

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5352876号
(P5352876)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(51) Int.Cl.		F I	
F02C	7/266	(2006.01)	F O 2 C 7/266
F23R	3/00	(2006.01)	F 2 3 R 3/00 D
F23R	3/20	(2006.01)	F 2 3 R 3/20

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2008-182103 (P2008-182103)	(73) 特許権者	504293528 イマジニアリング株式会社 兵庫県神戸市中央区港島南町7丁目4番4
(22) 出願日	平成20年7月12日(2008.7.12)	(72) 発明者	池田 裕二 兵庫県神戸市灘区深田町4丁目1番1 ウ エルブ六甲道2番街351号 イマジニア リング株式会社内
(65) 公開番号	特開2009-36197 (P2009-36197A)	審査官	稲葉 大紀
(43) 公開日	平成21年2月19日(2009.2.19)		
審査請求日	平成23年7月11日(2011.7.11)		
(31) 優先権主張番号	特願2007-183750 (P2007-183750)		
(32) 優先日	平成19年7月12日(2007.7.12)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
前置審査			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 着火・化学反応促進・保炎装置、速度型内燃機関、及び、炉

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

速度型内燃機関用の着火・化学反応促進・保炎装置であって、
 前記速度型内燃機関の燃焼器内の所定位置、又は前記速度型内燃機関の燃焼器への作動流体の導入経路上の所定位置に荷電粒子を準備する荷電粒子準備手段と、
 前記燃焼器内の作動流体を原料としてプラズマを誘起させるために、前記荷電粒子及びその周辺に向けて電磁波パルス照射するための一または複数の電磁波照射手段とを備え、
 前記プラズマの作用によって前記作動流体から生じる活性化学種を供給することにより、前記燃焼器内に燃焼が行われるための十分条件を満たす領域を形成し、
 前記荷電粒子準備手段は、前記燃焼器内においてスワローの作用によりリサーキュレーションが生じる領域に設置され、
 前記荷電粒子準備手段及び前記電磁波照射手段を構成するアンテナでは、前記荷電粒子準備手段より前記アンテナが前記燃焼器の中心軸より設置され、前記アンテナが、前記燃焼器を構成するインナーライナに装着可能な平面アンテナである
 ことを特徴とする着火・化学反応促進・保炎装置。

【請求項2】

前記荷電粒子準備手段は、それぞれが前記インナーライナに取り付けられた複数のスパークプラグにより構成されている
 ことを特徴とする請求項1に記載の着火・化学反応促進・保炎装置。

【請求項 3】

前記電磁波照射手段を構成するアンテナは、スワローよりも燃焼器の中心軸に近い位置に設置され、

前記荷電粒子準備手段は、前記アンテナ付近に設置されている

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の着火・化学反応促進・保炎装置。

【請求項 4】

前記電磁波照射手段は、前記燃焼器内の作動流体の流速と前記活性化学種の活性が持続する期間とに基づき定められたタイミングで、断続的に電磁波パルスの照射を行う

ことを特徴とする請求項 1、請求項 2 又は請求項 3 に記載の着火・化学反応促進・保炎装置。

10

【請求項 5】

前記電磁波照射手段は、前記活性化学種を前記燃焼器内での燃焼振動の周期及び / 又は位相に基づき定められたタイミング、周波数、周波数成分の数または照射形態で、断続的に電磁波パルスの照射を行う

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の着火・化学反応促進・保炎装置。

【請求項 6】

燃焼器の側壁内面、ステップバック近傍、保炎器、ガッタ近傍、スワロー近傍、インジェクタ、空気導入口、燃料導入口及び前記燃焼器の終端付近のうち少なくとも一部の部分に、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の着火・化学反応促進・保炎装置が設置されている

ことを特徴とする速度型内燃機関。

20

【請求項 7】

前記燃焼器内での予め選ばれた領域を観測し、その結果を表す信号は発生するための観測手段と、

前記結果の許容値を表す情報を保持するための手段と、

前記観測手段による観測の結果と前記情報との差異の検出手段と、

前記着火・化学反応促進・保炎装置への入力と発生するプラズマとの関係を記憶するための手段と、

前記検出手段による差異の検出にตอบสนองして、予め定められた関数に従い、この差異と前記関係とから、前記着火・化学反応促進・保炎装置への入力を決定するための手段と

を有し、

前記着火・化学反応促進・保炎装置への入力を、前記決定するための手段による決定に従い制御する

ことを特徴とする請求項 6 に記載の速度型内燃機関。

30

【請求項 8】

燃焼室内の温度分布、圧力分布、または作動流体の密度分布に基づき定められた位置に荷電粒子を準備するための補助的荷電粒子準備手段と、

前記領域にプラズマを誘起させるために、前記荷電粒子及びその周辺に向けて電磁波パルスを照射するための補助的電磁波照射手段と

を備え、

前記プラズマの作用によって作動流体を加熱することを特徴とする請求項 6 に記載の速度型内燃機関。

40

【請求項 9】

燃焼器の側壁内面、燃焼器の側壁内面、ステップバック近傍、保炎器、ガッタ近傍、スワロー近傍、インジェクタ、空気導入口、燃料導入口及び前記燃焼器の終端付近のうち少なくとも一部の部分に、請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の着火・化学反応促進・保炎装置が設置されている

ことを特徴とする炉。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ガスタービン、パルスジェットエンジン、ガスタービンを利用したジェット推進機関、ラム設備、スクラムジェットエンジン、ロケットエンジン等の速度型内燃機関、またはボイラ、火炉、ガス溶融炉、廃棄物燃焼炉等の炉用の着火・化学反応促進・保炎装置に関し、特に、プラズマを用いて着火及び燃焼の適正化を行う着火・化学反応促進・保炎装置に関し、また、この着火・化学反応促進・保炎装置を用いた速度型内燃機関及び炉に関する。

【背景技術】

10

【0002】

ガスタービンをはじめとする速度型燃焼機関は、燃焼により発生したエネルギーで作動流体を加速する機関であり、燃焼器内を作動流体が高速で流れる。作動流体の温度及び圧力、並びに酸化剤と燃料との混合比を一定にすれば、火炎の形成、伝播及び維持を安定して行うことができる。

【0003】

しかし、実際にこれら作動流体の状態を一定にすることは極めて困難である。圧力や温度にムラが生じ、燃焼器内に燃料が濃い部分と酸化剤の濃い部分とが生じてしまう。このようなムラは、時々刻々と変化する。

【0004】

20

そのため、火炎伝播速度は燃料と酸化剤との混合比により変動し、燃焼温度や着火のしやすさにムラが生じることとなる。このムラが燃焼振動や失火を誘引する。

【0005】

そこで、速度型内燃機関の火炎の形成、伝播及び維持を安定して行うために、以下のような措置が一般に用いられている。

【0006】

(1) 燃焼速度を高速にするために、量論混合比の1.1倍程度の濃い混合比を目標として燃料と酸化剤とを混合する。

【0007】

(2) 乱流燃焼速度が層流燃焼速度より速いことを利用するために、燃焼器内に乱流や旋回流を形成する。例えば、ガスタービンにおいて、スワローによる旋回流の形成と燃焼器側面からの酸化剤の導入とにより、燃焼器内にバルク(支流)の生じるリサーキュレーションゾーンを設ける。また、ジェット推進機関の燃焼器またはアフターバーナの部分にフレームホルダを設ける。

