

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 800 056**

51 Int. Cl.:

| | |
|-------------------|-----------|
| A24F 47/00 | (2010.01) |
| H05B 6/10 | (2006.01) |
| H05B 1/02 | (2006.01) |
| H05B 6/04 | (2006.01) |
| H05B 6/06 | (2006.01) |
| H05B 6/36 | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2015 PCT/EP2015/061200**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15177255**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2015 E 15724989 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 3145347**

54 Título: **Dispositivo de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol**

30 Prioridad:

21.05.2014 EP 14169191

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.12.2020

73 Titular/es:

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (100.0%)
Quai Jeanrenaud 3
2000 Neuchâtel , CH**

72 Inventor/es:

MIRONOV, OLEG

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 800 056 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 de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol de un artículo para fumar.

10 Los artículos para fumar convencionales más conocidos, por ejemplo, los cigarrillos, aportan sabor y aroma al usuario como resultado de un proceso de combustión. Una masa de material combustible, principalmente tabaco, se combustiona y una porción adyacente de material se piroliza como el resultado del calor aplicado que se aspira hacia dentro, con temperaturas típicas de combustión que superan los 800 °C durante la toma de caladas. Durante este calentamiento, se produce la oxidación ineficiente del material combustible y producen varios productos de destilación y pirólisis. A medida que estos productos se aspiran a través del cuerpo del artículo para fumar hacia dentro de la boca del usuario, estos se enfrían y se condensan para formar un aerosol o vapor que otorga al consumidor el sabor y el aroma asociados con la acción de fumar.

15 Una alternativa anterior a los artículos para fumar más convencionales incluye aquellas en las cuales el material combustible en sí no proporciona directamente los saborizantes al aerosol inhalado por el fumador. En estos artículos para fumar, un elemento de calentamiento combustible, típicamente carbonoso, se combustiona para calentar el aire cuando se aspira sobre el elemento de calentamiento y a través de una zona que contiene los elementos activados por calor que liberan el aerosol saborizado.

20 Otra alternativa a los artículos para fumar más convencionales comprende un sustrato sólido cargado de tabaco formador de aerosol que comprende un suscepter magnéticamente permeable y conductor eléctrico que se dispone en cercanía térmica al sustrato cargado de tabaco formador de aerosol. El suscepter del sustrato cargado de tabaco se expone a un campo magnético alterno generado por una fuente de inducción, de manera que se induce en el suscepter un campo magnético alterno.

25 Este campo magnético alterno inducido genera calor en el suscepter, y al menos parte de este calor generado en el suscepter se transfiere del suscepter al sustrato formador de aerosol dispuesto en cercanía térmica al suscepter para producir el aerosol y desarrollar el sabor deseado.

30 El documento US 5,613,505 muestra un dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con el preámbulo de la reivindicación independiente 1.

35 Existe la necesidad de un dispositivo de calentamiento de inducción para sustratos formadores de aerosol que incluyen un suscepter, más particularmente para sustratos formadores de aerosol sólidos que incluyen un suscepter, por ejemplo, los sustratos formadores de aerosol sólidos de un artículo para fumar. El dispositivo de calentamiento de inducción debe funcionar sin necesidad de conectarse a un suministro de energía externa. Además, el dispositivo será pequeño en el tamaño general y fácil de usar, de manera que resulte atractivo para los usuarios. El dispositivo debe permitir la generación rápida del calor requerido en el suscepter, el cual luego se puede transferir al sustrato formador de aerosol para producir el aerosol para permitir que un usuario pueda aspirar el aerosol a demanda.

40 De conformidad con la invención se propone un dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la reivindicación independiente 1.

45 El sustrato formador de aerosol es preferentemente un sustrato capaz de liberar compuestos volátiles que pueden formar un aerosol. Los compuestos volátiles se liberan mediante el calentamiento del sustrato formador de aerosol. El sustrato formador de aerosol puede ser sólido o líquido, o puede comprender componentes tanto sólidos como líquidos. En una modalidad preferida, el sustrato formador de aerosol es sólido.

50 El sustrato formador de aerosol puede comprender nicotina. El sustrato formador de aerosol que contiene nicotina puede ser una matriz de sal de nicotina. El sustrato formador de aerosol puede comprender material de origen vegetal. El sustrato formador de aerosol puede comprender tabaco, y preferentemente el material que contiene tabaco contiene compuestos volátiles con sabor a tabaco, los cuales se liberan del sustrato formador de aerosol al calentarse.

55 El sustrato formador de aerosol puede comprender un material de tabaco homogeneizado. El material de tabaco homogeneizado puede formarse por aglomeración de partículas de tabaco. Donde esté presente, el material de tabaco homogeneizado puede tener un contenido del formador de aerosol de igual o mayor que el 5 % sobre una base de peso en seco, y preferentemente entre más del 5 % y un 30 % en peso sobre una base de peso en seco.

60 Alternativamente, el sustrato formador de aerosol puede comprender un material que no contiene tabaco. El sustrato formador de aerosol puede comprender un material de origen vegetal homogeneizado.

65 El sustrato formador de aerosol puede comprender al menos un formador de aerosol. El formador de aerosol puede ser cualquier compuesto o mezcla de compuestos conocidos adecuados que, durante el uso, facilitan la formación de

un aerosol denso y estable que es esencialmente resistente a la degradación térmica en la temperatura de operación del dispositivo generador de aerosol. Los formadores de aerosol adecuados se conocen bien en la técnica e incluyen, pero no se limitan a: los alcoholes polihídricos, tales como el trietilenglicol, 1,3-butanodiol y la glicerina; los ésteres de alcoholes polihídricos, tales como el mono-, di- o triacetato de glicerol; y los ésteres alifáticos de ácidos mono-, di- o policarboxílicos, tales como el dodecanodioato de dimetilo y el tetradecanodioato de dimetilo. Particularmente, los formadores de aerosol preferidos son los alcoholes polihídricos o sus mezclas, tales como el trietilenglicol, 1,3-butanodiol y, la más preferida, la glicerina. El sustrato formador de aerosol puede comprender preferentemente nicotina y al menos un formador de aerosol. En una modalidad particularmente preferida, el formador de aerosol es la glicerina.

La fuente de energía de CD generalmente puede comprender cualquier fuente de energía de CD adecuada que incluya en particular una unidad de suministro de energía conectada a la red eléctrica, una o más baterías desechables, baterías recargables o cualquier otra fuente de energía de CD adecuada capaz de proporcionar la tensión de suministro de CD requerida y el amperaje de suministro de CD requerido. En una modalidad, la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD está en el intervalo de aproximadamente 2,5 Voltios a aproximadamente 4,5 Voltios y el amperaje de suministro de CD está en el intervalo de aproximadamente 2,5 a aproximadamente 5 Amperes (que corresponde a una potencia de suministro de CD en el intervalo de aproximadamente 6,25 Watts y aproximadamente 22,5 Watts). Preferentemente, la fuente de energía de CD comprende baterías recargables. Tales baterías están disponibles generalmente y tiene un volumen general aceptable de entre aproximadamente 1,2-3,5 centímetros cúbicos. Tales baterías pueden tener esencialmente una forma sólida cilíndrica o rectangular. Además, la fuente de energía de CD puede incluir una bobina de alimentación de CD.

Como regla general, siempre que el término "aproximadamente" se usa en relación con un valor particular a lo largo de esta solicitud debe entenderse de manera que el valor seguido del término "aproximadamente" no tiene que ser exactamente el valor particular debido a consideraciones técnicas. Sin embargo, la expresión "alrededor de" usada en relación con un valor en particular siempre debe entenderse que incluye y que también describe explícitamente el valor en particular a continuación de la expresión "alrededor de".

