

(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2010-24920

(P2010-24920A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

|                                      |              |             |
|--------------------------------------|--------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                         | F 1          | テーマコード (参考) |
| <b>FO2B 23/10 (2006.01)</b>          | FO2B 23/10 D | 3G023       |
| <b>FO2D 41/34 (2006.01)</b>          | FO2B 23/10 P | 3G301       |
| <b>FO2D 41/04 (2006.01)</b>          | FO2B 23/10 V | 3G384       |
| <b>FO2D 41/02 (2006.01)</b>          | FO2B 23/10 S |             |
| <b>FO2D 43/00 (2006.01)</b>          | FO2B 23/10 R |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁) 最終頁に続く |              |             |

(21) 出願番号 特願2008-186154 (P2008-186154)  
 (22) 出願日 平成20年7月17日 (2008.7.17)

(71) 出願人 000003137  
 マツダ株式会社  
 広島県安芸郡府中町新地3番1号  
 (74) 代理人 100067747  
 弁理士 永田 良昭  
 (74) 代理人 100121603  
 弁理士 永田 元昭  
 (74) 代理人 100135781  
 弁理士 西原 広徳  
 (74) 代理人 100141656  
 弁理士 大田 英司  
 (74) 代理人 100154209  
 弁理士 大石 憲一

最終頁に続く

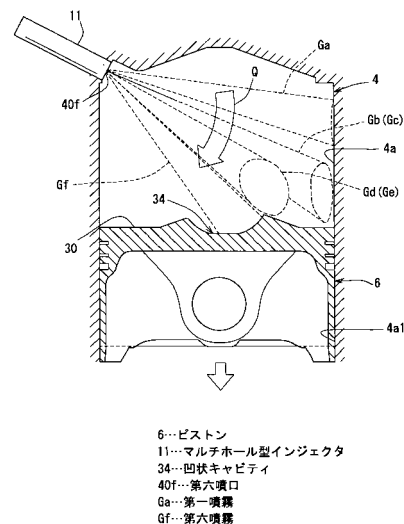
(54) 【発明の名称】 火花点火式直噴エンジン

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、本発明は、エンジン冷間時における触媒活性化促進を図る火花点火式直噴エンジンにおいて、燃料噴射による噴霧ができるだけ筒内の側壁に付着しないように設定して、排気系から未燃ガスが排出されるのを抑え、確実に多くの噴霧を気化霧化して、また、点火プラグ周りに濃い混合気を確実に位置させることで、所望の燃焼状態を得ることができる火花点火式直噴エンジンを提供することを目的とする。

【解決手段】 吸気行程での燃料噴射では、最下部の第六噴口40fから噴射された第六噴霧Gfが、ピストン冠面30の凹状キャビティ34に入るように設定されている。すなわち、最も下方に指向する第六噴霧Gfが、筒内4の側壁面4a（ライナー）に到達（付着）することなく、ピストン冠面30に指向するように噴射されるのである。

【選択図】 図5



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃焼室天井壁の周縁には、斜め下方に複数の噴霧を噴射する多噴口を設けたインジェクタを備え、燃焼室天井壁の中央部には点火プラグを備えた、火花点火式直噴エンジンであって、

ピストン冠面には、前記点火プラグに対応する凹状のキャビティを設け、前記インジェクタから噴射される複数の噴霧のうち、最も下方に位置する最下段噴霧を噴射する最下部噴口と、最も上方に位置する最上段噴霧を噴射する最上部噴口とを設定するとともに、

該最上部噴口と最下部噴口の噴射方向を、平面視で前記キャビティを指向するように設定して、

エンジン冷間時においては、吸気行程と圧縮行程の 2 回で燃料を噴射するように設定するとともに、

前記吸気行程の燃料噴射を、前記最下段噴霧が、降下する前記ピストンのキャビティに衝突するように設定して、

前記圧縮行程の燃焼噴射を、前記最上段噴霧が、上昇する前記ピストンのキャビティに衝突するように設定した

火花点火式直噴エンジン。

## 【請求項 2】

前記吸気行程の燃料噴射終了時期を、吸気行程を前期、中期、後期に分けた場合の中期に設定した

請求項 1 記載の火花点火式直噴エンジン。

## 【請求項 3】

前記圧縮行程の燃料噴射終了時期を、圧縮行程の 3 / 4 以降に設定して、

前記点火プラグの点火時期を、上死点後に設定した

請求項 1 又は 2 記載の火花点火式直噴エンジン。

## 【請求項 4】

前記最上部噴口と前記最下部噴口との間には、中間高さに位置する中段噴霧を噴射する複数の中間噴口を設けた

請求項 1 ～ 3 いずれか記載の火花点火式直噴エンジン。

## 【請求項 5】

前記中間噴口の噴射方向を、平面視でキャビティの外側へ指向するように設定した

請求項 4 記載の火花点火式直噴エンジン。

## 【請求項 6】

前記最上部噴口からの最上段噴霧を、前記点火プラグの下方位置に該点火プラグから外れるように噴射した

請求項 1 ～ 5 いずれか記載の火花点火式直噴エンジン。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、火花点火式直噴エンジンに関し、特に、エンジン冷間時における触媒活性化促進を図る火花点火式直噴エンジンに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、燃費向上を図る等のため、燃料を直接筒内に噴射する直噴エンジンが採用されている。こうした直噴エンジンによると、圧縮比を高くでき、エンジン効率を高めることができる。また、吸入吸気量に関わらず燃料噴射量を自由に調整できる。

## 【0003】

一方で、近年では、排気ガスのエミッション規制も強化されており、触媒の早期活性化を図ることも求められている。こうした触媒の早期活性化のためには、排気ガス温度を早

10

20

30

40

50

期に昇温させることが必要であり、点火タイミングをできるだけ遅角することで、排気ガス温度を高めることが考えられる。

【0004】

しかし、点火タイミングを大幅に遅角させると、燃焼安定性が悪化してしまうため、この燃焼安定化を確保した上で、点火タイミングを遅角する技術が求められていた。

【0005】

そこで、下記特許文献1では、燃料噴射を、上死点を跨ぐタイミングで行なう主噴射と、吸気行程等のタイミングで行なう早期噴射の、前後二回に分けて行い、点火タイミングを上死点よりも大幅に遅角して、燃焼を行なうエンジン装置が提案されている。

【0006】

このように、燃料噴射を予め吸気行程等で行うことにより、噴射された燃料を、主噴射の噴射前に筒内に拡散させておけるため、主噴射の噴霧に点火されて、燃焼が開始したときには、筒内全体に相対的に緩慢な燃焼を生じさせることができ、燃焼を安定的に生じさせることができる。

【0007】

すなわち、筒内の状態を、点火プラグ周りに濃い混合気を位置させてその周囲には空気だけとする、いわゆる「成層状態」から、その周囲にも薄い混合気を位置させる、いわゆる「弱成層状態」にすることで、エンジンの燃焼状態を安定させるのである。

【0008】

なお、この特許文献1にも記載されているように、燃料を噴射するインジェクタは、マルチホール型インジェクタを用いることが考えられる。

【特許文献1】特開2006-250050号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、特許文献1のエンジン装置においては、早期噴射のタイミングを吸気行程や圧縮行程の早いタイミングで行なう旨が開示されているものの、具体的には、どのタイミングで噴射を行なうのか明らかではない。

