

(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2007-170377  
(P2007-170377A)

(43) 公開日 平成19年7月5日(2007.7.5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2B 17/00 (2006.01)	FO2B 17/00 F	3G019
FO2B 1/12 (2006.01)	FO2B 1/12	3G023
FO2D 41/02 (2006.01)	FO2D 41/02 351	3G066
FO2B 23/02 (2006.01)	FO2B 23/02 M	3G301
FO2B 23/10 (2006.01)	FO2B 23/10 320	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-286707 (P2006-286707)  
 (22) 出願日 平成18年10月20日 (2006.10.20)  
 (31) 優先権主張番号 特願2005-338701 (P2005-338701)  
 (32) 優先日 平成17年11月24日 (2005.11.24)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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  
 (74) 代理人 100071870  
 弁理士 落合 健  
 (74) 代理人 100097618  
 弁理士 仁木 一明  
 (72) 発明者 山田 卓也  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
 本田技術研究所内  
 (72) 発明者 森田 照義  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
 本田技術研究所内

最終頁に続く

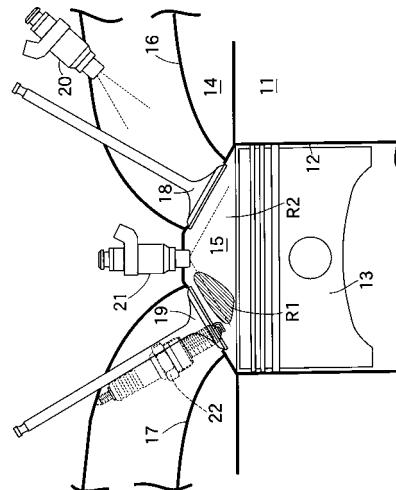
(54) 【発明の名称】 内燃機関

(57) 【要約】

【課題】 負荷の大小に関わらずに安定した混合気の圧縮自着火を可能にしてトルクショックの発生を防止する。

【解決手段】 燃焼室15内に燃料を供給するインジェクタ20, 21を備えて圧縮着火運転が可能な内燃機関は、インジェクタ20, 21が燃焼室15に供給する燃料が、BTDC 20°において、点火プラグ22の近傍に燃焼室15の3%ないし7%の容積で当量比が1.2ないし2.0のリッチ混合気領域R1を形成し、その他の大部分の位置に当量比が1.0未満のリーン混合気領域R2とを形成する。内燃機関の全ての負荷状態でリーン混合気領域R2の基本的に均質な混合気を圧縮自着火あるいは火種自着火により燃焼させることで、負荷状態の変化に伴うトルクショックの発生を回避しながら、低燃料消費率および低エミッションの運転が可能になる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃焼室（15）内に燃料を供給する燃料供給手段（20，21）を備えて圧縮着火運転が可能な内燃機関において、

前記燃料供給手段（20，21）が燃焼室（15）に供給する燃料は、BTDC 20°において、燃焼室（15）の3%ないし7%の容積で当量比が1.2ないし2.0のリッチ混合気領域（R1）を形成するとともに、燃焼室（15）の残りの大部分の容積で当量比が1.0未満のリーン混合気領域（R2）を形成することを特徴とする内燃機関。

## 【請求項 2】

火花を発生して混合気に点火する点火手段（22）を備え、この点火手段（22）の近傍に前記リッチ混合気領域（R1）を形成することを特徴とする、請求項1に記載の内燃機関。

10

## 【請求項 3】

火花を発生して混合気に点火する点火手段（22）を備え、前記リッチ混合気領域（R1）を形成する燃料供給手段（21）は複数の燃料噴射口（23）を有し、前記燃料噴射口（23）は、隣り合う燃料噴射軸（L）の成す角度が10°以下に設定されることを特徴とする、請求項1に記載の内燃機関。

## 【請求項 4】

前記隣り合う燃料噴射軸（L）の間に前記点火手段（22）が配置されることを特徴とする、請求項3に記載の内燃機関。

20

## 【請求項 5】

前記リッチ混合気領域（R1）を形成する燃料供給手段（21）は複数の燃料噴射口（23）を有し、前記複数の燃料噴射口（23）のうち、前記点火手段（22）の近傍を指向する燃料噴射口（23）が他の燃料噴射口（23）よりも密に配置され、これら隣り合う燃料噴射口（23）の燃料噴射軸（L）の成す角度が10°以下に設定されることを特徴とする、請求項1に記載の内燃機関。

## 【請求項 6】

前記リッチ混合気領域（R1）を形成する燃料供給手段（21）は複数の燃料噴射口（23）を有し、前記複数の燃料噴射口（23）のうち、前記点火手段（22）の近傍を指向する燃料噴射口（23）の径が他の燃料噴射口（23）の径よりも大きく設定されることを特徴とする、請求項1に記載の内燃機関。

30

## 【請求項 7】

前記燃料噴射口（23）の径を  $d$  [mm] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [mm<sup>3</sup> / shot] とし、燃料噴射口（23）の数を  $n$  としたとき、

$$d \geq 0.14 (q / n)^{1/2}$$

が成立し、

かつ前記燃料噴射口（23）が形成されるプレート（24）の板厚を  $t$  [mm] としたとき、

$$t < 7d$$

が成立することを特徴とする、請求項3～請求項5の何れか1項に記載の内燃機関。

40

## 【請求項 8】

前記複数の燃料噴射口（23）の複数の燃料噴射軸（L）が形成する錘から外れて前記点火手段（22）の近傍を指向する他の燃料噴射軸（L）を有する他の燃料噴射口（23）を備えることを特徴とする、請求項3または請求項4に記載の内燃機関。

## 【請求項 9】

前記燃料噴射口（23）の数を  $n$  とし、前記燃料供給手段（21）の先端と前記点火手段（22）の電極とを結ぶ線が該燃料供給手段（21）の燃料噴射中心線（A）に対して成す角度を  $\theta$  とし、前記燃料噴射口軸（L）が該燃料供給手段（21）の燃料噴射中心線（A）に対して成す角度を  $\phi$  としたとき、

$$n \geq 30 \sin(\theta - \phi)$$

50

が成立することを特徴とする、請求項 3 または請求項 4 に記載の内燃機関。

【請求項 10】

前記燃料噴射口(23)の径を  $d$  [mm] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [mm<sup>3</sup> / shot] とし、燃料噴射口(23)の数を  $n$  としたとき、

$$d > 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立し、

かつ前記燃料噴射口(23)が形成されるプレート(24)の板厚を  $t$  [mm] としたとき、

$$t < 7d$$

が成立することを特徴とする、請求項 9 に記載の内燃機関。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃焼室内に燃料を供給する燃料供給手段を備えて圧縮着火運転が可能な内燃機関に関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関の部分負荷運転領域では、TDC 近傍に吸気弁および排気弁の両方が閉弁する密閉期間を形成し、燃焼室内に排気ガスを閉じ込めて混合気と共に圧縮して自着火燃焼させるとともに、内燃機関の全負荷運転領域では、TDC 近傍に吸気弁および排気弁の両方が開弁するバルブオーバーラップ期間を形成し、燃焼室内の混合気に点火プラグで火花着火するものが、下記特許文献 1 により公知である。この内燃機関によれば、通常の火花点火式内燃機関に比べて特に圧縮比を高めることなく、部分負荷運転時に安定した圧縮自着火燃焼を可能にしてエミッションの排出量を削減し、また全負荷運転時には過大な圧縮比によるノッキングの発生を防止することができる。

