

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4240225号
(P4240225)

(45) 発行日 平成21年3月18日 (2009. 3. 18)

(24) 登録日 平成21年1月9日 (2009. 1. 9)

(51) Int. Cl.

F I

F O 2 P 23/04 (2006. 01)

F O 2 P 23/04

B

F O 2 C 7/266 (2006. 01)

F O 2 C 7/266

H O 1 T 19/04 (2006. 01)

H O 1 T 19/04

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-566557 (P2004-566557)
 (86) (22) 出願日 平成15年12月16日 (2003. 12. 16)
 (65) 公表番号 特表2006-513351 (P2006-513351A)
 (43) 公表日 平成18年4月20日 (2006. 4. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/039932
 (87) 国際公開番号 W02004/063560
 (87) 国際公開日 平成16年7月29日 (2004. 7. 29)
 審査請求日 平成18年10月3日 (2006. 10. 3)
 (31) 優先権主張番号 10/336, 746
 (32) 優先日 平成15年1月6日 (2003. 1. 6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 505233309
 イータテック インク
 アメリカ合衆国、フロリダ州 32796
 、タイタスヴィル、ロスト ツリー コー
 ト 3835
 (74) 代理人 100103986
 弁理士 花田 久丸
 (72) 発明者 フリーン、ポール、ダグラス
 アメリカ合衆国、フロリダ州 32796
 、タイタスヴィル、ロスト ツリー コー
 ト 3835

審査官 亀田 貴志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可燃性の気体混合物に点火するための、コロナ放電を生成し持続させるための点火システムと点火方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃焼室壁を有する燃焼室内で、燃料と空気の混合気に点火する点火システムにおいて：

燃焼室内部に設けられた電極と；

前記電極に30,000ヘルツから3,000,000ヘルツの周波数を有する無線周波電力を供給する電気回路と；

前記燃焼室壁によって少なくとも部分的に形成されたアースと；そして

前記燃焼室内で、完全な絶縁破壊は発生させず、かつアーク放電が起こらないように前記電極への前記電気回路の出力を制御する制御手段とを有し；

かつ前記電極および前記アース間で生成された無線周波電圧差が、燃料と空気の混合気をイオン化させ、結果として該燃料と空気の混合気を燃焼させる無線周波電界を生成するように構成され；

前記燃焼室壁は、シリンダと、前記燃焼室内の燃焼ガスを膨張させて駆動する前記シリンダ内の往復運動ピストン、とにより構成され；

前記ピストンは、無線周波電界を方向付ける手段を含むように構成されたことを特徴とする点火システム。

【請求項 2】

燃焼室壁を有する燃焼室内で、燃料と空気の混合気に点火する点火システムにおいて：

燃焼室内部に設けられた電極と；

10

20

前記電極に30,000ヘルツから3,000,000ヘルツの周波数を有する無線周波電力を供給する電気回路と；

前記燃焼室壁によって少なくとも部分的に形成されたアースと；そして

前記燃焼室内で、完全な絶縁破壊は発生させず、かつアーク放電が起こらないように前記電極への前記電気回路の出力を制御する制御手段とを有し；

かつ前記電極および前記アース間で生成された無線周波電圧差が、燃料と空気の混合気をイオン化させ、結果として該燃料と空気の混合気を燃焼させる無線周波電界を生成するように構成され；

かつ前記電気回路は、低電圧回路および高電圧回路を含み、該低電圧回路は無線周波通昇変圧器により前記高電圧回路を駆動し、該高電圧回路は共振周波数を有し、前記低電圧回路は該共振周波数と同一又は略同一の周波数で前記高電圧回路を駆動し、前記電極は前記高電圧回路の出力端に接続するように構成され；

かつ前記電極への前記電気回路の出力を制御する手段は、前記電気回路中の実際のインピーダンスを測定して、該実際のインピーダンスを設定値インピーダンスと比較するように構成されたことを特徴とする点火システム。

【請求項3】

前記電極への前記電気回路の出力を制御する手段は、前記高電圧回路の前記出力電力を調整し、前記実際のインピーダンスが実質的に前記設定値インピーダンスに対応するように構成されたことを特徴とする請求項2記載の点火システム。

【請求項4】

前記電極への前記電気回路の出力を制御する手段は、前記低電圧回路からの前記出力電力を調整するパルス幅変調を使用して、前記高電圧回路の前記出力電力を調整するように構成されたことを特徴とする請求項3記載の点火システム。

【請求項5】

燃焼室内で、燃料と空気の混合気に点火する点火方法において；

可燃性の気体混合物を充満した燃焼室へ、コロナ放電により電極を介して電気エネルギーを放電するステップと；

イオン化した可燃性気体混合物が、前記燃焼室内の可燃性の気体混合物を燃焼させる自己維持燃焼反応を開始させるに十分なイオン化レベルになるまで、前記可燃性の気体混合物をコロナ放電によりイオン化させるステップと；

前記電極に電力を提供している電気回路の実際のインピーダンスを測定するステップと；

前記実際のインピーダンスを設定値インピーダンスと比較するステップと；そして

前記燃焼室でプラズマが生成されず、そしてアークが生成されないように、前記実際のインピーダンスを前記設定値インピーダンスに略合致させるために、前記電極経由の電気エネルギーの放電率を制御するステップ；とで構成されたことを特徴とする点火方法。

