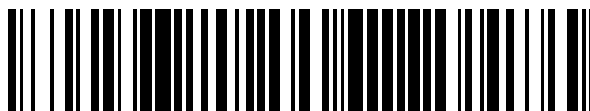


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 597**

51 Int. Cl.:

**G01N 27/407** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2010 PCT/EP2010/067563**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.07.2011 WO11080003**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2010 E 10777018 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 2519815**

54 Título: **Elemento sensor cerámico para sondas compactas de gases de escape**

30 Prioridad:

**30.12.2009 DE 102009055416**

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

**05.02.2018**

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)  
Postfach 30 02 20  
70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**SCHNEIDER, JENS;  
RENGER, CHRISTOPH;  
SOYEZ, GUIDO;  
GRALKA, ULRICH y  
SCHNEIDER, GERHARD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 652 597 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

Elemento sensor cerámico para sondas compactas de gases de escape

Estado actual de la técnica

5 Del estado actual de la técnica se conocen elementos sensores para la detección de al menos una propiedad de un gas en una cámara de medición del gas. Además, en principio pueden detectarse un gran número de propiedades del gas. La invención se describe en lo sucesivo, sin limitación de otras posibles propiedades que puedan detectarse cualitativa y/o cuantitativamente, en referencia a la determinación de una proporción de un componente gaseoso en la cámara de medición del gas. Por ejemplo, la proporción puede ser una presión parcial y/o una proporción porcentual, por ejemplo, estequiométrica, del gas en la cámara de medición del gas. Estos elementos sensores se conocen del estado actual de la técnica, por ejemplo, en forma de las llamadas sondas lambda, por medio de las cuales puede determinarse una proporción de oxígeno en un gas, por ejemplo, en los gases de escape de un motor de combustión interna. Para ejemplos de ejecución de estas sondas lambda puede remitirse ejemplarmente a Robert Bosch GmbH: Sensores en el Vehículo, Edición 2007, págs. 154-159.

15 Estos elementos sensores comprenden generalmente una estructura de capas cerámica con al menos un electrolito sólido. Los electrolitos sólidos conocidos son, por ejemplo, dióxido de zirconio estabilizado por itrio (YSZ) u otros óxidos metálicos dopados, como, por ejemplo, dióxido de zirconio dopado con escandio. Las estructuras de capas cerámicas se extienden además generalmente desde una zona de contacto hasta una zona de medición. En la zona de contacto se prevén uno o varios contactos eléctricos. Como generalmente también han de contactarse eléctricamente planos de capa más profundos de la estructura de capas, se prevén los llamados orificios de contacto, que comprenden por ejemplo una o varias perforaciones y/o troqueles en la estructura de capas. Las perforaciones están completa o parcialmente rellenas o al menos cubiertas con un material eléctricamente conductor. Además, hay sin embargo un reto técnico en que los materiales de electrolito sólido conocidos, como por ejemplo YSZ, se vuelvan iónicamente conductores a mayores temperaturas, por ejemplo, a partir de 350 °C. Los orificios de contacto actúan entonces ellos mismos como electrodos.

25 Para resolver esta problemática se conocen varios planteamientos. Así, por ejemplo, la DE 10014995C1 describe un detector electroquímico para la determinación de componentes gaseosos, en el que los materiales eléctricamente conductores de los orificios de contacto están aislados respecto de los materiales del electrolito sólido mediante complejas capas de aislamiento. Otro planteamiento consiste en configurar los elementos sensores comparativamente largos y delgados, de forma que la zona de conexión de paso se separe espacialmente de la zona de los verdaderos electrodos. Por ejemplo, las estructuras de capas conocidas de elementos sensores tienen una razón de longitud a ancho (L/B) de más de 10:1. La estructura delgada es necesaria, según el estado actual de la técnica, para un gradiente de temperatura suficientemente grande a lo largo de la longitud del elemento sensor, que conlleve que la temperatura de la cerámica en la zona de los orificios de la conexión de paso en operación del sensor se encuentre siempre por debajo de una temperatura crítica, por ejemplo 350 °C. ambas soluciones tienen sin embargo inconvenientes en la práctica. Así, son particularmente desfavorables en muchos casos las grandes longitudes de las sondas de gases de escape, pues se desean parcialmente elementos sensores para sondas de gases de escape especialmente cortas, particularmente para sondas lambda estequiométricas o de banda ancha, que tengan un tamaño de menos de 65 mm. Los orificios de contacto complejos, por otra parte, elevan los costes y el esfuerzo de producción considerablemente. Otros elementos sensores se conocen gracias a la DE 3538 460 A1 y la US 4582 657 A

Revelación de la invención

Se propone, por tanto, un elemento sensor para la detección de al menos una propiedad de un gas en una cámara de medición del gas, particularmente para la determinación de una proporción de un componente gaseoso, que resuelva al menos considerablemente el conflicto objetivo arriba descrito. El elemento sensor propuesto puede usarse particularmente para la determinación cualitativa y/o cuantitativa de una proporción de oxígeno y/o de una proporción de otro componente gaseoso en un gas en la cámara de medición del gas.

La invención se basa en el conocimiento de que es ventajoso construir sondas de gases de escape, particularmente sondas lambda, lo más compactas posible. Además de menores costes materiales, que consisten por ejemplo en un ahorro de metales nobles en las líneas de alimentación y/o elementos calefactores y/o en un ahorro de cantidad de materiales de un sustrato de electrolito sólido, por ejemplo, de un sustrato de dióxido de zirconio, es especialmente de importancia decisiva la avanzada libertad de aplicación en el diseño de motores por un usuario. Para elementos sensores de pequeño tamaño, por ejemplo, con una necesidad de espacio de longitud de una estructura de capas cerámica de menos de 65 mm, se precisan correspondientemente elementos sensores cerámicos cortos. Para las sondas de gases de escape menores sirven sin embargo en principio los mismos requisitos respecto a la robustez y la resistencia a la temperatura que para los elementos sensores convencionales según el estado actual de la técnica. Para el propio elemento sensor, particularmente el elemento sensor cerámico, como se desarrolla a

continuación, sin embargo, los requisitos en lo que respecta a la resistencia a la temperatura han aumentado aún considerablemente.

En la minimización de la longitud del elemento sensor han de satisfacerse, como se ha representado arriba, varios requisitos importantes y en parte contradictorios. Dado que la zona de contacto de los elementos sensores más cortos se encuentra considerablemente más cerca de los componentes calientes del elemento sensor, por ejemplo, junto a un hexágono caliente de una carcasa del elemento sensor, los orificios de la conexión de paso (designados en lo sucesivo también como orificios DK) se vuelven durante la operación del elemento sensor más calientes que en los elementos sensores más largos. Tal y como se ha representado antes, por tanto, la estructura de capas de los elementos sensores en el estado actual de la técnica se adapta a través de una construcción larga y delgada, de forma que la cerámica de dióxido de zirconio no supere una temperatura máxima, por ejemplo, una temperatura máxima de 350 °C, en la zona de conexión de paso. Si esto no fuera posible por motivos técnicos, así tendrían que, cuando aparezcan temperaturas superiores a esta temperatura máxima, equiparse generalmente los orificios de la conexión de paso por medio de un proceso complejo con al menos una capa de aislamiento, para evitar cortocircuitos entre los orificios de la conexión de paso.

