

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4542018号
(P4542018)

(45) 発行日 平成22年9月8日(2010.9.8)

(24) 登録日 平成22年7月2日(2010.7.2)

(51) Int.Cl.	F I	
FO2B 23/10 (2006.01)	FO2B 23/10	R
FO2D 41/06 (2006.01)	FO2D 41/06	335Z
FO2F 3/28 (2006.01)	FO2B 23/10	P
FO2M 61/14 (2006.01)	FO2B 23/10	T
FO2M 61/18 (2006.01)	FO2F 3/28	B
請求項の数 11 (全 18 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2005-297974 (P2005-297974)	(73) 特許権者	509186579 日立オートモティブシステムズ株式会社 茨城県ひたちなか市高場2520番地
(22) 出願日	平成17年10月12日(2005.10.12)	(74) 代理人	100091096 弁理士 平木 祐輔
(65) 公開番号	特開2007-107436 (P2007-107436A)	(72) 発明者	木原 裕介 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
(43) 公開日	平成19年4月26日(2007.4.26)	(72) 発明者	助川 義寛 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
審査請求日	平成19年12月21日(2007.12.21)	(72) 発明者	土田 健二 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 エンジンの燃料噴射制御方法、及び、それに用いられるインジェクタを有するエンジン

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ピストンとシリンダヘッドとの間のシリンダブロック内に形成される燃焼室と、前記シリンダヘッドに取り付けられる点火プラグと、前記燃焼室の吸気側に取り付けられ該燃焼室内に燃料を直接噴射するインジェクタと、を有するエンジンの燃料噴射制御方法であって、

前記インジェクタは、前記点火プラグの電極部の下方を指向する燃料の上側噴霧を生成する上側噴霧用噴口と、該上側噴霧よりピストン側で且つ該上側噴霧のほぼ真下を指向する燃料の中心噴霧を生成する中心噴霧用噴口と、該中心噴霧の周囲で且つ吸気弁が動作する範囲外を指向する燃料の複数の側方噴霧を生成する複数の側方噴霧用噴口と、を有し、

複数の前記側方噴霧用噴口の前記側方噴霧の燃料の指向方向は、前記ピストンが前記エンジンの運転中の特定位置に移動するタイミング時に、前記ピストンの冠面外周部を狙うように生成され、

前記インジェクタからの燃料の噴射時期は、前記エンジンの運転状態に基づいて制御されることを特徴とするエンジンの燃料噴射制御方法。

【請求項2】

前記ピストンの前記特定位置は、前記ピストンの吸気上死点後90度前後であることを特徴とする請求項1に記載のエンジンの燃料噴射制御方法。

【請求項3】

前記上側噴霧は、前記中心噴霧に比して前記ピストンの冠面に衝突せず、前記点火プ

ラグの電極部側に生成され、前記中心噴霧による空気流動より速い空気流動を生じること
を特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のエンジンの燃料噴射制御方法。

【請求項 4】

前記上側噴霧は、1 つ又は複数の上側噴霧用噴口から噴射された 1 本又は複数本の燃料
噴霧により構成されることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のエンジ
ンの燃料噴射制御方法。

【請求項 5】

前記上側噴霧は、前記シリンダヘッドに当たらない燃料噴霧を生成することを特徴とす
る請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のエンジンの燃料噴射制御方法。

【請求項 6】

前記中心噴霧は、1 つ又は複数の前記中心噴霧用噴口から噴射された 1 本又は複数本の
燃料噴霧により形成されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のエン
ジンの燃料噴射制御方法。

【請求項 7】

燃料の前記噴射時期は、前記エンジンの冷機始動時には前記ピストンの圧縮上死点前 3
0 度以降圧縮上死点までとなるように制御し、暖気後には前記ピストンの吸気上死点後 9
0 度前後となるように制御することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の
エンジンの燃料噴射制御方法。

【請求項 8】

ピストンとシリンダヘッドとの間のシリンダブロック内に形成される燃焼室と、前記シ
リンダヘッドに取り付けられる点火プラグと、前記燃焼室の吸気側に取り付けられて該燃
焼室内に燃料を直接噴射するインジェクタと、を有するエンジンであって、

前記インジェクタは、前記点火プラグの電極部の下方に指向する燃料の上側噴霧を生成
する上側噴霧用噴口と、該上側噴霧よりピストン側で且つ該上側噴霧のほぼ真下に指向す
る中心噴霧を生成する中心噴霧用噴口と、該中心噴霧の周囲で且つ吸気弁が動作する範囲
外を指向する複数の側方噴霧を生成する複数の側方噴霧用噴口と、を有し、

前記インジェクタの前記複数の側方噴霧用噴口は、前記ピストンが特定位置に移動する
タイミング時に、燃料の前記側方噴霧が前記ピストンの冠面外周部を狙う指向方向に形成
されていることを特徴とするエンジン。

【請求項 9】

前記ピストンの前記特定位置は、前記ピストンの吸気上死点後 9 0 度前後であることを
特徴とする請求項 8 に記載のエンジン。

【請求項 10】

前記ピストンは、前記点火プラグの下方位置のピストン冠面に、吸気側が低く、排気側
が高くなるような段差を形成していることを特徴とする請求項 8 に記載のエンジン。

【請求項 11】

前記ピストンは、前記点火プラグの下方位置のピストン冠面に、凸形状部を形成してい
ることを特徴とする請求項 8 に記載のエンジン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンジンの燃料噴射制御方法、及び、それに用いられるエンジン（火花点火
式内燃機関）に係り、特に、複数の噴口を有するマルチホール型インジェクタによって燃
焼室内に燃料を直接噴射するエンジンの燃料噴射制御方法及びそれに用いられるエンジン
に関する。

【背景技術】

【0002】

筒内直接噴射式エンジンにおいては、複数の噴口を有するマルチホール型インジェクタ
を用い、各噴口から燃料を噴射することによって、複数の燃料噴霧が気筒内の点火プラグ
の電極を挟むように燃料噴射方向を指向させると共に、燃料噴射時期を圧縮行程に設定し

10

20

30

40

50

て成層燃焼（希薄燃焼）を行い、均一燃焼時には燃料噴射時期を吸気行程中期に設定して混合気の均一化を図ったものが知られている（例えば、特許文献1）。

【0003】

また、マルチホール型インジェクタから噴射される燃料の噴射方向が点火プラグ近傍に指向された筒内直接噴射式エンジンにおいては、吸気行程時に燃料噴射を行い、筒内に均一な混合気を形成して冷機始動時の燃料着火性を確保するものがある（例えば、特許文献2）。