La electrónica de suministro de energía se configura para operar a alta frecuencia. Para el propósito de esta solicitud, el término "alta frecuencia" debe entenderse que denota un frecuencia en el intervalo de aproximadamente 1 Megahertz (MHz) a aproximadamente 30 Megahertz (MHz) (que incluye el intervalo de 1 MHz a 30 MHz), en particular de aproximadamente 1 Megahertz (MHz) a aproximadamente 10 MHz (incluido el intervalo de 1 MHz a 10 MHz), aún más particularmente de aproximadamente 5 Megahertz (MHz) a aproximadamente 7 Megahertz (MHz) (incluido el intervalo de 5 MHz a 7 MHz).

La electrónica de suministro de energía comprende un inversor CD/CA que se conecta a la fuente de energía de CD. El inversor CD/CA incluye un amplificador de potencia de clase E que incluye un conmutador de transistor, un circuito de accionamiento del conmutador de transistor y una red de carga LC. Los amplificadores de potencia de Clase E se conocen generalmente y se describen en detalle, por ejemplo, en el artículo "Class-E RF Power Amplifiers", Nathan O. Sokal, publicado en la revista bimensual QEX, edición de enero/febrero de 2001, páginas 9-20, de la American Radio Relay League (ARRL), Newington, CT, Estados Unidos de América. Los amplificadores de potencia de clase E son ventajosos en relación a la operación a altas frecuencias mientras que al mismo tiempo tienen una estructura de circuito simple que comprende un número mínimo de componentes (por ejemplo se necesita solamente un conmutador de transistor, lo cual es ventajoso sobre los amplificadores de potencia de clase D, los cuales comprenden dos conmutadores de transistores que se deben controlar a alta frecuencia de una manera que garantice que uno de los dos transistores esté apagado a la vez que el otro de los dos transistores esté encendido). Adicionalmente, los amplificadores de potencia de Clase E se conocen por la disipación mínima de energía en el transistor de conmutación durante las transiciones de conmutación. Preferentemente, el amplificador de potencia de Clase E es un amplificador de potencia de Clase E de primer orden de extremo único que tiene solamente un único conmutador de transistor.

El conmutador de transistor del amplificador de potencia de Clase E puede ser cualquier tipo de transistor y puede incorporarse como un transistor de unión bipolar (BJT). Con mayor preferencia, sin embargo, el conmutador de transistor se usa en la práctica como un transistor de efecto de campo (FET) tal como un transistor de efecto de campo de metal-óxido-semiconductor (MOSFET) o un transistor de efecto de campo de metal-semiconductor (MESFET).

La red de carga LC del amplificador de potencia de clase E del dispositivo de calentamiento de inducción de conformidad con la invención está configurada para operar a una baja carga óhmica. El término "baja carga óhmica" debe entenderse que denota una carga óhmica menor que aproximadamente 2 Ohms. La red de carga LC comprende un capacitor de derivación, y una conexión en serie de un capacitor y un inductor que tiene una resistencia óhmica. Esta resistencia óhmica del inductor típicamente es de unas pocas décimas de Ohm. En operación, la resistencia óhmica del susceptor se adiciona a la resistencia óhmica del inductor y debe ser mayor que la resistencia óhmica del inductor, ya que la energía eléctrica suministrada debe convertirse en calor en el susceptor tanto como sea posible para aumentar la eficiencia del amplificador de potencia y permitir la transferencia de tanto calor como sea posible desde el susceptor al resto del sustrato formador de aerosol para producir eficazmente el aerosol.

Un susceptor es un conductor el cual es capaz de calentarse inductivamente. "Cercanía térmica" significa que el

susceptor se ubica en relación al resto del sustrato formador de aerosol de manera que una adecuada cantidad de calor se transfiere desde el susceptor al resto del sustrato formador de aerosol para producir el aerosol.

Debido a que el susceptor no es solo magnéticamente permeable sino que además es eléctricamente conductor (es un conductor, ver anteriormente), una corriente conocida como corriente parásita se produce en el susceptor y fluye en el susceptor de conformidad con la ley de Ohm. El susceptor debe tener baja resistividad eléctrica ρ para aumentar la disipación del calor de Joule. Adicionalmente, la frecuencia de la corriente alterna parásita se debe considerar debido al efecto superficial (más del 98 % de la corriente eléctrica fluye dentro de una capa de cuatro veces la profundidad superficial δ desde la superficie externa del conductor). Tomándose esto en cuenta la resistencia óhmica R_s del susceptor se calcula a partir de la ecuación

$$R_s = \sqrt{2\pi f \rho \mu_0 \mu_r}$$

en donde

f denota la frecuencia de la corriente alterna parásita
 μ_0 denota la permeabilidad magnética del espacio libre
 μ_r denota la permeabilidad magnética relativa del material del susceptor, y
 ρ denota la resistividad eléctrica del material del susceptor.

La pérdida de potencia P_e que se genera por la corriente parásita se calcula por la fórmula

$$P_e = I^2 \cdot R_s$$

en donde

I denota el amperaje (rms) de la corriente parásita, y
 R_s denota la resistencia eléctrica del susceptor (ver arriba)

A partir de esta ecuación para P_e y a partir del cálculo de R_s puede observarse que para un material que tiene una permeabilidad magnética relativa conocida μ_r y una resistividad eléctrica dada ρ es evidente que la pérdida de potencia P_e que se genera por la corriente parásita (a través de la conversión en calor) aumenta con el aumento de la frecuencia y el aumento del amperaje (rms). Por otra parte, la frecuencia de la corriente alterna parásita (y en correspondencia del campo magnético alterno que induce la corriente parásita en el susceptor) no se puede aumentar arbitrariamente, ya que la profundidad superficial δ disminuye a medida que aumenta la frecuencia de la corriente parásita (o del campo magnético alterno que induce la corriente parásita en el susceptor), así que por encima de una cierta frecuencia de corte no se pueden generar más corrientes parásitas en el susceptor ya que la profundidad superficial es muy pequeña para permitir que se generen corrientes parásitas. Aumentar el amperaje (rms) requiere un campo magnético alterno que tenga una densidad de flujo magnético alta y esto requiere voluminosas fuentes de inducción (inductores).

Adicionalmente, el calor se produce en el susceptor a través del mecanismo de calentamiento asociado con la histéresis. La pérdida de potencia que se genera por histéresis se calcula a partir de la ecuación

$$P_H = V \cdot W_H \cdot f$$

en donde

V denota el volumen del susceptor
 W_H denota el trabajo que se requiere para magnetizar el susceptor a lo largo de un lazo de histéresis en un diagrama B-H, y
 f denota la frecuencia del campo magnético alterno.

El trabajo W_H que se requiere para magnetizar el susceptor a lo largo de un lazo de histéresis puede expresarse además como

$$W_H = \oint H \cdot dB$$

La cantidad máxima posible de W_H depende de las propiedades del material del susceptor (remanencia de saturación B_R , coercividad H_C), y la cantidad real de W_H depende del lazo real de magnetización B-H inducido en el susceptor por el campo magnético alterno, y este lazo real de magnetización B-H depende de la magnitud de la excitación magnética.

Hay un tercer mecanismo que genera calor (pérdida de potencia) en el susceptor. Esta generación de calor se provoca por las pérdidas dinámicas de los dominios magnéticos en el material del susceptor magnéticamente permeable cuando el susceptor está sometido a un campo magnético alterno externo, y estas pérdidas dinámicas además aumentan generalmente cuando aumenta la frecuencia del campo magnético alterno.