En los elementos sensores de construcción corta, por ejemplo, con una longitud de la estructura de capas de menos de 65 mm, como se prefiere en el contexto de la presente invención, generalmente se supera sin embargo ampliamente esta temperatura máxima. En este caso, las capas aislantes antes mencionadas son en muchos casos obligatoriamente necesarias. Sin embargo, la presente invención asegura que el esfuerzo, que tiene que dedicarse a la producción de las capas aislantes, se reduce considerablemente. Además, se asegura un recubrimiento de producción fiable con pasta de aislamiento y una capa aislante cerrada resultante. Por ejemplo, puede garantizarse una capa aislante cerrada resultante con un grosor de al menos 30,0 mm. Para la producción de capas de aislamiento se aspiran generalmente pastas de aislamiento a través de los orificios de la conexión de paso o se introducen de otro modo en los orificios de la conexión de paso.

Para poder garantizar por ejemplo la capa aislante cerrada resultante de al menos 30,0 mm, son por tanto generalmente necesarios diámetros de orificio suficientes de los orificios de la conexión de paso, que se designan también como "perforaciones", en lo sucesivo sin limitación de posibles procedimientos de producción alternativos a un procedimiento de perforación. Por ejemplo, son generalmente necesarios, para una aspiración de pasta para un grosor de lámina cerámica de 500 mm, diámetros de orificio de al menos 1,0 mm. Para la distribución de uno o varios agujeros en la zona de contacto de conexión, el elemento sensor se debilita sin embargo significativamente en esta zona por estas grandes perforaciones. Según el estado actual de la técnica, las estructuras de capas construidas en el cuerpo del elemento sensor se fijan generalmente en dos posiciones. Así se lleva a cabo una fijación de la estructura de capas generalmente una vez en una zona de sellado de la estructura de capas en una carcasa del elemento sensor. Una segunda fijación se lleva a cabo en un soporte de contacto por el extremo del lado de contacto de la estructura de capas. Además, sin embargo, en el montaje de los elementos sensores, por ejemplo, en un proceso de fusión, y particularmente en la aplicación en vehículos, se ejercen cargas de flexión sobre la estructura de capas. La presente invención se basa por tanto en el conocimiento de que un elemento sensor demasiado débil puede fallar por rotura en la zona de conexión de paso.

En base al conocimiento de este conflicto objetivo, que consiste, por un lado, en la necesidad existente en muchos casos de una provisión de perforaciones de gran diámetro, por ejemplo, de diámetros superiores a 0,5 mm, particularmente de al menos 1,0 mm, y, por otro lado, en una garantía de una estabilidad mecánica suficiente, se realizaron sistemáticamente series de ensayos en estructuras de capas para elementos sensores. En este contexto se demuestra que la razón de la longitud de la estructura de capas respecto al ancho juega un papel considerable. De ello resultan las siguientes características del elemento sensor conforme a la invención.

El elemento sensor propuesto presenta al menos una estructura de capas con al menos dos electrodos y al menos un electrolito sólido cerámico conectando los electrodos. Los al menos dos electrodos pueden disponerse por ejemplo por el mismo lado de una capa de electrolito sólido y/o por lados opuestos de la capa de electrolito sólido. Los electrodos pueden comprender por ejemplo electrodos metal noble-cerámica, por ejemplo, los llamados electrodos Cermet. Estos electrodos se conocen en principio del ámbito de los elementos sensores cerámicos. Los electrodos y el electrolito sólido pueden formar una o varias células del elemento sensor. El elemento sensor puede configurarse por consiguiente como elemento sensor monocelular o también multicelular. Respecto a posibles ordenaciones del elemento sensor puede remitirse al estado actual de la técnica. Se pueden realizar por ejemplo sondas de salto o también sondas de banda ancha. La estructura de capas puede comprender por otra parte otros elementos, como por ejemplo contactos de electrodos, orificios de contacto (véase abajo), líneas de alimentación, uno o varios elementos calefactores o elementos similares, como se conocen del estado actual de la técnica.

La estructura de capas presenta uno o varios planos de capa. Estos planos de capa pueden disponerse preferentemente mutuamente paralelos. Los planos de capa definen una extensión longitudinal de la estructura de capas paralela a los planos de capa y una extensión transversal de la estructura de capas transversal a la extensión longitudinal, por ejemplo, perpendicular a la extensión longitudinal. Además, la dirección de la extensión longitudinal es aquella dirección de la estructura de capas, en la que la expansión de la estructura de capas es mayor que la

dirección de la extensión transversal. Por ejemplo, la dirección de la extensión longitudinal puede ser paralela a una dirección de inserción, en la que el elemento sensor y/o la estructura de capas del elemento sensor se insertan en la cámara de medición del gas. Por ejemplo, el elemento sensor puede tener una carcasa, que presente un eje de extensión longitudinal, por ejemplo, un eje de una simetría rotacional del elemento sensor. La dirección de la extensión longitudinal puede ser por consiguiente por ejemplo una dirección paralela al eje de extensión longitudinal del elemento sensor. La estructura de capas puede emplearse correspondientemente en la carcasa del elemento sensor. La extensión transversal es en este caso preferentemente la dirección perpendicular al eje de extensión longitudinal de todo el elemento sensor.

Conforme a la invención se propone diseñar la estructura de capas de tal manera, que su extensión longitudinal tenga una longitud  $L$  y su extensión transversal un ancho  $B$ , donde la razón  $L/B$  se encuentre en el rango de 6,0 a 8,5. La longitud puede medirse además en principio en cualquier posición en la dirección de la extensión longitudinal, y el ancho fundamentalmente en cualquier posición en la dirección de la extensión transversal de la estructura de capas. Se prefiere especialmente, sin embargo, que la longitud sea la longitud máxima en la dirección de la extensión longitudinal, o sea la longitud máxima de la estructura de capas. El ancho puede ser por ejemplo el ancho en la posición más ancha de la estructura de capas, o sea el ancho máximo de la estructura de capas, y/o un ancho en una zona de conexión de paso, tal y como se describe abajo aún más a fondo. Por ejemplo, puede servir:  $7,5 < L/B < 8,5$ . La estructura de capas puede particularmente tener perpendicularmente al por lo menos un plano de capa un espesor total de capa. Este espesor total de capa puede medirse particularmente en un estado sinterizado de una estructura de capas cerámica. El espesor total de capa puede hallarse particularmente en el rango de 0,3 mm a 4,0 mm, de manera especialmente preferente en el rango de 0,7 mm a 2,5 mm. La longitud  $L$  puede ser particularmente una longitud máxima en la dirección de la extensión longitudinal y el ancho  $B$ , un ancho máximo transversal a la dirección de la extensión longitudinal, particularmente perpendicular a la dirección de la extensión longitudinal. Se prefiere especialmente que la longitud  $L$  sea menor que 65 mm, o sea que se trate de un elemento sensor con una corta estructura de capas.

