

(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2012-149607

(P2012-149607A)

(43) 公開日 平成24年8月9日(2012.8.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO2P 23/04 (2006.01)	FO2P 23/04 B	3G019
FO2P 3/01 (2006.01)	FO2P 3/01 A	3G023
FO2P 13/00 (2006.01)	FO2P 13/00 3O1J	
FO2B 23/08 (2006.01)	FO2P 13/00 3O1A	
	FO2B 23/08 L	

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-10170 (P2011-10170)
 (22) 出願日 平成23年1月20日 (2011.1.20)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人YKI国際特許事務所
 (72) 発明者 木下 雅夫
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 秋濱 一弘
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 木崎 好美
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

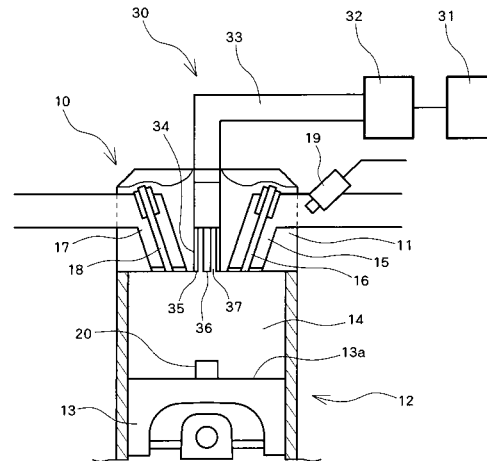
(54) 【発明の名称】 内燃機関の点火装置

(57) 【要約】

【課題】 広範囲で放電が可能な内燃機関の点火装置を提供する。

【解決手段】 マイクロ波発生電源32は、内燃機関10の燃焼室14内で共振する周波数のマイクロ波を発生させる。マイクロ波放射器34は、マイクロ波発生電源32にて発生したマイクロ波を燃焼室14内へ向けて放射する。突起部20が、燃焼室14に臨むピストン13の頂面において、マイクロ波放射器34によって放射されたマイクロ波の電界強度が相対的に高い位置に設けられている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

燃焼室内の混合気の点火を行う内燃機関の点火装置であって、
前記燃焼室内に電磁波を供給する電磁波発生電源と、
前記燃焼室に臨む状態で配置され、前記電磁波発生電源にて発生した電磁波を前記燃焼室内へ向けて放射する電磁波放射器と、を備え、
前記燃焼室内の電界の強度を局所的に高める突起部および凹部のうち少なくともいずれか一方が、前記燃焼室に臨む面において、前記燃焼室内に放射された電磁波によって形成される電界の強度が相対的に高くなる位置に設けられている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記電磁波放射器は、
柱状の内側導体と、
前記内側導体の外側に同軸状に設けられた筒状の外側導体と、を備え、
一端が前記燃焼室に臨む状態で配置されて、前記電磁波発生電源にて発生した電磁波を前記内側導体と前記外側導体との間を伝播させて前記燃焼室内へ向けて放射し、
前記突起部又は前記凹部は、前記電磁波放射器に対向する位置に設けられており、前記突起部又は前記凹部の幅が、前記外側導体の内径よりも長い、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記電磁波放射器は、前記燃焼室に臨む状態で前記内燃機関のシリンダヘッドに設けられ、
前記突起部又は前記凹部は、前記燃焼室に臨むピストン頂面に設けられている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記突起部又は前記凹部は、複数設けられている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

30

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記電磁波放射器は、前記シリンダヘッドの略中央部に設けられており、
前記突起部又は前記凹部は、前記ピストン頂面の略中央部に設けられている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

【請求項 6】

燃焼室内の混合気の点火を行う内燃機関の点火装置であって、
電磁波を発生させる電磁波発生電源と、
柱状の内側導体および前記内側導体の外側に同軸状に設けられた筒状の外側導体を備え、
一端が前記燃焼室に臨む状態で配置されて、前記電磁波発生電源にて発生した電磁波を前記内側導体と前記外側導体との間を伝播させて前記燃焼室内へ向けて放射する電磁波放射器と、
を備え、
前記内側導体は、前記燃焼室に臨む一端から前記外側導体よりも前記燃焼室内に向けて突出して設けられており、
前記電磁波放射器には、前記内側導体と前記外側導体との間を伝播してきた電磁波を前記外側導体の内側に反射させる部材と、電磁波によるプラズマ放電を発生させる間隙とが、
前記燃焼室に臨む一端側に形成されている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

40

【請求項 7】

50

請求項 6 に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記燃焼室内に臨む一端側において、前記内側導体と前記外側導体とが接続されており、
前記間隙は前記外側導体に形成されている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記外側導体には、周方向に沿って前記間隙が複数形成されている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の内燃機関の点火装置であって、
前記電磁波放射器は、前記燃焼室内に臨む一端側において、前記内側導体と前記外側導体とを接続する接続部を有し、
前記間隙は前記接続部に形成されている、
ことを特徴とする内燃機関の点火装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内燃機関の点火装置に関し、特に、電磁波を利用して燃焼室内の混合気の点火を行う点火装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

内燃機関の点火装置として、数 GHz の周波数を有するマイクロ波などの電磁波を用いて、燃焼室内の混合気の点火を行う点火装置が知られている。下記の特許文献 1 には、ピストンの頂面に対向する位置にマイクロ波放射アンテナが設けられた点火装置が開示されている。マイクロ波放射アンテナからマイクロ波を燃料室内に放射して、燃焼室内の混合気の点火を行う。特許文献 1 に記載の点火装置は、マイクロ波を燃焼室内に効率良く伝送するために、混合気の誘電率を制御して、燃焼室内の混合気の共振周波数をマイクロ波の共振周波数に一致させるようにしている。

【0003】

また、下記の特許文献 2 には、燃焼室内で燃焼させる燃料ガスを改質する改質器が開示されている。この改質器においては、マイクロ波放射器から容器内にマイクロ波を放射し、プラズマ放電によって容器内の燃料ガスを改質している。容器内には、マイクロ波の電界強度を局所的に高めるための放電用電極が設けられている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 113570 号公報

【特許文献 2】特開 2009 - 97419 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0005】

内燃機関においては、燃焼効率を向上させることが望まれている。燃焼効率の向上を図るためには、燃焼室内の広範囲で放電を行うことにより火炎伝播を促進して、希薄燃焼を行うことが考えられる。

【0006】

上記の特許文献 1 には、マイクロ波を燃焼室内に効率良く伝送するための技術が開示されているが、燃焼室内のマイクロ波の電界強度を高めて広範囲に高電界を形成することについては開示されていない。また、上記の特許文献 2 には、マイクロ波の電界強度を局所的に高めるための放電用電極が開示されているが、広範囲に高電界を形成することについては開示されていない。

50

【0007】

本発明の目的は、広範囲で放電が可能な内燃機関の点火装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、燃焼室内の混合気の点火を行う内燃機関の点火装置であって、前記燃焼室内に電磁波を供給する電磁波発生電源と、前記燃焼室に臨む状態で配置され、前記電磁波発生電源にて発生した電磁波を前記燃焼室内へ向けて放射する電磁波放射器と、を備え、前記燃焼室内の電界の強度を局所的に高める突起部および凹部のうち少なくともいずれか一方が、前記燃焼室に臨む面において、前記燃焼室内に放射された電磁波によって形成される電界の強度が相対的に高くなる位置に設けられている、ことを特徴とする。

10

【0009】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記電磁波放射器は、柱状の内側導体と、前記内側導体の外側に同軸状に設けられた筒状の外側導体と、を備え、一端が前記燃焼室に臨む状態で配置されて、前記電磁波発生電源にて発生した電磁波を前記内側導体と前記外側導体との間を伝播させて前記燃焼室内へ向けて放射し、前記突起部又は前記凹部は、前記電磁波放射器に対向する位置に設けられており、前記突起部又は前記凹部の幅が、前記外側導体の内径よりも長い、ことを特徴とする。

【0010】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記電磁波放射器は、前記燃焼室に臨む状態で前記内燃機関のシリンダヘッドに設けられ、前記突起部又は前記凹部は、前記燃焼室に臨むピストン頂面に設けられている、ことを特徴とする。

20

【0011】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記突起部又は前記凹部は、複数設けられている、ことを特徴とする。

【0012】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記電磁波放射器は、前記シリンダヘッドの略中央部に設けられており、前記突起部又は前記凹部は、前記ピストン頂面の略中央部に設けられている、ことを特徴とする。

【0013】

また、本発明は、燃焼室内の混合気の点火を行う内燃機関の点火装置であって、電磁波を発生させる電磁波発生電源と、柱状の内側導体および前記内側導体の外側に同軸状に設けられた筒状の外側導体を備え、一端が前記燃焼室に臨む状態で配置されて、前記電磁波発生電源にて発生した電磁波を前記内側導体と前記外側導体との間を伝播させて前記燃焼室内へ向けて放射する電磁波放射器と、を備え、前記内側導体は、前記燃焼室に臨む一端から前記外側導体よりも前記燃焼室内に向けて突出して設けられており、前記電磁波放射器には、前記内側導体と前記外側導体との間を伝播してきた電磁波を前記外側導体の内側に反射させる部材と、電磁波によるプラズマ放電を発生させる間隙とが、前記燃焼室に臨む一端側に形成されている、ことを特徴とする。

