

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6443400号
(P6443400)

(45) 発行日 平成30年12月26日 (2018.12.26)

(24) 登録日 平成30年12月7日 (2018.12.7)

(51) Int. Cl.	F I				
FO2D 45/00	(2006.01)	FO2D 45/00	368H		
FO2D 41/14	(2006.01)	FO2D 41/14	310E		
FO2D 19/12	(2006.01)	FO2D 19/12	A		
FO2B 47/02	(2006.01)	FO2B 47/02			
FO2M 25/025	(2006.01)	FO2M 25/025	K		
請求項の数 6 (全 23 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号 特願2016-118384 (P2016-118384)
 (22) 出願日 平成28年6月14日 (2016.6.14)
 (65) 公開番号 特開2017-223149 (P2017-223149A)
 (43) 公開日 平成29年12月21日 (2017.12.21)
 審査請求日 平成30年1月29日 (2018.1.29)

(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 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100180194
 弁理士 利根 勇基
 (74) 代理人 100153729
 弁理士 森本 有一
 (74) 代理人 100123582
 弁理士 三橋 真二
 (74) 代理人 100147555
 弁理士 伊藤 公一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

排気通路に配置されると共に排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサと、吸気通路内又は燃焼室内に水を噴射する水噴射装置とを備えた内燃機関を制御する、内燃機関の制御装置であって、

前記排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、該素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層と、前記素子本体及び前記保護層を加熱するヒータとを備え、

当該制御装置は、前記電気化学セルの目標温度を設定すると共に前記電気化学セルの温度が前記目標温度になるように前記ヒータを制御するヒータ制御部を備え、

前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動から所定時間が経過した後、前記水噴射装置による水噴射が要求されていないときには前記目標温度を第一温度に設定し、前記内燃機関の運転状態が、前記水噴射装置によって噴射された水が前記燃焼室において混合気の燃焼を経ることなく前記排気通路に到達する水流出状態にあるときには、前記目標温度を第二温度に設定し、該第二温度は前記第一温度よりも高い、内燃機関の制御装置。

【請求項2】

前記内燃機関は、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップの量を変更可能な可変バルブタイミング機構を備え、

前記水噴射装置は前記吸気通路内に水を噴射し、

前記内燃機関の運転状態が前記水流出状態にあるときは、前記水噴射装置によって水

が噴射され且つ前記バルブオーバーラップの量がゼロ以上の所定値よりも大きいときである、請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記水噴射装置は前記燃焼室内に水を噴射し、

前記内燃機関の運転状態が前記水流出状態にあるときは、排気弁の開弁中に前記水噴射装置によって水が噴射されているときである、請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記水噴射装置によって噴射され且つ前記燃焼室において混合気の燃焼を経ることなく前記排気通路に到達する水の量を推定する水量推定部を更に備え、

前記ヒータ制御部は、前記水量推定部によって推定された水の量が相対的に多い場合に、該水量推定部によって推定された水の量が相対的に少ない場合に比べて前記第二温度を高く設定する、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の制御装置。

10

【請求項 5】

前記ヒータ制御部は、前記水噴射装置によって水が噴射されているときには、前記目標温度を前記第二温度に設定する、請求項 1 から 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】

前記水噴射装置を制御する水噴射装置制御部を更に備え、

前記ヒータ制御部は、前記水噴射装置による水の噴射が要求されたときに前記目標温度を前記第二温度に設定し、

20

前記水噴射装置制御部は、前記電気化学セルの推定温度が前記第二温度に達した後、前記水噴射装置による水の噴射を開始する、請求項 5 に記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、排気ガス中の特定の成分を検出するために、内燃機関の排気通路に排気センサを配置することが知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。斯かる排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層とを備える。排気センサは排気ガスに曝されるように排気管に固定され、排気ガスの一部は保護層を通過して素子本体内に流入する。また、排気センサは、電気化学セルが所定の作動温度以上となるように素子本体を加熱するヒータを備える。

30

【0003】

ところで、排気管の温度が水の露点温度以下である場合、排気ガス中の水蒸気が凝縮し、凝縮水が発生する。排気通路に凝縮水が存在していると、凝縮水の水滴が排気ガスと共に排気センサの保護層に衝突する。保護層が撥水性を有しない場合、保護層に衝突した水滴は保護層内に浸透する。ヒータによる加熱によって保護層の温度が高温である場合には、保護層内に浸透した水滴は保護層内で蒸発する。この結果、保護層及び素子本体に熱衝撃が加えられ、素子割れが発生する場合がある。

40

【0004】

そこで、特許文献 1 には、排気センサの素子割れを防止すべく、ライデンフロスト現象を利用して排気センサの保護層に撥水性を付与することが記載されている。ライデンフロスト現象とは、水滴が高温の保護層に衝突したときに、保護層と水滴との間に蒸気膜が形成されることで保護層と水滴との間の熱伝導が抑制される現象である。ライデンフロスト現象が発生すると、水滴が保護層からはじかれるため、保護層内に水が浸透することが抑制される。

【0005】

50

特許文献1に記載の発明では、内燃機関の始動の際に、ライデンフロスト現象を用いて素子割れを防止すべく、排気センサの周囲温度が露点温度に達するまで、センサ表面の温度が、作動温度よりも高い衝撃対抗温度に保持される。その後、排気センサの周囲温度が露点温度に達すると、センサ表面の温度は衝撃対抗温度から作動温度に低下せしめられる。

【0006】

また、吸気通路内に水を噴射する水噴射装置を内燃機関に設けることが知られている（例えば、特許文献2を参照）。水噴射装置は、例えば、機関負荷が高いときに、混合気の温度を低下させてノッキングの発生を抑制すべく、吸気通路内に水を噴射する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特表2009-529691号公報

【特許文献2】特開2008-138561号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップが発生しているときに吸気通路内に水が噴射されると、噴射された水は燃焼室において混合気の燃焼を経ることなく排気通路に到達する。この結果、排気センサの周囲温度が露点温度に達した後も、多量の水

20

【0009】

そこで、本発明の目的は、水噴射装置及び排気センサを備えた内燃機関において、排気センサのヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による排気センサの素子割れを防止することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、第1の発明では、排気通路に配置されると共に排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサと、吸気通路内又は燃焼室内に水を噴射する水噴射装置とを備えた内燃機関を制御する、内燃機関の制御装置であって、前記排気センサは、電気化学セルが設けられた素子本体と、該素子本体の外面上に形成されると共に多孔質セラミックから構成された保護層と、前記素子本体及び前記保護層を加熱するヒータとを備え、当該制御装置は、前記電気化学セルの目標温度を設定すると共に前記電気化学セルの温度が前記目標温度になるように前記ヒータを制御するヒータ制御部を備え、前記ヒータ制御部は、前記内燃機関の始動から所定時間が経過した後、前記水噴射装置による水噴射が要求されていないときには前記目標温度を第一温度に設定し、前記内燃機関の運転状態が

40

【0011】

第2の発明では、第1の発明において、前記内燃機関は、吸気弁と排気弁とのバルブオーバーラップの量を変更可能な可変バルブタイミング機構を備え、前記水噴射装置は前記吸気通路内に水を噴射し、前記内燃機関の運転状態が前記水流出状態にあるときは、前記水噴射装置によって水が噴射され且つ前記バルブオーバーラップの量がゼロ以上の所定値よりも大きいときである。

【0012】

10

20

30

40

50

第3の発明では、第1の発明において、前記水噴射装置は前記燃焼室内に水を噴射し、前記内燃機関の運転状態が前記水流出状態にあるときは、排気弁の開弁中に前記水噴射装置によって水が噴射されているときである。

【0013】

第4の発明では、第1から第3のいずれか1つの発明において、前記内燃機関の制御装置は、前記水噴射装置によって噴射され且つ前記燃焼室において混合気の燃焼を経ることなく前記排気通路に到達する水の量を推定する水量推定部を更に備え、前記ヒータ制御部は、前記水量推定部によって推定された水の量が相対的に多い場合に、該水量推定部によって推定された水の量が相対的に少ない場合に比べて前記第二温度を高く設定する。

【0014】

第5の発明では、第1から第4のいずれか1つの発明において、前記ヒータ制御部は、前記水噴射装置によって水が噴射されているときには、前記目標温度を前記第二温度に設定する。

【0015】

第6の発明では、第5の発明において、前記内燃機関の制御装置は、前記水噴射装置を制御する水噴射装置制御部を更に備え、前記ヒータ制御部は、前記水噴射装置による水の噴射が要求されたときに前記目標温度を前記第二温度に設定し、前記水噴射装置制御部は、前記電気化学セルの推定温度が前記第二温度に達した後、前記水噴射装置による水の噴射を開始する。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、水噴射装置及び排気センサを備えた内燃機関において、排気センサのヒータの消費電力の増加を抑制しつつ、被水による排気センサの素子割れを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】図1は、本発明の第一実施形態に係る内燃機関の制御装置が適用される内燃機関を概略的に示す図である。

【図2】図2は、空燃比センサの拡大図である。

【図3】図3は、図2のA-A線に沿った空燃比センサのセンサ素子の断面図である。

【図4】図4は、保護層に衝突する水滴の量と保護層の温度とを变化させたときのライデンフロスト現象の発生の有無を示すグラフである。

【図5】図5は、本発明の第一実施形態に係る内燃機関の制御装置等の構成を概略的に示すブロック図である。

【図6】図6は、排気弁及び吸気弁の開弁期間の例を概略的に示す図である。

【図7】図7は、内燃機関の始動後の機関負荷等の概略的なタイムチャートである。

【図8】図8は、本発明の第一実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図9】図9は、本発明の第二実施形態に係る内燃機関の制御装置等の構成を概略的に示すブロック図である。

