

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6548610号
(P6548610)

(45) 発行日 令和1年7月24日 (2019.7.24)

(24) 登録日 令和1年7月5日 (2019.7.5)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 T 13/20 (2006.01)
 HO 1 T 13/16 (2006.01)
 HO 1 T 13/36 (2006.01)
 HO 1 T 13/32 (2006.01)
 HO 1 T 13/50 (2006.01)

HO 1 T 13/20 B
 HO 1 T 13/16
 HO 1 T 13/36
 HO 1 T 13/32
 HO 1 T 13/50

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-122696 (P2016-122696)
 (22) 出願日 平成28年6月21日 (2016.6.21)
 (65) 公開番号 特開2017-228394 (P2017-228394A)
 (43) 公開日 平成29年12月28日 (2017.12.28)
 審査請求日 平成30年6月26日 (2018.6.26)

(73) 特許権者 000004547
 日本特殊陶業株式会社
 愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号
 (74) 代理人 110001058
 特許業務法人鳳国際特許事務所
 (72) 発明者 向山 直志
 名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本
 特殊陶業株式会社内
 (72) 発明者 笠原 大輔
 名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本
 特殊陶業株式会社内
 (72) 発明者 藤 祐介
 名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本
 特殊陶業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマジェットプラグ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

軸線方向に延びる棒状の中心電極と、
 前記軸線方向に延び、先端側に前記中心電極が配置された軸孔を有する筒状の絶縁体と、
 、
 前記絶縁体の外周に配置され、外周面にネジが形成された主体金具と、
 前記主体金具に電氣的に接続され、前記絶縁体の先端側に配置されたオリフィス電極と
 、
 を備えるプラズマジェットプラグであって、
 前記絶縁体は、

大径部と、前記大径部よりも小さな外径を有し前記大径部より先端側に配置された小径部と、を備え、前記軸孔を有する第1部材と、
 前記軸線方向に延び、後端側に前記小径部が内挿された貫通孔を有する第2部材と、
 を備え、
 前記第1部材の先端部分と、前記第2部材の先端部分と、前記中心電極の表面と、前記オリフィス電極の内面と、によってキャビティが形成され、
 前記プラズマジェットプラグは、さらに、
 前記第1部材の外周と接触するとともに、前記主体金具の内面と接触する第1パッキンと、
 前記第2部材の外周と接触するとともに、前記主体金具の内面と接触する第2パッキンと、

10

20

ンと、

を備え、

前記第 1 パッキンの前記軸線方向の位置は、前記主体金具の外周面に前記ネジが形成されている前記軸線方向の範囲内であることを特徴とする、プラズマジェットプラグ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のプラズマジェットプラグであって、さらに、

前記主体金具の先端側に固定されるとともに、前記第 2 部材を先端側から後端側に向かって支持する先端金具を備えることを特徴とする、プラズマジェットプラグ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載のプラズマジェットプラグであって、

前記第 2 パッキンの前記軸線方向の位置は、前記主体金具の外周面に前記ネジが形成されている前記軸線方向の範囲内であることを特徴とする、プラズマジェットプラグ。

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載のプラズマジェットプラグであって、

前記主体金具は、内周面から径方向の内側に向かって突出する棚部を備え、

前記第 1 部材は、前記第 1 パッキンを介して、前記棚部の後端側に接触し、

前記第 2 部材は、前記第 2 パッキンを介して、前記棚部の先端側に接触する、プラズマジェットプラグ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書は、内燃機関等において燃料ガスに点火するためのプラズマジェットプラグに関する。

【背景技術】

【0002】

内燃機関において、燃料ガスに点火するための点火プラグの 1 つとして、プラズマジェットプラグが知られている（例えば、特許文献 1）。プラズマジェットプラグでは、セラミックス等の絶縁体で囲まれた放電空間（キャビティとも呼ぶ）の内部に、中心電極と接地電極との間の火花ギャップが配置される。火花ギャップに火花を発生（放電）させると、キャビティ内の気体が励起されることによって、キャビティ内にプラズマが生成される。そして、キャビティ内で生成されたプラズマが、キャビティの外部に噴出することによって、燃料ガスへの点火が行われる。プラズマジェットプラグは、火花放電によって直接に燃料ガスに点火するスパークプラグと比較して、燃焼の広がりが速く、空燃比の高い希薄混合気に対しても確実に点火することができる利点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 45449 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、プラズマジェットプラグのキャビティが比較的大きい場合には、キャビティ内に生成されるプラズマが外部に噴出される量が低下しやすいために、着火性能が低下しやすい。また、キャビティが比較的小さい場合には、キャビティを形成する絶縁体に沿って火花が発生する沿面放電によって絶縁体が損傷を受けやすいために、耐久性能が低下しやすい。さらに、絶縁体の温度が過度に高くなるとブレイグニッションが発生することから、プラズマジェットプラグでは、着火性能と耐久性能と熱引き性能との全てを満たすことが困難であるという課題があった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

10

20

30

40

50

本明細書に開示される技術は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の適用例として実現することが可能である。

