

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6694684号
(P6694684)

(45) 発行日 令和2年5月20日(2020.5.20)

(24) 登録日 令和2年4月22日(2020.4.22)

(51) Int.Cl.	F I				
FO2M 61/18	(2006.01)	FO2M	61/18	360J	
FO2B 15/00	(2006.01)	FO2B	15/00	A	
FO2B 23/00	(2006.01)	FO2B	23/00	C	
FO2B 23/10	(2006.01)	FO2B	23/10	R	

請求項の数 2 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-188463 (P2015-188463)	(73) 特許権者	000003137
(22) 出願日	平成27年9月25日(2015.9.25)		マツダ株式会社
(65) 公開番号	特開2017-61906 (P2017-61906A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43) 公開日	平成29年3月30日(2017.3.30)	(73) 特許権者	000004260
審査請求日	平成30年7月6日(2018.7.6)		株式会社デンソー
			愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜
		(74) 代理人	100059959
			弁理士 中村 稔
		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の運転領域において、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を気筒内の燃焼室に直接噴射して、圧縮上死点後に点火を行うエンジンであって、

上面の中央部に下方に凹んだキャビティが形成されたピストンと、

ペントルフ形状の燃焼室であって、天井が上記ペントルフ形状の稜線を有する燃焼室を形成するように構成されたシリンダヘッドと、

上記ピストンの中央部に対応する位置において、シリンダ軸線上に、シリンダ軸線と同一の方向に延びるように上記シリンダヘッドに配置され、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間において上記ピストンのキャビティ内に入るように燃料を噴射する燃料噴射弁と

10

、
上記燃料噴射弁が設けられた位置に対応する上記ピストンの中央部よりも径方向外側で、且つ上記ピストンのキャビティの上方に対応する位置において上記シリンダヘッドに配置された点火プラグと、を有し、

上記ピストンのキャビティは、シリンダ軸線に対して軸対称に形成され、

上記燃料噴射弁は、その燃料噴射弁の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口を有し、

上記各噴口は、圧縮上死点における上記燃焼室を、上記ピストンのキャビティの表面と、上記シリンダヘッドの下面である上記燃焼室の天井と、上記燃料噴射弁の長手軸線から互いに隣接する上記各噴口の間を通過して上記気筒の径方向に延びる垂直面とにより、上

20

記各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分し、この区分された複数の燃料噴射領域において、上記ペントルーフ形状の稜線の方向に延びるように区分された燃料噴射領域の容積を大きくし、かつ、上記ペントルーフ形状の稜線の方向に直交する方向に延びるように区分された燃料噴射領域を小さくしたとき、各噴口の噴射方向に位置する上記燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口の開口面積が大きくなるように形成されている、ことを特徴とするエンジン。

【請求項 2】

上記各噴口は、上記各噴口の開口面積比と、上記各噴口の噴射方向に位置する上記各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成されている、請求項 1 に記載のエンジン。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンに係わり、特に、所定の運転領域において、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を気筒内の燃焼室に直接噴射して、圧縮上死点後に点火を行うエンジンに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的には、ガソリン又はガソリンを主成分とする燃料を用いるエンジンでは、点火ラグによって着火する火花点火方式が広く採用されている。近年では、燃費の向上を図る観点などから、エンジンの幾何学的圧縮比として高圧縮比（例えば 1.4 以上）を適用して、ガソリン又はガソリンを主成分とする燃料を用いつつ、所定の運転領域において、圧縮自己着火（具体的には HCCI (Homogeneous-Charge Compression Ignition) と呼ばれる予混合圧縮自己着火）を行う技術が開発されている。

20

【0003】

このような圧縮自己着火を行うようにしたエンジンの燃焼室構造が、例えば特許文献 1 に開示されている。特許文献 1 には、高圧縮比エンジンに適用される燃焼室構造に関して、ピストン上面の中央部に形成されたキャビティ内を十分に掃気するように構成して、充填効率の向上を図った技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2014 - 43782 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記のような高圧縮比エンジンにおいては、所定の運転領域（例えば低回転・高負荷域）では、いわゆるプリイグニッション（過早着火）を抑制すべく、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料噴射弁の複数の噴口から燃料を噴射して、圧縮上死点後に点火ラグによる強制点火を行い、短期間で燃焼を完了させる必要がある。

【0006】

40

しかしながら、例えばエンジンの燃焼室天井が切妻型の屋根状（ペントルーフ形状）に形成されている場合、各噴口が燃料を噴射する方向における燃焼室の容積が不均等であり、且つ、燃料を噴射してから点火するまでの時間が短いことにより、火花点火時において燃焼室内に混合気の濃い部分と薄い部分とが生じる傾向にある、つまり燃焼室内の混合気の均質性が確保されない傾向にある。このように混合気の均質性が確保されなかった場合には、燃料を含む混合気が燃えずに排出されたり、燃焼すべきタイミングの後に燃焼（後燃え）が生じたりして、燃費が悪くなってしまう。加えて、スモークが発生して、エミッションも悪化してしまう。

