

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3591141号

(P3591141)

(45) 発行日 平成16年11月17日(2004.11.17)

(24) 登録日 平成16年9月3日(2004.9.3)

(51) Int. Cl.⁷

F I

FO2M 25/07

FO2M 25/07 580B

FO2B 23/10

FO2B 23/10 D

FO2B 31/00

FO2B 31/00 301A

FO2D 21/08

FO2B 31/00 301F

FO2D 21/08 301A

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-178920
 (22) 出願日 平成8年7月9日(1996.7.9)
 (65) 公開番号 特開平10-26054
 (43) 公開日 平成10年1月27日(1998.1.27)
 審査請求日 平成15年2月25日(2003.2.25)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100078330
 弁理士 笹島 富二雄
 (72) 発明者 菱沼 浩子
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内
 (72) 発明者 高木 靖雄
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内

審査官 藤原 直欣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内直接噴射式火花点火内燃機関

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

燃料噴射弁により、ピストン冠面とシリンダボア内周面とシリンダヘッド下面との間に形成された燃焼室内に燃料を直接噴射し、点火プラグによって火花点火を行う筒内直接噴射式火花点火内燃機関において、

排気を吸気系に再循環する排気還流装置であって、各気筒毎に設けられて吸気バルブと排気バルブが夫々配設される吸気ポートと排気ポートとをその上方位置において連通すべく、上方に凸の湾曲形状をなして配設される排気還流通路と、該排気還流通路に介装される排気還流制御弁と、を含んで構成される排気還流装置を備える一方、前記吸気ポート上流側の吸気通路に介装されるスロットルバルブと、

前記排気還流通路の前記排気還流制御弁下流側に連通される新気導入通路と、

前記新気導入通路に介装される新気制御弁と、

前記スロットルバルブ、排気還流制御弁及び新気制御弁を夫々制御するコントロールユニットと、

を含んで構成される一方、

前記吸気ポートは、上方に凸の湾曲形状をなしつつ、シリンダヘッド側方から燃焼室に連通され、

前記コントロールユニットは、機関全開時には、前記スロットルバルブの開度を機関運転状態に応じて制御すると共に前記排気還流制御弁及び新気制御弁を夫々閉じて、新気を吸気通路のみを介して燃焼室に導入して燃焼室内に順タンブル渦流を形成する一方、機関部

10

20

分負荷運転時には、前記スロットルバルブを閉じると共に前記排気還流制御弁及び新気制御弁のうち少なくとも新気制御弁を開いて、排気通路からの排気還流ガスと新気導入通路からの新気のうち少なくとも新気を排気還流通路及び吸気ポートのみを介して燃焼室に導入して燃焼室内に逆タンブル渦流を形成する制御を行う
ことを特徴とする筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【請求項 2】

前記ピストン冠面の吸気側であって燃料噴射弁の先端噴孔と点火プラグの先端電極とが臨む位置に、凹所を形成した
ことを特徴とする請求項 1 記載の筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【請求項 3】

前記燃料噴射弁を、その先端噴孔が吸気バルブと排気バルブ間位置で、該吸気バルブ近傍位置において、燃焼室内に露出するように、燃焼室壁に配設し、
前記点火プラグを、その先端電極が吸気バルブと排気バルブ間位置で、該排気バルブ近傍位置において、燃焼室内に露出するように、燃焼室壁に配設した
ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【請求項 4】

前記新気導入通路は、前記排気還流通路の入口端部近傍の上方位置にて、機関の気筒列方向と平行に延び、一端部は大気に開放され、他端部は閉塞された新気導入管と、該新気導入管から分岐した複数の新気導入分岐管とから構成され、
各新気導入分岐管は、各排気還流通路の排気還流制御弁近傍の上部壁に連通され、
各新気導入分岐管には、前記新気制御弁が介装される
ことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のうちいずれか 1 つに記載の筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【請求項 5】

各気筒毎に設けた 2 つの排気還流通路の基端部を合流させて一体化して形成した単一の排気還流管を設け、
前記新気導入分岐管を、前記単一の排気還流管の前記合流部に連通し、
前記排気還流管の前記合流部に排気還流制御弁を介装し、
前記新気導入分岐管に新気制御弁を介装した構成とした
ことを特徴とする請求項 4 記載の筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【請求項 6】

前記コントロールユニットは、機関部分負荷運転時において、排気還流領域では前記排気還流制御弁を開く一方、排気還流領域外では前記排気還流制御弁を閉じる制御を行う
ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のうちいずれか 1 つに記載の筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【請求項 7】

燃焼室内に燃料を直接噴射して火花点火を行う筒内直接噴射式火花点火内燃機関において、
吸気ポートと排気ポートとをその上方位置において連通すべく、上方に凸の湾曲形状をなして配設される排気還流通路と、
前記排気還流通路に連通される新気導入通路と、
を含んで構成され、
前記吸気ポートは、上方に凸の湾曲形状に形成され、
所定の運転状態時に、前記吸気ポート上流側に配設されたスロットルバルブを閉じると共に、前記排気ポートからの排気還流ガスと新気導入通路からの新気のうち少なくとも新気を排気還流通路及び吸気ポートを介して燃焼室に導入し、燃焼室内の吸気流れが、燃料噴射弁から燃焼室内に直接噴射された燃料による濃い気化混合気が点火プラグ近傍に配置する向きである逆タンブル渦流を形成する
ことを特徴とする筒内直接噴射式火花点火内燃機関。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

【 発明の属する技術分野 】

本発明は、筒内に燃料噴射弁により燃料を直接噴射し、点火プラグによって火花点火を行う筒内直接噴射式火花点火内燃機関に関し、特に、排気を吸気系に再循環する排気還流装置を備えた筒内直接噴射式火花点火内燃機関に関する。

