

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 935 529**

51 Int. Cl.:

G01N 11/16 (2006.01)

G01N 9/00 (2006.01)

G01N 29/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2013 PCT/IB2013/050869**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.08.2013 WO13118038**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2013 E 13712354 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2022 EP 2810043**

54 Título: **Sensor y procedimiento para medir las propiedades de un líquido mediante un elemento sensor**

30 Prioridad:

03.02.2012 IT TO20120091

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.03.2023

73 Titular/es:

**ELTEK S.P.A. (100.0%)
Str. Valenza 5/A
15033 Casale Monferrato (Alessandria), IT**

72 Inventor/es:

**PIZZI, MARCO;
MERLANO, PIERCARLO;
RONDANO, MATTEO y
MORTARA, ENRICA**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 935 529 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

Sensor y procedimiento para medir las propiedades de un líquido mediante un elemento sensor

- 5 La presente invención se refiere a un sensor, en particular del tipo doblador, y a un procedimiento para medir las propiedades de un líquido, en particular un combustible, preferentemente para vehículos. El término "doblador" se refiere generalmente a un dispositivo que consiste en uno o más elementos piezoeléctricos asociados a un soporte flexible no piezoeléctrico, que puede ser eléctricamente conductor o aislante en función de la configuración específica del elemento, que actúa como una restricción para el elemento piezoeléctrico, transformando así una deformación en un desplazamiento perpendicular del dispositivo. El doblador aquí descrito se define generalmente como "unimorfo", en el sentido de que un elemento piezoeléctrico está asociado a un elemento pasivo no piezoeléctrico, también denominado soporte flexible.
- 10 Como alternativa, es posible utilizar dos elementos piezoeléctricos asociados directamente soldados entre sí o soldados a un elemento pasivo central, y alimentados de tal manera que el alargamiento de un elemento corresponda a la contracción del otro elemento. Un doblador con esta última configuración suele denominarse "bimorfo".
- 15 Tanto los dispositivos unimorfos como los bimorfos funcionan estando restringidos en un extremo en modo "barra fija" o "voladizo". El concepto puede extenderse a una lámina restringida en sus dos extremos o a formas más complejas, por ejemplo, una cruz restringida en sus cuatro extremos o, en casos límite, una forma que tenga infinitos lados de longitud infinitesimal, o una membrana, por ejemplo circular, restringida en su perímetro.
- 20 La ventaja ofrecida por los actuadores "dobladores", ya sean unimorfos o bimorfos, es que el desplazamiento que se puede obtener con los actuadores piezoeléctricos puede amplificarse incluso en más de un orden de magnitud: por ejemplo, una deformación intrínseca de algunos micrómetros del elemento piezoeléctrico puede amplificarse hasta escalas milimétricas. Esta característica es importante para el funcionamiento del sensor propuesto en esta solicitud de patente, ya que un mayor desplazamiento implica una mayor sensibilidad de medición.
- 25 Los dobladores pueden fabricarse utilizando técnicas menos costosas que los elementos a granel, como se explicará más adelante, y pueden alimentarse con una tensión más baja, lo cual es una característica crucial para las aplicaciones de automoción.
- 30 Como es sabido, la medición continua de las propiedades de un líquido desempeña un papel fundamental, en la medida en que permite optimizar el proceso en el que intervendrá el líquido. Un ejemplo es el proceso de combustión que tiene lugar dentro de un motor de combustión interna; para aumentar la eficacia de la combustión, hay que conocer las características de un combustible antes de que se produzca la combustión.
- 35 La densidad y la viscosidad del combustible son dos parámetros importantes para ajustar un motor de combustión y similares. En efecto, la densidad permite comprender si se ha añadido agua (que tiene una densidad diferente) al combustible, mientras que la viscosidad permite verificar si el combustible puede ser atomizado o nebulizado de forma óptima por el sistema de inyección.
- La medición de la viscosidad adquiere aún más importancia cuando se utiliza gasóleo obtenido a partir de plantas, que es más rico en parafinas que el mineral; conociendo el valor de la viscosidad, se puede intervenir calentando el combustible, si es demasiado viscoso, antes de atomizarlo o nebulizarlo dentro de los cilindros del motor, sin obstruir los conductos de combustible y/o los inyectores.
- 40 Una solución para medir la densidad y/o la viscosidad ha sido descrita por Shih et al. en el documento "*Simultaneous liquid viscosity and density determination with piezoelectric unimorph cantilevers*", publicado en Journal of Applied Physics, vol. 89(2). Este documento describe un doblador como el empleado por la invención reivindicada en la presente solicitud de patente.
- 45 Un límite del sensor descrito en este documento del estado de la técnica es su escasa sensibilidad, que no permite detectar de manera satisfactoria, para algunas aplicaciones, las variaciones de densidad y/o viscosidad que se producen en un combustible líquido, debido al intervalo limitado de variación (apenas unos Hz o unas pocas decenas de Hz) de la frecuencia a la que vibra el doblador.
- Además, la sensibilidad de la medición empeora aún más por la presencia de vibraciones originadas por el motor en funcionamiento, que pueden hacer vibrar el doblador, aumentando así aún más el ruido que entra en el circuito de medición.
- 50 La solicitud de patente US2009120169 muestra un sensor de fluido para monitorizar el estado del aceite del motor en un vehículo, que comprende un chip de circuito integrado de aplicación específica (ASIC) que transmite una señal de frecuencia variable al resonador de diapasón para monitorizar las impedancias del resonador.

Solicitud de patente DE102008054945 da a conocer un aparato para determinar y/o controlar la densidad y/o viscosidad de un medio. El aparato incluye: al menos una unidad que puede oscilar mecánicamente, que entra en contacto al menos parcialmente con el medio; al menos una unidad de transductor, que excita la unidad que puede oscilar mecánicamente para ejecutar oscilaciones mecánicas y que recibe oscilaciones mecánicas de la unidad que puede oscilar mecánicamente; y al menos una carcasa. Se proporciona al menos un elemento limitador. El elemento limitador se incorpora y se dispone de tal manera que el elemento limitador rodea al menos parcialmente la unidad que puede oscilar mecánicamente y la reducción resultante del volumen que rodea la unidad que puede oscilar mecánicamente aumenta la sensibilidad de medición del aparato.

La presente invención pretende resolver estos y otros problemas proporcionando un nuevo sensor y/o un nuevo procedimiento de medición, en el que se utiliza un elemento de tipo doblador.

La idea subyacente a la presente invención es utilizar un elemento de tipo doblador para detectar las propiedades de un líquido, según las reivindicaciones adjuntas.

Una aplicación del sensor de tipo doblador según la presente invención es para detectar las propiedades de un combustible y/o un aceite o un lubricante y/o un aditivo, como un aditivo de combustión y/o de escape.

La idea que subyace a la presente invención es la de utilizar un elemento auxiliar, también llamado elemento de referencia, yuxtapuesto o situado a corta distancia del doblador, según las reivindicaciones adjuntas.

De este modo, es posible aumentar la sensibilidad de la medición incrementando la variación de la frecuencia de resonancia que se produce al cambiar la densidad/viscosidad, gracias al uso del elemento de referencia, que provoca un aumento del grado de amortiguación del sensor. La ecuación de movimiento de un doblador sumergido en un líquido y hecho para oscilar por una fuerza aplicada externamente $F_0 \exp(-i\omega t)$ es la siguiente:

$$(Me + MI) \frac{d^2 y}{dt^2} + (b_m + b) \frac{dy}{dt} + Ky = F_0 \exp(-i\omega t)$$

donde Me y K , son, respectivamente, la masa real y la constante elástica real del doblador, y MI y b son, respectivamente, la masa inducida y el amortiguamiento debido al fluido. Puede observarse que MI y b dependen, respectivamente, de la densidad y la viscosidad del fluido. Por lo tanto, tanto una mayor densidad como una mayor viscosidad provocarán un cambio en la frecuencia de resonancia del doblador.

La presencia del elemento de referencia cerca del doblador aumenta la disipación debida al deslizamiento viscoso del fluido, y por lo tanto a un aumento de la contribución del parámetro de amortiguamiento inducido b_m , aumentando así el intervalo de variación de la frecuencia de resonancia del doblador.

Por lo tanto, diferentes procedimientos son factibles para estimar simultáneamente la densidad y la viscosidad de un fluido sin tener que utilizar modelos complejos que no son suficientemente fiables en condiciones operativas.

Un primer procedimiento prevé la utilización de un único doblador orientado hacia el elemento de referencia y que funciona con dos tensiones de alimentación diferentes, correspondientes a amplitudes de oscilación diferentes. Una tensión de pico más baja corresponde a una menor interacción con el elemento rígido de referencia y, por tanto, a un desplazamiento de la frecuencia de resonancia que se ve afectada por pesos que se designarán $Pm \cdot MI$ y $Pv \cdot b$.

Una tensión de pico más elevada corresponde a una mayor interacción con el elemento de referencia y, por tanto, a un desplazamiento de la frecuencia de resonancia que se ve afectada por pesos que se designarán $Pm \cdot MI$ y $Pv \cdot b$. Las relaciones relativas Pm/Pv y MI/Pv serán diferentes y permitirán, mediante una calibración adecuada, estimar tanto la densidad como la viscosidad. Este enfoque puede ampliarse para estimar otros parámetros significativos, como, por ejemplo, la presión del fluido, aprovechando una tercera condición operativa que permite resolver el sistema en tres incógnitas representadas por la densidad, la viscosidad y la presión.

Un segundo procedimiento prevé la utilización de dos dobladores iguales con elementos de referencia diferentes.

Un tercer procedimiento prevé el uso de dos dobladores con diferentes interacciones con el fluido, por ejemplo, que tengan superficies que interactúen de diferentes maneras con el fluido.

Estas mediciones pueden entonces asociarse con mediciones de temperatura tomadas por cualquier medio.

Otra medida asociable es la medición de la conductividad y de la constante dieléctrica del fluido, con el fin de obtener un mapa multiparamétrico capaz de proporcionar una información más precisa sobre el combustible líquido en uso.

Otras características ventajosas de la presente invención se expondrán en las reivindicaciones adjuntas.

Estas características, así como otras ventajas de la presente invención, se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción referida a las realizaciones mostradas en los dibujos anexos, que se proporcionan a modo de ejemplo no limitativo, en los que:

- 5 La Fig. 1 es una vista en perspectiva de un conducto de combustible acoplado a un sensor según la invención;
- La Fig. 2 es una vista en perspectiva del sensor que no forma parte de la presente invención, separado del conducto de combustible;
- La Fig. 3 es una vista en despiece del sensor de la Fig. 2;
- La Fig. 4 es una vista en perspectiva de una sección transversal de un sensor que no forma parte de la presente invención y de una parte del conducto de combustible de la Fig. 1;
- 10 La Fig. 5 es una vista en perspectiva de un elemento sensor incluido en el sensor de la Fig. 4;
- La Fig. 5a es una vista ampliada de un detalle del elemento sensor de la Fig. 5;
- La Fig. 5b es una vista en sección de un elemento sensor genérico según la invención;
- La Fig. 6 es una vista en perspectiva desde otro ángulo del elemento sensor de la Fig. 5, con una parte del mismo retirada;
- 15 Las Fig. 7, 8 y 9 muestran un elemento sensor según la presente invención
- Las Fig. 10, 11 y 12 muestran una variante del elemento sensor de las Fig. 5-6;
- Las Fig. 13 y 14 muestran un sensor según la presente invención, que comprende un elemento sensor circular;
- 20 Las Fig. 15 y 16 son vistas en perspectiva de una sección transversal del sensor de la Fig. 13, acoplado al conducto de combustible de la Fig. 1;
- La Fig. 17 es una vista en perspectiva del elemento sensor de las Fig. 13 y 14;
- La Fig. 18 es una vista en despiece del elemento sensor de la Fig. 17;
- La Fig. 19 es una vista en perspectiva de una variante del elemento sensor de la Fig. 17;
- 25 Las Fig. 20 y 21 son diagramas explicativos respectivos que muestran ejemplos correspondientes de aplicación del sensor según la invención;
- La Fig. 22 es una vista en sección que muestra la aplicación de un sensor según la invención a un filtro de fluido;
- La Fig. 23 muestra una variante de aplicación de un sensor según la invención a un conducto de fluido;
- 30 Figs. 24(a)-24(d) muestran esquemáticamente algunas formas de restricción de un elemento del sensor según la invención.

