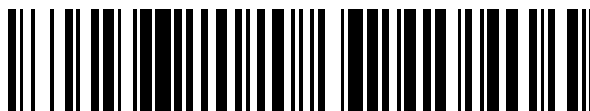


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 818 653**

51 Int. Cl.:

A24F 47/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2017 PCT/GB2017/052655**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018 WO18055334**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2017 E 17767913 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2020 EP 3515217**

54 Título: **Dispositivo con limitación de flujo de líquido**

30 Prioridad:

21.09.2016 GB 201616036

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

13.04.2021

73 Titular/es:

**NICOVENTURES TRADING LIMITED (100.0%)
Globe House, 1 Water Street
London WC2R 3LA, GB**

72 Inventor/es:

**JAIN, SIDDHARTHA;
TIPTON, WADE;
BARTON, RUPERT;
HARRIS, WILLIAM y
FRASER, RORY**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 818 653 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 con limitación de flujo de líquido

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a dispositivos para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire, por ejemplo para su uso en sistemas de provisión de aerosol.

10 Antecedentes

Los sistemas de provisión de aerosol, tales como los e-cigarrillos, generalmente contienen un depósito de un líquido fuente que contiene una formulación, que normalmente incluye nicotina, a partir del cual se genera un aerosol, tal como mediante vaporización u otros medios. Por lo tanto, una fuente de aerosol para un sistema de provisión de aerosol puede comprender un elemento de calentamiento acoplado a una porción del líquido fuente del depósito. Cuando un usuario inhala en el dispositivo, el elemento de calentamiento se activa para vaporizar una pequeña cantidad del líquido fuente, que, por lo tanto, se convierte en un aerosol para que el usuario lo inhale. Más particularmente, tales dispositivos suelen estar provistos de uno o más orificios de entrada de aire ubicados lejos de una boquilla del sistema. Cuando un usuario succiona la boquilla, el aire es aspirado a través de los orificios de entrada y pasa por la fuente de aerosol. Hay una trayectoria de flujo de aire que conecta los orificios de entrada a la fuente de aerosol y luego a una abertura en la boquilla para que el aire que pasa por la fuente de aerosol continúe a lo largo de la trayectoria de flujo hasta la abertura de la boquilla, llevando parte del aerosol de la fuente de aerosol con él. El aire portador de aerosol sale del sistema de provisión de aerosol a través de la abertura de la boquilla para que el usuario lo inhale.

25 Para permitir la provisión "a demanda" del aerosol, en algunos sistemas la trayectoria de flujo de aire también está en comunicación con un sensor de presión de aire. La inhalación del usuario a través de la trayectoria de flujo de aire provoca una caída en la presión del aire. Esto es detectado por el sensor, y se usa una señal de salida del sensor para generar una señal de control para activar una batería alojada en el sistema de provisión de aerosol para suministrar energía eléctrica al elemento de calentamiento. Por consiguiente, el aerosol se forma mediante la vaporización del líquido fuente en respuesta a la inhalación del usuario a través del dispositivo. Al final de la bocanada, la presión del aire cambia nuevamente, para ser detectada por el sensor de modo que se produce una señal de control para detener el suministro de energía eléctrica. De esta manera, el aerosol se genera solo cuando lo requiere el usuario.

35 En tal configuración, la trayectoria de flujo de aire se comunica tanto con el sensor de presión como con el elemento de calentamiento, que a su vez está en comunicación fluida con el depósito de líquido fuente. Por consiguiente, existe la posibilidad de que el líquido fuente pueda llegar al sensor de presión, por ejemplo, si el e-cigarrillo se cae, se daña o se maltrata. La exposición del sensor de presión al líquido puede hacer que el sensor deje de operar correctamente, ya sea de forma temporal o permanente.

En consecuencia, son de interés los enfoques para mitigar este problema.

45 La patente de Estados Unidos 2016/235120 describe un conjunto de atomización para un cigarrillo electrónico que incluye un canal de flujo de aire y un orificio de ventilación en comunicación con el canal de flujo de aire. Una válvula unidireccional en el orificio de ventilación impide el flujo de aire hacia un conjunto de batería, de modo que se puede impedir el control erróneo de un módulo de control en el conjunto de batería.

50 La patente de Estados Unidos 2015/157054 describe un cigarrillo electrónico con un cuerpo principal que tiene una válvula unidireccional entre una tobera de succión y una batería, para permitir el flujo de aire durante la inhalación e impedir el flujo de aire durante la exhalación.

55 El documento WO 2016/065532 describe un cigarrillo electrónico en el que se proporciona un orificio de ventilación en el extremo de un manguito frente a una cámara de atomización, cubriéndose de forma móvil el orificio de ventilación con una película de barrera para impedir que el líquido entre en un componente de batería, impidiendo por lo tanto daños a un sensor de flujo de aire y a una batería en el componente de batería.

Sumario

60 De acuerdo con un primer aspecto de ciertas realizaciones descritas en el presente documento, se proporciona un dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire, comprendiendo el dispositivo: una trayectoria de flujo de aire; una cámara que tiene una apertura; un restrictor de flujo de líquido posicionado para inhibir el ingreso de líquido en la cámara a través de la apertura; un sensor de presión ubicado en la cámara y operable para detectar, en presencia del restrictor de flujo de líquido, cambios de presión de aire provocados por el flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire; y un circuito para convertir los cambios de presión de aire detectados por el sensor de presión en señales de control para controlar la salida de

energía de una batería ubicada fuera de la cámara.

El sensor de presión puede ser operable para detectar, en presencia del restrictor de flujo de líquido, un cambio de presión de aire en el intervalo de 155 Pa en un flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire de 5 ml por segundo a 1400 Pa en un flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire de 40 ml por segundo.

La trayectoria de flujo de aire puede quedar fuera de la cámara y estar en comunicación con la apertura. Con la excepción de la apertura, la cámara puede ser estanca al aire.

Como alternativa, la apertura es una salida de aire para la cámara, la cámara comprende además una entrada de aire y la trayectoria de flujo de aire pasa a través de la cámara e incluye la apertura y la entrada de aire.

El restrictor de flujo de líquido puede estar dispuesto en o a través de la apertura, o en o a través de la trayectoria de flujo de aire, o puede ser la propia apertura si tiene el tamaño apropiado.

El restrictor de flujo de líquido puede comprender una malla, por ejemplo una malla que tiene una capa superficial de material hidrófobo o está hecha de material hidrófobo, y/o una malla que tiene un tamaño de poro de 100 µm o menos y un espesor de alambre de 30 µm o menos.

En otras realizaciones, el restrictor de flujo de líquido puede comprender una tobera con un agujero. La tobera puede estar hecha o tener un recubrimiento superficial de material hidrófobo. Por ejemplo, la tobera puede estar hecha de poliéter éter cetona. Como alternativa, la tobera puede ser hidrófila. Por ejemplo, la tobera puede estar hecha de metal, tal como acero inoxidable. El agujero de la tobera puede tener un diámetro de 0,5 mm o menos, tal como 0,3 mm.

En otras realizaciones, el restrictor de flujo de líquido puede comprender una válvula unidireccional configurada para abrirse por la presión del flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire en una primera dirección y cerrarse contra el flujo de líquido en una dirección opuesta.

El dispositivo puede comprender además una batería que responde a las señales de control del circuito. El dispositivo puede ser un componente de un sistema de provisión de aerosol.

De acuerdo con un segundo aspecto de ciertas realizaciones proporcionadas en el presente documento, se proporciona un sistema de provisión de aerosol que comprende un dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire de acuerdo con el primer aspecto.

También se describe un dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire, comprendiendo el dispositivo: una trayectoria de flujo de aire; una cámara; una apertura que se abre desde la trayectoria de flujo de aire hacia la cámara; un restrictor de flujo de líquido dispuesto en o a través de la apertura y configurado para inhibir el ingreso de líquido en la cámara a través de la apertura, comprendiendo el restrictor de flujo de líquido una malla o una tobera con un agujero; un sensor de presión ubicado en la cámara y operable para detectar, en presencia del restrictor de flujo de líquido, cambios de presión de aire provocados por el flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire; y un circuito para convertir los cambios de presión de aire detectados por el sensor de presión en señales de control para controlar la salida de energía de una batería.

También se describe un dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire, comprendiendo el dispositivo: una trayectoria de flujo de aire; una cámara; una apertura que se abre desde la trayectoria de flujo de aire hacia la cámara; un restrictor de flujo de líquido dispuesto en o a través de la apertura y configurado para ser permeable al aire e impermeable al líquido para inhibir el ingreso de líquido en la cámara; un sensor de presión ubicado en la cámara y operable para detectar, en presencia del restrictor de flujo de líquido, cambios de presión de aire provocados por el flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire; y un circuito para convertir los cambios de presión de aire detectados por el sensor de presión en señales de control para controlar la salida de energía de una batería.

Estos y otros aspectos de ciertas realizaciones se establecen en las reivindicaciones independientes y dependientes adjuntas. Se apreciará que las características de las reivindicaciones dependientes pueden combinarse entre sí y las características de las reivindicaciones independientes en combinaciones distintas de las que se establecen explícitamente en las reivindicaciones. Además, el enfoque descrito en el presente documento no se restringe a realizaciones específicas como las que se establecen a continuación, sino que incluye y contempla cualquier combinación apropiada de características presentadas en el presente documento. Por ejemplo, se puede proporcionar un dispositivo de conformidad con los enfoques descritos en el presente documento que incluye una cualquiera o más de las diversas características descritas a continuación, según sea apropiado.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán ahora en detalle diversas realizaciones a modo de ejemplo solo con referencia a los dibujos adjuntos

en los que:

- la figura 1 muestra una representación esquemática de un sistema de provisión de aerosol en el que pueden usarse realizaciones de la invención;
- 5 la figura 2 muestra una representación esquemática en sección transversal de parte de un sistema de provisión de aerosol en el que pueden usarse realizaciones de la invención;
- la figura 3 muestra un primer ejemplo de configuración de un dispositivo de acuerdo con realizaciones de la invención;
- 10 la figura 4 muestra un segundo ejemplo de configuración de un dispositivo de acuerdo con realizaciones de la invención;
- la figura 5 muestra un tercer ejemplo de configuración de un dispositivo de acuerdo con realizaciones de la invención;
- la figura 6 muestra gráficos de mediciones de presión registradas usando una realización de malla de un restrictor de flujo de líquido en una configuración de flujo directo;
- 15 la figura 7 muestra gráficos de mediciones de presión registradas usando una realización de malla de un restrictor de flujo de líquido en una configuración de derivación de flujo;
- la figura 8 muestra una vista en perspectiva en sección transversal de un dispositivo de ejemplo de conformidad con una realización de malla de un restrictor de flujo de líquido;
- 20 la figura 9 muestra un gráfico de mediciones de presión registradas desde el dispositivo de la figura 8 antes y después del ensayo de fugas;
- la figura 10 muestra gráficos de mediciones de presión registradas usando una realización de tobera de un restrictor de flujo de líquido en una configuración de derivación de flujo;
- la figura 11 muestra una vista en perspectiva en sección transversal de un dispositivo de ejemplo de conformidad con una realización de tobera de un restrictor de flujo de líquido;
- 25 la figura 12 muestra gráficos de mediciones de presión registradas desde el dispositivo de la figura 8 con diferentes toberas;
- la figura 13 muestra un gráfico de mediciones de presión registradas desde el dispositivo de la figura 11 antes y después del ensayo de fugas; y
- 30 la figura 14 muestra una representación esquemática en sección transversal de un dispositivo de ejemplo de conformidad con una realización de válvula de un restrictor de flujo de líquido.

