

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3938136号
(P3938136)

(45) 発行日 平成19年6月27日(2007.6.27)

(24) 登録日 平成19年4月6日(2007.4.6)

(51) Int.C1.

F 1

F O 1 N	3/20	(2006.01)	F O 1 N	3/20	Z A B B
B O 1 D	53/94	(2006.01)	F O 1 N	3/20	C
F O 1 N	3/02	(2006.01)	B O 1 D	53/36	1 O 1 A
F O 1 N	3/08	(2006.01)	B O 1 D	53/36	1 O 2 B
F O 1 N	3/10	(2006.01)	F O 1 N	3/02	3 2 1 A

請求項の数 10 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2003-369173 (P2003-369173)

(22) 出願日

平成15年10月29日 (2003.10.29)

(65) 公開番号

特開2005-133610 (P2005-133610A)

(43) 公開日

平成17年5月26日 (2005.5.26)

審査請求日

平成17年1月18日 (2005.1.18)

(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 100102819

弁理士 島田 哲郎

(74) 代理人 100082898

弁理士 西山 雅也

(72) 発明者 吉田 耕平

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機関排気通路内に排気ガス中に含まれる SO_x を捕獲しうる SO_x トラップ触媒を配置し、 SO_x トラップ触媒下流の排気通路内に、流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中に含まれる NO_x を吸収し流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収触媒を配置した圧縮着火式内燃機関において、上記 SO_x トラップ触媒は、 SO_x トラップ触媒に流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中に含まれる SO_x を捕獲し、排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トラップ触媒の温度が上昇すると捕獲した SO_x が次第に SO_x トラップ触媒の内部に拡散していく性質を有すると共に SO_x トラップ触媒に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると SO_x トラップ触媒の温度が SO_x 放出温度以上であれば捕獲した SO_x を放出する性質を有し、機関運転中 SO_x トラップ触媒に流入する排気ガスの空燃比をリッチにさせることなくリーンに維持し続ける空燃比制御手段と、排気ガス中に含まれる SO_x のうちで SO_x トラップ触媒に捕獲される SO_x の割合を示す SO_x トラップ率を推定する推定手段とを具備し、 SO_x トラップ率が予め定められた率よりも低下したときには排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トラップ触媒の温度を上昇させ、それによって SO_x トラップ率を回復させるようにした圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【請求項2】

上記 SO_x トラップ触媒は触媒担体上に形成されたコート層と、コート層上に担持された貴金属触媒からなり、コート層内にはアルカリ金属、アルカリ土類金属又は希土類金属

10

20

が分散して含有されている請求項 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 3】

上記 SO_x トラップ触媒に捕獲された SO_x 量を推定し、 SO_x トラップ触媒に捕獲された SO_x 量が予め定められた量を越えたときに SO_x トラップ率が予め定められた率よりも低下したと判断され、このとき SO_x トラップ率を回復するために排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トラップ触媒の温度が上昇せしめられる請求項 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 4】

SO_x トラップ率を回復するための処理回数が増大するにつれて上記予め定められた量が増大せしめられ、この予め定められた量の増大割合は該処理回数が増大するほど減少する請求項 3 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。 10

【請求項 5】

SO_x トラップ触媒下流の排気通路内に排気ガス中の SO_x 濃度を検出しうる SO_x センサを配置し、該 SO_x センサの出力信号から SO_x トラップ率を算出する請求項 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 6】

SO_x センサにより検出された排気ガス中の SO_x 濃度が予め定められた濃度を越えたときに SO_x トラップ率が予め定められた率よりも低下したと判断され、このとき SO_x トラップ率を回復するために排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トラップ触媒の温度が上昇せしめられる請求項 5 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。 20

【請求項 7】

SO_x トラップ触媒と NO_x 吸収触媒との間の排気通路内に還元剤供給装置を配置し、 NO_x 吸収触媒から NO_x を放出すべきときには還元剤供給装置から排気通路内に還元剤を供給して NO_x 吸収触媒に流入する排気ガスの空燃比を一時的にリッチにするようにした請求項 1 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 8】

NO_x 吸収触媒が排気ガス中に含まれる粒子状物質を捕獲して酸化させるためのパティキュレートフィルタ上に担持されている請求項 7 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【請求項 9】

パティキュレートフィルタ上に堆積した粒子状物質の量が許容量を越えたときには排気ガスの空燃比がリーンのもとでパティキュレートフィルタの温度を上昇させ、それによって堆積した粒子状物質を酸化除去するようにした請求項 8 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。 30

【請求項 10】

NO_x 吸収触媒に SO_x が吸収された場合には NO_x 吸収触媒の温度を SO_x 放出温度まで上昇させ、還元剤供給装置から排気通路内に還元剤を供給して NO_x 吸収触媒に流入する排気ガスの空燃比をリッチにするようにした請求項 7 に記載の圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置に関する。

【背景技術】

【0002】

流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中に含まれる NO_x を吸収し流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収触媒を機関排気通路内に配置した内燃機関が公知である。この内燃機関ではリーン空燃比のもとで燃焼が行われているときに発生する NO_x が NO_x 吸収触媒に吸収される。一方、 NO_x 吸収触媒の NO_x 吸収能力が飽和に近づくと排気ガスの空燃比が一時的にリッチ 50

にされ、それによって NO_x 吸収触媒から NO_x が放出され還元される。

【0003】

ところで燃料および潤滑油内にはイオウが含まれており、従って排気ガス中には SO_x が含まれている。この SO_x は NO_x と共に NO_x 吸収触媒に吸収される。ところがこの SO_x は排気ガスの空燃比を単にリッチにしただけでは NO_x 吸収触媒から放出されず、従つて NO_x 吸収触媒に吸収されている SO_x の量が次第に増大していく。その結果吸収しうる NO_x 量が次第に減少してしまう。

【0004】

そこで NO_x 吸収触媒に SO_x が送り込まれるのを阻止するために NO_x 吸収触媒上流の機関排気通路内に SO_x 吸収剤を配置した内燃機関が公知である（特許文献1参照）。この内燃機関では排気ガス中に含まれる SO_x が SO_x 吸収剤に吸収され、斯くして NO_x 吸収触媒に SO_x が流入するのが阻止される。その結果、 SO_x の吸収により NO_x の吸収能力が低下するのを阻止することができる。

10

【0005】

ところでこのような SO_x 吸収剤を用いた場合、 SO_x 吸収剤の SO_x 吸収能力が飽和してしまうと SO_x が NO_x 吸収触媒に流入してしまう。ところがこの SO_x 吸収剤では SO_x 吸収剤の温度を上昇させかつ SO_x 吸収剤に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすると SO_x 吸収剤から吸収した SO_x を放出させることができ、斯くして SO_x 吸収剤を再生することができる。しかしながらこのように SO_x 吸収剤から SO_x を放出させると放出された SO_x が NO_x 吸収触媒に吸収されてしまう。従つてこの内燃機関では NO_x 吸収触媒を迂回するバイパス通路を具えており、 SO_x 吸収剤から SO_x を放出させたときには放出された SO_x をバイパス通路を介して大気中に排出させるようにしている。