Con referencia a la Fig. 1, se muestra un dispositivo de suministro de fluido D para un motor de combustión interna, que comprende un conducto 1 para un líquido o combustible, también llamado comúnmente "línea de combustible" o "línea común".

- 35 En el conducto 1 hay un asiento de carcasa 11 compatible con un sensor 2 según la invención, una entrada 12 a través de la cual se hace fluir un líquido o combustible, y una o varias salidas 13, preferentemente cuatro, a las que se conectan inyectores para alimentar con combustible los cilindros de un motor de combustión interna (no representados en los dibujos por carecer de importancia a efectos de la explicación de la invención).

- 40 El asiento de carcasa 11 está situado preferentemente en un lado del conducto de combustible 1, y tiene una forma tal que se adapta al sensor 2; esta unión se estabiliza mediante medios de fijación adecuados, como una abrazadera 3 que bloquea el sensor 2 en una condición operativa; en particular, dicha abrazadera 3 está adaptada para posicionarse entre un asiento perimétrico del conducto 1 y un asiento perimétrico del sensor 2.

Los ejemplos mostrados en las figuras 2-5a, 6 no caen dentro del alcance de las reivindicaciones anexas, sin embargo son útiles para entender la estructura y el funcionamiento del sensor según la presente invención.

- 45 Como se muestra en la Fig. 2, se utiliza un elemento de sellado 21a, preferiblemente una junta tórica, con el fin de garantizar un sellado adecuado del acoplamiento entre el conducto 1 y el sensor 2.

- Con referencia también a la vista en despiece de la Fig. 3, el sensor 2 comprende un conector 22, un cable 23, preferentemente tripolar, una base o carcasa 24, compatible al menos en parte con el asiento de carcasa 11 del conducto 1, un elemento de sellado o protección 25 para la zona de conexión eléctrica entre el cable 23 y el sensor 2, elementos de contacto o conexión eléctrica 26, un soporte de doblador 27 con al menos una ranura 27a, un elemento sensor 4, también denominado simplemente "doblador", con forma de paralelepípedo e insertado parcialmente en la ranura 27a, un elemento de referencia 28, y un elemento de protección 29, que protege preferentemente dicho elemento sensor 4 contra las perturbaciones causadas por el líquido fluente y/o por las partículas dispersas en dicho líquido, cuando el elemento sensor 4 está en estado de operación.
- 50

- 55 Como se muestra también en la Fig. 5b, el elemento sensor 4 consiste en al menos un elemento pasivo no piezoeléctrico 31 y al menos un elemento activo piezoeléctrico 32 del tipo doblador, que se hacen integrales entre sí por medios adecuados.

El elemento activo 32 tiene una forma genéricamente laminar que, en el caso de la Fig. 1-6, es plana y rectangular.

En el ejemplo mostrado en las Figuras 5, 6 y 5a, el elemento sensor 4 está ventajosamente constituido por tres elementos activos 32 y tres elementos pasivos asociados entre sí. Los elementos activos 32 se superponen preferentemente de forma alternativa a dichos elementos pasivos 31, con el fin de aumentar ventajosamente la fuerza ejercida por el elemento sensor 4 y obtener una medición más precisa.

- 5 El elemento sensor 4 puede utilizarse para medir líquidos que contengan sustancias químicamente agresivas (por ejemplo, ácidos fuertes, bases o similares). Con objeto de aumentar ventajosamente la resistencia del elemento sensor 4 a tales sustancias, dicho elemento sensor 4 puede estar provisto, al menos parcialmente, de una carcasa o revestimiento 34, de modo que tanto los elementos activos 31 como los elementos pasivos 32 no entren en contacto directo con el líquido a medir. Para ello, dicho revestimiento 34 debe garantizar el grado de flexibilidad necesario, de modo que las mediciones efectuadas por el elemento sensor 4 no se vean alteradas ni afectadas por errores.

El elemento de referencia 28 también actúa como elemento de comprobación, por ejemplo, aumentando la disipación debida al flujo laminar del líquido, con el fin de garantizar la corrección de un proceso de medición que se describirá más adelante.

Los elementos de contacto 26 se apoyan en la base 24, insertándose o moldeándose sobre ella.

- 15 La base 24 también puede comprender un conector eléctrico incorporado (no mostrado en los dibujos), haciendo así innecesaria la presencia del cable 23 y del conector 22. A tal fin, los extremos 26a de los elementos de contacto 26 orientados hacia el exterior del conducto 1 pueden utilizarse para crear los terminales eléctricos de dicho conector eléctrico incorporado, como un conector eléctrico 22 integral o fabricado como una sola pieza con la carcasa 24.

- 20 Las partes del sensor 2 que son mojadas por el líquido a medir comprenden el elemento sensor 4 y los elementos 28,29; dichos elementos 28,29 tienen formas diferentes: El elemento 28 tiene forma de L, con el lado mayor más largo que el elemento sensor 4 y el lado menor preferentemente más largo que el espesor de dicho elemento sensor 4; el elemento 29 tiene forma cilíndrica hueca, con la superficie lateral provista de orificios que permiten la circulación del combustible alrededor del elemento sensor 4.

- 25 Como se ha mencionado anteriormente, el elemento de referencia 28 actúa como elemento de comprobación o referencia cuando el elemento sensor 4 está en operación, permitiendo así la ejecución y/o mejora del proceso de medición. De hecho, el movimiento del elemento sensor 4 induce el movimiento de un flujo entre la superficie de dicho elemento sensor 4 orientada hacia el elemento de referencia 28 y el propio elemento de referencia 28, asegurando así una mejor detección de la viscosidad del fluido, ya que la distancia entre dichas partes, conjuntamente con la anchura de las mismas, crea una especie de canal o porción de trayectoria por donde fluye el fluido.

Preferentemente, el elemento de referencia 28 está yuxtapuesto al elemento sensor 4 o, en cualquier caso, posicionado cerca del mismo, de tal manera que es sustancialmente paralelo a él y/o se encuentra a una distancia sustancialmente uniforme de él o de una porción prevalente del mismo.

- 35 El elemento de referencia 28 está dispuesto a una distancia tal del elemento sensor 4 que no interfiere mecánicamente con los movimientos de este último cuando está en operación, sino únicamente a través del efecto mediado por el fluido, mientras que el elemento protector 29 está dispuesto alrededor del elemento 28 y del elemento sensor 4.

- 40 Este último 4 tiene forma de paralelepípedo y es del tipo con dos capas que tienen vectores de polarización paralelos y concordantes (polos en Y). Por esta razón, el elemento sensor 4 debe ser alimentado por medio de tres contactos, que permiten alimentarlo eficazmente con tensiones continuas y/o alternas preferentemente en el intervalo de 12-13,8V, como las que se obtienen típicamente de las baterías de automoción.

- 45 En vista de la utilización de tensiones tan bajas, puede ser particularmente ventajoso utilizar dobladores en los que el material piezoeléctrico activo se deposita mediante técnicas de película fina, por ejemplo, pulverización catódica, deposición por plasma pulsado o sol gel, o mediante técnicas de película gruesa, de tal manera que se limite el espesor del material piezoeléctrico a centenas de nanómetros, para las técnicas de película fina, o a decenas de micrómetros, para las técnicas de película gruesa. Para aumentar el desplazamiento, pueden utilizarse soluciones multicapa, en las que se alternan múltiples capas de material activo con capas conductoras que actúan como electrodos. Como extensión de las técnicas de capa gruesa, cabe mencionar que el presente dispositivo puede fabricarse convenientemente utilizando técnicas LTCC (Low Temperature Cofired Ceramics (cerámica cocida a baja temperatura)), que permiten crear capas estructurales cerámicas, conductoras, resistivas e incluso piezoeléctricas.

Como se muestra también en las figuras 4-6, la base 24 comprende una porción 24c que tiene una forma tal que puede insertarse al menos parcialmente en el asiento de carcasa 11 del conducto de combustible 1; dicha porción 24c de la base 24 comprende también un asiento de carcasa 24d, preferiblemente circular, para alojar el elemento de sellado 21a, preferiblemente una junta tórica.

Además, la base 24 comprende asientos 24a para alojar los elementos de contacto 26, que en esta realización son tres; dichos elementos de contacto 26 pueden estar ventajosamente ensamblados o co-moldeados con la base 24, a fin de asegurar una mayor resistencia mecánica de toda la pieza.

Con el fin de garantizar una estanqueidad adecuada, evitando así cualquier fuga de líquido a lo largo de los asientos de carcasa 24a, el sensor 2 comprende, para cada elemento de contacto 26, dos juntas tóricas rígidas 21b, preferentemente metálicas, entre las cuales se encuentra una junta tórica de caucho 21c, de manera que la estanqueidad radial de la junta tórica 21c con respecto a la base 24 se ve mejorada por la presencia de las dos juntas tóricas rígidas 21b; dichas juntas tóricas 21b, 21c están centradas alrededor del elemento de contacto 26 y se mantienen en posición mediante los asientos 24b comprendidos en la base 24. Por la misma razón explicada anteriormente, también pueden ensamblarse o integrarse ventajosamente en la base 24 mediante co-moldeo.

Los elementos de contacto 26 conectan eléctricamente los contactos comprendidos en el elemento sensor 4, preferentemente dos o tres, al cable 23. La conexión eléctrica entre un elemento de contacto 26 y el elemento sensor 4 se obtiene mediante terminales o hilos metálicos 26a, cuya sección transversal es preferentemente menor que la de los elementos de contacto 26, facilitando así su colocación y/o conexión, también por flexión, cerca del elemento sensor 4, y/o su soldadura a dicho elemento sensor 4; en cambio, el contacto eléctrico entre los elementos

Los terminales 20 pueden tener una forma compatible con los asientos 24b y/o pueden ser co-moldeados con la base 24, por las mismas razones explicadas anteriormente.

El conector 22 comprende un número de contactos eléctricos (no mostrados en los dibujos) que es preferiblemente igual al número de elementos de contacto 26 que suministran energía al elemento sensor 4; dichos contactos eléctricos están en conexión eléctrica con el cable 23, y por lo tanto con el elemento sensor 4; dicho conector 22 también puede tener una forma tal que cumpla con cualquier norma de automoción o con cualquier otra norma.

Por ejemplo, el conector 22 mostrado en los dibujos entra dentro de los modelos reconocidos por algunos fabricantes de automóviles o sus proveedores (por ejemplo, FIAT - Serie 150 Super Seal, Delphi Inc. - serie GT); otros modelos existentes incluyen, por ejemplo, la serie Metri-Pack de Delphi, etc.

En cuanto al funcionamiento del sensor 2, es necesario señalar que el elemento sensor 4 está restringido a lo largo de un eje A-A debido a la interferencia entre la ranura 27a del soporte de doblador 27 y un extremo del propio elemento sensor 4. Cuando se suministra tensión alterna al elemento sensor 4, éste se dobla a lo largo de una dirección predominante que coincide con un eje B-B, ortogonal al eje A-A. Es evidente que el extremo del elemento sensor 4 que está más alejado del soporte de doblador 27 está sujeto a un desplazamiento mayor que las demás partes del elemento sensor 4.

Los sensores dobladores pueden funcionar de dos modos, es decir, como "generadores" o como "actuadores". En la presente solicitud de patente, en una de las versiones de sensor propuestas, una parte del elemento o elementos piezoeléctricos se utiliza como actuador, y otra se utiliza como sensor para medir la deformación real del elemento sensor 4 en diferentes instantes de funcionamiento.

En una instalación de automoción como la descrita en el presente documento, es necesario tener en cuenta el hecho de que el elemento sensor 4, aunque no reciba alimentación, vibrará debido al funcionamiento del motor alimentado por el conducto 1, de modo que el elemento sensor 4 producirá una tensión que contendrá componentes de ruido. Por este motivo, la frecuencia de funcionamiento del sensor deberá seleccionarse por encima de las frecuencias generadas por el motor y por otras piezas mecánicas móviles del vehículo. Además de aumentar la sensibilidad del sensor, un doblador miniaturizado también tiene frecuencias de resonancia más altas. El elemento sensor 4 deberá tener frecuencias de resonancia de primer modo comprendidas entre 150 Hz y 30 kHz, preferentemente entre 10 y 20 kHz.