【0007】

本発明は、上述した問題点を解決するためになされたものであり、圧縮行程後半から膨

50

張行程前半までの間に燃料を噴射して圧縮上死点後に点火を行うエンジンにおいて、点火時期における燃焼室内の混合気の均質性を適切に確保することができるエンジンを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するために、本発明によるエンジンは、所定の運転領域において、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を気筒内の燃焼室に直接噴射して、圧縮上死点後に点火を行うエンジンであって、上面の中央部に下方に凹んだキャビティが形成されたピストンと、ペントルフ形状の燃焼室であって、天井がペントルフ形状の稜線を有する燃焼室を形成するように構成されたシリンダヘッドと、ピストンの中央部に対応する位置において、シリンダ軸線上に、シリンダ軸線と同一の方向に延びるようにシリンダヘッドに配置され、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間においてピストンのキャビティ内に入るように燃料を噴射する燃料噴射弁と、燃料噴射弁が設けられた位置に対応するピストンの中央部よりも径方向外側で、且つピストンのキャビティの上方に対応する位置においてシリンダヘッドに配置された点火プラグと、を有し、ピストンのキャビティは、シリンダ軸線に対して軸対称に形成され、燃料噴射弁は、その燃料噴射弁の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口を有し、各噴口は、圧縮上死点における燃焼室を、ピストンのキャビティの表面と、シリンダヘッドの下面である燃焼室の天井と、燃料噴射弁の長手軸線から互いに隣接する各噴口の間を通過して気筒の径方向に延びる垂直面とにより、各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分し、この区分された複数の燃料噴射領域において、ペントルフ形状の稜線の方向に延びるように区分された燃料噴射領域の容積を大きくし、かつ、ペントルフ形状の稜線の方向に直交する方向に延びるように区分された燃料噴射領域を小さくしたとき、各噴口の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口の開口面積が大きくなるように形成されている、ことを特徴とする。

10

20

このように構成された本発明においては、燃料噴射弁の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口は、圧縮上死点における燃焼室を、ピストンのキャビティの表面と、シリンダヘッドの下面である燃焼室の天井と、燃料噴射弁の長手軸線から互いに隣接する各噴口の間を通過して気筒の径方向に延びる垂直面により、各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分し、この区分された複数の燃料噴射領域において、ペントルフ形状の稜線の方向に延びるように区分された燃料噴射領域の容積を大きくし、かつ、ペントルフ形状の稜線の方向に直交する方向に延びるように区分された燃料噴射領域を小さくしたとき、各噴口の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口の開口面積が大きくなるように形成されているので、エンジンの燃焼室がペントルフ形状に形成されていること等により各噴口の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域の容積に応じた量の燃料を各噴口から噴射させることができ、これにより、点火時期における燃焼室内の混合気の均質性を確保することができる。

30

【0009】

また、本発明において、好ましくは、各噴口は、各噴口の開口面積比と、各噴口の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成されている。

40

このように構成された本発明においては、各噴口から噴射される燃料の量を、各噴口の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積と比例させることができ、これにより、各燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域における混合気の濃度を揃えることができ、点火時期における燃焼室内の混合気の均質性を確実に確保することができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明のエンジンによれば、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を噴射して圧縮上死点後に点火を行うエンジンにおいて、燃焼室内の混合気の均質性を適切に確保することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の実施形態によるエンジンの 1 つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図である。

【図 2】本発明の実施形態によるピストンをシリンダ軸線方向の上方から見た平面図である。

【図 3】図 1 中の III - III に沿って見た、本発明の実施形態によるピストン及びシリンダヘッドなどの部分断面図である。

【図 4】本発明の実施形態による燃料噴射弁の先端部をその長手軸線方向の下方から見た平面図である。

【図 5】図 4 中の V - V に沿って見た、本発明の実施形態による燃料噴射弁の先端部の部分断面図である。

10

【図 6】本発明の実施形態によるエンジンの 1 つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域を示す図である。

【図 7】図 6 中の VII - VII に沿って見た、本発明の実施形態によるピストン及びシリンダヘッドなどの部分断面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口から噴射された燃料の噴霧輸送経路を示す図である。

【図 8】図 6 中の VIII - VIII に沿って見た、本発明の実施形態によるピストン及びシリンダヘッドなどの部分断面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口から噴射された燃料の噴霧輸送経路を示す図である。

20

【図 9】本発明の実施形態による燃料噴射弁の各噴口の噴口径及び噴射角を示す表である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態によるエンジンを説明する。

【 0 0 1 3 】

まず、本発明の実施形態の内容を説明する前に、本発明の実施形態によるエンジンの前提構成について簡単に説明する。本発明の実施形態によるエンジンは、幾何学的圧縮比が例えば 1.4 以上（好適には 1.8 ~ 2.0）である高圧縮比にて運転を行うと共に、所定の低負荷領域において、HCCI と呼ばれる予混合圧縮自己着火を行うものである。また、本発明の実施形態によるエンジンは、所定の運転領域（例えば低回転・高負荷域）において、プリイグニッションなどを抑制する観点から、圧縮行程後半から膨張行程前半までの間に燃料を噴射（リタード噴射）して、圧縮上死点後に点火を行うものである。このようなエンジンに係る前提構成は、車両内の ECU（Electronic Control Unit）による制御によって実現される。