20

【特許文献 1】特開 2000-320333 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら上記従来のは、部分負荷運転時および全負荷運転時で吸気弁および排気弁の開閉タイミングを変更する必要があるために動弁機構の構造が複雑化する問題があり、しかも混合気の着火形態が部分負荷運転時の圧縮自着火と全負荷運転時の火花着火とで異なるため、部分負荷運転時および全負荷運転時の切り換え時にトルクショックが発生し易くなる問題があった。

30

【0004】

本発明は前述の事情に鑑みてなされたもので、負荷の大小に関わらずに安定した混合気の圧縮自着火を可能にしてトルクショックの発生を防止することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載された発明によれば、燃焼室内に燃料を供給する燃料供給手段を備えて圧縮着火運転が可能な内燃機関において、前記燃料供給手段が燃焼室に供給する燃料は、BTDC 20°において、燃焼室の 3% ないし 7% の容積で当量比が 1.2 ないし 2.0 のリッチ混合気領域を形成するとともに、燃焼室の残りの大部分の容積で当量比が 1.0 未満のリーン混合気領域を形成することを特徴とする内燃機関が提案される。

40

【0006】

また請求項 2 に記載された発明によれば、請求項 1 の構成に加えて、火花を発生して混合気に点火する点火手段を備え、この点火手段の近傍に前記リッチ混合気領域を形成することを特徴とする内燃機関が提案される。

【0007】

50

また請求項 3 に記載された発明によれば、請求項 1 の構成に加えて、火花を発生して混合気に点火する点火手段を備え、前記リッチ混合気領域を形成する燃料供給手段は複数の燃料噴射口を有し、前記燃料噴射口は、隣り合う燃料噴射軸の成す角度が  $10^\circ$  以下に設定されることを特徴とする内燃機関が提案される。

【0008】

また請求項 3 に記載された発明によれば、請求項 1 の構成に加えて、火花を発生して混合気に点火する点火手段を備え、前記リッチ混合気領域を形成する燃料供給手段は複数の燃料噴射口を有し、前記燃料噴射口は、隣り合う燃料噴射軸の成す角度が  $10^\circ$  以下に設定されることを特徴とする内燃機関が提案される。

【0009】

また請求項 4 に記載された発明によれば、請求項 3 の構成に加えて、前記隣り合う燃料噴射軸の間に前記点火手段が配置されることを特徴とする内燃機関が提案される。

【0010】

また請求項 5 に記載された発明によれば、請求項 1 の構成に加えて、前記リッチ混合気領域を形成する燃料供給手段は複数の燃料噴射口を有し、前記複数の燃料噴射口のうち、前記点火手段の近傍を指向する燃料噴射口が他の燃料噴射口よりも密に配置され、これら隣り合う燃料噴射口の燃料噴射軸の成す角度が  $10^\circ$  以下に設定されることを特徴とする内燃機関が提案される。

【0011】

また請求項 6 に記載された発明によれば、請求項 1 の構成に加えて、前記リッチ混合気領域を形成する燃料供給手段は複数の燃料噴射口を有し、前記複数の燃料噴射口のうち、前記点火手段の近傍を指向する燃料噴射口の径が他の燃料噴射口の径よりも大きく設定されることを特徴とする内燃機関が提案される。

【0012】

また請求項 7 に記載された発明によれば、請求項 3 ~ 請求項 5 の何れか 1 項の構成に加えて、前記燃料噴射口の径を  $d$  [mm] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [mm<sup>3</sup> / shot] とし、燃料噴射口 (23) の数を  $n$  としたとき、

$$d \geq 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立し、かつ前記燃料噴射口が形成されるプレートの板厚を  $t$  [mm] としたとき、

$$t < 7d$$

が成立することを特徴とする内燃機関が提案される。

【0013】

また請求項 8 に記載された発明によれば、請求項 3 または請求項 4 の構成に加えて、前記複数の燃料噴射口の複数の燃料噴射軸が形成する錘から外れて前記点火手段の近傍を指向する他の燃料噴射軸を有する他の燃料噴射口を備えることを特徴とする内燃機関が提案される。

【0014】

また請求項 9 に記載された発明によれば、請求項 3 または請求項 4 の構成に加えて、前記燃料噴射口の数  $n$  とし、前記燃料供給手段の先端と前記点火手段の電極とを結ぶ線が該燃料供給手段の燃料噴射中心線に対して成す角度を  $\theta$  とし、前記燃料噴射口軸が該燃料供給手段の燃料噴射中心線に対して成す角度を  $\phi$  としたとき、

$$n \geq 30 \sin(\theta - \phi)$$

が成立することを特徴とする内燃機関が提案される。

【0015】

また請求項 10 に記載された発明によれば、請求項 9 の構成に加えて、前記燃料噴射口の径を  $d$  [mm] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [mm<sup>3</sup> / shot] とし、燃料噴射口の数  $n$  としたとき、

$$d \geq 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立し、かつ前記燃料噴射口が形成されるプレートの板厚を  $t$  [mm] としたとき、

$$t < 7d$$

10

20

30

40

50

が成立することを特徴とする内燃機関が提案される。

【0016】

尚、実施例の第1、第2インジェクタ20, 21は本発明の燃料供給手段に対応し、実施例の点火プラグ22は本発明の点火手段に対応する。

【発明の効果】

【0017】

請求項1の構成によれば、燃焼室の容積の大部分を当量比が1.0未満のリーン混合気領域としたので、内燃機関の全ての負荷状態でリーン混合気領域の基本的に均質な混合気を圧縮自着火あるいは火種自着火により燃焼させることで、負荷状態の変化に伴うトルクショックの発生を回避しながら、低燃料消費率および低エミッションの運転が可能になる。また燃焼室の容積の極一部である3%ないし7%の領域をリッチ混合気領域とし、そのリッチ混合気領域に点火手段を配置したので、点火手段の火花で着火したリッチ混合気領域の燃焼熱でリーン混合気領域の圧縮自着火をアシストすることで、失火の発生を確実に防止するとともに、TDC直後の熱発生率を高めて等容度を改善し、燃料消費率を減少させることができる。

