

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 419**

51 Int. Cl.:

**A24F 47/00** (2006.01)

**H05B 6/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2015 PCT/EP2015/061202**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15177257**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2015 E 15727324 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016 EP 2967156**

54 Título: **Dispositivo de calentamiento inductivo, sistema de suministro de aerosol que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo y método de operación del mismo**

30 Prioridad:

**21.05.2014 EP 14169191**

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

**27.04.2017**

73 Titular/es:

**PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (100.0%)**

**Quai Jeanrenaud 3  
2000 Neuchâtel, CH**

72 Inventor/es:

**FURSA, OLEG;  
MIRONOV, OLEG y  
ZINOVIK, IHAR NIKOLAEVICH**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 610 419 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, sistema de suministro de aerosol que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo y método de operación del mismo

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol. La presente invención se refiere además a un sistema de suministro de aerosol que comprende tal dispositivo de calentamiento inductivo. La presente invención se refiere además a un método de operar tal sistema de suministro de aerosol.

10 De la técnica anterior se conocen los sistemas de suministro de aerosol los cuales comprenden un sustrato formador de aerosol, típicamente un tapón que contiene tabaco. Para calentar el tapón de tabaco hasta una temperatura en la cual es capaz de liberar componentes volátiles que pueden formar un aerosol, un elemento de calentamiento tal como una lámina de calentamiento (típicamente hecha de metal) se inserta dentro del tapón de tabaco. La temperatura de la lámina de calentamiento, la cual está en contacto directo con el sustrato formador de aerosol (el tapón de tabaco), se determina como la representativa de la temperatura del sustrato formador de aerosol. La temperatura de la lámina de calentamiento se calcula mediante el uso de la conocida relación entre la resistencia óhmica de la lámina de calentamiento y la temperatura de la lámina de calentamiento. Por lo tanto, durante el calentamiento, mediante el monitoreo de la resistencia óhmica de la lámina de calentamiento (por ejemplo a través de las mediciones de tensión y amperaje) la temperatura de la lámina de calentamiento puede determinarse en cualquier momento durante un proceso de fumar. Debido a la capacidad para determinar la temperatura en cualquier momento durante un proceso de fumar es además posible determinar cuándo se toma una calada por el usuario durante un proceso de fumar, ya que durante una calada, aire frío fluye sobre la lámina calentada resistivamente lo cual resulta en una caída temporal de la temperatura de la lámina que puede detectarse.

25 Otros sistemas de suministro de aerosol comprenden un dispositivo de calentamiento inductivo en lugar de una lámina de calentamiento. El dispositivo de calentamiento inductivo comprende un inductor dispuesto en la cercanía térmica del sustrato formador de aerosol, y el sustrato formador de aerosol comprende un susceptor. El campo magnético alterno del inductor genera corrientes parásitas y pérdidas de histéresis en el susceptor, que provocan que el susceptor caliente el sustrato formador de aerosol hasta una temperatura en la cual es capaz de liberar componentes volátiles que pueden formar un aerosol. Debido a que el calentamiento del susceptor se realiza de una manera que no existe contacto, no hay forma directa de medir la temperatura del sustrato formador de aerosol. Por esa razón, también se dificulta determinar cuándo se toma una calada por el usuario durante el proceso de fumar. Tal sistema de suministro de aerosol que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo que tiene las características del preámbulo de la reivindicación independiente 1 se conoce del documento US 5,613,505.

35 Sin embargo, también sería conveniente poder determinar cuándo se toma una calada durante un proceso de fumar cuando el sustrato formador de aerosol se calienta inductivamente. Por lo tanto, se necesita un dispositivo de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol que permita la determinación de cuando se toma una calada. Se necesita además un sistema de suministro de aerosol que comprenda la medición de la temperatura del sustrato formador de aerosol.

La invención sugiere un dispositivo de calentamiento inductivo para calentar un sustrato formador de aerosol que comprende un susceptor. El dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención comprende:

- un alojamiento del dispositivo
- 40 – una fuente de energía de CD para proporcionar, en funcionamiento, una tensión de suministro de CD y una corriente de CD,
- una electrónica de suministro de energía configurada para funcionar a alta frecuencia, la electrónica de suministro de energía que comprenden un convertidor CD/CA conectado a la fuente de energía de CD, el convertidor CD/CA que comprende una red de carga LC configurada para operar a bajas cargas óhmicas, en donde la red de carga LC comprende una conexión en serie de un capacitor y un inductor que tienen una resistencia óhmica,
- 45 – una cavidad dispuesta en el alojamiento del dispositivo, la cavidad que tiene una superficie interna formada para acomodar al menos una porción del sustrato formador de aerosol, la cavidad que se dispone de manera que después de acomodar la porción del sustrato formador de aerosol en la cavidad el inductor de la red de carga LC se acopla inductivamente al susceptor del sustrato formador de aerosol durante el funcionamiento.
- 50

La electrónica de suministro de energía comprende además un microcontrolador programado para que en operación determine, a partir de la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD y de la corriente de CD demandada de la fuente de energía de CD, una resistencia óhmica aparente, y programado además para que en operación determine, a partir de la resistencia óhmica aparente, la temperatura del susceptor del sustrato formador de aerosol. El microcontrolador se programa además para monitorizar los cambios en la resistencia óhmica aparente y para detectar una calada cuando se determina una disminución de la resistencia óhmica aparente la cual es indicativa de una disminución de la temperatura del susceptor durante la inhalación de un usuario.

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.

5 El sustrato formador de aerosol puede comprender nicotina. La nicotina que contiene el sustrato formador de aerosol 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.

10 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.

15 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.

20 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 y que es esencialmente resistente a la degradación térmica a 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. Los formadores de aerosol particularmente preferidos son alcoholes polihídricos o sus mezclas, tales como trietilenglicol, 1,3-butanodiol y con la máxima preferencia, glicerina. El sustrato formador de aerosol puede comprender otros aditivos e ingredientes, tales como saborizantes. 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.

30 La fuente de energía de CD generalmente puede comprender cualquier fuente de energía de CD adecuada que comprenda 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 Volts a aproximadamente 4,5 Volts 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 comprender una bobina de alimentación de CD.

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

45 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), 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).

50 La electrónica de suministro de energía comprende un convertidor CD/CA (que puede usarse en la práctica como un inversor CD/CA) conectado a la fuente de energía de CD.

55 La red de carga LC del convertidor CD/CA se configura para operar a 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.

5 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  $\rho$  para aumentar la disipación del calor de Joule. Adicionalmente, la frecuencia de la corriente alterna parásita debe considerarse debido al efecto superficial (más del 98% de la corriente eléctrica fluye dentro de una capa de cuatro veces la profundidad superficial  $\delta$  desde la superficie externa del conductor). Tomándose esto en cuenta la resistencia óhmica  $R_s$  del susceptor se calcula a partir de la ecuación

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

15 en donde

$f$  denota la frecuencia de la corriente alterna parásita

$\mu_0$  denota la permeabilidad magnética del espacio libre

$\mu_r$  denota la permeabilidad magnética relativa del material del susceptor, y

$\rho$  denota la resistividad eléctrica del material del Susceptor.

20 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 (óhmica) del susceptor (ver anteriormente)

25 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  $\mu_r$  y una resistividad eléctrica dada  $\rho$  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  $\delta$  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

40  $V$  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.

- 5 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.

- 10 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 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.

- 20 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 cargas óhmicas bajas como los especificados anteriormente, aunque tienen una resistencia óhmica 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 300-400 grados centígrados 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).

- 30 Como ya se mencionó, de acuerdo con un aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención el dispositivo se configura para calentar un sustrato formador de aerosol de un artículo para fumar. Esto comprende 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 centígrados. Aún con mayor preferencia, el dispositivo se configura para calentar un sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco de un artículo para fumar.