【図10】図10は、水噴射装置から単位時間当たり噴射される水の量及びバルブオーバーラップの量と流出水量との関係を示すマップである。

【図11】図11は、本発明の第二実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図12】図12は、流出水量と第二温度との関係を示すマップである。

【図13】図13は、内燃機関の始動後の機関負荷等の概略的なタイムチャートである。

【図14】図14は、本発明の第三実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図15】図15は、本発明の第四実施形態に係る内燃機関の制御装置等の構成を概略的に示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図 16】図 16 は、内燃機関の始動後の機関負荷等の概略的なタイムチャートである。

【図 17】図 17 は、本発明の第四実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【図 18】図 18 は、本発明の第四実施形態における水噴射処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0018】

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

【0019】

<第一実施形態>

最初に図 1 ~ 図 8 を参照して、本発明の第一実施形態について説明する。

【0020】

<内燃機関全体の説明>

図 1 は、本発明の第一実施形態に係る内燃機関の制御装置が適用される内燃機関の概略図である。本実施形態では、内燃機関 1 は火花点火式内燃機関である。内燃機関 1 は例えば車両に搭載される。

【0021】

内燃機関 1 は、シリンダブロック 2 とシリンダヘッド 4 とを含む機関本体 100 を備える。シリンダブロック 2 の内部には、シリンダブロック 2 の内部で往復運動するピストン 3 が配置されている。燃焼室 5 がピストン 3 とシリンダヘッド 4 との間に形成されている。シリンダヘッド 4 には、吸気ポート 7 及び排気ポート 9 が形成されている。吸気ポート 7 及び排気ポート 9 は燃焼室 5 に接続されている。吸気弁 6 が、吸気ポート 7 の端部に配置され、吸気ポート 7 を開閉可能に形成されている。排気弁 8 が、排気ポート 9 の端部に配置され、排気ポート 9 を開閉可能に形成されている。また、内燃機関 1 は、吸気弁 6 の開弁時期及び閉弁時期を制御可能な可変バルブタイミング機構 B と、排気弁 8 の開弁時期及び閉弁時期を制御可能な可変バルブタイミング機構 C とを備える。

【0022】

内燃機関 1 は、燃焼室 5 に燃料を供給するための燃料噴射弁 31 と、燃焼室 5 において混合気を点火するための点火プラグ 30 とを備える。点火プラグ 30 はシリンダヘッド 4 に固定されている。燃料噴射弁 31 は、燃焼室 5 内に燃料を直接噴射するようにシリンダヘッド 4 の内壁面周辺部に配置されている。すなわち、内燃機関 1 は筒内噴射式内燃機関である。また、内燃機関 1 は、燃料として理論空燃比が 14.6 であるガソリンを用いる。しかしながら、内燃機関 1 では、他の燃料を用いてもよい。

【0023】

内燃機関 1 は、過給機であるターボチャージャ 101 を備える。ターボチャージャ 101 は、排気通路に配置されたタービン 102 と、吸気通路に配置されたコンプレッサ 103 と、タービン 102 とコンプレッサ 103 とを接続する軸とを含む。排気の流れによってタービン 102 が回転すると、コンプレッサ 103 も回転して吸入空気の圧力を高める。したがって、ターボチャージャ 101 は、排気ガスのエネルギーを用いて、吸入空気を圧縮して吸入空気量を増大させることができる。

【0024】

吸気ポート 7 は、それぞれ、対応する吸気枝管 33 を介してサージタンク 34 に連結されている。サージタンク 34 は、吸気管 35 を介してターボチャージャ 101 のコンプレッサ 103 の出口部に連結されている。サージタンク 34 とコンプレッサ 103 とを接続する吸気管 35 の内部には、スロットル弁駆動アクチュエータ 37 によって駆動されるスロットル弁 38 が配置されている。スロットル弁 38 は、スロットル弁駆動アクチュエータ 37 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。また、コンプレッサ 103 とスロットル弁 38 との間の吸気管 35 には、ターボチャージャ 101 によって圧縮された吸入空気を冷却する冷却器（インタークーラ）106 が配置

10

20

30

40

50

されている。

【 0 0 2 5 】

コンプレッサ 1 0 3 の入口部は、吸気管 3 5 を介してエアクリーナ 4 8 に連結されている。エアクリーナ 4 8 とコンプレッサ 1 0 3 との間の吸気管 3 5 の内部には、吸入空気量を検出するエアフロメータ 3 6 が配置されている。吸気ポート 7、吸気枝管 3 3、サージタンク 3 4、吸気管 3 5 等は、空気を燃焼室 5 に導く吸気通路を形成する。

【 0 0 2 6 】

一方、各気筒の排気ポート 9 は、排気マニホルド 3 9 に連結されている。排気マニホルド 3 9 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 3 9 の集合部は及びターボチャージャ 1 0 1 のタービン 1 0 2 の入口部に連結されている。タービン 1 0 2 の出口部は排気管 2 2 を介してケーシング 2 1 に連結されている。ケーシング 2 1 は排気浄化触媒 2 0 を内蔵する。ケーシング 2 1 は排気管 2 3 に連結されている。排気ポート 9、排気マニホルド 3 9、排気管 2 2、2 3 等は、混合気の燃焼によって生じた排気ガスを燃焼室 5 から排出する排気通路を形成する。

【 0 0 2 7 】

タービン 1 0 2 の上流の排気マニホルド 3 9 とタービン 1 0 2 の下流の排気管 2 2 との間には、タービン 1 0 2 をバイパスするバイパス通路 1 0 4 が配置されている。バイパス通路 1 0 4 には、バイパス通路 1 0 4 を開閉するバイパス弁であるウエストゲートバルブ 1 0 5 が配置されている。ウエストゲートバルブ 1 0 5 の開度を調整することによって、タービン 1 0 2 を通過する排気ガスの量を調整することができる。したがって、ウエストゲートバルブ 1 0 5 を制御することによって吸入空気の圧力（過給圧）を制御することができる。

【 0 0 2 8 】

また、内燃機関 1 は、吸気通路内に水を噴射する水噴射装置 2 5 を更に備える。本実施形態では、水噴射装置 2 5 は、吸気通路内のサージタンク 3 4 に配置され、サージタンク 3 4 内に水を噴射する。なお、水噴射装置 2 5 は吸気通路の他の位置に配置されてもよい。

【 0 0 2 9 】

内燃機関 1 は、デジタルコンピュータから成る電子制御ユニット（ E C U ） 8 0 を備える。 E C U 8 0 は、双方向性バス 8 1 を介して相互に接続された R A M （ランダムアクセスメモリ） 8 3、 R O M （リードオンリメモリ） 8 2、 C P U （マイクロプロセッサ） 8 4、入力ポート 8 5 及び出力ポート 8 6 を含む。

【 0 0 3 0 】

エアフロメータ 3 6 の出力信号は、対応する A D 変換器 8 7 を介して入力ポート 8 5 に入力される。内燃機関 1 はアクセルペダル 1 2 0 を備え、アクセルペダル 1 2 0 には、負荷センサ 1 0 7 が接続されている。負荷センサ 1 0 7 は、アクセルペダル 1 2 0 の踏込量に比例した出力電圧を発生する。負荷センサ 1 0 7 の出力電圧は、対応する A D 変換器 8 7 を介して入力ポート 8 5 に入力される。

【 0 0 3 1 】

内燃機関 1 はクランク角センサ 1 0 8 を備える。クランク角センサ 1 0 8 は、クランクシャフトが例えば所定の角度回転する毎に出力パルスを発生し、この出力パルスは入力ポート 8 5 に入力される。 C P U 8 4 ではこのクランク角センサ 1 0 8 の出力パルスから機関回転速度が計算される。また、クランク角センサ 1 0 8 の出力により、クランク角度を検出することができる。

【 0 0 3 2 】

E C U 8 0 の出力ポート 8 6 は、対応する駆動回路 8 8 を介して点火プラグ 3 0、燃料噴射弁 3 1、スロットル弁駆動アクチュエータ 3 7、ウエストゲートバルブ 1 0 5、水噴射装置 2 5 及び可変バルブタイミング機構 B、 C に接続されている。 E C U 8 0 は、点火プラグ 3 0 の点火時期、燃料噴射弁 3 1 の燃料噴射時期及び燃料噴射量、スロットル弁 3 8 の開度、ウエストゲートバルブ 1 0 5 の開度、水噴射装置 2 5 の水噴射時期及び水噴射

10

20

30

40

50

量、吸気弁 6 の開弁時期及び閉弁時期、並びに排気弁 8 の開弁時期及び閉弁時期を制御することができる。

【 0 0 3 3 】

なお、気筒配列、吸排気系の構成及び過給機の有無のような内燃機関 1 の具体的な構成は、図 1 に示した構成と異なってもよい。例えば、内燃機関はポート噴射式内燃機関であってもよい。この場合、燃料噴射弁 3 1 は、吸気ポート 7 内に燃料を噴射するように配置される。また、内燃機関 1 は圧縮着火式内燃機関（ディーゼルエンジン）であってもよい。