20

【特許文献1】特開2000-145436号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように上述の SO_x 吸収剤では SO_x 吸収剤の温度を上昇させかつ SO_x 吸収剤に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすることにより NO_x 吸収剤から SO_x が放出せることができる。しかしながら、この場合 SO_x 吸収剤からは少しずつしか SO_x が放出されない。従つて SO_x 吸収剤から全ての吸収 SO_x を放出させるには長時間に亘って空燃比をリッチにしなければならず、斯くして多量の燃料或いは還元剤が必要になるという問題がある。また、 SO_x 吸収剤から放出された SO_x は大気中に排出されることになり、このことも好ましいことではない。

30

【0007】

このように SO_x 吸収剤を用いた場合、 SO_x 放出制御を行わなければ SO_x の吸収能力に限界が生じてしまい、従つて SO_x 吸収剤を用いたときには SO_x 放出制御を行わなければならないことになる。しかしながら SO_x 放出制御を行うと、即ち、 SO_x 吸収剤から SO_x を放出させるようにしている限り、上述のような問題を生ずる。

本発明は、 SO_x を放出させることなく十分な SO_x 吸収能力を維持することのできる圧縮着火式内燃機関の排気浄化装置を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明によれば、機関排気通路内に排気ガス中に含まれる SO_x を捕獲しうる SO_x トラップ触媒を配置し、 SO_x トラップ触媒下流の排気通路内に、流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中に含まれる NO_x を吸収し流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収触媒を配置した圧縮着火式内燃機関において、 SO_x トラップ触媒は、 SO_x トラップ触媒に流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中に含まれる SO_x を捕獲し、排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トラップ触媒の温度が上昇すると捕獲した SO_x が次第に SO_x トラップ触媒の内部に拡散していく性質を有すると共に SO_x トラップ触媒に流入する排気ガスの

50

空燃比がリッチになると SO_x トランプ触媒の温度が SO_x 放出温度以上であれば捕獲した SO_x を放出する性質を有し、機関運転中 SO_x トランプ触媒に流入する排気ガスの空燃比をリッチにせることなくリーンに維持し続ける空燃比制御手段と、排気ガス中に含まれる SO_x のうちで SO_x トランプ触媒に捕獲される SO_x の割合を示す SO_x トランプ率を推定する推定手段とを具備し、 SO_x トランプ率が予め定められた率よりも低下したときには排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トランプ触媒の温度を上昇させ、それによって SO_x トランプ率を回復させるようにしている。

【発明の効果】

【0009】

SO_x トランプ触媒からの SO_x 放出作用を抑制しつつ NO_x 吸収触媒の高い NO_x 吸収能力を維持することができる。 10

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図1に圧縮着火式内燃機関の全体図を示す。

図1を参照すると、1は機関本体、2は各気筒の燃焼室、3は各燃焼室2内に夫々燃料を噴射するための電子制御式燃料噴射弁、4は吸気マニホールド、5は排気マニホールドを夫々示す。吸気マニホールド4は吸気ダクト6を介して排気ターボチャージャ7のコンプレッサ7aの出口に連結され、コンプレッサ7aの入口はエアクリーナ8に連結される。吸気ダクト6内にはステップモータにより駆動されるスロットル弁9が配置され、更に吸気ダクト6周りには吸気ダクト6内を流れる吸入空気を冷却するための冷却装置10が配置される。図1に示される実施例では機関冷却水が冷却装置10内に導かれ、機関冷却水によって吸入空気が冷却される。一方、排気マニホールド5は排気ターボチャージャ7の排気タービン7bの入口に連結され、排気タービン7bの出口は SO_x トランプ触媒11の入口に連結される。また、 SO_x トランプ触媒11の出口は排気管13を介して NO_x 吸収触媒12に連結される。排気管13には排気管13内を流れる排気ガス中に例えば炭化水素からなる還元剤を供給するための還元剤供給弁14が取付けられる。 20

【0011】

排気マニホールド5と吸気マニホールド4とは排気ガス再循環（以下、EGRと称す）通路15を介して互いに連結され、EGR通路15内には電子制御式EGR制御弁16が配置される。また、EGR通路15周りにはEGR通路15内を流れるEGRガスを冷却するための冷却装置17が配置される。図1に示される実施例では機関冷却水が冷却装置17内に導かれ、機関冷却水によってEGRガスが冷却される。一方、各燃料噴射弁3は燃料供給管18を介してコモンレール19に連結される。このコモンレール19内へは電子制御式の吐出量可変な燃料ポンプ20から燃料が供給され、コモンレール19内に供給された燃料は各燃料供給管18を介して燃料噴射弁3に供給される。 30

【0012】

電子制御ユニット30はデジタルコンピュータからなり、双方向性バス31によって互いに接続されたROM（リードオンリーメモリ）32、RAM（ランダムアクセスメモリ）33、CPU（マイクロプロセッサ）34、入力ポート35および出力ポート36を具備する。 SO_x トランプ触媒11には SO_x トランプ触媒11の温度を検出するための温度センサ21が取付けられ、 NO_x 吸収触媒12には NO_x 吸収触媒12の温度を検出するための温度センサ22が取付けられる。これら温度センサ21、22の出力信号は夫々対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。また、 NO_x 吸収触媒12には NO_x 吸収触媒12の前後差圧を検出するための差圧センサ23が取付けられており、この差圧センサ23の出力信号は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。 40

【0013】

アクセルペダル40にはアクセルペダル40の踏込み量Lに比例した出力電圧を発生する負荷センサ41が接続され、負荷センサ41の出力電圧は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。更に入力ポート35にはクランクシャフトが例えれば1

5°回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ42が接続される。一方、出力ポート36は対応する駆動回路38を介して燃料噴射弁3、スロットル弁9駆動用ステップモータ、還元剤供給弁14、EGR制御弁16および燃料ポンプ20に接続される。

【0014】

図2に圧縮着火式内燃機関の別の実施例を示す。この実施例では排気管13に取付けられた還元剤供給弁14に加えて、排気マニホールド5の例えば1番気筒のマニホールド枝管5a内に例えば炭化水素を供給するための炭化水素供給弁24が設けられている。

一方、図3に圧縮着火式内燃機関の更に別の実施例を示す。この実施例では排気管13内にSO_xトラップ触媒11から流出した排気ガス中のSO_x濃度を検出するためのSO_xセンサ25が配置されている。

10

【0015】

まず初めに図1から図3に示されるNO_x吸蔵触媒12について説明すると、これらNO_x吸蔵触媒12は三次元網目構造のモノリス担体或いはペレット状担体上に担持されているか、又はハニカム構造をなすパティキュレートフィルタ上に担持されている。このようにNO_x吸蔵触媒12は種々の担体上に担持させることができるが、以下NO_x吸蔵触媒12をパティキュレートフィルタ上に担持した場合について説明する。