- 35 Como el sustrato formador de aerosol se calienta, se desea controlar la temperatura del mismo. Esto no es fácil de lograr ya que el calentamiento del sustrato formador de aerosol se realiza por calentamiento sin contacto (inductivo) del susceptor (principalmente a través de pérdidas de histéresis y pérdidas de corriente parásita, como se describió anteriormente), mientras que en la técnica anterior el control de temperatura de los dispositivos de calentamiento resistivo se logra por la medición de la tensión y la corriente en el elemento de calentamiento resistivo debido a la dependencia lineal de la temperatura del elemento de calentamiento resistivo y la resistencia óhmica del elemento de calentamiento.

- 40 Sorprendentemente, en el dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención hay una relación estrictamente monótona entre la temperatura del susceptor y la resistencia óhmica aparente determinada a partir de la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD y de la corriente de CD demandada de la fuente de energía de CD. Esta relación estrictamente monótona permite una determinación no ambigua de la temperatura respectiva del susceptor a partir de la resistencia óhmica aparente respectiva en el dispositivo de calentamiento inductivo (sin contacto) de conformidad con la invención, debido a que cada valor único de la resistencia óhmica aparente es representativo de solamente un valor único de la temperatura, no existe ambigüedad en la relación. Esto no significa que la relación de la temperatura del susceptor y la resistencia óhmica aparente es necesariamente lineal, sin embargo, la relación debe ser estrictamente monótona para evitar cualquier asignación ambigua de una resistencia óhmica aparente a más de una temperatura. La relación estrictamente monótona de la temperatura del susceptor y la resistencia óhmica aparente permite de esta manera la determinación y control de la temperatura del susceptor y de esta manera del sustrato formador de aerosol. Como se discutirá en más detalle posteriormente, en caso de que el convertidor CD/CA comprenda un amplificador de clase E, la relación entre la temperatura del susceptor y la resistencia óhmica aparente es lineal al menos para el intervalo de temperatura de interés.

- 55 La determinación de la calada puede realizarse sin la necesidad de un sensor de calada adicional. Esto se debe al hecho de que una vez que el usuario toma una calada se aspira aire que pasa por el sustrato formador de aerosol, esto conduce a una disminución de la temperatura del susceptor. Esta disminución de la temperatura del susceptor conduce a una correspondiente disminución de la resistencia óhmica aparente, y la magnitud de esta disminución de la temperatura (que resulta en una correspondiente disminución de la resistencia óhmica aparente) indica que se ha tomado una calada por el usuario.

De acuerdo con un aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el microcontrolador se programa para detectar una calada cuando la disminución de la resistencia óhmica aparente se corresponde con una disminución de la temperatura del susceptor (21) en el intervalo de 10°C a 100°C, más específicamente en el intervalo de 20°C a 70°C.

5 De acuerdo con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el microcontrolador se programa además para permitir la detección de caladas que tengan una duración en el intervalo de 0,5 segundos a 4 segundos, más específicamente en el intervalo de 1 segundo a 3 segundos, e incluso más específicamente de aproximadamente 2 segundos. Esto limita la duración de una calada detectable. Aunque algunos usuarios prefieren tomar caladas que tiene una corta duración, otros usuarios prefieren tomar solamente caladas que tienen una duración extendida. Una vez que se termina la calada la temperatura aumenta de nuevo hasta que se toma la siguiente calada por el usuario o hasta que la temperatura supera una temperatura de operación deseada.

15 De conformidad con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de acuerdo con la invención, el dispositivo comprende además un contador para contar las caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol, y (opcionalmente) un indicador para mostrarle al usuario el número de caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol, o el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol, o ambos, el número de caladas ya tomadas y el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol. Es útil para el usuario conocer el número de caladas ya tomadas o el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol, o ambos, debido a que esto puede ayudar a garantizar que el usuario siempre disfrute el sabor completo cuando toma una calada, ya que el número de caladas que puede tomarse del mismo sustrato formador de aerosol y desarrollar el sabor completo es limitado.

20 De conformidad con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de acuerdo con la invención, el microcontrolador se programa además para permitir un número máximo de caladas que se tomarán del mismo sustrato formador de aerosol. El microcontrolador se programa para detener el suministro de energía de CD de la fuente de energía de CD al convertidor CD/CA cuando el contador ha contado el número máximo de caladas tomadas del mismo sustrato formador de aerosol. Esta medida constructiva garantiza que el usuario siempre disfrute el sabor completo cuando toma una calada, ya que el número posible de caladas que puede tomarse por un usuario del mismo sustrato formador de aerosol está limitado por el dispositivo, de manera que es imposible para el usuario tomar más del número máximo posible de caladas del mismo sustrato formador de aerosol.

25 Volviendo a la determinación de la resistencia óhmica aparente, la determinación de la resistencia óhmica aparente a partir de la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD y de la corriente de CD demandada de la fuente de energía de CD comprende la medición tanto de la tensión de suministro de CD como de la corriente de CD. Sin embargo, de acuerdo con un aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, la fuente de energía de CD puede ser una batería de CD, en particular una batería de CD recargable, para proporcionar una tensión de suministro de CD constante. 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. En el caso del suministro de una tensión de suministro de CD constante, es aún posible y puede desearse medir la tensión de suministro de CD, sin embargo, tal medición de la tensión de suministro de CD no es obligatoria entonces (ya que la tensión de suministro de CD es constante). Sin embargo, la electrónica de suministro de energía comprende un sensor de corriente de CD para medir la corriente de CD demandada de la batería de CD, así que la resistencia óhmica aparente (la cual es representativa de la temperatura del susceptor) puede determinarse a partir de la tensión de suministro de CD constante (independientemente de si esta tensión de suministro de CD constante se mida o se determina que tenga un valor constante) y de la corriente de CD medida. Generalmente, este aspecto permite la medición solo de la corriente de CD sin la necesidad de medir además la tensión de suministro de CD.

30 Como se mencionó anteriormente, en ciertas instancias es posible abstenerse de una medición de tensión de suministro de CD, sin embargo, de acuerdo con un aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, la electrónica de suministro de energía comprende un sensor de tensión de CD para medir la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD de manera que la determinación del valor real de la tensión de suministro de CD pueda medirse en cualquier evento.

35 Como se discutió anteriormente, el dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención permite un control de la temperatura. Para lograr esto de una manera particularmente ventajosa, de acuerdo con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención, el microcontrolador se programa además para interrumpir la generación de energía de CA por el convertidor CD/CA cuando la temperatura determinada del susceptor del sustrato formador de aerosol es igual o excede una temperatura umbral predeterminada, y de acuerdo con este aspecto el microcontrolador se programa para reanudar la generación de energía de CA cuando la temperatura determinada del susceptor del sustrato formador de aerosol esté por debajo de la temperatura umbral predeterminada nuevamente. El término "interrumpir la generación de energía de CA" pretende cubrir los casos en los cuales aproximadamente no se genera energía de CA así como los casos en los cuales la generación de energía de CA se reduce solamente a mantener la temperatura umbral. Ventajosamente, esta temperatura umbral es la temperatura de operación objetivo la cual puede ser en particular una temperatura en el intervalo de 300°C a 400°C, por ejemplo 350°C. El dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la

