

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2014年7月31日(31.07.2014)



(10) 国際公開番号  
WO 2014/115707 A1

- (51) 国際特許分類:  
H05H 1/24 (2006.01) H01T 15/00 (2006.01)  
F02P 3/01 (2006.01) H05H 1/52 (2006.01)  
F02P 23/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/051068
- (22) 国際出願日: 2014年1月21日(21.01.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2013-009175 2013年1月22日(22.01.2013) JP
- (71) 出願人: イマジニアリング株式会社 (IMAGING-  
EERING, INC.) [JP/JP]; 〒6500047 兵庫県神戸市中  
央区港島南町7丁目4番4 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 池田 裕二 (IKEDA Yuji); 〒6500047 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 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,  
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,  
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,  
LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,  
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,  
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,  
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

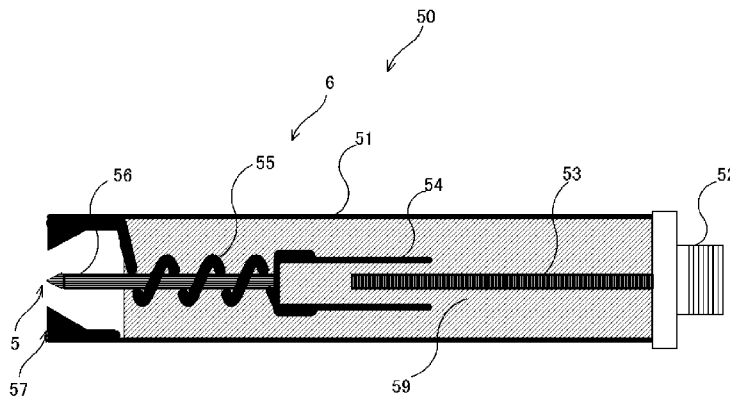
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,  
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシ  
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ  
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,  
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,  
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI  
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正  
を受理した際には再公開される。(規則 48.2(h))

(54) Title: PLASMA GENERATING DEVICE, AND INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) 発明の名称: プラズマ生成装置、及び内燃機関



(57) Abstract: The objective of the present invention is to provide a plasma generating device which generates electromagnetic wave plasma by the radiation of electromagnetic waves, and with which multiple power supplies, complex systems and the like are unnecessary, the amount of power required is reduced, and the generation, expansion, and maintenance of plasma are efficiently carried out. The present invention is a plasma generating device provided with an electromagnetic wave oscillator that emits electromagnetic waves, and a control device that controls the electromagnetic wave oscillator, said plasma generating device being characterized by being provided with a step-up circuit that causes the electromagnetic waves that have been emitted from the electromagnetic wave oscillator to resonate, thereby generating a high voltage, and a discharge electrode that discharges the high voltage generated by the step-up circuit.

(57) 要約: 本発明は、電磁波を放射することにより電磁波プラズマを生成するプラズマ生成装置において、複数の電源、複雑なシステム等を必要とせず、必要な電力量を低減し、プラズマの発生、拡大及び維持を効率よく行えるプラズマ生成装置の供給を課題とする。本発明は、電磁波を発振する電磁波発振器、及び上記電磁波発振器を制御する制御装置を備えるプラズマ生成装置であって、上記電磁波発振器から発振される電磁波を共振させて高電圧を発生させる昇圧回路と、上記昇圧回路により発生した高電圧を放電させる放電電極とを備えることを特徴とする。



WO 2014/115707 A1

## 明 細 書

発明の名称： プラズマ生成装置、及び内燃機関

### 技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ生成装置及びそのプラズマ生成装置を備えた内燃機関に関する。

### 背景技術

[0002] 従来から、対象空間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が知られている。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が記載されている。

[0003] 特開2009-38025号公報には、スパークプラグの放電ギャップでスパーク放電を生じさせると共に、その放電ギャップに向けてマイクロ波を放射してプラズマを拡大するプラズマ生成装置が記載されている。このプラズマ生成装置では、スパーク放電により生成されたプラズマがマイクロ波パルスからエネルギーを受ける。これにより、プラズマ領域の電子が加速され、電離が促進されて、プラズマの体積が増大する。

[0004] また、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。

### 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

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、特開2009-38025号公報に記載のプラズマ生成装置では、スパークプラグにおいて放電を起こさせるための高電圧電源、及びマイクロ波を放射するための高周波電源の少なくとも2つの電源が必要となる。例えばプラズマ生成装置を自動車エンジン等の燃焼室に用いる場合には設置スペースに限界があるため、このように複数の電源を要するプラズマ生成装置では設置場所を確保することが難しいという不都合がある。また、このようなプラズマ生成装置における伝送システムとしては、従来のスパークプラグに対する高電圧配送システムと電磁波配送システムの双方が必要とされるため、高度に複雑化される。一方、特開2006-132518号公報に記載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る。

[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、対象空間に電磁波によりプラズマを生成するプラズマ生成装置において、複数の電源、複雑なシステム等を必要とせず、さらには、必要な電力量を低減し、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プラズマ生成装置を供給することである。

## 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発明は、  
電磁波を発振する電磁波発振器、及び上記電磁波発振器を制御する制御装置を備えるプラズマ生成装置であって、

上記電磁波発振器から発振される電磁波を共振させて高電圧を発生させる昇圧回路と、

上記昇圧回路により発生した高電圧を放電させる放電電極とを備えることを特徴とするものである。

[0009] 本発明のプラズマ生成装置は、電磁波のみでプラズマを生成、拡大、維持させることができるため、電源は一つで足りる。さらに当該プラズマ生成装

置は、電磁波を共振させる昇圧回路を含むことで高電圧を発生させることができ、電磁波のみで効率よくスパークを起こしプラズマを発生させることができる。

[0010] 上記昇圧回路は、上記電磁波発振器と容量結合した共振回路を含むことが好ましい。当該プラズマ生成装置は、上記共振回路を含むことで、効率的に高電圧を発生させることができ、それにより電磁波のみで安定してスパークを生じさせることができる。

[0011] 上記昇圧回路は、上記共振回路を複数含むことが好ましい。当該プラズマ装置は、上記昇圧回路が複数の共振回路を含むことで、より高い電圧を発生させることが可能となるため、電磁波のみでより安定してスパークを生じさせることができる。

[0012] 上記共振回路の少なくとも1つは、並列共振回路であることが好ましい。当該プラズマ生成装置は、上記並列共振回路を含むことで、より効率的に高電圧を発生させることができるため、電磁波のみで安定してスパークを生じさせることができる。

