

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-21564
(P2011-21564A)

(43) 公開日 平成23年2月3日(2011.2.3)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2B 23/10 (2006.01)	FO2B 23/10 320	3G023
FO2M 61/14 (2006.01)	FO2M 61/14 310A	3G024
FO2M 63/00 (2006.01)	FO2M 63/00 P	3G062
FO2B 3/12 (2006.01)	FO2B 3/12	3G066
FO2B 17/00 (2006.01)	FO2B 17/00 F	3G092

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-168228 (P2009-168228)
(22) 出願日 平成21年7月16日 (2009.7.16)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成21年度独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構エネルギー使用合理化技術戦略的開発 (先導研究) 委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願)

(71) 出願人 304021831
国立大学法人 千葉大学
千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号

(71) 出願人 505214157
株式会社シーディー・アダプコ・ジャパン
神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1-1 横浜ランドマークタワー37F

(71) 出願人 000005326
本田技研工業株式会社
東京都港区南青山二丁目1番1号

(71) 出願人 301028233
畑村 耕一
千葉県八千代市村上2101-3

(74) 代理人 100087619
弁理士 下市 努

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 予混合圧縮着火ガソリンエンジン

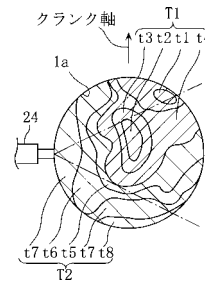
(57) 【要約】

【課題】 気筒内において温度分布をつけるとともに燃料濃度を均一化することにより、着火後の圧力上昇率の低い緩慢燃焼と二酸化窒素の発生を抑制する燃焼を実現し、HCCI運転可能領域を拡大できるHCCIガソリンエンジンを提供する。

【解決手段】

前記気筒1a内に、主として新気からなる低温ガス層T2と主としてEGRガスからなる高温ガス層T1とを層状をなすように形成する層状化機構70を備え、筒内燃料噴射弁24の特性及び配置構造を、噴射燃料が前記低温ガス層T2を通過後に前記高温ガス層T1に到達するように設定した。

【選択図】 図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

気筒（シリンダ）内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を備えた予混合圧縮着火（以下、HCCI、と記す）ガソリンエンジンにおいて、
前記気筒内に、主として新気からなる低温ガス層と主としてEGRガスからなる高温ガス層とを層状をなすように形成する層状化機構を備え、
前記燃料噴射弁の特性及び配置構造を、噴射燃料が前記低温ガス層を通過後に前記高温ガス層に到達するように設定した
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
前記低温ガス層は吸気側に形成され、前記高温ガス層は排気側に形成され、前記燃料噴射弁は、前記吸気側に配設されている
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
前記燃料噴射弁は、噴射燃料の60%以上が所定厚さの低温ガス層を通過して高温ガス層に分布する噴射燃料到達距離及び噴射燃料平均粒径を備えている
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 4】

請求項 2 又は 3 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
前記低温ガス層の噴射方向における層厚が、燃料噴射弁の有する噴射燃料到達距離の20%～80%の範囲に設定されている
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
要求燃料量の過半を吸気行程において気筒内又は吸気ポート内に噴射供給するとともに、残りの燃料を圧縮行程前半において気筒内に直接噴射供給する
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
前記高温ガス層の平均温度は、前記低温ガス層の平均温度より60～240 高い
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
前記層状化機構は、
第 2 気筒の排気弁を吸気行程から圧縮行程の下死点付近で再度開とする排気弁再開機構と、
第 1 気筒の排気弁開時の燃焼室内からの圧力波（ブローダウン圧力波）を第 2 気筒の排気ポートに、かつ該第 2 気筒の排気弁の再開期間に作用させることにより排気を第 2 気筒内に供給するブローダウン圧力波過給機構と、第 2 気筒内に供給された排気（EGRガス）が吸気ポートから流入する新気と混合するのを抑制するマスク部材とを備えている
ことを特徴とするHCCIガソリンエンジン。

【請求項 8】

請求項 1 に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、
前記層状化機構は、
第 2 気筒の排気弁を吸気行程から圧縮行程の下死点付近で再度開とする排気弁再開機構と、
第 1 気筒の排気弁開時の燃焼室内からの圧力波（ブローダウン圧力波）を第 2 気筒の排気ポートに、かつ該第 2 気筒の排気弁の再開期間に作用させることにより排気を第 2 気筒内

10

20

30

40

50

に供給するブローダウン圧力波過給機構と、
前記第 2 気筒の中心側に、前記排気弁との間に隙間を開けて設けられ、該第 2 気筒内に供給された排気（EGR ガス）の一部を前記第 2 気筒の中心側にて気筒軸方向に方向付けして流下させるガイド壁とを備えている
ことを特徴とする予混合圧縮着火ガソリンエンジン。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の予混合圧縮着火エンジンにおいて、
前記ガイド壁は、円形をなす前記排気弁開口の気筒中心側の周縁に沿う円弧状をなしており、前記ガイド壁の排気弁との隙間は、前記排気弁の再開時の流路幅より大きく設定され、前記ガイド壁の燃焼室天井壁面からの高さは前記ガイド壁と排気弁との前記隙間と略等しく設定されている
ことを特徴とする予混合圧縮着火ガソリンエンジン。

10

【請求項 10】

請求項 1 に記載の HCCI ガソリンエンジンにおいて、
前記層状化機構は、
排気弁の開弁状態を吸気行程前半まで維持するとともに、吸気弁を吸気行程後半に開くことにより、及び排気ポートの形状により EGR ガスを気筒軸回りの旋回流として再吸入する EGR ガス再吸入機構と、
吸気弁を吸気行程後半に開くとともに、吸気弁作動個数を制御することにより、又は吸気ポートの形状により新気を EGR ガスと同じ回転方向の旋回流として吸入する新気吸入機構とを備えている
ことを特徴とする HCCI ガソリンエンジン。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、気筒（シリンダ）内に燃料を直接噴射し、圧縮上死点付近で自己着火させるようにした予混合圧縮着火（以下、HCCI、と記す）ガソリンエンジンに関する。

【0002】

なお、本願明細書では、吸気ポートを通してシリンダ内に導入される空気を新気と称し、排気ポートを通してシリンダ内に再吸入される排気を EGR ガスと称する。また、アルコールやその混合燃料のような液体燃料を使って火花点火をするエンジンを含めて、ガソリンエンジンと総称している。

30

【背景技術】

【0003】

ガソリンエンジンの有する低エミッション特性を維持しつつディーゼルエンジン並の低燃費を実現する手段として HCCI ガソリンエンジンが有望視されている。

【0004】

なお、HCCI ガソリンエンジンとは、通常のディーゼルエンジンが圧縮上死点付近で燃料を噴射供給するのに対し、燃焼室内に燃料を早期に噴射し、あるいは吸気ポート内で燃料と空気を混合して燃焼室に導入し、圧縮による温度上昇によって化学反応を進行させ、圧縮上死点付近で予混合気を自己着火させるエンジンである。

40

【0005】

前記 HCCI ガソリンエンジンでは、HCCI 運転可能領域を拡大することが要請されている。

【0006】

HCCI 運転可能領域を拡大する従来例として、例えば特許文献 1 に開示されたものがある。この従来例の HCCI ガソリンエンジンでは、燃焼室内に高温の内部 EGR ガス層と低温の新気層とを層状化して形成し、新気層への燃料噴射を EGR ガス層への燃料噴射に先行して行い、EGR ガス層への燃料噴射は圧縮上死点付近で運転条件に応じて可変としている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2001-323828

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

前記特許文献1では、気筒内の中心部に高温のEGRガス層を形成するとともに、その周囲に低温の新気層を形成し、EGRガス層への燃料噴射を圧縮上死点付近で行うようにしている。そのため、EGRガス層の燃料は理論空燃比より濃い状態で燃焼するので、その周囲の理論空燃比に近い部分の燃焼によって大量の二酸化窒素を発生する。さらに、EGRガス層への燃料噴射においては、燃料噴射弁の噴射口からピストンの頂面までの距離、つまり噴射燃料の到達距離が十分確保できず、かつガス層の温度が高いため噴射された燃料がガス層を貫通し易い。その結果、噴射された燃料が十分に微粒化されることなく、高温ガス層の先にあるピストンの頂面に付着し易く、気筒内の燃料濃度を均一にできない。

10

【0009】

本発明は、前記従来の実情に鑑みてなされたものであり、気筒内において温度分布をつけるとともに燃料濃度を均一化することにより、着火後の圧力上昇率の低い緩慢燃焼と窒素酸化物の発生を抑制する燃焼を実現し、HCCI運転可能領域を拡大できるHCCIガソリンエンジンを提供することを課題としている。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1の発明は、気筒内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁を備えたHCCIガソリンエンジンにおいて、前記気筒内に、主として新気からなる低温ガス層と主としてEGRガスからなる高温ガス層とを層状をなすように形成する層状化機構を備え、前記燃料噴射弁の特性及び配置構造を、噴射燃料が前記低温ガス層を通過後に前記高温ガス層に到達するように設定したことを特徴としている。

【0011】

請求項2の発明は、請求項1に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記低温ガス層は吸気側に形成され、前記高温ガス層は排気側に形成され、前記燃料噴射弁は、前記吸気側に配設されていることを特徴としている。

30

【0012】

請求項3の発明は、請求項2に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記燃料噴射弁は、噴射燃料の60%以上が所定厚さの低温ガス層を通過して高温ガス層に分布する噴射燃料到達距離及び噴射燃料平均粒径を備えていることを特徴としている。

【0013】

請求項4の発明は、請求項2に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記低温ガス層の噴射方向における層厚が、燃料噴射弁の有する噴射燃料到達距離の20~80%の範囲に設定されていることを特徴としている。

【0014】

請求項5の発明は、請求項1に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、要求燃料量の過半を吸気行程において気筒内又は吸気ポート内に噴射供給するとともに、残りの燃料を圧縮行程前半において気筒内に直接噴射供給することを特徴としている。

40

【0015】

請求項6の発明は、請求項1に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記高温ガス層の平均温度は、前記低温ガス層の平均温度より60~240 高いことを特徴としている。

【0016】

請求項7の発明は、請求項1に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記層状化機構は、第1気筒の排気弁開時の燃焼室内からの圧力波(ブローダウン圧力波)を第2気筒

50

の排気ポートに、かつ該第2気筒の排気弁の再開期間に作用させることにより排気を第2気筒内に供給するブローダウン圧力波過給機構と、第2気筒内に供給された排気（EGRガス）が吸気ポートから流入する新気と混合するのを抑制するマスク部材とを備えたことを特徴としている。

【0017】

請求項8の発明は、請求項1に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記層状化機構は、第2気筒の排気弁を吸気行程から圧縮行程の下死点付近で再度開とする排気弁再開機構と、第1気筒の排気弁開時の燃焼室内からの圧力波（ブローダウン圧力波）を第2気筒の排気ポートに、かつ該第2気筒の排気弁の再開期間に作用させることにより排気を第2気筒内に供給するブローダウン圧力波過給機構と、前記第2気筒の中心側に、前記排気弁との間に隙間を開けて設けられ、該第2気筒内に供給された排気（EGRガス）の一部を前記第2気筒の中心側にて気筒軸方向に方向付けして流下させるガイド壁とを備えていることを特徴としている。

