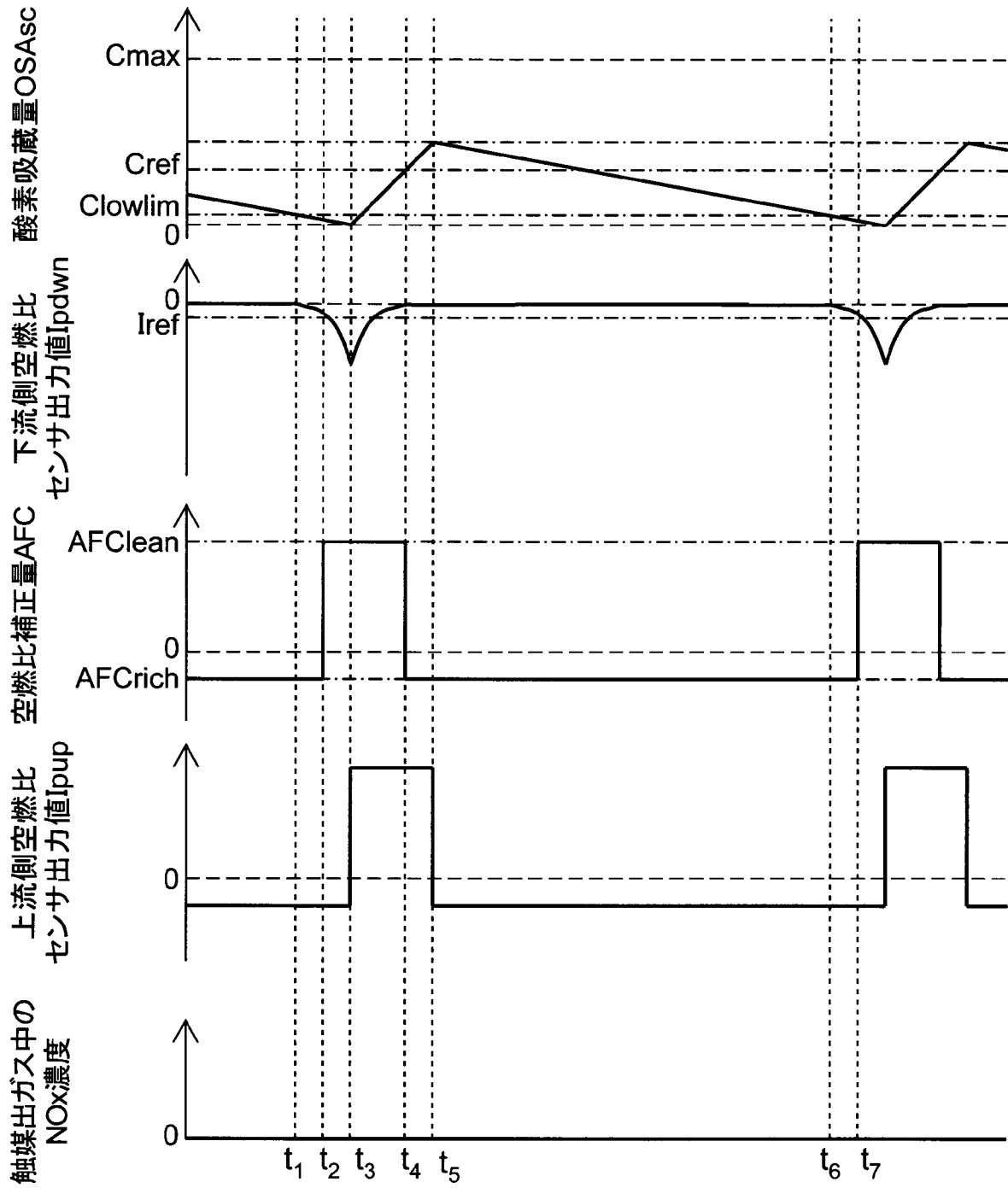
[図10]