30

【 0 0 1 4 】

次に、図 1 乃至図 3 を参照して、本発明の実施形態によるエンジンの燃焼室構造について具体的に説明する。

【 0 0 1 5 】

図 1 は、本発明の実施形態によるエンジンの 1 つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図であり、図 2 は、本発明の実施形態によるピストンをシリンダ軸線方向の上方から見た平面図であり、図 3 は、図 1 中の III - III に沿って見た、本発明の実施形態によるピストン及びシリンダヘッドなどの部分断面図である。なお、図 3 は、ピストンが圧縮上死点に位置するときの図を示している。

40

【 0 0 1 6 】

図 1 において、符合 Z は紙面直角方向に伸びるシリンダ軸線を示し、符合 Y は、紙面上下方向に伸びる、クランク軸線に対応する線分である。本実施形態によるエンジンでは、シリンダヘッド側の燃焼室天井が切妻型の屋根状（ペントルーフ形状）に形成された燃焼室が適用されている（図 3 も参照）。上記した符合 Y で示す線分は、燃焼室を構成するペントルーフ形状の稜線（以下では適宜「ペントルーフ稜線」と呼ぶ。）に相当する。また

50

、符号 X は、燃焼室の中心を通り、つまりシリンダの中心軸線を通り、ペントルーフ稜線 Y に直交する線分を示す。なお、図 3 は、このようなペントルーフ稜線 Y に直交する線分 X に沿った面で切断した、ピストン及びシリンダヘッドなどの一部分の断面図である。

【 0 0 1 7 】

図 1 に示すように、1つの気筒（シリンダ）には、ペントルーフ稜線 Y を挟んで一方側（図中左側）の領域に、2つの吸気バルブ 1 が配設されている。この2つの吸気バルブ 1 は、ペントルーフ稜線 Y 方向に並んで配設されている。図 1 中の符号 5 は、吸気バルブ 1 により開閉される吸気ポートを示している。また、1つの気筒には、ペントルーフ稜線 Y を挟んで他方側（図中右側）の領域に、2つの排気バルブ 2 が配設されている。2つの排気バルブ 2 は、ペントルーフ稜線 Y 方向に並んで配設されている。図 1 中の符号 6 は、排気バルブ 2 により開閉される排気ポートを示している。また、シリンダ軸線 Z 上に、1つの燃料噴射弁 3 が配設されている。加えて、2つの吸気バルブ 1 及び2つの排気バルブ 2 のそれぞれの間、2つの点火プラグ 4 が配設されている。

10

【 0 0 1 8 】

次に、図 2 に示すように、ピストン 1 0 の上面の中央部には、下方に凹んだキャビティ 1 1 が形成されている（図 3 も参照）。具体的には、キャビティ 1 1 は、シリンダ軸線 Z 方向から見たときにほぼ円形となるように形成されており、中央部に、山形の突起部 1 1 a が形成され、且つ、この突起部 1 1 a の径方向外側に、突起部 1 1 a よりも高さの低い凹部 1 1 b が突起部 1 1 a を取り囲むように形成されている。このようなキャビティ 1 1 の突起部 1 1 a の真上に、燃料噴射弁 3 が配置されており、また、キャビティ 1 1 の凹部 1 1 b 内に、2つの点火プラグ 4 が配置されている（図 1 及び図 3 も参照）。

20

【 0 0 1 9 】

更に、ピストン 1 0 の上部には、キャビティ 1 1 の外縁からピストン 1 0 の上面の外縁まで延び、キャビティ 1 1 の径方向外側を取り囲む環状部 1 3 が設けられている。この環状部 1 3 には、例えば 1 mm 程度、下方に凹んだ4つのバルブリセス 1 5 が設けられている。4つのバルブリセス 1 5 は、それぞれ、2つの吸気バルブ 1 に対応する位置及び2つの排気バルブ 2 に対応する位置に設けられている。また、4つのバルブリセス 1 5 のそれぞれの間の部分 1 7 は、凹んでおらず（つまりバルブリセス 1 5 よりも高さが高くなっている）、ほぼ平坦となっている。以下では、4つのバルブリセス 1 5 のそれぞれの間の部分 1 7 を適宜「ピストン上面部 1 7」と呼ぶ。