【請求項6】

前記可燃性気体混合物で充満した前記燃焼室へ、電気エネルギーを放電する前記ステップが、前記燃焼室に無線周波電界を生成するステップを含むように構成されたことを特徴とする請求項5記載の点火方法。

【請求項7】

前記電極は高電圧回路により給電され、該高電圧回路は低電圧回路により給電されるように構成され、かつ前記高電圧回路は共振周波数を有し、そして前記高電圧回路が該高電圧回路の出力端に接続された前記電極を共振させるように、前記共振周波数と同一又は略同一の周波数で前記高電圧回路を駆動させるRF通昇変圧器を介して、前記低電圧回路は前記高電圧回路へ給電するように構成されたことを特徴とする請求項5記載の点火方法。

【請求項8】

前記無線周波電界は、前記電極と、前記燃焼室において形成された電界放電増幅子

10

20

30

40

50

の間で生成され、該電界放電増幅子は電界の強さを集中させる機能を有するように構成されたことを特徴とする請求項6記載の点火方法。

【請求項9】

前記インピーダンスは、高電圧回路の入力端で測定されるように構成されたことを特徴とする請求項7記載の点火方法。

【請求項10】

前記電気エネルギーの放電率を制御するステップは、パルス幅変調を用いて前記低電圧回路の出力電力を調整するステップを含むように構成されたことを特徴とする請求項7記載の点火方法。

【請求項11】

前記電極は、前記燃焼室に静電接続するように構成されたことを特徴とする請求項5記載の点火方法。

【請求項12】

前記電極は、前記燃焼室と直接接続するように構成されたことを特徴とする請求項5記載の点火方法。

【請求項13】

前記燃焼室は、内燃機関のために用いられるように構成されたことを特徴とする請求項5記載の点火方法。

【請求項14】

前記燃焼室は、ガスタービンエンジンのために用いられるように構成されたことを特徴とする請求項5記載の点火方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば内燃機関またはガスタービンにおいて、燃料と空気の混合気を点火させるコロナ放電を生成し持続させるための点火システムと方法に関する。

【背景技術】

【0002】

通常、内燃機関（“ICE”）またはガスタービンでの燃料と空気の混合気の燃焼は、従来のスパーク式点火システムで行われてきた。スパーク式点火システムは、燃料と空気の混合気中で、電気アーク放電を生成する。アーク放電は、直ちに周囲の燃料と空気の混合気を非常に高温に加熱し原子核から電子を放出させて、高度にイオン化した気体の比較的小さい領域を作り出す。そして燃焼反応は、イオン化した気体のこの小さい領域において開始される。条件が揃った場合には、この発熱燃焼反応は直ちにイオン化した気体の小さい領域を包囲している燃料と空気の混合気を加熱し、更なるイオン化および燃焼を引き起こす。この連鎖反応プロセスは、最初にICEまたはガスタービンの燃焼室に最初の火炎核を生成し、かつ火炎面が燃焼室を移動し、燃料と空気の混合気が完全に燃焼するまで続行する。

【0003】

従来のスパーク式点火システムにおいては、高電圧DCが燃焼室の2つの電極全体に供給された時に電気アーク放電が生成される。一般的には、ICEの場合スパークプラグの一部である電極は、燃焼室中に配置されている。比較的小さいギャップが、両電極の間に設けられている。電極間の高電圧は、電極間に強電界を生成させる。この強電界によって、電極間の気体の絶縁破壊が生じることになる。この絶縁破壊は、燃料と空気の混合気に自然に存在するシード電子が電界によって非常に強力なエネルギーレベルに高められた時に、開始される。すなわちシード電子が、燃料と空気の混合気中の他の電子と衝突する時に、そのシード電子はそのような高いエネルギーレベルに加速され、このシード電子は上記の他の電子を核から自由に解放することで、2つの低エネルギーレベルにある、複数の自由電子および単一のイオンを生成する。さらにこの2つの低エネルギーレベルにある自由電子は、電界によって高エネルギーレベルに、次々に加速され、そしてそれらは、また、燃

10

20

30

40

50

料と空気の混合気中の他の電子に衝突する。この連鎖反応が続く場合、結果的には、電極間のかなりの燃料と空気の混合気が、電荷を負っている構成粒子（すなわちイオンおよび電子）にイオン化される電子なだれ現象となる。イオン化したこの種の燃料と空気の混合気が大部分で存在する場合、最早その混合気は誘電性が無く、むしろ導体として作用し、プラズマと呼ばれている。この点火システムにおいては、帯電した電荷が消滅するまでは、スパークプラグの1つの電極から他の電極まで、イオン化された燃料と空気の混合気の細い閃光柱（すなわちアーク）で、大電流が通電する。混合気が完全な絶縁破壊を受けるので、この大電流が通過するときには、電極間は低電位となる。大電流によって、直ちにアークを包囲する燃料と空気の混合気は、猛烈に加熱される（最高30,000度（華氏））。10
燃焼を始めるのに十分長く燃料と空気の混合気のイオン化を持続させるのは、この熱である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電気アーク放電で燃焼を開始させるこの方法は、多くのアプリケーションで、かなり良好に機能する。しかしながら、高濃度空気を供給するICEエンジン、あるいは稀釈燃料と空気の混合気を燃焼させるエンジンのようなアプリケーションでは、従来のスパーク式点火システムより良好に機能する、異なるタイプの燃焼開始方法の需要が大きくなっている。高濃度空気供給のエンジンでは、より大きな出力と、より高い効率が結果として得られる。一方、稀釈燃料と空気の混合気では、エンジンからの汚染排気が減少し、かつ高効率20
が得られる。これらのアプリケーションにおいては、従来のスパーク式点火システムは、広範囲にわたり採用できる十分高い信頼性レベルで、機能することができない。

