

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 934**

51 Int. Cl.:

**G01N 15/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2008** **E 08717811 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016** **EP 2145173**

54 Título: **Sensor para la detección de partículas en una corriente de gas**

30 Prioridad:

**10.05.2007 DE 102007021910**

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

**10.10.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ROESCH, SABINE;  
HASENKOX, ULRICH;  
BARTSCHERER, PETER;  
GRABIS, JOHANNES y  
SCHMIDT, RALF**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 585 934 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 para la detección de partículas en una corriente de gas

La invención se refiere a un sensor para la detección de partículas en una corriente de gas, a un procedimiento para su fabricación y a su uso.

### 5 Estado de la técnica

Por el estado de la técnica se sabe que la concentración de partículas conductoras, por ejemplo partículas de gas en un gas de escape se puede medir mediante la medición del cambio de las características eléctricas, causado por acumulación de partículas, de dos o varios electrodos metálicos que engranan uno en otro a modo de peine (sistema de electrodos interdigital). Una creciente concentración de las partículas que se acumulan en la superficie del sensor conduce a un cambio de resistencia o de tensión entre los electrodos. En caso de una tensión constante aplicada, esto conlleva un cambio del flujo de corriente. Para determinar la concentración de partículas o el caudal másico de partículas se mide el cambio de la corriente o la reducción de la resistencia del sistema de electrodos y se correlaciona con la masa de partículas acumulada. Alternativamente, la masa de partículas acumulada también se puede determinar mediante la definición de un valor umbral (umbral de activación) y la medición de un tiempo de colección hasta alcanzar dicho valor umbral. Los sensores basados en este principio que se ha de clasificar como principio colector se denominan sensores de partículas resistivos. Para la regeneración del elemento de sensor, hasta la fecha, el elemento de sensor se libera de las partículas acumuladas con la ayuda de un dispositivo calentador. Los sensores de este tipo se describen en los documentos DE10149333A1 y WO2003006976A2.

Dado que los electrodos están expuestos directamente al gas de escape, de manera desventajosa se puede producir una corrosión de los electrodos y una contaminación de la superficie del sensor con sustancias, lo que puede tener un efecto perturbador en la medición. Según el documento DE10319664A1 se puede evitar una corrosión de los electrodos mediante el revestimiento de los electrodos con una capa de protección.

En el documento DE10319664A1, la zona conductora de la capa de protección y funcional se limita a una capa de conductividad ligeramente menor en comparación con las partículas que han de ser acumuladas. Sin embargo, esto hace que durante una medición con una tensión constante en los electrodos, la capa protectora misma funciona como especie de limitación de corriente y por tanto no se aprovecha de forma óptima la desviación de señales posible teóricamente.

### Exposición de la invención

Un sensor según la invención para la detección de partículas (51) en una corriente de gas, que comprende

- 30 - un sistema de electrodos con al menos dos electrodos (12, 13),
- que está dispuesto sobre un elemento de soporte (11)
- estando revestidos al menos dos electrodos (12, 13) del sistema de electrodos por una capa electroconductora (14), caracterizado por que
- 35 - a la temperatura de funcionamiento, es decir, a una temperatura comprendida en un intervalo de  $> 100\text{ °C}$  a  $\leq 500\text{ °C}$ , la capa electroconductora (14) presenta un valor de resistencia de  $> 0,2\text{ k}\Omega$  a  $< 100\text{ k}\Omega$ ,

ofrece la ventaja de que aumenta la amplitud de la señal de medición frente a un sensor con una reducida capa conductora y, por tanto, se hace posible una detección de partículas más efectiva y más sensible. Adicionalmente, aumentan la efectividad, la sensibilidad y la velocidad de medición de un sensor según la invención en comparación con los sensores convencionales, porque al contrario de los sensores convencionales ya no es necesario esperar el momento en el que los electrodos son cortocircuitados por la acumulación de partículas, para obtener una señal de medición válida. Además, en un sensor según la invención, los electrodos, especialmente en caso de altas temperaturas ambiente, quedan protegidos contra la corrosión y se aumenta la estabilidad térmica del sensor. Además, mediante una selección de los materiales según la invención para la capa electroconductora se impide una contaminación de la superficie sensitiva formada por la capa electroconductora con sustancias no deseadas y por tanto se reduce la sensibilidad cruzada del sensor y aumenta la resistencia a la intoxicación del sensor.

El sensor según la invención se puede emplear en la tecnología automovilística, industrial y/o doméstica, por ejemplo en una corriente de gas de escape de un automóvil con un motor diésel o en una calefacción de gasoil o en un aparato medidor de taller para el análisis de gases de escape, pudiendo estar provisto de un soporte concebido de manera correspondiente según el caso de aplicación.