【0004】

【特許文献1】特開2005-98120号公報

【特許文献2】特開2005-98118号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、エンジンの排気ガス浄化の観点から見れば、エンジンの冷機始動時は、排気系の触媒が未活性のため、エンジンからの排気ガスがそのまま排出され、環境への負荷が大きい。このことに対し、マルチホール型インジェクタから噴射される燃料の噴射方向が点火プラグ近傍に指向された筒内直接噴射式エンジンにおいては、吸気行程時に燃料噴射を行い、筒内に均一な混合気を形成し、安定に燃焼できる範囲に点火時期を遅らせることにより、排気温度を早期に上げて未燃燃料の排出の低減と触媒の早期活性化を図る提案がある。

20

【0006】

更なる未燃燃料の排出の低減要求から、圧縮行程の後期から膨張行程の前期にかけて1回若しくは数回に分けて燃料を噴射し、点火プラグ近傍において燃料を成層化させ、点火時期を大きく遅らせる（点火リタード）方法が注目されている。これにより、冷機始動後、排気温度が早期に高くなり、触媒の早期活性化によって大幅に未燃燃料の排出を大幅に低減することができる。

【0007】

マルチホール型インジェクタによる燃料噴射において、点火リタードを図る場合、点火プラグ近傍に燃料噴霧を指向させ、点火プラグの電極部の周りに可燃混合気を分布させて着火を行う。この時、点火時期を遅らせるために、燃料の噴射時期も点火に同期して遅らせるほか、安定着火のために、多くの割合の燃料をプラグ側に向ける必要がある。

30

【0008】

しかし、スロットル全開運転時では、高出力を得るために、噴射した燃料を気化させて均一な混合気を形成する必要があるが、点火プラグの電極部に燃料噴霧を多く向けた場合、インジェクタ対向壁面に燃料が多く付着し、燃料の気化が悪くなり、出力が低下する問題が生じる。

【0009】

本発明は、前記解決しようとする課題に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、噴霧仕様と噴射制御によって、冷機始動時の点火リタードによる排気温度の早期昇温と、スロットル全開運転時の高出力とを可能にし、かつ両立する筒内直接噴射式エンジンおよびその制御装置並びにインジェクタを提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記目的を達成するために、本発明によるエンジンの燃料噴射制御方法は、ピストンとシリンダヘッドとの間のシリンダブロック内に形成される燃焼室と、前記シリンダヘッドに取り付けられる点火プラグと、前記燃焼室の吸気側に取り付けられ該燃焼室内に燃料を直接噴射するインジェクタと、を有するエンジンの燃料噴射制御方法であって、前記インジェクタは、前記点火プラグの電極部の下方を指向する燃料の上側噴霧を生成する上側噴霧用噴口と、該上側噴霧よりピストン側で且つ該上側噴霧のほぼ真下を指向する燃料の中心噴霧を生成する中心噴霧用噴口と、該中心噴霧の周囲で且つ吸気弁が動作する範囲外を

50

指向する燃料の複数の側方噴霧を生成する複数の側方噴霧用噴口と、を有し、複数の前記側方噴霧用噴口の前記側方噴霧の燃料の指向方向は、前記ピストンがエンジンの運転中の特定位置に移動するタイミング時に、前記ピストンの冠面外周部を狙うように生成され、前記インジェクタからの燃料の噴射時期は、前記エンジンの運転状態に基づいて制御される。

そして、具体的な態様としては、前記ピストンの前記特定位置は、前記ピストンの吸気上死点後90度前後であることを特徴としている。

【0011】

本発明によるエンジンの燃料噴射制御方法は、好ましくは、前記上側噴霧は、前記中心噴霧に比してピストン冠面に衝突せず、前記点火プラグの電極部側に生成され、前記中心噴霧による空気流動より速い空気流動を生じる。

10

【0014】

本発明によるエンジンの燃料噴射制御方法は、好ましくは、前記上側噴霧が1つ又は複数の上側噴霧用噴口から噴射された1本又は複数本の燃料噴霧により構成される。

【0016】

本発明によるエンジンの燃料噴射制御方法は、好ましくは、前記上側噴霧は、前記シリンダヘッドに当たらない燃料噴霧を生成する。

【0017】

本発明によるエンジンの燃料噴射制御方法は、好ましくは、前記中心噴霧が1つ又は複数の前記中心噴霧用噴口から噴射された1本又は複数本の燃料噴霧により形成される。

20

【0018】

本発明によるエンジンの燃料噴射制御方法は、好ましくは、燃料の前記噴射時期は、前記エンジンの冷機始動時には前記ピストンの圧縮上死点前30度以降圧縮上死点までとなるように制御し、暖気後には前記ピストンの吸気上死点後90度前後となるように制御する。

【0019】

また、前記目的を達成するために、本発明によるエンジンは、ピストンとシリンダヘッドとの間のシリンダブロック内に形成される燃焼室と、前記シリンダヘッドに取り付けられる点火プラグと、前記燃焼室の吸気側に取り付けられて該燃焼室内に燃料を直接噴射するインジェクタと、を有するエンジンであって、前記インジェクタは、前記点火プラグの電極部の下方に指向する燃料の上側噴霧を生成する上側噴霧用噴口と、該上側噴霧よりピストン側で且つ該上側噴霧のほぼ真下に指向する中心噴霧を生成する中心噴霧用噴口と、該中心噴霧の周囲で且つ吸気弁が動作する範囲外を指向する複数の側方噴霧を生成する複数の側方噴霧用噴口と、を有し、前記インジェクタの前記複数の側方噴霧用噴口は、前記ピストンが前記エンジンの運転中の特定位置に移動するタイミング時に、燃料の前記側方噴霧が前記ピストンの冠面外周部を狙う指向方向に形成されている。

30

そして、具体的な態様としては、前記ピストンの前記特定位置は、前記ピストンの吸気上死点後90度前後であることを特徴としている。

【0020】

本発明によるエンジンは、好ましくは、前記ピストンが、前記点火プラグの下方位置のピストン冠面に、吸気側が低く、排気側が高くなるような段差を形成している。

40

【0021】

本発明によるエンジンは、好ましくは、前記ピストンは、前記点火プラグの下方位置のピストン冠面に、凸形状部を形成している。

【発明の効果】

【0023】

本発明による筒内直接噴射式エンジンによれば、冷機始動時の条件において、上側噴霧によって生成される空気流動によって中心噴霧の混合気を点火プラグの電極部に運び、これを着火することにより、冷機始動時において点火リタードが可能になり、排気温度の早期上昇を図ることができる。また、点火プラグの下側に向ける燃料は少なくて済むため、