【0005】

従来のスパーク式点火システムを利用している高濃度空気供給のエンジンでは、ガス圧が増加するため（パッシュンの法則に従って）、電気アーク放電を生じさせるために、電極全体に、より大きな電圧が必要である。しかしながら電極の最大の電圧は、点火システムの絶縁体の絶縁耐力により制限されてしまう。点火システムの絶縁耐力が充分でない場合には、アークを生じるために十分な電圧を電極に供給することが出来ない。またたとえ点火システムの絶縁耐力がアークを生じるのに十分な電圧を、電極に供給する場合であっても、高濃度空気供給のエンジンで必要な増加した電圧は、電極での電気エネルギーの増加、30
電極温度の上昇、そして電極浸食率の増加、という欠点を有する。この電極浸食は、アークを引き起こすのに必要な電圧の更なる増加を引き起こす電極間のギャップ距離を拡大させ、結局はアーク生成を妨害して、エンジンの点火ミスを発生させてしまう欠点を有する。

【0006】

稀釈燃料と空気を燃焼させるエンジンは、高濃度空気供給レベルと連動してしばしば作動するので、従来のスパーク式点火システムでも、上記と同じ理由で、稀釈燃料と空気を燃焼させるエンジンでは機能的に問題となる。また、稀釈燃料と空気の混合気は、概して効率的に燃焼させるために、アークからより大きなエネルギーを得る必要がある。しかし従来のスパーク式点火システムの最大エネルギー出力は、電極浸食が問題になる前に、40
点火システムの絶縁体によって生成される最大電圧により制限され、また電極を通じて出力可能な最大エネルギーにより制限されてしまう。加えて従来のスパーク式点火システムを利用した稀釈燃料と空気を燃焼させるエンジンでは、燃焼を開始するために必要な、電気アークから周囲の燃料と空気の混合気へのエンジン燃焼室内で必要とする熱伝導、並びにその燃焼を維持するために必要な、電気アークによって生成される小火炎核から火炎面への熱伝導は、乱気流や冷却した燃焼室壁等のために起こる熱損失により、容易に伝導されなくなってしまう。もしこの熱損失があまりにも大きい場合、エンジン内の燃焼は続行することが出来なくなる。

【0007】

要するに、熱は、従来のスパーク式点火システムが持つ欠点のうちの1つである。例え50

ばそれらの欠点は、アークによって生成される電極に損害を与える熱自体であり、また炎核の燃焼を開始し、火炎面を通してその燃焼を持続させる熱伝達に対する依存性である。更にまた、燃料と空気の混合気をイオン化するために生成された熱への依存性の為に、従来のスパーク式点火システムの最大エネルギー出力は、電極が耐えうる熱量により制限されるという欠点を有する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の目的は、直接燃料と空気の混合気をイオン化するためにコロナ放電を使用する点火システム及び方法を提供することである。コロナ放電において、燃料と空気の混合気が大電流アークを生じている完全な絶縁破壊を受けないために、燃焼室の電界が制御される。むしろ、その場合の電界は、高水準に維持されるが、完全な絶縁破壊を引き起こす程は高くない。そして一旦燃料と空気の混合気が十分なレベルにイオン化されると、燃焼室の全体にわたって広がることのできる火炎面が発生する。

10

【0009】

本発明の一実施例はエンジンであり、このエンジンは、可燃性の気体混合物を吸入する燃焼室と、電極と、この電極に給電する電源と、この電源の電流を測定する電流センサと、この電源の電圧を測定する電圧センサと、そして、前記電極および燃焼室間でコロナ放電を持続させるために、前記測定された電圧および電流に基づいて前記電極に供給される電力レベルを制御する手段、とを有し、かつ前記コロナ放電は、前記可燃性の気体混合物を点火するために十分なエネルギーを供給するように構成されている。

20

【0010】

本発明の他の実施例は、燃焼室内で、燃料と空気の混合気に点火する点火方法であり、この方法は、コロナ放電が電極および燃焼室の間で生成するように、電極に無線周波電力を供給するステップと、電極に給電する電源の電圧および電流を測定するステップと、そして電極および燃焼室間の該コロナ放電を持続させるために、前記測定された電圧および電流に基づいて前記電極に供給される電力レベルを制御するステップであり、かつ前記コロナ放電が前記燃焼室内の前記可燃性気体混合物を点火するために十分なエネルギー供給を行うように構成した電力レベルを制御するステップ；とで構成されたことを特徴としている。

30

【0011】

本発明の他の実施形態は、点火装置であり、この点火装置は、燃焼室内部に固定設置された電極と、前記電極に30,000ヘルツから3,000,000ヘルツの周波数を有する無線周波電力を供給する電気回路とを有し、該電気回路は、前記無線周波電力が前記燃焼室内部の気体内でコロナ放電を生成させるように構成され、かつ前記電気回路は、電気アークが前記電極と接地間で生成されないように、前記電極と接地間の電流値を維持するように構成されたことを特徴としている。