- invención calienta el susceptor del sustrato formador de aerosol hasta que el susceptor alcance la temperatura umbral predeterminada correspondiente a la resistencia óhmica aparente respectiva. En este momento, un suministro adicional de la energía de CA por el convertidor CD/CA se interrumpe para detener el calentamiento adicional del susceptor y permitir que el susceptor se enfríe. Una vez que la temperatura del susceptor esté nuevamente por debajo de la temperatura umbral predeterminada, esto se detecta por la determinación de la correspondiente resistencia óhmica aparente. En este momento, la generación de energía de CA se reanuda con el objetivo de mantener la temperatura tan cerca como sea posible de la temperatura de operación objetivo. Esto puede alcanzarse, por ejemplo, mediante el ajuste del ciclo de trabajo de la energía de CA suministrada a la red de carga LC. Esto se describe, en principio, en la WO 2014/040988.
- Como ya se mencionó anteriormente, de conformidad con un aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de acuerdo con la invención, el convertidor CD/CA comprende un amplificador de potencia de Clase E que comprende un conmutador de transistor, un circuito controlador del conmutador de transistor, y la red de carga LC configurado para operar a baja carga óhmica, y la red de carga LC comprende además un capacitor de derivación.
- 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 deben controlarse 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).
- 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 la cual se ubica en o adyacente a la superficie interna de la cavidad.
- De conformidad con otro aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de acuerdo 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 comprender un transformador de acoplamiento pequeño.
- De acuerdo con un aspecto adicional del dispositivo de calentamiento inductivo de acuerdo con la invención, el volumen total de la electrónica de suministro de energía es igual o menor que  $2 \text{ cm}^3$ . 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 la cual se ubica en o adyacente a la superficie interna de la cavidad. Ventajosamente, la bobina inductora tiene una forma oblonga y define un volumen interno en el intervalo de aproximadamente  $0,15 \text{ cm}^3$  a aproximadamente  $1,10 \text{ cm}^3$ . 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.
- Otro aspecto adicional de la invención se refiere a un sistema de suministro de aerosol que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo como se describió anteriormente y 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 convertidor CD/CA del dispositivo de calentamiento inductivo se acopla inductivamente con el susceptor del sustrato formador de aerosol durante el funcionamiento.

5 A manera de ejemplo, el sustrato formador de aerosol puede ser 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).

10 De conformidad con un aspecto del sistema de suministro de aerosol de conformidad con la invención, el susceptor se fabrica de acero inoxidable. Por ejemplo, varios grados de acero inoxidable pueden usarse tales como acero inoxidable de grado 430 (SS430) o acero inoxidable de grado 410 (SS410), acero inoxidable de grado 420 (SS420) o acero inoxidable de grado 440 (SS440). Otros grados de acero inoxidable pueden también usarse. Por ejemplo, el susceptor es un elemento de susceptor único el cual puede usarse en la práctica como una tira, una hoja, un alambre o una lámina, y estos elementos de susceptor pueden tener diferentes geometrías de sección transversal tales como rectangulares, circulares, elípticas, u otras geometrías.

15 De acuerdo con un aspecto particular de un sistema de suministro de aerosol de conformidad con la invención, el susceptor puede comprender una tira plana de acero inoxidable, la tira plana de acero inoxidable tiene una longitud en un intervalo de aproximadamente 8 milímetros a aproximadamente 15 milímetros, preferentemente una longitud de aproximadamente 12 milímetros. La tira plana puede tener además un ancho en un intervalo de aproximadamente 3 milímetros a aproximadamente 6 milímetros, preferentemente un ancho de aproximadamente 4 milímetros o aproximadamente 5 milímetros. La tira plana puede tener además un grosor en un intervalo de aproximadamente 20 micrómetros a aproximadamente 50 micrómetros, preferentemente un grosor en un intervalo de aproximadamente 20 micrómetros a aproximadamente 40 micrómetros, por ejemplo, un grosor de aproximadamente 25 micrómetros o aproximadamente 35 micrómetros. Una modalidad muy específica del susceptor puede tener una longitud de aproximadamente 12 milímetros, un ancho de aproximadamente 4 milímetros y un grosor de aproximadamente 50 micrómetros, y puede fabricarse de acero inoxidable de grado 430 (SS430). Otra modalidad muy específica del susceptor puede tener una longitud de aproximadamente 12 milímetros, un ancho de aproximadamente 5 milímetros y un grosor de aproximadamente 50 micrómetros, y puede fabricarse de acero inoxidable de grado 420 (SS420). Alternativamente, estas modalidades muy específicas pueden fabricarse además de acero inoxidable de grado 420 (SS420).

30 Aún otro aspecto de la invención se relaciona con un método de operación de un sistema de suministro de aerosol como se describió anteriormente, y este método comprende las etapas de:

- determinar a partir de la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD y a partir de la corriente de CD demandada de la fuente de energía de CD, una resistencia óhmica aparente,
- determinar a partir de la resistencia óhmica aparente, la temperatura del susceptor del sustrato formador de aerosol,
- 35 – monitorizar los cambios en la resistencia óhmica aparente, y
- detectar una calada cuando se determina una disminución de la resistencia óhmica aparente la cual es indicativa de una disminución de la temperatura del susceptor durante la inhalación de un usuario.

40 De conformidad con un aspecto del método de acuerdo con la invención la etapa de detectar una calada comprende detectar una calada cuando la disminución de la resistencia óhmica aparente se corresponde con una disminución de la temperatura del susceptor en el intervalo de 10°C a 100°C, más específicamente en el intervalo de 20°C a 70°C.

45 De acuerdo con un aspecto adicional del método de conformidad con la invención, la etapa de detectar una calada comprende además permitir la detección de caladas que tengan una duración en el intervalo de 0,5 segundos a 4 segundos, más específicamente en el intervalo de 1 segundo a 3 segundos, e incluso más específicamente de aproximadamente 2 segundos.

50 De acuerdo con aún un aspecto adicional del método de conformidad con la invención, el método comprende las etapas de contar las caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol, y (opcionalmente) mostrar al usuario el número de caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol, o el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol, o ambos, el número de caladas ya tomadas y el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol.

De acuerdo con aún un aspecto adicional del método de conformidad con la invención, el método comprende la etapa de permitir un número máximo de caladas que se tomarán del mismo sustrato formador de aerosol, y detener el suministro de energía de CD de la fuente de energía de CD al convertidor CD/CA cuando el contador ha contado el número máximo de caladas tomadas del mismo sustrato formador de aerosol.



De acuerdo con un aspecto del método de conformidad con la invención, la fuente de energía de CD es una batería de CD, en particular una batería de CD recargable, y proporciona una tensión de suministro de CD constante. La corriente de CD demandada de la batería de CD se mide para determinar la resistencia óhmica aparente a partir de la tensión de suministro de CD constante y la corriente de CD medida.

5 De acuerdo con aún otro aspecto del método de conformidad con la invención, el método comprende además las etapas de:

- interrumpir la generación de energía de CA por el convertidor CD/CA cuando la temperatura determinada del susceptor del sustrato formador de aerosol es igual o excede una temperatura umbral predeterminada, y
- reanudar la generación de energía de CA cuando la temperatura determinada del susceptor del sustrato formador de aerosol esté nuevamente por debajo de la temperatura umbral predeterminada.

10

Como las ventajas del método de conformidad con la invención y los aspectos particulares del mismo ya se discutieron anteriormente, no se reiteran aquí.

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:

15

La Fig. 1 muestra el principio de calentamiento general subyacente al dispositivo de calentamiento inductivo de la invención,

La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques de una modalidad del dispositivo de calentamiento inductivo y del sistema de suministro de aerosol de conformidad con la invención,

20

La Fig. 3 muestra una modalidad del sistema de suministro de aerosol de conformidad con la invención que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo que tiene componentes esenciales dispuestos en un alojamiento del dispositivo,

La Fig. 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),

25

La Fig. 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 Fig. 6 muestra un detalle de la red de carga LC que comprende la inductancia y la resistencia óhmica de la bobina, y adicionalmente muestra la resistencia óhmica de la carga,

30

La Fig. 7 muestra dos señales que representan la corriente de CD demandada de la fuente de energía de CD frente a la temperatura del susceptor de la cual resulta evidente cuando se toma una calada,

La Fig. 8 muestra la temperatura de dos susceptores frente a la tensión de suministro de CD de la fuente de energía de CD y la corriente de CD demandada de la fuente de energía de CD, y

La Fig. 9 muestra un circuito equivalente de la electrónica de potencia del dispositivo de calentamiento inductivo.

35

En la **Fig. 1** se ilustra esquemáticamente el principio de calentamiento general subyacente a la presente invención. Lo que se muestra esquemáticamente en la Fig. 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 susceptor 21. El artículo para fumar 2 que comprende el sustrato formador de aerosol 20 con el susceptor 21 se representa esquemáticamente en el detalle en sección transversal aumentada que se muestra separadamente en la parte derecha de la Fig. 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.