【0010】

そこで、仮に、噴射タイミングを設定することを考えると、吸気行程の遅い時期や、圧縮行程の早い時期に、早期噴射のタイミングを設定することが考えられる。このように、噴射タイミングを設定すれば、ピストンが下死点近傍に位置するため、筒内に広いスペースを確保でき、筒内での噴霧の拡張を促進することができると考えられるからである。

【0011】

しかし、触媒を早期活性化する場合には、エンジンも冷間状態であるため、筒内のシリンダー側壁（ライナー）も冷たく、噴射した噴霧が筒内のシリンダー側壁に付着して気化霧化しない可能性がある。特に、筒内の下部においては、燃焼室での燃焼温度が伝達されにくいいため、エンジン冷間時には、噴霧が筒内下部に付着して液化する可能性が高くなる。

【0012】

このように、筒内の側壁に、噴霧が液化して付着すると、未燃ガスがHCとして排気系に排出されて、排気ガス性能が悪化するおそれがある。また、気化霧化する燃料が減少して、混合気が薄くなってしまい、所望の燃焼状態を得られないおそれもある。

【0013】

また、特許文献1のエンジン装置においては、主噴霧を上死点を跨ぐタイミングで噴射するように記載されているが、点火プラグ周りに濃い混合気を位置させるためには、直接点火プラグに対して燃料を噴射するしかなく、また、高圧の筒内に噴射するためには、噴射圧を高くする必要があり、適切に濃い混合気を点火プラグ周りに位置させるのが困難であるという問題もあった。

【0014】

そこで、本発明は、エンジン冷間時における触媒活性化促進を図る火花点火式直噴エンジンにおいて、燃料噴射による噴霧ができるだけ筒内の側壁に付着しないように設定して、排気系から未燃ガスが排出されるのを抑え、確実に多くの噴霧を気化霧化して、また、点火プラグ周りに濃い混合気を確実に位置させることで、所望の燃焼状態を得ることができる火花点火式直噴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】

【0015】

この発明の火花点火式直噴エンジンは、燃焼室天井壁の周縁には、斜め下方に複数の噴霧を噴射する多噴口を設けたインジェクタを備え、燃焼室天井壁の中央部には点火プラグを備えた、火花点火式直噴エンジンであって、ピストン冠面には、前記点火プラグに対応する凹状のキャビティを設け、前記インジェクタから噴射される複数の噴霧のうち、最も下方に位置する最下段噴霧を噴射する最下部噴口と、最も上方に位置する最上段噴霧を噴射する最上部噴口とを設定するとともに、該最上部噴口と最下部噴口の噴射方向を、平面視で前記キャビティを指向するように設定して、エンジン冷間時においては、吸気行程と圧縮行程の2回で燃料を噴射するように設定するとともに、前記吸気行程の燃料噴射を、前記最下段噴霧が、降下する前記ピストンのキャビティに衝突するように設定して、前記圧縮行程の燃焼噴射を、前記最上段噴霧が、上昇する前記ピストンのキャビティに衝突するように設定したものである。

【0016】

上記構成によれば、エンジン冷間時における燃料噴射は、吸気行程と圧縮行程の2回に分けて行ない、吸気行程の燃料噴射では、最下段噴霧が降下するピストンのキャビティに衝突するように設定されて、圧縮行程の燃料噴射では、最上段噴霧が、上昇するピストンのキャビティに衝突するように設定される。

すなわち、吸気行程においては、ピストン上方に噴霧空間を確保して、最下段噴霧がピストンのキャビティでトラップ（捕捉）されるように噴射を行い、圧縮行程においては、ピストン上方の空間を少なくして、最上段噴霧がピストンのキャビティでトラップされるように噴射を行なうのである。

このため、吸気行程での燃料噴射では、噴霧を筒内の上下方向に広く分散して噴射しつつ、最下段噴霧を壁面温度の高いピストンでトラップすることで、噴霧が壁面温度の低い筒内の下部壁面に付着するのを防止できる。また、圧縮行程での燃料噴射では、最上段噴霧をキャビティで受けることで、点火プラグ周りに濃い混合気層を確実に形成して、点火プラグの着火性を向上することで、燃焼安定性を向上することができる。

【0017】

この発明の一実施態様においては、前記吸気行程の燃料噴射終了時期を、吸気行程を前期、中期、後期に分けた場合の中期に設定したものである。

上記構成によれば、ピストン上方に噴射空間を確保した状態で燃料が噴射されて、吸気行程で最も吸気流動が生じている吸気行程の中期に燃料噴射が完了する。

このため、スワール等の吸気流動を利用して燃料の気化霧化を促進することができ、燃料が気化霧化しにくいエンジン冷間時であっても、燃料を有効に気化霧化することができる。

よって、吸気行程での燃料噴射の気化霧化をより促進することができ、エンジン冷間時の排気ガス性能や燃焼性能を向上することができる。

【0018】

この発明の一実施態様においては、前記圧縮行程の燃料噴射終了時期を、圧縮行程の3/4以降に設定して、前記点火プラグの点火時期を、上死点後に設定したものである。

上記構成によれば、圧縮行程の上死点近傍で、燃料を噴射することで、ピストンとの距離が近接して、最上段噴霧を確実にキャビティに入れることができ、点火プラグ周りに、濃い混合気層を形成できる。また、こうして筒内を弱成層化した状態で、上死点後に点火を行なうことで、燃焼安定性を向上することができる。

よって、上死点後の燃焼を、安定的に行わせることができるため、排気ガスの昇温を

10

20

30

40

50

図ることができる、確実に触媒の活性化を図ることができる。

#### 【0019】

この発明の一実施態様においては、前記最上部噴口と前記最下部噴口との間には、中間高さに位置する中段噴霧を噴射する複数の中間噴口を設けたものである。

上記構成によれば、中間噴口から、最上段噴霧と最下段噴霧の間に複数の中段噴霧を噴射することで、筒内に複数の噴霧を上下方向に分散して噴射することができる。このため、上下方向に長い筒内の混合気の分布を、ほぼ均質化することができる。

よって、エンジン冷間時においても、燃料の気化霧化の促進を図ることができ、確実に筒内を弱成層化することができる。

#### 【0020】

この発明の一実施態様においては、前記中間噴口の噴射方向を、平面視でキャビティの外側へ指向するように設定したものである。

上記構成によれば、中間噴口からの噴霧を、キャビティの外側に向かって噴射することで、複数の噴霧が三次元的に筒内で噴射されることになる。このため、立体空間の筒内の混合気の分布を、ほぼ均質化することができる。

よって、エンジン冷間時においても、よりさらに気化霧化の促進を図ることができ、筒内を弱成層化することができる。

#### 【0021】

この発明の一実施態様においては、前記最上部噴口からの最上段噴霧を、前記点火プラグの下方位置に該点火プラグから外れるように噴射したものである。

上記構成によれば、燃料噴射時において、最上段噴霧が点火プラグにかからないため、点火プラグが燃料で濡れることがなく、点火プラグの着火性の悪化を抑えることができる。

よって、エンジン冷間時であっても、点火プラグが確実に着火して燃焼安定性を高めることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0022】

