(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4251123号
(P4251123)

(45)発行日　平成21年4月8日(2009.4.8)　(24)登録日　平成21年1月30日(2009.1.30)

(51)Int.Cl.		F I		
F02D 41/04	(2006.01)	F02D	41/04	380P
F02B 23/06	(2006.01)	F02D	41/04	380C
F02D 41/38	(2006.01)	F02B	23/06	L
F02D 43/00	(2006.01)	F02D	41/38	B
F02M 25/07	(2006.01)	F02D	43/00	301G

請求項の数 6　(全 14 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2004-247103 (P2004-247103)
(22)出願日　平成16年8月26日 (2004.8.26)
(65)公開番号　特開2005-155603 (P2005-155603A)
(43)公開日　平成17年6月16日 (2005.6.16)
審査請求日　平成18年9月15日 (2006.9.15)
(31)優先権主張番号　特願2003-373923 (P2003-373923)
(32)優先日　平成15年11月4日 (2003.11.4)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000004260
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　100067596
弁理士　伊藤　求馬
(72)発明者　佐々木　覚
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　苅谷　安浩
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　窪島　司
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　株式会社デンソー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】内燃機関

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
排ガスを吸気系に再循環せしめる排気再循環系を有する圧縮着火式の内燃機関において、
燃料を噴孔から略一定の噴射率にて微粒状で蒸発容易に噴射して筒内雰囲気中を貫通せしめ、噴射燃料の空間分布として、前記噴孔から噴射方向に離れるほど燃料と空気との混合が進んでおり燃料が予混合気化した予混合領域に到る空間分布を与える燃料供給手段と、
該燃料供給手段から噴射された燃料が着火、燃焼する期間中において、燃焼領域が前記予混合領域内に維持されるように前記内燃機関の筒内の酸素濃度を制御するとともに、着火時期が燃料の噴射中であって、かつ、１回の燃料噴射における総噴射量に対する、燃料の着火開始までに噴射される着火前噴射量の割合が予め設定した所定範囲内となるように、噴射燃料の着火遅れ期間の長さを制御する燃焼制御を実行し、予混合領域の形成と燃焼の進行を調整して、熱発生パターンが尖頭部分を有しない形状とする燃焼制御手段とを具備せしめたことを特徴とする内燃機関。
【請求項２】
請求項１記載の内燃機関において、前記燃料供給手段は、前記噴孔を、互いに近接する複数の噴孔により噴孔群をなし、各噴孔群に属する噴孔の中心線が略同方向を向くように形成した内燃機関。
【請求項３】

請求項１または２いずれか記載の内燃機関において、前記燃焼制御では、排気ガス再循環量を制御することにより前記筒内の酸素濃度を制御する内燃機関。
【請求項４】
請求項１ないし３いずれか記載の内燃機関において、前記燃焼制御では、燃料の噴射時期、再循環排気ガス温度、シリンダ吸入ガス温度、圧縮比、過給圧力、噴射圧力のうち少なくとも１つを制御することにより前記着火遅れ期間の長さを制御する内燃機関。
【請求項５】
請求項１ないし４いずれか記載の内燃機関において、前記燃焼制御は、内燃機関の負荷が低負荷域および高負荷域で挟まれた所定の負荷域で、かつ、内燃機関の回転数が高回転数域を除く回転数域のとき実行する内燃機関。
【請求項６】
請求項１ないし５いずれか記載の内燃機関において、前記燃焼制御は、燃料の総噴射量に対する着火前噴射量割合の前記所定範囲が２５～５０％の範囲となるように、噴射燃料の着火遅れ期間の長さを制御する内燃機関。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は圧縮着火式の内燃機関に関する。
【背景技術】
【０００２】
圧縮着火式の内燃機関における燃焼は、インジェクタから噴射された液滴状の燃料が微粒化、蒸発し、空気との混合により可燃混合気が形成されて、これが着火することにより行われる。着火可能となるまでに噴射燃料が前記微粒化～可燃混合気形成というプロセスを辿るため、着火が燃料噴射に対して遅れる着火遅れ期間が存在する。燃焼は、一般的に、十分均一に燃料と空気が混合した状態で燃焼する予混合燃焼が最初に開始され、その後、燃料と空気との混合速度に律速される拡散燃焼に切換わる。予混合燃焼となる初期燃焼では前記のごとく燃料と空気との混合状態が均一で燃焼が急速であり、燃焼行程における熱発生パターンは、燃焼初期に熱発生率が大きくはねあがる尖頭部分を有するものとなる。
【０００３】
ところで、近年の内燃機関においては、動力性能の向上だけではなく、排気エミッションの低減や静粛性の向上が重要視されており、要求はますます厳しくなっている。排気エミッションを低減するための技術として、排ガスを吸気系に再循環させるＥＧＲがよく知られている。前記予混合燃焼が急速な燃焼を誘引し筒内温度を上げる方向に作用することに鑑み、酸素濃度を下げることにより筒内温度の過昇を回避し、ＮＯxの低減を企図したものである。
【０００４】
下記特許文献１には、ＥＧＲはＮＯxの低減が実現可能な技術であるが、酸素濃度の低下が避けられないため、燃料と空気との混合状態が十分ではない拡散燃焼においてスモークが発生しやすいとの認識に基づき、ＥＧＲの実行時には燃料噴射時期を上死点（ＴＤＣ）後まで遅らせて着火遅れ期間を長くし、スモークの発生を抑制することが提案されている。この技術によれば、着火遅れ期間が常識を超えて大幅に長くなるようにすることで、噴射し終えた燃料の全体が、着火に先立って前記予混合状態となるようにしている。
【０００５】
燃料と空気との混合状態を改善するには、インジェクタの噴孔を多孔化して各噴孔の通路断面積を小さくすることが有効であることが知られている（特許文献２等）。
【特許文献１】特許第２８６４８９６号公報
【特許文献２】特開２００１－１６５０１７号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】