40

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). Los dos mecanismos principales responsables de la generación de calor en el susceptor 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 Fig. 1. Con respecto a estos mecanismos, se debe señalar que se hizo referencia a estos mecanismos anteriormente con una discusión más detallada.

50

La **Fig. 3** muestra una modalidad de un sistema de suministro de aerosol de conformidad con la invención que comprende 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 Fig. 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. 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 todos en la Fig. 3, esta comprende en particular una red de carga LC (ver la Fig. 4) el cual comprende a su vez un inductor L2, esto se indica por las líneas discontinuas en la Fig. 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  $1,10 \text{ cm}^3$ .

Regresando a la Fig. 3, el dispositivo de calentamiento inductivo comprende además un contador 134 para contar el número de caladas ya tomadas de un sustrato formador de aerosol particular que preferentemente es (pero no tiene que ser) una parte integral de la electrónica del suministro de energía 13, así como un indicador 100 dispuesto en el alojamiento del dispositivo (por ejemplo una pantalla) para indicar el número de caladas ya tomadas a partir de un sustrato formador de aerosol particular, o para indicar el número de caladas que faltan por tomarse a partir de este sustrato formador de aerosol, o ambos. El sustrato formador de aerosol sólido cargado de tabaco 20 que comprende el susceptor 21 se acomoda en la cavidad 14 en el extremo proximal del alojamiento del dispositivo 10 de manera que durante el funcionamiento el inductor L2 (la bobina inductora cilíndrica enrollada helicoidalmente) se acople inductivamente al susceptor 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 **Fig. 2** muestra un diagrama de bloques de una modalidad del sistema de suministro de aerosol que comprende el 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 comprende el susceptor 21 forman una modalidad del sistema de suministro de aerosol de conformidad con la invención. El diagrama de bloque que se muestra en la Fig. 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 Fig. 3 comprende la batería recargable 110), un microcontrolador 131 (unidad de control del microprocesador), un convertidor CD/CA 132 (usado en la práctica como un inversor CD/CA), una red de adaptación 133 para la adaptación a la carga, y el inductor L2. La unidad de control del microprocesador 131, el convertidor 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 Fig. 1). La tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  y la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11 se proporcionan por canales de retroalimentación a la unidad de control del microprocesador 131, preferentemente por la medición de tanto la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  como la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11 para controlar el suministro adicional de energía de CA,  $P_{CA}$ , al red de carga LC, y en particular al inductor L2. Este aspecto del dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la invención se explicará en más detalle más abajo. 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 **Fig. 4** muestra algunos componentes esenciales de la electrónica de suministro de energía 13, más particularmente del convertidor CD/CA 132. Como puede observarse de la Fig. 4, el convertidor CD/CA comprende un amplificador de potencia de Clase E que comprende 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 del transistor indicado por la flecha 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. Adicionalmente, se muestra la fuente de energía de CD 11 que comprende una bobina L1 para suministrar una tensión de suministro de CD  $V_{CD}$ , con una corriente de CD  $I_{CD}$  que se demanda de la fuente de energía de CD 11 durante el funcionamiento. 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  $R_{\text{Bobina}}$  del inductor L2 y la resistencia óhmica  $R_{\text{Carga}}$  del susceptor 21, como se muestra en la Fig. 6.

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  $2 \text{ cm}^3$ . 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.

Sea que el circuito de alimentación por conmutación de transistores 1322 suministra al FET 1321 una tensión de conmutación (tensión puerta-fuente del FET) que tiene un perfil rectangular. 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 debe minimizarse 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. Ya que el FET 1231 debe mantener una tensión alta durante una parte de ese periodo y conducir una corriente alta durante una parte de ese periodo, debe evitarse la existencia de una tensión alta y una corriente alta al mismo tiempo, ya que esto llevaría a la disipación de energía sustancial en el FET 1231. En el estado "encendido" del FET 1231, la tensión del transistor es cercana a cero mientras que una alta corriente fluye a través del FET 1231. En el estado "apagado" del FET 1231, la tensión del transistor es alta pero la corriente a través del FET 1231 es casi cero.

Las transiciones de conmutación irremediablemente se extienden además sobre algunas fracciones del periodo. Sin embargo, un alto producto de la tensión y la corriente que representa una alta pérdida de energía en el FET 1231 puede evitarse mediante 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 mediante la red de carga 1323 que comprende el condensador de derivación C1 y la conexión en serie del condensador C2 y el inductor L2, esta red de carga se encuentra en la red entre el FET 1231 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 convertidor CD/CA 132 que se muestran en la Fig. 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):

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

$$5 \quad R = ((V_{CC} - V_o)^2 / P) \cdot 0,576801 \cdot (1,0000086 - 0,414395 / Q_L - 0,557501 / Q_L^2 + 0,205967 / Q_L^3)$$

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

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

10 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 $\mu$ H, y capacitancias de 7 nF para el capacitor C1 y de 2,2 nF para el capacitor C2. La resistencia óhmica efectiva  $R_{Bobina}$  y  $R_{Carga}$  es aproximadamente 0,6  $\Omega$ . 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.

20 Para la operación, el artículo para fumar 2 se inserta en la cavidad 14 (ver la Fig. 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).

25 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 adquiere 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).

30 Ya se mencionó anteriormente que, por la determinación de la resistencia óhmica aparente  $R_a$  a partir de la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  de la fuente de energía de CD 11 y a partir de la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11, es posible determinar la temperatura T del susceptor 21. Esto es posible porque sorprendentemente la relación de la temperatura T del susceptor 21 y el cociente de la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  y la corriente de CD  $I_{CD}$  es estrictamente monótona, y puede ser incluso prácticamente lineal para un amplificador de clase E. Tal relación estrictamente monótona se muestra en la Fig. 8 mediante un ejemplo. Como ya se mencionó, la relación no tiene que ser obligatoriamente lineal, tiene que ser solamente estrictamente monótona de forma que para una tensión de suministro de CD dada  $V_{CD}$  haya una relación no ambigua entre la respectiva corriente de CD  $I_{CD}$  y la temperatura T del susceptor. O en otras palabras, exista una relación no ambigua entre una resistencia óhmica aparente  $R_a$  (que se determina a partir del cociente de la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  y la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD) y la temperatura T del susceptor. Esto corresponde a un circuito equivalente que se muestra en la Fig. 9 en donde  $R_a$  corresponde a una conexión en serie formada por una resistencia óhmica  $R_{CIRCUITO}$  (la cual es esencialmente más pequeña que la resistencia óhmica del susceptor) y una resistencia óhmica dependiente de la temperatura  $R_{SUSCEPTOR}$  del susceptor.

Como ya se mencionó, en el caso de un amplificador de Clase E esta relación estrictamente monótona entre la resistencia óhmica aparente  $R_a$  y la temperatura T del susceptor es prácticamente lineal, al menos para el intervalo de temperatura de interés (por ejemplo para el intervalo de temperatura entre 100°C y 400°C).

50 Si se conoce la relación entre la resistencia óhmica aparente  $R_a$  y la temperatura T de un susceptor específico fabricado de un material específico y que tiene una geometría específica (por ejemplo, tal relación puede determinarse a través de instrumentos precisos en el laboratorio para un gran número de susceptores idénticos y promediar posteriormente las mediciones individuales), esta relación entre la resistencia óhmica aparente  $R_a$  y la temperatura T de este susceptor específico puede programarse en el microcontrolador 131 (ver la Fig. 2) de forma que durante el funcionamiento del sistema de suministro de aerosol solo la resistencia óhmica aparente  $R_a$  deba determinarse a partir de la tensión de suministro de CD real  $V_{CD}$  (típicamente este es la tensión constante de la batería) y la corriente de CD real  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11. Un gran número de tales relaciones entre  $R_a$  y la temperatura T pueden programarse en el microcontrolador 131 para los susceptores fabricados de diferentes materiales y que tienen diferentes geometrías, de manera que durante el funcionamiento del

dispositivo formador de aerosol solo el tipo respectivo de susceptor tiene que identificarse y después la correspondiente relación (ya programada en el microcontrolador) puede usarse para la determinación de la temperatura T del tipo respectivo de susceptor realmente usado por la determinación de la tensión de suministro de CD real y la corriente de CD demandada real de la fuente de energía de CD.