Descripción detallada

35 Los aspectos y características de ciertos ejemplos y realizaciones se discuten/describen en el presente documento. Algunos aspectos y características de ciertos ejemplos y realizaciones pueden implementarse de manera convencional y estos no se discuten/describen en detalle en aras de la brevedad. Por lo tanto, se apreciará que los aspectos y características de los aparatos y métodos discutidos en el presente documento que no se describen en detalle pueden implementarse de conformidad con cualquier técnica convencional para implementar tales aspectos y características.

40 Como se ha descrito anteriormente, la presente divulgación se refiere a (pero no se limita a) sistemas de provisión de aerosol, tales como e-cigarrillos. A lo largo de la siguiente descripción, a veces puede usarse el término "e-cigarrillo"; sin embargo, se apreciará que este término puede usarse de forma intercambiable con sistema de provisión de aerosol (vapor).

45 La figura 1 es un diagrama muy esquemático (no a escala) de un sistema de provisión de aerosol/vapor, tal como un e-cigarrillo 10, al que son aplicables algunas realizaciones. El e-cigarrillo tiene una forma generalmente cilíndrica, que se extiende a lo largo de un eje longitudinal indicado por una línea discontinua, y comprende dos componentes principales, concretamente, un cuerpo 20 y un conjunto de cartucho 30.

50 El conjunto de cartucho 30 incluye un depósito 38 que contiene un líquido fuente que comprende una formulación líquida a partir de la que se va a generar un aerosol, por ejemplo que contiene nicotina, y un elemento de calentamiento o calentador 40 para calentar el líquido fuente para generar el aerosol. El líquido fuente y el elemento de calentamiento 40 pueden denominarse colectivamente fuente de aerosol. El conjunto de cartucho 30 incluye además una boquilla 35 que tiene una abertura a través de la que un usuario puede inhalar el aerosol generado por el elemento de calentamiento 40. El líquido fuente puede comprender alrededor de un 1 a un 3 % de nicotina y un 50 % de glicerol, y el resto comprende aproximadamente medidas iguales de agua y propilenglicol, y posiblemente también comprenda otros componentes, tales como aromatizantes. El cuerpo 20 incluye una celda o batería recargable 54 (denominada en lo sucesivo en el presente documento batería) para proporcionar energía al e-cigarrillo 10, y una placa de circuito impreso (PCB) 28 y/u otra electrónica para controlar generalmente el e-cigarrillo.

55 En uso, cuando el elemento de calentamiento 40 recibe energía de la batería 54, controlada por la placa de circuito 28 en respuesta a cambios de presión detectados por un sensor de presión de aire (no mostrado), el elemento de calentamiento 40 vaporiza el líquido fuente en la ubicación de calentamiento para generar el aerosol, que luego es inhalado por un usuario a través de la abertura de la boquilla 35. El aerosol se transporta desde la fuente de aerosol a la boquilla 35 a lo largo de un canal de aire (no mostrado) que conecta la fuente de aerosol a la abertura de la boquilla cuando un usuario inhala en la boquilla.

60

65

En este ejemplo particular, el cuerpo 20 y el conjunto de cartucho 30 son desmontables uno del otro por separación en una dirección paralela al eje longitudinal, como se muestra en la figura 1, pero se unen cuando el dispositivo 10 está en uso mediante elementos de acoplamiento 21, 31 cooperantes (por ejemplo, un accesorio roscado o de bayoneta) para proporcionar conectividad mecánica y eléctrica entre el cuerpo 20 y el conjunto de cartucho 30. Una interfaz de conector eléctrico en el cuerpo 20 usada para conectarse al conjunto de cartucho 30 también puede servir como interfaz para conectar el cuerpo 20 a un dispositivo de carga (no mostrado) cuando el cuerpo 20 está desmontado del conjunto de cartucho 30. El otro extremo del dispositivo de carga puede enchufarse a un suministro de energía externo, por ejemplo, una toma USB, para cargar o para recargar la batería 54 en el cuerpo 20 del e-cigarrillo. En otras implementaciones, puede proporcionarse una interfaz de carga separada, por ejemplo, para que la batería 54 pueda cargarse cuando todavía está conectada al conjunto de cartucho 30.

El e-cigarrillo 10 está provisto de uno o más orificios (no mostrados en la figura 1) para la entrada de aire. Estos orificios, que están en una pared exterior del cuerpo 20, se conectan a una trayectoria de flujo de aire a través del e-cigarrillo 10 a la boquilla 35. La trayectoria de flujo de aire incluye una región de detección de presión (no mostrada en la figura 1) en el cuerpo 20, y luego se conecta desde el cuerpo 20 hacia el conjunto de cartucho 30 a una región alrededor del elemento de calentamiento 40 de modo que cuando un usuario inhala a través de la boquilla 35, se aspira aire en la trayectoria de flujo de aire a través de uno o más orificios de entrada de aire. Este flujo de aire (o el cambio de presión resultante) es detectado por un sensor de presión (no mostrado en la figura 1) en comunicación con la trayectoria de flujo de aire que a su vez activa el elemento de calentamiento (a través de la operación de la placa de circuito 28) para vaporizar una porción del líquido fuente para generar el aerosol. El flujo de aire pasa a través de la trayectoria de flujo de aire y se combina con el vapor en la región alrededor del elemento de calentamiento 40 y el aerosol resultante (combinación de flujo de aire y vapor condensado) viaja a lo largo de la trayectoria de flujo de aire que se conecta desde la región del elemento de calentamiento 40 a la boquilla 35 para ser inhalado por un usuario.

En algunos ejemplos, el conjunto de cartucho 30 desmontable puede desecharse cuando se agota el suministro de líquido fuente y sustituirse por otro conjunto de cartucho si así se desea. Sin embargo, el cuerpo 20 puede estar concebido para ser reutilizable, por ejemplo, para proporcionar operación durante un año o más mediante la conexión a una serie de conjuntos de cartuchos desmontables desechables. Por tal motivo, es de interés que se conserve la funcionalidad de los componentes del cuerpo 20.

La figura 2 muestra una vista esquemática en sección transversal longitudinal a través de una parte media de un ejemplo de e-cigarrillo similar al de la figura 1, donde el conjunto de cartucho 30 y el cuerpo 20 se unen. En esta ilustración, el conjunto de cartucho 30 se muestra unido al cuerpo 20; estando conformadas las paredes laterales 32, 22 de estos componentes para permitir un ajuste a presión (también pueden usarse accesorios de ajuste rápido, de bayoneta o roscados). La pared lateral 22 del cuerpo 20 tiene un par de orificios 24 (pueden emplearse más o menos orificios) que permiten la entrada de aire, mostrada mediante las flechas A. Los orificios se conectan a una primera parte de una trayectoria de flujo de aire central o canal 66 ubicado en el cuerpo 20, que está unida a una segunda parte del canal 66 de flujo de aire ubicado en el conjunto de cartucho 30 cuando el conjunto de cartucho 30 y el cuerpo 20 están conectados, para formar un canal 66 de flujo de aire continuo. El elemento de calentamiento 40 está ubicado dentro del canal 66 de flujo de aire de modo que el aire puede ser aspirado a través de él para recoger el líquido fuente vaporizado cuando un usuario inhala a través de la boquilla para extraer aire a través de los orificios 24.

El cuerpo 20 también incluye un sensor de presión 62 operable para detectar cambios en la presión del aire dentro del canal 66 de flujo de aire. El sensor 62 está en una cámara 60 que se conecta a la primera parte de la trayectoria de flujo de aire 66 a través de una apertura 64. Los cambios en la presión de aire en el canal 66 se comunican a la cámara 60 a través de la apertura 64 para que el sensor 62 los detecte. En disposiciones alternativas, el sensor 62 puede ubicarse dentro del canal de flujo de aire (discutido más adelante). La placa de circuito 28 u otra electrónica mencionada anteriormente también está ubicada en la cámara 60 en este ejemplo (puede estar situada en otra parte del e-cigarrillo) y recibe la salida del sensor 62 cuando responde a cambios de presión de aire. Si se detecta una caída de presión de aire que excede un umbral predeterminado, esto indica que un usuario está inhalando a través del canal de flujo de aire, y la placa de circuito genera una señal de control para que la batería 54 suministre corriente eléctrica para producir el calentamiento del elemento de calentamiento. Estos diversos componentes pueden considerarse como un dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire.

El elemento de calentamiento 40 recibe un suministro de líquido fuente del depósito del e-cigarrillo (no mostrado en la figura 2), por ejemplo mediante mecha (dependiendo de la estructura del material del elemento de calentamiento). Como puede apreciarse en la figura 2, esto acerca el líquido fuente al sensor de presión. En condiciones operativas normales, esto generalmente no será problemático; el elemento de calentamiento es capaz de retener el líquido fuente y el líquido fuente se saca regularmente del área a medida que se vaporiza. Sin embargo, una fuga, rotura u otra falla del depósito, un impacto en el e-cigarrillo o un incidente similar, pueden forzar o permitir que el líquido fuente viaje a lo largo del canal 66 de flujo de aire pasando el elemento de calentamiento 40 en una dirección opuesta a la dirección del flujo de aire de inhalación, tal como indica la flecha L. El líquido puede entonces entrar en

la cámara 60 e interrumpir la operación del sensor de presión 62.

Las realizaciones de la invención se refieren a disposiciones concebidas para inhibir la exposición del sensor de presión al líquido fuente al tiempo que permiten una operación aceptable del sensor de presión. Se consideran varias configuraciones.