10

【0018】

特に、リッチ混合気領域の容積を燃焼室の容積の7%以下としたので、混合気の燃焼期間を短くして燃焼安定性を高めることができ、またリッチ混合気領域の容積を燃焼室の容積の3%以上としたので、混合気の着火性を確保することができる。

【0019】

更に、リッチ混合気領域の当量比を1.2ないし2.0としたので、混合気の着火遅れを最小限に抑えて燃焼安定性を確保することができる。

20

【0020】

請求項2の構成によれば、火花を発生して混合気に点火する点火手段の近傍にリッチ混合気領域を形成したので、リッチ混合気の圧縮自着火を点火手段の火花でアシストして自着火可能な運転領域を拡大し、失火の発生を確実に回避することができる。

【0021】

請求項3の構成によれば、燃料供給手段の複数の燃料噴射口のうちの隣り合う燃料噴射口の燃料噴射軸の成す角度が10°以下に設定されるので、リッチ混合気領域の燃料濃度を均一化することができる。

30

【0022】

請求項4の構成によれば、前記隣り合う燃料噴射軸の間に点火手段が配置されるので、点火手段の近傍に確実にリッチ混合気領域を形成することができる。

【0023】

請求項5の構成によれば、燃料供給手段の複数の燃料噴射口のうち、点火手段の近傍を指向する燃料噴射口が他の燃料噴射口よりも密に配置され、これら隣り合う燃料噴射口の燃料噴射軸の成す角度が10°以下に設定されるので、点火手段の近傍に確実にリッチ混合気領域を形成することができる。

【0024】

請求項6の構成によれば、燃料供給手段の複数の燃料噴射口のうち、点火手段の近傍を指向する燃料噴射口の径が他の燃料噴射口の径よりも大きく設定されるので、点火手段の近傍に確実にリッチ混合気領域を形成することができる。

40

【0025】

請求項7の構成によれば、燃料噴射口の径を  $d$  [mm] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [mm<sup>3</sup> / shot] とし、燃料噴射口の数  $n$  としたとき、

$$d \geq 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立し、かつ燃料噴射口が形成されるプレートの板厚を  $t$  [mm] としたとき、

$$t < 7d$$

が成立するので、安定した燃料の噴霧を得ることができる。

【0026】

50

請求項 8 の構成によれば、複数の燃料噴射口の複数の燃料噴射軸が形成する錘から外れて点火手段の近傍を指向する他の燃料噴射軸を有する他の燃料噴射口を備えたことで、点火手段の近傍に確実にリッチ混合気領域を形成することができる。

【 0 0 2 7 】

請求項 9 の構成によれば、燃料噴射口の数  $n$  とし、燃料供給手段の先端と点火手段の電極とを結ぶ線が該燃料供給手段の燃料噴射中心線に対して成す角度を  $\theta$  とし、燃料噴射口軸が該燃料供給手段の燃料噴射中心線に対して成す角度を  $\phi$  としたとき、

$$n \geq 30 \sin(\theta - \phi)$$

が成立するので、十分な数の燃料噴射口を確保してリッチ混合気領域を形成することができる。

10

【 0 0 2 8 】

請求項 10 に記載の発明によれば、燃料噴射口の径を  $d$  [mm] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [mm<sup>3</sup> / shot] とし、燃料噴射口の数  $n$  としたとき、

$$d \geq 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立し、かつ燃料噴射口が形成されるプレートの板厚を  $t$  [mm] としたとき、

$$t < 7d$$

が成立するので、安定した燃料の噴霧を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 9 】

以下、本発明の実施の形態を、添付の図面に示した本発明の実施例に基づいて説明する。

20

【 0 0 3 0 】

図 1 ~ 図 14 は本発明の第 1 実施例を示すもので、図 1 は内燃機関の燃焼室周辺の構造を示す図、図 2 はリッチ混合気領域の当量比と、点火プラグの点火から混合気の 10% が燃焼するまでの期間との関係を示す図、図 3 は第 2 インジェクタから噴射される燃料の点火プラグ近傍の噴霧流速と、点火プラグの点火から混合気の 10% が燃焼するまでの期間との関係を示す図、図 4 は混合気の 10% が燃焼したときの燃焼室の容積に対する空燃比が 6 未満の容積の占める割合と、混合気の 10% が燃焼してから 90% が燃焼するまでの期間との関係を示す図、図 5 は混合気の 10% が燃焼したときの燃焼室内の噴霧の蒸発率と、混合気の 10% が燃焼してから 90% が燃焼するまでの期間との関係を示す図、図 6 は点火プラグによる着火アシストの効果を説明する図、図 7 は第 2 インジェクタの燃料噴射軸の配置を示す図、図 8 は第 2 インジェクタの燃料噴射軸と点火プラグとの位置関係を示す図、図 9 は第 2 インジェクタの燃料噴射軸と点火プラグとの位置関係を示す図、図 10 は燃料噴射口が形成されたプレートの第 1 の例を示す図、図 11 は燃料噴射口が形成されたプレートの第 2 の例を示す図、図 12 は燃料噴射口が形成されたプレートの第 3 の例を示す図、図 13 は第 2 インジェクタの燃料噴射中心線を傾けた例を示す図、図 14 は図 13 の第 2 インジェクタのプレートを示す図である。

30

【 0 0 3 1 】

図 1 に示すように、内燃機関 E はシリンダブロック 11 に形成したシリンダ 12 に摺動自在に嵌合するピストン 13 を備えており、ピストン 13 の頂面とシリンダヘッド 14 の下面間に燃焼室 15 が区画される。シリンダヘッド 14 には吸気ポート 16 および排気ポート 17 が形成されており、吸気ポート 17 が燃焼室 15 に開口する吸気開口が吸気バルブ 18 で開閉され、排気ポート 17 が燃焼室 15 に開口する排気開口が排気バルブ 19 で開閉される。吸気ポート 16 の吸気開口に近い位置には燃焼室 15 を指向する第 1 インジェクタ 20 が配置され、燃焼室 15 の頂部中央にはシリンダ軸線に沿う第 2 インジェクタ 21 が配置される。また燃焼室 15 の排気バルブ 19 寄りの位置には点火プラグ 22 が配置される。