30

【0014】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記燃焼室内に臨む一端側において、前記内側導体と前記外側導体とが接続されており、前記間隙は前記外側導体に形成されている、ことを特徴とする。

40

【0015】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記外側導体には、周方向に沿って前記間隙が複数形成されている、ことを特徴とする。

【0016】

また、本発明に係る内燃機関の点火装置であって、前記電磁波放射器は、前記燃焼室内に臨む一端側において、前記内側導体と前記外側導体とを接続する接続部を有し、前記間隙は前記接続部に形成されている、ことを特徴とする。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 7 】

本発明によると、電磁波によって形成される電界の強度が相対的に高くなる位置に突起部又は凹部が設けられているため、突起部又は凹部によって高電界域を拡大させて、より広い範囲で放電を行うことが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 8 】

【 図 1 】 本発明の第 1 実施形態に係る内燃機関の概略構成を示す図である。

【 図 2 】 マイクロ波の反射率の周波数特性を示すグラフである。

【 図 3 】 燃焼室内における電界分布を示す図である。

【 図 4 】 燃焼室内における電界分布を示す図である。

10

【 図 5 】 燃焼室内における電界分布を示すグラフ、及び、反射率と共振周波数とを示すグラフである。

【 図 6 】 燃焼室内における電界分布を示す図である。

【 図 7 】 燃焼室内における電界分布を示すグラフである。

【 図 8 】 内燃機関の他の構成例を示す図である。

【 図 9 】 内燃機関の他の構成例を示す図である。

【 図 1 0 】 内燃機関の他の構成例を示す図である。

【 図 1 1 】 本発明の第 2 実施形態に係る内燃機関の概略構成を示す図である。

【 図 1 2 】 本発明の第 2 実施形態に係る内燃機関の点火装置の概略構成を示す図である。

【 図 1 3 】 マイクロ波放射器の他の構成例を示す断面図である。

20

【 図 1 4 】 マイクロ波放射器の他の構成例を示す断面図である。

【 図 1 5 】 本発明の第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器によって形成される電界分布を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 9 】

[第 1 の実施の形態]

図 1 を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る内燃機関について説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る内燃機関の概略構成を示す図である。第 1 実施形態に係る内燃機関においては、マイクロ波などの電磁波を利用して内燃機関の燃焼室内の混合気の点火を行う。

30

【 0 0 2 0 】

図 1 に示すように、内燃機関 1 0 は、シリンダヘッド 1 1 と、シリンダ 1 2 と、シリンダ 1 2 及びピストン 1 3 により形成される燃焼室 1 4 と、シリンダヘッド 1 1 に設けられた吸気口 1 5 を開閉する吸気弁 1 6 と、シリンダヘッド 1 1 に設けられた排気口 1 7 を開閉する排気弁 1 8 と、燃料噴射弁 1 9 と、を備えている。吸気行程においては、吸気弁 1 6 が開きピストン 1 3 を下降することで吸気口 1 5 から燃焼室 1 4 内に吸気ガスが導入される。図 1 に示す内燃機関 1 0 では、燃料噴射弁 1 9 が吸気口 1 5 に臨む状態で配置されていることで燃料が吸気口 1 5 に噴射されるため、燃焼室 1 4 内に混合気が導入される。圧縮行程においては、吸気弁 1 6 が閉じてピストン 1 3 の上昇により混合気が圧縮される。点火装置 3 0 は、マイクロ波などの電磁波を燃焼室 1 4 内に放射することで、燃焼室 1 4 内の混合気の点火を行う。燃焼後のガスは、排気行程において排気弁 1 8 が開くことで、排気口 1 7 へ排出される。

40

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、点火装置 3 0 は、制御装置 3 1 と、マイクロ波発生電源 3 2 と、マイクロ波伝送路 3 3 と、マイクロ波放射器 3 4 と、を備えている。

【 0 0 2 2 】

マイクロ波発生電源 3 2 は、例えばマグネトロンや進行波増幅管や固体発振素子、及びハイパワーアンプにより構成することができ、マイクロ波などの電磁波を発生させる。なお、マイクロ波発生電源 3 2 が、電磁波発生電源の一例に相当する。制御装置 3 1 は、マイクロ波発生電源 3 2 が発生させるマイクロ波のパルスの高さ及び幅のいずれか 1 つ以上

50

を制御することで、その出力（電力）を制御する。マイクロ波発生電源 3 2 は、燃焼室 1 4 内の混合気の点火を行うタイミングでマイクロ波パルスを出力し、この出力されたマイクロ波パルスはマイクロ波伝送路 3 3 を伝播する。

【0023】

マイクロ波伝送路 3 3 は、シリンダヘッド 1 1 の内部を通してその端部が燃焼室 1 4 に臨んでいる。マイクロ波伝送路 3 3 の端部には、マイクロ波発生電源 3 2 にて発生しマイクロ波伝送路 3 3 を伝播したマイクロ波などの電磁波を放射するマイクロ波放射器 3 4 が設けられている。マイクロ波伝送路 3 3 は、例えば同軸ケーブルや導波管により構成することができる。このように、マイクロ波放射器 3 4 が燃焼室 1 4 に臨む状態でシリンダヘッド 1 1 に配置されていることで、マイクロ波放射器 3 4 から燃焼室 1 4 内にマイクロ波などの電磁波が放射される。図 1 に示す例では、マイクロ波放射器 3 4 は燃焼室 1 4 の上面の中央部に配置されている場合を示している。なお、マイクロ波放射器 3 4 が、電磁波放射器の一例に相当する。

10

【0024】

マイクロ波放射器 3 4 は、外側導体 3 5 と内側導体 3 6 とによって構成された同軸構造を有する。外側導体 3 5 は筒状の形状を有し、接地されている。内側導体 3 6 は柱状の形状を有し、外側導体 3 5 の中心軸に沿って外側導体 3 5 内に配置されている。外側導体 3 5 と内側導体 3 6 との間には、空洞部 3 7 が形成されている。空洞部 3 7 には、固体状の誘電体が配置されていてもよい。外側導体 3 5 の開放端が燃焼室 1 4 に臨む状態で、マイクロ波放射器 3 4 がシリンダヘッド 1 1 に配置されている。マイクロ波伝送路 3 3 を介してマイクロ波放射器 3 4 に供給されたマイクロ波などの電磁波は、外側導体 3 5 と内側導体 3 6 との間を伝播して、燃焼室 1 4 内に放射される。

20

【0025】

燃焼室 1 4 では、所定の周波数のマイクロ波が所定の共振モードで共振する。マイクロ波発生電源 3 2 は、制御装置 3 1 の制御に基づいてマイクロ波を発生させる。そのことにより、マイクロ波放射器 3 4 から放射されたマイクロ波が、燃焼室 1 4 内で共振する。マイクロ波が燃焼室 1 4 内で共振している状態では、マイクロ波のエネルギー反射が少なく、マイクロ波のエネルギーのほとんどが燃焼室 1 4 内に蓄えられる。

【0026】

第 1 実施形態においては、突起部 2 0 が、燃焼室 1 4 に臨むピストン頂面 1 3 a に設けられている。この突起部 2 0 は、突起部 2 0 の近傍において燃焼室 1 4 内の電界強度を局所的に高める機能を有する。すなわち、マイクロ波放射器 3 4 から放射されたマイクロ波は燃焼室 1 4 内を満たすが、突起部 2 0 の近傍では、燃焼室 1 4 内のマイクロ波の平均電界の数十倍から数百倍程度の高電界を得ることができる。その結果、突起部 2 0 の近傍にてプラズマ放電が発生するため、燃焼室 1 4 内の混合気の点火を行うことができる。マクスウェルの式により、電気力線は金属表面に垂直に入射する。よって、曲率の小さな金属端では電界強度が高くなり、曲率が小さくなるほど電界強度が高くなる。第 1 実施形態に係る突起部 2 0 は、その作用を構造化したものである。なお、DC 放電などのアシストを用いて、燃焼室 1 4 内の混合気の点火を行ってもよい。図 1 に示す例では、一例として、1 つの突起部 2 0 がピストン頂面 1 3 a の中央部に配置されている。すなわち、突起部 2 0 は、マイクロ波放射器 3 4 に対向する位置に設けられている。

30

40

【0027】

次に、燃焼室 1 4 内において、広範囲で放電が可能な構成例について説明する。ただし、以下に説明するマイクロ波の周波数、及び燃焼室 1 4 の寸法については一例であり、本発明はこの例に限定されない。