【 0 0 3 4 】

<空燃比センサの説明>

本実施形態では、排気ガス中の特定の成分を検出する排気センサとして、内燃機関 1 の排気通路に空燃比センサ 1 0 が配置されている。空燃比センサ 1 0 は、排気ガス中の酸素濃度を検出することで、排気ガスの空燃比をリニアに検出する。

【 0 0 3 5 】

本実施形態では、空燃比センサ 1 0 は排気通路において排気浄化触媒 2 0 の排気流れ方向上流側に配置されている。なお、空燃比センサ 1 0 は、排気通路の他の位置、例えば排気浄化触媒 2 0 の排気流れ方向下流側に配置されてもよい。

【 0 0 3 6 】

以下、図 2 及び図 3 を参照して、空燃比センサ 1 0 の構成について説明する。図 2 は、空燃比センサ 1 0 の拡大図である。図 2 では、空燃比センサ 1 0 の先端側が断面図で示されている。空燃比センサ 1 0 は、先端部 1 1 が排気管 2 2 に挿入された状態で排気管 2 2 に固定される。空燃比センサ 1 0 は、その内部に、板状の形状を有するセンサ素子 1 2 を備えている。

【 0 0 3 7 】

図 3 は、図 2 の A - A 線に沿った空燃比センサ 1 0 のセンサ素子 1 2 の断面図である。図 3 に示されるように、空燃比センサ 1 0 のセンサ素子 1 2 は、センサセル 5 1 が設けられた素子本体 5 0 と、素子本体 5 0 の外面上に形成された保護層 6 0 とを備える。

【 0 0 3 8 】

素子本体 5 0 は被測ガス室 9 0 及び基準ガス室 9 1 を備えている。空燃比センサ 1 0 が内燃機関 1 の排気通路に配置されたとき、被測ガス室 9 0 には、排気通路を流れる排気ガスが被測ガスとして導入される。基準ガス室 9 1 には基準ガスが導入される。基準ガスは例えば大気である。この場合、基準ガス室 9 1 は大気に開放されている。

【 0 0 3 9 】

空燃比センサ 1 0 は、複数の層を積層して構成された積層型空燃比センサである。素子本体 5 0 は、固体電解質層 4 0、拡散律速層 1 6、第一不透過層 1 3、第二不透過層 1 4 及び第三不透過層 1 5 を備える。固体電解質層 4 0 は、酸化物イオン伝導性を有する薄板体である。固体電解質層 4 0 は、例えば、 ZrO_2 （ジルコニア）、 HfO_2 、 ThO_2 、 Bi_2O_3 等に CaO 、 MgO 、 Y_2O_3 、 Yb_2O_3 等を安定剤として添加した焼結体である。拡散律速層 1 6 は、ガス透過性を有する薄板体である。拡散律速層 1 6 は、例えば、アルミナ、マグネシア、けい石質、スピネル、ムライト等の多孔質セラミックから構成されている。不透過層 1 3 ~ 1 5 は、ガス不透過性の薄板体であり、例えばアルミナを含む。

【 0 0 4 0 】

素子本体 5 0 の各層は、図 3 の下方から、第一不透過層 1 3、第二不透過層 1 4、固体電解質層 4 0、拡散律速層 1 6、第三不透過層 1 5 の順に積層されている。被測ガス室 9 0 は、固体電解質層 4 0、拡散律速層 1 6 及び第三不透過層 1 5 によって区画形成されている。排気ガスは保護層 6 0 及び拡散律速層 1 6 を通って被測ガス室 9 0 内に導入される。拡散律速層 1 6 は被測ガスの拡散律速を行う。なお、被測ガス室 9 0 は、固体電解質層 4 0 に隣接し且つ被測ガスが導入されるように構成されていれば、如何なる態様で構成されてもよい。

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

50

基準ガス室 9 1 は固体電解質層 4 0 及び第二不透層 1 4 によって区画形成されている。なお、基準ガス室 9 1 は、固体電解質層 4 0 に隣接し且つ基準ガスが流入するように構成されていれば、如何なる態様で構成されてもよい。

【 0 0 4 2 】

センサセル 5 1 は、固体電解質層 4 0、第一電極 4 1 及び第二電極 4 2 を有する電気化学セルである。第一電極 4 1 は、被測ガス室 9 0 内の被測ガスに曝されるように固体電解質層 4 0 の被測ガス室 9 0 側の表面上に配置されている。一方、第二電極 4 2 は、基準ガス室 9 1 内の基準ガスに曝されるように固体電解質層 4 0 の基準ガス室 9 1 側の表面上に配置されている。第一電極 4 1 と第二電極 4 2 とは、固体電解質層 4 0 を挟んで互いに対向するように配置されている。第一電極 4 1 及び第二電極 4 2 は、白金 (P t) 等の触媒活性の高い貴金属から構成されている。例えば、第一電極 4 1 及び第二電極 4 2 は、P t を主成分として含む多孔質サーメット電極である。

10

【 0 0 4 3 】

保護層 6 0 は、素子本体 5 0 の外面全体を覆うように、素子本体 5 0 の外面上に形成されている。保護層 6 0 は、ガス透過性を有し、アルミナ、チタニア、ジルコニア、炭化ケイ素、窒化ケイ素、酸化亜鉛等の多孔質セラミックから構成されている。

【 0 0 4 4 】

センサ素子 1 2 はヒータ 5 5 を更に備える。本実施形態では、ヒータ 5 5 は、図 3 に示されるように、第一不透層 1 3 と第二不透層 1 4 との間に配置される。ヒータ 5 5 は、例えば、白金 (P t) とセラミック (例えば、アルミナ等) とを含むサーメットの薄板体であり、通電によって発熱する発熱体である。ヒータ 5 5 は素子本体 5 0 及び保護層 6 0 を加熱する。

20

【 0 0 4 5 】

センサセル 5 1 の第一電極 4 1 及び第二電極 4 2 には、電気回路 7 0 が接続されている。電気回路 7 0 は電源 7 1 及び電流検出器 7 2 を備える。電源 7 1 は、第二電極 4 2 の電位が第一電極 4 1 の電位よりも高くなるように電極間に電圧を印加する。E C U 8 0 の出力ポート 8 6 は、対応する駆動回路 8 8 を介して電源 7 1 に接続されている。したがって、E C U 8 0 は、電源 7 1 を制御して、センサセル 5 1 に印加される電圧を制御することができる。また、電流検出器 7 2 は、センサセル 5 1 に流れる電流をセンサセル 5 1 の出力として検出する。電流検出器 7 2 の出力は、対応する A D 変換器 8 7 を介して E C U 8 0 の入力ポート 8 5 に入力される。したがって、E C U 8 0 は、電流検出器 7 2 によって検出されたセンサセル 5 1 の出力を電流検出器 7 2 から取得することができる。

30

【 0 0 4 6 】

空燃比センサ 1 0 は、センサセル 5 1 に所定の電圧を印加したときにセンサセル 5 1 に流れる限界電流を検出することによって排気ガスの空燃比を検出する。したがって、本実施形態における空燃比センサ 1 0 は、いわゆる限界電流式空燃比センサである。

【 0 0 4 7 】

< ライデンフロスト現象 >

ところで、排気管 2 2 の温度が水の露点温度以下である場合、排気ガス中の水蒸気が凝縮し、凝縮水が発生する。排気通路に凝縮水が存在していると、凝縮水の水滴が排気ガスと共に空燃比センサ 1 0 の保護層 6 0 に衝突する。保護層 6 0 が撥水性を有しない場合、保護層 6 0 に衝突した水滴は保護層 6 0 内に浸透する。ヒータ 5 5 による加熱によって保護層 6 0 の温度が高温である場合には、保護層 6 0 内に浸透した水滴は保護層 6 0 内で蒸発する。この結果、保護層 6 0 及び素子本体 5 0 に熱衝撃が加えられ、センサ素子 1 2 の素子割れが発生する場合がある。

40

【 0 0 4 8 】

保護層 6 0 は、その温度が高温であるときに撥水性を有する。この特性は、ライデンフロスト現象を発生させることによって得られる。ライデンフロスト現象とは、水滴が高温の保護層に衝突したときに、保護層と水滴との間に蒸気膜が形成されることで保護層と水滴との間の熱伝導が抑制される現象である。ライデンフロスト現象が発生すると、水滴が

50

保護層 60 からはじかれるため、保護層 60 内に水が浸透することが抑制される。

【0049】

ライデンフロスト現象が発生する温度は、一般的には、物体に衝突する液体の種類によって決定されると言われている。しかしながら、本願の発明者は、空燃比センサ 10 の保護層 60 のように熱容量が小さい物体では、ライデンフロスト現象が発生する温度が液体の量に応じて変化することを新たに見出した。

【0050】

図 4 は、保護層 60 に衝突する水滴の量と保護層 60 の温度とを変化させたときのライデンフロスト現象の発生の有無を示すグラフである。図中のバツ印は、ライデンフロスト現象が発生しなかったことを示す。一方、図中の丸印は、ライデンフロスト現象が発生したことを示す。図 4 から分かるように、ライデンフロスト現象が発生する温度は水滴量に応じて変化している。具体的には、ライデンフロスト現象が発生する温度は、水滴量が多いほど高くなる。この理由は、熱容量が小さい保護層 60 では、蒸気膜の形成時に保護層 60 の温度が低下し、保護層 60 の温度の低下量が水滴量に比例するからであると考えられている。