30

【 0 0 2 0 】

次に、図 3 に示すように、燃料噴射弁 3 は、ピストン 1 0 の中央部に対応するシリンダヘッド 4 0 上の箇所（図 3 の符号 4 1）に設けられ、具体的には当該燃料噴射弁 3 の長手軸線が上記したシリンダ軸線 Z に沿うように設けられ、燃焼室 3 0 内に燃料を直接噴射する。燃料噴射弁 3 は、複数の噴口 2 7 を有しており、これらの噴口 2 7 からシリンダ軸線 Z について軸対称に傘状に燃料を噴霧する。この場合、燃料噴射弁 3 は、前述した ECU による制御の下で圧縮行程後半から膨張行程前半までの間（例えば上死点前 60°）に噴射した燃料が、ピストン 1 0 のキャビティ 1 1 内に入るように（図 3 の矢印参照）、言い換えるとピストン 1 0 の環状部 1 3 やシリンダ側壁（例えばシリンダライナなど）に衝突しないように、各噴口 2 7 からの燃料の噴射角 が設定されている。また、燃料噴射弁 3 は、燃料噴射位置からキャビティ 1 1 に燃料が衝突する位置までの噴霧衝突距離が、燃料噴射位置から燃料の初期分裂が生じる位置までの長さ（分裂長さ）よりも大きくなるように、噴射角 が設定されている。

40

なお、噴射角 は、燃料噴射弁 3 の長手軸線（即ちシリンダ軸線 Z）を基準にして規定された、各噴口 2 7 からの燃料の噴射方向の傾斜角に相当する。また、燃料噴射弁 3 には、比較的高い燃圧（例えば 40 MPa ~ 120 MPa）にて燃料が供給される。

【 0 0 2 1 】

更に、2つの点火プラグ 4 は、それぞれ、ピストン 1 0 の中央部よりも径方向外側で、且つピストン 1 0 のキャビティ 1 1 の上方に対応するシリンダヘッド 4 0 上の箇所（図 3 の符号 4 2）に設けられている。つまり、点火プラグ 4 は、その先端部の電極 4 a が径方向においてキャビテ

50

ィ 1 1 内に含まれるような位置に設けられている。また、点火プラグ 4 は、電極 4 a が燃焼室天井 3 0 a (言い換えるとシリンダヘッド 4 0 の下面である。以下同様とする。) に沿うように配置されている。詳しくは、点火プラグ 4 は、燃焼室 3 0 への電極 4 a の突出をできるだけ抑えつつ、電極 4 a 部分の傾斜方向が燃焼室天井 3 0 a の傾斜に沿うように、シリンダヘッド 4 0 に設けられている。

【 0 0 2 2 】

なお、図 3 において、符号 S A を付したエリアは、ピストン上面部 1 7 と燃焼室天井 3 0 a との隙間に形成される空間である、スキッシュエリアを示している。このようなスキッシュエリア S A は、ピストン上面部 1 7 と燃焼室天井 3 0 a との隙間だけでなく、吸気バルブ 1 及び排気バルブ 2 に対応する位置に設けられたバルブリセス 1 5 (図 2 参照) の上面と燃焼室天井 3 0 a との隙間にも形成される。

10

【 0 0 2 3 】

次に、図 4 及び図 5 により、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 について詳細に説明する。図 4 は、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の先端部をその長手軸線方向の下方から見た平面図であり、図 5 は、図 4 中の V - V に沿って見た、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の先端部の部分断面図である。

【 0 0 2 4 】

図 4 及び図 5 に示すように、燃料噴射弁 3 は、燃料噴射弁 3 の長手軸線方向に延びる有底円筒状のバルブボディを備えており、このバルブボディ 1 9 の内部に、燃料噴射弁 3 の長手軸線方向に延びる円柱状のニードル 2 1 が配置されている。ニードル 2 1 は、高応答性ソレノイド (図示せず) により、燃料噴射弁 3 の長手軸線に沿って上下に駆動される。バルブボディ 1 9 の底面は下方に凹んだ凹球面状に形成され、この底面の外周部分には、高応答性ソレノイドにより下方に移動したニードル 2 1 の先端部が押接されるシート部 2 3 が形成されている。また、バルブボディ 1 9 の内周面とニードル 2 1 の外周面との間の空間は、燃料通路 2 5 となっている。更に、バルブボディの底面において、シート部 2 3 よりも先端側には、複数の噴口 2 7 が形成されている。

20

【 0 0 2 5 】

各噴口 2 7 は、燃料噴射弁 3 の長手軸線を囲む周方向に配置され、長手軸線から所定の噴射角 傾斜した方向へ向けて燃料を噴射するように形成されている。本実施形態では、図 4 に示すように、燃料噴射弁 3 には 1 0 個の噴口 2 7 が、燃料噴射弁 3 の長手軸線を囲む周方向に等角度間隔 (即ち 3 6 ° 間隔) で配置されている。また、図 5 に示すように、各噴口 2 7 は、その中心軸線と燃料噴射弁 3 の長手軸線との成す角が となるように形成される。

30

【 0 0 2 6 】

次に、図 6 乃至図 9 を参照して、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の噴口 2 7 の大きさ及び噴射角について説明する。