【 0 0 0 2 】

【 従来技術 】

筒内直接噴射式火花点火内燃機関においては、燃焼室内に燃料を直接供給するため、応答性の改善が期待できるものである。

このような内燃機関においては、燃焼室内に縦渦の吸気流（タンブル渦流）を形成して、理論混合気よりも希薄な燃料で希薄燃焼（以下、リーン燃焼）を行い、機関の燃費を改善する方法が採られる。

【 0 0 0 3 】

希薄燃料でも、点火時に点火プラグ近傍に濃い混合気を形成して成層化を図ることが可能であれば、燃焼（リーン燃焼）が可能であり、成層化は、前述のタンブル渦流を燃焼室に生成することによって実現可能である。

かかるタンブル渦流の形成方法としては、吸気ポートのハイポート化（直立ポート）やその形状変更等による方法が従来より提案されている。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、リーン燃焼による燃費低減を実現させると、一方で排気中に含まれる窒素酸化物（ NO_x ）があまり低減できない。

そこで、排気を吸気系に再循環する排気還流（以下、EGR）装置を付加し、排気を再燃焼させて NO_x を低減することが有効である。

筒内直接噴射式火花点火内燃機関は、EGRシステムに対して強いという特徴を持っており、大量のEGRガスの供給が可能で、 NO_x 低減効果が大きい。

【 0 0 0 5 】

ところで、従来、このようなEGR装置を備えた筒内直接噴射式火花点火内燃機関の構造としては、図10及び図11に示すようなものがある（特開平6-147022号公報参照）。

即ち、このものは、ピストン40冠面とシリンダヘッド41の下面との間に燃焼室42を形成し、シリンダ43の中心に沿ったシリンダ軸線を含む平面を挟んでシリンダヘッド41の一侧に吸気ポート44と他側に排気ポート45とを夫々備えると共に、各ポート44、45は夫々吸気バルブ46と排気バルブ47を介して燃焼室42に連通される。

【 0 0 0 6 】

又、吸気ポート44側のシリンダヘッド41側壁には、燃料噴射弁48が取り付けられ、該燃料噴射弁48の先端噴孔48aが燃焼室42の周縁部から該燃焼室42内に臨まされ、吸気ポート44と排気ポート45間のシリンダヘッド41下部壁には、点火プラグ49が取り付けられ、該点火プラグ49の先端の電極49aは燃焼室42の中央部付近から該燃焼室42内に臨まされる。

【 0 0 0 7 】

更に、かかる機関においては、後に詳述する成層混合気を作るため、燃焼室42内における、吸気ポート44からの吸気の逆タンブル渦流の発生を助長するべく、ピストン40冠面の一側（例えば吸気側）部分に、下に凸の曲面を有した凹所40aが形成されると共に、この凹所40aからなだらかに隆起してピストン40の上死点においてシリンダヘッド41下面に近接する隆起部40bが形成される。

【 0 0 0 8 】

一方、吸気管44Aと排気管45Aとは、EGR制御弁50を介装したEGR管51を介して連通され、これらのEGR制御弁50とEGR管51とから、排気を吸気系に再循環するEGR装置を構成している。

【 0 0 0 9 】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

このような従来のEGR装置を備えた筒内直接噴射式火花点火内燃機関にあつては、リーン燃焼を可能とするための成層混合気状態を作るべく、燃料噴射弁48から噴射した燃料を点火プラグ49の電極49a付近に輸送するガス流動を生成する構成となっており、吸気ポート44を直立させた構成となっている。

【0010】

即ち、燃焼室22に流入する吸気流を、その旋回方向が、吸気バルブ46 ピストン40 排気バルブ47という順序となる、所謂逆タンブル渦流とするため、吸気ポート44の燃焼室42に対する連通方向をシリンダヘッド41上方からとしている。

このため、吸気ポートの燃焼室に対する連通方向がシリンダヘッド側方からである一般的なレイアウトと比較して、機関の全高が高くなる等の問題点があり、機関の車両搭載性が悪化し、又、一般的な従来の機関に対して大幅な変更が必要になるため、生産性の悪化を来すという問題点がある。

10

【0011】

更に、従来の機関にあつては、吸気管44Aと排気管45Aとを短いEGR管51で連通するべく、吸気管44Aと排気管45Aとが近接した構成となっており、この構成によって、排気の熱により吸気管44Aが熱せられ、これに伴って、吸気流の温度上昇が生じ、機関の充填効率の低下を来し、機関の高出力化が望めないという問題点がある。

【0012】

そこで、本発明は以上のような従来の問題点に鑑み、排気還流装置を備えた筒内直接噴射式火花点火内燃機関において、前記排気還流装置の構造等において工夫を凝らすことにより、リーン燃焼による燃費低減の実現と窒素酸化物(NOx)の低減の実現とを両立させつつ、従来生起していた問題点を解決することを課題とする。

20

【0013】

【課題を解決するための手段】

このため、請求項1に係る発明は、

燃料噴射弁により、ピストン冠面とシリンダボア内周面とシリンダヘッド下面との間に形成された燃焼室内に燃料を直接噴射し、点火プラグによって火花点火を行う筒内直接噴射式火花点火内燃機関において、

排気を吸気系に再循環する排気還流装置であつて、各気筒毎に設けられて吸気バルブと排気バルブが夫々配設される吸気ポートと排気ポートとをその上方位置において連通すべく、上方に凸の湾曲形状をなして配設される排気還流通路と、該排気還流通路に介装される排気還流制御弁と、を含んで構成される排気還流装置を備える一方、