50 En el caso del uso en un ramal de gas de escape de un automóvil, el sensor es por ejemplo un sensor de partículas de hollín que es parte integrante de un llamado sistema de diagnóstico de a bordo. Una vigilancia de la emisión de partículas es de interés especial, ya que próximamente la emisión de partículas de hollín debe ser vigilada por

normativa legal (On Board Diagnosis, OBD) especialmente por vehículos durante la marcha después del paso por un motor o un filtro de partículas diésel (DPF). La presente invención se puede emplear además para la vigilancia de un filtro de partículas diésel en el ramal de gas de escape, es decir, para el pronóstico de carga de filtros de partículas diésel. Un pronóstico de carga de filtros de partículas diésel es necesario para el control de regeneración y permite tanto una alta seguridad del sistema como el uso de materiales de filtro económicos.

La aplicación del sensor descrito no se limita a la detección de partículas de hollín en gases de escape de motores de combustión interna. Generalmente, el sensor se puede usar para la detección de partículas que cambian la resistencia total del sensor al acumularse sobre y/o dentro de este, por ejemplo en procesos de fabricación químicos, en instalaciones de escape de aire o instalaciones de tratamiento posterior de aire de escape.

Más ventajas y formas de realización ventajosas del objeto según la invención figuran en la descripción, el dibujo y las reivindicaciones.

### Dibujos

La presente invención se describe en detalle mediante las figuras representadas y descritas a continuación y en la siguiente descripción. Hay que tener en cuenta que las figuras tienen sólo carácter descriptivo y no están pensadas para limitar la invención de ninguna manera.

#### Muestran

la figura 1 una vista en planta esquemática desde arriba de un sensor según la invención;  
 la figura 2 una sección a través del sensor según la figura 1 a lo largo de la línea II-II en la figura 1;  
 la figura 3 una sección a través de una forma de realización alternativa de un sensor según la invención;  
 la figura 4 una sección a través de otra forma de realización de un sensor según la invención;  
 la figura 5 vías de conducción en un sensor según la figura 1;  
 la figura 6 un diagrama equivalente para una medición resistiva con corriente continua;  
 la figura 7 un diagrama equivalente simplificado para un método de medición de impedancia;  
 la figura 8 una gráfica en la que está representado de forma simplificada el cambio temporal de la señal de un sensor no recubierto;  
 la figura 9 una gráfica en la que está representado de forma simplificada el cambio temporal de la señal de un sensor recubierto de una capa con una alta resistencia de capa, y  
 la figura 10 una gráfica en la que está representado de forma simplificada el cambio temporal de la señal de un sensor recubierto de una capa con una reducida resistencia de capa.

### Descripción de los ejemplos de realización

En las figuras 1 y 2 está representado un sensor 1 para la detección de partículas en una corriente de gas. El sensor 1 sirve para la instalación en un ramal de gas de escape de un automóvil y preferentemente está dispuesto corriente debajo de un filtro de hollín de un automóvil con un motor de combustión interna de diésel.

El sensor 1 comprende un elemento de soporte 11 en forma de placa que sirve por ejemplo de sustrato y que está fabricado de un material altamente aislante, por ejemplo de una cerámica como el óxido de aluminio. También es posible fabricar el elemento de soporte 11 a partir de un material alternativo como por ejemplo óxido de zirconio dopado o no dopado, por ejemplo dióxido de zirconio estabilizado con itrio.

Sobre el elemento de soporte 11 está impresa una estructura de dos electrodos en peine 12 y 13 interdigitales que están hechas por ejemplo de platino Pt y que a través de puestas en contacto correspondientes se pueden unir a un dispositivo de medición, de control y de evaluación.

Además, el sensor 1 presenta encima de los electrodos en peine 12 y 13 que sirven de electrodos una capa electroconductora 14, cuyo valor de resistencia es inferior o igual al valor de resistencia mínimo de un sensor cubierto con las partículas 51 que han de ser detectadas, con la misma geometría y sin capa electroconductora, poco antes de comenzar la regeneración con la que están recubiertos los electrodos 12 y 13 y el elemento de soporte 11. La capa electroconductora 14 por ejemplo está hecha de un material conductor de iones y/o de electrones y presenta un valor de resistencia a temperatura ambiente de  $\geq 0,2 \text{ k}\Omega$  a  $\leq 100 \text{ k}\Omega$ . Por ejemplo, el material electroconductor de la capa electroconductora 14 presenta una conductividad eléctrica específica a temperatura ambiente de  $\geq 10^{-5} \text{ S/m}$  a  $\leq 10 \text{ S/m}$ . La capa electroconductora 14 comprende como material electroconductor por ejemplo óxido de zirconio dopado u óxido de zirconio no dopado con un tamaño de granos del orden de nm, óxido de aluminio dopado, óxido de rutenio dopado o no dopado, óxido de indio dopado o no dopado, carburo de silicio, carburo de silicio ligado a nitruro, carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro y/o una delafosita.