10

【0051】

< 内燃機関の制御装置の説明 >

以下、本実施形態に係る内燃機関 1 の制御装置について説明する。図 5 は、本発明の第一実施形態に係る内燃機関 1 の制御装置等の構成を概略的に示すブロック図である。内燃機関 1 の制御装置はヒータ制御部 80 a を備える。本実施形態では、ヒータ制御部 80 a は ECU 80 の一部である。

20

【0052】

ヒータ制御部 80 a は、センサセル 51 の目標温度を設定し、センサセル 51 の温度が目標温度になるようにヒータ 55 を制御する。ヒータ制御部 80 a はヒータ制御回路 56 を介してヒータ 55 を制御する。具体的には、ヒータ制御部 80 a は、センサセル 51 の温度をセンサセル 51 のインピーダンスに基づいて算出し、算出した温度が目標温度になるように、ヒータ制御回路 56 を介してヒータ 55 に供給する電力をフィードバック制御する。なお、センサセル 51 のインピーダンスは、電源 71 からセンサセル 51 に高周波の電圧が印加されたときに電流検出器 72 によって検出されるセンサセル 51 の出力から算出される。

30

【0053】

ヒータ 55 によってセンサセル 51 が加熱される時、保護層 60 も同様にヒータ 55 によって加熱される。このため、保護層 60 の温度はセンサセル 51 の温度と相関する。したがって、上述したフィードバック制御によって、ヒータ制御部 80 a はセンサセル 51 の温度だけでなく保護層 60 の温度も制御することができる。

【0054】

ヒータ制御部 80 a は、内燃機関 1 の始動から所定時間が経過した後、以下のようにセンサセル 51 の目標温度を設定する。所定時間は、例えば、内燃機関 1 の始動後の暖機によって排気管 22 の温度が水の露点温度に達するのに要する時間である。

【0055】

本実施形態では、例えば、内燃機関 1 の機関負荷が所定値以上になったときに、水噴射装置 25 による水噴射が要求される。水噴射が要求されると、水噴射装置 25 によって吸気通路内に水が噴射される。言い換えれば、水噴射が要求されていないときには、水噴射装置 25 は水を噴射しない。このため、水噴射が要求されていないときには、水噴射装置 25 から噴射される水が空燃比センサ 10 の保護層 60 に衝突することはない。また、排気管 22 の温度が水の露点温度に達した後は、排気通路内に新たな凝縮水が生成されないため、保護層 60 に多量の水滴が衝突する可能性は小さい。

40

【0056】

このため、ヒータ制御部 80 a は、内燃機関 1 の始動から所定時間が経過した後、水噴射装置 25 による水噴射が要求されていないときにはセンサセル 51 の目標温度を第一温

50

度に設定する。所定時間は、例えば、内燃機関1の始動後の暖機によって排気管22の温度が水の露点温度に達するのに要する時間である。排気管22の温度が水の沸点に達すると、排気管22内の凝縮水のほとんどが蒸発する。このため、所定時間は、内燃機関1の始動後の暖機によって排気管22の温度が水の沸点に達するのに要する時間であってもよい。

【0057】

第一温度は、センサセル51の作動温度であり、例えばセンサセル51の活性温度以上の600～650である。このような制御によって、センサセル51の目標温度を過度に高く設定することによるヒータ55の消費電力の増加を抑制することができる。

【0058】

一方、水噴射装置25による水噴射が要求され、水噴射装置25から水が噴射されると、噴射された水が燃焼室5において混合気の燃焼を経ることなく排気通路に到達する場合がある。この場合、水噴射装置25から噴射された水の一部が空燃比センサ10の保護層60に衝突し、空燃比センサ10の素子割れが発生するおそれがある。

【0059】

図4に示されるように、保護層60に衝突する水滴の量が多い場合には、保護層60においてライデンフロスト現象を発生させるために保護層60の温度を高くする必要がある。このため、ヒータ制御部80aは、内燃機関1の始動から上記所定時間が経過した後、内燃機関1の運転状態が、水噴射装置25によって噴射された水が燃焼室5において混合気の燃焼を経ることなく排気通路に到達する水流出状態にあるときには、センサセル51の目標温度を第二温度に設定する。第二温度は、第一温度、すなわちセンサセル51の作動温度よりも高い温度であり、例えば750～850である。このような制御によって、水噴射装置25から噴射された水による空燃比センサ10の素子割れを防止することができる。

【0060】

吸気弁6と排気弁8とのバルブオーバーラップが発生しているときに水噴射装置25から吸気通路内に水が噴射されると、噴射された水は燃焼室5において混合気の燃焼を経ることなく排気通路に到達する。このため、内燃機関1の運転状態が水流出状態にあるときは、水噴射装置25によって水が噴射され且つバルブオーバーラップの量がゼロ以上の所定値よりも大きいときである。所定値は例えばゼロである。また、バルブオーバーラップの量が小さいときには、排気通路に到達する水の量が少ないため、被水による空燃比センサ10の素子割れが発生する可能性は低い。このため、所定値は、ゼロよりも大きな値にされてもよい。

【0061】

なお、吸気弁6と排気弁8とのバルブオーバーラップとは、吸気弁6の開弁期間と排気弁8の開弁期間とが部分的に重なっていることを意味する。可変バルブタイミング機構B及び可変バルブタイミング機構Cの少なくともいずれか一方によってバルブオーバーラップを発生させると共にバルブオーバーラップの量(すなわち、吸気弁6と排気弁8とが共に開弁されている期間)を変更することができる。具体的には、バルブオーバーラップの量は、可変バルブタイミング機構Bによって吸気弁6の開弁時期を変更すること及び可変バルブタイミング機構Cによって排気弁8の開弁時期を変更することの少なくともいずれか一方によって変更される。

【0062】

図6は、排気弁8及び吸気弁6の開弁期間の例を概略的に示す図である。図6(A)に示した例では、排気弁8の開弁時期と吸気弁6の開弁時期とが排気上死点において一致しており、バルブオーバーラップが発生していない。図6(B)に示した例では、排気弁8の開弁期間と吸気弁6の開弁期間とが重なっており、バルブオーバーラップが発生している。

【0063】

なお、ヒータ制御部80aは、内燃機関1の始動から上記所定時間が経過するまで、セ

10

20

30

40

50

ンサセル 5 1 の目標温度を第三温度に設定してもよい。第三温度は、第一温度、すなわちセンサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、例えば 7 5 0 ~ 8 5 0 である。第三温度は第二温度と同じ温度であってもよい。このような制御によって、内燃機関 1 の始動直後に排気通路内で生成される凝縮水による空燃比センサ 1 0 の素子割れを防止することができる。

【 0 0 6 4 】

< タイムチャートを用いた制御の説明 >

以下、図 7 のタイムチャートを参照して、内燃機関 1 の制御について具体的に説明する。図 7 は、内燃機関 1 の始動後の機関負荷、内燃機関 1 の水温、バルブオーバーラップの有無、水噴射の要求の有無、水噴射量及びセンサセル 5 1 の目標温度の概略的なタイムチャートである。なお、内燃機関 1 の水温は、内燃機関 1 の冷却水路に配置された水温センサによって検出される。

10

【 0 0 6 5 】

図示した例では、時刻 t_0 において内燃機関 1 が始動される。内燃機関 1 が始動されると、センサセル 5 1 の目標温度が第三温度 T_3 に設定される。第三温度 T_3 は、センサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、この例では 8 0 0 である。

【 0 0 6 6 】

内燃機関 1 の始動から所定時間が経過した時刻 t_1 において、センサセル 5 1 の目標温度が第三温度 T_3 から第一温度 T_1 に切り替えられる。第一温度 T_1 は、センサセル 5 1 の作動温度であり、この例では 6 0 0 である。なお、時刻 t_1 において、水噴射装置 2 5 による水噴射は要求されていない。

20

【 0 0 6 7 】

時刻 t_1 の後、時刻 t_2 において、水噴射装置 2 5 による水噴射が要求される。この結果、水噴射装置 2 5 による水噴射が開始され、水の噴射量が所定値まで増加する。時刻 t_2 において、バルブオーバーラップはゼロに設定されている。このため、センサセル 5 1 の目標温度は第一温度 T_1 に維持される。

【 0 0 6 8 】

時刻 t_2 の後、時刻 t_3 において、バルブオーバーラップが発生せしめられる。このとき、水噴射の要求は保持されている。このため、噴射された水による空燃比センサ 1 0 の素子割れを防止すべく、時刻 t_3 において、センサセル 5 1 の目標温度が第一温度 T_1 から第二温度 T_2 に切り替えられる。第二温度 T_2 は、センサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、この例では 8 0 0 である。この例では、第二温度 T_2 は第三温度 T_3 と等しい。

30

【 0 0 6 9 】

時刻 t_3 の後、時刻 t_4 において、水噴射の要求が停止される。この結果、水噴射装置 2 5 による水噴射が停止され、水の噴射量がゼロになる。このため、時刻 t_4 において、センサセル 5 1 の目標温度が、第二温度 T_2 から第一温度 T_1 に切り替えられる。

【 0 0 7 0 】

< 目標温度設定処理 >

以下、図 8 のフローチャートを参照して、センサセル 5 1 の目標温度を設定するための制御について説明する。図 8 は、本発明の第一実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、E C U 8 0 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

