(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6598081号
(P6598081)
(45)発行日　令和1年10月30日(2019.10.30)　(24)登録日　令和1年10月11日(2019.10.11)

(51)Int.Cl.		F I		
H01T 13/20	(2006.01)	H01T	13/20	B
H01T 13/32	(2006.01)	H01T	13/32	
F02P 15/00	(2006.01)	F02P	15/00	303Z

請求項の数 6　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2016-532995 (P2016-532995)
(86)(22)出願日　平成27年7月13日(2015.7.13)
(86)国際出願番号　PCT/JP2015/070083
(87)国際公開番号　WO2016/006714
(87)国際公開日　平成28年1月14日(2016.1.14)
審査請求日　平成30年7月9日(2018.7.9)
(31)優先権主張番号　特願2014-143648 (P2014-143648)
(32)優先日　平成26年7月11日(2014.7.11)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(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
(72)発明者　池田　裕二
兵庫県神戸市中央区港島南町７丁目４番４
イマジニアリング株式会社内
(72)発明者　神原　誠士
兵庫県神戸市中央区港島南町７丁目４番４
イマジニアリング株式会社内

審査官　太田　義典

最終頁に続く

(54)【発明の名称】点火装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
長方形絶縁基板の主面に、
一方の短辺で外部端子と接続される入力電極と、
該入力電極と容量結合される結合電極と、
他方の短辺に前記結合電極と結合線路によって接続された放電電極と、
前記長方形絶縁基板の主面の両長辺に、前記結合電極及び結合線路との間で容量結合されるとともに、前記他方の短辺まで延びる接地電極とを備え、
前記容量結合によって構成されるキャパシタ及び結合線路によって構成されるインダクタによって共振回路を構成し、外部端子から入力電極に供給される電磁波を共振させ、放電電極と接地電極との間で電位差を高め放電を生じさせるようにした点火装置。
【請求項２】
主面に、一方の短辺で外部端子と接続される入力電極を有する第１の長方形絶縁基板、
主面に、前記入力電極と容量結合する結合電極、他方の短辺に前記結合電極と結合線路によって接続された放電電極及び他方の短辺で前記放電電極に近接する放電用接地電極を有する第２の長方形絶縁基板及び、
主面に、前記結合電極及び結合線路との間で容量結合するとともに、前記放電用接地電極と層間導通用のビアで接合する接地電極を有する第３の長方形絶縁基板を、
それぞれ少なくとも1枚積層し、
前記容量結合によって構成されるキャパシタ及び結合線路によって構成されるインダク

タによって共振回路を構成し、外部端子から入力電極に供給される電磁波を共振させ、放電電極と接地電極との間で電位差を高め放電を生じさせるようにした点火装置。
【請求項３】
前記共振回路の共振周波数が異なるように入力電極、結合電極、結合線路、放電電極及び接地電極を備えた長方形絶縁基板を積層した請求項１に記載の点火装置。
【請求項４】
前記結合線路の長さ、結合線路と接地電極との間隔を調整して、共振周波数を変更するようにした請求項３記載の点火装置。
【請求項５】
長方形絶縁基板の主面全体に接地電極パターンを備え、前記接地電極と層間導通用のビアで接合した請求項１、請求項３又は請求項４に記載の点火装置。
【請求項６】
前記他方の短辺の放電電極と接地電極との間の基板を切り欠いた請求項１から請求項５のいずれか１項に記載の点火装置。

【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、特に電磁波のみで点火する点火装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来から、内燃機関の着火のための点火装置として、内燃機関の燃焼室内に電磁波を放射して電磁波プラズマを生成するプラズマ生成装置を用いた点火装置が提案されている。例えば特開２００９－３８０２５号公報及び特開２００６－１３２５１８号公報には、この種のプラズマ生成装置を用いた内燃機関の点火装置が記載されている。
【０００３】
特開２００６－１３２５１８号公報には、電磁波放射器から燃焼室内に電磁波を放射することによりプラズマ放電を発生させる内燃機関の点火装置が開示されている。ピストンの上面には、ピストンから絶縁された点火用電極が設けられている。点火用電極は、その近傍にて燃焼室内の電磁波の電界強度を局所的に高める役割を果たす。これにより点火用電極の近傍にてプラズマ放電が生成される内燃機関の点火装置である。このプラズマ生成装置は、電磁波のみを用いてプラズマを生成するため、電源は１つしか必要ないものの電磁波のみで着火及び燃焼反応を起こさせるためには、高周波電源から多量の電力を供給する必要があり、また、ピストンの頂面に点火用電極が必要なため別途ピストンに特殊な加工が必要となる。
【０００４】
本発明者らは、かかる問題点に対処するため、高電圧によって放電するスパークプラグや複雑なシステム等を必要とせず、電磁波のみを使って、プラズマの発生、拡大及び維持を効率よく行うことができる小型の内燃機関の点火装置を提案した。この点火装置は、電磁波を発振する電磁波発振器と、電磁波発振器を制御する制御装置と、電磁波発振器と容量結合した共振回路を含む昇圧回路及び昇圧回路により発生した高電圧を放電させる放電電極を一体的に形成するようにしている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００９－３８０２５号公報
【特許文献２】特開２００６－１３２５１８号公報
【特許文献３】特願２０１３－１２８００７
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】