50

全開条件時の燃料の壁面付着による出力低下がなくなり、冷機始動時の排気温度の早期上昇による未燃燃料の排出の低減ができ、かつ触媒早期活性化と全開条件時の高出力運転とが両立する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

本発明の筒内直接噴射式エンジンおよびその制御装置並びにインジェクタの実施形態を添付の図面を参照して詳細に説明する。

図1～図12は、本発明による筒内直接噴射式エンジンの第1の実施形態を示している。

【0025】

図1に示されているように、筒内直接噴射式エンジンは、シリンダヘッド1とシリンダブロック2を有し、シリンダブロック2に形成されたシリンダボア2Aにピストン3が往復動可能に設けられている。シリンダボア2Aは上端側をシリンダヘッド1により閉じられ、シリンダヘッド1とピストン3との間に燃焼室50を形成している。本実施形態では、ピストン3は、冠面3Aが平面なものを用いている。

【0026】

シリンダヘッド1には点火プラグ4が取り付けられている。点火プラグ4の火花放電用の電極部4Aは燃焼室50内にあって、該燃焼室50の径方向中心位置に配置されている。

【0027】

シリンダヘッド1には燃焼室50に開口した吸気ポート5と排気ポート6が形成されている。図1で見て、吸気ポート5は点火プラグ4の左側にあり、排気ポート6は点火プラグ4の右側にある。このことにより、点火プラグ4の左側を吸気側、点火プラグ4の右側の排気側と云う。

【0028】

シリンダヘッド1には、吸気ポート5を開閉する吸気弁7と、排気ポート6を開閉する排気弁8とが設けられている。吸気弁7、排気弁8は、図示省略の周知の動弁機構によってピストン位相(クランク角)に応じて開閉される。

【0029】

燃焼室50の吸気側には、燃焼室50内に燃料を直接噴射するマルチホール型インジェクタ(燃料噴射弁)9が取り付けられている。マルチホール型インジェクタ9は、図2(a)に示されているように、ニードル9Bを内蔵したノズルボディ9Aの先端にマルチホールプレート9Cを有し、図2(b)に示されているように、マルチホールプレート9Cの円周上に、複数個、本実施形態では6個の噴口13a～13fを形成されている。噴口13aは上側噴霧用、噴口13bは中心噴霧用、噴口13c～13fは側方噴霧用のものである。

【0030】

つまり、インジェクタ9のマルチホールプレート9Cに、上側噴霧用噴口13aと、中心噴霧用噴口13bと、複数個の側方噴霧用噴口13c～13fとが形成されている。

【0031】

図3、図4は、燃料圧力が1MPaの条件において、霧困気圧が大気圧の自由空間に、マルチホール型インジェクタ9より燃料を噴射した時の燃料噴霧の外観形状を示している。なお、図3はマルチホール型インジェクタ9を横から観察した場合の噴霧形状を、図4は燃料噴射から1ms後での噴口から30mm下の図3のA-A断面位置での噴霧の形状を表している。

【0032】

図3、図4において、符号10は噴口13aによる上側噴霧を、符号11は噴口13bによる中心噴霧を、符号12a～12dは噴口13c～13fによる側方噴霧を各々示している。

【0033】

マルチホール型インジェクタ9は、噴口13aによる上側噴霧10が、燃焼室50の上

10

20

30

40

50

側（シリンダヘッド1側）で、且つ点火プラグ4側になるように設置される（図7、図11参照）。

【0034】

噴口13aによる上側噴霧10は点火プラグ4の電極部4Aの下方に指向し、噴口13bによる中心噴霧11は上側噴霧10よりピストン3側で且つ上側噴霧10のほぼ真下に指向する。これにより、上側噴霧10は、中心噴霧11に比してピストン冠面3Aに衝突せず、点火プラグ4の電極部4A側に生成され、中心噴霧11による気流より速い気流を生じる。

【0035】

複数の側方噴霧用の噴口13c～13fのうち、噴口13c、13dは上側噴霧10と中心噴霧11との間を指向する側方噴霧12a、12bを生成し、噴口13e、13fは中心噴霧11とピストン冠面3Aとの間を指向する側方噴霧12c、12dを生成する。

【0036】

図5は、ピストン位置が90deg ATDCの状態における側方噴霧12a～12dの方向を示している。図5に示されているように、側方噴霧12a～12dは、各々、ピストン3の冠面外周部3Bを狙う方向になっている。

【0037】

ここで、図3、図4のような噴霧形状を確認するための方法を以下に記述する。

噴射する燃料は、実際にエンジン内で噴射するガソリンが望ましいが、ガソリンと性状が同じ流体を用いてもよい。この燃料の圧力を11MPaまで昇圧し、雰囲気圧力が大気圧の容器内に噴射する。この容器には、厚さが5mm程度のシート光を入射できる窓と、高速度カメラによって噴霧を撮影できると窓を設けておく必要がある。

【0038】

燃料噴射から終了までの噴射パルスは1msとし、インジェクタに駆動パルス信号を与え、燃料を噴射する。そして、駆動パルス信号に同期して、噴射から1ms後の噴霧の写真撮影するようにすればよい。なお光源は、噴霧形状が分かるものであれば、何でもよい。

【0039】

ここで、エンジン全体のシステム構成について、図6を参照して説明する。ピストン3はコンロッド17を介してクランク軸18と連結されている。クランク軸18にはクランク角度とエンジン回転数を検出可能なクランク角センサ19が設置されている。シリンダブロック2には冷却水の温度を検出する水温センサ20が設置されている。アクセルペダル21には運転者によるアクセルペダル踏み込み量を検出するアクセル開度センサ22が接続されている。

【0040】

吸気ポート5に連通接続されている吸気管35には吸入空気量を調節する絞り弁23が設けられている。絞り弁23の上流には吸入空気量を検出するエアフローセンサ（図示しない）が設けられている。

【0041】

排気ポート6に連通接続されている排気管36には、三元触媒14が設けられている。三元触媒14の上流側には空燃比センサ15が、三元触媒14の下流にはO₂センサ16が各々設けられている。