30

前記吸気ポート上流側の吸気通路に介装されるスロットルバルブと、
前記排気還流通路の前記排気還流制御弁下流側に連通される新気導入通路と、

前記新気導入通路に介装される新気制御弁と、
前記スロットルバルブ、排気還流制御弁及び新気制御弁を夫々制御するコントロールユニットと、

を含んで構成する一方、

前記吸気ポートは、上方に凸の湾曲形状をなしつつ、シリンダヘッド側方から燃焼室に連通され、

40

前記コントロールユニットは、機関全開時には、前記スロットルバルブの開度を機関運転状態に応じて制御すると共に前記排気還流制御弁及び新気制御弁を夫々閉じて、新気を吸気通路のみを介して燃焼室に導入して燃焼室内に順タンブル渦流を形成する一方、機関部分負荷運転時には、前記スロットルバルブを閉じると共に前記排気還流制御弁及び新気制御弁のうち少なくとも新気制御弁を開いて、排気通路からの排気還流ガスと新気導入通路からの新気のうち少なくとも新気を排気還流通路及び吸気ポートのみを介して燃焼室に導入して燃焼室内に逆タンブル渦流を形成する制御を行う構成とした。

【0014】

請求項2に係る発明は、

50

前記ピストン冠面の吸気側であって燃料噴射弁の先端噴孔と点火プラグの先端電極とが臨む位置に、凹所を形成した構成とした。

請求項 3 に係る発明は、

前記燃料噴射弁を、その先端噴孔が吸気バルブと排気バルブ間位置で、該吸気バルブ近傍位置において、燃焼室内に露出するように、燃焼室壁に配設し、

前記点火プラグを、その先端電極が吸気バルブと排気バルブ間位置で、該排気バルブ近傍位置において、燃焼室内に露出するように、燃焼室壁に配設した。

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に係る発明は、

前記新気導入通路は、前記排気還流通路の入口端部近傍の上方位置にて、機関の気筒列方向と平行に延び、一端部は大気に開放され、他端部は閉塞された新気導入管と、該新気導入管から分岐した複数の新気導入分岐管とから構成され、

各新気導入分岐管は、各排気還流通路の排気還流制御弁近傍の上部壁に連通され、

各新気導入分岐管には、前記新気制御弁が介装される構成とした。

【 0 0 1 6 】

請求項 5 に係る発明は、

各気筒毎に設けた 2 つの排気還流通路の基端部を合流させて一体化して形成した単一の排気還流管を設け、

前記新気導入分岐管を、前記単一の排気還流管の前記合流部に連通し、

前記排気還流管の前記合流部に排気還流制御弁を介装し、

前記新気導入分岐管に新気制御弁を介装した構成とした。

【 0 0 1 7 】

請求項 6 に係る発明は、

前記コントロールユニットは、機関部分負荷運転時において、排気還流領域では前記排気還流制御弁を開く一方、排気還流領域外では前記排気還流制御弁を閉じる制御を行う構成とした。

【 0 0 1 8 】

かかる本発明の作用について説明すると、機関全開時には、吸入空気量も多く、燃料も多く供給されるため、通常の吸気系からのみ吸気（新気）を導入する。

即ち、機関全開時には、スロットルバルブの開度が機関運転状態に応じて制御される一方、排気還流通路の排気還流制御弁並びに新気導入通路の新気制御弁が共に閉じられる。

これにより、排気通路からの排気還流ガスと新気導入通路からの新気の排気還流通路への導入が遮断され、通常の吸気系からのみ吸気ポートを介して新気が燃焼室に導入される。

【 0 0 1 9 】

燃焼室内の吸気流れは、順タンブル渦流となり、この順タンブル渦流によって、燃料噴射弁から燃焼室内に直接噴射された燃料と空気との混合気がピストン冠面の凹所内を巡回して、点火プラグにて点火される。

機関の部分負荷運転時には、リーン燃焼と NOx 低減とを両立させるため、必要に応じて、排気還流を実行する。

【 0 0 2 0 】

即ち、部分負荷運転時の排気還流領域においては、スロットルバルブが閉じられ、排気還流通路の排気還流制御弁並びに新気導入通路の新気制御弁が共に開かれる。

これにより、排気還流通路からの排気還流ガスと新気導入通路からの新気の排気還流通路への導入が行われ、吸気ポートから排気還流ガスと新気とが燃焼室に導入される。

【 0 0 2 1 】

燃焼室内の吸気流れは、逆タンブル渦流となり、この逆タンブル渦流は、燃料噴射弁から燃焼室内に直接噴射された燃料による濃い気化混合気を点火プラグの電極近傍に配置する向きであるから、成層化を実現することができる。よって、成層化によるリーン燃焼が奏される。

一方、部分負荷運転時の排気還流領域外においては、スロットルバルブが閉じられ、排気

10

20

30

40

50

還流通路の排気還流制御弁が閉じられ、新気導入通路の新気制御弁が開かれる。

【0022】

これにより、新気導入通路からの新気の排気還流通路への導入が行われ、吸気ポートから新気のみが燃焼室に導入される。

燃焼室内の吸気流れは、先の排気還流領域時と同様に、逆タンブル渦流となり、成層化によるリーン燃焼が奏される。

請求項7に係る発明は、

燃焼室内に燃料を直接噴射して火花点火を行う筒内直接噴射式火花点火内燃機関において、

吸気ポートと排気ポートとをその上方位置において連通すべく、上方に凸の湾曲形状をなして配設される排気還流通路と、

前記排気還流通路に連通される新気導入通路と、

を含んで構成され、

前記吸気ポートは、上方に凸の湾曲形状に形成され、

所定の運転状態時に、前記吸気ポート上流側に配設されたスロットルバルブを閉じると共に、前記排気ポートからの排気還流ガスと新気導入通路からの新気のうち少なくとも新気を排気還流通路及び吸気ポートを介して燃焼室に導入し、燃焼室内の吸気流れが、燃料噴射弁から燃焼室内に直接噴射された燃料による濃い気化混合気が点火プラグ近傍に配置する向きである逆タンブル渦流を形成する構成とした。