【０００６】
しかしながら、前記特許文献１に記載の技術は、噴射した燃料全体が予混合状態になるのを待って着火が開始されるので多量の燃料が一気に燃焼し、熱発生率は一気にはね上がって急激に減少する。熱発生パターンは全体に尖頭形状となる。このため、騒音が大きなものとなる。また、噴射初期に噴射された燃料が、長い着火遅れ期間中に拡散して混合気が過薄になり、ＨＣやＣＯが発生するおそれがある。また、噴射時期の遅角化とともに着火遅れ期間が常識を超えて大幅に長くなることで、効率への影響は回避することができず、燃費が低下する。
【０００７】
また、前記特許文献２に記載の技術は微粒化を促進するにとどまり、微粒化の促進により着火遅れ期間を短くするが、前記特許文献１の技術に適用しても、結局、熱発生率が全体に尖頭形状となる熱発生パターンは変わらず、ＮＯxやスモークの低減とともに、騒音や燃費を改善することはできない。
【０００８】
本発明は前記実情に鑑みなされたもので、ＮＯxなどの排気エミッションの低減とともに、騒音や燃費をも改善することのできる内燃機関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】
【０００９】
請求項１記載の発明では、排ガスを吸気系に再循環せしめる排気再循環系を有する圧縮着火式の内燃機関において、
燃料を噴孔から略一定の噴射率にて微粒状で蒸発容易に噴射して筒内雰囲気中を貫通せしめ、噴射燃料の空間分布として、前記噴孔から噴射方向に離れるほど燃料と空気との混合が進んでおり燃料が予混合気化した予混合領域に到る空間分布を与える燃料供給手段と、
該燃料供給手段から噴射された燃料が着火、燃焼する期間中において、燃焼領域が前記予混合領域内に維持されるように前記内燃機関の筒内の酸素濃度を制御するとともに、着火時期が燃料の噴射中であって、かつ、１回の燃料噴射における総噴射量に対する、燃料の着火開始までに噴射される着火前噴射量の割合が予め設定した所定範囲内となるように、噴射燃料の着火遅れ期間の長さを制御する燃焼制御を実行し、予混合領域の形成と燃焼の進行を調整して、熱発生パターンを尖頭部分を有しない形状とする燃焼制御手段とを具備せしめる。
【００１０】
噴射燃料の空間分布は、噴孔から噴射方向に離れるほど燃料と空気との混合が進んでおり燃料が予混合気化した予混合領域に到る空間分布となっている。燃焼領域が前記予混合領域となるように筒内の酸素濃度および着火遅れ期間の長さを制御することで、熱発生パターンは尖頭部分を有しない形状となる。これにより、騒音が低くスモーク発生の抑制された燃焼を実現することができる。
【００１１】
しかも、総噴射量に対する着火前噴射量の割合が予め設定した所定範囲内となっているので、着火遅れ期間の長さが、総噴射量が少量側ほど短くなる。したがって、総噴射量が少量側ほど、着火時の予混合領域の規模も小さくなる。これに合わせて単位時間当たりの燃焼量も小さくなり騒音も低くなる。総噴射量として少量しか要求されない状態は内燃機関に対する静粛性の要求も高く、静粛性の要求に応じた燃焼が可能となる。
【００１２】
請求項２記載の発明では、請求項１の発明の構成において、前記燃料供給手段は、前記噴孔を、互いに近接する複数の噴孔により噴孔群をなし、各噴孔群に属する噴孔の中心線が略同方向を向くように形成する。
【００１３】
噴孔数が多くなるので，その分、噴孔の通路断面積は小さくなり、微粒化が促進する。一方、各噴孔群では、互いに近接する噴孔が略同方向に向けて噴射されるので、十分な通

路断面積をもった単一の噴孔のごとく、高い貫通力を発揮する。ノズル構造のみで簡単に噴射燃料の微粒化と貫通力とを両立させることができる。

【００１４】

請求項３記載の発明のように、前記筒内の酸素濃度は排気ガス再循環量を制御することにより制御することができる。請求項４記載の発明のように、前記着火遅れ期間の長さは燃料の噴射時期、再循環排気ガス温度、シリンダ吸入ガス温度、圧縮比、過給圧力、噴射圧力のうち少なくとも１つを制御することにより制御することができる。

【００１５】

請求項５記載の発明では、請求項１ないし４の発明の構成において、前記燃焼制御は、内燃機関の負荷が低負荷域および高負荷域で挟まれた所定の負荷域で、かつ、内燃機関の回転数が高回転数域を除く回転数域のとき実行するものとする。

【００１６】

前記燃焼制御を実行する運転領域を前記燃焼制御による効果が十分に得られる領域に限定することでより適正に前記燃焼制御の効果を得ることができる。

【００１７】

請求項６記載の発明では、請求項１ないし５の発明の構成において、前記燃焼制御は、燃料の総噴射量に対する着火前噴射量割合の前記所定範囲を２５～５０％とする。

【００１８】

本発明の内燃機関において、具体的には、着火前噴射量割合を２５～５０％の範囲とすることで、騒音およびスモークの低減を両立させ、運転条件に応じた最適な燃焼制御を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１９】