図10



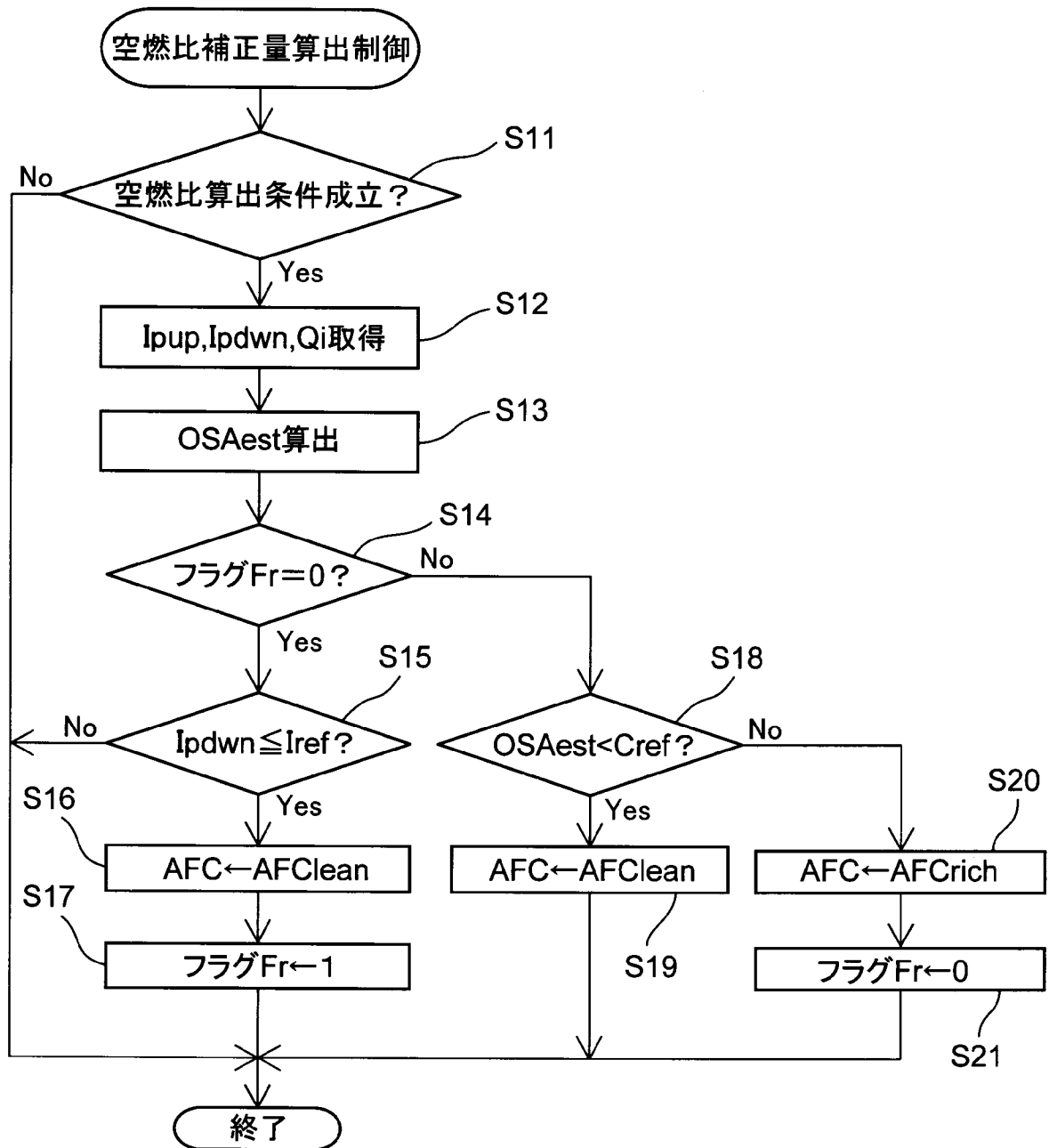
[図11]