【0023】

【発明の効果】

請求項1及び7に係る発明によれば、

吸気ポートの燃焼室に対する連通方向がシリンダヘッド側方からである一般的なレイアウトにしつつ、リーン燃焼による燃費低減の実現と窒素酸化物(NO_x)の低減の実現とを両立させることができ、機関の全高が高くなる等の問題点がなくなって、機関の車両搭載性が良好となり、又、一般的な従来の機関に対して大幅な変更が不要になるため、生産性の向上を図ることができる。

【0024】

又、従来のように吸気管と排気管とを短い排気還流管で連通すべく、吸気管と排気管とが近接した構成とする必要がなくなり、排気の熱により吸気管が熱せられるのを防止できるため、吸気流の温度上昇の生起を抑制でき、機関の充填効率の向上を図れ、機関の高出力化を望むことができる。

更に、排気還流通路により、各気筒毎の排気ポートと吸気ポートとを連通するようにして、排気還流ガスを各気筒毎に供給するようにしたから、各気筒に対する排気還流ガス分配性を向上できる。

【0025】

請求項2に係る発明によると、

ピストン冠面の凹所により、燃焼室に吸入された排気還流ガスや燃焼室内で気化した混合気の拡散を抑制でき、又、凹所によって、点火前に濃い混合気ガスを点火プラグの電極近傍に分布させる成層化にも有効である。

請求項3に係る発明によると、

燃料噴射弁と点火プラグの配置が、リーン燃焼を実現するための成層化により有利となる。

【0026】

請求項4に係る発明によると、

新気導入通路を効果的に形成でき、レイアウト性に優れている。

請求項5に係る発明によると、

排気還流通路、新気制御弁及び排気還流制御弁の設置数を半分に低減できる等構成の簡略化を図れ、製作コストの低減を図ることができる。

【0027】

10

20

30

40

50

請求項 6 に係る発明によると、

機関全開時には、通常と変わりのない運転性能を保持でき、機関の部分負荷運転時には、成層化によるリーン燃焼を奏することができる。

【 0 0 2 8 】

【 発明の実施の形態 】

以下、添付された図面を参照して本発明を詳述する。

図 1 は、本発明の筒内直接噴射式火花点火内燃機関の一実施形態である 4 サイクル内燃機関の全体を示す平面図、図 2 及び図 3 は、機関のシリンダ部分の拡大平面図及び縦断面図である。

【 0 0 2 9 】

これらの図において、シリンダブロック 3 のシリンダボア 3 A 内にて往復運動されるピストン 2 の冠面 2 A とシリンダボア 3 A 内周面とシリンダヘッド 1 下面との間には燃焼室 7 が形成され、この燃焼室 7 の上部のシリンダヘッド 1、即ち、シリンダヘッド 1 下部に形成されたシリンダヘッド燃焼室 7 A の壁面を臨む位置には並列する 2 つの吸気ポート 4 と並列する 2 つの排気ポート 5 とが設けられ、各吸気ポート 4 には吸気バルブ 1 3 が、各排気ポート 5 には排気バルブ 1 4 が、夫々配設され、各吸気ポート 4 及び各排気ポート 5 には、夫々サージタンク 2 1 から分岐した吸気マニホールド 8 及び排気マニホールド 9 が接続される。前記サージタンク 2 1 の入口部には吸気管 2 1 A が接続され、該吸気管 2 1 A には吸入空気量を制御するスロットルバルブ 2 2 が介装される。

【 0 0 3 0 】

前記吸気ポート 4、吸気マニホールド 8、サージタンク 2 1 及び吸気管 2 1 A から、吸気通路が構成され、前記排気ポート 5 及び排気マニホールド 9 から、排気通路が構成される。

前記吸気通路の一部を構成する吸気ポート 4 並びに排気通路の一部を構成する排気ポート 5 の燃焼室 7 に対する連通方向は、夫々シリンダヘッド 1 側方からに設定され、吸気ポート 4 と排気ポート 5 とは互いに相反する方向に伸びた配置となっている。

【 0 0 3 1 】

ここで、燃料噴射弁 1 8 は、図示しない燃料ギャラリから供給される燃料を燃焼室 7 内に直接噴射するものであり、その先端噴孔 1 8 a が吸気バルブ 1 3 と排気バルブ 1 4 間位置で、該吸気バルブ 1 3 近傍位置において、燃焼室 7 内に露出し、かつ燃料噴霧の中心線がシリンダ中心軸と所定角度をなすように、燃焼室 7 のピストン 2 の冠面 2 A と対向するシリンダヘッド 1 壁、即ち、シリンダヘッド燃焼室 7 A の壁に配設される。

【 0 0 3 2 】

又、点火プラグ 2 0 は、その先端の電極 2 0 a が前記吸気バルブ 1 3 と排気バルブ 1 4 間位置で、該排気バルブ 1 4 近傍位置において、燃焼室 7 内に露出し、かつその中心線がシリンダ中心軸と所定角度をなすように、シリンダヘッド燃焼室 7 A の壁に配設される。前記ピストン 2 の冠面 2 A は、機関が圧縮行程中（上死点付近）のときにおいて、燃料噴射弁 1 8 から吸気側に噴射された燃料の噴霧を受けて、該燃料噴霧を点火プラグ 2 0 の電極 2 0 a 方向に向かわしめる形状に形成される。