En la figura 3 está representada una forma de realización alternativa de un sensor de partículas 2 según la invención que corresponde sustancialmente al sensor según la figura 1 y la figura 2, pero que se distingue de este en que presenta una capa electroconductora 14 que tiene un grosor sustancialmente constante por toda su superficie. La superficie de medición del sensor 11 presenta por tanto un perfil.

5 En la figura 4 está representada otra forma de realización de un sensor 3 según la invención que a su vez corresponde sustancialmente al sensor según las figuras 1 y 2, pero que se distingue de este en que presenta una llamada capa de relleno 31 aplicada en los espacios intermedios entre los electrodos 12 y 13 sobre el elemento de soporte 11 y que tiene aproximadamente el mismo grosor que los electrodos 12 y 13. La capa de relleno 31 comprende por ejemplo óxido de zirconio dopado u óxido de zirconio no dopado con un tamaño de granos del orden  
10 de nm, óxido de aluminio dopado o no dopado, óxido de rutenio dopado o no dopado, óxido de indio dopado o no dopado, carburo de silicio, carburo de silicio ligado a nitruro, carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro y/o una delafosita. Tanto la capa de relleno 31 como los electrodos en peine 12 y 13 están recubiertos de la capa electroconductora 14.

15 En la figura 5, el sensor según las figuras 1 y 2 está representado durante su funcionamiento de manera simplificada, estando depositadas partículas 51 en la superficie 15 de la capa electroconductora 14.

Los electrodos 12 y 13 están en conexión eléctrica entre sí a través de tres circuitos, en concreto, a través de un primer circuito 52 que conecta los electrodos 12 y 13 por el elemento de soporte, a través de un segundo circuito 53 paralelo que conecta los electrodos 12 y 13 por la capa electroconductora 14 y a través de un tercer circuito 54a, 54b, 54c que conecta los electrodos 12 y 13 por el circuito de partículas 54b de las partículas 51 depositadas en la  
20 superficie 15 y por las zonas partes parciales 54a, 54c de la capa electroconductora, dispuestas entre los electrodos 12, 13 y el circuito de partículas 54b. La figura 5 muestra que las resistencias  $R_{\text{capa1}}$  y  $R_{\text{capa2}}$  de las zonas parciales 54a, 54c de la capa electroconductora dispuestas respectivamente encima de los electrodos 12, 13 dependen del lugar y de la cantidad de las partículas 51 acumuladas, es decir de la longitud de los circuitos de partículas. Si por ejemplo se acumulan partículas 51 adicionales en dirección hacia el electrodo 13, disminuye la resistencia  $R_{\text{capa2}}$  de la zona 54c dispuesta encima del electrodo 13, mientras que aumenta la resistencia  $R_{\text{particulas}}$  del circuito de  
25 partículas 54b.

Las relaciones de resistencia en este sensor están representadas con la ayuda del esquema equivalente fuertemente simplificado, representado en la figura 6. En el primer circuito 52 existe una resistencia  $R_{\text{elemento de soporte}}$  predefinida por el elemento de soporte 11. En el segundo circuito 53 existe una resistencia  $R_{\text{capa}}$  que está  
30 predeterminada por el material y la configuración de la capa electroconductora y que es por ejemplo menor que la resistencia  $R_{\text{elemento de soporte}}$  del elemento de soporte 11. En el tercer circuito 54a, 54b, 54c existe una resistencia que resulta de las resistencias  $R_{\text{capa1}}$  y  $R_{\text{capa2}}$  de la capa electroconductora 14 dentro de las zonas parciales 54a y 54c cerca de los electrodos 12 y 13 y la resistencia  $R_{\text{particulas}}$  que está predeterminada por la concentración de partículas 51 en la capa electroconductora 14. A medida que aumenta la longitud de los circuitos de partículas en la capa electroconductora 14, aumenta la resistencia  $R_{\text{particulas}}$ , mientras que disminuye la resistencia  $R_{\text{capa2}}$  (tal como está  
35 representada en las figuras 5 y 6) o, dado el caso, también la resistencia  $R_{\text{capa1}}$  (no representada en las figuras 5 y 6), de lo que se puede concluir la concentración de partículas en el gas correspondiente. Las resistencias  $R_{\text{elemento de soporte}}$  y  $R_{\text{capa}}$  se mantienen constantes.