図１に本発明の内燃機関の燃料制御装置を適用した圧縮着火式の内燃機関である、軽油を燃料とするディーゼルエンジン（以下，適宜、単にエンジンという）の構成を示す。本実施形態は例えば自動車に適用したものである。図例のエンジンは４気筒のもので、エンジン本体１の各気筒には、各気筒と連通する吸気マニホールド２１を下流端に配した吸気系２により燃料との燃焼に供される空気が供給される。吸気量はスロットルバルブ２２の開度に応じて与えられる。またエンジン本体１には吸排気バルブの開閉タイミングを調整する可変バルブ機構１２が設けられている。

【００２０】

各気筒に１対１に対応して燃料供給手段であるインジェクタ１１が設けてあり、開弁時には燃料を噴射する。燃料は各気筒共通のコモンレール６３から供給される。コモンレール６３内の燃料は、燃料タンク６１の低圧燃料を圧送する高圧サプライポンプを有する燃料圧送装置６２により供給され、高圧に保持されている。コモンレール６３内の燃料の圧力（以下、適宜、コモンレール圧力という）はインジェクタ１１の噴射圧力を規定しており、燃料圧送装置６２を制御することにより調整される。

【００２１】

図２、図３にインジェクタ１１のノズル１１ａを示す。ノズル１１ａは、丸棒状のノズルボディ８１の軸心に沿って穿成された縦穴８１１内にニードル８２が収容されたもので、ニードル８２は縦孔８１の図中中央の拡径部分よりも上側部分で縦穴８１１内に摺動自在に保持されている。前記縦穴８１１の拡径部分は、コモンレール６３からの高圧の燃料が高圧通路８１２を介して導入される燃料溜り８１３としてあり、燃料はここからさらに縦穴８１１の下端に達する。縦８１１の下端には、前記ニードル８２の先端８２１を受けるシート８１１ａが形成されており、ニードル先端部分８２１がシート８１１ａからリフトすると燃料が噴孔８３１ａ，８３２ａ，８３３ａ，８３１ｂ，８３２ｂから噴射される。ニードル８２は燃料溜り８１３位置に図中下向きの段面８２３を有し、該段面８２３には高圧燃料の燃料圧が図中上向きすなわちニードル８２のリフト方向に作用している。ニードル８２を下向きに付勢する図示しない手段が、ニードル８２への下向きの付勢力を解除することでニードル８２がリフトする。

【００２２】
噴孔８３１ａ～８３２ｂはノズルボディ８１の先端部分に多数形成されている。詳しくは図３に示すように、例えば互いに近接し正三角形の頂点位置に形成された３つの噴孔が１つの噴孔群８３ａ，８３ｂを形成している。噴孔群８３ａは噴孔８３１ａ，８３２ａ，８３３ａにより、噴孔群８３ｂは噴孔８３１ｂ，８３２ｂにより形成される（噴孔群８３ｂの残りの噴孔は図略）。各噴孔群では、これを構成する３つの噴孔によって１つの噴霧が形成される。噴孔群は図示された噴孔群８３ａ，８３ｂの他にも設けられ、ノズルボディ８１の周方向に例えば６つ、等間隔に配置されている。各噴孔群では噴孔の中心線が互いに噴孔の出口側に向けて略同方向を向くよう略平行に設定されている（噴孔群８３ｂ参照）。また、各噴孔８３１ａ～８３２ｂの径は０．０５～０．１ｍｍ程度としてある。

【００２３】
かかるノズル１１ａの構造により、噴孔８３１ａ～８３２ｂから噴射された燃料は噴孔群８３ａ，８３ｂごとに略同じ方向に噴射され、１つの噴霧を形成するので、大きな通路断面積で単一の噴孔のごとく高い貫通力を発揮する。一方、各噴孔８３１ａ～８３２ｂの通路断面積は小さいので燃料の微粒化も促進される。

【００２４】
噴射された燃料の燃焼後の排ガスは、上流で全気筒と連通する排気マニホールド３１や、排ガス中の粒子状物質を捕集するトラップフィルタ３２などよりなる排気系３を経て外気中に排出される。

【００２５】
また、排気マニホールド３１へ排出された排気の廃熱を利用して強制的に吸気せしめるターボチャージャ４が付設されている。

【００２６】
排気再循環系であるＥＧＲ系５が付設され、吸気系２と排気系３とを接続するＥＧＲ通路５１により排ガスの一部が排気系３から吸気系２へと還流するようになっている。還流する排ガス（以下、適宜、ＥＧＲガスという）の流量は、開度自在なＥＧＲバルブ５２により調整され、ＥＧＲ率が調整される。またＥＧＲガスは、ＥＧＲ通路５１の途中に設けられたＥＧＲクーラ５３により、吸気系２に取り込まれる前に冷却するようになっている。

【００２７】
ＥＧＲクーラ５３はこれをバイパス通路５４により迂回可能である。ＥＧＲクーラ５３よりも下流側でＥＧＲ通路５１とバイパス通路５４とが合流する合流部には切換えバルブ５５が設けられており，ＥＧＲガスがＥＧＲクーラ５３を通過して吸気系２に還流するか、ＥＧＲクーラ５３を迂回してＥＧＲクーラ５３を非通過にて吸気系２に還流するかを切換えられるようになっている。