30

【0008】

(3) パイロットバーナを用いた拡散燃焼により、2段燃焼を行う。

【0009】

(4) 失火した場合には、スパークプラグを用いて1ジュール程度の高いエネルギーでの放電を数度に亘り繰返し行って、再着火を試みる。

【0010】

40

以上の措置の他に、特殊な着火装置または保炎装置を用いることも試みられている。例えば、スクラムジェットエンジンにおいて、燃焼器の入口付近に小型のロケットエンジンを設け、この小型のロケットエンジンによって着火、保炎を行うことが試みられている。

【0011】

また、例えば、プラズマを用いることも試みられている。特許文献1には、プラズマトーチを用いて数千度の高温ガスを燃焼器に吹き込む着火装置が開示されている。また、特許文献2には、レーザー光を燃焼器内に照射し、レーザー光のエネルギーによって供給される熱で推進薬をプラズマガス化することによって、着火・保炎を行うロケットエンジンが記載されている。

【0012】

50

【特許文献1】特開2005-171812公報

【特許文献2】特開2002-195151公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

しかし、これらの装置には、それぞれ速度型内燃機関を利用することを困難にする次のような問題点がある。

【0014】

すなわち、燃料の濃度を安定させることが困難であるため、量論混合比の1.1倍で混合する措置は、上述のとおり、確実な装置とはいえない。仮に、安定して混合が行われたとしても、この混合比では燃焼速度が速くなる反面、着火性が悪くなる。さらに悪いことに、この装置では、燃料を多く消費する。これは、環境面で問題があるばかりでなく、予め燃料をより多く準備しておく必要が生じるため、重量が航続時間、航続距離またはペイロード重量に直結する航空機、ロケット、宇宙機にとって極めて不利である。

【0015】

乱流・旋回流を形成する装置は、その効果を奏することのできる範囲に限界がある。すなわち、フレームホルダなどにより作動流体の流れに生じる乱れが強くなりすぎると、エクステンション（火炎の消滅）が起こり、失火する。リサーキュレーションにおいてバルク速度が速くなりすぎると、ブローオフ（火炎の吹き消え）が起こる。

【0016】

パイロットバーナを用いた装置では、燃焼器内に燃料の濃度が濃い領域が定常的に生じる。この領域には絶えず高温の火炎が存在することとなり、いわゆるホットスポットとなる。空気を酸化剤とする速度型内燃機関では、この火炎の温度が有害な窒素酸化物の発生要因となる。また、ホットスポット付近の壁面は、絶えず高温にさらされる。そのため、この装置においては、燃焼器の壁面の冷却を行う必要がある。冷却のためには、給気の一部を冷却専用ラインに流すなどしなければならず、その分だけ効率が悪くなる。さらに悪いことに、この方式の装置において着火性を高めるには、パイロットバーナを大型化するか、多数化することが必要となる。これは、重量増加につながるばかりでなく、ホットスポットが巨大化するという結果を招くため、上述のホットスポットの問題は益々悪化する。

【0017】

そして、スパークプラグによる再着火の成功率は、容量式内燃機関のそれに比べきわめて低い。少しでも再着火の成功率を上げるために投入エネルギーを高くしたり繰返し放電を行ったりしているが、それでもなお、確実に再着火できるとはいえないのが現状である。また、着火の成功率を高めるには、燃料がリッチであり、かつ、作動流体の流速がある程度速い領域にスパークプラグを設置しなければならない。そのため、スパークプラグによる再着火では、着火位置が限定される。

【0018】

燃焼器の入口付近に小型のロケットエンジンを設けた装置は、高温の領域が定常的に形成される点でパイロットバーナと同じホットスポットの問題が生じる。さらに悪いことに、燃料のみならず酸化剤も余分に搭載しなければならず、重量面で不利である。

【0019】

プラズマトーチを用いた装置においても、ホットスポットの問題が生じる。また、熱プラズマを形成し続けるのに高い投入エネルギーが必要となる。そのため、エネルギー源として大容量のバッテリーや変圧器などを搭載しなければならず、重量面でも不利である。また、トーチによりプラズマが吹込まれる領域しかその作用を奏することがなく、その効果範囲は自ずから限られたものとなる。

【0020】

レーザー光を用いた装置においては、高出力のレーザーを収束させなければならず、着火・保炎等の措置を施すことのできる空間領域は狭い。その狭い領域の作動流体が必ずしも再

10

20

30

40

50

着火や保炎に適した状態にあるとは限らず、措置の成功率は低い。また、レーザー光の照射される領域が極めて高温とならなければ、この措置は効果を奏することはない。そのため、この装置でもホットスポットの問題が生じる。

【0021】

そこで、本発明は、前述の実情に鑑みて提案されるものであって、その目的は、速度型内燃機関での着火、火炎の広がり及び維持を抜本的に改善することのできる着火・化学反応促進・保炎装置及びこの着火・化学反応促進・保炎装置を用いた高性能の速度型内燃機関を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0022】

上述の課題を解決するために、本発明は、以下の構成のいずれか一を有する。

【0023】

〔構成1〕

速度型内燃機関用の着火・化学反応促進・保炎装置であって、前記速度型内燃機関の燃焼器内の所定位置、又は前記速度型内燃機関の燃焼器への作動流体の導入経路上の所定位置に荷電粒子を準備する荷電粒子準備手段と、燃焼器内の作動流体を原料としてプラズマを誘起させるために、荷電粒子及びその周辺に向けて電磁波パルス照射するための一または複数の電磁波照射手段とを備え、プラズマの作用によって作動流体から生じる活性化学種を供給することにより、燃焼器内に燃焼が行われるための十分条件を満たす領域を形成することを特徴とするものである。

【0024】

〔構成2〕

構成1を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、前記荷電粒子準備手段は、前記燃焼器内においてスワラの作用によりリサーキュレーションが生じる領域に設置されていることを特徴とするものである。

【0025】

〔構成3〕

構成2を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、前記荷電粒子準備手段及び前記電磁波照射手段を構成するアンテナでは、前記荷電粒子準備手段より前記アンテナが前記燃焼器の中心軸より設置されていることを特徴とするものである。

【0026】

〔構成4〕

構成1を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、前記荷電粒子準備手段及び前記電磁波照射手段を構成するアンテナは、前記インナーライナの終端付近に配置されていることを特徴とするものである。

【0027】

〔構成5〕

構成1を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、前記荷電粒子準備手段は、それぞれがインナーライナに取り付けられた複数のスパークプラグにより構成されていることを特徴とするものである。

【0028】

〔構成6〕

構成1を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、前記電磁波照射手段を構成するアンテナは、スワラよりも燃焼器の中心軸に近い位置に設置され、前記荷電粒子準備手段は、前記アンテナ付近に設置されていることを特徴とするものである。

【0029】

〔構成7〕

構成1を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、前記荷電粒子準備手段及び前記電磁波照射手段を構成するアンテナは、燃料と空気が通過する燃焼器のパイプにおいて