La estructura de capas puede comprender particularmente al menos una línea de alimentación. La al menos una línea de alimentación puede extenderse particularmente desde al menos un contacto de conexión, por ejemplo, sobre una o varias superficies de la estructura de capas, hasta al menos uno de los electrodos. Se prefiere especialmente, además, que la línea de alimentación discorra al menos parcialmente paralela a la extensión longitudinal. Particularmente puede disponerse la línea de alimentación o al menos una de las líneas de alimentación también en un plano de capa más profundo de la estructura de capas, o sea no sobre una o varias superficies de la estructura de capas. Conforme a la invención, la estructura de capas comprende al menos una conexión de paso, que atraviese al menos un plano de capa. Conforme a la invención, la conexión de paso está eléctricamente aislada respecto de un material del plano de capa atravesado, particularmente un material de electrolito sólido, tal y como se desarrolló arriba. A este respecto puede remitirse por ejemplo al estado actual de la técnica. Por ejemplo, el grosor del aislamiento eléctrico puede ser de al menos 20,0 mm, preferentemente al menos 30,0 mm.

La conexión de paso comprende conforme a la invención un orificio en la estructura de capas, así como al menos un relleno que llene al menos parcialmente el orificio. Esto puede incluir particularmente un relleno con una o varias capas de un material aislante y/o un relleno con una o varias capas de un material eléctricamente conductor. Por ejemplo, pueden aplicarse sobre paredes de las perforaciones primero una o varias capas de aislante, seguida(s) de una o varias capas y/o de uno o varios rellenos de un material eléctricamente conductor. El al menos un orificio tiene conforme a la invención un diámetro  $d$ , por ejemplo, un diámetro  $d$  de al menos 0,5 mm, preferentemente de al menos 1,0 mm, donde conforme a la invención la razón del ancho  $B$  al diámetro  $d$  se encuentra en el rango de 3,8 a 5,0, particularmente en el rango de 4,0 a 4,5.

La al menos una conexión de paso puede estar dispuesta particularmente en una zona de conexión de paso de la estructura de capas. Por una zona de conexión de paso debe entenderse además el entorno de la al menos una conexión de paso, por ejemplo, una zona, que se extienda desde el borde de la conexión de paso un máximo de 2 mm en ambas direcciones en la dirección de la extensión longitudinal de la estructura de capas. El ancho  $B$ , que se definió arriba, puede ser particularmente un ancho de la estructura de capas en la zona de conexión de paso, o sea particularmente medirse perpendicularmente a la dirección de la extensión longitudinal en la zona de conexión de paso.

La estructura de capas puede tener particularmente una sección transversal paralela al plano de capa de la estructura de capas, seleccionada de entre una de las siguientes secciones transversales: una sección transversal rectangular; una sección transversal trapezoidal; una sección transversal cónica, particularmente una sección transversal con un ancho máximo en una zona de conexión de paso y un estrechamiento en la zona de los electrodos. También otras secciones transversales son sin embargo en principio posibles.

El elemento sensor propuesto propone por consiguiente determinados ajustes de las proporciones de longitud  $L$ , ancho  $B$  y preferentemente también del diámetro  $d$  del al menos un orificio opcional de la conexión de paso, o del orificio. Las razones propuestas proporcionan, como se verificó experimentalmente, una condición para que los requisitos contradictorios descritos puedan cumplirse en el elemento sensor cerámico, particularmente para una

sonda de gases de escape. Así puede asegurarse particularmente que los orificios de la conexión de paso pueden diseñarse lo suficientemente grandes, para equiparlos de manera segura y a gran escala con una o varias capas de aislamiento, que pueden presentar también, por ejemplo a temperaturas superiores a 500 °C, altas resistencias de paso, por ejemplo, resistencias de paso  $R > 1 \text{ M}\Omega$ . Para alcanzar tales grandes resistencias de paso, ha demostrado ser favorable o incluso necesaria una capa de aislante de al menos 30 mm de espesor de capa.

Además, la estructura de capas del elemento sensor puede configurarse de tal manera, que éste tenga una resistencia suficiente para cargas de rotura anti-flexión de 80 N y cargas de vibración de por ejemplo 30 g, también a temperaturas superiores a 500 °C, a lo largo de la vida útil de aplicación sin fallar. El elemento sensor propuesto puede utilizarse particularmente en el sector del automóvil, en el que aparecen cargas especialmente altas. Al mismo tiempo, la estructura de capas y/o todo el elemento sensor pueden diseñarse tan cortos, que estos sean apropiados para un montaje en sensores con una necesidad de espacio de menos de 65 mm.

La solución conforme a la invención del problema de estos conflictos objetivos se basa particularmente en el conocimiento de que, a partir de una razón L/B preferida de preferentemente menos de 8,5, pueden satisfacerse los requisitos contradictorios en el diseño de la zona de conexión de paso. Particularmente en un rango de L/B de 8,5 a 7,5, se cumplen especialmente bien los requisitos contradictorios en el diseño de la zona de conexión de paso. Correspondientemente, pueden fabricarse elementos sensores estables que tengan uno o varios orificios de contacto. Estos orificios de contacto pueden estar provistos particularmente de una o varias capas de pasta aislante y recubiertos con pasta conductora. Los orificios de contacto pueden configurarse parcial o totalmente rellenos. Los orificios de contacto pueden asumir por ejemplo un contacto de los electrodos calefactores internos y/o de las líneas de alimentación de electrodos internas. La razón L/B de la estructura de capas arriba propuesta puede mantenerse opcionalmente sólo en la zona de conexión de paso. Por consiguiente, resultan en una ordenación con sección transversal rectangular; alternatively, por ejemplo, secciones transversales trapezoidales y/o secciones transversales con redondeces, por ejemplo, redondeces optimizadas por ordenador, particularmente en forma de estrechamientos redondeados.

El elemento sensor propuesto en una o varias de las ordenaciones propuestas puede instalarse particularmente, tal y como se han implantado arriba, en forma de sondas lambda en vehículos, motores estacionarios o en plantas de combustión.

#### Breve Descripción de las Figuras

Otros detalles y características opcionales de la invención se infieren de la siguiente descripción de los ejemplos de ejecución preferidos, que se representan en las Figuras.

Individualmente muestran:

- Figura 1 un ejemplo de ejecución de una estructura de capas de un elemento sensor;
- Figura 2 una comparación de la carga térmica de estructuras de capas más largas y más cortas;
- Figura 3 una zona de conexión de paso de un elemento sensor de construcción corta conforme a la Figura 2;
- Figura 4 una representación detallada de un contacto eléctrico de la zona de conexión de paso de una estructura de capas en un elemento sensor;
- Figura 5 un ejemplo de un ensayo de carga de flexión de una estructura de capas;
- Figura 6 un patrón de fractura típico de una estructura de capas según una carga de flexión;
- Figura 7 una representación esquemática de la instalación de una estructura de capas en un elemento sensor y del lugar de una aplicación predominante de la fuerza;
- Figuras 8 y 9 yuxtaposiciones de las razones longitudes-a-anchos de estructuras de capas convencionales (Figura 8) y conformes a la invención (Figura 9);
- Figura 10 distribuciones de frecuencia de roturas como función de la razón longitudes-a-anchos de estructuras de capas;
- Figuras 11A y 11B diversas representaciones de una conexión de paso; y

Figuras 12A a 12C           diversas ordenaciones de secciones transversales preferidas de estructuras de capas de elementos sensores conformes a la invención.