【０００６】
上述した点火装置は、小型で内燃機関の燃焼室に多数配設することができでるものの、その構造上、円筒形となり、内燃機関に取り付けるためには、ネジ山を備えた所望の取付口をエンジンヘッドに形成する必要がある。また、例えば中古車市場の大型ディーゼルエンジントラックの燃料をガス燃料に置き換える用途では、自着火させることが困難なため、点火手段をインジェクタ近傍に配設することが必要となるが、エンジンヘッドに追加工することなく点火装置を配設するためにはさらなる小型薄型化が必要であるという問題があった。
【０００７】
本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、共振構造によって供給される電磁波を昇圧し、放電電極と接地電極との電位差を高め放電を生じさせる点火装置であって、小型薄型化、特に薄型化することができる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】
上記課題を解決するためになされた第１の発明は、
長方形絶縁基板の主面に、
一方の短辺で外部端子と接続される入力電極と、
該入力電極と容量結合される結合電極と、
他方の短辺に前記結合電極と結合線路によって接続された放電電極と、
前記長方形絶縁基板の主面の両長辺に、前記結合電極及び結合線路との間で容量結合されるとともに、前記他方の短辺まで延びる接地電極とを備え、
前記容量結合によって構成されるキャパシタ及び結合線路によって構成されるインダクタにより共振回路を形成し、外部端子から入力電極に供給される電磁波を共振させ、放電電極と接地電極との間で電位差を高め放電を生じさせるようにした点火装置である。
【０００９】
本発明の点火装置は、絶縁基板、例えばアルミナ等のセラミック基板の主面に、タングステン等の金属粉末を主成分とする導体ペーストで形成した結合電極、結合線路、放電電極及び接地電極のパターンによって構成されるキャパシタ及びインダクタにより共振回路を形成し、絶縁基板の一方の短辺（端面）で入力電極と接続される外部端子から供給される電磁波を共振させて昇圧し、他方の短辺（端面）の放電電極と接地電極間で放電を発生させることができる。このように薄い絶縁基板が点火装置として機能することで、内燃機関の取り付け箇所の自由度を大幅に向上させることができ、インジェクタの先端や吸排気バルブ、ガスケットに組み込むことが可能となる。
【００１０】
また、上記課題を解決するためになされた第２の発明は、
主面に、一方の短辺で外部端子と接続される入力電極を有する第１の長方形絶縁基板、
主面に、前記入力電極と容量結合する結合電極、他方の短辺に前記結合電極と結合線路によって接続された放電電極及び他方の短辺で前記放電電極に近接する放電用接地電極を有する第２の長方形絶縁基板及び、
主面に、前記結合電極及び結合線路との間で容量結合するとともに、前記放電用接地電極と層間導通用のビアで接合する接地電極を有する第３の長方形絶縁基板を、
それぞれ少なくとも1枚積層し、
前記容量結合によって構成されるキャパシタ及び結合線路によって構成されるインダクタによって共振回路を構成し、外部端子から入力電極に供給される電磁波を共振させ、放電電極と接地電極との間で電位差を高め放電を生じさせるようにした点火装置である。
【００１１】
本発明の点火装置は、結合電極と接地電極及び結合線路と接地電極との容量結合を層間で行うようにしたから同一主面で容量結合した場合に生じる恐れのある容量結合間での放電を防止することができる。
【００１２】

これら場合において、前記他方の短辺の放電電極と接地電極との間の基板を切り欠くことができる。これによって放電電極と接地電極との間に十分な放電空間を形成することができる。

【００１３】

また、第１の発明において、前記共振回路の共振周波数が異なるように入力電極、結合電極、結合線路、放電電極及び接地電極を備えた長方形絶縁基板を積層することができる。共振周波数が異なる長方形絶縁基板からなる当該点火装置を複数積層し、それぞれの入力電極を１の外部端子と接続することで、外部端子と接続する電磁波発信器の電磁波の周波数に振れがあった場合でも、いずれかの点火装置において供給される電磁波が共振し、放電電極と接地電極との間で放電が生じる。また、異なる共振周波数の間隔は、半値幅以下とすることが好ましく、これにより高いＱ値となるように構成しても確実に放電させることが可能となる。

【００１４】

この場合において、前記結合線路の長さ、結合線路と接地電極との間隔を調整して、共振周波数を変更することができる。また、結合線路と接地電極との間にダイオード配設して共振周波数を変えることもできる。

【発明の効果】

【００１５】

本発明の点火装置は、共振構造によって供給される電磁波を昇圧し、放電電極と接地電極との電位差を高め放電を生じさせる点火装置であって、小型薄型化、特にセラミック基板においては厚みを２００μｍ以下で製造することができるため複数枚を積層した場合でも１ｍｍ程度と薄型化を図った点火装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１６】

【図１】実施形態１の点火装置を示し、（ａ）は点火装置として機能する絶縁基板の平面図、（ｂ）絶縁基板と保護基板とを積層する前の状態を示す斜視図、（ｃ）は絶縁基板と保護基板とを積層した状態を示す斜視図である。

【図２】実施形態１の変形例の点火装置を示し、（ａ）は点火装置として機能する絶縁基板の平面図、（ｂ）複数の絶縁基板と保護基板とを積層する前の状態を示す斜視図、（ｃ）は複数の絶縁基板と保護基板とを積層した状態を示す斜視図である。

【図３】当該点火装置を内燃機関の吸気排気バルブに取り付けた例を示す概略図で、（ａ）は正面図、（ｂ）は底面図である。

【図４】実施形態２の点火装置を示す複数の絶縁基板と保護基板とを積層する前の状態を示す斜視図である。

【図５】点火装置の昇圧手段を示す等価回路である。

【図６】実施形態３の点火装置を示し、（ａ）は斜視図、（ｂ）は正面図、（ｃ）変形例の斜視図である。

【図７】各基板のレイヤーを示し、（ａ）は第１の基板の主面、（ｂ）は第１の基板の裏面、（ｃ）は第３の基板の裏面、（ｄ）は第４の基板の主面、（ｅ）は第４の基板の裏面のレイヤーである。

【発明を実施するための形態】

【００１７】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施形態は、本質的に好ましい例示であって、本発明、その適用物、あるいはその用途の範囲を制限することを意図するものではない。

