

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-125334

(P2023-125334A)

(43)公開日 令和5年9月7日(2023.9.7)

(51)国際特許分類		F I			テーマコード(参考)
F 0 2 P	11/02 (2006.01)	F 0 2 P	11/02	3 0 4	3 G 0 1 9
F 0 2 D	45/00 (2006.01)	F 0 2 D	45/00	3 6 8 Z	3 G 0 9 2
F 0 2 D	19/02 (2006.01)	F 0 2 D	19/02	B	3 G 3 8 4
F 0 2 D	19/08 (2006.01)	F 0 2 D	19/08	C	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-29362(P2022-29362)	(71)出願人	316015888 三菱重工エンジン & ターボチャージャ株式会社 神奈川県相模原市中央区田名3000番地
(22)出願日	令和4年2月28日(2022.2.28)	(74)代理人	110000785 S S I P 弁理士法人
		(72)発明者	今森 祐介 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工株式会社内
		(72)発明者	村田 聡 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工株式会社内
		(72)発明者	野村 一敏 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工株式会社内

最終頁に続く

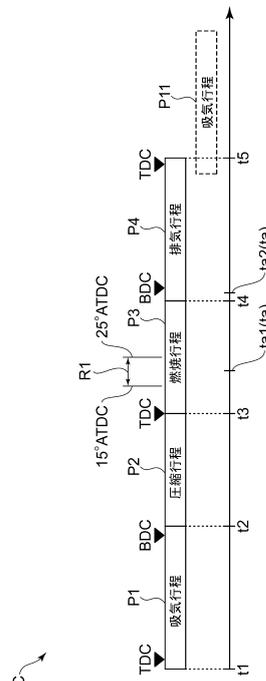
(54)【発明の名称】 内燃機関

(57)【要約】

【課題】水素を含むガス燃料を採用し、1つの燃焼サイクルにおける失火の発生による損傷を抑制することができる。

【解決手段】内燃機関は、水素を含むガス燃料が供給される燃焼室と、燃焼室内のガス燃料に点火するように構成された点火装置と、点火装置の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御する制御装置と、を備え、所定の点火タイミングは、1燃焼サイクルのうち初めて点火動作を行う初点火タイミングと、1燃焼サイクルのうち初点火タイミングより後に点火動作を行う後点火タイミングと、を含む。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

水素を含むガス燃料が供給される燃焼室と、  
 前記燃焼室内の前記ガス燃料に点火するように構成された点火装置と、  
 前記点火装置の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御する制御装置と、  
 を備え、  
 前記所定の点火タイミングは、1 燃焼サイクルのうち初めて点火動作を行う初点火タイ  
 ミングと、前記 1 燃焼サイクルのうち前記初点火タイミングより後に点火動作を行う後点  
 火タイミングと、を含む、  
 内燃機関。

10

## 【請求項 2】

前記後点火タイミングは、前記 1 燃焼サイクルの燃焼行程に点火動作が行われる第 1 後  
 点火タイミングを含む、  
 請求項 1 に記載の内燃機関。

## 【請求項 3】

前記第 1 後点火タイミングは、 $15^{\circ}$  ATDC から  $25^{\circ}$  ATDC までの範囲内にある  
 、  
 請求項 2 に記載の内燃機関。

## 【請求項 4】

前記後点火タイミングは、前記 1 燃焼サイクルの排気行程に点火動作が行われる第 2 後  
 点火タイミングを含む、  
 請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の内燃機関。

20

## 【請求項 5】

前記 1 燃焼サイクルにおける前記燃焼室内の失火を検知する失火検知装置をさらに備え  
 、  
 前記制御装置は、  
 前記失火検知装置が前記燃焼室内の失火を検知した場合、前記点火装置の前記後点火タ  
 イミングにおける点火動作を実行するように構成され、  
 前記失火検知装置が前記燃焼室内の失火を非検知である場合、前記点火装置の前記後点  
 火タイミングにおける点火動作を停止するように構成される、  
 請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の内燃機関。

30

## 【請求項 6】

前記失火検知装置は、前記 1 燃焼サイクルの前記初点火タイミングより後、且つ前記後  
 点火タイミングより前における前記燃焼室内の最大圧力が所定の圧力以下であると失火と  
 判定するように構成されている、  
 請求項 5 に記載の内燃機関。

## 【請求項 7】

前記ガス燃料に含まれる水素を燃焼させるための水素燃焼装置をさらに備え、  
 前記水素燃焼装置は、前記燃焼室から排出される排気が流通する排気流路に配置される  
 、  
 請求項 1 から 6 の何れか一項に記載の内燃機関。

40

## 【請求項 8】

前記水素燃焼装置は、前記排気流路のうち前記 1 燃焼サイクルの排気行程において前記  
 燃焼室から排出される排気が届く領域に配置される、  
 請求項 7 に記載の内燃機関。

## 【請求項 9】

前記水素燃焼装置は、セラミックを含むセラミック体である、  
 請求項 7 又は 8 に記載の内燃機関。

## 【請求項 10】

水素を含むガス燃料が供給される燃焼室と、

50

前記燃焼室から排出される排気が流通する排気流路と、  
前記排気流路に配置され、前記ガス燃料に含まれる水素を燃焼させるための水素燃焼装置と、を備える、  
内燃機関。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、内燃機関に関する。

【背景技術】

【0002】

ガスエンジンなどの内燃機関は、燃焼室内のガス燃料が燃焼しない現象（いわゆる失火）が発生すると、未燃のガス燃料が燃焼室から排出され、この未燃のガス燃料が排気系を流通する虞がある。特許文献1には、複数の燃焼サイクルの筒内圧力のばらつきから内燃機関の失火を判定する失火検出装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2012-031766号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、水素は従来からのガス燃料に含まれる成分（例えば、都市ガスに含まれるメタンやLPGに含まれるプロパン）と比較して燃焼速度が大きい。このため、ガス燃料に水素が含まれている場合、1つの燃焼サイクルにおける失火の発生によって燃焼室から排出された未燃のガス燃料であっても、排気系で引火する可能性がある。未燃のガス燃料が排気系で引火すると、急激な圧力上昇によって排気系が損傷したり、排気行程と吸気行程とが重複するオーバーラップ時期に火炎が吸気系に逆流し、吸気系が損傷したりする虞がある。