Geometrías de dispositivos

La figura 3 muestra una representación muy esquemática (no a escala) de un primer ejemplo de disposición de detección de presión de aire de acuerdo con realizaciones de la invención. La disposición es similar a la que se muestra en la figura 2. No se atribuye importancia a la orientación de las características como se ilustra de diversas maneras. En el ejemplo de la figura 3, el sensor de presión 62 está ubicado en una cámara 60 adyacente a parte de la trayectoria de flujo de aire o canal 66, que está definida por paredes laterales formadas dentro de la estructura del e-cigarrillo y en comunicación con los orificios de entrada de aire descritos anteriormente. El canal puede o no ser recto al pasar por la cámara. Tras la inhalación por parte de un usuario, el aire fluye a lo largo de la trayectoria como indica la flecha A. La cámara 60 tiene una apertura 64 en una pared que se abre hacia la trayectoria de flujo de aire 66, estando la trayectoria de flujo de aire fuera de la cámara y no fluyendo a través de ella. Los cambios en la presión del aire que se producen en la trayectoria de flujo de aire se comunican al interior de la cámara 60 a través de la apertura 64, de modo que el sensor de presión 62 es capaz de detectar los cambios y enviar una salida correspondiente a la electrónica de control o placa de circuito (no mostrada en la figura 3). De conformidad con las realizaciones de la invención, el dispositivo incluye además un restrictor de flujo de líquido 70 (también denominado restrictor) posicionado en, sobre o a través de la apertura 64 que actúa para impedir, reducir o inhibir que cualquier líquido L que pueda estar en la trayectoria de flujo de aire 66 entre en la cámara 60 y comprometa el sensor 62. Se contemplan diversas configuraciones del restrictor de flujo de líquido 70; estas se describen más adelante. Sin embargo, las propiedades comunes de las configuraciones son que cada dispositivo es permeable al flujo de aire en la medida en que los cambios de presión en la trayectoria de flujo de aire 66 se comunican total o ampliamente a la cámara 60 para una detección exitosa por parte del sensor 66, mientras que también es total o significativamente impermeable al flujo de líquido, de modo que se inhibe o impide la entrada de líquido en la cámara 60 y en la proximidad del sensor 66. Con este fin, en este ejemplo, el restrictor de flujo de líquido 70 normalmente estará dimensionado y conformado para llenar la apertura 64, ya sea insertándose en la apertura o asegurándose sobre la apertura 64. En la disposición particular del ejemplo de la figura 3, la operación del restrictor de flujo de líquido 70 se facilita si la cámara 60 se hace sustancialmente estanca al aire excepto por la apertura. Esto crea una contrapresión desde la cámara 60 en comparación con la presión en el canal de flujo de aire durante una bocanada de inhalación que actúa contra el flujo de cualquier líquido en o cerca del restrictor 70 hacia la cámara 60. Además, la disposición de la figura 3 mantiene el canal de flujo de aire en una condición clara y sin restricciones de modo que la experiencia del usuario de inhalar a través del cigarrillo electrónico no se altere. El flujo de aire A deriva el restrictor 70. Adicionalmente, la configuración del ejemplo de la figura 3 ofrece una trayectoria de flujo alternativa y más fácil para cualquier líquido que encuentre su camino a lo largo de la trayectoria de flujo de aire hasta la apertura. El líquido puede continuar más fácilmente a lo largo de la trayectoria de flujo de aire más allá de la apertura que penetrar el restrictor y entrar en la cámara, por lo que este es el resultado más probable, y este mecanismo también mantiene el líquido fuera de la cámara.

La figura 4 muestra una representación muy esquemática (no a escala) de un segundo ejemplo de disposición de detección de presión de aire de acuerdo con realizaciones de la invención. La cámara 60, el sensor 62, la apertura 64 y la trayectoria de flujo de aire 66 están dispuestos como en el ejemplo de la figura 3, con la trayectoria de flujo de aire 66 externa a la cámara 60. En este ejemplo, sin embargo, el restrictor de flujo de líquido 70 está situado en y se extiende a través de la trayectoria de flujo de aire 66, en lugar de en la apertura 64. Está ubicado aguas abajo de la apertura teniendo en cuenta la dirección de inhalación del flujo de aire A, pero aguas arriba de la apertura teniendo en cuenta la dirección del posible flujo de líquido L. Por lo tanto, la presión del aire en la trayectoria de flujo de aire 66 se comunica directamente a la cámara 60 y al sensor 62 a través de la apertura sin ningún impedimento, mientras que la presencia del restrictor 70 inhibe o impide que el líquido alcance la apertura. Como antes, el restrictor 70 es permeable a flujo de aire de modo que el aire puede pasar libremente a lo largo de la trayectoria de flujo de aire 66. Téngase en cuenta que en este ejemplo, sin embargo, el restrictor 70 se asienta directamente en el flujo de aire A a lo largo de la trayectoria 66; está en una configuración de flujo directo, en contraste con la configuración de derivación de flujo de la figura 3. En consecuencia, la presencia del restrictor puede ser evidente para un usuario que inhala a través del e-cigarrillo, por ejemplo, la presión de aspiración de inhalación requerida para activar el dispositivo podría aumentar. El restrictor puede diseñarse para abordar este problema, como se discute más adelante.

La figura 5 muestra una representación muy esquemática (no a escala) de un tercer ejemplo de disposición de detección de presión de aire de acuerdo con realizaciones de la invención. Este ejemplo tiene similitudes con el ejemplo de la figura 4 en que es una disposición de flujo directo, donde el flujo de aire A pasa a través del restrictor 70. Sin embargo, en contraste con los ejemplos de la figura 3 y la figura 4, la trayectoria de flujo de aire 66 está dispuesta para pasar a través de la cámara 60. La cámara 60 tiene una apertura 64 como antes, pero en este ejemplo la apertura 64 es una salida o abertura de la cámara 60 para la trayectoria de flujo de aire 66. La cámara 60 tiene otra abertura 68, que es una entrada en la cámara 60 para la trayectoria de flujo de aire 66. Durante la

inhalación del usuario, el flujo de aire A entra en la cámara 60 a través de la entrada 68 y sale a través de la apertura de salida 64. El sensor de presión 62 está ubicado en la cámara 60 como antes, pero la configuración de la figura 5 expone el sensor 62 más directamente al flujo de aire y a los cambios de presión resultantes. La cámara 60 se ilustra como una caja sustancialmente más ancha que las porciones de entrada y salida de la trayectoria de flujo de aire; esto no es necesario. En su lugar, se podría usar un ensanchamiento de la trayectoria suficiente solo para acomodar el volumen del sensor, o el sensor podría ubicarse directamente en la trayectoria de flujo de aire de modo que la trayectoria actúe como la cámara. La cámara podría estar conformada para facilitar un flujo de aire suave a través de ella. En este ejemplo, el restrictor de flujo de líquido 70 se posiciona en o a través de la apertura 64, en la salida de aire de la cámara. Esta ubicación está aguas arriba del sensor 62 teniendo en cuenta la dirección del posible flujo de líquido L, por lo que el sensor 62 está protegido de la exposición al líquido por el carácter inhibidor de flujo de líquido del restrictor 70. El restrictor 70 está configurado preferentemente para un impacto mínimo en el flujo de aire que lo atraviesa de modo que su presencia no sea fácilmente detectable por el usuario que inhala.

Aunque los ejemplos de las figuras 3, 4 y 5 difieren en el posicionamiento relativo de los componentes y características, se apreciará que en cada caso el restrictor está dispuesto para mantener el fluido fuera del sensor al inhibir el ingreso de líquido en la cámara a través de una apertura en la cámara, sin impedir el funcionamiento del sensor.

Ahora se describirán tres diseños de restrictor de flujo de líquido. Respectivamente, estos son un restrictor de malla, un restrictor de tobera y un restrictor de válvula.

Restrictor de malla

Puede emplearse una hoja de malla como restrictor de flujo de líquido en el presente contexto. Las aberturas o poros entre la urdimbre y la trama de la malla permiten que el aire fluya a través, pero si las aberturas son lo suficientemente pequeñas, el paso de líquido puede verse obstaculizado en gran medida debido a la tensión superficial en el líquido. El líquido no podrá formarse en gotitas suficientemente pequeñas para pasar a través de las aberturas. Se puede pensar en la malla como una membrana permeable a los gases (incluido el aire) pero impermeable a los líquidos. La impermeabilidad a los líquidos se puede mejorar si la malla está provista de una capa superficial de un material hidrófobo o fabricada a partir de un material hidrófobo. Se puede fijar en su lugar una hoja de malla tratada y/o dimensionada apropiadamente para cubrir total o sustancialmente la apertura 64 de la cámara (ejemplos de las figuras 3 y 5) o para extenderse total o sustancialmente a través del agujero del canal de flujo de aire 66 (ejemplo de la figura 4, o ejemplo de la figura 5 en una ubicación más aguas arriba que la representada).

Los posibles materiales de malla incluyen acero inoxidable y polímero (tal como nailon). Se han realizado ensayos de varias mallas finas. En cada caso, la malla se formó a partir de una matriz regular de fibras o alambres tejidos en un patrón de rejilla cuadrada. Se ensayaron diferentes espesores de alambre y diferentes calibres (dando diferentes tamaños de poro), incluida una malla de acero inoxidable de calibre 80 (tamaño de poro de aproximadamente 280 μm , espesor de alambre de aproximadamente 150 μm); una malla de acero inoxidable de calibre 200 (tamaño de poro de aproximadamente 64 μm , espesor de alambre de aproximadamente 30 μm); una malla de acero inoxidable de calibre 400 (tamaño de poro de aproximadamente 37 μm , espesor de alambre de aproximadamente 27 μm); una malla de acero inoxidable de calibre 500 (tamaño de poro de aproximadamente 22 μm , espesor de alambre de aproximadamente 28 μm); y una malla de nailon fina (tamaño de poro de aproximadamente 162 μm , espesor de alambre de aproximadamente 53 μm). Las muestras de cada tipo de malla se trataron con un tratamiento hidrófobo de aplicación por pulverización, siendo un producto de ejemplo disponible comercialmente NeverWet (RTM) de Rust-Oleum (RTM) que repele el líquido de la superficie. La deposición de vapor es una técnica de aplicación para el tratamiento hidrófobo. Además, la selección de un material hidrófobo adecuado debe realizarse teniendo en cuenta el fin previsto del dispositivo. La inclusión en un sistema de provisión de aerosol destinado a uso oral para humanos requeriría que el material hidrófobo se ensaye o se certifique para uso en la industria médica y/o alimentaria.

Las mallas se ensayaron en equipos de ensayo con configuraciones de flujo directo y de derivación de flujo, con geometrías de paso de flujo de aire y cámara comparables a las que se encuentran en los e-cigarrillos reales. Se usó una bomba de vacío para generar flujo de aire a través del equipo de ensayo, monitorizada con un medidor de flujo y un manómetro. Para imitar las condiciones de flujo dentro de un dispositivo de e-cigarrillo real, se produjo un flujo de aire de 50 ml/s con una caída de presión total de aproximadamente 1,3 kPa. El flujo de aire funcionó durante un período de aproximadamente 3 segundos.

El equipo de ensayo incluía dos sensores de presión, uno a cada lado de la malla para medir la caída de presión a través de la malla. Las mediciones se pueden evaluar para determinar si la presencia de la malla afecta negativamente el cambio de presión en la cámara de modo que una medición realizada en la cámara no refleje adecuadamente el flujo de aire durante una inhalación, y si la presencia de la malla está interfiriendo demasiado con el flujo de aire a través del dispositivo.

La figura 6 muestra los resultados experimentales del equipo de ensayo para una configuración de flujo directo, como diagramas de la presión diferencial medida. Las líneas A son de un sensor en el lado aguas arriba de la malla

y las líneas B son de un sensor en el lado aguas abajo de la malla. Los datos están normalizados sobre el valor de la presión atmosférica de modo que solo se muestra la presión diferencial relativa a la atmósfera. La figura 6(a) muestra las mediciones de un ensayo de control, con una apertura abierta de 2 mm de diámetro y sin malla. Este resultado indica una caída de presión de aproximadamente 0,1 kPa a través de la apertura a un caudal de 50 ml/s. La figura 6(b) muestra las mediciones de un ensayo de una apertura de 5 mm de diámetro cubierta con malla de acero de calibre 80 con recubrimiento hidrófobo. Se observa una caída de presión similar de aproximadamente 0,1 kPa, lo que indica que la presencia de la malla no afecta al comportamiento del flujo de aire y de la presión. Por el contrario, para mallas de menor calibre, la caída de presión necesaria para mantener el caudal de 50 ml/s se vuelve mucho mayor. La figura 6(c) muestra las mediciones para la malla de acero de calibre 200 con recubrimiento hidrófobo (5 mm de diámetro), lo que indica una caída de presión de aproximadamente 0,7 kPa, y la figura 6(d) muestra las mediciones para la malla de acero de calibre 400 con recubrimiento hidrófobo (5 mm de diámetro) e indica una caída de presión de aproximadamente 6 kPa. En consecuencia, las mallas más finas están contribuyendo a una alta resistencia al flujo de aire, lo que probablemente se consideraría que da una resistencia de aspiración demasiado grande en un sistema real de provisión de aerosol.