【００１８】

＜実施形態１＞点火装置

本実施形態１は、本発明に係る点火装置１である。当該点火装置１は、図１に示すように、長方形絶縁基板２Ａ（以下、絶縁基板２Ａという。）の主面に、基板の一方の短辺２０ａで外部端子と接続される入力電極３と、この入力電極３と容量結合される結合電極４

と、他方の短辺２０ｂに結合電極４と結合線路５によって接続された放電電極６と、絶縁基板２Ａの主面の両長辺２１ａ、２１ｂに、結合電極４及び結合線路５との間で容量結合されるとともに、他方の短辺２０ｂまで延びる接地電極７とを備える。各電極をこのように容量結合した共振構造とすることで、電磁波を昇圧する昇圧手段を構成する。これによって、当該点火装置１は、外部端子を介し、電磁波発信器ＭＷから入力電極に供給される電磁波を共振させ、放電電極６と接地電極７との間で電位差を高め放電を生じさせる。

【００１９】

この点火装置１の絶縁基板２Ａは、セラミックス（例えば、アルミナ（Ａｌ２Ｏ３）、窒化アルミニウム、コーディライト、ムライト等）の粉末（以下、セラミックス原料という）を焼成して形成する。本実施形態では単層のセラミックス製の絶縁基板２を用いて点火装置１とすることができる。具体的には、セラミックス原料にバインダ・溶媒を加え混合粉砕して均一なスラリーを製造する。その後、スプレードライ（噴霧乾燥）により造粒して顆粒とする。この顆粒を、ＣＩＰ成形（冷間等方圧成形）、プレス成形、射出成形等により所望形状のセラミックス成形体を成形した後、焼成炉において焼成する。ＣＩＰ成形は、顆粒をゴム型に入れて水圧を利用して成型する方法、プレス成形は金型に顆粒を入れて成形する方法で小型の板状体を成形する場合に適しており、本実施形態の絶縁基板２を成形する方法として最適である。

【００２０】

入力電極３、結合電極４、結合線路５及び放電電極６は、金属粉末（例えば、電気抵抗の低い銀、銅、タングステン、モリブデン等）を主成分とする導体ペーストを上述した構成（図１（ａ）参照）となるようにスクリーン印刷等の手法によって絶縁基板２Ａ上に印刷する。

【００２１】

他方の短辺２０ｂに位置する放電電極６と接地電極７との間の基板を切り欠いて切り欠き部Ｋを形成することが好ましい。この切り欠き部Ｋを形成することで、放電電極６と接地電極７との間に十分な放電空間が形成され、放電電極６と接地電極７との間での放電を確実に生じさせることができる。

【００２２】

そして、絶縁基板２Ａの電極面を覆うように保護基板２Ｄを重ね合わせ、熱と圧力を加えて積層する。保護基板２Ｄは絶縁基板２Ａより若干短尺で、絶縁基板２Ａの入力電極３及び接地電極７の一部を露出させ入力電極３は外部端子（図示省略）を介して電磁波発信器ＭＷと接続し、接地電極７はアースする。

【００２３】

－昇圧手段－

昇圧手段は、電磁波を発信する電磁波発信器ＭＷと容量結合した共振構造（接地電極７と結合電極４及び結合線路５との間で容量結合によって構成されるキャパシタ及び結合線路によって構成されるインダクタによって構成される共振回路）から構成されている。

【００２４】

昇圧手段は、結合電極４と接地電極７とで構成するキャパシタ（コンデンサ）Ｃ２の共振容量Ｃ２及び結合線路５と接地電極７とで構成するキャパシタ（コンデンサ）Ｃ３の共振容量Ｃ３を、Ｃ３に比べてＣ２が十分に大きく（Ｃ２≫Ｃ３）なるように各寸法を調整することで構成するようにしている。このように構成することで、電磁波を十分に昇圧し高電圧として、放電電極６と接地電極７との間で放電（絶縁破壊）を可能とする。

【００２５】

共振容量Ｃ２は、結合電極４と接地電極７とによって形成されるキャパシタＣ２による接地容量（浮遊容量）である。共振容量Ｃ２は、結合電極４の長手方向の長さ、結合電極４と接地電極７との距離、絶縁基板２Ａの誘電率によって決定される。キャパシタＣ２の部分の詳細寸法は、電磁波発振器ＭＷから発振される電磁波（マイクロ波）の周波数に合わせて共振するように設計される。

【００２６】

共振容量Ｃ３は、結合線路５と接地電極７とによって形成されるキャパシタＣ３による放電側容量（浮遊容量）である。共振容量Ｃ３は、結合線路５の長手方向の長さ、結合線路５と接地電極７との距離、絶縁基板２Ａの誘電率によって決定される。特に、共振容量Ｃ３は可及的に小さくすることが望ましく、結合線路５と接地電極７との距離を大きくとるようにすることが好ましい。また、結合線路５と接地電極７との間の絶縁基板２Ａを切り欠くことによって誘電率を下げ、共振容量Ｃ３をより小さくするように構成することもできる。

【００２７】

図５に示す等価回路にあるＣ１は、入力電極３と結合電極４との間の容量結合部分を示し、電磁波発信器ＭＷとのインピーダンスの整合をとる。

【００２８】

－点火装置の動作－

点火装置１のプラズマ生成動作（点火動作）について説明する。プラズマ生成動作では、放電電極６と接地電極７との間の電位差によって放電が生じ、放電電極６と接地電極７（放電部）の近傍にプラズマが生じ、噴射される燃料が点火する。