Para ser capaz de generar el calor en el susceptor de acuerdo con los mecanismos descritos anteriormente (principalmente a través de las pérdidas de corriente parásita y las pérdidas de histéresis), se dispone una cavidad en el alojamiento del dispositivo. La cavidad tiene una superficie interna conformada para acomodar al menos una porción del sustrato formador de aerosol. La cavidad se dispone de manera que al acomodar la porción del sustrato formador de aerosol en la cavidad el inductor de la red de carga LC se acopla inductivamente al susceptor en el sustrato formador de aerosol durante el funcionamiento. Esto significa, que el inductor de la red de carga LC del amplificador de potencia de clase E se usa para calentar el susceptor a través de la inducción magnética. Esto elimina la necesidad de componentes adicionales tales como redes de adaptación para hacer corresponder la impedancia de salida del amplificador de potencia de Clase E con la carga, y permitir así minimizar adicionalmente el tamaño de la electrónica de suministro de energía.

De forma general, el dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención proporciona un dispositivo de calentamiento limpio y robusto, eficiente, pequeño y fácil de manipular debido al calentamiento inducido del sustrato. Para los susceptores que forman bajas cargas óhmicas como los especificados anteriormente, aunque tienen una resistencia significativamente mayor que la resistencia óhmica del inductor de la red de carga LC, es de esta manera posible alcanzar temperaturas del susceptor en el intervalo de 350-400 grados Celsius solo en cinco segundos o en un intervalo de tiempo el cual es incluso menor que cinco segundos, mientras que al mismo tiempo la temperatura del inductor es baja (debido a que una inmensa mayoría de la energía se convierte en calor en el susceptor).

Como ya se mencionó, el dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención se configura para calentar un sustrato formador de aerosol de un artículo para fumar. Esto incluye en particular, que la energía se proporciona al susceptor dentro del sustrato formador de aerosol de manera que el sustrato formador de aerosol se calienta hasta una temperatura promedio de entre 200-240 grados Celsius. Aún con mayor preferencia, el dispositivo se configura para calentar un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco de un artículo para fumar.

De acuerdo con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el volumen total de la electrónica de suministro de energía es igual o menor que 2 cm³. Esto permite que la disposición de las baterías, la electrónica de suministro de energía y la cavidad en el alojamiento del dispositivo tengan un tamaño pequeño general lo cual es conveniente y fácil de manipular.

De conformidad con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el inductor de la red de carga LC comprende una bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente que tiene una forma oblonga y que define un volumen interno en el intervalo de aproximadamente 0,15 cm³ y aproximadamente 1,10 cm³. Por ejemplo, el diámetro interno de la bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente puede estar entre aproximadamente 5 mm y aproximadamente 10 mm, y puede ser preferentemente de aproximadamente 7 mm, y la longitud de la bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente puede estar entre aproximadamente 8 mm y aproximadamente 14 mm. El diámetro o el grosor del alambre de enrollado puede estar entre aproximadamente 0,5 mm y aproximadamente 1 mm, en dependencia del uso de un alambre de enrollado con una sección transversal circular o un alambre de enrollado con una sección transversal rectangular plana. La bobina inductora enrollada helicoidalmente se ubica en o adyacente a la superficie interna de la cavidad. Una bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente que se ubica en o adyacente a la superficie interna de la cavidad permite minimizar adicionalmente el tamaño del dispositivo.

De conformidad con otro aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el alojamiento del dispositivo tiene una forma sustancialmente cilíndrica con la cavidad que se dispone en el extremo proximal del alojamiento del dispositivo y con la fuente de energía de CD que se dispone en el extremo distal del alojamiento del dispositivo. La electrónica de suministro de energía se dispone entre la fuente de energía de CD y la cavidad. Esto permite una disposición de ahorro de espacio y agradable estéticamente de todos los componentes del dispositivo de calentamiento inductivo en un alojamiento del dispositivo pequeño y fácil de manipular.

Como ya se mencionó anteriormente, de conformidad con otro aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, la fuente de energía de CD comprende una batería de CD recargable. Esto permite recargar las baterías, preferentemente a través de una conexión a la red eléctrica mediante un dispositivo de carga que comprende un convertidor CA/CD.

De conformidad con otro aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, la electrónica de suministro de energía comprende, además, un microcontrolador que está programado para interrumpir la generación de energía de CA mediante el inversor CD/CA a medida que la temperatura del susceptor del sustrato formador de aerosol excede una temperatura de Curie del susceptor durante la operación, y que está programado para reanudar la generación de energía de CA a medida que la temperatura del susceptor se enfría por debajo de esta temperatura de Curie de nuevo. Esta característica se puede usar para controlar la temperatura del susceptor con la ayuda del microcontrolador.

En caso de que el susceptor se fabrique a partir de un único material, la temperatura de Curie debe corresponder a una temperatura máxima que debe tener el susceptor (es decir, la temperatura de Curie es idéntica a la temperatura

máxima a la cual debe calentarse el susceptor o se desvía de esta temperatura máxima en aproximadamente el 1-3 %). Como la temperatura del susceptor excede la temperatura de Curie de este material único, las propiedades ferromagnéticas del susceptor ya no están presentes y el susceptor solo es paramagnético.

5 En caso de que el susceptor se fabrique a partir de más de un material, los materiales del susceptor se pueden optimizar con respecto a aspectos adicionales. Por ejemplo, los materiales pueden seleccionarse de tal manera que un primer material del susceptor puede tener una temperatura de Curie que está por encima de la temperatura máxima a la cual debe calentarse el susceptor. Este primer material del susceptor se puede entonces optimizar, por ejemplo, con respecto a la generación de calor máxima y la transferencia al resto del sustrato formador de aerosol para proporcionar un calentamiento eficiente del susceptor por un lado, no obstante, el susceptor puede comprender, además, un segundo material que tiene una temperatura de Curie que corresponde a la temperatura máxima a la cual se debe calentar el susceptor, y una vez que el susceptor alcanza esta temperatura de Curie las propiedades magnéticas del susceptor como un todo cambian. Este cambio se puede detectar y comunicar al microcontrolador que interrumpe después la generación de energía de CA hasta que la temperatura se ha enfriado por debajo de esta temperatura de Curie nuevamente, después de lo cual puede reanudarse la generación de energía de CA.

De conformidad con otro aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención el amplificador de potencia de clase E tiene una impedancia de salida, y la electrónica de suministro de energía comprende además una red de adaptación para hacer corresponder la impedancia de salida del amplificador de potencia de clase E con la carga óhmica baja. Esta medición puede ser útil para aumentar adicionalmente las pérdidas de energía en la baja carga óhmica las cuales conducen a una generación aumentada del calor en la baja carga óhmica. Por ejemplo, la red de adaptación puede incluir un transformador de acoplamiento pequeño.

Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema de calentamiento inductivo que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las modalidades descritas anteriormente y un artículo para fumar que comprende un sustrato formador de aerosol que comprende un susceptor. Al menos una porción del sustrato formador de aerosol se acomoda en la cavidad del dispositivo de calentamiento inductivo de manera que el inductor de la red de carga LC del inversor CD/CA del dispositivo de calentamiento inductivo se acopla inductivamente con el susceptor del sustrato formador de aerosol durante el funcionamiento.

En el sistema de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el sustrato formador de aerosol es un sustrato formador de aerosol de un artículo para fumar. En particular, el sustrato formador de aerosol puede ser un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco el cual puede usarse en artículos para fumar (tales como, por ejemplo, cigarrillos).

Sin embargo, un aspecto adicional de la invención se refiere a un kit que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las modalidades descritas anteriormente y un artículo para fumar que comprende un sustrato formador de aerosol que comprende un susceptor. El dispositivo de calentamiento inductivo y el sustrato formador de aerosol se configuran de manera que, durante la operación, al menos una porción del sustrato formador de aerosol se acomoda en la cavidad del dispositivo de calentamiento inductivo de manera que el inductor de la red de carga LC del inversor CD/CA del dispositivo de calentamiento inductivo se acopla inductivamente con el susceptor del sustrato formador de aerosol. Aunque generalmente, el sustrato formador de aerosol y el dispositivo de calentamiento inductivo se pueden proporcionar por separado, también se pueden proporcionar en la forma de un kit de partes. O, alternativamente, un kit encendedor puede comprender el dispositivo de calentamiento inductivo y una pluralidad de sustratos formadores de aerosol, mientras que adicionalmente solo se proporcionan sustratos formadores de aerosol, de manera que, una vez que el consumidor haya obtenido un dispositivo de calentamiento inductivo en el kit encendedor y haya consumido los sustratos formadores de aerosol contenidos en el kit encendedor, el consumidor solo necesita sustratos formadores de aerosol adicionales. En el kit de conformidad con la invención, el sustrato formador de aerosol es un sustrato formador de aerosol de un artículo para fumar y, en particular, el sustrato formador de aerosol del artículo para fumar puede ser un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco.