Puede ser que la alta resistencia de las mallas más finas se deba en parte a la obstrucción de los poros por el recubrimiento por pulverización hidrófobo aplicado. Para algunas aplicaciones, esto puede no ser problemático. De lo contrario, es posible adoptar un proceso de recubrimiento que aplique una capa más delgada de material hidrófobo, u omitir el material hidrófobo, o aumentar el diámetro de la apertura y la malla que la recubre (las opciones para esto dependerán de la geometría deseada de dispositivo), o usar una malla con poros más grandes si todavía puede dar una restricción adecuada al flujo de líquido.

La figura 7 muestra los resultados experimentales del equipo de ensayo para una configuración de derivación de flujo con un restrictor de malla. En esta disposición, un primer sensor estaba en una cámara cerrada detrás de una apertura cubierta por una malla, y un segundo sensor estaba en el paso de flujo de aire principal. En consecuencia, el primer sensor mide la caída de presión en el paso según se experimenta a través de la malla. La figura 7(a) muestra las mediciones de un ensayo de control, con una apertura abierta de 10 mm y sin malla. Las mediciones de ambos sensores se grafican, pero se superponen sustancialmente, lo que indica la misma presión tanto dentro como fuera de la cámara, con poca o ninguna disminución en la magnitud o retraso de tiempo. Se observan resultados similares para una malla de acero de calibre 500 de 10 mm de diámetro (sin recubrimiento hidrófobo) y para una malla de polímero de 10 mm de diámetro (sin recubrimiento hidrófobo), mostrados en las figuras 7(b) y 7(c) respectivamente. Estos resultados indican que un sensor de presión en una cámara separada que se comunica mediante una apertura con la trayectoria de flujo de aire y protegido por una malla sobre la apertura es capaz de detectar con precisión los cambios de presión dentro de la trayectoria de flujo, y la malla no interfiere con el flujo de aire a lo largo de la trayectoria. Una ventaja de esta geometría (correspondiente al ejemplo de la figura 3) es que debido a que el dispositivo restrictor, en forma de malla, no se coloca en la trayectoria de flujo de aire, se puede usar una malla mucho más fina sin ningún aumento en la resistencia de aspiración en comparación con una geometría de flujo directo. Una malla más fina probablemente será más eficaz para resistir el flujo de líquido y, por lo tanto, impedirá el ingreso de líquido en la cámara, y puede proporcionar una protección adecuada sin recubrimiento hidrófobo.

Las diversas mallas, con y sin recubrimiento hidrófobo, se ensayaron además para evaluar su capacidad para resistir la filtración de líquido a través de ellas. Usando tubos cerrados en un extremo inferior con un disco de cada tipo de malla, se llevaron a cabo diversos ensayos de filtración, de creciente rigor. El líquido usado fue una solución de nicotina para su uso en e-cigarrillos. La malla de polímero sin tratar y la malla de acero de calibre 80 sin tratar resistieron una gota de líquido añadida más una pequeña agitación sin filtración. La adición de más gotas provocó filtraciones. Cuando se trataron con recubrimiento hidrófobo, estas mallas inicialmente pudieron resistir cinco gotas más, pero mostraron filtraciones después de un retraso de 10 minutos. Esto también fue cierto para todas las mallas de acero de calibre más fino cuando carecían de tratamiento hidrófobo. Cuando se les dio un recubrimiento hidrófobo, las mallas de acero de calibre 200, 400 y 500 no mostraron filtraciones después del retraso de 10 minutos, pero dejaron pasar líquido cuando se sometieron a una presión positiva de 1,3 kPa, que pudo empujar el líquido a través de los poros de la malla. Esta presión aplicada corresponde a un usuario que sopla activamente en un e-cigarrillo (a diferencia de la acción habitual de succión e inhalación), lo que podría realizarse en un intento de eliminar un bloqueo percibido. Tal bloqueo podría ser una fuga de líquido fuente del depósito, de modo que soplar en el e-cigarrillo podría impulsar el líquido a través de cualquier barrera de malla colocada a través de la trayectoria de flujo de aire. En consecuencia, en este contexto, podría preferirse una geometría de derivación de flujo como la del ejemplo de la figura 3. Los resultados de otros ensayos son relevantes para esto.

La figura 8 muestra una vista en perspectiva en sección transversal a través de otro equipo de ensayo 80, diseñado para modelar con mayor precisión partes de un e-cigarrillo, y que usa un restrictor de malla en una configuración de derivación de flujo, como puede apreciarse en una comparación con la figura 2. Una cámara 60 tiene montado en su superficie interior superior un sensor de presión 62. La pared superior de la cámara 60 se ilustra con un orificio; esto se usó en ensayos sobre fugas de aire y estanqueidad al aire, pero se cerró para el ejemplo actual para dar una cámara estanca al aire. La cámara 60 tiene una apertura de 4 mm de diámetro en una pared, que está cubierta por un restrictor de malla 70a. La malla en este ejemplo era un disco de 5 mm de diámetro de acero inoxidable de calibre 500 con recubrimiento superficial hidrófobo, pegado sobre la apertura. Una trayectoria de flujo de aire 66

discurre más allá de la apertura de modo que el interior de la cámara está en comunicación de aire con la trayectoria de flujo de aire 66 a través de la malla 70a. La trayectoria se forma a partir de un primer tubo 66a dispuesto verticalmente para simular la entrada de aire a través del orificio 24 en el cuerpo de un e-cigarrillo, y un segundo tubo 66b dispuesto horizontalmente para simular el canal de flujo de aire que conduce al elemento de calentamiento en el conjunto de cartucho de un e-cigarrillo, pero en el equipo de ensayo 80 que termina en una salida 25. Los dos tubos se unen en ángulo recto en las proximidades de la malla 70a y la apertura.

Para simular una fuga y un intento de desbloqueo por parte de un usuario, el equipo de ensayo 80 se giró para colocar el tubo 66b verticalmente, y este tubo 66b se inundó con solución de nicotina (el mismo líquido que se usó en las pruebas de filtración). Esto equivale a una fuga extrema causada por una falla total del conjunto de cartucho. Se aplicó una presión positiva a la salida 25 para imitar a un usuario que sopla en un e-cigarrillo bloqueado; esto impulsó la solución de nicotina a lo largo del tubo 66a y hacia fuera a través de la entrada de aire 24. Luego, se registraron las mediciones de presión durante un flujo de aire de 50 ml/s de 3 segundos (como antes) y se compararon con las mediciones en las mismas condiciones realizadas antes de la simulación de fuga.

La figura 9 muestra un gráfico de estas mediciones, normalizadas a la presión atmosférica como antes. La línea A y la línea B son, respectivamente, la señal de presión registrada antes y después de la simulación de fuga. Como puede verse, los dos perfiles de presión registrados son muy similares, lo que indica que la malla logró proteger el sensor del líquido en esta disposición de derivación (que proporciona una trayectoria alternativa para el líquido, en lugar de ser forzado a través de la malla), y también que cualquier líquido residual en y alrededor de la malla no afecta negativamente la presión transferida a la cámara y detectada por el sensor.

Para la aplicación particular de un sistema de provisión de aerosol tal como un e-cigarrillo, los resultados indican que una malla con un tamaño de poro de aproximadamente 25 μm o menos en un calibre de aproximadamente 500 sería eficaz. Los poros y calibres más grandes también pueden considerarse adecuados para esta aplicación, tal como un tamaño de poro de menos de 100 μm , menos de 75 μm o menos de 50 μm , en un calibre de 200 o 400. Para otras aplicaciones, se pueden preferir mallas de otras dimensiones.

Restrictor de tobera

Un segundo ejemplo de un restrictor de flujo de líquido que puede emplearse es una tobera o tubo, por lo que se entiende un elemento que tiene un agujero estrecho, posiblemente cilíndrico, que lo atraviesa. El agujero puede ser recto, lo que reduce el impacto de la presencia de la tobera en la transmisión del cambio de presión de aire a través del restrictor al sensor. Además, el agujero puede tener un diámetro, anchura y/o área de sección transversal constantes o sustancialmente constantes. Cuando se coloca en una apertura o trayectoria de flujo de aire como en las configuraciones de las figuras 3, 4 y 5, la tobera tiene el efecto de reducir o estrechar la anchura o el diámetro de la apertura o trayectoria hasta la anchura del agujero. Como alternativa, la apertura o trayectoria podría formarse con un diámetro estrecho (el agujero) en el punto apropiado para evitar la necesidad de un componente separado. El aire todavía puede pasar a través del agujero, pero el paso de líquido estará muy restringido; la tensión superficial impedirá que el líquido forme gotitas lo suficientemente pequeñas como para pasar a través del agujero. Cualquier presión positiva en el lado más alejado de la tobera, por ejemplo desde dentro de una cámara sellada, también resistirá el flujo de líquido. Por consiguiente, se forma una barrera que es permeable al aire pero impermeable o casi impermeable al líquido, que se puede colocar para proteger el sensor de la exposición al líquido. En el contexto de una geometría de flujo directo (figuras 4 y 5, por ejemplo), la tobera puede restringir demasiado el flujo de aire para una aplicación en particular, aunque a veces puede ser útil. En tal caso, sería más útil emplear una tobera en una geometría de derivación de flujo, como la configuración de la figura 3.

Se ensayaron diversas toberas en un equipo de ensayo de derivación de flujo similar al usado para el ensayo de la malla, con un primer sensor ubicado en el interior de una cámara que tiene una perforación estrecha como apertura, y un segundo sensor ubicado en una trayectoria de flujo de aire fuera de la cámara. Como antes, se aplicó una bomba de vacío al equipo durante períodos de aproximadamente tres segundos, produciendo un caudal de aproximadamente 50 ml/s.