【００２９】

具体的なプラズマ生成動作（点火動作）は、まず制御装置（図示省略）が、所定周波数ｆの電磁波発振信号を出力する。この発信信号は内燃機関のクランク角度に応じて（通常、圧縮上死点（ＴＤＣ）の手前）発信される。電磁波用電源（図示省略）から電力の供給を受ける電磁波発振器ＭＷは、このような電磁波発振信号を受けると、所定の設定時間に亘って周波数ｆの電磁波パルスを所定のデューティー比で出力する。電磁波発振器ＭＷから出力された電磁波パルスは、共振周波数がｆである点火装置１の昇圧手段により、高電圧となる。高電圧になる仕組みは、上述したように、共振容量（浮遊容量）Ｃ２、Ｃ３を、Ｃ３に比べてＣ２が十分に大きくなるように構成するとともに、結合線路５と接地電極７との浮遊容量Ｃ３及び結合電極４と接地電極７との浮遊容量Ｃ２と、コイル（結合線路５（等価回路のＬ１）が相当）とによって共振回路を構成するようにしているからである。そして、昇圧された電磁波が放電電極６と接地電極７との間の電位差を高め、放電を起こし、スパークが生じる。このスパークにより、放電部の近傍で生成されるガス分子から電子が放出され、プラズマが生成され、燃料が点火する。なお、電磁波発信器ＭＷからの電磁波は、連続波（ＣＷ）であっても構わない。

【００３０】

図３は、当該点火装置１を内燃機関８の吸気バルブ９１、排気バルブ９２（以下、総称するときは単にポペットバルブ９という。）に取り付けた例を示す。具体的には、点火装置１の放電電極６及び接地電極７が形成される短辺２０ｂが、ポペットバルブ９の傘部９ａの燃焼室８０に露出する面の中央に位置するようにポペットバルブ９内に配設する。そして、軸部９ｂ内の同軸ケーブル等の伝送路を介し、電磁波発信器ＭＷからの電磁波を入力電極３に供給するように構成する。このように、内燃機関８の１の燃焼室８０に対して４箇所から点火動作を行うことができる。また、シリンダヘッド８２の中心に通常のガソリンエンジンで用いられる点火プラグを配設することもできる。

【００３１】

また、当該点火装置１は、シリンダブロック８１とシリンダヘッド８２との間に配設されるガスケット８３に組み込むこともできる。ガスケット８３に組み込む際の点火装置１の配設数は、特に限定するものではないが、ボアの周上に複数箇所（４～８箇所）に等間隔で配設することが好ましい。点火装置１をガスケット８３に組み込むことで燃料を点火する火種が外周に発生することとなり、火炎伝播の方向（通常のガソリンエンジンの場合、火炎伝播は内側から外側に向かい、シリンダ壁面からの冷熱損失が大きく熱効率低減の要因となっている。）が外側から内側に向かうこととなり、冷熱損失を大幅に低減することができる。

【００３２】

－実施形態１の効果－

本実施形態１の点火装置１は、電磁波を昇圧し、放電を行うことができるから、装置全体の外径寸法の大幅なコンパクト化を図ることができる。

【００３３】

－実施形態１の変形例１－

実施形態１の変形例１では、共振周波数の異なるように入力電極３、結合電極４、結合線路５、放電電極６及び接地電極７を絶縁基板２上に形成した複数枚の絶縁基板、例えば図２に示すように、絶縁基板２Ａ１～２Ａ５を積層して構成されている。

【００３４】

共振周波数は、入力電極３と結合電極４との重複度合い、結合電極４と接地電極７との距離によっても変動するものではあるが、結合線路５の長さＬ、結合線路５と接地電極７との距離Ｄを変えることで共振周波数は大きく変動する。そのため、本実施形態では図２（ａ）に示す、結合線路５の長さＬ、結合線路５と接地電極７との距離Ｄを二点鎖線に示す位置に変更することで共振周波数が異なる絶縁基板となるようにしている。

【００３５】

この点火装置１の絶縁基板２は、上述した方法で成形することもできるが、複数枚の絶縁基板２を積層するため薄い基板とすることが望まれるため、例えばアルミナセラミックスにより形成するときは、アルミナ（Ａｌ２Ｏ３）及び焼結助剤（バインダ、例えばシリカ（ＳｉＯ２）等）からなる原料粉末を混ぜ合わせ、ミルク状のスラリーを生成する。生成したスラリーをドクターブレード法やカレンダーロール法等によってシート状のセラミック生シート（グリーンシート）を成形し、その後、入力電極３、結合電極４、結合線路５、放電電極６及び接地電極７を、金属粉末（例えば、電気抵抗の低い銀、銅、タングステン、モリブデン等）を主成分とする導体ペーストをスクリーン印刷等の手法によって印刷することで絶縁基板２を成形するようにしている。

【００３６】

絶縁基板２Ａ１～２Ａ５のそれぞれの共振周波数は、例えば、絶縁基板２Ａ１が２．４１ＧＨｚ、絶縁基板２Ａ２が２．４３ＧＨｚ、絶縁基板２Ａ３が２．４５ＧＨｚ、絶縁基板２Ａ４が２．４７ＧＨｚ、絶縁基板２Ａ５が２．４９ＧＨｚとし、半減幅を０．２～０．４ＧＨｚ程度（Ｑ値を６１～１２２程度）に設定することで、電磁波発信器ＭＷから発振する２．４５ＧＨｚの電磁波の周波数に揺れが生じても絶縁基板２Ａ１～２Ａ５のいずれかの絶縁基板に形成した放電電極６と接地電極７との間で放電を生じさせることができる。また、絶縁基板２Ａ１～２Ａ５のそれぞれの共振周波数を２．４３ＧＨｚ～２．４７ＧＨｚと０．０１刻みに設定しＱ値を２４５程度に設定することもできる。Ｑ値は、共振回路の共振周波数ｗ０、共振周波数ｗ０を挟んで、エネルギーが１／２になる周波数ｗ１、ｗ２（ｗ１＜ｗ２）とした場合に、

