



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 272 962**

51 Int. Cl.:  
**F23C 99/00** (2006.01)  
**F23G 5/00** (2006.01)  
**F02M 27/04** (2006.01)  
**F23B 90/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03714869 .9**  
86 Fecha de presentación : **21.03.2003**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1490630**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2004**

54 Título: **Dispositivo para la combustión de combustibles.**

30 Prioridad: **22.03.2002 DE 102 12 995**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.05.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.05.2007**

73 Titular/es: **Pyroplasma KG.**  
**Stockholmer Allee 32A**  
**44269 Dortmund, DE**

72 Inventor/es: **Heiligers, Rolf y**  
**Hunck, Wolfgang, Heinrich**

74 Agente: **Ponti Sales, Adelaida**

ES 2 272 962 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo para la combustión de combustibles.

Dispositivo de combustión de un combustible.

La invención se refiere con un dispositivo de combustión de un combustible para la combustión de combustibles en una reacción química exotérmica.

DE 1 274 781 describe un procedimiento y un dispositivo para mejorar el rendimiento de la combustión en los quemadores. El dispositivo presenta un elemento, para suministrar combustibles así como un recinto para la combustión de los combustibles suministrados junto a una llama. Así, la llama y la bobina forman un circuito oscilante.

La combustión es una reacción química (oxidación) de combustibles con oxígeno del aire, con liberación de calor. Los hidrocarburos reaccionan formándose dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, y vapor de agua H<sub>2</sub>O. La combustión de combustibles sólidos es iniciada calentando a una temperatura de ignición, mientras que la combustión de combustibles líquidos, es causada por gasificación intermedia mediante la superación momentánea del límite de ignición de una chispa de ignición. En los combustibles gaseosos, la combustión es inducida por medio de una chispa de ignición mediante la superación momentánea del límite de ignición. En la combustión se forman gases de escape. La calidad de la combustión se puede determinar de la composición de los gases de escape. En el sentido convencional, la combustión es una reacción redox exotérmica que tiene el aspecto del plasma, la cual tiene lugar con la emisión de radiación electromagnética, por ejemplo radiación luminosa y térmica. En química, la oxidación es un proceso químico en el cual una partícula emite electrones. Los electrones emitidos son captados por otras partículas, por ejemplo átomos de oxígeno y del cloro. Este proceso se conoce como reducción. Cada proceso de oxidación está unido a un proceso de reducción. Las reacciones basadas en una transferencia de electrones de este tipo se llaman reacciones redox. La energía participa en todas las reacciones químicas. Los sistemas de mayor energía pasan a los sistemas de menor energía mediante la liberación de energía. Inversamente, los sistemas de menor energía pasan a los sistemas de mayor energía mediante el consumo de energía. Si se libera energía térmica durante una reacción, se habla de reacción exotérmica. Inversamente, si se absorbe energía, se produce una reacción endotérmica. Mientras que algunas sustancias, por ejemplo carbón de leña, al arder solamente resplandecen, otros combustibles, tales como madera, gasolina o gas forman una llama.

Una llama de una vela presenta tres zonas de brillo. Internamente, la llama contiene un núcleo oscuro que está rodeado por una envoltura amarilla luminosa. La envoltura amarilla luminosa está rodeada generalmente por una orla azul. El núcleo relativamente frío contiene los vapores sin quemar de la sustancia sólida. Se considera generalmente vapor la fase de gas de una sustancia que es sólida o líquida a la temperatura ambiente. Estos vapores se descomponen en la envoltura de la llama para formar los gases quemados y las partículas finas de carbón que arden con brillo intenso y emiten luz.

Estas partículas de carbón se queman solamente cuando el aire entra en la orla exterior de la llama, sin ningún impedimento. La orla de la llama forma

la parte más caliente de la misma. Una llama es así un flujo ardiente de gas, en el cual el resplandor de la llama es causado por las partículas sólidas que brillan intensamente. Al arder las llamas así, todos los gases combustibles así como líquidos y sólidos citados producen los vapores o los productos gaseosos de la descomposición que son combustibles por encima de la temperatura de ignición. Las llamas presentan una resistencia eléctrica en la envoltura de la llama distinta de la del gas circundante. La envoltura de la llama puede transportar cargas eléctricas. Una llama convencional es un fenómeno de ionización térmica que se puede derivar del movimiento molecular browniano.

La capacidad de las llamas para transportar cargas eléctricas se utiliza para el control de la llama en los llamados detectores de ionización de la llama (FID). El control de la supervisión de la llama de ionización se basa en el efecto que los gases calientes de la llama contienen átomos, moléculas o iones eléctricamente cargados que son conducidos por la corriente eléctrica.

La figura 1 muestra un detector de ionización de la llama (FID) según el estado de la térmica. El detector de ionización de la llama (FID) presenta un electrodo anular R y un electrodo de punta S. La llama, que consta del núcleo K y de la envoltura M, se provee de combustible.

Aplicando, mediante una fuente de tensión, una tensión alterna entre los dos electrodos, se crea un campo eléctrico alterno entre el electrodo anular R que rodea el núcleo K de la llama y el electrodo de punta S. Mediante la aplicación de tensión alterna al electrodo S de punta que penetra en la llama puede medirse la corriente mediante un aparato de medida de la misma. A pesar de la tensión alterna aplicada, la corriente medida no es alterna, sino una corriente continua. Con el amperímetro se puede comprobar si una llama está ardiendo. Mediante el efecto del rectificador de la llama también puede comprobarse la presencia de una llama detectada en el caso de un cortocircuito entre los electrodos. Los detectores de ionización de la llama (FID) se pueden también utilizar para medir la concentración de hidrocarburos en el aire de salida y el aire circundante. En este caso, la ionización de los átomos de carbono orgánico enlazados en una llama del hidrógeno se utiliza como efecto de medida. La corriente iónica que se produce en el campo eléctrico se amplifica y se indica eléctricamente. La corriente iónica es proporcional al número de átomos de carbono orgánico enlazados en la muestra de aire. La concentración total de carbono se obtiene así en PPM. El límite de verificación es en este caso 0.1 - 0.2 PPM.

La figura 2a muestra un reactor del haz de plasma según el estado de la técnica. En el reactor representado, una mezcla del gas integrada por el N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> circula a través de un tubo y va a parar a un campo de microondas. Un generador produce las microondas, que se aplican a una guía de ondas y se reflejan en el otro extremo de la guía de ondas. Esto da lugar a la superposición de la onda de la entrada y la onda de la salida. El reactor del jet de plasma se utiliza como catalizador del gas de escape. Debido al tiempo de permanencia de la mezcla de gas de O<sub>2</sub> y de N<sub>2</sub> que atraviesa el campo de superposición de las microondas se forma un plasma térmico que, con picos de temperatura de hasta 10 000 Kelvin. Si debido a ello la microonda es pul-

sante, ésta da lugar a un plasma frío con una temperatura de 1000-2000 Kelvin. El plasma que se introduce en la cámara de reacción reduce la concentración de las sustancias peligrosas contenidas en el gas de escape.

En general, se entiende por plasma un gas o una mezcla de gas ionizados. Si se proporciona continuamente energía a estos gases, por ejemplo en forma de corriente eléctrica, éstos pasan a un estado en el cual las moléculas neutras del gas son excitadas y, si se proporciona más energía, se forman con frecuencia iones cargados positivamente y electrones cargados negativamente. Esta mezcla, de partículas con carga neutra positiva y negativa se denomina plasma.

Otra manera posible de reducir la concentración de sustancias peligrosas es convertir un gas noble fácilmente ionizable, tal como argón, como gas portador, en plasma, a través de un campo eléctrico por medio de microondas.

La figura 2b muestra una disposición según el estado de la técnica para la eliminación de sustancias nocivas. Un generador de microondas produce un campo electromagnético. Las microondas producidas se reflejan en un reflector y producen un plasma, que se aplica vía una abertura a la sustancia nociva que se eliminará. La sustancia nociva se trata, por ejemplo, de una dioxina. Esto aumenta mucho el movimiento molecular browniano de las moléculas de dioxina. El plasma de argón conduce a la eliminación de las moléculas de dioxina debido a la alta temperatura en una reacción química. Una desventaja de la disposición representada en la figura 2b es que el generador para la producción de las microondas consume una cantidad muy grande de energía, requiriendo habitualmente un nivel de energía de 1 a 10 KW. En la disposición representada en la figura 2b, un plasma se genera inmediatamente, y a continuación el plasma generado se ponen en contacto con la sustancia peligrosa para ser eliminada, en una cámara de reacción separada. La llama de combustión y el campo de plasma formado por el reflector son separados localmente entre sí. La eficacia de la disposición representada en la figura 2b para la eliminación de sustancias nocivas es muy baja, debido a la gran cantidad de energía requerida.

El objeto de la presente invención es proporcionar así un dispositivo de combustión de un combustible para conseguir la combustión de los combustibles, en los cuales la proporción de sustancias nocivas que se forman por la combustión se minimiza con poco consumo de energía.

La solución del problema según la invención, se consigue produciendo una tensión alterna que cree una diferencia de potencial, es decir un campo de tensión en una llama, cuya forma de tensión permita que una carga fluya del cátodo al ánodo, por ejemplo, una tensión continua pulsante o una tensión alterna superpuesta a una tensión continua. Una tensión alterna pura no es funcional, y una tensión continua pura es solamente funcionalmente inadecuada para resolver satisfactoriamente el problema según la invención.

Junto con la tensión alterna que crea una diferencia de potencial, la llama forma un espectro de dispersión con una resistencia de la llama que varía según de la gama de frecuencias.

El objeto, según la invención, se consigue mediante un dispositivo de combustión de un combustible que tiene las características especificadas en la

reivindicación 1 de la patente.

En el dispositivo de combustión de un combustible según la invención, un campo eléctrico se superpone a la llama. Debido a ello, el campo eléctrico produce un plasma de reacción dentro de la llama. Mediante este plasma de reacción se quema eficientemente el combustible introducido, de modo que las concentraciones de las sustancias nocivas que se crean durante el proceso de la combustión sean mínimas.

El dispositivo de combustión de un combustible según la invención se distingue por un consumo de energía que es menor de 100 vatios para un quemador de 10 kilovatios, es decir, la energía eléctrica que se introduce es solamente el 0.1% de la energía química total que se introduce.

Los combustibles proporcionados son quemados casi en un 100%, con lo cual los subproductos indeseados son evacuados con el gas de escape, tal como óxidos del nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) solamente en concentraciones muy bajas.

Cuando los hidrocarburos se queman como el combustible, mediante el dispositivo de combustión de un combustible según la invención se reduce la proporción de hidrocarburos sin quemar, que representan además sustancias nocivas, también en el gas de escape en una proporción casi nula.

Mediante la formación de un plasma de reacción dentro de la llama se experimenta claramente la producción de energía en comparación con los dispositivos de combustión convencionales. Las sustancias tóxicas ambientalmente nocivas, tales como dioxinas y furanis, son casi totalmente eliminadas por el dispositivo de combustión de un combustible según la invención.