La figura 10 muestra los resultados de estos ensayos, como diagramas de las mediciones registradas por los dos sensores, normalizadas a la presión atmosférica como antes. Las líneas A son del sensor en la cámara y, por lo tanto, detrás de la boquilla, y las líneas B son del sensor en la trayectoria de flujo de aire. La figura 8(a) muestra las mediciones para un orificio o agujero de 1,2 mm de diámetro interno, la figura 8(b) muestra las mediciones de un orificio o agujero de 0,51 mm de diámetro interno, la figura 8(c) muestra las mediciones de un orificio o agujero de 0,26 mm de diámetro interno y la figura 8(d) muestra las mediciones de un orificio o agujero de 0,21 mm de diámetro interno. La evaluación de estos resultados revela qué parte de la presión externa (flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire) se transmite a través del agujero de la tobera y es detectada por el sensor en la cámara (líneas A). Para la tobera más grande, de 1,2 mm, se detecta aproximadamente el 90 % de la señal externa. La proporción de señal detectada en el interior de la cámara disminuye al disminuir el agujero de la tobera, hasta que con la tobera de 0,21 mm solo se detecta aproximadamente el 10 % de la presión de flujo de aire externo. Esto no es del todo como se esperaba; la reducción de la señal es mayor de lo previsto. Una explicación probable es que hubo imperfecciones en la fabricación y el ensamblaje del equipo, de modo que la cámara que contenía el sensor no estaba

completamente sellada contra la atmósfera externa. A medida que el tamaño de la tobera disminuye, el efecto de cualquier fuga aumentará proporcionalmente y producirá la igualación de la presión en la cámara a la atmósfera; esto enmascarará una señal de baja presión generada por el flujo de aire en el otro lado de la tobera (en la trayectoria de flujo de aire). Asegurar un buen sellado contra la presión atmosférica para una cámara que aloja un sensor y cubierta por una tobera de agujero pequeño solucionará este problema. Esto también es cierto en las realizaciones que usan un restrictor de malla en lugar de un restrictor de tobera. La fabricación y las pruebas de alta calidad para lograr una cámara sellada pueden proporcionar señales medidas más grandes desde dentro de la cámara y, por consiguiente, una operación más fiable del dispositivo. Otros ensayos verificaron esto.

La figura 11 muestra una vista en perspectiva en sección transversal a través de otro equipo de ensayo construido para ensayar los restrictores de tobera. El equipo 82 tiene una construcción similar a la del equipo de ensayo de malla 80 mostrado en la figura 8, excepto que el restrictor de malla 70a se reemplaza por un restrictor de tobera 70b. Se ensayaron diversas toberas, cada una de las cuales llenaba la apertura hacia la cámara 60. Las toberas tenían diámetros de agujero interior de 0,5 mm, 0,25 mm y 0,125 mm. Pueden usarse otros diámetros de agujero interior, tal como 0,4 mm, 0,3 mm, 0,2 mm y 0,1 mm. Las toberas estaban hechas de políter éter cetona (PEEK), que es un material inherentemente hidrófobo. También podrían usarse otros materiales hidrófobos para fabricar toberas para aplicaciones de restrictor. También pueden usarse metales para fabricar la tobera, tal como acero inoxidable. Así mismo, la cámara puede formarse con una tobera integrada. Por ejemplo, la cámara puede formarse con una apertura que esté dimensionada adecuadamente para funcionar como un restrictor de tobera. La cámara se selló para que fuera estanca al aire, excepto por el agujero de la tobera. Durante el ensayo, se aspiró aire a través de la trayectoria de flujo de aire 66 a una velocidad de 50 ml/s durante aproximadamente 3 segundos, usando una bomba de vacío.

La figura 12 muestra los resultados de estos ensayos, como gráficos de la presión registrada por el sensor 62, normalizada para la presión atmosférica. La figura 12(a) muestra la medición de un ensayo de control en el que se usó la tobera 70b, teniendo la apertura abierta hacia la cámara 62 un diámetro de 2 mm. Las figuras 12(b), 12(c) y 12(d) muestran respectivamente los resultados para los agujeros de tobera de 0,25 mm, 0,5 mm y 0,125 mm. Estos resultados muestran que, para una cámara sellada contra fugas de aire, las toberas no atenúan la señal de presión registrable por el sensor en la cámara, incluso para el agujero de tobera de menor diámetro que proporcionará la mayor protección contra el ingreso de líquido. El sensor en la cámara puede realizar una medición precisa de la presión en el paso de flujo de aire.

Por el contrario, otros ensayos realizados con fugas de aire introducidas deliberadamente en la cámara mostraron una señal de presión mucho más reducida en comparación con las de una cámara sellada. El efecto es mayor para una fuga más grande en comparación con el tamaño del agujero de la tobera; por ejemplo, una fuga de un agujero de 0,25 mm redujo la magnitud de la señal registrada con una boquilla de 0,125 mm en aproximadamente un 95 %, pero redujo la magnitud de la señal registrada con una boquilla de 0,5 mm en aproximadamente un 20 %. Una fuga comparable o mayor que la entrada a la cámara puede igualar o casi igualar la cámara a la presión atmosférica de modo que se pueda detectar una pequeña parte de la presión del flujo de aire en la cámara. Una fuga más pequeña solo permite una igualación parcial, por lo que se puede medir una mayor proporción de la presión del flujo de aire en la cámara. Como conclusión, una cámara debidamente sellada para la estanqueidad al aire asegura que se pueda detectar la máxima cantidad de señal de presión en la cámara.

También se ensayó la capacidad de los restrictores de tobera para resistir la filtración de líquidos. Se perforaron orificios con un diámetro de 0,5 mm a 2,0 mm en una hoja de Perspex (RTM). Un primer conjunto de orificios se cerró al final, es decir, no pasó directamente a través de la hoja. También se cerró un segundo conjunto de orificios y el material de la hoja circundante se trató con un recubrimiento por pulverización de material hidrófobo (NeverWet (RTM)). Un tercer y un cuarto conjunto de orificios se abrieron al final, es decir, pasaron directamente a través de la hoja, en material tratado y sin tratar, respectivamente. Se depositó líquido en forma de solución de nicotina para cigarrillos en cada orificio y se observó el grado de penetración en el orificio.

Los orificios cerrados sin tratamiento hidrófobo mostraron poca penetración, con más para orificios de mayor diámetro. Los orificios abiertos sin tratamiento hidrófobo mostraron penetración de todos los orificios. El tratamiento superficial mejoró considerablemente el rendimiento de los orificios. Para los orificios abiertos, los orificios de mayor diámetro mostraron penetración, pero el material hidrófobo pudo resistir la penetración de líquido en los orificios más estrechos. Para los orificios cerrados, solo los más grandes mostraron alguna penetración de líquido, y esta fue solo parcial. El material hidrófobo hace que el líquido se arrastre hacia una cuenta o gotita, cuya tensión superficial impide que fluya hacia el orificio. Se necesitaría más energía para superar esto y forzar el líquido en el orificio, de modo que el equilibrio de energía se incline contra el ingreso de líquido. El efecto mejorará si la superficie interior del orificio también tiene una superficie hidrófoba. Si bien se podría usar un recubrimiento superficial más elaborado para lograr esto, una alternativa es hacer un restrictor de tobera a partir de un material inherentemente hidrófobo, como las toberas de PEEK discutidas anteriormente.

Además, los orificios cerrados fueron mucho más efectivos para impedir el ingreso de líquido que los orificios pasantes abiertos. Esto se debe a que el líquido actúa para sellar un volumen de aire en el fondo del orificio y, a medida que el líquido intenta penetrar más en el orificio, este aire se comprime y genera una contrapresión para

resistir el líquido, equilibrando el peso del líquido para impedir más ingreso. Este efecto está ausente en un orificio abierto donde no se puede atrapar aire. En el contexto de la protección de un sensor dentro de una cámara, los orificios cerrados y abiertos son similares a una cámara estanca al aire y una cámara con fugas. Sin embargo, el volumen de la cámara será mayor que el volumen de los orificios de ensayo, por lo que se generará menos contrapresión y el efecto protector puede disminuir. Sin embargo, todavía proporcionará algún efecto, de modo que es beneficioso intentar un sello estanco al aire de una cámara usada con un restrictor de tobera.

Se llevaron a cabo más ensayos de filtración usando el equipo de prueba de toberas 82 que se muestra en la figura 11. El diámetro del agujero de la tobera era de 0,25 mm y la boquilla estaba hecha de PEEK. Se aplicó un protocolo de ensayo de simulación de fugas como el descrito con respecto a las figuras 8 y 9.

La figura 13 muestra los resultados de este ensayo. Las líneas A y B muestran respectivamente la presión detectada en la cámara antes y después de la simulación de fuga. La presión registrada es muy similar para cada ensayo, lo que indica que no hay daño en el sensor por el ingreso de líquido y ningún efecto en el rendimiento del sensor por cualquier líquido residual que quede en, alrededor o en el interior de la tobera después de la fuga.

Para la aplicación particular de un sistema de provisión de aerosol, como un e-cigarrillo, los resultados indican que una tobera con una anchura de agujero de aproximadamente 0,5 mm o menos será eficaz, incluidos 0,3 mm o menos, 0,25 mm o menos y 0,125 mm o menos. Para otras aplicaciones, se pueden preferir toberas de otras dimensiones.

Restrictor de válvula

Como alternativa, puede usarse una válvula como restrictor de flujo de líquido. Una válvula unidireccional, configurada para abrirse y permitir el flujo (de gas o líquido) en una dirección pero permanecer cerrada para bloquear el flujo en una dirección opuesta, se puede ubicar en la trayectoria de flujo de aire para permitir que el aire pase en la dirección de inhalación entrante (desde los orificios de entrada 24 a la boquilla 35 en la figura 1), pero para bloquear el flujo de líquido en la dirección opuesta (desde el depósito 38 y el elemento de calentamiento 40 hacia la cámara 60 y las entradas de aire 24 en la figura 1). Si se coloca aguas abajo del sensor con respecto a la dirección del flujo de aire y aguas arriba del sensor con respecto a la dirección del flujo de líquido, se inhibirá que cualquier líquido que se fugue llegue al sensor, mientras que aún permite que el sensor experimente el flujo de aire en la trayectoria del flujo de aire y detecte los cambios de presión correspondientes.

En tal disposición, se puede considerar la "presión de ruptura", que es la cantidad de presión del flujo de aire incidente que se requiere para abrir la válvula. El dispositivo en el que se va a usar el restrictor de flujo de líquido puede tener una presión operativa prevista correspondiente al flujo de aire durante la operación normal del dispositivo, y si la presión de ruptura excede esta presión operativa, el dispositivo puede volverse inoperable o más difícil o más incómodo de usar. Por ejemplo, en un e-cigarrillo, el flujo de aire generado por la inhalación de un usuario produce la presión operativa. Normalmente, esta es del orden de 155 Pa a 1400 Pa a un caudal de aire de 5 a 40 ml/s. Si se instala una válvula que tiene una presión de ruptura superior a esta en la trayectoria de flujo de aire, el usuario tendrá que inhalar con más fuerza para hacer que la válvula se abra, lo que puede considerarse indeseable. La válvula también ocupará espacio en la trayectoria de flujo de aire, proporcionando resistencia al flujo de aire, de modo que cuando se abre, se puede necesitar una presión mayor para generar el caudal deseado que si la válvula no estuviera presente. Además, si la válvula tiene un cambio escalonado evidente en sus características operativas, de modo que se cierre por debajo de la presión de ruptura y se abra casi o completamente inmediatamente después de que se exceda la presión de ruptura, se puede producir un efecto no deseado discernible para el usuario. Podría ser preferible una válvula que se abra más gradualmente al aumentar la presión, para evitar una presión de ruptura perceptible.

Cualquier tipo de válvula unidireccional de un tamaño y característica operativa adecuados para un dispositivo particular y su uso previsto podría emplearse como restrictor de flujo de líquido en el contexto de las realizaciones de la invención. Por ejemplo, puede usarse una válvula de resorte o una válvula de pico de pato.