【００２８】
吸気系２にはインタクーラ２３が付設されている。インタクーラ２３は、ターボチャージャ４のコンプレッサとスロットルバルブ２２の間に設置されて、ターボチャージャ４によって過給された吸入空気を冷却するようになっている。インタクーラ２３は、これをバイパス通路２４により迂回可能である。インタクーラ２３の下流側にはバイパス通路２４との合流部に、インタクーラ切換えバルブ２５が設けられており、吸入空気がインタクーラ２３を通過して吸気マニホールド２１に導入されるか、インタクーラ２３を迂回してバイパス通路２４から吸気マニホールド２１に導入されるかを切換えられるようになっている。

【００２９】
ＥＣＵ７１は、燃料噴射の制御を、エンジン各部に設けられたセンサ類によって知られるエンジン運転状態に基づいて実行する。かかるセンサ類として、スロットルバルブ２２の開度（以下、適宜、スロットル開度という）を検出するスロットルポジションセンサ７２、排ガスの酸素濃度を検出するＡ／Ｆセンサ７３が設けられる。また、コモンレール６３にはコモンレール圧力を検出する圧力センサ７４が設けてある。エンジン回転数を検出

する回転数センサ７５、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ７６が設けてある。その他にも図示はしないが、ディーゼルエンジンとして一般的なセンサ類を備えているのは勿論である。

【００３０】

ＥＣＵ７１は各種の信号処理回路や演算回路からなり、例えばマイクロコンピュータを中心に構成される。

【００３１】

また、ＥＣＵ７１は、検出されたスロットル開度を運転者のトルク要求として燃料の噴射量の指令値を設定する。そして、インジェクタ１１を制御し、所定の時期に所定期間開弁して、燃料を噴射する。また、検出されたコモンレール圧力が目標圧になるように前記燃料圧送装置６２を制御する。また、運転状態に応じてＥＧＲバルブ５２、切換えバルブ５５、インタクーラ切換えバルブ２５、可変バルブタイミング機構１２などを制御する。

【００３２】

次に、本発明の特徴部分である、燃焼制御手段としてのＥＣＵ７１で実行される燃焼制御について説明する。なお、この制御は、所定の運転領域で選択的に実行される。所定の運転領域については後述する。

【００３３】

第１に筒内の酸素濃度をＥＧＲ率の制御により設定する。図４にＥＧＲ率に対するＮＯx、スモーク、騒音の特性を示す。ＥＧＲ率が高いほどＮＯxが低減する。これはＥＧＲ率が高いほど酸素濃度が低く、着火後の燃焼領域における燃焼が過剰に活発化するのが回避され、燃焼温度の過昇が抑制されるためである。また、燃焼が過剰に活発化されるのが回避されることで騒音も抑制される。一方、ＥＧＲ率が高いほど燃焼領域における酸素の不足傾向が強まり、スモークは悪化する。そこで、ＥＧＲ率は、トレードオフの関係にあるＮＯxおよび騒音と、スモークとを考慮して設定することになる。また、ＥＧＲ率の値はさらに他の条件に基づき設定され、本発明の特徴部分の一部をなすが、これについては後述する。ＥＧＲ率は例えば３５％とする。

【００３４】

第２に着火遅れ期間の長さを噴射時期の制御などにより以下のように設定する。着火遅れ期間の長さは、着火時期が上死点後で、燃料の総噴射量に対する着火前噴射量の比率（着火前噴射量／総噴射量）が所定範囲内となるように、設定する。所定範囲は例えば２５～５０％である。着火前噴射量および総噴射量は以下のように定義される。図５に示すように、インジェクタの開弁制御信号である噴射パルスが１回出力されると噴射率が台形状に与えられる。そして、熱発生率の経時プロファイル（熱発生パターン）が制御条件などに応じて種々の形状に与えられる。着火前噴射量は、噴射開始から熱発生率が立ち上がる着火時までに噴射された燃料の量である。総噴射量は、１回の噴射パルスに対して噴射される燃料の総量である。

【００３５】

さて、着火遅れ期間の長さは、主に筒内温度および筒内圧力に依存し、筒内温度が高くなること、および、筒内圧力が高くなることは、着火遅れ期間の長さを短くする方向に作用する。そこで、着火遅れ期間の長さは筒内温度を左右する噴射時期、シリンダ吸入ガス温度、ＥＧＲガス温度、圧縮比、筒内圧力を左右する過給圧力、および噴射圧力のうち少なくとも１つを制御することにより設定する。図６は、噴射時期に対するＮＯx、スモーク、騒音の特性を示す。噴射時期に対する着火時期の特性は、一般的に、着火遅れ期間の長さが最小値を示す角度が上死点前にあって、当該角度から進角または遅角するほど着火遅れ期間の長さは大きくなる、というものである。着火遅れ期間の長さが最小値をとるとき着火開始は上死点付近になる。そして熱発生率は、噴射時期が上死点前では初期燃焼のピークが高く、着火遅れ期間の長さが最小値をとる角度付近から初期燃焼のピークがなまり、台形状のパターンへと移行する。

【００３６】

噴射時期が、着火遅れ期間の長さが最小となる角度のときにはスモークが最も悪化し、

その角度から進角または遅角するほど、スモークは改善される。したがって、噴射時期は、着火時期が上死点後で、着火遅れ期間の長さが前記所定範囲内となるように設定する。

【００３７】

着火遅れ期間の長さを調整するパラメータとしては、前記噴射時期のほか、ＥＧＲガス温度、シリンダ吸入ガス温度、圧縮比、過給圧力、噴射圧力がある。ＥＧＲガス温度に関しては、本内燃機関では切換えバルブ５５をバイパス通路５４側にしてＥＧＲガスがＥＧＲクーラ５３を非通過とし、ＥＧＲガスを、殆ど温度低下を伴わないまま筒内に供給することが可能となる。これは、例えば冷間時や低負荷時で排ガス温度が低いときにも、ＥＧＲガスの温度が低くなりすぎないようにする作用を奏する。