【0005】

本開示は、上述の課題に鑑みてなされたものであって、水素を含むガス燃料を採用する内燃機関であって、1つの燃焼サイクルにおける失火の発生による損傷を抑制可能な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】

【0006】

上記目的を達成するため、本開示に係る内燃機関は、水素を含むガス燃料が供給される燃焼室と、前記燃焼室内の前記ガス燃料に点火するように構成された点火装置と、前記点火装置の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御する制御装置と、を備え、前記所定の点火タイミングは、1燃焼サイクルのうち初めて点火動作を行う初点火タイミングと、前記1燃焼サイクルのうち前記初点火タイミングより後に点火動作を行う後点火タイミングと、を含む。

【発明の効果】

【0007】

本開示の内燃機関によれば、水素を含むガス燃料を採用し、1つの燃焼サイクルにおける失火の発生による損傷を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態に係る内燃機関の構成を概略的に示す図である。

【図2】第1実施形態に係る点火装置の所定の点火タイミングを説明するための図である。

【図3】第2実施形態に係る内燃機関の構成を概略的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図 4】圧力とクランク角との関係を示すグラフである。

【図 5】第 3 実施形態に係る内燃機関の構成を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本開示の実施の形態による内燃機関について、図面に基づいて説明する。かかる実施の形態は、本開示の一態様を示すものであり、この開示を限定するものではなく、本開示の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。

【0010】

< 第 1 実施形態 >

( 構成 )

図 1 は、第 1 実施形態に係る内燃機関 1 の構成を概略的に示す図である。図 1 に例示するように、内燃機関 1 は、水素を含むガス燃料 F が供給される燃焼室 2 と、燃焼室 2 内のガス燃料 F に点火するように構成された点火装置 4 と、点火装置 4 の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御する制御装置 6 と、を含む。

【0011】

本開示において、「水素を含むガス燃料 F」には、水素と水素以外の燃料を含むもの（混焼）と、水素のみ（専焼）とがあり、さらに、水素と水素以外の燃料を含むものでも、水素が主たる燃料（水素の体積割合が 50% 以上）、水素以外の燃料が主たる燃料（水素の体積割合が 50% 未満）に区分できる。「水素を含むガス燃料 F」とは、これらの場合をすべて含む。

【0012】

燃焼室 2 は、筒状のシリンダ 8 と、シリンダ 8 の内部に配置されるピストン 10 と、を含む。燃焼室 2 は、シリンダ 8 の内面とピストン 10 の上面とによって画定される主室 12 にガス燃料 F が供給されるようになっている。ピストン 10 は、コネクティングロッド 13 を介してクランクシャフト 14 に連結されており、ピストン 10 の往復動が回転に変換されるようになっている。このクランクシャフト 14 は、後述する 1 燃焼サイクル C 中に 2 回転する。

【0013】

第 1 実施形態では、図 1 に例示するように、内燃機関 1 は、燃焼室 2 に空気 A を送るための吸気流路 16 と、吸気流路 16 を流通する空気 A を圧縮する圧縮機 18 と、燃焼室 2 から排出される排気 G を内燃機関 1 の外部に排出するための排気流路 22 と、排気流路 22 を流通する排気 G によって回転駆動されるタービン 24 と、を含む。

【0014】

吸気流路 16 は、一端が大気に開放され、他端が主室 12 に開放されている。吸気流路 16 の一端から流入した空気 A は、吸気流路 16 を主室 12 に向かって流通する。つまり、吸気流路 16 は、一端に空気 A が流入する入口が形成され、他端に空気 A が流出する出口が形成されている。以下、吸気流路 16 の出口を吸気ポート 19 とする。吸気流路 16 には、吸気ポート 19 を開閉する吸気弁 17 が設けられている。

【0015】

排気流路 22 は、一端が主室 12 に開放され、他端が大気に開放されている。排気流路 22 の一端から流入した排気 G は、排気流路 22 を排気流路 22 の他端（大気）に向かって流通する。つまり、排気流路 22 は、一端に排気 G が流入する入口が形成され、他端に排気 G が流出する出口が形成されている。以下、排気流路 22 の入口を排気ポート 25 とする。排気流路 22 には、排気ポート 25 を開閉する排気弁 23 が設けられている。

【0016】

図 1 に例示する形態では、圧縮機 18 は吸気流路 16 に設けられ、タービン 24 は排気流路 22 に設けられている。圧縮機 18 とタービン 24 とは同軸に構成されおり、タービン 24 が回転駆動することで圧縮機 18 が吸気流路 16 を流通する空気 A を圧縮する。

【0017】

図 1 に例示する形態では、内燃機関 1 は、吸気流路 16 に設けられ、吸気流路 16 にガ

10

20

30

40

50

ス燃料 F を供給するガス燃料供給装置 20 を含んでいる。ガス燃料供給装置 20 は、吸気流路 16 において圧縮機 18 よりも燃焼室 2 側に位置している。つまり、ガス燃料供給装置 20 は、圧縮機 18 によって圧縮された空気 A にガス燃料 F を混合させる。このように第 1 実施形態に係る内燃機関 1 は、空気 A とガス燃料 F とを混合させた混合気を燃焼する予混合燃焼を採用している。尚、幾つかの実施形態では、内燃機関 1 は、非圧縮の空気 A (大気圧の空気) とガス燃料 F とを混合させる混合気を燃焼するように構成されている。

【0018】

図 1 に例示する形態では、ガス燃料供給装置 20 は、吸気流路 16 において吸気弁 17 よりも圧縮機 18 側に位置している。不図示であるが、幾つかの実施形態では、内燃機関 1 は、圧縮機 18 より吸気流路 16 の燃焼室 2 側に設けられ、圧縮機 18 が圧縮した空気 A を冷却するエアクーラを含む。この場合、ガス燃料供給装置 20 は、エアクーラより吸気流路 16 の燃焼室 2 側に位置する。