この発明によれば、吸気行程での燃料噴射では、噴霧を筒内の上下方向に分散して噴射しつつ、最下段噴霧を壁面温度の高いピストンでトラップすることで、噴霧が壁面温度の低い筒内の下部壁面に付着するのを防止できる。また、圧縮行程での燃料噴射では、最上段噴霧をキャビティで受けることで、点火プラグ周りに濃い混合気層を確実に形成して、点火プラグの着火性を向上して、燃焼安定性を向上することができる。

よって、エンジン冷間時における触媒活性化促進を図る火花点火式直噴エンジンにおいて、燃料噴射による噴霧ができるだけ筒内の側壁に付着しないように設定して、排気系から未燃ガスが排出されるのを抑え、確実に多くの噴霧を気化霧化して、また、点火プラグ周りに濃い混合気を確実に位置させることで、所望の燃焼状態を得ることができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0023】

以下、図面に基づいて本発明の実施形態について詳述する。

図1は本発明を採用した実施形態の火花点火式直噴エンジンの概略構成図である。

この図1に示すように、このエンジンEは、いわゆる4サイクルのレシプロエンジンであり、クランクシャフト1を回転自在に支持するシリンダブロック2と、シリンダブロック2の上部に配置されたシリンダヘッド3とで一体的に構成している。またこのシリンダブロック2とシリンダヘッド3には、複数の気筒4を設けている。

#### 【0024】

各気筒4には、コンロッド5を介してクランクシャフト1に連結されたピストン6と、ピストン上方に形成される燃焼室7とを設けている。

#### 【0025】

シリンダヘッド3の下面には、気筒4毎に燃焼室7の天井壁部8を形成している。この天井壁部8は、中央部分からシリンダヘッド3下端まで延びる2つの対向する傾斜面8a

10

20

30

40

50

、 8 bを有する、いわゆるペントルフ型となっている。

【0026】

前記燃焼室7の天井壁部8には、各々独立した2つの吸気ポート9と排気ポート10が設けられ、吸気2弁16、排気2弁17の4弁構成としている。

【0027】

燃焼室7の側縁部には、燃料供給システムに接続されているマルチホール型インジェクタ11が斜め下方を向いて設置されている。このマルチホール型インジェクタ11は、燃料供給システム12がコントロールユニット13からの燃料噴射パルスを受けることにより、このパルス幅に対応する燃料を燃焼室7に噴射するように構成されている。

なお、このマルチホール型インジェクタ11の詳細構造については、後述する。

10

【0028】

また、各気筒4には、シリンダヘッド3に固定されて、燃焼室7内に電極を臨ませて配置される点火プラグ14を設けている。この点火プラグ14は、燃焼室7の略中央位置に配置している。点火プラグ14には、電子制御による点火タイミングのコントロール可能な点火回路15が接続されており、この点火回路15によって制御されるようになっている。

【0029】

各気筒4の吸気弁16及び排気弁17には、それぞれタペットユニット18、19が設けられている。このタペットユニット18、19は、シリンダヘッド3に設けられた動弁機構のカム軸のカム20、21によって、周期的に駆動されるように構成している。

20

【0030】

エンジンEの吸気ポート9には、インテークマニホールドの分岐吸気管22が接続されている。分岐吸気管22は気筒毎に設けられており、それぞれがインテークマニホールドに等長の吸気経路を形成した状態で接続されている。

【0031】

次に、排気ポート10には、各気筒に2つ一組で形成された二股状の分岐排気管23が接続されている。各分岐排気管23の下流側には、排気ガスの浄化を行なう触媒コンバータ24を設置している。この触媒コンバータ24には、触媒温度を検出する触媒温度センサ25を設けており、活性化温度まで触媒が昇温したか否かを検出するようにしている。

【0032】

コントロールユニット13は、CPU等で構成しており、図示しない入力センサ（クランク角センサ等）や前述の触媒温度センサ25等の入力要素と、前述した燃料供給システム12や点火回路15等の出力要素と接続することにより、エンジンの運転状態を制御するように構成している。

30

【0033】

図2はマルチホール型インジェクタとピストンと点火プラグの詳細構造を示した斜視図であり、図3は（a）ピストン冠面の平面図と（b）ピストン冠面のA-A線矢視断面図である。

図2に示すように、マルチホール型インジェクタ11は、先端の噴射面11aが斜め下方に向くように設置しており、ピストン6の冠面30側に向けて複数の噴霧Gを噴射するように構成している。

40

【0034】

このマルチホール型インジェクタ11の噴射面11aには、6つの噴口40…を設けている。具体的には、噴射面詳細図に示すように、上段中央に第一噴口40aを、二段目左右両側に第二噴口40bと第三噴口40cを、三段目左右両端に第四噴口40dと第五噴口40eを、下段中央に第六噴口40fを、それぞれ並ぶように設けている。

【0035】

このように、各噴口40…を設けることで、各噴口40から噴射される噴霧Gを、斜め下方に向かって、筒内に満遍なく均等に噴射することができる。このため、通常運転時の均質燃焼時には、全筒内全てに燃料が行き渡り、効率的に燃焼させることができる。

50

## 【0036】

また、後述するように、エンジン冷間時に、噴射タイミングを適切に制御することで、弱成層化状態を筒内（４）に生成することができる。

ここで、弱成層化状態とは、点火プラグ周りの混合気の濃度を濃くして、その周囲の混合気を薄くなるように、筒内（４）の混合気分布を調整した状態をいう。

## 【0037】

また、各噴口４０…は、極小の径（例えば、０．１mm程度）で形成されており、この径や向き等によって、各噴口４０…からの噴射量や指向方向が決定される。

## 【0038】

この各噴口４０…の指向方向は、各噴口４０…の位置に対応して設定されており、第一噴口４０aからの第一噴霧Gaが最も上方を指向して、第二噴口４０bからの第二噴霧Gbと、第三噴口４０cからの第三噴霧Gcがその下方で左右方向を指向して、第四噴口４０dからの第四噴霧Gdと、第五噴口４０eからの第五噴霧Geがさらにその下方で左右外方側を指向して、第六噴口４０fからの第六噴霧Gfが最も下方で中央を指向するように設定されている。なお、第一噴霧Gaは、図２にも示すように、点火プラグ１４の電極１４aに燃料が付着しないように、電極１４aよりも下方位置を指向するように設定されている。

## 【0039】

この実施形態のピストン６は、ピストン冠面３０にクランク軸方向に沿って対向する一対の傾斜面３１a，３１bを有する隆起部３１を形成している。この隆起部３１の傾斜面３１a，３１bは、前述した燃焼室７のペントルフ型の天井壁部８に沿うように、ペントルフ形状で傾斜するように形成している。

## 【0040】

また、隆起部３１の両側方には、ピストン冠面３０の基準面となる水平面部３２，３３をそれぞれ設けている。そして、この水平面部３２，３３には、吸気弁１６と排気弁１７にそれぞれ対応するように、吸気弁リセス３２aと排気弁リセス３３aを形成している。