40

【 0 0 7 1 】

最初に、ステップ S 1 0 1 において、ヒータ制御部 8 0 a が、内燃機関 1 が始動してからの経過時間 E T が所定時間 T r e f 未満であるか否かを判定する。所定時間 T r e f は、例えば、内燃機関 1 の始動後の暖機によって排気管 2 2 の温度が水の露点温度に達するのに要する時間である。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 0 1 において経過時間 E T が所定時間 T r e f 未満であると判定された場

50

合、本制御ルーチンはステップS102に進む。ステップS102では、ヒータ制御部80aがセンサセル51の目標温度TTを第三温度T3に設定する。第三温度T3は、センサセル51の作動温度よりも高い温度であり、例えば750～850である。ステップS102の後、本制御ルーチンは終了する。

【0073】

一方、ステップS101において経過時間ETが所定時間Tref以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップS103に進む。ステップS103では、ヒータ制御部80aが、水噴射装置25による水噴射が要求されているか否かを判定する。

【0074】

ステップS103において水噴射装置25による水噴射が要求されていないと判定された場合、本制御ルーチンはステップS104に進む。ステップS104では、ヒータ制御部80aが目標温度TTを第一温度T1に設定する。第一温度T1は、センサセル51の作動温度であり、例えば600～650である。ステップS104の後、本制御ルーチンは終了する。

【0075】

一方、ステップS103において水噴射装置25による水噴射が要求されていると判定された場合、本制御ルーチンはステップS105に進む。ステップS105では、ヒータ制御部80aが、吸気弁6と排気弁8とのバルブオーバーラップの量VOAが所定値Arefよりも大きいと判定するか否かを判定する。所定値Arefは、ゼロ以上の値であり、例えばゼロである。バルブオーバーラップの量VOAは可変バルブタイミング機構B及び可変バルブタイミング機構Cの少なくともいずれか一方によって変更される。

【0076】

ステップS105においてバルブオーバーラップの量VOAが所定値Aref以下であると判定された場合、本制御ルーチンはステップS104に進む。ステップS104では、ヒータ制御部80aが目標温度TTを第一温度T1に設定する。ステップS104の後、本制御ルーチンは終了する。

【0077】

一方、ステップS105においてバルブオーバーラップの量VOAが所定値Arefよりも大きいと判定された場合、本制御ルーチンはステップS106に進む。ステップS106では、ヒータ制御部80aが目標温度TTを第二温度T2に設定する。第二温度T2は、第一温度T1よりも高い温度であり、例えば750～850である。ステップS106の後、本制御ルーチンは終了する。

【0078】

ところで、保護層60の温度が低温である場合には、保護層60の温度が高温である場合に比べて、保護層60内で水が蒸発したときに保護層60及び素子本体50に加えらる熱衝撃は小さくなる。このため、ステップS102における第三温度T3は、保護層60の外面上においてライデンフロスト現象が発生する最低温度未満の温度であってもよい。保護層60の外面上においてライデンフロスト現象が発生する最低温度は例えば400であり、第三温度T3は例えば300に設定される。また、ヒータ制御部80aは、ステップS102において、ヒータ55をオフにしてもよい。このような制御によっても内燃機関1の始動直後に排気通路内で生成される凝縮水による空燃比センサ10の素子割れを防止することができる。

【0079】

<第二実施形態>

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、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第二実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0080】

図9は、本発明の第二実施形態に係る内燃機関の制御装置等の構成を概略的に示すブ

10

20

30

40

50

ック図である。内燃機関 1 の制御装置は水量推定部 80 b を更に備える。水量推定部 80 b は、水噴射装置 25 によって噴射され且つ燃焼室 5 において混合気の燃焼を経ることなく排気通路に到達する水の量（以下、「流出水量」とする）を推定する。本実施形態では、水量推定部 80 b は ECU 80 の一部である。

【0081】

水量推定部 80 b は、例えば、水噴射装置 25 から単位時間当たり噴射される水の量に基づいて流出水量を推定する。この場合、水噴射装置 25 から単位時間当たり噴射される水の量が多いほど、水量推定部 80 b によって推定される流出水量が多くされる。また、水量推定部 80 b はバルブオーバーラップの量に基づいて流出水量を推定してもよい。この場合、バルブオーバーラップの量が多いほど、水量推定部 80 b によって推定される流出水量が多くされる。

10

【0082】

また、水量推定部 80 b は、水噴射装置 25 から単位時間当たり噴射される水の量及びバルブオーバーラップの量に基づいて流出水量を推定してもよい。この場合、水量推定部 80 b は、例えば、図 10 に示したようなマップを用いて流出水量を推定する。このマップでは、流出水量 W_A が水噴射装置 25 から単位時間当たり噴射される水の量 J_{WA} 及びバルブオーバーラップの量 VOA の関数として示される。

【0083】

流出水量が多いほど、保護層 60 に衝突する水滴の量は多くなる。図 4 から分かるように、保護層 60 に衝突する水滴の量が多いほど、ライデンフロスト現象を発生させるために必要な保護層 60 の温度が高くなる。このため、第二実施形態では、ヒータ制御部 80 a は、内燃機関 1 の運転状態が水流出状態にあるときには目標温度を第二温度に設定し、水量推定部 80 b によって推定された流出水量が相対的に多い場合に、水量推定部 80 b によって推定された流出水量が相対的に少ない場合に比べて第二温度を高く設定する。言い換えれば、ヒータ制御部 80 a は、推定された流出水量が多くなるにつれてセンサセル 51 の目標温度を段階的に（ステップ状に）又はリニアに高くする。このような制御によって、第二実施形態では、より効果的に、ヒータ 55 の消費電力の増加を抑制しつつ、被水による空燃比センサ 10 の素子割れを防止することができる。

20

【0084】

<目標温度設定処理>

図 11 は、本発明の第二実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、ECU 80 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。図 11 におけるステップ S201～ステップ S205 は、図 8 におけるステップ S101～ステップ S105 と同様であることから説明を省略する。

30

【0085】

本制御ルーチンは、ステップ S205 においてバルブオーバーラップの量 VOA が所定値 A_{ref} よりも大きいと判定された場合、ステップ S206 に進む。ステップ S206 では、ヒータ制御部 80 a が、水量推定部 80 b によって推定された流出水量を水量推定部 80 b から所得する。

40

【0086】

次いで、ステップ S207 では、ヒータ制御部 80 a が、ステップ S206 において取得した流出水量に基づいて第二温度 T_2 を算出する。ヒータ制御部 80 a は、流出水量が相対的に多い場合に、流出水量が相対的に少ない場合に比べて第二温度 T_2 を高くする。例えば、ヒータ制御部 80 a は、図 12 に示したようなマップを用いて第二温度 T_2 を算出する。このマップでは、第二温度 T_2 が流出水量 W_A の関数として示される。第二温度 T_2 の下限値は第一温度 T_1 よりも高い温度に設定される。なお、第二温度 T_2 は、図 12 に破線で示したように、流出水量 W_A が多くなるにつれて段階的（ステップ状）に高くされてもよい。

【0087】

50

次いで、ステップ S 2 0 8 では、ヒータ制御部 8 0 a が、ステップ S 2 0 7 において算出された第二温度 T 2 に目標温度 T T を設定する。ステップ S 2 0 8 の後、本制御ルーチンは終了する。

【 0 0 8 8 】

< 第三実施形態 >

第三実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第三実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【 0 0 8 9 】

センサセル 5 1 の目標温度を第一温度から第二温度に切り替えてからセンサセル 5 1 の実際の温度が第二温度に達するまでには、或る程度の時間がかかる。このため、第一実施形態のように内燃機関 1 の運転状態が水流出状態にあるときにセンサセル 5 1 の目標温度を第二温度に設定したとしても、センサセル 5 1 の実際の温度が第二温度に達する前に、水噴射装置 2 5 から噴射された水が保護層 6 0 に衝突するおそれがある。

【 0 0 9 0 】

このため、第三実施形態では、ヒータ制御部 8 0 a は、水噴射装置 2 5 によって水が噴射されているときには、センサセル 5 1 の目標温度を第二温度に設定する。このことによって、被水による空燃比センサ 1 0 の素子割れをより確実に防止することができる。

【 0 0 9 1 】

< タイムチャートを用いた制御の説明 >

以下、図 1 3 のタイムチャートを参照して、第三実施形態における内燃機関 1 の制御について具体的に説明する。図 1 3 は、内燃機関 1 の始動後の機関負荷、内燃機関 1 の水温、バルブオーバーラップの有無、水噴射の要求の有無、水噴射量及びセンサセル 5 1 の目標温度の概略的なタイムチャートである。

【 0 0 9 2 】

図示した例では、時刻 t 0 において内燃機関 1 が始動される。内燃機関 1 が始動されると、センサセル 5 1 の目標温度が第三温度 T 3 に設定される。第三温度 T 3 は、センサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、この例では 8 0 0 である。

【 0 0 9 3 】

内燃機関 1 の始動から所定時間が経過した時刻 t 1 において、センサセル 5 1 の目標温度が第三温度 T 3 から第一温度 T 1 に切り替えられる。第一温度 T 1 は、センサセル 5 1 の作動温度であり、この例では 6 0 0 である。なお、時刻 t 1 において、水噴射装置 2 5 による水噴射は要求されていない。