10

【0019】

点火装置 4 は、主室 12 に配置される点火プラグ 21 を含んでおり、点火プラグ 21 から火花放電することで主室 12 内のガス燃料 F (混合気) を着火燃焼させ、火炎を発生させる。

【0020】

制御装置 6 は、電子制御装置などのコンピュータであって、図示しない CPU や GPU といったプロセッサ、ROM や RAM といったメモリ、及び I/O インターフェイスなどを備える。制御装置 6 は、メモリにロードされたプログラムの命令に従ってプロセッサが動作 (演算等) することで、制御装置 6 が備える各機能部を実現する。

20

【0021】

図 1 に例示する形態では、制御装置 6 は、点火装置 4 と電氣的に接続されている点火部 50 を含んでいる。点火部 50 は、点火装置 4 に点火信号 S1 を送信する。点火装置 4 は、点火信号 S1 を受信すると、点火プラグ 21 から火花放電させて、主室 12 内のガス燃料 F を着火燃焼させる。このように、制御装置 6 は、点火信号 S1 を送信することで点火装置 4 の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御可能となっている。

【0022】

図 1 に例示する形態では、内燃機関 1 は、クランクシャフト 14 の回転角度 S2 を検出する角度センサ 26 を含んでいる。制御装置 6 は、角度センサ 26 と電氣的に接続されているクランク角検知部 52 を含んでいる。クランク角検知部 52 は、角度センサ 26 から回転角度 S2 を取得してクランク角 (0 度 720 度) に変換する。点火部 50 は、クランク角検知部 52 が所定のクランク角 を取得したタイミングで、点火装置 4 に点火信号 S1 を送信する。そして、点火装置 4 は、点火信号 S1 の受信と同時に、又は点火信号 S1 を受信して即座に、点火動作を実行する。

30

【0023】

点火装置 4 の所定の点火タイミングについて説明する。図 2 は、第 1 実施形態に係る点火装置 4 の所定の点火タイミングを説明するための図であって、1 燃焼サイクル C が図示されている。図 2 に例示するように、1 燃焼サイクル C は、吸気行程 P1 と、圧縮行程 P2 と、燃焼行程 P3 と、排気行程 P4 と、を含む。

40

【0024】

図 2 に例示する形態では、1 燃焼サイクル C は、吸気行程 P1 の開始から排気行程 P4 の終了までであり、吸気行程 P1、圧縮行程 P2、燃焼行程 P3、排気行程 P4 の順に実行される。図 2 には、1 燃焼サイクル C において、ピストン 10 が上死点 (TDC) に到達するタイミングと下死点 (BDC) に到達するタイミングとが図示されている。本開示では、吸気行程 P1 においてピストン 10 が上死点 (TDC) に到達しているときのクランク角 を 0 度とする。クランク角 は、吸気行程 P1 から排気行程 P4 に進むにつて増加し、排気行程 P4 においてピストン 10 が上死点 (TDC) にと到達しているときのクランク角 を 720 度とする。

【0025】

50

吸気行程 P 1 では、ガス燃料 F (混合気) を主室 1 2 内に吸入する。図 2 に例示する形態では、吸気行程 P 1 は、吸気ポート 1 9 が開くタイミング t 1 で開始し、吸気ポート 1 9 が閉じるタイミング t 2 で終了している。ピストン 1 0 が吸気行程 P 1 の間に上死点 ( T D C ) から下死点 ( B D C ) に向けて移動することで、混合気が主室 1 2 内に吸入される。吸気行程 P 1 では、排気ポート 2 5 が閉じられるが、排気ポート 2 5 は吸気ポート 1 9 が開くと同時に閉じられてもよいし、吸気ポート 1 9 が開いた後に閉じられてもよい。

【 0 0 2 6 】

圧縮行程 P 2 では、主室 1 2 内の混合気を圧縮する。図 2 に例示する形態では、圧縮行程 P 2 は、上述したタイミング t 2 で開始し、ピストン 1 0 が上死点 (いわゆる圧縮上死点) に到達したタイミング t 3 で終了している。ピストン 1 0 が下死点 ( B D C ) から上死点 ( B D C ) に向けて移動することで、主室 1 2 内の混合気が圧縮されている。

10

【 0 0 2 7 】

燃焼行程 P 3 では、圧縮行程 P 2 で圧縮した混合気を燃焼する。図 2 に例示する形態では、燃焼行程 P 3 は、上述したタイミング t 3 で開始する。このタイミング t 3 は、1 燃焼サイクル C のうち初めて点火装置 4 が点火動作を行う初点火タイミング t 3 である。つまり、1 燃焼サイクル C において、制御装置 6 の点火部 5 0 は、クランク角検知部 5 2 が 3 6 0 度のクランク角 を取得したタイミングで、点火装置 4 に点火信号 S 1 を初めて送信している。燃焼行程 P 3 では、圧縮した混合気に点火プラグ 2 1 の火花で着火させ、混合気の燃焼 (膨張) によってピストン 1 0 を下死点 ( B D C ) に向かって押し下げている。燃焼行程 P 3 は、排気ポート 2 5 が開くタイミング t 4 で終了する。排気ポート 2 5 は、ピストン 1 0 が下死点に到達するよりも前に開けられている。つまり、タイミング t 4 は、ピストン 1 0 が下死点に到達するよりも前である。

20

【 0 0 2 8 】

排気行程 P 4 では、混合気の燃焼によって生成された生成ガスを排気 G として主室 1 2 から排出する。図 2 に例示する形態では、排気行程 P 4 は、上述したタイミング t 4 で開始し、排気ポート 2 5 が閉じるタイミング t 5 で終了している。ピストン 1 0 が下死点 ( B D C ) から上死点 ( B D C ) に向けて移動することで、主室 1 2 内の生成ガスが主室 1 2 外に排気 G として排出されている。第 1 実施形態では、図 2 に例示するように、排気行程 P 4 の一部と 1 燃焼サイクル C の次の燃焼サイクルにおける吸気行程 P 1 1 の一部とが互いに重なりあっている。