- 5 Es posible y puede preferirse que puedan medirse tanto la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  como la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11 (esto puede lograrse con un sensor de tensión de CD adecuado y un sensor de corriente de CD adecuado los cuales pueden integrarse fácilmente en el pequeño circuito sin ningún consumo relevante de espacio). Sin embargo, en caso de una fuente de energía de CD de tensión de suministro constante  $V_{CD}$  puede prescindirse de un sensor de tensión y solo un sensor de corriente de CD es necesario para la  
10 medición de la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11.

En la Fig. 7 se muestran dos señales que representan la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11 (señal superior) y la temperatura T del susceptor 21 (señal inferior) determinada por la relación entre la resistencia óhmica aparente  $R_a$  y la temperatura T para este susceptor 21 la cual se programa en el microcontrolador 131.

- 15 Como puede observarse, una vez que comienza el calentamiento del susceptor del sustrato formador de aerosol, la corriente  $I_{CD}$  está en un alto nivel y disminuye a medida que la temperatura T del susceptor del sustrato formador de aerosol aumenta (el aumento de temperatura del susceptor conduce a un aumento de  $R_a$  la cual en cambio conduce a una disminución de  $I_{CD}$ ).

- 20 En diferentes momentos durante este proceso de calentamiento (en particular cuando el sustrato formador de aerosol alcanza una cierta temperatura), el usuario puede tomar una calada del artículo para fumar que comprende el sustrato formador de aerosol con el susceptor dispuesto en el mismo. En ese momento, la aspiración de aire durante una calada conduce a una rápida disminución  $\Delta T$  de la temperatura del sustrato formador de aerosol 20 y del susceptor 21. Esta disminución de la temperatura  $\Delta T$  conduce a una disminución en la resistencia óhmica aparente  $R_a$ , y esto a su vez conduce a un aumento en la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11. Estos puntos en el tiempo cuando el usuario toma una calada se indican en la Fig. 7 por las flechas  
25 respectivas (excepto para la primera calada donde se indica la duración D de la calada y la disminución en la temperatura  $\Delta T$ ). Una vez que la calada termina, el aire no se aspira más y la temperatura del susceptor aumenta nuevamente (lo cual conduce a un aumento respectivo de la resistencia óhmica aparente  $R_a$  y de la temperatura T del susceptor) y la corriente de CD  $I_{CD}$  disminuye en consecuencia.

- 30 A modo de ejemplo solamente, las caladas mostradas en la Fig. 7 se toman cada treinta segundos y tienen una duración D de dos segundos mientras que cada calada comprende un volumen de cincuenta y cinco milímetros de aire aspirado, y la disminución de la temperatura  $\Delta T$  del susceptor 21 es, por ejemplo, aproximadamente 40°C. Una vez que se detecta una disminución de la temperatura  $\Delta T$  indicativa de tal calada, el microcontrolador 131 provoca que el contador 134 cuente las caladas tomadas del mismo sustrato formador de aerosol que aumentará en uno y el  
35 indicador 100 indica el número de caladas tomadas del mismo sustrato formador de aerosol o el número de caladas que faltan por tomarse a partir del sustrato formador de aerosol, o ambos, que aumentará/disminuirá en uno correspondientemente. Una vez que la calada se termina y la temperatura T del susceptor 21 y la resistencia óhmica aparente  $R_a$  aumentan de nuevo durante el calentamiento (como se describió anteriormente) la corriente de CD  $I_{CD}$  demandada de la fuente de energía de CD 11 disminuye correspondientemente.

- 40 Como puede observarse además en la Fig. 7, el convertidor CD/CA genera una energía de CA hasta que la temperatura del susceptor 21 es igual o excede una temperatura umbral predeterminada  $T_{ésima}$ . Una vez que la temperatura del susceptor del sustrato formador de aerosol es igual o excede esta temperatura umbral predeterminada  $T_{ésima}$  (por ejemplo una temperatura de operación objetivo) el microcontrolador 131 se programa para interrumpir la generación adicional de energía de CA por el convertidor CD/CA 132. Se desea entonces  
45 mantener la temperatura T del susceptor 21 en la temperatura de operación objetivo. En el momento que la temperatura T del susceptor 21 esté por debajo de la temperatura umbral  $T_{ésima}$  nuevamente, el microcontrolador 131 se programa para reanudar la generación de energía de CA nuevamente.

- Esto puede lograrse, por ejemplo, mediante el ajuste del ciclo de trabajo del conmutador de transistor. Esto se describe en principio en la WO 2014/040988. Por ejemplo, durante el calentamiento el convertidor CD/CA genera  
50 continuamente corriente alterna que calienta el susceptor, y de manera simultánea la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  y la corriente de CD  $I_{CD}$  se miden cada 10 milisegundos por un período de 1 milisegundo. La resistencia óhmica aparente  $R_a$  se determina (por el cociente de  $V_{CD}$  e  $I_{CD}$ ), y cuando  $R_a$  alcance o exceda un valor  $R_a$  que corresponde a una temperatura umbral predeterminada  $T_{ésima}$  o a una temperatura que exceda la temperatura umbral predeterminada  $T_{ésima}$  el conmutador de transistor 1231 (ver la Fig. 4) conmuta a un modo en el cual genera pulsos  
55 solo cada 10 milisegundos para una duración de 1 milisegundo (el ciclo de trabajo del conmutador de transistor es entonces de solo aproximadamente el 9%). Durante este estado de encendido de 1 milisegundo (estado conductor) del conmutador de transistor 1231 se miden los valores de la tensión de suministro de CD  $V_{CD}$  y de la corriente de CD  $I_{CD}$  y se determina la resistencia óhmica aparente  $R_a$ . Cuando la resistencia óhmica aparente  $R_a$  es representativa de la temperatura T del susceptor 21 la cual está por debajo de la temperatura umbral

predeterminada  $T_{ésima}$ , el transistor se conmuta de regreso al modo mencionado anteriormente (de manera que el ciclo de trabajo del transistor de conmutación es más o menos de 100% nuevamente).

5 Por ejemplo, el susceptor 21 puede tener una longitud de aproximadamente 12 milímetros, un ancho de aproximadamente 4 milímetros y un grosor de aproximadamente 50 micrómetros, y puede ser de acero inoxidable de grado 430 (SS430). Como ejemplo alternativo, el susceptor puede tener una longitud de aproximadamente 12 milímetros, un ancho de aproximadamente 5 milímetros y un grosor de aproximadamente 50 micrómetros, y puede ser de acero inoxidable de grado 420 (SS420). Este susceptor puede fabricarse además de acero inoxidable de grado 420 (SS420).