【0006】

[適用例1] 軸線方向に延びる棒状の中心電極と、

前記軸線方向に延び、先端側に前記中心電極が配置された軸孔を有する筒状の絶縁体と、

前記絶縁体の外周に配置され、外周面にネジが形成された主体金具と、

前記主体金具に電氣的に接続され、前記絶縁体の先端側に配置されたオリフィス電極と、

を備えるプラズマジェットプラグであって、

10

前記絶縁体は、

大径部と、前記大径部よりも小さな外径を有し前記大径部より先端側に配置された小径部と、を備え、前記軸孔を有する第1部材と、

前記軸線方向に延び、後端側に前記小径部が内挿された貫通孔を有する第2部材と、

を備え、

前記第1部材の先端部分と、前記第2部材の先端部分と、前記中心電極の表面と、前記オリフィス電極の内面と、によってキャビティが形成され、

前記プラズマジェットプラグは、さらに、

前記第1部材の外周面と接触するとともに、前記主体金具の内面と接触する第1パッキンと、

20

前記第2部材の外周面と接触するとともに、前記主体金具の内面と接触する第2パッキンと、

を備え、

前記第1パッキンの前記軸線方向の位置は、前記主体金具の外周面に前記ネジが形成されている前記軸線方向の範囲内であることを特徴とする、プラズマジェットプラグ。

【0007】

上記構成によれば、第1部材の先端部分と、第2部材の先端部分と、中心電極の表面と、オリフィス電極の内面と、によってキャビティが形成される。この結果、キャビティを形成する絶縁体の表面の形状を複雑化することができる。このために、キャビティの容量を過度に大きくすることなく、絶縁体の表面に沿って火花が放電する経路（以下、沿面経路）を長くすることができる。この結果、プラズマの噴出量を低下させることなく、沿面放電の発生を抑制できるので、プラズマジェットプラグの耐久性能と着火性能とを両立することができる。さらに、第1パッキンは、第1部材の外周面と接触するとともに、主体金具の内面と接触しており、第2パッキンは、第2部材の外周面と接触するとともに、主体金具の内面と接触している。そして、第1パッキンの軸線方向の位置は、ネジが形成されている軸線方向の範囲内である。この結果、絶縁体の熱引き性能を向上することができる。この結果、プラズマジェットプラグは、着火性能と耐久性能と熱引き性能との全てを満たすことができる。

30

【0008】

[適用例2] 適用例1に記載のプラズマジェットプラグであって、さらに、

40

前記主体金具の先端側に固定されるとともに、前記第2部材を先端側から後端側に向かって支持する先端金具を備えることを特徴とする、プラズマジェットプラグ。

【0009】

上記構成によれば、先端金具によって、第2部材を先端側から後端側に向かって支持するので、第1部材を、第1パッキンを介して、主体金具と接触させるとともに、第2部材を、第2パッキンを介して、主体金具と接触させる構造を容易に実現できる。

【0010】

[適用例3] 適用例1または2に記載のプラズマジェットプラグであって、

前記第2パッキンの前記軸線方向の位置は、前記主体金具の外周面に前記ネジが形成されている前記軸線方向の範囲内であることを特徴とする、プラズマジェットプラグ。

50

【 0 0 1 1 】

上記構成によれば、第 2 部材の熱引き性能を、さらに、向上することができる。

【 0 0 1 2 】

[適用例 4] 適用例 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のプラズマジェットプラグであって、

前記主体金具は、内周面から径方向の内側に向かって突出する棚部を備え、

前記第 1 部材は、前記第 1 パッキンを介して、前記棚部の後端側に接触し、

前記第 2 部材は、前記第 2 パッキンを介して、前記棚部の先端側に接触する、プラズマジェットプラグ。

【 0 0 1 3 】

上記構成によれば、第 1 部材を、第 1 パッキンを介して、主体金具と接触させるとともに、第 2 部材を、第 2 パッキンを介して、主体金具と接触させる構造を容易に実現できる。

10

【 0 0 1 4 】

なお、本明細書に開示される技術は、種々の態様で実現することが可能であり、例えば、プラズマジェットプラグやプラズマジェットプラグを用いた点火装置、そのプラズマジェットプラグを搭載する内燃機関、そのプラズマジェットプラグを用いた点火装置を搭載する内燃機関、プラズマジェットプラグ用の絶縁体の製造方法等の態様で実現することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 5 】

20

【 図 1 】 実施形態のプラズマジェットプラグ 1 0 0 の全体を示す図。

【 図 2 】 実施形態のプラズマジェットプラグ 1 0 0 の先端近傍の断面図。

【 図 3 】 点火装置 5 0 0 の概略構成を示すブロック図。

【 図 4 】 比較形態のプラズマジェットプラグの先端近傍の断面図。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 6 】

A . 実施形態 :

A - 1 . プラズマジェットプラグの全体構成 :

以下、本発明の実施の態様を実施形態に基づいて説明する。図 1 は本実施形態のプラズマジェットプラグ 1 0 0 の全体を示す図である。図 1 の軸線 C O より右側には、プラズマジェットプラグ 1 0 0 の外観が図示され、軸線 C O の左側には、軸線 C O を含む面で切断した断面図が示されている。図 2 は、プラズマジェットプラグ 1 0 0 の先端近傍を、軸線 C O が含まれる面で切断した断面図である。軸線 C O と平行な方向 (図 1 、 図 2 の上下方向) を軸線方向とも呼ぶ。軸線 C O を中心とする円の径方向を、単に「径方向」とも呼ぶ、軸線 C O を中心とする円の周方向を、単に「周方向」とも呼ぶ。図 1 、 図 2 における下方向を先端方向 D 1 と呼び、上方向を後端方向 D 2 と呼ぶ。図 1 、 図 2 における下側をプラズマジェットプラグ 1 0 0 の先端側と呼び、図 1 、 図 2 における上側をプラズマジェットプラグ 1 0 0 の後端側と呼ぶ。

30

【 0 0 1 7 】

プラズマジェットプラグ 1 0 0 は、絶縁体 1 0 と、中心電極 2 0 と、接地電極 3 0 と、端子金具 4 0 と、主体金具 5 0 と、先端金具 6 0 と、を備える (図 1) 。

40

【 0 0 1 8 】

絶縁体 1 0 は、軸線方向に沿って延び、絶縁体 1 0 を貫通する軸孔 1 2 A を有する略円筒形状を有する筒状体である。絶縁体 1 0 は、第 1 部材 1 0 A と、第 2 部材 1 0 B と、の 2 個の部材によって構成されている。第 1 部材 1 0 A と第 2 部材 1 0 B とは、アルミナ等を焼成して形成されている。