10

20

30

40

50

、該パイプ内に燃料を供給するノズルより下流であってスワーラの上流に設置されていることを特徴とするものである。

【 0 0 3 0 】

〔構成 8〕

構成 1 乃至構成 7 のいずれか一を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、電磁波照射手段は、燃焼器内の作動流体の流速と活性化学種の活性が持続する期間とに基づき定められたタイミングで、断続的にマイクロ波パルスの照射を行うことを特徴とするものである。

【 0 0 3 1 】

〔構成 9〕

構成 1 乃至構成 7 のいずれか一を有する着火・化学反応促進・保炎装置において、電磁波照射手段は、活性化学種を燃焼器内での燃焼振動の周期及び / 又は位相に基づき定められたタイミングで、断続的に、電磁波パルスを一若しくは複数の周波数で、または一若しくは複数の照射形態で電磁波パルスの照射を行うことを特徴とするものである。

【 0 0 3 2 】

本発明に係る速度型内燃機関は、以下の構成を有するものである。

【 0 0 3 3 】

〔構成 1 0〕

燃焼器の側壁内面、ステップバック近傍、保炎器、ガッタ近傍、スワーラ近傍、インジェクタ、空気導入口、燃料導入口及び前記燃焼器の終端付近のうち少なくとも一の部分に、構成 1 乃至構成 9 のいずれか一を有する着火・化学反応促進・保炎装置が設置されていることを特徴とするものである。

【 0 0 3 4 】

〔構成 1 1〕

構成 1 0 を有する速度型内燃機関において、燃焼器内で予め選ばれた領域を観測しその結果を表す信号は発生するための観測手段と、結果の許容値を表す情報を保持するための手段と、観測手段による観測の結果と情報との差異の検出手段と、着火・化学反応促進・保炎装置への入力と発生するプラズマとの関係を記憶するための手段と、検出手段による差異の検出にตอบสนองして予め定められた関数に従いこの差異と関係とから着火・化学反応促進・保炎装置への入力を決定するための手段とを有し、着火・化学反応促進・保炎装置への入力を、決定するための手段による決定に従い制御することを特徴とするものである。

【 0 0 3 5 】

〔構成 1 2〕

構成 1 0 を有する速度型内燃機関において、燃焼室内の温度分布、圧力分布、または作動流体の密度分布に基づき定められた位置に荷電粒子を準備するための補助的荷電粒子準備手段と、領域にプラズマを誘起させるために荷電粒子及びその周辺に向けて電磁波パルスを照射するための補助的電磁波照射手段とを備え、プラズマの作用によって作動流体を加熱することを特徴とするものである。

【 0 0 3 6 】

〔構成 1 3〕

本発明に係る炉は、燃焼器の側壁内面、燃焼器の側壁内面、ステップバック近傍、保炎器、ガッタ近傍、スワーラ近傍、インジェクタ、空気導入口、燃料導入口及び燃焼器の終端付近のうち少なくとも一の部分に、構成 1 乃至構成 9 のいずれか一を有する着火・化学反応促進・保炎装置が設置されていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【 0 0 3 7 】

本発明に係る着火・化学反応促進・保炎装置において、構成 1 によれば、プラズマの作用によって作動流体から生じる活性化学種を供給することにより、燃焼器内に燃焼が行われるための十分条件を満たす領域を形成するため、燃焼温度を高めることなく着火・保炎を行うことができる。さらに、体積着火に類似した極めて燃焼速度の高い火炎を形成でき

10

20

30

40

50

る。これは燃焼特性の改善、燃焼器の小型化、軽量化に資する。

【0038】

また、該プラズマ内のガスまたはイオンの温度が該プラズマ内の電子温度未満である期間中、マイクロ波パルスの照射を継続することにより、非平衡状態のプラズマを得ることができる。これにより大量の活性化学種を効率よく生成することができる。

【0039】

また、活性化学種の存在下における作動流体の最小着火エネルギー以上のエネルギー密度を有する空間を形成することによって着火を行うことにより、活性化学種の存在下では、通常の最小着火エネルギーよりエネルギー密度が低い状態でも着火を行うことができる。これにより、ホットスポットを形成することなく着火を行うことが可能になる。

10

【0040】

また、燃焼器内の作動流体の流れ、乱れ、拡散速度、温度、圧力及び燃料濃度のうち少なくとも一の時間変動に対応した、適切な保炎を行うことができ、燃焼を安定化させることができる。

【0041】

構成8によれば、燃焼器内の作動流体の流速と活性化学種の活性が持続する期間とに基づき定められたタイミングで、断続的にマイクロ波パルスの照射を行うため、低い投入エネルギーで、燃焼に供される作動流体全体に対し効率的にかつ持続的にプラズマまたはプラズマ由来の活性化学種による着火・燃焼促進の作用効果を奏することが可能になる。

【0042】

構成9によれば、活性化学種の作用によって燃焼振動をすることが可能になる。

20

【0043】

また、活性化学種の供給する領域の燃焼器内での位置は、該活性化学種の供給時における燃焼器内の作動流体の流れ、乱れ、拡散速度、温度、圧力及び燃料濃度のうち少なくとも一の空間分布に基づき定めるため、燃焼器内における燃料の濃度、作動流体の温度、圧力の影響を緩和し、燃焼器内に所望の作動流体の流れ、乱れ、拡散、温度分布、圧力分布を形成することが可能になる。

【0044】

また、活性化学種を、燃焼器の中心軸付近に供給することにより、中心軸付近において燃焼・反応が行われるような、火炎の分布を得ることができる。これにより、インナーライナの冷却機構を簡素化することができ、小型化・軽量化が容易になるばかりでなく、燃焼効率の改善も行うことができる。

30

【0045】

また、燃焼器の燃料噴射装置近傍、壁面近傍または出口近傍において燃焼・反応が行われるような、火炎の分布を得ることができる。

【0046】

また、活性化学種を、作動流体の流れに乗せて領域に供給するため、活性化学種を広い範囲に亘り作用させることができる。

【0047】

また、放電、レーザ誘起ブレイクダウン、作動流体の摩擦または燃焼により生じる荷電粒子を契機としてプラズマの成長及び拡大、並びに、活性化学種の生成及び供給を行うことができる。

40

【0048】

また、熱電子を契機としてプラズマの成長及び拡大、並びに、活性化学種の生成及び供給を行うことができる。

【0049】

また、既存の一般的なマイクロ波発信源を用いて、着火・化学反応促進・保炎に用いるマイクロ波を発生させることができる。

【0050】

構成10を有する速度型内燃機関においては、構成1乃至構成9の奏する望ましい作用

50

効果を、燃焼器内の所望の領域において得ることができる。

【0051】

すなわち、本発明は、速度型内燃機関での着火、火炎の広がり及び維持を抜本的に改善することのできる着火・化学反応促進・保炎装置及びそれを用いた高性能の速度型内燃機関を提供することができるものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0052】

〔第1の実施形態〕

〔構成〕

以下、本発明を実施するための最良の形態について図面を参照しながら説明する。

10

【0053】

図1に、本発明の第1の実施形態に係るガスタービンエンジンの燃焼器100の内部構成を概略的に示す。

【0054】

この燃焼器100は、図1に示すように、一般のガスタービンエンジンと同様に空気を酸化剤として使用する燃焼器であり、アウターライナ102内およびインナーライナ104と、インナーライナ104の内側に燃料を噴射するインジェクタ106と、スワラ108とを有する。ただし、この燃焼器100は、パイロットバーナを持たない。