En resumen, un procedimiento para medir la densidad y la viscosidad de un líquido a través del elemento sensor 4 comprende las siguientes etapas:

- a. medir una primera frecuencia de resonancia del elemento sensor 4 aplicándole una tensión de pico V1, por ejemplo 3V;
- b. medir una segunda frecuencia de resonancia con una tensión de pico V2, superior a V1, por ejemplo 12V;
- c. estimar los valores de densidad y viscosidad del líquido en el que está sumergido el elemento sensor 4 sobre la base de una asignación predefinida.

Como alternativa al procedimiento descrito anteriormente, un segundo procedimiento que emplea un único elemento sensor 4 pero dos modos de oscilación, por ejemplo frecuencias cercanas a la primera y segunda frecuencias de resonancia, comprende las siguientes etapas:

- a. medir una primera frecuencia de resonancia cuando el elemento sensor 4 está energizado por una frecuencia f1 correspondiente al primer modo de vibración del mismo;

- b. medir una segunda frecuencia de resonancia cuando el elemento sensor 4 es energizado por una frecuencia f_2 correspondiente al segundo modo de vibración del mismo;
- c. estimar los valores de densidad y viscosidad del combustible líquido en el que está sumergido el elemento sensor 4 sobre la base de un mapeo predefinido.

5 Como alternativa a los procedimientos descritos anteriormente, un tercer procedimiento que emplea dos elementos sensores 4 con diferentes restricciones, por lo tanto con diferentes características, comprende las siguientes etapas:

- a. medir una frecuencia de resonancia del primer elemento sensor 4;
- b. medir una frecuencia de resonancia del segundo elemento sensor 4;
- c. estimar los valores de densidad y viscosidad del líquido en el que está sumergido el elemento sensor 4 sobre la base de una asignación predefinida.

10

En general, el procedimiento comprenderá el uso de n modos operativos para estimar m parámetros, donde m es menor o igual que n ($m \leq n$).

Por ejemplo, se puede utilizar un único doblador con una frecuencia fija, preferentemente próxima a una frecuencia de resonancia, a n tensiones diferentes con relaciones diferentes respectivas entre la influencia del parámetro que depende principalmente de la densidad y la influencia del parámetro que depende principalmente de la viscosidad, a fin de estimar m parámetros, siendo m menor o igual que n . Por ejemplo, se puede crear un mapa del espacio definido por cuatro valores de amortiguación a cuatro tensiones de alimentación diferentes, definido en un espacio R4, para obtener, mediante una función de transformación adecuada, los valores de densidad, viscosidad y presión definidos en un espacio R3.

15

20 Del mismo modo, el espacio R4 puede estar definido por dos dobladores diferentes entre sí o con restricciones diferentes, alimentados por dos tensiones de alimentación diferentes. La frecuencia de resonancia del elemento sensor 4 se ve afectada por los cambios de viscosidad y densidad del líquido. En efecto, cuanto mayor es la viscosidad y la densidad del líquido, mayor es la resistencia (arrastre) que encuentra el elemento sensor 4 durante su desplazamiento.

20

25 La configuración utilizada aquí, con los elementos de referencia 28 cerca del elemento vibratorio, enfatiza la influencia de la viscosidad en la respuesta del sensor, permitiendo así ajustar la escala del sensor posicionando los elementos 28 a una distancia adecuada del elemento sensor 4.

25

Esta resistencia afecta al valor de la frecuencia de resonancia del elemento sensor 4: cuanto mayor sea la viscosidad, y por tanto la resistencia ofrecida al movimiento del elemento sensor 4, menor será la frecuencia de resonancia del elemento sensor 4; por el contrario, cuanto menor sea la viscosidad, mayor será la frecuencia de resonancia del elemento sensor 4. Con este principio de medición, es preferible montar el elemento sensor 4 en una posición en la que no esté sometido a fuerzas debidas a corrientes de fluido, vórtices o similares. Por esta razón, los elementos de protección 29 se disponen preferentemente alrededor del elemento sensor 4 para protegerlo de cualquier perturbación: dichos elementos de protección 29 deben garantizar la protección del elemento sensor 4, al tiempo que impiden el estancamiento del líquido a su alrededor para evitar que afecte al proceso de medición.

30

35

En comparación con la técnica anterior, en la que se coloca un doblador en el fluido y los valores de viscosidad y densidad se obtienen a partir de la frecuencia de resonancia y la anchura del pico, en este caso se propone disponer elementos de referencia 28 cerca del doblador para forzar al fluido a fluir con movimiento laminar en regiones muy cercanas al propio doblador. De hecho, se sabe que las ondas transversales se propagan muy poco en los fluidos. Utilizando elementos de referencia adecuados 28 dispuestos a poca distancia del doblador, es posible amplificar el efecto de la viscosidad sobre la variación del valor de la frecuencia de resonancia. Cabe señalar que, mediante la inserción de múltiples elementos piezoeléctricos (por ejemplo, dobladores), se puede medir tanto la viscosidad como la densidad basándose únicamente en el valor de la frecuencia de resonancia. Por ejemplo, se pueden emplear dobladores que tengan diferentes longitudes y/o elementos de referencia 28, como se ha descrito anteriormente.

40

Por supuesto, el ejemplo descrito hasta ahora puede estar sujeto a muchas variaciones. Una realización del sensor según la presente invención se muestra en las Figs. 7-9; para simplificar, la siguiente descripción sólo destacará aquellas partes que hacen que ésta y las siguientes realizaciones sean diferentes del ejemplo anteriormente descrito que no forma parte de la presente invención; por la misma razón, siempre que sea posible se utilizarán los mismos números de referencia, con la adición de uno o más apóstrofes, para indicar elementos estructural o funcionalmente equivalentes.

45

50

Esta variante del sensor 2' utiliza elementos de referencia y/o de protección que difieren de los del ejemplo anterior que no forma parte de la presente invención. De hecho, un elemento paralelepípedo 28' sustituye al elemento 28 utilizado en el ejemplo anterior. En cuanto al elemento 29, puede seguir estando presente, pero en aras de la simplicidad no se muestra en los dibujos.

El elemento 28^I tiene dimensiones y forma comparables a las del elemento sensor 4; dicho elemento 28^I está dispuesto sustancialmente paralelo, es decir, yuxtapuesto e igualmente espaciado, al elemento sensor 4 y/o a una porción prevalente del mismo, en la misma posición ocupada en el ejemplo anterior por el elemento de referencia 28.

5 La principal diferencia entre los elementos 28 y es la presencia de orificios 28^{Ia} (ya presentes en el elemento protector 29).

Estos orificios 28^{Ia} tienen la función de formar canales en los que el fluido a analizar puede fluir con movimiento laminar. También se utilizan para evitar el estancamiento del líquido en la superficie del elemento sensor 4, asegurando así un flujo constante de dicho líquido, y para proteger dicho elemento sensor 4 contra las turbulencias generadas por el movimiento del líquido a medir.

10 El elemento de control 28^I se coloca a una distancia cercana del elemento sensor 4, para definir con él una porción de la trayectoria del fluido donde se detectará al menos una propiedad del fluido.

Para mantener el elemento 28^I en posición, hay un soporte doblador 27^I similar al soporte doblador 27 del ejemplo anterior.

15 El soporte 27^I se diferencia del soporte 27 por la presencia de al menos una ranura (no representada en los dibujos) compatible con un extremo del elemento de referencia 28^I.

Las figuras 10-12 ilustran una segunda variante similar a la anterior. El sensor 2^{II} de esta variante se diferencia del anterior por la presencia de dos elementos 28^{II}, cada uno de los cuales es sustancialmente idéntico al elemento 28^I de la primera variante.

20 Aunque las dimensiones del sensor son mayores, esto mejora ventajosamente la mensurabilidad de un movimiento laminar del líquido, ya que la intensidad de este último aumenta por la presencia de un elemento adicional 28^{II}.

El mayor espacio ocupado por el sensor 2^{II} dentro del conducto es compensado por la mayor resistencia ofrecida por el fluido a la oscilación, mejorando así la sensibilidad de dicho sensor 2^{II}.

Para mantener ambos elementos 28^{II} en posición, hay un soporte doblador 27^{II} similar al soporte doblador 27^I del ejemplo anterior.

25 El soporte 27^{II} se diferencia del soporte 27^I por la presencia de una ranura adicional (no representada en los dibujos) compatible con el extremo del segundo elemento 28^{II}.

30 Dichos soportes 27, 27^I, 27^{II} pueden realizarse ventajosamente moldeando un material directamente sobre al menos una porción del elemento sensor 4 y/o del elemento de referencia 28, 28^I, 28^{II} y/o de los terminales eléctricos o conexiones 26; en particular, sobremoldeando un material polimérico o termoplástico o termoendurecible o elastomérico. Alternativamente, dichos soportes 27, 27^I, 27^{II} pueden realizarse ventajosamente vertiendo un material endurecedor o una resina sobre al menos una porción del elemento sensor 4 y/o del elemento de referencia 28, 28^I, 28^{II} y/o de los terminales eléctricos o conexiones 26. Dichos soportes 27, 27^I, 27^{II} pueden ventajosamente crear también un elemento de sellado.

35 Otra variante A golpeo se ilustra en las Figuras 13-18. Esta variante comprende un sensor 2^{III} con algunas diferencias respecto a los sensores 2, 2^I, 2^{II} considerados hasta ahora.

40 Una primera diferencia es que el sensor 2^{III} comprende un elemento sensor 4^{III} sustancialmente circular; dicho elemento sensor 4^{III} comprende una membrana o elemento pasivo 31^{III} que tiene las mismas funciones que el elemento pasivo 31 descrito anteriormente, preferentemente de alúmina, sobre el que se han serigrafiado electrodos y una capa piezoeléctrica o activa 32^{III} que tiene la misma función que el elemento activo 32 descrito en los ejemplos anteriores.

El sensor 2^{III} comprende un elemento de referencia circular 28^{III} de dimensiones similares a las del elemento sensor 4^{III}, de modo que pueda superponerse a éste, formando así un intersticio en el que pueda fluir el líquido a medir.

El elemento 28^{III} realiza las mismas funciones que los elementos 28 incluidos en las variantes precedentes, y comprende orificios 28^{IIIa}, 28^{IIIb} para permitir un flujo laminar del líquido a medir.

45 Ambos orificios 28^{IIIa}, 28^{IIIb} tienen preferentemente una forma elíptica y están dispuestos con simetría radial. Los agujeros 28^{IIIa} son más grandes que los agujeros 28^{IIIb}. y dichos agujeros 28^{IIIa} están situados en la proximidad del borde del elemento 28^{III}, mientras que los agujeros 28^{IIIb} están situados en el centro de dicho elemento 28^{III}.

50 Los orificios 28^{IIIa}, que son más grandes, ofrecen menos resistencia al flujo. De hecho, su función principal es mejorar el cambio de fluido dentro del interespacio. En cambio, los orificios 28^{IIIb} interactúan principalmente con el movimiento del fluido generado por la deformación del elemento sensor 4^{III}, ya que son más pequeños que los orificios 28^{IIIa} y están situados delante de la parte central del elemento sensor 4^{III}, donde la deformación es mayor.

El elemento sensor 4^{III} está dispuesto de tal manera que su eje coincide con el de una base 24^{III}, siendo esta última similar en forma y función a la base 24 del ejemplo principal.

El elemento sensor 4^{III} se mantiene en posición y/o se sella mediante la acción de un anillo circular o elemento de sellado 30, asociado o fijado al elemento sensor 4^{III}, en el que, en particular, dicho anillo circular 30 actúa sobre todo el perímetro circular de un elemento pasivo 31^{III} del doblador; dicho elemento pasivo 31^{III} asegura que el elemento activo 32^{III} se posicione correctamente, al descansar sobre la base 24, y aumenta la rigidez general del elemento sensor 4^{III}.

Esta variante lleva al límite el concepto de voladizo ya presente en la realización principal. De hecho, la forma de disco puede obtenerse mediante un proceso en el que, en un caso límite, infinitos lados de longitud infinitesimal están constreñidos a lo largo del perímetro del elemento sensor 4^{III}, en lugar de sólo un lado constreñido como en el caso mostrado en la Fig. 7.

Como alternativa, el doblador circular puede realizarse por serigrafía, directamente sobre estructuras cerámicas monolíticas que comprenden una membrana cerámica de algunas decenas de micrómetros de espesor y una corona cerámica circular más gruesa que la soporta, es decir, serografiando o depositando un elemento activo piezoeléctrico 32^{III} directamente sobre el elemento pasivo 31^{III}; dicho elemento pasivo 31^{III} es una membrana que permite ventajosamente aumentar la rigidez del elemento activo piezoeléctrico 32^{III}, alcanzando así las mismas ventajas ya descritas.