【0042】

燃料タンク25の燃料は、低圧ポンプ26により一次加圧され、燃料配管24によって高圧ポンプ27へ送られ、高圧ポンプ27によって二次加圧（高圧加圧）されてマルチホール型インジェクタ9に供給される。高圧ポンプ27によって二次加圧された燃料の圧力は燃料圧力センサ28によって検出される。

【0043】

電子制御装置（ECU）29は、設定されたプログラムに従って演算処理を実行する中央処理装置（CPU）30と、制御プログラムや演算に必要なデータを記憶しているリー

10

20

30

40

50

ドオンリーメモリ (ROM) 31 と、演算結果を一時的に格納するためのランダムアクセスメモリ (RAM) 32 と、各センサからの信号を受信する入力回路 33 と、演算結果から各装置に信号を送信する出力回路 34 で構成されている。

【0044】

電子制御装置 (ECU) 29 は、燃料噴射制御、点火時期制御等を行うものであり、燃料噴射制御については、燃料噴射量制御に加えて、機関始動時には、燃料噴射時期を圧縮上死点前 30 度以降圧縮上死点までとなるように設定し、暖気後には燃料噴射時期を吸気上死点後 90 度前後となるよう、燃料噴射時期を制御する。

【0045】

次に、本実施形態の冷機始動時における動作を、図 7 ~ 図 10 を参照して説明する。なお、図 7 ~ 図 10 は燃焼室中心断面の様子である。

10

【0046】

エンジンがキーオンされると、ROM 31 に記録されたプログラムに従い、まず、水温センサ 20 から信号が CPU 20 に送られて水温が検出され、クランク角センサ 19 から信号が CPU 20 に送られ、エンジン回転数が検出される。

【0047】

水温が 80 未満の場合には、冷機時と判定され、2 回噴射することが決定される。この冷機時において、エンジン回転数が 1500 r/min 未満の場合には、1 回目の燃料噴射時期は 10 deg B T D C、エンジン回転数がそれ以上であれば、20 deg B T D C に設定される。2 回目の噴射時期は、点火時期と同じ時期に設定される。ここでは、エンジン回転数が 1500 r/min 未満とし、1 回目の燃料噴射時期を 10 deg B T D C、2 回目の燃料噴射時期と点火時期を 30 deg A T D C としている。

20

【0048】

冷機始動時では、燃料噴射量は初爆から数サイクル程度までは予め ROM 31 に記録されている。燃料圧力センサ 28 によって燃料圧力が検出され、その信号は入力回路 33 から RAM 32 に送られる。ROM 31 には予め燃料圧力と燃料噴射量から噴射パルス幅が決定されるマップデータが記録されており、CPU 30 は、燃料圧力をもとにパルス幅を決定する。なお、ここでは燃焼室内に吸入された空気量と、1 回目と 2 回目の噴射量の合計の比が 1.6 になるように燃料噴射量が設定されている。

【0049】

1 回目の燃料噴射直後の燃焼室 50 内の様子は図 7 に示されている。上側噴霧 10 は、マルチホール型インジェクタ 9 の噴口 13a によるものであり、噴口 13a は、ほぼ真横 (水平) に向けられている。これにより、上側噴霧 10 による燃料噴霧は点火プラグ 4 の下方へ進む。これに対し、中心噴霧 11 は下方に向けられているため、ピストン 3 の冠面 3A に衝突している。

30

【0050】

燃焼室 50 において、燃料噴霧が噴流することにより、上側噴霧 10 は吸気側から排気側に向かう空気流動を、中心噴霧 11 はピストン 3 に向かう空気流動を形成する。ピストン 3 に向かう空気流動は、ピストン 3 の冠面 3A に衝突後、ピストン冠面 3A を排気側に向かって流れる空気流動になる。

40

【0051】

これにより、図 8 に示されているように、燃焼室 50 内には、上側噴霧 10 によってマルチホール型インジェクタ 9 の側 (吸気側) から排気側に向かう空気流動 A と、空気流動 A に遅れてピストン冠面 3A に沿って排気側に向かう空気流動 B とが形成される。

【0052】

ピストン上死点近くでは、燃焼室 50 内は高温になっているため、燃料は気化し易い状態となっている。上側噴霧 10 は、点火プラグ 4 の電極部 4A の下側を通過しながら、中心噴霧 11 はピストン 3 の冠面 3A を滑りながら混合気を形成しつつ進んでいく。

【0053】

10 deg A T D C 付近での燃焼室内の混合気の様子を図 9 に示す。上側噴霧 10 から

50

気化した混合気Cが点火プラグ4の電極部4Aの下側に、中心噴霧11から気化した混合気Dがピストン3の冠面3A近傍に存在している。

【0054】

ここで、中心噴霧11はピストン3の冠面3Aに衝突しているため、空気流動Bは、減衰し、空気流動Aに比べ弱い。つまり、上側噴霧10は、中心噴霧11による空気流動(気流)Bより速い空気流動(気流)Aを生じる。このため、空気流動Aの後ろでは、周囲より圧力が低くなり、中心噴霧11から気化した混合気Dは、図9に示すように、空気流動Aによって(気流による吸い込み効果によって)引き上げられる。

【0055】

点火時期である30degATDCでの混合気の様子を図10に示す。燃焼室50内は高圧になるため、混合気Cは点火プラグ4の電極部4Aを通過した付近で停滞し、混合気Dも空気流動Aによって引き上げられた後、点火プラグ4の電極部4A付近で停滞する。

【0056】

これにより、点火時期を大きく遅らせても、着火可能となり、冷機始動時に点火リタードによる排気温度の早期昇温を図ることが可能になる。

【0057】

次に、全開運転時の動作について、図11~図13を参照して説明する。アクセルペダル21が踏み込まれると、アクセル開度センサ22より信号がCPU30に送られ、アクセル開度が検出される。同様に、クランク角センサ19から信号がCPU30に送られ、エンジン回転数が検出される。

【0058】

CPU30は、アクセル開度とエンジン回転数に応じて要求負荷を決定し、絞り弁23の開度を制御する。燃料噴射量は吸入した空気と噴射する燃料の比が1:1.3前後になるよう設定される。燃料噴射時期は、ROM31に記録された要求負荷とエンジン回転数のマップデータにより決定される。全開運転条件ではエンジン回転数が2000r/minでは90degATDCになるよう本実施形態では設定されている。

【0059】

図11に燃料噴射直後のインジェクタから燃焼室50内を横から観察した様子を示す。また、図11にマルチホール型インジェクタ9から燃焼室50内を観察した様子を示す。90degATDC付近では吸気弁7のリフト量は最大になっている。