ｗ０／（ｗ２－ｗ１）

で表される値である。

【００３７】

そして、積層した各絶縁基板２Ａ１～２Ａ５のうち電極面が露出する絶縁基板２Ａ５の上面に、実施形態１と同様、絶縁基板２Ａ５の電極面を覆うように保護基板２Ｄを重ね合わせ、熱と圧力を加えて積層する。この際、グリーンシートに含まれる有機バインダが層間接着における糊の役目を果たし多層セラミック絶縁基板の点火装置１が完成する。

【００３８】

このように共振周波数のことなる絶縁基板を積層して点火装置１を構成することで、電磁波発信器ＭＷから発振される電磁波の周波数に揺れが生じても高い出力で放電を生じさせることができる。

【００３９】

＜実施形態２＞点火装置

本実施形態２は、本発明に係る点火装置１である。当該点火装置１は、図４に示すように、主面に、一方の短辺で外部端子と接続される入力電極３を有する第１の長方形絶縁基板２Ａ１と、主面に、第１の長方形絶縁基板２Ａの入力電極３と容量結合する結合電極４

、他方の短辺に結合電極４と結合線路５によって接続された放電電極６及び他方の短辺で放電電極６に近接する放電用接地電極７ａを有する第２の長方形絶縁基板２Ｂと、主面に、第２の長方形絶縁基板２Ｂの結合電極４及び結合線路５との間で容量結合するとともに、第２の長方形絶縁基板２Ｂの放電用接地電極７ａと層間導通用のビアＢで接合した接地電極７ｂを有する第３の長方形絶縁基板２Ｃとを備え、少なくとも１枚の各長方形絶縁基板２Ａ、２Ｂ、２Ｃを積層し、容量結合によって構成されるキャパシタ及び結合線路によって構成されるインダクタによって共振回路を構成し、外部端子から入力電極に供給される電磁波を共振させ、放電電極６と放電用接地電極７ａとの間で電位差を高め放電を生じさせるようにした点火装置である。当該点火装置１は、各長方形絶縁基板２Ａ、２Ｂ、２Ｃに印刷される電極パターンが異なる以外の構成は実施形態１と同様であり、同一の構成については説明を省略する。

【００４０】

この点火装置１の長方形絶縁基板２Ａ～２Ｃ（以下、絶縁基板２Ａ～２Ｃという。）は、第１実施形態の変形例と同様、セラミックス（例えば、アルミナ、窒化アルミニウム、コーディライト、ムライト等）からなり、例えばアルミナセラミックスにより形成するときは、アルミナ（Ａｌ２Ｏ３）及び焼結助剤（バインダ、例えばシリカ（ＳｉＯ２）等）からなる原料粉末を混ぜ合わせ、ミルク状のスラリーを生成する。生成したスラリーをドクターブレード法やカレンダーロール法等によってシート状のセラミック生シート（グリーンシート）を成形し、その後、入力電極３を絶縁基板２Ａ、結合電極４、結合線路５、放電電極６及び放電用接地電極７ａを絶縁基板２Ｂ、放電用接地電極７ａと層間導通用のビアＢで接合した接地電極７ｂを絶縁基板２Ｃに、金属粉末（例えば、電気抵抗の低い銀、銅、タングステン、モリブデン等）を主成分とする導体ペーストをスクリーン印刷等の手法によって印刷することで成形するようにしている。

【００４１】

この点火装置１は、等価回路のＣ１となる入力電極３と結合電極４とを異なる絶縁基板に設け、入力電極３と結合電極４との間で絶縁破壊が起こることを確実に防止する。また、入力電極３と結合電極４との間で電磁波発信器ＭＷとのインピーダンスの整合を、入力電極３及び結合電極４の長さと太さによって容易に行うことができる。

【００４２】

また、結合電極４との間で等価回路のＣ２を構成する接地電極７（７ｃ）及び結合線路５との間で等価回路のＣ３を構成する接地電極７（７ｂ）をそれぞれ異なる絶縁基板２Ｃに設けるようにしている。本実施例においては接地電極７ｂと接地電極７ｃとを、それぞれ別々の絶縁基板２Ｃ２と絶縁基板２Ｃ１とに設けるようにしている。

【００４３】

結合線路５との間で構成する等価回路のＣ３の共振容量（浮遊容量）Ｃ３は上述したとおり、可及的に小さくすることが望まれるため、結合線路５との間で等価回路のＣ３を構成する接地電極７ｂを備える絶縁基板２Ｃ２は、結合電極４との間で等価回路のＣ２を構成する接地電極７ｃを備える絶縁基板２Ｃ１を間に挟み、結合線路５と接地電極７ｂとの間に接地電極のパターンが印刷されていないように構成することで、結合線路５と接地電極７ｂとの距離をとるようにしている。これにより、共振容量（浮遊容量）Ｃ３を小さくすることが可能となる。なお、絶縁基板２Ｃ１は、絶縁基板２Ｂと絶縁基板２Ｃ２との間に複数枚積層することで、さらに共振容量（浮遊容量）Ｃ３を小さくすることができる。

【００４４】

また、回路のインピーダンスの整合をとるために絶縁基板２Ｂの結合線路５にスタブパターン５ａ（オープンスタブ）を設けることができる。スタブパターン５ａは、絶縁基板２Ａに設け、層間導通用のビアで絶縁基板２Ｂの結合線路５と電気的に接合することもできる（図４下図右側の二点鎖線参照）。入力電極３しか配設されておらず、パターン印刷の面積に余裕がある絶縁基板２Ａにスタブパターン５ａを設けることで、スタブの長さの調整を容易に行うことができる。

【００４５】

また、スタブパターン５ａは入力電極３に設けることもできる（図４下図左側の二点鎖線参照）。電磁波入力の上流側である入力電極３にスタブパターン５ａを設けることで効果的にインピーダンスの整合をとることができる。