【0028】

燃焼室 1 4 内におけるマイクロ波の共振周波数は、燃焼室 1 4 の形状、大きさ、導電率、及び共振器の Q 値などに依存する。燃焼室 1 4 の形状を円柱形状とし、円柱状の燃焼室 1 4 の直径を 90 mm とし、燃焼室 1 4 の高さ H を変化させた場合の共振モードを調べた。その結果を図 2 に示す。図 2 は、マイクロ波の反射率の周波数特性を示すグラフであ

50

る。横軸は周波数 GHz を示し、縦軸はマイクロ波の反射率を示す。なお、高さ H は、ピストン頂面 13a からシリンダヘッド 11 までの距離に相当する。反射率は、燃焼室 14 内へのマイクロ波の入射エネルギーの指標を表し、反射率のレベルが低いほど燃焼室 14 内へのマイクロ波の入射エネルギーが大きいことを表す。図 2 において、矢印 A で示す周波数が、高さ H が 20 mm の場合における共振周波数である。高さ H が 20 mm の場合には、 2 GHz 帯、 5 GHz 帯、及び 8 GHz 帯などに、共振モードが存在する。また、高さ H が 90 mm の場合には、 $2\text{ GHz} \sim 10\text{ GHz}$ の間の共振モードの数は、高さ H が 20 mm の場合よりも増加する。そして、高さ H によって共振周波数が増加しない共振モードと、高さ H によって共振周波数が増加する共振モードと、が存在する。なお、高さ H によって共振周波数が増加しないモードは、 TM_{mn} モードとして知られている。例えば、高さ H によって共振周波数が増加しない共振モードが、 2 GHz 帯 (約 2.5 GHz) と 5 GHz 帯 (約 5.8 GHz) とに存在する。

10

【0029】

燃焼室 14 内には、共振モードに応じた電界分布が形成される。図 3 を参照して、燃焼室 14 の高さ H に依存しない共振モードにおける電界分布について説明する。図 3 は、燃焼室内における電界分布を示す図である。一例として、燃焼室 14 の高さ H を 20 mm とした。例えば 1 W 供給時において周波数が約 2.5 GHz の共振モードにおいては、図 3 (a) に示す電界分布が形成される。なお、図 3 (a) に示す例においては、マイクロ波放射器 34 の内側導体 36 を、燃焼室 14 内に 2 mm 突出させた。また、 1 W 供給時において周波数が約 5.8 GHz の共振モードにおいては、図 3 (b) に示す電界分布が形成される。また、図 3 (c) に、燃焼室 14 の矢印 B - B 間における電界分布のグラフを示す。図 3 (c) において、横軸は位置を示し、縦軸は電界強度を示す。周波数が約 2.5 GHz の共振モードの電界分布は、図 3 (a)、(c) に示すように、燃焼室 14 の径方向において中央部が最も高く、周囲部 (径方向の外側) へ向かうほど低くなっている。一方、周波数が約 5.8 GHz の共振モードの電界分布は、図 3 (b)、(c) に示すように、燃焼室 14 の径方向において中央部が最も高く、周囲部 (径方向の外側) へ向かって徐々に低くなって、ある位置で最も低くなる。さらに、電界分布は、周囲部へ向かって徐々に高くなり、ある位置でピークとなって、その位置から周辺部へ向かうほど低くなっている。このように、電界分布はマイクロ波放射器 34 を中心軸として軸対称に形成されている。

20

30

【0030】

マイクロ波放射器 34 は、燃焼室 14 内において電界強度が高くなる位置に配置されていることが好ましい。突起部 20 は、燃焼室 14 内における電界強度が高くなり、また、高電界が広い範囲に形成される位置に配置されていることが好ましい。例えば、図 3 (a)、(b) に示すように、燃焼室 14 の径方向の中央部で電界強度が最も高くなるため、燃焼室 14 の径方向における中央部に、マイクロ波放射器 34 と突起部 20 とが配置されていることが好ましい。

【0031】

ここで、図 4 及び図 5 を参照して、燃焼室 14 内でマイクロ波放射器 34 の位置を変えたときの電界分布について説明する。図 4 は、燃焼室内における電界分布を示す図である。図 5 は、燃焼室内における電界分布を示すグラフ、及び、反射率と共振周波数とを示すグラフである。一例として、円柱状の燃焼室 14 の直径を 90 mm とし、高さ H を 20 mm とした。周波数が約 2.5 GHz のマイクロ波をマイクロ波放射器 34 から放射させた。

40

【0032】

燃焼室 14 の径方向の中心 100 からマイクロ波放射器 34 を径方向にずらして、燃焼室 14 内の電界分布を調べた。ここで、燃焼室 14 の中心 100 からマイクロ波放射器 34 の内側導体 36 の中心軸までの距離を、オフセットとする。図 4 (a) に、オフセットが 0 mm の場合における電界分布を示す。図 4 (b) に、オフセットが 2.5 mm の場合における電界分布を示す。図 4 (c) に、オフセットが 5.0 mm の場合における電界分

50

布を示す。図4(d)に、オフセットが10mmの場合における電界分布を示す。図4(e)に、オフセットが15mmの場合における電界分布を示す。図4(f)に、オフセットが30mmの場合における電界分布を示す。また、図5(a)に、燃焼室14の矢印B-B間における電界分布のグラフを示す。図5(a)において、横軸は位置を示し、縦軸は電界強度を示す。図5(a)には、各オフセットに対する電界分布のグラフが示されている。また、図5(b)に、オフセットに対する反射率及び共振周波数のグラフを示す。図5(b)において、横軸はオフセットを示し、縦軸は反射率及び共振周波数を示す。

【0033】

図4(a)~(d)に示すように、オフセットが0~10mmの場合には、燃焼室14内の中心100付近の電界強度が高くなっている。一方、オフセットが15mmの場合には、図4(e)に示すように、オフセットが0~10mmの場合と比べて、中心100付近の電界強度は低くなる。さらに、オフセットが30mmの場合には、図4(f)に示すように、中心100付近の電界強度はさらに低くなる。

10

【0034】

図5(a)に示すように、オフセットが大きくなるほど電界強度は低くなるが、オフセットが0~10mmの場合には、中心100付近の電界強度は8000V/m以上となる。一方、オフセットが15mmの場合には、中心100付近の電界強度は約7500V/mとなる。さらに、オフセットが30mmの場合には、中心100付近の電界強度は6000V/m未満となり、電界強度がさらに低くなる。

20

【0035】

また、図5(b)のグラフに示すように、オフセットが0~10mmの場合には、反射率が0.1以下となり、燃焼室14内へのマイクロ波の入射エネルギーが大きくなっている。一方、オフセットが15mmの場合には、反射率が0.2を超えて、燃焼室14内へのマイクロ波の入射エネルギーが小さくなっている。さらに、オフセットが30mmの場合には、反射率が約0.7となり、燃焼室14内へのマイクロ波の入射エネルギーがさらに小さくなっている。

【0036】

以上のように、マイクロ波放射器34が中心100から離れるほど、燃焼室14内に形成される電界強度は低くなるが、オフセットが0~10mmの場合には、中心100付近において8000V/m以上の電界強度が得られる。従って、中心100からマイクロ波放射器34までの距離(オフセット)は、0~10mmであることが好ましい。換言すると、燃焼室14の径方向の中心100から10mm以内の範囲に、マイクロ波放射器34を設置することが好ましい。さらに換言すると、燃焼室14の径方向の中央部には、中心100から10mm以内の範囲が含まれていてもよい。このように、中心100から10mm以内の範囲内にマイクロ波放射器34を設置することにより、燃焼室14の径方向の中央部において高い電界強度を形成することが可能となる。

30

【0037】

次に、図6及び図7を参照して、ピストン頂面13aに突起部20を設けた場合の電界分布について説明する。図6は、燃焼室内における電界分布を示す図である。図7は、燃焼室内における電界分布を示すグラフである。図7に示すグラフは、燃焼室14の矢印C-C間における電界分布のグラフである。一例として、円柱状の燃焼室14の直径を90mmとし、高さHを20mmとした。また、突起部20の形状を円柱形状とし、突起部20の高さを7.5mmとした。また、マイクロ波放射器34の外側導体35の内径を15mmとした。そして、突起部20の直径を変えて、各直径における電界分布を調べた。図6に示す各電界分布は、1W供給時において周波数が約2.5GHzの共振モードにおいて形成された電界分布である。

40

【0038】

図6(a)に示す電界分布は、突起部20の直径が15mmのときに形成される電界分布である。図6(b)に示す電界分布は、突起部20の直径が30mmのときに形成される電界分布である。図6(c)に示す電界分布は、突起部20の直径が60mmのときに