En la figura 7 está representado un esquema equivalente fuertemente simplificado que representa las relaciones cuando se realiza una medición de impedancia con señales de corriente alterna y que presenta una capa electroconductora 14 según la invención. En este caso, las partículas 51 forman un elemento de conmutación con una resistencia variable y una capacidad variable, es decir, un elemento de conmutación a modo de un elemento RC. Los electrodos 12 y 13 forman juntos una capacidad 55, actuando el elemento de soporte 11 como dieléctrico. El electrodo 12 forma junto a las partículas 51 una capacidad 56 variable. El electrodo 13 forma junto a las partículas  
40 51 una capacidad 57 variable.

La figura 8 es una gráfica en la que está representada de forma simplificada el cambio temporal de la señal de un sensor convencional no recubierto. La figura 8 muestra que en un sensor no recubierto, al principio de la medición no existe ninguna señal que permita una afirmación sobre la concentración de partículas. Esto se debe a que se  
45 recibe una señal sólo a partir del momento en el que se forman primeros circuitos de partículas a partir de partículas acumuladas que cortocircuitan los electrodos. Si ahora se acumulan partículas adicionales, la señal aumenta proporcionalmente a la cantidad de las partículas acumuladas a continuación. Como muestra la figura 8, a partir de una determinada cantidad de partículas acumuladas se consigue una desviación de señales H máxima. En este momento, habitualmente se inicia la regeneración del sensor.

La figura 9 es una gráfica en la que está representado de forma simplificada el cambio temporal de la señal de un sensor recubierto de una capa con una alta resistencia de capa. La figura 9 muestra que en un sensor recubierto de una capa con una alta resistencia de capa, es posible en un momento más temprano que en un sensor no recubierto una medición que permite una afirmación sobre la concentración de partículas. Teóricamente, la medición de una señal es posible ya durante la acumulación de la primera partícula. Prácticamente, a causa de la precisión de  
55

medición del / de los dispositivo/s de medición empleados en la medición, pero sólo al alcanzar una cantidad de partículas crítica se obtiene una señal. Sin embargo, esta cantidad de partículas crítica para la obtención de una señal es notablemente menor que la cantidad de partículas necesaria para formar circuitos de partículas que cortocircuitan. Sin embargo, un recubrimiento con una capa con una alta resistencia de capa tiene la desventaja de que la capa con una alta resistencia de capa funciona como limitación de corriente y por tanto la desviación de señales H resulta notablemente menor que en un sensor no recubierto.

La figura 10 es una gráfica en la que está representado de forma simplificada el cambio temporal de la señal de un sensor recubierto de una capa con una reducida resistencia de capa. Como en el sensor representado en la figura 9 que está recubierto con una capa con una alta resistencia de capa, también en un sensor según la invención que está recubierto de una capa con una reducida resistencia de capa, es posible ya en un momento más temprano que en un sensor no recubierto una medición de una señal que permite una afirmación sobre la concentración de partículas. Como ya se ha descrito en relación con la figura 9, también aquí es posible teóricamente ya la medición de una señal al acumularse una primera partícula. Sin embargo, a causa de la precisión de medición del / de los dispositivo(s) de medición empleados en la medición se obtiene una señal sólo al alcanzar una cantidad de partículas crítica, siendo esta cantidad de partículas crítica sin embargo notablemente menor que la cantidad de partículas necesaria para formar circuitos de partículas que cortocircuitan. De manera ventajosa, un recubrimiento con una capa con una reducida resistencia de capa no funciona o apenas funciona como limitación de corriente, por lo que la desviación de señales H corresponde aproximadamente a la desviación de señales H de un sensor no recubierto (figura 8).

El objeto de la presente invención es un sensor para la detección de partículas en una corriente de gas, que comprende

- un sistema de electrodos con al menos dos electrodos,
- que está dispuesto sobre un elemento de soporte
- estando revestidos al menos dos electrodos del sistema de electrodos por una capa electroconductora (14),

caracterizado por que

- la capa electroconductora (14) presenta un valor de resistencia que es inferior o igual al valor de resistencia mínimo de un sensor cargado con las partículas (51) que han de ser detectadas, con la misma geometría y sin capa electroconductora, poco antes de comenzar la regeneración.

Por el término "partículas", en el sentido de la presente invención se entienden partículas conductoras sólidas y/o líquidas, por ejemplo partículas y/o gotitas conductoras, especialmente partículas de hollín.