10

【0018】

請求項9の発明は、請求項8に記載の予混合圧縮着火エンジンにおいて、前記ガイド壁は、円形をなす前記排気弁開口の気筒中心側の周縁に沿う円弧状をなしており、前記ガイド壁の排気弁との隙間は、前記排気弁の再開時の流路幅より大きく設定され、前記ガイド壁の燃焼室天井壁面からの高さは前記ガイド壁と排気弁との前記隙間と略等しく設定されていることを特徴としている。

20

【0019】

請求項10の発明は、請求項1に記載のHCCIガソリンエンジンにおいて、前記層状化機構は、排気弁の開弁状態を吸気行程前半まで維持するとともに、吸気弁を吸気行程後半に開くことにより、及び排気ポートの形状によりEGRガスを気筒軸回りの旋回流として再吸入するEGRガス再吸入機構と、吸気弁を吸気行程後半に開くとともに、吸気弁作動個数を制御することにより、又は吸気ポートの形状により新気をEGRガスと同じ回転方向の旋回流として吸入する新気吸入機構とを備えたことを特徴としている。

【発明の効果】

【0020】

請求項1の発明によれば、気筒内に、主として新気からなる低温ガス層と主としてEGRガスからなる高温ガス層とを層状をなすように形成したので、気筒内に温度の高い部分と低い部分が形成され、気筒内に温度分布がついている。

30

【0021】

そして燃料噴射弁を、噴射燃料が前記低温ガス層を通過後に前記高温ガス層に到達するように設定配置した。低温ガス層ではガス温度が低く、ガス粒子の密度が高いため、噴射燃料は低温ガス層を通過する際にガス粒子に衝突して微粒化する。そして高温ガス層ではガス温度が高いため、噴射燃料は前記微粒化とあいまって短時間で気化する。このように前記噴射燃料は、燃料が分布していない高温ガス層にて大部分が気化するので、気筒内では、燃料濃度が均一化する。これにより、圧縮行程上死点近傍で、まず温度の高い部分が自己着火し、そこから温度の低い部分が遅れて自己着火して行くため、圧力上昇率の低い緩慢燃焼が実現される。さらに燃料分布が均一なので窒素酸化物の発生を抑制することができる。その結果、HCCI運転可能領域を高負荷側に広げることができる。また、高温部分から着火するので、着火に必要な温度まで圧縮によって上昇させるべき平均圧縮温度が低下して燃焼が安定することにより低負荷側の運転域を広げることができる。

40

【0022】

請求項2の発明によれば、前記低温ガス層は吸気側に形成され、前記高温ガス層は排気側に形成され、前記燃料噴射弁は、前記吸気側に配設されているので、噴射された燃料を、低温ガス層を通過した後に高温ガス層に到達させることが容易確実であり、気筒内の燃料濃度を均一化させることができる。

【0023】

請求項3の発明によれば、前記燃料噴射弁は、噴射燃料の60%以上を所定厚さの低温

50

ガス層を通過して高温ガス層に分布させる噴射燃料到達距離及び噴射燃料平均粒径を備えているので、気筒内の燃料濃度を一層確実に均一化できる。

【0024】

請求項4の発明によれば、前記低温ガス層の噴射方向における層厚が、燃料噴射弁の有する噴射燃料到達距離の20～80%の範囲に設定されているので、低温ガス層を通過した後高温ガス層に到達させることが容易確実にあり、気筒内の燃料濃度を均一化させることができる。

【0025】

請求項5の発明によれば、要求燃料量の過半を吸気行程において気筒内又は吸気ポート内に噴射供給するとともに、残りの燃料を圧縮行程前半において気筒内に直接噴射供給するようにしたので、まず過半の燃料を低温ガス層に均一に分布させ、残りを高温ガス層に分布させることができ、高負荷運転域においても気筒内の燃料濃度を均一化でき、HCCI可能運転域を高負荷運転域側に拡大できる。

【0026】

請求項6の発明によれば、前記高温ガス層の平均温度が、前記低温ガス層の平均温度より60～240 高いので、筒内に温度の高い部分と低い部分とを確実に形成でき、温度の高い部分からの確実な燃焼開始を実現できる。

【0027】

請求項7の発明によれば、前記層状化機構を、ブローダウン圧力波過給機構と、マスク部材とを備えたものとしたので、吸気行程から圧縮行程の下死点付近において排気ポートから温度の高い排気を気筒内に再吸入できるとともに、排気を再吸入した後においては、新気はほとんど流入しないこととなり、EGRガスと新気が混合するのを抑制してEGRガスを偏在させることができ、温度差のある高温ガス層と低温ガス層とを確実に層状化できる。

【0028】

請求項8の発明によれば、前記層状化機構を、ブローダウン圧力波過給機構と、ガイド壁とを備えたものとしたので、請求項7と同様に高温ガス層と低温ガス層とを確実に層状化できる。

【0029】

そして排気弁開口の気筒中心側にガイド壁を、排気弁との間に隙間を開けて設け、前記供給されたEGRガスの一部を気筒中心側にて気筒軸心方向に方向付けして流下させるようにしたので、この気筒中心側の流れによりEGRガスの排気側壁面に沿って流下するEGR流が吸気弁側に流れるのを抑制でき、これにより、前記高温ガス層を排気弁側に形成し、前記低温ガス層を吸気弁側に形成することができる。

【0030】

請求項9の発明によれば、前記ガイド壁の排気弁との隙間を排気弁再開時の流路幅より大きく設定し、ガイド壁の高さを前記ガイド壁と排気弁との隙間と略等しく設定したので、排気行程での流路抵抗を大きくすることなく前記気筒中心側の流れを確実に発生でき、EGR流が吸気弁側に過度に流れるのを抑制でき、高温ガス層を排気弁側に確実に形成できる。

【0031】

請求項10の発明によれば、前記層状化機構を、EGRガス再吸入機構と新気吸入機構とを備えたものとしたので、EGRガスが気筒軸回りの旋回流として再吸入されるとともに、新気がEGRガスと同じ回転方向の旋回流として吸入され、高温ガス層が気筒内のピストン側に、低温ガス層が気筒内の燃焼室側に形成され、確実に層状化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の実施例1によるHCCIガソリンエンジンの模式構成図である。

【図2】前記エンジンの断面側面図である。

10

20

30

40

50

- 【図 3】前記エンジンの動弁装置の模式平面図である。
- 【図 4】前記動弁装置の切換機構の模式断面平面図である。
- 【図 5】前記エンジンのマスク部材の配置状態を示す模式斜視図である。
- 【図 6】前記エンジンのマスク部材の配置状態を示す模式平面図である。
- 【図 7】前記エンジンの左側の排気弁 E X 2 のマスク部材の周長及び配置位置の範囲を説明するための模式平面図である。
- 【図 8】前記排気弁 E X 2 のマスク部材のより好適な配置位置を説明するための模式平面図である。
- 【図 9】前記エンジンの気筒内温度分布を示す模式断面側面図である。
- 【図 10】前記エンジンの気筒内温度分布を示す模式断面平面図（図 9 の X-X 線断面図）である。 10
- 【図 11】前記エンジンの筒内燃料噴射弁の噴射軸線を示す模式平面図である。
- 【図 12】前記エンジンの筒内温度と筒内燃料濃度との関係を説明するための特性図である。
- 【図 13】前記エンジンの吸気弁，排気弁の開閉タイミング及び E G R 開閉タイミングを示す図である。
- 【図 14】本発明の実施例 2 による H C C I ガソリンエンジンの断面側面図である。
- 【図 15】前記エンジンのガイド壁を示す、図 14 の XV 矢視図である。
- 【図 16】前記ガイド壁を示す、図 15 の XVI-XVI 線断面図である。
- 【図 17】前記ガイド壁の高さ，隙間等を示す拡大図である。 20
- 【図 18】前記ガイド壁の配置状態を示す模式図である。
- 【図 19】前記エンジンのピストンの平面図である。
- 【図 20】前記ピストンを示す、図 10 の XX-XX 線断面図である。
- 【図 21】前記ピストンの側面図である。
- 【図 22】前記ピストンの頂面を示す斜視図である。
- 【図 23】前記ピストンの頂面を示す斜視図である。
- 【図 24】前記エンジンの動作を説明するための図である。
- 【図 25】比較例の動作を説明するための図である。
- 【図 26】前記エンジンの動作を説明するための図である。
- 【図 27】前記エンジンの動作を説明するための図である。 30
- 【図 28】本発明の実施例 3 による H C C I ガソリンエンジンの断面側面図である。
- 【図 29】前記エンジンの断面平面図である。
- 【図 30】前記エンジンの排気弁，吸気弁の開閉タイミングを示す図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【実施例 1】
- 【0033】
- 図 1 ~ 図 13 は本発明の実施例 1 による H C C I ガソリンエンジンを説明するための図である。
- 【0034】
- 図において、1 は 4 気筒 4 バルブ D O H C ガソリンエンジンをベースとした H C C I ガソリンエンジンである。該エンジン 1 は、1 気筒 ~ 4 気筒を備えており、該 1 ~ 4 気筒は、それぞれ 2 本ずつの吸気弁 I N 1 , I N 2 と、2 本ずつの排気弁 E X 1 , E X 2 の合計 4 本の弁を備えている。また、該エンジン 1 はガソリンを気筒内（シリンダ内）に噴射する筒内燃料噴射弁 2 4 を備え、圧縮比は火花点火燃焼に最適な 1 2 に設定されている。 40
- 【0035】
- 前記筒内燃料噴射弁 2 4 は、図 2 , 図 9 に示すように、燃料を、吸気側の燃焼室天井壁付近から、噴射軸線 2 4 a が気筒軸線 A に対して反時計回りの角度 θ をなすように斜め下方に向けて噴射する。前記角度 θ は、例えば 5 5 度に設定され、燃料は、下死点付近に位置するピストンの頂面の排気側部分と燃焼室 1 c の天井面との間のシリンダ壁の下方に向 50

けて斜め下方に噴射される。

【0036】

また前記筒内燃料噴射弁24は、図11に示すように、3つの噴射口を有し、各噴射口からの3本の噴射軸線24aが、該軸線を含む平面上で60度程度に拡がるように構成されている。また前記筒内燃料噴射弁24は、噴射燃料が後述する低温ガス層T2を通過して高温ガス層T1に到達するように、その噴射燃料到達距離、燃料粒径を有するものが採用される。なお、3噴口に代えて同じ平面上に扇型に噴霧が広がるスリットインジェクターを用いてもよい。

【0037】

なお、図示していないが、本実施例エンジン1は、前記筒内燃料噴射弁24の他に、吸気ポート1dに燃料を噴射するポート燃料噴射弁を備えている。本実施例エンジン1では、エンジン運転状態に応じて前記筒内燃料噴射弁24及びポート燃料噴射弁からの噴射燃料量の割合及び噴射タイミングが制御される。