50

形成される電界分布である。図6(a)~(c)及び図7に示すように、電界分布は、突起部20が配置された中央部において最も高くなり、周囲部(径方向の外側)へ向かうほど低くなっている。また、突起部20の直径を変えることにより、最大電界強度の高さと高電界域の広さとが変わる。突起部20の直径が小さいほど、最大電界強度が高くなる。一方、突起部20の直径が大きいほど最大電界強度は低くなるが、燃焼室14の径方向に向かってより広範囲に高電界が形成される。

【0039】

例えば図6(a)及び図7に示すように、突起部20の直径が15mmの場合には、最大電界強度は15000V/mを超えて最も高くなるが、高電界が形成される領域は最も狭い。また、図6(b)及び図7に示すように、突起部20の直径が30mmの場合には、最大電界強度は約13000V/mとなり、突起部20の直径が15mmの場合と比べて最大電界強度は低くなる。一方で、高電界が形成される領域は、突起部20の直径が15mmの場合と比べて、燃焼室14の径方向に向かって広がる。また、図6(c)及び図7に示すように、突起部20の直径が60mmの場合には、最大電界強度は約10000V/mとなり、突起部20の直径が15mm及び30mmの場合と比べて最大電界強度は低くなる。一方で、高電界が形成される領域は、突起部20の直径が15mm及び30mmの場合と比べて、燃焼室14の径方向に向かって広がる。また、図7に示すように、突起部20を設けない場合には、最大電界強度は約8000V/mとなる。

【0040】

図6(a)~(c)及び図7に示すように、突起部20の直径を大きくするほど、より広い範囲に高電界を形成することが可能となる。例えば、マイクロ波放射器34の外側導体35の内径よりも、突起部20の直径を大きくすることにより、より広範囲に高電界を形成することが可能となる。そのことにより、少ない供給電力によって雰囲気絶縁破壊電圧を超えて、広範囲でプラズマ放電を行うことが可能となる。その結果、火炎伝達が促進され、希薄燃焼を実現することが可能となる。

【0041】

なお、マイクロ波の反射率のレベルが低くなり、かつ、最大電界強度が高くなるように、突起部20の突出の長さを調整することが好ましい。また、図6(a)~(c)にそれぞれ示す突起部20を組み合わせ、ピストン頂面13aに設けてもよい。

【0042】

次に、図8を参照して、本発明の第1実施形態に係る内燃機関の他の構成例について説明する。図8は、内燃機関の他の構成例を示す図である。上述した突起部20の代わりに、ピストン頂面13aに凹部21が形成されていてもよい。図8に示す例では、凹部21は、マイクロ波放射器34に対向する位置に形成されている。この凹部21は、凹部21の曲率が小さくなる部分において燃焼室14内の電界強度を局所的に高める機能を有する。上述したように、曲率の小さな金属端では電界強度が高くなり、曲率が小さくなるほど電界強度が高くなる。凹部21は、この作用を構造化したものである。凹部21は、燃焼室14内における電界強度が高くなり、また、高電界が広い範囲に形成される位置に形成されることが好ましい。例えば、図3(a)、(b)に示すように、燃焼室14の径方向における中央部で電界強度が最も高くなるため、燃焼室14の径方向における中央部に、凹部21が形成されることが好ましい。

【0043】

ピストン頂面13aに凹部21を形成した場合の電界分布について説明する。一例として、円柱状の燃焼室14の直径を90mmとし、高さHを20mmとした。また、凹部21の形状を円柱形状とし、深さ(ピストン頂面13aから凹部21の底面までの距離)を6mmとした。そして、凹部21の直径を変えて、各直径における電界分布を調べた。図8に示す各電界分布は、1Wの供給時において周波数が約2.5GHzの共振モードにおいて形成された電界分布である。

【0044】

図8(a)に示す電界分布は、凹部21の直径が15mmのときに形成される電界分布

である。図 8 (b) に示す電界分布は、凹部 2 1 の直径が 3 0 m m のときに形成される電界分布である。図 8 (a)、(b) に示すように、電界分布は、凹部 2 1 の端部において最も高くなり、周囲部 (径方向の外側) へ向かうほど低くなっている。

【 0 0 4 5 】

また、凹部 2 1 の端部において電界強度が高くなるため、凹部 2 1 の直径を大きくするほど、燃焼室 1 4 の中心部から離れた位置に高電界域が形成されることになる。すなわち、凹部 2 1 の直径を大きくするほど、より広い範囲に高電界を形成することが可能となる。例えば、マイクロ波放射器 3 4 の外側導体 3 5 の内径よりも、凹部 2 1 の直径を大きくすることにより、より広範囲に高電界を形成することが可能となる。そのことにより、少ない供給電力によって広範囲でプラズマ放電を行うことが可能となり、その結果、火炎伝達が促進され、希薄燃焼を実現することが可能となる。

10

【 0 0 4 6 】

次に、図 9 を参照して、周波数が 5 G H z 帯 (約 5 . 8 G H z) の共振モードの場合について説明する。図 9 は、内燃機関の他の構成例を示す図である。図 3 (c) に示すように、周波数が約 5 . 8 G H z の共振モードの電界分布は、燃焼室 1 4 の径方向の中央部が最も高くなる。また、中央部から離れた位置にも、電界分布がピークを形成する。このように、周波数が約 5 . 8 G H z の共振モードにおいては、複数の位置で電界強度が相対的に高くなる。

【 0 0 4 7 】

そこで、図 9 に示すように、燃焼室 1 4 の径方向における中央部に、突起部 2 0 を配置する。さらに、図 3 (c) に示す電界分布に対応させて、中央部から離れた位置であって電界分布がピークを形成する位置に、突起部 2 0 a を配置する。電界分布はマイクロ波放射器 3 4 を中心軸として軸対称に形成されるため、突起部 2 0 の両側にそれぞれ突起部 2 0 a を配置する。このように、電界強度が相対的に高くなる位置に、突起部 2 0、2 0 a を配置する。

20

【 0 0 4 8 】

ピストン頂面 1 3 a に突起部 2 0、2 0 a を配置した場合の電界分布について説明する。一例として、円柱状の燃焼室 1 4 の直径を 9 0 m m とし、高さ H を 2 0 m m とした。また、突起部 2 0、2 0 a の形状を円柱形状とした。突起部 2 0 の直径を 1 5 m m とし、突起部 2 0、2 0 a の高さを 7 . 5 m m とした。また、マイクロ波放射器 3 4 の外側導体 3 5 の内径を 1 5 m m とした。図 9 に示すように、電界分布は、突起部 2 0、2 0 a が配置された箇所において最も高くなり、突起部 2 0、2 0 a の周囲へ向かうほど低くなっている。突起部 2 0 が配置された箇所の電界強度が高くなり、また、突起部 2 0 の両側に配置された突起部 2 0 a においても電界強度が高くなるため、燃焼室 1 4 内の広い範囲に高電界を形成することが可能となる。そのことにより、少ない供給電力によって広範囲でプラズマ放電を行うことが可能となり、その結果、火炎伝達が促進され、希薄燃焼を実現することが可能となる。

30

【 0 0 4 9 】

図 9 に示す例において、突起部 2 0、2 0 a の代わりに、ピストン頂面 1 3 a に凹部 2 1 を設けてもよい。また、突起部と凹部とを組み合わせ、ピストン頂面 1 3 a に設けてもよい。例えば、燃焼室 1 4 の径方向における中央部に突起部 2 0 を配置し、突起部 2 0 a が設けられた位置に、突起部 2 0 a の代わりに凹部を設けてもよい。または、燃焼室 1 4 の径方向における中央部に凹部 2 1 を設けてもよい。このように、突起部と凹部とを組み合わせ、突起部又は凹部が設けられた箇所の電界強度が高くなるため、燃焼室 1 4 内の広い範囲に高電界を形成することが可能となる。

40

【 0 0 5 0 】

なお、2 つの突起部 2 0 a を配置せずに、燃焼室 1 4 の径方向における中央部のみに突起部 2 0 を配置してもよい。この場合であっても、突起部 2 0 によって電界強度を高めて、燃焼室 1 4 内の広い範囲に高電界を形成することができる。また、2 つの突起部 2 0 a のうちのいずれか一方が、ピストン頂面 1 3 a に設けられていてもよい。