【0016】

図4(A)および(B)はNO_x吸蔵触媒12を担持したパティキュレートフィルタ12aの構造を示している。なお、図4(A)はパティキュレートフィルタ12aの正面図を示しており、図4(B)はパティキュレートフィルタ12aの側面断面図を示している。図4(A)および(B)に示されるようにパティキュレートフィルタ12aはハニカム構造をしており、互いに平行をなして延びる複数個の排気流通路60, 61を具備する。これら排気流通路は下流端が栓62により閉塞された排気ガス流入通路60と、上流端が栓63により閉塞された排気ガス流出通路61とにより構成される。なお、図4(A)においてハッチングを付した部分は栓63を示している。従って排気ガス流入通路60および排気ガス流出通路61は薄肉の隔壁64を介して交互に配置される。云い換えると排気ガス流入通路60および排気ガス流出通路61は各排気ガス流入通路60が4つの排気ガス流出通路61によって包囲され、各排気ガス流出通路61が4つの排気ガス流入通路60によって包囲されるように配置される。

20

【0017】

パティキュレートフィルタ12aは例えばコーナーライトのような多孔質材料から形成されており、従って排気ガス流入通路60内に流入した排気ガスは図4(B)において矢印で示されるように周囲の隔壁64内を通って隣接する排気ガス流出通路61内に流出する。

30

このようにNO_x吸蔵触媒12をパティキュレートフィルタ12a上に担持させた場合には、各排気ガス流入通路60および各排気ガス流出通路61の周壁面、即ち各隔壁64の両側表面上および隔壁64内の細孔内壁面上には例えばアルミナからなる触媒担体が担持されており、図5はこの触媒担体45の表面部分の断面を図解的に示している。図5に示されるように触媒担体45の表面上には貴金属触媒46が分散して担持されており、更に触媒担体45の表面上にはNO_x吸収剤47の層が形成されている。

40

【0018】

本発明による実施例では貴金属触媒46として白金Ptが用いられており、NO_x吸収剤47を構成する成分としては例えばカリウムK、ナトリウムNa、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つが用いられている。

【0019】

機関吸気通路、燃焼室2およびNO_x吸蔵触媒12上流の排気通路内に供給された空気および燃料(炭化水素)の比を排気ガスの空燃比と称すると、NO_x吸収剤47は排気ガスの空燃比がリーンのときにはNO_xを吸収し、排気ガス中の酸素濃度が低下すると吸収したNO_xを放出するNO_xの吸放出作用を行う。

50

【0020】

即ち、 NO_x 吸収剤47を構成する成分としてバリウムBaを用いた場合を例にとって説明すると、排気ガスの空燃比がリーンのとき、即ち排気ガス中の酸素濃度が高いときは排気ガス中に含まれるNOは図5に示されるように白金Pt46上において酸化されて NO_2 となり、次いで NO_x 吸収剤47内に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら硝酸イオン NO_3^- の形で NO_x 吸収剤47内に拡散する。このようにして NO_x が NO_x 吸収剤47内に吸収される。排気ガス中の酸素濃度が高い限り白金Pt46の表面で NO_2 が生成され、 NO_x 吸収剤47の NO_x 吸収能力が飽和しない限り NO_2 が NO_x 吸収剤47内に吸収されて硝酸イオン NO_3^- が生成される。

【0021】

これに対し、還元剤供給弁14から還元剤を供給することによって排気ガスの空燃比をリッチ或いは理論空燃比にすると排気ガス中の酸素濃度が低下するために反応が逆方向($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$)に進み、斯くして NO_x 吸収剤47内の硝酸イオン NO_3^- が NO_2 の形で NO_x 吸収剤47から放出される。次いで放出された NO_x は排気ガス中に含まれる未燃H_C、COによって還元される。

【0022】

このように排気ガスの空燃比がリーンであるとき、即ちリーン空燃比のもとで燃焼が行われているときには排気ガス中の NO_x が NO_x 吸収剤47内に吸収される。しかしながらリーン空燃比のもとでの燃焼が継続して行われるとその間に NO_x 吸収剤47の NO_x 吸収能力が飽和してしまい、斯くして NO_x 吸収剤47により NO_x を吸収できなくなってしまう。そこで本発明による実施例では NO_x 吸収剤47の吸収能力が飽和する前に還元剤供給弁14から還元剤を供給することによって排気ガスの空燃比を一時的にリッチにし、それによって NO_x 吸収剤47から NO_x を放出させるようにしている。

【0023】

ところで排気ガス中には SO_x 、即ち SO_2 が含まれており、この SO_2 が NO_x 吸収触媒12に流入するところの SO_2 は白金Pt46において酸化されて SO_3 となる。次いでこの SO_3 は NO_x 吸収剤47内に吸収されて酸化バリウムBaOと結合しながら、硫酸イオン SO_4^{2-} の形で NO_x 吸収剤47内に拡散し、安定した硫酸塩Ba₂ SO_4 を生成する。しかしながら NO_x 吸収剤47が強い塩基性を有するためにこの硫酸塩Ba₂ SO_4 は安定して分解しづらく、排気ガスの空燃比を単にリッチにしただけでは硫酸塩Ba₂ SO_4 は分解されずにそのまま残る。従って NO_x 吸収剤47内には時間が経過するにつれて硫酸塩Ba₂ SO_4 が増大することになり、斯くして時間が経過するにつれて NO_x 吸収剤47が吸収しうる NO_x 量が低下することになる。

【0024】

ところでこの場合、冒頭で述べたように NO_x 吸収触媒12の温度を600以上での SO_x 放出温度まで上昇させた状態で NO_x 吸収触媒12に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすると NO_x 吸収剤47から SO_x が放出される。ただし、この場合 NO_x 吸収剤47からは少しずつしか SO_x が放出されない。従って NO_x 吸収剤47から全ての吸収 SO_x を放出させるには長時間に亘って空燃比をリッチにしなければならず、斯くして多量の燃料或いは還元剤が必要になるという問題がある。また、 NO_x 吸収剤47から放出された SO_x は大気中に排出されることになり、このことも好ましいことではない。

【0025】

そこで本発明では NO_x 吸収触媒12の上流に SO_x トラップ触媒11を配置してこの SO_x トラップ触媒11により排気ガス中に含まれる SO_x を捕獲し、それによって NO_x 吸収触媒12に SO_x が流入しないようにしている。次にこの SO_x トラップ触媒11について説明する。

【0026】

この SO_x トラップ触媒11は例えばハニカム構造のモノリス触媒からなり、 SO_x トラップ触媒11の軸線方向にまっすぐに延びる多数の排気ガス流通孔を有する。このように SO_x トラップ触媒11をハニカム構造のモノリス触媒から形成した場合には、各排気ガ

ス流通孔の内周壁面上に例えばアルミナからなる触媒担体が担持されており、図6はこの触媒担体50の表面部分の断面を図解的に示している。図6に示されるように触媒担体50の表面上にはコート層51が形成されており、このコート層51の表面上には貴金属触媒52が分散して担持されている。

【0027】

本発明による実施例では貴金属触媒52として白金が用いられており、コート層51を構成する成分としては例えばカリウムK、ナトリウムNa、セシウムCsのようなアルカリ金属、バリウムBa、カルシウムCaのようなアルカリ土類、ランタンLa、イットリウムYのような希土類から選ばれた少なくとも一つが用いられている。即ち、SO_xトラップ触媒11のコート層51は強塩基性を呈している。

10

【0028】

さて、排気ガス中に含まれるSO_x、即ちSO₂は図6に示されるように白金Pt52において酸化され、次いでコート層51内に捕獲される。即ち、SO₂は硫酸イオンSO₄²⁻の形でコート層51内に拡散し、硫酸塩を形成する。なお、上述したようにコート層51は強塩基性を呈しており、従って図5に示されるように排気ガス中に含まれるSO₂の一部は直接コート層51内に捕獲される。