【0055】

この燃焼器100は、さらに、それぞれインナーライナ104に挿入されたスパークプラグ110及びアンテナ112と、スパークプラグ110に点火信号を印加するイグニタ114と、アンテナ112にマイクロ波パルスを送電するマイクロ波発振器116と、イグニタ114及びマイクロ波発振器116に対し指令信号を与える制御器118とを備える。本実施形態においては、これらスパークプラグ110、アンテナ112、イグニタ114、マイクロ波発振器116及び制御器118からなるシステムが、着火・化学反応促進・保炎装置として機能を備える。

20

【0056】

スパークプラグ110は、一般的なガスタービンにおけるスパークプラグと同様、スワラ108の作用によりリサーキュレーション120が生じる領域（以下、「リサーキュレートゾーン」と呼ぶ。）の付近に配置される。しかし、本実施形態に係るスパークプラグ110及びイグニタ114は、ガスタービン用の高熱量のものである必要はなく、一般的な自動車用の20mJ～50mJ程度のもまたはそれ以下の低出力のものであってよい。

30

【0057】

アンテナ112は、スパークプラグ110の電極間のギャップ（以下、「放電ギャップ」と呼ぶ。）に向けて配設される。すなわち、放電ギャップの方向に所定以上の利得を得ることができるよう配設される。なお燃焼器100内が高温度になることに鑑みれば、その材質には、例えばタングステン、ニッケル合金、イリジウム合金など、耐熱性に優れたものを選ぶことが望ましい。または、インナーライナ104に装着可能な平面アンテナとし、インナーライナ104による冷却効果を得るものであってもよい。

40

【0058】

マイクロ波発振器116は、数GHz程度のマイクロ波をパルス状に発振するものである。具体的には、インバータ装置等を備えたパルス電源と家庭用電子レンジ用の2.45GHz発振のマグネトロンとからなるものである。またはマイクロ波発振を無線通信用の半導体発振器若しくは発振回路によって行うものであってもよい。これらの発振器はトランスなどが不要であるため、マイクロ波単独でプラズマを形成するトーチなどの発振器より軽量化が容易である。なお、マイクロ波発振器116が発するマイクロ波パルス1回の持続時間は、数ナノ秒乃至数マイクロ秒程度でよい。

【0059】

制御器118は、外部信号にตอบสนองして、イグニタ114による点火信号の印加及びマ

50

マイクロ波発振器 116 によるマイクロ波パルスの発振のタイミング、並びにマイクロ波発振器 116 によるマイクロ波の発振強度を制御する。

【0060】

タイミングについて言えば、制御器 118 は、スパークプラグ 110 による放電が行われている期間とマイクロ波パルスが放射されている期間に重複が生じるよう制御を行う。ただし、アンテナ 112 の近傍またはアンテナ 112 の放射方向に火炎が存在する場合に限り、スパークプラグ 110 による放電を行うことなくマイクロ波パルスの発振を行うよう制御を行うことがある。

【0061】

〔プラズマを用いた着火〕

本実施形態の燃焼器 100 においては、例えば次のようにして着火が行われる。

【0062】

スワラ 108 を介してインナーライナ 104 内に圧縮空気が流入し、さらにインジェクタ 106 より燃料を噴霧供給すると、空気と燃料とがリサーキュレートゾーンにおいてリサーキュレーション 120 により攪拌されつつ混合し、スパークプラグ 110 の近傍領域で予混合気形成される。この状態で、制御器 118 が外部信号を契機としてイグニタ 114 及びマイクロ波発振器 116 に指令信号を与える。イグニタ 114 は、指令信号にตอบสนองしてスパークプラグ 110 に点火信号を印加し、マイクロ波発振器 116 はマイクロ波パルスの発振を開始する。

【0063】

スパークプラグ 110 においては、放電が開始され放電ギャップにプラズマが発生する。この状態でアンテナ 112 からマイクロ波パルスが放射される。放電ギャップに発生したプラズマは、マイクロ波パルスのエネルギーを受けて拡大成長する。この際にプラズマが拡大成長する速度は、瞬間的には時速数百メートルに達する。

【0064】

このようにして急速に拡大成長したプラズマが予混合気に作用し、プラズマ中の電子の加速、分子との衝突及び予混合気内の分子の解離または電離が連鎖的に発生する。解離または電離によって分子イオン、原子イオン、ラジカル、結合状態の不安定な分子など、化学的活性の高い活性化学種が生成される。例えば、空気中の酸素からは、オゾンなどの化学的に不安定な分子が生成される。空気中の水からは、OHラジカルが生成される。これらのうちのいくらかは、プラズマ内または近辺で徐々に再結合する。別のいくらかは、プラズマの拡大と共にスパークプラグ 110 の近辺から急速に広がる。別のいくらかはバルクに沿って流れる。その結果、スパークプラグ 110 の近辺からバルクの下流にかけての

一帯に、ごく短期間のうちに活性化学種の濃度が高い領域が形成される。

【0065】

この領域においては、着火の形態が、空気中の酸素分子と未反応の燃料分子とによる熱のやり取りによる化学的な連鎖反応の開始から、プラズマの作用により発生した酸化性活性化学種と還元性活性化学種とによる連鎖反応の開始へと移行する。この連鎖反応の開始に必要なエネルギー密度は、その領域における最小着火エネルギーより低い。したがって、活性化学種が高濃度の領域は、極めて着火しやすい領域となる。

【0066】

この領域においては、例えば次のような過程で着火が起こることが想定される。

【0067】

すなわち、活性化学種が高濃度になる領域の温度・圧力の条件が、予め、活性化学種の反応が開始するのに十分なエネルギー密度であり、かつ最小着火エネルギー未満であった場合、活性化学種が高濃度の領域が形成された時点で、その領域全体が瞬時に着火する。結果として、体積着火に極めて似た形態で着火が起こる。

【0068】

また、次のような過程で着火が起こることも想定される。スパークプラグ 110 による放電またはアンテナ 112 からのマイクロ波パルスの放射が持続すると、放電またはマイ

10

20

30

40

50

マイクロ波の放射を受ける領域のエネルギー密度が上昇する。そして、ついには着火に至る。特にマイクロ波が持続していた場合、着火により形成された火炎中の電子がマイクロ波パルスのエネルギーを受けて加速する。これを契機として、火炎よりプラズマが形成され、上述と同様の過程で急速に成長拡大する。その結果、一般的な火炎伝播では得ることのできない高速の反応の伝播が達成される。

【 0 0 6 9 】

〔プラズマ、活性化学種を用いた保炎〕

アンテナ 1 1 2 によるマイクロ波の放射方向に火炎がある場合、アンテナ 1 1 2 よりマイクロ波パルスを放射すると、マイクロ波の照射を受けた部分の火炎を起点としてプラズマが形成され、拡大成長する。該起点近傍の領域に温度、圧力及び / 又は燃料と空気の混合比が適切でないために火炎が十分に伝播していない部分があると、拡大成長したプラズマの作用によりこの部分の活性化学種の濃度が上昇する。その結果、該部分においても、燃焼が安定するようになる。これを断続的に繰り返すと、燃焼が持続し、火炎が保持される。