【 0 0 9 4 】

時刻 t 1 の後、時刻 t 2 において、水噴射装置 2 5 による水噴射が要求される。この結果、水噴射装置 2 5 による水噴射が開始され、水の噴射量が所定値まで増加する。また、時刻 t 2 において、センサセル 5 1 の目標温度が第一温度 T 1 から第二温度 T 2 に切り替えられる。第二温度 T 2 は、センサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、この例では 8 0 0 である。なお、時刻 t 2 において、バルブオーバーラップの量はゼロに設定されている。このため、内燃機関 1 の運転状態が水流出状態になる前に予めセンサセル 5 1 の温度を第二温度 T 2 に上昇させることができる。

【 0 0 9 5 】

時刻 t 2 の後、時刻 t 3 において、水噴射の要求が停止される。この結果、水噴射装置 2 5 による水の噴射が停止され、水の噴射量がゼロになる。このため、時刻 t 3 にいて、センサセル 5 1 の目標温度が、第二温度 T 2 から第一温度 T 1 に切り替えられる。

【 0 0 9 6 】

< 目標温度設定処理 >

図 1 4 は、本発明の第三実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、E C U 8 0 によって所定の

10

20

30

40

50

時間間隔で繰り返し実行される。図14におけるステップS301及びステップS302は、図8におけるステップS101及びステップS102と同様であることから説明を省略する。

【0097】

本制御ルーチンは、ステップS301において経過時間ETが所定時間Tref以上であると判定された場合、ステップS303に進む。ステップS303では、ヒータ制御部80aが、水噴射装置25から水が噴射されているか否かを判定する。

【0098】

ステップS303において、水噴射装置25から水が噴射されていないと判定された場合、本制御ルーチンはステップS304に進む。ステップS304では、ヒータ制御部80aが目標温度TTを第一温度T1に設定する。第一温度T1は、センサセル51の作動温度であり、例えば600～650である。ステップS304の後、本制御ルーチンは終了する。

10

【0099】

一方、ステップS303において水噴射装置25から水が噴射されていると判定された場合、本制御ルーチンはステップS305に進む。ステップS305では、ヒータ制御部80aが目標温度TTを第二温度T2に設定する。第二温度T2は、第一温度T1よりも高い温度であり、例えば750～850である。ステップS305の後、本制御ルーチンは終了する。

【0100】

20

< 第四実施形態 >

第四実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御は、以下に説明する点を除いて、基本的に第一実施形態に係る内燃機関の制御装置の構成及び制御と同様である。このため、以下、本発明の第四実施形態について、第一実施形態と異なる部分を中心に説明する。

【0101】

図15は、本発明の第四実施形態に係る内燃機関の制御装置等の構成を概略的に示すブロック図である。内燃機関1の制御装置は水噴射装置制御部80cを更に備える。水噴射装置制御部80cは水噴射装置25を制御する。本実施形態では、水噴射装置制御部80cはECU80の一部である。

30

【0102】

水噴射装置25による水噴射が要求されたときに、バルブオーバーラップの量が所定値以上の値に設定されている場合がある。このため、第三実施形態のように水噴射装置25によって水が噴射されているときにセンサセル51の目標温度を第二温度に設定したとしても、センサセル51の実際の温度が第二温度に達する前に、水噴射装置25から噴射された水が保護層60に衝突するおそれがある。

【0103】

このため、第四実施形態では、ヒータ制御部80aは、水噴射装置25による水の噴射が要求されたときにセンサセル51の目標温度を第二温度に設定する。また、水噴射装置制御部80cは、センサセル51の推定温度が第二温度に達した後、水噴射装置25による水の噴射を開始する。このことによって、被水による空燃比センサ10の素子割れを最も確実に防止することができる。

40

【0104】

< タイムチャートを用いた制御の説明 >

以下、図16のタイムチャートを参照して、第四実施形態における内燃機関1の制御について具体的に説明する。図16は、内燃機関1の始動後の機関負荷、内燃機関1の水溫、バルブオーバーラップの有無、水噴射の要求の有無、水噴射量、センサセル51の温度及びセンサセル51の目標温度の概略的なタイムチャートである。なお、センサセル51の温度はセンサセル51のインピーダンスから算出される。

【0105】

50

図示した例では、時刻 t_0 において内燃機関 1 が始動される。内燃機関 1 が始動されると、センサセル 5 1 の目標温度が第三温度 T_3 に設定される。第三温度 T_3 は、センサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、この例では 800 である。

【0106】

内燃機関 1 の始動から所定時間が経過した時刻 t_1 において、センサセル 5 1 の目標温度が第三温度 T_3 から第一温度 T_1 に切り替えられる。第一温度 T_1 は、センサセル 5 1 の作動温度であり、この例では 600 である。なお、時刻 t_1 において、水噴射装置 2 5 による水噴射は要求されていない。

【0107】

時刻 t_1 の後、時刻 t_2 において、水噴射装置 2 5 による水の噴射が要求される。このため、時刻 t_2 において、センサセル 5 1 の目標温度が第一温度 T_1 から第二温度 T_2 に切り替えられる。第二温度 T_2 は、センサセル 5 1 の作動温度よりも高い温度であり、この例では 800 である。

【0108】

図示した例では、時刻 t_1 と時刻 t_2 との間にバルブオーバーラップが発生せしめられている。この場合、時刻 t_2 において水噴射装置 2 5 による水噴射を開始すると、センサセル 5 1 の温度が第二温度 T_2 に達する前に、噴射された水が保護層 6 0 に衝突するおそれがある。このため、時刻 t_3 においてセンサセル 5 1 の温度が第二温度 T_2 に達した後、水噴射装置 2 5 による水噴射を開始する。

【0109】

時刻 t_3 の後、時刻 t_4 において、水噴射の要求が停止される。この結果、水噴射装置 2 5 による水の噴射が停止され、水の噴射量がゼロになる。このため、時刻 t_4 において、センサセル 5 1 の目標温度が、第二温度 T_2 から第一温度 T_1 に切り替えられる。

【0110】

<目標温度設定処理>

図 1 7 は、本発明の第四実施形態における目標温度設定処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、ECU 8 0 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。図 1 7 におけるステップ S 4 0 1 ~ ステップ S 4 0 4 は、図 8 におけるステップ S 1 0 1 ~ ステップ S 1 0 4 と同様であることから説明を省略する。

【0111】

本制御ルーチンは、ステップ S 4 0 3 において水噴射装置 2 5 による水噴射が要求されていると判定された場合、ステップ S 4 0 5 に進む。ステップ S 4 0 5 では、ヒータ制御部 8 0 a が目標温度 T_T を第二温度 T_2 に設定する。第二温度 T_2 は、第一温度 T_1 よりも高い温度であり、例えば 750 ~ 850 である。ステップ S 4 0 5 の後、本制御ルーチンは終了する。

【0112】

<水噴射処理>

以下、図 1 8 のフローチャートを参照して、水噴射装置 2 5 による水噴射の制御について説明する。図 1 8 は、本発明の第四実施形態における水噴射処理の制御ルーチンを示すフローチャートである。本制御ルーチンは、内燃機関 1 の始動後、ECU 8 0 によって所定の時間間隔で繰り返し実行される。

【0113】

最初に、ステップ S 5 0 1 において、水噴射装置制御部 8 0 c が、水噴射装置 2 5 による水噴射が要求されているか否かを判定する。水噴射装置 2 5 による水噴射は、例えば、内燃機関 1 の機関負荷が所定値以上になったときに要求される。

【0114】

ステップ S 5 0 1 において水噴射装置 2 5 による水噴射が要求されていないと判定された場合、本制御ルーチンはステップ S 5 0 2 に進む。ステップ S 5 0 2 では、水噴射装置制御部 8 0 c が水噴射装置 2 5 による水噴射を実行しない。ステップ S 5 0 2 の後、本制

10

20

30

40

50

御ルーチンは終了する。

【0115】

一方、ステップS501において水噴射装置25による水噴射が要求されていると判定された場合、本制御ルーチンはステップS503に進む。ステップS503では、水噴射装置制御部80cが、センサセル51の温度Tcellが第二温度T2以上であるか否かを判定する。センサセル51の温度Tcellは例えばセンサセル51のインピーダンスから算出される。第二温度T2は、図17のステップS405において設定されるセンサセル51の目標温度である。

【0116】

ステップS503においてセンサセル51の温度Tcellが第二温度T2未満であると判定された場合、本制御ルーチンはステップS502に進む。この場合、図17のステップS405においてセンサセル51の目標温度TTが第二温度T2に設定された後、センサセル51の温度Tcellがまだ第二温度T2に達していない。このため、ステップS502では、水噴射装置制御部80cが水噴射装置25による水噴射を実行しない。ステップS502の後、本制御ルーチンは終了する。

10

【0117】

一方、ステップS503においてセンサセル51の温度Tcellが第二温度T2以上であると判定された場合、本制御ルーチンはステップS504に進む。ステップS504では、水噴射装置制御部80cが水噴射装置25による水噴射を実行する。ステップS504の後、本制御ルーチンは終了する。

20

【0118】

<その他の態様>

以上、本発明に係る好適な実施形態を説明したが、本発明はこれら実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載内で様々な修正及び変更を施すことができる。

【0119】

例えば、水噴射装置25は、燃烧室5の温度を低下させるべく、燃烧室5内に水を噴射してもよい。この場合、水噴射装置25は例えばシリンダヘッド4に固定される。また、排気弁8の開弁中に水噴射装置25から燃烧室5内に水が噴射されると、噴射された水は燃烧室5において混合気の燃烧を経ることなく排気通路に到達する。このため、水噴射装置25が燃烧室5内に水を噴射する場合、内燃機関の運転状態が水流出状態にあるときは、排気弁8の開弁中に水噴射装置25によって水が噴射されているときである。