【 0 0 1 9 】

第 1 部材 1 0 A は、絶縁体 1 0 の大部分を占める略円筒形状を有する部材であり、上述した軸孔 1 2 A は、第 1 部材 1 0 A に形成されている。第 1 部材 1 0 A は、鍔部 1 9 A と、後端側胴部 1 8 A と、先端側胴部 1 7 A と、脚長部 1 3 A と、を備えている。後端側胴

50

部 1 8 A は、鏢部 1 9 A より後端側に位置し、鏢部 1 9 A の外径より小さな外径を有している。先端側胴部 1 7 A は、鏢部 1 9 A より先端側に位置し、後端側胴部 1 8 A の外径より小さな外径を有している。脚長部 1 3 A は、先端側胴部 1 7 A より先端側に位置し、先端側胴部 1 7 A の外径より小さな外径を有している。先端側胴部 1 7 A の外径は、脚長部 1 3 A の外径より大きいので、先端側胴部 1 7 A を、第 1 部材 1 0 A の「大径部」とも呼び、脚長部 1 3 A を、第 1 部材 1 0 A の「小径部」とも呼ぶ。

【 0 0 2 0 】

第 2 部材 1 0 B は、軸線方向に沿って延び、第 2 部材 1 0 B を貫通する貫通孔 1 2 B を有する略円筒形状を有する部材である。第 2 部材 1 0 B の軸線方向の長さは、第 1 部材 1 0 A より短く、第 1 部材 1 0 A の脚長部 1 3 A より僅かに長い。第 2 部材 1 0 B の貫通孔 1 2 B の後端側には、第 1 部材 1 0 A の脚長部 1 3 A (小径部) が挿入 (内挿) されている。第 1 部材 1 0 A と第 2 部材 1 0 B の構成の詳細については、後述する。

10

【 0 0 2 1 】

主体金具 5 0 は、導電性の金属材料 (例えば、低炭素鋼材) で形成され、内燃機関のエンジンヘッド (図示省略) にプラズマジェットプラグ 1 0 0 を固定するための略円筒形状の部材 (筒状体) である。主体金具 5 0 は、軸線 C O に沿って貫通する挿通孔 5 9 が形成されている。主体金具 5 0 は、絶縁体 1 0 の外周に配置されている。より詳しくは、挿通孔 5 9 内に、絶縁体 1 0 のうちの第 2 部材 1 0 B の後端側と、第 1 部材 1 0 A の後端側胴部 1 8 A の先端側の一部と、鏢部 1 9 A と、先端側胴部 1 7 A と、脚長部 1 3 A と、が配置されている。

20

【 0 0 2 2 】

主体金具 5 0 は、スパークプラグレンチが係合する六角柱形状の工具係合部 5 1 と、内燃機関に取り付けるための取付ネジ部 5 2 と、工具係合部 5 1 と取付ネジ部 5 2 との間に形成された鏢状の座部 5 4 と、を備えている (図 1)。例えば、取付ネジ部 5 2 の呼び径は、M 8 (8 mm (ミリメートル))、M 1 0、M 1 2、M 1 4、M 1 8 のいずれかとされている。

【 0 0 2 3 】

主体金具 5 0 の取付ネジ部 5 2 と座部 5 4 との間には、金属板を折り曲げて形成された環状のガスケット 5 が嵌挿されている (図 1)。ガスケット 5 は、プラズマジェットプラグ 1 0 0 が内燃機関に取り付けられた際に、プラズマジェットプラグ 1 0 0 と内燃機関 (エンジンヘッド) との隙間を封止する。

30

【 0 0 2 4 】

主体金具 5 0 は、さらに、工具係合部 5 1 の後端側に設けられた薄肉の加締部 5 3 と、座部 5 4 と工具係合部 5 1 との間に設けられた薄肉の圧縮変形部 5 8 と、を備えている (図 1)。主体金具 5 0 における工具係合部 5 1 から加締部 5 3 に至る部位の内周面と、第 1 部材 1 0 A の後端側胴部 1 8 A の外周面との間に形成される環状の領域には、環状の線パッキン 6、7 が配置されている。当該領域における 2 つの線パッキン 6、7 の間には、タルク (滑石) 9 の粉末が充填されている。

【 0 0 2 5 】

加締部 5 3 の後端は、径方向内側に折り曲げられて、第 1 部材 1 0 A の外周面に固定されている。主体金具 5 0 の圧縮変形部 5 8 は、製造時において、第 1 部材 1 0 A の外周面に固定された加締部 5 3 が先端側に押圧されることにより、圧縮変形する。

40

【 0 0 2 6 】

中心電極 2 0 は、軸線 C O に沿って延びる棒状の部材であり、第 1 部材 1 0 A の軸孔 1 2 A の先端側の部分に配置されている。中心電極 2 0 は、導電性を有し、高温での耐酸化性に優れる金属材料、例えば、ニッケル (Ni) または Ni を主成分とする合金 (具体的には、NCF 6 0 0、NCF 6 0 1) を用いて形成されている。なお、中心電極 2 0 は、内部に埋設され、Ni 又は Ni を主成分として含む合金よりも熱伝導性に優れる金属、例えば、銅または銅を主成分とする合金で形成された芯材を含んでもよい。

【 0 0 2 7 】

50

先端金具 60 は、主体金具 50 の先端に接合されている。接地電極 30 は、先端金具 60 に取り付けられている。先端金具 60 および接地電極 30 は、導電性を有し、高温での耐酸化性に優れる金属材料を用いて形成されている。例えば、先端金具 60 には、ニッケル (Ni) または Ni を主成分とする合金 (具体的には、NCF600、NCF601) が用いられる。また、接地電極 30 には、イリジウム (Ir)、白金 (Pt)、タングステン (W) や、これらの金属を主成分とする合金などが用いられる。中心電極 20、先端金具 60、接地電極 30 を含むプラズマジェットプラグ 100 の先端近傍の構成の詳細については、後述する。