50

【 0 0 5 1 】

次に、図 10 を参照して、本発明の第 1 実施形態に係る内燃機関の他の構成例について説明する。図 10 は、内燃機関の他の構成例を示す図である。燃焼室 14 の別の構成例として、燃焼室 14 の高さが、中央部から端部にかけて徐々に低くなっていてもよい。例えば、シリンダヘッド 11 の燃焼室 14 に臨む面を斜めに形成することにより、燃焼室 14 の高さを、中央部から端部にかけて徐々に低くする。一例として、燃焼室 14 の直径を 90 mm とし、燃焼室 14 の中央部の高さを 20 mm とし、燃焼室 14 の端部の高さを 4 mm とした。例えば、1 W 供給時において周波数が約 2.5 GHz の共振モードにおける電界分布を調べた。この場合も、燃焼室 14 内に形成される電界分布は、燃焼室 14 の径方向において中央部が最も高く、周囲部（径方向の外側）へ向かうほど低くなっている。従って、図 6 (a) ~ (c) にそれぞれ示す突起部 20 をピストン頂面 13 a の中央部に設けることにより、突起部 20 が配置された位置の電界強度を高めることが可能となる。そして、突起部 20 の直径を大きくするほど、広範囲に高電界を形成することが可能となり、その結果、火炎伝達が促進され、希薄燃焼を実現することが可能となる。また、突起部 20 の代わりに、図 8 (a)、(b) に示す凹部 21 をピストン頂面 13 a に形成した場合も、突起部 20 と同じ効果を奏することが可能である。また、周波数が約 5.8 GHz の共振モードのように、複数の位置で電界強度が相対的に高くなる場合には、電界強度が相対的に高くなる各位置に突起部又は凹部を設けてもよい。

10

【 0 0 5 2 】

20

[第 2 の実施の形態]

次に、図 11 及び図 12 を参照して、本発明の第 2 実施形態に係る内燃機関について説明する。図 11 は、本発明の第 2 実施形態に係る内燃機関の概略構成を示す図である。図 12 は、本発明の第 2 実施形態に係る内燃機関の点火装置の概略構成を示す図である。第 2 実施形態に係る内燃機関 10 A は、第 1 実施形態に係る内燃機関 10 と同様に、シリンダヘッド 11 と、シリンダ 12 と、シリンダ 12 及びピストン 13 により形成される燃焼室 14 と、シリンダヘッド 11 に設けられた吸気口 15 とを開閉する吸気弁 16 と、シリンダヘッド 11 に設けられた排気口 17 を開閉する排気弁 18 と、燃料噴射弁 19 と、を備えている。第 2 実施形態に係る内燃機関 10 A には、第 1 実施形態に係る点火装置 30 に代えて、点火装置 40 が設けられている。本実施形態に係る点火装置 40 は、燃焼室 14 を臨む一端側に狭い間隙を設けて、強いマイクロ波電界を誘起して放電を形成することで、燃焼室 14 内の圧縮混合気の点火を行う。なお、突起部 20 及び凹部 21 のうち少なくとも一方が、ピストン頂面 13 a に設けられていてもよい。

30

【 0 0 5 3 】

点火装置 40 は、制御装置 31 と、マイクロ波発生電源 32 と、マイクロ波伝送路 33 と、マイクロ波放射器 50 と、を備えている。第 2 実施形態に係る点火装置 40 は、第 1 実施形態に係るマイクロ波放射器 34 に代えて、マイクロ波放射器 50 を備えている。なお、マイクロ波放射器 50 が、電磁波放射器の一例に相当する。

【 0 0 5 4 】

次に、マイクロ波放射器 50 について説明する。図 12 に示すように、マイクロ波放射器 50 は、外側導体 35 と内側導体 36 とによって構成された同軸構造を有する。外側導体 35 は筒状の形状を有し、接地されている。内側導体 36 は柱状の形状を有し、外側導体 35 の中心軸に沿って外側導体 35 内に配置されている。外側導体 35 と内側導体 36 とは、一定の間隔 L を隔てて配置されている。内側導体 36 は、マイクロ波放射器 50 の先端部 50 a において外側導体 35 よりも外側に突出して設けられている。先端部 50 a の反対側において、マイクロ波伝送路 33 が内側導体 36 に接続されている。マイクロ波発生電源 32 により発生させたマイクロ波などの電磁波が、マイクロ波伝送路 33 を介してマイクロ波放射器 50 に供給される。外側導体 35 と内側導体 36 との間には、空洞部 37 が形成されている。空洞部 37 には、固体状の誘電体が設置されていてもよい。マイクロ波放射器 50 の先端部 50 a (終端部) が内燃機関 10 の燃焼室 14 に臨む状態で、

40

50

マイクロ波放射器 50 がシリンダヘッド 11 に配置される。これにより、内側導体 36 は、外側導体 35 よりも燃焼室 14 内に向けて突出することになる。マイクロ波伝送路 33 を介してマイクロ波放射器 50 に供給されたマイクロ波などの電磁波は、外側導体 35 と内側導体 36 との間を伝播し、その一部が燃焼室 14 内に放射される。そして、燃焼室 14 を臨む一端側に狭い間隙を設けて、強いマイクロ波電界を誘起して放電を形成する。

【0055】

また、外側導体 35 と内側導体 36 とは、マイクロ波発生電源 32 の出力インピーダンスと整合を図るために必要な間隔 L を隔てて配置されている。外側導体 35 と内側導体 36 との間（空洞部 37）に配置される誘電体の誘電率に依存するが、外側導体 35 と内側導体 36 との間の間隔 L は、一例として数 mm 程度（例えば 3 mm ~ 10 mm 程度）となっている。

10

【0056】

また、マイクロ波放射器 50 の先端部 50 a（終端部）には、空洞部 37 に連通する間隙 38 が形成されている。一例として、先端部 50 a のほぼ中央に間隙 38 が形成されている。内側導体 36 は、間隙 38 を通って外側導体 35 よりも外側に突出して設けられていることになる。一例として、先端部 50 a が、内側導体 36 と外側導体 35 とを接続する接続部に相当し、間隙 38 は先端部 50 a に形成されている。すなわち、内側導体 36 と外側導体 35 とは、先端部 50 a（終端部）で接続されており、先端部 50 a（接続部）に間隙 38 が形成されている。内側導体 36 と外側導体 35 とを先端部 50 a で接続すると、外側導体 35 と内側導体 36 との間を伝播してきたマイクロ波などの電磁波は、燃焼室 14 内に放射されず、先端部 50 a において外側導体 35 の内側に反射されこととなる。そのような状態の中で、小さな間隙 38 を設けることが、本実施形態に係るマイクロ波放射器 50 の主たる構成である。間隙 38 を設けることにより、内側導体 36 と外側導体 35 との間を伝播するマイクロ波は、その一部が燃焼室 14 内に放射されるが、そのほとんどが先端部 50 a で反射される状況に変わりはない。マイクロ波放射器 50 の外側にマイクロ波が放射されない系に小さな間隙 38 を設けると、間隙 38 でのマイクロ波のエネルギー密度が高まり、高電界部が形成される。その電界はマイクロ波の電力の増加によって増加することになるが、その電界が雰囲気の大気絶縁破壊電界を超えると、プラズマ放電が生じる。本実施形態では、供給されたマイクロ波が燃焼室 14 内に放射されることがほとんどないため、より小さな電力でプラズマ放電を誘起することが可能となる。本実施形態では、間隙 38 の一部又はすべての幅 D は、マイクロ波のエネルギー密度を高めて、マイクロ波によるプラズマ放電の発生が可能となる幅となっている。間隙 38 の幅 D は、一例として 0.1 mm ~ 1 mm 程度であることが好ましい。

20

30

【0057】

本実施形態においては、マイクロ波放射器 50 の先端部 50 a 側において、外側導体 35 及び内側導体 36 のうち少なくとも一方に、他方に対向する突起部が設けられており、突起部と他方との間で間隙 38 が形成されている。図 12 に示す例では、外側導体 35 の先端部 50 a 側に、内側導体 36 に対向する突起部 35 a が設けられており、その突起部 35 a と内側導体 36 との間に間隙 38 が形成されている。

【0058】

以上のように、間隙 38 の幅 D を、外側導体 35 と内側導体 36 との間の間隔 L よりも短くすることにより、マイクロ波などの高周波の供給に伴って間隙 38 に高い電界が生じやすくなる。一例として、間隙 38 の幅 D を 0.1 mm ~ 1 mm 程度にすることにより、間隙 38 に高い電界が形成されて絶縁破壊が生じ、その結果、マイクロ波によるプラズマ放電が間隙 38 にて発生する。間隙 38 によって発生したプラズマ放電によって、燃焼室 14 内の混合気の点火を行うことが可能となる。このように間隙 38 によってプラズマ放電を発生させることができるため、従来技術と比べて大きな電力を供給しなくてもプラズマ放電を発生させることが可能となる。また、DC 放電によるアシストが不要となり、又は、DC 放電の低電力化が可能となる。そのため、本実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によると、従来技術よりも低電力でプラズマ放電を発生させて、燃焼室 14 内の混合気

40

50

の点火を行うことが可能となる。従来技術においては、内側導体と外側導体とはその間隔を変えることなく、内側導体が外側導体に対して外側に突出している。そのような構造では、内側導体と外側導体との間を伝播するマイクロ波は、先端部（終端部）で反射されるのはその一部であり、多くは燃焼室内に放射される。このような従来技術に係る構成では、本実施形態に係るマイクロ波放射器50と比較して、先端部での電界はより低くならざるを得ない。そのため、従来技術においては、放電（点火）時にDC放電によるアシストが必要になったり、より大きな電力が必要になったりする。また、内側導体36が外側導体35よりも燃焼室14内に向けて突出して設けられているため、燃焼室14内において、マイクロ波の反射率を低下させることが可能となる。そのことにより、燃焼室14内において広範囲に高電界を形成することが可能となるため、少ない供給電力によって広範囲