40

【 0 0 3 2 】

吸気ポート 16 に設けられた第 1 インジェクタ 20 は内燃機関 E の高負荷領域で燃料を噴射し、燃焼室 15 に設けられた第 2 インジェクタ 21 は内燃機関 E の全ての負荷領域で

50

燃料を噴射する。第2インジェクタ21はシリンダ軸線の周囲に円錐状に燃料を噴射するが、その燃料噴射密度は円周方向に不均一であり、点火プラグ22を指向する方向の燃料噴射密度が他の方向よりも高く設定される。従って、この第2インジェクタ21が噴射する燃料により、燃焼室15の点火プラグ22の周辺に空燃比が部分的に高いリッチ混合気領域R1（燃焼室15内の斜線部分）が形成され、燃焼室15のその他の部分に空燃比が低いリーン混合気領域R2（燃焼室15内の白抜き部分）が形成される。点火プラグ22は、全ての負荷領域で火花を発生する。

#### 【0033】

図示平均有効圧力IMEPが400kPa未満の低負荷領域では、第2インジェクタ21が噴射した燃料により点火プラグ22の近傍に空燃比が部分的にリッチな成層混合気が形成される。この混合気が圧縮行程において圧縮されると点火プラグ22の近傍のリッチ混合気領域R1から自着火して燃焼室15全体の混合気が燃焼する。低負荷領域では混合気の空燃比が燃焼室15の大部分で理論空燃比よりもリーンであるために燃焼温度が低く、排気ガス中のNOxの濃度を殆どゼロに抑えることができる。尚、低負荷領域では混合気が圧縮のみで自着火するため、点火プラグ22の火花は必ずしも必要ではなく、点火プラグ22を不作動にすることも可能である。即ち、成層混合気を圧縮することによって圧縮自着火が可能である。

10

#### 【0034】

図示平均有効圧力IMEPが300kPa～ワークアウトの高負荷領域では、第1インジェクタ20が噴射した燃料により燃焼室15の大部分の領域に空燃比が均質で理論空燃比よりもリーンなリーン混合気領域R2が形成されるとともに、第2インジェクタ21が噴射した燃料により点火プラグ22の近傍にリッチ混合気領域R1が形成される。高負荷領域のうちの比較的負荷が低い領域では、EGR量を制御することで点火プラグ22の近傍のリッチ混合気領域R1を自着火させることができる。また高負荷領域のうちの比較的負荷が高い領域では、点火プラグ22が発生する火花を種火として点火プラグ22の近傍のリッチ混合気領域R1を火花着火させ、リッチ混合気領域R1の火炎伝播による熱でリーン混合気領域R2を圧縮自着火させる火種自着火が可能である。この高負荷領域でも混合気の空燃比が燃焼室15の大部分でリーンであるために燃焼温度が低く、排気ガス中のNOxの濃度を50ppm未満に抑えることができる。

20

#### 【0035】

次に、点火プラグ22の近傍のリッチ混合気領域R1の圧縮あるいは火花による着火性の条件について説明する。

30

#### 【0036】

図2は、リッチ混合気領域R1の当量比（理論空燃比/実空燃比）と、点火プラグ22の点火から混合気の10%が燃焼するまでの期間（クランクアングル換算）との関係を示すものであり、前記期間が短いほど混合気の着火が速やかに行われることを示している。同図から明らかなように、クランクアングルがTDCの20°手前位置において、当量比が1.2から2.0の領域、つまり空燃比が12.25から7.35の領域で混合気の着火遅れが極小になっており、混合気の着火性が高いことが分かる。

#### 【0037】

図3は、第2インジェクタ21から噴射される燃料の点火プラグ22近傍の噴霧流速と、点火プラグ22の点火から混合気の10%が燃焼するまでの期間（クランクアングル換算）との関係を示すものであり、前記期間が短いほど混合気の着火が速やかに行われることを示している。同図から明らかなように、噴霧流速が5m/sec以下の領域で混合気の着火遅れが小さくなっており、混合気の着火性が高いことが分かる。

40

#### 【0038】

次に、燃焼室15内の混合気の主燃焼の条件について説明する。

#### 【0039】

図4は、混合気の10%が燃焼したときの燃焼室15の容積に対する空燃比が6未満の容積の占める割合（過リッチ割合）と、混合気の10%が燃焼してから90%が燃焼する

50

までの期間（クランクアングル換算）との関係を示す図である。同図から明らかなように、過リッチ割合7%以下のときに前記燃焼期間が短くなっており、混合気が速やかに燃焼することが分かる。

【0040】

図5は、混合気の10%が燃焼したときの燃焼室15内の噴霧の蒸発率と、混合気の10%が燃焼してから90%が燃焼するまでの期間（クランクアングル換算）との関係を示す図である。同図から明らかなように、噴霧蒸発率が90%以上のときに前記燃焼期間が短くなっており、混合気が速やかに燃焼することが分かる。

【0041】

図6は、点火プラグ22による着火アシストの効果を説明する図であり、横軸はクランクアングル（0°はTDC）を示し、縦軸は熱発生率を示している。図中の破線は点火プラグ22による着火アシストが無い場合、実線は点火プラグ22による着火アシストが有る場合を示しており、点火プラグ22による着火アシストによってTDC後の熱発生率の立ち上がりタイミングが早くなり、かつ熱発生率が増加していることが分かる。実線で示すアシスト有りのラインの立ち上がり部分の斜線領域は、リッチ混合気領域R1の微小火炎伝播による発熱を表している。

10

【0042】

以上説明したように、吸気ポート16に設けた第1インジェクタ20および燃焼室15に設けた第2インジェクタ21からの燃料の噴射により、燃焼室の容積の大部分を占める領域をリーン混合気領域R2としたので、内燃機関Eの低負荷状態から高負荷状態までの全ての負荷状態で、広いリーン混合気領域R2内で実質的に均質に分布する混合気を圧縮自着火あるいは火種自着火により燃焼させることで、内燃機関Eの負荷状態の変化に伴うトルクショックの発生を回避しながら、リーンな混合気の燃焼による低燃料消費率および低エミッションの運転が可能になる。

20

【0043】

また燃焼室15の容積全体から見ると極一部である3%ないし7%の領域をリッチ混合気領域R1とし、そのリッチ混合気領域R1に点火プラグ22を配置したので、リーン混合気領域R2の圧縮自着火を点火プラグ22の火花で着火したリッチ混合気領域R1の燃焼熱でアシストすることができる。これにより、種々の負荷領域での失火の発生を確実に防止することが可能になるだけでなく、リッチ混合気領域R1の燃焼による火炎伝播でTDC直後の熱発生率を高めて等容度を改善し、燃料消費率を減少させることができる。