Mediante el plasma de reacción que se produce en la llama aumenta la velocidad de reacción dentro de la llama así como las temperaturas de combustión. La energía que se obtiene en la reacción de combustión realizada, la llamada entalpía de reacción depende de la velocidad de reacción. Por ejemplo, las moléculas del hidrocarburo ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) se introducen como combustible con el dispositivo de combustión de un combustible. La energía producida por el dispositivo de combustión de un combustible es tanto mayor cuanto mayor es el número de moléculas del hidrocarburo que reaccionan con el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) por unidad de tiempo. Mediante la producción de plasma aumenta la temperatura de combustión, y por consiguiente la velocidad de reacción. Por ello no aumenta significativamente la producción de energía, y entonces el aumento de energía del proceso de combustión es solamente el contenido térmico de los gases de combustión por el efecto de oxidación residual. La carga de las sustancias nocivas son significativamente reducidas por el dispositivo de la combustión de un combustible según la invención. El dispositivo de la combustión de un combustible según la invención permite que la producción de la energía aumenta alrededor de 1-3%, dependiendo del combustible.

El dispositivo de combustión de un combustible según la invención presenta esencialmente las ventajas siguientes:

la producción de energía aumenta en comparación con los dispositivos de combustión de un combustible convencional; la proporción de sustancias nocivas en los gases de escape emitidos se minimiza. Estas sustancias nocivas pueden, ser por ejemplo óxidos de nitrógeno o hidrocarburos sin quemar.

Los componentes del dispositivo de combustión de un combustible pueden ser de dimensiones menores para una misma energía.

Además, la emisión de ruidos se puede reducir alrededor de 10 decibelios.

Otra ventaja del dispositivo de la combustión de un combustible según la invención es que la forma de la llama puede depender del campo eléctrico aplicado. Debido a ello se puede conseguir que la llama de combustión producida llene todo el recinto de combustión o, alternativamente, alcance parte de la cámara de combustión.

El dispositivo de combustión de un combustible según la invención se puede utilizar de todos los aspectos en los cuales se produce un fuego abierto o una llama abierta.

Éstos son especialmente:

- plantas para la producción de calor procedente de vapor y de procesos industriales;
- calefacciones;
- turbinas de gas;
- planta de incineración de basura;
- mecanismos de accionamiento de toberas;
- hornos de alta temperatura; y
- motores de combustión.

La esencia de la invención consiste en que un campo eléctrico se aplica a la llama de combustión para producir un plasma de reacción en la llama. Por ello, el campo eléctrico se aplica a la llama mediante por lo menos dos electrodos.

En una forma de realización preferida del aparato de la combustión del combustible según la invención, los electrodos están conectados a un generador de tensión.

Por ello, el generador de tensión produce preferiblemente una tensión alterna.

En una forma de realización preferida, está previsto un transformador para la transformación elevadora de la tensión alterna producida por el generador de tensión, con lo cual se produce el desplazamiento de la carga, en promedio estadístico, en solamente una dirección del transporte de la carga.

La tensión alterna aplicado puede tener diversas formas de señal.

En una primera realización, la tensión alterna producida es aproximadamente sinusoidal, con lo cual las semiondas positivas presentan una mayor amplitud que las semiondas negativas, o viceversa.

En una realización alternativa, la tensión alterna producida es de forma pulsante con lo cual además comprende una desviación en el plano de la función de tensión entre la media función positiva y negativa.

En una realización alternativa, el generador de tensión produce no solamente la tensión alterna sino también una tensión continua. Por ello, la tensión alterna puede ser una tensión sinusoidal pura.

En este caso, un campo eléctrico de la corriente continua se superpone además al campo eléctrico de corriente alterna en el recinto de combustión.

La fuerza del campo eléctrico aplicado a la llama está preferiblemente entre 0.1 y 10 kV/cm.

En una realización alternativa, la frecuencia del

campo eléctrico aplicado a la llama está entre 50 hertzios y 2 gigahertz.

La cámara de combustión puede ser abierta o cerrada.

La cámara de combustión puede también contener un medio de la combustión, en el cual se forme la llama, por ejemplo, un cuerpo catalítico de del quemador o un cuerpo del quemador del poroso.

En una realización alternativa del aparato de la combustión de combustible según la invención, la cámara de combustión es un compartimiento abierto.

En una realización alternativa, la cámara de combustión es una cámara de combustión cerrada.

En principio, está previsto que el combustible pueda ser cualquier combustible deseado.

En una realización alternativa, el combustible se provee que es una mezcla del gas.

En una realización particularmente preferida, la mezcla de gas de combustible introducida es una mezcla del hidrocarburos.

Un campo eléctrico se aplica mediante por lo menos dos electrodos a la llama, para producir un plasma de reacción.

Un campo eléctrico se aplica a la llama mediante por lo menos dos electrodos, entre los cuales en una realización posible está situado por lo menos un electrodo de rejilla para influenciar las oscilaciones, para producir un plasma de reacción.

Un campo eléctrico de corriente continua se aplica por medio de los dos electrodos, y un campo eléctrico de corriente alterna se aplica mediante los electrodos de rejilla. Esta disposición es equivalente a una disposición tubular, por ejemplo un triodo o un pentodo.

De este modo los electrodos de rejilla controlan el flujo de la carga dentro de la combustión de la llama.

Así una tensión continua pura puede estar presente entre el ánodo y el cátodo cuando las corrientes de control por el cambio de frecuencia fluyen en los electrodos de la rejilla.

De este modo, por lo menos un electrodo presenta preferiblemente un extremo del electrodo para aumentar la fuerza del campo eléctrico.

El otro electrodo es preferiblemente un electrodo anular.

En una realización particularmente preferida, los dos electrodos junto con la llama forman un condensador, que está conectado en un circuito resonante eléctrico, con lo cual la llama forma un elemento RC.

De forma de realización alternativa, sustancias inútiles, por ejemplo la basura, es incinerada por la llama en la cámara de combustión cerrada del aparato de la combustión de combustibles.

Las sustancias inútiles forman el combustible introducido.

De forma de realización alternativa del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, la forma de la llama en la cámara de combustión puede ser variada cambiando la fuerza del campo y la frecuencia del campo eléctrico E que se aplica a la llama.

Esto ofrece la ventaja particular que la llama puede alcanzar deliberadamente áreas específicas dentro de la cámara de combustión. La llama se puede emparejar así a las dimensiones físicas de la cámara de combustión, y la fuerza del campo y la frecuencia del campo eléctrico aplicado pueden preferiblemente ser fijadas tales que la cámara de combustión está llenada totalmente.

De forma de realización alternativa, el dispositivo de la combustión de combustibles según la invención tiene un dispositivo que se mezclaba para premezclar los combustibles introducidos.

En el dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, la ignición ocurre preferiblemente por el uso del campo eléctrico.

De forma de realización alternativa del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, también se proporciona un dispositivo de ignición, para encender los combustibles introducidos. A modo de ejemplo, este dispositivo de ignición produce una chispa de ignición para iniciar la combustión.

En una realización particularmente preferido del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, por lo menos uno de los dos electrodos comprende un material catalítico activo.

Este material catalítico activo es preferiblemente platino.

De forma de realización alternativa del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, uno de los dos electrodos es un electrodo de inyección, a través de el cual se rocían los combustibles, o se atomiza por medio de oscilaciones del ultrasonido, en la cámara de combustión.

De forma de realización alternativa del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, uno de los dos electrodos es un electrodo de inyección.

Preferiblemente la llama es cargada electromagnéticamente medianterga el electrodo de inyección.

Un campo electromagnético alterno se puede acoplar en la llama vía un sistema de la antena que formado por el electrodo anular.

La invención también proporciona un procedimiento para la combustión de combustibles por medio de una llama en una reacción química exotérmica que comprende las etapas siguientes, a saber:

Proporcionan los combustibles en una cámara de combustión para producir la llama,

un campo eléctrico se aplica a la llama para producir un plasma de reacción con un alto grado de la ionización dentro de la llama.

En este caso, un campo que eléctrico alterno se aplica preferiblemente a la llama.

El campo eléctrico alterno se puede también juntar en la llama vía una guía de onda.

El campo eléctrico alterno se puede en este caso generar por un generador de microondas.

Además del campo eléctrico alterna, un campo eléctrico de la corriente continua se aplica a la llama en una realización alternativa del procedimiento según la invención.

Las fuerzas del campo del campo eléctrico están preferiblemente entre 0.1 kV/cm y 10 kV/cm.

En el procedimiento según la invención, el campo eléctrico se aplica a la llama por medio por lo menos de dos electrodos.

La fuerza del campo eléctrico alterno que se superpone en el campo de una tensión continua tiene una forma de onda sinusoidal, en una primera realización.

En una realización alternativa del procedimiento según la invención, la fuerza del campo eléctrico alterno tiene una forma de onda pulsante.

La naturaleza de la pulsación de una tensión continua es tan importante justo como su perfil de la curva del pulso. La frecuencia y la forma de onda de una

tensión alterna Que se sobreponga en una tensión continua son también importantes.

Si la anchura del pulso con la subida correspondiente del flanco del pulso a partir de 1 kV/ns baja por debajo del 500 ms o menos, los combustibles sólidos dentro del cuerpo de la llama serán pulverizados más a fondo. La subida del flanco del pulso y la anchura del pulso son una medida de la descomposición particular de combustibles sólidos, tales como polvo de carbón.

En el caso de la incineración de la basura, esto evita una cantidad grande de polvo que es convertido, y evita la adherencia de hidrocarburos sin quemar.

Una reacción de la combustión de la radiofrecuencia causada por un alto voltaje es altamente deseable, puesto que se forman un número de fenómenos de la llama del plasma que se crean por un tiempo y una intensidad cortos, y conduce a descargar a corto plazo, intensivo dentro de la llama. Sin embargo, un equilibrio se puede calcular para la energía introducida vía la resistencia de la llama.

En un desarrollo particularmente ventajoso del dispositivo según la invención, el campo de la radiofrecuencia funciona de manera que el plasma que se forma en la mezcla de combustible/aire en la cámara de combustión esté en equilibrio térmico, aunque la energía que se introduce puede también ser pulsada solamente.

El campo de la radiofrecuencia de un campo eléctricamente pulsado de tensión continua o de un campo de tensión continua que se superponga en un campo alterno es regulado según la invención formando la combustión de estado estacionario del plasma y así una descarga de alta intensidad uniforme del plasma, con solamente una inclinación de menor importancia de la descarga. En vez de esto, debido a la alta frecuencia según la invención se consigue que se formen esas descargas a corto plazo, de alta impedancia del plasma dentro de la llama, en forma de flashes del plasma, que dan lugar a energía intensivo, para el radicalización de la mezcla de hidrocarburo/aire. Estas descargas del plasma obviamente no actúan por solamente un tiempo corto, sino que son particularmente intensivas debido al número de ellas en el área adyacente al electrodo cuando las altas diferencias potenciales están presentes. Esto explica la cantidad pequeña de energía introducida en la llama.

En un perfeccionamiento particularmente ventajoso, el campo de la radiofrecuencia funciona en una frecuencia en la zona del megaciclo. Una frecuencia tan alta como esto contribuye a la formación de la combustión homogéneamente de estado estacionario del plasma en el equilibrio térmico, en el cual los procesos de la igualación ocurren en virtud de descargas en la forma de plasma de alta impedancia descargan, así dando por resultado una reacción intensiva de la llama.