【 0 0 3 3 】

具体的には、ピストン 2 の冠面 2 A の吸気側であって燃料噴射弁 1 8 の先端噴孔 1 8 a と点火プラグ 2 0 の先端電極 2 0 a とが臨む位置に、内面が凹曲面の凹所 3 0（図 4（A）参照）が形成される。尚、図示した凹所 3 0 の形状は一例であり、例えば図 4（B）に示す形状の凹所 3 0 等、その他種々の形状が考えられる。

【 0 0 3 4 】

かかる筒内直接噴射式火花点火内燃機関には、排気を吸気系に再循環する EGR 装置が設けられている。

かかる EGR 装置は、吸気ポート 4 と排気ポート 5 とを連通する EGR 通路としての EGR 管 1 0 と、該 EGR 管 1 0 に介装される EGR 制御弁 1 1 と、を含んで構成される。

【 0 0 3 5 】

10

20

30

40

50

この場合、各EGR管10は吸気ポート4と排気ポート5の上方位置に、上方に凸の湾曲形状をなして配設され、その一端部は各排気ポート5に、他端部は各吸気ポート4に連通される。

又、各EGR管10の各EGR制御弁11下流側には、新気導入通路が連通接続され、この新気導入通路29には新気制御弁16が介装される。

【0036】

前記新気導入通路29は、前記EGR管10の入口端部近傍の上方位置にて、機関の気筒列方向と平行に延びる新気導入管29Aと、該新気導入管29Aから分岐した複数の新気導入分岐管29Bとから構成される。

前記新気導入管29Aの一端部は図示しないエアフィルタを介して大気に開放され、他端部は閉塞される。

10

【0037】

又、新気導入管29Aから分岐した各新気導入分岐管29Bは、各EGR管10のEGR制御弁11近傍の上部壁に連通され、各新気導入分岐管29Bには、前記新気制御弁16が夫々介装される。

かかる構成によって、排気ポート5からの排気還流ガスと新気導入管29Aからの新気とが、EGR管10から吸気ポート4を介して燃焼室7に導入可能となるが、EGR管10の吸気ポート4への連通口4Aは、該EGR管10から吸気ポート4を介して燃焼室7に流入する排気還流ガス及び新気が、燃焼室7内にて、吸気バルブ13、ピストン2、排気バルブ14という順序の巡回方向を有する逆タンブル渦流となるような位置に設定される。

20

【0038】

具体的には、EGR管10の吸気ポート4への連通口4Aは、該吸気ポート4の上部壁に設定される。又、EGR管10の排気ポート5への連通口5Aは、該排気ポート5の上部壁に設定される。

上述したEGR制御弁11並びに新気制御弁16は、共に、機関運転状態に基づいて、コントロールユニット15からの制御信号により開閉並びに開時の開度が制御される。

【0039】

この制御内容においては、後述の作用の説明にて行う。

次に、かかる実施形態の作用を、機関の運転状態毎に分けて説明する。

30

機関の全開時(WOT)

機関全開時、スロットルバルブ22の全開時には、吸入空気量も多く、燃料も多く供給されるため、吸気マニホールド8からのみ吸気(新気)を導入する。

【0040】

即ち、図5において、機関全開時には、コントロールユニット15からの指令により、EGR管10のEGR制御弁11並びに新気導入通路29の新気制御弁16が共に閉じられる。

これにより、排気通路からのEGRガスと新気導入通路29からの新気のEGR管10への導入が遮断され、吸気マニホールド8からのみ吸気ポート4を介して新気24が燃焼室7に導入される。

40

【0041】

吸気流の供給量は、機関の運転状態に基づき、コントロールユニット15からの信号によりスロットルバルブ22の開度が制御されることによって、制御される。

燃焼室7内の吸気流れは、図5の矢印で示す方向の順タンブル渦流31となり、この順タンブル渦流によって、燃料噴射弁18から燃焼室7内に直接噴射された燃料19と空気との混合気26がピストン冠面2Aの凹所30内を図の矢印で示すように巡回して、点火プラグ20にて点火される。

【0042】

機関の部分負荷運転時

機関の部分負荷運転時には、リーン燃焼とNOx低減とを両立させるため、EGRを実行

50

する。

ここで、リーン燃焼とNOx低減とを成立させるためには、EGR量を適切に設定する必要がある。

【0043】

図8は、リーン燃焼とNOx低減とが成立するEGR供給量を示すグラフであり、夫々機関回転数一定、空燃比(A/F) = 時の堆積効率 ν を夫々45% (同図(a))、35% (同図(b))、25% (同図(c)) で一定とし、このときの燃料供給量を固定して、機関を運転した結果を示している。

各グラフの横軸はA/F、縦軸は吸気新気に対するEGRガスの混合率(EGR率)である。又、各グラフのa線は、EGRガスの導入限界線、b線は、NOxを90%以上低減するに必要なEGRガス量、c線は、燃焼変動率を10%以内にするために必要なEGRガス量を示している。

10

【0044】

従って、各グラフのa~c線で囲まれた領域内でEGR実行することにより、リーン燃焼とNOx低減とを成立させた運転状態となる。又、前記a~c線で囲まれた領域外は、EGR実行しない領域となる。

一方、リーン燃焼時には、点火時に点火プラグ20の電極20a付近に濃い混合気を形成しておき、燃焼室7内を成層化することが有効であり、成層化することによって、点火安定性が増し、希薄限界点が高くなる。

【0045】

20

成層化するためには、噴射燃料による混合気が点火時に点火プラグ20の電極20a近傍に存在させることができる吸気流れが必要であり、上述した全開時のような順タンブル渦流31では、吸気流れが噴射燃料に直接当たるため、噴射燃料を巻き込んで希薄混合化してしまい、成層化を図れない。

従って、部分負荷運転時のEGR領域(図8参照)においては、コントロールユニット15からの指令により、図6に示すように、EGR管10のEGR制御弁11並びに新気導入通路29の新気制御弁16が共に開かれる。