【0029】

図6においてコート層51内における濃淡は捕獲されたSO_xの濃度を示している。図6からわかるようにコート層51内におけるSO_x濃度はコート層51の表面近傍が最も高く、奥部に行くに従って次第に低くなっていく。コート層51の表面近傍におけるSO_x濃度が高くなるとコート層51の表面の塩基性が弱まり、SO_xの捕獲能力が弱まる。ここで排気ガス中に含まれるSO_xのうちでSO_xトラップ触媒11に捕獲されるSO_xの割合をSO_xトラップ率と称すると、コート層51の表面の塩基性が弱まればそれに伴なつてSO_xトラップ率が低下することになる。

20

【0030】

図7にSO_xトラップ率の時間的变化を示す。図7に示されるようにSO_xトラップ率は初めは100パーセントに近いが時間が経過するとSO_xトラップ率は急速に低下する。そこで本発明では図8に示されるようにSO_xトラップ率が予め定められた率よりも低下したときには排気ガスの空燃比がリーンのもとでSO_xトラップ触媒11の温度を上昇させる昇温制御を行い、それによってSO_xトラップ率を回復させるようにしている。

30

【0031】

即ち、排気ガスの空燃比がリーンのもとでSO_xトラップ触媒11の温度を上昇させるとコート層51内の表面近傍に集中的に存在するSO_xはコート層51内におけるSO_x濃度が均一となるようにコート層51の奥部に向けて拡散していく。即ち、コート層51内に生成されている硝酸塩はコート層51の表面近傍に集中している不安定な状態からコート層51内の全体に亘って均一に分散した安定した状態に変化する。コート層51内の表面近傍に存在するSO_xがコート層51の奥部に向けて拡散するとコート層51の表面近傍のSO_x濃度が低下し、斯くしてSO_xトラップ触媒11の昇温制御が完了すると図8に示されるようにSO_xトラップ率が回復する。

【0032】

40

SO_xトラップ触媒11の昇温制御を行ったときにSO_xトラップ触媒11の温度をほぼ450程度にすればコート層51の表面近傍に存在するSO_xをコート層51内に拡散させることができ、SO_xトラップ触媒11の温度を600程度まで上昇させるとコート層51内のSO_x濃度をかなり均一化することができる。従ってSO_xトラップ触媒11の昇温制御時には排気ガスの空燃比がリーンのもとでSO_xトラップ触媒11の温度を600程度まで昇温させることが好ましい。

【0033】

なお、このようにSO_xトラップ触媒11を昇温したときに排気ガスの空燃比をリッチにするとSO_xトラップ触媒11からSO_xが放出されてしまう。従ってSO_xトラップ触媒11を昇温したときには排気ガスの空燃比をリッチにしてはならない。また、コート層

50

51の表面近傍のSO_x濃度が高くなるとSO_xトラップ触媒11を昇温しなくても排気ガスの空燃比をリッチにするとSO_xトラップ触媒11からSO_xが放出されてしまう。従って本発明ではSO_xトラップ触媒11の温度がSO_x放出温度以上であるときにはSO_xトラップ触媒11に流入する排気ガスの空燃比をリッチにしないようにしている。

【0034】

本発明では基本的には車両を購入してから廃車するまでSO_xトラップ触媒11を交換することなくそのまま使用することを考えている。近年では特に燃料内に含まれるイオウの量が減少せしめられており、従ってSO_xトラップ触媒11の容量を或る程度大きくすればSO_xトラップ触媒11を交換することなく廃車するまでそのまま使用することができる。例えば車両の耐用走行距離を50万kmとするとSO_xトラップ触媒11の容量は、走行距離が25万km程度まで昇温制御することなく高いSO_xトラップ率でもってSO_xを捕獲し続けることのできる容量とされる。この場合、最初の昇温制御は走行距離が25万km程度で行われる。10

【0035】

次にSO_xトラップ触媒11の温度を上昇させる方法について図9を参照しつつ説明する。

SO_xトラップ触媒11の温度を上昇させるのに有効な方法の一つは燃料噴射時期を圧縮上死点以降まで遅角させる方法である。即ち、通常主燃料Q_mは図9において、(I)に示されるように圧縮上死点付近で噴射される。この場合、図9の(II)に示されるように主燃料Q_mの噴射時期が遅角されると後燃え期間が長くなり、斯くして排気ガス温が上昇する。排気ガス温が高くなるとそれに伴ってSO_xトラップ触媒11の温度が上昇する。20

【0036】

また、SO_xトラップ触媒11の温度を上昇させるために図9の(III)に示されるように主燃料Q_mに加え、吸気上死点付近において補助燃料Q_vを噴射することもできる。このように補助燃料Q_vを追加的に噴射すると補助燃料Q_v分だけ燃焼せしめられる燃料が増えたために排気ガス温が上昇し、斯くしてSO_xトラップ触媒11の温度が上昇する。

一方、このように吸気上死点付近において補助燃料Q_vを噴射すると圧縮行程中に圧縮熱によってこの補助燃料Q_vからアルデヒド、ケトン、パーオキサイド、一酸化炭素等の中間生成物が生成され、これら中間生成物によって主燃料Q_mの反応が加速される。従ってこの場合には図9の(III)に示されるように主燃料Q_mの噴射時期を大巾に遅らせても失火を生ずることなく良好な燃焼が得られる。即ち、このように主燃料Q_mの噴射時期を大巾に遅らせることができるので排気ガス温はかなり高くなり、斯くしてSO_xトラップ触媒11の温度をすみやかに上昇させることができる。30

【0037】

また、SO_xトラップ触媒11の温度を上昇させるために図9の(IV)に示されるように主燃料Q_mに加え、膨張行程中又は排気行程中に補助燃料Q_pを噴射することもできる。即ち、この場合、大部分の補助燃料Q_pは燃焼することなく未燃HCの形で排気通路内に排出される。この未燃HCはSO_xトラップ触媒11上において過剰酸素により酸化され、このとき発生する酸化反応熱によってSO_xトラップ触媒11の温度が上昇せしめられる。40

【0038】

一方、図2に示される内燃機関では炭化水素供給弁24から炭化水素を供給し、この炭化水素の酸化反応熱によってSO_xトラップ触媒11の温度を上昇させることもできる。また、図9の(II)から(IV)に示されるいずれかの噴射制御を行いつつ炭化水素供給弁24から炭化水素を供給することもできる。なお、いずれの方法により昇温した場合でもSO_xトラップ触媒11に流入する排気ガスの空燃比はリッチにされることなくリーンに維持される。

【0039】

次に図10から図12を参照しつつSO_xトラップ触媒11におけるSO_x安定化処理の50

第1実施例について説明する。

この第1実施例では、 SO_x トラップ触媒11に捕獲された SO_x 量を推定し、 SO_x トラップ触媒11に捕獲された SO_x 量が予め定められた量を越えたときに SO_x トラップ率が予め定められた率よりも低下したと判断され、このとき SO_x トラップ率を回復するために排気ガスの空燃比がリーンのもとで SO_x トラップ触媒11の温度を上昇させる昇温制御を行うようにしている。