Cuando el elemento sensor 4^{III} es alimentado con corriente alterna, se desplaza a lo largo de un eje C-C mostrado en las Figuras 17 e 18, y la parte de mayor recorrido es su centro.

El elemento sensor 4^{III} se alimenta por medio de un cable bipolar 23^{III}, que pone el elemento sensor en contacto eléctrico con un conector 22^{III} similar al conector 22 utilizado en las variantes anteriores; dicho conector 22^{III} comprende dos contactos eléctricos, conectados respectivamente a los dos conductores 23^{III}b comprendidos en el cable bipolar 23^{III} (como se muestra en la Fig. 16).

Cada uno de los conductores 23^{III}b incluye un hilo interno 23^{III}a que proporciona un contacto eléctrico directo entre el elemento activo 32^{III} y el conector 22^{III}, sin los terminales 20 utilizados en las variantes anteriores.

Los contactos eléctricos deben soldarse en una región periférica con respecto al centro de la membrana, para evitar amortiguar el movimiento del doblador.

En esta variante, el elemento sensor 4^{III} no está sumergido en el líquido a medir, ya que sólo una de sus caras está lapeada por dicho líquido.

Con el fin de limitar la cantidad de vibraciones captadas por el elemento sensor 4^{III}, es preferible colocar dicho elemento sensor 4^{III} en una posición en la que el eje C-C sea perpendicular a la dirección en la que las vibraciones producidas por el funcionamiento del motor sean mayores.

Finalmente, otra cuarta variante se muestra en la Fig. 19. Esta variante difiere de la anterior principalmente porque comprende una partición de un electrodo del elemento sensor de tipo doblador circular 4^{IV}; dicho doblador 4^{IV} comprende, de hecho, tres elementos piezoeléctricos colocados en una cara de la membrana pasiva, que preferentemente es de alúmina, junto con los respectivos electrodos.

Este doblador 4^{IV} permite suministrar energía a un elemento activo piezoeléctrico a través de un contacto, mientras que el otro elemento activo piezoeléctrico puede utilizarse como sensor para medir la deformación de la membrana. Por supuesto, el mismo concepto es aplicable a los dobladores rectangulares descritos anteriormente configurando adecuadamente los electrodos, es decir, es posible utilizar dobladores que tengan uno o dos o más elementos activos.

Además, para asegurar el contacto eléctrico entre el doblador 4^{IV} y el circuito de medida, esta variante utiliza los mismos medios ya empleados en el ejemplo principal, es decir, los elementos de contacto 26, los terminales 20, el cable tripolar 23 y el conector 22.

Las figuras 20 y 21 ilustran dos ejemplos de aplicación del sensor 2 según la invención.

En particular, la figura 20 representa esquemáticamente un ejemplo de aplicación del sensor 2-2^a en el que dicho sensor 2-2^a está acoplado a un sistema para inyectar un aditivo en un motor de automóvil, con el fin de reducir las emisiones de escape, tales como óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono y dióxido de carbono (CO y CO₂), y partículas (PM).

Dicho sistema de inyección utiliza la Reducción Catalítica Selectiva (SCR), que es un conocido proceso de reducción de emisiones.

En la práctica, durante dicho proceso se añade un agente químico reductor (por ejemplo, el producto comercialmente disponible como AdBlue) en estado líquido a los gases de escape en presencia de un catalizador: el reductor reacciona con los óxidos de nitrógeno (NO_x) que se encuentran en los gases de escape, formando así vapor de agua (H_2O) y nitrógeno gaseoso (N_2).

- 5 Para ello, es necesario que el agente reductor líquido se dosifique con precisión mediante un inyector.

En el ejemplo de la Fig. 20, el sistema de control de emisiones comprende un conducto de entrada de aire 100, asociado con un filtro de entrada de aire 101 y un tubo de admisión de aire 102, que pone el filtro 101 en comunicación fluidica con una etapa de turbocompresor que comprende una turbina 103a y un compresor 103.

- 10 El sistema de control de emisiones está asociado a un motor de combustión interna 104 que comprende un colector de escape 104a conectado a la turbina 103a, estando a su vez la salida de la turbina 103a conectada a un tubo de escape 102b, a lo largo del cual hay un conjunto catalizador 106 que lleva a cabo la reacción catalítica SCR.

El tubo de admisión de aire 102 está en comunicación fluidica con la entrada del compresor 103, que se comunica aguas abajo con un colector de admisión 104b del motor 104 a través de un canal 107, a lo largo del cual, en este caso, está instalada una etapa de refrigeración 108 (también llamada refrigeración intermedia).

- 15 El flujo de aire se aspira a través de la entrada 100, aguas abajo de la cual el filtro 101 atrapa cualquier partícula sólida en suspensión, por ejemplo, polvo. Una vez filtrado, el flujo de aire entra en el turbocompresor 103, donde se comprime, y se introduce en el colector de admisión 104b, generando así un flujo de aire comprimido y alimentando los cilindros del motor 104 con una masa de aire superior a la que podrían admitir sin compresión.

- 20 El compresor 103 está conectado a través de un eje a la turbina 103a, que es girada por los gases de escape procedentes del colector 104a.

Antes de ser enviado al colector de admisión 104b, el flujo de aire comprimido que sale del compresor 103 se enfría a través de la etapa 108, es decir, un intercambiador térmico (del tipo aire/aire o aire/agua) que enfría el aire que sale del turbocompresor antes de que entre en el motor 104.

- 25 Para optimizar el funcionamiento del sistema SCR, se utilizan sensores adecuados de presión y/o temperatura y/o humedad del aire (no mostrados en los dibujos), de modo que la unidad de control 109 pueda dosificar en el mejor de los casos un agente reductor (por ejemplo, AdBlue).

Con este fin, el sistema de la Fig. 20 incluye un inyector 110 para inyectar el agente reductor en forma líquida, situado aguas arriba del conjunto de catalizador 106.

- 30 La dosificación de dicho agente reductor es realizada por la unidad de control 109, que controla todos los parámetros físicos que intervienen en la reacción de Reducción Catalítica Selectiva (SCR).

- 35 El agente reductor pulverizado por el inyector 110 se rompe al entrar en contacto con los gases de escape calientes, generando amoníaco, que reacciona con los óxidos de nitrógeno en el catalizador 106 y los transforma en partículas de nitrógeno y agua. La unidad de control 109 realiza una dosificación precisa del agente reductor, que se ha añadido a un depósito específico 111. La unidad electrónica 109 que controla el proceso de dosificación está conectada a la electrónica del motor, y crea una mezcla equilibrada de agente reductor y gases de escape en función de los parámetros del motor (como la temperatura del aire de admisión, la temperatura del agua, el caudal de aire de admisión, las rpm), de modo que el agente reductor se inyecta siempre en la cantidad correcta.

- 40 Para optimizar este proceso, se utiliza un sensor 112, que puede ser sensible al amoníaco (NH_3) o al NO_x , y que se coloca en el tubo de escape 105 aguas abajo del catalizador 106. La detección llevada a cabo por el sensor 112 es muy importante, ya que es en base a dicha detección que se ajusta la cantidad óptima de agente reductor a pulverizar por el inyector 110.

- 45 De acuerdo con la invención, se incluye al menos un sensor de doblado 2- i^v para detectar las características del agente reductor utilizado en el vehículo, tal como un sensor de doblado 2-2 ^{iv} adaptado para detectar las características del aditivo (por ejemplo, AdBlue) alimentado desde el depósito 111 al conducto 102b aguas arriba del conjunto catalizador, en particular a través de un conducto 113 conectado entre el depósito 111 y el inyector 110.

Para ello, el sensor de doblado 2,2 ^{iv} puede instalarse directamente en el depósito de aditivo y/o en una porción 130 de dicho conducto hidráulico 113 que lleva el aditivo desde el depósito hasta la tubería 102b.

El sensor 2-2 ^{iv} está conectado a la unidad de control 109, para permitir detecciones y/o ajustes apropiados en función de las características del aditivo.

- 50 Por ejemplo, el sensor doblador 2- i^v puede detectar aditivo/urea más o menos diluido, o un contenido de agua variable, y la dosificación del aditivo y/u otros parámetros del motor se ajustarán en consecuencia.

La fig. 21 ilustra otra variante de aplicación del sensor de doblado según la invención, para controlar las características de un lubricante o de un aceite utilizado por el motor 104. Esta aplicación puede implementarse independientemente de la aplicación precedente relativa a un sistema de control de emisiones SCR, o ambas aplicaciones pueden estar presentes en el mismo motor de combustión.

5 Aunque la figura 21 también muestra el conjunto catalizador 106, para mayor claridad sólo se ha resaltado la parte relativa a un circuito de lubricación del motor 123, que comprende un depósito de aceite o lubricante 121 y un cárter de aceite 104c, que está comprendido en el motor 104 y está conectado a dicho depósito 123 mediante un conducto 124.

10 En el sistema de lubricación 123 hay al menos un sensor de doblado 2-iv según la invención, que puede estar situado en el motor (por ejemplo, en el cárter de aceite 104c) y/o en una porción 131 del conducto 124 y/o en un filtro de aceite 120 y/o en el depósito de aceite 121.

Una posible aplicación del sensor según la invención a un filtro 120 es visible con más detalle en la figura 22, que muestra la sección transversal de un filtro, como un filtro típico para aceite, combustible, gasóleo o similar.

15 El filtro 120 comprende una carcasa externa 121 de geometría cilíndrica, formada por dos porciones en forma de copa 121a, 121b atornilladas entre sí en una rosca 122.

20 La carcasa aloja un cartucho de filtro 125 de un tipo *per se* conocido, que circunscribe un canal axial 126 del filtro, en uno de cuyos extremos se aplica el sensor de doblado 2^{III}. El sensor de doblado 2^{III} está fijado a la porción 121b de la carcasa 121, de tal manera que está colocado dentro del conducto 126 del filtro 120 por donde fluye el aceite filtrado, evitando así ventajosamente cualquier daño al sensor de doblado 2^{III}, que de otro modo podría ser causado por corpúsculos en suspensión en el aceite. No obstante, el sensor de doblado 2^{III} también puede instalarse antes del filtro 120.

La geometría circular del sensor se adapta bien a la del filtro 120, pero es evidente que también las otras formas del sensor 2, 2^I, 2^{II} de la invención pueden utilizarse en asociación con el filtro 120 o, más en general, con una pared de una carcasa como la de este filtro.

25 Este es el caso, por ejemplo, del depósito de aceite 121 o cárter de aceite 104c asociado con el motor de combustión interna 104, o una porción de colector 130, 131 como la mostrada en las Figuras 21, 22 y 23.

En este caso, un sensor 2^I como el ya descrito anteriormente se aplica transversalmente a la extensión longitudinal del colector 130, demostrando así la versatilidad de uso del sensor según la invención.

30 En otras palabras, puede afirmarse que las prestaciones de este último, resultantes de sus características estructurales y de funcionamiento especificadas anteriormente con referencia a los diversos ejemplos de realización descritos en el presente documento, permiten numerosas aplicaciones de un sensor de doblado de acuerdo con la invención.

35 Dependiendo de tales aplicaciones, también son posibles otras variantes de sensores, como las mostradas en las Fig. 24(a)-24(d). Estos dibujos muestran diversas representaciones esquemáticas del elemento pasivo 31 y del elemento activo 32, que componen el elemento sensor 4; dichos elementos pueden estar soportados en un solo extremo (como en los ejemplos de las Fig. 1-10) o en ambos extremos (Fig. 24(b)).

No obstante, el elemento sensor 4, y en particular su elemento pasivo (no piezoeléctrico), también puede estar soportado por medio de un cuerpo anular rígido 33 como el que se muestra en las Fig. 24(c) y 24(d).

40 Como resultado, el sensor tendrá posiblemente una forma de cruz o de estrella, como se muestra en las Figuras 24(c) y 24(d), respectivamente.

Todos los ejemplos y variantes descritos anteriormente pueden adaptarse a los distintos tipos de fluidos para los que está previsto el sensor; en particular, los fluidos, que pueden ser líquidos, gaseosos o mixtos (por ejemplo, emulsiones, suspensiones, espumas, etc.), pueden ser aceites, combustibles de automoción, líquidos de lavado o aditivos diversos.

