

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4258535号  
(P4258535)

(45) 発行日 平成21年4月30日(2009.4.30)

(24) 登録日 平成21年2月20日(2009.2.20)

(51) Int. Cl.	F I	
<b>FO2B 23/10 (2006.01)</b>	FO2B 23/10	310A
<b>FO2D 41/02 (2006.01)</b>	FO2B 23/10	S
<b>FO2D 41/32 (2006.01)</b>	FO2B 23/10	D
<b>FO2D 45/00 (2006.01)</b>	FO2D 41/02	301A
<b>FO2M 53/04 (2006.01)</b>	FO2D 41/32	A
請求項の数 5 (全 8 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2006-216065 (P2006-216065)  
 (22) 出願日 平成18年8月8日(2006.8.8)  
 (65) 公開番号 特開2008-38814 (P2008-38814A)  
 (43) 公開日 平成20年2月21日(2008.2.21)  
 審査請求日 平成19年9月3日(2007.9.3)

(73) 特許権者 000003207  
 トヨタ自動車株式会社  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地  
 (74) 代理人 100099759  
 弁理士 青木 篤  
 (74) 代理人 100092624  
 弁理士 鶴田 準一  
 (74) 代理人 100102819  
 弁理士 島田 哲郎  
 (74) 代理人 100123582  
 弁理士 三橋 真二  
 (72) 発明者 芦澤 剛  
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 筒内噴射式火花点火内燃機関

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

均質燃焼時に吸気下死点近傍においてシリンダボアへ向けて噴射される燃料によりタンブル流を強める筒内噴射式火花点火内燃機関において、噴射燃料の測定又は推定温度が現在の燃料噴射圧力では噴射燃料の気筒内での減圧沸騰が発生しない設定上限値を上回る時には燃料噴射圧力を低下させ、前記測定又は推定温度が高いほど、燃料噴射圧力をより低下させることを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項2】

均質燃焼時に吸気下死点近傍においてシリンダボアへ向けて噴射される燃料によりタンブル流を強める筒内噴射式火花点火内燃機関において、噴射燃料の測定又は推定温度が現在の燃料噴射圧力では噴射燃料の気筒内での減圧沸騰が発生しない設定上限値を上回る時には、前記設定上限値以下となるように噴射燃料の温度を低下させることを特徴とする筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項3】

前記燃料噴射弁回りを空気流により冷却して噴射燃料の温度を低下させることを特徴とする請求項2に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

【請求項4】

噴射燃料の前記測定又は推定温度が設定下限値を下回る時には、前記設定下限値以上となるように噴射燃料の温度を上昇させ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筒内噴射式火花点火内燃機関。

## 【請求項 5】

前記燃料噴射弁の開弁時に前記燃料噴射弁が開弁しないように通電して開弁アクチュエータを発熱させることにより噴射燃料の温度を上昇させることを特徴とする請求項 4 に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、筒内噴射式火花点火内燃機関に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

気筒内に均質混合気を形成し、この均質混合気を圧縮行程末期の点火時期において着火燃焼させる均質燃焼において、気筒内へ供給された吸気により気筒内にタンブル流を形成し、このタンブル流を圧縮行程末期の点火時期まで持続させることにより、点火時期において気筒内にタンブル流による乱れを存在させ、この乱れによって均質混合気の燃焼速度を高めれば、良好な均質燃焼を実現することができる。

10

## 【0003】

タンブル流を圧縮行程末期の点火時期まで持続させるために、吸気ポート内に吸気流制御弁を配置し、この吸気流制御弁によって吸気を吸気ポート上壁に沿わせて気筒内へ供給することにより、気筒内に強いタンブル流を形成する筒内噴射式火花点火内燃機関が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

20

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 180247

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

前述の筒内噴射式火花点火内燃機関において、吸気流制御弁により吸気を吸気ポート上壁に沿わせて気筒内に供給する時には、吸気流制御弁により吸気ポートが絞られることになる。それにより、必要吸気量が比較的少ない時には、特に問題なく強いタンブル流を気筒内に形成することができるが、必要吸気量が比較的多くなる時には、吸気流制御弁により吸気ポートを絞ると吸気不足が発生することがあるために、吸気流制御弁によって強いタンブル流を気筒内に形成することはできない。