図11



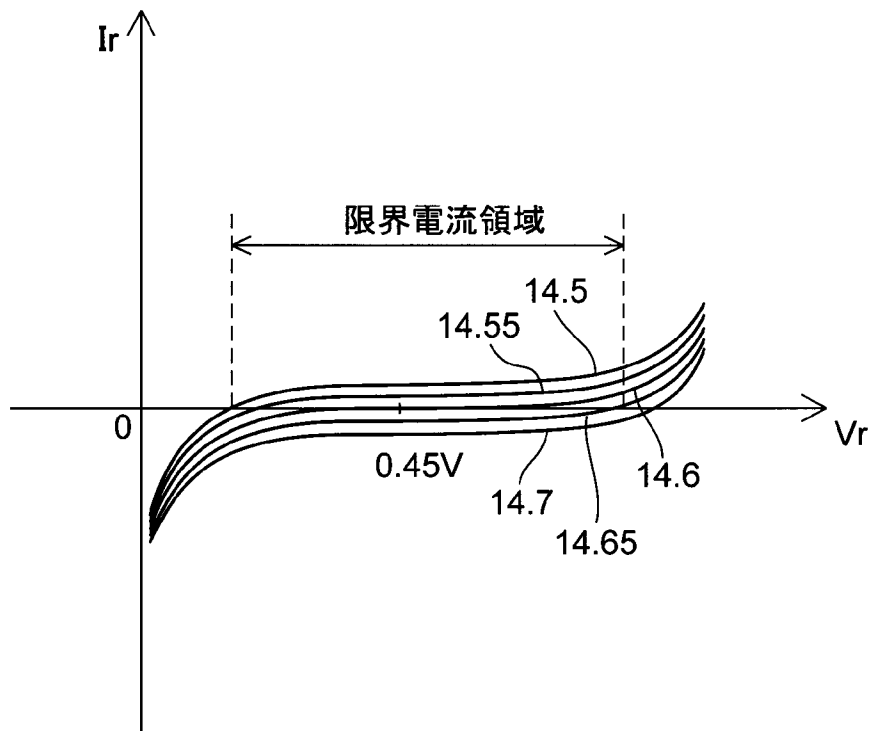
[図13]

図13



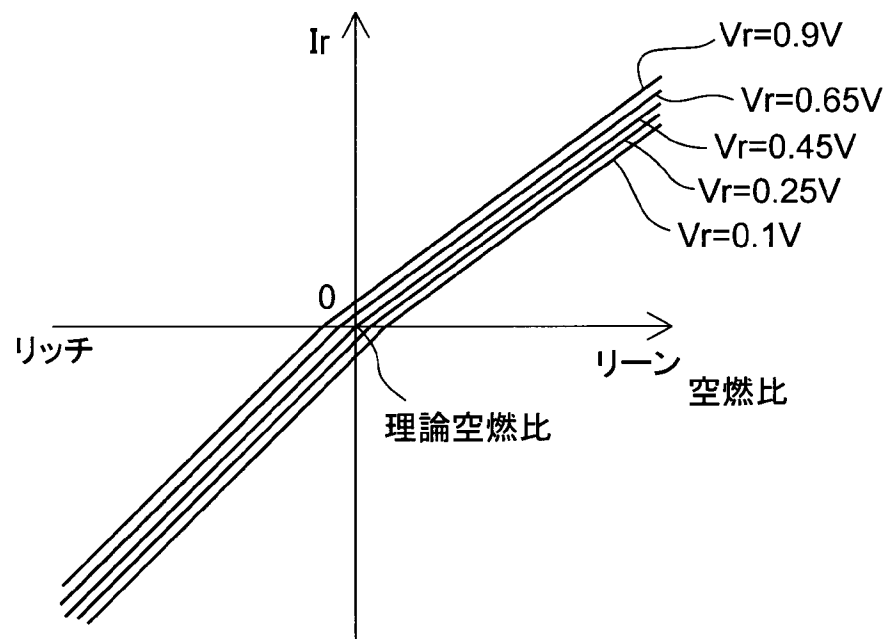
[図14]