【００３８】

シリンダ吸入ガス温度は、ＥＧＲガスと新気ガスの合流後、吸気マニホールド２１から各シリンダ内へ吸入されるガスの温度である。着火遅れ期間制御には、スロットルバルブ２２を通過した新気と、ＥＧＲ通路５１からのＥＧＲガスが混合した後のガス温度が直接影響するので、着火遅れ期間の長さを制御するためのパラメータとして、シリンダ吸入ガス温度を制御する。シリンダ吸入ガス温度は、新気温度とＥＧＲガス温度によって制御する。新気温度とＥＧＲガス温度は、それぞれバイパス通路２４、５４の切換えバルブ２５、５５を切換えることによって制御することができる。

【００３９】

また、圧縮比は吸気弁の閉弁時期により制御する。圧縮比を高くするほど筒内温度は高くなる。

【００４０】

筒内圧力は、ターボチャージャ４の過給圧力を制御する。過給圧力が高いほど筒内圧力は高くなる。噴射圧力については、コモンレール圧力が目標圧になるように前記燃料圧送装置６２を制御し、噴射圧力を調整する。

【００４１】

なお、低酸素濃度場とすることが、着火遅れ期間の長さを長くする方向に作用するが、噴射圧力を高くすることで着火遅れ期間の長さを前記着火前噴射量／総噴射量の比率が所定範囲内となるように調整することができる。噴射圧力を高くするほど燃料の微粒化が促進されて、予混合気形成を促進するからである。

【００４２】

次に、かかる筒内酸素濃度および着火遅れ期間の制御のもとにおけるインジェクタ１１からの燃料の噴射態様について説明する。図７は時系列をおって燃料の噴射の様子を示すものである。噴射初期の噴霧は液滴群として存在しているが、噴孔から離れていく過程において、微粒化、蒸発が進行するとともに空気と混合する。そして燃料と空気とが均一化し、予混合気形成が進む。インジェクタ１１のノズル構造は前記のごとく燃料の微粒化とともに貫通力を損なわない構造となっており、各噴孔群８３ａ，８３ｂごとに、その噴孔８３１ａ～８３３ａ、噴孔８３１ｂ，８３２ｂの中心線に略沿った方向に、噴射燃料が全体的には移動していくことになる。燃料の噴霧の貫通力が十分であるから、燃料と空気との混合状態は、噴孔８３１ａ～８３２ｂから離れるほど均一なものとなる傾向が明瞭に現れる。しかも、微粒化を損なわないので、燃焼室の噴孔～８３３ａとの対向室壁面に噴射燃料が到達する前に予混合気化せしめることができる。

【００４３】

噴射燃料を対向する燃焼室壁面に到達する前に予混合気化するためには、図８に示すように、着火遅れ期間中に形成される噴霧の先端が燃焼室壁面との間に距離Ｄを有している必要がある。好ましくは、着火遅れ期間中に形成される噴霧の先端と燃焼室壁面の距離Ｄを所定範囲に設定する。所定範囲とは、

Ｌ１：ノズル噴孔からから噴霧先端までの長さ

Ｌ２：ノズル噴孔から燃焼室壁面までの長さ

Ｄ＝Ｌ２－Ｌ１

とした時に、例えば、下記式で規定される範囲とする。

０＜Ｄ≦Ｌ１ｘ０．２

【００４４】

ここで、前記ＥＧＲ率の調整による酸素濃度の制御で、燃焼領域の規模が調整可能であるから、燃焼領域が、混合状態が十分でない領域まで広がらないように、予混合領域となるようにすることができる。さらに、着火遅れ期間の制御により、燃焼の進行速度が調整可能であるから、新たに予混合気が形成されていく速度と、燃焼が進行していく速度とを揃えることができる。すると、燃料噴霧の先端部分に予混合気化した燃料が順次、供給され、一定の熱発生率を得ることができる。図７はかかる状態を示している。これにより、一定の規模の予混合領域が順次、予混合燃焼して、熱発生率が一定で推移して台形状の熱発生パターンが得られる。しかして、ＮＯxおよび騒音と、スモークの低減とを両立させることができる。前掲図４および図６には、ＥＧＲ率および噴射時期が本発明の作用を得られる領域のときには台形状の熱発生パターンとなり、これを外れると、初期燃焼時に大きな尖頭部分を有する熱発生パターンや、全体に尖頭形状となる熱発生パターンとなることを併せて示している。

【００４５】

ここで、ノズル１１ａの噴孔８３１ａ～８３２ｂから燃焼領域までの距離は、前記着火遅れ期間の長さに依存するが、ノズル１１ａの貫通力にも依存する。そして、この貫通力は燃料の噴射圧に依存し、噴射圧はコモンレール圧力を調整することで増減できる。したがって、熱発生率を一定にするとともに、予混合気化した燃料が順次燃焼に供されるようにすべく、コモンレール圧力を設定する。

【００４６】

また、予混合領域形成過程において空気流動により隣り合う噴霧間で干渉が発生すると、均一な予混合気が形成できず、燃焼量が増えることにより、熱発生率が台形状にならず、燃焼領域が、混合状態が十分でない領域まで広がってしまうためスモークが悪化する。このため、低スワール化により、隣り合う噴霧間が干渉するのを防ぐのがよい。スワール比は、好ましくは０．５～２．５とする。