【0046】

これにより、排気通路からのEGRガスと新気導入通路29からの新気のEGR管10への導入が行われ、吸気ポート4からEGRガスと新気とが燃焼室7に導入される。

30

EGRガスと新気の供給量は、機関の運転状態に基づき、コントロールユニット15からの信号によりEGR制御弁11の開度並びに新気制御弁16の開度が夫々制御されることによって、制御される。

【0047】

燃焼室7内の吸気流れは、図の矢印で示す逆タンブル渦流32となり、この逆タンブル渦流32は、燃料噴射弁18から燃焼室7内に直接噴射された燃料19による濃い気化混合気26を点火プラグ20の電極20a近傍に配置する向きであるから、成層化を実現することができる。よって、成層化によるリーン燃焼が奏される。

【0048】

尚、図6において、25は新気、27はEGRガスを示す。

40

一方、部分負荷運転時のEGR領域外(図8参照)においては、コントロールユニット15からの指令により、図7に示すように、スロットルバルブ22が閉じられる一方、EGR管10のEGR制御弁11が閉じられ、新気導入通路29の新気制御弁16が開かれる。

【0049】

これにより、新気導入通路29からの新気のEGR管10への導入が行われ、吸気ポート4から新気のみが燃焼室7に導入される。

この場合も、新気の供給量は、機関の運転状態に基づき、コントロールユニット15からの信号により新気制御弁16の開度が夫々制御されることによって、制御される。

【0050】

50

燃焼室 7 内の吸気流れは、図 6 の E G R 領域時と同様に、逆タンブル渦流となり、成層化によるリーン燃焼が奏される。

機関の低回転時

機関低回転時には、コントロールユニット 15 からの指令により、E G R 管 10 の E G R 制御弁 11 が閉じられ、新気導入通路 29 の新気制御弁 16 が開かれる。

【0051】

これにより、新気導入通路 29 からの新気の E G R 管 10 への導入が行われ、吸気ポート 4 から新気のみが燃焼室 7 に導入される。

これにより、同様に成層化が図られて点火安定性が向上され、燃費向上が図られる。

以上説明した実施形態によると、リーン燃焼による燃費低減を実現させつつ、窒素酸化物 (NOx) を低減でき、しかも、従来の問題点を次のように解消することができる。

【0052】

即ち、吸気ポート 4 の燃焼室 7 に対する連通方向がシリンダヘッド 1 側方からである一般的なレイアウトにすることができ、機関の全高が高くなる等の問題点がなくなると、機関の車両搭載性が良好となり、又、一般的な従来の機関に対して大幅な変更が不要になるため、生産性の向上を図ることができる。

又、従来のように吸気管と排気管とを短い E G R 管で連通するべく、吸気管と排気管とが近接した構成とする必要がなくなり、排気の熱により吸気管が熱せられるのを防止できるため、吸気流の温度上昇の生起を抑制でき、機関の充填効率の向上を図れ、機関の高出力化を望むことができる。

【0053】

更に、上記の構成によると、E G R 管 10 により、各気筒毎の排気ポート 5 と吸気ポート 4 とを連通するようにして、E G R ガスを各気筒毎に供給するようにしたから、各気筒に対する E G R ガス分配性を向上できる。

又、ピストン冠面 2A に凹所 30 を設ける構成としたから、燃焼室 7 に吸入された E G R ガスや燃焼室 7 内で気化した混合気の拡散を抑制でき、又、凹所 30 によって、点火前に濃い混合気ガスを点火プラグ 20 の電極 20a 近傍に分布させる成層化にも有効である。

【0054】

上記の実施形態においては、各気筒毎に新気導入管 29A から分岐した 2 つの新気導入分岐管 29B を設け、これを各気筒毎に設けた 2 つの E G R 管 10 に連通した構成としたが、図 9 に示すように、各気筒毎に設けた 2 つの E G R 管 10 の基端部を合流させて一体化して形成した単一の E G R 管 10A を設けると共に、各気筒毎に新気導入管 10 から分岐した 1 つの新気導入分岐管 29C を設け、これを単一の E G R 管 10A の前記合流部に連通し、1 つの新気導入分岐管 29C に夫々新気制御弁 16 を介装し、単一の E G R 管 10A の前記合流部に E G R 制御弁 11 を介装した構成としても良い。

【0055】

かかる構成によれば、E G R 管、新気制御弁及び E G R 制御弁の設置数を半分に低減できる等構成の簡略化を図れ、製作コストの低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の筒内直接噴射式火花点火内燃機関の一実施形態を示す縦断面図