図14

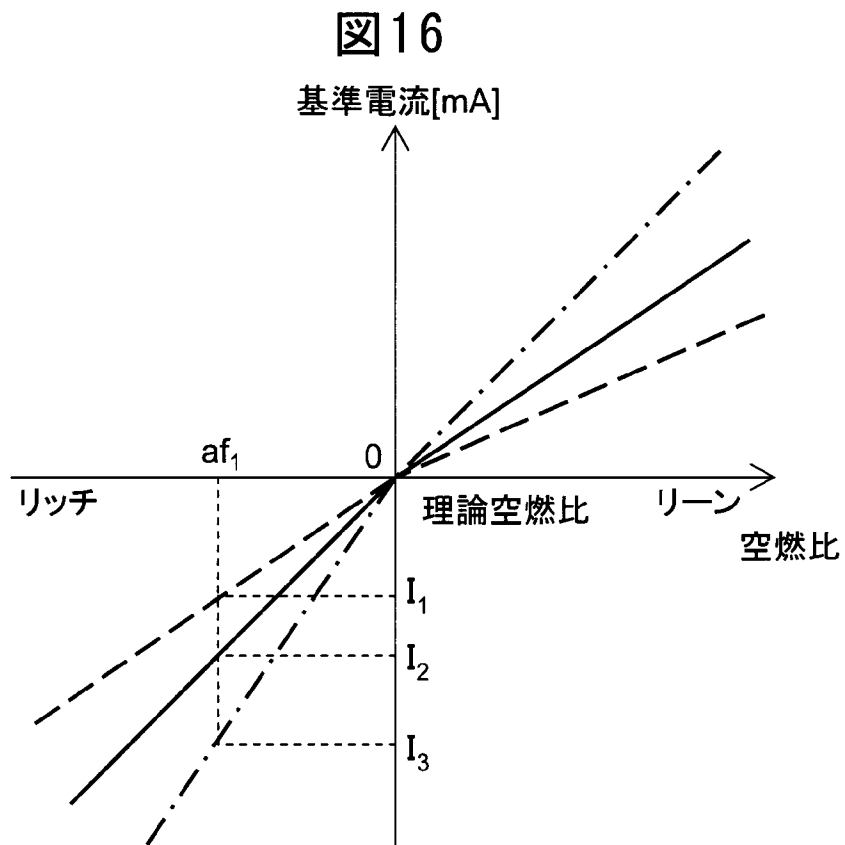


[図15]