【0060】

本実施形態では、上側噴霧10及び中心噴霧11は燃焼室50の中心断面上にあり、側方噴霧12a~12dは吸気弁7の動作する範囲より外に向けて噴射しており、吸気弁7に衝突することはない。

【0061】

燃料噴射後、燃料は空気と混合し均一な混合気を形成するが、本実施形態では、点火プラグ4側に向けて噴射している噴霧は、上側噴霧10のみで、中心噴霧11及び側方噴霧12a~12dは燃焼室壁面までの距離が長くなるよう、下方に向けて噴射しているので、壁面付着が少ない。

【0062】

これにより、空気と混合する燃料が多くなり、気化による空気の冷却効果によって充填効率向上や点火時期進角による高出力運転が可能になる。

【0063】

したがって、本実施形態によれば、冷機始動時の排気温度上昇による排気低減、触媒早期活性化と、全開条件時の高出力運転とが両立する。

【0064】

本発明による筒内直接噴射式エンジンの第2の実施形態を、図13を参照して説明する。なお、図13において、図1に対応する部分は、図1に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0065】

10

20

30

40

50

本実施形態では、ピストン 3 の冠面に、当該冠面が点火プラグ 4 の下側（ほぼ真下）に位置するに、段差 3 C が形成されている。段差 3 C は、吸気側が低く、排気側が高くなっており、吸気側から排気側を見て、障壁（縦壁）面をなしている。

【 0 0 6 6 】

本実施形態では、第 1 の実施形態と同様に冷機始動時の条件で、上側噴霧 1 0 によって生成された空気流動 A によって中心噴霧 1 1 の混合気 D が上方向へ引き寄せられる。その上で、図 1 4 に示すように、混合気 D が段差 3 C に衝突することにより、段差 3 C によって混合気 D が点火プラグ 4 の電極部 4 A の側に持ち上げられる。

【 0 0 6 7 】

これにより、サイクルばらつきや噴霧の個体ばらつき、ショットばらつきに対して、より安定して混合気 D が点火プラグ 4 の電極部 4 A に到達しやすくなるといった効果が得られる。

10

【 0 0 6 8 】

本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 3 の実施形態を、図 1 5 を参照して説明する。なお、図 1 5 においても、図 1 に対応する部分は、図 1 に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【 0 0 6 9 】

本実施形態では、ピストン 3 の冠面に、当該冠面が点火プラグ 4 の下側（ほぼ真下）に位置するに、凸条部（凸形状部）3 D が突出形成されている。

【 0 0 7 0 】

20

本実施形態でも、第 1 の実施形態と同様に冷機始動時の条件で、上側噴霧 1 0 によって生成された空気流動 A によって中心噴霧 1 1 の混合気 D が上方向へ引き寄せられる。その上で、混合気（図 1 4 の混合気 D と同等の混合気）が凸条部 3 D に衝突することにより、凸条部 3 D によってその混合気が点火プラグ 4 の電極部 4 A の側に持ち上げられる。

【 0 0 7 1 】

これにより、本実施形態でも、サイクルばらつきや噴霧の個体ばらつき、ショットばらつきに対して、より安定して混合気 D が点火プラグ 4 の電極部 4 A に到達しやすくなるといった効果が得られる。

【 0 0 7 2 】

本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 4 の実施形態で用いられるマルチホール型インジェクタを、図 1 6 ~ 図 1 9 を参照して説明する。なお、図 1 6 ~ 図 1 9 において、図 2 ~ 図 4 に対応する部分は、図 2 ~ 図 4 に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

30

【 0 0 7 3 】

本実施形態では、図 1 6 に示されているように、マルチホールプレート 9 C の円周上に、7 個の噴口 1 3 b ~ 1 3 h が形成されている。噴口 1 3 g と 1 3 h は各々上側噴霧用であり、噴口 1 3 b は中心噴霧用、噴口 1 3 c ~ 1 3 f は側方噴霧用のものである。つまり、本実施形態では、上側噴霧用噴口が 2 個ある。

【 0 0 7 4 】

図 1 7、図 1 8 は、燃料圧力が 1 1 M P a の条件において、雰囲気圧力が大気圧の自由空間に、マルチホール型インジェクタ 9 より燃料を噴射した時の燃料噴霧の外観形状を示している。なお、図 1 7 はマルチホール型インジェクタ 9 を横から観察した場合の噴霧形状を、図 1 8 は燃料噴射から 1 m s 後での噴口から 3 0 m m 下の図 1 7 の A - A 断面位置での噴霧の形状を表している。

40

【 0 0 7 5 】

図 1 7、図 1 8 において、符号 1 0 a、1 0 b は噴口 1 3 g、1 3 h による上側噴霧を、符号 1 1 は噴口 1 3 b による中心噴霧を、符号 1 2 a ~ 1 2 d は噴口 1 3 c ~ 1 3 f による側方噴霧を各々示している。

【 0 0 7 6 】

マルチホール型インジェクタ 9 は、上側噴霧 1 0 a、1 0 b が、燃焼室 5 0 の上側（シ

50

リングヘッド1側)で、且つ点火プラグ4側になるように設置される。

【0077】

図17のB-B断面における上側噴霧10a、10bの噴霧形状を図19に示す。ここで、上側噴霧10aと10bとが成す噴霧角が小さい場合には互いの噴霧が干渉して噴霧の貫徹力が大きくなり、シリンダヘッド1やシリンダブロック2の液滴燃料が壁面に付着して排気が悪化する要因となる。逆に、噴霧角が大きい場合には、上側噴霧10a、10bによって生成される空気流動Aが点火プラグ下方に向かなくなるため、混合気D(図9参照)をうまく点火プラグ4の電極部4Aの部分に運ぶことができなくなる。そのため、噴霧角は、 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 程度が望ましい。

他の構成は、第1の実施形態と同じであり、記述は省略する。

10

【0078】

本実施形態では、上側噴霧を1本から2本にすることにより、上側噴霧の噴霧全体に占める割合が17%から29%へと高くなっており、上側噴霧10a、10bによって生成される空気流動Aが強くなることが特徴である。

【0079】

これにより、冷機始動条件において混合気Dが、より一層、点火プラグ4の電極部4Aの側に引き上げられ易くなり、より燃焼が安定する。このことにより、点火時期を大きく遅らせても、着火可能となり、冷機始動時に点火リタードによる排気温度の早期昇温を図ることが可能になる。

