

(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2017-198219

(P2017-198219A)

(43) 公開日 平成29年11月2日(2017.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2P 3/05 (2006.01)	FO2P 3/05	3G019
FO2B 23/08 (2006.01)	FO2B 23/08	E 3G023
FO2P 13/00 (2006.01)	FO2P 13/00	3O1J 5G059
HO1T 13/20 (2006.01)	FO2P 13/00	3O2B
HO1T 15/00 (2006.01)	HO1T 13/20	B

審査請求 有 請求項の数 29 O L 外国語出願 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-126456 (P2017-126456)
 (22) 出願日 平成29年6月28日 (2017. 6. 28)
 (62) 分割の表示 特願2015-532129 (P2015-532129) の分割
 原出願日 平成25年9月16日 (2013. 9. 16)
 (31) 優先権主張番号 61/702, 036
 (32) 優先日 平成24年9月17日 (2012. 9. 17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 513159376
 プロメテウス アプライド テクノロジー
 ズ, エルエルシー
 アメリカ合衆国, コロラド州 80525
 , フォート コリンズ, プロスペクト パ
 ークウェイ 1613, スイート 120
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (74) 代理人 100117189
 弁理士 江口 昭彦
 (74) 代理人 100134120
 弁理士 内藤 和彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スパークプラグ性能及び耐久性を改善する時変スパーク電流量

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】スパークプラグ性能及び耐久性を改善するために、スパーク電流を経時的に変化させるためのシステム及び方法を提供する。

【解決手段】2つの興味のある性能パラメータは、スパークプラグ寿命(耐久性)及びスパークプラグ点火性である。スパークプラグ寿命は、火炎核が電極ギャップ内を移動している間に火炎核の消炎を引き起こさずに、できるだけ低いスパーク電流振幅を印加することによって、及び/又は、スパーク/火炎核がスパークプラグギャップを通過できるようにするほど十分に長い期間のスパーク電流を印加することによって、延ばすことができる。点火性は、スパークプラグギャップの外部で火炎核を一度保持するために、十分に高いスパーク電流振幅を印加することによって、及び/又は、スパークプラグギャップの外部で火炎核を一度保持するほど長い間スパーク電流を印加することによって、改善することができる。

【選択図】図15

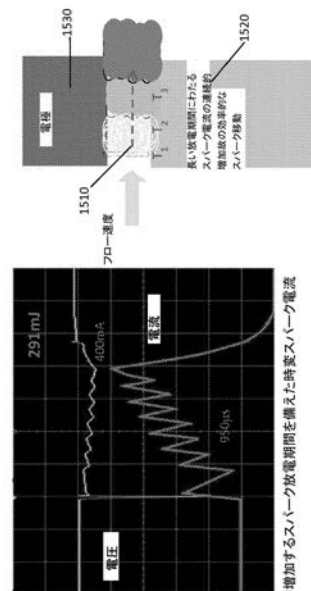


図15 時変スパーク電流点火システム及び結果としてのスパーク移動

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

スパーク電流を変化させる方法であって、

1 以上の電極ギャップを形成するために、主電極と、前記主電極からオフセットされた 1 以上の接地電極と、を含むスパークプラグを提供するステップと、

内燃機関の燃焼室内に前記主電極及び 1 以上の接地電極を配置するように前記スパークプラグを配置するステップと、

前記 1 以上の電極ギャップを通して燃料空気混合気のフローを導入するステップと、

前記燃料空気混合気を点火するために、前記 1 以上の電極ギャップの少なくとも 1 つにわたってスパーク電流を導入するステップと、

スパークチャンネルを成長させるために前記スパーク電流を増加させるステップと、を含む方法。

10

【請求項 2】

前記スパーク電流を増加させるステップが、前記スパーク電流を漸進的に増加させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記スパーク電流を増加させるステップが、スパーク移動の増加率にほぼ比例する比率で前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記スパーク電流を増加させるステップが、燃料空気混合気のフロー特性に少なくとも部分的に基づいて前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法

20

【請求項 5】

前記フロー特性がフロー運動量における変動を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記スパーク電流を増加させるステップが、フロー運動量の増加にほぼ比例する比率で、前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記スパーク電流を増加させるステップが、前記 1 以上の電極ギャップの少なくとも 1 つの幾何学的特性に少なくとも部分的に基づいて、前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 8】

前記スパーク電流を増加させるステップが、前記スパークチャンネルが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動にほぼ比例する比率で、前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記主電極及び前記 1 以上の接地電極が、約 3.0 mm^{-1} より大きな電極表面積対電極ギャップ体積率を定義する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記 1 以上の電極ギャップが、燃料空気混合気のほぼ均一なフローを含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 11】

前記ほぼ均一なフローが、約 3 m/s の最低速度を有する、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

電極表面温度を判定するステップと、

前記電極表面温度に応じて前記スパーク電流量を調整するステップと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記燃焼室における圧力増加を判定するステップと、

前記圧力増加が所定の閾値を超える場合に、前記スパーク電流の印加を打ち切るステッ

50

ブと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 14】

前記電極ギャップにおける火炎核成長を判定するステップと、

前記火炎核成長が所定の閾値を超える場合に、前記スパーク電流の印加を打ち切るステップと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

前記スパーク電流を増加させるステップが、約 150 mA 未満の開始から約 150 mA を超えるまで前記スパーク電流を増加させ、前記 1 以上の電極ギャップにおいて約 3 m/s 未満のフロー速度を生成するステップを含み、前記 1 以上の電極ギャップが、約 3 mm^{-1} より大きな表面積対体積率を含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 16】

予燃焼室容積を囲む外面及び内面と、

燃料空気混合気を前記予燃焼室容積に導入するために、前記外面と前記内面との間に通じる 1 以上の孔部と、

前記予燃焼室容積内に配置された主電極と、

1 以上の電極ギャップにわたって時変スパーク電流を導入するように構成された前記 1 以上の電極ギャップを形成するために、前記予燃焼室容積内に配置され、かつ、前記主電極からオフセットされた 1 以上の接地電極と、を備える予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 17】

前記時変スパーク電流が、漸進的に増加するスパーク電流を含む、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

20

【請求項 18】

前記時変スパーク電流が、スパーク移動の増加率にほぼ比例する比率で増加するスパーク電流を含む、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 19】

前記時変スパーク電流が、空気又は燃料空気混合気のフロー特性に少なくとも部分的に基づいて増加するスパーク電流を含む、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 20】

前記フロー特性が、フロー運動量における変動を含む、請求項 19 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

30

【請求項 21】

前記時変スパーク電流が、フロー運動量の増加にほぼ比例する比率で増加するスパーク電流を含む、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 22】

前記時変スパーク電流が、前記電極スパークギャップの幾何学的特性に少なくとも部分的に基づいて増加するスパーク電流を含む、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 23】

前記時変スパーク電流が、前記スパークチャンネルが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動にほぼ比例する比率で増加する、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

40

【請求項 24】

前記主電極及び前記 1 以上の接地電極が、約 3.0 mm^{-1} を超える電極ギャップ表面積対体積率を定義する、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 25】

前記 1 以上の電極ギャップを通る燃料空気混合気のほぼ均一なフローをさらに含む、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 26】

前記ほぼ均一なフローが、約 3 m/s の最低速度を有する、請求項 25 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

50

【請求項 27】

前記時変スパーク電流が、前記 1 以上の電極ギャップを通る燃料空気混合気のフローの速度の大きさに少なくとも部分的に基づいた時間、及び電極ギャップ表面積対体積率と共に変化する、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 28】

前記時変スパーク電流が、約 150 mA 未満で始まり、かつ、約 150 mA を超えて終了し、前記 1 以上の電極ギャップにおけるフロー速度が約 3 m/s 未満であり、電極ギャップ表面積対体積率が約 3 mm^{-1} より大きい、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 29】