### Ejemplos de ejecución

5 En la Figura 1 se muestra un ejemplo típico de una estructura de capas 110 de un elemento sensor 112 para la detección de una propiedad de un gas en una cámara de medición del gas (no representada). En el ejemplo de ejecución representado, el elemento sensor 112 es, por ejemplo, un sensor lambda configurado como sonda de salto. La estructura de capas presenta, en el ejemplo representado, dos electrodos 114, 116, que se disponen ejemplarmente por caras mutuamente opuestas de un electrolito sólido 118, por ejemplo, de una capa de electrolito sólido de dióxido de zirconio estabilizado con itrio (YSZ). El electrodo 114 puede someterse, además, a través de  
10 una capa protectora permeable al gas 120, a gas de la cámara de medición del gas y se designa también como electrodo externo (AE). El segundo electrodo 116 se dispone por el contrario en un plano más profundo de la estructura de capas 110 y puede estar conectado por ejemplo a través de un canal de gas de referencia 122, por ejemplo, una referencia de aire, con una cámara de gas de referencia, por ejemplo, un espacio de contorno de un motor de combustión interna. El segundo electrodo 116 se designa en el ejemplo de ejecución representado  
15 frecuentemente también como electrodo de referencia (RE).

Los electrodos 114, 116 están conectados eléctricamente mediante líneas de alimentación 124, 126 y a través de contactos de conexión 128, 130 sobre una primera superficie 132 de la estructura de capas 110. Las líneas de alimentación 124 se extienden paralelamente a una dirección de la extensión longitudinal (identificada en la Figura 1 con L) desde los contactos de conexión 128, 130 hasta los electrodos 114, 116. Mientras que la primera línea de alimentación 124 se dispone además sobre la primera superficie 132 y es sellada por una capa de cubierta 134 y puede configurarse opcionalmente aislada respecto del electrolito sólido 118, la segunda línea de alimentación 126 se extiende sobre la cara opuesta del electrolito sólido 118 en un plano de capa más profundo de la estructura de capas 110. Correspondientemente, esta segunda línea de alimentación 126 se tiene que conectar eléctricamente a través de una conexión de paso 136 con el contacto de conexión 130. La conexión de paso 136 se describe abajo  
20 aún más a fondo.

Además, la estructura de capas 110 comprende opcionalmente un sustrato 138 y un elemento calefactor 140, que puede estar embebido entre dos láminas de aislante 142. El elemento calefactor 140 puede contactarse a través de dos contactos del calefactor 146 dispuestos sobre una segunda superficie 144 opuesta a la primera superficie 132, conectados a su vez eléctricamente a través de orificios de contacto 148, 150 con el elemento calefactor 140. La zona en la que los orificios de contacto 136, 148 y 150 y/o los contactos de conexión 128, 130 y/o los contactos del calefactor 146 están dispuestos, se designa en la Figura 1 con el número de referencia 152 y se designa también como zona de conexión de paso.  
30

La estructura de capas 110 tiene, en el ejemplo de ejecución representado en la Figura, una longitud L en la dirección de la extensión longitudinal L y, transversalmente a ella, un ancho B. Además, la estructura de capas 110 presenta, en el estado sinterizado, un espesor total de capa D.  
35

Para resolver la problemática arriba descrita, que consiste en que el electrolito sólido 118 también en la zona de los orificios de contacto 136, 148, 150 se vuelve iónicamente conductor típicamente desde una temperatura de aproximadamente 350 °C, en la práctica frecuentemente se aíslan estos eléctricamente. Esto se representa en las Figuras 11A y 11B, donde la Figura 11A representa una vista superior de una conexión de paso 136, 148, 150, y la Figura 11B, una vista seccionada del lado. Las representaciones muestran que los orificios de contacto 136, 148, 150 presentan generalmente un orificio 154 con un diámetro d. Este orificio se aísla eléctricamente a través de una o varias capas de un material aislante 156, que puede aspirarse, por ejemplo como pasta aislante, durante la producción, a través del orificio 154. A continuación, se rellena el orificio 154 completa o parcialmente con al menos un material conductor 158. Este material conductor 158 puede por ejemplo succionarse de nuevo como pasta a través del orificio 154. El material aislante 156 tiene preferentemente un espesor de capa de al menos 30 mm.  
40  
45

En la Figura 3 se muestra en una vista superior una típica zona de conexión de paso 152, que aclara ejemplarmente la ordenación de una zona de conexión de paso tal con orificios de contacto 136, 148, 150, vista desde una de las superficies 132, 144.

En la Figura 2 se yuxtaponen ejemplarmente diversos elementos sensores 112 con estructuras de capas de diferentes longitudes L<sub>1</sub> o L<sub>2</sub>. Además, la mitad izquierda de la imagen muestra un elemento sensor 112 con una larga estructura de capas 110, mientras que la mitad derecha de la imagen muestra un elemento sensor 112 con una estructura de capas más corta 110. En cada caso se representa la estructura de capas 110 y su instalación en una carcasa 160 del elemento sensor, con un hexágono 162, a través del cual la carcasa puede conectarse con una cámara de medición del gas 164. Por ejemplo, la carcasa 160 puede atornillarse por medio del hexágono 162 en una pared 166 de un tracto de gases de escape de un motor de combustión interna. Dentro de la carcasa 160 se prevé una zona de impermeabilización 168, en la que se mantiene y se sella la estructura de capas 110, de forma que una  
50  
55

zona de medición 170, en la que se lleva a cabo la presurización con gas de la cámara de medición del gas 164, se separe de una zona de contacto 172 por el lado opuesto de la zona de impermeabilización 168.

Además, en la Figura 2 se representan datos típicos de temperatura. La mitad izquierda de la imagen muestra una sonda de salto típica del tipo LSF4.2, en la que en la punta de la estructura de capas 110 en la zona de medición 170 pueden aparecer temperaturas de más de 850 °C. En el extremo opuesto, en la zona de conexión de paso 152, aparecen por el contrario típicamente temperaturas de 250 °C o menos.

La mitad derecha de la imagen muestra por el contrario un elemento sensor de construcción corta, cuya longitud  $L_2$  está acortada, en comparación con la longitud  $L_1$ , a aproximadamente dos tercios. Tal y como puede reconocerse en este contexto, la temperatura en la zona de conexión de paso 152 de este elemento sensor de construcción corta 112 asciende aún a aproximadamente 500 °C. Como la cerámica del electrolito sólido 118 de la estructura de capas 110 se vuelve iónicamente conductora típicamente por encima de 300 °C, un acortamiento de la estructura de capas 110 significa por consiguiente la necesidad de un diseño más complejo en la zona de conexión de paso 152. Así aumentan los requisitos de aislamiento eléctrico mediante el material aislante 156. Además, en muchos casos se hace necesario un ensayo de aislamiento, para poder garantizar una alta calidad consistente.