10

【0038】

低負荷運転域では、必要燃料量の全量が、圧縮行程前半、例えばBTDC180°~120°、好ましくはBTDC160°付近において前記筒内燃料噴射弁24から気筒内に直接噴射供給される。また、高負荷運転域では、必要燃料量の過半(例えば80%)が前記ポート燃料噴射弁から供給され、残り(例えば20%)は前記筒内燃料噴射弁24から圧縮行程前半、例えばBTDC160°~100°、好ましくはBTDC140°付近において気筒内に直接噴射供給される。

20

【0039】

なお、ポート燃料噴射弁を備える代わりに、前記筒内燃料噴射弁24により二段階燃料噴射を行うようにしてもよい。この場合、例えば前記高負荷運転域では、吸気行程において最初の燃料噴射を行い、圧縮行程前半において二番目の燃料噴射を行うようにする。

【0040】

前記エンジン1の点火順序は1-3-4-2気筒となっている。該各気筒間の位相(点火間隔)はクランク軸角度で180度であり、従って1気筒と4気筒の位相、及び2気筒と3気筒の位相はそれぞれ360度である。なお、1気筒と4気筒のピストン位置、及び2気筒と3気筒のピストン位置は常に同じであり、1気筒及び4気筒のピストン位置と2気筒及び3気筒のピストン位置は180度異なる。

30

【0041】

前記エンジン1の具体的構造を説明する。前記1~4気筒の各シリンダボア(気筒)1a内には、ピストン1bが摺動自在に挿入され、該ピストン1bはコンロッド1fでクランク軸(図示せず)に連結されている。前記シリンダボア1aの上側に位置する燃焼室1cには、吸気ポート1dの吸気弁開口1d、排気ポート1eの排気弁開口1eが2つずつ開口しており、該各開口を前記第1、第2吸気弁IN1,2、第1、第2排気弁EX1,2が開閉するようになっている。

【0042】

前記第1、第2吸気弁開口1d、1dは二股状の吸気ポート1dでシリンダヘッド前壁側に導出され、該前壁に開口している。

40

【0043】

また前記第1、第2排気弁開口1e、1eは、二股状の排気ポート1eによりシリンダヘッド後壁側に導出され、該後壁に開口している。なお、1nは、前記排気ポート1eを2つに画成する隔壁である。

【0044】

前記吸気弁IN1,2、排気弁EX1,2は、動弁装置4により開閉駆動される。この動弁装置4は、前記吸気弁IN1,2の開期間及びリフト量を連続的に変化可能とする吸気弁駆動機構7と、前記排気弁EX1,2を開閉する排気弁駆動機構8とを備えている。

【0045】

前記排気弁駆動機構8は、クランク軸と平行に配置された排気カム軸6、排気ロッカ軸

50

8 c と、該排気ロッカ軸 8 c により揺動可能に軸支された排気ロッカアーム 8 a , 8 a と、該各ロッカアーム 8 a の先端部に軸支されたローラ 8 b とを備えている。前記排気カム軸 6 には、ベース円部 6 b とリフト部 6 c とを有する排気カムノーズ 6 a が前記各排気弁に対応するように形成されている。

【0046】

前記排気カム軸 6 の回転により前記排気カムノーズ 6 a が前記ローラ 8 b を介して前記ロッカアーム 8 a を上下揺動させ、該ロッカアーム 8 a の先端部 8 d が前記排気弁 E X を開方向に押し下げる。

【0047】

前記吸気弁駆動機構 7 は、クランク軸と平行に配置された吸気カム軸 5 , 吸気ロッカ軸 7 e , 及び支持軸 7 d と、該支持軸 7 d に揺動可能に支持された揺動カム 7 a と、該揺動カム 7 a により吸気コントロールアーム 7 c を介して揺動駆動される吸気ロッカアーム 7 b とを備えている。前記吸気カム軸 5 には、各気筒の各吸気弁に対応するように吸気カムノーズ 5 a が形成されている。該各吸気カムノーズ 5 a はベース円部 5 b と、リフト部 5 c とを有する。

10

【0048】

前記吸気ロッカアーム 7 b のリング状の基端部 7 b は前記吸気ロッカ軸 7 e により軸支されている。前記吸気コントロールアーム 7 c のリング状の基端部 7 c は、前記吸気ロッカ軸 7 e の軸心から偏心するアーム支持軸 7 e により軸支されている。前記吸気ロッカ軸 7 e を回動させると、吸気コントロールアーム 7 c は前後に進退し、先端部のローラ 7 f の前記揺動カム 7 a との摺接開始位置が変化し、もって吸気弁の開期間、リフト量が変化する。

20

【0049】

前記吸気カム軸 5 を回動させると、該吸気カム軸 5 の吸気カムノーズ 5 a が前記揺動カム 7 a , 吸気コントロールアーム 7 c を介して前記吸気ロッカアーム 7 b を上下に揺動させ、該吸気ロッカアーム 7 b の先端部が吸気弁 I N 1 , 2 を開方向に押し下げる。

【0050】

また、図 2 , 図 5 に示すように、排気弁開口 1 e には、マスク部材 5 0 が、排気弁 E X の弁頭 1 p の外周を所定の角度範囲で覆うように配置されている。このマスク部材 5 0 は、排気逆流 (E G R ガス流) を、気筒内壁面の排気ポート側部分に沿って気筒軸線 A 方向に流下させるためのものである。これにより該 E G R ガスが、吸気ポートから流入して気筒内壁面の排気ポート側部分に位置している新気を順次押し出してこれと入れ替わり、もって E G R ガスの新気への混合が抑制される。

30

【0051】

前記マスク部材 5 0 は、排気弁 E X の弁頭 1 p に一体形成されるか、又はシリンダヘッドの燃焼室天井壁側に一体形成されている。またこのマスク部材 5 0 は、円形をなす前記排気弁開口 1 e の周縁に沿う円弧状をなしている。またこのマスク部材 5 0 の、排気弁軸方向寸法 (高さ寸法) は、該排気弁の後述する E G R 開弁時のリフト量と略同一寸法、具体的には例えば 2 ~ 3 mm 程度に設定されている。

40

【0052】

前記マスク部材 5 0 の周長 (周方向長さ) , 配置位置は、前記 E G R ガスの大部分が、気筒内壁面 (シリンダポア 1 a の内周面) の、気筒軸線 A を通るクランク軸と平行な気筒直線 e より排気ポート 1 e 側の部分 (図 6 に斜線を施した領域) S に沿って、図 2 に破線の矢印 C に示すように流れるように設定されている。

【0053】

換言すれば、前記マスク部材 5 0 は、その周長の大部分が、前記排気弁開口 1 e , 1 e の中心 e 1 , e 1 を結ぶ排気弁開口直線 e より反排気ポート側、つまり吸気ポート 1 d 側に位置するようにその周長及び配置位置が設定されている。

【0054】

さらに換言すれば、前記マスク部材 5 0 は、前記排気弁開口の中心 e 1 を通る該マス

50

ク部材の周長の2等分線fの延長線が、前記領域Sの、前記排気弁開口直線eより排気ポート側の部分と交差するようその周長及び配置位置が設定されている。

【0055】

前記マスク部材50の周長及び配置位置の具体例を、図6～図8に基づいて詳述する。なお、左側の排気弁E X 2のマスク部材50と、右側の排気弁E X 1のマスク部材50とは、気筒軸線Aを通るクランク軸と直交する直線hを挟んで左右対称形をなす周長、配置位置となっているので、主に左側の排気弁E X 2のマスク部材50について説明する。

【0056】

以下、前記マスク部材50の中心位置及び周長を、排気弁開口1eの周縁の、最も吸気ポート側に位置する点g(図6参照)を0°として時計回りの角度で示す。

10

【0057】

図7は、本発明に含まれるマスク部材の周長、配置位置の範囲を示し、図8はより好適な周長及び配置位置の範囲を示す。

【0058】

図7において、本実施例のマスク部材50の周長は、排気弁E X 2の弁頭1pの外周の90度～180を覆う長さに設定されている。また該マスク部材50は、これの中心線(該マスク部材の2等分線)fが300°～60°、時計で表せば10時～2時、の範囲内に位置するように配置されている。図7における符号m1は最も短いマスク部材(周長90°)を中心位置が時計回りで最も前進した位置(60°(2時))に配置した場合を、符号m2は最も長いマスク部材(周長180°)を最も前進した位置(60°(2時))に配置した場合をそれぞれ示している。また符号m1は最も短いマスク部材(周長90°)を中心位置が時計回りで最も後退した位置(300°(10時))に配置した場合を、符号m2は最も長いマスク部材(周長180°)を最も後退した位置(300°(10時))に配置した場合をそれぞれ示している。

20

【0059】

図8は、前記周長90°～180°のマスク部材50をより好適な位置に配置した場合を示しており、マスク部材50はこれの中心位置が時計回りで30°(1時)から60°(2時)の範囲内に位置するように配置されている。

【0060】

前記エンジン1に接続された吸気装置3は、所定の容積を有するサージタンク3eと、該サージタンク3eから分岐して前記1気筒～4気筒のそれぞれの吸気ポート1dに接続された分岐管3a～3dとを有する。前記サージタンク3eの一端に形成された吸入口3fには吸気絞り弁3gが配設され、該吸気絞り弁3gの上流側にはエアクリーナ(図示せず)が接続されている。

30

【0061】

また、前記エンジン1に接続された排気装置2は、各気筒の枝管2a, 2d, 2b, 2cの長さが比較的長く設定され、位相(点火間隔)が360度の前記1気筒と4気筒を連結して排気する第1の排気系22と、同じく位相360度の2気筒と3気筒を連結して排気する第2の排気系23とを備えたいわゆる4-2-1排気系となっており、高負荷運転領域において排気干渉が避けられるので出力向上に適している。

40

【0062】

前記第1の排気系22は、1気筒, 4気筒の排気ポートの外部開口に接続された第1, 第4枝管2a, 2dと、該両枝管2a, 2dを合流させる第1合流管2eを有する。前記第2の排気系23は、2気筒, 3気筒の排気ポート1eに接続された第2, 第3枝管2b, 2cと、該両枝管2b, 2cを合流させる第2合流管2fを有する。そして前記第1, 第2合流管2e, 2fはメイン管2gに合流している。

【0063】

また前記第1, 第2合流管2e, 2fには、上流側触媒2i, 2iが介設され、前記メイン管2gには下流側触媒2jが介設されている。さらにまた、前記メイン管2gの下流側触媒2jより上流側には、排気ポート面積を可変制御する排気絞り弁2hが介設されて

50

いる。

【0064】

本実施例エンジンは、4気筒（第1気筒）の膨張行程から排気行程の下死点付近の燃焼室内圧力波（排気ブローダウン圧力波）を、該4気筒と燃焼タイミングが360度異なる1気筒（第2気筒）の吸気行程から圧縮行程の下死点付近において、排気ポート1eに作用させるブローダウン圧力波発生機構40aと、前記1気筒の排気弁EX1, 2を吸気行程から圧縮行程の下死点付近で再度開くEGR開弁機構（排気弁再開機構）9とを備えている。これにより前記4気筒からの排気ブローダウン圧力波により、温度の高いEGRガスを前記排気ポート1eから燃焼室内に過給するブローダウン圧力波過給機構40が構成されている。