Aún otro aspecto de la invención se refiere a un método para operar un sistema de calentamiento inductivo de conformidad con la reivindicación 14.

De conformidad con un aspecto del método de conformidad con la invención, la fuente de energía de CD es una batería recargable y el método comprende, además, la etapa de cargar la batería recargable antes de insertar la porción del sustrato formador de aerosol en la cavidad. Este aspecto es particularmente ventajoso ya que en caso de que se usen baterías recargables, el dispositivo se puede usar (después de cargar las baterías) sin que sea necesaria una conexión a la red eléctrica u otra fuente de energía externa. Una vez que la carga de la batería está en un nivel bajo, la batería recargable se puede recargar fácilmente nuevamente, por lo que no es necesario llevar ninguna batería de reemplazo desechable. Si la carga de la batería es baja, la batería recargable se puede recargar fácilmente y el dispositivo está listo para usar nuevamente. Además, las baterías recargables son amigables con el medio ambiente ya que no hay baterías desechables que se deban desechar adecuadamente.

Aspectos ventajosos adicionales de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción de las modalidades con la ayuda de los dibujos, en los cuales:

la Figura 1 muestra el principio de calentamiento general subyacente de la invención,
 la Figura 2 muestra un diagrama de bloques de una modalidad del dispositivo de calentamiento inductivo y del sistema de conformidad con la invención,
 la Figura 3 muestra una modalidad del dispositivo de calentamiento inductivo con los componentes esenciales dispuestos en un alojamiento del dispositivo,
 la Figura 4 muestra una modalidad de los componentes esenciales de la electrónica de potencia del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención (sin red de adaptación),
 la Figura 5 muestra una modalidad del inductor de la red de carga LC en forma de una bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente que tiene una forma oblonga,
 la Figura 6 muestra un detalle de la red de carga LC que incluye la inductancia y la resistencia óhmica de la bobina, y adicionalmente muestra la resistencia óhmica de la carga.

En la Figura 1 se ilustra esquemáticamente el principio de calentamiento general subyacente a la presente invención. Lo que se muestra esquemáticamente en la Figura 1 es una bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente L2 que tiene una forma oblonga y define un volumen interno en el cual se dispone una porción o todo un sustrato formador de aerosol 20 de un artículo para fumar 2, el sustrato formador de aerosol comprende un suscepter 21. El artículo para fumar 2 que comprende el sustrato formador de aerosol 20 con el suscepter 21 se representa esquemáticamente en el detalle en sección transversal aumentada que se muestra separadamente en la parte derecha de la Figura 1. Como ya se mencionó, el sustrato formador de aerosol 20 del artículo para fumar 2 puede ser un sustrato sólido cargado de tabaco, sin embargo, no se limita a esto.

Adicionalmente, en la Fig. 1 el campo magnético dentro del volumen interno de la bobina inductora L2 se indica esquemáticamente por un número de líneas del campo magnético B_L en un momento específico en el tiempo, ya que el campo magnético generado por la corriente alterna i_{L2} que fluye a través de la bobina inductora L2 es un campo magnético alterno que cambia su polaridad a la frecuencia de la corriente alterna i_{L2} , la cual puede estar en el intervalo de aproximadamente 1 MHz a aproximadamente 30 MHz (incluido el intervalo de 1 MHz a 30 MHz), y puede estar en particular en el intervalo de aproximadamente 1 MHz a aproximadamente 10 MHz (incluyendo el intervalo de 1 MHz a 10 MHz, y puede ser especialmente menor que 10 MHz), y muy particularmente la frecuencia puede estar en el intervalo de aproximadamente 5 MHz a aproximadamente 7 MHz (incluyendo el intervalo de 5 MHz a 7 MHz y puede ser, por ejemplo, de 5 MHz). Los dos mecanismos principales responsables de la generación de calor en el suscepter 21, las pérdidas de energía P_e provocadas por las corrientes parásitas (círculo cerrado que representa las corrientes parásitas) y las pérdidas de energía P_h provocadas por la histéresis (curva de histéresis cerrada que representa la histéresis), se indican esquemáticamente también en la Figura 1. Con respecto a estos mecanismos, se debe señalar que se hizo referencia a estos mecanismos anteriormente con una discusión más detallada.

La Figura 3 muestra una modalidad de un dispositivo de calentamiento inductivo 1 de conformidad con la invención. El dispositivo de calentamiento inductivo 1 comprende un alojamiento del dispositivo 10 el cual puede fabricarse de plástico y una fuente de energía de CD 11 (ver la Figura 2) que comprende una batería recargable 110. El dispositivo de calentamiento inductivo 1 además comprende un puerto de conexión 12 que comprende un pasador 120 para conectarse con el dispositivo de calentamiento inductivo a una estación de carga o a un dispositivo de carga para recargar la batería recargable 110. Además, el dispositivo de calentamiento inductivo 1 comprende una electrónica de suministro de energía 13 la cual se configura para operar a la frecuencia deseada, por ejemplo, a una frecuencia de 5 MHz como se mencionó anteriormente. La electrónica de suministro de energía 13 se conecta eléctricamente a la batería recargable 110 a través de una conexión eléctrica adecuada 130. Y aunque la electrónica de suministro de energía 13 comprende componentes adicionales los cuales no pueden observarse en la Figura 3, esta comprende en particular un circuito de carga LC (ver la Figura 4) el cual comprende a su vez un inductor L2, esto se indica por las líneas discontinuas en la Figura 3. El inductor L2 se incorpora en el alojamiento del dispositivo 10 en el extremo proximal del alojamiento del dispositivo 10 para rodear una cavidad 14 la cual se dispone además en el extremo proximal del alojamiento del dispositivo 10. El inductor L2 puede comprender una bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente que tiene una forma oblonga, como se muestra en la Fig. 5. La bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente L2 puede tener un radio r en el intervalo de aproximadamente 5 mm a aproximadamente 10 mm, y el radio r puede ser en particular de aproximadamente 7 mm. La longitud l de la bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente puede estar en el intervalo de aproximadamente 8 mm a aproximadamente 14 mm. El volumen interno consecuentemente puede estar en el intervalo de aproximadamente $0,15 \text{ cm}^3$ a aproximadamente $1,10 \text{ cm}^3$.