30

【0120】

また、内燃機関が備える排気センサは、排気ガスの空燃比がリッチ又はリーンであることを検出する酸素センサであってもよい。また、排気センサは、排気ガス中の窒素酸化物(NO_x)濃度を検出する窒素酸化物センサ(NO_x センサ)、排気ガス中の硫黄酸化物(SO_x)濃度を検出する硫黄酸化物センサ(SO_x センサ)等であってもよい。

【0121】

また、排気センサの素子本体には、センサセルに加えて、他の電気化学セルが設けられていてもよい。他の電気化学セルは、例えば、被測ガス中の酸素を被測ガス室から排出するポンプセル、被測ガス中の特定の成分の濃度を検出するモニタセル等である。この場合、ヒータ制御部は、ポンプセル又はモニタセルの目標温度を設定すると共にポンプセル又はモニタセルの温度が目標温度になるようにヒータを制御してもよい。ポンプセル又はモニタセルの温度は例えばそのインピーダンスから算出される。

40

【符号の説明】

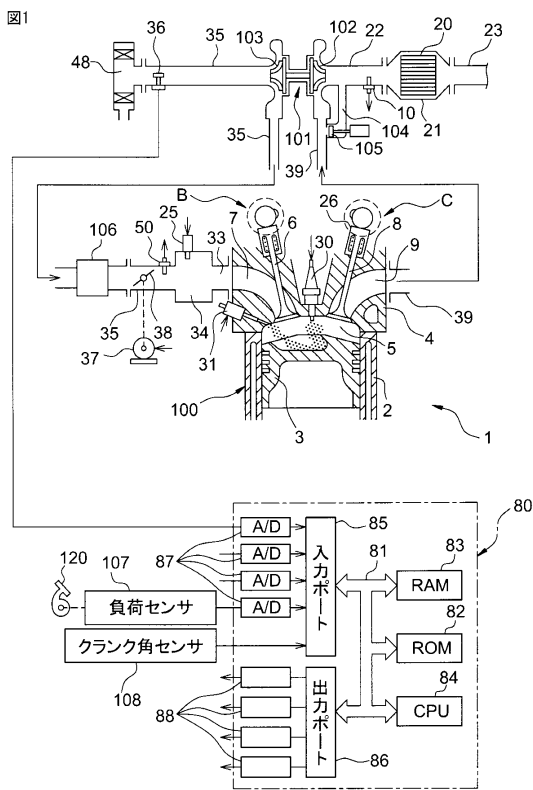
【0122】

- 1 内燃機関
- 10 空燃比センサ
- 12 センサ素子
- 50 素子本体
- 51 センサセル

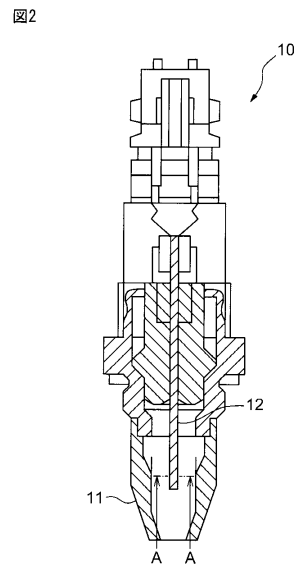
50

- 5 5 ヒータ
- 6 0 保護層
- 8 0 電子制御ユニット (E C U)
- 8 0 a ヒータ制御部
- 8 0 b 水量推定部
- 8 0 c 水噴射装置制御部