## 【0041】

この隆起部３１の中央には、平面視略円形の凹状キャビティ３４を形成している。この凹状キャビティ３４は、略半球面状に形成された内周面３５と、略水平面状に形成された平底面３６とを備えており、ピストン６が上死点に位置した際には、点火プラグ１４の電極１４aを中心とした略球状の燃焼空間を構成するようにしている。

## 【0042】

このように、凹状キャビティ３４を形成して、略球面状の燃焼空間を構成することで、圧縮比が極めて高いエンジンにすることができ、エンジン効率を高めることができる。

## 【0043】

図３（a）に示すように、吸気側の傾斜面３１には、噴霧を受ける受け面３７を形成している。この受け面３７は、一段凹んだ平面視略ひょうたん形状の凹部で形成している。

## 【0044】

この受け面３７の上部の一部を、凹状キャビティ３４にかかるように形成することで、図３（b）に示すように、凹状キャビティ３４のインジェクタ側上縁端３４aは、反インジェクタ側上縁端３４bよりも下方側に位置するように形成される。

このため、後述するように、インジェクタ１１から噴射された噴霧（Ga）が、凹状キャビティ３４内に、入り易く、且つ出にくいようになる。

## 【0045】

なお、図３（a）に示すように、隆起部３１の凹状キャビティ３４の両側の頂部分には上面部３８，３８を形成している。この上面部３８，３８は、外側端をやや下げた傾斜面で構成している。こうすることで、ピストン６が上死点にある場合であっても、筒内（４）上部で吸気側と排気側を連通する連通空間を形成することができる。

## 【0046】

次に、図４、図５、図６により、エンジン冷間時におけるエンジン運転状態（燃料噴射

10

20

30

40

50

状態)を説明する。図4はエンジン冷間時の燃料噴射タイミングと点火タイミングのタイムチャートであり、図5は吸気行程での燃料噴射状態を示す側面図であり、図6は圧縮行程での燃料噴射状態を示す側面図である。

【0047】

コントロールユニット13で制御されるマルチホール型インジェクタ11と点火プラグ14は、エンジン冷間時には、図4のタイムチャートに示すように制御される。

【0048】

すなわち、触媒温度センサ25等でエンジン冷間状態を検出した際には、燃料噴射タイミングが吸気行程で1回、圧縮行程で1回の合計2回で行われ、1サイクル当りの燃料噴射が2分割で行われる。

【0049】

具体的には、例えば、クランク角度80度(以下、「°CA」とする)に一回目の燃料噴射F1が終了して、325°CAに二回目の燃料噴射F2が終了するように設定している。なお、各噴射パルスの幅w1, w2は、各噴射タイミングにおける燃料噴射量に比例するように設定しており、この二回の燃料噴射量の合計が、ほぼ理論空燃比となるような燃料噴射量に設定している。

【0050】

このように、二分割で燃料を噴射することにより、まず、一回目の燃料噴射F1によって、燃料を早期に筒内で気化霧化して、その後、二回目の燃料噴射F2で、点火プラグ14周りに混合気の濃いリッチな層を形成する。すなわち、このような二分割の噴射タイミングによって、筒内をいわゆる弱成層化するのである。

【0051】

そして、その後、上死点(TDC)を経過した後、380°CA(=排気行程の20°CA)で点火プラグ14を点火している。すなわち、排気行程に入る時期まで点火タイミングSを遅角しているのである。

【0052】

このように、点火タイミングSを遅角することで、エンジンの燃焼エネルギーが熱エネルギーに多く使われることになり、排気ガス温度が高いまま、排気ガスが排気側に排出されることになる。

【0053】

このため、触媒コンデンサ24には、温度の高い排気ガスが供給されて、早期に触媒コンデンサ24の温度を上昇させることができ、触媒を活性化することができる。

よって、早期に排気ガスを浄化することができる。

【0054】

なお、点火プラグ14の点火タイミングSを遅角すると、燃焼状態が不安定になり、燃焼が確実に生じないおそれがある。しかし、本実施形態では、筒内を確実に弱成層化しているため、点火タイミングSが大幅に遅角したとしても、安定した燃焼状態を得ることができる。

【0055】

図5に示すように、吸気行程での燃料噴射(一回目の燃料噴射F1)では、最下部の第六噴口40fから噴射された第六噴霧Gfが、ピストン冠面30の凹状キャビティ34に入るように設定されている。すなわち、最も下方に指向する第六噴霧Gfが、筒内4の側壁面4a(ライナー)に到達(付着)することなく、ピストン冠面30に指向するように噴射されるのである。

【0056】

このように、第六噴霧Gfがピストン冠面30を指向するように、燃料が噴射されることで、筒内4で最も温度が低い側壁面4a(ライナー)の下部4a1に、燃料が付着することがなく、吸気行程での燃料の気化霧化を促進することができる。このため、排気ガスに未燃ガスであるHCが含有されることを防ぐことができる。

【0057】

10

20

30

40

50



また、 $90^{\circ}$  C A 近傍で燃料を噴射することで、ピストンスピードが最も速く、スワール等の空気の流れによって筒内流動が最も大きい時期に、燃料を噴射することになるため、燃料の気化霧化をより促進することができる。

【0058】

また、この上方に噴射される第一噴霧 G a と第二噴霧 G b (第三噴霧 G c) と第四噴霧 G d (第五噴霧 G e) についても、このタイミングで噴射されることで、立体的空間を構成する筒内 (4) に、均質的に広く噴射されることになる。また、スワール Q 等の空気流動によって、筒内 (4) での各噴霧の攪拌が促進されて、筒内 (4) の隅等に液滴が付着することも防止することができる。

【0059】

こうしたことから、第六噴霧 G f 以外の噴霧 G a, G b, G c, G d, G e についても、筒内 (4) でより均質的に気化霧化を促進することができるため、燃料を効率的に燃焼させることができる。

【0060】

図 6 に示すように、圧縮行程での燃料噴射 (二回目の燃料噴射 F 2) では、最上部の第一噴口 40 a から噴射された第一噴霧 G a がピストン冠面 30 の凹状キャビティ 34 に入るように設定されている。すなわち、最も上方に指向する第一噴霧 G a が、凹状キャビティ 34 の内周面 35 を指向するように設定されているのである。

【0061】

一方、第二噴霧 G b (第三噴霧 G c) は、凹状キャビティ 34 手前の傾斜面 31 a (具体的には受け面 37) に指向するように設定されている。もっとも、このように、第二噴霧 G b (第三噴霧 G c) が受け面 37 に指向しても、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は凹状キャビティ 34 内に入ることになる。すなわち、受け面 37 に衝突して勢いが弱まった第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は、第一噴霧 G a が通過した後に発生する負圧によって、凹状キャビティ 34 内に引き込まれるのである。

【0062】

この引き込み挙動について、図 7 の模式図を利用して説明する。図 7 の (a) は噴射直後の側面模試図、(b) はその後の側面模式図である。

【0063】

(a) に示すように、第一噴霧 G a は、凹状キャビティ 34 の略半球面状の内周面 35 に、指向するように噴射される。

このため、第一噴霧 G a は、(b) に示すように、内周面 35 の円弧状傾斜面 35 a に案内されて、上方にスムーズに反転して、点火プラグ 14 側 (天井壁部 8 側) に向かうことになる。