En la Figura 4 se representa una vez más la zona de contacto 172 de un elemento sensor 112 típico. Esta representación muestra que la estructura de capas 110 está fija por al menos dos posiciones. Así, por un lado, se prevé una fijación en la zona de impermeabilización 168, y, por el otro, una fijación por medio de un soporte de contacto 174 en la zona de conexión de paso 152, en que se lleva a cabo el contacto eléctrico de la estructura de capas 110. Correspondientemente, en una zona de carga 176 indicada en la Figura 4 aparecen altas cargas mecánicas. Esto se representa otra vez en las Figuras 5 y 7. La Figura 7 muestra la zona de conexión de paso 142 en el elemento sensor 112 una vez más esquemáticamente en vista superior y aclara que las fuerzas  $F$ , particularmente las fuerzas de flexión, pueden aparecer particularmente entre la zona de impermeabilización 168 y la zona de la fijación mediante el soporte de contacto 174. La Figura 5 muestra en representación esquemática un experimento típico de carga de flexión de una estructura de capas 110 con uno o varios orificios de contacto 136, 148, 150, a través de una aplicación de una fuerza  $F$  en una zona de carga 176 entre dos puntos de soporte 178.

Con la configuración de ensayo representada en la Figura 5 se realizaron diversos ensayos de carga de flexión, en los que se probaron diversas condiciones. Así se analizaron, por ejemplo, relaciones óptimas de longitud  $L$  a ancho  $B$ , de longitud  $L$  a diámetro del orificio  $d$ , de ancho  $B$  a diámetro del orificio  $d$  u otras razones. En la Figura 10 se dan resultados experimentales típicos. Además, sobre el eje horizontal se da una determinada razón, por ejemplo, la razón de la longitud  $L$  al ancho  $B$  (o sea  $L/B$ ) o una razón similar, mientras que en el eje vertical se indica una frecuencia  $H$ . Además, la curva 180 caracteriza la distribución de la frecuencia de los experimentos, en los que no aparece ningún fallo de las estructuras de capas 110, por ejemplo, a través de una rotura, o sea la distribución de frecuencia de "muestras buenas", mientras que la curva 182 describe la distribución de frecuencia de los experimentos, que conducen a una rotura. La Figura 10 muestra por consiguiente ejemplarmente un resultado de examen con dos poblaciones de elementos sensores, donde la curva 180 caracteriza la población de elementos sensores, que no se rompen a una carga de flexión de por ejemplo 100 N y sus razones  $L/B$  se hallan por ejemplo dentro del rango mencionado, mientras que la curva 182 caracteriza la población de elementos sensores, que se rompen a una carga de flexión de por ejemplo 100 N y sus razones  $L/B$  se hallan por ejemplo fuera del rango mencionado. En los experimentos se determinaron en series sistemáticas de ensayos las razones  $L/B$ , que fueron necesarias en orificios de contacto recubiertos de aislamiento 136, 148, 150, para garantizar una resistencia a la rotura suficiente de la estructura de capas 110 también en aplicaciones críticas. Además, se tuvieron en cuenta también los efectos del envejecimiento, por ejemplo, en forma de crecimiento de microgrietas.

La Figura 6 muestra ejemplarmente una vista superior de una zona de conexión de paso 152, en la que, en los experimentos de carga mostrados en la Figura 5, apareció una rotura 188. Tal y como puede reconocerse de la representación, la rotura 188 se dibuja particularmente a través de uno de los orificios de contacto 136, 148, 150, de forma que con alta probabilidad el debilitamiento de la estructura de capas 110 a lo largo de las perforaciones 154 de los orificios de contacto 136, 148, 150 deba asumirse como causa de la rotura 188.

Los resultados conducen a las condiciones óptimas arriba descritas. Mientras que, por ejemplo, las estructuras de capas 110, como las representadas ejemplarmente en la Figura 8, que corresponden a las del estado actual de la técnica, presentan típicamente una razón  $L/B > 10$ , se determinó como óptima conforme a la invención, tal y como se representa simbólicamente en la Figura 9, una razón  $L/B$ , que se encuentre entre 6,0 y 8,5, preferentemente entre 7,5 y 8,5. Preferentemente asciende además el espesor total de capa  $D$  tras el sinterizado a entre 0,7 y 2,5 mm. Además, se determinó una razón óptima entre el ancho  $B$  y el diámetro  $d$  de las perforaciones 154, que se encuentre entre 3,8 y 5,0 y de manera especialmente preferente entre 4,0 y 4,5.

Tal y como se ha representado arriba, el ancho de la estructura de capas 110 está provisto preferentemente en la zona de conexión de paso 152, de forma que las razones arriba descritas puedan existir particularmente en esta zona de conexión de paso 152. La zona de conexión de paso 152 es además la zona en la que se disponen los orificios de contacto 136, 148, 150. Por ejemplo, la zona de conexión de paso 152 puede ser una zona que se

5 extienda desde el borde más externo de los orificios de contacto 136, 148, 150 alejados de los electrodos 114, 116 hasta los electrodos 114, 116 en el siguiente borde de la siguiente conexión de paso 136, 148, 150. Opcionalmente, la zona de conexión de paso 152 puede extenderse también incluso en una o ambas direcciones paralelamente a la dirección de la extensión longitudinal a lo largo de esta zona, por ejemplo, no más de 5 mm, preferentemente no más de 2 mm. Por ejemplo, el ancho B puede ser la distancia entre los bordes opuestos en la posición más ancha de esta zona de conexión de paso 152. Alternativamente, el ancho B puede medirse también en la zona de contacto 172 y/o por el extremo de la estructura de capas 110, dispuesto más alejado de los electrodos 114, 116.