Es particularmente ventajoso que el plasma sea producido por un campo de la radiofrecuencia con una forma de onda pulsada con los bordes escarpados, en los cuales, en otro perfeccionamiento, la forma de onda pulsada con los bordes escarpados se limita a los valores de menos que o al igual a cerca de 500 V/us. Las formas de onda de tensión tales como éstos asisten a la formación de las descargas de alta impedancia del plasma, que no se quemar por solamente un tiempo corto, dentro de la llama.

En otro desarrollo, el campo de la radiofrecuencia

se regula para tener una forma de onda esencialmente sinusoidal, que puede tener una forma de onda escarpado-afilada en el área de los flancos de la función sinusoidal.

Es particularmente ventajoso que la descarga del plasma sean formadas de corona-descarga y/o las descargas de la flámula en el electrodo, para producir un contacto fiable de la llama y reducir el desgaste del electrodo. En este caso, en un desarrollo, los hilos de rosca del plasma pueden propagar en la forma de una viga divergente del electrodo a la llama.

En un perfeccionamiento ventajoso, las descargas se forman entre un solo electrodo en la llama, en la cámara de combustión.

Esto tiene la ventaja que la geometría del por lo menos un electrodo causa los picos de la fuerza del campo en el campo de la radiofrecuencia, que conducen a la formación de las descargas a corto plazo del plasma en la llama. Una concentración de los efectos del campo de la radiofrecuencia en la llama tal como esto permite no sólo que la llama sea encendida de modo fiable, sino también que funcione de modo fiable.

A modo de ejemplo, es de mérito proporcionar un electrodo en el centro del área de la reacción de la llama técnica, que inicia una descarga de la ignición del punto por medio de una disposición del transformador Tesla, en el comienzo de la reacción.

La capacidad de desgaste es un factor dinámico del control de la llama y se puede utilizar como constante dinámica de la optimización del control de la llama.

Las llamas se hacen para oscilar en su frecuencia natural, en las frecuencias específicas. La oscilación de la llama puede ser controlada por frecuencia.

De acuerdo con el principio de la superposición, el uso de dos tensiones alternas a la llama da lugar a una diferencia entre las frecuencias de las dos tensiones alternas, y éste hace una contribución significativa a evitar las separaciones de la llama, y a la supresión dinámica que llega más allá de las llamas.

La frecuencia de un campo eléctrico alterno está preferiblemente entre 50 Hz y 2 GHz.

De forma de realización alternativa del procedimiento según la invención, los combustibles introducidos son encendidos por el uso de un campo eléctrico, con la reacción química exotérmica que es iniciada.

De forma de realización alternativa del procedimiento según la invención, un dispositivo de ignición se proporciona además, por medio del cual se encienden los combustibles introducidos.

De forma de realización alternativa del procedimiento según la invención, los combustibles son primero de todo mezclados estequiométricamente por medio de un dispositivo que se mezcla, y después introducen en la cámara de combustión.

Los combustibles se rocían preferiblemente en la cámara de combustión.

La cámara de combustión está formada preferiblemente por un cilindro del motor y un pistón del motor, que pueden moverse en ella, para transmitir energía.

En una primera realización la cámara de combustión es un horno de tambor giratorio.

En otra realización el primer electrodo está formado por una rejilla del electrodo de aguja, y el segundo electrodo está formado por una rejilla del quemador de rejilla.

En la realización preferida la cámara de combustión tiene una primera abertura para el aire de entrada que se introduce, y una segunda abertura para extraer el aire de escape.

Las realizaciones preferidas del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, del procedimiento según la invención para la combustión de combustibles serán descritas en el texto siguiente con referencia a las figuras adjuntas, para explicar las características según la invención.

En las figuras:

La figura 1 muestra un detector de ionización de la llama según el estado de la técnica;

La figura 2a muestra un generador del haz de plasma según el estado de la técnica;

La figura 2b muestra un catalizador de sustancias nocivas según el estado de la técnica;

La figura 3 muestra una primera realización del dispositivo del combustible según la invención;

La figura 4a muestra una primera realización del electrodo de punta tal como se utiliza en el dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 4b muestra una segunda realización del electrodo de punta tal como se utiliza en el dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 5 muestra una segunda realización del dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 6a muestra una tercera realización del dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 6b muestra la tercera realización, representada en la figura 6a, del dispositivo de combustión de combustibles según la invención en un lazo de control;

La figura 7 muestra una cuarta realización del dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 8 muestra una tensión alterna, que se aplica a los electrodos, según una realización del dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 9 muestra otra señal del tensión alterna, que se aplica a los electrodos, según otra realización del dispositivo de combustión de combustibles según la invención;

La figura 10 muestra otra señal de tensión, que se aplica a los electrodos, según otra realización del dispositivo de combustibles según la invención;

La figura 11 muestra otra señal de tensión alterna, que se aplica a los electrodos del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención, según otra realización;

La figura 12 muestra la disposición del dispositivo de la combustión de combustibles según la invención en un circuito resonante;

La figura 13 muestra al circuito equivalente del circuito resonante en la figura 12;

La figura 14 muestra un motor de combustión

La figura 15a muestra una señal pulsante tal como se acopla al circuito resonante del motor de combustión según la figura 14;

La figura 15b muestra una señal de tensión alterna tal como se aplica al electrodo del punto del motor de combustión según una realización preferida del motor de combustión de la figura 14;

La figura 16 muestra una primera realización del aparato de incineración de basura;

La figura 17 muestra una segunda realización del aparato de la incineración de basura;

La figura 3 muestra la disposición básica del dispositivo 1 de combustión según la invención. El dispositivo 1 de combustión de combustibles se utiliza para la combustión de combustibles en una reacción química exotérmica. El dispositivo 1 de la combustión de combustibles tiene un dispositivo 2 para los combustibles introducidos. La realización ilustrada en la figura 3 utiliza una mezcla del gas para los combustibles. En este caso, los gases que se quemarán se introducen en un dispositivo 3, que premezcla los gases que se quemarán estequiométricamente, y emiten la mezcla del combustible vía una línea de gas 2. La línea de gas 2 tiene una abertura de salida 4 a través de la cual la mezcla de gas fluye. Un electrodo 5 anular está dispuesto alrededor de la abertura de salida 4, y está conectado vía un cable 6 a un generador 7 de tensión. El generador 7 de voltaje está conectado a un electrodo 9 de punta vía un cable 8. Se produce un campo eléctrico E en la cámara de combustión abierta entre los electrodos 5, 9 por el uso de un voltaje eléctrico U entre el electrodo 5 anular y el electrodo 9 de punta.

El campo eléctrico E enciende la mezcla de gas que fluye hacia fuera, el cual se quema en una llama 10 de combustión. La llama 10 tiene un núcleo 10a y una envoltura 10b. La llama 10 se quema en una cámara de combustión. En la realización representada en la figura 3, la cámara de combustión está abierta. En una realización alternativa, la cámara de combustión es una cámara de combustión cerrada. El campo eléctrico E que se aplica a la llama 10 da lugar a un plasma de reacción que se forma en la llama 10, con el plasma de la reacción teniendo un alto grado de la ionización. La tensión alterna que se aplica a los dos electrodos 9, 5 está preferiblemente en una frecuencia f entre 50 Hz y 2 GHz. En este caso, la tensión alterna puede ser sinusoidal o pulsante. Además, el generador 7 de tensión produce preferiblemente además una tensión de corriente continua para aplicar un campo eléctrico de la corriente continua también en la llama 10, además del campo eléctrico alterno. La fuerza del campo eléctrico aplicado E es en este caso preferiblemente 0.1 - 10 kV/cm.

Una reacción exotérmica de carga acelerada ocurre en la llama 10. El campo eléctrico aplicado E, que abarca un campo eléctrico de corriente continua y un campo eléctrico alterno, da lugar a los iones y a los electrones que son producidos en la llama.

Las fases más importantes de la reacción dentro del proceso de la combustión de reacciones exotérmicas redox-reativas son la radicalización térmica, las grietas y la resistencia a la reacción de combustión redox-reativa. La radicalización térmica y la formación del plasma son reforzados por los radicales aplicados de E. Los radicales que se forman alcanzan su estado de energía hasta que una parte de la reacción redox inicia la reacción redox química. El tiempo de reacción de la reacción redox disminuye como el grado del radicalización de los aumentos redox de las partes de la reacción. Esto significa que aumenta el gradiente exotérmico de la temperatura. La temperatura dentro de la llama 10 y la eficacia n de la combustión también aumenta.

Las moléculas de combustible introducidas se rompen por efecto térmico. El campo eléctrico aplicado E acelera la combinación de partes de la reac-

ción redox radicalizadas e ionizadas, de modo que la velocidad de la reacción aumenta considerablemente. El campo eléctrico E cambia de posición el equilibrio electroquímico de la reacción de combustión. Cambian los parámetros estáticos, electrodinámicos y cinéticos. De la compresión se acortan los tiempos de resistencia a la combustión. El plasma de reacción de la llama preserva una resistencia muy alta a la ionización la resistencia R de la llama del plasma producido es menor que la resistencia eléctrica de una llama convencional. El grado de ionización I que reproduce en este caso dentro del plasma depende de la frecuencia, gradiente de los flancos y la proporción de los pulsos del voltaje de tensión alterna Eléctrico aplicado U.

El campo que eléctrico alterno se forma, con respecto a la fuerza del campo y a la frecuencia, de una manera tal que el grado de ionización I dentro de la llama sea óptimo. Mientras que el grado I de ionización aumenta, la proporción de sustancias nocivas disminuye, puesto que las sustancias de la combustión se queman lejos totalmente. El grado de la ionización no debe sin embargo, aumentarse del modo demasiado brusco, para evitar que se pierda demasiada la energía eléctrica en forma de calor. El ajuste de la fuerza del combustible y de la frecuencia del campo eléctrico aplicado E permite influenciar el cociente de los productos de la reacción redox química con respecto a otro. Si, por ejemplo, dos sustancias A, B reaccionan con los productos C, D, la proporción de los productos C, D se puede influenciar por la frecuencia f y la fuerza del campo del campo eléctrico E que se aplica a la llama 10. El aparato 1 del combustible según la invención permite así que la proporción de productos nocivos del combustible sea reducida deliberadamente.

Las figuras 4a, 4b muestran distintas realizaciones del electrodo 9 de punta dentro del dispositivo 1 de combustible según la invención. Los electrodos 9a y 9b del punto dan lugar en la compresión de las líneas de la fuerza, y así a un aumento local en la fuerza del campo. En la realización del electrodo 9a del punto ilustrado en la figura a, un alambre 11a con un diámetro de 1/10 a 1/100 milímetro se acomoda en una cubierta 1a. La envoltura 1a se compone de un material del aislamiento o de un de cerámica, tal como cuarzo. Este alambre 11a está conectado vía el cable 8 con el generador 7 del voltaje. Una bola 1a, que diámetro es más grande que el diámetro del alambre 11a, está situada en el extremo de la línea de alimentación del alambre 11a. El alambre 11a se compone convencionalmente de una aleación de tungsteno y acero. La bola 13a se compone además de una aleación de tungsteno y acero antes de la ignición. Después de la ignición, una capa del carburo de tungsteno se forma en la bola 13a, la cual es resistente a las altas temperaturas.