【発明の効果】

【0012】

上記電界は燃焼室内の比較的大きな空間全体に広がっているために、結果として生じる火炎面は従来のスパーク式点火システムから生じる炎核心より大きくなる。このより大きい火炎面は、乱気流および他の因子のために点火するのが困難である部分を含む不均一な燃料と空気の混合気を有した、希薄な燃料と空気の混合気を燃焼させるのを促進させることが出来る。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明の原理は、詳細にコロナ方式の放電点火システムおよびその稼動方法に関する特定かつ例示的な実施例を以下に記載することにより説明する。しかしながら当業者ならば、本発明の原理は、他装置または方法で使うことが可能であることは理解することが出来る。本発明の権利範囲は、本発明のこの例示的な実施形態の詳細により制限されることを目的としない。本発明の権利範囲は、添付の請求の範囲を理解して決定されなければな

50

らない。

【 0 0 1 4 】

図1は、本発明の例示的实施形態に係る点火システムを例示する。以下の説明は、点火システムをICE（内燃機関）に応用した場合について記載する。しかしながら当業者であれば、本点火システムが例えば他方式のエンジン（例えばガスタービンエンジン等）にも利用できることと理解することは可能である。燃焼を開始するために使用する例示的な方法によれば、電極は強力な無線周波（「RF」）電圧に充電され、燃焼室内にはRF電界が生成されている。そしてこの強い電界は、燃焼室内の一部の燃料と空気の混合気をイオン化させる。またこの燃料と空気の混合気をイオン化する過程は、絶縁破壊の始期となる。しかしながら、シリンダ内の電界は十分よく制御されているので、プラズマ状態となり電極から接地されたシリンダ壁またはピストンまで、アークが生成される結果となる電子なだれ現象のレベルまでは、その絶縁破壊は進行しない。そこでの電界は、一部分の燃料と空気の混合気だけがイオン化されるレベルに維持され、その一部分では電界は上述のようなプラズマとなる電子なだれ連鎖反応を生成するには不十分である。しかしながら、その電界はコロナ放電が起こるには十分に強く保たれている。コロナ放電においては、電極上の電荷は小電流として混合気を通してアース側に放電されるか、或いは電極から放出される電子を通してかの、何れかの経路で、イオン化された燃料と空気の混合気から電極に吸収される電子を通じてアース側に放電される。しかしアーク放電と比較して、その電流は非常に小さく、そして電極の電位は非常に高く維持されている。十分に強い電界は、一部の燃料と空気の混合気をイオン化させ、燃焼反応を容易にさせる。そしてこのイオン化された燃料と空気の混合気は、自己維持できる火炎面を生成し、残留する燃料と空気の混合気を燃焼させる。

【 0 0 1 5 】

図1は、例示的なコロナ放電点火システムの構成要素を示す回路図である。この点火システムは、低電圧回路10が無線周波通昇変圧器20を経由して高電圧回路30と接続し、さらにこの高電圧回路は燃焼室50内部にある電極40と接続している。

【 0 0 1 6 】

この低電圧回路10は、例えば100～400VのDC回路でよい。この100～400Vの電圧は、従来型エンジンの12Vまたは24Vの直流電源方式に接続した一つ以上の通昇変圧器を使用して昇圧することが出来る。低電圧回路10の電圧および/または電流は、下記に詳述するように制御システムにより制御することができる。低電圧回路10には、例えば50～500kHzで1～5KVACの出力を有するRF通昇変圧器20を入れる。

【 0 0 1 7 】

RF通昇変圧器20は、高電圧回路30を駆動させる。高電圧回路30には、例えば一つ以上の誘電素子32を含ませてもよい。誘電素子32には、図1の素子31として示される付随するキャパシタンスを接続してもよい。加えて、配線、電極40、通過絶縁体71aおよびアースは、図1の素子33として例示する付随するキャパシタンスを有することができる。さらに、誘電素子32、キャパシタンス31およびキャパシタンス33は、付随する共振周波数を有する直列LC回路を形成する。図1のコンデンサ素子31、33および誘電素子32は、単に可能な構成における一例である。当業者ならば周知のように、多くの異なる構成を、無線周波範囲内の高電圧を生成するために用いることが可能である。一つの実施例においては、高電圧回路30には、7.5ミリヘンリーの誘電素子32および26ピコファラドの等価な直列コンデンサ（31および33）が含まれる。この実施例での共振周波数は、360キロヘルツである。RF通昇変圧器20の出力周波数は、高電圧回路30の共振周波数と一致する。このように例えば1～5のKVACの出力を有するRF通昇変圧器20が、その共振周波数で高電圧回路30を駆動するときに、高電圧回路の出力端で（Bで示す）、この高電圧回路は、例えば50～500KVACの電位に大幅に昇圧されるように励磁される。上述の低電圧回路10および高電圧回路30の電圧および周波数は、単に例示に過ぎない。これらの電圧および周波数は、特定の点火システム毎の要求事項に従って選択することができる。一般に、電極に供給される高周波電力の周波数は、30,000から3,000,000ヘルツの間である。