【0028】

端子金具 40 は、軸線 C0 に沿って延びる棒状の部材である。端子金具 40 は、導電性の金属材料 (例えば、低炭素鋼) で形成され、その表面は、防食のための金属層 (例えば、Ni 層) がメッキなどによって形成されている。端子金具 40 は、軸線方向の所定位置に形成された鏝部 42 と、鏝部 42 より後端側に位置するキャップ装着部 41 と、鏝部 42 より先端側の脚部 43 と、を備えている。端子金具 40 の後端を含むキャップ装着部 41 は、絶縁体 10 の後端側に露出している。端子金具 40 の先端を含む脚部 43 は、第 1 部材 10A の軸孔 12A に挿入されている。キャップ装着部 41 には、高圧ケーブル (図示省略) が接続されたプラグキャップが装着され、火花を発生するための高電圧が印加される。

【0029】

第 1 部材 10A の軸孔 12A 内において、端子金具 40 の脚部 43 の先端と中心電極 20 の後端との間の領域は、導電性シール 4 によって埋められている。これにより、端子金具 40 と中心電極 20 とは、電氣的に導通している。導電性シール 4 は、例えば、金属粒子とガラス粒子とを含む組成物で形成されている。

【0030】

A-2. プラズマジェットプラグ 100 の先端近傍の構成：

上述したプラズマジェットプラグ 100 の先端近傍の構成について、図 2 の断面図を参照して、さらに、詳細に説明する。

【0031】

第 1 部材 10A に形成された軸孔 12A は、後端側の大径孔 121A と、先端側の小径孔 123A と、大径孔 121A と小径孔 123A との間に位置し、後端側から先端側に向かって縮径する縮径孔 122A と、を含んでいる。

【0032】

中心電極 20 は、頭部 23 と、鏝部 24 と、脚部 25 と、放電部 26 と、を備えている。鏝部 24 は、頭部 23 より先端側に位置し、頭部 23 より大きな外径を有する。脚部 25 は、鏝部 24 より先端側に位置する。脚部 25 の外径は、鏝部 24 より小さく、小径孔 123A の径とほぼ等しい。放電部 26 は、脚部 25 より先端側に位置し、脚部 25 より小さな外径を有する。また、放電部 26 の外径は、後端側から先端側に向かって縮径している。放電部 26 の先端側の面は、接地電極 30 との間で、火花ギャップを形成する放電面 26S である。鏝部 24 の先端側の面は、第 1 部材 10A の縮径孔 122A を形成する内周面 (縮内径面) によって先端側から支持されている。頭部 23 および鏝部 24 は、導電性シール 4 によって後端側から支持されている。これによって、中心電極 20 は、脚部 25 および放電部 26 が小径孔 123A 内に位置するように、第 1 部材 10A の軸孔 12A 内に保持されている。

【0033】

主体金具 50 の挿通孔 59 を形成する内周面には、径方向の内側に向かって突出する棚部 56 が形成されている。棚部 56 は、棚部 56 の後端に位置し、後端側から先端側に向かって内径が縮径した縮内径部 56A と、棚部 56 の先端に位置し、後端側から先端側に向かって内径が拡径した拡内径部 56B と、を備えている。

【0034】

第 1 部材 10A の先端側胴部 17A は、第 1 後端等径部 171A と、第 1 後端等径部 1

10

20

30

40

50

7 1 Aより先端側の第1先端等径部1 7 3 Aと、第1後端等径部1 7 1 Aと第1先端等径部1 7 3 Aとの間に位置する中間縮外径部1 7 2 Aと、を備えている。中間縮外径部1 7 2 Aの外径は、後端側から先端側に向かって縮径している。

【0035】

先端側胴部1 7 Aの中間縮外径部1 7 2 Aと、棚部5 6の縮内径部5 6 Aと、の間には、金属製の環状の板パッキンである第1パッキン8 Aが配置されている。上述したように、製造時において、第1部材1 0 Aの外周面に固定された加締部5 3(図1)が先端方向D 1に押圧されることにより、圧縮変形部5 8が圧縮変形すると、線パッキン6、7およびタルク9を介し、第1部材1 0 Aが主体金具5 0の挿通孔5 9内で先端方向D 1に押圧される。この結果、第1部材1 0 Aは、第1パッキン8 Aを介して、主体金具5 0の棚部5 6の後端側の縮内径部5 6 Aに接触する。これによって、第1部材1 0 Aの外周面と、主体金具5 0の内周面との間には、第1パッキン8 Aによって封止され、キャビティC V内の高温のガスが、主体金具5 0と第1部材1 0 Aとの隙間から外部に漏れることが防止される。また、金属製の第1パッキン8 Aは、熱伝導率が、絶縁体1 0(第1部材1 0 Aや第2部材1 0 B)より高く、後述するように、絶縁体1 0の熱を主体金具5 0に逃がす役割を果たす。なお、第1パッキン8 Aの軸線方向の位置は、主体金具5 0の取付ネジ部5 2において、外周面にネジが形成されている軸線方向の範囲R G内である。

【0036】

第1部材1 0 Aの脚長部1 3 Aは、第1部材1 0 Aの最も先端側の部分であり、内部には、上述した小径孔1 2 3 Aが形成されている。脚長部1 3 Aは、等径の後端部1 3 1 Aと、後端部1 3 1 Aより先端側に位置し、後端側から先端側に向かって外径が縮径する先端部1 3 2 Aと、を備えている。第1部材1 0 Aの先端、すなわち、脚長部1 3 Aの先端部1 3 2 Aの先端は、中心電極2 0の放電面2 6 Sより後端側に位置している。