前記時変スパーク電流の大きさが前記電極表面温度に応じて調整される、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

10

【請求項 30】

前記スパーク電流が、前記圧力増加が所定の閾値を超える場合に打ち切られるように構成される、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 31】

前記スパーク電流が、前記火炎核成長が所定の閾値を超える場合に打ち切られるように構成される、請求項 16 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本出願は、2012年9月17日に出願された「スパークプラグ性能及び耐久性を改善する時変スパーク電流量 (Time-varying Spark Current Magnitude to Improve Spark Plug Performance and Durability)」の発明の名称の米国特許出願第 61/702,036 号の優先権を主張し、かつ、(1) 2013年9月6日に出願された「大口径ガス機関用の二段階予燃焼室 (Two-stage precombustion chamber for large bore gas engines)」の発明の名称の米国特許出願第 14/020,770 号及び 2013年9月6日に出願された「大口径ガス機関用の二段階予燃焼室 (Two-stage precombustion chamber for large bore gas engines)」の発明の名称の国際特許出願 PCT/US13/58635 号 (両出願は、2012年9月6日に出願された「大口径ガス機関用の二段階予燃焼室 (Two-stage precombustion chamber for large bore gas engines)」の発明の名称の米国特許出願第 61/697,628 号の優先権を主張する) と、(2) 2012年9月1日に出願された「ガス機関用の予燃焼室スパークプラグにおける消炎及び自己発火を低減しながら高出力火炎ジェットを達成するための方法及び装置 (Method and apparatus for achieving high power flame jets while reducing quenching and autoignition in prechamber spark plugs for gas engines)」の発明の名称の米国特許出願第 13/602,148 号、及び 2012年9月1日に出願された「ガス機関用の予燃焼室スパークプラグにおける消炎及び自己発火を低減しながら高出力火炎ジェットを達成するための方法及び装置 (Method and apparatus for achieving high power flame jets while reducing quenching and autoignition in prechamber spark plugs for gas engines)」の発明の名称の国際特許出願 PCT/US2012/53568 号 (両出願は、2011年9月3日に出願された「ガス機関用の予燃焼室スパークプラグにおける消炎及び自己発火を低減しながら高出力火炎ジェットを達成するための方法及び装置 (Method and apparatus for achieving high power flame jets while reducing quenching and autoignition in prechamber spark plugs for gas engines)」の発明の名称の米国特許出願第 61/573,290 号の優先権を主張する) と、(3) 2013年6月25日に出願された「予燃焼室点火システム (Prechamber Ignition System)」の発明の名称の米国特許出願第 13/997,680 号 (米国特許出願第 13/997,680 号は、2011年12月30日に出願された「予燃焼室点火システム (Prechamber Ignition System)」の発明の名称の国際特許出願 PCT/US2011/002012 号の優先権を主張し、その国際特許出願は

30

40

50

、2010年12月31日に出願された「高効率跳飛効果受動燃焼室スパークプラグ (High efficiency ricochet effect passive chamber spark plug)」の発明の名称の米国特許出願第61/460,337号の優先権を主張すると、(4)2013年3月12日に出願された「活性排気予燃焼室 (Active Scavenge Prechamber)」の発明の名称の米国特許出願第61/778,266号と、に関する。前述の特許出願のそれぞれにおける全体が、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0002】

本開示は、概して、スパークプラグ性能及び耐久性を改善するために、スパーク電流を経時的に変化させるためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0003】

工業用スパークプラグのメーカーによって利用される様々な異なる電極ギャップ型が存在する。より良好な点火性 (より少ない消費) を主張するものもあり、改善された耐久性 (プラグ寿命) を主張するものもある。多くの高エネルギーシステムが、点火要件を満たし得るが、この性能を達成するための設計トレードオフは、スパークプラグ寿命に否定的な影響を有する可能性がある。

【発明の概要】

【0004】

前述の欠陥に取り組む必要性が当該技術分野には存在する。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】図1a~図1cは、ある実施形態に従って、小さな表面積対体積率を備えたスパークプラグにおける例示的なMSP (マルチトーチスパークプラグ) 型スパークギャップを示す。

【図2】図2a~図2cは、ある実施形態に従って、小さな表面積対体積率を備えた例示的な二重バー型スパークプラグを示す。

【図3】図3a~図3cは、ある実施形態に従って、大きな表面積対体積率を備えた例示的な環状型スパークプラグを示す。

【図4】図4a~図4cは、ある実施形態に従って、大きな表面積対体積率を備えた例示的な環状型スパークプラグを示す。

【図5】図5a~図5cは、ある実施形態に従って、大きな表面積対体積率を備えた例示的な3プロング型スパークプラグを示す。

【図6】図6は、ある実施形態に従って、例示的なスパークプラグギャップ設計用の火炎核成長シーケンスを示す。

【図7】図7aは、ある実施形態に従って、例示的な3プロング型スパークプラグを示す。図7bは、ある実施形態に従って、2つの異なるギャップサイズ0.010"及び0.016"を備えた図7aのスパークプラグ型用の火炎核成長シーケンスを示す。

【図8】図8は、ある実施形態に従って、2つの異なるギャップサイズ0.010"及び0.016"を備えた図7aのスパークプラグ型用の火炎核成長シーケンスを示す。

【図9】図9は、ある実施形態に従って、典型的なCPU95 (低エネルギー) スパーク放電波形を示す。

【図10】図10は、ある実施形態に従って、3プロングスパークプラグのフローフィールド分析を示す。

【図11】図11は、ある実施形態に従って、3プロングスパークプラグの分布を示す。

【図12】図12は、ある実施形態に従って、DEIS高エネルギースパーク最適化波形を示す。

【図13】図13は、ある実施形態に従って時変電流を示す。

【図14】図14a~図14bは、かなり減少するスパーク電流を有する従来の点火システムを示す。

10

20

30

40

50

【図 15】図 15 は、ある実施形態に従って、時変スパーク電流点火システム及び結果としてのスパーク移動を示す。

【図 16】図 16 は、ある実施形態に従って、時変スパーク電流を用いた火炎核成長を示す。

【図 17】図 17 は、ある実施形態に従って、従来のスパーク放電を用いた火炎核成長を示す。

【図 18】図 18 は、従来のスパーク電流を用いるある実施形態に従って、時変スパーク電流及び従来のスパーク電流を用いる燃焼圧力曲線を比較するチャートを示す。

【図 19】図 19 は、時変スパーク電流及び従来のスパーク電流を比較してスパーク破壊電圧対スパークプラグ耐久性を示す。

【図 20】図 20 a ~ 図 20 c は、ある実施形態に従って、大きな表面積対体積率を備えたスパークギャップの例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0006】