【0080】

20

本発明による筒内直接噴射式エンジンの第5の実施形態で用いられるマルチホール型インジェクタを、図20~図22を参照して説明する。なお、図20~図22においても、図2~図4に対応する部分は、図2~図4に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0081】

本実施形態では、図20に示されているように、マルチホールプレート9Cの円周上に、7個の噴口13a、13c~13f、13i、13jが形成されている。噴口13aは上側噴霧用であり、噴口13i、13jは各々中心噴霧用、噴口13c~13fは側方噴霧用のものである。つまり、本実施形態では、中心噴霧用噴口が2個ある。

【0082】

30

図21、図22は、燃料圧力が11MPaの条件において、霧田気圧が大気圧の自由空間に、マルチホール型インジェクタ9より燃料を噴射した時の燃料噴霧の外観形状を示している。なお、図21はマルチホール型インジェクタ9を横から観察した場合の噴霧形状を、図22は燃料噴射から1ms後での噴口から30mm下の図21のA-A断面位置での噴霧の形状を表している。

【0083】

図21、図22において、符号10は噴口13aによる上側噴霧を、符号11a、11bは噴口13i、13jによる中心噴霧を、符号12a~12dは噴口13c~13fによる側方噴霧を各々示している。

【0084】

40

マルチホール型インジェクタ9は、本実施形態でも、上側噴霧10が、燃焼室50の上側(シリンダヘッド1側)で、且つ点火プラグ4側になるように設置される。

その他の構成は第1の実施形態と同じであり記述は省略する。

【0085】

本実施形態における1回目の燃料噴射直後の燃焼室内の様子を図23に示す。本実施形態では、中心噴霧が2本になっており、17%から29%へと中心噴霧11a、11bが全体に占める流量割合が高くなっており、逆に上側噴霧10は17%から14%へと減少している。

【0086】

このため、第1の実施形態に対し、上側噴霧10で生成される空気流動A(図8参照)

50

は弱く、中心噴霧 1 1 a、1 1 b によって生成される空気流動 B (図 8 参照) は強くなる。

【0087】

実施形態 5 における、1 0 d e g A T D C 付近での燃焼室内の混合気の様子を図 2 4 に示す。上側噴霧 1 0 から気化した混合気 C が点火プラグ 4 の電極部 4 A の下側に、中心噴霧 1 1 a、1 1 b から気化した混合気 D がピストン 3 の冠面 3 A の近傍に存在している。空気流動 B が強くなったため、混合気 D はマルチホール型インジェクタ 9 から遠い地点で噴き上がるようになっている。

【0088】

しかし、中心噴霧 1 1 a、1 1 b の流量割合が増えることにより、混合気 D は、燃料濃度が高く、また広範囲に分布することが可能となり、点火時期での点火プラグ 4 の電極位置での燃料濃度が高くなることにより、サイクルばらつきや噴霧のばらつきに対して着火が安定するといった効果がある。

【0089】

なお、本実施形態において、第 2、第 3 の実施形態のピストン 3 が用いられることにより、効果は更に高くなる。

【0090】

本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 6 の実施形態を、図 2 5 を参照して説明する。なお、図 2 5 において、図 1 に対応する部分は、図 1 に付した符号と同一の符号を付けて、その説明を省略する。

【0091】

本実施形態では、上側噴霧 1 0 が点火プラグ 4 の電極部 4 A に当たることを避けるために、上側噴霧 1 0 の方向をシリンダヘッド 1 に当たらない角度まで、下に向けている。

【0092】

図 2 6 に示されているように、上側噴霧 1 0 によって生成される空気流動 A は、第 1 の実施形態に比べると、ピストン 3 側に近づくが、中心噴霧 1 1 によって構成される空気流動 B よりも点火プラグ 4 寄りのため、本実施形態でも、混合気 D は点火プラグ 4 の側に持ち上げられる効果があり、点火リタードが可能である。このように、上側噴霧 1 0 がシリンダヘッド 1 に当たらない角度に燃料噴射が行われると、全開条件においてシリンダヘッド 1 への燃料付着が軽減し、未燃焼燃料の排出低減の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図 1】本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 1 の実施形態を示すエンジン本体の縦断面図。

【図 2】(a) は第 1 の実施形態による筒内直接噴射式エンジンで使用されるマルチホール型インジェクタの先端部を拡大して示す断面図、(b) は第 1 の実施形態による筒内直接噴射式エンジンで使用されるマルチホール型インジェクタのマルチホールプレートを拡大して示す平面図。

【図 3】第 1 の実施形態における噴霧外観形状を示す説明図。

【図 4】第 1 の実施形態における噴霧の水平断面形状を示す説明図。

【図 5】第 1 の実施形態における側方噴霧の狙い位置を示す説明図。

【図 6】本発明による筒内直接噴射式エンジンのエンジン全体のシステム構成を示す説明図。

【図 7】第 1 の実施形態における燃料噴射直後の様子を示す説明図。

【図 8】第 1 の実施形態における空気流動の概要を示す説明図。

【図 9】第 1 の実施形態における燃焼室内の混合気の様子を示す説明図

【図 10】第 1 の実施形態における点火時期での混合気の様子を示す説明図。

【図 11】第 1 の実施形態における全開条件での混合気の様子を示す説明図。

【図 12】第 1 の実施形態におけるインジェクタから見た噴霧の様子を示す説明図。

【図 13】本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 2 の実施形態を示すエンジン本体の

10

20

30

40

50

縦断面図。

【図 1 4】第 2 の実施形態における点火時期での混合気の様子を示す説明図。

【図 1 5】本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 3 の実施形態を示すエンジン本体の縦断面図。

【図 1 6】本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 4 の実施形態で使用されるマルチホール型インジェクタのマルチホールプレートを拡大して示す平面図。

【図 1 7】第 4 の実施形態における噴霧外観形状を示す説明図。

【図 1 8】第 4 の実施形態における噴霧の水平断面形状を示す説明図。

【図 1 9】第 4 の実施形態における上側噴霧の角度 の定義を示す説明図。

【図 2 0】本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 5 の実施形態で使用されるマルチホール型インジェクタのマルチホールプレートを拡大して示す平面図。