[0013] また、上記並列共振回路より放電電極側に、さらに直列共振回路を備えることができる。直列共振回路を備えることで、放電電極からプラズマが発生し、低抵抗になっても電磁波発振器との整合を維持し、電磁波の反射を低減する。この場合、並列共振回路と直列共振回路の共振周波数は略同一とすることが好ましい。

[0014] 上記制御装置は、上記放電電極においてスパーク放電を引き起こす条件の電磁波パルスと、上記スパーク放電により生じたプラズマを拡大・維持させる条件の電磁波パルスとを含む発振パターンに従って発振するよう上記電磁波発振器を制御することが好ましい。

[0015] 当該プラズマ生成装置は、スパーク放電を起こす条件の電磁波パルスと、この電磁波パルスよりも低い電力を用い、生じたプラズマを拡大・維持させる条件の電磁波パルスとを含む発振パターンを用いることで、プラズマの生成、拡大、維持を効率よく行うことができ、その結果としてトータルの消費

電力を低減することができる。

[0016] 上記発振パターンは、上記スパーク放電を引き起こす条件の電磁波パルスの前に、非平衡プラズマを生成させる条件の電磁波パルスをさらに含むことが好ましい。本発明のプラズマ生成装置は、スパーク放電の前に非平衡プラズマを生成させることで、スパーク放電の際に必要な電力をより低減することができる。

[0017] 上記非平衡プラズマを生成させる条件の電磁波パルスは、ストリーマ放電を起こす条件の電磁波パルスであることが好ましい。上記ストリーマ放電は、例えば1マイクロ秒未満の短パルス電圧を印加することで、簡便に非平衡プラズマを生成することができる。

[0018] 本発明のプラズマ生成装置は、内燃機関用として好適に用いられる。当該プラズマ生成装置は、電磁波のみで効率良くプラズマを生成、拡大、維持する事ができるため、内燃機関に用いた場合に、燃焼効率をより向上することができる。

[0019] 本発明は、上述の本発明のプラズマ生成装置と、燃焼室が形成された内燃機関本体とを備える内燃機関も含む。

[0020] 本発明の内燃機関は、電磁波のみで効率良くプラズマを生成、維持、拡大する事ができる上述のプラズマ生成装置を備えているため、燃焼効率により優れる。

### 発明の効果

[0021] 本発明のプラズマ生成装置は、電磁波を共振させる昇圧回路を含むことで高電圧を発生させることができ、電磁波のみでスパークを起こすことができる。そのため、当該プラズマ生成装置においては、電源が一つで足り、複雑な伝送線路等を必要としない。また、当該プラズマ生成装置は、スパーク放電を起こす条件の電磁波パルスと、生じたプラズマを拡大・維持させるための放電を起こす条件の電磁波パルスとを含む所定の発振パターンを用いる。そのため、電磁波のみによってもプラズマの生成、拡大、維持を効率よく行うことができ、消費電力を低減することができる。

## 図面の簡単な説明

- [0022] [図1]実施形態1のプラズマ生成装置のブロック図である。
- [図2]実施形態1に係る内燃機関の縦断面図である。
- [図3]実施形態1に係るプラズマ生成装置の縦断面図である。
- [図4]実施形態1に係るプラズマ生成装置の等価回路である。
- [図5]実施形態1に係るプラズマ生成装置の電磁波発振パターンの一例である。
- [図6]実施形態1の変形例1に係るプラズマ生成装置の電磁波発振パターンの一例である。
- [図7]実施形態1に係るプラズマ生成装置の別の縦断面図である。
- [図8]実施形態1に係るプラズマ生成装置の別の等価回路である。

## 発明を実施するための形態

- [0023] 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。

### [0024] <実施形態1>プラズマ生成装置

本実施形態1は、本発明に係るプラズマ生成装置である。当該プラズマ生成装置は、図1に示すように、電磁波用電源2、電磁波発振器3、昇圧回路6、放電電極5及び制御装置4を備えている。

- [0025] 電磁波用電源2は、制御装置4から電磁波発振信号（例えばTTL信号）を受けると、所定のデューティ比、パルス時間等を設定したパターンで電磁波発振器3にパルス電流を出力する。

- [0026] 電磁波発振器3は、例えば半導体発振器である。電磁波発振器3は、電磁波用電源2に電氣的に接続されている。電磁波発振器3は、電磁波用電源2からパルス電流を受けると、昇圧回路6にマイクロ波パルスを出力する。

- [0027] 昇圧回路6は、図3に示すように、入力部の中心電極53、出力部の中心電極56、結合部の電極54、接地コイル55及び絶縁体59を備える。中心電極53は、電磁波発振器3から入力部52を介してマイクロ波プラズマ

プラグ50内に設置され、結合部の電極54と絶縁体59を介して容量結合している。出力部の中心電極56の一方の端部は結合部の電極54に直結している。出力部の中心電極56のもう一方の端部は放電電極5となっている。出力部の中心電極56の放電電極5以外の部分は絶縁材59で覆われており、その周囲に接地コイル55のコイル構造が形成されている。接地コイル55の一方の端部は結合部の電極54に接続しており、もう一方の端部は放電電極付近で接地している。接地コイル55と外ケース51との浮遊容量、及び結合部の電極54と外ケース51との浮遊容量が共振することで高電圧を発生する構造になっている。接地コイル55のコイル構造部分は、絶縁材59中に埋め込まれる構造となっている。発生した高電圧は、放電電極5からその近傍の接地電極57に向かって放電される。なお、昇圧回路6は、図3に示すようにマイクロ波プラズマプラグ50に内蔵されている。

[0028] 昇圧回路6の等価回路を図4に示す。昇圧回路6は、電磁波発振器3と容量結合した、コイルL1とコンデンサC2とからなる並列共振回路を含んでいる。さらに、電磁波発振器3と容量結合した、コイルL2とコンデンサC3とからなる共振回路を含んでいる。上記並列共振回路の周波数に対する上記共振回路の周波数の比は、0.80以上1.20以下であることが好ましく、0.90以上1.10以下であることがより好ましく、0.95以上1.05以下であることがさらに好ましく、1.00であることが最も好ましい。