【0037】

第2部材1 0 Bの内部には、上述した貫通孔1 2 Bが形成されている。貫通孔1 2 Bには、上述したように、第1部材1 0 Aの脚長部1 3 Aが内挿されている。第2部材1 0 Bは、第2後端等径部1 3 Bと、第2後端等径部1 3 Bより先端側の第2先端等径部1 5 Bと、第2後端等径部1 3 Bと第2先端等径部1 5 Bとの間に位置する中間拡外径部1 4 Bと、第2先端等径部1 5 Bより先端側の先端縮径部1 6 Bと、を備えている。第2先端等径部1 5 Bの外径は、第2後端等径部1 3 Bの外径より大きい。中間拡外径部1 4 Bの外径は、後端側から先端側に向かって拡径している。先端縮径部1 6 Bでは、外径および内径が、後端側から先端側に向かって縮径している。第2部材1 0 Bの先端(先端縮径部1 6 Bの先端)は、中心電極2 0の放電面2 6 Sより先端側に位置している。

【0038】

先端金具6 0は、軸線C Oが通る部分に開口6 3を有する略円環形状を有しており、外縁部6 1と、内縁部6 2と、を備えている。外縁部6 1の後端には、後端側に延出した延出部6 4が形成されている。延出部6 4は、主体金具5 0の先端部5 0 Sに、嵌合されている。先端金具6 0の延出部6 4と、主体金具5 0の先端部5 0 Sとは、レーザ溶接によって接合されている。これによって、先端金具6 0は、主体金具5 0の先端側に固定されている。このために、図2に示すように、延出部6 4と先端部5 0 Sとを跨ぐ溶接部W Dが形成されている。内縁部6 2は、主体金具5 0の内周面より径方向の内側に延出しており、先端縮径部1 6 Bの先端側の一部を覆っている。

【0039】

第2部材1 0 Bの中間拡外径部1 4 Bと、主体金具5 0の棚部5 6の拡内径部5 6 Bと、の間には、金属製の環状の板パッキンである第2パッキン8 Bが配置されている。また、先端金具6 0の外縁部6 1と、第2部材1 0 Bの第2先端等径部1 5 Bと、の間には、環状の板パッキンである第3パッキン8 Cが配置されている。製造時において、先端金具6 0は、第3パッキン8 Cを介して、第2部材1 0 Bを後端方向D 2に押圧した状態で、主体金具5 0の先端部5 0 Sに接合される。このように、先端金具6 0は、第3パッキン8 Cを介して、第2部材1 0 Bを先端側から後端側に向かって支持している。この結果、

第2部材10Bは、第2パッキン8Bを介して、主体金具50の棚部56の先端側の拡径部56Bに接触する。これによって、第2部材10Bの外周面と、主体金具50の内周面との間は、第2パッキン8Bによって封止され、キャビティCV内の高温のガスが、主体金具50と第2部材10Bとの隙間から外部に漏れることが防止される。また、金属製の第2パッキン8Bは、熱伝導率が、絶縁体10（第1部材10Aや第2部材10B）より高く、第1パッキン8Aと同様に、絶縁体10の熱を主体金具50に逃がす役割を果たす。なお、第2パッキン8Bの軸線方向の位置は、第1パッキン8Aと同様に、取付ネジ部52において外周面にネジが形成されている軸線方向の範囲RG内である。

【0040】

接地電極30は、略円径の板部材であり、第2部材10Bの貫通孔12Bの先端側を覆っている。接地電極30の軸線COと交差する部分には、連通孔31（以下、オリフィス31とも呼ぶ）が形成されている。接地電極30の外縁部分は、先端金具60の内縁部62の径方向内側の端に、例えば、レーザ溶接によって接合されている。接地電極30には、オリフィス31が形成されているので、接地電極30をオリフィス電極とも呼ぶ。

【0041】

脚長部13Aの先端部分と、第2部材10Bの先端部分と、中心電極20の表面と、接地電極30の内面（後端側の面）と、によって、キャビティCVが形成されている。具体的には、例えば、脚長部13Aの先端部132Aの内周面および外周面は、キャビティCVの一部を形成している。また、例えば、先端縮径部16Bおよび第2先端等径部15Bの内周面は、キャビティCVの一部を形成している。また、中心電極20の放電面26Sおよび放電部26の外周面は、キャビティCVの一部を形成している。放電面26Sと接地電極30との間の火花ギャップは、キャビティCV内に位置している。

【0042】

A-3. プラズマジェットプラグ100の動作：

図3は、点火装置500の概略構成を示すブロック図である。プラズマジェットプラグ100は、図3に一例を示す点火装置500に接続され、点火装置500から電力の供給を受けることにより、内燃機関の燃焼室内の混合気への点火を行う。

【0043】

点火装置500は、例えば、自動車のECU（電子制御回路）からの指示に従ってプラズマジェットプラグ100に電力を供給する。点火装置500は、火花放電回路部540、プラズマ放電回路部560、制御回路部530、550、および逆流防止用の2つのダイオード545、565が設けられている。

【0044】

火花放電回路部540は、プラズマジェットプラグ100の中心電極20と接地電極30の火花ギャップに、高電圧を印加することで絶縁破壊させて火花放電を生じさせる、いわゆるトリガー放電を行うための電源回路である。火花放電回路部540は、ECUに接続された制御回路部530によって制御される。火花放電回路部540は、ダイオード545を介し、電力供給先となるプラズマジェットプラグ100の中心電極20に電氣的に接続されている。