30

【 0 0 2 9 】

点火装置 4 の所定の点火タイミングは、上述した初点火タイミング t 3 に加え、後点火タイミング t a を含む。後点火タイミング t a は、1 燃焼サイクル C のうち初点火タイミング t 3 より後である。第 1 実施形態では、図 2 に例示するように、後点火タイミング t a は、第 1 後点火タイミング t a 1 ( t a ) と、第 2 後点火タイミング t a 2 ( t a ) と、を含んでいる。

【 0 0 3 0 】

第 1 後点火タイミング t a 1 は、1 燃焼サイクル C の燃焼行程 P 3 に含まれる。第 1 実施形態では、第 1 後点火タイミング t a 1 は、1 5 ° A T D C から 2 5 ° A T D C までの第 1 範囲 R 1 内に含まれる。言い換えると、第 1 後点火タイミング t a 1 は、1 燃焼サイクル C においてピストン 1 0 が 2 回目の上死点 (圧縮上死点) に到達してからクランクシャフト 1 4 が 1 5 度から 2 5 度 (クランク角 が 3 7 5 度から 3 8 5 度) まで回転する期間に含まれている。制御装置 6 の点火部 5 0 は、クランク角検知部 5 2 が、例えば、3 8 0 度のクランク角 を取得したタイミング (第 1 後点火タイミング t a 1 ) で、点火装置 4 に点火信号 S 1 を送信している。そして、点火装置 4 は、第 1 後点火タイミング t a 1 で点火動作を実行している。以下では、クランク角 が 3 8 0 度であるタイミングは、第 1 後点火タイミング t a 1 と同一のタイミングであるとして説明する。

40

【 0 0 3 1 】

第 2 後点火タイミング t a 2 は、1 燃焼サイクル C の排気行程 P 4 に含まれる。第 1 実施形態では、図 2 に例示するように、第 2 後点火タイミング t a 2 は、排気行程 P 4 が開

50

始した直後であり、例えば、タイミング  $t_4$  から 1 燃焼サイクル C においてピストン 10 が 2 回目の下死点（クランク角 が  $540$  度）に到達するまでの期間に含まれている。制御装置 6 の点火部 50 は、クランク角検知部 52 が、例えば、 $535$  度のクランク角 を取得したタイミング（第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$ ）で、点火装置 4 に点火信号  $S_1$  を送信している。そして、点火装置 4 は、第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$  で点火動作を実行している。以下では、クランク角 が  $535$  度であるタイミングは、第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$  と同一のタイミングであるとして説明する。

【0032】

（作用・効果）

第 1 実施形態に係る内燃機関 1 の作用・効果について説明する。水素は従来からのガス燃料に含まれる成分（例えば、都市ガスに含まれるメタンや LPG に含まれるプロパン）と比較して燃焼速度が大きい。このため、1 燃焼サイクル C における失火の発生によって主室 12 から排出された未燃のガス燃料 F であっても、この 1 燃焼サイクル C の次の燃焼サイクルから排出される排気 G と接触することによって、排気流路 22 内で引火する可能性がある。引火が発生すると、急激な圧力上昇によって排気流路 22 やタービン 24 が損傷する虞がある。また、排気行程 P4 の一部と吸気行程 P11 の一部とが重複するオーバーラップ時期に火炎が吸気流路 16 に逆流し、吸気流路 16 が損傷する虞がある。

10

【0033】

これに対して、第 1 実施形態によれば、点火装置 4 は、失火の有無に関係なく、1 燃焼サイクル C のうち初点火タイミング  $t_3$  より後の第 1 後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$  のそれぞれで点火動作を行う。このため、1 燃焼サイクル C における失火の発生に関わらず、主室 12 内の混合気（水素）が燃焼されるので、1 燃焼サイクル C における失火の発生（水素の引火）による吸気流路 16 の損傷や排気流路 22 の損傷を抑制することができる。

20

【0034】

第 1 実施形態によれば、点火装置 4 が第 1 後点火タイミング  $t_{a1}$  で点火動作を実行するので、初点火タイミング  $t_3$  における点火動作では燃焼しきらなかった未燃のガス燃料 F を、同一の 1 燃焼サイクル C における燃焼行程 P3 で燃焼させ、主室 12 から排出される未燃のガス燃料 F の量を抑制することができる。

【0035】

第 1 後点火タイミング  $t_{a1}$  が  $15^\circ$  ATDC（クランクシャフト 14 が圧縮上死点から  $15$  度回転する）よりも前であると、シリンダ 8 内の圧力  $P_r$  が十分に高くないため、失火の有無を評価しにくい。一方で、第 1 後点火タイミング  $t_{a1}$  が  $25^\circ$  ATDC（クランクシャフト 14 が圧縮上死点から  $25$  度回転する）よりも後であると、排気ポート 25 が開くタイミング  $t_4$  までの時間が短いため、未燃のガス燃料 F の燃焼が不十分となる可能性がある。第 1 実施形態によれば、第 1 後点火タイミングを  $15^\circ$  ATDC から  $25^\circ$  ATDC までの範囲とすることで、失火の有無の評価を容易にしつつ、未燃のガス燃料 F の発生を抑制することができる。

30

【0036】

第 1 実施形態によれば、点火装置 4 が第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$  で点火動作を実行するので、初点火タイミング  $t_3$  における点火動作や第 1 後点火タイミングにおける点火動作では燃焼しきらなかった未燃のガス燃料 F を、同一の 1 燃焼サイクル C における排気行程 P4 で燃焼させ、主室 12 から排出される未燃のガス燃料 F の量を抑制することができる。

40

【0037】

尚、第 1 実施形態では、後点火タイミング  $t_a$  は、第 1 後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$  の両方を含んでいたが、本開示はこの形態に限定されない。幾つかの実施形態では、後点火タイミング  $t_a$  は、第 1 後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第 2 後点火タイミング  $t_{a2}$  のうちの何れか一方を含む。