【 0 0 2 7 】

図 6 は、本発明の実施形態によるエンジンの 1 つの気筒をシリンダ軸線方向の下方から見た概略平面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の各噴口 2 7 の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域を示す図である。また、図 7 及び図 8 は、それぞれ、図 6 中の VII - VII 及び VIII - VIII に沿って見た、本発明の実施形態によるピストン 1 0 及びシリンダヘッド 4 0 などの部分断面図であって、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の各噴口 2 7 から噴射された燃料の噴霧輸送経路を示す図である。また、図 9 は、本発明の実施形態による燃料噴射弁 3 の各噴口 2 7 の噴口径及び噴射角を示す表である。

40

【 0 0 2 8 】

まず、図 6 に示すように、各噴口 2 7 の大きさを決定するため、圧縮上死点における燃焼室 3 0 を、燃料噴射弁 3 の長手軸線から互いに隣接する各噴口 2 7 の中間を通して気筒の径方向に延びる仮想的な垂直面により、複数の燃料噴射領域に区分する。

図 6 の例では、燃料噴射弁 3 の 1 0 個の噴口 2 7 を、それぞれ記号 A 乃至 J で表すと共に、各噴口 2 7 が向けられた方向を一点鎖線で示している。即ち、気筒をシリンダ軸線方

50

向の下方から見てペントルーフ稜線 Y 方向に沿って図 6 の紙面上方に向けられた噴口 27 を A とし、他の噴口 27 を時計回りに B 乃至 J としている。

そして、燃料噴射弁 3 の長手軸線（即ちシリンダ軸線 Z）から互いに隣接する噴口 A と噴口 B との間を通過して気筒の径方向に延びる仮想的な垂直面 P_{AB} と、互いに隣接する噴口 J と噴口 A との間を通過して気筒の径方向に延びる仮想的な垂直面 P_{JA} とにより、噴口 A の噴射方向に位置する燃料噴射領域 V_A が区分される。同様に、各噴口 B 乃至 J の噴射方向に位置する燃料噴射領域 V_B 乃至 V_J が区分される。図 6 に示すように、これらの各燃料噴射領域は平面視で扇形に形成され、燃料噴射弁 3 の長手軸線を囲む周方向に配置されている。

【 0 0 2 9 】

上述のように燃焼室 30 を各噴口 27 に対応する複数の燃料噴射領域に区分した場合において、各噴口 27 は、各噴口 27 の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口 27 の開口面積が大きくなるように形成されている。より好ましくは、各噴口 27 は、各噴口 27 の開口面積比と、各噴口 27 の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成される。

【 0 0 3 0 】

図 6 の例では、各燃料噴射領域の中で、燃料噴射領域の高さ（即ちピストン 10 の上面と燃焼室天井 30 a との距離）が最も高くなるペントルーフ稜線 Y 方向に延びるように区分された燃料噴射領域 V_A 及び V_F の容積が最も大きく、ペントルーフ稜線 Y に直交する線分 X に最も近い方向に延びるように区分された燃料噴射領域 V_C 、 V_D 、 V_H 、 V_I の容積が最も小さい。図 9 に示すように、本実施形態では、最も小さい燃料噴射領域 V_C 、 V_D 、 V_H 、 V_I の容積を 1 とした場合、各燃料噴射領域の容積比は、 $(V_C、V_D、V_H、V_I) : (V_B、V_E、V_G、V_J) : (V_A、V_F) = 1 : 1 . 1 : 1 . 3$ となっている。

【 0 0 3 1 】

本実施形態では、各噴口 27 は、各噴口 27 の開口面積比が、各噴口 27 の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比と一致するように、即ち、 $(C、D、H、I) : (B、E、G、J) : (A、F) = 1 : 1 . 1 : 1 . 3$ となるように、且つ、円形の各噴口 27 の噴口径の平均値が 0 . 1 0 0 mm となるように噴口径を設定している。具体的には、図 9 に示すように、噴口 C、D、H、I の噴口径が 0 . 0 9 5 mm、噴口 B、E、G、J の噴口径が 0 . 1 0 0 mm、噴口 A、F の噴口径が 1 . 3 mm に設定されている。

【 0 0 3 2 】

また、各噴口 27 の噴射角を決定するため、各噴口 27 から噴射された燃料がキャピティ 11 を介して燃焼室天井 30 a に到達するまでの経路の長さである噴霧輸送経路長を特定する。

噴霧輸送経路長は、燃料噴射弁 3 の噴口 27 から噴射角 θ で噴射された燃料がキャピティ 11 の表面に衝突する位置までの距離と、燃料がキャピティ 11 の表面に衝突した位置からキャピティ 11 の凹部 11 b を経由して燃焼室天井 30 a に到達するまでの移動距離との和として求められる。

図 7 の例では、噴口 C の噴霧輸送経路長 L_C は、噴口 C から噴射角 θ_C で噴射された燃料がキャピティ 11 の表面に衝突する位置までの距離 L_{C1} と、燃料がキャピティ 11 の表面に衝突した位置からキャピティ 11 の凹部 11 b を経由して燃焼室天井 30 a に到達するまでの移動距離 L_{C2} との和であり、噴口 H の噴霧輸送経路長 L_H は、噴口 H から噴射角 θ_H で噴射された燃料がキャピティ 11 の表面に衝突する位置までの距離 L_{H1} と、燃料がキャピティ 11 の表面に衝突した位置からキャピティ 11 の凹部 11 b を経由して燃焼室天井 30 a に到達するまでの移動距離 L_{H2} との和である。