【0064】

一方、(a) に示すように、第二噴霧 G b (第三噴霧 G c) は、受け面 37 に指向するように噴射される。

このため、第二噴霧 G b (第三噴霧 G c) は、受け面 37 に衝突して勢いが弱まり、受け面 37 の上方を漂うことになる。しかし、(b) に示すように、第一噴霧 G a が通過した後は、凹状キャビティ 34 内に引き込む負圧が発生しているため、第二噴霧 G b (第三噴霧 G c) は、この負圧によって、凹状キャビティ 34 内に引き込まれるのである。

【0065】

このように、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c が凹状キャビティ 34 に引き込まれることで、点火プラグ 14 周りに、濃い混合気を多く位置させることができる。

【0066】

そして、第一噴霧 G a だけでなく、第二噴霧 G b や第三噴霧 G c も、凹状キャビティ 34 内に引き込むことで、より多くの混合気を点火プラグ 14 周りに位置させることができる。

【0067】

また、図 8 の噴射状態を示した平面図にも示すように、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は

10

20

30

40

50

、傾斜面 3 1 a から一段凹んだ受け面 3 7 に噴射されるため、側方側（ライナー側）に漏れることがなく、確実に凹状キャビティ 3 4 内に案内されることになる。

【0068】

また、この図に示すように、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c の指向方向（延長線を一点鎖線で示す）を、平面視で凹状キャビティ 3 4 に重なるように設定しているため、前述の負圧による引き込み効果をより生じ易くしている。

【0069】

図 9 ～ 図 1 1 は、この実施形態の噴射状態のシミュレーション図である。図 9 は 3 2 5 ° C A のシミュレーション図、図 1 0 は 3 4 0 ° C A のシミュレーション図、図 1 1 は 3 5 0 ° C A のシミュレーション図、図 1 2 は 3 6 0 ° C A のシミュレーション図である。また、各図において、（a）が第一噴霧の噴射状態、（b）が第二噴霧と第三噴霧の噴射状態、（c）が第一噴霧の噴霧状態と第二噴霧と第三噴霧の噴霧状態を組み合わせたものである。そして、上段が平面図、下端が側面図である。また、各ドッドが噴霧の液滴である。

10

【0070】

図 9 に示すように、噴射完了直後の 3 2 5 ° C A では、（a）のように、第一噴霧 G a は、凹状キャビティ 3 4 内に噴射される。また、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は、（b）のように受け面 3 7 に反射して上方に漂うようになっている。このため、（c）のように、インジェクタ側には、多くの液滴が位置することになる。

【0071】

図 1 0 に示すように、その後の 3 4 0 ° C A では、（a）のように、第一噴霧 G a は、凹状キャビティ 3 4 内の内周面 3 5 に当接して上方に案内される。また、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は、（b）のように、第一噴霧 G a が通過した際に生じる負圧によって、凹状キャビティ 3 4 内（図面では上方）に引き込まれる。このため、（c）のように、点火プラグ 1 4 の周りには、多くの液滴が位置することになる。

20

【0072】

図 1 1 に示すように、その後の 3 5 0 ° C A では、（a）のように、第一噴霧 G a は、凹状キャビティ 3 4 の一方側に偏る。また、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は、（b）のように、凹状キャビティ 3 4 を中心に広がる。このため、（c）のように、点火プラグ 1 4 の周りには、液滴が位置することになる。なお、図 1 0 よりも、液滴が減少しているのは、液滴が順調に蒸発（気化）しているからである。

30

【0073】

図 1 2 に示すように、上死点の位置である 3 6 0 ° C A では、（a）に示すように、第一噴霧 G a は、凹状キャビティ 3 4 の一方側に偏った状態で気化している。また、第二噴霧 G b と第三噴霧 G c は、（b）のように、全体に広がって気化する。このため、（c）のように、液滴は、一部凹状キャビティ 3 4 の一方側に偏った状態で位置するものの、ほとんど気化することになる。

【0074】

図 1 3 は、この 3 6 0 ° C A での点火プラグ周りの混合気の空燃比（A / F）の分布状態を示した図である。この図で、R の領域は最もリッチな領域、L の領域は最もリーンな領域を示している。

40

この図に示すように、3 6 0 ° C A においても、混合気の空燃比は、比較的バラついており、点火プラグ 1 4 よりもインジェクタ側の方に、濃い混合気（R）が存在することになる。また、点火プラグ 1 4 から離間した反インジェクタ側にも、濃い混合気（R）が存在する。そして、薄い混合気（L）が広い範囲に存在することになる。

【0075】

一方、図 1 4 は、点火タイミング直前の 3 8 0 ° C A での点火プラグ周りの混合気の空燃比（A / F）の分布状態を示した図である。

この図に示すように、3 8 0 ° C A になると、混合気の空燃比は、点火プラグ 1 4 周りに多くのやや濃い混合気（R）が存在しつつも、全体的に混合気の空燃比は均等化される

50

ことになる。これによって、点火プラグ 14 による着火性能を高めることができる。

【0076】

以上のように、燃料を気化霧化して着火性能を高めているため、点火タイミング S を遅らせたとしても、確実に混合気を燃焼させることができ、排気ガスの温度を高めることができる。

【0077】

次に、このように構成した本実施形態の作用効果について説明する。

この実施形態では、エンジン冷間時においては、吸気行程と圧縮行程の 2 回で燃料を噴射するように設定するとともに、吸気行程の燃料噴射を、第六噴霧 G f が降下するピストン 6 の凹状キャビティ 34 に衝突するように設定して、圧縮行程の燃焼噴射を、第一噴霧 G a が上昇するピストン 6 の凹状キャビティ 34 に衝突するように設定している。

【0078】

これにより、エンジン冷間時に、吸気行程においては、ピストン 6 の上方に燃料噴射空間を確保して、第六噴霧 G f がピストン 6 の凹状キャビティ 34 でトラップされるように噴射を行い、圧縮行程においては、ピストン 6 上方の空間を少なくして、第一噴霧 G a がピストン 6 の凹状キャビティ 34 でトラップされるように噴射を行なうことになる。

このため、吸気行程での燃料噴射では、噴霧を筒内 (4) の上下方向に広く分散して噴射しつつ、第六噴霧 G f を壁面温度の高いピストン 6 でトラップすることで、噴霧が壁面温度の低い筒内 (4) の側壁面の下部 4 a 1 (図 5 参照) に付着するのを防止できる。また、圧縮行程での燃料噴射では、第一噴霧 G a を凹状キャビティ 34 で受けることで、点火プラグ 14 周りに濃い混合気層を確実に形成して、点火プラグ 14 の着火性を向上することで、燃焼安定性を向上することができる。

よって、エンジン冷間時における触媒活性化促進を図る火花点火式直噴エンジンにおいて、燃料噴射による噴霧ができるだけ筒内の側壁面 (4 a 1) に付着しないように設定して、排気系から未燃ガスが排出されるのを抑え、確実に多くの噴霧を気化霧化して、また、点火プラグ 4 周りに濃い混合気を確実に位置させることで、冷間時のエンジン燃焼状態を向上することができる。

【0079】

また、この実施形態では、吸気行程の燃料噴射終了時期を、吸気行程の中期である 80 ° C A に設定している。

これにより、ピストン 6 上方に噴射空間を確保した状態で燃料が噴射されることになり、吸気行程で最も吸気流動が生じている吸気行程の中期に、燃料噴射が完了することになる。