10

【 0 0 7 0 】

アンテナ 1 1 2 によるマイクロ波の放射方向に火炎がない場合、アンテナ 1 1 2 からのマイクロ波の放射に加え、スパークプラグ 1 1 0 による放電を行う。この場合、放電によって形成される小規模のプラズマが起点となって、プラズマが拡大成長し、活性化学種を生成し広がる。その結果、活性化学種が広がる領域は活性化学種による反応に十分なエネルギー密度であれば、その時点で該領域において再び燃焼が開始される。または、活性化学種の濃度が上昇した領域が火炎の存在する領域に達すると、これを契機に、活性化学種の濃度が上昇した領域に急速に火炎が伝播する。これにより、燃焼が維持され、火炎が保持される。

20

【 0 0 7 1 】

〔本実施形態の望ましい作用効果〕

以上のように、本実施形態では、プラズマの発生及び拡大と、それに伴う活性化学種の生成及び供給によって、着火、保炎を実現する。着火においては、スパークプラグ、パイロットバーナ、プラズマトーチ等によって極めて高温のホットスポットを形成しなくても、比較的低い温度で、かつ体積着火のような着火形態で大きな体積の領域を瞬時に着火に至らせることが可能になる。これにより、ホットスポットの影響が低減し、冷却を簡素化することができる。これは軽量化、高効率化、窒素酸化物の発生の抑制に資する。また、パイロットバーナが不要であり、燃料を節約することができる。これは、軽量化、省エネルギー化、低環境負荷化に資する。

30

【 0 0 7 2 】

活性化学種により反応の開始に要するエネルギー密度が低減するため、着火位置において圧力、温度、混合比等の条件が着火に適したものとなっていなくても、確実に着火を行うことができる。着火の成功率が高くなる。ターンダウンレシオが広がり、着火が容易になる。

【 0 0 7 3 】

保炎においては、保炎器のように作動流体の流れの抵抗となるものがなくとも保炎を実現することができる。これは、高効率化に資する。加えて、燃焼が不十分な領域または未燃焼の領域に選択的に作用して燃焼を促進できる。これは、燃焼器 1 0 0 内での燃焼の均一化、安定化に資する。燃焼が均一かつ安定に行われていれば、不要に燃焼温度の高い領域が形成されるのを低減できる。これはホットスポットの問題の解決に資する。実際には、燃料の混合、圧力、温度、負荷が変化したり不均一になっても、熱発生のばらつきを低減できる。理想的な混合、圧力、温度状態で燃焼が行われている状態に近い燃焼状態を得ることが可能になる。また、ターンダウンレシオが広がり、リーンリミット付近での燃焼振動を低減することができる。

40

【 0 0 7 4 】

加えて、本実施形態では、活性化学種的作用により、燃焼速度が高速化する。これによ

50

り、燃焼が開始してから終了するまでの期間内に作動流体が燃焼器 100 の内部を移動する距離を短くすることができる。したがって、燃焼器自体の長さを短くすることができる。これは、ガスタービンエンジンの小型化、軽量化に資する。

【0075】

1 回のマイクロ波の照射時間を数ナノ秒乃至数百ナノ秒としておけば、プラズマ中の電子と分子、イオンまたはラジカルが熱平衡に達する前の状態（非平衡状態）のプラズマのみを選択的に形成できる。非平衡状態のプラズマでは、熱による活性化学種の失活が回避できるため、高効率に活性化学種を発生させることができる。1 回のマイクロ波の照射時間を 1 マイクロ秒程度にしておけば、プラズマが 1500 度に達する前に、プラズマの形成拡大を終了することができる。これは窒素酸化物（いわゆるサーマル NOX）の低減に資する。

10

【0076】

〔第 1 の実施形態の変形例 1〕

スパークプラグ 110 及びアンテナ 112 は、インナーライナ 104 内の上流側に配置される必要はない。例えば、図 2 に示す燃焼器 150 のように、インナーライナ 104 の終端付近に配置してもよい。このような位置に配置すると、十分に予混合された混合気で燃焼を行うことができる。また、本実施形態に係る方式の着火・保炎方法では、燃焼速度が速いため、従来での着火装置または保炎器の配置より下流にスパークプラグ 110 及びアンテナ 112 を配置してもよくなる。このような配置にすれば、燃費の悪いアフターバーナを適用して後燃えをさせなくても、アフターバーナと同等またはそれ以上の効果奏する。

20

【0077】

〔第 1 の実施形態の変形例 2〕

スパークプラグ 110 及びアンテナ 112 は、図 3 に示す燃焼器 200 のように、通常のスパークプラグの設置位置より中心軸よりに設置しされてもよい。アンテナを中心軸に近い位置に配置すれば、その分中心軸付近の領域の保炎が容易になる。この領域の保炎が安定して行えるならば、スワロー 108 によるリサーキュレーションを強く行い激しい乱流を作らなくても、燃焼速度の速い火炎を安定して得ることができる。これは、作動流体の加速の効率化に資する。また、中心軸に近いと、その分作動流体の流れに乗せて活性化学種をインナーライナ 104 内の広い領域に亘って輸送することができる。よってプラズマを用いた活性化学種の生成による保炎、着火の奏する上述の望ましい作用効果を、インナーライナ 104 内の広い領域で得ることができる。

30

【0078】

〔第 2 の実施形態〕

図 4 に、第 2 の実施形態に係る燃焼器 250 の内部構成を示す。

【0079】

この燃焼器 250 においては、図 4 に示すように、インナーライナ 104 に複数のスパークプラグ 110A、・・・110D が取り付けられている。スパークプラグ 110A、・・・110D は、セレクトア 254 を介してイグナイタ 114 に接続される。制御部 256 は、第 1 の実施形態に係る制御器 118 の機能に加えて、セレクトア 254 による出力の選択を制御する機能を備える。

40

【0080】

本実施形態に係るアンテナ 252 は、第 1 の実施形態に係るアンテナ 112 と同様のものであってもよいが、スパークプラグ 110A、・・・110D の放電ギャップの位置にマイクロ波を確実に到達させるために、ある程度の指向性を有するものであることが望ましい。

【0081】

本実施形態においては、着火または再着火時、並びにスパークプラグを用いた保炎を行う際に、セレクトア 254 が、放電を行わせるスパークプラグをスパークプラグ 110A、・・・110D の中から制御器 256 からの指令信号に従って選択する。すなわち、選択

50

されたスパークプラグの放電ギャップを起点としてプラズマが拡大成長し、活性化学種が生成される。

【0082】

このようにスパークプラグを複数配置し、動作時に使用するスパークプラグを適宜選択するようにすれば、インナーライナ104内において活性化学種による望ましい作用効果の効果範囲を広げることができる。また、所望の位置において活性化学種を作用させることがより容易になる。

【0083】

なお、本実施形態では、スパークプラグを複数備える構成を例示したが、アンテナ252を複数備えるようにしてもよい。アンテナ、スパークプラグを複数配置するようにすれば、活性化学種を供給する位置の選択性が向上し、所望の活性化学種の分布、時間変化を得ることが容易になる。