45 Además, el elemento de referencia 28-28^{III}, que se ha descrito y ejemplificado en el presente documento como un elemento sustancialmente rígido, también puede ser de otro tipo o material adecuado para el fin previsto; por ejemplo, un material flexible como una lámina metálica, o un material ligeramente elástico como un material termoplástico flexible o un elastómero rígido.

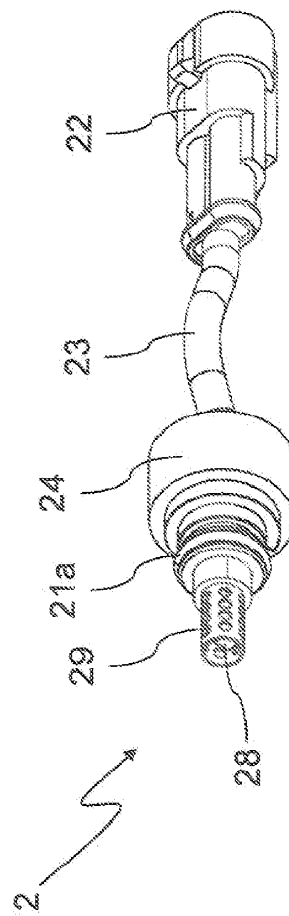
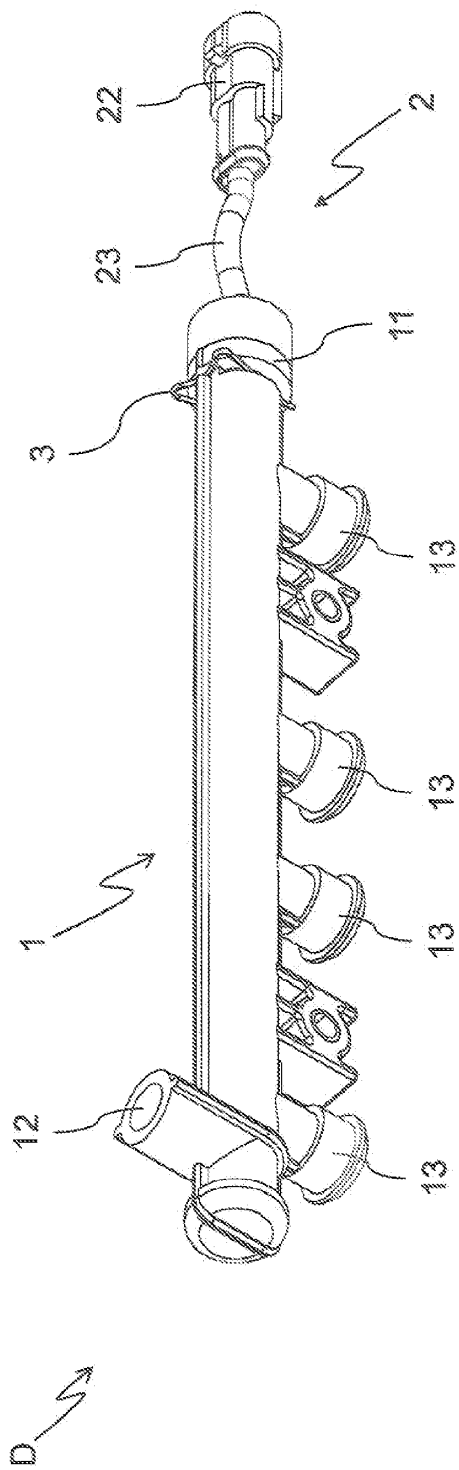
50 Todas las variantes posibles que resultarán evidentes para los expertos en la materia quedarán, no obstante, comprendidas en el alcance de las reivindicaciones siguientes; a este respecto, los diversos detalles y formas de las mismas podrán modificarse con respecto a los descritos en el presente documento a modo de ejemplo, y las características individuales descritas y/o ilustradas en el presente documento podrán combinarse entre sí para crear

dispositivos que podrán ser incluso diferentes de lo que se ha indicado en el presente documento a modo de ejemplo no limitativo.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor para detectar al menos una de la densidad o la viscosidad de un líquido, que comprende un elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) para el contacto con dicho fluido, y en el que el estado de dicho elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) se ve afectado por al menos una de la densidad o la viscosidad del líquido,
5 y en el que el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) comprende un elemento activo piezoeléctrico de tipo doblador (32,32^{III}),
en el que hay medios asociados al elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) para detectar la frecuencia de resonancia de dicho elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) y/o la amortiguación de la oscilación del mismo a una frecuencia fija
caracterizado porque
10 comprende al menos un elemento de referencia (28, 28^I, 28^{II}, 28^{III}) yuxtapuesto a o situado cerca del elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}), de manera que se encuentre a una distancia sustancialmente uniforme de dicho elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) o de una parte predominante del mismo a fin de definir con él al menos una parte de la trayectoria del líquido en la que se detectará al menos una de la densidad o la viscosidad del líquido, estando presentes en dicho elemento de referencia (28, 28^I, 28^{II}, 28^{III}) orificios (28^Ia, 28^{II}a, 28^{III}b) que tienen la función de formar canales para el líquido, a fin de permitir que el líquido fluya con movimiento laminar,
15 y en el que el elemento de referencia (28^I, 28^{II}, 28^{III}) opera como elemento de comprobación o amortiguación en el que dicha distancia desde el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) es tal que aumenta el grado de amortiguación o mejora la sensibilidad de la medición al aumentar la variación de la frecuencia de resonancia que se produce al cambiar la densidad/viscosidad.
- 20 2. Un sensor según la reivindicación 1, en el que el elemento de referencia (28, 28^I, 28^{II}, 28^{III}) es sustancialmente paralelo al elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) o a una porción prevalente del mismo.
3. Un sensor según la reivindicación 1 o 2, que comprende un elemento pasivo (31,31^{III}) asociado al elemento activo (32,32^{III}) y que coopera con éste para interactuar con el líquido al detectar dicha al menos una propiedad.
- 25 4. Un sensor según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento activo (32,32^{III}) tiene sustancialmente una forma elegida entre las siguientes: paralelepípedo, cruciforme, poligonal, anular, circular.
5. Un sensor según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento pasivo (31,31^{III}) tiene sustancialmente una forma elegida entre las siguientes: paralelepípedo, cruciforme, poligonal, anular, circular.
6. Un sensor según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los medios asociados al elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) para detectar la frecuencia de resonancia y/o la amortiguación de la oscilación del mismo
30 comprenden un circuito de medida.
7. Un sensor según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende al menos un elemento de protección (29) capaz de proteger el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}), en particular contra cualquier perturbación causada por el flujo de combustible líquido y/o por partículas dispersas en dicho combustible líquido.
8. Un sensor según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una base o carcasa (24)
35 que tiene una forma al menos parcialmente compatible con un asiento de carcasa (11) comprendido en un conducto de combustible (1).
9. Un conducto de combustible (1) que comprende un sensor (2-2^{IV}) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
10. Uso de un sensor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, para detectar al menos una de la densidad o la viscosidad de un líquido en al menos uno de un conducto, un depósito, un filtro.
40
11. Uso de un sensor según la reivindicación 10 , para aplicaciones de automoción.
12. Un procedimiento para detectar al menos la densidad o la viscosidad de un líquido, mediante un sensor (2-2^{IV}) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 y en el que el procedimiento comprende las etapas de:
45 a. medir una primera frecuencia de resonancia del elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) aplicándole una tensión de pico V1;
b. medir una segunda frecuencia de resonancia aplicando una tensión de pico V2, superior a V1, a dicho elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV});
c. estimar los valores de densidad y/o viscosidad del líquido en el que está sumergido el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}), sobre la base de un mapeado predefinido.
- 50 13. Un procedimiento para detectar al menos una de la densidad o viscosidad de un líquido, mediante un sensor (2-2^{IV}), de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, y en el que el procedimiento comprende las etapas de:

- a. medir una primera frecuencia de resonancia cuando el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) está energizado por una frecuencia f1 correspondiente a un primer modo de vibración del mismo;
 - b. medir una segunda frecuencia de resonancia cuando el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) está energizado por una frecuencia f2 correspondiente a un segundo modo de vibración del mismo;
 - c. estimar los valores de al menos una de, la densidad o la viscosidad del líquido en el que está sumergido el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}), sobre la base de un mapeado predefinido.
14. Un procedimiento para detectar al menos una de la densidad o la viscosidad de un líquido, mediante un par de sensores (2-2^{IV}), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que dichos sensores (2-2^{IV}) tienen características diferentes y comprenden, respectivamente, un primer elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) que comprende un primer elemento activo (32, 32^{III}), y un segundo elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) que comprende un segundo elemento activo (32, 32^{III}), y en el que el procedimiento comprende las etapas de:
 - a. medir la frecuencia de resonancia del primer elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) cuando el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) está energizado por una frecuencia f1 correspondiente a un primer modo de vibración del mismo;
 - b. medir la frecuencia de resonancia del segundo elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) cuando el elemento sensor (4, 4^{III}, 4^{IV}) está energizado por una frecuencia f2 correspondiente a un segundo modo de vibración del mismo;
 - c. estimar los valores de una propiedad del fluido en el que están sumergidos los elementos sensores (4, 4^{III}, 4^{IV}), como los valores de densidad o viscosidad de dicho líquido , o sobre la base de un mapeado predefinido.
15. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14 , en el que al menos un sensor (2-2^{IV}, 4, 4^{III}, 4^{IV}) está asociado con múltiples elementos de referencia (28, 28^I, 28^{II}, 28^{III}), en el que dichos elementos de referencia (28, 28^I, 28^{II}, 28^{III}) son preferentemente diferentes entre sí, de modo que un primer sensor (2, 2^{III}) tendrá características diferentes de un segundo sensor (2, 2^{III}).