また、図 8 の例では、噴口 A の噴霧輸送経路長 L_A は、噴口 A から噴射角 θ_A で噴射された燃料がキャピティ 11 の表面に衝突する位置までの距離 L_{A1} と、燃料がキャピティ 11 の表面に衝突した位置からキャピティ 11 の凹部 11 b を経由して燃焼室天井 30 a に到達するまでの移動距離 L_{A2} との和であり、噴口 F の噴霧輸送経路長 L_F は、噴口 F から噴射角 θ_F で噴射された燃料がキャピティ 11 の表面に衝突する位置までの距離 L_{F1} と、燃

10

20

30

40

50

料がキャビティ 1 1 の表面に衝突した位置からキャビティ 1 1 の凹部 1 1 b を経由して燃焼室天井 3 0 a に到達するまでの移動距離 L_{F2} との和である。

【 0 0 3 3 】

ここで、噴口 2 7 の噴射角が同一の場合、各噴口 2 7 の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さが高いほど（即ちキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d から燃焼室天井 3 0 a までの距離が長いほど）、噴霧輸送経路長は長くなる。また、各噴口 2 7 の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さが同一の場合には、噴口 2 7 の噴射角 が大きいほど噴霧輸送経路長が短くなる。

そこで、本実施形態では、各噴口 2 7 を、各噴口 2 7 の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さが高いほどその噴口 2 7 の噴射角が大きくなるように形成することで、各噴口 2 7 の噴霧輸送経路長が等しくなるようにしている。

【 0 0 3 4 】

図 6 の例では、各噴口 2 7 の中で、ペントルフ稜線 Y に直交する線分 X に最も近い方向に向けられた噴口 C、D、H、I の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さが最も低く、ペントルフ稜線 Y 方向に向けられた噴口 A、F の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さが最も高い。

例えば、図 7 及び図 8 に示すように、噴口 C の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さを h_C と、噴口 H の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さを h_H とは等しいが、噴口 A の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さを h_A 及び噴口 F の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さを h_F は、それぞれ h_C よりも高い。そこで、噴口 C の噴射角 θ_C と噴口 H の噴射角 θ_H を等しくし、噴口 A の噴射角 θ_A 及び噴口 F の噴射角 θ_F を、噴口 C の噴射角 θ_C よりも大きくすることで、噴口 A、C、F 及び H の噴霧輸送経路長が等しくなるようにしている。

【 0 0 3 5 】

本実施形態では、図 9 に示すように、噴口 C、D、H、I の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さ h_C 、 h_D 、 h_H 、 h_I を 0 mm とした場合、噴口 B、E、G、J の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さ h_B 、 h_E 、 h_G 、 h_J は 0.90 mm、噴口 A、F の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室天井 3 0 a の高さ h_A 、 h_F は 2.80 mm となっている。

また、燃焼室天井 3 0 a の高さが最も低い噴口 C、D、H、I の噴射角 θ_C 、 θ_D 、 θ_H 、 θ_I を 50° としたときの噴霧輸送経路長 L_C 、 L_D 、 L_H 、 L_I は 40 mm である。

この場合、噴口 B、E、G、J の噴射角 θ_B 、 θ_E 、 θ_G 、 θ_J を 52° とし、噴口 A、F の噴射角 θ_A 、 θ_F を 55° とすることにより、各噴口 2 7 の噴霧輸送経路長が 40 mm となり、全ての噴口 2 7 の噴霧輸送経路長が等しくなる。

【 0 0 3 6 】

次に、本発明の実施形態のさらなる変形例を説明する。

上記した実施形態では、燃焼室 3 0 がペントルフ形状に形成されたエンジンを示したが（図 3 等参照）、本発明は、燃焼室 3 0 がペントルフ形状ではない形状（例えば半球型やバスタブ型など）に形成されたエンジンにも適用可能である。

また、上記した実施形態では、10 個の噴口 2 7 を備えた燃料噴射弁 3 を示したが、本発明は、これとは異なる複数の噴口 2 7 を備えた燃料噴射弁 3 を有するエンジンにも適用可能である。

【 0 0 3 7 】

次に、上述した本発明の実施形態及び本発明の実施形態の変形例によるエンジンの作用

10

20

30

40

50

効果を説明する。

【 0 0 3 8 】

まず、燃料噴射弁 3 の長手軸線を囲む周方向に配置された複数の噴口 2 7 は、圧縮上死点における燃焼室 3 0 を、燃料噴射弁 3 の長手軸線から互いに隣接する各噴口 2 7 の中間を通過して気筒の径方向に延びる垂直面により、各噴口 2 7 の噴射方向に位置する複数の燃料噴射領域に区分したとき、各噴口 2 7 の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が大きいほどその噴口 2 7 の開口面積が大きくなるように形成されているので、エンジンの燃焼室 3 0 がペントルーフ形状に形成されていること等により各噴口 2 7 の噴射方向に位置する燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域の容積に応じた量の燃料を各噴口 2 7 から噴射させることができ、これにより、点火時期における燃焼室 3 0 内の混合気の均質性を確保することができる。