【0045】

また、プラズマ放電回路部560は、火花放電回路部540によって行われるトリガー放電により絶縁破壊が生じた火花ギャップに高エネルギーを供給するための電源回路である。プラズマ放電回路部560は、上記同様、ECUに接続された制御回路部550によって制御される。プラズマ放電回路部560も同様に、逆流防止用のダイオード565を介し、プラズマジェットプラグ100の中心電極20に接続されている。なお、プラズマジェットプラグ100の接地電極30は、主体金具50を介し、接地されている。

【0046】

プラズマ放電回路部560は、電気エネルギーを蓄えておくコンデンサ562と、コンデンサ562を充電するための高電圧発生回路561と、を備えている。コンデンサ562は、一端が接地され、他端が、高電圧発生回路561と、上記ダイオード565を介し

10

20

30

40

50

て中心電極 20 に接続されている。ここで、1 回のプラズマ噴出を行うため、火花ギャップに供給されるエネルギー量 E_G (単位は、 mJ) は、トリガー放電によるエネルギーの供給量と、コンデンサ 562 からのエネルギーの供給量との和である。コンデンサ 562 の静電容量は、エネルギー量 E_G が、規定量となるように調整されている。なお、プラズマジェットプラグ 100 は、例えば、プラズマ放電回路部 560 を備えていないタイプの点火装置、すなわち、トリガー放電によるエネルギーのみを供給するタイプの点火装置でも駆動することができるが、図 3 に示すような点火装置 500 を用いることによって、より高エネルギーのプラズマを生成することができる。

【0047】

点火装置 500 によって高電圧が供給されることによって、プラズマジェットプラグ 100 の火花ギャップに火花放電が生じると、点火装置 500 から供給される火花放電のエネルギーによって、図 2 に示すキャビティ CV 内の気体が励起されて、キャビティ CV 内にプラズマが形成される。キャビティ CV 内に形成されたプラズマが膨張し、キャビティ CV 内の圧力が高まると、キャビティ CV 内のプラズマは、火柱状に、接地電極 30 に形成されたオリフィス 31 から噴出される。噴出された火柱状のプラズマをプラズマとも呼ぶ。噴出されたプラズマによって、内燃機関の燃焼室内の混合気が着火される。

【0048】

以上説明した本実施形態のプラズマジェットプラグ 100 によれば、絶縁体 10 は、第 1 部材 10A と第 2 部材 10B とを備え、第 1 部材 10A の先端部分と、第 2 部材 10B の先端部分と、中心電極 20 の表面と、接地電極 30 (オリフィス電極) の内面と、によってキャビティが形成される。この結果、キャビティ CV を形成する絶縁体 10 の表面の形状を複雑化することができる。このために、キャビティ CV の容量を過度に大きくすることなく、絶縁体 10 の表面に沿って火花が放電する経路 (以下、沿面経路) を長くすることができる。この結果、プラズマの噴出量を低下させることなく、沿面放電の発生を抑制できるので、プラズマジェットプラグ 100 の耐久性能と着火性能とを両立することができる。

【0049】

プラズマジェットプラグ 100 の中心電極 20 と接地電極 30 との間で生じる火花放電の放電経路には、気中経路 RT1 と、沿面経路 RT2 と、の 2 種類の経路が考えられる。図 2 に示すように、気中経路 RT1 は、中心電極 20 から接地電極 30 までの間の空間を通る放電経路である。図 2 に示すように、沿面経路 RT2 は、絶縁体 10 (第 1 部材 10A および第 2 部材 10B) の表面に沿った経路である。例えば、図 2 の沿面経路 RT2 は、先端部 132A の表面を通り、第 2 部材 10B (第 2 先端等径部 15B および先端縮径部 16B) の内周面を通り、接地電極 30 に至る経路である。

【0050】

気中経路のみを通る火花放電を気中放電とも呼ぶ。沿面経路を含む経路を通る火花放電を沿面放電とも呼ぶ。沿面放電よりも気中放電が好ましい。沿面放電が発生すると、火花のエネルギーによって、絶縁体 10 が損傷を受けるからである。例えば、絶縁体 10 に傷や、チャンネリングと呼ばれる溝状の削れなどが発生し得る。この結果、プラズマジェットプラグ 100 の耐久性能が低下し得る。

【0051】

また、オリフィス 31 から噴出されるプラズマの噴出量が低下すると、燃焼室内の混合気に着火するためのエネルギーが低下するために、プラズマジェットプラグ 100 の着火性能が低下する。プラズマの噴出量の低下は、例えば、キャビティ CV の容積が過度に大きい場合に引き起こされる。

【0052】

例えば、第 2 先端等径部 15B や先端縮径部 16B の径方向の内側に、先端部 132A が存在するような絶縁体 10 の先端部分の形状を、2 個の部材を接合することなく、1 個の部材で作製することは困難である。一般的に、絶縁体を形成するセラミックスは、例えば、鉄などの金属と比較して、延性が低く、脆性が高い。このために、絶縁体を形成する

10

20

30

40

50

セラミックスは、例えば、鉄などの金属と比較して、塑性加工や切削加工の加工性が低いためである。本実施形態の絶縁体 10 は、別々に作製された第 1 部材 10 A と第 2 部材 10 B とを接合することによって作製されているので、キャビティ C V の一部を形成する先端部分の形状を複雑にすることができる。

【0053】

この結果、本実施形態では、キャビティ C V の形状を複雑にできるので、キャビティ C V の形状が単純である場合と比較して、キャビティ C V の容積を大きくすることなく、沿面経路 R T 2 の経路長を長くすることができる。したがって、プラズマの噴出量を低下させることなく、沿面放電の発生を抑制して、プラズマジェットプラグ 100 の耐久性能と着火性能とを両立することができる。