図15

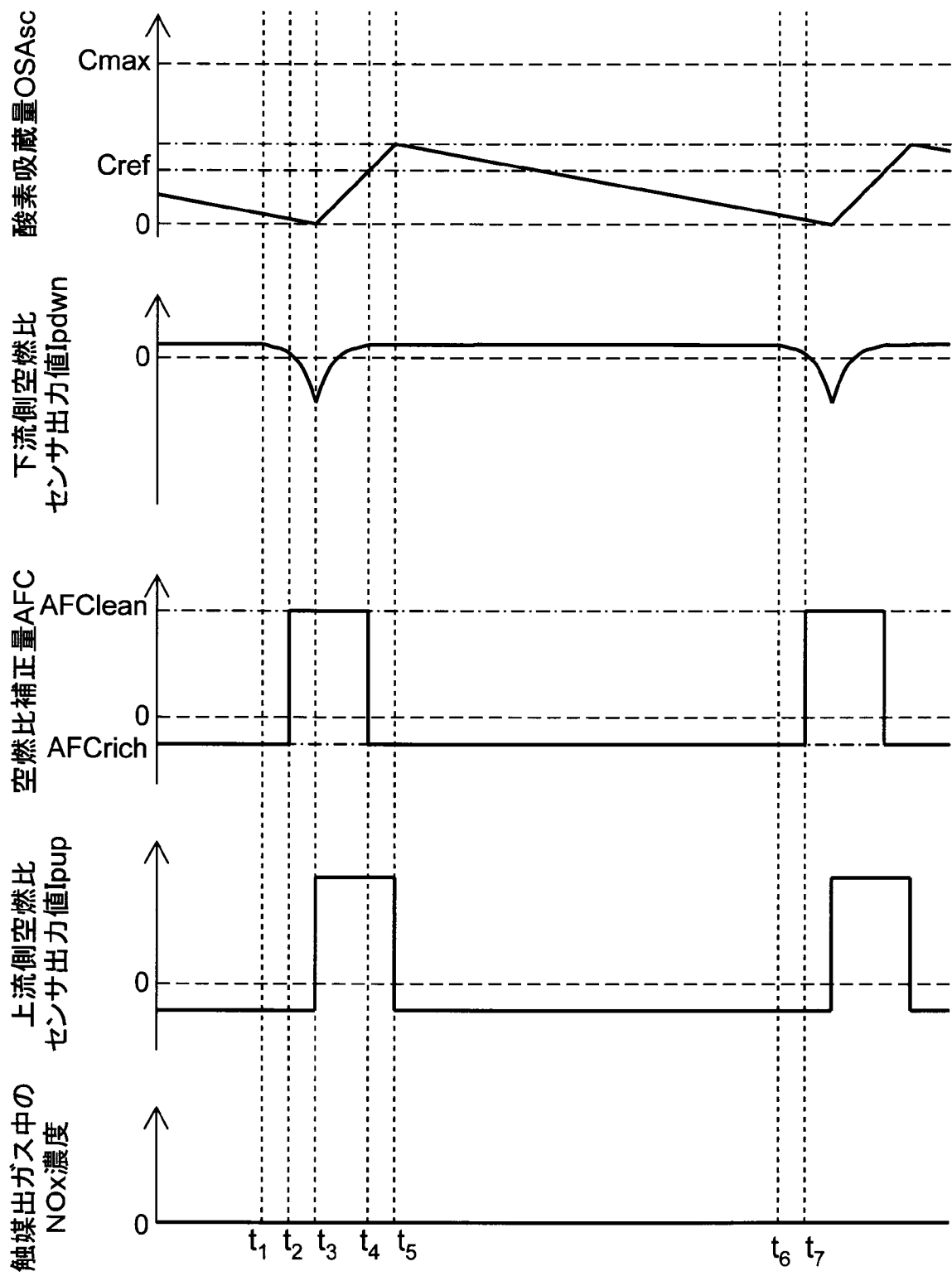


[図16]



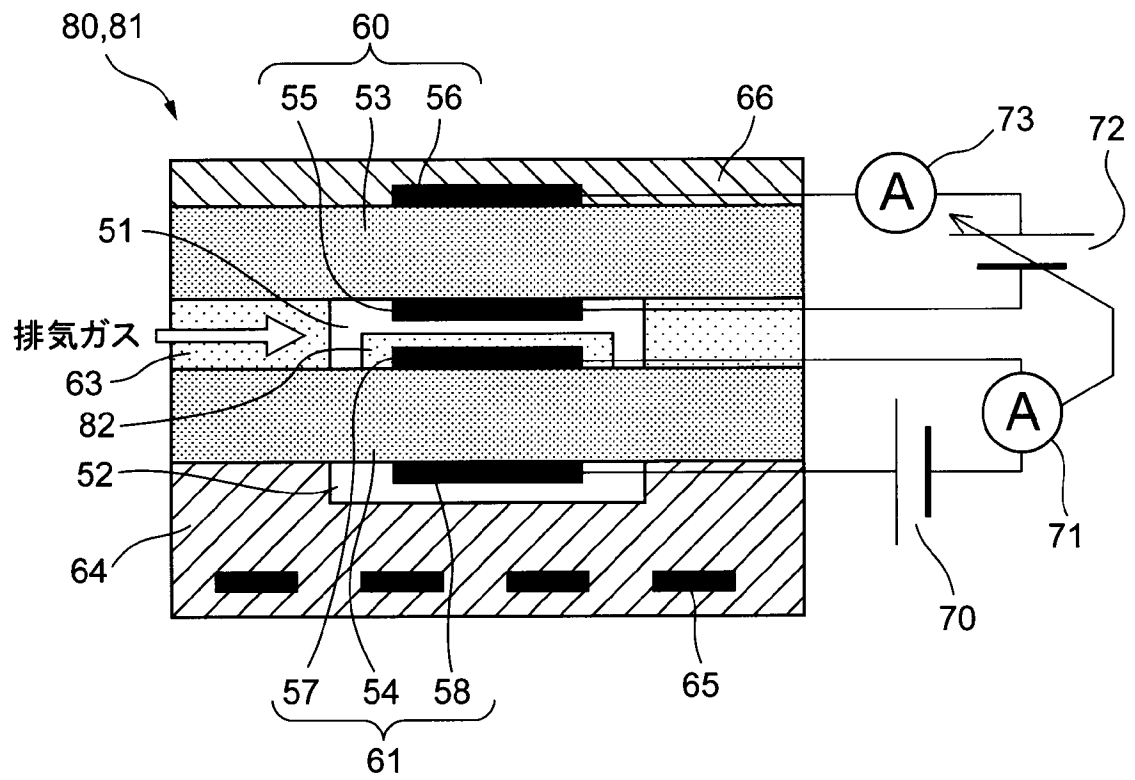
[図17]