10

【0065】

なお、前記ブローダウン圧力波過給機構40は、前記1気筒からの排気ブローダウン圧力波を利用してEGRガスを4気筒に過給するようにも構成されており、さらに2気筒からの排気ブローダウン圧力を利用して3気筒にEGRガスを過給し、逆に3気筒からの排気ブローダウン圧力を利用して2気筒にEGRガスを過給するようにも構成されている。以下、前記1気筒と4気筒との関係について詳述する。

【0066】

前記ブローダウン圧力波発生機構40aは、前記1気筒と4気筒との燃焼タイミングを360度ずらすとともに、4気筒からの排気ブローダウン圧力波が1気筒の吸気行程下死点付近で該1気筒の排気ポートに到達するように両気筒間の排気枝管2a, 2dの長さを設定することにより実現される。また前記EGR開弁機構9は、吸気カム軸5により1気筒の排気弁EX1, 2を、図13のリフトカーブEGRに示すように、該1気筒の吸気行程から圧縮行程の下死点付近で再度開くように構成されている。なお、ブローダウン圧力波でシリンダを加圧するには圧力波が1気筒の排気弁EX1, 2の閉弁時期に一致させる必要があるが、加圧が必要でない運転条件ではそれを一致させなくてもよい。

20

【0067】

このようにして、本実施例エンジンでは、前記ブローダウン圧力波過給機構40と前記マスク部材50とにより、気筒内に高温のEGRガスからなる高温ガス層T1と、低温の新気からなる低温ガス層T2とを層状をなすように形成する層状化機構70が構成されている。

30

【0068】

前記EGR開弁機構9は、前記吸気カム軸5に形成されたEGRカムノーズ5aと、前記支持軸7dに軸支された排気ロッカカム10と、前記排気ロッカ軸8cに軸支された中間レバー11と、該排気ロッカ軸8cの軸心から偏心するアーム支持軸8cにより軸支された排気コントロールアーム13と、前記排気カム軸6に形成されたEGRガイドカム6bとを備えている。

【0069】

前記吸気カム軸5側のEGRカムノーズ5aは、前記吸気カム軸5の2つの吸気カムノーズ5a, 5a間に形成されている。このEGRカムノーズ5aは、前記吸気側のベース円部5bと同一径のEGRベース円部5bと、前記吸気側のリフト部5cよりリフト量の小さいEGRリフト部5cとを有する。

40

【0070】

また前記排気カム軸6側のEGRガイドカム6bは、前記排気カムノーズ6aのベース円部6bと同一径を有する。なお、このEGRガイドカム6bは、ベース円部のみからなり、リフト部は有しない。

【0071】

前記排気ロッカカム10の前記支持軸7dを挟んだ側にはローラ10aが配設され、また他側にはカム面10bが形成されている。前記ローラ10aは前記EGRカムノーズ5aに転接しており、前記カム面10bには排気コントロールアーム13のローラ13

50

bが転接している。

【0072】

前記中間レバー11は、概ね三角形をなし、該三角形の頂角部が前記排気ロッカ軸8cにより揺動可能に支持されている。また前記三角形の一方の底角部にはローラ8bが軸支され、他方の底角部に続く斜辺部にはカム面11aが形成されている。前記ローラ8bは前記EGRガイドカム6bに転接し、前記カム面11aには前記排気コントロールアーム13の先端に形成された押圧部13aが摺接している。

【0073】

ここで、前記中間レバー11と2つの排気ロッカレバー8a, 8aとの間には、該中間レバー11の揺動を該排気ロッカレバー8a, 8aに伝達するEGR開弁オン状態と前記揺動を伝達しないEGR開弁オフ状態との何れかに切替え可能な切替機構12が配設されている。

10

【0074】

前記切替機構12は、図4に示すように、前記中間レバー11の先端部及び排気ロッカレバー8a, 8aの先端部に同軸をなすように連結穴12aを形成し、該連結穴12a内に連結ピストン12b, 12cを軸方向に摺動可能に、かつ軸直角方向に相対移動可能に配置した構造のものである。

【0075】

また前記連結ピストン12bの一端面と連結穴12aの一端とで油圧室12eが形成され、連結ピストン12cの他端面と連結穴12aの他端との間にはストッパ12dを介在させてリターンスプリング12fが配設されている。前記油圧室12eには、前記ロッカ軸8cに形成された油圧通路を介して油圧を供給可能となっている。

20

【0076】

油圧が前記油圧室12eに供給されると、前記連結ピストン12c, 12bが中間レバー11と排気ロッカレバー8aとの境界を跨ぐ位置(図4(a))に位置し、前記EGR開弁オン状態となる。そして前記油圧が開放されると、前記連結ピストン12cと前記連結ピストン12b及びストッパ12dとの接触部が前記境界に一致し(図4(b))前記EGR開弁オフ状態となる。

【0077】

さらにまた前記吸気カム軸5は、該吸気カム軸5の位相を自由に制御可能な吸気カム位相可変機構15を備えている。吸気カム軸5の位相を変化させると、吸気弁IN1, 2の吸気行程における開閉時期が変化すると同時に、排気弁EX1, 2のEGR開弁動作における開閉時期も同じ位相だけ変化する。また前記排気カム軸6は、該排気カム軸6の位相を自由に制御可能な排気カム位相可変機構16を備えている。

30

【0078】

前記1気筒(本発明の第2気筒に相当する)に、4気筒(本発明の第1気筒に相当する)からの排気ブローダウン圧力波を利用してEGRガスが過給される場合について詳細に説明する。

【0079】

図11は、1気筒と4気筒の排気弁、吸気弁のリフトカーブEX, IN、EGR開弁機構9による排気弁の再度の開時のリフトカーブEGRを示す。同図に示すように、排気弁は、EGR開弁機構9により、各気筒の吸気行程から圧縮行程の下死点付近において再度開となる。

40

【0080】

本実施例エンジン1では、EGRガスの過給を行うべき所定の運転域(HCCI運転域)にあっては、上述の切替機構12の油圧室12eに油圧が供給され、連結ピストン12b, 12cが図4(a)の位置に移動し、これにより吸気カム軸5のEGRカムノーズ5aによって排気弁EX1, 2が開閉駆動される。詳細には、EGRカムノーズ5aのリフト部5cがローラ10aを介して排気ロッカカム10を揺動させると、この揺動がローラ13bを介して中間レバー11に伝達され、該中間レバー11と共に排気ロッカレ

50

バー 8 a が揺動し、これにより排気弁 E X 1 , 2 は図 1 3 に示すリフトカーブ E G R に基づいて E G R 開弁動作を行う。

【 0 0 8 1 】

なお、E G R ガスの過給を行わない運転領域にあっては、前記油圧の供給が停止され、連結ピン 1 2 b が図 4 (b) の位置に移動し、中間レバー 1 1 の揺動は排気ロッカレバー 8 a には伝達されず、従って排気弁は E G R 開弁動作を行なわない。

【 0 0 8 2 】

本実施例では、前記 E G R 開弁機構 9 は、高回転領域においては、常時不作動とされる。そのため E G R カム 5 a によるパルプ加速度を高く設定することができ、E G R カム 5 a は開度が狭いにもかかわらず比較的高いリフトが設定されており、短時間で多くの E G R ガスを導入できるようにしている。

10

【 0 0 8 3 】

1 気筒が吸気下死点に近づくと、4 気筒の排気弁が膨張行程下死点付近で開き始め、該 4 気筒からの排気ブローダウン圧力波が排気系に排出され、該排気ブローダウン圧力波は、前記特定長さに設定された排気枝管 2 d , 2 a を経て 1 気筒側に向かう (図 1 3 参照) 。このとき 1 気筒では、吸気行程から圧縮行程の下死点付近において前記 E G R 開弁機構 9 が排気弁をリフトカーブ E G R に示すように再度開く。この排気弁の再度の開にタイミングを合わせて前記排気ブローダウン圧力波が、1 気筒の排気ポート 1 e に到達し、この排気ブローダウン圧力波により前記排気ポート 1 e 内の E G R ガスが 1 気筒のシリンダボア 1 a 内に押し込まれる。

20

【 0 0 8 4 】

このようにして過給された E G R ガスは、排気弁開口 1 e にマスク部材 5 0 が配設されており、かつ該マスク部材 5 0 の高さ寸法が E G R 開弁時のリフト量と略同一寸法に設定されているので、該マスク部材 5 0 の存在しない部分における排気弁の弁頭 1 p と排気弁開口 1 e との隙間 S (図 5 に斜線を施した部分) のみから気筒内に導入される。なお、図 5 は、排気弁が E G R 開弁している状態を示している。

【 0 0 8 5 】

ここで図 9 は、マスク部材 5 0 を、周長 1 8 0 ° とし、その中心が 3 3 0 ° に位置するように配置した場合に、ピストン 1 b が圧縮行程開始後の B T D C 1 4 0 ° に位置している状態で、シリンダボア 1 a を、気筒軸線 A を含むクランク軸と直角の平面で断面した時の高温ガス層 T 1 と低温ガス層 T 2 との層状化状態を等温線で示す。また、図 1 0 は、図 9 のシリンダボア 1 a を筒内燃料噴射弁 2 4 の 3 本の噴射軸線 2 4 a を含む平面で断面した時の前記層状化状態を等温線で示す。

30

【 0 0 8 6 】

図 9 , 図 1 0 に示すように、シリンダボア 1 a 内の主として排気側に、新気に多量の E G R ガスが含まれることにより温度が高い高温ガス層 T 1 が形成され、主として吸気側に、新気に高温ガス層 T 1 より少量の E G R ガスが含まれることにより該高温ガス層 T 1 より温度が低い低温ガス層 T 2 が形成される。なお、高温ガス層 T 1 では、t 1 の温度が最も高く、t 2 , t 3 , t 4 と低くなっている。同様に低温ガス層 T 2 では、t 5 の温度が最も高く、t 6 , t 7 , t 8 と低くなっている。具体的には、前記高温ガス層 T 1 の平均温度は、前記低温ガス層 T 1 の平均温度より 6 0 ~ 2 4 0 高くなっている。

40

【 0 0 8 7 】

前記高温ガス層 T 1 は、排気ポート側からシリンダボア (気筒内壁) 1 a の内面に沿って下方に延び、さらにピストン頂面に拡がっている。また、本実施例では、E G R ガスは、排気弁開口 1 e と排気弁の弁頭 1 p との隙間 S のマスク部材 5 0 が存在しない部分から主に排気ポート側の気筒内壁面に沿って新気を押し出しつつ下降し、該内壁面に沿うように分布したものと考えられる。

【 0 0 8 8 】

本実施例エンジン 1 では、上述のように、高負荷運転域では、必要燃料量の、例えば約 8 0 % が、前記ポート燃料噴射弁から吸気ポート 1 d 内に供給され、残りの約 2 0 % が、