La figura 14 muestra una representación esquemática en sección transversal de parte de un e-cigarrillo equipado con una válvula, tal como una válvula de pico de pato, similar al dispositivo que se muestra en la figura 2. El aire entra a través de uno o más orificios 24 en el lado del dispositivo y fluye a lo largo de una trayectoria de flujo de aire 66 a un elemento de calentamiento 40. Una cámara 60 aloja un sensor 62 para detectar cambios de presión en la trayectoria de flujo de aire 66 a través de una apertura 64. Posteriormente a la apertura, con respecto a la dirección de flujo de aire A, se equipa una válvula unidireccional 70c en la trayectoria de flujo de aire 66, delante del elemento de calentamiento 40. Por la acción de una presión suficiente de aire entrante, la válvula 70c se abre para permitir que entre aire en el elemento de calentamiento 40. Sin flujo de aire, la válvula 70c permanece cerrada, e impide o inhibe el flujo de líquido L desde el elemento de calentamiento 40 hacia la cámara 60.

Cada una de las diversas realizaciones del restrictor de flujo de líquido puede usarse en las configuraciones de ejemplo de las figuras 3, 4 y 5, o configuraciones similares de cámara, sensor, trayectoria de flujo de aire y restrictor dispuestos para tener la misma función o una función similar. Además, pueden emplearse dos o más restrictores

5 juntos para mejorar el efecto de proteger el sensor de la exposición al líquido. Por ejemplo, un solo dispositivo podría incluir tanto una malla como una tobera. Dos restrictores pueden estar situados en una ubicación común con respecto a la trayectoria de flujo de aire, tal como ambos en la apertura en un dispositivo de la figura 3 para proporcionar una disposición combinada de derivación de flujo, o ambos en la trayectoria de flujo de aire en un dispositivo de la figura 4 para proporcionar una disposición combinada de flujo directo. Como alternativa, podrían estar separados con uno en una posición de derivación de flujo y otro en una posición de flujo continuo.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire, comprendiendo el dispositivo:
- 5 una trayectoria de flujo de aire (66);
una cámara (60) que tiene una apertura (64);
un restrictor de flujo de líquido (70) posicionado para inhibir el ingreso de líquido en la cámara a través de la
apertura;
- 10 un sensor de presión (62) ubicado en la cámara y operable para detectar, en presencia del restrictor de flujo de líquido, cambios de presión de aire causados por el flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire; y
un circuito (28) para convertir cambios de presión de aire detectados por el sensor de presión en señales de control para controlar la salida de energía de una batería (54) ubicada fuera de la cámara.
- 15 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la trayectoria de flujo de aire se encuentra fuera de la cámara y está en comunicación con la apertura.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el que, a excepción de la apertura, la cámara es estanca al aire.
- 20 4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la apertura es una salida de aire para la cámara, la cámara comprende además una entrada de aire (68) y la trayectoria de flujo de aire pasa a través de la cámara e incluye la apertura y la entrada de aire.
- 25 5. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el restrictor de flujo de líquido está dispuesto en o a través de la abertura.
6. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el restrictor de flujo de líquido está dispuesto en o a través de la trayectoria de flujo de aire.
- 30 7. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el restrictor de flujo de líquido comprende una malla (70a).
8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la malla tiene una capa superficial de material hidrófobo o está hecha de material hidrófobo.
- 35 9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que la malla tiene un tamaño de poro de 100 µm o menos y un espesor de alambre de 30 µm o menos.
- 40 10. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el restrictor de flujo de líquido comprende una tobera con un agujero (70b).
11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la tobera está hecha o tiene un recubrimiento superficial de material hidrófobo.
- 45 12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la tobera está hecha de poliéter éter cetona.
13. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el agujero de la tobera tiene un diámetro de 0,5 mm o menos.
- 50 14. Dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el restrictor de flujo de líquido comprende una válvula unidireccional (70c) configurada para abrirse por la presión del flujo de aire en la trayectoria de flujo de aire en una primera dirección y cerrarse contra el flujo de líquido en una dirección opuesta.
- 55 15. Sistema de provisión de aerosol (10) que comprende un dispositivo para controlar el suministro de energía eléctrica en respuesta a la medición de la presión del aire de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