このため、スワール等の吸気流動を利用して燃料の気化霧化を促進することができ、燃料が気化霧化しにくいエンジン冷間時であっても、燃料を有効に気化霧化することができる。

よって、吸気行程での燃料噴射の気化霧化をより促進することができ、エンジン冷間時の排気ガス性能や燃焼性能を向上することができる。

なお、この燃料噴射終了時期は、80 ° C A に限定されるものではなく、吸気行程の中期である 60 ~ 120 ° C A の範囲に設定してもよい。

【0080】

また、この実施形態では、圧縮行程の燃料噴射終了時期を、圧縮行程の 3 / 4 以降である 325 ° C A に設定して、点火プラグ 14 の点火時期を、上死点 (T D C) 後の 380 ° C A に設定している。

これにより、圧縮行程の上死点 (T D C) 近傍の 325 ° C A で、燃料が噴射されるため、ピストン 6 との距離が近接して、第一噴霧 G a を確実に凹状キャビティ 34 に入れることができ、点火プラグ 14 周りに濃い混合気層を形成できる。また、こうして筒内 (4) を弱成層化した状態で、上死点 (T D C) 後に点火を行なうことで、燃焼安定性を高めることができる。

よって、上死点後の燃焼を、安定的に行わせることができるため、排気ガスの昇温を

図ることができる、確実に触媒の活性化を図ることができる。

【0081】

また、この実施形態では、第一噴口40aと第六噴口40fとの間に、中間高さに位置する第二噴霧Gb、第三噴霧Gc、第四噴霧Gd、第五噴霧Geを噴射する、第二噴口40b、第三噴口40c、第四噴口40d、第五噴口40eを設けている。

これにより、第一噴霧Gaと第六噴霧Gfの間に複数の噴霧（Gb、Gc、Gd、Ge、Gf）を噴射することで、筒内（4）に複数の噴霧を上下方向に分散して噴射することができる。このため、上下方向に長い筒内（4）の混合気の分布を、ほぼ均質化することができる。

よって、エンジン冷間時においても、燃料の気化霧化の促進を図ることができ、確実に筒内（4）を弱成層化することができる。

10

【0082】

また、この実施形態では、これらの第二噴口40b、第三噴口40c、第四噴口40d、第五噴口40eの噴射方向を、平面視で凹状キャビティ34の左右外方側へ指向するように設定している。

これにより、複数の噴霧Ga…が、三次元的に筒内（4）で噴射されることになる。このため、立体空間の筒内（4）の混合気分布を、ほぼ均質化することができる。

よって、エンジン冷間時においても、よりさらに気化霧化の促進を図ることができ、筒内（4）を弱成層化することができる。

20

【0083】

また、この実施形態では、第一噴口40aからの第一噴霧Gaを、点火プラグ14の下位置に噴射するように設定して、点火プラグ14に第一噴霧Gaがかからないように設定している。