【0040】

即ち、燃料中には或る割合でイオウが含まれており、従って排気ガス中に含まれる SO_x 量、即ち SO_x トラップ触媒11に捕獲される SO_x 量は燃料噴射量に比例する。燃料噴射量は要求トルクおよび機関回転数の関数であり、従って SO_x トラップ触媒11に捕獲される SO_x 量も要求トルクおよび機関回転数の関数となる。本発明による実施例では SO_x トラップ触媒11に単位時間当たり捕獲される SO_x 量 SOXA が要求トルク TQ および機関回転数 N の関数として図10(A)に示されるようなマップの形で予めROM32内に記憶されている。10

【0041】

また、潤滑油内にも或る割合でイオウが含まれており、燃焼室2内で燃焼せしめられる潤滑油量、即ち排気ガス中に含まれていて SO_x トラップ触媒11に捕獲される SO_x 量も要求トルクおよび機関回転数の関数となる。本発明による実施例では潤滑油に含まれていて SO_x トラップ触媒11に単位時間当たり捕獲される SO_x の量 SOXB が要求トルク TQ および機関回転数 N の関数として図10(B)に示されるようなマップの形で予めROM32内に記憶されており、 SO_x 量 SOXA および SO_x 量 SOXB の和を積算することによって SO_x トラップ触媒11に捕獲されている SO_x 量 SOX1 が算出される。20

【0042】

また、本発明による実施例では図10(C)に示されるように SO_x 量 SOX1 と、 SO_x トラップ触媒11を昇温処理すべきときの予め定められた SO_x 量 $\text{SO}(n)$ との関係が予め記憶されており、 SO_x 量 SOX1 が予め定められた $\text{SO}(n)$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)を越えたときに SO_x トラップ触媒11の昇温処理が行われる。なお、図10(C)においては n は何回目の昇温処理であるかを示している。図10(C)からわかるように SO_x トラップ率を回復するための昇温処理回数 n が増大するにつれて予め定められた量 $\text{SO}(n)$ が増大せしめられ、この予め定められた量 $\text{SO}(n)$ の増大割合は処理回数 n が増大するほど減少する。即ち、 $\text{SO}(2)$ に対する $\text{SO}(3)$ の増大割合は $\text{SO}(1)$ に対する $\text{SO}(2)$ の増大割合よりも減少する。30

【0043】

即ち、図11のタイムチャートに示されるように SO_x トラップ触媒11に捕獲された SO_x 量 SOX1 は許容値MAXまで時間の経過と共に増大し続ける。なお、図11において $\text{SOX1} = \text{MAX}$ になったときが走行距離にして50万km程度のときである。

【0044】

一方、図11において SO_x 濃度は SO_x トラップ触媒11の表面近傍における SO_x 濃度を示している。図11からわかるように SO_x トラップ触媒11の表面近傍における SO_x 濃度が許容値 SOZ を越えると排気ガスの空燃比A/Fがリーンのもとで SO_x トラップ触媒11の温度 T を上昇させる昇温制御が行われる。昇温制御が行われると SO_x トラップ触媒11の表面近傍における SO_x 濃度は減少するがこの SO_x 濃度の減少量は昇温制御が行われる毎に小さくなり、従って昇温制御が行われてから次に昇温制御が行われるまでの期間は昇温制御が行われる毎に短くなる。40

【0045】

なお、図11に示されるように捕獲された SO_x 量 SOX1 が $\text{SO}(1)$ 、 $\text{SO}(2)$ 、 \dots に達するということは SO_x トラップ触媒11の表面近傍における SO_x 濃度が許容値 SOZ に達したことを意味している。

【0046】

図12は SO_x 安定化処理の第1実施例を実行するためのルーチンを示している。

図12を参照するとまず初めにステップ100において図10(A)、(B)から夫々単位時間当たり捕獲される SO_x 量 SOXA および SOXB が読み込まれる。次いでステップ101ではこれら SOXA および SOXB の和が SO_x 量 SOX1 に加算される。次いでステップ102では SO_x 量 SOX1 が図10(C)に示される予め定められた量 $\text{SO}(n)$ ($n = 1, 2, 3, \dots$)に達したか否かが判別される。 SO_x 量 SOX1 が予め定められた量 $\text{SO}(n)$ に達したときにはステップ103に進んで昇温制御が行われる。

【0047】

図13および図14に SO_x 安定化処理の第2実施例を示す。この実施例では図3に示されるように SO_x トラップ触媒11の下流に SO_x センサ25が配置されており、この SO_x センサ25によって SO_x トラップ触媒11から流出した排気ガス中の SO_x 濃度が検出される。即ち、この第2実施例では図14に示されるように SO_x センサ25により検出された排気ガス中の SO_x 濃度が予め定められた濃度 SOY を越えたときに SO_x トラップ率が予め定められた率よりも低下したと判断され、このとき SO_x トラップ率を回復するために排気ガスの空燃比A/Fがリーンのもとで SO_x トラップ触媒11の温度Tを上昇せしめる昇温制御が行われる。

【0048】

図13はこの第2実施例を実行するためのルーチンを示している。

図13を参照するとまず初めにステップ100において SO_x センサ25の出力信号、例えば出力電圧Vが読み込まれる。次いでステップ111では SO_x センサ25の電力電圧Vが設定値 V_X を越えたか否か、即ち排気ガス中の SO_x 濃度が予め定められた濃度 SOY を越えたか否かが判別される。 $V > V_X$ になると、即ち排気ガス中の SO_x 濃度が予め定められた濃度 SOY を越えるとステップ112に進んで昇温制御が行われる。

【0049】

次に図15から図18を参照しつつ NO_x 吸蔵触媒12に対する処理について説明する。

本発明による実施例では NO_x 吸蔵触媒12に単位時間当たり吸蔵される NO_x 量 NOXA が要求トルク TQ および機関回転数Nの関数として図17(A)に示すマップの形で予めROM32内に記憶されており、この NO_x 量 NOXA を積算することによって NO_x 吸蔵触媒12に吸蔵された NO_x 量 NOX が算出される。本発明による実施例では図15に示されるようにこの NO_x 量 NOX が許容値 NX に達する毎に NO_x 吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比A/Fが一時的にリッチにされ、それによって NO_x 吸蔵触媒12から NO_x が放出される。

【0050】

なお、 NO_x 吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比A/Fをリッチにするときに SO_x トラップ触媒11に流入する排気ガスの空燃比はリーンに維持しておかなければならない。従って本発明による実施例では SO_x トラップ触媒11と NO_x 吸蔵触媒12との間の排気通路内に還元剤供給装置、例えば図1から図3に示されるように還元剤供給弁14が配置されており、 NO_x 吸蔵触媒12から NO_x を放出すべきときにはこの還元剤供給弁14から排気通路内に還元剤を供給することにより NO_x 吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比を一時的にリッチにすることをしている。