La figura 4b muestra una realización alternativa del electrodo 9 de punta. En la realización representada en la figura 4b, el electrodo 9b de punta tiene un punto esférico 13b. Debido a que el punto 13b termina en una forma cónica, se consigue una densidad particularmente más alta de la fuerza del campo.

La figura 5 muestra otra realización del dispositivo 1 de la combustión de combustibles según la invención. La realización representada en la figura 5 también tiene un transformador 14, que contiene una primera bobina 14a y una segunda bobina 14b. El transformador 14 intensifica la tensión de corriente conti-

na producida por la fuente 7 de voltaje de acuerdo con el cociente de la transformación de las dos bobinas 14a, 14b. La tensión de corriente continua elevada se aplica vía los cables 6, 8 a los dos electrodos 5, 9 para producir un campo eléctrico alterno. La realización representada en la figura 5 permite que particularmente se consigan las altas fuerzas del campo eléctrico.

La figura 6a muestra una tercera realización del dispositivo 1 de la combustión de combustibles según la invención. En la realización representada en la figura 6a, el contraelectrodo 9 no está formado por un electrodo de punta sino por un contraelectrodo 9 que rodea un cilindro de cristal que es de material aislante. El cilindro 15 que es de material aislante está cubierto con el contraelectrodo 9. El interior del cilindro 15 forma la cámara de combustión de la llama 10. El cilindro 15 es preferiblemente un tubo de cuarzo. La llama 10 absorbe la carga eléctrica vía el cuarzo 15, de modo que una corriente reactiva capacitiva pueda fluir como resultado del campo eléctrico alterno. Si el generador 7 de tensión aplica además una tensión de corriente continua a los electrodos 5 y 9, también fluye una corriente continua pequeña.

La figura 6b muestra la tercera realización (tal como se representa en la figura 6a) del dispositivo 1 de combustión de combustibles según la invención en un lazo de control. La llama 10 quemará la mezcla provista del gas y emite los gases de escape ascendentes a un detector 16 del gas de escape. El detector 16 del gas de escape detecta la composición química del gas de escape, y determina la proporción de sustancias nocivas, por ejemplo, la proporción de óxido del nitrógeno dentro del gas de escape. El detector 16 del gas de escape proporciona datos vía una línea de datos 17 a un regulador 18, de los datos introducidos que indican la proporción de las sustancias nocivas que se destruirán en el gas de escape. El regulador 18 utiliza las líneas 19 de control para controlar la amplitud (U) y la frecuencia f de voltaje U producido por el generador 7 de voltaje. De esta manera, se ajustan la |U| y la frecuencia f de la amplitud del campo eléctrico E suministrado a la llama 10. La disposición que se ilustra en la figura 6b representa un lazo de control 20 por medio del cual la proporción de sustancias nocivas en los gases de escape producidos por la llama ardiente 10 puede ser reducida al mínimo. Para este propósito, el regulador 8 varía la frecuencia y la amplitud del voltaje hasta que el detector 16 del gas de escape detecta la proporción mínima de sustancias nocivas. El sistema de control representado en la figura 6b permite que se fabriquen hornos de calefacción respetuosos con el medio ambiente. La producción de plasma dentro de la llama 10 reduce al mínimo la proporción de sustancias nocivas. En este caso, la frecuencia f y la amplitud del campo eléctrico aplicado E se controlan de tal manera que la concentración de las sustancias nocivas emitidas sea mínima.

De forma de realización alternativa, el regulador 18 puede ser programado para diversas mezclas de combustible/gas provistas por el mezclador 3.

La figura 7 muestra una cuarta realización del dispositivo 1 de combustión de combustibles según la invención. En la realización ilustrada en la figura 7, el electrodo de oposición está formado por la tierra o el chasis. La ventaja de la realización ilustrada en el cuadro 7 es que no hay necesidad de proporcionar un electrodo de oposición o electrodo de punta.

Las figuras 8 a 11 muestran las distintas formas de onda de la señal del voltaje U que se aplica a los electrodos 5, 9. La forma de onda del voltaje que se ilustra en la figura 8 es una tensión de corriente alterna sinusoidal, en el cual se sobrepone una tensión de corriente continua U<sub>0</sub>. En este caso, preferiblemente, el cociente de la amplitud de la tensión de corriente alterna  $|\bar{U}|$  respecto a la tensión de corriente continua U<sub>0</sub> es aproximadamente la unidad, según se representa en la figura 9.

La figura 10 muestra otra forma de onda posible de la señal aplicada de la tensión de corriente alterna, con el flanco ascendente de la señal siendo más escarpado que el flanco descendente de la señal. La señal aplicada de la tensión de corriente alterna es pulsante. El flanco ascendente de la señal presenta una inclinación de, por ejemplo, por ejemplo, 2 kV/ms. Esto permite que se alcance un gradiente particularmente alto de ionización dentro de la llama.

El cuadro 11 muestra otra variante de una señal de la tensión de corriente alterna aplicada a los electrodos 5, 9. La señal de la tensión de corriente alterna representada en la figura 11 es pulsante. La proporción del pulso, es decir, el cociente entre la duración del pulso  $\Delta_{\text{pulso}}$  de t y el tiempo de la repetición del pulso  $\Delta_{\text{pausa}}$  de t, preferentemente, es aproximadamente 1/3. Mientras que la duración de los pulsos de voltaje aplicados aumenta, la resistencia R de la llama baja asintóticamente a una resistencia R<sub>0</sub>. El gradiente del flanco de los pulsos de voltaje es, por ejemplo, 2 kV/ms. Las amplitudes típicas de los pulsos de voltaje se están alrededor de los 8 kilovoltios. La llama oscila armónicamente como resultado del uso de la tensión de corriente alterna pulsante.

La figura 12 muestra la tercera realización del dispositivo 1 de la combustión de combustibles según la invención, tal como se representa en la figura 6a, en un circuito resonante. La tensión U producida por el generador 7 de tensión se aplica al circuito secundario vía el condensador 21 y un transformador 22, que comprende dos bobinas acopladas 22a, 22b. El electrodo 5 del anillo está conectado con la bobina secundaria 22b vía un cable 23. El electrodo de oposición 9 está conectado con una fuente 25 de la tensión de corriente continua vía un cable 24. La envoltura 10b de la llama 10 forma un contraelectrodo para el electrodo cilíndrico 9. La cobertura 10b de la llama forma una superficie del condensador. La energía se inyecta vía el circuito resonante. El circuito resonante secundario comprende la inductancia 22b del acoplador y un condensador. Este condensador está formado a través del contraelectrodo envolvente 9, por la envoltura 10b de la llama y el dieléctrico del aire.

La figura 13 muestra el circuito equivalente del circuito resonante representado en la figura 12. El electrodo 9 y la envoltura 10b de la llama forman un condensador 26, con la resistencia 27 de la llama conectada en paralelo con él. Un voltaje de polarización de la C.C. de 1 a 10 kilovoltios se aplica por medio de la fuente 25 de la tensión de corriente continua. El circuito resonante estabiliza la forma de la llama, y la manera como se quema el combustible. El circuito resonante secundario es un circuito resonante de RCL. El circuito resonante tiene una frecuencia de resonancia f<sub>R</sub>. La llama puede actuar como un circuito resonante semiabierto o como un circuito resonante cerrado. La llama 10 actúa como circuito resonante

abierto o como antena, con el propio cuerpo de la llama actuando como amortiguador de la energía.

La figura 14 demuestra una realización preferida de un motor de combustión interna según la invención, con poca emisión sustancias nocivas. El motor de combustión interna tiene un dispositivo (no representado) para la alimentación del combustible. El combustible se introduce en una cámara de combustión cerrada 28, a modo de cámara de combustión. La cámara de combustión 28 está formada por un cilindro 29 del motor y por un pistón 20 del motor desplazarle y diseñada para transmitir energía. Un electrodo 9 de punta sobre el en la cámara de combustión 28. Las realizaciones preferidas de un electrodo 9 de punta están representadas en las figuras 4a, 4b. El pistón 30 puede moverse hasta un punto muerto superior OT dentro del cilindro 29 del motor. El electrodo 9 del punto extiende en la cámara de combustión 28 una distancia L1. La distancia entre la cara superior de la cámara de combustión y el punto de centro superior OT es L2. De forma de realización alternativa, la distancia L1 es mayor que la diferencia entre L2 y L1. Tan pronto como el pistón 30 haya alcanzado el punto muerto superior OT de, un pulso de voltaje se inyecta en la bobina 31b del circuito resonante vía un transformador 31, que tiene dos bobinas 31a, 31b. Un condensador 32 está conectado en paralelo con la bobina 31b del circuito resonante. Una fuente 32 del tensión continua. Está conectada en serie entre el electrodo 9 de punta y la bobina 31b del circuito resonante. El electrodo de oposición para el electrodo 9 de punta esta formado preferiblemente por el cilindro puesto a tierra 29 del motor.

La señal del voltaje ilustrada en la figura 15b se aplica al electrodo 9 de punta. El transformador 31 acopla el voltaje U1 en la bobina 31b del circuito resonante, de modo que el circuito resonante formado por el condensador 32 y la bobina 31 comience a oscilar. Se amortigüe la oscilación resultante, de modo que su amplitud disminuye. La amplitud del voltaje pulsado que es producido por el generador del voltaje es, por ejemplo, de 2 kilovoltios. Las distancias entre los distintos pulsos de voltaje del pulso de voltaje U1 están determinadas por la velocidad de motor. Una oscilación, con una sinusoidal del tensión continua amortigua es aplicada al electrodo 9 de punta por el circuito resonante 31b, 32, con una tensión continua  $U_0$  superpuesto. La señal del voltaje formada de esta manera se ilustra en la figura 15b. El primer pulso de una secuencia del pulso de voltaje enciende la mezcla del combustible que introducido en la cámara de combustión. Los pulsos de voltaje subsiguientes en la secuencia del pulso mantienen el plasma que se forma en la llama de la explosión. La ignición ocurre preferiblemente poco antes de que el pistón 30 haya alcanzado el punto muerto superior OT. El motor de combustión interna según la invención, como se ilustra en el cuadro 14, no requiere su propio dispositivo de la ignición. Esto se puede proporcionar además op-

cionalmente. El motor de combustión interna según la invención es un motor de ciclo-Otto o un motor diesel. La frecuencia f de los pulsos de voltaje producidos por el circuito resonante 31b, 32 puede esta comprendido en una gama entre 50 hertzios y 2 gigahertz. El motor de combustión interna que se ilustra en la figura 14, según la invención, se caracteriza por un diseño particularmente simple. No hay necesidad de un enchufe de chispa convencional para la ignición. La ignición es proporcionada por el electrodo 9 de punta. Como resultado de la producción del plasma dentro de la llama de la explosión, la combustión dentro de la cámara de combustión 28 ocurre particularmente, con eficacia alta. La proporción de las sustancias nocivas que se forman en este caso es particularmente baja, debido al plasma que se forma en la llama de la explosión.