[0029] また、並列共振回路より放電電58極側に、さらに直列共振回路を備えることができる。この場合の昇圧回路60を図6に、昇圧回路60の等価回路を図7に示す。この昇圧回路60は、コイルL1とコンデンサC2とからなる並列共振回路より放電電極58側に、コイルL2とコンデンサC4とからなる直列共振回路を備えている。具体的には、図6に示すように、コイルL2を兼ねる放電電極58の末端が結合部の電極54と分離し、放電電極58の末端部分と電極54との間でコンデンサC4を構成する。直列共振回路を備えることで、放電電極からプラズマが発生し、低抵抗になっても電磁波発

振器との整合を維持し、電磁波の反射を低減する。この場合、並列共振回路と直列共振回路の共振周波数は略同一とすることが好ましい。

[0030] プラズマ生成装置の動作

プラズマ生成装置 1 のプラズマ生成動作について説明する。プラズマ生成動作では、放電電極 5 からの放電により、放電電極 5 の近傍にプラズマが生じる。

[0031] 具体的なプラズマ生成動作では、まず制御装置 4 が、スパーク放電を起こす条件の電磁波発振信号を出力する。電磁波用電源 2 は、制御装置 4 からこのような電磁波発振信号を受けると、所定のデューティ比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。電磁波発振器 3 は、設定時間に亘って電磁波パルス在所定のデューティ比で出力する。電磁波発振器 3 から出力された電磁波パルスは、昇圧回路 6 により、接地コイル 5 5 と外ケース 5 1 との浮遊容量、及び結合部の電極 5 4 と外ケース 5 1 との浮遊容量が共振することで高電圧となり、放電電極 5 から接地電極 5 7 に向かって放電が起こり、スパークを生じさせる。このスパークにより放電電極 5 の近傍のガス分子から電子が放出され、プラズマが生成される。

[0032] 引き続き制御装置 4 は、上記プラズマを維持・拡大する条件の電磁波発振信号を出力する。電磁波用電源 2 は、制御装置 4 からこのような電磁波発振信号を受けると、所定のデューティ比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。電磁波発振器 3 は、設定時間に亘って電磁波パルス在所定のデューティ比で出力する。電磁波発振器 3 から出力されたマイクロ波（アシストのマイクロ波）は、昇圧回路 6 を経て放電電極 5 から放電される。これにより、スパーク放電によって生じたプラズマを維持・拡大させることができる。

[0033] 本実施形態のプラズマ生成装置 1 における、スパーク放電を起こす条件の電磁波パルスと、生じたプラズマを維持・拡大させる条件の電磁波パルスとを含む所定の発振パターンの一例を図 5 に示した。すなわち、放電電極 5 においてスパーク放電を起こし、プラズマを発生させるためには、ある一定以

上の電力のマイクロ波を放射することが必要である。このようなマイクロ波としては、一回のパルスであってもよいし、必要に応じて所定のデューティ比、所定の設定時間に亘る複数回のパルスであってもよい。その後、生じたプラズマに対して、所定のデューティ比で所定の設定時間に亘ってマイクロ波を発振することで、プラズマを維持・拡大させることができる。このプラズマの維持・拡大のために必要な電力は、スパーク放電を起こすのに必要な電力よりも低く抑えることができる。

[0034] なお、上述のように、スパーク放電を起こすことによりプラズマが発生すると、生じたプラズマが抵抗として機能するため電圧が低くなる。そのため、スパーク放電を起こす条件の電磁波パルスの発振を継続した場合であっても、スパークによりプラズマを生じさせた後自然に制御がかかり低電圧となり、プラズマを維持・拡大させることも可能である。

[0035] 電磁波発振信号の立ち上がり時点から所定の設定時間が経過すると、マイクロ波パルスの発振が停止され、マイクロ波プラズマが消滅する。

[0036] ー実施形態 1 の効果ー

本実施形態 1 のプラズマ生成装置 1 は、電磁波を共振させる昇圧回路 6 を含むことで高電圧を発生させることができ、電磁波のみでスパークを起こすことができる。そのため、対象空間において、電磁波のみでプラズマを生成、維持、拡大させることができ、電源は電磁波用電源 2 のみで足り、複雑な伝送線路等を必要としない。さらには、スパーク放電を起こす条件の電磁波パルスと、生じたプラズマを拡大・維持させる条件の電磁波パルスを含む所定の発振パターンを用いるため、電磁波のみによってもプラズマの生成、拡大、維持を効率よく行うことができ、トータルでの消費電力を低減することができる。また、出力部の中心電極 5 6 が接地コイル 5 5 のコイル構造部分の内部を通る構造となっていることで、マイクロ波プラズマプラグの径をより細くすることも可能となる。

[0037] ー実施形態 1 の変形例 1 ー

実施形態 1 の変形例 1 では、実施形態 1 とはプラズマの生成動作が一部異

なる。すなわち、図6に示すように、まず制御装置4が、スパーク放電を起こす条件の電磁波発振信号を出力する前に、非平衡プラズマを生成する条件の電磁波発振信号を出力する。これにより、電磁波用電源2は、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。出力されたパルス電流により電磁波パルスが発振され、高圧回路6を経て放電電極5から放電される。この放電により対象空間のガス分子から電子が放出され、非平衡プラズマが生成される。この非平衡プラズマにおいては、放出される電子温度のみが高くなり、粒子温度は低温に保たれる。そのため、この条件においては、スパークを生じることはない。しかし、対象空間のガス分子のエネルギー状態が高くなっているため、引き続き行われるスパーク放電のために必要な電力を低減することができる。これらの結果として、本発明のプラズマ生成装置において、全行程において必要とされる電力の合計量を低減させることができる。また、スパーク放電において用いられる電圧を低減させることができるため、放電電極5の摩耗を防止することもできる。

[0038] このような非平衡プラズマを生成させる条件の電磁波パルスとしては、ストリーマ放電を起こす条件の電磁波パルスが好ましいものとして挙げられる。

[0039] ー実施形態1の変形例2ー

実施形態1の変形例2では、マイクロ波プラズマプラグ50の放電電極5の近傍に誘電体バリア放電用電極（図示省略）をさらに備える。この誘電体バリア放電用電極は絶縁体で覆われている。この誘電体バリア放電用電極からの放電により、対象空間において非平衡プラズマが生成される。上記誘電体バリア放電用電極からの放電も、マイクロ波プラズマプラグ50と同様に制御装置4により制御される。