ある実施形態において、スパーク電流を変化させる方法であって、1以上の電極ギャップを形成するために、主電極及び主電極からオフセットされた1以上の接地電極を含むスパークプラグを提供することと、内燃機関の燃焼室内に主電極及び1以上の接地電極を配置するようにスパークプラグを配置することと、1以上の電極ギャップを通して燃料空気混合気のフローを導入することと、燃料空気混合気を点火するために、1以上の電極ギャップの少なくとも1つにわたってスパーク電流を導入することと、スパークチャンネルを成長させるためにスパーク電流を増加させることと、を含む方法が開示される。スパーク電流を増加させるステップは、スパーク電流を漸進的に増加させることを含んでもよい。スパーク電流を増加させるステップは、スパーク移動の増加率とほぼ比例する比率で、スパーク電流を増加させることを含んでもよい。スパーク電流を増加させるステップは、燃料空気混合気のフロー特性に少なくとも部分的に基づいてスパーク電流を増加させることを含んでもよい。フロー特性は、フロー運動量における変動を含んでもよい。スパーク電流を増加させるステップは、フロー運動量の増加にほぼ比例する比率で、スパーク電流を増加させることを含んでもよい。スパーク電流を増加させるステップは、1以上の電極ギャップの少なくとも1つの幾何学的特性に少なくとも部分的に基づいて、スパーク電流を増加させることを含んでもよい。スパーク電流を増加させるステップは、スパークチャンネルが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動にほぼ比例する比率で、スパーク電流を増加させることを含んでもよい。主電極及び1以上の接地電極は、約 3.0 mm^{-1} より大きな電極表面積対電極ギャップ体積率を定義してもよい。1以上の電極ギャップは、燃料空気混合気のほぼ均一なフローを含んでもよい。ほぼ均一なフローは、約 3 m/s の最低速度を有してもよい。方法は、電極表面温度を判定すること、及び電極表面温度に応じてスパーク電流量を調整することをさらに含んでもよい。方法は、燃焼室における圧力増加を判定すること、及び圧力増加が所定の閾値を超える場合にスパーク電流の印加を打ち切ることとをさらに含んでもよい。方法は、電極ギャップにおける火炎核成長を判定すること、火炎核成長が所定の閾値を超える場合に、スパーク電流の印加を打ち切ることとをさらに含んでもよい。スパーク電流を増加させるステップは、約 150 mA 未満の開始から約 150 mA を超えるまでスパーク電流を増加させること、1以上の電極ギャップにおいて約 3 m/s 未満のフロー速度を生成することを含んでもよく、1以上の電極ギャップは、約 3 mm^{-1} より大きな表面積対体積率を含む。

【0007】

ある実施形態において、予燃焼室スパークプラグであって、予燃焼室容積を囲む外面及び内面と、予燃焼室容積に燃料空気混合気を導入するための、外面と内面との間を通じる1以上の孔部と、予燃焼室容積内に配置された主電極と、1以上の電極ギャップにわたって時変スパーク電流を導入するように構成された1以上の電極ギャップを形成するために、予燃焼室容積内に配置され、かつ、主電極からオフセットされた1以上の接地電極と、を含む予燃焼室スパークプラグが開示される。時変スパーク電流は、漸進的に増加するス

10

20

30

40

50

パーク電流を含んでもよい。時変スパーク電流は、スパーク移動の増加率にほぼ比例する比率で増加するスパーク電流を含んでもよい。時変スパーク電流は、空気又は燃料空気混合気のフロー特性に少なくとも部分的に基づいて増加するスパーク電流を含んでもよい。フロー特性は、フロー運動量における変動を含んでもよい。時変スパーク電流は、フロー運動量の増加にほぼ比例する比率で増加するスパーク電流を含んでもよい。時変スパーク電流は、電極スパークギャップの幾何学的特性に少なくとも部分的に基づいて増加するスパーク電流を含んでもよい。時変スパーク電流は、スパークチャンネルが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動にほぼ比例する比率で増加してもよい。主電極及び1以上の接地電極は、約 3.0 mm^{-1} より大きな電極ギャップ表面積対体積率を定義してもよい。予燃焼室スパークプラグは、1以上の電極スパークギャップを通るほぼ均一な燃料空気混合気フローをさらに含んでもよい。ほぼ均一なフローは、約 3 m/s の最低速度を有してもよい。時変スパーク電流は、1以上の電極ギャップを通る燃料空気混合気フローの速度の大きさに少なくとも部分的に基づく時間、及び電極ギャップ表面積対体積率と共に変化してもよい。時変スパーク電流は、約 150 mA 未満で始まっても良く、且つ約 150 mA 超、1以上の電極ギャップにおける約 3 m/s 未満のフロー速度、及び 3 mm^{-1} を超える電極ギャップ表面積対体積率で終了してもよい。時変スパーク電流量は、電極表面温度に応じて調整されてもよい。スパーク電流は、圧力増加が所定の閾値を超える場合に、打ち切られるように構成されてもよい。スパーク電流は、火炎核成長が所定の閾値を超える場合に、打ち切られるように構成されてもよい。

10

20

【0008】

本出願のために、「漸進的に」は、電流量増加率が、フロー運動量に起因するスパーク移動増加率に比例することを意味し、フロー運動量は、スパークに作用するフロー質量密度×フロー速度として定義されてもよい。例えば、限定するわけではないが、スパーク移動率が一定である場合に、電流量の増加は、ゼロであってもよい。例えば、限定するわけではないが、スパーク移動率が2倍になる場合に、電流量もまた2倍になってもよい。

【0009】

ある実施形態において、フロー特性は、フロー運動量における変動を含んでもよく、フロー運動量は、フロー質量密度×フロー速度として定義されてもよい。ある実施形態において、スパーク電流量における増加は、フロー運動量の増加に比例してもよい。例えば、限定するわけではないが、フロー運動量が一定である場合に、電流量もまた一定であってもよい。例えば、限定するわけではないが、フロー運動量が2倍になる場合に、電流量もまた2倍になってもよい。

30

【0010】

ある実施形態において、幾何学的特性は、限定するわけではないが、スパークが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動を含んでもよい。ある実施形態において、スパーク電流の増加は、スパークが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動に比例してもよい。例えば、限定するわけではないが、表面積対体積率が、スパークが移動する距離の全体を通して一定である場合に、電流量の増加は、ゼロであってもよい。例えば、限定するわけではないが、表面積対体積率が、スパークが移動する距離にわたって2倍になる場合に、電流量もまた2倍になってもよい。

40

【0011】

ある実施形態において、スパークプラグ性能は、従来のスパークプラグ設計と比較して性能及び耐久性を改善するために、時変スパーク電流を印加することによって改善することができる。興味のある2つの性能パラメータは、スパークプラグ寿命及びスパークプラグ点火性である。ある実施形態において、スパークプラグ寿命は、火炎核がスパークプラグギャップ内を移動している間に、火炎核の消炎を引き起こさずに、できるだけ低いスパーク電流振幅を印加することによって延ばすことができる。ある実施形態において、スパークプラグ寿命は、スパーク/火炎核がスパークプラグギャップを通過できるようにする十分に長い期間のスパーク電流を印加することによって、延ばすことができる。ある実施形態において、点火性は、スパークプラグギャップの外部で火炎核を一度保持するために

50

十分に高いスパーク電流振幅を印加することによって改善することができる。ある実施形態において、点火性は、スパークプラグギャップの外部で火炎核を一度保持するために十分に長い期間にわたってスパーク電流を印加することによって、改善することができる。

【0012】

ある実施形態において、電極形状にかかわらず、点火性に影響する重要な要因は、表面積対体積率 (S/V) であり、それは、電極表面積と前記表面間に制限されるギャップ体積との間の比率として定義される。ある実施形態において、同じ火炎核サイズに関し、電極の表面に対する熱損失は、表面のサイズと比例して増加する。以下は、電極ギャップ、それらの S/V 、及びそれらが結局はどのように火炎核伝搬に影響するかの幾つかの例である。ある実施形態において、 S/V は、それが 4 mm^{-1} 以下である場合に、小さいと見なされてもよい。

10

【0013】

ある実施形態において、図1a～図1cの画像は、スパークプラグにおけるMSP（マルチトーチスパークプラグ）100型スパークギャップ用の S/V を示す。スパークプラグの幾何学的形状は、シェルが接地電極120として働くので、この場合に示されている。画像で分かるように、中心電極110は、非常に小さく、シェルへスパークする。この幾何学的形状は、小さな S/V （約 4 mm^{-1} ）を有するものとして分類することができる。ある実施形態において、低 S/V 電極の幾何学的形状を有する別の例示的なスパークプラグは、約 $1.2 \text{ mm}^{-1} S/V$ を備え、図2a～図2cで示されているような、主電極210及び二重バー形状接地電極220を含む二重バー200型スパークギャップである。