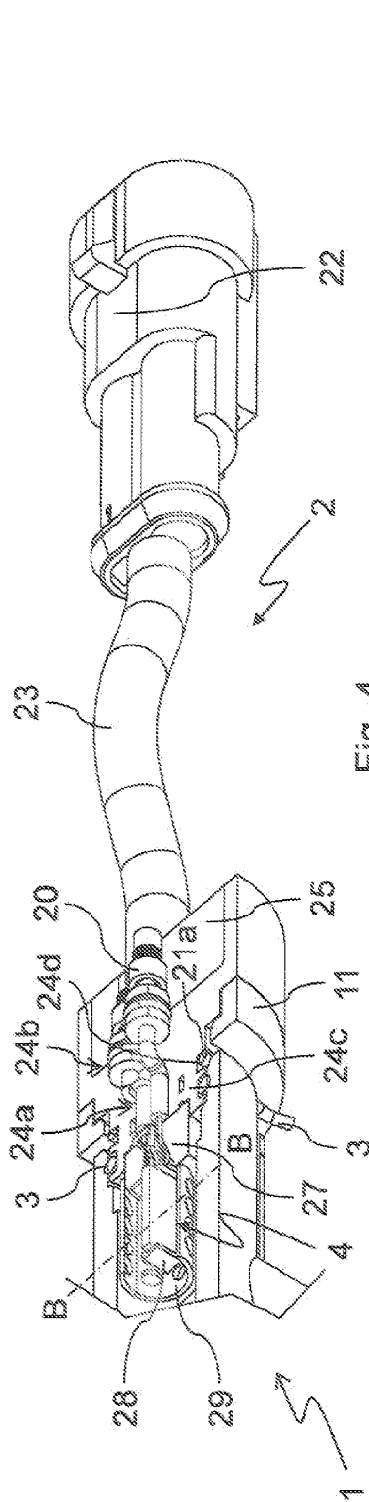


Fig. 4

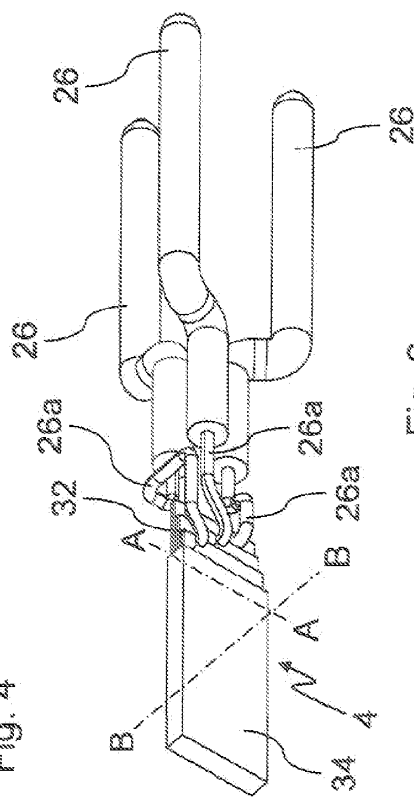


Fig. 5

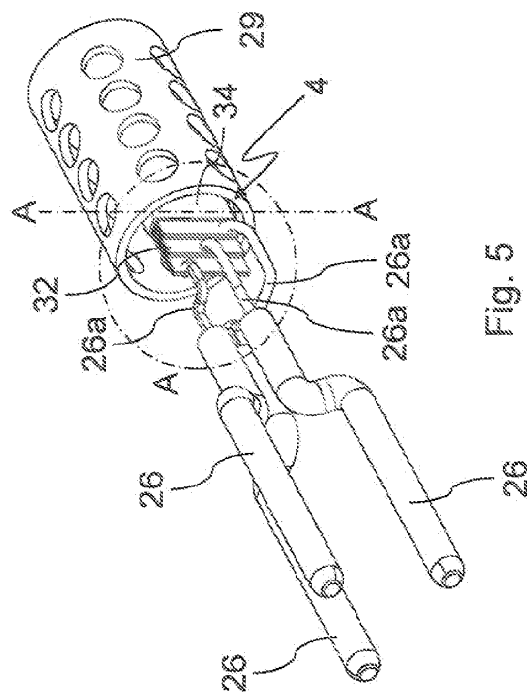


Fig. 6

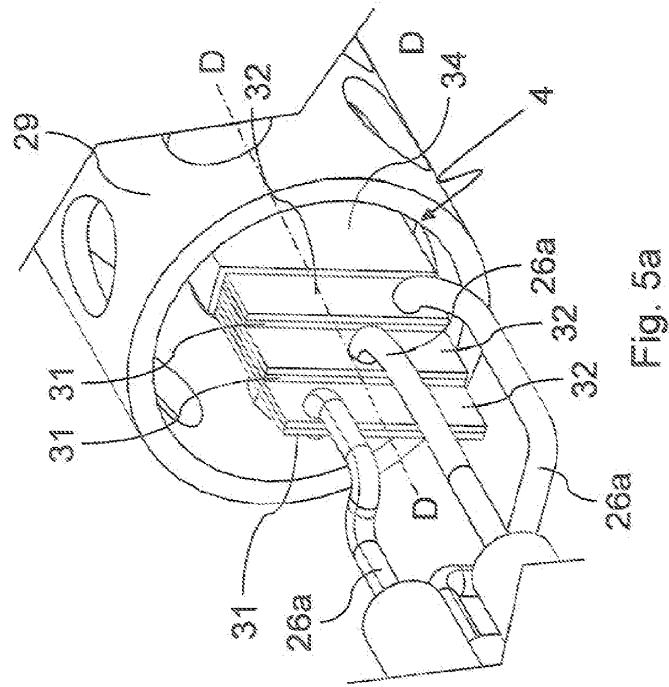


Fig. 5a

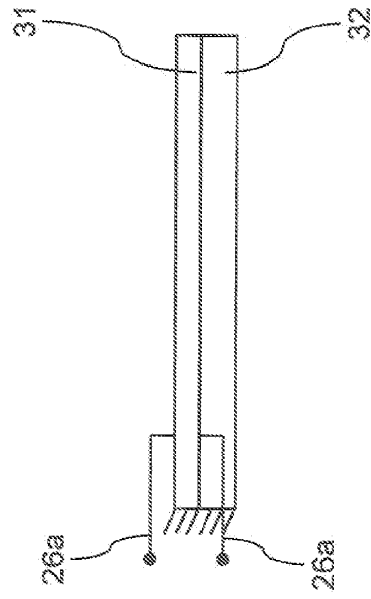


Fig. 5b

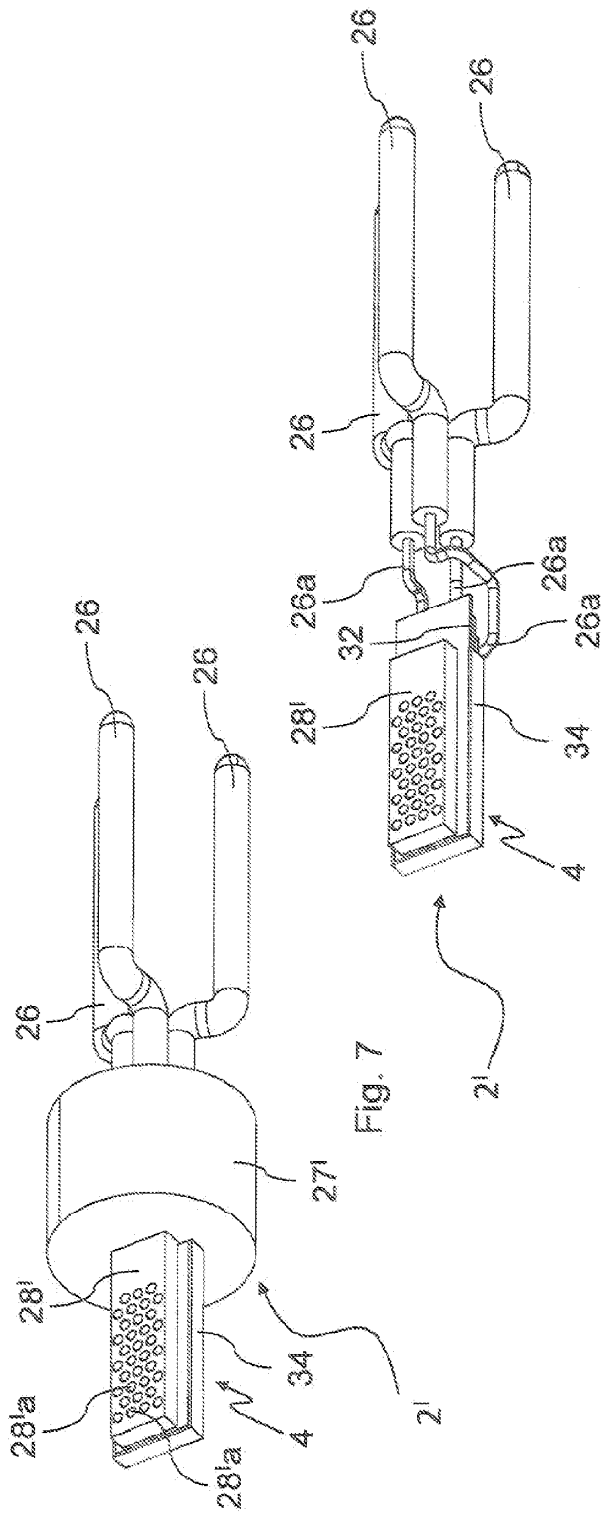


Fig. 8

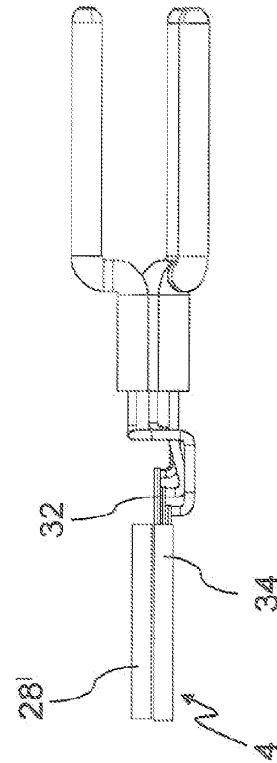
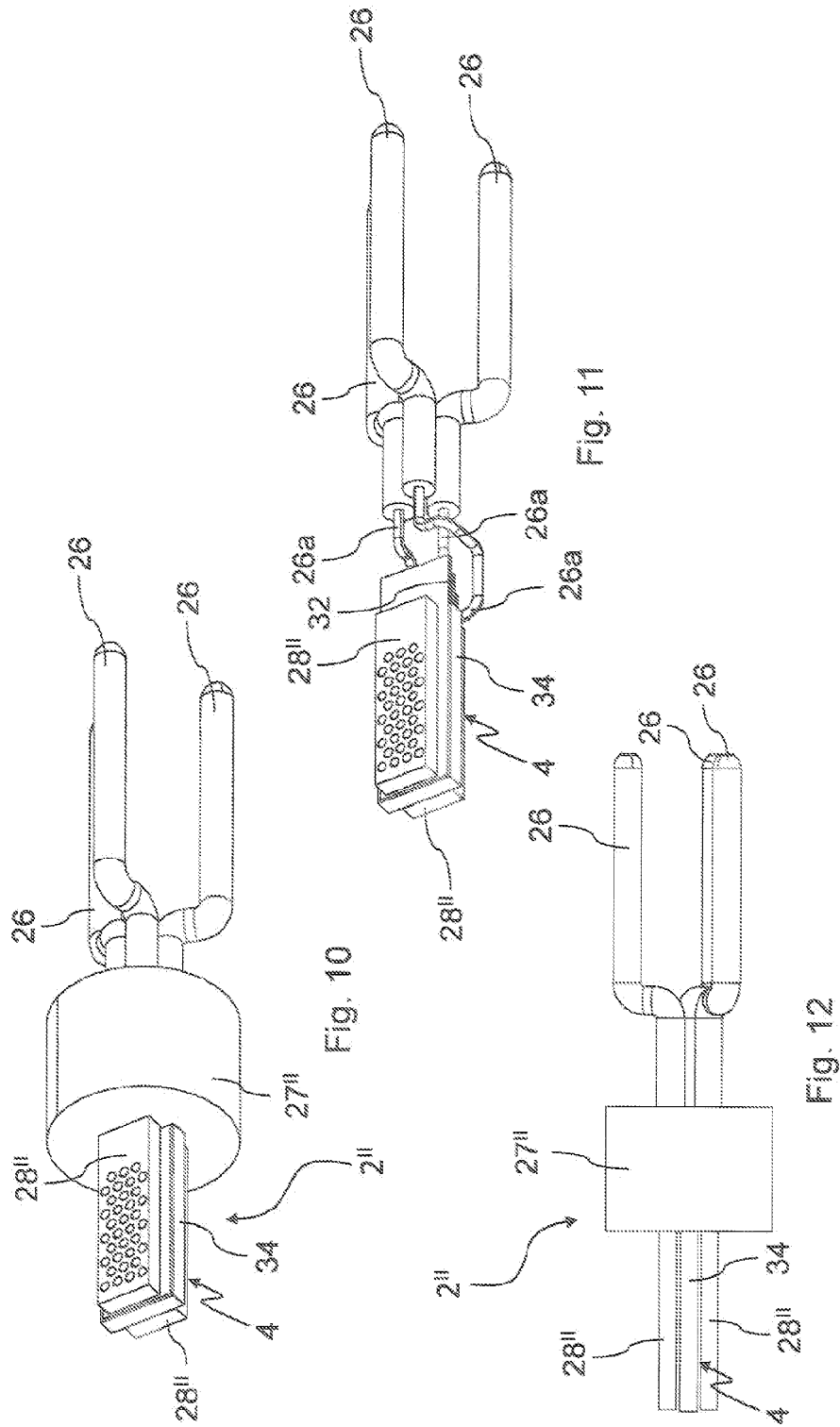
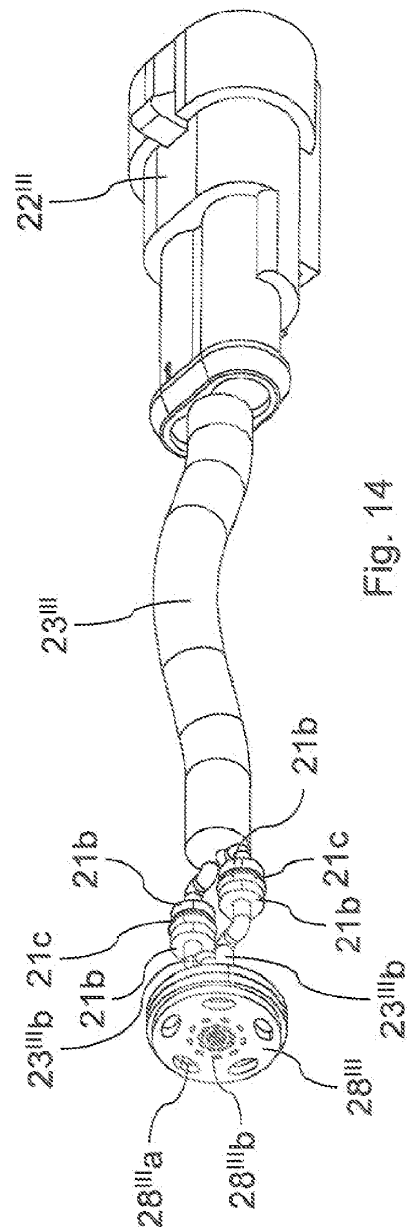
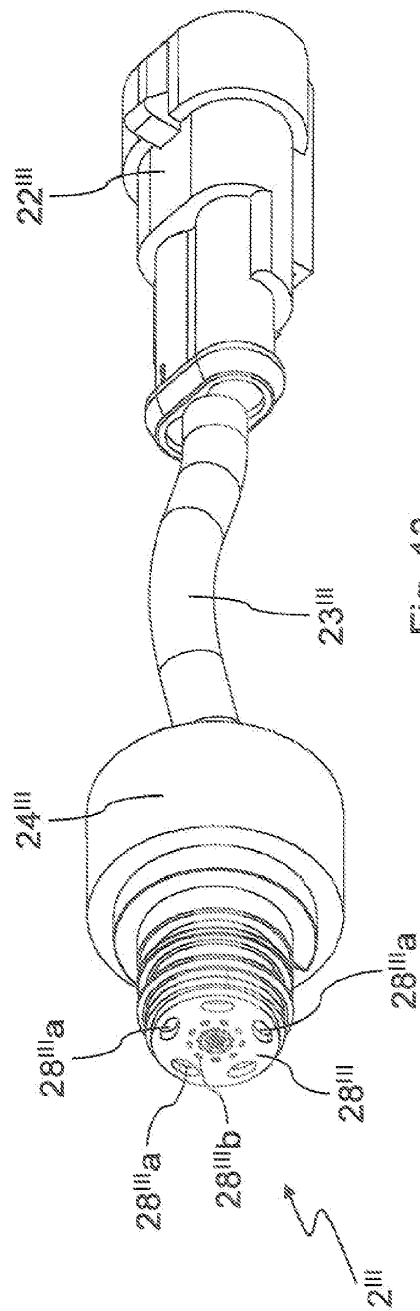