【 図 1 】

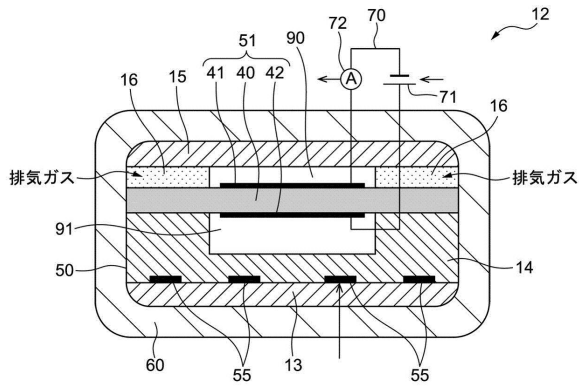


【 図 2 】



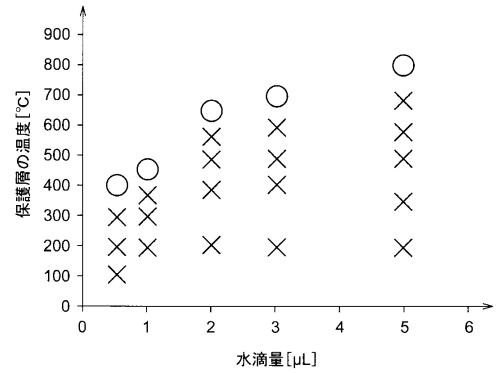
【図3】

図3



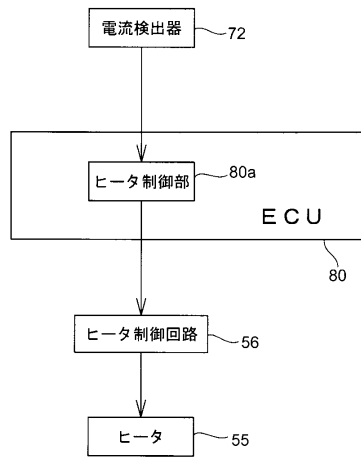
【図4】

図4



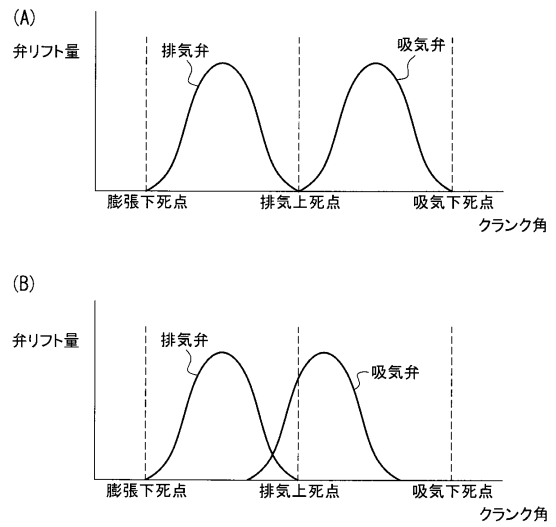
【図5】

図5



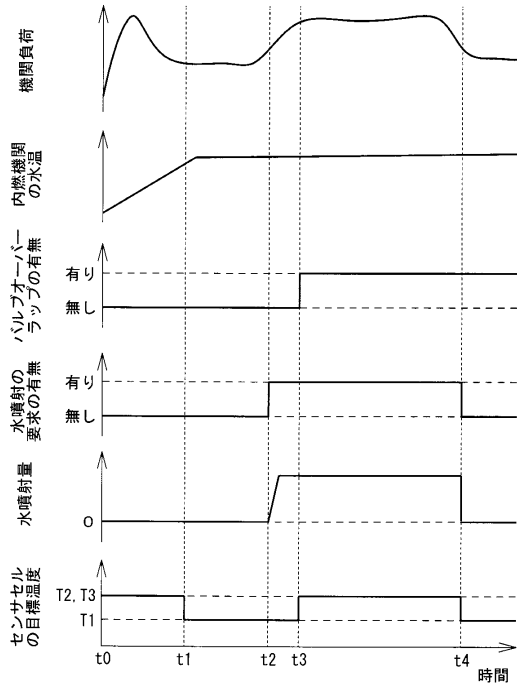
【図6】

図6



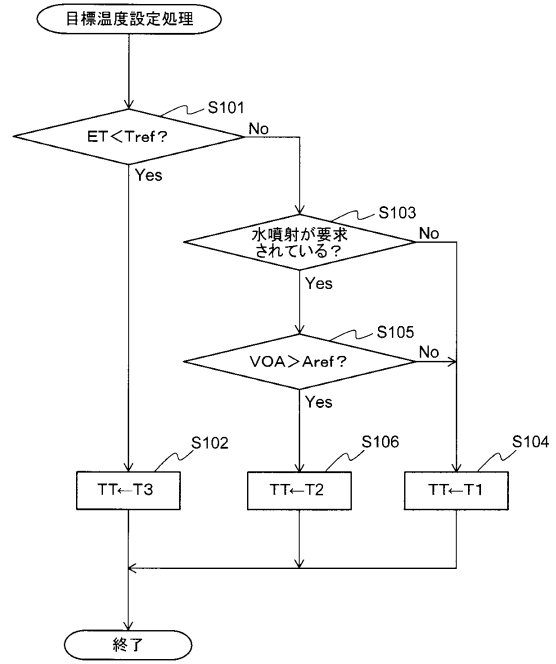
【 図 7 】

図7



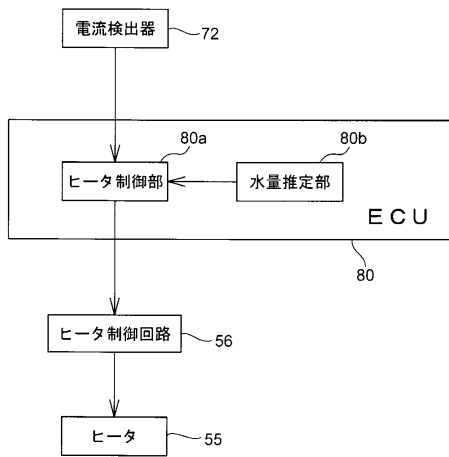
【 図 8 】

図8



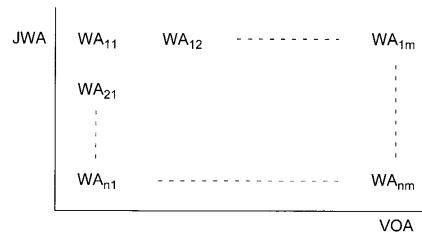
【 図 9 】

図9



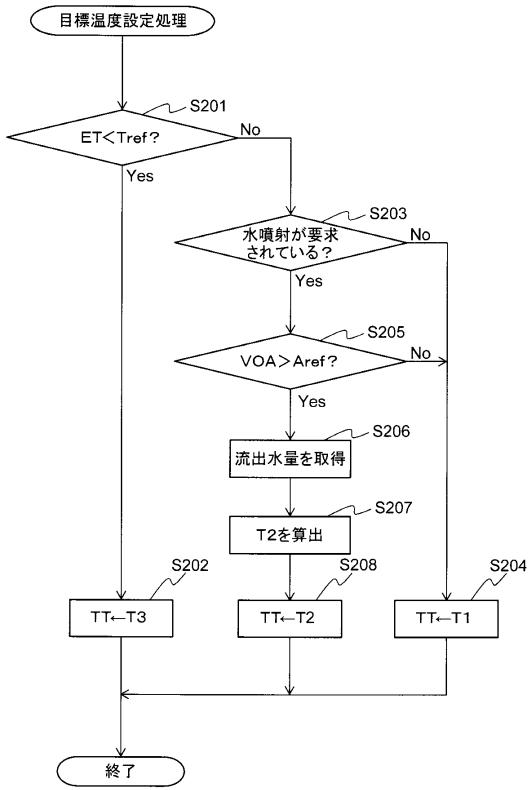
【 図 10 】

図10



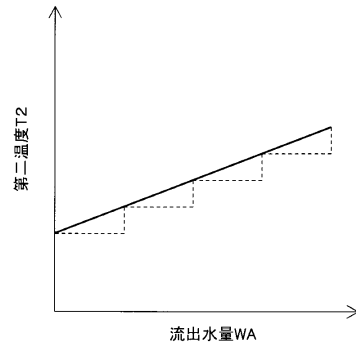
【図11】

図11



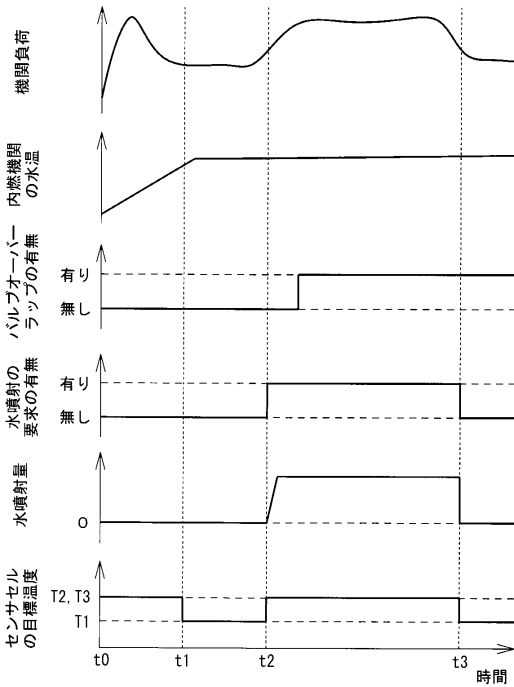
【図12】

図12



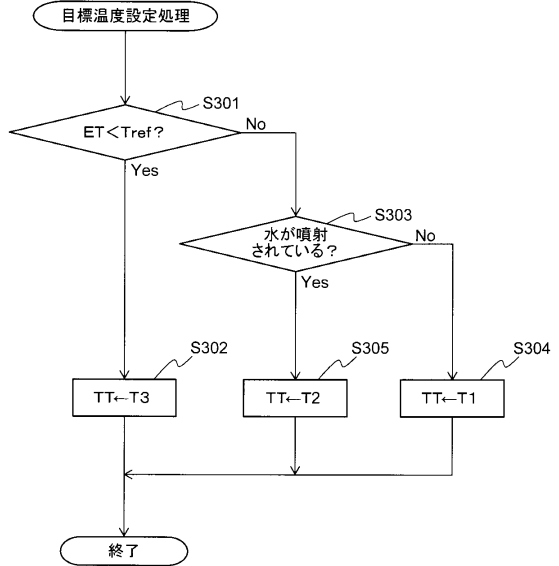
【図13】

図13



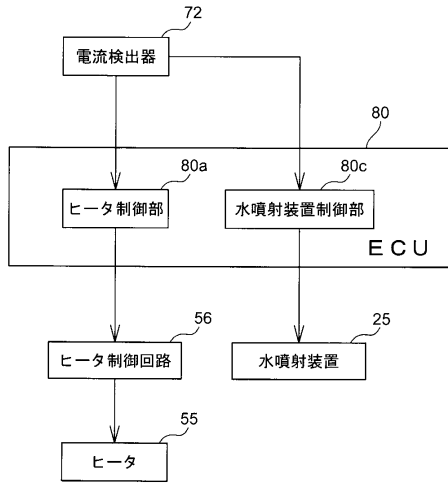
【図14】

図14



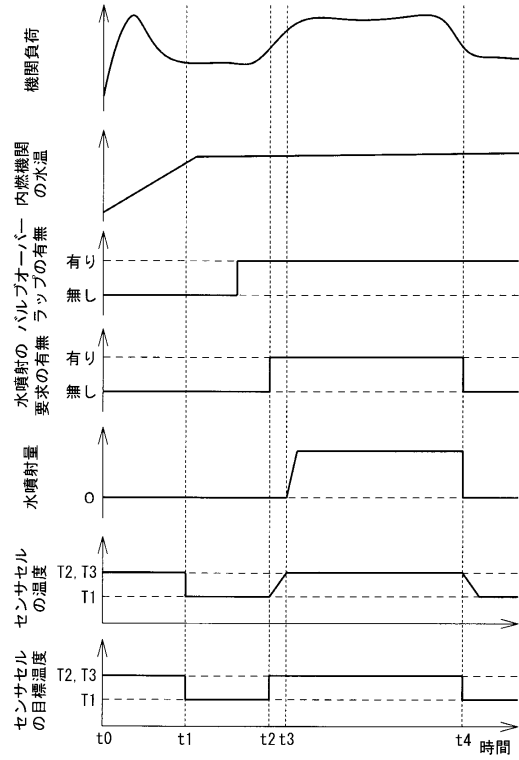
【図15】

図15



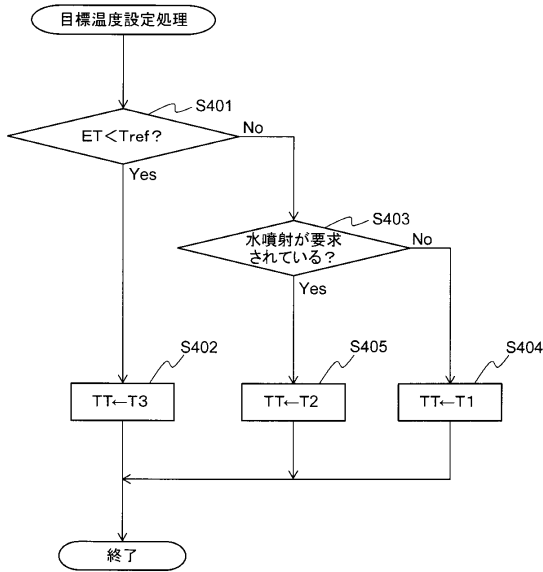
【図16】

図16



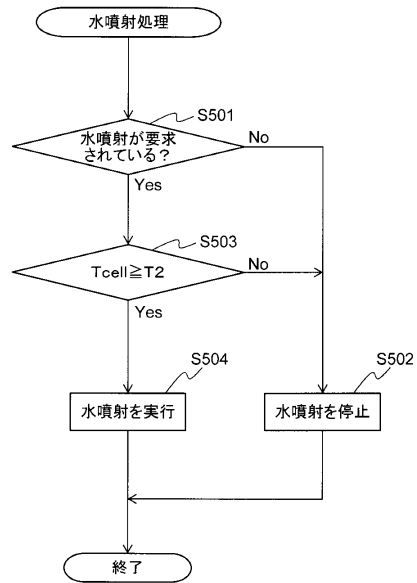
【図17】

図17



【図18】

図18



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 N 27/41 (2006.01) G 0 1 N 27/41 3 2 5 Q

(72)発明者 林下 剛
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 比嘉 貴大

(56)参考文献 特開平2 - 180060 (JP, A)
特開2008 - 232961 (JP, A)
特開2011 - 149927 (JP, A)
特開2010 - 71110 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F 0 2 D 4 1 / 0 0 - 4 5 / 0 0
F 0 2 B 4 7 / 0 2
F 0 2 D 1 9 / 1 2
F 0 2 M 2 5 / 0 2 5
G 0 1 N 2 7 / 4 1