【0038】

50

尚、第1実施形態では、後点火タイミング  $t_a$  は、1つの第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び1つの第2後点火タイミング  $t_{a2}$  を含んでいたが、本開示はこの形態に限定されない。幾つかの実施形態では、後点火タイミング  $t_a$  は、複数の第1後点火タイミング  $t_{a1}$  を含む。幾つかの実施形態では、後点火タイミング  $t_a$  は、複数の第2後点火タイミング  $t_{a2}$  を含む。

【0039】

<第2実施形態>

本開示の第2実施形態に係る内燃機関1について説明する。第2実施形態に係る内燃機関1は、第1実施形態に係る内燃機関1に失火検知装置28を加えたものである。第2実施形態において、第1実施形態の構成要件と同じものは同じ参照符号を付し、その詳細な説明は省略する。

10

【0040】

(構成)

図3は、第2実施形態に係る内燃機関1の構成を概略的に示す図である。図3に例示するように、内燃機関1は、1燃焼サイクルCにおける燃焼室2内の失火を検知する失火検知装置28をさらに含む。制御装置6は、失火検知装置28が燃焼室2内の失火を検知した場合、点火装置4の後点火タイミング  $t_a$  における点火動作を実行するように構成される。また、制御装置6は、失火検知装置28が燃焼室2内の失火を非検知である場合、点火装置4の後点火タイミング  $t_a$  における点火動作を停止するように構成される。

【0041】

20

第2実施形態では、制御装置6が失火検知装置28を含んでいる。制御装置6と失火検知装置28とは一体に構成されている。幾つかの実施形態では、制御装置6と失火検知装置28とは別体に構成されている。失火検知装置28(制御装置6)は、シリンダ8内の圧力  $P_r$  を検出可能な圧力センサ29と電氣的に接続されている失火判定部54をさらに含んでいる。失火判定部54は、圧力センサ29から取得した圧力  $P_r$  に基づいて、主室12内に失火が発生しているか否かを判定する。

【0042】

失火判定部54による失火の判定方法の一例について説明する。図4は、圧力  $P_r$  とクランク角  $\theta$  との関係を示すグラフである。図4に示すグラフは、横軸がクランク角  $\theta$  であり、縦軸が圧力  $P_r$  である。図4には、3つの燃焼サイクルのそれぞれの圧力  $P_r$  が図示されている。第1の燃焼サイクルC1は実線で図示され、第2の燃焼サイクルC2は一点鎖線で図示され、第3の燃焼サイクルC3は点線で図示されている。

30

【0043】

図4に例示するように、クランク角  $\theta$  が360度以上375度以下の範囲を第2範囲R2とする。言い換えると、第2範囲R2は、1燃焼サイクルCにおける2回目の上死点(圧縮上死点)からクランクシャフト14が15度回転するまでの期間である。幾つかの実施形態では、第2範囲R2は、1燃焼サイクルCの初点火タイミング  $t_3$  より後、且つ第1後点火タイミング  $t_{a1}$  より前である。

【0044】

失火判定部54は、第2範囲R2における最大圧力  $P_{max}$  が予め設定されている閾値  $P_t$  以下であると失火が発生していると判定し、最大圧力  $P_{max}$  が閾値  $P_t$  を超えている場合には失火が発生していないと判定する。図4に例示する場合には、失火判定部54は、第1の燃焼サイクルC1及び第2の燃焼サイクルC2に対しては失火が発生していないと判定し、第3の燃焼サイクルC3に対しては失火が発生していると判定する。

40

【0045】

第2実施形態では、制御装置6の点火部50は、失火判定部54が失火を判定すると、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  (クランク角  $\theta$  が380度であるタイミングと535度であるタイミング)の両方で、点火装置4に点火信号  $S_1$  を送信する。そして、点火装置4は、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  の両方で点火動作を実行する。図4に例示する場合には、第3の燃焼サイクルC

50

3において、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  のそれぞれにおける点火装置4の点火動作が実行される。

【0046】

第2実施形態では、制御装置6の点火部50は、失火判定部54が失火を判定していない場合には、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  (クランク角が380度であるタイミングと535度であるタイミング)の両方で、点火装置4に点火信号S1を送信しない。このため、点火装置4は、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  の両方で点火動作を実行しない。図4に例示する場合には、第1の燃焼サイクルC1及び第2の燃焼サイクルC2の両方において、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  のそれぞれにおける点火装置4の点火動作が停止される。

10

【0047】

(作用・効果)

第2実施形態に係る内燃機関1の作用・効果について説明する。第2実施形態によれば、第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  のそれぞれにおける点火装置4の点火動作は、失火検知装置28が主室12内の失火を非検知である場合には行われない。このため、失火の有無に関係なく第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  のそれぞれにおける点火装置4の点火動作が行われる場合と比較して、点火装置4の製品寿命を長くすることができる。

【0048】

上述したように、水素は燃焼速度が大きいので、1燃焼サイクルCにおける未燃のガス燃料Fであっても、主室12から排気流路22に排出される量が抑制されていることが望ましい。第2実施形態によれば、1燃焼サイクルCのうち失火判定が行われ、失火と判定された場合には、この1燃焼サイクルにおける第1後点火タイミング  $t_{a1}$  及び第2後点火タイミング  $t_{a2}$  のそれぞれで点火装置4の点火動作が行われる。このため、1燃焼サイクルCにおける未燃のガス燃料Fが排気流路22に排出される量を抑制することができる。

20

【0049】

尚、第2実施形態では、失火検知装置28は、最大圧力  $P_{max}$  が閾値  $P_t$  を超えているか否かによって失火を検知していたが、本開示はこの形態に限定されない。幾つかの実施形態では、失火検知装置28は、ピストン10の位置が互いに共通である2つのタイミングの圧力差が予め設定されている閾値以下であると、失火と判定するように構成されている。例えば、失火検知装置は、 $-20^{\circ}ATDC$ のときの圧力  $P_r$  と  $20^{\circ}ATDC$ のときの圧力  $P_r$  との差が閾値以下であると、失火と判定するように構成されている。