【００４６】

このように、各絶縁基板２Ａ～２Ｃに、各電極を形成させ、最上面の電極面を覆うように保護基板２Ｄを重ね合わせ、熱と圧力を加えて積層する。この際、グリーンシートに含まれる有機バインダが層間接着における糊の役目を果たし多層セラミック絶縁基板の点火装置１が完成する。

【００４７】

－点火装置の動作－

点火装置１のプラズマ生成動作（点火動作）は実施形態１と同様、放電電極６と放電用接地電極７ａとの間の電位差によって放電が生じ、放電電極６と放電用接地電極７ａ（放電部）の近傍にプラズマが生じ、噴射される燃料が点火する。

【００４８】

－実施形態２の効果－

本実施形態２の点火装置１は、実施形態１と同様、電磁波を昇圧し、放電を行うことができる。この際、昇圧手段を構成する共振回路の浮遊容量のうち可及的に小さくする必要がある結合線路５と接地電極７との浮遊容量Ｃ３を、結合線路５と接地電極７とを異なる絶縁基板２Ｂと絶縁基板２Ｃとに配設するようにして、結合電極４と接地電極７との浮遊容量Ｃ２より十分に小さくし、供給される電磁波を十分に昇圧し高電圧として、放電電極６と接地電極７との間で放電させることができる。また、容量結合となる電極部分を同じ基板上に印刷していないことからかかる部分での放電を抑制することができる。

【００４９】

＜実施形態３＞点火装置

本実施形態３は、本発明に係る点火装置１である。当該点火装置１は、図６～図７に示すように、第１の長方形絶縁基板Ｐ１から第５の長方形絶縁基板Ｐ５を積層して構成されている。各長方形絶縁基板の材質は、特に限定するものではないが、実施形態１と同様、セラミックス（例えば、アルミナ（Al_2O_3）、窒化アルミニウム、コーディライト、ムライト等）の粉末（以下、セラミックス原料という）を焼成して形成する。

【００５０】

そして、各長方形絶縁基板の主面（裏面も含む）に形成される各レイヤーは、その材質等を特に限定するものではないが、実施形態１と同様、金属粉末（例えば、電気抵抗の低い銀、銅、タングステン、モリブデン等）を主成分とする導体ペーストを各レイヤーの形状（図７（ａ）～図７（ｅ）参照）となるようにスクリーン印刷等の手法によって各長方形絶縁基板上に印刷することで構成するようにしている。

【００５１】

各長方形絶縁基板（以下、単に基板と呼ぶ）に形成するレイヤーについて説明する。第１の基板Ｐ１の主面のレイヤーＬ１は、接地電極７とアンテナ用線路３１と連通するためのビア４０が形成されている。また、第１の基板Ｐ１の裏面のレイヤーＬ２は、ビア４０から連なるアンテナ用線路３１が形成されている。ビア４０は、電磁波発信器ＭＷ２と、例えば同軸ケーブルを介して連結される。

【００５２】

第２の基板Ｐ２は、主面にはレイヤーの印刷はなく、裏面のアンテナ３０の一端に連なるビア４０が形成されている。また、第２の基板Ｐ２の裏面のレイヤーＬ３は、ビア４０から連なるアンテナ３０が形成されている。

【００５３】

第４の基板Ｐ４は、主面に実施形態１と同様の構成であって、一方の短辺の近傍で外部端子と接続される入力電極３と、この入力電極３と容量結合される結合電極４と、他方の短辺に結合電極４と結合線路５によって接続された放電電極６と、両長辺に、結合電極４及び結合線路５との間で容量結合されるとともに、他方の短辺で放電電極との間に所定の

ギャップを形成する接地電極７とを備える。一方の短辺の近傍で外部端子と接続される部分には裏面に連なるビア４２が形成されている。なお、入力電極３と結合電極４の位置関係は図１（ａ）に示す位置関係であっても構わない。ビア４２は、電磁波発信器ＭＷ１と、例えば同軸ケーブルを介して連結される。

【００５４】

第３の基板は、第４の基板Ｐ４の主面に形成される放電電極６と、第２の基板Ｐ２の裏面に形成されるアンテナ３０との間に所定の距離を開けるためのスペーサ的役割を果たしている。このように、本実施形態の点火装置は、実施形態１の絶縁基板２Ｄをスペーサとして所定の厚みをもたせ、その上部に放電部へのエネルギー供給用アンテナを形成した基板を積層することによって構成されている。

【００５５】

共振構造、昇圧手段は、実施形態１と同様であり、説明を省略する。また、実施形態１と同様、放電電極６と接地電極７との間の基板を切り欠いて切り欠き部を形成するようにしても構わない。

【００５６】

上記構成において、当該点火装置１の点火動作は、実施形態１と同様、まず制御装置（図示省略）が、所定周波数ｆの電磁波発振信号を出力する。この発信信号は内燃機関のクランク角度に応じて（通常、圧縮上死点（ＴＤＣ）の手前）発信される。電磁波用電源（図示省略）から電力の供給を受ける電磁波発振器ＭＷ１は、このような電磁波発振信号を受けると、所定の設定時間に亘って周波数ｆの電磁波パルスを所定のデューティー比で出力する。電磁波発振器ＭＷ１から出力された電磁波パルスは、共振周波数がｆである点火装置１の昇圧手段により、高電圧となる。高電圧になる仕組みは、上述したように、共振容量（浮遊容量）Ｃ２、Ｃ３を、Ｃ３に比べてＣ２が十分に大きくなるように構成するとともに、結合線路５と接地電極７との浮遊容量Ｃ３及び結合電極４と接地電極７との浮遊容量Ｃ２と、コイル（結合線路５（等価回路のＬ１）が相当）とによって共振回路を構成するようにしているからである。そして、昇圧された電磁波が放電電極６と接地電極７との間の電位差を高め、放電を起こし、スパークが生じる。そして、この放電プラズマに電磁波発振器ＭＷ２から発振された電磁波（マイクロ波）が、アンテナ３０から放射され、放電プラズマにエネルギーが供給され、非平衡プラズマが維持・拡大される。