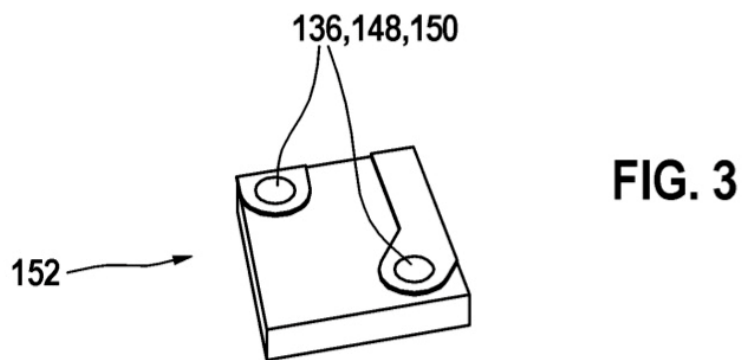
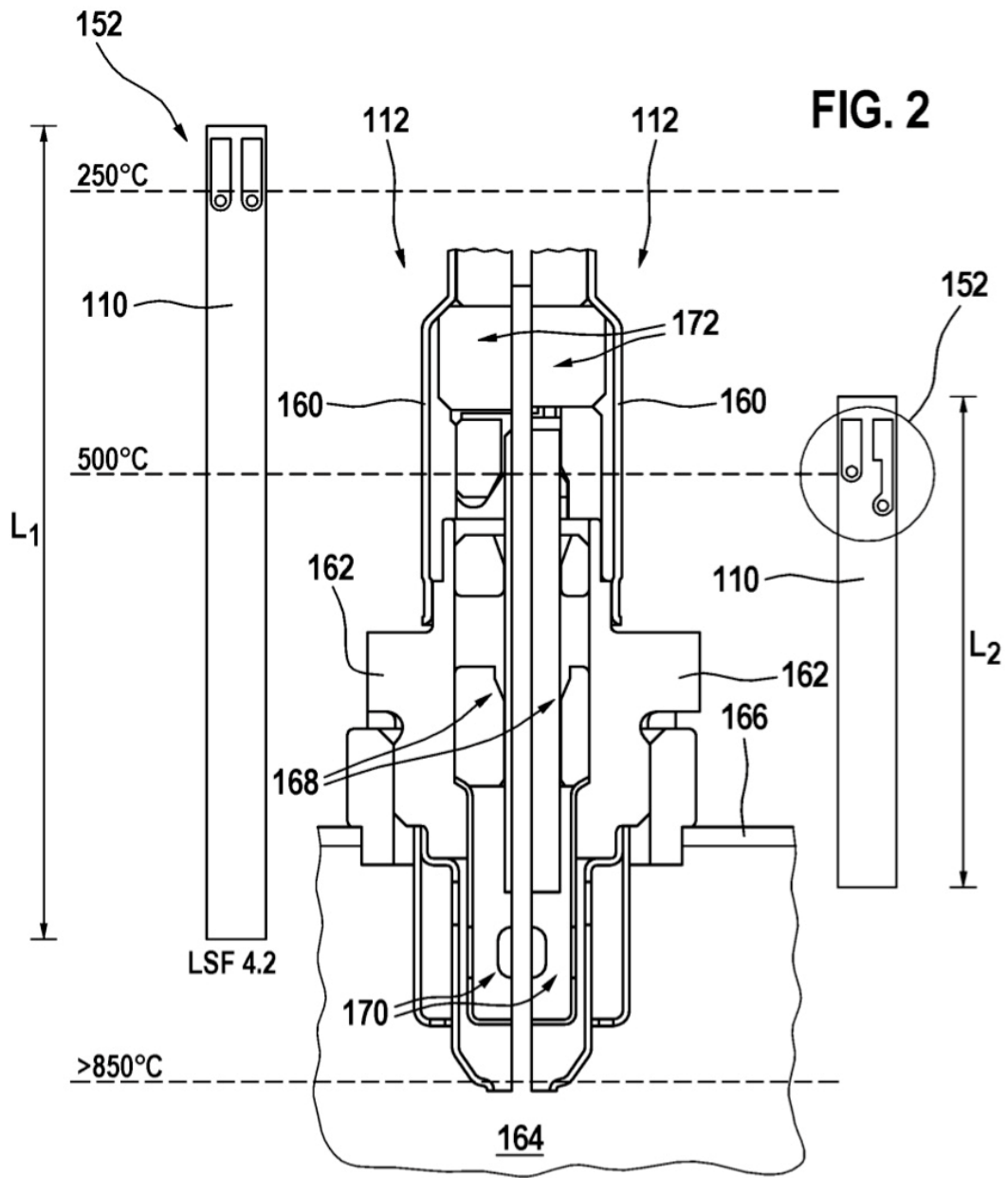
10 Las razones arriba descritas, que se requieren o se prefieren especialmente en el contexto de la presente invención, pueden conservarse particularmente sólo en la zona de conexión de paso 152. Esto se demuestra ejemplarmente en las Figuras 12A a 12C, que muestran en vista superior diversas secciones transversales de estructuras de capas 15  
110 configuradas conforme a la invención. Así la Figura 12A muestra una sección transversal rectangular con la razón L/B indicada. La Figura 12B muestra en cambio una sección transversal trapezoidal, en la que el ancho B se reduce desde la zona de conexión de paso 152 hasta el extremo opuesto de la estructura de capas 110, o sea el extremo en la zona de los electrodos 114, 116 (no representado en la Figura 12B). La Figura 12C muestra en cambio una ordenación de una estructura de capas 110 con un estrechamiento 184 en la zona de los electrodos 114, 116. El estrechamiento 184 puede estar particularmente configurado de tal manera, que éste presente redondeces 186, que puedan determinarse por ejemplo por medio de una optimización computacional (CAO, Computer Aided Optimization).



## REIVINDICACIONES

1. Elemento sensor (112) para la detección de al menos una propiedad de un gas en una cámara de medición del gas (164), particularmente para la determinación de una proporción de un componente gaseoso, donde el elemento sensor (112) presenta al menos una estructura de capas (110) con al menos dos electrodos (114, 116) y al menos un electrolito sólido cerámico (118) que une los electrodos (114, 116), donde la estructura de capas (110) comprende al menos una conexión de paso (136, 148, 150), donde la conexión de paso (136, 148, 150) atraviesa al menos un plano de capa y donde la conexión de paso (136, 148, 150) está eléctricamente aislada respecto de un material del plano de capa atravesado, donde la estructura de capas (110) presenta paralelamente a uno o varios planos de capa de la estructura de capas (110) una extensión longitudinal con una longitud L y una extensión transversal con un ancho B, donde la razón L/B se encuentra en el rango de 6,0 a 8,5, caracterizado porque la conexión de paso (136, 148, 150) comprende al menos un orificio (154) en la estructura de capas (110), así como al menos un relleno que llena al menos parcialmente el orificio (154), donde el orificio (154) presenta un diámetro d, donde la razón B/d se encuentra en el rango de 3,8 a 5,0.
2. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la razón L/B se encuentra en el rango de 7,5 a 8,5.
3. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la estructura de capas (110) presenta perpendicularmente al por lo menos un plano de capa un grosor de capa total D, particularmente en estado sinterizado, donde el grosor de capa total se encuentra en el rango de 0,3 mm a 4,0 mm, particularmente en el rango de 0,7 mm a 2,5 mm.
4. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la longitud L es una longitud máxima en la dirección de la extensión longitudinal y donde el ancho B es un ancho máximo transversal a la dirección de la extensión longitudinal, particularmente perpendicular a la dirección de la extensión longitudinal.
5. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la longitud L es menor de 65 mm.
6. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la estructura de capas (110) comprende al menos una línea de alimentación (124, 126), donde la al menos una línea de alimentación (124, 126) se extiende desde al menos un contacto de conexión (128, 130) hasta al menos uno de los electrodos (114, 116), donde la línea de alimentación (124, 126) discurre al menos parcialmente paralela a la extensión longitudinal.
7. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la conexión de paso (136, 148, 150) está eléctricamente aislada respecto a un material electrolítico sólido.
8. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde el relleno que llena el orificio (154) es un relleno con una o varias capas de un material aislante (156) y/o un relleno completo o parcial con un material eléctricamente conductor (158) y/o donde la razón B/d se encuentra en el rango de 4,0 a 4,5.
9. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la conexión de paso (136, 148, 150) se dispone en una zona de conexión de paso (152) de la estructura de capas (110), donde el ancho B es un ancho de la estructura de capas (110) en la zona de conexión de paso (152).
10. Elemento sensor (112) según una de las anteriores reivindicaciones, donde la estructura de capas (110) presenta, paralelamente al plano de capa de la estructura de capas (110), una sección transversal, seleccionada entre una de las siguientes secciones transversales: una sección transversal rectangular; una sección transversal trapezoidal; una sección transversal cónica, particularmente una sección transversal con un ancho máximo en una zona de conexión de paso (152) y un estrechamiento en la zona de los electrodos (114,116).