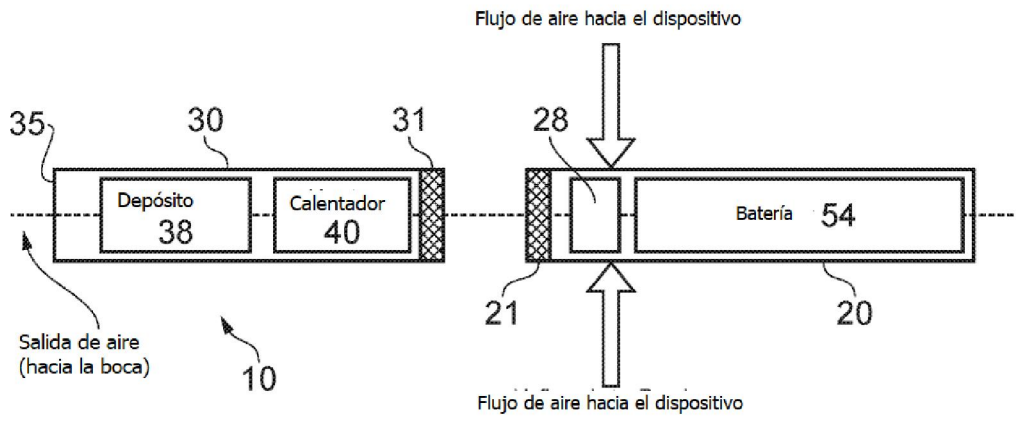


FIG. 1

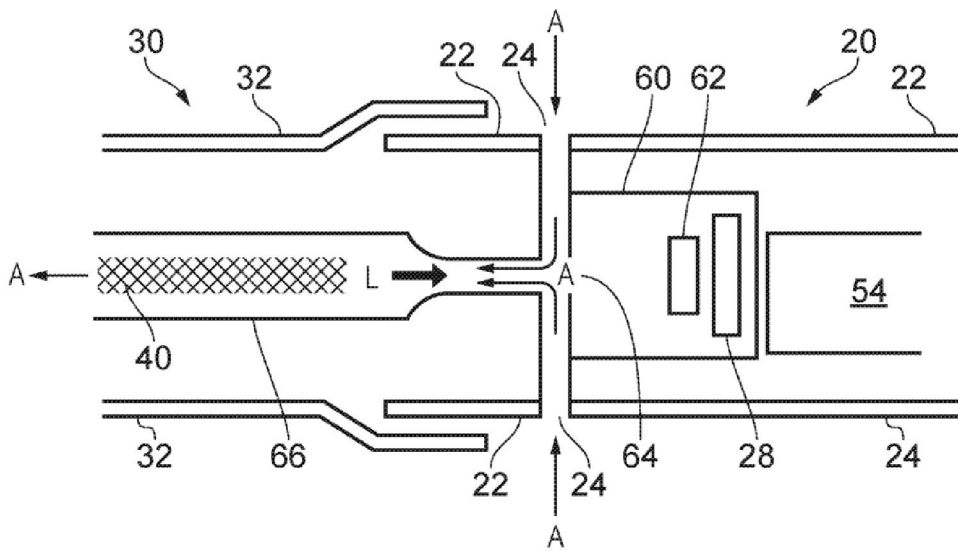


FIG. 2

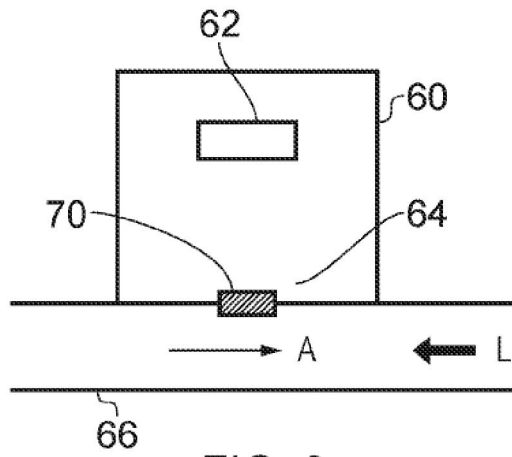


FIG. 3

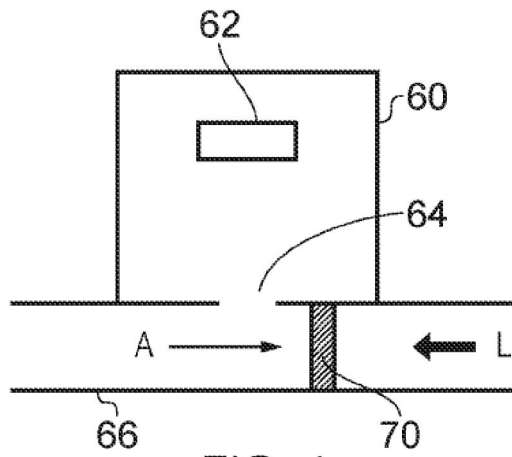


FIG. 4

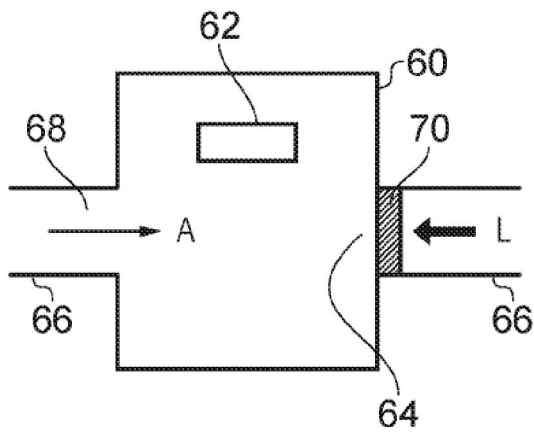


FIG. 5

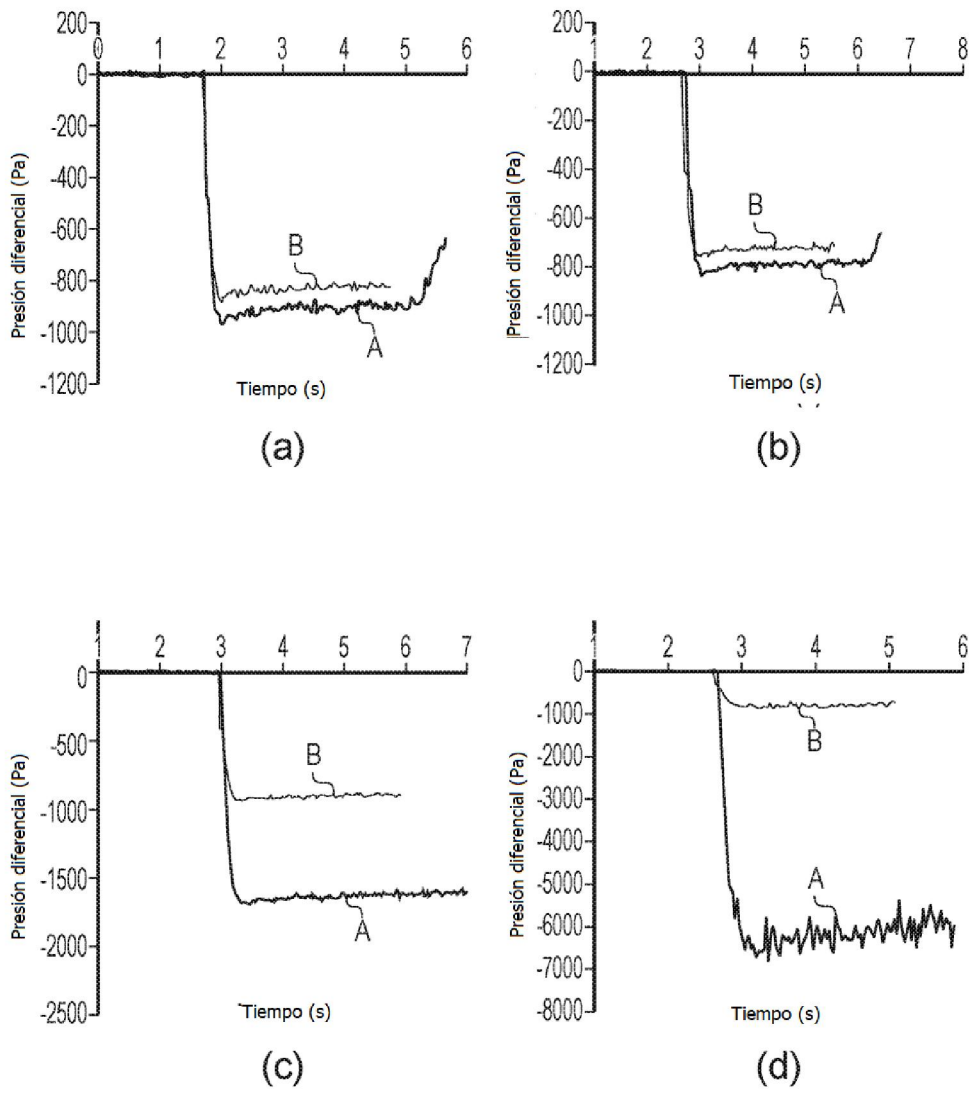


FIG. 6

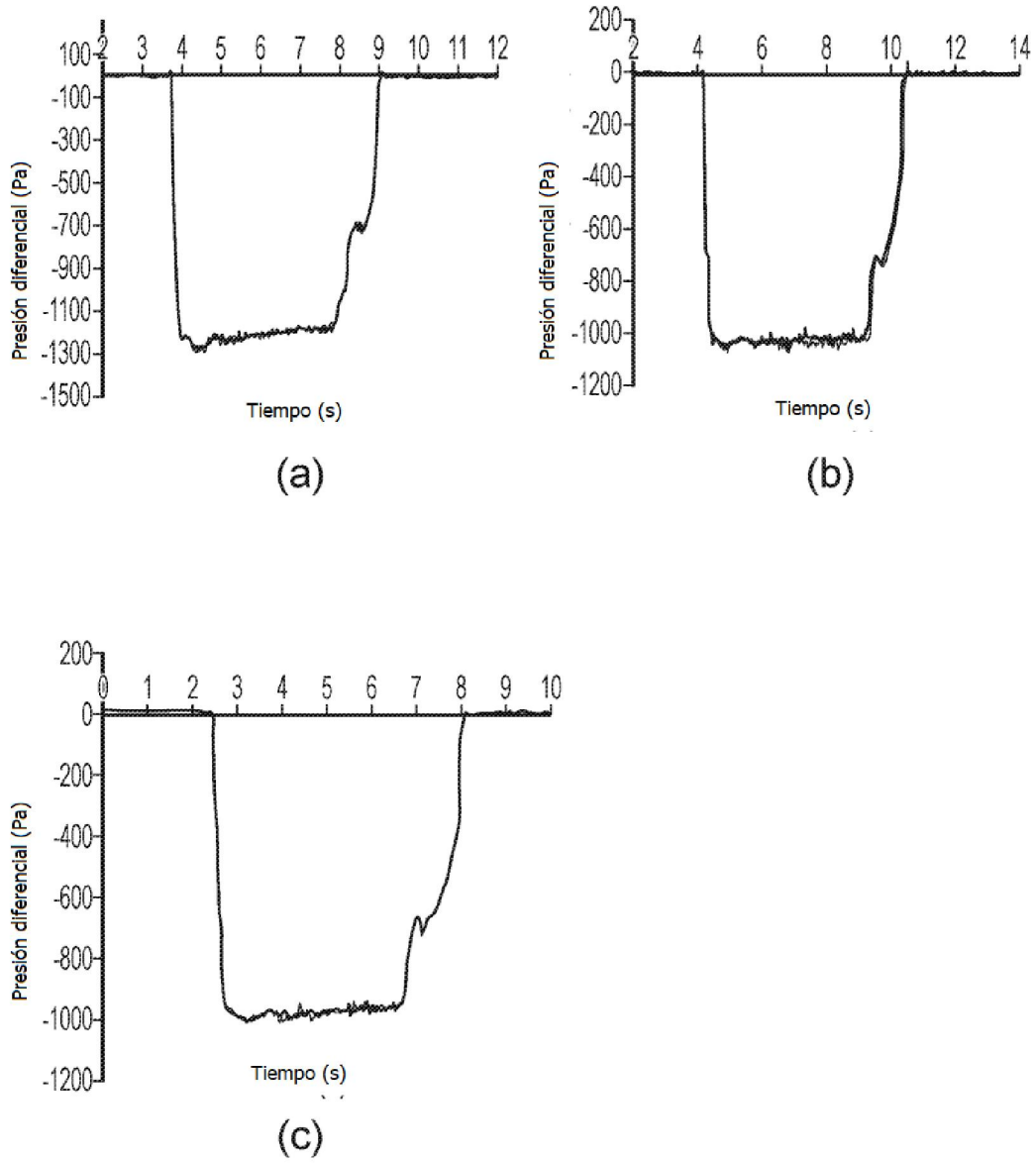


FIG. 7