【 0 0 1 8 】

高電圧回路30は、燃焼室50中へ突出する電極40に給電を行う。電極40は、高電圧回路30の出力端に接続されている。燃焼室50の壁は、電極40に対して接地されている。図1に示す回路図において、点線で示す円内には、電極40および燃焼室50周辺が記載されており、この円内の構成要素は、配電回路のアースに接続しているコンデンサと等価であることを示している。すなわち燃焼室50および電極40は、通過絶縁体71aの誘電体および燃焼室50の燃料と空気の混合気によって分離された従来のコンデンサの2枚のプレートで形成された等価回路となる。そしてこのキャパシタンスには、電界エネルギーが格納されている。

【 0 0 1 9 】

電極40は、図1に例示されるのとは異なって配置することが出来るが、少なくとも燃焼室内部には配置される。この「燃焼室内部」とは、回路に通電されると、例えば電極および燃焼室壁間の燃焼室内部で電界が生成されることを意味する。

【 0 0 2 0 】

図1および図3には、「直結型」RFコロナ放電点火システムが図示されている。本システムは、電極40が燃焼室50の燃料と空気の混合気中に直接配置されているために「直結型」と称され、この場合、電極は通過絶縁体71aを通して延在し、燃料と空気の混合気中に直接曝されている。この点火システムは、強い電界を能率的に生成させることができるが、電極40の性能は、燃焼室の環境に電極が直接曝されているので、時間とともに劣化しやすい。

【 0 0 2 1 】

一方、図2には、「コンデンサ結合型」RFコロナ放電点火システムが図示されている。本点火システムは、電極40が燃料と空気の混合気に直接曝露される通過絶縁体71bの周囲の誘電材質から外へ延在しないので、「コンデンサ結合型」と称される。むしろ電極40は、通過絶縁体71bによって覆われたままであり、電極の電界が通過絶縁体の一部を通過して、燃焼室50に電界を生じさせるように構成されている。他の構成においては、図2のコンデンサ結合型点火システムは、図1および図3の直結型点火システムと同様である。この場合でも、図2の電極40は、それが燃料と空気の混合気に直接曝露されていないが、燃焼室50内部に設置されていると言える。電極40が燃焼室に直接曝露されていないので、このコンデンサ結合型は、直結型点火システムほど効率的に燃焼室50内に電界を生成させることは出来ない一方で、電極が保護されているために、時間と共に急速に劣化することはない。

【 0 0 2 2 】

図3は、コロナ放電点火システムの概略断面図が図示されており、本点火システムの構成要素が、ICEの比較的小さなスペース内に設置されている例が示されている。本発明のコロナ放電点火システムは、エンジンの基本構成をほとんど変更することなく既存のICEに設置することが可能である。概して既存のICEは、シリンダ内で往復運動するピストンを収納したシリンダを有する。燃焼室は、シリンダ壁およびピストンの間で形成されている。燃料と空気の混合気は、燃焼室に吸入されて、点火される。そしてピストンは、加圧燃焼ガスにより駆動される。典型的なICEにおいては、スパークプラグの電極が燃焼室と電氣的に接続するように、エンジンにスパークプラグを装着するスパークプラグ・ソケットが形成されている。

【 0 0 2 3 】

図3の実施形態においては、制御および一次コイル装置60は、タイミング信号61、例えば直流150Vの低電圧DC電源62、および制御情報63をインプットとして受け取る。制御および一次コイル装置60の出力は、点火システムのパフォーマンスに関する診断情報63であってもよい。図1のRF昇変圧器20は、制御および一次コイル装置60に含まれる。第2コイル装置70は、制御および一次コイル装置60、そしてエンジンのシリンダヘッド51に隣接する。図1に示す高電圧回路30のコンデンサおよび誘電素子31および32は、第2コイル装置70に含まれる。

【 0 0 2 4 】

10

20

30

40

50

図3には、例えば窒化ボロンで形成される通過絶縁体71aが示されている。通過絶縁体71aはシリンダヘッド51を貫通して燃焼室50に挿入され、この通過絶縁体71aは電極40を包囲するように構成されている。そしてシリンダヘッド51、シリンダ壁53、およびピストン54は、電極40に関して接地されている。また通過絶縁体71aは、例えば金属シリンダである電極ハウジング72内に固定されている。例えば電極ハウジング72および電極40との間隙73は、硫黄六フッ化物(SF_6)または圧縮空気のような誘電気体で装填することができる。制御および一次コイル装置60、第2コイル装置70、電極ハウジング72、電極40および通過絶縁体71aは一体として、シリンダヘッド51のスペース52内に嵌入されるスパークプラグ88を形成する。例えば、図3に示される電極ハウジング72の小径部には、スパークプラグ88がシリンダヘッド51に螺合するように、シリンダヘッド51の対応するスレッドと噛み合うスレッドを有することができる。

10

【0025】

燃焼室50は、最強の電界領域を集中させるように設計することができる。ある実施例によれば、ピストン54の頭部から延在する比較的鋭い突起から成る電界放電増幅子55が、電界放電増幅子55および電極40の間に位置する図3の陰影をつけられた領域に電界を集中させることができる。図4は、電界放電増幅子55を示すピストン54の平面図である。他の実施形態によれば多くの突起を、最強の電界領域を集中させるために、電極40上に設置することができる。例えば電極は、燃焼室壁の外側へ放射状に電極から延在する4つの突起を含むことができる。その突起は、例えば電極および接地された燃焼室の間で生成した電界を導く電界放電増幅子と同じ機能を実質的に有する。