【図 2】同上の実施形態の平面図

【図 3】同上の実施形態の機関全体の平面図

【図 4】ピストン冠面形状を示す平面図

【図 5】同上実施形態の作用を説明する縦断面図

【図 6】同上実施形態の作用を説明する縦断面図

【図 7】同上実施形態の作用を説明する縦断面図

【図 8】リーン燃焼と NOx 低減とが成立する E G R 供給量を示すグラフ

【図 9】他の実施形態を示す機関全体の平面図

【図 10】従来の筒内直接噴射式火花点火内燃機関を示す縦断面図

【図 11】同上の平面図

10

20

30

40

50

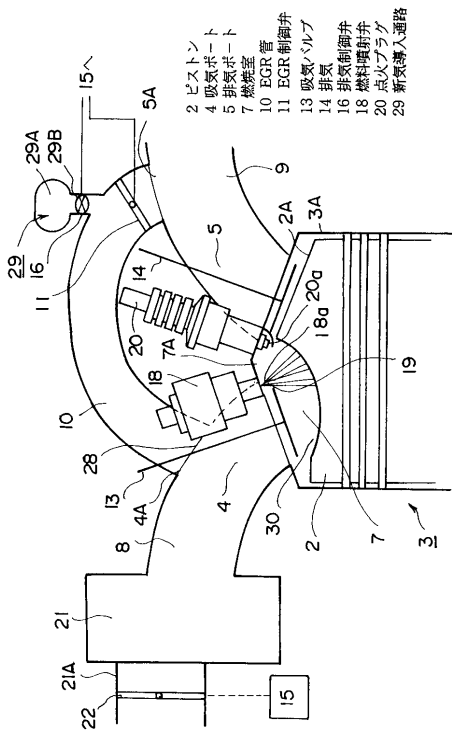
【符号の説明】

- 1 シリンダヘッド
- 2 ピストン
- 2 A ピストン冠面
- 3 A シリンダボア
- 4 吸気ポート
- 4 A 連通口
- 5 排気ポート
- 7 燃焼室
- 10 EGR管
- 11 EGR制御弁
- 13 吸気バルブ
- 14 排気バルブ
- 15 コントロールユニット
- 16 新気制御弁
- 18 燃料噴射弁
- 18 a 噴孔
- 20 点火プラグ
- 20 a 電極
- 29 新気導入通路
- 29 A 新気導入管
- 29 B 新気導入分岐管
- 29 C 新気導入分岐管
- 30 凹所