【0084】

〔第3の実施形態〕

図5に、第3の実施形態に係る燃焼器300の内部構成を示す。

【0085】

本実施形態においては、図5に示すように、燃焼器300においては、アンテナ112は、スワラ108より中心軸に近い位置に設置され、スパークプラグはアンテナ112の付近に設置される。また、本実施形態に係る燃焼器においては、インナーライナ304は、冷却のための吸気孔を持たない。

【0086】

本実施形態において、放電及びマイクロ波パルスの放射を行い、プラズマを形成して活性化学種を生成すると、活性化学種のうち失活までに時間のかかる活性化学種は、作動流体の本流に沿って流れる。この活性化学種が作用することにより、中心軸付近において着火または保炎が行われるようにし、火炎が中心軸付近にのみ存在するような火炎の分布を形成する。燃焼温度の分布は、中心軸からインナーライナ304に近づくにつれて低い温度となるようになる。

【0087】

このように中心軸付近に火炎が集中するよう活性化学種を分布させると、火炎をインナーライナ304から遠ざけて、インナーライナ304の温度上昇が低減できる。したがって、アウターライナ102とインナーライナ304の間の空気をインナーライナ内に吹き込んでインナーライナを冷却しなくてもよく、インナーライナの構造を単純化できる。これは、軽量化、低価格化に資する。

【0088】

このように、本実施形態では、空気を用いたインナーライナの冷却が必要ないため、燃焼器300内に供給される空気（または酸化剤）を無駄なく燃焼に利用することができる。これは、高効率化に資する。具体的には燃焼効率が4%程度改善することが期待できる。

【0089】

〔第4の実施形態〕

図6に、第4の実施形態に係る燃焼器350の内部構成を示す。

【0090】

燃焼器350においては、図6に示すように、第3の実施形態の燃焼器300と同様のインナーライナ304を備えている。ただし、インジェクタ106に代えて、燃料と空気が通過する燃焼器のパイプ352と、パイプ352内に燃料を供給するノズル354とを備える。

【0091】

本実施形態においては、スワラ108よりも上流、パイプ352の内側に、スパークプラグ110及びアンテナ112が配置される。この燃焼器350も第3の実施形態に係る燃焼器300と同様に、中心軸付近において燃焼を行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 2 】

本実施形態においては、保炎に際し、マイクロ波パルスを繰返し放射する。マイクロ波パルスの繰返しの周期は、例えば次のようにして決定するとよい。例えば、1回のマイクロ波パルスの放射によって活性化学種が失活することなく広がる領域の中心軸方向の距離を流速で除して得られる時間から、活性化学種が該領域に広がるのに要する時間分を減じ、1回のマイクロ波の照射時間を加算した値とする。このようにすると、パイプ352を通過する作動流体の全量に対し、プラズマ由来の活性化学種を作用させることができる。

【 0 0 9 3 】

また、例えば、次のようにしてマイクロ波パルスの繰返し周期を決定してもよい。すなわち、燃焼振動が生じているときに、その燃焼振動の周期を繰返し周期としてもよい。この場合、燃焼振動により燃焼が弱まっているタイミングで活性化学種による燃焼促進が行われるように、マイクロ波パルスの発振タイミングを調整する。このようにすれば、燃焼振動をキャンセルすることができる。また、燃焼速度の高速化により、燃焼振動の周波数自体を変化させることもできる。

10

【 0 0 9 4 】

燃料ノズルの近辺にスパークプラグ110及びアンテナ112が配置されているため、燃料の付着が懸念されるが、プラズマによる灰化作用により、スパークプラグ110及びアンテナ112を自己浄化することが可能である。

【 0 0 9 5 】

なお、本実施形態では、ノズル354付近のパイプ内においてプラズマを形成する構成であったが、インナーライナ304内において、このようなマイクロ波の繰返し発振による保炎を行うようにしてもよい。このようにすれば、燃焼器に導入される作動流体全体に、活性化学種を作用させることができる。実質的には、燃焼器全体で保炎を行うのと同等の作用効果を奏することができる。

20

【 0 0 9 6 】

〔第5の実施形態〕

図7に、第5の実施形態に係る燃焼器400の内部構成を示す。

【 0 0 9 7 】

この実施形態において、燃焼器400においては、上述の第5の実施形態のイグナイタ114及びスパークプラグ112に代えて、図7に示すように、レーザ光源410と、一端がレーザ光源410に接続され、インナーライナ304を貫通する光ファイバ414の他端に接続され、インナーライナ304内に向けて配置された集光光学系412とを備える。この燃焼器400においては、着火時等に、スパークプラグを用いた放電によってプラズマを発生させる代わりに、レーザ誘起ブレイクダウンによってプラズマを発生させる。なお、本実施の形態において、インナーライナ内に照射するレーザは、レーザ単独で混合気の着火に至るほど高出力のものでなくてよいことは、第1の実施の形態においてスパークプラグ110が低出力のものであってよいと同様である。

30

【 0 0 9 8 】

この実施形態では、着火時等においてマイクロ波パルスを用いたプラズマの成長拡大の起点となるプラズマの形成位置が、放電ギャップの位置すなわちスパークプラグの配置に依存して決定されることはない。インナーライナ内の任意の位置で、起点となるプラズマを発生させることができる。したがって、着火位置及び保炎を行うためのプラズマの形成位置の選択性が向上する。

40

【 0 0 9 9 】

このほか、作動流体の摩擦及び燃焼からなるプラズマの生成手法を利用して、起点となるプラズマを生成してもよい。または、プラズマの生成に限らず、熱電子等の荷電粒子のみを燃焼器内に導入することによって、プラズマの生成・拡大の起点としてもよい。

【 0 1 0 0 】

〔第6の実施形態〕

上述の各実施形態にアンテナは、マイクロ波発振器116の発振周波数の電磁波に対し

50

ある程度の利得が得られるものであればよく、その形状、形式としては種々のものが想定されうる。例えば、図 8 に示す燃焼器 450 のように、インナーライナ 454 の内部に、リング状のアンテナ 458 を設けるようにしてもよい。ただし、インナーライナ 454 が金属等の導電体である場合、アンテナ 458 は、誘電体からなる部材 456 を介してインナーライナ 454 に接続される。

【0101】

このようなアンテナに限らず、例えば平面アンテナであってもよい。また、複数のアンテナエレメントからなるアンテナを用いてもよい。または、ホーンアンテナに代表される開口アンテナ、リフレクタを備えたアンテナであってもよい。また、アンテナとは別にペインを燃焼器内に配置し、ペインにおいて電磁波の共振を行うようにしてもよい。ペインは単数であっても複数であってもよく、また、それらによりいわゆるエスパアンテナが構成されてもよい。

10

【0102】

〔第 7 の実施形態〕

本発明は、ガスタービンエンジンに限らず、ラム設備（ラムジェットエンジンまたはスクラムジェットエンジン）や、ロケットエンジンにも適用可能である。例えば、図 9 に示すように、燃焼器（ラムジェットエンジン）500 の壁面 502 及び 504 の間の作動流体の流路上にスパークプラグ 110 とアンテナ 112 とを設けるようにしてもよい。プラズマ及び活性化学種の広がる速度は、上述のとおり極めて速いため、トーチやバーナを用いて保炎を行うもののように吹き消えが生じることがない。よって、作動流体が極めて高速で燃焼器内を通過するラム設備においても、確実な着火・保炎を行うことができる。