[0040] 引き続き、放電電極5においては、スパーク放電及び上記アシストの放電を起こす。なお、本変形例における絶縁体で覆われている上記電磁波放射アンテナの設置位置としては、本発明の効果を妨げない限り特に限定されないが、マイクロ波プラズマプラグ50の放電電極5近傍に位置し、スパーク放

電をおこす領域において誘電体バリア放電を起こすよう配設されていることが好ましい。また、本変形例における電磁波の発振パターンの一例としては、図6に示すパターンが挙げられる。

[0041] すなわち、制御装置4は、まず誘電体バリア放電により非平衡プラズマを生成する条件の電磁波発振信号を出力する。これにより、電磁波用電源2は、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力し、上記誘電体バリア放電用電極からの放電を促す。この放電により対象空間のガス分子から電子が放出され、非平衡プラズマが生成される。引き続き制御装置4が、スパーク放電を起こす条件の電磁波発振信号を出力する。電磁波用電源2は、制御装置4からこのような電磁波発振信号を受けると、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。電磁波発振器3は、設定時間に亘って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3から出力された電磁波パルスは、昇圧回路を経てスパーク放電を生じさせる。このスパーク放電により対象空間のガス分子から電子が放出され、プラズマが生成される。

[0042] 次に制御装置4は、上記プラズマにエネルギーを与え、このプラズマを拡大・維持する条件の放電を起こすような電磁波発振信号を出力する。電磁波用電源2は、制御装置4からこのような電磁波発振信号を受けると、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。電磁波発振器3は、設定時間に亘って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3から出力されたマイクロ波（アシストのマイクロ波）は、昇圧回路を経て放電電極5より放電され、スパーク放電によって生じたプラズマにエネルギーを与え、プラズマを拡大・維持させることができる。

[0043] 本変形例においては、誘電体バリア放電により対象空間のガス分子のエネルギー状態を高くすることができるため、スパーク放電のために必要な電力を低減することができる。これらの結果として、本発明のプラズマ生成装置において、全行程において必要とされる電力の合計量を低減させることができる。また、スパーク放電において用いられる電圧を低減させることができ

るため、放電電極 5 の摩耗を防止することもできる。

[0044] <実施形態 2> 内燃機関

本実施形態 2 は、本発明に係るプラズマ生成装置 1 2 を備えた内燃機関 1 0 である。プラズマ生成装置 1 2 は、燃焼室 2 0 を対象空間としてマイクロ波プラズマを生成する。内燃機関 1 0 は、図 2 に示すように、直噴式のガソリンエンジンである。内燃機関 1 0 は、内燃機関本体 1 1 とプラズマ生成装置 1 2 とを備えている。

[0045] 内燃機関本体 1 1 は、シリンダブロック 2 1 とシリンダヘッド 2 2 とピストン 2 3 とを備えている。シリンダブロック 2 1 には、横断面が円形のシリンダが複数形成されている。各シリンダ 2 4 内には、ピストン 2 3 が往復自在に設けられている。ピストン 2 3 は、コネクティングロッドを介して、クランクシャフトに連結されている（図示省略）。クランクシャフトは、シリンダブロック 2 1 に回転自在に支持されている。各シリンダ 2 4 内においてシリンダ 2 4 の軸方向にピストン 2 3 が往復運動すると、コネクティングロッドがピストン 2 3 の往復運動をクランクシャフトの回転運動に変換する。

[0046] シリンダヘッド 2 2 は、ガスケット 1 8 を挟んで、シリンダブロック 2 1 上に載置されている。シリンダヘッド 2 2 は、シリンダ 2 4 及びピストン 2 3 と共に、燃焼室 2 0 を区画している。

[0047] シリンダヘッド 2 2 には、各シリンダ 2 4 に対して、マイクロ波プラズマプラグ 5 0 が 1 つずつ設けられている。マイクロ波プラズマプラグ 5 0 の先端部分 5 0 a は、放電電極として機能する。本実施形態では、マイクロ波プラズマプラグ 5 0 が、プラズマ生成装置 1 2 の一部を構成している。マイクロ波プラズマプラグ 5 0 は、従来の自動車エンジンのスパークプラグと同一形状であり、電磁波発振器 3 及び放電電極 5 を内蔵している。

[0048] シリンダヘッド 2 2 には、各シリンダ 2 4 に対して、吸気ポート 2 5 及び排気ポート 2 6 が形成されている。吸気ポート 2 5 には、吸気ポート 2 5 を開閉する吸気バルブ 2 7 が設けられている。一方、排気ポート 2 6 には、排気ポート 2 6 を開閉する排気バルブ 2 8 が設けられている。

[0049] シリンダヘッド 22 には、各シリンダ 24 に対して、インジェクター 29 が 1 つずつ設けられている。インジェクター 29 は、2 つの吸気ポート 25 の開口の間から燃焼室 20 に突出している。インジェクター 29 は、複数の噴口から互いに異なる方向へ燃料を噴射する。インジェクター 29 は、ピストン 23 の頂面に向かって燃料を噴射する。

[0050] ー内燃機関の動作ー

本実施形態の内燃機関におけるプラズマ生成動作について説明する。本実施形態の内燃機関では、放電電極として機能するマイクロ波プラズマプラグ 50 の先端部分 50 a から放電することによりプラズマが生成される。

[0051] まず制御装置 4 が、スパーク放電を起こす条件の電磁波発振信号を出力する。電磁波用電源 2 は、制御装置 4 からこのような電磁波発振信号を受けると、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。電磁波発振器 3 は、設定時間に亘って電磁波パルス在所定のデューティー比で出力する。電磁波発振器 3 から出力された電磁波パルスは、マイクロ波プラズマプラグ 50 に内臓された昇圧回路 6 により高圧となり、マイクロ波プラズマプラグ 50 の先端部分 50 a 近傍においてスパーク放電を生じさせる。このスパーク放電により反応室 20 内の燃料ガス分子から電子が放出され、プラズマが生成される。

[0052] 引き続き制御装置 4 は、上記プラズマにエネルギーを与え、このプラズマを拡大・維持する条件の電磁波発振信号を出力する。電磁波用電源 2 は、制御装置 4 からこのような電磁波発振信号を受けると、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘ってパルス電流を出力する。電磁波発振器 3 は、設定時間に亘って電磁波パルス在所定のデューティー比で出力する。電磁波発振器 3 から出力された電磁波パルスは、昇圧回路 6 を経て高圧となり、マイクロ波プラズマプラグ 50 の先端部分 50 a において放電を起こし、上記スパーク放電によって生じたプラズマにエネルギーを与え、上記プラズマを拡大・維持させることができる。