10

20

30

40

50

【0059】

次に、図13を参照して、第2実施形態に係るマイクロ波放射器の他の構成例について説明する。図13は、マイクロ波放射器の他の構成例を示す断面図である。図13に示すマイクロ波放射器50のように、マイクロ波放射器50の先端部50aにおいて、先端部50aの中心から離れた位置に間隙38が形成されていてもよい。一例として、外側導体35の先端部50a側に、内側導体36に対向する突起部35aが設けられており、その突起部35aと内側導体36との間に間隙38が形成されている。この場合においても、間隙38に高い電界が形成されて、マイクロ波によるプラズマ放電を間隙38にて発生させることが可能となる。また、内側導体36が外側導体35よりも燃焼室14内に向けて突出して設けられているため、燃焼室14内において広範囲に高電界を形成することが可能となる。

【0060】

次に、図14を参照して、第2実施形態に係るマイクロ波放射器の他の構成例について説明する。図14は、マイクロ波放射器の他の構成例を示す断面図である。図14に示すように、マイクロ波放射器50の先端部50a側において、空洞部37に連通する間隙38がマイクロ波放射器50の側面に形成されている。一例として、先端部50a（終端部）が、内側導体36と外側導体35とを接続する接続部に相当し、間隙38は、外側導体35の側面に形成されている。すなわち、内側導体36と外側導体35とは、先端部50a（終端部）で接続されており、外側導体35に間隙38が形成されている。内側導体36と外側導体35とを先端部50aで接続すると、外側導体35と内側導体36との間を伝播してきたマイクロ波などの電磁波は、燃焼室14内に放射されず、先端部50aにおいて外側導体35の内側に反射されることになる。そのような状態の中で、小さな間隙38を設けることが、本実施形態に係るマイクロ波放射器50の主たる構成である。間隙38を設けることにより、内側導体36と外側導体35との間を伝播するマイクロ波は、その一部が燃焼室14内に放射されるが、そのほとんどが先端部50aで反射される状況に変わりはない。マイクロ波放射器50の外側にマイクロ波が放射されない系に小さな間隙38を設けると、間隙38でのマイクロ波のエネルギー密度が高まり、高電界部が形成される。上述したように、電界が雰囲気絶縁破壊電界を超えると、プラズマ放電が生じる。本実施形態では、供給されたマイクロ波が燃焼室14内に放射されることがほとんどないため、より小さな電力で放電を誘起することが可能となる。

【0061】

図14に示す例では、内側導体36の先端部50a側に、外側導体35に対向する突起部36aが設けられており、その突起部36aと外側導体35との間に間隙38が形成されている。例えば、マイクロ波放射器50の側面には、周方向に沿って部分的に軸方向の幅が異なる間隙が形成されており、その間隙において軸方向の幅が幅Dとなっている箇所が、上述の間隙38に相当する。このように、幅Dを有する複数の間隙38が、マイクロ波放射器50の側面において周方向に沿って互いに所定距離を隔てた箇所に形成されていてもよい。すなわち、周方向に沿って部分的に幅Dを有する間隙38が形成されていても

よい。このように、間隙 38 がマイクロ波放射器 50 の側面に形成されている場合も、間隙 38 に高い電界が形成されて、その結果、マイクロ波によるプラズマ放電を間隙 38 にて発生させることが可能となる。また、内側導体 36 が外側導体 35 よりも燃焼室 14 内に向けて突出して設けられているため、燃焼室 14 内において広範囲に高電界を形成することが可能となる。

【0062】

次に、図 15 を参照して、第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 を用いた場合の電界分布について説明する。図 15 は、本発明の第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器によって形成される電界分布を示す図である。一例として、円柱状の燃焼室 14 の直径を 90 mm とし、高さ H を 20 mm とした。また、外側導体 35 から突出させている内側導体 36 の部分の長さを、2 mm とした。図 15 に示す電界分布は、1 W 供給時において周波数が約 2.5 GHz の共振モードにおいて形成された電界分布である。

10

【0063】

図 15 (a) に、第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によって形成された電界分布を示す。図 15 (b) に、比較例に係るマイクロ波放射器 60 によって形成された電界分布を示す。比較例に係るマイクロ波放射器 60 においては、内側導体 36 は外側導体 35 から突出せず、外側導体 35 内に配置されている。

【0064】

第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によると、燃焼室 14 内におけるマイクロ波の反射率は 0.10 となった。一方、比較例に係るマイクロ波放射器 60 によると、燃焼室 14 内におけるマイクロ波の反射率は 0.74 となった。

20

【0065】

また、図 15 (a)、(b) に示すように、電界分布は、マイクロ波放射器 50、60 が配置された中央部において最も高くなり、周囲部（径方向の外側）へ向かうほど低くなっている。しかしながら、第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によると、比較例に係るマイクロ波放射器 60 よりも広範囲に高電界を形成することが可能となる。比較例に係るマイクロ波放射器 60 では、マイクロ波放射器 60 の近傍のみに高電界が形成されるが、第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によると、マイクロ波放射器 50 から離れた領域にも高電界域が形成される。このように、第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によると、内側導体 36 が外側導体 35 よりも燃焼室 14 内に向けて突出して設けられているため、マイクロ波放射器 50 から燃焼室 14 へのマイクロ波の供給効率が向上することになる。燃焼室 14 内においてマイクロ波の反射率を低下させることが可能となる。そのことにより、燃焼室 14 内において広範囲に高電界を形成することが可能となるため、少ない供給電力によって広範囲でプラズマ放電が可能となり、その結果、火炎伝達が促進され、希薄燃焼を実現することが可能となる。

30

【0066】

なお、第 1 実施形態に係る内燃機関 10 に、第 2 実施形態に係る点火装置 40 を設けてもよい。すなわち、ピストン頂面 13a に突起部 20 又は凹部 21 を設け、さらに、第 2 実施形態に係るマイクロ波放射器 50 によってプラズマ放電を行ってもよい。この場合においても、少ない供給電力によって広範囲でプラズマ放電を行うことが可能となり、その結果、火炎伝達が促進され、希薄燃焼を実現することが可能となる。

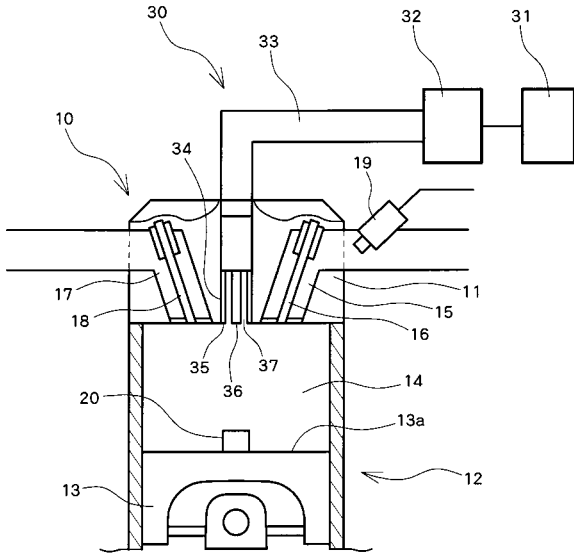
40

【符号の説明】

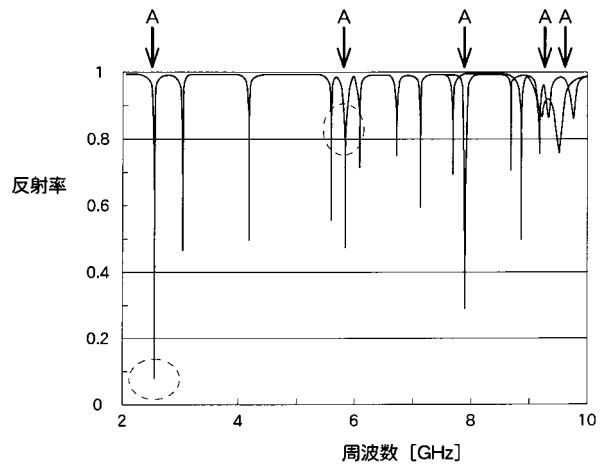
【0067】

10, 10A 内燃機関、11 シリンダヘッド、12 シリンダ、13 ピストン、13a ピストン頂面、14 燃焼室、15 吸気口、16 吸気弁、17 排気口、18 排気弁、19 燃料噴射弁、20, 20a, 35a, 36a 突起部、21 凹部、30, 40 点火装置、31 制御装置、32 マイクロ波発生電源、33 マイクロ波伝送路、34, 50, 60 マイクロ波放射器、35 外側導体、36 内側導体、37 空洞部、38 間隙、50a 先端部。