20

【0014】

ある実施形態において、大きな電極 S/V を備えた電極ギャップの例は、限定するわけではないが、図3a～図3cの環状型ギャップ300、図4a～図4cの特定のJギャップタイプ型スパークプラグ400、及び図5a～図5cの3プロング型ギャップ500を含んでもよい。図3a～図3cは、主電極310及び環状接地電極320を表す。図4a～図4cは、主電極410及びJ形接地電極420を示す。図5a～図5cは、主電極510及びプロング型接地電極520を表す。Densoによって特許を取得されたこのJギャップはまた、ギャップの S/V を減少させる際の助けとなるカソード（高電圧又は主電極）上の十字溝を有する。

30

【0015】

図6に示されているようなある実施形態において、二重バー型電極200及びJギャップ400の燃焼シミュレーションは、各設計の S/V 比率が火炎核成長を支配することを確認する結果をもたらす。図6は、2つの異なる S/V 比率プラグ設計用の火炎核成長シーケンスの比較を提供する。両方のプラグ用のスパークタイミング及びスパークエネルギーは、同じである。予想通りに、より小さな S/V 比率（この場合には二重バー200）を備えた設計の火炎核は、より急速に成長する。何故なら、それが、より少ない熱損失を有し、そのエネルギーのより多くが、火炎伝搬の方へ行くことができるからである。

【0016】

ある実施形態において、図6に示されているシーケンスで得られた結果が、フローフィールドにも S/V 以外の要因によっても影響されなかったことをさらに証明するために、同じプラグ型のギャップサイズを変更することによって調査が実行された。これは、実際にプラグの S/V を変更する。このシミュレーション用に選択されたプラグは、3プロング500型だった。図7a～図7b及び図8に示されているのは、2つの異なるギャップサイズ 0.010 " 及び 0.016 " 用の、同じスパークエネルギーを用いた火炎核530成長のシーケンスである。大きな S/V （ 7.8 mm^{-1} 、小さなギャップ）は、電極に対してより高い熱損失を有し、より遅い火炎成長及びギャップから出るより小さな火炎核530サイズに帰着する。他方において、より大きなギャップサイズ（ $S/V = 4.9 \text{ mm}^{-1}$ ）は、熱損失を低減し、火炎核530成長率を改善し、より大きな火炎核530サイズがギャップから出ることができるようにした。

40

50

【0017】

ある実施形態において、最適化用の一般的な基準は、フローフィールド速度用のスパーク波形、分布及び電極ギャップ設計を調整することを含んでもよい。ある実施形態において、スパーク波形は、ある点火性及び電極腐食基準を満たすように選択されてもよく、その基準は、点火性（性能）/プラグ寿命トレードオフと呼ばれてもよい。

【0018】

ある実施形態において、点火性基準に関し、初期火炎核は、熱損失を最小化し、及び従って、消炎を最小化するために、ギャップ内を十分に素早く移動してもよい。これを達成するために、必要な空気力学的抵抗特性を提供するような適切なスパークサイズと同様に適切なフローフィールドが存在してもよい。ある実施形態において、スパークエネルギー送出率は、火炎核から電極表面への熱損失を相殺してもよい。

10

【0019】

多くの高エネルギーシステムが、上記の点火性要件を満たすことが可能だが、この性能を達成するための設計トレードオフは、スパークプラグ寿命に否定的な影響を及ぼす可能性がある。ある実施形態において、スパーク最適化のために、スパークにおいて送出されるエネルギー率は、一貫した火炎核を生成するために十分に高くてもよい。ある実施形態において、スパークにおいて送出されるどんな過剰エネルギーも、どんな利益も提供せずに、プラグ寿命に否定的に影響する可能性がある。

【0020】

ある実施形態において、特定の用途用のスパーク波形を最適化する例示的なプロセスが表示される。ある実施形態において、電極の摩耗率を損なうことなく、より薄い空気燃料比動作で燃焼安定性を増加させるスパーク波形を開発することが望ましい。ある実施形態において、図9の波形が用いられてもよく、その波形は、標準CPU95（低エネルギー）スパーク放電であってもよい。ある実施形態において、十分な移動時間（長い期間）を備えたより高いエネルギーが、所望の特性を満たす。プログラム可能な高エネルギーDEISが、必要なスパーク波形を生成するために用いられてもよい。

20

【0021】

ある実施形態において、その用途に用いられるスパークプラグの電極ギャップのフローフィールドは、波形の形状を決定するために研究されてもよい。ある実施形態において、3プロング型ギャップ500が用いられてもよい。CFDシミュレーションが、特定の用途に特有のエンジンの幾何学的形状及びセッティングを用いて実行されてもよい。3つの異なるギャップ用のフローフィールドが、図10に示されている。それらは、上記で論じられたシミュレーション結果において観察されたものに似ている可能性がある。フローは、大きさと方向の両方において各接地電極に対して変化する。

30

【0022】

ある実施形態において、各電極ギャップ用の分布の検査は、図11に示されているような3つの全てのギャップにおける比較的類似の分布を示してもよい。ある実施形態において、火炎核成長変動は、ほぼ、電極ギャップのフローフィールドの関数であってもよい。

【0023】

ある実施形態において、波形は、それが、約1~5 m/sの大きさを有するフローフィールドを備えて移動する十分に大きなスパークを生成するように、調整されてもよい。ある実施形態において、スパーク波形は、電極表面の距離を移動するほど十分に長くてもよい。火炎核がコアノーズの方へ移動し得るある実施形態において、混合気分布は、消炎を防ぐほど十分に豊富であってもよい。火炎核は、他のスパーク位置よりもゆっくり成長してもよいが、しかしこれは、この用途に特有の選択されたプラグ及びフローフィールドに固有であってもよい。

40

【0024】

ある実施形態において、図12に示されている波形が用いられてもよい。それは、上記で概説した要件に基づいた特定の用途にとって最適な波形であり得る。電流振幅は、フロ

50

ーと共に移動する大直径のプラズマ柱を生成するほど十分に高くてもよい(100~300 mA)。持続時間は、スパークを包み込む火炎核が電極ギャップから出られるようになるほど十分に長くてもよい(1250 μ s)。ある実施形態において、エネルギー送出力プロファイルは、電極腐食摩耗(プラグ寿命)を損ねることなく、火炎核成長を保持するようなものであってもよい。

【0025】

ある実施形態において、スパーク放電は、一貫した火炎核成長を生成するように変化させることができる。ある実施形態において、スパーク波形最適化プロセスは、下記のステップに従ってもよい。

- a. 用途の要件及び制約を定義するステップ。
- b. 電極ギャップのフローフィールド及び分布を調査するステップ。
- c. フローフィールド及び混合気分布の要件を満たすようにスパークを調整するために、プログラム可能な高エネルギーDC点火システムを用いるステップ。
- d. 点火性/プラグ寿命トレードオフを最適化するスパーク波形を設計するステップ。

10

【0026】

ある実施形態において、スパーク電流は、図13に示されているような経時的に変化させてもよい。スパーク開始1310後に、スパーク電流は、約500~600 μ sにわたって、約100 mAのスパーク電流まで直線的に増加させることができ、約100 mAのポイントで、スパーク電流における増加率を増加させることができる。1320で示されているように、火炎核は、最初にギャップ内を移動し、次に、火炎核がギャップの端に達した場合に、スパークは、1330で示されているようにギャップの外部に延びる。灰色のバー1340によって示されているように、ひとたび火炎核成長が始まると、スパーク電流の増加率は、低減されてもよい。当業者は、様々な時変スパーク電流プロファイルが、本発明の範囲から逸脱せず可能であることを理解されよう。