10 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.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de calentamiento inductivo (1) para calentar un sustrato formador de aerosol (20) que comprende un susceptor (21), el dispositivo de calentamiento inductivo (1) comprende:
- un alojamiento del dispositivo (10)
- 5     – una fuente de energía de CD (11) para proporcionar, en funcionamiento, una tensión de suministro de  $CD(V_{CD})$  y una corriente de CD ( $I_{CD}$ ),
- una electrónica de suministro de energía (13) configurada para funcionar a alta frecuencia, la electrónica de suministro de energía (13) comprende un convertidor CD/CA (132) conectado a la fuente de energía de CD (11), el convertidor CD/CA (132) comprende una red de carga LC (1323) configurada para operar a bajas cargas óhmicas (1324), en donde la red de carga LC (1323) comprende una conexión en serie de un capacitor (C2) y un inductor (L2) que tienen una resistencia óhmica ( $R_{Bobina}$ ),
- 10     – una cavidad (14) dispuesta en el alojamiento del dispositivo (10), la cavidad tiene una superficie interna formada para acomodar al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20), la cavidad (14) se dispone de manera que después de acomodar la porción del sustrato formador de aerosol (20) en la cavidad (14) el inductor (L2) de la red de carga LC (1323) se acopla inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) durante el funcionamiento, caracterizado por que la electrónica de suministro de energía (13) comprende además un microcontrolador (131) programado para determinar, en funcionamiento, a partir de la tensión de suministro de CD ( $V_{CD}$ ) de la fuente de energía de CD (11) y a partir de la corriente de CD ( $I_{CD}$ ) demandada de la fuente de energía de CD (11), una resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ), programado además para determinar, en funcionamiento, a partir de la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) la temperatura (T) del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20), y programado además para monitorizar los cambios en la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) y para detectar una calada cuando se determina una disminución de la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) lo que es indicativo de una disminución de la temperatura ( $\Delta T$ ) del susceptor (21) durante la inhalación del usuario.
- 15     2. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con reivindicación 1, en donde el microcontrolador (131) se programa para detectar una calada cuando la disminución de la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) se corresponde con una disminución de la temperatura ( $\Delta T$ ) del susceptor (21) en el intervalo de 10°C a 100°C, más específicamente en el intervalo de 20°C a 70°C.
- 20     3. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el microcontrolador (131) se programa además para permitir la detección de caladas que tienen una duración (D) en el intervalo de 0,5 segundos a 4 segundos, más específicamente en el intervalo de 1 segundo a 3 segundos, e incluso más específicamente de aproximadamente 2 segundos.
- 25     4. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un contador (134) para contar las caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol (20), y opcionalmente un indicador (100) para mostrarle al usuario el número de caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol (20), o el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol (20), o ambos, el número de caladas ya tomadas y el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol (20) .
- 30     5. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con la reivindicación 4, en donde el microcontrolador (131) se programa además para permitir un número máximo de caladas que se tomarán del mismo sustrato formador de aerosol (20), y en donde el microcontrolador (131) se programa para detener el suministro de energía de CD de la fuente de energía de CD (11) al convertidor CD/CA cuando el contador (134) ha contado el número máximo de caladas tomadas del mismo sustrato formador de aerosol (20).
- 35     6. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo se configura para calentar un sustrato formador de aerosol (20) de un artículo para fumar (2).
- 40     7. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la fuente de energía de CD (11) es una batería de CD, en particular una batería de CD recargable, para proporcionar una tensión de suministro de CD constante ( $V_{CD}$ ), y en donde la electrónica de suministro de energía (13) comprende además un sensor de corriente de CD para medir la corriente de CD ( $I_{CD}$ ) demandada de la batería de CD para determinar, a partir de la tensión de suministro de CD constante ( $V_{CD}$ ) y la corriente de CD medida, la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ).
- 45     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 sensor de tensión de CD para medir la tensión de suministro de CD ( $V_{CD}$ ) de la fuente de energía de CD (11).
- 50

9. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el microcontrolador (131) se programa además para interrumpir la generación de energía de CA por el convertidor CD/CA (132) cuando la temperatura determinada (T) del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) es igual o excede una temperatura umbral predeterminada ( $T_{ésima}$ ), y en donde el microcontrolador (132) se programa para reanudar la generación de energía de CA cuando la temperatura determinada (T) del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) esté por debajo de la temperatura umbral ( $T_{ésima}$ ) nuevamente.
10. Dispositivo de calentamiento inductivo de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el convertidor CD/CA (132) comprende un amplificador de potencia de Clase E que comprende un conmutador de transistor (1320), un circuito de control del conmutador de transistor (1322), y la red de carga LC (1323) configurado para operar a baja carga óhmica (1324), en donde la red de carga LC (1323) comprende además un capacitor de derivación (C1).
11. 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 comprende además una red de adaptación (133) para hacer corresponder la impedancia de salida del amplificador de potencia de clase E con la baja carga óhmica (1324).
12. 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 (L2) la cual se ubica en o adyacente a la superficie interna de la cavidad (14).
13. Sistema de suministro de aerosol que comprende un dispositivo de calentamiento inductivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y un sustrato formador de aerosol (20) que comprende un susceptor (21), en donde al menos una porción del sustrato formador de aerosol (20) 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 convertidor CD/CA (132) del dispositivo de calentamiento inductivo (1) se acopla inductivamente al susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) durante el funcionamiento.
14. Método de operación de un sistema de suministro de aerosol de conformidad con la reivindicación 13, el método comprende las etapas de:
- determinar a partir de la tensión de suministro de CD ( $V_{CD}$ ) de la fuente de energía de CD (11) y a partir de la corriente de CD ( $I_{CD}$ ) demandada de la fuente de energía de CD (11), una resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ),
  - determinar a partir de la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) la temperatura (T) del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20)
  - monitorizar los cambios en la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) y
  - detectar una calada cuando se determina una disminución de la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) la cual es indicativa de una disminución de la temperatura ( $\Delta T$ ) del susceptor (21) durante la inhalación de un usuario.
15. Método de conformidad con la reivindicación 14, en donde la etapa de detectar una calada comprende detectar una calada cuando la disminución de la resistencia óhmica aparente ( $R_a$ ) se corresponde con una disminución de la temperatura ( $\Delta T$ ) del susceptor (21) en el intervalo de 10°C a 100°C, más específicamente en el intervalo de 20°C a 70°C.
16. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 14 o 15, en donde la etapa de detectar una calada comprende además permitir la detección de caladas que tienen una duración (D) en el intervalo de 0,5 segundos a 4 segundos, más específicamente en el intervalo de 1 segundo a 3 segundos, e incluso más específicamente aproximadamente 2 segundos.
17. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, que comprende además las etapas de contar las caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol (20), y opcionalmente mostrar al usuario el número de caladas ya tomadas del mismo sustrato formador de aerosol (20), o el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol (20), o ambos, el número de caladas ya tomadas y el número de caladas que faltan por tomarse del mismo sustrato formador de aerosol (20).
18. Método de conformidad con la reivindicación 17, que comprende además la etapa de permitir un número máximo de caladas que se tomarán del mismo sustrato formador de aerosol, y detener el suministro de energía de CD desde la fuente de energía de CD (11) hacia el convertidor CD/CA (132) cuando el contador (134) ha contado el número máximo de caladas tomadas del mismo sustrato formador de aerosol (20).
19. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, que comprende además las etapas de:



- interrumpir la generación de energía de CA por el convertidor CD/CA (132) cuando la temperatura determinada (T) del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) es igual o excede una temperatura umbral predeterminada ( $T_{\text{ésima}}$ ), y
  - reanudar la generación de energía de CA cuando la temperatura determinada (T) del susceptor (21) del sustrato formador de aerosol (20) está por debajo de la temperatura umbral predeterminada ( $T_{\text{ésima}}$ ) nuevamente.
- 5