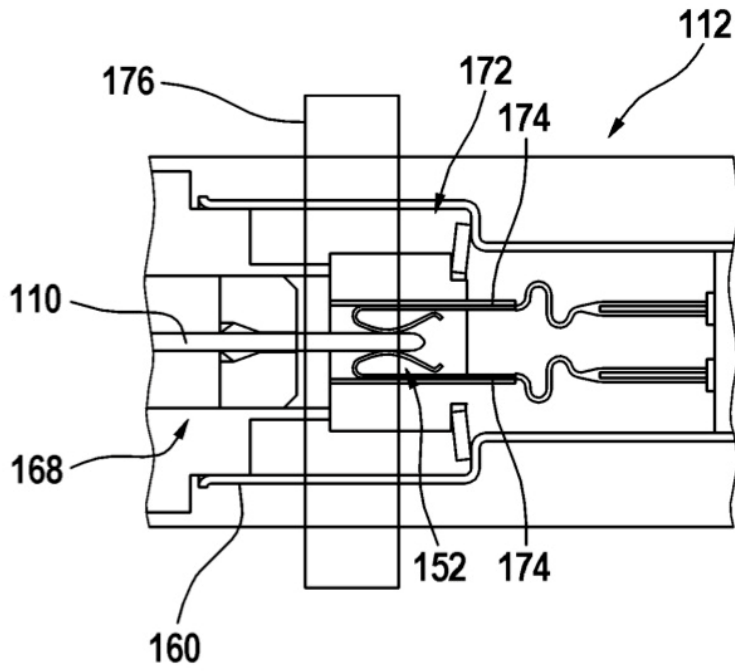


FIG. 4

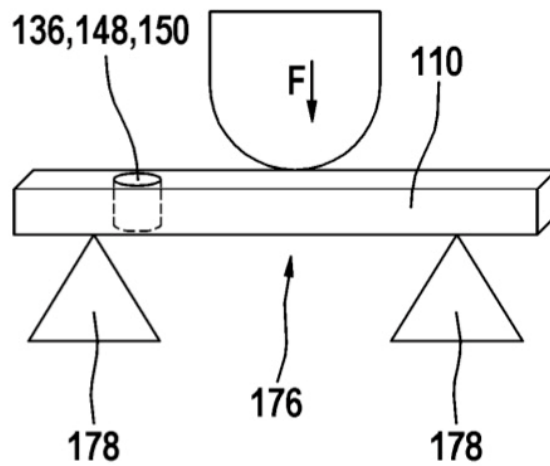


FIG. 5

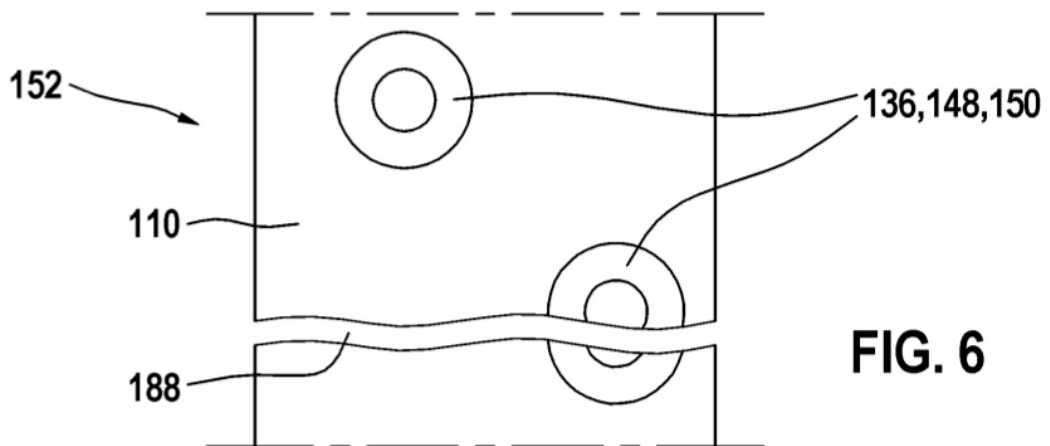


FIG. 6

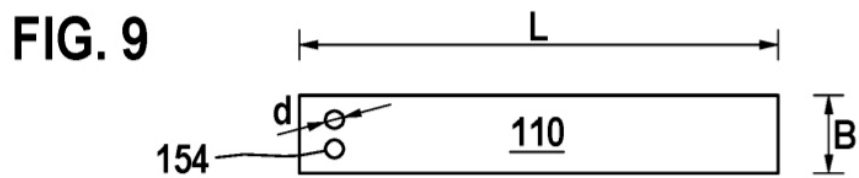
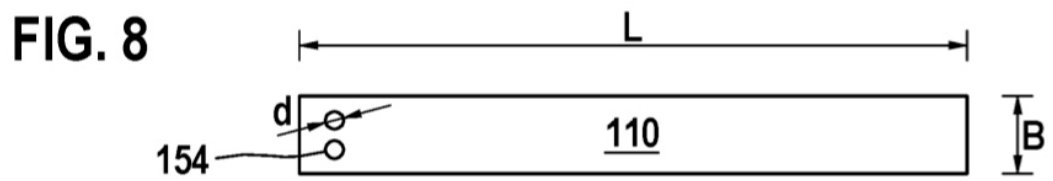
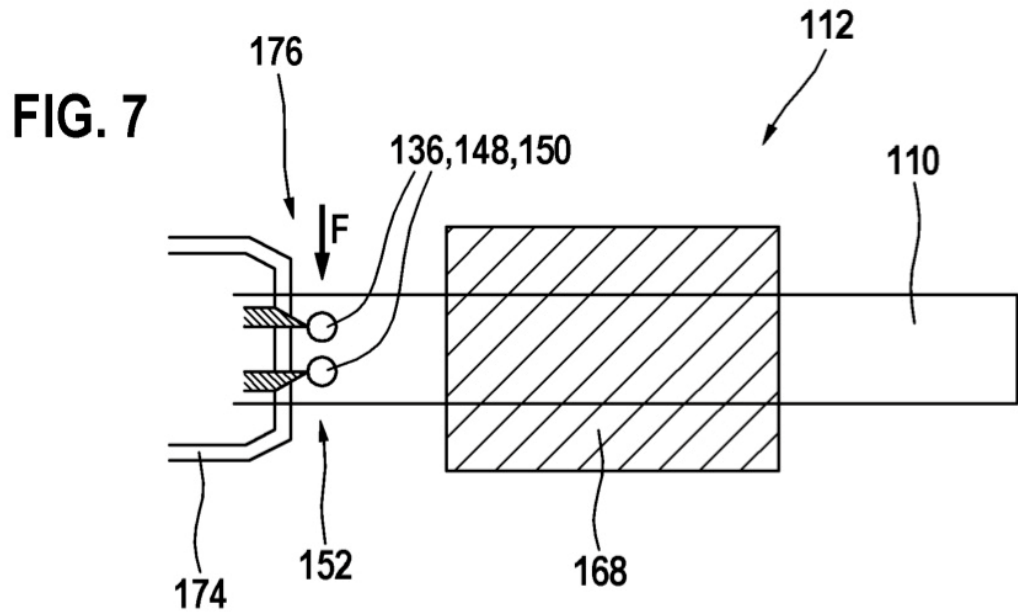