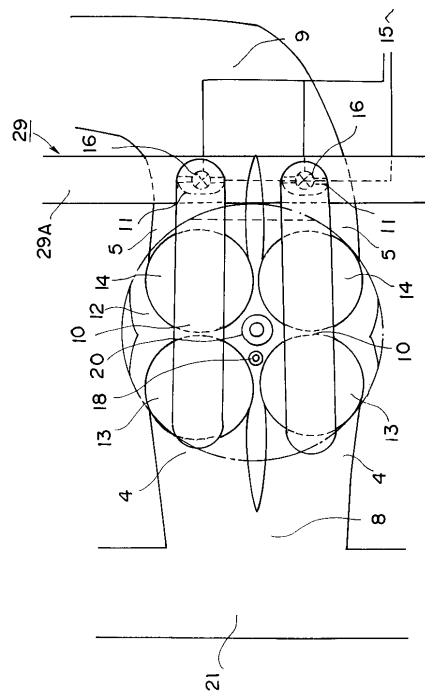
10

20

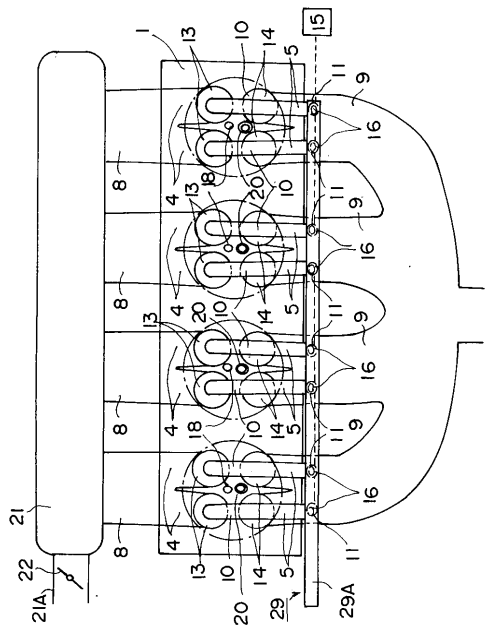
【図1】



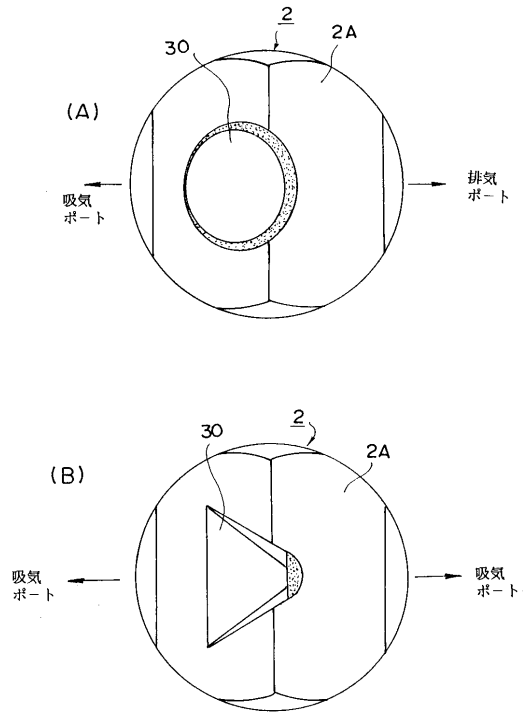
【図2】



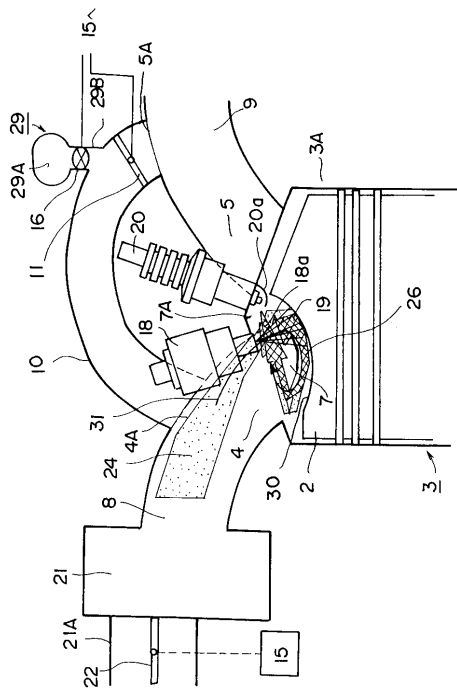
【 図 3 】



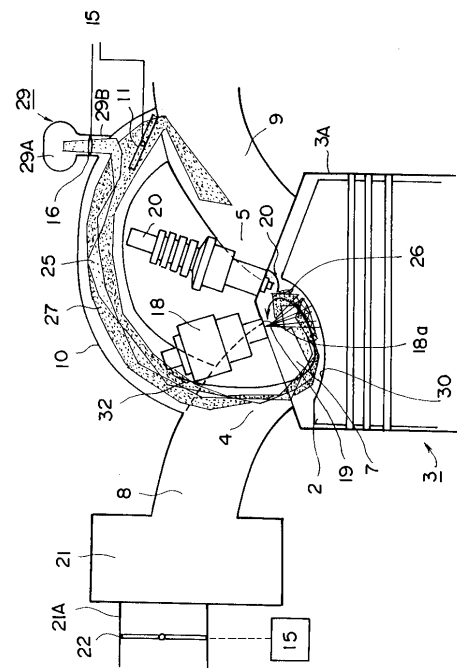
【 図 4 】



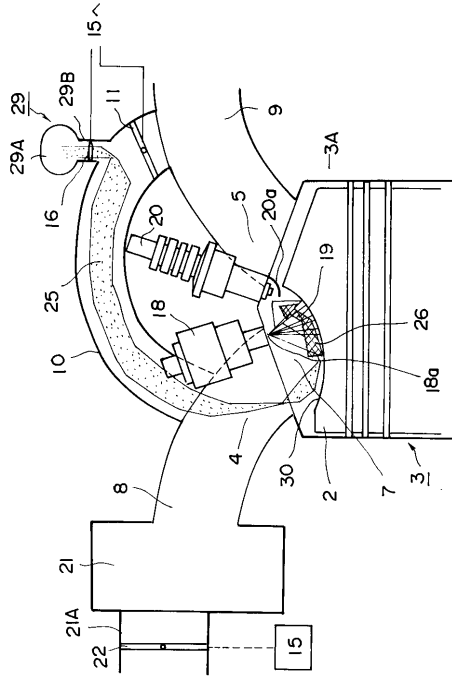
【 図 5 】



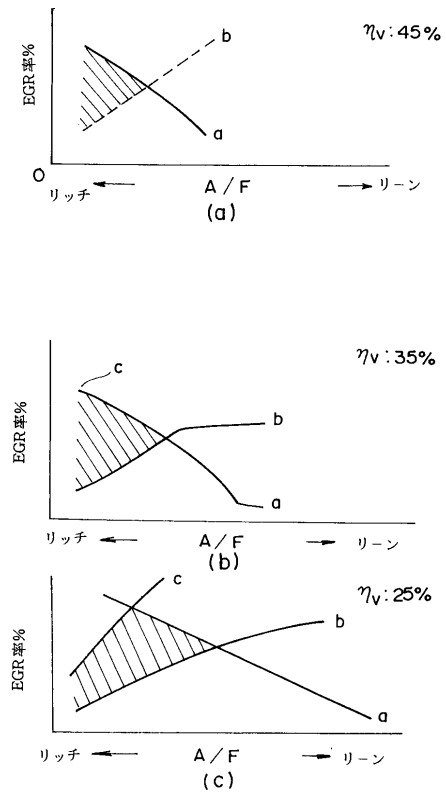
【 図 6 】



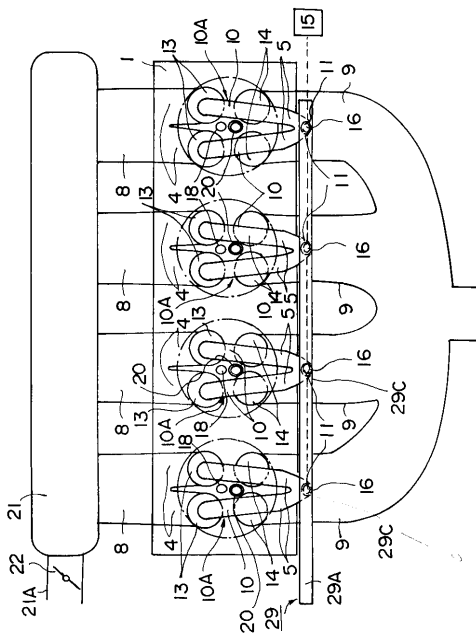
【 図 7 】



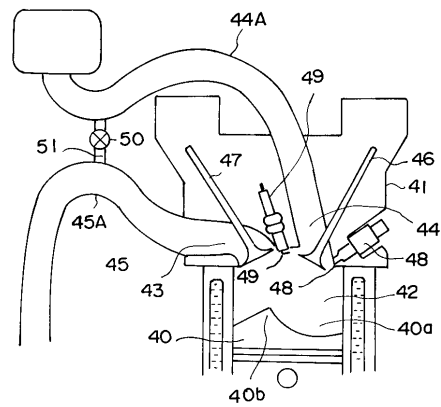
【 図 8 】



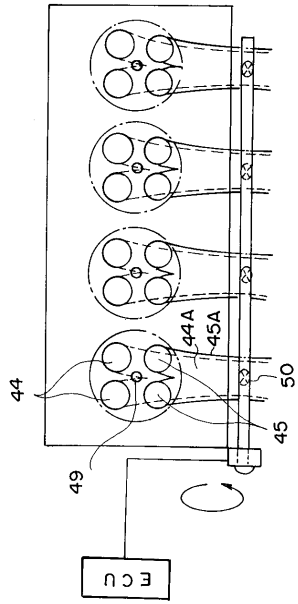
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-081719(JP,A)
特開平04-284149(JP,A)
特開平08-028280(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
F02M 25/07 F02D 21/08