De regreso a la Figura 3, el sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco 20 que comprende el suscepter 21 se acomoda en la cavidad 14 en el extremo proximal del alojamiento del dispositivo 10 de manera que durante la operación el inductor L2 (la bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente) se acople inductivamente al suscepter 21 del sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco 20 del artículo para fumar 2. Una porción de filtro 22 del artículo para fumar 2 puede disponerse afuera de la cavidad 14 del dispositivo de calentamiento inductivo 1 para que así durante el funcionamiento el consumidor pueda aspirar el aerosol a través de la porción de filtro 22. Una vez que el artículo para fumar se retira de la cavidad 14, la cavidad 14 puede limpiarse fácilmente ya que, excepto por el extremo distal abierto a través del cual se inserta el sustrato formador de aerosol 20 del artículo para fumar 2, la cavidad está completamente cerrada y rodeada por aquellas paredes internas del alojamiento del dispositivo plástico 10 que definen la cavidad 14.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques de una modalidad del dispositivo de calentamiento inductivo 1 de conformidad con la invención, pero sin embargo, con algunos aspectos o componentes opcionales como se discutirá más abajo. El dispositivo de calentamiento inductivo 1 junto con el sustrato formador de aerosol 20 que incluye el susceptor 21 forman una modalidad del sistema de calentamiento inductivo de conformidad con la invención. El diagrama de bloque que se muestra en la Figura 2 es una ilustración que toma en cuenta la manera de operación. Como puede observarse, el dispositivo de calentamiento inductivo 1 que comprende una fuente de energía de CD 11 (en la Figura 3 comprende la batería recargable 110), una unidad de control del microprocesador 131, un inversor CD/CA 132, una red de adaptación 133 para la adaptación a la carga, y el inductor L2. La unidad controladora del microprocesador 131, el inversor CD/CA 132 y la red de adaptación 133 así como el inductor L2 son todas partes de la electrónica de suministro de energía 13 (ver la Figura 1). Se proporcionan dos canales de retroalimentación 134 y 135 para proporcionar señales de retroalimentación que indican la tensión y la corriente a través del inductor L2 que permite controlar el suministro de energía adicional. Por ejemplo, en caso de que la temperatura del susceptor exceda la temperatura deseada, se puede generar una señal correspondiente que interrumpe el suministro de energía adicional hasta que la temperatura del susceptor esté nuevamente por debajo de la temperatura deseada tras lo cual se puede reanudar el suministro de energía adicional. En consecuencia, es posible controlar la frecuencia de la tensión de conmutación para una transferencia óptima de energía al susceptor. Una red de adaptación 133 puede proporcionarse para una óptima adaptación a la carga pero no es obligatorio y no está contenido en la modalidad descrita en más detalle a continuación.

La Figura 4 muestra algunos componentes esenciales de la electrónica de suministro de energía 13, más particularmente del inversor CD/CA 132. Como puede observarse de la Figura 4, el inversor CD/CA incluye un amplificador de potencia de Clase E que incluye un conmutador de transistor 1320 que comprende un Transistor de Efecto de Campo (FET) 1321, por ejemplo un Transistor de Efecto de Campo de Metal-Óxido-Semiconductor (MOSFET), un circuito de suministro del conmutador de transistor indicado por la flecha 1322 para suministrar la señal de conmutación al FET 1321 (tensión de compuerta-fuente), y una red de carga LC 1323 que comprende un capacitor de derivación C1 y una conexión en serie de un capacitor C2 y un inductor L2. Además, se muestra la fuente de energía de CD 11 que incluye una bobina L1 para suministrar una tensión de suministro de CD + V_{CC}. Se muestra además en la Fig. 4 la resistencia óhmica R que representa la carga óhmica total 1324, la cual es la suma de la resistencia óhmica R_{Bobina} del inductor L2 y la resistencia óhmica R_{Carga} del susceptor 21, como se muestra en la Fig. 6.

Es evidente que, debido al muy bajo número de componentes, el volumen de la electrónica de suministro de energía 13 puede mantenerse extremadamente pequeño. Por ejemplo, el volumen de la electrónica de suministro de energía puede ser igual o menor que 2 cm³. Este volumen extremadamente pequeño de la electrónica de suministro de energía es posible debido a que el inductor L2 de la red de carga LC 1323 se usa directamente como el inductor para el acoplamiento inductivo al susceptor 21 del sustrato formador de aerosol 20, y este volumen pequeño permite mantener pequeñas las dimensiones generales de todo el dispositivo de calentamiento inductivo 1. En el caso que se usa un inductor separado que no es el inductor L2 para el acoplamiento inductivo al susceptor 21, este aumentaría automáticamente el volumen de la electrónica de suministro de energía, este volumen se aumenta además si una red de adaptación 133 se incluye en la electrónica de suministro de energía.

Aunque el principio de operación general de los amplificadores de potencia de clase E se conoce y se describe en detalle en el artículo antes mencionado "Class-E RF Power Amplifiers", Nathan O. Sokal, publicado en la revista bimensual QEX, edición de enero/febrero de 2001, páginas 9-20, de la American Radio Relay League (ARRL), Newington, CT, Estados Unidos de América, algunos principios generales se explicarán a continuación.

Asumamos que el circuito de suministro del conmutador de transistor 1322 suministra una tensión de conmutación (tensión de compuerta-fuente del FET) que tiene un perfil rectangular al FET 1321. Cuando el FET 1321 está conduciendo (estado "encendido"), este constituye esencialmente un cortocircuito (baja resistencia) y toda la corriente fluye a través de la bobina L1 y el FET 1321. Cuando el FET 1321 no está conduciendo (estado "apagado"), toda la corriente fluye dentro de la red de carga LC ya que el FET 1321 esencialmente representa un circuito abierto (alta resistencia). Al conmutar el transistor entre estos dos estados se invierte la tensión de CD y la corriente de CD suministradas en tensión de CA y corriente de CA.

Para un calentamiento eficiente del susceptor 21, una cantidad tan grande como sea posible de la energía de CD suministrada se transfiere en forma de energía de CA al inductor L2 (bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente) y subsecuentemente al susceptor 21 del sustrato formador de aerosol 20 el cual se acopla inductivamente al inductor L2. La energía que se disipa en el susceptor 21 (pérdidas de corrientes parásitas, pérdidas de histéresis) genera calor en el susceptor 21, como se describió en más detalle anteriormente. O dicho en otras palabras, la disipación de energía en el FET 1321 se debe minimizar mientras que se maximiza la disipación de energía en el susceptor 21.

La disipación de energía en el FET 1321 durante un periodo de la tensión/corriente de CA es el producto de la tensión y la corriente del transistor en cada instante de tiempo durante ese periodo de la tensión/corriente alterna, integrado sobre ese periodo, y promediado sobre ese periodo. Dado que el FET 1321 debe sostener la alta tensión durante una parte de ese periodo y conducir alta corriente durante una parte de ese periodo, debe evitarse que la alta tensión y la

alta corriente existan en el mismo instante, dado que esto conduciría a la disipación sustancial de energía en el FET 1321. En el estado “encendido” del FET 1321, la tensión del transistor es cercana a cero mientras que una alta corriente fluye a través del FET 1321. En el estado “apagado” del FET 1321, la tensión del transistor es alta pero la corriente a través del FET 1321 es cercana a cero.

5 Las transiciones de conmutación irremediablemente se extienden además sobre algunas fracciones del período. No obstante, un producto de tensión-corriente alta que representa una alta pérdida de potencia en el FET 1321 puede evitarse por medio de las siguientes medidas adicionales. Primeramente, el aumento de la tensión del transistor se retrasa hasta después que la corriente a través del transistor se reduce a cero. En segundo lugar, la tensión del transistor regresa a cero antes que la corriente a través del transistor comience a aumentar. Esto se logra por el circuito de carga 1323 que comprende un capacitor de derivación C1 y la conexión en serie del capacitor C2 y el inductor L2, este circuito de carga es el circuito entre el FET 1321 y la carga 1324. En tercer lugar, la tensión del transistor en el momento de encenderse es prácticamente cero (para un transistor de unión bipolar “BJT” es la tensión de equilibrio de saturación V_o). El encendido del transistor no descarga el capacitor cargado de derivación C1, lo cual de esta manera evita la disipación de energía almacenada del capacitor de derivación. En cuarto lugar, la pendiente de la tensión del transistor es cero en el momento del encendido. Entonces, la corriente inyectada en el transistor encendido por el circuito de carga aumenta gradualmente desde cero hasta una velocidad moderada controlada que resulta en una baja disipación de energía mientras que la conductancia del transistor se eleva desde cero durante la transición de encendido. Como resultado, la tensión y la corriente del transistor nunca son altas de manera simultánea. Las transiciones de conmutación de tensión y corriente se desplazan en el tiempo entre sí.