20

【0027】

図14a~図14bに示されているように、従来の点火システムは、かなり減少するスパーク電流を有する。例えば、図14aに示されているように、従来の点火システムは、スパーク開始時に100 mAで頂点に達し、その後、200 μ s内にゼロに直線的に減少するスパーク電流プロファイルを有する可能性がある。スパーク1410は、主電極1420と接地電極1430との間で生成されてもよいが、しかしスパークは、低電流及び短い放電期間故に、電極ギャップに沿って移動しない可能性がある。図14bは、スパーク電流がゼロに戻ってスパークが停止する前に、150 mAのわずかにより高いピーク電流及び約300 μ sのスパーク期間を備えた別の従来のスパーク電流プロファイルを表示する。スパーク1410は、主電極1420と接地電極1430との間で T_1 に生成されてもよいが、しかしスパーク1410は、不十分な電流及び放電期間故に、 T_1 (黄色)から T_2 (オレンジ色)までの制限された移動を有する可能性がある。

30

【0028】

ある実施形態において、時変スパーク電流点火システムを、スパークプラグ性能を向上させるために用いることができる。時変スパーク電流点火システムは、従来のスパークプラグと共に、又は2012年9月1日に出願された「ガス機関用の予燃焼室スパークプラグにおける消炎及び自己発火を低減しながら高出力火炎ジェットを達成するための方法及び装置(Method and apparatus for achieving high power flame jets while reducing quenching and autoignition in prechamber spark plugs for gas engines)」の発明の名称の同時係属中の米国特許出願第13/602,148号、2013年6月25日に出願された「予燃焼室点火システム(Prechamber Ignition System)」の発明の名称の米国特許出願第13/997,680号、及び2013年3月12日に出願された「活性排気予燃焼室(Active Scavenge Prechamber)」の発明の名称の米国特許出願第61/778,266号(これらの出願の全ては、その全体において参照により本明細書に組み込まれる)に説明されているような予燃焼室スパークプラグと共に、用いられてもよい。図15に示されているように、時変スパーク電流は、示されているような長期間にわたるスパー

40

50

ク電流における連続的な増加故に移動する効率的なスパークを生成し得るかなり増加するスパーク電流を有してもよい。ある実施形態において、スパーク 1510 は、主電極 1520 と接地電極 1530 との間で生成され、かつ、図示のように T₁ (黄色) から T₂ (オレンジ色) へ、T₃ (赤色) へと移動してもよい。

【0029】

図 16 に示されているようなある実施形態において、時変スパーク電流プロファイルの使用は、実質的により小さな火炎核 1710 の成長に帰着する、図 17 に示されているような従来のスパーク放電と比較して、はるかに強い火炎核 1610 の成長を生成し得る。

【0030】

図 18 に示されているようなある実施形態において、時変スパーク電流プロファイルの使用は、図 18 の領域 1810 に示されているような安定して効率的な燃焼に帰着し得るのに対して、従来のスパーク電流プロファイルの使用は、図 18 の領域 1820 に示されているような不安定で非効率的な燃焼に帰着する可能性がある。

【0031】

図 19 に示されているようなある実施形態において、緑の点線 1910 によって表されている時変スパーク電流プロファイルの使用は、スパーク (又はアーク) 移動故に、より低い電極ギャップ成長率を示し得る。対照的に、赤の点線 1920 によって表されている従来のスパーク電流プロファイルは、静止アーク (又はスパーク) 故に、高い電極ギャップ成長率を有し得る。その結果、時変スパーク電流プロファイルの使用は、図 19 に示されているように、著しく向上されたスパークプラグ耐久性に帰着し得る。当業者は、スパーク又はアーク移動の文脈において、用語スパーク又はアークが、交換可能であることを理解されよう。

【0032】

当業者は、前述のシステム及び方法が、限定するわけではないが、図 20 a ~ 図 20 c で示されている大きな表面積対体積率構成を含む様々なスパークギャップ構成と共に使用可能であることを理解されよう。

【0033】

上記の説明が多くの詳細を含み、かつ、ある例示的な実施形態が、説明されて添付の図面に図示されたが、かかる実施形態が、広範な本発明の単に実例であり、本発明の限定ではないこと、及び本発明が、図示され説明された特定の構造及び配置に限定されないことが、理解されるべきである。何故なら、上記で言及したように、様々な他の修正形態が、当業者に思い浮かぶからである。本発明は、本明細書で開示された異なる種類及び/又は実施形態からの要素の任意の組み合わせ又は副組み合わせを含む。

【0034】

本発明が、その特定の実施形態に関連して説明されたが、様々な変更が行われ得、均等物が、添付の特許請求の範囲によって定義されるような本発明の趣旨及び範囲から逸脱せずに代用され得ることが、当業者によって理解されるべきである。さらに、特定の状況、材料、物質の組成、方法、動作を本発明の目的、趣旨及び範囲に適合させるために、多くの修正が行われてもよい。全てのかかる修正形態は、本明細書に添付される特許請求の範囲内になるように意図されている。特に、本明細書で開示される方法は、特定の順序で実行される特定の動作に関連して説明されているが、これらの動作が、本発明の教示から逸脱せずに等価な方法を形成するために、組み合わせられ、細分され、又は整理し直されてもよいことが理解されよう。従って、本明細書において特に指示されない限り、動作の順序及びグループ分けは、本発明の限定ではない。

【 図 1 】

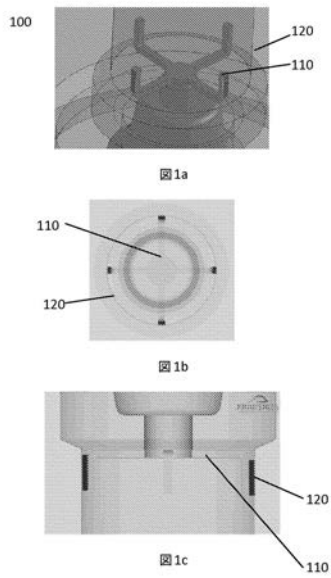


図 1a-1c MSP型予燃焼室スパークプラグ用の小さなS/V(4mm²)

【 図 2 】

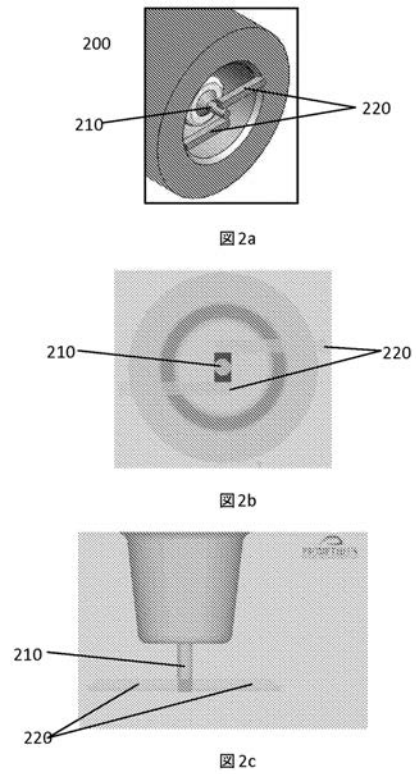


図 2a-2c 二重バー型スパークプラグ用の小さなS/V(1.2mm²)