10

【 0 0 3 9 】

特に、各噴口 2 7 は、各噴口 2 7 の開口面積比と、各噴口 2 7 の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積比とが一致するように形成されているので、各噴口 2 7 から噴射される燃料の量を、各噴口 2 7 の噴射方向に位置する各燃料噴射領域の容積と比例させることができ、これにより、各燃料噴射領域の容積が異なっても、各燃料噴射領域における混合気の濃度を揃えることができ、点火時期における燃焼室 3 0 内の混合気の均質性を確実に確保することができる。

【 0 0 4 0 】

また、燃料噴射弁 3 の長手軸線を囲む周方向に配置され且つ長手軸線から所定の噴射角傾斜した方向へ向けて燃料を噴射する複数の噴口 2 7 は、各噴口 2 7 の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室 3 0 の天井高さが高いほど、その噴口 2 7 の噴射角が大きくなるように形成されているので、各噴口 2 7 の噴射方向におけるキャビティ 1 1 の縁端部 1 1 d に対応する位置の燃焼室 3 0 の天井高さが高いことによる噴霧輸送経路長の増大を、噴口 2 7 の噴射角の拡大により抑制することができ、これにより、各噴口 2 7 から噴射された燃料が燃焼室天井 3 0 a に到達する時期を揃えることができ、点火時期における燃焼室 3 0 内の混合気の均質性を確実に確保することができる。

20

【 0 0 4 1 】

特に、各噴口 2 7 の噴射角は、各噴口 2 7 から噴射された燃料がキャビティ 1 1 を介して燃焼室 3 0 の天井に到達するまでの経路の長さである噴霧輸送経路長が、点火プラグ 4 に最も近い噴口 2 7 の噴霧輸送経路長と等しくなるように設定されているので、各噴口 2 7 から噴射された燃料が燃焼室天井 3 0 a に到達する時期を、点火プラグ 4 に最も近い噴口 2 7 から噴射された燃料を含む混合気が点火プラグ 4 周辺に到達する時期に揃えることができ、これにより、点火時期における燃焼室 3 0 内の混合気の均質性を確保しつつ、点火プラグ 4 による着火性も適切に確保することができる。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 4 2 】

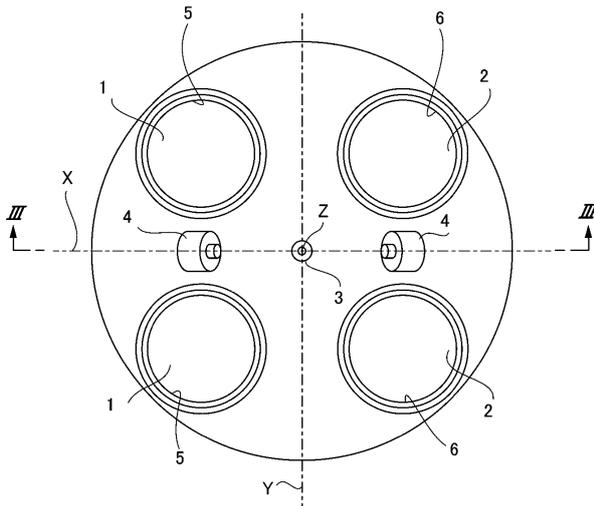
- 1 吸気バルブ
- 2 排気バルブ
- 3 燃料噴射弁
- 4 点火プラグ
- 4 a 電極
- 5 吸気ポート
- 6 排気ポート
- 1 0 ピストン
- 1 1 キャビティ
- 1 1 a 突起部
- 1 1 b 凹部
- 1 1 c キャビティの曲面
- 1 1 d キャビティの縁端部

40

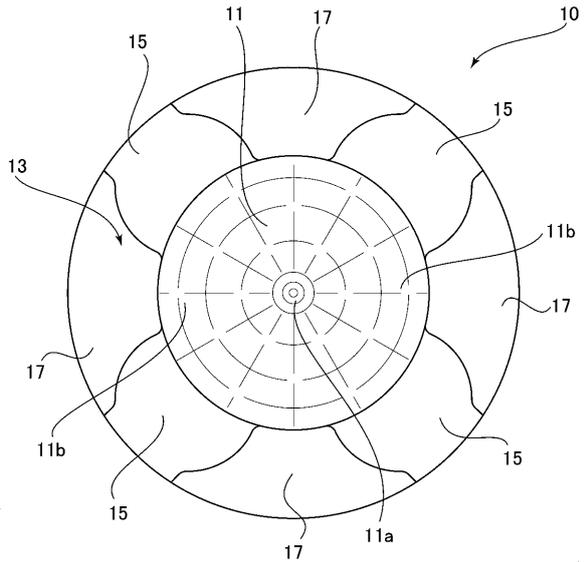
50

- 1 3 環状部
- 1 5 バルブリセス
- 1 7 ピストン上面部
- 1 9 バルブボディ
- 2 1 ニードル
- 2 3 シート部
- 2 5 燃料通路
- 2 7 噴口
- 3 0 燃焼室
- 3 0 a 燃焼室天井
- 4 0 シリンダヘッド