【００４７】

本発明は、噴射された燃料が拡散し予混合領域のみが燃焼することを特徴としているが、ある一噴孔群から噴射された噴霧が隣り合う他の一噴孔群から噴射された噴霧と干渉すると、前記燃焼形態が成立せず燃焼量増加によりスモークと騒音が悪化するおそれがある。そこで、前記噴霧間同士の干渉を防ぐために、一噴孔群当たりのシリンダ容積（シリンダ容積／噴孔群数）に対する、一噴孔群から噴射される単位時間当たりの燃料量の割合を指標として、これを所定範囲に設定する。所定範囲とは、例えば、５以下である。

（一噴孔群から噴射される単位時間当たりの燃料量）／｛（シリンダ容積／噴孔群数）｝

図９に示すように、上記指標が所定範囲となるように設定することで、熱発生率が台形状になり、スモークおよび騒音を低減することができる。

【００４８】

前記特許文献１に記載された技術では噴射終了後に着火するので予混合気領域のきわめて大きなものになり、熱発生が高く、騒音が大きくなる。これに対して本発明では、順次、燃焼が一定の割合で進行していくものであるから、騒音は低いレベルに抑制される。しかも、燃焼する燃料が予混合気化しているので、スモークが発生することもない。

【００４９】

また、前記特許文献１に記載された従来技術では、噴射初期に噴射された燃料が、長い着火遅れ期間中に拡散して混合気が過薄になり、ＨＣやＣＯが発生するおそれがある。これに対して本発明では、先に噴射されて予混合気化したものから順次、燃焼していくから、過薄な混合気領域が形成されるのが回避される。これにより、ＨＣやＣＯを抑制することができる。

【００５０】

ところで、着火遅れ期間の長さを、図１０に示すように、着火前噴射量／総噴射量の比率が所定範囲になるようにしている。図中の従来技術とは、前記特許文献１に記載の技術

である。着火遅れ期間の長さが短い、すなわち、着火前噴射量／総噴射量の比率が小さいと、予混合領域が小さく、燃料と筒内ガスとの混合が十分にできていない状態で着火し、着火後の噴射量が多い。このために筒内温度が上昇し、焼領域が燃料とガスとの混合状態が十分でない領域まで広がるためにスモークが発生する。また、着火遅れ期間の長さが長い、着火前噴射量／総噴射量の比率が大きいと予混合気領域が大きくなり熱発生が高く、騒音が大きくなる。そこで、着火遅れ期間の長さは、トレードオフ関係にあるスモークと騒音を考慮して所定範囲に設定することになる。

【００５１】

また、着火遅れ期間の長さを噴射量／総噴射量の比率で規定することで、前記着火前噴射量／総噴射量の比率の所定範囲に対応する着火遅れ期間の長さの範囲は、相対的に総噴射量の大きな運転領域では時間が長い側にシフトし、総噴射量の小さな運転領域では時間が短い側にシフトすることになる。これは総噴射量の大きな運転領域では着火開始時の予混合領域の規模が大きくなる方向に作用し、総噴射量の小さな運転領域では着火開始時の予混合領域の規模が小さくなる方向に作用することを意味する。すなわち、総噴射量の大きな運転領域では熱発生率が高く、総噴射量の小さな運転領域では熱発生率が低くなるようにする。これにより、総噴射量が少量になるほど熱発生率が低くなり、より騒音が小さくなる特性を与えることができる。総噴射量が少量であるほどより高い静粛性が要求されるから、要求される静粛性に応じた騒音低減効果を得ることができる。

【００５２】

なお、前記着火前噴射量／総噴射量の比率のとるべき所定範囲を、具体的な数字として０．２５～０．５を示しているが、内燃機関の構成などによって異なることは勿論である。例えば、インジェクタの燃料噴射特性（微粒化、貫通力）が向上すれば、より短時間で予混合気が形成されるので、前記所定範囲は小さな値の側に移行することになる。

【００５３】

さて、かかる制御は前記のごとく所定の運転領域になると実行されるものであるが、この所定領域について説明する。図１１に本制御に切換えられる運転領域を示す。本制御は、中負荷域で実行され、高負荷域および低負荷域では実行されない。また、回転数では所定の上限回転数を超えると本制御は適用されない。エンジン回転数が高いと、筒内温度が高くなって、着火時期が早まる方向に作用するので、着火前噴射量／総噴射量の比率を所定範囲内にすることが困難だからである。また、負荷が低いと、筒内温度が低く、また総噴射量が少量であるために高負荷域では新気の要求が高く、ＥＧＲ率自体が低く設定されるようになるので、ＥＧＲによる弊害を解消する本発明を適用する必要に乏しいためである。

【００５４】

本発明の運転域の中で筒内温度が高い条件では、例えば、経時劣化などで噴霧の微粒化度合いが悪くなると、燃焼領域が予混合領域から噴霧上流の微粒化領域の方向に拡大し予混合が不十分な領域の噴霧の燃焼によりスモークが発生しやすくなる傾向がある。そこで、噴霧の微粒化度合いが悪くなった場合には、後噴射と組合わせ、後噴射による燃料が燃焼室内で燃焼することによりスモークを燃焼せしめて、筒内温度が高い条件においても確実にスモークの発生を抑制することができる。

【００５５】

なお、本発明により実現できる熱発生パターンは，図１２に示すように、台形状のほか、わんを伏せたわん形状や、初期燃焼の尖頭部分が小さい形状（初期ピーク圧縮形状）など、実質的に尖頭部分を有しない形状があり、必ずしも台形状にかぎられるものではない。