Para dimensionar los varios componentes del inversor CD/CA 132 que se muestran en la Figura 4, deben considerarse las siguientes ecuaciones, las cuales se conocen generalmente y se describen en detalle en el artículo anteriormente mencionado “Class-E RF Power Amplifiers”, Nathan O. Sokal, publicado en la revista bimensual QEX, edición de enero/febrero de 2001, páginas 9-20, de la American Radio Relay League (ARRL), Newington, CT, Estados Unidos de América.

Digamos que Q_L (factor de calidad de la red de carga LC) es un valor el cual es en cualquier caso mayor que 1,7879 pero el cual es un valor que el diseñador puede elegir (ver el artículo antes mencionado), digamos además que P es la potencia de salida suministrada a la resistencia R, y digamos que f es la frecuencia, entonces los varios componentes se calculan numéricamente a partir de las siguientes ecuaciones (V_o es cero para los FET, y es la tensión de equilibrio de saturación para los BJT, ver anteriormente):

$$L2 = Q_L \cdot R / 2\pi f$$

$$R = ((V_{CC} - V_o)^2 / P) \cdot 0,576801 \cdot (1,0000086 - 0,414395 / Q_L - 0,557501 / Q_L^2 + 0,205967 / Q_L^3)$$

$$C1 = (1 / (34,2219 \cdot f \cdot R)) \cdot (0,99866 + 0,91424 / Q_L - 1,03175 / Q_L^2) + 0,6 / ((2\pi f)^2 \cdot (L1))$$

$$C2 = (1 / (2\pi f \cdot R)) \cdot (1 / Q_L - 0,104823) \cdot (1,00121 + (1,01468 / Q_L - 1,7879)) - 0,2 / ((2\pi f)^2 \cdot L1))$$

Esto permite un rápido calentamiento de un susceptor que tiene una resistencia óhmica de $R=0,6\Omega$ para suministrar aproximadamente 7W de potencia en 5-6 segundos asumiendo que una corriente de aproximadamente 3,4 A está disponible por medio del uso de una fuente de energía de CD que tiene una tensión de salida máxima de 2,8 V y una corriente de salida máxima de 3,4 A, una frecuencia de $f = 5$ MHz (factor de marcha = 50 %), una inductancia del inductor L2 de aproximadamente 500 nH y una resistencia óhmica del inductor L2 de $R_{Bobina} = 0,1\Omega$, una inductancia L1 de aproximadamente 1 μ H, y capacitancias de 7 nF para el capacitor C1 y de 2,2 nF para el capacitor C2. La resistencia efectiva R_{Bobina} y R_{Carga} es aproximadamente 0,6 Ω . Una eficiencia (energía disipada en el susceptor 21 / máxima potencia de la fuente de energía de CD 11) de aproximadamente 83,5 % puede obtenerse, lo cual es muy efectivo.

Como ya se ha mencionado, el susceptor 21 se puede fabricar de un material o de una combinación de materiales con una temperatura de Curie que está cerca de la temperatura deseada a la cual debe calentarse el susceptor 21. Una vez que la temperatura del susceptor 21 excede esta temperatura de Curie, el material cambia sus propiedades ferromagnéticas a propiedades paramagnéticas. En consecuencia, la disipación de energía en el susceptor 21 se reduce significativamente dado que las pérdidas por histéresis del material que tiene propiedades paramagnéticas son mucho más bajas que esas del material que tiene propiedades ferromagnéticas. Esta disipación reducida de energía en el susceptor 21 puede detectarse y, por ejemplo, la generación de energía de CA por el inversor CD/CA puede interrumpirse después hasta que el susceptor 21 se ha enfriado por debajo de la temperatura de Curie nuevamente y ha recuperado sus propiedades ferromagnéticas. La generación de energía de CA por el inversor CD/CA puede reanudarse nuevamente después.

5 Para la operación, el artículo para fumar 2 se inserta en la cavidad 14 (ver la Figura 2) del dispositivo de calentamiento inductivo 1 de manera que el sustrato formador de aerosol 20 que comprende el susceptor 21 se acopla inductivamente al inductor 2 (por ejemplo, la bobina cilíndrica enrollada helicoidalmente). El susceptor 21 se calienta entonces por unos pocos segundos como se describió anteriormente, y luego el consumidor puede comenzar a aspirar el aerosol a través del filtro 22 (desde luego, el artículo para fumar no necesariamente tiene que comprender un filtro 22).

10 El dispositivo de calentamiento inductivo y los artículos para fumar pueden distribuirse generalmente de forma separada o como un kit de partes. Por ejemplo, es posible distribuir un llamado "kit encendedor" que comprende el dispositivo de calentamiento inductivo así como una pluralidad de artículos para fumar. Una vez que el consumidor adquiera tal kit encendedor, en el futuro el consumidor puede solamente adquirir los artículos para fumar que pueden usarse con este dispositivo de calentamiento inductivo del kit encendedor. El dispositivo de calentamiento inductivo es fácil de limpiar y en caso de baterías recargables como fuente de energía de CD, estas baterías recargables se pueden recargar fácilmente por medio del uso de un dispositivo de carga adecuado que se conecta al puerto de conexión 12 que comprende el pasador 120 (o el dispositivo de calentamiento inductivo se conecta a una estación de conexión correspondiente de un dispositivo de carga).

15 Una vez descritas las modalidades de la invención con la ayuda de las figuras, es claro que muchos cambios y modificaciones pueden concebirse sin apartarse de las enseñanzas generales subyacentes a la presente invención. Por lo tanto, el alcance de la protección no pretende limitarse a las modalidades específicas, sino que se define por las reivindicaciones anexas.

20

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de calentamiento inductivo (1) configurado para calentar un sustrato formador de aerosol (20) de un artículo para fumar (2), el sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) que comprende un susceptor (21), el dispositivo de calentamiento inductivo (1) que comprende:
 - un alojamiento del dispositivo (10)
 - una fuente de energía de CD (11) que tiene una tensión de suministro de CD (V_{CC}),
 - una electrónica de suministro de energía (13) que comprende un inversor CD/CA (132) conectado a la fuente de energía de CD (11), y
 - una cavidad (14) dispuesta en el alojamiento del dispositivo (10), la cavidad (14) que tiene una superficie interna conformada para acomodar al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2), la cavidad (14) que está dispuesta de manera que, al acomodar la porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) en la cavidad, un inductor (L2) de una red de carga LC (1323) se acopla inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) durante la operación, caracterizado porque la electrónica de suministro de energía (13) está configurada para operar a una frecuencia que varía de 1 MHz a 30 MHz, y porque el inversor CD/CA (132) incluye un amplificador de potencia de Clase E que incluye un conmutador de transistor (1320), un circuito de accionamiento del conmutador de transistor (1322), y la red de carga LC (1323) que está configurada para operar a una carga óhmica (1324) menor de 2 ohmios, en donde la red de carga LC (1323) comprende un capacitor de derivación (C1) y una conexión en serie de un capacitor (C2) y el inductor (L2) que tiene una resistencia óhmica (R_{Bobina}).
2. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la reivindicación 1, en donde el dispositivo se configura para calentar un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco (20) del artículo para fumar (2).
3. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la tensión de suministro de CD (V_{CC}) de la fuente de energía de CD (11) está en el intervalo de 2,5 voltios a 4,5 voltios, y en donde el amperaje de suministro de CD de la fuente de energía de CD (11) está en el intervalo de 2,5 amperios a 5 amperios.
4. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el volumen total de la electrónica de suministro de energía (13) es igual o menor que 2 cm³.
5. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el inductor (L2) de la red de carga LC (1323) comprende una bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente que tiene una forma oblonga (r, l) y que define un volumen interno en el intervalo de 0,15 cm³ a 1,10 cm³ y en donde la bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente se ubica en o adyacente a la superficie interna de la cavidad (14).
6. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el alojamiento del dispositivo (10) tiene una forma sustancialmente cilíndrica con la cavidad (14) que se dispone en el extremo proximal del alojamiento del dispositivo (10) y con la fuente de energía de CD (11) que se dispone en el extremo distal del alojamiento del dispositivo (10), y en donde la electrónica de suministro de energía (13) está dispuesta entre la fuente de energía de CD (11) y la cavidad (14).
7. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la fuente de energía de CD (11) comprende una batería de CD recargable.
8. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la electrónica de suministro de energía (13) comprende, además, un microcontrolador (131) que está programado para interrumpir la generación de energía de CA mediante el inversor CD/CA a medida que la temperatura del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) ha excedido una temperatura de Curie del susceptor (21) durante la operación, y que está programado para reanudar la generación de energía de CA a medida que la temperatura del susceptor (21) se ha enfriado por debajo de esta temperatura de Curie nuevamente.
9. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el amplificador de potencia de clase E tiene una impedancia de salida y en donde la electrónica de suministro de energía (13) comprende además una red de adaptación (133) para hacer corresponder la impedancia de salida del amplificador de potencia de clase E con la carga óhmica (1324).
10. Sistema de calentamiento inductivo que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo (1) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes y el artículo para fumar (2) que comprende un sustrato formador de aerosol (20) que comprende un susceptor (21), en donde al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) se acomoda en la cavidad (14) del dispositivo de