La figura 16 muestra una primera realización de un aparato 33 de incineración de basura. El aparato 33 de incineración de la basura, como se ilustra en la figura 16, tiene una cámara de combustión 34, que es un horno de tambor giratoria 34 en la realización representada en la figura 16. El horno de tambor giratorio 34 gira continuamente por los conductores 36, 37 del rodillo. La sustancia 38 de la basura que se incinerará está situada en el fondo del horno de tambor giratorio 34. La sustancia 38 de la basura se introduce dentro del tambor giratorio 34 mediante una abertura. Un electrodo 9 de punta penetra en el horno de tambor giratorio 34. El electrodo 9 de punta está conectado al generador 7 del tensión vía un cable 8. El generador 7 del tensión produce un tensión alterna Y tensión continua. El voltaje producido se aplica a un electrodo 39 de la cubierta del horno vía un cable 6. El voltaje U que se genera para la incineración de la basura está, por ejemplo, entre 30 y 45 kilovoltios. Esto da lugar a un campo eléctrico tan fuerte E dentro de la cámara de combustión 34 que la sustancia inútil 38 contenida en él comienza a quemarse. La sustancia 38 de la basura se quema lejos en una llama 10, que contiene un plasma de la reacción. Las temperaturas de combustión típicas están entre 800°C a 900°C.

La figura 17 demuestra una realización alternativa de un aparato 33 de la incineración de la basura. En esta realización, el primer electrodo está formado por una rejilla 40 del electrodo de aguja, y el segundo electrodo está formado por una rejilla de quemador de la rejilla, es decir por una tira aislada 41 de la red. La cámara de combustión 34 tiene una primera abertura 42 para el aire de entrada, y una segunda abertura 43 para extraer el aire.

El dispositivo 1 de combustión según la invención, tal como se ilustra en la figura 3, es también conveniente para la construcción de hornos de calefacción. En este caso, la llama 10 calienta el aire circundante como medio de la transmisión de la energía. El aire circundante se suministra entonces a un cambiador de calor.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de combustión de combustible (1) para la combustión de combustibles en una reacción química exotérmica que tiene:

- (a) un dispositivo (2) para proporcionar combustibles;
- (b) una cámara de combustión para la combustión de los combustibles proporcionados en una llama (10);
- (c) con la llama (10) y una bobina (22b) formando un circuito resonante secundario (10, 22b), **caracterizado** por el hecho de que la energía es acoplada en la llama (10) mediante un acoplamiento resonante con un circuito resonante primario (21, 22a).

2. Dispositivo de combustión, según la reivindicación 1, en donde el circuito resonante secundario (10, 22b) forma un circuito resonante abierto, semiabierto o cerrado.

3. Dispositivo de combustión, según la reivindicación 1, en donde la energía se acopla en la llama (10) en el circuito resonante secundario (10, 22b) a través de una guía de ondas superponiéndose, con un campo de corriente continua o una corriente continua en el circuito resonante (10, 22b).

4. Dispositivo de combustión según la reivindicación 1, en donde están previstos por lo menos un electrodo (5) y un electrodo de oposición (9), por medio de los cuales una corriente eléctrica con un componente de corriente continua y un componente de corriente alterna se aplica a través de la llama (10) para producir un plasma de reacción en la llama (10) con lo cual el plasma de reacción tiene un alto grado de ionización.

5. El dispositivo de combustión según la reivindicación 4, en donde el electrodo de oposición (9) y una envoltura (10b) de la llama (10) forma un condensador (26) que está conectado con la bobina (22b) de un transformador (22) para formar el circuito resonante, en el cual la energía se acopla mediante otra bobina (2a) del transformador (22) desde el circuito resonante primario (2a, 21) para estabilizar la llama (10).

6. Dispositivo de combustión según la reivindicación 5, en donde el circuito resonante primario (2a, 21) comprende un condensador (21) y la primera bobina (2a) del transformador (22).

7. Dispositivo de combustión según la reivindicación 1, en donde el circuito resonante secundario (22b, 26) tiene el condensador (26) y la segunda bobina de acoplamiento (22b) del transformador (22), con la resistencia de la llama (27) conectando la llama (10) en paralelo con el condensador (26).

8. Dispositivo de combustión según la reivindicación 1, en donde un generador de tensión (7) está conectado al circuito resonante primario (22a, 21).

9. Dispositivo de combustión según la reivindicación 5, en donde una fuente de tensión continua (25) está conectada con el contraelectrodo (9).

10. Dispositivo de combustión según la reivindicación 5, en donde el transformador (22) es un transformador Tesla.

11. Dispositivo de combustión según la reivindicación 5, en donde uno de los dos electrodos (5, 9) es un electrodo de rejilla.

12. Dispositivo de combustión según la reivindicación 8, en donde el generador del voltaje (7) produce voltaje ca.

13. Dispositivo de combustión según la reivindicación 12, en donde el transformador (22) está previsto para la transformación elevadora de la tensión alterna producida por el generador de tensión (7).

14. Dispositivo de combustión según la reivindicación 13, en donde la tensión alterna que se produce es aproximadamente sinusoidal existiendo una diferencia en el área de la función de tensión entre las semiondas positiva y negativa.

15. Dispositivo de combustión según la reivindicación 13, en donde la tensión alterna que se produce es pulsante.

16. Dispositivo de combustión según la reivindicación 4, en donde la frecuencia (f) del campo eléctrico (E) que se aplica a la llama (10) está entre 50 Hz y 2 GHz.

17. Dispositivo de combustión según la reivindicación 1, en donde el electrodo (5) es un electrodo anular.

18. Dispositivo de combustión según la reivindicación 1, en donde la forma de la llama en la cámara de combustión se puede ajustar mediante la variación de la fuerza del campo y de la frecuencia (f) del campo eléctrico (E) que se aplica a la llama (10).

19. Dispositivo de combustión según la reivindicación 1, en donde uno de los electrodos (5, 9) es un electrodo de inyección, a través del cual los combustibles se pueden rociar en la cámara de combustión.

20. Dispositivo de combustión según la reivindicación 19, en donde la llama (10) se puede cargar electrostáticamente mediante el electrodo de inyección.

21. Procedimiento para la combustión de combustibles por medio de una llama (10) en una reacción química exotérmica que comprende las etapas siguientes:

- (a) proporcionar los combustibles a una cámara de combustión para producir la llama (10), que tiene un núcleo (10a) y una envoltura (10b);
- (b) aplicar una tensión alterna, que forma una diferencia de potencial a un electrodo (5) y a un contraelectrodo (9) para producir campo eléctrico de corriente continua y un campo eléctrico de corriente alterna (10), de manera que se produzca plasma de reacción con un alto grado de ionización en la llama (10);
- (c) con lo cual el contraelectrodo (9) y la envoltura (10b) de la llama (10) forman un condensador (26) que está conectado a una bobina de acoplamiento (22b) de un transformador (22) para formar un circuito resonante secundario (22b, 26);
- (d) acoplar la energía, mediante una primera bobina de acoplamiento (22a) del transformador, desde un circuito resonante primario (22a, 21) al circuito resonante secundario (22b, 26) para estabilizar la llama (10).

22. Procedimiento según la reivindicación 21, en donde la fuerza del campo del campo eléctrico alterno (E) tiene forma de onda sinusoidal.

23. Procedimiento según la reivindicación 21, en donde la fuerza del campo del campo eléctrico alterno (E) tiene forma de onda pulsante.

24. Procedimiento según la reivindicación 21, en donde la frecuencia (f) del campo eléctrico alterno (E) se encuentre entre 50 Hz y 2 GHz.

5

25. Procedimiento según la reivindicación 21, en donde los combustibles introducidos son encendidos mediante la aplicación del campo eléctrico (E) que es pulsante o alterno superpuesto a una tensión continua con lo cual se inicia la reacción química exotérmica.