[0053] 本実施形態の内燃機関における、スパーク放電を起こす条件の電磁波パル

スト、生じたプラズマを拡大・維持させる条件の電磁波パルスを含む所定の発振パターンの一例としては、実施形態1と同様に図5に示すパターンを挙げることができる。すなわち、反応室20においてスパーク放電を起こし、プラズマを発生させるためには、ある一定以上の電力の電磁波パルスが必要である。このような電磁波パルスとしては、一回のパルスであってもよいし、必要に応じて所定のデューティー比、所定の設定時間に亘る複数回のパルスであってもよい。その後、生じたプラズマを維持・拡大させるためには、所定のデューティー比で所定の設定時間に亘って電磁波パルスが発振される。このプラズマの拡大・維持には、スパーク放電を起こすのに必要な電力よりも低い電力しか必要としない。

[0054] ー実施形態2の効果ー

本実施形態2の内燃機関においては、実施形態1と同様のプラズマ生成装置を用いていることで、高電圧を利用した点火プラグとマイクロ波放射アンテナとを備える従来のプラズマ生成装置を備える内燃機関のように複数の電源を必要とせず、複雑な伝送線路等も必要としない。さらに、本実施形態の内燃機関においては、電磁波発振器3及び放電電極5は、従来の自動車エンジンのスパークプラグと同一形状のマイクロ波プラズマプラグ50に内蔵することができる。そのため、本実施形態のプラズマ生成装置を自動車エンジンに用いる場合には、エンジン自体の構造変更を必要としない。

[0055] ー実施形態2の変形例1ー

実施形態2の変形例1においては、実施形態1の変形例1と同様のプラズマ生成装置を備えている。このようなプラズマ生成装置の詳細については、実施形態1の変形例1において詳細に説明したので、ここでの説明を省略する。本変形例の内燃機関においては、このようなプラズマ生成装置を備えていることで、必要な電力の合計量を低減させることができる。

[0056] ー実施形態2の変形例2ー

実施形態2の変形例2では、実施形態1の変形例2と同様のプラズマ生成装置を備えている。このようなプラズマ生成装置の詳細については、実施形

態1の変形例2において詳細に説明したので、ここでの説明を省略する。なお、本変形例における誘電体バリア放電用電極の設置位置としては、本発明の効果を妨げない限り特に限定されないが、スパーク放電をおこす領域において誘電体バリア放電を起こすよう、放電電極5の近傍に配設されていることが好ましい。本変形例の内燃機関においては、このようなプラズマ生成装置を備えていることで、必要な電力の合計量を低減させることができる。

[0057] <実施形態3>排ガス分解装置

本発明に係るプラズマ生成装置は、排ガス分解装置として用いることができる。この排ガス分解装置は、電磁波用電源、電磁波発振器、制御装置、昇圧回路及び放電電極を内蔵するマイクロ波プラズマプラグ、並びに所定の電磁波帯域を共振するマイクロ波共振空洞（キャビティ）を備える。本発明のプラズマ生成装置は、電磁波のみにより有効なプラズマを生成することができるため、複雑な伝送線路等のシステムが不要であり、さらには使用電力の低減にも資する。

[0058] 本実施形態の排ガス分解装置においては、有害排出物、化学物質、浮遊粒子状物質、スス等をプラズマによる生成物（OHラジカル、オゾン（ $O_3$ ））を利用して化学的に酸化、反応させ、無害化するために、マイクロ波共振空洞（キャビティ）内流体に、効率よくプラズマを発生させることができる。

[0059] <実施形態4>オゾン発生・滅菌・消毒装置、消臭装置

本発明のプラズマ生成装置は、オゾン発生・滅菌・消毒装置、消臭装置として好適に用いられる。本発明のプラズマ生成装置を用いると、水分を含んだ高圧蒸気を多量のOHラジカル、 $O_3$ に効率良く変換することができる。これにより、例えば排気ガスを多量のOHラジカル、 $O_3$ の強力な酸化力をもって無害なガスに分解するとともに、フロン等で破壊された成層圏のオゾン層修復のために多量の $O_3$ を発生させることができる。本発明のプラズマ生成装置は、用いる電力に対するプラズマの発生・拡大効率を向上させることができるため、当該プラズマ生成装置を備えるこれらの装置は、より効率よくオゾン発生・滅菌・消毒・消臭を行うことができる。

## 産業上の利用可能性

[0060] 以上説明したように、本発明のプラズマ生成装置は、電磁波のみでプラズマを生成、拡大、維持させることができるため、電源は一つで足り、複雑な伝送線路等を必要としない。さらには、スパーク放電を起こす条件の電磁波パルスと、生じたプラズマを拡大・維持させる条件の電磁波パルスを含む所定の発振パターンを用いるため、電磁波のみによってもプラズマの生成、拡大、維持を効率よく行うことができ、消費電力の合計量を低減することができる。そのため、本発明のプラズマ生成装置は、自動車エンジン等の内燃機関、排ガス分解装置等に好適に用いられる。