50

圧縮行程前半において前記筒内燃料噴射弁 24 から気筒内に噴射供給される。

【0089】

前記筒内燃料噴射弁 24 から噴射された燃料は、図 9 に示すように、低温ガス層 T2 を通過して高温ガス層 T1 に達することとなる。ここで前記低温ガス層 T2 の層厚は、前記筒内燃料噴射弁 24 の有する噴射燃料到達距離の 20 ~ 80 % となるよう設定される。低温ガス層 T2 ではガス温度が低く、ガス粒子の密度が高いため、噴射燃料は低温ガス層 T2 の通過時にガス粒子に衝突して微粒化が進行する。一方、高温ガス層では、ガス温度が高いため、低温ガス層で微粒化した噴射燃料は、高温ガス層で一気に気化する（図 9 に斜線を施した部分 F 参照）。このように、筒内燃料噴射弁 24 から噴射された燃料の 60 % 以上が、燃料のほとんど存在しない高温の EGR ガス層内に分布することとなり、その結果、気筒内は、燃料濃度が均一で、かつ温度勾配がついた状態となる。

10

【0090】

従って、ピストンが圧縮上死点に近づくと、温度の高い部分が先に着火温度となり、この部分が着火し、遅れて温度の低い側が着火していく。その結果、着火後の圧力上昇率が低く抑えられ、緩慢な燃焼となることに加えて、燃焼温度が窒素酸化物の発生温度を越えるのを抑制でき、高負荷運転域でも HCCI 運転が可能となる。一方、高温部分は圧縮による温度上昇をそれほど要することなく着火温度となるので、着火に必要な圧縮温度が高い低負荷運転域でも安定した HCCI 運転が可能となる。

【0091】

図 12 は、前記高温ガス層 T1 と低温ガス層 T2 との層状化を行い、燃料を吸気ポート及び気筒内に供給するようにした場合の筒内温度と筒内燃料濃度とを関係を示している。同図 (a) は、必要燃料の全量を吸気ポートに供給した場合を示し、同図 (b) は必要燃料の 80 % を吸気ポートに供給し、20 % を気筒内に直接噴射供給した場合を示す。

20

【0092】

上述のように必要燃料の全量を吸気ポートに供給する場合には、温度の高い EGR ガスからなる高温ガス層 T1 内にはほとんど燃料が存在しないため、図 12 (a) に示すように、筒内温度の高い部分（前記高温ガス層部分）H の筒内燃料濃度は、温度の低い部分（前記低温ガス層部分）L の筒内燃料濃度より低くなっている。

【0093】

仮に、このように高温ガス層の燃料濃度が低い場合、着火に必要な圧縮温度が高くなり、高温リーン部分から着火するものの低温リッチ部分の着火遅れとの差が小さくなり、着火後の圧力上昇率が高くなり、緩慢燃焼が実現されない。

30

【0094】

一方、必要燃料の、例えば約 80 % をポート燃料噴射弁により吸気ポートに供給し、約 20 % を筒内燃料噴射弁 24 により気筒内に直接噴射供給した場合、図 12 (b) に示すように、筒内において、温度の高い部分 H の燃料濃度が高くなり、筒内全体の燃料濃度が均一化され、かつ温度分布がついた状態が形成されている。

【0095】

このように筒内の燃料濃度が均一化され、かつ筒内温度が高い部分から低い部分まで比較的広く分布するので、圧縮により、まず高温部分が着火し、遅れて低温部分が着火することとなり、圧力上昇率が低くなり、燃焼速度の遅い緩慢な燃焼が実現され、HCCI 運転の可能域が高負荷運転域に拡大される。また、高温部分から着火するため、着火に必要な平均圧縮温度が低下するので燃焼が安定して、低負荷運転域においても安定した HCCI 運転を実現でき、運転可能領域を拡大できる。

40

【0096】

本実施例によれば、吸気行程から圧縮行程の下死点付近において、新気の吸入を終了したのちに排気ポートから温度の高い排気を気筒内に再吸入するように構成したので、EGR ガスと新気が混合するのを抑制して EGR ガスを偏在させることができ、温度差のある高温ガス層 T1 と低温ガス層 T2 を形成できる。

【0097】

50

さらに排気弁開口 1 e , 1 e 部分に、前記供給された E G R ガスが吸気ポートから流入した新気と混合するのを抑制するマスク部材 5 0 を設けたので、この点からも E G R ガスと新気とが混合するのを抑制でき、前記高温ガス層 T 1 と低温ガス層 T 2 との温度差をより一層確実に得ることができる。

【 0 0 9 8 】

その結果、圧縮上死点付近で、温度の高い高温ガス層 T 1 部分から燃焼が開始され、この燃焼する部分が温度の低い低温ガス層 T 2 に変化していくので、圧力上昇率の低い緩慢燃焼が実現され、ノッキングや燃焼騒音の発生、あるいはエンジンの損傷といった問題を防止でき、さらに窒素酸化物の発生が抑制され、H C C I 運転可能領域を拡大できる。

【 0 0 9 9 】

また、前記マスク部材 5 0 の周長及び配置位置を、マスク中心が 3 0 0 ° ~ 6 0 ° の範囲内に位置するよう設定し、周長を前記マスク中心 ± 9 0 ° ~ 1 8 0 ° としたので、前記供給された E G R ガスが気筒内壁面 1 a の、排気弁開口 1 e , 1 e の中心より排気ポート側の部分に沿って流すことができる。

【 0 1 0 0 】

またマスク部材 5 0 の大部分を、排気弁開口直線 e より反排気ポート側に位置するよう配置でき、かつマスク部材 5 0 の 2 等分線 (マスク部材の中心) f が排気弁開口直線 e より排気ポート側の気筒内壁面部分と交差するように構成でき、これらの点からも再吸入された E G R ガスを、気筒内壁面の排気ポート側部分に沿って流すことができ、これにより気筒内壁面側の新気を順次内壁付近から追い出して E G R ガスを気筒内壁に沿わせて存在させることができる。その結果、E G R ガスの排気ポート側の内壁に沿った部分は新気と接触することがないので、新気との混合を確実に抑制して新気に多量の E G R ガスが含まれる温度の高い高温ガス層 T 1 を形成でき、低温ガス層 T 2 との温度差をより確実に得ることができる。

【 0 1 0 1 】

さらまた前記マスク部材 5 0 の、排気弁軸方向における高さ寸法を、前記排気弁 E X の E G R 開弁時のリフト量以下に設定したので、排気行程における排気の排出の抵抗になることなく E G R ガスがマスク側を通過して気筒内に流入するを確実に防止でき、上述のように E G R ガスを排気ポート側の気筒内壁面に沿って流入させることができる。なお、マスク部材の高さ寸法を大きくすれば、E G R ガスの流れをより一層確実に規制できるが、排気排出抵抗が大きくなるおそれがある。

【 0 1 0 2 】

なお、前記実施例 1 では、筒内燃料噴射弁 2 4 は、燃料をシリンダヘッドの吸気側縁部から排気側に向けて斜め下方に噴射するように配置されていたが、筒内燃料噴射弁の 1 3 の配置位置はこれに限定されるものではない。本発明では、筒内燃料噴射弁燃料 1 3 は、噴射燃料が低温ガス層 T 2 を通過した後に高温ガス層 T 1 に達するように、その配置位置等が設定されれば良く、例えば、図 2 に二点鎖線で示す筒内燃料噴射弁 2 4 のように、シリンダヘッドの燃焼室天井壁部分に、噴射燃料が低温ガス層を通過した後に高温ガス層に到達するように配置することもできる。

【 実施例 2 】

【 0 1 0 3 】

図 1 4 ~ 図 2 7 は本発明の実施例 2 にかかる H C C I ガソリンエンジンを説明するための図であり、図中、図 1 ~ 図 1 3 と同一符号は同一又は相当部分を示す。

【 0 1 0 4 】

本実施例 2 は、排気弁開口 1 e にガイド壁 5 0 0 を設けた例である。このガイド壁 5 0 0 は、排気逆流 (E G R ガス流) の一部を、気筒中心側から気筒軸線 A 方向に方向付けして気筒中心縦流 B として流下させるためのものである。この気筒中心縦流 B は、気筒内壁面の排気弁側部分に沿って気筒軸線 A 方向に流れる E G R 流 C が、ピストン頂面にて上方に反転する流れ C となる際に過度に吸気弁側に流れるのを抑制する作用を有する。即ち、前記 E G R 流 C は、吸気ポートから流入して気筒内の排気弁側部分に位置している新

10

20

30

40

50

気を順次押し出してこれと入れ替わるよう作用するが、前記気筒中心縦流 B は、前記反転する流れ C を減衰させ、前記 EGR 流 C が過度に吸気弁側に流れるのを抑制し、もって EGR ガスを排気弁側に留めるように作用する。なお、ガイド壁 500 は、基本的に排気弁と排気弁開口との間に形成される流路の抵抗を大きくすることはないので、EGR 流 C の流量、気筒中心縦流 B の流量はそれぞれ概ね前記流路の、ガイド壁のない部分の周長、ガイド壁のある部分の周長に比例する。

【0105】

前記ガイド壁 500 は、シリンダヘッドの燃焼室天井壁面に一体形成されている。そしてこのガイド壁 500 は、図 15、図 16、図 18 に示すように、円形をなす前記排気弁開口 1e の周縁に沿う円弧状をなしており、その大部分は排気弁開口 1e の中心 a を通るクランク軸と平行な直線 b より吸気弁側に位置し、一部は排気弁側に位置している。

10

【0106】

また前記ガイド壁 500 は、排気弁軸方向に延びるガイド壁高さ H を有し、また排気弁 EX の弁頭 1p との間にガイド壁隙間 D を有する。

【0107】

前記ガイド壁隙間 D は、ガイド壁 500 が流路抵抗とならない十分な寸法に設定されている。具体的には前記 EGR 開弁時の排気弁開口 1e と弁頭 1p のシール面間寸法である流路幅 W と同等又はそれ以上の寸法に、より具体的には例えば 2 ~ 3 mm 程度に設定されている。

【0108】

また前記ガイド壁高さ H は、前記排気逆流の一部を気筒中心側にて気筒軸方向の流れに変えるのに十分な高さ設定されている。具体的には、前記ガイド壁隙間 D と略同一寸法に、より具体的には例えば 2 ~ 3 mm 程度に設定されている。

20

【0109】

なお、前記ガイド壁高さ H 及びガイド壁隙間 D は、ガイド壁 500 の周方向において同一寸法であることが望ましいが、燃焼室の天井壁面形状に合わせて変化させても良い。

【0110】

また、前記ピストン 1b の頂面 1g には、前記 EGR 流 C の吸気弁側への流れを抑制する凸条部 1h が形成されている。この凸条部 1h は、クランク軸方向に延びており、吸気弁側の縁部 1i はクランク軸と平行に形成されているのに対し、排気弁側の縁部 1j は吸気弁側を底とする湾曲形状に形成されている。