20

【0026】

上記電界は燃焼室50内の比較的大きなボリューム全体に広がっているために(図3に示すように、その電界領域は集中している場合でも)、結果として生じる火炎面は従来のスパーク式点火システムから生じる炎核心より大きくなる。このより大きい火炎面は、乱気流および他の因子のために点火するのが困難である部分を含む不均一な燃料と空気の混合気を有した、希薄な燃料と空気の混合気を燃焼させるのを促進させることができる。

【0027】

点火システムが正確な時間に点火するために、そして放電によって、完全な絶縁破壊が生ぜず、燃焼室50でプラズマやアークを生成しないように、例えば低電圧回路を制御するための制御システムを設けることが可能である。この制御システムは、所定時間(例えば上死点の前の10度)に、予め定められた継続時間(例えば1~2ミリ秒)だけ点火システムに点火することが出来る。制御システムは、所望の継続時間のコロナ放電を持続するように設計してもよい。例えば上述の制御システムは、各点火サイクルの間、1~2ミリ秒または他の所望の継続時間だけ、コロナ放電を持続するように設計してもよい。各点火サイクルのコロナ放電により生成されるエネルギーは、燃焼室の燃料と空気の混合気に点火するのに十分なものである。

30

【0028】

さらに上述の制御システムは、動的に、点火システムを点火する時間、点火継続時間、更にはエンジン出力、排気等の目的を達成したり最適化する点火サイクル当たりのスパーク回数を動的に選択する能力を含めてもよい。最終的には、点火システムのスパークを制御することは、エンジン出力、排気、効率等の目的を達成あるいは最適化する燃料と空気の混合気の燃焼方法に、影響を及ぼすことを目的とする。従って本コロナ放電点火システムでは、燃料と空気の混合気の燃焼を制御するより良好なタイミングを設けることが可能となり、従って従来のスパーク式点火システムと比較して改良されたエンジン出力、排気またはエンジン効率を提供することが可能となる。このコロナ放電点火システムは、従来のスパーク式点火システムより大幅に効率良くイオン化したエネルギーを燃焼室に供給する能力と、爆発ストローク当たりのイオン化エネルギーの総量を増加させて燃焼室に提供する能力とで、制御可能な範囲を大幅に拡大することが可能となる。

40

【0029】

図5および図6には、アーク放電を回避して、コロナ放電を制御する方法が図示さ

50

れている。図5は、図1の位置Aで測定された高電圧回路30の仮想的かつ理想的な入力特性を示している。そして図6は、図1の位置Bで測定された高電圧回路30の仮想的かつ理想的な電極40に対する出力特性を示している。また図6は、コロナ放電とアーク放電の特徴の違いを示す有用な実例である。図6に示す電圧および電流のゼロ値からスタートして、電極40の電圧値が増加するにつれて、電流値は比較的緩慢な率で増加する。これは、燃料と空気の混合気の誘電性に起因する。電圧値が増加して、比較的高い電圧に達するにつれて、電流値の上昇率は増加する。これは電圧電流グラフの傾斜の減少から明白である。そして燃料と空気の混合気の絶縁破壊が始まり、コロナ放電がこの移行段階で生成される。仮に電圧値が更に増加する場合、燃料と空気の混合気は完全な絶縁破壊（ほぼ図6のグラフの位置Cで）を受け、プラズマが燃料と空気の混合気中で生成される。プラズマは容易に電荷を移動させるので、プラズマが持続する間は、電圧は大幅に低下し、電流は比較的自由にアークを通過する。従って本発明の例示的实施形態によれば、本発明の点火システムは、出力が図6に図示する点線領域に達しないように制御されている。

【0030】

図5に示す高電圧回路30の入力特性は、図6に示す出力特性の略逆のものである。電極40の電圧が増加し（アークが生成前で）、出力電圧が上昇するにつれて、入力電流は高出力電圧を生成するために増加する。電流が上昇するにつれて、入力電圧は上昇する。そして電流値で電圧値を割ったものが、インピーダンス値を示す。この場合、インピーダンスは低電圧で略一定である。しかしコロナ放電が起こる移行段階においては、電圧は電流に対して、より急速に上昇し始め、インピーダンスが増加する。もしアークが電極40で生成されると、入力電流は急激に低下する。本発明の例示的实施形態によれば、入力は図5に示す点線領域に達しないように制御されている。

【0031】

コロナタイプの放電を生成し持続させるために、放電を調整するには、高電圧回路の入力値を、インピーダンス設定値 I_s （図5を参照）が選択される。このインピーダンス設定値は、放電の性質を決定することになる。インピーダンス設定値を、より高く設定すると、アーク放電まではイオン化能力はより大きくなる。実際のインピーダンス I_a が測定され、インピーダンス設定値 I_s と比較することが出来る。低電圧回路10のための電源入力値は、実際のインピーダンス I_a をインピーダンス設定値 I_s と同値または略同値にするために、例えばパルス幅変調を使用して調整することが出来る。

【0032】

図7は、本発明の例示的实施形態による制御及び一次コイル装置60の機能ブロック図である。図7に示すように、制御および一次コイル装置60には、例えば直流電源からライン62経由で150ボルトの電圧を受けるセンタ・タップ型の主RF変圧器20が含まれている。高電力開閉器72が設けられており、これによって例えば高電圧回路30の共振周波数（図2を参照）である所望の周波数で、位相Aおよび位相Bの2相で変圧器20に印加すべき電源を切替えることが出来る。また150ボルトの直流電源は、制御および一次コイル装置60の制御回路のための制御回路電源74に接続されている。制御回路電源74には典型的には、制御装置が受け入れられるレベル、例えば5ボルト～12ボルトまで150ボルトの直流電源を減圧する通降変圧器が含まれる。本発明の例示的实施形態によれば、変圧器20からの出力端は（図2および図7では“A”で示されている）、第2コイル装置70（図3を参照）に収納されている高電圧回路30に給電するために用いられる。