## 符号の説明

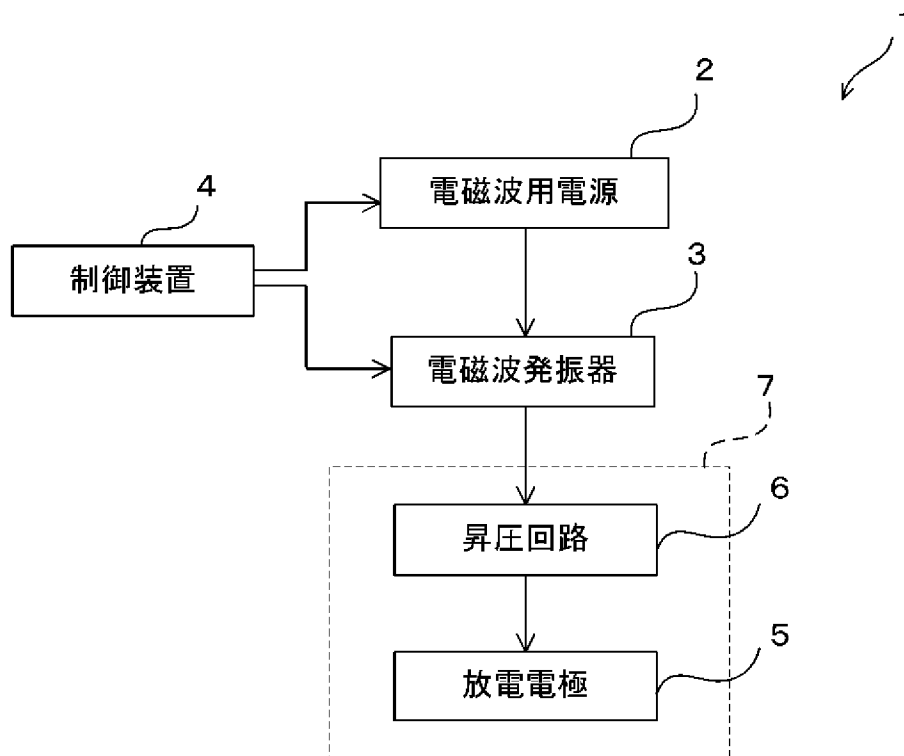
- [0061]
- 1 プラズマ生成装置
  - 2 電磁波用電源
  - 3 電磁波発振器
  - 4 制御装置
  - 5 放電電極
  - 6 昇圧回路
  - 7 マイクロ波プラズマプラグ
  - 10 内燃機関
  - 12 プラズマ生成装置
  - 20 対象空間（反応室）
  - 50 マイクロ波プラズマプラグ

## 請求の範囲

- [請求項1] 電磁波を発振する電磁波発振器、及び上記電磁波発振器を制御する制御装置を備えるプラズマ生成装置であって、  
上記電磁波発振器から発振される電磁波を共振させて高電圧を発生させる昇圧回路と、  
上記昇圧回路により発生した高電圧を放電させる放電電極とを備えることを特徴とするプラズマ生成装置。
- [請求項2] 上記昇圧回路が、上記電磁波発振器と容量結合した共振回路を含む請求項1に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項3] 上記昇圧回路が、上記共振回路を複数含む請求項2に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項4] 上記共振回路の少なくとも1つが、並列共振回路である請求項2又は請求項3に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項5] 上記並列共振回路より放電電極側に、さらに直列共振回路を備えた請求項4に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項6] 上記制御装置が、上記放電電極においてスパーク放電を引き起こす条件の電磁波パルスと、上記スパーク放電により生じたプラズマを拡大・維持させる条件の電磁波パルスとを含む発振パターンに従って発振するよう上記電磁波発振器を制御する請求項1から請求項5のいずれか1項に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項7] 上記発振パターンが、上記スパーク放電を引き起こす条件の電磁波パルスの前に、非平衡プラズマを生成させる条件の電磁波パルスをさらに含む請求項6に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項8] 上記非平衡プラズマを生成させる条件の電磁波パルスが、ストリーマ放電を起こす条件の電磁波パルスである請求項7に記載のプラズマ生成装置。
- [請求項9] 内燃機関用である請求項1から請求項8のいずれか1項に記載のプラズマ生成装置。

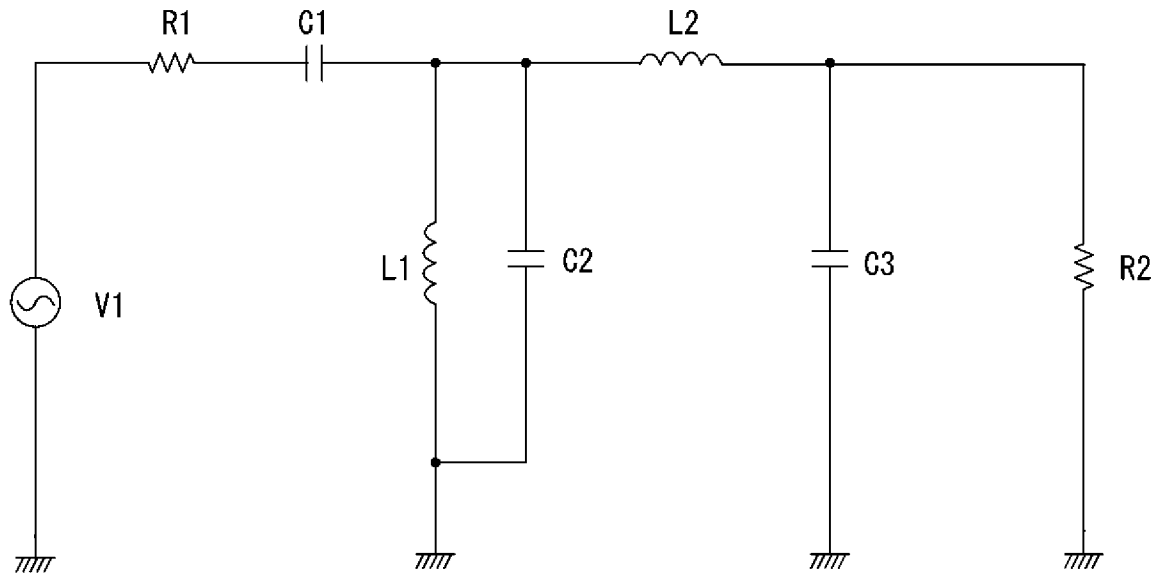
[請求項10]           請求項9に記載のプラズマ生成装置と、燃焼室が形成された内燃機関本体とを備える内燃機関。

[図1]