10

【0054】

さらに、本実施形態では、第 1 パッキン 8 A は、第 1 部材 10 A の外面（具体的には、中間縮外径部 172 A の縮外径面）と接触するとともに、主体金具 50 の内面（具体的には、縮内径部 56 A の縮内径面）と接触している。また、第 2 パッキン 8 B は、第 2 部材 10 B の外面（具体的には、中間拡外径部 14 B の拡外径面）と接触するとともに、主体金具 50 の内面（具体的には、拡内径部 56 B の拡内径面）と接触している。換言すれば、第 1 部材 10 A は、第 1 パッキン 8 A を介して、主体金具 50 と接触しているとともに、第 2 部材 10 B は、第 2 パッキン 8 B を介して、主体金具 50 と接触している。そして、第 1 パッキン 8 A の軸線方向の位置は、主体金具 50 においてネジが形成されている軸線方向の範囲 R G 内である。この結果、絶縁体 10 の熱引き性能を向上することができる。この結果、ブレイグニッションの発生を抑制することができる。以上のように、本実施形態のプラズマジェットプラグは、着火性能と耐久性能と熱引き性能との全てを満たすことができる。

20

【0055】

本実施形態では、キャビティ C V 内に、燃焼ガスや火花放電、プラズマ生成によって、第 1 部材 10 A の先端（先端部 132 A の先端）近傍や、第 2 部材 10 B の先端（先端縮径部 16 B の先端）近傍が加熱される。第 1 部材 10 A の先端の熱は、図 2 に矢印 A R 1 で示すように、第 1 パッキン 8 A を介して、主体金具 50 に伝えられる。また、第 2 部材 10 B の先端の熱は、図 2 に矢印 A R 2 で示すように、第 2 パッキン 8 B を介して、主体金具 50 に伝えられる。また、第 1 パッキン 8 A の軸線方向の位置は、ネジが形成されている軸線方向の範囲 R G（図 2）内であるので、第 1 パッキン 8 A を介して、第 1 部材 10 A から主体金具 50 へと伝えられた熱は、ネジを介して、内燃機関の外壁（例えば、エンジンヘッド）へと伝えられ易くなる。以上より、第 1 部材 10 A および第 2 部材 10 B の先端近傍の熱を主体金具 50 に効率的に逃がすことができ、ひいては、熱をエンジンヘッドに効率的に逃がすことができる。この結果、絶縁体 10 の熱引き性能が向上することができる。

30

【0056】

図 4 は、比較形態のプラズマジェットプラグの先端近傍の断面図である。比較形態のプラズマジェットプラグ 100 は、実施形態と同様に、絶縁体は、第 1 部材 10 A X と、第 2 部材 10 B X とによって構成されている。そして、第 1 部材 10 A X は、先端側胴部 17 A X と脚長部 13 A X とを備える。第 2 部材 10 B X は、後端等径部 13 B X と、中間縮外径部 14 B X と、先端等径部 15 B X と、先端縮径部 16 B X と、を備えている。そして、第 1 部材 10 A X の脚長部 13 A X は、第 2 部材 10 B X の貫通孔 12 X に挿入されている。そして、第 2 部材 10 B X の中間縮外径部 14 B X の外面と、主体金具 50 X（取付ネジ部 52 X）に形成された縮内径部 56 X の内面と、の間に、パッキン 8 X が挟まれている。中心電極 20 X、導電性シール 4 X、接地電極 30 X の構成は、実施形態のプラズマジェットプラグ 100 とほぼ同様であるので、説明を省略する。

40

【0057】

比較形態のプラズマジェットプラグでは、第 2 部材 10 B X は、パッキン 8 X を介して主体金具 50 と接触しているが、第 1 部材 10 A X は、パッキンを介して、主体金具 50

50

と接触していない。このために、比較形態のプラズマジェットプラグでは、第２部材１０ＢＸの先端（先端縮径部１６ＢＸの先端）の熱は、図４に矢印ＡＲ６で示すように、パッキン８Ｘを介して、主体金具５０Ｘに逃がされる。さらに、比較形態では、実施形態とは異なり、第１部材１０ＡＸの先端（脚長部１３ＡＸの先端）の熱は、図４に矢印ＡＲ４、ＡＲ５で示すように、第２部材１０Ｂに伝えられた後に、矢印ＡＲ６で示すように、パッキン８Ｘを介して、主体金具５０Ｘに逃がされる。このように、比較形態では、第２部材１０ＢＸと、第１部材１０ＡＸと、の熱の両方が、パッキン８Ｘを介して、主体金具５０Ｘに逃がされるために、実施形態と比較して効率良く熱を逃がすことができないことが解る。特に、第１部材１０ＡＸの熱は、矢印ＡＲ４、ＡＲ５に示すように、第１部材１０ＡＸと第２部材１０ＢＸとの境界を介して、逃がされるが、第１部材１０ＡＸと第２部材１０ＢＸとの境界は、隙間や接触抵抗が高い部位を含むために、熱伝導率が低い。このために、比較形態では、特に、第１部材１０ＡＸの熱を効率良く主体金具５０に逃がすことができないために、熱引き性能が低下する。図２の実施形態では、このような不都合を解消して、プラズマジェットプラグ１００の熱引き性能を向上することができ、ひいては、ブレイグニッションの発生を抑制することができる。

10

【００５８】

さらに、本実施形態のプラズマジェットプラグ１００は、主体金具５０の先端側に固定されるとともに、第２部材１０Ｂを先端側から後端側に向かって支持する先端金具６０を備えている。この結果、先端金具６０によって、第２部材１０Ｂを先端側から後端側に向かって支持できるので、第１部材１０Ａを、第１パッキン８Ａを介して、主体金具５０と接触させるとともに、第２部材１０Ｂを、第２パッキン８Ｂを介して、主体金具５０と接触させる構造を容易に実現できる。