これにより、第一噴霧Gaが、点火プラグ14にかからないため、点火プラグ14が、燃料で濡れることがなく、点火プラグ14の着火性の悪化を抑えることができる。

よって、エンジン冷間時であっても、点火プラグが確実に着火して燃焼安定性を高めることができる。

【0084】

以上、この発明の構成と前述の実施形態との対応において、

この発明のインジェクタは、実施形態のマルチホール型インジェクタ11に対応して、以下、同様に、

30

キャビティは、凹状キャビティ34に対応し、

最上段噴霧は、第一噴霧Gaに対応し、

最下段噴霧は、第六噴霧Gfに対応し、

最上部噴口は、第一噴口40aに対応し、

最下部噴口は、第六噴口40fに対応し、

中段噴霧は、第二噴霧Gb、第三噴霧Gc、第四噴霧Gd、第五噴霧Ge、に対応し、

中間噴口は、第二噴口40b、第三噴口40c、第四噴口40d、第五噴口40eに対応するも、

この発明は、前述の実施形態に限定されるものではなく、あらゆる火花点火式直噴エンジンに適用する実施形態を含むものである。

40

【図面の簡単な説明】

【0085】

【図1】本発明を採用した実施形態の火花点火式直噴エンジンの概略構成図。

【図2】マルチホール型インジェクタとピストンと点火プラグの詳細構造を示した斜視図。

。

【図3】（a）ピストン冠面の平面図と（b）ピストン冠面のA-A線矢視断面図。

【図4】エンジン冷間時の燃料噴射タイミングと点火タイミングのタイムチャート。

【図5】吸気行程での燃料噴射状態を示す側面図。

【図6】圧縮行程での燃料噴射状態を示す側面図。

50

【図 7】 (a) 噴射直後の側面模式図、(b) その後の側面模式図。

【図 8】 噴射状態を示した平面図。

【図 9】 325 ° C A のシミュレーション図。

【図 10】 340 ° C A のシミュレーション図。

【図 11】 350 ° C A のシミュレーション図。

【図 12】 360 ° C A のシミュレーション図。

【図 13】 360 ° C A での点火プラグ周りの混合気の空燃比 (A / F) の分布状態を示した図。

【図 14】 380 ° C A での点火プラグ周りの混合気の空燃比 (A / F) の分布状態を示した図。

【符号の説明】

【0086】

6 … ピストン

11 … マルチホール型インジェクタ

14 … 点火プラグ

34 … 凹状キャビティ

40a … 第一噴口

40f … 第六噴口

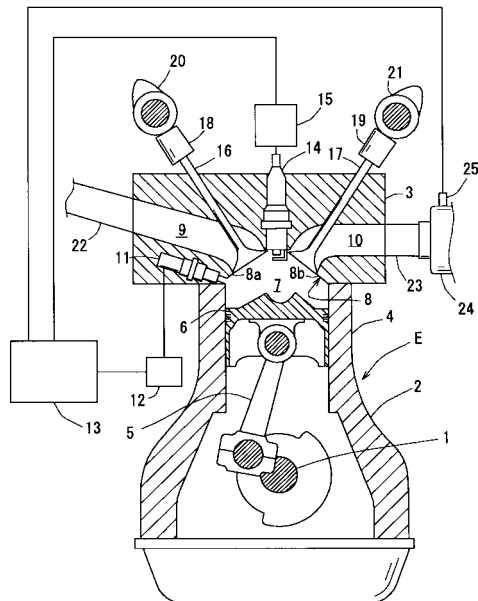
Ga … 第一噴霧

Gf … 第六噴霧

10

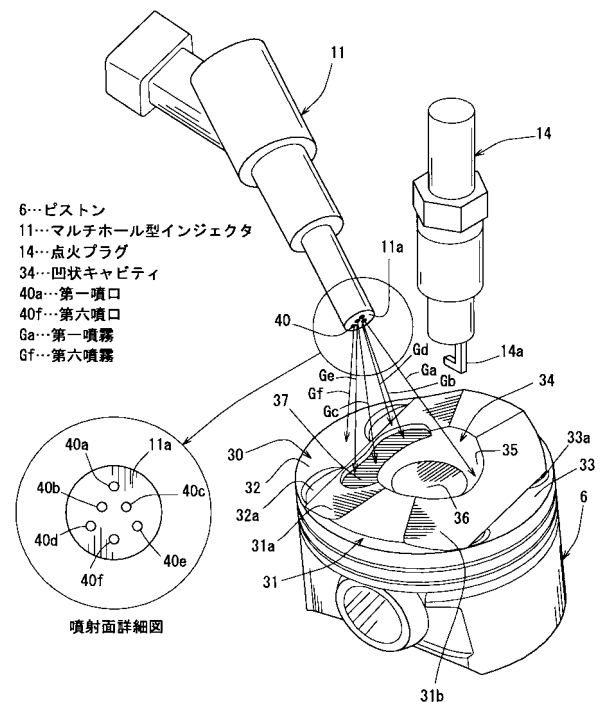
20

【図 1】



6…ピストン  
11…マルチホール型インジェクタ  
14…点火プラグ

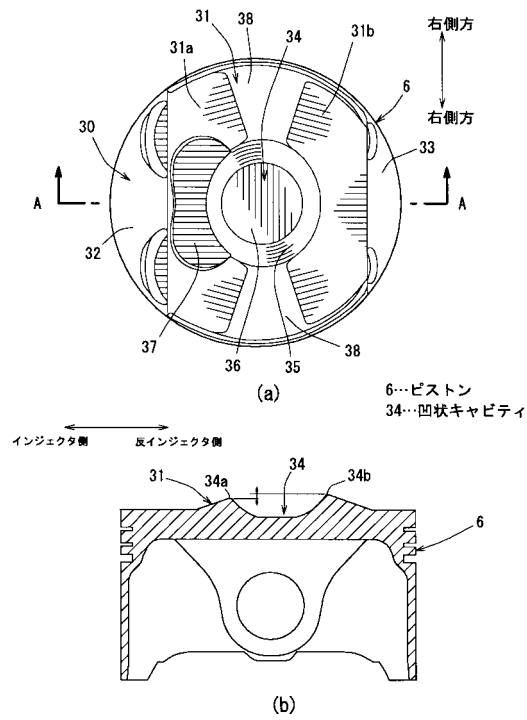
【図 2】



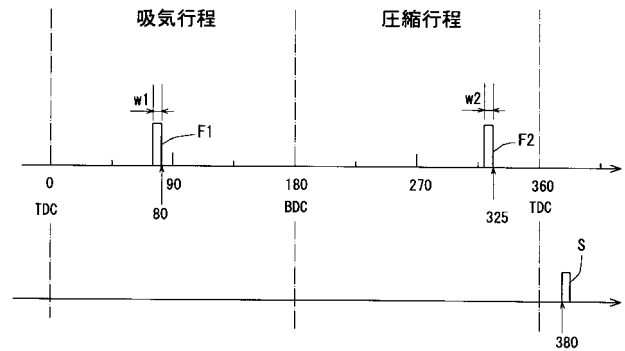
6…ピストン  
11…マルチホール型インジェクタ  
14…点火プラグ  
34…凹状キャビティ  
40a…第一噴口  
40f…第六噴口  
Ga…第一噴霧  
Gf…第六噴霧