30

## 【0006】

このような吸気流制御弁を設けなくても、筒内噴射式火花点火内燃機関においては、燃料噴射方向を適当に選択すれば、吸気行程末期の噴射燃料によってタンブル流を強めることができる。しかしながら、噴射燃料の温度が高過ぎると、噴射燃料は減圧沸騰により気化し易くなり、タンブル流を良好に強めることができない。

## 【0007】

従って、本発明の目的は、噴射燃料により良好にタンブル流を強めることができる筒内噴射式火花点火内燃機関を提供することである。

## 【課題を解決するための手段】

40

## 【0008】

本発明による請求項 1 に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、均質燃焼時に吸気下死点近傍においてシリンダボアへ向けて噴射される燃料によりタンブル流を強める筒内噴射式火花点火内燃機関において、噴射燃料の測定又は推定温度が現在の燃料噴射圧力では噴射燃料の気筒内での減圧沸騰が発生しない設定上限値を上回る時には燃料噴射圧力を低下させ、前記測定又は推定温度が高いほど、燃料噴射圧力をより低下させることを特徴とする。

## 【0009】

本発明による請求項 2 に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、均質燃焼時に吸気下死点近傍においてシリンダボアへ向けて噴射される燃料によりタンブル流を強める筒内噴射

50

式火花点火内燃機関において、噴射燃料の測定又は推定温度が現在の燃料噴射圧力では噴射燃料の気筒内での減圧沸騰が発生しない設定上限値を上回る時には、前記設定上限値以下となるように噴射燃料の温度を低下させることを特徴とする。

【0010】

本発明による請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項2に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、前記燃料噴射弁回りを空気流により冷却して噴射燃料の温度を低下させることを特徴とする。

【0011】

本発明による請求項4に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項1から3のいずれか一項に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、噴射燃料の前記測定又は推定温度が設定下限値を下回る時には、前記設定下限値以上となるように噴射燃料の温度を上昇させることを特徴とする。

10

【0012】

本発明による請求項5に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関は、請求項4に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、前記燃料噴射弁の閉弁時に前記燃料噴射弁が開弁しないように通電して開弁アクチュエータを発熱させることにより噴射燃料の温度を上昇させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明による請求項1に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関によれば、噴射燃料の測定又は推定温度が現在の燃料噴射圧力では噴射燃料の気筒内での減圧沸騰が発生しない設定上限値を上回る時には、そのままでは噴射燃料は減圧沸騰して気化し、良好にタンブル流を強めることができないために、測定又は推定温度が高いほど、燃料噴射圧力をより低下させ、噴射燃料が減圧沸騰し難くしている。

20

【0014】

本発明による請求項2に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関によれば、噴射燃料の測定又は推定温度が現在の燃料噴射圧力では噴射燃料の気筒内での減圧沸騰が発生しない設定上限値を上回る時には、そのままでは噴射燃料は減圧沸騰して気化し、良好にタンブル流を強めることができないために、噴射燃料の温度を設定上限値以下となるように低下させ、噴射燃料が減圧沸騰し難くしている。

30

【0015】

本発明による請求項3に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関によれば、請求項2に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、燃料噴射弁回りを空気流により冷却して噴射燃料の温度を低下させている。

【0016】

本発明による請求項4に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関によれば、請求項1から3のいずれか一項に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、噴射燃料の前記測定又は推定温度が設定下限値を下回る時には、そのままでは噴射燃料は気化し難く、タンブル流を強めることはできても、液状のままシリンダボアへ衝突して付着し、エンジンオイルを希釈させるために、噴射燃料の温度を設定下限値以上となるように上昇させ、噴射燃料を気化し易くしている。

40

【0017】

本発明による請求項5に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関によれば、請求項4に記載の筒内噴射式火花点火内燃機関において、燃料噴射弁の閉弁時に燃料噴射弁が開弁しないように通電して開弁アクチュエータを発熱させることにより噴射燃料の温度を上昇させるようにしており、噴射燃料を加熱するための手段を新たに設ける必要はない。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