【 図 3 】

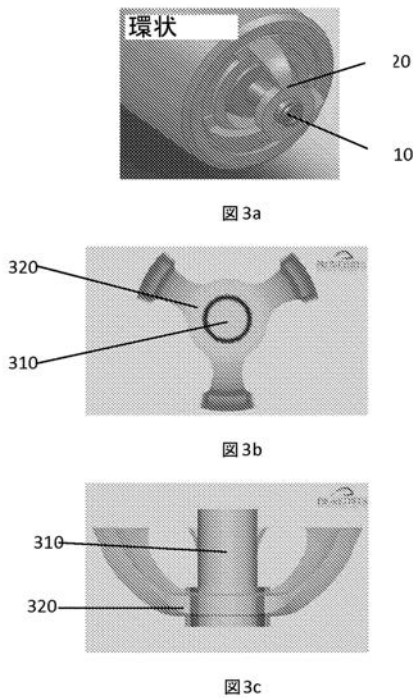


図 3a-3c 環状型スパークプラグ用の大きなS/V(6.9mm²)

【 図 4 】

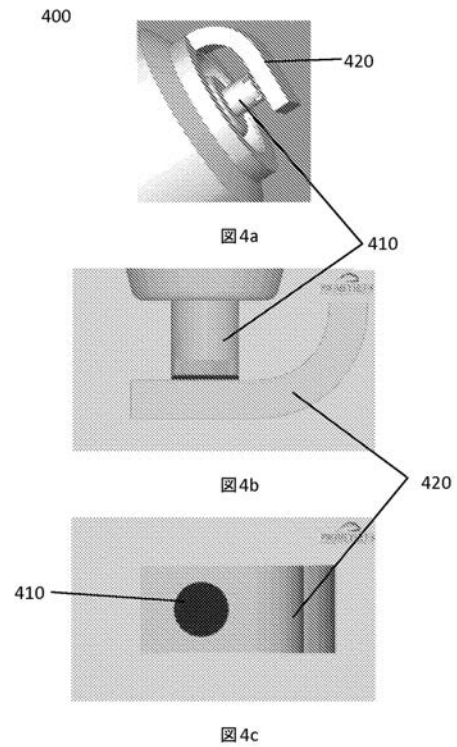
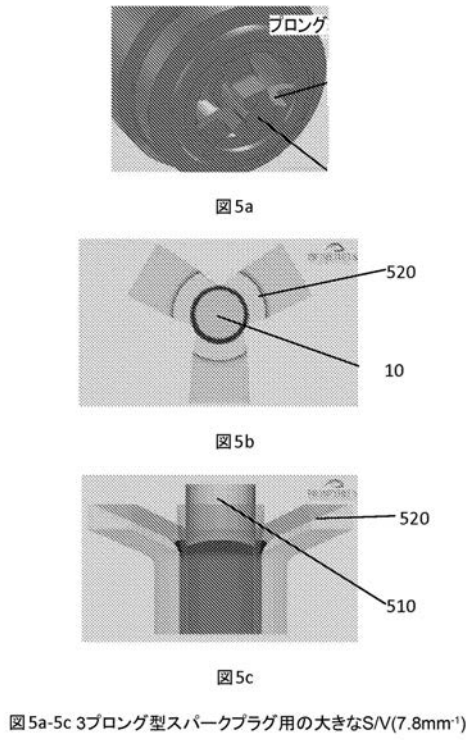
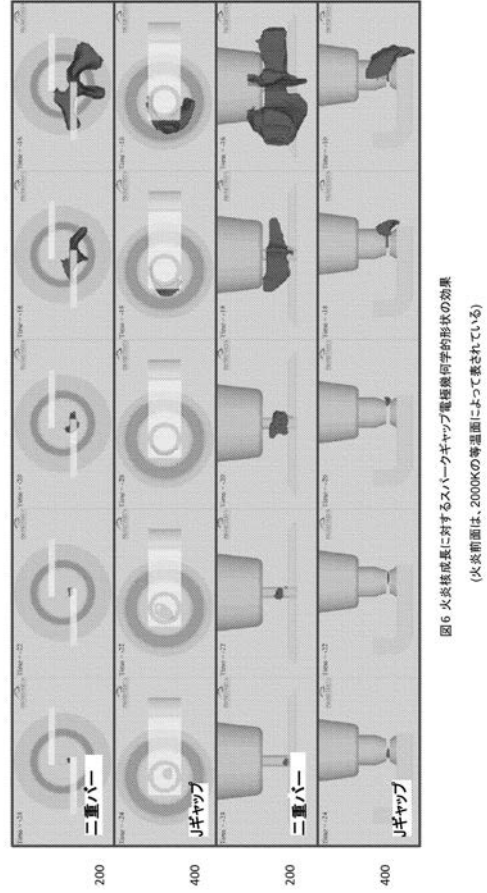


図 4a-4c Jギャップ型スパークプラグ用の大きなS/V(5mm²)

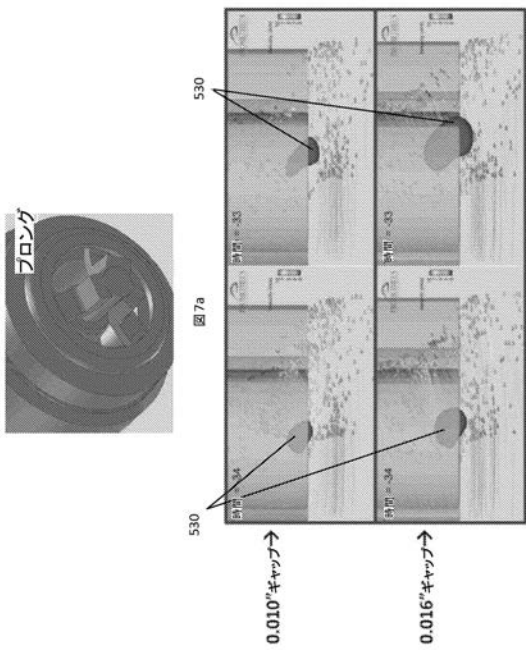
【 図 5 】



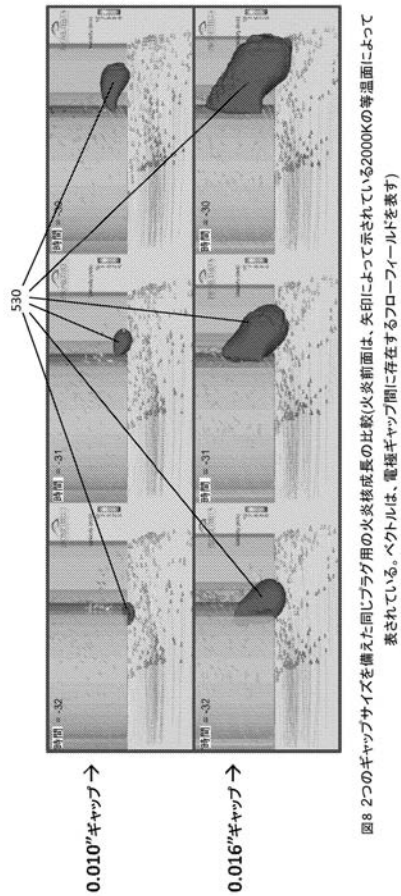
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