10

【図 2 1】第 5 の実施形態における噴霧外観形状を示す説明図。

【図 2 2】第 5 の実施形態における噴霧の水平断面形状を示す説明図。

【図 2 3】第 5 の実施形態における燃料噴射直後の様子を示す説明図。

【図 2 4】第 5 の実施形態における点火時期での混合気の様子を示す説明図。

【図 2 5】本発明による筒内直接噴射式エンジンの第 6 の実施形態を示すエンジン本体の縦断面図。

【図 2 6】第 6 の実施形態における燃焼室内の混合気の様子を示す説明図。

【符号の説明】

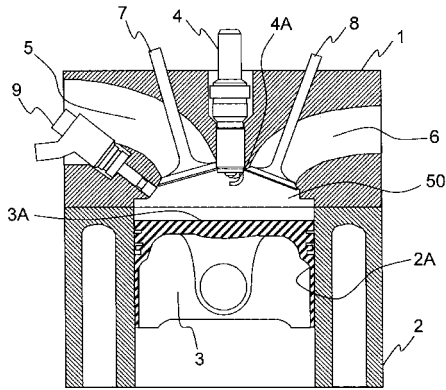
【 0 0 9 4 】

20

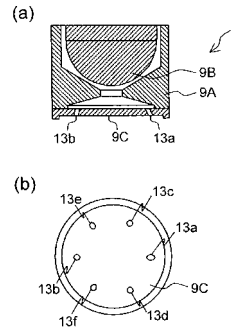
- 1 シリンダヘッド
- 2 シリンダブロック
- 3 ピストン
- 4 点火プラグ
- 5 吸気ポート
- 6 排気ポート
- 9 マルチホール型インジェクタ
- 1 0、1 0 a、1 0 b 上側噴霧
- 1 1、1 1 a、1 1 b 中心噴霧
- 1 2 a ~ 1 2 d 側方噴霧
- 1 3 a ~ 1 3 j 噴口
- 5 0 燃焼室