図1は本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の実施形態を示す概略縦断面図であり、均質燃焼のための燃料噴射時期である吸気下死点近傍を示している。同図において、1

50

は気筒上部略中心に配置されて気筒内へ直接的に燃料を噴射するための燃料噴射弁であり、2は燃料噴射弁1の吸気弁側近傍に配置された点火プラグである。図示されていないが、気筒上部の右側には一对の吸気弁が配置されており、左側には一对の排気弁が配置されている。3はピストンである。

**【0019】**

本実施形態の筒内噴射式火花点火内燃機関は、燃料噴射弁1により吸気下死点近傍（例えば、燃料噴射終了クランク角度を吸気下死点近傍とするように燃料噴射量に応じて燃料噴射開始クランク角度を設定するか、又は、燃料噴射量に関係なく吸気行程後半に燃料噴射開始クランク角度を設定する）に気筒内へ直接的に燃料を噴射することにより、圧縮行程末期の点火時期には気筒内に均質混合気を形成し、この均質混合気を火花点火させて均質燃焼を実施する。

10

**【0020】**

燃料噴射弁1は、図1に示すように、燃料Fを斜め下方向にシリンダボアの排気弁側（好ましくは、吸気下死点近傍におけるシリンダボアの排気弁側下部）へ向けて噴射する。燃料噴射弁1から噴射される燃料Fの貫徹力は、燃料噴射開始から1ms後の燃料先端が60mm以上に達するように設定される。

**【0021】**

このように強い貫徹力の燃料Fが気筒上部略中心からシリンダボアの排気弁側へ向けて斜め下方向に噴射されると、気筒内の排気弁側を下降して吸気弁側を上昇するように気筒内に形成されたタンブル流Tを燃料の貫徹力により強めることができる。こうして強められたタンブル流Tは、圧縮行程後半まで確実に気筒内に持続し、圧縮行程末期の点火時期には気筒内に乱れを発生させるために、燃焼速度の速い良好な均質燃焼を実現することができる。

20

**【0022】**

燃料噴射弁1から噴射される噴射燃料Fの形状は、任意に設定可能であり、例えば、単一噴孔から噴射される中実又は中空の円錐形状としても良い。また、スリット状噴孔から噴射される比較的厚さの薄い略扇形状としても良い。また、円弧状スリット噴孔や複数の直線スリット噴孔の組み合わせにより、上側及び排気弁側を凸とする比較的厚さの薄い円弧状断面形状又は折れ線状断面形状としても良い。いずれにしても噴射燃料が前述したような強い貫徹力を有して、気筒内のタンブル流Tを加速させるようになっていれば良い。

30

**【0023】**

本実施形態において、点火プラグ2は、燃料噴射弁1より吸気弁側に配置されているために、燃料噴射弁1からシリンダボアの排気弁側へ向けて噴射される燃料により濡らされることはなく、点火時期においてアークを確実に発生させることができる。

**【0024】**

本実施形態において、均質燃焼の空燃比は、理論空燃比よりリーンとされ（好ましくは、 $\text{NO}_x$ の生成量が抑制されるリーン空燃比とされる）、燃料消費を抑制するようにしているために、燃焼が緩慢となり易く、前述のようにして燃焼速度を速めることは特に有効である。もちろん、均質燃焼の空燃比は、理論空燃比又はリッチ空燃比としても良く、この場合においても燃焼速度を速めることは有効である。

40

**【0025】**

ところで、このように貫徹力の強い燃料を噴射するためには、燃料噴射弁1の燃料噴射圧力は比較的高く設定される。それにより、噴射燃料の温度が設定上限値を上回る時には、噴射直後に減圧沸騰により気化して貫徹力が急激に失われることがあり、噴射燃料によりタンブル流Tを強めることができなくなる。

**【0026】**

本実施形態の筒内噴射式火花点火内燃機関では、シリンダヘッドに燃料噴射弁1回りの空間4が形成され、この空間4内へ供給される空気流によって燃料噴射弁1が冷却可能となっている。図1において、5は機関駆動式又は電気駆動式のエアポンプであり、6はエアポンプ5により圧縮された空気が充填される空気蓄圧室である。空気蓄圧室6は、連通