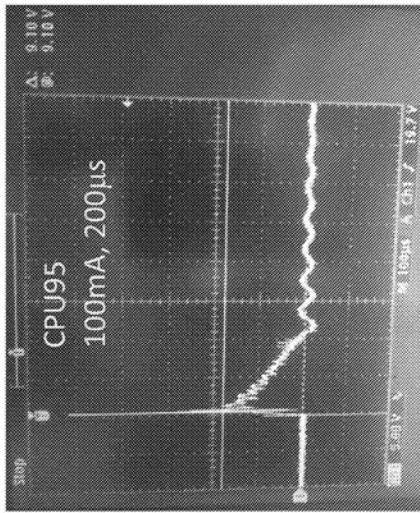


図9 典型的なCPU95スパーク放電波形

【 図 10 】

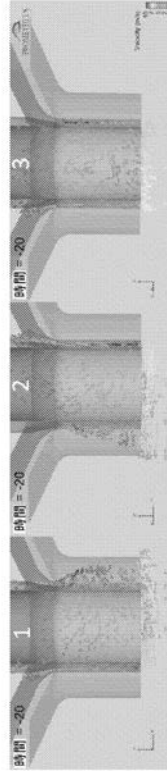


図10 3プロトンスパーク放電のフローフィールド分析

【 図 11 】

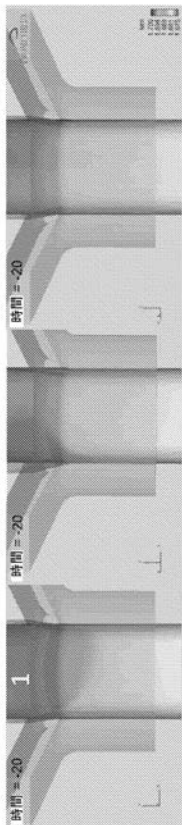


図11 3プロトンスパーク放電の分布

【 図 12 】

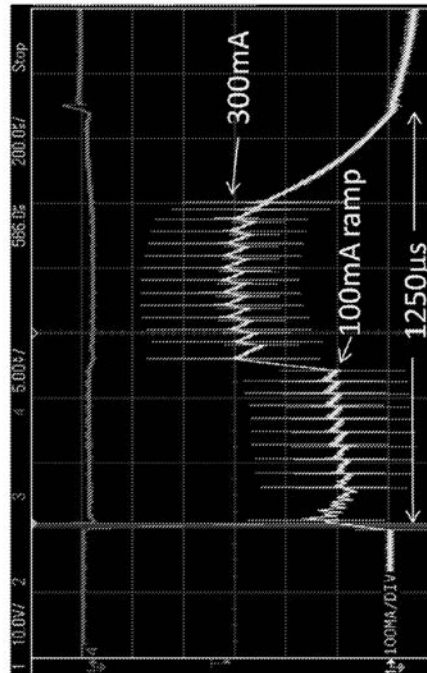


図12 研究中の用途用のDEIS高エネルギースパーク最適化波形

【 図 1 3 】

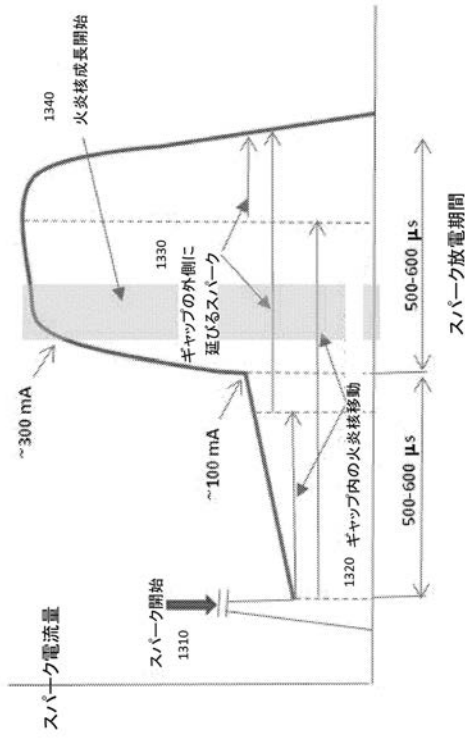
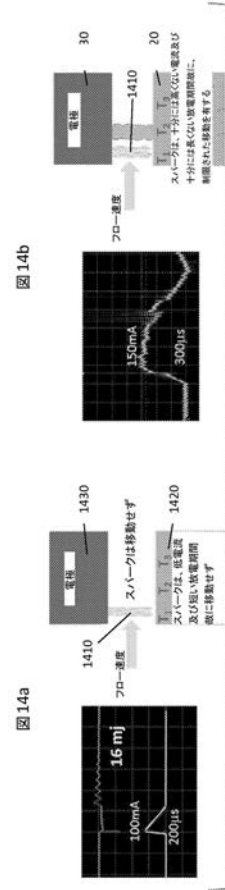