【００５７】

－実施形態３の効果－

放電プラズマを生じさせるための基板回路と、放電プラズマにエネルギーとして電磁波を供給するためのアンテナ回路とを１の積層回路中に構成することで、小型の点火装置であっても、燃料の着火が大きな体積着火となり確実に行われるとともに、燃焼効率が格段に向上する。

【００５８】

－実施形態３の変形例１－

実施形態３の変形例１では、図６（ｃ）に示すように、放電プラズマにエネルギーとして供給する電磁波を、電磁波発信器ＭＷ１から放電電極３に向かって供給する電磁波の反射波を利用するようにしている。具体的には、電磁波発信器ＭＷ１と入力電極３との間に第１ポートを電磁波発信器ＭＷ１、第２ポートをビア４３、第３ポートをビア４０と連結したサーキュレータＳＱを介在させ、放電後に生じる反射波を、第３ポートを介してアンテナ３０に供給するようにしている。

【産業上の利用可能性】

【００５９】

以上説明したように、本発明の点火装置は、電磁波を昇圧し、放電を行うことができる小径薄型化された点火装置であり、配設位置の自由度が高く、種々の内燃機関に用いることができる。また、当該点火装置は、ガソリンエンジン、ディーゼルエンジンをベースとし、燃料を天然ガスや、炭鉱ガス、シェールガス等を使用するようにした内燃機関、特に、ディーゼルエンジンをベースとし、燃費向上、環境性の向上の観点から燃料にガス（Ｃ

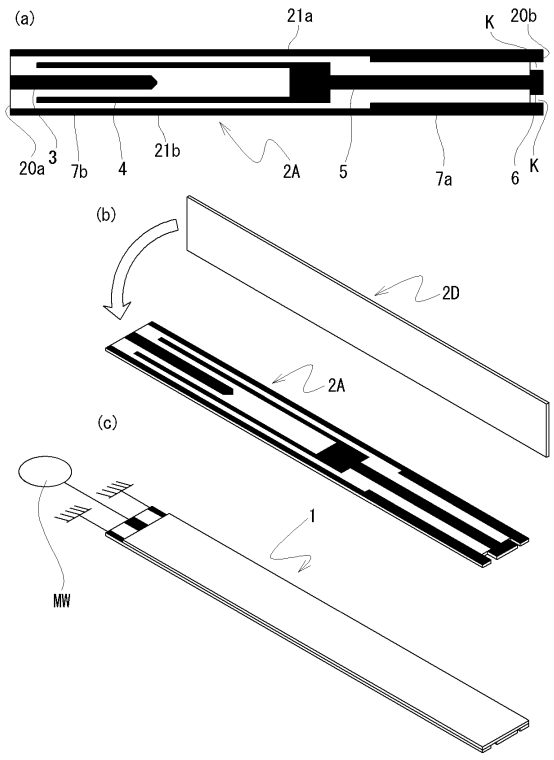
ＮＧガスやＬＰＧガス）を使用するようにしたエンジンのインジェクタに付加して用いることができる。