50

路 7 によって制御弁 8 を介してシリンダヘッド内の空間 4 と連通され、連通路 7 の空間 4 近傍には、絞り部 9 が設けられている。空間 4 は、連通路 7 とは別の排気通路により大気へ開放している。1 a は燃料噴射弁 1 の温度を検出するための温度センサである。

【 0 0 2 7 】

好ましくは機関出力低下が問題とならない機関減速時においてエアポンプ 5 を作動させて、空気蓄圧室 6 内に圧縮空気を溜めておく。そして、温度センサ 1 a により検出される燃料噴射弁 1 の温度が高いほど噴射燃料の温度が高くなることに基づき推定される噴射燃料の推定温度が設定上限値より高い時には、燃料噴射弁 1 の開弁時又はそれ以前において制御弁 8 を開弁し、空気蓄圧室 6 内の圧縮空気をシリンダヘッド内の空間 4 へ噴出させる。それにより、燃料噴射弁 1 は空間 4 内の空気流により冷却され、燃料噴射弁 1 内の燃料温度を低下させて、噴射燃料の温度が設定上限値以下となるために、噴射直後の減圧沸騰が防止され、噴射燃料によりタンブル流 T を確実に強めることができる。

10

【 0 0 2 8 】

噴射燃料の温度は、設定下限値を下回るようになると、気筒内での気化が悪化して噴射燃料の多くが液体のままシリンダボアに衝突してエンジンオイルを希釈させる問題を発生する。それにより、噴射燃料の測定又は推定温度が設定下限値と設定上限値との間となるように、制御弁 8 によって空間 4 へ供給する空気流の量を制御することが好ましい。本実施形態において、空間 4 へ噴出される際に、圧縮空気は、絞り部 9 を通過するようになっているために、内部エネルギーが減少して温度低下し、良好に燃料噴射弁 1 を冷却することができる。

20

【 0 0 2 9 】

本実施形態において、噴射燃料の温度は、燃料噴射弁 1 の外表面温度に基づき推定するようにしたが、もちろん、燃料噴射弁 1 内の燃料通路に温度センサを配置して、噴射燃料の温度を測定するようにしても良い。また、冷却水温が高いほど噴射燃料が高くなることに基づき、噴射燃料の温度を推定するようにしても良い。

【 0 0 3 0 】

図 2 は燃料噴射弁 1 の先端部の断面図である。同図に示すように、燃料噴射弁 1 は、軸線方向に延在する燃料通路 2 0 が設けられ、燃料通路 2 0 内には軸線方向に移動可能な弁体 3 0 が配置されている。弁体 3 0 の先端のシール部に当接する燃料通路 2 0 のシート部 4 0 より下流側には燃料溜 5 0 が形成されている。噴孔 6 0 は燃料溜 5 0 に連通するように形成される。燃料通路 2 0 は、燃料蓄圧室（図示せず）により供給される高圧燃料により満たされている。

30

【 0 0 3 1 】

このように構成された燃料噴射弁 1 において、弁体 3 0 をリフトさせて弁体 3 0 のシール部と燃料通路 2 0 のシート部 4 0 とを離間させると、燃料通路 2 0 内の高圧燃料が燃料溜 5 0 内へ供給され、燃料溜 5 0 内の燃料圧力が気筒内より高圧となれば、燃料溜 5 0 内の燃料が噴孔 6 0 を介して噴射される。一方、弁体 3 0 のシール部を燃料通路 2 0 のシート部 4 0 に当接させると、燃料通路 2 0 内の高圧燃料が燃料溜 5 0 内へ供給されなくなると燃料溜 5 0 内の燃料圧力は低下し、気筒内より低圧となれば、噴孔 6 0 を介しての燃料噴射は停止する。

40

【 0 0 3 2 】

本実施形態においては、このような燃料噴射弁 1 の弁体 3 0 のリフト量を無段階に可変とする構造が設けられている。図 3 は、この構造を概略的に示す図である。図 3 ( A ) に示す構造では、弁体 3 0 は、燃料噴射弁本体 1 0 との間に配置された閉弁バネ 1 1 により閉弁方向に付勢されていると共に、燃料噴射弁本体 1 0 との間には圧電歪アクチュエータ（ピエゾアクチュエータ）1 2 が配置され、圧電歪アクチュエータの伸長が弁体 3 0 を開弁させるようになっている。それにより、圧電歪アクチュエータへ印加する電圧を制御して伸長量を変化させることにより、弁体 3 0 のリフト量を無段階に制御することができる。