10

15

20

25

30

35

40

45

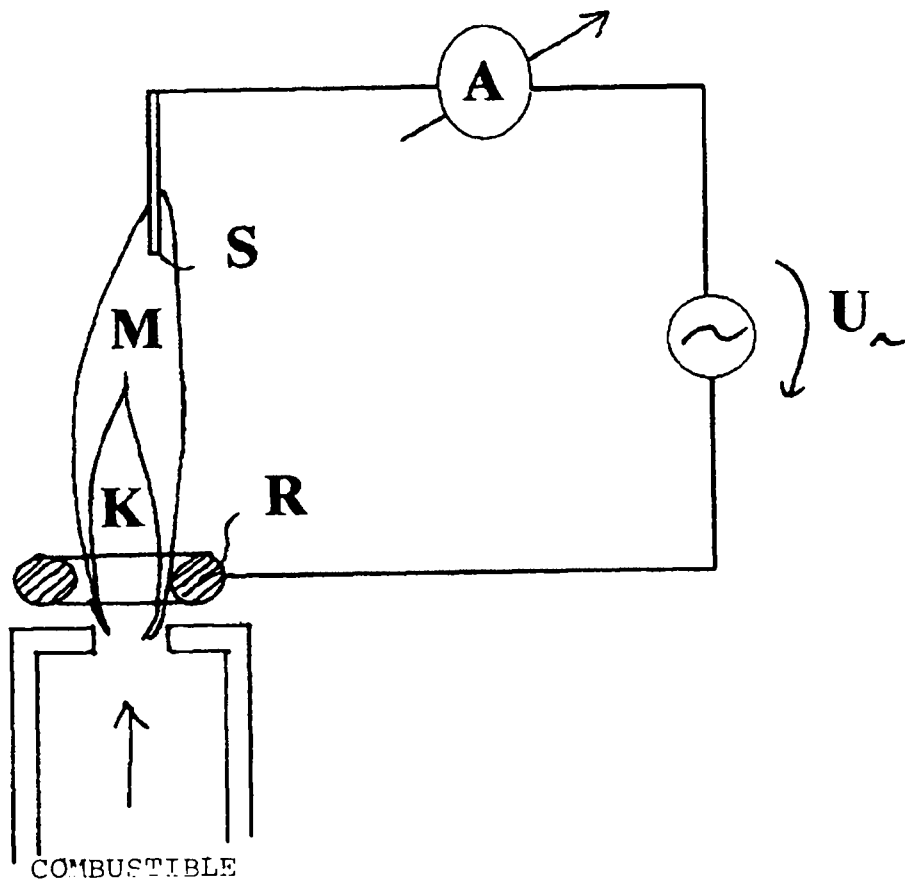
50

55

60

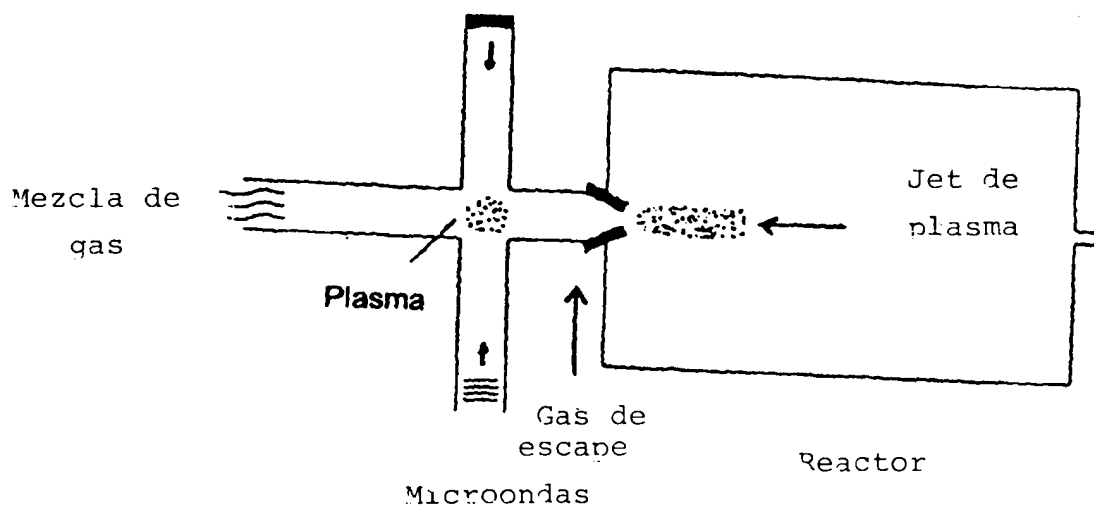
65

FIG. 1



ESTADO DE LA TÉCNICA

Fig. 2a ESTADO DE LA TÉCNICA



Generador del jet de plasma

FIG. 2b

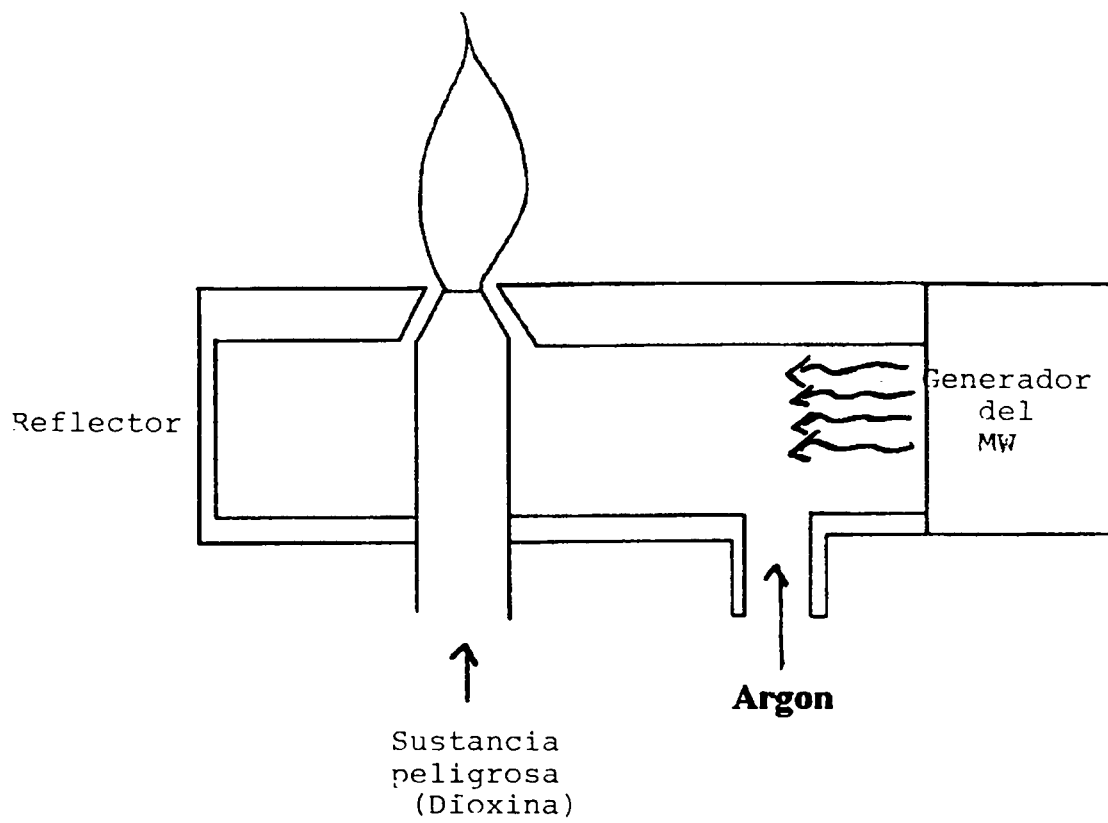
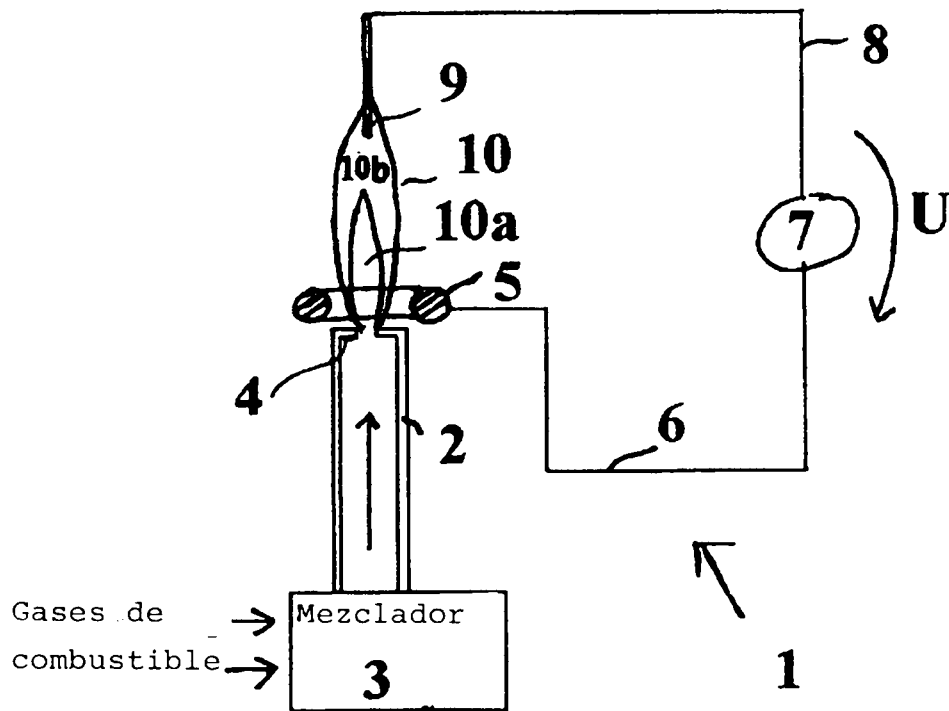