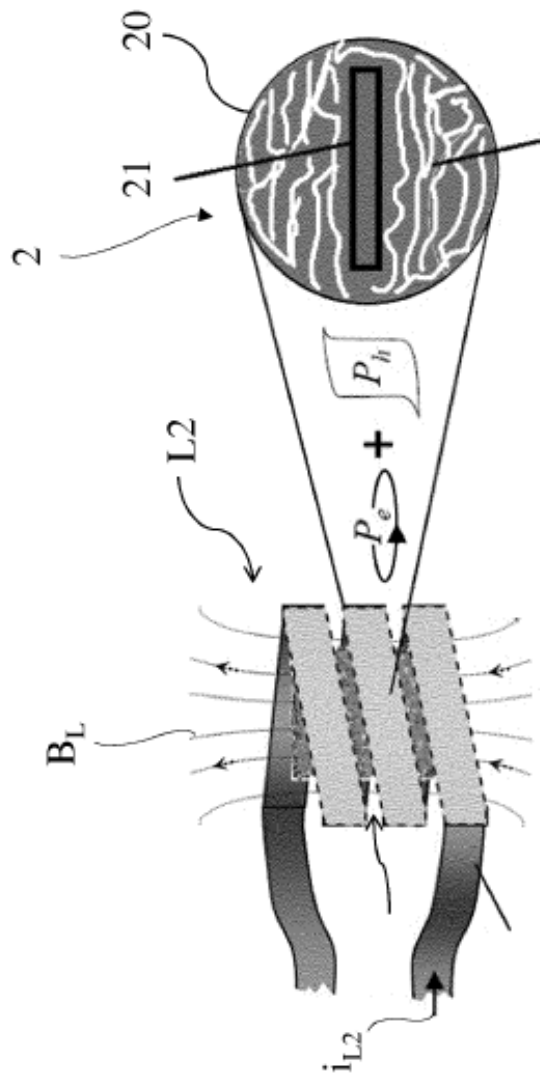


Fig.1

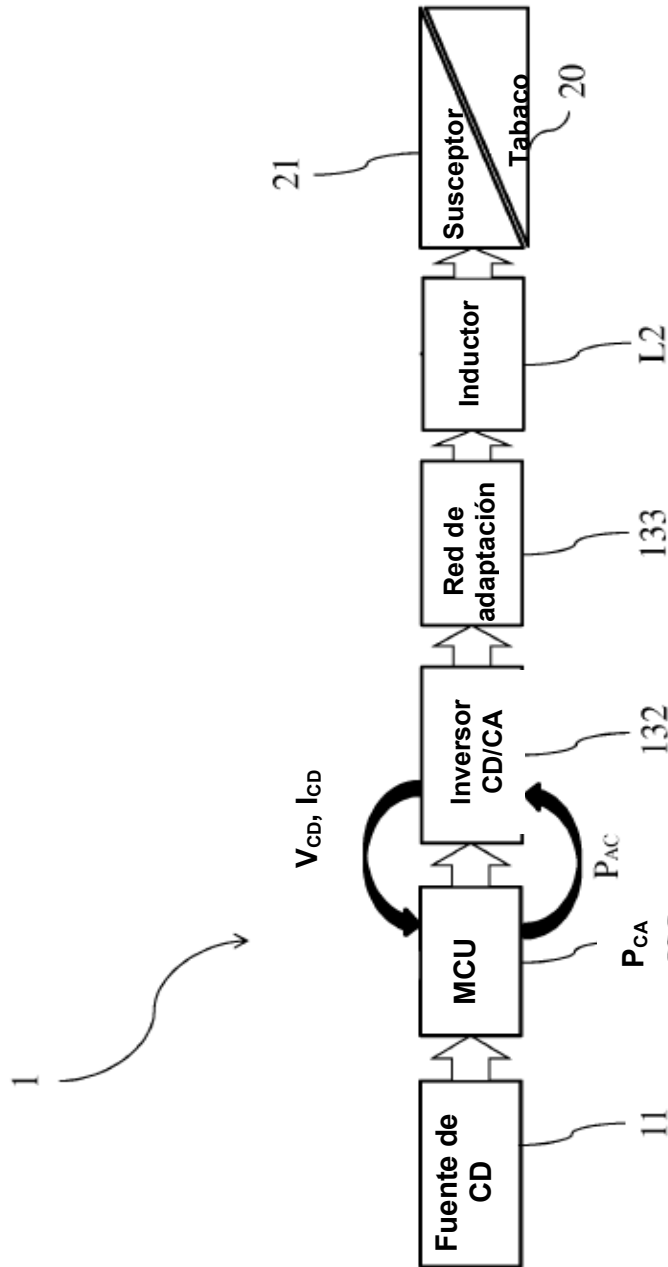


Fig. 2

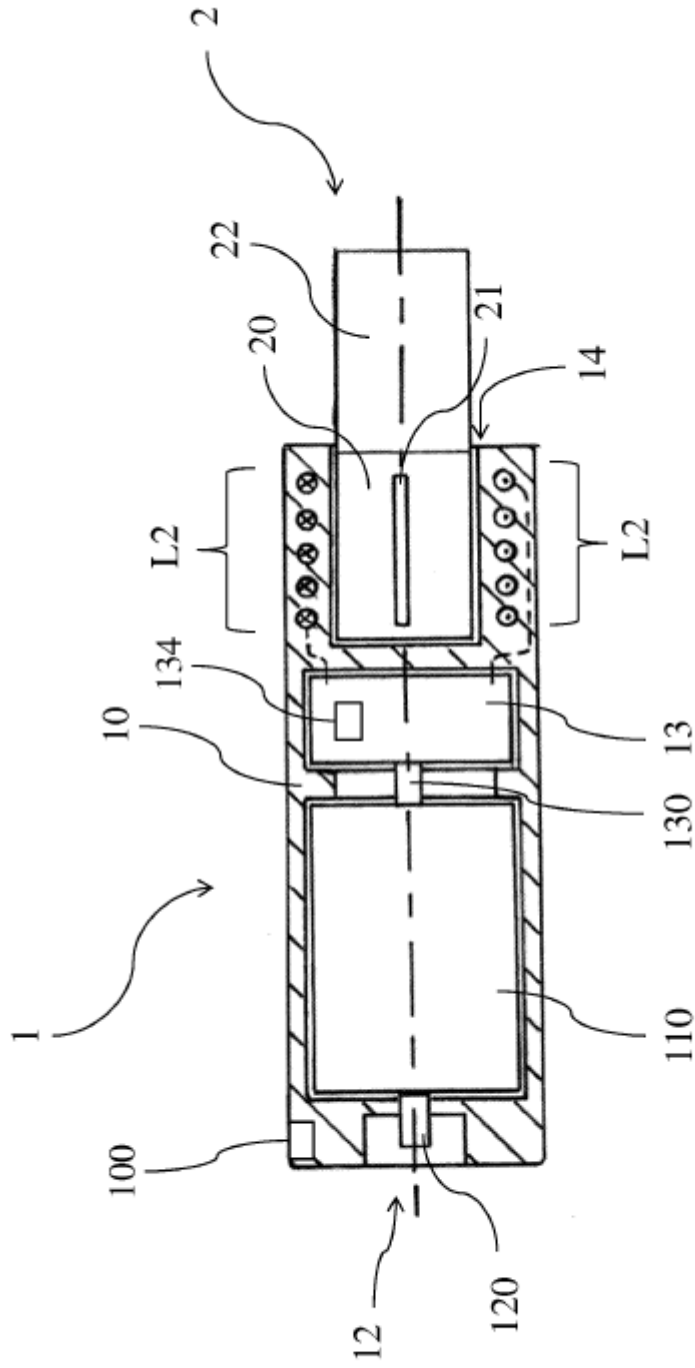


Fig. 3

Fig. 4

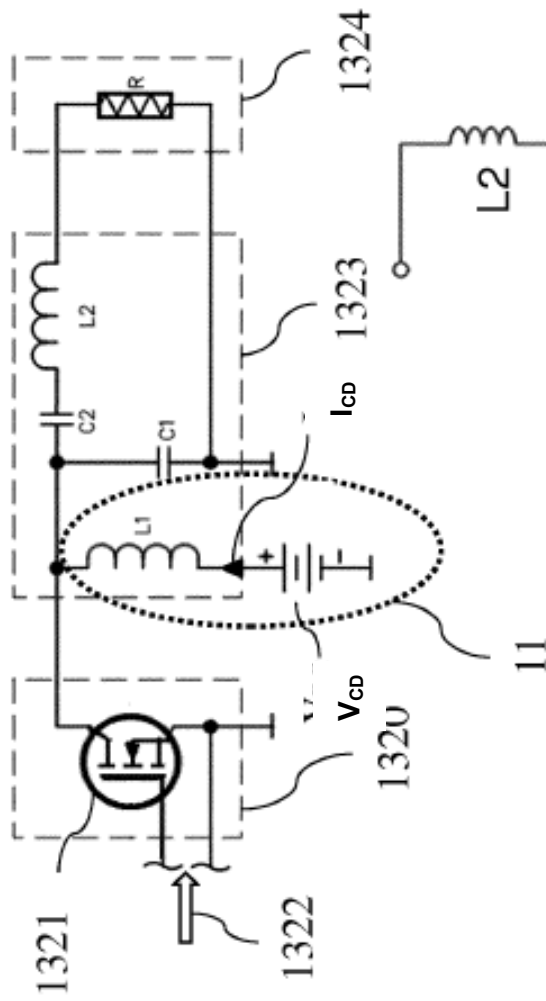
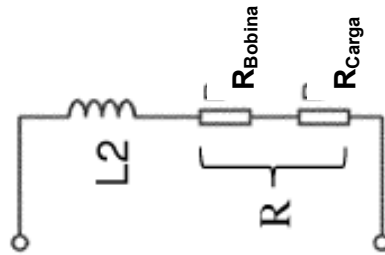