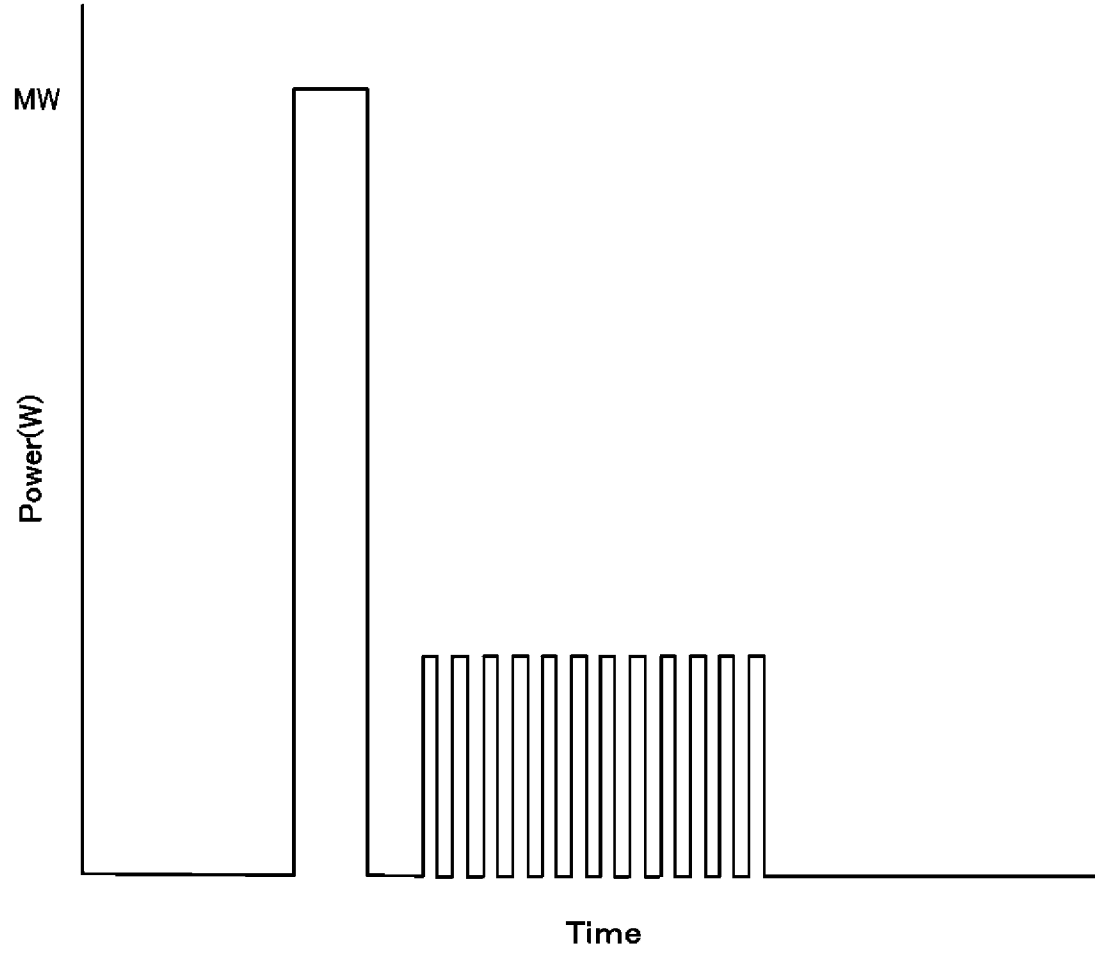


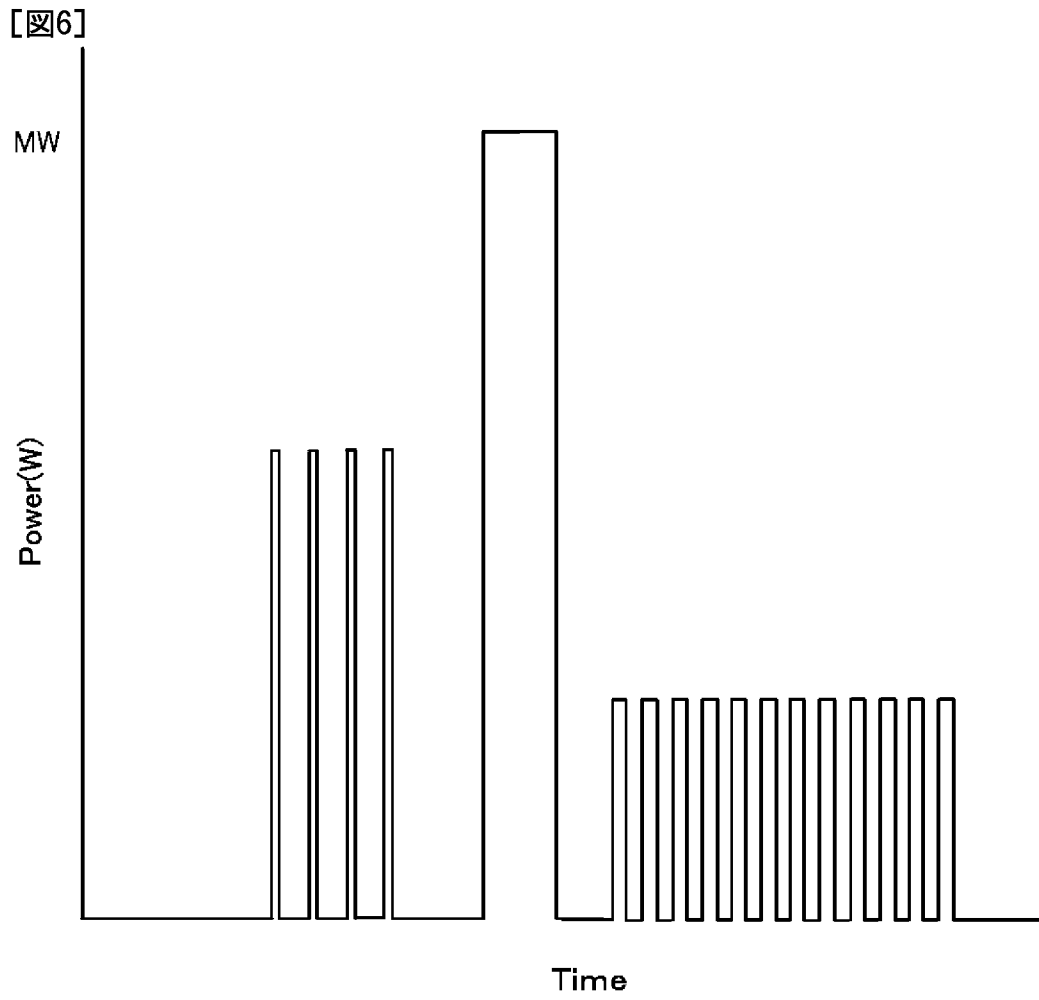


[圖4]