FIG. 3



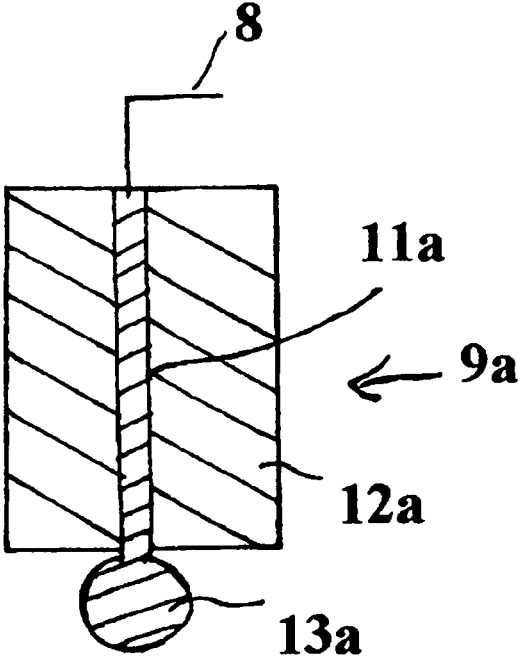


Fig.4a

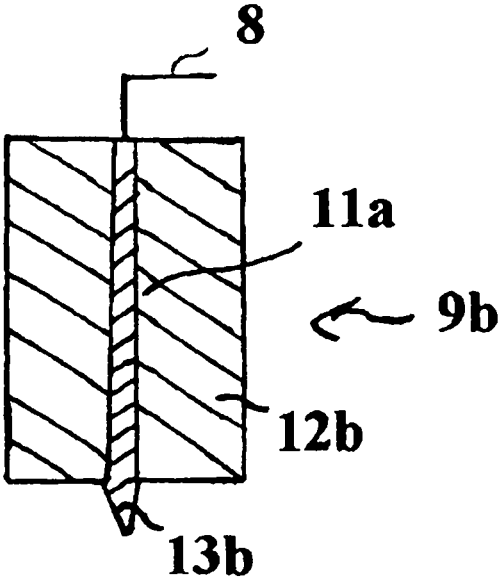


Fig.4b

FIG. 5

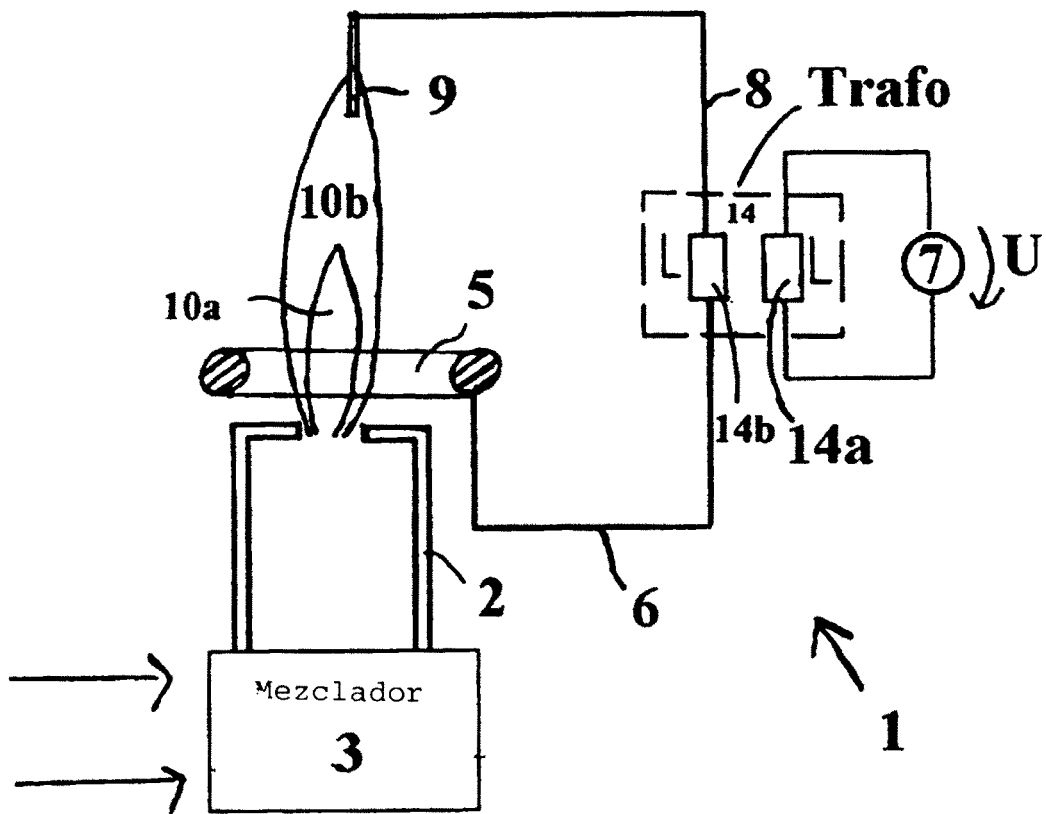


FIG. 6a

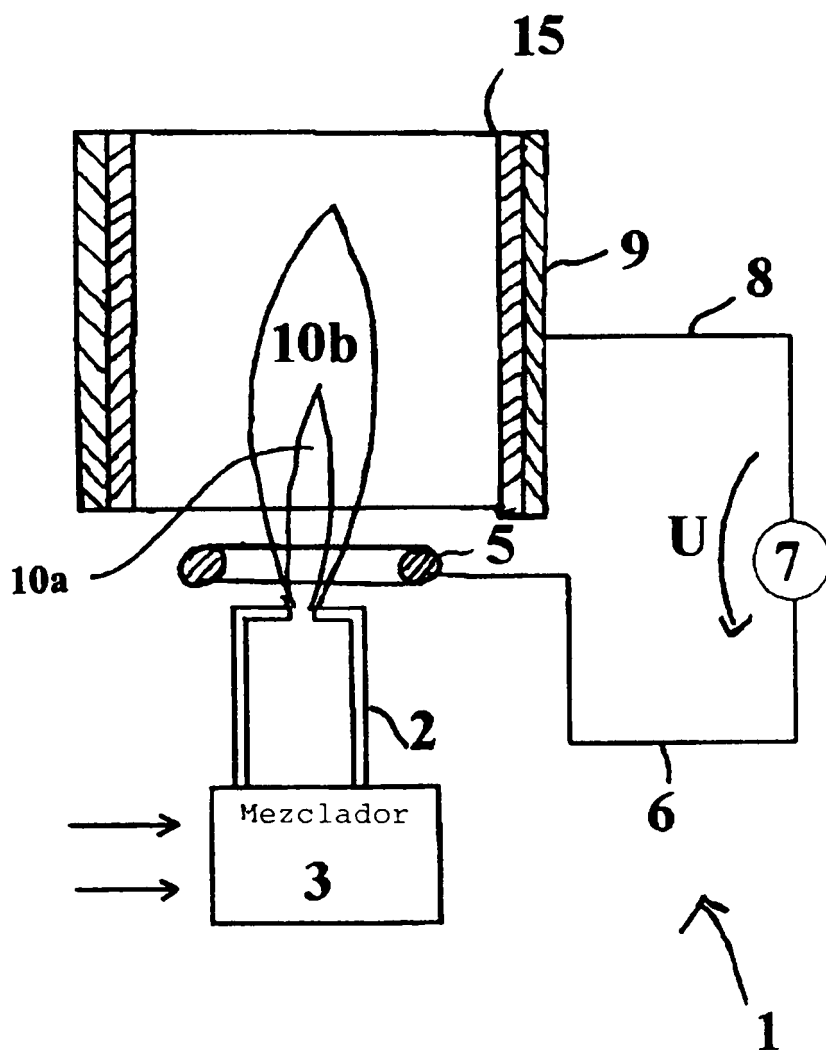


Fig.6a

FIG. 6b

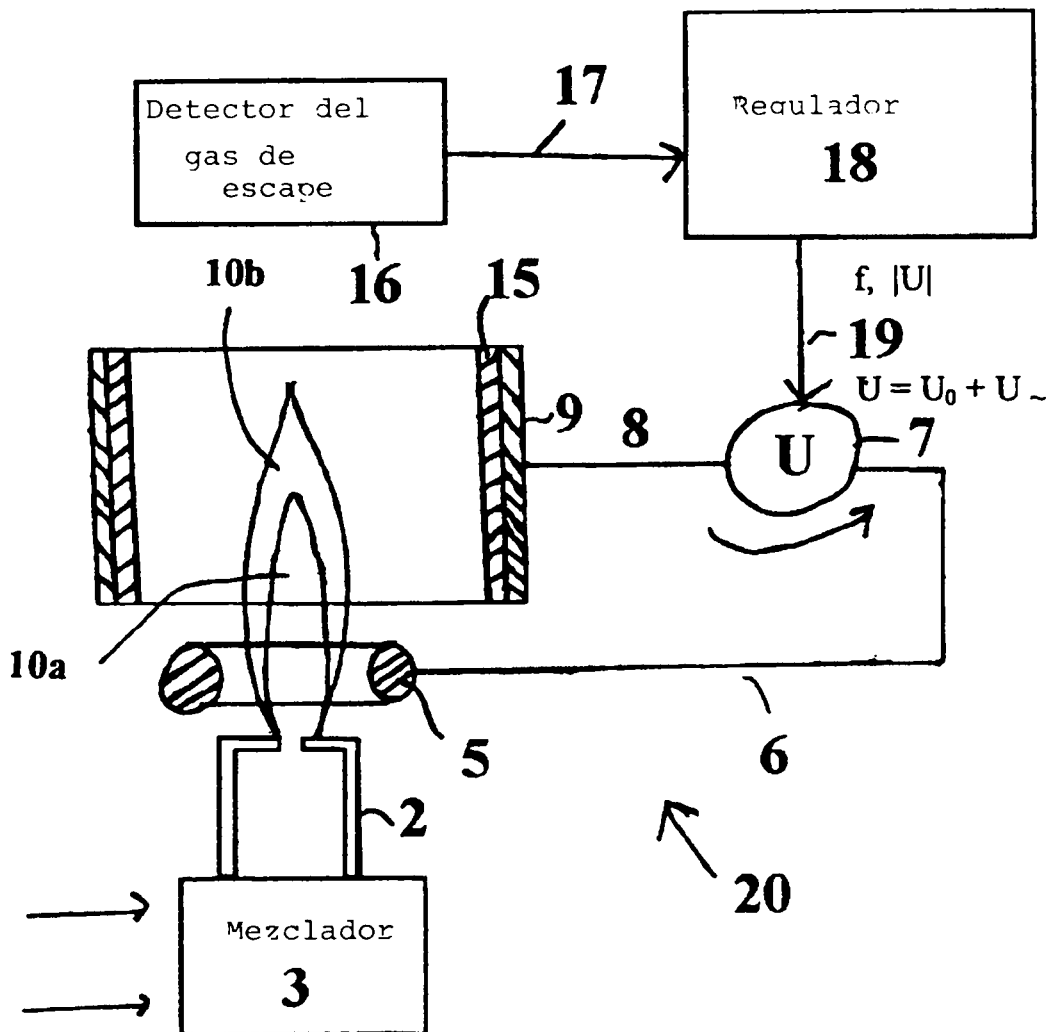


FIG. 7

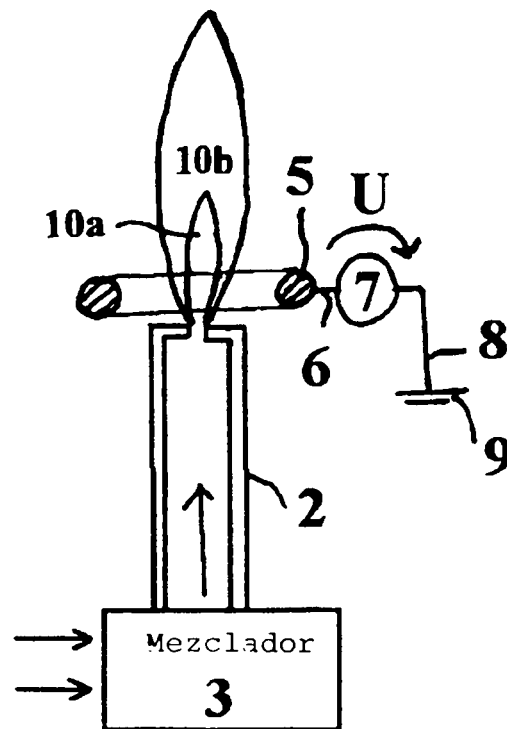
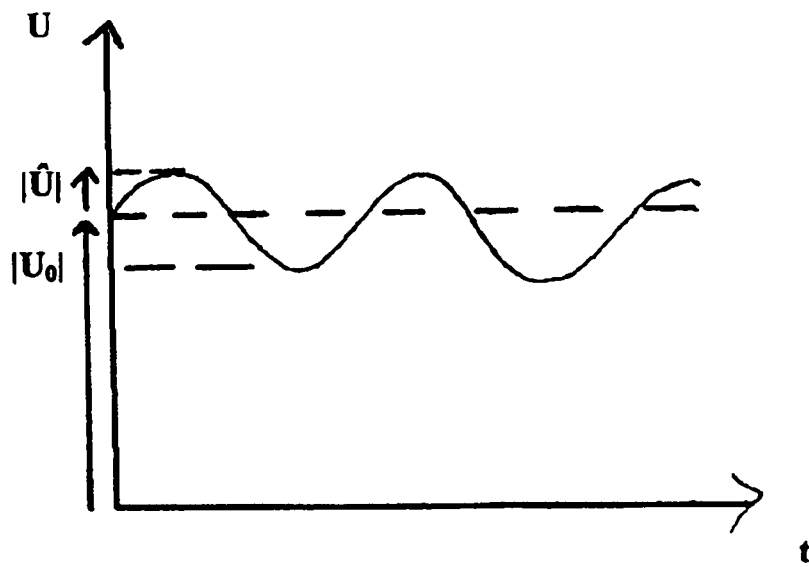