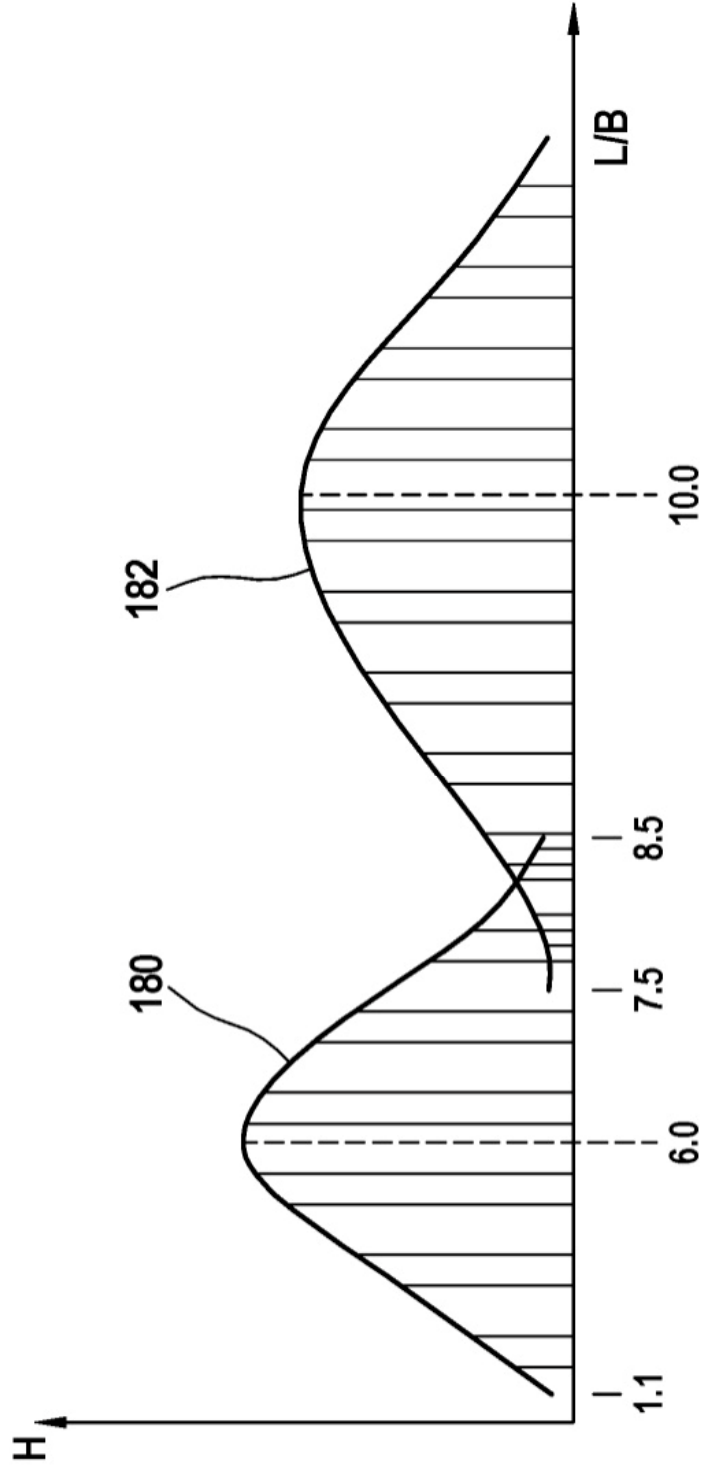


FIG. 10



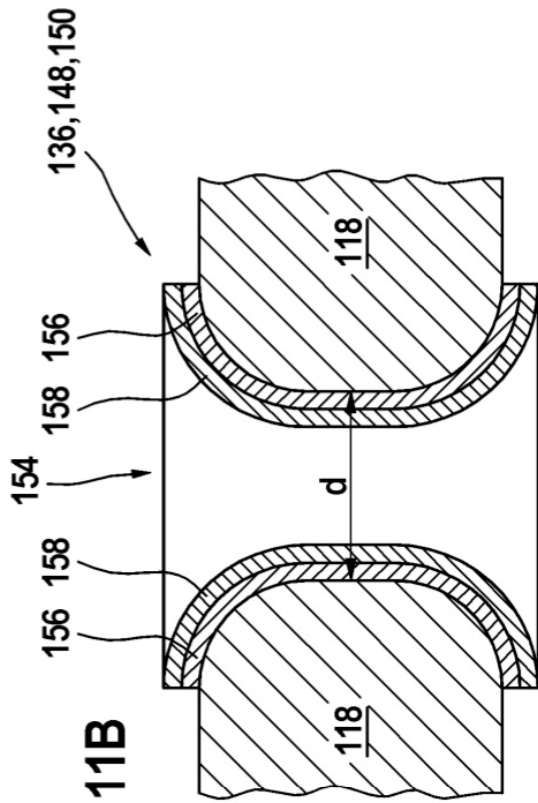


FIG. 11A

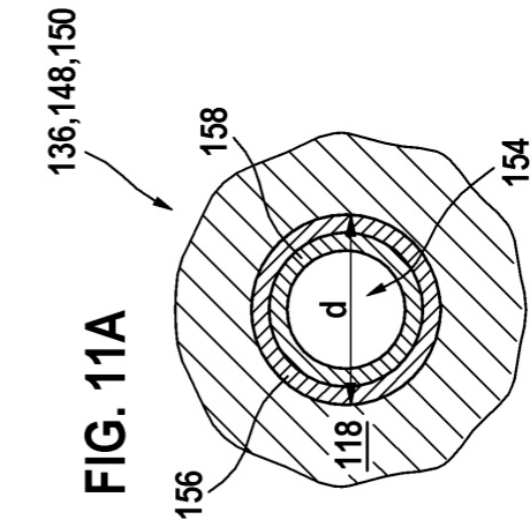


FIG. 11B

FIG. 12A

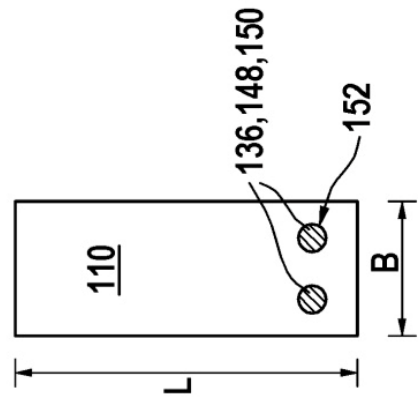


FIG. 12B

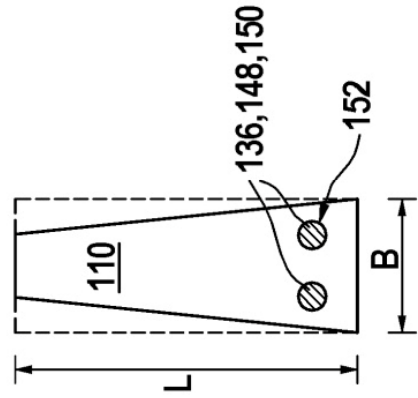


FIG. 12C