calentamiento inductivo (1), de manera que el inductor (L2) de la red de carga LC (1323) del inversor CD/CA (132) del dispositivo de calentamiento inductivo (1) se acopla inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) durante la operación.

- 5 11. Sistema de calentamiento inductivo de conformidad con la reivindicación 10, en donde el sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) es un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco.
- 10 12. Kit que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo (1) de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 9 y un artículo para fumar (2) que comprende un sustrato formador de aerosol (20) que comprende un susceptor (21), el dispositivo de calentamiento inductivo (1) y el sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) que están configurados de manera que, durante la operación, al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) está acomodado en la cavidad (14) del dispositivo de calentamiento inductivo (1), de manera que el inductor (L2) de la red de carga LC (1323) del inversor CD/CA (132) del dispositivo de calentamiento inductivo (1) esté acoplado inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2).
- 15 13. Kit de conformidad con la reivindicación 12, en donde el sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (20) es un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco.
- 20 14. Método para operar un sistema de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol (20) de un artículo para fumar (2), el sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar que comprende un susceptor (21), el método que comprende las etapas de:
- 25 - proporcionar una fuente de energía de CD (11) que tiene una tensión de suministro de CD (V_{CC}),
- proporcionar una electrónica de suministro de energía (13), la electrónica de suministro de energía (13) que comprende un inversor CD/CA (132) conectado a la fuente de energía de CD (11),
- 30 - proporcionar una cavidad (14) capaz de acomodar al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2), la cavidad (14) que se dispone de manera que, cuando se acomoda la porción del sustrato formador de aerosol (20) en la cavidad, un inductor (L2) de una red de carga LC (1323) se acopla inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2), y
- proporcionar un artículo para fumar (2) que comprende un sustrato formador de aerosol (20) que comprende un susceptor (21), e insertar al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) dentro de la cavidad (14), de manera que el inductor (L2) de la red de carga LC (1323) se acopla inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2),
- 35 caracterizado porque la electrónica de suministro de energía (13) se configura para operar a una frecuencia que varía de 1 MHz a 30 MHz, y porque el inversor CD/CA (132) incluye un amplificador de potencia de clase E que incluye un conmutador de transistor (1321), un circuito de accionamiento del conmutador de transistor (1322), y la red de carga LC (1323) que se configura para operar a una carga óhmica (1324) menor de 2 Ohms, en donde la red de carga LC (1323) comprende un capacitor de derivación (C1) y una conexión en serie de un capacitor (C2) y el inductor (L2) que tiene una resistencia óhmica (R_{Bobina}).
- 40 15. Método de conformidad con la reivindicación 14, en donde la fuente de energía de CD (11) es una batería de CD recargable, y en donde el método comprende, además, la etapa de cargar la batería de CD recargable antes de insertar la porción del sustrato formador de aerosol (20) del artículo para fumar (2) en la cavidad (14).