【0051】

一方、排気ガス中に含まれる粒子状物質は NO_x 吸蔵触媒12を担持しているパティキュレートフィルタ12a上に捕集され、順次酸化される。しかしながら捕集される粒子状物質の量が酸化される粒子状物質の量よりも多くなると粒子状物質がパティキュレートフィルタ12a上に次第に堆積し、この場合粒子状物質の堆積量が増大すると機関出力の低下を招いてしまう。従って粒子状物質の堆積量が増大したときには堆積した粒子状物質を除去しなければならない。この場合、空気過剰のもとでパティキュレートフィルタ12aの温度を600程度まで上昇させると堆積した粒子状物質が酸化され、除去される。

【0052】

そこで本発明による実施例ではパティキュレートフィルタ12a上に堆積した粒子状物質の量が許容量を越えたときには排気ガスの空燃比がリーンのもとでパティキュレートフィルタ12aの温度を上昇させ、それによって堆積した粒子状物質を酸化除去するようしている。具体的に言うと本発明による実施例では差圧センサ23により検出されたパティキュレートフィルタ12aの前後差圧Pが図15に示されるように許容値PXを越えたときに堆積粒子状物質の量が許容量を越えたと判断され、このときパティキュレートフィルタ12aに流入する排気ガスの空燃比をリーンに維持しつつパティキュレートフィルタ12aの温度Tを上昇させる昇温制御が行われる。なお、パティキュレートフィルタ12aの温度Tが高くなるとNO_x吸蔵触媒12からNO_xが放出されるために捕獲されているNO_x量NOXは減少する。

10

【0053】

パティキュレートフィルタ12aを昇温すべきときにSO_xトラップ触媒11を昇温させる必要はない。従ってパティキュレートフィルタ12aを昇温させるときには排気ガスの空燃比をリーンに維持しうる範囲内で還元剤供給弁14から還元剤が供給され、この還元剤の酸化反応熱でパティキュレートフィルタ12aの温度Tが上昇せしめられる。

【0054】

一方、SO_xトラップ触媒11によるSO_xトラップ率が100パーセントのときにはNO_x吸蔵触媒12にSO_xが全く流入せず、従ってこの場合にはNO_x吸蔵触媒12にSO_xが吸蔵される危険性は全くなき。これに対しSO_xトラップ率が100パーセントでない場合にはたとえSO_xトラップ率が100パーセント近くであってもSO_xがNO_x吸蔵触媒12に吸蔵される。ただしこの場合、単位時間当りNO_x吸蔵触媒12に吸蔵されるSO_x量は極めて少ない。とは言え、長時間経過すれば多量のSO_xがNO_x吸蔵触媒12に吸蔵され、多量のSO_xが吸蔵されれば吸蔵されたSO_xを放出させる必要がある。

20

【0055】

前述したようにNO_x吸蔵触媒12からSO_xを放出させるにはNO_x吸蔵触媒12の温度をSO_x放出温度まで上昇させかつNO_x吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比をリッチにする必要がある。そこで本発明による実施例では図16に示されるようにNO_x吸蔵触媒12に吸蔵されているSO_x量SOX2が許容値SX2に達したときにはNO_x吸蔵触媒12の温度TがNO_x放出温度TXまで上昇せしめられ、NO_x吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比がリッチとされる。なお、単位時間当りNO_x吸蔵触媒12に吸蔵されるSO_x量SOXZは要求トルクTQおよび機関回転数Nの関数として図17(B)に示すようなマップの形で予めROM32内に記憶されており、このSO_x量SOXZを積算することにより吸蔵SO_x量SOX2が算出される。

30

【0056】

NO_x吸蔵触媒12からSO_xを放出させるときにSO_xトラップ触媒11に流入する排気ガスの空燃比をリッチにするとSO_xトラップ触媒11に捕獲されているSO_xがSO_xトラップ触媒11から放出され、放出されたSO_xがNO_x吸蔵触媒12に吸蔵されてしまう。従ってNO_x吸蔵触媒12からSO_xを放出させるときにSO_xトラップ触媒11に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすることはできない。そこで本発明による実施例ではNO_x吸蔵触媒12からSO_xを放出すべきときにはまず初めにSO_xトラップ触媒11およびNO_x吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比をリーンに維持しつつ還元剤供給弁14から還元剤を供給してNO_x吸蔵触媒12の温度TをNO_x放出温度TXまで上昇させ、次いでSO_xトラップ触媒11に流入する排気ガスの空燃比をリーンに維持しつつ還元剤供給弁14からの還元剤の供給量を増大してNO_x吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすることにしている。なお、この場合NO_x吸蔵触媒12に流入する排気ガスの空燃比を交互にリッチとリーンに切換えるようにしてもよい。

40

【0057】

図18はNO_x吸蔵触媒12に対する処理ルーチンを示している。

図18を参照するとまず初めにステップ120において図17(A)に示すマップから単位時間当り吸蔵されるNO_x量NOXAが算出される。次いでステップ121ではこの

50

NO_x A が NO_x 吸収触媒 1 2 に吸収されている NO_x 量 NO_X に加算される。次いでステップ 1 2 2 では吸収 NO_x 量 NO_X が許容値 $N X$ を越えたか否かが判別され、 $\text{NO}_X > N X$ となったときにはステップ 1 2 3 に進んで還元剤供給弁 1 4 から供給された還元剤によって NO_x 吸収触媒 1 2 に流入する排気ガスの空燃比を一時的にリーンからリッチに切換えるリッチ処理が行われ、 NO_X がクリアされる。

【0058】

次いでステップ 1 2 4 では差圧センサ 2 3 によりパティキュレートフィルタ 1 2 a の前後差圧 P が検出される。次いでステップ 1 2 5 では差圧 P が許容値 $P X$ を越えたか否かが判別され、 $P > P X$ となったときにはステップ 1 2 6 に進んでパティキュレートフィルタ 1 2 a の昇温制御が行われる。この昇温制御はパティキュレートフィルタ 1 2 a に流入する排気ガスの空燃比をリーンに維持しつつ還元剤供給弁 1 4 から還元剤を供給することによって行われる。10

【0059】

次いでステップ 1 2 7 では図 17 (B) に示すマップから単位時間当たり吸収される SO_x 量 $\text{SO}_X Z$ が算出される。次いでステップ 1 2 8 ではこの $\text{SO}_X Z$ が NO_x 吸収触媒 1 2 に吸収されている SO_x 量 $\text{SO}_X 2$ に加算される。次いでステップ 1 2 9 では吸収 SO_x 量 $\text{SO}_X 2$ が許容値 $S X 2$ を越えたか否かが判別され、 $\text{SO}_X 2 > S X 2$ となったときにはステップ 1 3 0 に進んで NO_x 吸収触媒 1 2 に流入する排気ガスの空燃比をリーンに維持しつつ還元剤供給弁 1 4 から還元剤を供給することによって NO_x 吸収触媒 1 2 の温度 T を SO_x 放出温度 $T X$ まで上昇させる昇温制御が行われる。次いでステップ 1 3 1 では還元剤供給弁 1 4 から供給された還元剤によって NO_x 吸収触媒 1 2 に流入する排気ガスの空燃比をリッチに維持するリッチ処理が行われ、 $\text{SO}_X 2$ がクリアされる。20