30

【0050】

尚、第2実施形態では、失火検知装置28は、シリンダ8内の圧力  $P_r$  に基づいて失火を検知していたが、本開示はこの形態に限定されない。失火検知装置28は、シリンダ8内の圧力  $P_r$  以外の検出値(例えば、エンジンの振動、クランク軸の回転速度やトルク、排気ガス成分等)に基づいて失火を検知してもよい。

【0051】

<第3実施形態>

本開示の第3実施形態に係る内燃機関1について説明する。第3実施形態に係る内燃機関1は、第2実施形態に係る内燃機関1に水素燃焼装置30を加えたものである。第3実施形態において、第2実施形態の構成要件と同じものは同じ参照符号を付し、その詳細な説明は省略する。幾つかの実施形態に係る内燃機関1は、第1実施形態に係る内燃機関1に水素燃焼装置30を加えたものである。

40

【0052】

(構成)

図5は、第3実施形態に係る内燃機関1の構成を概略的に示す図である。図5に例示するように、内燃機関1は、排気流路22に配置され、ガス燃料Fに含まれる水素を燃焼さ

50

せるための水素燃焼装置 30 をさらに含む。

【 0 0 5 3 】

第 3 実施形態では、水素燃焼装置 30 は、セラミックを含むセラミック体である。水素燃焼装置 30 は、排気流路 22 の出口よりも入口に近い側（排気ポート 25 側）に配置されている。水素燃焼装置 30 は、排気流路 22 においてタービン 24 よりも燃焼室 2 側に配置されている。さらに具体的には、図 5 に例示するように、水素燃焼装置 30 は、排気流路 22 のうち 1 燃焼サイクル C の排気行程 P 4 において主室 12 から排出される排気 G が届く領域 X 内に配置されている。幾つかの実施形態では、水素燃焼装置 30 は、失火時の排気 G が届く領域 X 内に配置されており、1 燃焼サイクル C における失火時の排気 G に含まれる水素を燃焼することができるようになっている。

10

【 0 0 5 4 】

（作用・効果）

第 3 実施形態によれば、主室 12 から未燃のガス燃料 F が排気流路 22 に排出されたとしても、この未燃のガス燃料 F に含まれる水素は水素燃焼装置 30 によって燃焼される。このため、排気流路 22 における水素の滞留を抑制し、滞留した水素の引火による不具合の発生を防止できる。

【 0 0 5 5 】

水素燃焼装置 30 が排気流路 22 の領域 X 外に配置されていると、1 燃焼サイクル C における排気行程 P 4 から排出される未燃のガス燃料 F に含まれる水素を燃焼することができず、排気流路 22 内に滞留する水素の濃度が高くなり、引火する可能性が高くなる。しかしながら、第 3 実施形態によれば、水素燃焼装置 30 が排気流路 22 の領域 X 内に配置されているので、1 燃焼サイクル C における排気行程 P 4 から排出される未燃のガス燃料 F に含まれる水素を燃焼することができる。

20

【 0 0 5 6 】

第 3 実施形態によれば、水素燃焼装置 30 はセラミック体であるので、セラミック体を排気流路 22 に配置しておくことで、主室 12 から排出される排気 G によってセラミック体の温度が上昇し、セラミック体を水素の燃焼が可能な状態にすることができる。このように、内燃機関 1 に簡易な構成の水素燃焼装置 30 を設けることができる。尚、第 3 実施形態では、水素燃焼装置 30 はセラミック体であったが、本開示はこの形態に限定されない。水素燃焼装置 30 は、グロープラグやバーナであってもよい。

30

【 0 0 5 7 】

尚、第 1 ~ 第 3 実施形態では、内燃機関 1 は、制御装置 6 によって点火装置 4 の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御することで、排気流路 22 に排出される未燃のガス燃料 F の量を抑制し、1 燃焼サイクルにおける失火の発生による損傷を抑制していたが、本開示はこの形態に限定されない。

【 0 0 5 8 】

幾つかの実施形態では、内燃機関 1 は、水素を含むガス燃料 F が供給される燃焼室 2 と、燃焼室 2 から排出される排気 G が流通する排気流路 22 と、排気流路 22 に配置され、ガス燃料 F に含まれる水素を燃焼させるための水素燃焼装置 30 と、を備える。このような構成によれば、排気流路 22 に水素燃焼装置 30 が配置されているので、失火が発生し未燃のガス燃料 F が排気流路 22 に排出されたとしても、この未燃のガス燃料 F に含まれる水素を燃焼することができる。よって、水素を含むガス燃料 F を採用する内燃機関 1 の 1 燃焼サイクルにおける失火の発生による損傷を抑制することができる。

40

【 0 0 5 9 】

上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

【 0 0 6 0 】

[ 1 ] 本開示に係る内燃機関 ( 1 ) は、

水素を含むガス燃料 ( F ) が供給される燃焼室 ( 2 ) と、

前記燃焼室内の前記ガス燃料に点火するように構成された点火装置 ( 4 ) と、

前記点火装置の所定の点火タイミングにおける点火動作の実行を制御する制御装置 ( 6

50

)と、を備え、

前記所定の点火タイミングは、1 燃焼サイクル ( C ) のうち初めて点火動作を行う初点火タイミング ( t 3 ) と、前記 1 燃焼サイクルのうち前記初点火タイミングより後に点火動作を行う後点火タイミング ( t a ) と、を含む。

【 0 0 6 1 】

上記 [ 1 ] に記載の構成によれば、燃焼室には水素を含むガス燃料が供給される。そして、点火装置は、失火の有無に関係なく、1 燃焼サイクルのうち初めて点火動作を行う初点火タイミングより後の後点火タイミングでも点火動作を行う。このため、1 燃焼サイクルにおける失火の発生に関わらず、燃焼室内のガス燃料に含まれる水素が燃焼されるので、1 燃焼サイクル C における失火の発生 ( 水素の引火 ) による損傷を抑制することができる。

10

【 0 0 6 2 】

[ 2 ] 幾つかの実施形態では、上記 [ 1 ] に記載の構成において、前記後点火タイミングは、前記 1 燃焼サイクルの燃焼行程 ( P 3 ) に点火動作が行われる第 1 後点火タイミング ( t a 1 ) を含む。