図13 時変電流プロファイル

【 図 1 4 】



従来の点火システムは、かなり減少するスパーク電流を有する

図14 従来の点火システム

【 図 1 5 】

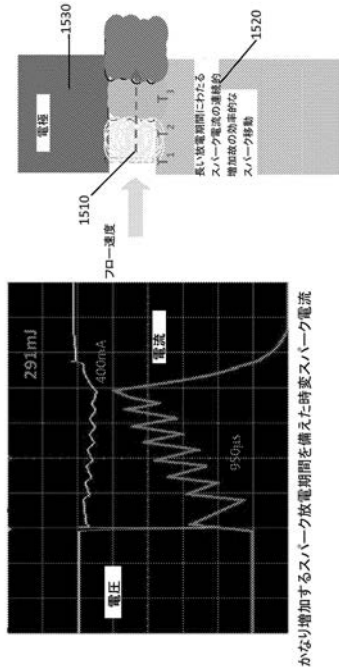


図15 時変スパーク電流点火システム及び結果としてのスパーク移動

【 図 1 6 】

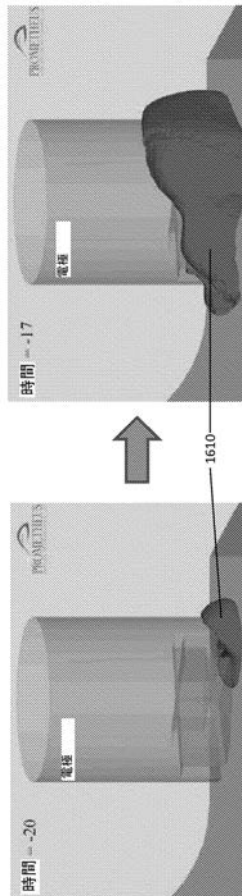


図16 時変スパーク電流を用いた火花核成長

【 図 1 7 】

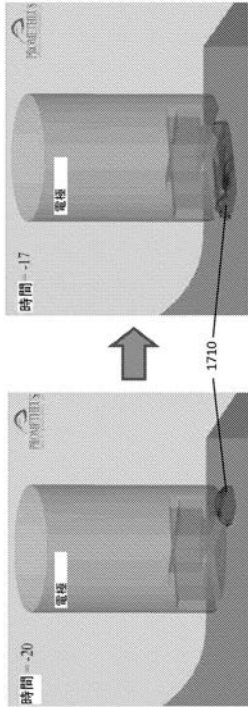


図17 従来のスパーク放電を用いた火花成長

【 図 1 9 】

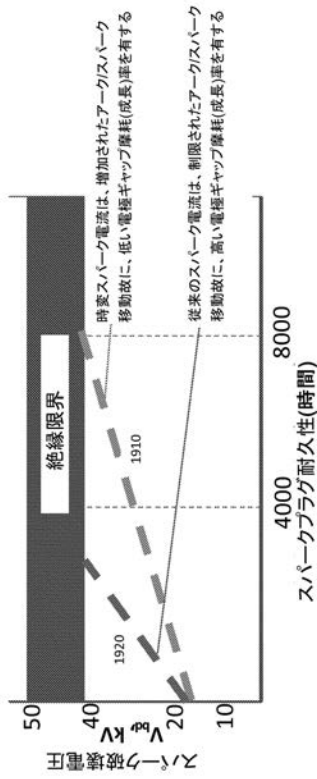


図19 時変スパーク電流を従来のスパーク電流と比較するスパーク破壊電圧対スパークプラグ耐久性

【 図 1 8 】

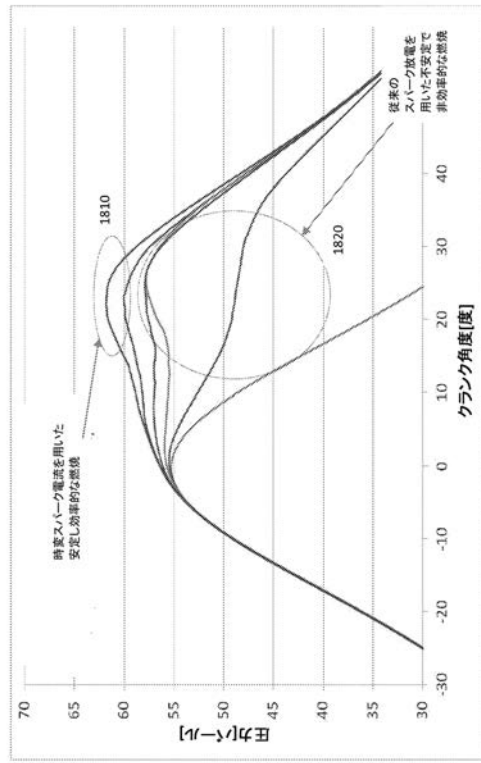


図18 時変スパーク電流及び従来のスパーク放電を用いた燃焼圧力曲線の比較

【 図 2 0 】



図20a-c 大きな表面積対体積率を備えたスパークギャップの例

【手続補正書】

【提出日】平成29年6月29日(2017.6.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

スパーク電流を変化させる方法であって、

1以上の電極ギャップを形成するために、主電極と、前記主電極からオフセットされた1以上の接地電極と、を含むスパークプラグを提供するステップと、

内燃機関の燃焼室内に前記主電極及び1以上の接地電極を配置するように前記スパークプラグを配置するステップと、

前記1以上の電極ギャップを通して燃料空気混合気のフローを導入するステップと、

前記燃料空気混合気を点火するために、前記1以上の電極ギャップの少なくとも1つにわたってスパーク電流を導入するステップと、

スパークチャンネルを成長させるために前記スパーク電流を増加させるステップと、を含む、

前記スパーク電流を増加させるステップが、フロー運動量の増加にほぼ比例する比率で前記スパーク電流を増加させるステップを含む、方法。

【請求項2】

前記スパーク電流を増加させるステップが、前記スパーク電流を漸進的に増加させるステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記スパーク電流を増加させるステップが、スパーク移動の増加率にほぼ比例する比率で前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記スパーク電流を増加させるステップが、燃料空気混合気のフロー特性に少なくとも部分的に基づいて前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記フロー特性がフロー運動量における変動を含む、請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記スパーク電流を増加させるステップが、前記1以上の電極ギャップの少なくとも1つの幾何学的特性に少なくとも部分的に基づいて、前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記スパーク電流を増加させるステップが、前記スパークチャンネルが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動にほぼ比例する比率で、前記スパーク電流を増加させるステップを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

前記主電極及び前記1以上の接地電極が、約 3.0 mm^{-1} より大きな電極表面積対電極ギャップ体積率を定義する、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

前記1以上の電極ギャップが、燃料空気混合気のほぼ均一なフローを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記ほぼ均一なフローが、約 3 m/s の最低速度を有する、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

電極表面温度を判定するステップと、
前記電極表面温度に応じて前記スパーク電流量を調整するステップと、をさらに含む、
請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記燃焼室における圧力増加を判定するステップと、
前記圧力増加が所定の閾値を超える場合に、前記スパーク電流の印加を打ち切るステップと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記電極ギャップにおける火炎核成長を判定するステップと、
前記火炎核成長が所定の閾値を超える場合に、前記スパーク電流の印加を打ち切るステップと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記スパーク電流を増加させるステップが、約 150 mA 未満の開始から約 150 mA を超えるまで前記スパーク電流を増加させ、前記 1 以上の電極ギャップにおいて約 3 m/s 未満のフロー速度を生成するステップを含み、前記 1 以上の電極ギャップが、約 3 mm^{-1} より大きな表面積対体積率を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

予燃焼室容積を囲む外面及び内面と、
燃料空気混合気を前記予燃焼室容積に導入するために、前記外面と前記内面との間に通じる 1 以上の孔部と、

前記予燃焼室容積内に配置された主電極と、

1 以上の電極ギャップにわたって時変スパーク電流を導入するように構成された前記 1 以上の電極ギャップを形成するために、前記予燃焼室容積内に配置され、かつ、前記主電極からオフセットされた 1 以上の接地電極と、を備え、

前記時変スパーク電流が、フロー運動量の増加にほぼ比例する比率で増加するスパーク電流を含む、予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 1 6】

前記時変スパーク電流が、漸進的に増加するスパーク電流を含む、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 1 7】

前記時変スパーク電流が、スパーク移動の増加率にほぼ比例する比率で増加するスパーク電流を含む、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 1 8】

前記時変スパーク電流が、空気又は燃料空気混合気のフロー特性に少なくとも部分的に基づいて増加するスパーク電流を含む、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 1 9】

前記フロー特性が、フロー運動量における変動を含む、請求項 1 8 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 0】

前記時変スパーク電流が、前記電極スパークギャップの幾何学的特性に少なくとも部分的に基づいて増加するスパーク電流を含む、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 1】

前記時変スパーク電流が、前記スパークチャンネルが移動する距離にわたって、電極ギャップの表面積対体積率の変動にほぼ比例する比率で増加する、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 2】

前記主電極及び前記 1 以上の接地電極が、約 3.0 mm^{-1} を超える電極ギャップ表面積対体積率を定義する、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 3】

前記 1 以上の電極ギャップを通る燃料空気混合気のほぼ均一なフローをさらに含む、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 4】

前記ほぼ均一なフローが、約 3 m / s の最低速度を有する、請求項 2 3 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 5】

前記時変スパーク電流が、前記 1 以上の電極ギャップを通る燃料空気混合気のフローの速度の大きさに少なくとも部分的に基づいた時間、及び電極ギャップ表面積対体積率と共に変化する、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 6】

前記時変スパーク電流が、約 1 5 0 m A 未満で始まり、かつ、約 1 5 0 m A を超えて終了し、前記 1 以上の電極ギャップにおけるフロー速度が約 3 m / s 未満であり、電極ギャップ表面積対体積率が約 3 m m ⁻¹ より大きい、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 7】

前記時変スパーク電流の大きさが前記電極表面温度に応じて調整される、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 8】

前記スパーク電流が、前記圧力増加が所定の閾値を超える場合に打ち切られるように構成される、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

【請求項 2 9】

前記スパーク電流が、前記火炎核成長が所定の閾値を超える場合に打ち切られるように構成される、請求項 1 5 に記載の予燃焼室スパークプラグ。

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
	H 0 1 T 15/00	C
(72)発明者	トツツィ, ルイージ, ピー. アメリカ合衆国, コロラド州 8 0 5 2 5, フォート コリンズ, フォッシル クリーク パーク ウェイ 1 0 1 9	
(72)発明者	レプリー, デイビッド, トーマス アメリカ合衆国, オハイオ州 4 4 4 2 0, ジラード, キングウッド レーン 5 5 9 7	
(72)発明者	ソティロポロ, マリア, エマニュエラ アメリカ合衆国, コロラド州 8 0 5 2 8, フォート コリンズ, ファルコン リッジ ドライブ 2 0 2 7	
(72)発明者	レプリー, ジョセフ, マーティン アメリカ合衆国, オハイオ州 4 4 4 2 0, ジラード, グリーンブライアー ドライブ 5 6 0 2	
(72)発明者	ピルコ, スティーブン, ピー. アメリカ合衆国, オハイオ州 4 4 4 2 9, レイク ミルトン, ノース イースト リバー ロー ド 2 4 2 1	
Fターム(参考)	3G019 BA03 CA11 EA17 GA15 KA01 KA16 3G023 AA01 AA11 AB03 5G059 AA04 CC11	

【外国語明細書】

2017198219000001.pdf