20

【0103】

〔その他の実施形態（1）〕

上述の実施形態に例示した配置のほかにも、ガッタ近傍、スワラ近傍、インジェクタ、空気導入口に設置してもよく、着火・化学反応促進・保炎を行うことができる。また、プラズマの作用により生成される化学種が燃焼器内に到達し導入するのであれば、スワラの上流、燃焼器から見て空気導入口の外側に配置してもよい。

【0104】

プラズマを用いた活性化学種のタイミングや供給位置を、該活性化学種の供給時における前記燃焼器内の作動流体の流速、速度乱れ、物質の拡散速度、温度、圧力、局所の熱発生量、燃料濃度、化学反応速度、活性化学種の生成速度若しくは活性化学種の活性消滅速度またはそれらの時間変動若しくは空間分布に基づいて定めてもよい。例えば、上述の各実施形態を組合せて用いることも可能である。適宜これらを選択してまたは組合せて用いることにより、着火時及び保炎時の任意の時刻において、燃焼器内に所望の活性化学種の濃度分布を形成することができる。すなわち、燃焼器内における燃料の濃度、作動流体の温度、圧力の影響を緩和し、燃焼器内の作動流体の流れ、乱れ、拡散、温度分布、圧力分布を任意に設定できる。すなわち、速度型内燃機関における燃焼をリアルタイムに制御することが可能になる。

30

【0105】

これにより、例えば、リセスより生じる衝撃波の影響の緩和、燃焼振動の低減及び周波数の変更などが可能になる。また、一般に速度型内燃機関において負荷の変化に対応することが容易になる。これは速度型内燃機関の汎用化に資する。

40

【0106】

上述の実施形態では、活性化学種の作用により、着火、化学反応促進、または、保炎を行ったが、さらに、プラズマの熱を着火、化学反応促進、または、保炎に利用してもよい。例えば、プラズマによりさらに燃焼室内の作動流体を加熱し、所望の温度分布、または、圧力分布を得るようにしてもよい。これにより、熱による混合促進、着火遅れの制御、所望の各種化学種の空間分布若しくは時間分布の形成も可能になる。また、温度分布の形成により、作動流体の流れの方向及び流速、広がり角等を制御することが可能になる。

【0107】

50

なお、燃焼器は、アニュラ型、キャニュラ型、サイロ型、及び、その他一般的な型のいずれであってもよい。

【0108】

上述の実施形態では、速度型内燃機関及びそこで用いる着火・化学反応促進・保炎装置を例示したが、炉においても速度型内燃機関と同様のやり方で、着火、化学反応促進及び保炎、並びに制御を行うことが可能である。

【0109】

〔その他の実施形態(2)〕

上述した各実施形態において、着火・化学反応促進・保炎装置を稼働させるための入力
は、燃焼器内の観測に基づき制御することも可能である。例えば次のような制御であって
もよい。すなわち、燃焼室内の撮像装置、または、燃焼室内の予め定められた一または複
数の領域からの光を受光するよう光検出器を配置し、観測を行う。観測結果として許容さ
れるものを予め準備し記憶装置に記憶しておく。この許容される観測結果は、燃焼が適切
に行われている場合の観測結果であってもよく、また、観測結果の許容範囲を示すもので
あってもよい。また、シミュレーションを用いて生成した情報であってもよい。さらに、
前記着火・化学反応促進・保炎装置への入力とプラズマの発生状況(すなわち、位置、大
きさ、発生時刻、持続時間、及び、電子密度、温度、圧力等)とを予め関連付けて記憶装
置に記憶しておく。さらに、撮像装置または光検出器と、記憶装置とに比較器を接続し、
許容される観測結果と現状の観測結果との間とを比較する。この比較により差異が検出さ
れたならば、記憶装置に記憶された関連を参照し、前記着火・化学反応促進・保炎装置へ
の入力を決定する。

10

20

【0110】

情報の記憶、比較及び関連性に基づく入力の決定は、一般的なコンピュータハードウエ
アと、そのハードウェア上で動作するプログラムと、そのハードウェアに記憶されたまた
はそのハードウェアで読出可能に記憶されたデータとにより動作するコンピュータシステ
ムによって実現してもよい。コンピュータシステム自体の構成及び動作については、周知
のものをいれればよく、その詳細については説明を繰返さない。このような制御により、
着火、化学反応促進、及び、保炎を動的に制御することができる。

【0111】

なお、撮像装置または光検出器による観測結果は、分光器、フィルタ等を用いて波長成
分の分解を行った後、比較に用いてもよい。また、周知の種々の手法を用い、このよう
な光学的な観測結果から温度、圧力、熱発生量、化学成分等に関わる情報へ変換してか
ら、比較を行うようにしてもよい。また、比較に供される観測結果に対し時間方向での
変換処理を行ってもよい。また、観測は上述したもののような光学的な手法に限らず、
種々のセンサを用いて、または、それらを適宜組合わせ若しくは選択して行ってもよ
い。

30

【0112】

観測点は一点であっても、複数点であってもよい。また燃焼器内全体であってもよい。
この制御のために記憶される情報は、必ずしもマップ等により示された数値であるこ
とを要しない。プログラム上での手続及びその手順、または、関数等により表現される
ものであってもよい。

40

【0113】

また、電磁波の照射に用いるアンテナは、例えば、ホーンアンテナに代表される開口ア
ンテナであってもよい。ガスの流路の形状及び材質について許容されるならば、ガス
の流路自体が導波管、または、開口アンテナを兼ねる構成となってもよい。また、アン
テナは、電磁波の発生源に接続されたエレメントからなる輻射器と、輻射器からの電
磁波を反射する反射器とを有する構成であってもよい。また、アンテナは、輻射器と
輻射器から輻射される電磁波の投げりしりとなるペインまたは共振エレメントを有
する構成であってもよい。

【0114】

電磁波の照射目標となる領域の数と、アンテナの数との関係については、種々の組合

50

が想定される。電磁波の照射目標となる一の領域に対し、複数のアンテナまたはアンテナの複数のエレメントから電磁波を照射するようにしてもよい。また、例えば3/4波長以上の電気長を有するエレメントを備えたアンテナのように空間上に複数の強電場の領域を形成するものであれば、アンテナに対し電磁波の照射目標となる領域を強電場の領域の数に応じて複数設定してもよい。さらに、プラズマの契機となる荷電粒子をそれら設定された複数の領域において準備するようにし、複数の領域で同時にプラズマを形成するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0115】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。 10

【図2】第1の実施形態の第1変形に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図3】第1の実施形態の第2変形に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図4】本発明の第2の実施形態に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図5】本発明の第3の実施形態に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図6】本発明の第4の実施形態に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図7】本発明の第5の実施形態に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図8】本発明の第6の実施形態に係る燃烧器の内部構造を示す断面図である。