30

【0111】

なお、前記凸条部としては、図 23 に示すように、吸気弁側の縁部 1i 及び排気弁側の縁部 1j の両方ともクランク軸と平行に形成した直線状の凸条部 1h であっても良い。

【0112】

本実施形態エンジンでは、前記実施例 1 と同様に、4 気筒からの排気ブローダウン圧力波が、1 気筒の排気弁の再度の開にタイミングを合わせて 1 気筒の排気ポート 1e に到達し、この排気ブローダウン圧力波により前記排気ポート 1e 内の EGR ガスが 1 気筒のシリンダボア 1a 内に押し込まれる。なお、ブローダウン圧力波でシリンダを加圧するには圧力波が 1 気筒の排気弁 EX 1, 2 の閉弁時期に一致させる必要があるが、加圧が必要でない運転条件ではそれを一致させなくてもよい。

40

【0113】

このようにして吸入された EGR ガスは、排気弁開口 1e にガイド壁 500 が配設されており、かつ該ガイド壁 500 の高さ寸法 H がガイド壁と排気弁との隙間 D と略同一寸法に設定されているので、該ガイド壁 500 の存在しない部分における排気弁の弁頭 1p と排気弁開口 1e との隙間 s から気筒内に EGR 流 C となって流下する。また同時に、前記ガイド壁 500 と弁頭 1p との間にガイド壁隙間 D が設けられているので、前記 EGR ガスの一部は、気筒中心側にて気筒中心縦流 B となって流下する。

【0114】

50

このようにガイド壁500を設けたので、排気逆流を、気筒内壁面の排気弁側部分に沿って気筒軸A方向に流れるEGR流Cとして流下させ、かつ前記排気逆流の一部を、気筒中心側にて気筒軸A方向に方向付けして気筒中心縦流Bとして流下させることができる。即ち、前記気筒中心縦流Bにより前記EGR流Cが、ピストン頂面にて上方に反転する流れCとなる際に過度に吸気弁側に流れるのを抑制することができる。前述のように、前記EGR流Cは、吸気ポートから流入して気筒内の排気弁側部分に位置している新気を順次押し出してこれと入れ替わるよう作用するが、前記気筒中心縦流Bは、前記EGR流Cの反転する流れCを減衰させ、該EGR流Cが過度に吸気弁側に流れるのを抑制し、もってEGRガスを排気側に留めるように作用する。

【0115】

その結果、気筒内の排気弁側に、新気に多量のEGRガスが含まれることにより温度が高い高温ガス層T1が形成され、吸気弁側に、新気に前記高温ガス層T1より少量のEGRガスが含まれることにより該高温ガス層より温度が低い低温ガス層T2が形成される。

【0116】

本実施例2においても、前記実施例1と同様に、筒内燃料噴射弁24から圧縮行程前半において噴射された燃料は、低温ガス層T2を通過して高温ガス層T1に達する。この場合、前記噴射された燃料は、低温ガス層T2通過時に微粒化され、高温ガス層T1において気化することにより、噴射された燃料の60%以上が高温ガス層T1内に分布することとなる。

【0117】

ここで図24(a), (b), (c)は、前記ガイド壁500を設けた場合で、かつピストン1bが圧縮行程開始後のBTDC120°, 60°, 0°に位置している状態での温度分布を示す。各図の左側部分は、シリンダボア1aを気筒軸線Aを含むクランク軸と直角の平面で断面した時の温度分布を示し、各図の右側はシリンダボア1a内の燃焼室天井壁~ピストン頂面間の略中央にて気筒軸線Aと直交する平面で断面した時の温度分布を示す。また図25(a), (b), (c)は排気弁との間に隙間を有しないマスクを設けた場合の比較例の温度分布を示す。また、図24(c), 図25(c)における1hは、ピストン1bの凸条部を示し、この部分には新気もEGRガスも存在しない。

【0118】

図25に示すように、排気弁との間に隙間を有しないマスクを設けた場合には、EGR流Cが過度に吸気側に流れ、高温ガス層T1が吸気弁側に形成され、低温ガス層T2が排気弁側に形成されている。また高温ガス層T1が形成されている吸気弁側にも低温ガス層T2が形成されており、従って吸気弁側では高温ガス層T1と低温ガス層T2との温度差は大きくないと考えられる。

【0119】

一方、図24に示すように、ガイド壁隙間Dを有するガイド壁500を備えた場合には、排気弁側にEGR流Cが形成されるとともに、気筒中心側には気筒中心縦流Bが形成されている。これによりEGR流Cが過度に吸気弁側に流れるのが気筒中心縦流Bにより抑制され、その結果EGRガスが排気側に集まっており、高温ガス層T1が排気弁側に形成されていることが判る。

【0120】

また図26は、ピストン1bの頂面1gに湾曲形状の凸条部1h(図22参照)を設けた場合の効果を示し、図27は直線条の凸条部1h(図23参照)を備えた場合の効果を示す。

【0121】

前記湾曲条の凸条部1h, 直線条の凸条部1hの何れにもおいても、前記EGR流Cのピストン頂面上で反転する流れCを抑制する効果が得られている。また、前記凸条部1h, 1hによりEGRガスを排気弁側に留めることができ、排気弁側に高温ガス層T1が形成されていることがわかる。なかでも、湾曲状の凸条部1hを設けた場合には、排気弁側により多くのEGRガスを集めることができる。

10

20

30

40

50

【0122】

本実施形態によれば、吸気行程から圧縮行程の下死点付近において排気ポートから温度の高い排気を気筒内に再吸入するように構成したので、新気の吸入を終了したのちに排気を再吸入こととなり、EGRガスと新気が混合するのを抑制してEGRガスを偏在させることができ、温度差のある低温ガス層T2と高温ガス層T1を形成できる。

【0123】

さらに排気弁開口1e、1e部分にガイド壁隙間D及びガイド壁高さHを有するガイド壁500を設けたので、前記供給されたEGR流Cが吸気弁側に流れるのを抑制する気筒中心縦流Bを形成でき、EGRガスを排気弁側に留めることができる。これにより排気弁側に温度の高い高温ガス層T1を形成するとともに吸気弁側に低温ガス層T2を形成でき、かつ両者の温度差を明確にすることができる。また、燃焼室壁温が高い排気側に高温ガス層T1を形成したので、壁面冷却による高温ガス層T1の温度低下を抑制できる。

10

【0124】

その結果、温度の高い高温ガス層T1部分から燃焼が開始され、燃焼する部分が温度の低い低温ガス層T2に変化していくので、圧力上昇率が低くなり、ノッキングや燃焼騒音、あるいはエンジンの損傷といった問題を防止でき、さらに窒素酸化物の発生が抑制され、HCCI運転可能領域を拡大できる。

【0125】

さらまた前記ガイド壁500の、ガイド壁隙間Dを排気弁と排気弁開口とのシール面間寸法である流路幅Wより大きく設定するとともに、排気弁軸方向におけるガイド壁高さHを、前記ガイド壁隙間D程度に設定したので、排気行程における排気の排出の抵抗になることなくEGRガスがガイド壁500側を通過して気筒内に流入する気筒中心縦流Bを確実に発生させることができる。なお、ガイド壁高さHを大きくすれば、EGRガスの気筒中心縦流Bをより一層確実に形成できるが、排気排出抵抗が大きくなるおそれがある。

20

【0126】

また、ピストン1bの頂面1gに、排気弁側と吸気弁側とを仕切るように設けられた凸条部1hを備えたので、前記EGR流Cのピストン頂面1gで反転した流れCが吸気弁側に流れるのを抑制でき、この点からもEGRガスを排気弁側に留めることができ、排気弁側に高温ガス層T1を確実に形成できる。

【0127】

また、前記凸条部1hを、吸気弁側を底とする湾曲形状に形成したので、前記反転流Cの吸気弁側への流れをより確実に抑制でき、排気弁側に高温ガス層T1をより確実に形成することができる。

30

【0128】

さらにまた、吸気弁INが実質的に閉じた後において排気弁EXを実質的に再開するようにしたので、新気がEGRガスによって排出されるのを防止できる。

【0129】

また、前記排気弁EXの再開リフト量やタイミングを運転状況に応じて変化させるようにしたので、排気弁EXの再開リフト量、再開タイミング及び再開期間をエンジン負荷に応じて適切に制御することができる。

40

【0130】

なお、本発明におけるガイド壁の周長、高さ寸法、弁頭との隙間は、本願の各請求項に記載の発明の趣旨に反しない範囲であらゆるものが選択可能であり、前記実施形態に記載のものに限定されることはない。

【0131】

さらにまた前記燃焼室天井壁の、吸気弁開口1dと排気弁開口1eとの間に位置する平坦面であるいわゆるスキッシュエリアの側壁に形成された段差部分を利用して前記ガイド壁を構成しても良い。

【0132】

また、前記実施形態では、通常の排気行程を実行する排気弁をEGR弁に兼用したが、

50

EGR専用の弁を設けても勿論構わない。

【実施例3】

【0133】

図28～図30は、本発明の実施例3にかかるHCCIガソリンエンジンを説明するための図であり、図中、図1，図2と同一符号は同一又は相当部分を示す。

【0134】

前記実施例1，2では、気筒内の排気側に高温ガス層T1を、吸気側に低温ガス層T2を形成したが、本実施例3では、気筒内の、ピストン側（下側）部分内に高温ガス層T1を、燃焼室側（上側）部分内に低温ガス層T2を、上下に層状をなすように形成している。

10

【0135】

また筒内燃料噴射弁24は、6つの噴射口を有し、頂角約30度の円錐状に燃料を噴射するように構成されており、燃料を燃焼室の天井壁から気筒軸方向下方に噴射供給するように配置されている。また吸気ポート1d内に燃料を噴射するポート燃料噴射弁25が吸気ポート1dに配設されている。

【0136】

本実施例3では、排気ポート1eは、EGRガス流が図29において時計回りの排気スワール（横渦）Dを生成するようにその形状がいわゆるスワールポート形状に設定されている。詳細には、排気EX2に連なる排気第2ポート1gは、その中心軸g1の延長線が気筒1aの内周面に沿うように形成されている。また、排気弁EX1に連なる排気第1ポート1hは、その中心軸g2の延長線が前記気筒軸線Aより排気側を通るように湾曲形成されている。

20

【0137】

そしてHCCI運転領域では、排気弁EX1，EX2はその開状態が吸気行程の前半又は半ば付近まで維持され、また吸気弁IN2は閉状態に保持され、吸気弁IN1は吸気行程半ば又は後半付近で開となる。このようにして、排気弁EX1，2の吸気行程半ばにおける閉と、吸気弁IN1の吸気行程半ばにおける開とにより、及び排気ポート1eの形状によりEGRガスを気筒軸回りの旋回流として再吸入するEGRガス再吸入機構60が構成されている。また、吸気弁IN2を閉じるとともに吸気弁IN1のみを開閉させることにより新気をEGRガスと同じ回転方向の旋回流として吸入する新気吸入機構61とが構成されている。なお、吸気弁IN1，2を両方とも開閉するとともに、吸気ポート1dの形状をいわゆるスワールポートとすることにより、新気をEGRガスと同じ回転方向の旋回流としても良い。