Fig. 6



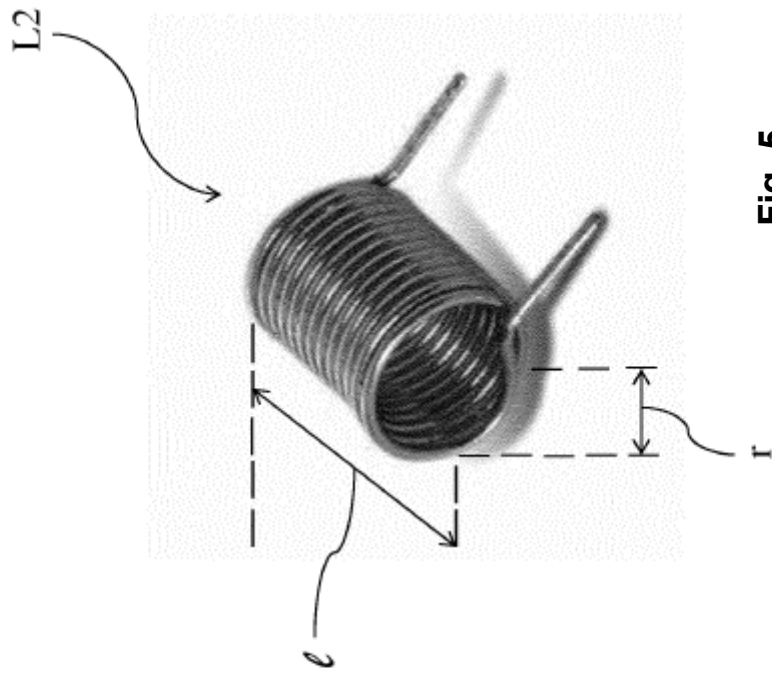


Fig. 5

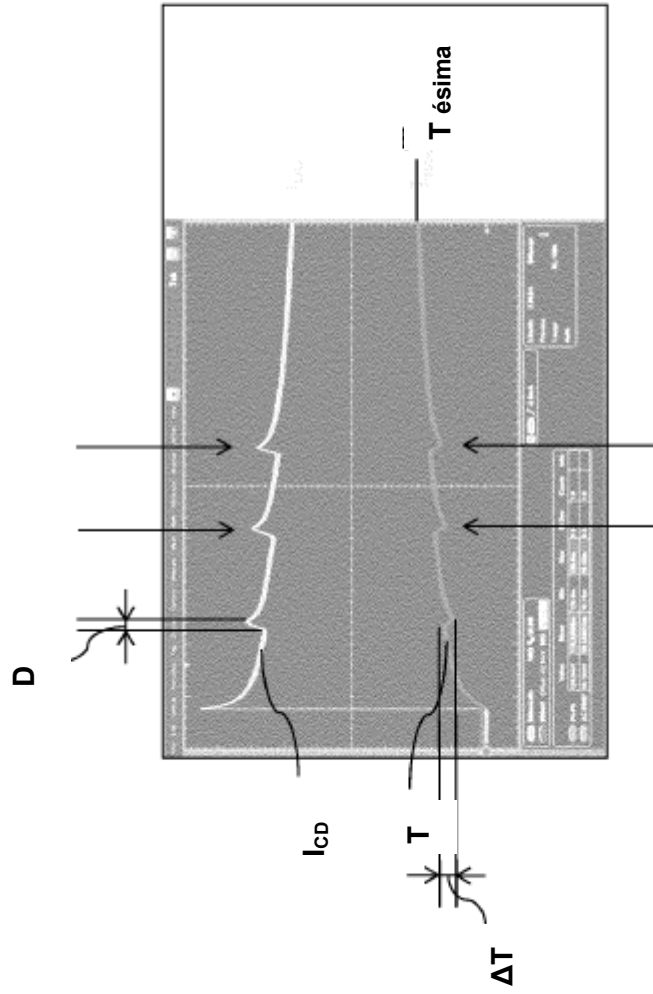


Fig. 7

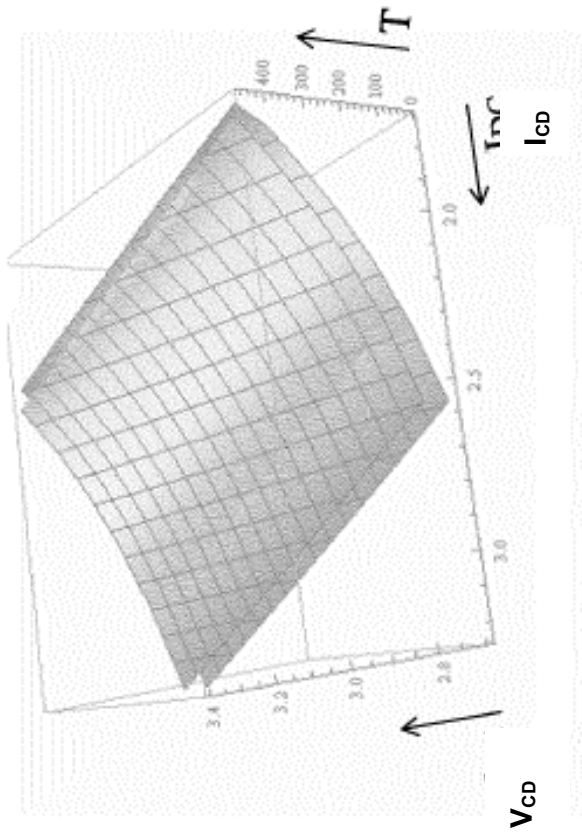


Fig. 8



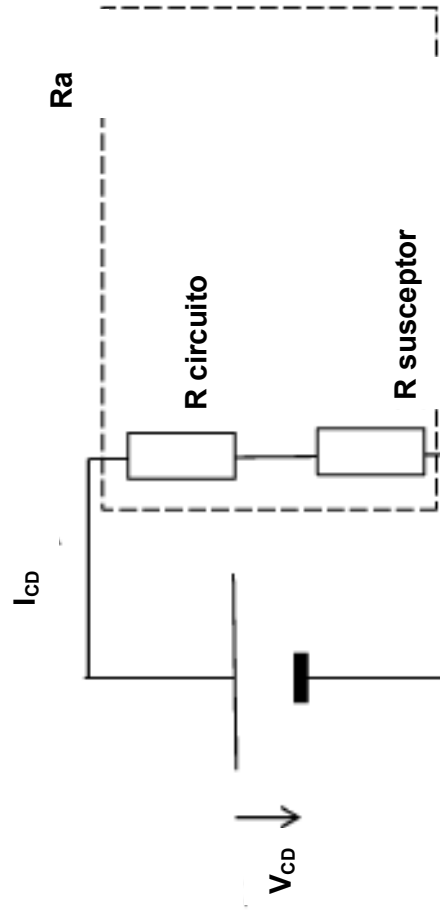


Fig. 9