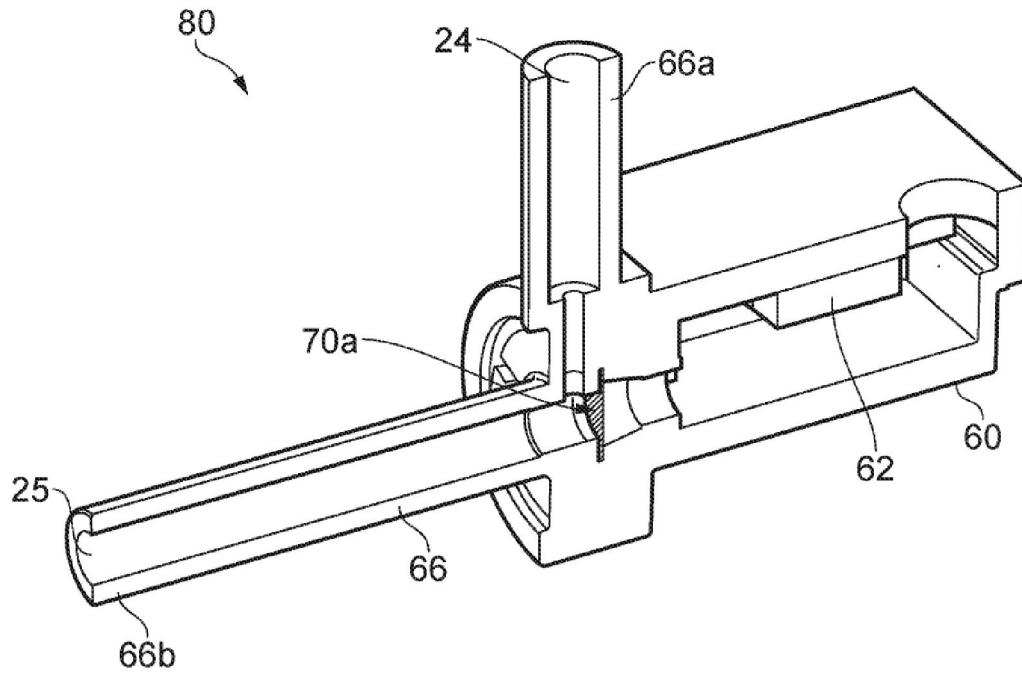


FIG. 8

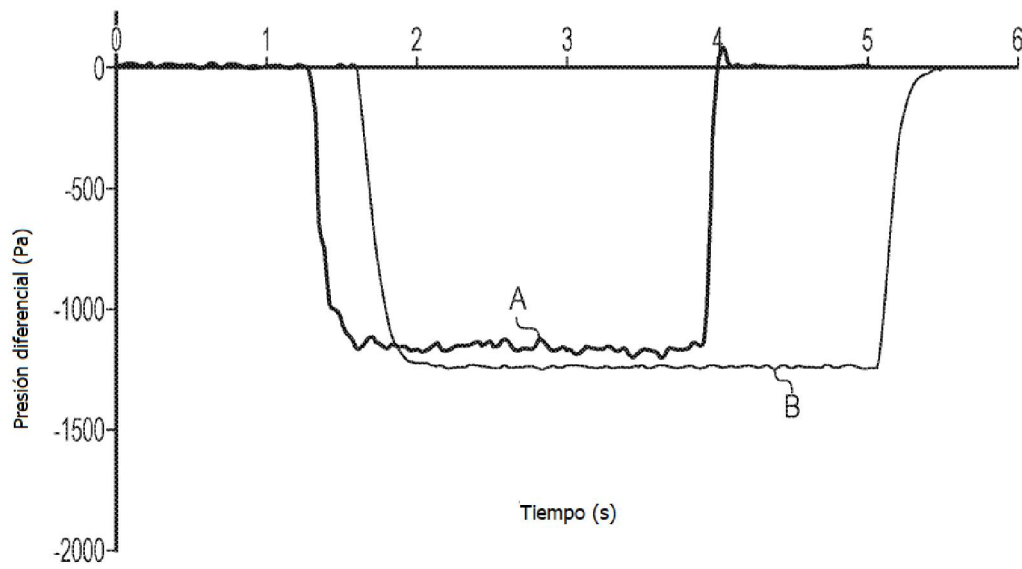


FIG. 9

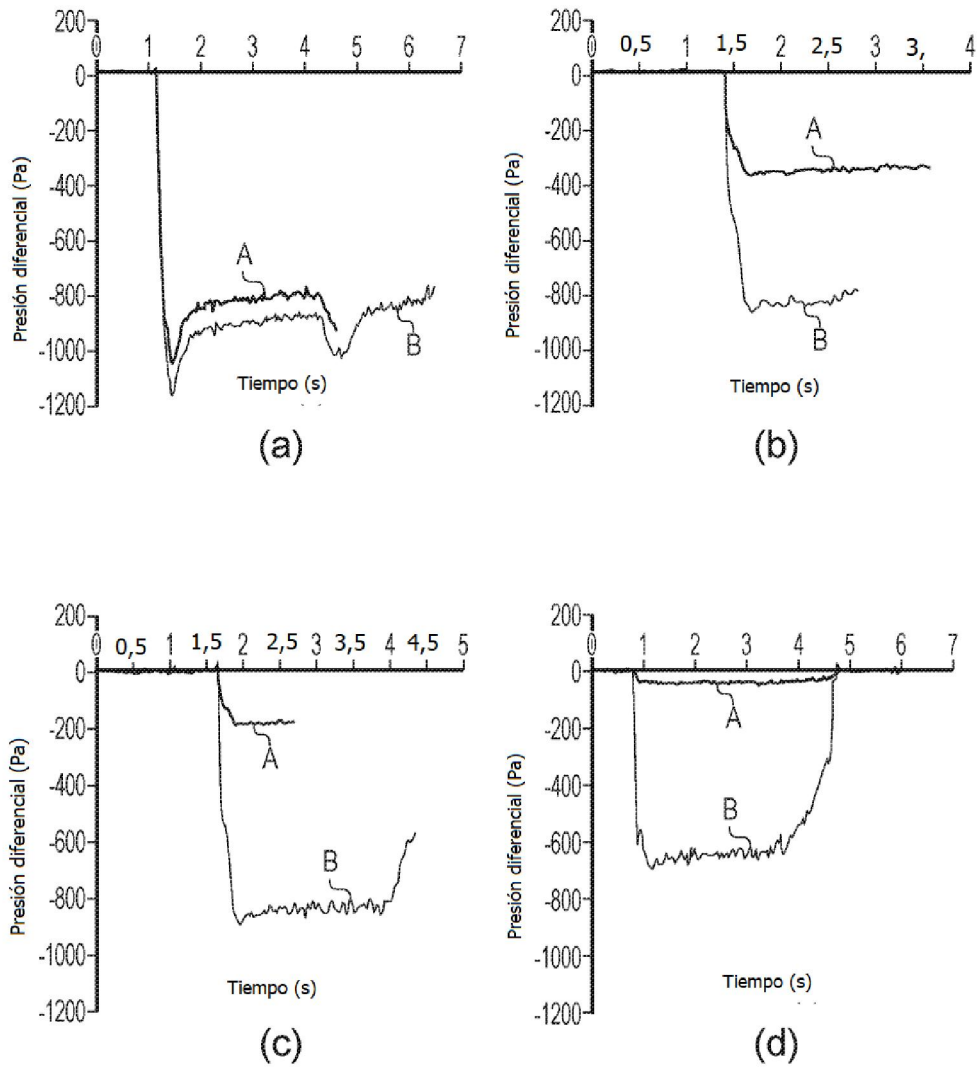


FIG. 10

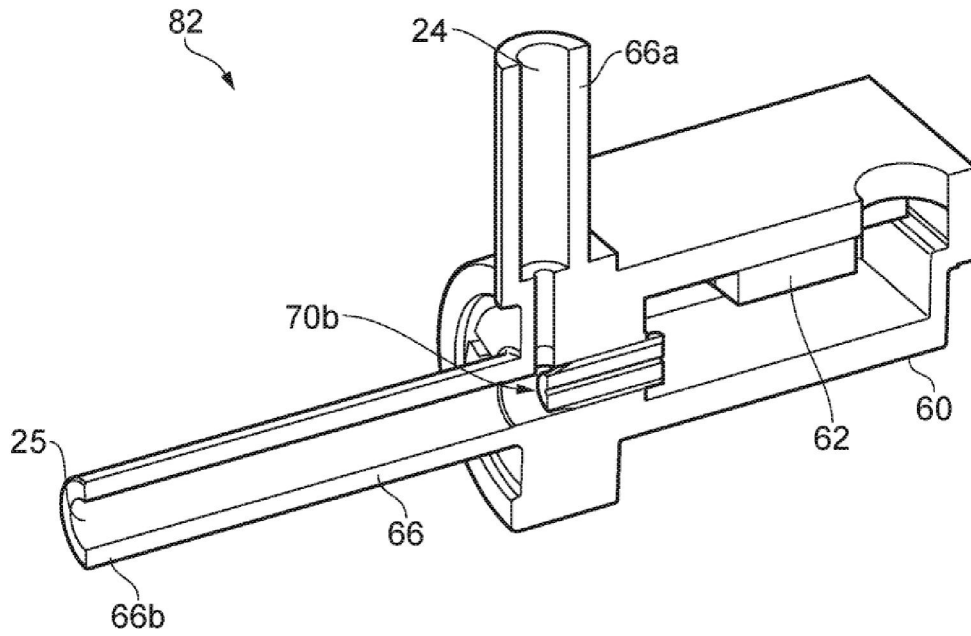


FIG. 11

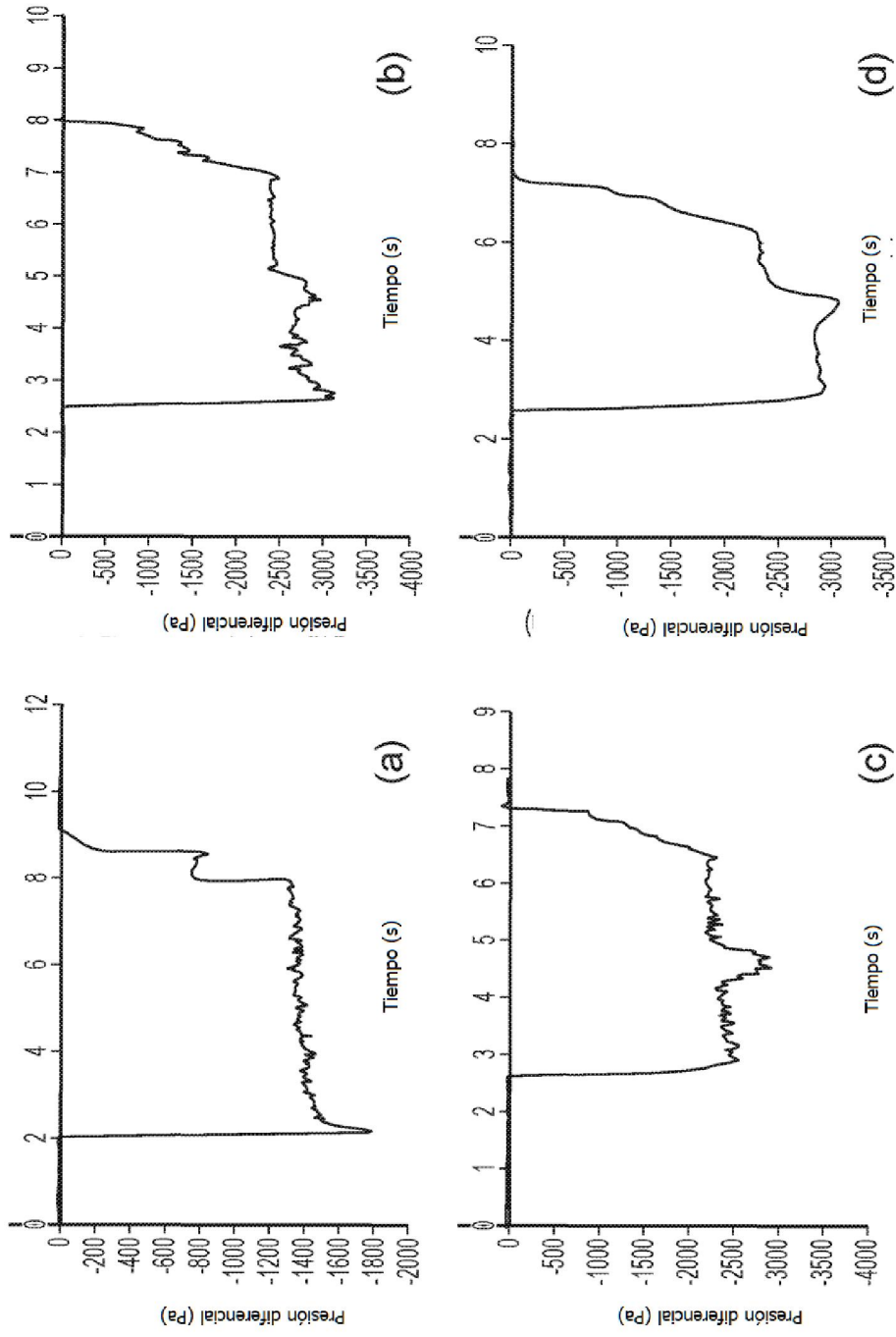


FIG. 12

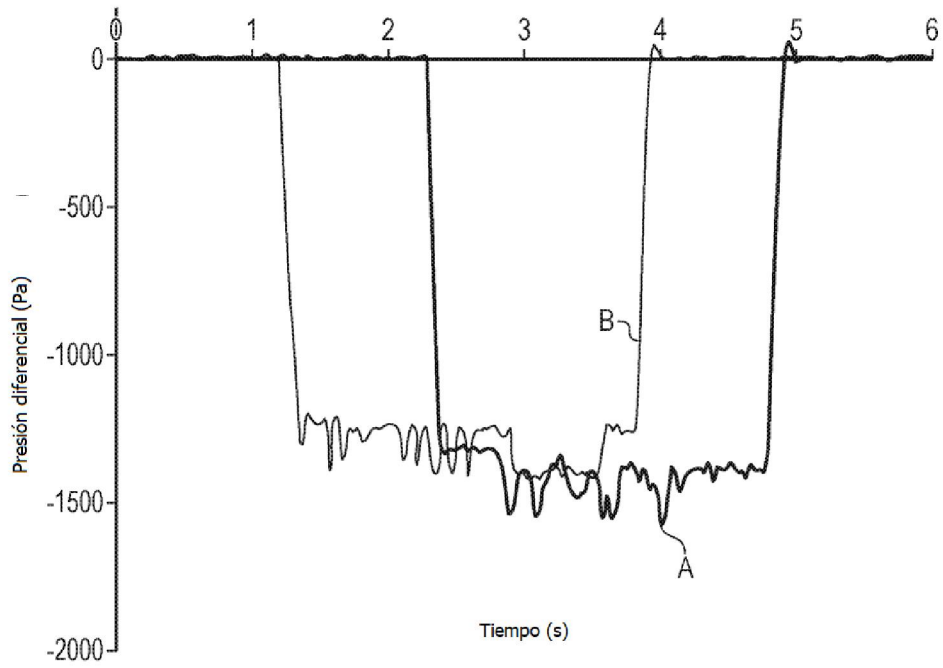


FIG. 13

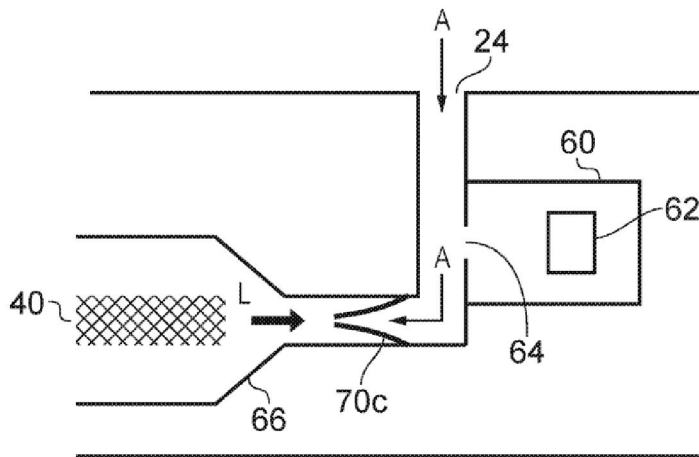


FIG. 14