【図面の簡単な説明】

【００５６】

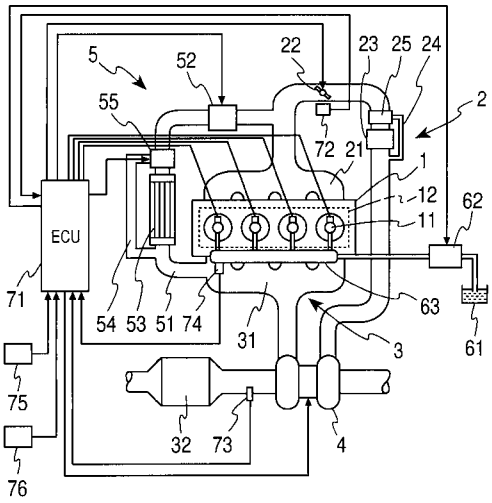
【図１】本発明の内燃機関の構成図である。

【図２】前記内燃機関を構成するインジェクタのノズルの断面図である。

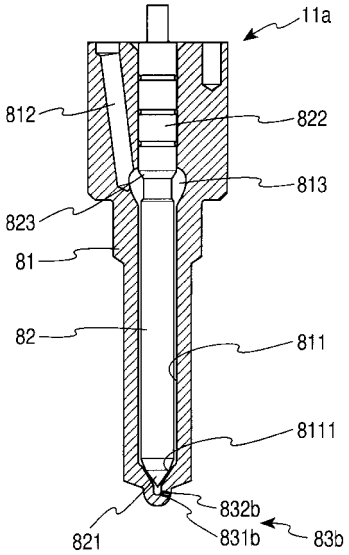
【図３】前記ノズルの要部の一部断面側面図である。

【図４】前記本発明の内燃機関で実行される制御内容を説明する内燃機関の特性を示す第１のグラフである。
【図５】前記本発明の内燃機関の燃料噴射を説明するタイミングチャートである。
【図６】前記本発明の内燃機関で実行される制御内容を説明する内燃機関の特性を示す第２のグラフである。
【図７】前記本発明の内燃機関の燃料噴射を説明する図である。
【図８】前記本発明の内燃機関の燃料噴霧制御を説明する図である。
【図９】前記本発明の内燃機関における一噴孔からの燃料噴射量制御を説明する図である。
【図１０】前記本発明の内燃機関で実行される制御内容を説明する内燃機関の特性を示す第３のグラフである。
【図１１】前記本発明の内燃機関で実行される制御内容を説明する運転域のグラフである。
【図１２】前記本発明の内燃機関で実行される制御内容の変形例を説明する図である。
【符号の説明】
【００５７】
１　エンジン本体
１１　インジェクタ（燃料供給手段）
１１ａ　ノズル
２　吸気系
３　排気系
４　ターボチャージャ
５　ＥＧＲ系
６３　コモンレール
７１　ＥＣＵ（燃焼制御手段）
８３ａ，８３ｂ　噴孔群
８３１ａ，８３２ａ，８３３ａ，８３１ｂ，８３２ｂ　噴孔