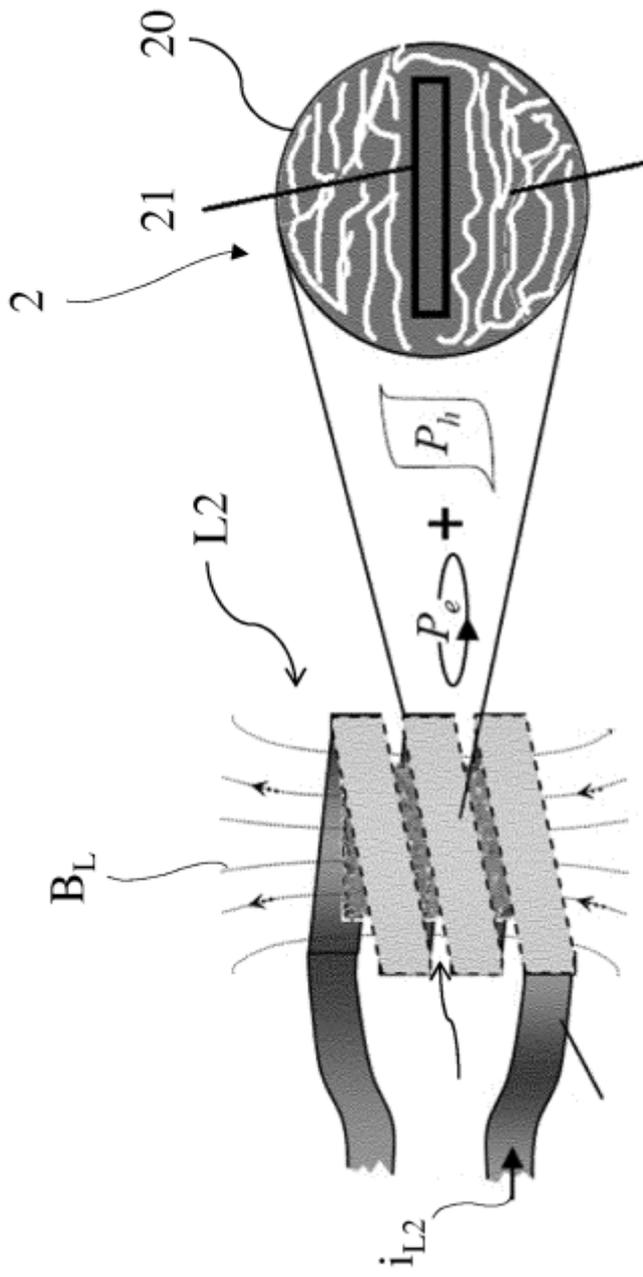


Figura 1

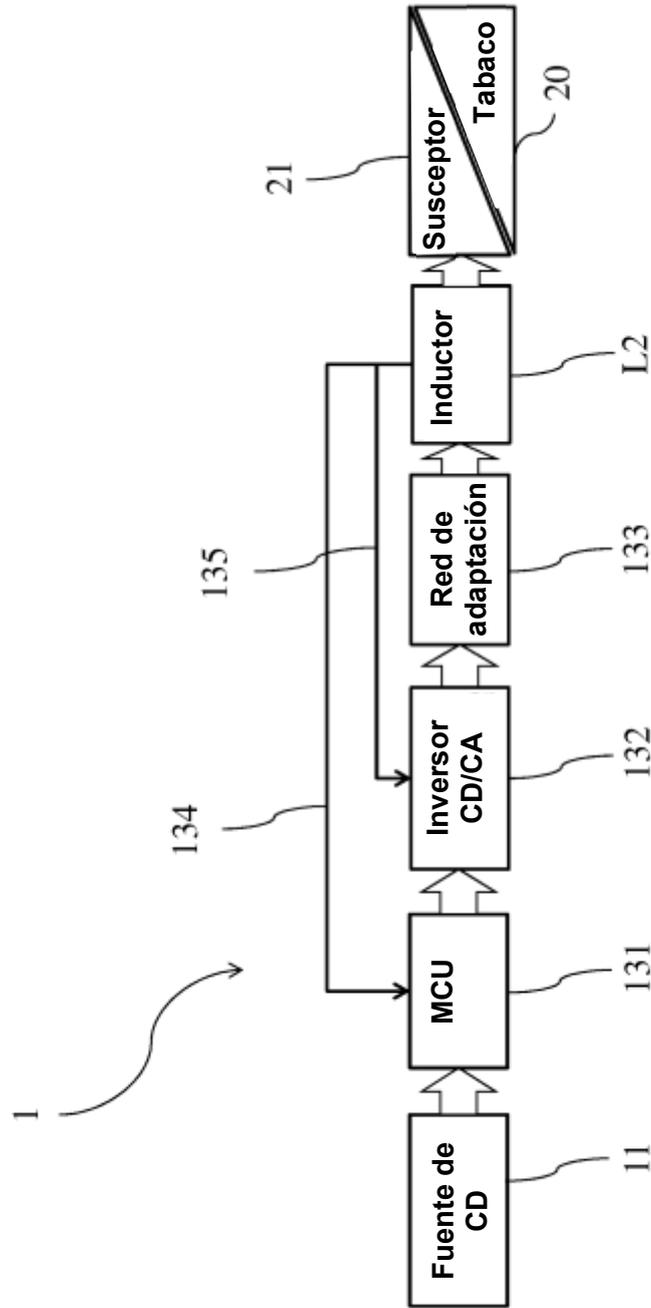


Figura 2

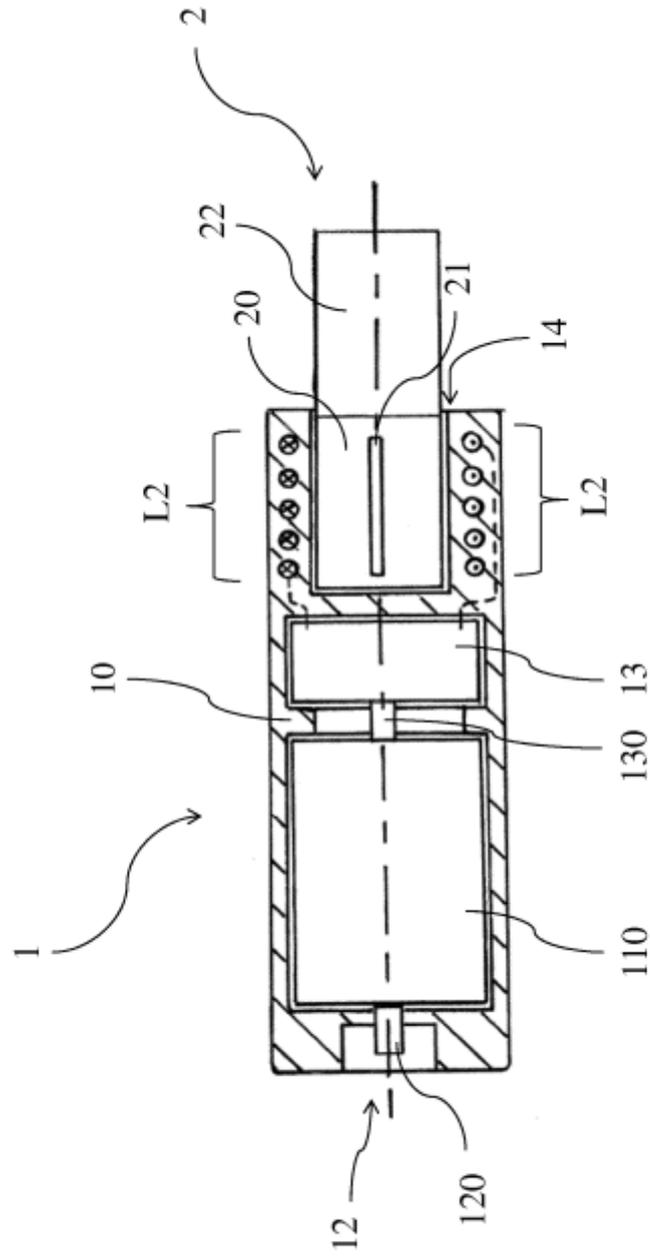


Figura 3

Figura 4

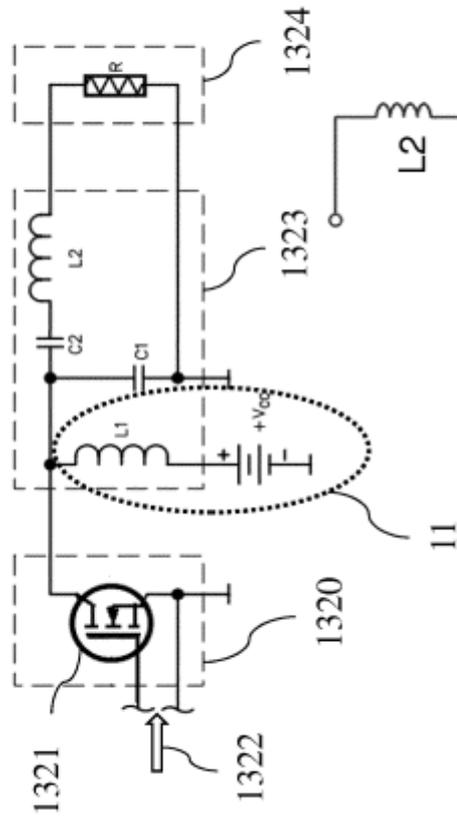
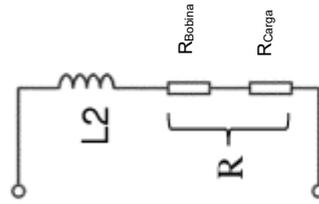


Figura 6



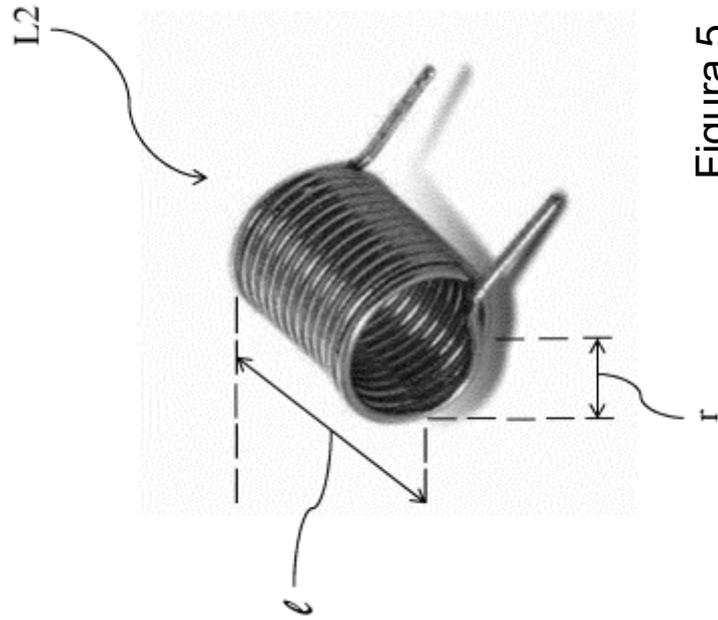


Figura 5