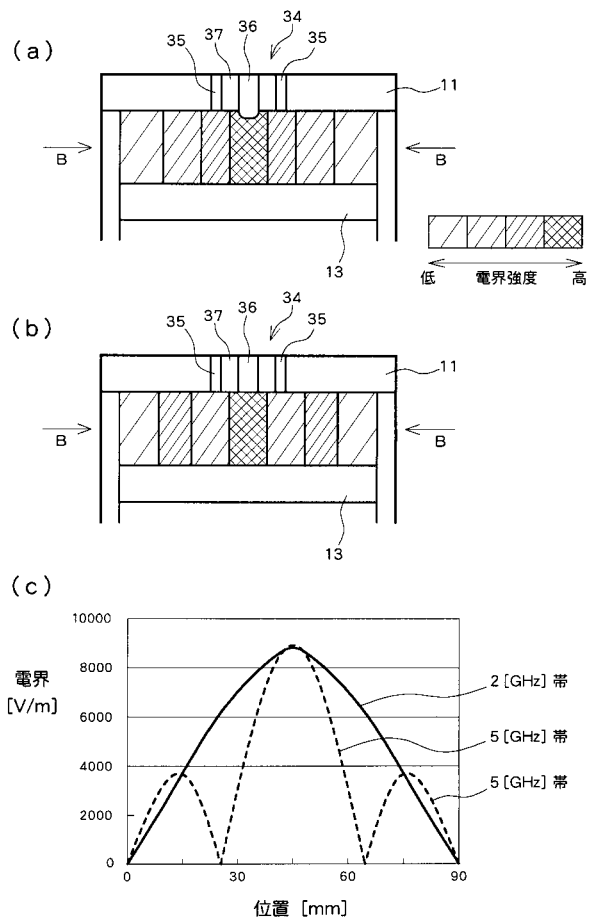
【 図 1 】



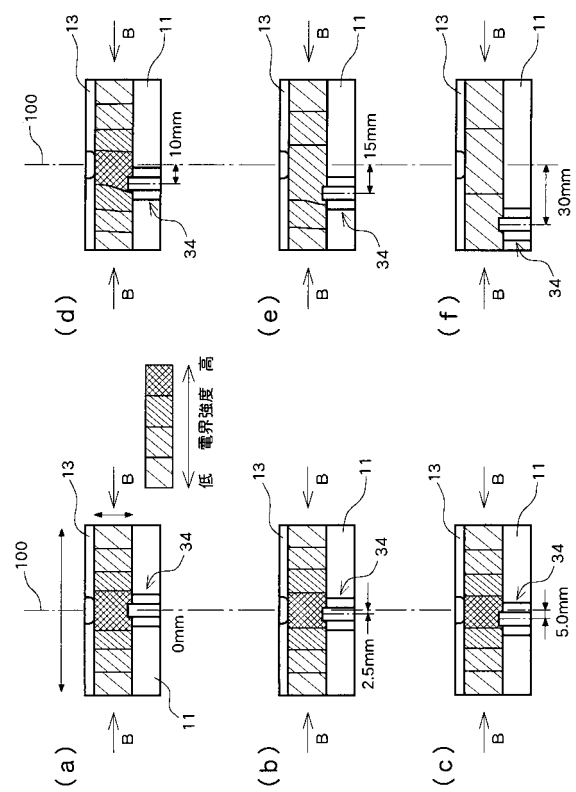
【 図 2 】



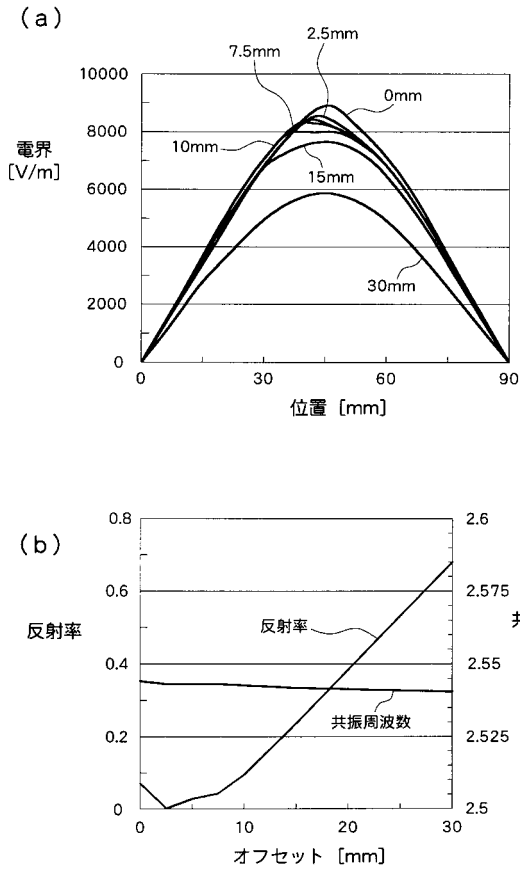
【 図 3 】



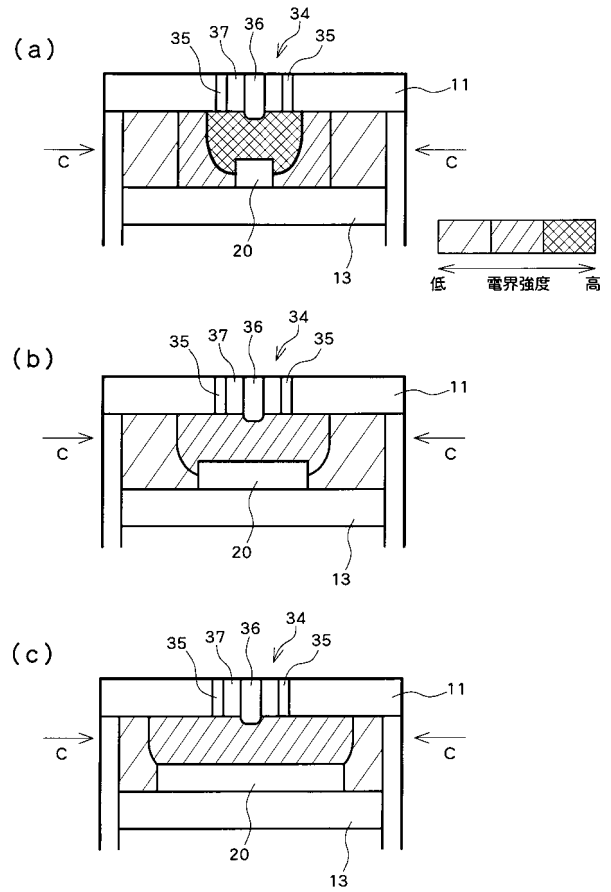
【 図 4 】



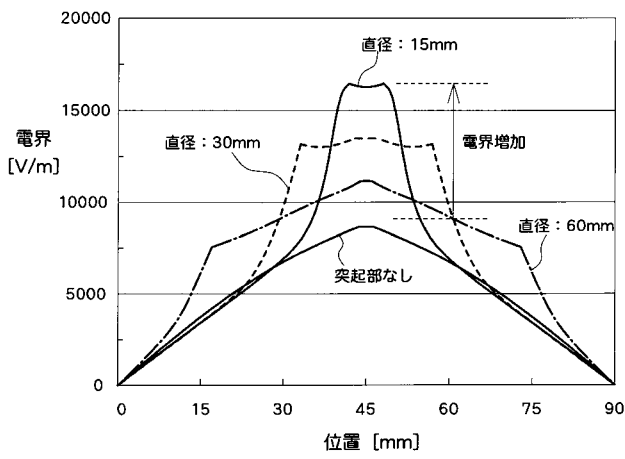
【図5】



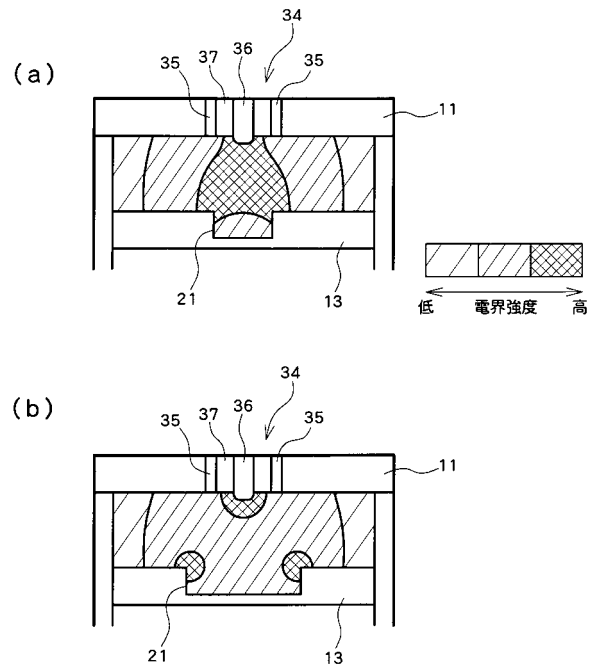
【図6】



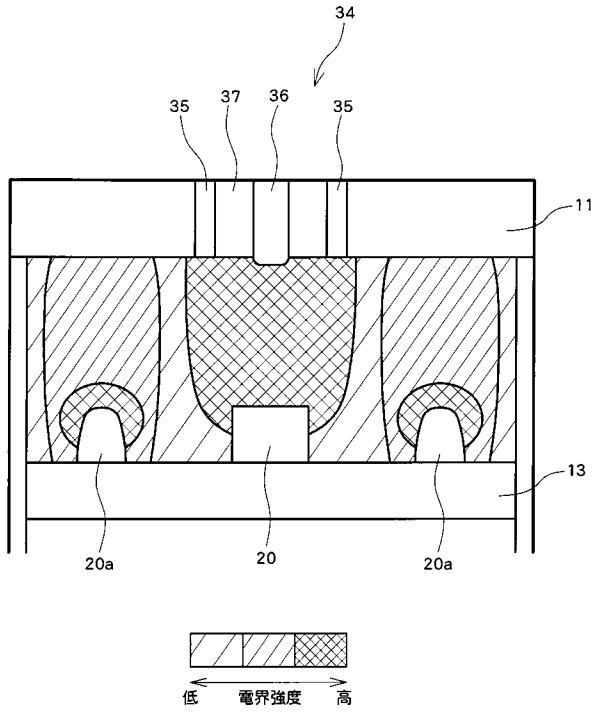
【図7】



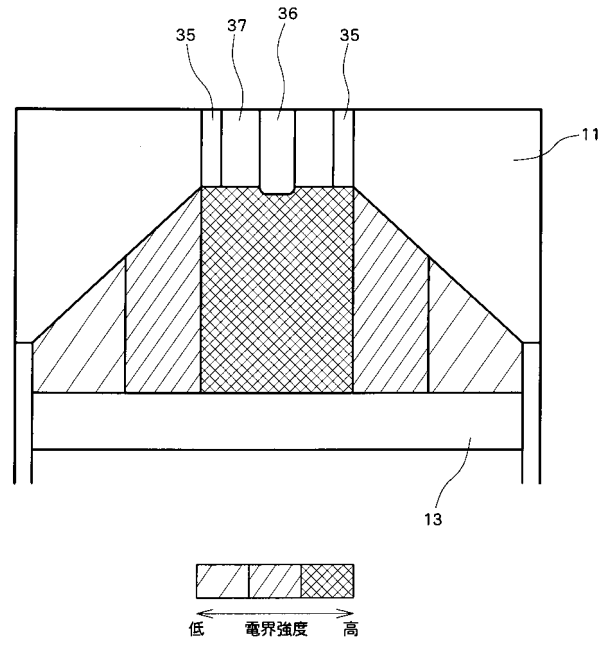
【図8】



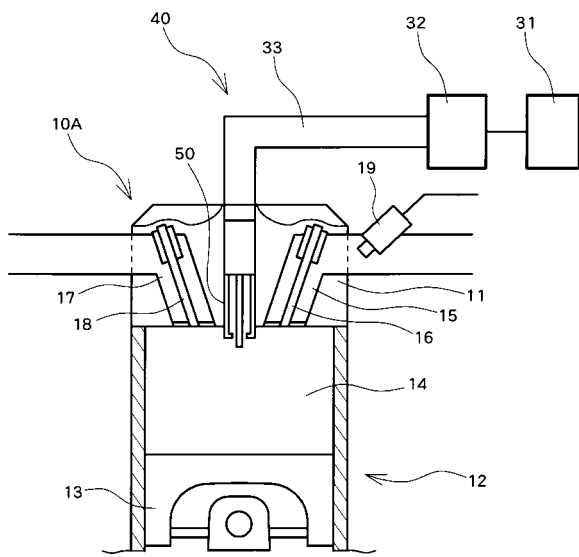
【 図 9 】