【図9】本発明の着火・化学反応促進・保炎装置のラム設備への適用例を示す断面図である。

【符号の説明】 20

【0116】

100、150、200、250、300、350、400、450、500 燃烧器

102 アウターライナ

104、304、454 インナーライナ

106 インジェクタ

108 スワッチ

110、110A、110B、110C、110D スパークプラグ

112、252、458 アンテナ

114 イグナイタ

116 マイクロ波発振器 30

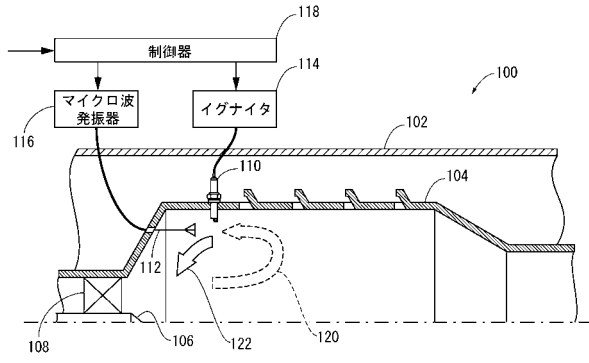
118 制御部

410 レーザ光源

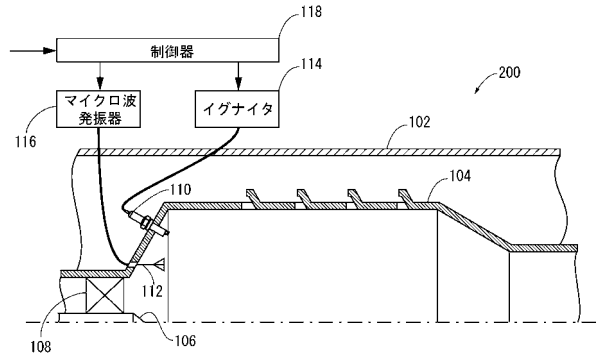
412 集光光学系

414 光ファイバ

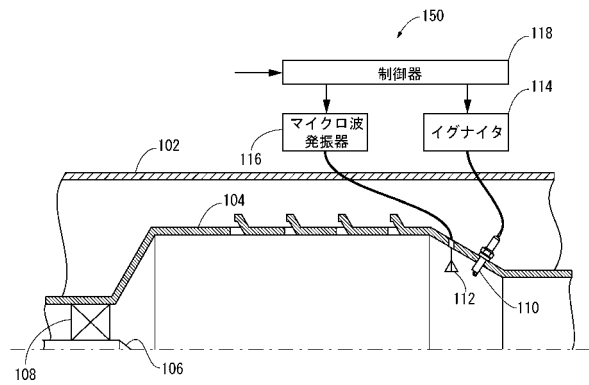
【図1】



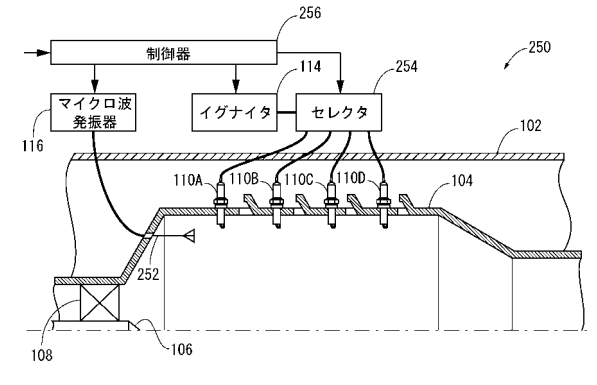
【図3】



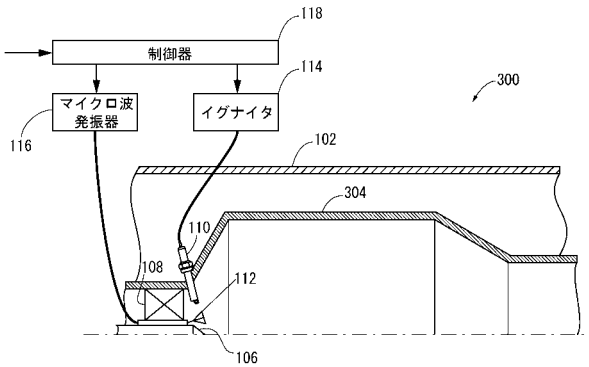
【図2】



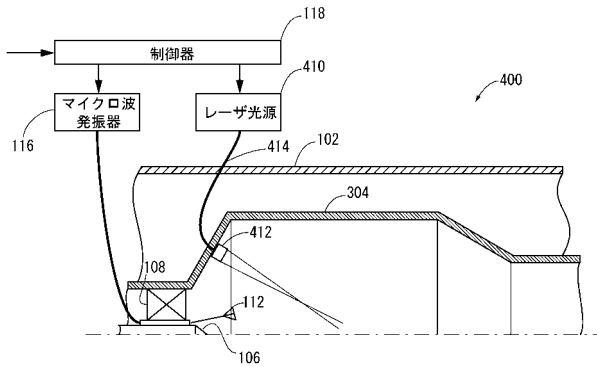
【図4】



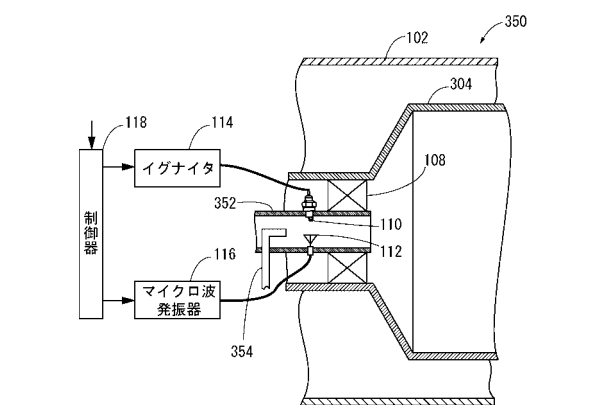
【図5】



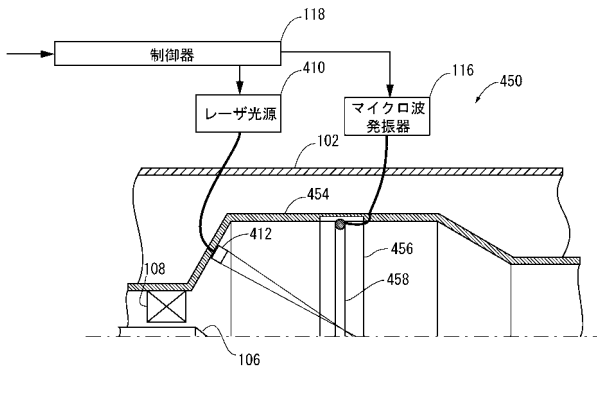
【図7】



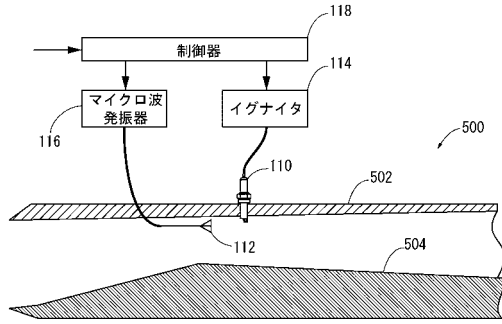
【図6】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-113570(JP,A)
特開2002-139221(JP,A)
特開2007-146710(JP,A)
特開昭51-077719(JP,A)
米国特許第5845480(US,A)
特開昭57-119164(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02C	7/264, 7/266
F23R	3/00
F02K	7/10
F03H	1/00
H05H	1/24, 1/32