Fig. 9





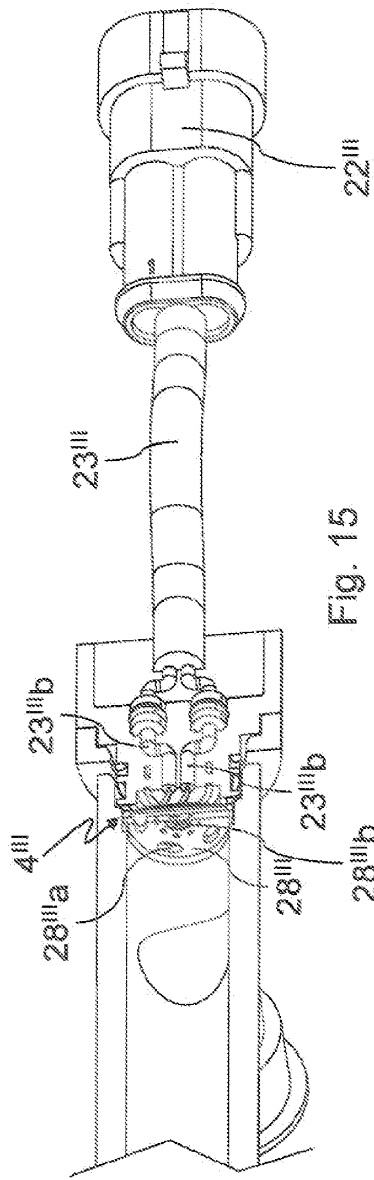


Fig. 15

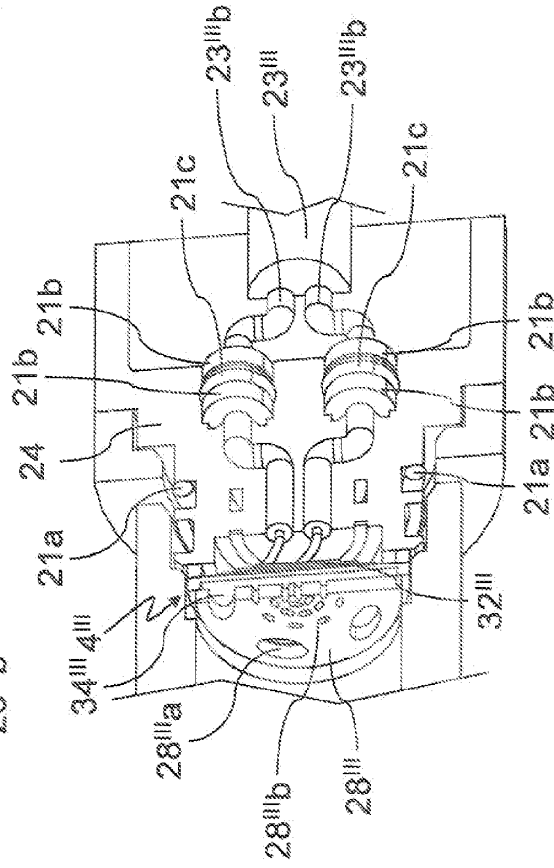


Fig. 16

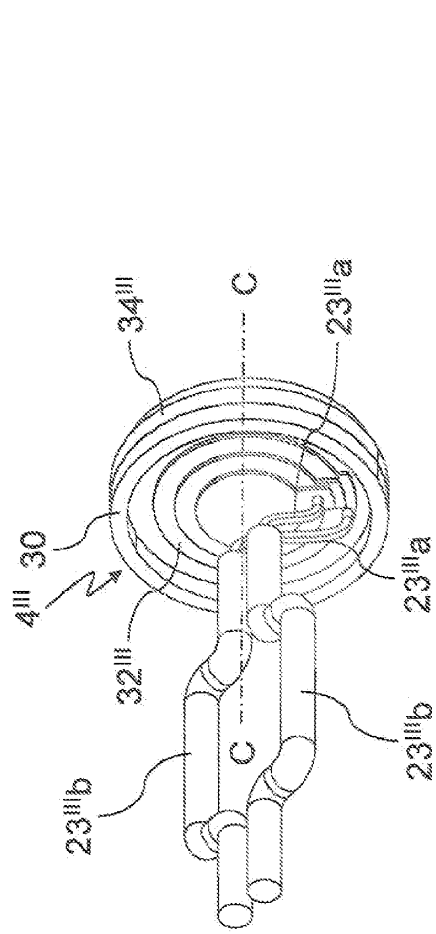


Fig. 17

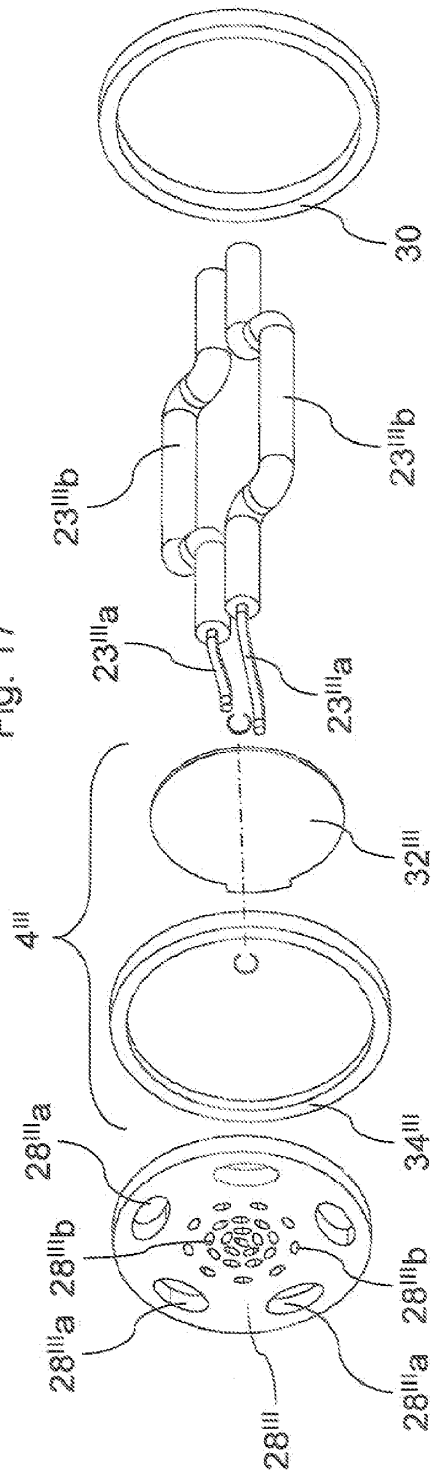


Fig. 18

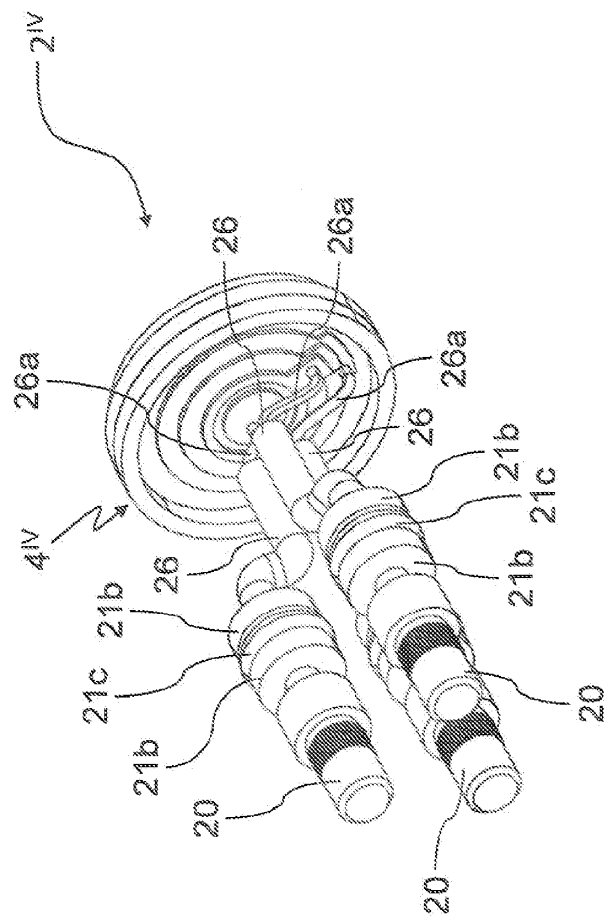