【0033】

変圧器20からの電流および電圧出力はAポイントで検知され、例えば信号からノイズを取り除く等の従来技術による信号調整が、それぞれ73および75で実行される。例えばこの信号調整には、アクティブ、パッシブ又はデジタル、ローパスおよびバンドパスフィルタが含まれる。その電流および電圧信号は、それから各々77、79で調整され平均化された完全な波形となる。信号ノイズを取り除く電圧および電流（それは）の平均処理は、従来のアナログまたはデジタル回路で達成することができる。この平均化され調整された電流および電圧信号は、電流値で電圧値を割る計算を行い実際のインピーダンスを算出する割り

算回路80に送られる。また上述の電流および電圧信号は、高電圧回路30のための共振周波数である周波数を出力する位相検出および位相固定ループ（PLL）78に送られる。PLLは、電圧および電流が同調するように、その出力周波数を調整することによって共振周波数を決定する。なお直列共振回路では、共振で励磁される場合に電圧および電流は同調していることになる。

【0034】

算出されたインピーダンスおよび共振周波数は、各々が計算された負荷サイクルを有する位相Aおよび位相Bの2つのパルス信号を出力するパルス幅調整器82に送られ、このパルス幅調整器82は変圧器20を駆動させる。パルス信号の周波数は、PLL78から受け取った共振周波数に基づく。また負荷サイクルは、割り算回路80から受け取るインピーダンスと、更にシステム・コントローラ84から受け取るインピーダンス設定値に基づく。パルス幅調整器82は、2つのパルス信号の負荷サイクルを調整し、割り算回路80からの測定インピーダンス値を、システム・コントローラ84から受け取ったインピーダンス設定値に一致させる。

【0035】

システム・コントローラ84は、インピーダンス設定値を出力することに加えて、パルス幅調整器82に対してもトリガー信号パルスを送る。このトリガー信号パルスは、図2に示される高電圧回路30および電極40のスタートを制御する変圧器20のスタートタイミングを制御する。トリガー信号パルスは、図8に示すマスターエンジン制御装置86から受け取るタイミング信号61に基づく。このタイミング信号61は、いつ点火の連続信号を起動すべきかを決定する。システム・コントローラ84は、このタイミング信号61を受信し、その後パルス幅調整器82にトリガーパルスおよびインピーダンス設定値の適切な連続信号を送る。この連続信号の情報がパルス幅調整器に、点火のタイミング、点火の回数、点火の長さ、そしてインピーダンス設定値を伝える。所望のコロナ特性（例えば点火の連続信号およびインピーダンス設定値）は、システム・コントローラ84で符号化されるか、或いはこのコロナ特性の情報はマスターエンジン制御装置86から信号63を経由してシステム・コントローラ84に送信される。最新のエンジン制御装置および点火システムにおいて従来技術のように、システム・コントローラ84はマスターエンジン制御装置86に診断情報を送ることも出来る。診断情報の例には、電流および電圧信号から判明するように、電圧の過剰又は不足、或いは点火ミスが含まれる。

【0036】

図8に示すようにマスターエンジン制御装置86が、さまざまなタイミング、診断およびコロナ特性信号と共に図示されている。通常、マスターエンジン制御装置86は、複数のエンジン制御装置センサ、例えば温度および圧力センサまたは回転計、および例えば燃料噴射器またはスロットルのような一つ以上のアクチュエータと通信を行っている。また12/24ボルトの入力を受けたり、150V（直流）に電圧を上げるための、例えば従来のスイッチング電源技術を有する直流電源装置88が示されている。

【0037】

本発明の一実施例によればインピーダンス設定値 I_s は、システム・コントローラ84で決定されるよりは、むしろマスターエンジン制御装置86で決定される。マスターエンジン制御装置86は、点火システムから診断情報63を含むエンジンの動作状態に基づき、例えばインピーダンス設定値、一回の点火あたりの放電回数、点火継続時間、等を含むコロナ放電特性を決定することが出来る。エンジンの作動中にマップに従いコロナ放電特性が動的に設定されるように、所望のコロナ放電特性をスロットル位置、回転速度、負荷、およびロック検出のようなさまざまなパラメータに関連させたマップが、経験的に所定のエンジンに設定され、マスターエンジン制御装置86に組み込むことが可能である。さらにこの所望のコロナ放電特性は、閉ループフィードバック情報、例えば排気ガス、エンジン出力、シリンダ圧、等に基づいて、マスターエンジン制御装置86で決定することも可能である。

【0038】

各種信号およびDC電源が、電源および信号線により複数のスパークプラグ88に接続さ

10

20

30

40

50

れている。図8には、各シリンダに一つのスパークプラグが、6個示されている。各スパークプラグ88には、制御および一次コイル装置60、第2コイル装置70、電極ハウジング72、そして通過絶縁体71が含まれている。各々のスパークプラグは、例えば図3に示す構造を有することができる。