30

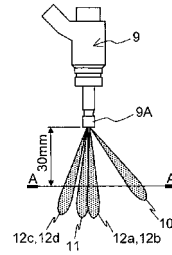
【図1】



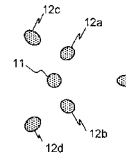
【図2】



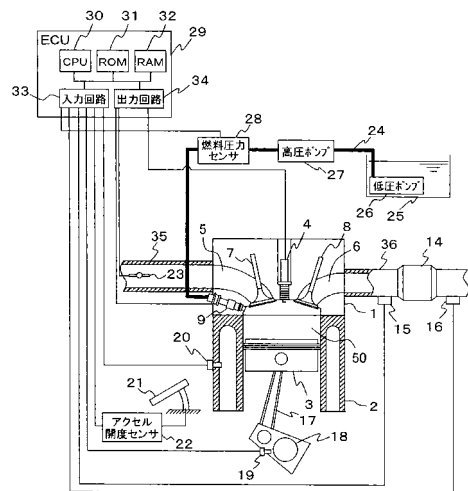
【図3】



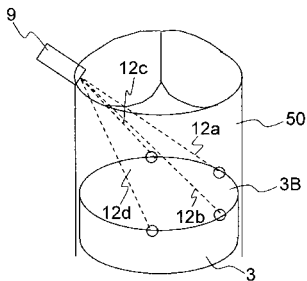
【図4】



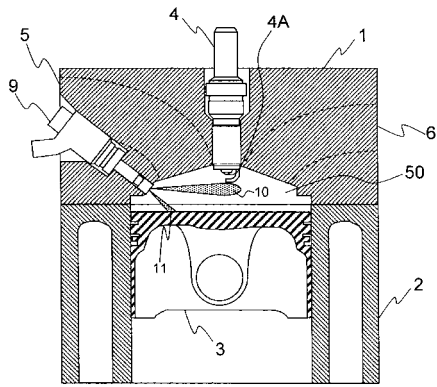
【図6】



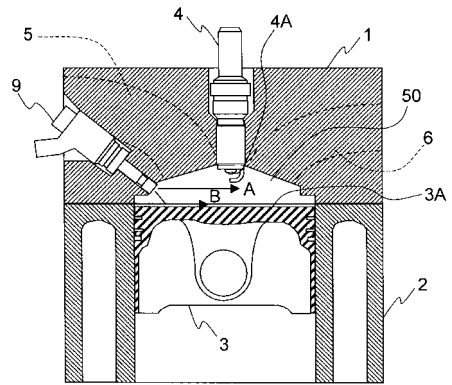
【図5】



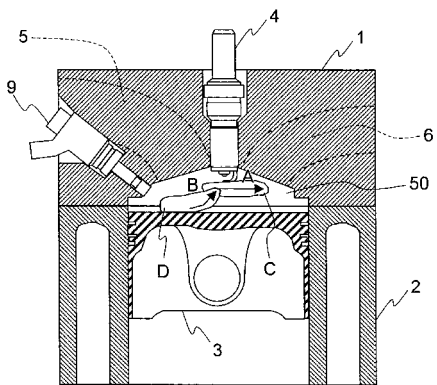
【図7】



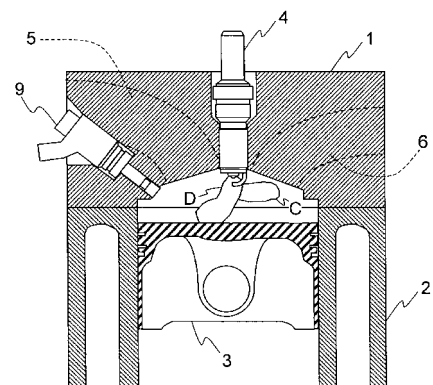
【図8】



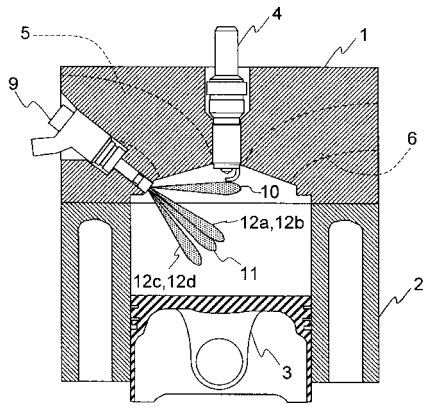
【図9】



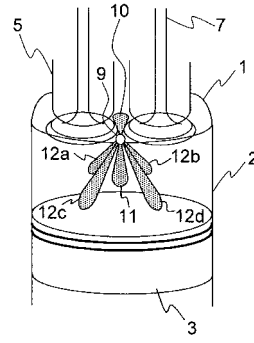
【図10】



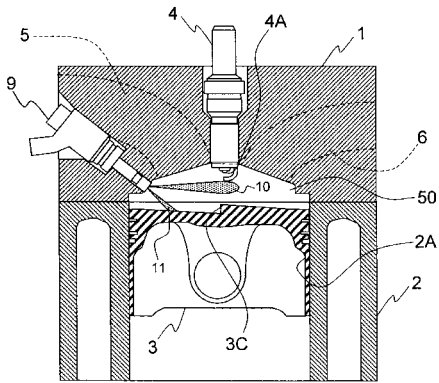
【図 1 1】



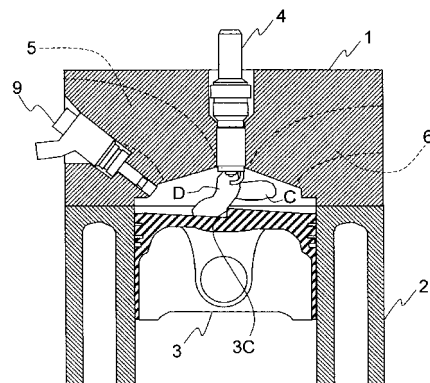
【図 1 2】



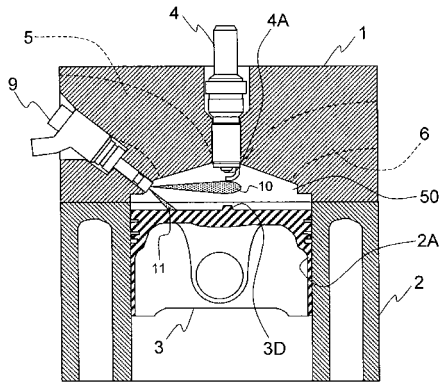
【図 1 3】



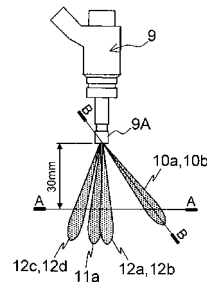
【図 1 4】



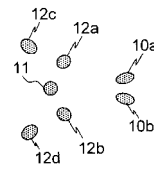
【 図 15 】



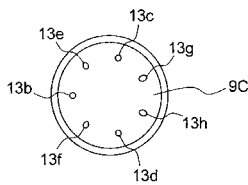
【 図 17 】



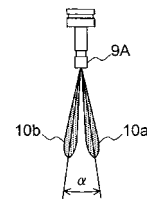
【 図 18 】



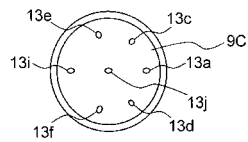
【 図 16 】



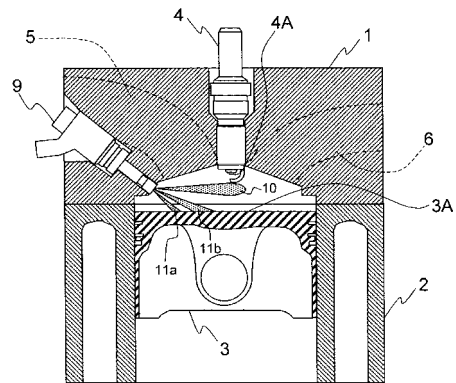
【 図 19 】



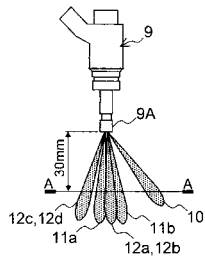
【 図 20 】



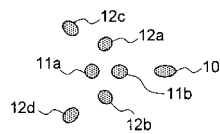
【 図 23 】



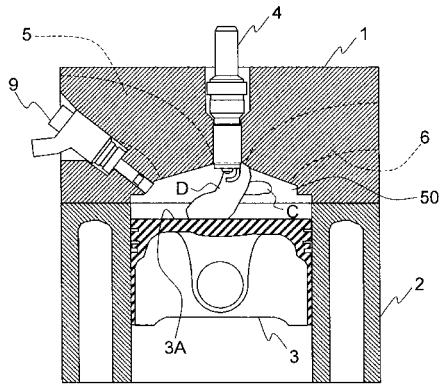
【 図 21 】



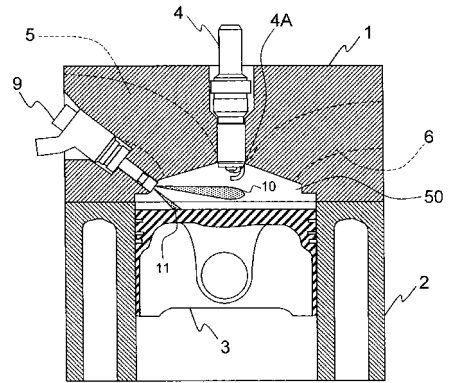
【 図 22 】



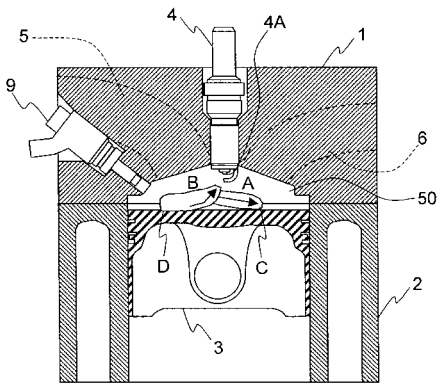
【図 24】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
F 0 2 M 61/14 3 1 0 S
F 0 2 M 61/14 3 1 0 A
F 0 2 M 61/14 3 1 0 Z
F 0 2 M 61/18 3 6 0 J
F 0 2 M 61/18 3 2 0 Z

(72)発明者 関根 篤
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内

(72)発明者 藤井 敬士
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内

審査官 亀田 貴志

(56)参考文献 特開2005-098117(JP,A)
特開2005-054678(JP,A)
特開平10-238352(JP,A)
特開平05-214940(JP,A)
特開2004-036554(JP,A)
特開2004-353661(JP,A)
特開2000-054882(JP,A)
特開2004-036461(JP,A)
特開2005-273554(JP,A)
特開2005-098121(JP,A)
特開2005-098120(JP,A)
特開2004-019569(JP,A)
特開2005-098119(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F 0 2 B 2 3 / 1 0
F 0 2 D 4 1 / 0 6
F 0 2 F 3 / 2 8
F 0 2 M 6 1 / 1 4
F 0 2 M 6 1 / 1 8