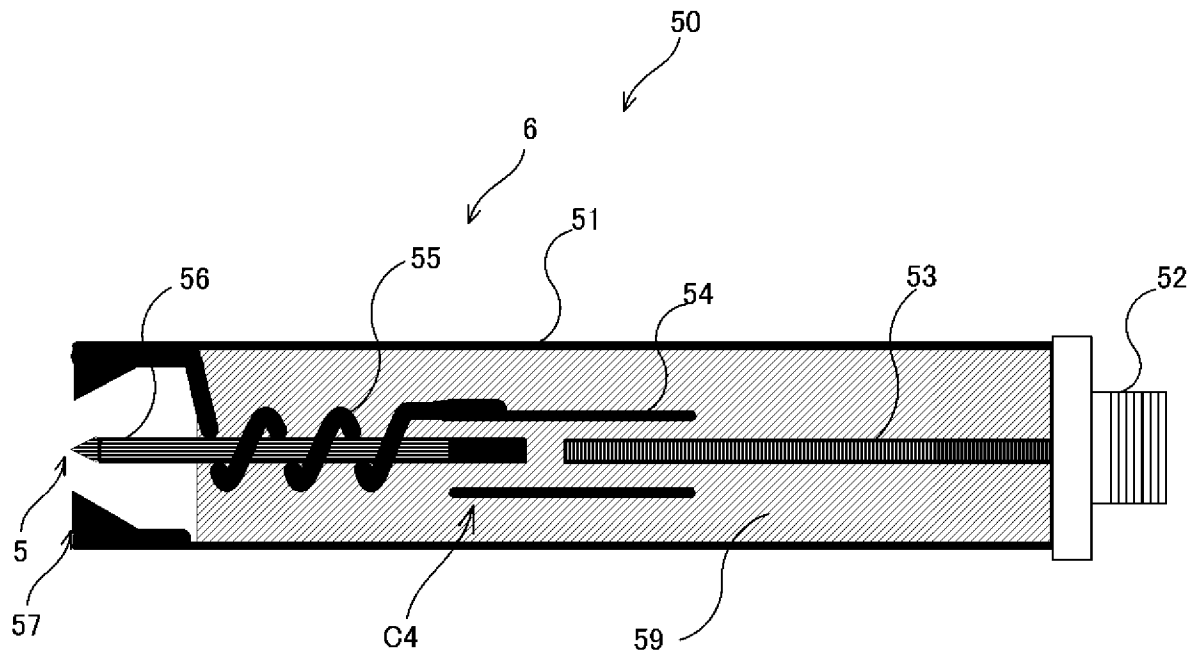


[圖5]

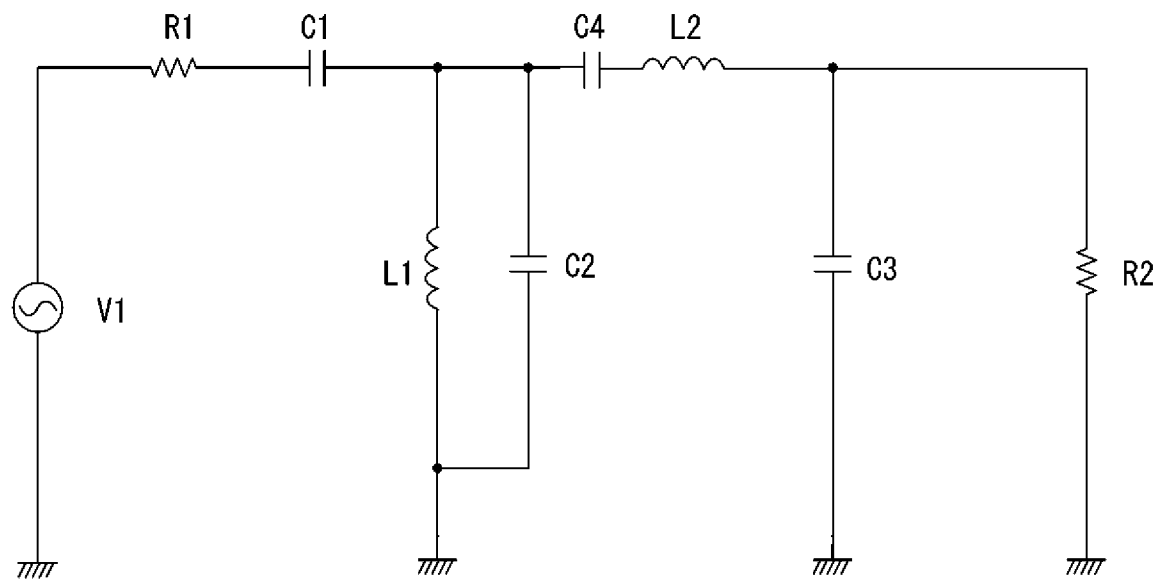




[図7]



[図8]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2014/051068

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
H05H1/24(2006.01)i, F02P3/01(2006.01)i, F02P23/04(2006.01)i, H01T15/00(2006.01)i, H05H1/52(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
F02P1/00-3/12, F02P7/00-23/04, H05H1/00-1/54, H01T15/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2010-520400 A (Renault S.A.S.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraphs [0005] to [0007]; fig. 2 & US 2010/0313841 A1 & EP 2126342 A & WO 2008/113956 A2 & FR 2913299 A & CN 101627206 A & KR 10-2009-0115946 A & RU 2009136348 A	1, 9-10 2-6 7-8
Y A	JP 7-167674 A (Honda Motor Co., Ltd.), 04 July 1995 (04.07.1995), paragraph [0012] (Family: none)	2-6 7-8
Y A	JP 2011-169179 A (Mitsubishi Electric Corp.), 01 September 2011 (01.09.2011), paragraph [0040] (Family: none)	6 7-8

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 April, 2014 (23.04.14)	Date of mailing of the international search report 20 May, 2014 (20.05.14)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H05H1/24(2006.01)i, F02P3/01(2006.01)i, F02P23/04(2006.01)i, H01T15/00(2006.01)i,  
 H05H1/52(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. F02P1/00-3/12, F02P7/00-23/04, H05H1/00-1/54, H01T15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2014年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2014年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2010-520400 A (ルノー・エス・アー・エス) 2010.06.10, 【005】 - 【007】, 図2 & US 2010/0313841 A1 & EP 2126342 A & WO 2008/113956 A2 & FR 2913299 A & CN 101627206 A & KR 10-2009-0115946 A & RU 2009136348 A	1, 9-10 2-6 7-8
Y A	JP 7-167674 A (本田技研工業株式会社) 1995.07.04, 【0012】 (ファミリーなし)	2-6 7-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー  
 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 23.04.2014	国際調査報告の発送日 20.05.2014
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 鳥居 祐樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3273

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2011-169179 A (三菱電機株式会社) 2011.09.01, 【0040】 (ファミリーなし)	6 7-8