30

【0044】

燃焼室15の容積に対するリッチ混合気領域R1の容積の比率は重要であり、BTDC20°においてリッチ混合気領域R1の容積を燃焼室の容積の7%以下としたことで、混合気の燃焼期間を短くして燃焼安定性を高めることができ、またリッチ混合気領域R1の容積を燃焼室の容積の3%以上としたことで、混合気の着火性を確保することができる。またリッチ混合気領域R1の当量比をBTDC20°において1.2ないし2.0としたことで、混合気の着火遅れを最小限に抑えて燃焼安定性を確保することができる。

【0045】

次に、燃焼室15における上述した燃料噴射密度を実現するために第2インジェクタ21（シリンダ軸線に沿うインジェクタ）の燃料噴射特性について説明する。

40

【0046】

第2インジェクタ21の燃料噴射特性には種々の態様があるが、まず共通の特性を説明する。図10に示すように、第2インジェクタ21は複数個（例えば、12個）の燃料噴射口23...が形成されたプレート24を備えており、それらの燃料噴射口23...は第2インジェクタ21の燃料噴射中心線Aを囲む円周上に配置され、かつ各燃料噴射口23...の燃料噴射軸Lは燃料噴射中心線Aに対して円錐状に傾斜するように配置される。よって複数の燃料噴射口23...から燃料噴射軸Lに沿って噴射された燃料は燃焼室15内に円錐状の拡散する。このとき隣接する二つの燃料噴射軸Lの成す角度は10°以下とすることが望ましい（図7参照）。この10°という角度は、図7の投影図上における角度ではなく

50



、実際に 2 本の燃料噴射軸 L が成す角度である。

【 0 0 4 7 】

上記図 7 の条件の代わりに、図 8 に示すように、第 2 インジェクタ 2 1 および点火プラグ 2 2 を通る平面を挟んで両側に位置する 2 本の燃料噴射軸 L の成す角度が 1 0 ° 以下であっても良い。この 1 0 ° という角度は、図 8 の投影図上における角度ではなく、実際に 2 本の燃料噴射軸 L が成す角度である。

【 0 0 4 8 】

そして図 7 および図 8 のいずれの場合にも、図 9 に示すように、点火プラグ 2 2 を指向する燃料噴射軸 L を中心とする頂角 1 0 ° の円錐の範囲内に点火プラグ 2 2 の電極が位置するように設定される。

10

【 0 0 4 9 】

このような燃料噴射条件をみたすことで、B T D C 2 0 ° において、燃焼室 1 5 の 3 % ないし 7 % の容積で当量比が 1 . 2 ないし 2 . 0 のリッチ混合気領域 R 1 を形成するとともに、燃焼室 1 5 の残りの大部分の容積で当量比が 1 . 0 未満のリーン混合気領域 R 2 を形成することができる。

【 0 0 5 0 】

この条件のもとで、図 1 0 に示すように、複数の燃料噴射口 2 3 ... のうち、点火プラグ 2 2 の電極を指向する 1 個の燃料噴射口 2 3 の直径を残りの燃料噴射口 2 3 ... の直径よりも大径に設定することで、点火プラグ 2 2 近傍の燃料密度を他の部分の燃料密度よりも高めることができる。

20

【 0 0 5 1 】

図 1 0 の別案として、図 1 1 に示すように、複数の燃料噴射口 2 3 ... の配置間隔を円周方向に不均一にし、点火プラグ 2 2 の電極を指向する複数個（例えば、3 個）の燃料噴射口 2 3 ... を密に配置することで、点火プラグ 2 2 近傍の燃料密度を他の部分の燃料密度よりも高めることができる。

【 0 0 5 2 】

図 1 0 の更なる別案として、図 1 2 に示すように、点火プラグ 2 2 の電極を指向する 1 個の燃料噴射口 2 3 の径方向外側および内側に点火プラグ 2 2 の電極を指向する追加の燃料噴射口 2 3 , 2 3 を配置することで、点火プラグ 2 2 近傍の燃料密度を他の部分の燃料密度よりも高めることができる。

30

【 0 0 5 3 】

また更なる別案として、図 1 3 および図 1 4 に示すように、プレート 2 4 の円周上に形成した燃料噴射口 2 3 ... の角度を点火プラグ 2 2 と反対側に傾斜させることで、つまり第 2 インジェクタ 2 1 の燃料噴射中心線 A の方向を点火プラグ 2 2 と反対側に傾斜させることで、複数の燃料噴射軸 L が成すコーンが点火プラグ 2 2 から離れるようにする。その代わりに、プレート 2 4 に点火プラグ 2 2 を指向する燃料噴射口 2 3 を別途形成し、この燃料噴射口 2 3 から燃料噴射軸 L 方向に燃料を噴射することで点火プラグ 2 2 の近傍の燃料密度を他の部分の燃料密度よりも高めることができる。

【 0 0 5 4 】

尚、第 1 インジェクタ 2 0 で吸気ポート 1 6 内に燃料を噴射した後に第 2 インジェクタ 2 1 で点火プラグ 2 2 を指向する方向にのみ燃料を噴射することで、点火プラグ 2 2 の近傍の燃料密度を他の部分の燃料密度よりも高めても良い。

40

【 0 0 5 5 】

以上の何れの形状のプレート 2 4 を採用した場合でも、各燃料噴射口 2 3 の直径  $d$  [ m m ] とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量を  $q$  [  $\text{mm}^3 / \text{shot}$  ] とし、燃料噴射口 2 3 ... の数を  $n$  としたとき、

$$d \geq 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立することが望ましい。

【 0 0 5 6 】

次に、図 1 5 に基づいて本発明の第 2 の実施の形態を説明する。

50

## 【0057】

第1の実施の形態では第2インジェクタ21が円周方向に不均一に、つまり点火プラグ22を指向する方向がリッチになるように燃料を噴射しているが、第2の実施の形態では第2インジェクタ21が燃料噴射中心線Aに関して円周方向に均一に燃料を噴射するとともに、燃料噴射中心線Aを第2インジェクタ21の軸線（つまり燃焼室15の軸線）に対して傾斜させることにより、点火プラグ22の近傍に燃料の濃度を高めている。

## 【0058】

この場合、第2インジェクタ21の燃料噴射中心線Aを傾けても、燃料噴射口23...の数が少ないと点火プラグ22の近傍の燃料の濃度を確実に高めることができないため、燃料噴射口23...の数nは以下のように設定される。