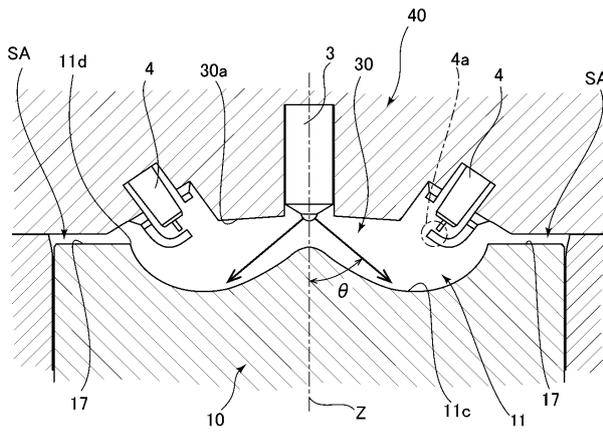
【図1】



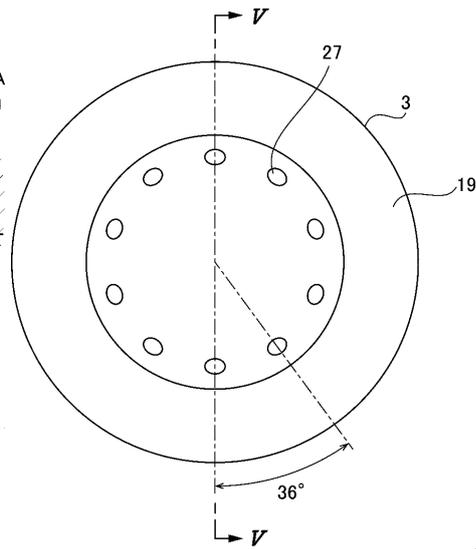
【図2】



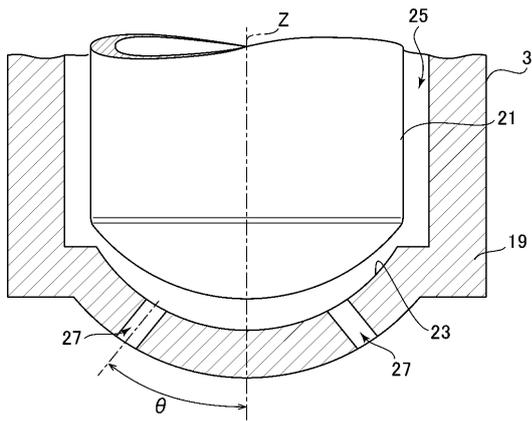
【図3】



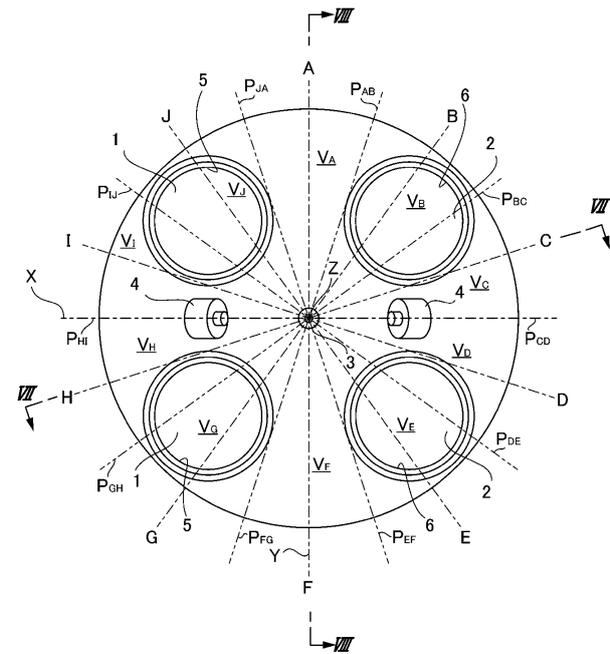
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

- (74)代理人 100168871
弁理士 岩上 健
- (72)発明者 疋田 孝幸
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 山川 正尚
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 漆原 友則
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 長津 和弘
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 藤川 竜也
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 養祖 隆
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 長野 高皓
広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内
- (72)発明者 川井 佑紀
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
- (72)発明者 早水 俊文
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

審査官 村山 禎恒

- (56)参考文献 特開2010-053710(JP,A)
特開平06-221163(JP,A)
特開2005-155624(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02M 39/00-71/04
F02B 15/00
F02B 23/00
F02B 23/10