30

【0138】

そして前記EGRガス再吸入機構60と新気吸入機構61とで、前記気筒1a内のピストン側部分に主としてEGRガスからなる高温ガス層T1を、燃焼室側部分に主として新気からなる低温ガス層T2を、層状をなすように形成する層状化機構71が構成されている。

【0139】

なお、HCCI運転域においては、排気弁EX1を閉じ、排気弁EX2のみからEGRガスを再吸入するようにしても良い。また、吸気弁IN2を閉状態に維持することに代えて、同方向にスワールを生成する吸気ポート形状として、IN1、IN2を同時に開としても良い。

40

【0140】

本実施例3では、排気弁EX1，2が、遅く（吸気行程上死点後90度付近）閉じられるとともに、排気ポートが特定のスワールポート形状に形成されていることから、排気ポートからEGRガスがスワールを生成しつつ気筒内に逆流し、気筒のピストン側（下部）に高温ガス層T1が形成される。また、吸気弁IN2を閉じたままで吸気弁IN1のみが開かれ、新気が前記EGRガス流と同じ方向のスワールを生成しつつ気筒内に吸引され、気筒内の燃焼室側（上部）に低温ガス層T2が形成される。

50

【 0 1 4 1 】

この場合、EGRガス及び新気の何れも同じ方向のswirlを生成しているので、EGRガスと新気との混合が抑制され、気筒内の上下に温度の異なる2つの層が形成される。

【 0 1 4 2 】

そして前記吸気弁IN1が閉じた後の圧縮行程前半において、筒内燃料噴射弁24から必要燃料量の例えば20%が噴射される。この噴射燃料は、低温ガス層T2を通過し、高温ガス層T1に到達する。これにより高温ガス層にも燃料が供給されて筒内の燃料濃度が略均一となる。

【 0 1 4 3 】

そのため圧縮上死点付近で、前記温度の高い部分が先に着火温度となり、この部分が着火し、遅れて温度の低い側が着火していく。その結果、着火後の圧力上昇率が低く抑えられ、緩慢な燃焼となることに加えて、燃焼温度が窒素酸化物の発生温度を越えるのを抑制でき、高負荷運転域でもHCCI運転が可能となる。一方、高温部分は圧縮による温度上昇をそれほど要することなく着火温度となるので、着火に必要な圧縮温度が高い低負荷運転域でも安定したHCCI運転が可能となる。

10

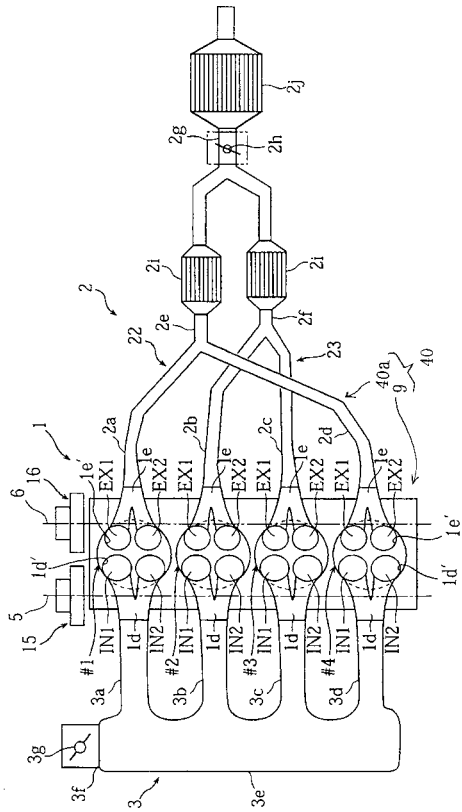
【 符号の説明 】

【 0 1 4 4 】

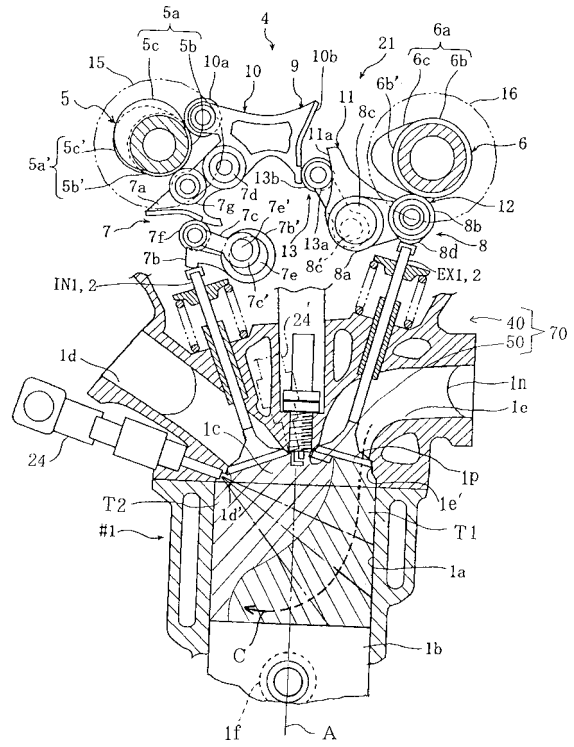
- 1 HCCIガソリンエンジン
- 1 a 気筒
- 1 3 筒内燃料噴射弁
- 4 0 ブローダウン圧力波過給機構
- 5 0 マスク
- 6 0 EGRガス再吸入機構
- 6 1 新気吸入機構
- 7 0 , 7 1 層状化機構
- T 1 高温ガス層
- T 2 低温ガス層