## 【0059】

即ち、第2インジェクタ21の先端と点火プラグ22の電極とを結ぶ直線が第2インジェクタ21の軸線と成す角度を $\theta$ とし、第2インジェクタ21の燃料噴射中心線Aと第2インジェクタ21の軸線と成す角度を $\phi$ としたとき、

$$n \geq 30 \sin(\theta - \phi)$$

が成立することが望ましい。また各燃料噴射口23の直径d [mm]とし、エンジン運転条件下での最低燃料噴射量をq [mm<sup>3</sup>/shot]とし、燃料噴射口23...の数をnとしたとき、

$$d \geq 0.14 (q/n)^{1/2}$$

が成立することが望ましい。

## 【0060】

これらの条件を満たすことで、第2インジェクタ21が円周方向に均一に燃料を噴射するものであっても、第1の実施の形態と同様の作用効果を達成することができる。

## 【0061】

更に、燃料噴射口23...が形成されるプレート24の板厚をt [mm]としたとき、

$$t < 7d$$

が成立することが望ましい。

## 【0062】

燃料噴射口23...の数nを40個に設定した場合には、隣接する二つの燃料噴射軸Lの成す角度は10°以下となり、燃料噴射口23の直径dは0.05mm以下となり、板厚tは0.35mm以下となる。また燃料噴射口23...の数nを15個に設定した場合には、隣接する二つの燃料噴射軸Lの成す角度は10°以下となり、燃料噴射口23の直径dは0.08mm以下となり、板厚tは0.56mm以下となる。

## 【0063】

以上、本発明の実施例を説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明を逸脱することなく種々の設計変更を行うことが可能である。

## 【0064】

例えば、実施の形態では複数の燃料噴射口23...を基本的に真円周上に配置しているが、それらを円周上ではなく、楕円上や、一部が突出あるいは陥没するように変形した円上や、一部に直線部を有する変形した円上に配置してもよい、つまり、複数の燃料噴射口23...が配置される図形の形状は任意である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0065】

【図1】第1の実施の形態に係る内燃機関の燃焼室周辺の構造を示す図

【図2】リッチ混合気領域の当量比と、点火プラグの点火から混合気の10%が燃焼するまでの期間との関係を示す図

【図3】第2インジェクタから噴射される燃料の点火プラグ近傍の噴霧流速と、点火プラグの点火から混合気の10%が燃焼するまでの期間との関係を示す図

【図4】混合気の10%が燃焼したときの燃焼室の容積に対する空燃比が6未満の容積の

10

20

30

40

50

占める割合と、混合気の10%が燃焼してから90%が燃焼するまでの期間との関係を示す図

【図5】混合気の10%が燃焼したときの燃焼室内の噴霧の蒸発率と、混合気の10%が燃焼してから90%が燃焼するまでの期間との関係を示す図

【図6】点火プラグによる着火アシストの効果を説明する図

【図7】第2インジェクタの燃料噴射軸の配置を示す図

【図8】第2インジェクタの燃料噴射軸と点火プラグとの位置関係を示す図

【図9】第2インジェクタの燃料噴射軸と点火プラグとの位置関係を示す図

【図10】燃料噴射口が形成されたプレートの第1の例を示す図

【図11】燃料噴射口が形成されたプレートの第2の例を示す図

【図12】燃料噴射口が形成されたプレートの第3の例を示す図

【図13】第2インジェクタの燃料噴射中心線を傾けた例を示す図

【図14】図13の第2インジェクタのプレートを示す図

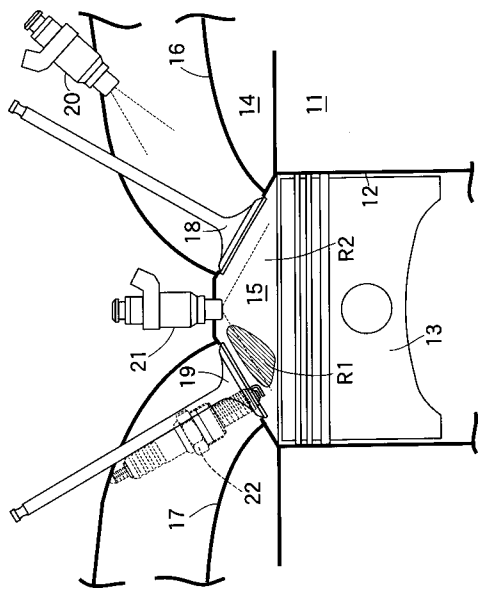
【図15】第2の実施の形態に係る、前記図8に対応する図

【符号の説明】

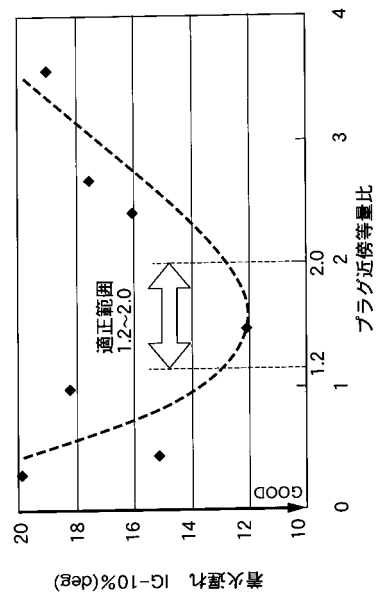
【0066】

- 15 燃焼室
- 20 第1インジェクタ(燃料供給手段)
- 21 第2インジェクタ(燃料供給手段)
- 22 点火プラグ(点火手段)
- A 燃料噴射中心線
- L 燃料噴射軸
- R1 リッチ混合気領域
- R2 リーン混合気領域