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】圧縮着火式内燃機関の全体図である。

【図 2】圧縮着火式内燃機関の別の実施例を示す全体図である。

【図 3】圧縮着火式内燃機関の更に別の実施例を示す全体図である。

【図 4】パティキュレートフィルタの構造を示す図である。

【図 5】 NO_x 吸収触媒の触媒担体の表面部分の断面図である。

【図 6】 SO_x トラップ触媒の触媒担体の表面部分の断面図である。30

【図 7】 SO_x トラップ率を示す図である。

【図 8】昇温制御を説明するための図である。

【図 9】噴射時期を示す図である。

【図 10】吸収 SO_x 量 $\text{SO}_X 1$ と、昇温制御を行うべき吸収 SO_x 量 $\text{SO}(n)$ との関係等を示す図である。

【図 11】吸収 SO_x 量 $\text{SO}_X 1$ 等の変化を示すタイムチャートである。

【図 12】 SO_x 安定化処理の第 1 実施例を実行するためのフローチャートである。

【図 13】 SO_x 安定化処理の第 2 実施例を実行するためのフローチャートである。

【図 14】 SO_x 安定化処理を示すタイムチャートである。

【図 15】パティキュレートフィルタの昇温制御を示すタイムチャートである。40

【図 16】 SO_x 放出制御を示すタイムチャートである。

【図 17】吸収 NO_x 量 $\text{NO}_X A$ のマップ等を示す図である。

【図 18】 NO_x 吸収触媒に対する処理を実行するためのフローチャートである。

【符号の説明】

【0061】

4 ... 吸気マニホールド

5 ... 排気マニホールド

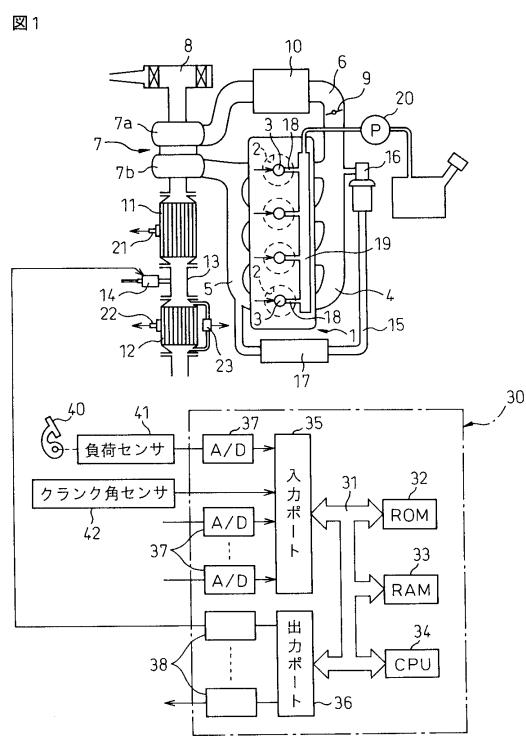
7 ... 排気ターボチャージャ

1 1 ... SO_x トラップ触媒

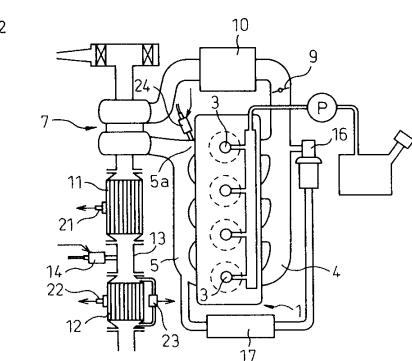
1 2 ... NO_x 吸収触媒

14 ... 還元剤供給弁

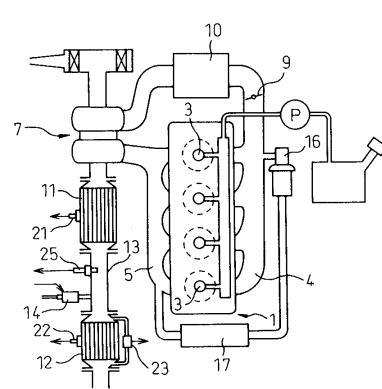
【図1】



【図2】

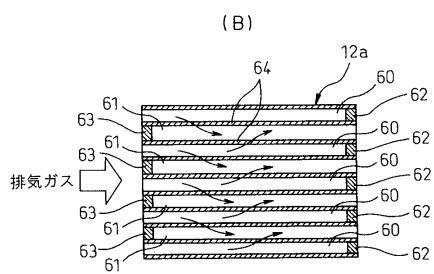
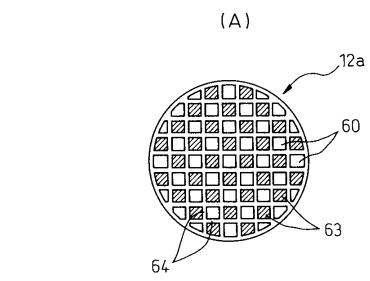