20

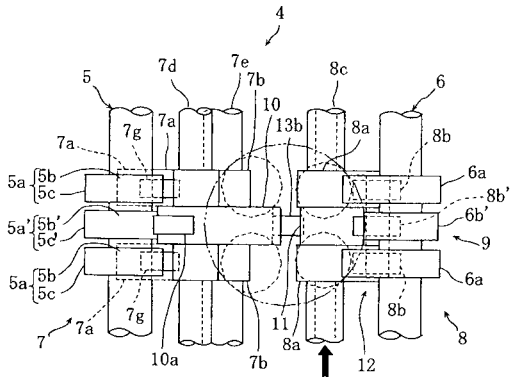
【 図 1 】



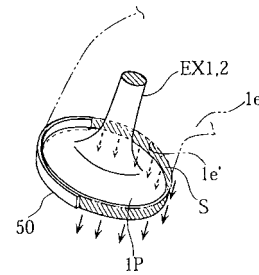
【 図 2 】



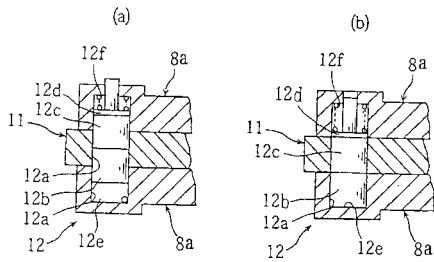
【 図 3 】



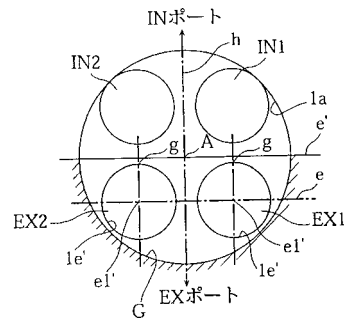
【 図 5 】



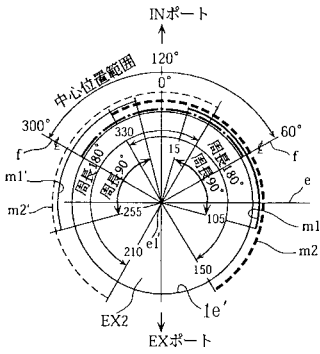
【 図 4 】



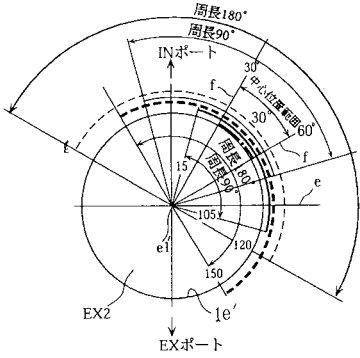
【 図 6 】



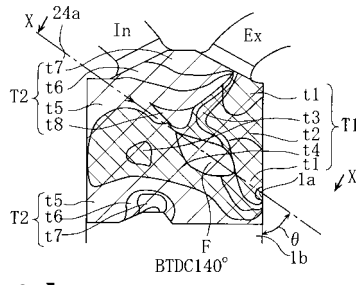
【 図 7 】



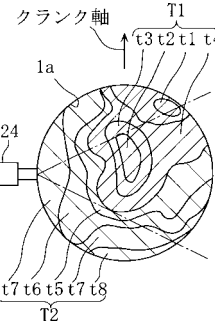
【 図 8 】



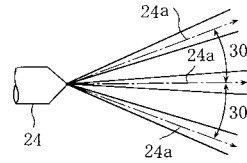
【 図 9 】



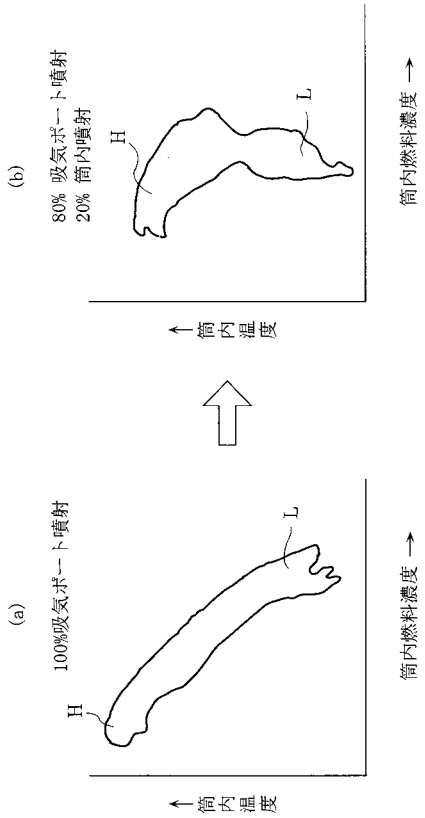
【 図 10 】



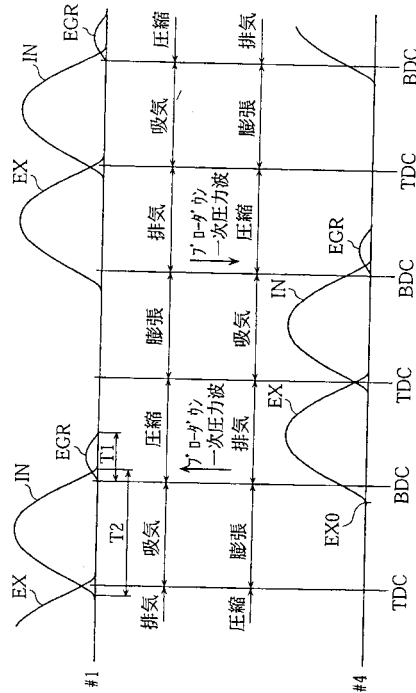
【 図 11 】



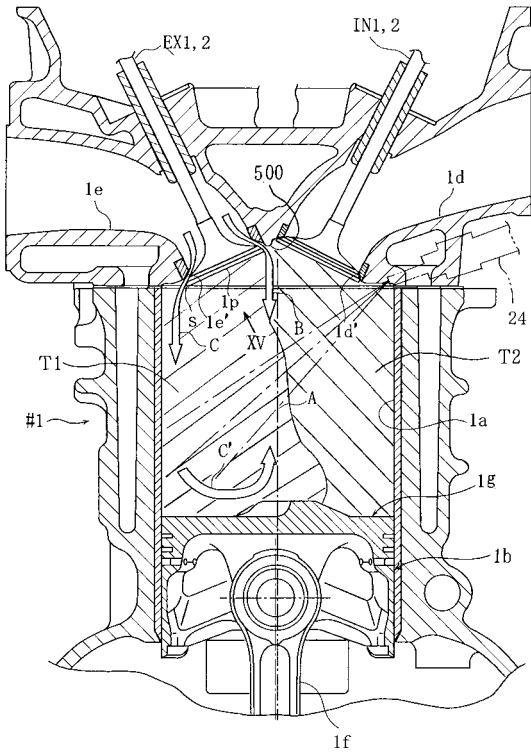
【 図 12 】



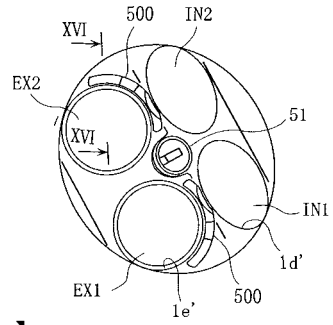
【 図 13 】



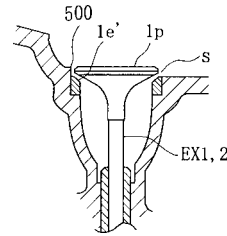
【図14】



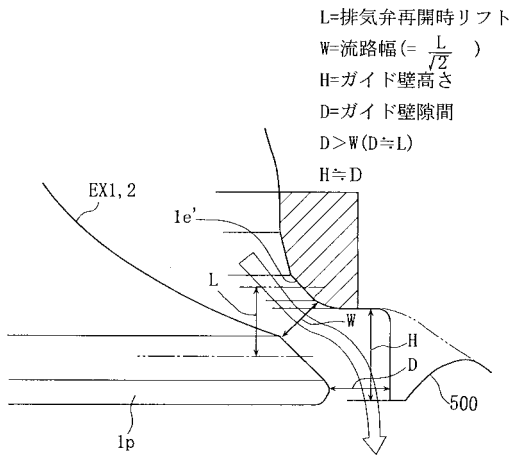
【図15】



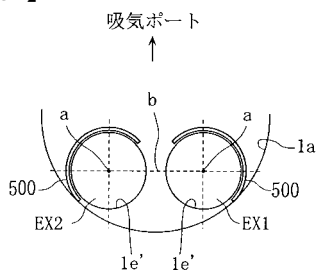
【図16】



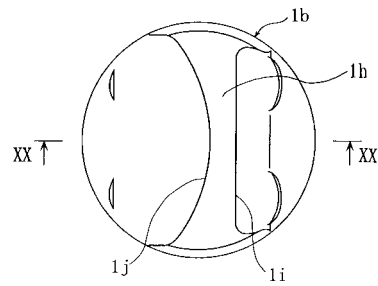
【図17】



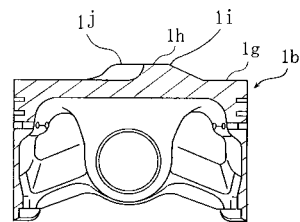
【図18】



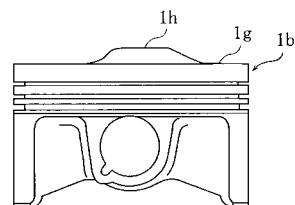
【図19】



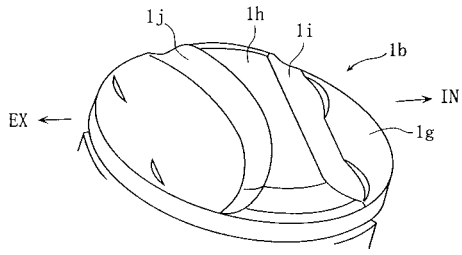
【図20】



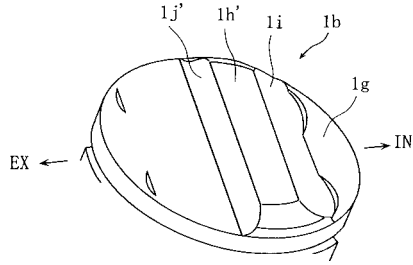
【図21】



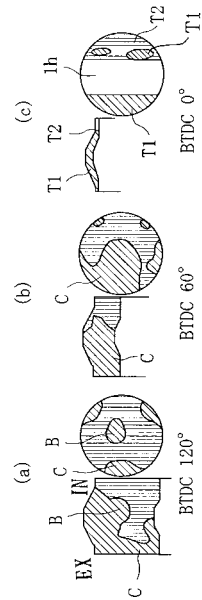
【 図 2 2 】



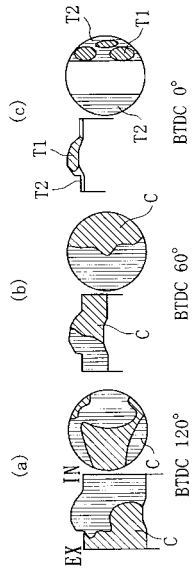
【 図 2 3 】



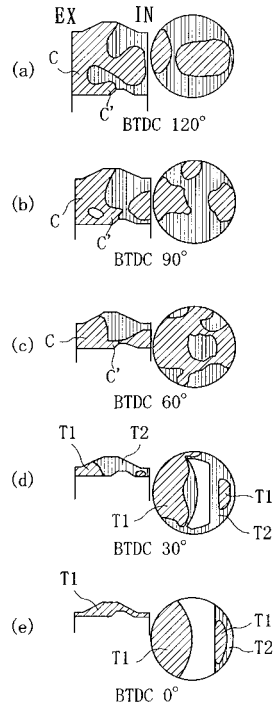
【 図 2 4 】



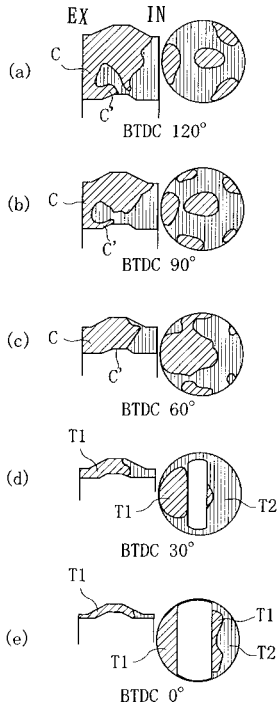
【 図 2 5 】



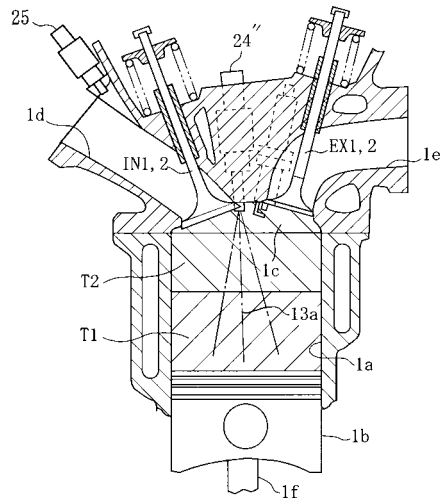
【 図 2 6 】



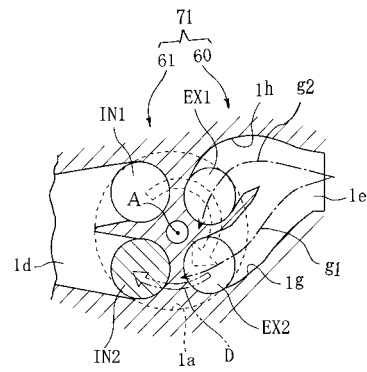
【 図 27 】



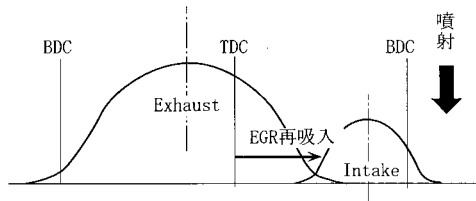
【 図 28 】



【 図 29 】



【 図 30 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 F 1/24 (2006.01)	F 0 2 B 17/00 L	3 G 3 0 1
F 0 2 D 13/02 (2006.01)	F 0 2 B 23/10 P	
F 0 2 F 1/42 (2006.01)	F 0 2 B 23/10 Q	
F 0 2 D 41/04 (2006.01)	F 0 2 B 23/10 D	
F 0 2 D 41/38 (2006.01)	F 0 2 F 1/24 F	
F 0 2 M 25/07 (2006.01)	F 0 2 D 13/02 K	
	F 0 2 F 1/42 F	
	F 0 2 B 23/10 3 1 0 E	
	F 0 2 F 1/24 J	
	F 0 2 D 13/02 E	
	F 0 2 D 41/04 3 5 1	
	F 0 2 D 41/04 3 8 5 A	
	F 0 2 D 41/38 B	
	F 0 2 D 41/04 3 7 0	
	F 0 2 M 25/07 5 1 0 B	
	F 0 2 M 25/07 5 7 0 A	

(72)発明者 森吉 泰生

千葉県千葉市稲毛区弥生町1-3-3 千葉大学大学院工学研究科内

(72)発明者 山田 敏生

神奈川県横浜市西区みなとみらい2-2-1-1 横浜ランドマークタワー37F 株式会社シーデー・アダプコ・ジャパン内

(72)発明者 高梨 淳一

栃木県芳賀郡芳賀町大字下高根沢4630 株式会社本田技術研究所四輪R&Dセンター内

(72)発明者 畑村 耕一

千葉県八千代市村上2101-3

Fターム(参考) 3G023 AA02 AA03 AA18 AB06 AC02 AC05 AD04 AD07 AD12 AG01
AG03

3G024 AA04 AA09 AA15 BA05 DA01 DA02 DA06 DA10

3G062 AA00 AA03 AA07 AA08 AA10 BA05 BA06 BA09 CA07 DA01
ED05 ED06 ED15

3G066 AA02 AA03 AA04 AA13 AB02 AD08 AD10 AD12 BA01 BA02
BA25 BA26 CC34 DA04

3G092 AA01 AA06 AA09 AA10 AA11 AB02 BA08 BB06 BB13 DA01
DA02 DA05 DA11 DA14 DE03S DF01 DF02 EA28 FA15 FA21
FA24 GA14 HA13X HD07X

3G301 HA01 HA04 HA06 HA16 HA19 JA02 JA21 LA07 LB04 MA19
MA23 PB05A PD15A PE10A