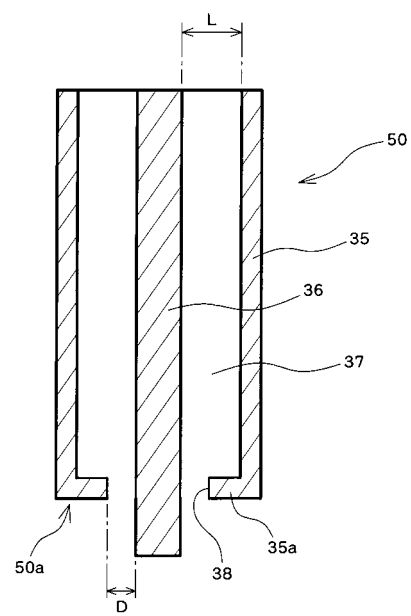
【 図 10 】



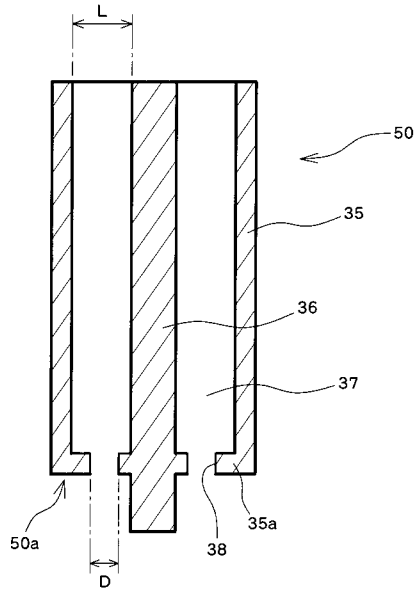
【 図 11 】



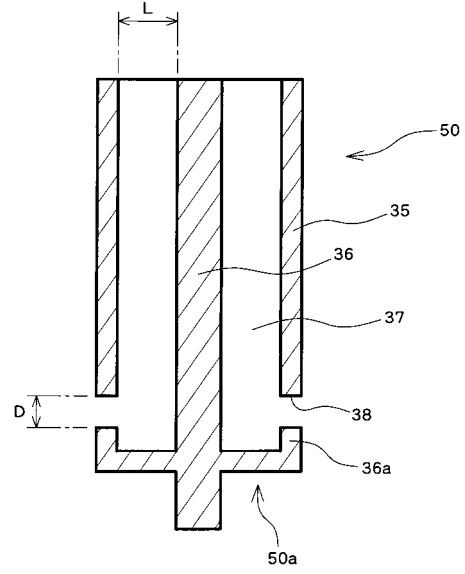
【 図 12 】



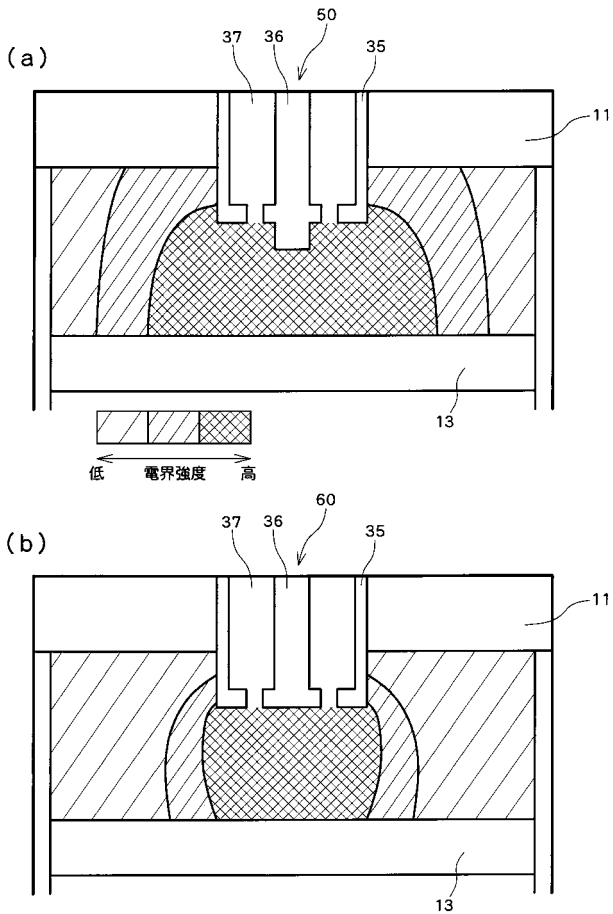
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 神藤 正士
静岡県浜松市西区大人見町1 2番地の3 0 株式会社プラズマアプリケーションズ内
- (72)発明者 フサリク ヤン
静岡県浜松市西区大人見町1 2番地の3 0 株式会社プラズマアプリケーションズ内
- (72)発明者 クラール マーティン
静岡県浜松市西区大人見町1 2番地の3 0 株式会社プラズマアプリケーションズ内
- Fターム(参考) 3G019 BA03 KA01 KA11
3G023 AA01 AB01 AB04 AC02