【0039】

当業者ならば周知のように上記制御システムは、コロナ放電の特性およびタイミングを制御する他の方法でも構成することが可能である。例えば、低電圧回路10のためのパワー入力端は、電圧制御または電流制御技術を使用して調整することができる。放電は、動的にRF通昇変圧器20の駆動周波数または高電圧回路30の共振周波数を調整することにより調整することができる。さらに動的に高電圧回路30の特性を変えることによって、放電を調整することも可能である。

10

【0040】

さらに高電圧回路30の出力端（入力端に対して）でのインピーダンスに基づいて、コロナ放電を制御することも可能である。この場合、高電圧回路30の出力端での実際のインピーダンスを測定し、さらに実際の出力インピーダンス $I_{a,2}$ と比較するインピーダンス設定値 $I_{s,2}$ （図6を参照）を選ぶために、適切なコンポーネントを用いることもできる。マスターエンジン制御装置86は、例えばマッピングまたは閉ループ・フィードバック制御に基づいて、所望のコロナ特性を決定するために上記に開示したように構成することができる。

【産業上の利用可能性】

20

【0041】

例示的なコロナ放電点火システムの試験を、燃焼室で行った。燃焼室は、略標準的な温度と圧力のプロパンおよび空気を含んでいる。空気と燃料の比率は、31.25対1で行った。この空気と燃料の比率は、プロパン/空気の混合気では、2だけ過剰空気率の結果となる。コロナ放電は、燃料と空気の混合気の完全な絶縁破壊にならないように制御されている。高電圧回路は、ほぼ350kHzで共鳴した。また1,007ミリジュールの全放電が、燃焼室に供給された。上記の条件下では上述のコロナ放電点火システムは、燃焼室内の燃料と空気の混合気を効果的に点火した。また標準状態で実行された類似のテストでは、従来のスパーク式点火システムでは、燃料と空気の混合気に点火することができなかった。

【0042】

30

上記の検討は、ピストン運転のICEでの燃料と空気の混合気を点火する発明の実施例での使用に、主として集中して行われた。しかしながら本発明は、他のタイプのエンジン、例えばガソリン、プロパン、天然ガス、固定、あるいは移動の各形式のICE、更にまたディーゼルエンジンのような自家点火タイプのICE、等の燃料と空気の混合気を点火するためにも用いることが可能である。さらに本発明は、ガスタービンでの燃焼反応を制御或いは強化するためにも用いることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】図1は、本発明の例示的实施形態に係る、燃焼室と直結型で接続した電極を有するコロナ放電点火システムの回路図である。

40

【図2】図2は、本発明の例示的实施形態に係る、燃焼室とコンデンサ結合型で接続した電極を有するコロナ放電点火システムの回路図である。

【図3】図3は、内燃機関内に位置する図1に示すコロナ放電燃焼方式の構成要素の実施例を示す回路図である。

【図4】図4は、本発明の例示的实施形態に係る図3のピストンの頭部上に配置された電界放電増幅子の平面図である。

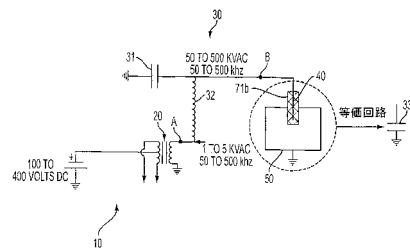
【図5】図5は、本発明の例示的实施形態に係るコロナ放電点火システムの高電圧回路における入力特性のグラフである。

【図6】図6は、本発明の例示的实施形態に係るコロナ放電点火システムの高電圧回路における出力特性のグラフである。

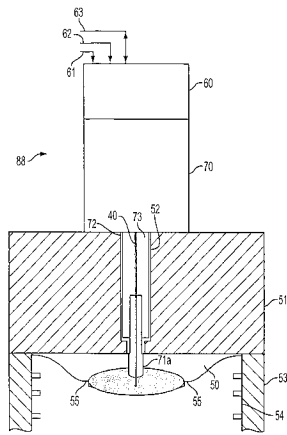
50

【図 8】図8は、本発明の例示的实施形態に係る多数のスパークプラグに接続しているマスターエンジン制御装置の配線図である。

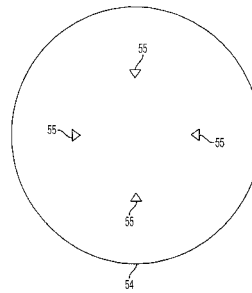
【圖 2】



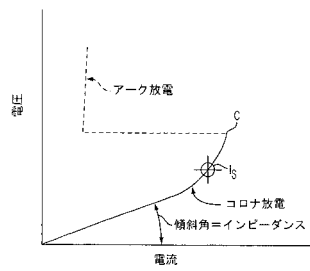
【図 3】



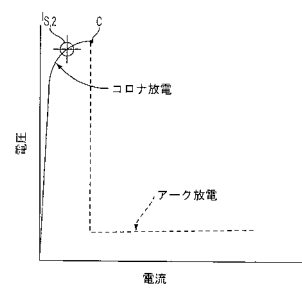
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭57-186066(JP,A)
特開昭57-136027(JP,A)
特開平08-171978(JP,A)
実開昭57-022680(JP,U)
特開昭52-122738(JP,A)
特開2000-282863(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F02P 23/04

F02C 7/266

H01T 19/04