【図3】



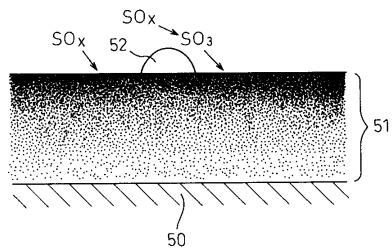
【図4】

図4



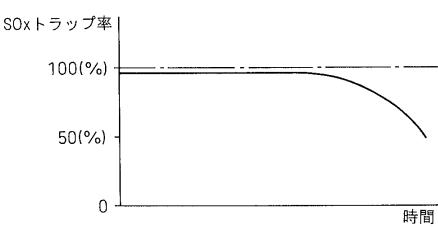
【図6】

図6



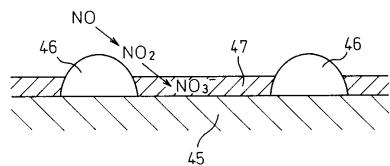
【図7】

図7



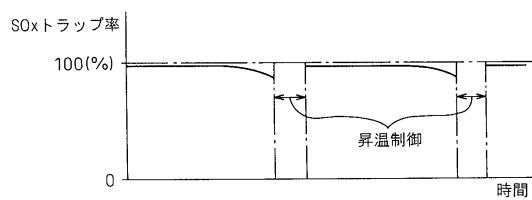
【図5】

図5



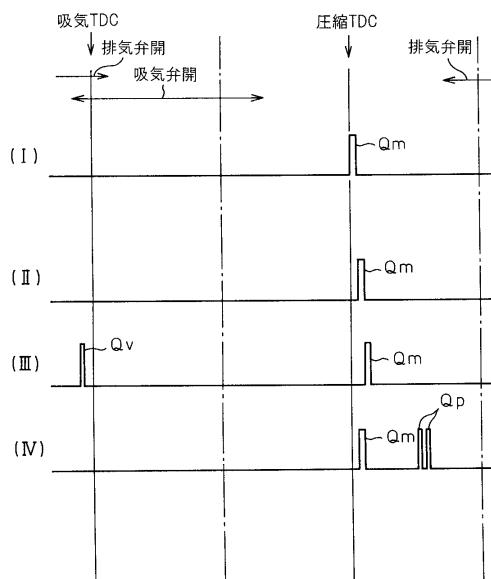
【図8】

図8



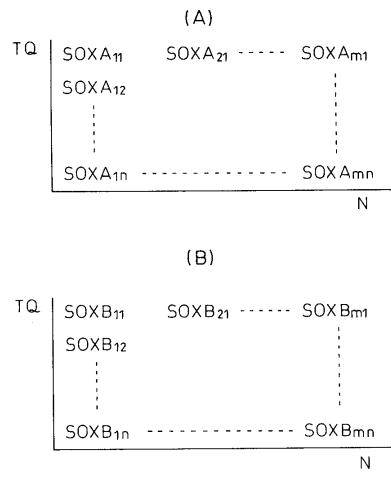
【図9】

図9

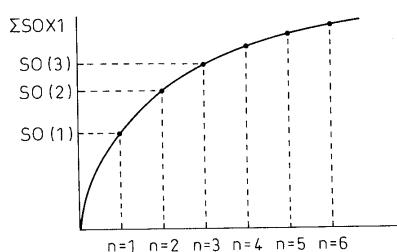


【図10】

図10

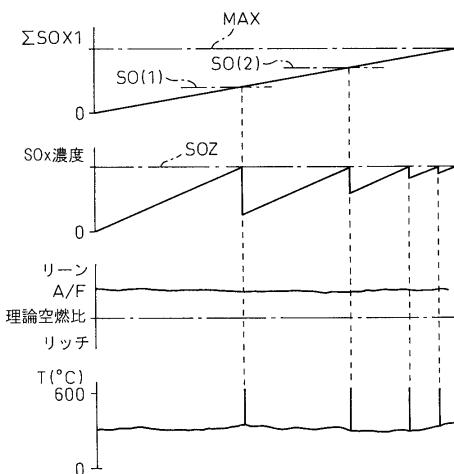


(C)



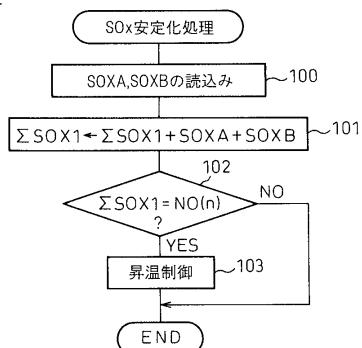
【図11】

図11



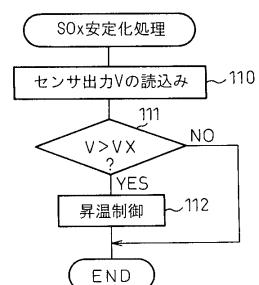
【図12】

図12



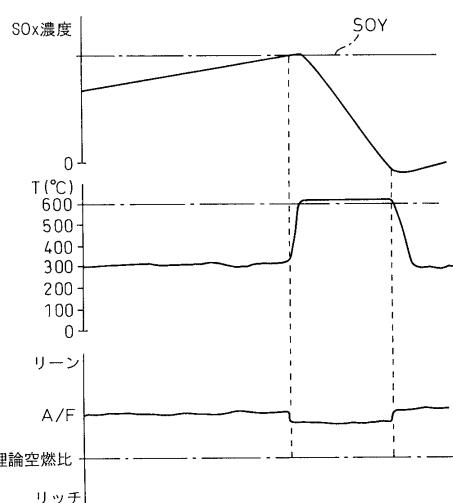
【図13】

図13



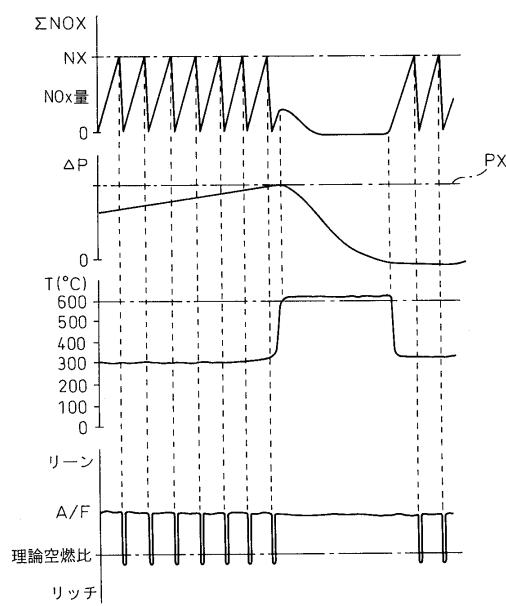
【図14】

図14



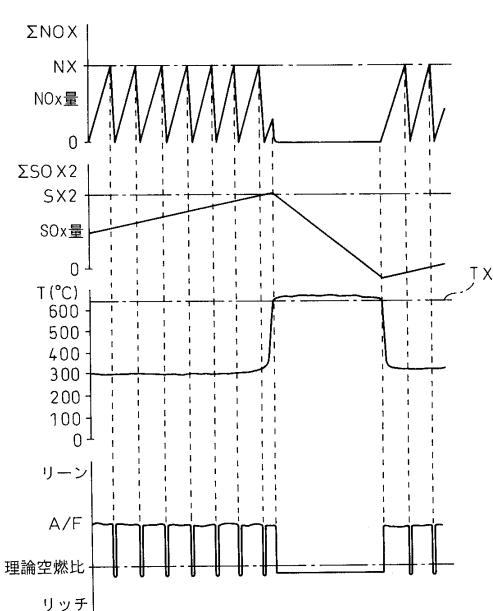
【図15】

図15



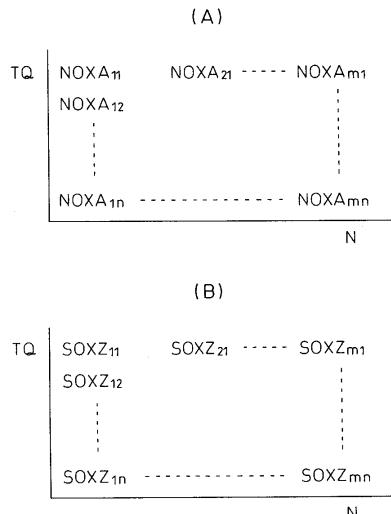
【図16】

図16



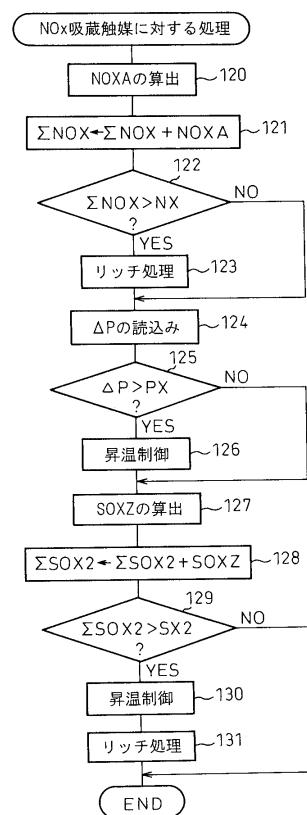
【図17】

図17



【図18】

図18



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F 01N 3/24 (2006.01)

F I

F 01N	3/08	A
F 01N	3/08	B
F 01N	3/10	A
F 01N	3/24	C
F 01N	3/24	F

(72)発明者 広田 信也

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 仲野 泰彰

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 亀田 貴志

(56)参考文献 特開2000-291422(JP,A)

特開2000-176298(JP,A)

特開平06-088518(JP,A)

特開2000-303824(JP,A)

特開2000-234512(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 01N 3/08 - 3/36

F 01N 3/02