【符号の説明】

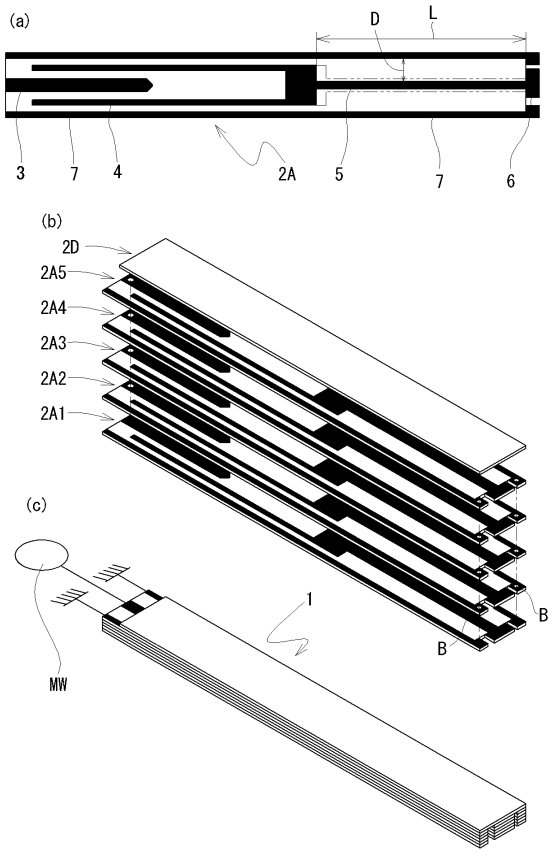
【００６０】

１　　点火装置
２　　絶縁基板
３　　入力電極
４　　結合電極
５　　結合線路
６　　放電電極
７　　接地電極

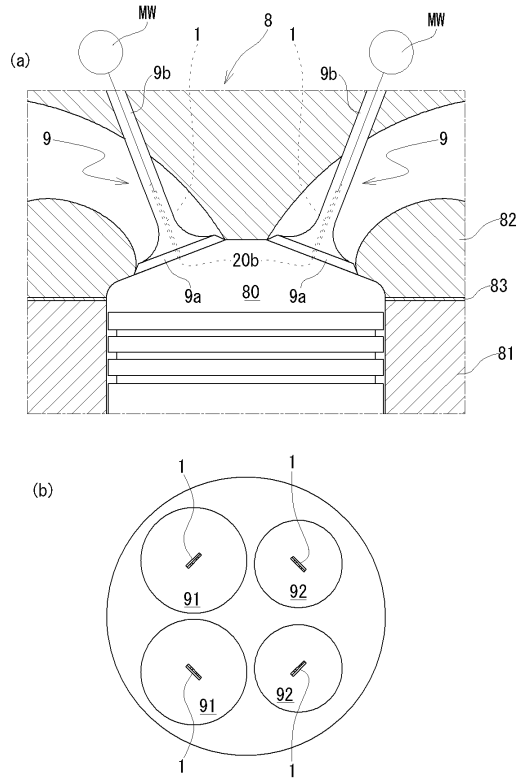
【図１】



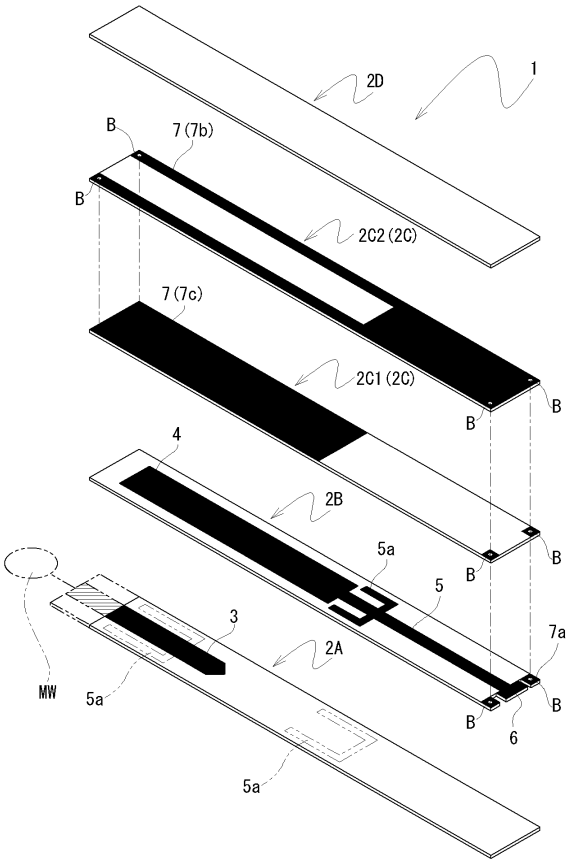
【図２】



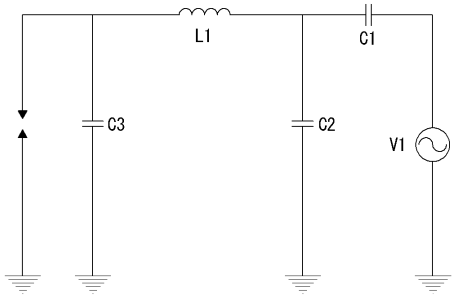
【図３】


(a)
MW
MW
1
8
1
9b
9b
9
9
82
20b
9a
80
9a
83
81
(b)
1
1
91
92
91
92
1
1

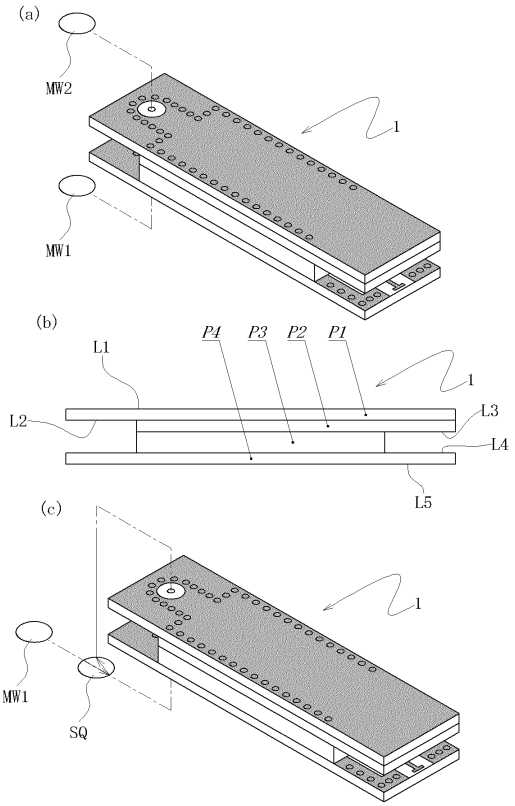
【図４】


1
2D
B
7 (7b)
B
2C2 (2C)
7 (7c)
2C1 (2C)
B
B
4
2B
B
5a
B
5
3
7a
2A
MW
5a
B
B
6
5a

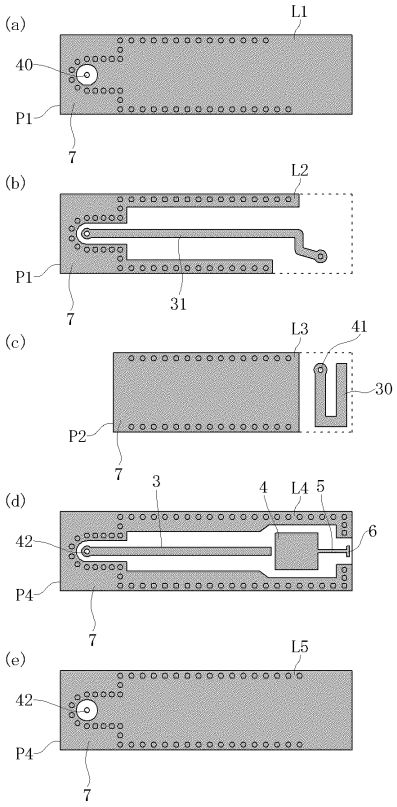
【図５】


L1
C1
C3
C2
V1

【図６】


(a)
MW2
1
MW1
(b)
P4
P3
P2
P1
L1
1
L2
L3
L4
L5
(c)
1
MW1
SQ

【図７】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２００９－３８０２６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１１／０１６５６９（WO，Ａ１）
特開２００９－３６１９８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－６２０２０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｔ　　７／００－２３／００
Ｆ０２Ｐ　　１５／００