【 0 0 3 3 】

50

一方、図3(B)に示す構造では、弁体30は、燃料噴射弁本体10との間に配置された閉弁パネ13により閉弁方向に付勢されていると共に、燃料噴射弁本体10には、弁体30の基部に対向する電磁アクチュエータ(ソレノイドアクチュエータ)14が設けられ、電磁アクチュエータの電磁吸引力が弁体30の開弁方向に作用するようになっている。それにより、電磁アクチュエータへ印加する電圧を制御して、弁体30に作用する電磁吸引力を変化させることにより、弁体30のリフト量を無段階に制御することができる。

【0034】

本実施形態では、このような構造により弁体30のリフト量を無段階に制御することができるために、噴射燃料の温度が設定上限値を上回る時には、噴射直後の燃料が減圧沸騰により気化して貫徹力が急激に失われることを防止するために、燃料噴射弁1の開弁時において、弁体30のリフト量を通常時より小さくし、さらに、噴射燃料の測定又は推定温度が高いほど、弁体30のリフト量をより小さく制御するようにしても良い。弁体30のリフト量が小さくされるほど、弁体30のリフト時におけるシート部40との間の隙間が小さくなるために、この隙間での圧損が大きくなって燃料溜50内から噴射される燃料圧力は低くなる。

【0035】

こうして、噴射燃料の測定又は推定温度が設定上限値より高い時には、噴射燃料圧力が低くされ、噴射燃料の測定又は推定温度が高いほど、噴射燃料圧力がより低くされるようになっており、減圧沸騰による噴射直後の燃料気化を防止して噴射燃料によりタンブル流Tを確実に強めることができる。

【0036】

本実施形態では、噴射燃料の貫徹力を無段階に制御するために、弁体30のリフト量を無段階に変化させて燃料噴射圧力を制御するようにしたが、弁体30のリフト量を一定として、燃料通路20内の燃料の一部を燃料タンク等へ戻すようにし、この戻し燃料量を無段階に制御して燃料通路20内の燃料圧力を無段階に変化させることにより燃料噴射圧力を制御するようにしても良い。弁体30のリフト量及び燃料通路20内の燃料圧力は無段階に制御可能としたが、それぞれ、通常のリフト及び通常の燃料圧力を含めて少なくとも三段階に制御可能であれば、噴射燃料の測定又は推定温度が設定上限値より高い時には、噴射燃料圧力を通常時より低くして、噴射燃料の測定又は推定温度が高いほど噴射燃料圧力をより低くするように、二段階の燃料噴射圧力から選択することができ、減圧沸騰による噴射直後の燃料気化を抑制して噴射燃料によりタンブル流Tを強めることができる。

【0037】

前述したように、噴射燃料の温度が設定下限値より低い時には、噴射燃料は気筒内で気化し難くなって液状のままシリンダポアに衝突し、タンブル流を良好に強めることができるが、エンジンオイルを希釈させる問題を発生する。それにより、噴射燃料の推定又は測定温度が設定下限値より低い時には、噴射燃料の温度を設定下限値以上に高めて噴射燃料の気筒内での気化を促進することが好ましい。そのために、例えば、シリンダヘッドの空間4を利用して、燃料噴射弁1の回りに電気ヒータを配置して燃料噴射弁1を加熱するようにすれば良い。

【0038】

また、噴射燃料の推定又は測定温度が設定下限値より低い時には、燃料噴射弁1の開弁以前において、燃料噴射弁1が開弁しないように通電して開弁アクチュエータ(圧電歪アクチュエータ12又は電磁アクチュエータ14)を発熱させることにより、燃料通路20内の燃料温度を上昇させて、噴射燃料の温度を設定下限値以上とするようにしても良い。これによれば噴射燃料の温度を高めるための電気ヒータ等を新たに設ける必要はない。