図17



[図18]

図18



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02D45/00 (2006.01) i, F02D41/14 (2006.01) i, G01N27/41 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02D45/00, F02D41/14, G01N27/41

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2002-202285 A (Denso Corp.), 19 July 2002 (19.07.2002), paragraphs [0051] to [0064], [0070] to [0072], [0075], [0077], [0082] to [0086], [0094]; fig. 1 to 6 & US 2002/0050455 A1 & EP 1202048 A2 & EP 1684067 A2	1-4 5-7, 11 8-10
Y A	JP 2010-121951 A (NGK Spark Plug Co., Ltd.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraphs [0028] to [0032], [0037] to [0043]; fig. 1 to 3 & US 2010/0122568 A1 & DE 102009053642 A1	5-7, 11 1-4, 8-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
19 February, 2013 (19.02.13)

Date of mailing of the international search report
05 March, 2013 (05.03.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/051918

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2011-069338 A (Toyota Motor Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0041], [0043], [0047], [0049], [0050]; fig. 1, 20 (Family: none)	7, 11 1-6, 8-10
Y A	JP 2011-069337 A (Toyota Motor Corp.), 07 April 2011 (07.04.2011), paragraphs [0040], [0042], [0046], [0048], [0059]; fig. 1, 24 (Family: none)	7, 11 1-6, 8-10
A	JP 10-253585 A (Denso Corp.), 25 September 1998 (25.09.1998), entire text; all drawings & US 6068747 A & DE 19810075 A1 & FR 2760532 A1	1-11
A	JP 09-509747 A (Robert Bosch GmbH), 30 September 1997 (30.09.1997), entire text; all drawings & US 5686654 A & WO 1996/020400 A1 & DE 4447033 A1 & CN 1141674 A	1-11
A	JP 2000-146909 A (Magneti Marelli S.p.A.), 26 May 2000 (26.05.2000), entire text; all drawings & US 6334352 B1 & EP 1001261 A1	1-11
A	JP 2001-059833 A (Hitachi, Ltd.), 06 March 2001 (06.03.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F02D45/00(2006.01)i, F02D41/14(2006.01)i, G01N27/41(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. F02D45/00, F02D41/14, G01N27/41

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2002-202285 A (株式会社デンソー) 2002.07.19, 段落【0051】 - 【0064】、【0070】 - 【0072】、【0075】、【0077】、 【0082】 - 【0086】、【0094】、【図1】 - 【図6】 & US 2002/0050455 A1 & EP 1202048 A2 & EP 1684067 A2	1-4 5-7, 11 8-10
Y A	JP 2010-121951 A (日本特殊陶業株式会社) 2010.06.03, 段落【0028】 - 【0032】、【0037】 - 【0043】、【図1】 - 【図3】 & US 2010/0122568 A1 & DE 102009053642 A1	5-7, 11 1-4, 8-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 9 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 3 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

有賀 信

3 Z

3 9 2 9

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 5 5

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2011-069338 A (トヨタ自動車株式会社) 2011. 04. 07, 段落【0041】、【0043】、【0047】、【0049】、【0050】、【図 1】、【図 20】 (ファミリーなし)	7, 11 1-6, 8-10
Y A	JP 2011-069337 A (トヨタ自動車株式会社) 2011. 04. 07, 段落【0040】、【0042】、【0046】、【0048】、【0059】、【図 1】、【図 24】 (ファミリーなし)	7, 11 1-6, 8-10
A	JP 10-253585 A (株式会社デンソー) 1998. 09. 25, 全文, 全図 & US 6068747 A & DE 19810075 A1 & FR 2760532 A1	1-11
A	JP 09-509747 A (ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテル ハフツング) 1997. 09. 30, 全文, 全図 & US 5686654 A & WO 1996/020400 A1 & DE 4447033 A1 & CN 1141674 A	1-11
A	JP 2000-146909 A (マニエティ・マレリ・ソシエタ・ペル・ アチオニ) 2000. 05. 26, 全文, 全図 & US 6334352 B1 & EP 1001261 A1	1-11
A	JP 2001-059833 A (株式会社日立製作所) 2001. 03. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11