噴射面詳細図

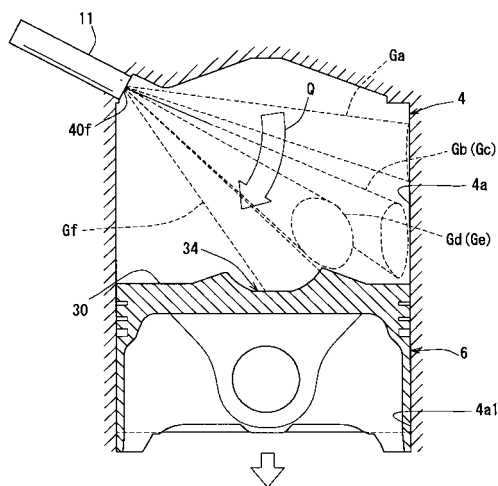
【図 3】



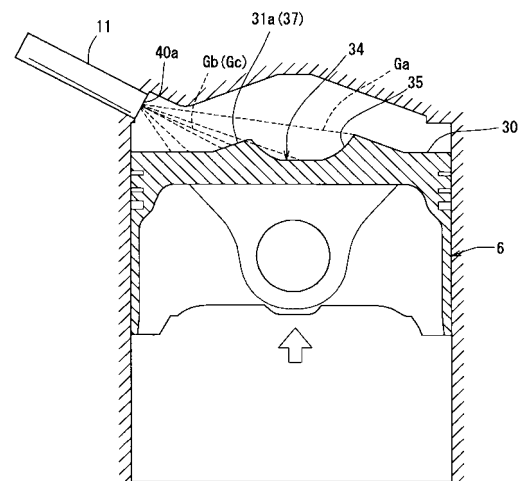
【図 4】



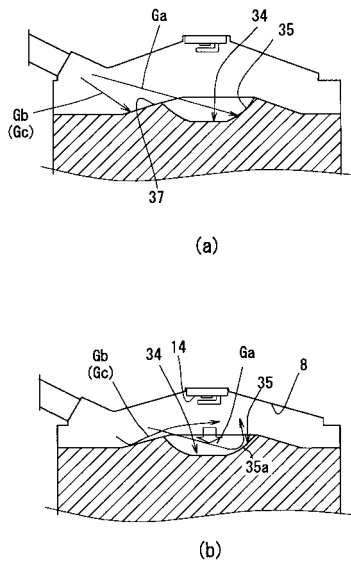
【図 5】



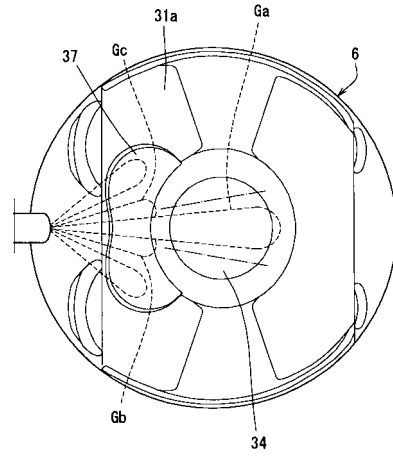
【図 6】



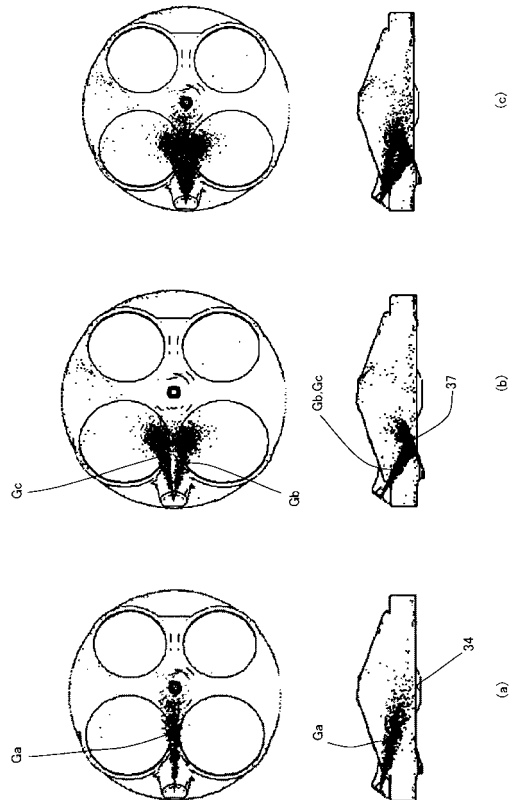
【図 7】



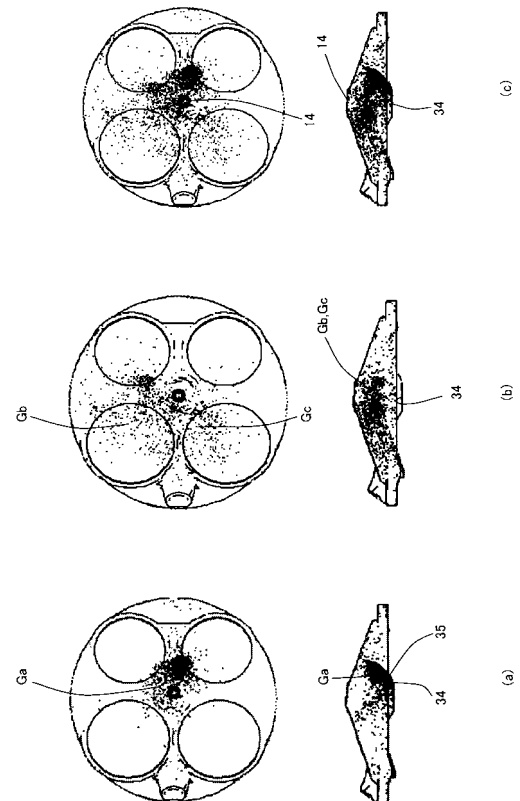
【図 8】



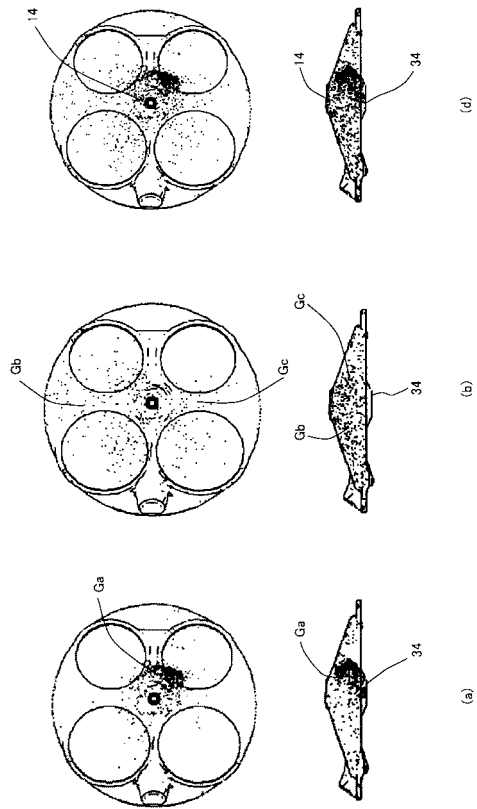
【図 9】



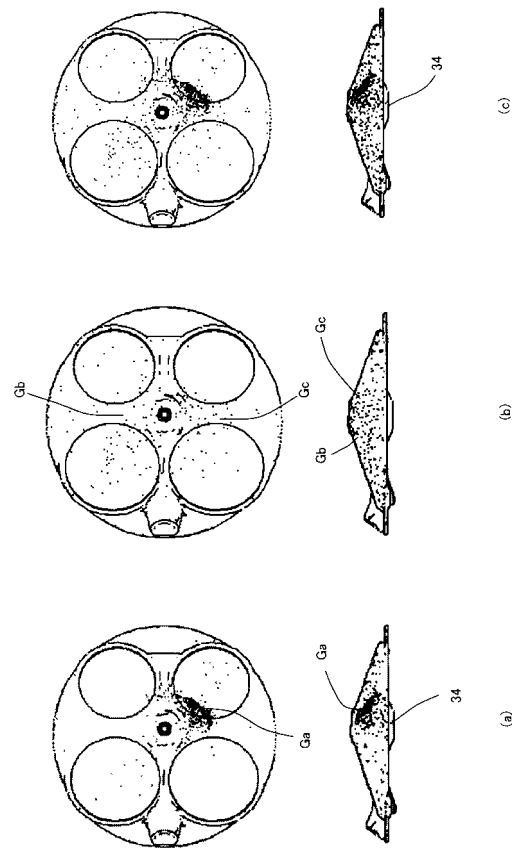
【図 10】



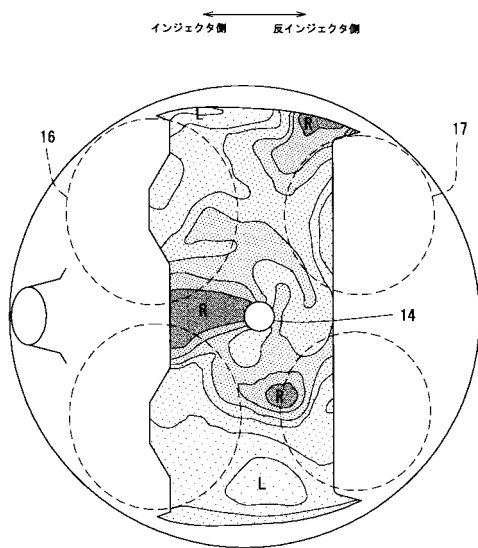
【図 1 1】



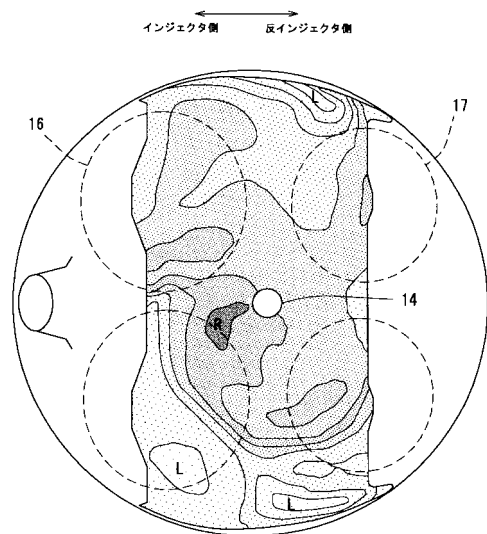
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】





---

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 D 45/00 (2006.01)**

|         |       |         |
|---------|-------|---------|
| F 0 2 D | 41/34 | H       |
| F 0 2 D | 41/04 | 3 3 5 B |
| F 0 2 D | 41/02 | 3 2 5 A |
| F 0 2 D | 43/00 | 3 0 1 B |
| F 0 2 D | 43/00 | 3 0 1 J |
| F 0 2 D | 45/00 | 3 1 2 B |

(72)発明者 渡辺 友巳  
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 西本 敏朗  
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 中山 佳映  
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

F ターム (参考) 3G023 AA03 AB03 AC05 AD02

3G301 HA04 JA26 KA05 MA19 MA23 MA26 PD12Z PE03Z

3G384 AA06 BA18 BA19 BA24 CA03 DA14 FA46Z FA58Z