【 0 0 6 3 】

上記 [ 2 ] に記載の構成によれば、点火装置の初点火タイミングにおける点火動作では燃焼しきらなかった未燃のガス燃料を同一の 1 燃焼サイクルの燃焼行程で燃焼させ、燃焼室から排出される未燃のガス燃料の量を抑制することができる。

【 0 0 6 4 】

[ 3 ] 幾つかの実施形態では、上記 [ 2 ] に記載の構成において、前記第 1 後点火タイミングは、15 ° A T D C から 25 ° A T D C までの範囲 ( R 1 ) 内にある。

【 0 0 6 5 】

第 1 後点火タイミングが 15 ° A T D C よりも前であると、燃焼室内の圧力が十分に高くないため、失火の有無を評価しにくい。一方で、第 1 後点火タイミングが 25 ° A T D C よりも後であると、排気行程が始まるまでの時間が短いため、未燃燃料の燃焼が不十分となる可能性がある。上記 [ 3 ] に記載の構成によれば、第 1 後点火タイミングを 15 ° A T D C から 25 ° A T D C までの範囲とすることで、失火の有無の評価を容易にしつつ、未燃燃料の発生を抑制することができる。

【 0 0 6 6 】

[ 4 ] 幾つかの実施形態では、上記 [ 1 ] から [ 3 ] の何れか 1 つに記載の構成において、前記後点火タイミングは、前記 1 燃焼サイクルの排気行程 ( P 4 ) に点火動作が行われる第 2 後点火タイミング ( t a 2 ) を含む。

【 0 0 6 7 】

上記 [ 4 ] に記載の構成によれば、点火装置の初点火タイミングにおける点火動作では燃焼しきらなかった未燃のガス燃料を同一の 1 燃焼サイクルの排気行程で燃焼させ、燃焼室から排出される未燃のガス燃料の量を抑制することができる。

【 0 0 6 8 】

[ 5 ] 幾つかの実施形態では、上記 [ 1 ] から [ 4 ] の何れか 1 つに記載の構成において、前記 1 燃焼サイクルにおける前記燃焼室内の失火を検知する失火検知装置 ( 2 8 ) をさらに備え、

40

前記制御装置は、

前記失火検知装置が前記燃焼室内の失火を検知した場合、前記点火装置の前記後点火タイミングにおける点火動作を実行するように構成され、

前記失火検知装置が前記燃焼室内の失火を非検知である場合、前記点火装置の前記後点火タイミングにおける点火動作を停止するように構成される。

【 0 0 6 9 】

上記 [ 5 ] に記載の構成によれば、点火装置の後点火タイミングにおける点火動作は、失火検知装置が燃焼室内の失火を非検知である場合には行われないので、失火の有無に関係なく後点火タイミングにおける点火動作が行われる場合と比較して、点火装置の製品寿命

50

を長くすることができる。

【0070】

[6]幾つかの実施形態では、上記[5]に記載の構成において、

前記失火検知装置は、前記1燃焼サイクルの前記初点火タイミングより後、且つ前記後点火タイミングより前における前記燃焼室内の最大圧力(Pmax)が所定の圧力(Pt)以下であると失火と判定するように構成されている。

【0071】

水素は燃焼速度が大きいので、1つの燃焼サイクルにおける未燃のガス燃料であっても、燃焼室から排出される量が抑制されていることが望ましい。上記[6]に記載の構成によれば、1燃焼サイクルのうち失火判定が行われ、失火と判定された場合には、この1燃焼サイクルの後点火タイミングで点火動作が行われる。このため、1つの燃焼サイクルにおける未燃のガス燃料が燃焼室から排出される量を抑制することができる。

10

【0072】

[7]幾つかの実施形態では、上記[1]から[6]の何れか1つに記載の構成において、

前記ガス燃料に含まれる水素を燃焼させるための水素燃焼装置(30)をさらに備え、前記水素燃焼装置は、前記燃焼室から排出される排気が流通する排気流路(22)に配置される。

【0073】

上記[7]に記載の構成によれば、燃焼室から未燃のガス燃料が排気流路に排出されたとしても、この未燃のガス燃料に含まれる水素は水素燃焼装置によって燃焼される。このため、排気流路における水素の滞留を抑制し、滞留した水素の引火による不具合の発生を防止できる。

20

【0074】

[8]幾つかの実施形態では、上記[7]に記載の構成において、

前記水素燃焼装置は、前記排気流路のうち前記1燃焼サイクルの排気行程において前記燃焼室から排出される排気(G)が届く領域(X)に配置される。

【0075】

上記[8]に記載の構成によれば、1燃焼サイクルにおける未燃のガス燃料に含まれる水素を燃焼することができる。

【0076】

[9]幾つかの実施形態では、上記[7]又は[8]に記載の構成において、

前記水素燃焼装置は、セラミックを含むセラミック体である。

【0077】

セラミック体を排気流路に配置しておくことで、燃焼室から排出され排気流路を流通する排気によってセラミック体の温度が上昇し、セラミック体を水素の燃焼が可能な状態にすることができる。上記[9]に記載の構成によれば、簡易な構成の水素燃焼装置を設けることができる。

30

【0078】

[10]本開示に係る内燃機関は、

水素を含むガス燃料が供給される燃焼室と、

前記燃焼室から排出される排気が流通する排気流路と、

前記排気流路に配置され、前記ガス燃料に含まれる水素を燃焼させるための水素燃焼装置と、を備える。

40

【0079】

上記[10]に記載の構成によれば、排気流路に水素燃焼装置が配置されているので、失火が発生し未燃のガス燃料が排気流路に排出されたとしても、この未燃のガス燃料に含まれる水素を燃焼することができる。よって、水素を含むガス燃料を採用する内燃機関の1燃焼サイクルにおける失火による損傷を抑制することができる。