FIG. 8



$$V = \frac{|\hat{U}|}{|U_0|}$$

FIG. 9

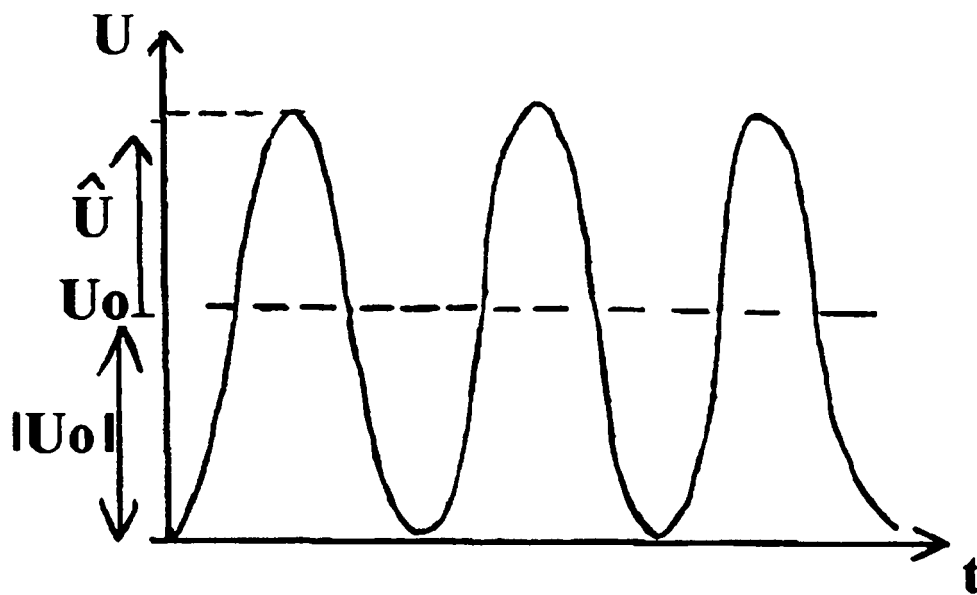


FIG. 10



FIG. 11

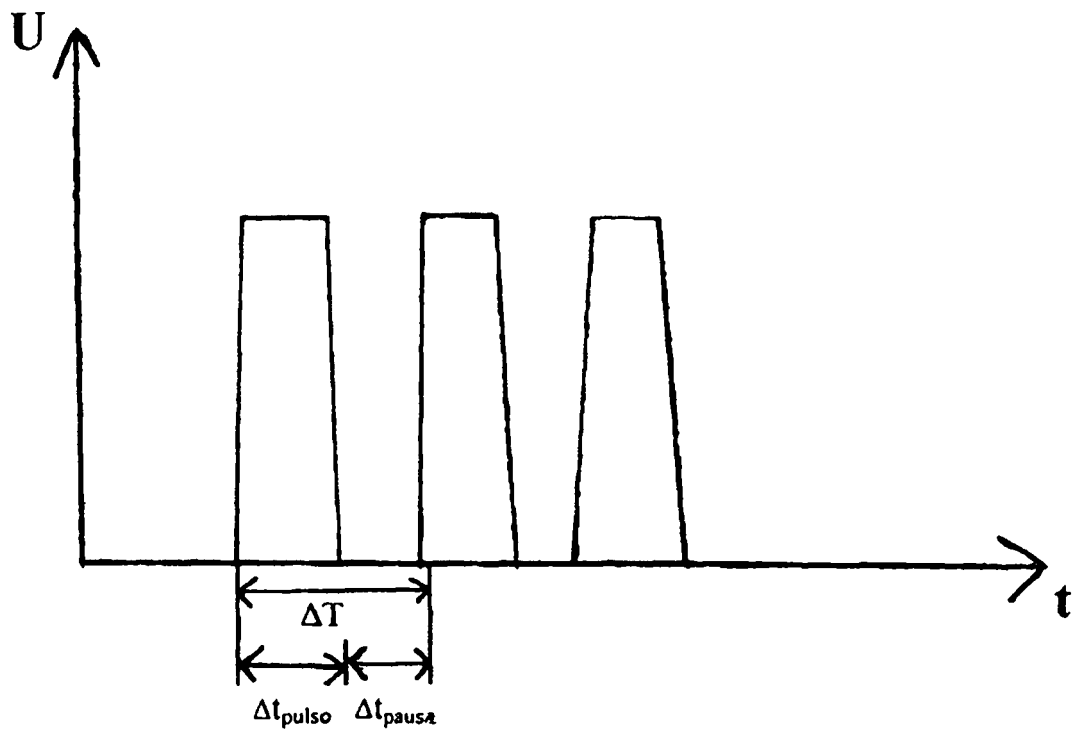
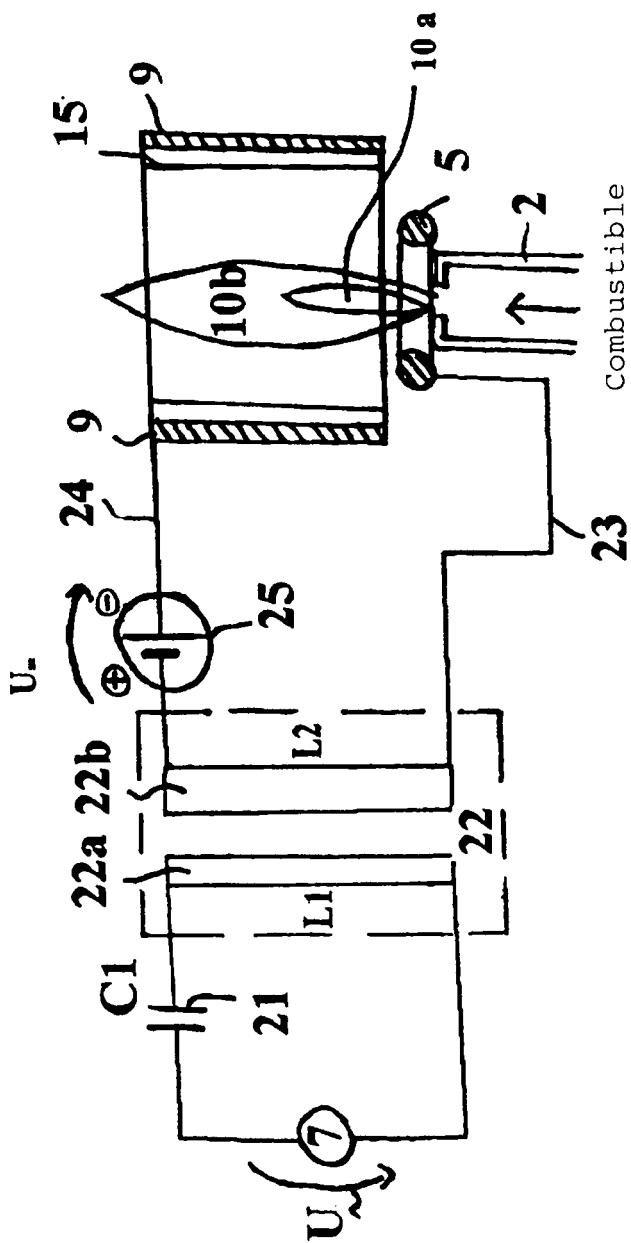


FIG. 12



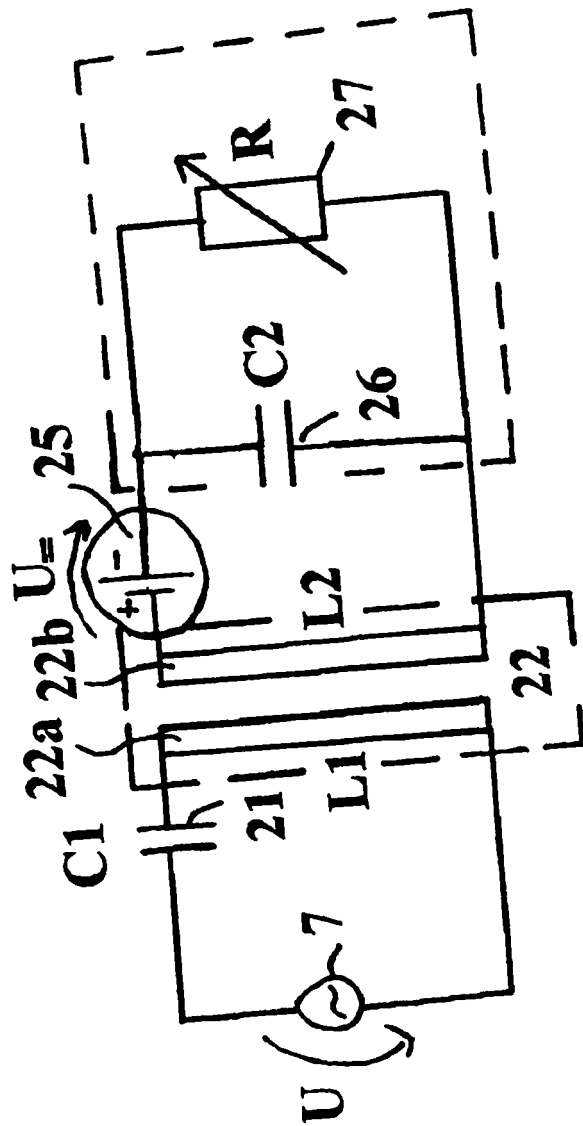


Fig.13



FIG. 15

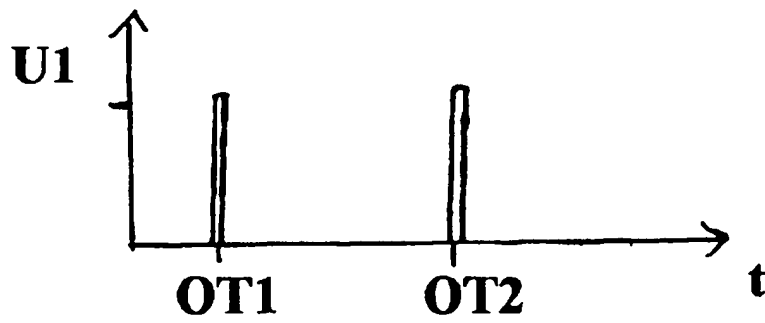


Fig. 15a

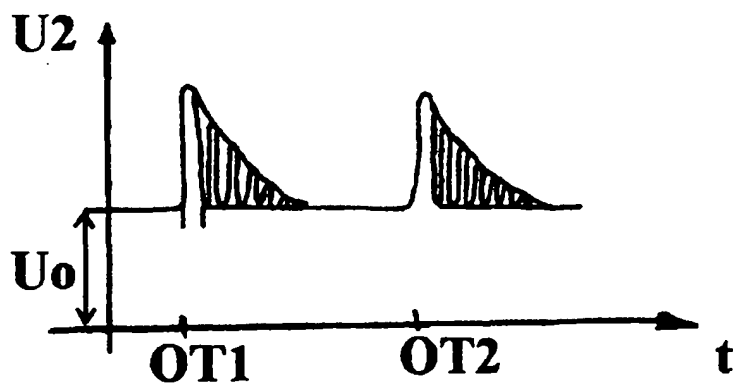


Fig. 15b

FIG. 16

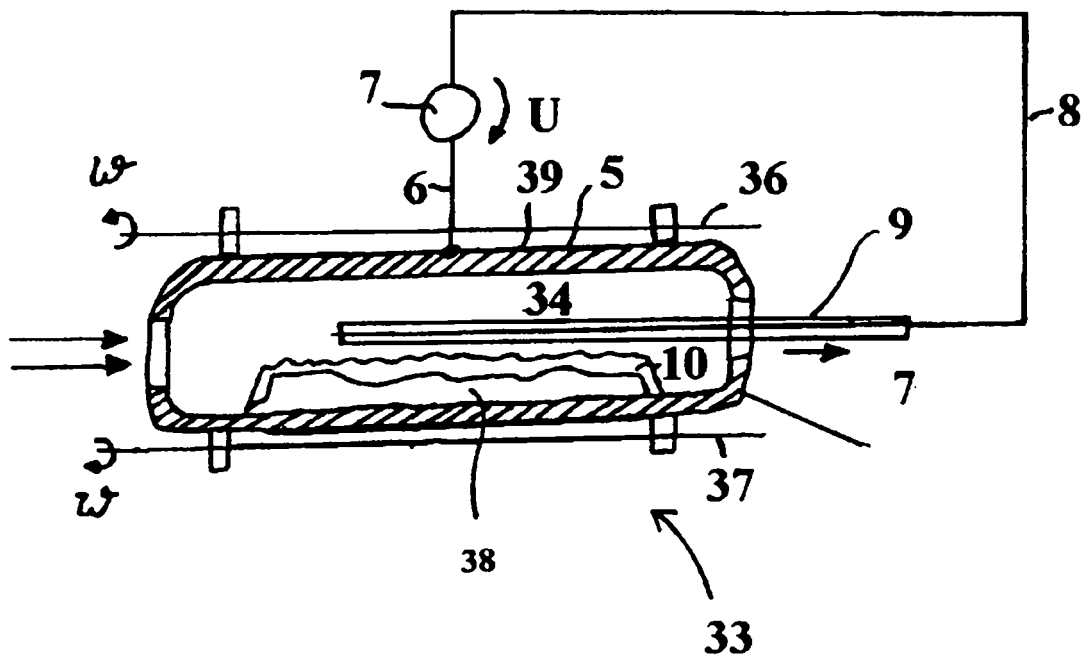


FIG. 17