20

【００５９】

さらに、本実施形態では、第２パッキン８Ｂの軸線方向の位置は、第１パッキン８Ａと同様に、主体金具５０の外周面にネジが形成されている軸線方向の範囲ＲＧ内である（図２）。この結果、第２パッキン８Ｂを介して、第２部材１０Ｂから主体金具５０へと伝えられた熱は、ネジを介して、内燃機関の外壁（例えば、エンジンヘッド）へと伝えられ易くなる。この結果、第２部材１０Ｂの熱引き性能を、さらに、向上することができる。

【００６０】

さらに、本実施形態では、主体金具５０は、内周面から径方向の内側に向かって突出する棚部５６を備えている。そして、第１部材１０Ａは、第１パッキン８Ａを介して、棚部５６の後端側に接触し、第２部材１０Ｂは、第２パッキン８Ｂを介して、棚部５６の先端側に接触している。この結果、第１部材１０Ａを、第１パッキン８Ａを介して、主体金具５０と接触させるとともに、第２部材１０Ｂを、第２パッキン８Ｂを介して、主体金具５０と接触させる構造を容易に実現できる。

30

【００６１】

B．変形例

例えば、図２に示すプラズマジェットプラグ１００の先端部の具体的構成は、一例であり、様々な変形が可能である。

【００６２】

（１）例えば、第３パッキン８Ｃは、省略可能であり、先端金具６０が直接に第２部材１０Ｂと接触していても良い。第３パッキン８Ｃが省略されても、先端金具６０によって第２部材１０Ｂを先端側から後端側に向かって支持することによって、第２部材１０Ｂを第２パッキン８Ｂを介して主体金具５０に接触させることは十分に可能である。

40

【００６３】

（２）先端金具６０の延出部６４および主体金具５０の先端部５０Ｓが省略されて、先端金具６０の外縁部６１の後端面と、主体金具５０の先端面と、を接触させても良い。そして、先端金具６０の外縁部６１に対して、先端側からレーザを照射することによって、先端金具６０と主体金具５０とが接合されても良い。

【００６４】

50

(3) 脚長部 13A の先端部 132A の肉厚は、より薄くても良いし、先端部 132A の外径は縮径していなくても良い。ただし、先端部 132A の肉厚は、厚いほど、過度に加熱されることを抑制できるので、よりブレイグニッションを抑制できる。また、先端部 132A の外径が縮径することによって、後端側ほど肉厚を厚くする方が、先端部 132A の熱を後端側に移動させ易いために、より熱引き性能を向上できる。

【0065】

(4) 第2パッキン 8B の軸線方向の位置は、ネジが形成されている軸線方向の範囲 R G より先端側であっても良い。

【0066】

(5) 第1部材 10A を第1パッキン 8A を介して主体金具 50 に接触させ、第2部材 10B を第2パッキン 8B を介して主体金具 50 に接触させる図2の構造は、一例であり、他の構造が採用されても良い。例えば、図示は省略するが、主体金具 50 の内周面に、第1棚部と、第1棚部より先端側の第2棚部を形成しても良い。この場合には、例えば、第1棚部の後端側と、第1部材 10A の中間縮外径部 172A と、の間に、第1パッキン 8A が配置されても良い。そして、第2棚部の後端側と、第2部材 10B の第2先端等径部 15B の先端面との間に、第2パッキン 8B が配置されても良い。

【0067】

(6) プラズマジェットプラグ 100 の発火部の構成としては、上記実施形態の構成に代えて、他の種々の構成を採用可能である。例えば、接地電極 30 には、複数個のオリフィス 31 が設けられても良い。また、中心電極 20 の放電部 26 の先端には、Ir、Pt、W や、これらの金属を主成分とする合金で形成されたチップが接合されていても良い。

【0068】

以上、実施形態、変形例に基づき本発明について説明してきたが、上記した本発明の実施形態、変形例は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨並びに特許請求の範囲を逸脱することなく、変更、改良され得ると共に、本発明にはその等価物が含まれる。

【符号の説明】

【0069】

4...導電性シール、5...ガスケット、6、7...線パッキン、8A...第1パッキン、8B...第2パッキン、8C...第3パッキン、9...タルク、10...絶縁体、10A...第1部材、10B...第2部材、12A...軸孔、12B...貫通孔、13A...脚長部、13B...第2後端等径部、14B...中間拡外径部、15B...第2先端等径部、16B...先端縮径部、17A...先端側胴部、18A...後端側胴部、19A...鍔部、20...中心電極、23...頭部、24...鍔部、25...脚部、26...放電部、26S...放電面、30...接地電極、31...オリフィス、40...端子金具、41...キャップ装着部、42...鍔部、43...脚部、50...主体金具、50S...先端部、51...工具係合部、52...取付ネジ部、53...加締部、54...座部、56...棚部、56A...縮内径部、56B...拡内径部、58...圧縮変形部、59...挿通孔、60...先端金具、61...外縁部、62...内縁部、63...開口、64...延出部、100...プラズマジェットプラグ、121A...大径孔、122A...縮径孔、123A...小径孔、131A...後端部、132A...先端部、171A...第1後端等径部、172A...中間縮外径部、173A...第1先端等径部、500...点火装置、530...制御回路部、540...火花放電回路部、545...ダイオード、550...制御回路部、560...プラズマ放電回路部、561...高電圧発生回路、562...コンデンサ、565...ダイオード、R G...範囲、C O...軸線、C V...キャビティ、R T 1...気中経路、R T 2...沿面経路

フロントページの続き

審査官 北岡 信恭

- (56)参考文献 実開昭56-38988(JP,U)
特開平6-310254(JP,A)
特開昭56-44464(JP,A)
特開昭50-101739(JP,A)
特開2017-220363(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01T 13/00-13/60
H01T 21/02-21/04