【符号の説明】

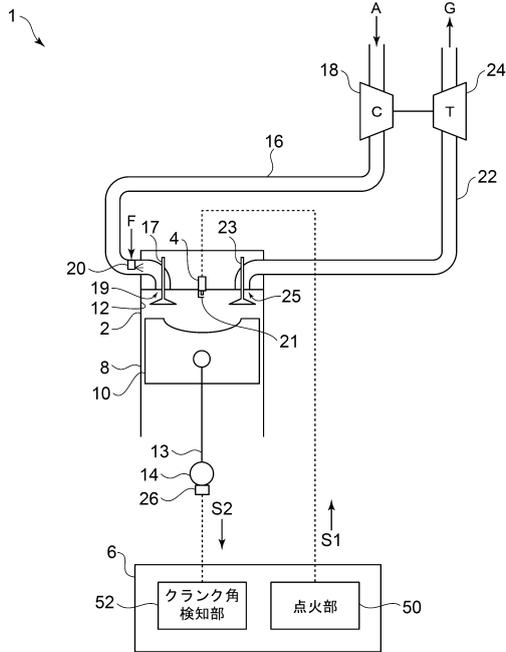
【0080】

50

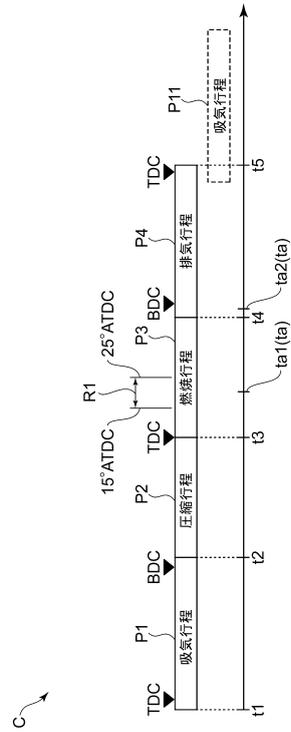
1	内燃機関	
2	燃焼室	
4	点火装置	
6	制御装置	
8	シリンダ	
10	ピストン	
12	主室	
13	コネクティングロッド	
14	クランクシャフト	
16	吸気流路	10
17	吸気弁	
18	圧縮機	
19	吸気ポート	
20	ガス燃料供給装置	
21	点火プラグ	
22	排気流路	
23	排気弁	
24	タービン	
25	排気ポート	
26	角度センサ	20
28	失火検知装置	
29	圧力センサ	
30	水素燃焼装置	
50	点火部	
52	クランク角検知部	
54	失火判定部	
A	空気	
C	1 燃焼サイクル	
F	ガス燃料	
G	排気	30
P1	吸気行程	
P2	圧縮行程	
P3	燃焼行程	
P4	排気行程	
P r	圧力	
P m a x	最大圧力	
P t	閾値	
R1	第1範囲	
R2	第2範囲	
S1	点火信号	40
S2	回転角度	
X	領域	
t3	初点火タイミング	
t a	後点火タイミング	
t a 1	第1後点火タイミング	
t a 2	第2後点火タイミング	

【 図 面 】

【 図 1 】



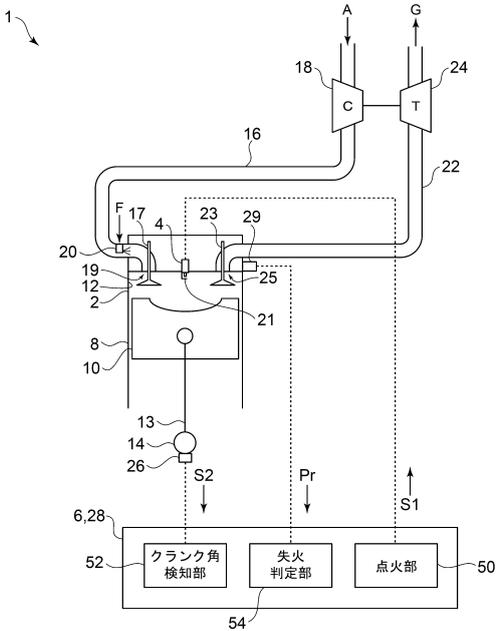
【 図 2 】



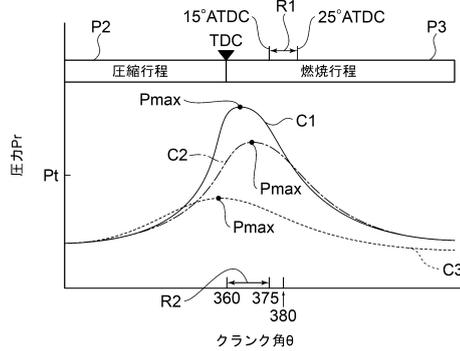
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

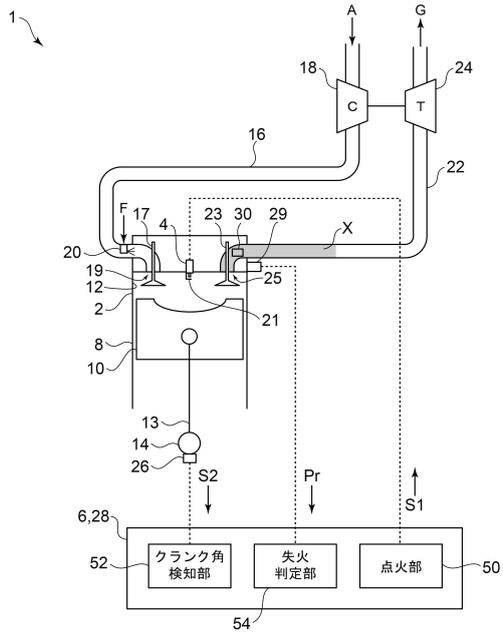


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

三菱重工業株式会社内

(72)発明者 遠藤 浩之

神奈川県相模原市中央区田名3000番地 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社内

(72)発明者 渡邊 壮太

神奈川県相模原市中央区田名3000番地 三菱重工エンジン&ターボチャージャ株式会社内

Fターム(参考) 3G019 AA02 BB15

3G092 AB09 AB11

3G384 AA14 AA16 BA23 DA54 FA32Z