【図1】



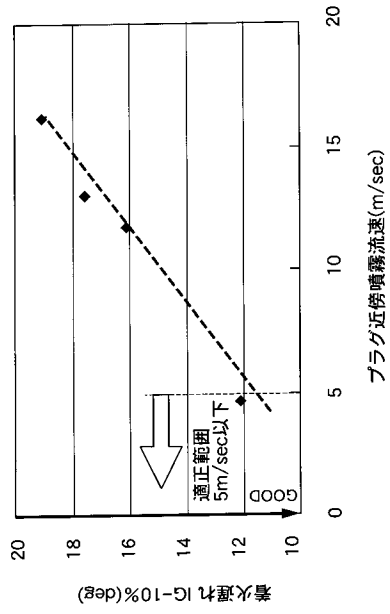
【図2】



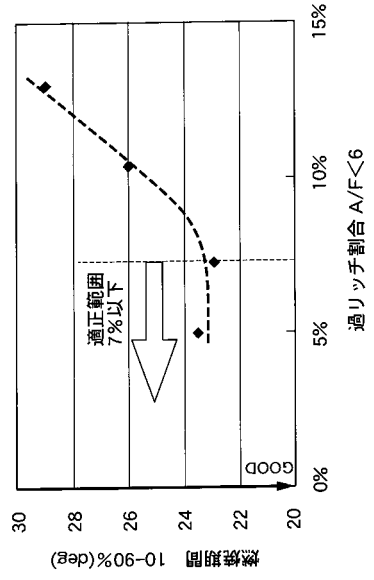
10

20

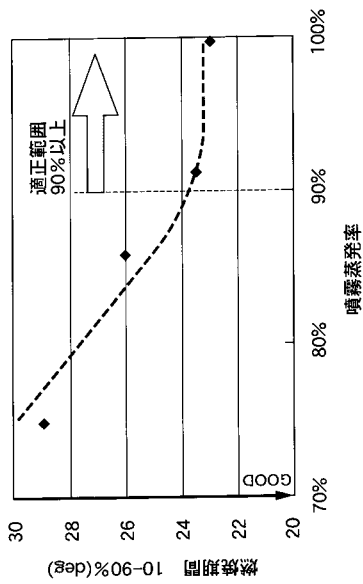
【 図 3 】



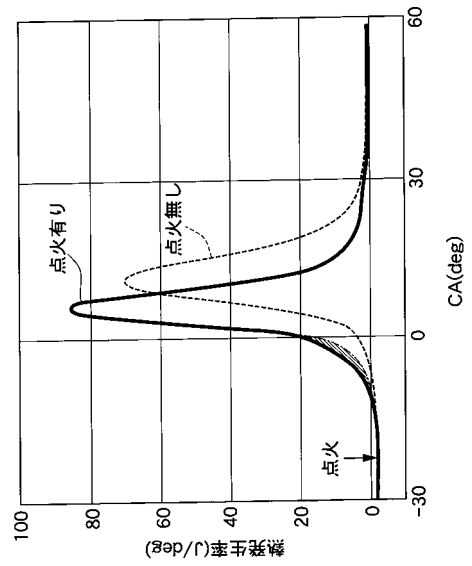
【 図 4 】



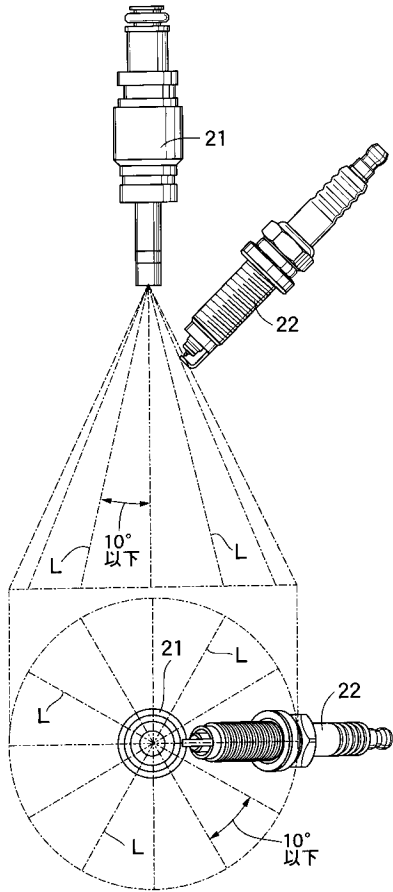
【 図 5 】



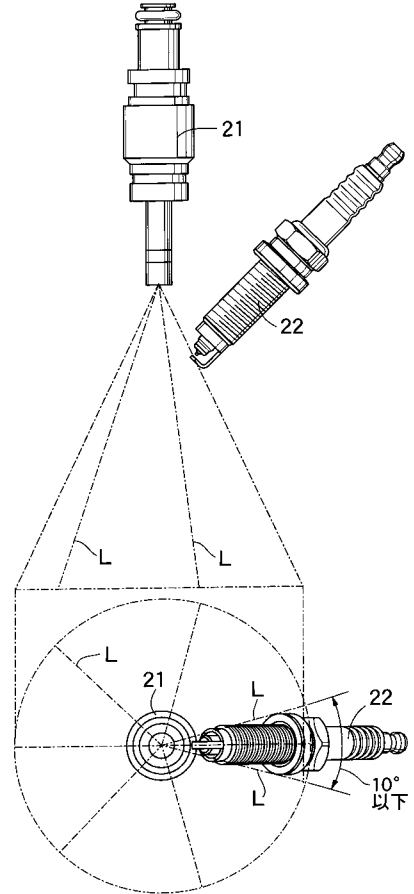
【 図 6 】



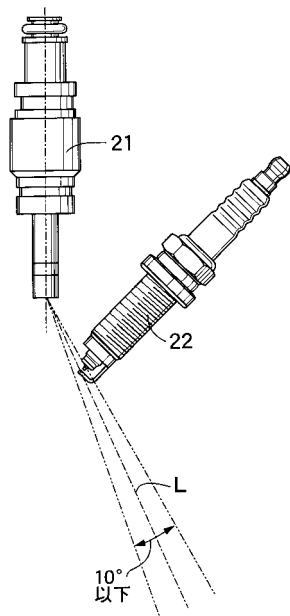
【 図 7 】



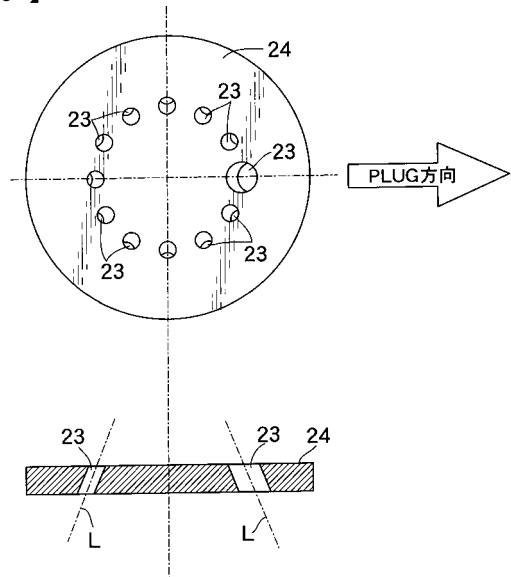
【 図 8 】



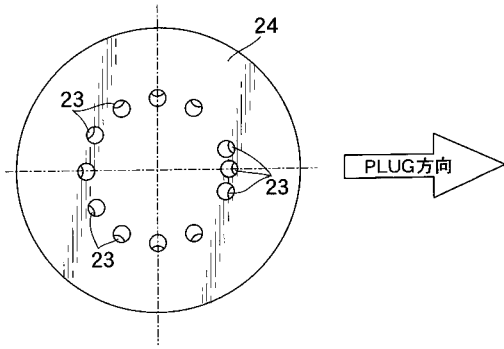
【 図 9 】



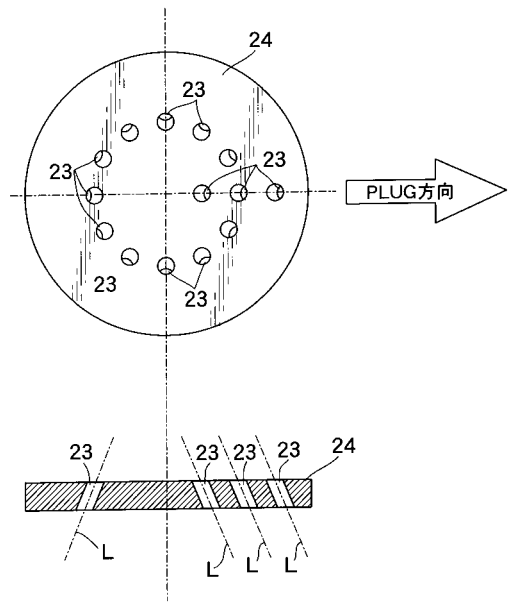
【 図 10 】



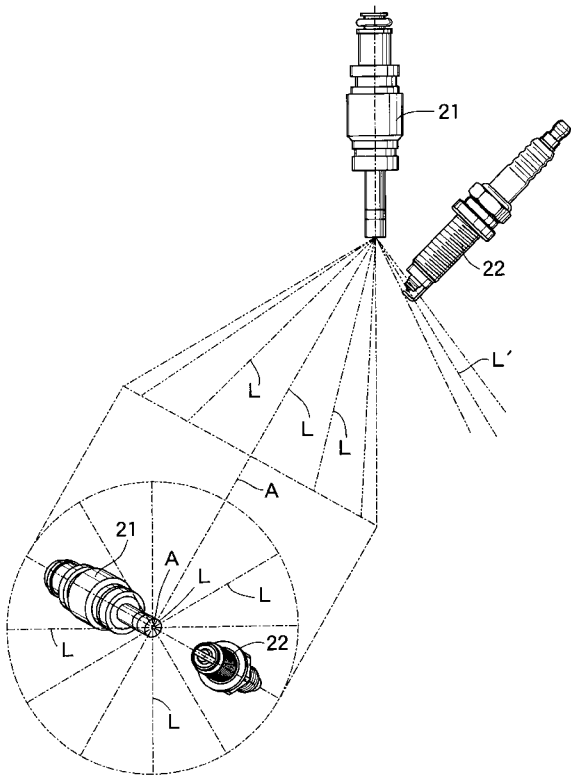
【 図 1 1 】



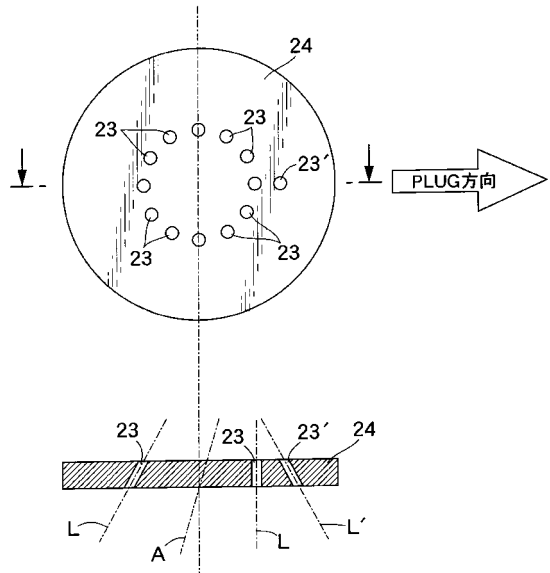
【 図 1 2 】



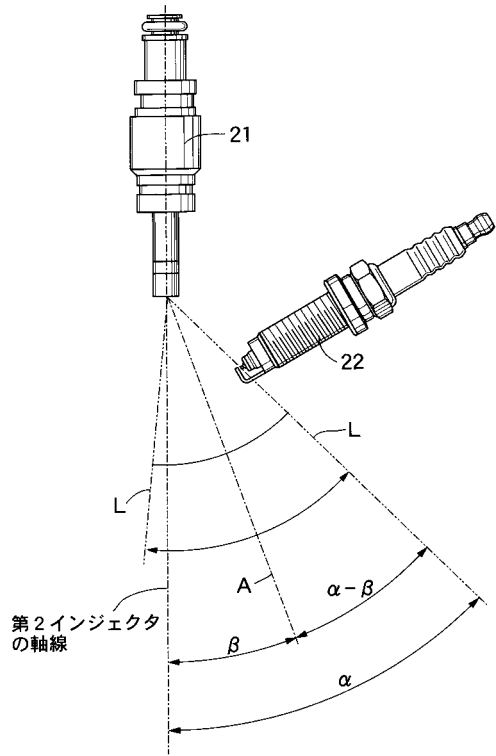
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<b>F 0 2 D 41/04 (2006.01)</b>	F 0 2 D 41/04	3 5 5
<b>F 0 2 B 11/00 (2006.01)</b>	F 0 2 B 23/10	M
<b>F 0 2 M 61/14 (2006.01)</b>	F 0 2 B 11/00	B
<b>F 0 2 M 61/18 (2006.01)</b>	F 0 2 B 23/10	R
<b>F 0 2 P 13/00 (2006.01)</b>	F 0 2 B 23/10	S
	F 0 2 B 23/10	T
	F 0 2 M 61/14	3 1 0 D
	F 0 2 M 61/18	3 6 0 J
	F 0 2 M 61/18	3 4 0 D
	F 0 2 M 61/14	3 1 0 S
	F 0 2 P 13/00	3 0 3 A
	F 0 2 P 13/00	3 0 2 A

- (72)発明者 石塚 由和  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 武田 真明  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 梅本 篤  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 小川 賢  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 溝田 新  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内
- (72)発明者 鈴木 雅季  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

## Fターム(参考) 3G019 KA22

3G023 AA03 AA06 AB06 AC02 AC05 AD03 AD14 AG01  
 3G066 AA02 AA07 BA02 CC24 CC26 CC32 CC34 CC48  
 3G301 HA04 HA16 JA04 JA21 JA22 LB04 LB05 MA01 MA03 MA18  
 MA29 NE13 NE15