【0039】

ところで、機関回転数が高いほど、吸気下死点近傍の筒内温度が高くなるために、噴射燃料は気化し易くなる。それにより、機関回転数が高いほど、前述の設定上限値及び設定下限値を高くすることが好ましい。

【0040】

本実施形態は、このようにして均質燃焼を実施するものであるが、例えば、機関負荷が設定負荷より低い低負荷時には、燃料噴射弁 1 により圧縮行程後半において燃料を噴射して成層燃焼を実施するようにしても良い。成層燃焼を実施するためには、ピストン 3 の頂面にキャビティを形成して、圧縮行程後半にキャビティ内へ噴射される燃料を点火プラグ 2 近傍へ導いて点火プラグ 2 近傍に可燃混合気を形成するようにしたり、又は、点火プラグ 2 を燃料噴射弁 1 より排気弁側に配置して、燃料噴射弁 1 により噴射される燃料により直接的に点火プラグ 2 近傍に可燃混合気を形成したりするようにすれば良い。

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図 1】本発明による筒内噴射式火花点火内燃機関の実施形態を示す概略縦断面図である

10

【図 2】燃料噴射弁の先端部の概略断面図である。

【図 3】燃料噴射弁の弁体のリフト量を可変とする構造を示す概略図である。

【符号の説明】

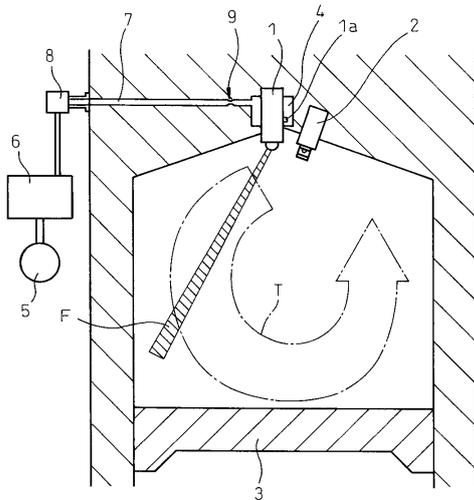
【0042】

- 1 燃料噴射弁
- 2 点火プラグ
- 3 ピストン
- T タンブル流
- F 噴射燃料

20

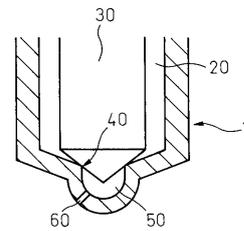
【図 1】

図 1



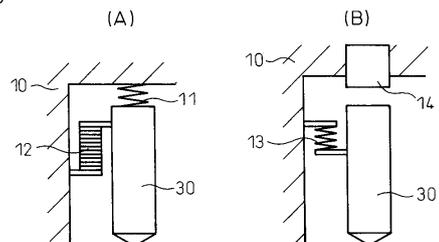
【図 2】

図 2



【図 3】

図 3



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<i>F 0 2 M 51/06</i>	<i>(2006.01)</i>	F 0 2 D 45/00	3 1 2 Q
<i>F 0 2 M 53/08</i>	<i>(2006.01)</i>	F 0 2 M 53/04	A
<i>F 0 2 M 31/125</i>	<i>(2006.01)</i>	F 0 2 M 51/06	M
		F 0 2 M 53/08	
		F 0 2 M 53/04	J
		F 0 2 M 31/12	3 2 1 J
		F 0 2 M 31/12	3 2 1 E

審査官 伊藤 なお

- (56)参考文献 特開2003-322022(JP,A)  
 特開2000-110621(JP,A)  
 特開2003-176766(JP,A)  
 実開昭57-066264(JP,U)  
 特開2005-264767(JP,A)  
 特開2004-068720(JP,A)  
 特開2005-140083(JP,A)  
 特開2003-065168(JP,A)  
 特開平07-012031(JP,A)  
 特開2002-317669(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 2  
 F 0 2 D 4 1 / 3 2  
 F 0 2 D 4 5 / 0 0  
 F 0 2 M 3 1 / 1 2 5  
 F 0 2 M 5 1 / 0 6  
 F 0 2 M 5 3 / 0 4  
 F 0 2 M 5 3 / 0 8