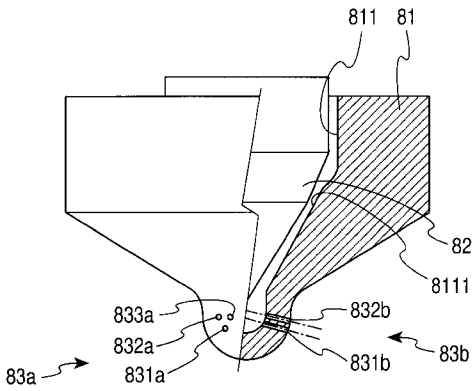
【図１】


5
52
22
23
25
24
2
55
72
21
1
12
11
62
ECU
71
54
53
51
74
31
63
3
61
75
32
73
4
76

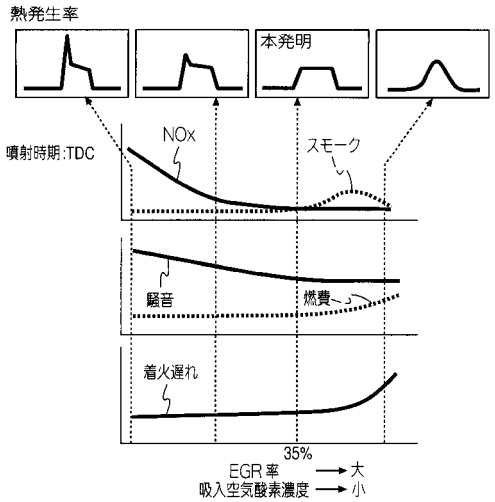
【図２】


11a
812
822
813
823
81
82
811
8111
832b
821
831b
83b

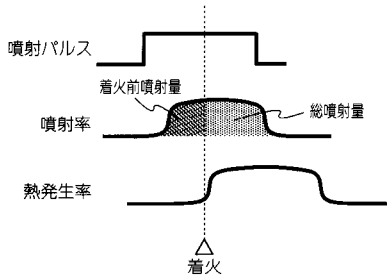
【図３】


811
81
82
8111
833a
832b
832a
831a
831b
83b
83a

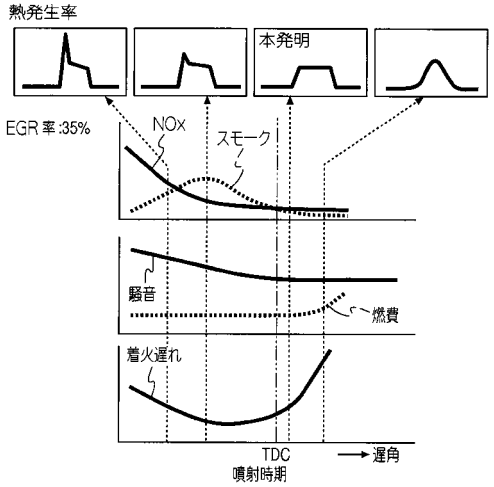
【図４】


熱発生率
本発明
噴射時期:TDC
NOx
スモーク
騒音
燃費
着火遅れ
35%
EGR率 → 大
吸入空気酸素濃度 → 小

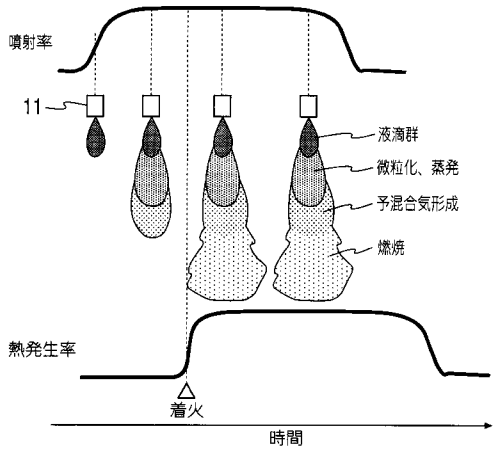
【図５】


噴射パルス
着火前噴射量
噴射率
総噴射量
熱発生率
着火

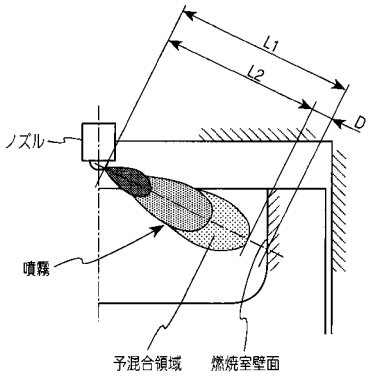
【図６】


熱発生率
本発明
EGR率:35%
NOx
スモーク
騒音
燃費
着火遅れ
TDC
遅角
噴射時期

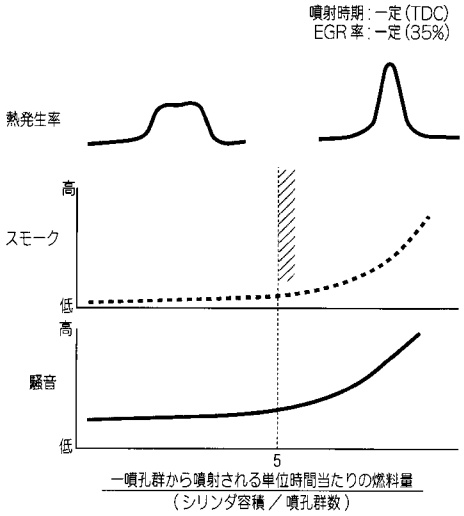
【図７】


噴射率
11
液滴群
微粒化、蒸発
予混合気形成
燃焼
熱発生率
着火
時間

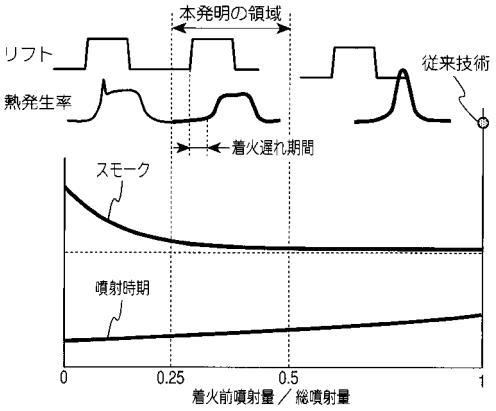
【図８】


L1
L2
D
ノズル
噴霧
予混合領域
燃焼室壁面

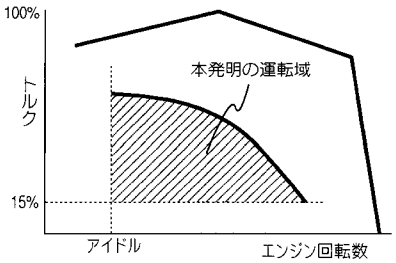
【図９】



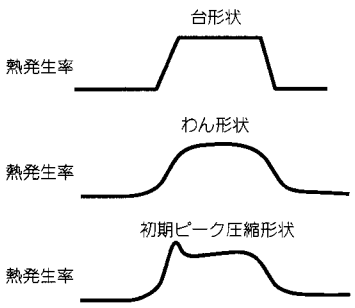
【図１０】



【図１１】



【図１２】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		FI		
F02M 61/18	*(2006.01)*	F02D	43/00	301H
		F02D	43/00	301N
		F02D	43/00	301R
		F02D	43/00	301S
		F02M	25/07	570J
		F02M	61/18	320D
		F02M	61/18	320Z
		F02M	61/18	360J

(72)発明者 中村 兼仁
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 衣川 真澄
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 黒仁田 徳士
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 加藤 啓

(56)参考文献 特開２００３－２８６８７９（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０９８９３３（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０５４８７５（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１７９３７８（ＪＰ，Ａ）
松岡 信，圧縮着火機関における噴射と燃焼に関する相関概説，内燃機関，日本，山海堂，１９７２年 2月 5日，第１１巻2号，第１９７～２１０頁

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｆ０２Ｄ ４１／００
Ｆ０２Ｄ ４３／００－４５／００