Fig. 19

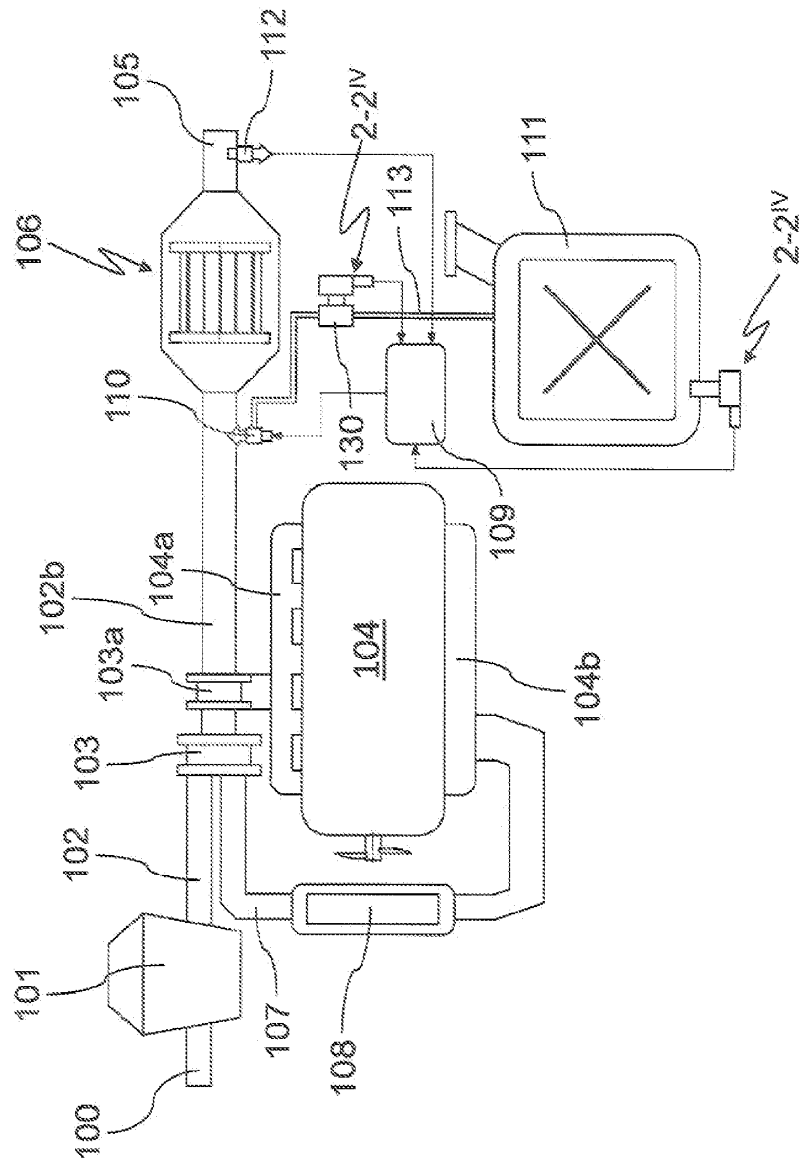


Fig. 20

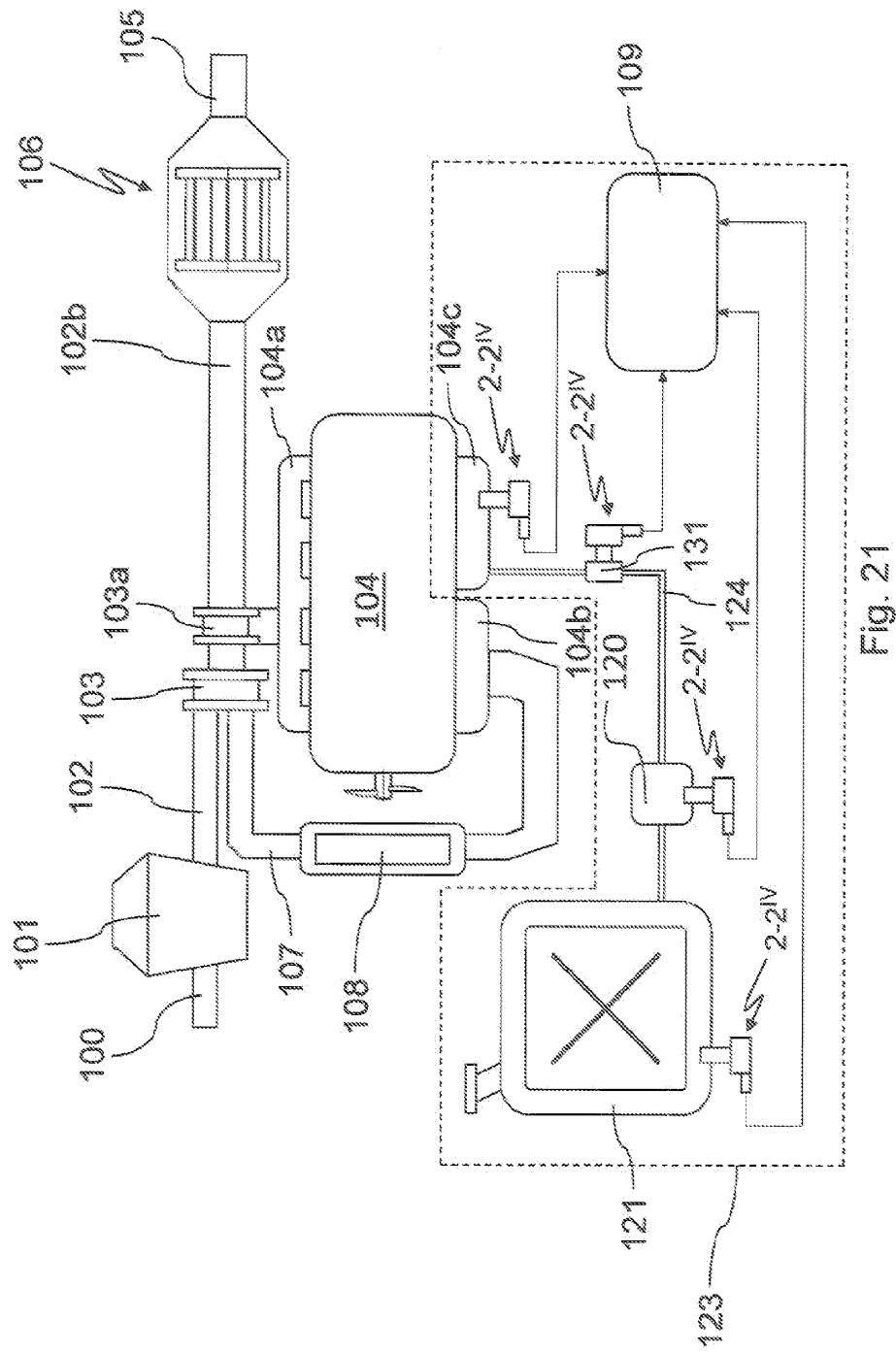
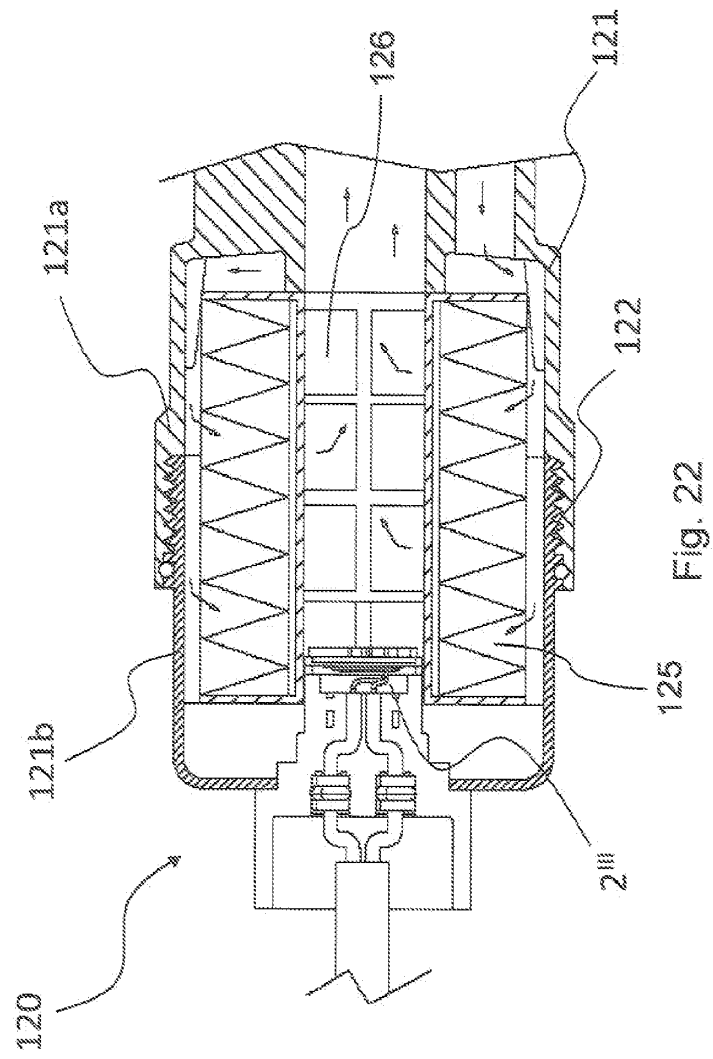


Fig. 21



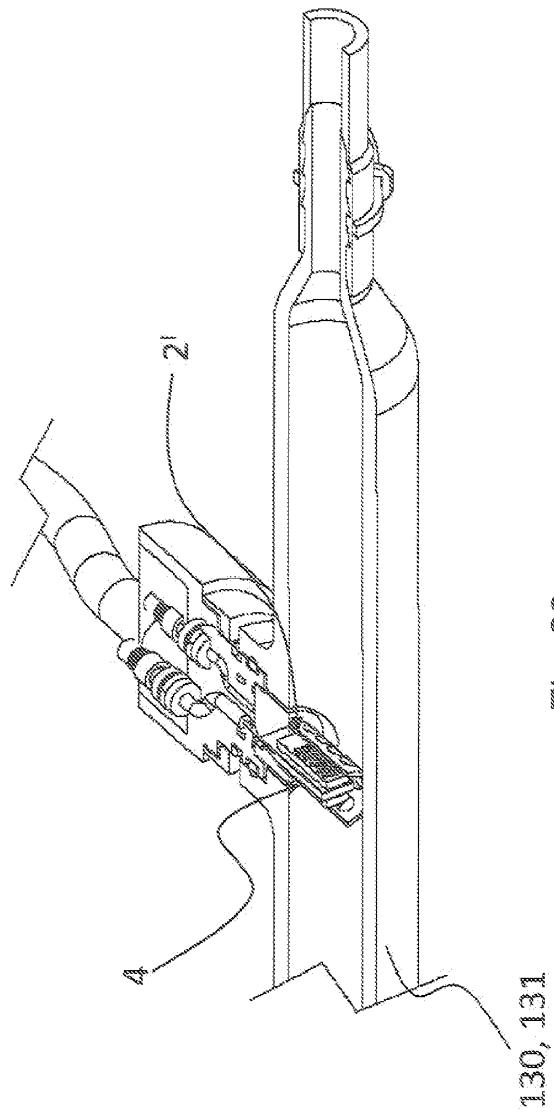


Fig. 23

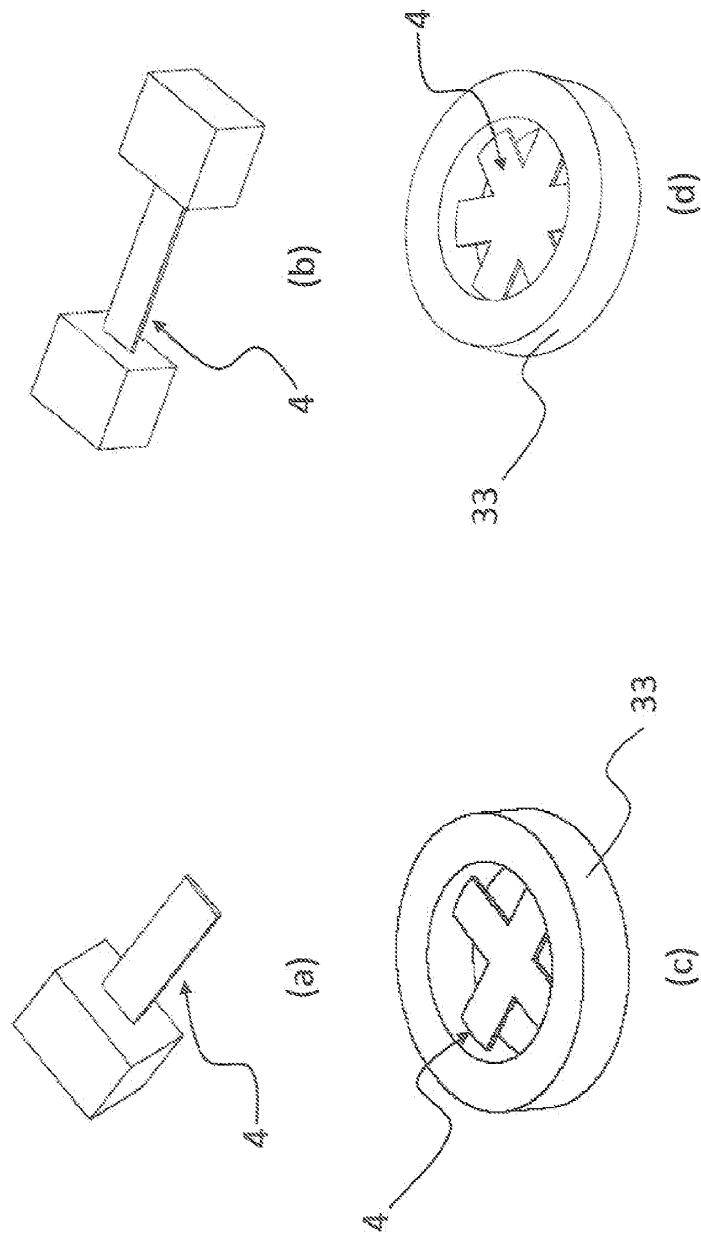


Fig. 24