El valor de resistencia de la capa electroconductora se determina mediante la comparación del valor de resistencia de un elemento de sensor sin capa electroconductora, cargado con partículas, con el valor de resistencia de un elemento de sensor con capa electroconductora, no cargado, que presenta la misma estructura que el elemento de sensor sin capa electroconductora, determinándose los valores de resistencia en ambos casos mediante el mismo principio de medición.

Dado que el valor de resistencia de la capa electroconductora depende de la geometría del sistema de electrodos, la realización de la capa electroconductora y la selección del material electroconductor se han de adaptar al sistema de electrodos correspondiente.

Esto, por una parte, se puede realizar de forma empírica, es decir, de tal forma que en primer lugar una capa electroconductora de un material electroconductor se aplica mediante un procedimiento de serigrafía, dado el caso, se sinteriza, y se mide el valor de resistencia resultante. Si el valor de resistencia de la capa electroconductora no se sitúa en el intervalo de resistencia según la invención, se puede por ejemplo por una parte modificar el material electroconductor o, por otra parte, aumentar sucesivamente el grosor de capa mediante la aplicación de material electroconductor adicional hasta alcanzar un valor de resistencia que se sitúe en el intervalo de resistencia según la invención. Por otra parte, la realización de una capa electroconductora con un valor de resistencia según la invención se puede determinar al menos aproximadamente mediante métodos matemáticos.

El valor de resistencia mínimo de las partículas que han de ser detectadas se puede determinar mediante la tensión de acumulación de un sensor de partículas sin capa electroconductora y el valor del flujo de corriente que poco antes de la regeneración fluye por las partículas.

Por ejemplo, si en un sensor de hollín convencional sin capa electroconductora, con una tensión de acumulación de 30 V existe un flujo de corriente por las partículas de hollín de hasta varios mA, especialmente de 1 mA, de 30 V y 1 mA resulta un valor de resistencia mínimo de 30 kΩ de las partículas que han de ser detectadas. En el caso de un sensor de este tipo, la capa electroconductora podría presentar por ejemplo un valor de resistencia  $\leq 30$  kΩ.

La invención está basada en el principio de que en los electrodos del sistema de electrodos se aplica una tensión de medición, por lo que se ajusta una corriente de medición por la capa electroconductora. Por la acumulación de partículas se origina otro circuito amperimétrico por las partículas acumuladas y por las zonas parciales de la capa electroconductora situadas entre las partículas acumuladas y los electrodos, que aumenta la corriente de medición y se puede emitir como medida para la concentración de partículas. Dado que la resistencia eléctrica de la capa electroconductora es inferior o igual al valor de resistencia mínimo de las partículas (51) que han de ser detectadas, a una reducida resistencia de la capa electroconductora se conecta en paralelo una gran resistencia de las partículas que han de ser detectadas, por lo que disminuye la resistencia total y el flujo de corriente por las partículas de limita de manera ventajosa por la resistencia de las partículas acumuladas y no por la resistencia de la capa electroconductora. Por lo tanto, de manera ventajosa, una capa electroconductora con un valor de resistencia inferior o igual al valor de resistencia mínimo de las partículas que han de ser detectadas no funciona como limitación de corriente, por lo que la desviación de señales de un sensor según la invención corresponde aproximadamente a la desviación de señales de un sensor no recubierto. Además, en el marco de la presente invención, este principio ha resulta ser ventajoso porque al contrario de sensores convencionales ya no es necesario esperar el momento en el que los electrodos son cortocircuitados por partículas acumuladas, sino que se puede recibir una señal de medición válida en un momento más temprano.

Según la invención, en una forma de realización ventajosa, la capa electroconductora del sensor está hecha de un material conductor de iones y/o de electrones.

La capa electroconductora presenta a temperatura ambiente un valor de resistencia  $\geq 0,2$  k $\Omega$ , especialmente  $\geq 0,3$  k $\Omega$ . Preferentemente, la capa electroconductora presenta a la temperatura de funcionamiento un valor de resistencia entre  $\geq 0,2$  k $\Omega$  y  $\leq 100$  k $\Omega$ , por ejemplo entre  $\geq 0,3$  k $\Omega$  y  $\leq 70$  k $\Omega$ , especialmente entre  $\geq 10$  k $\Omega$  y  $\leq 50$  k $\Omega$ . Por el término "temperatura de funcionamiento" se entiende en el sentido de la presente invención una temperatura comprendida en un intervalo de  $\geq 100$  °C a  $\leq 500$  °C, especialmente en un intervalo entre  $> 200$  °C y  $\leq 400$  °C.

Por ejemplo, el material electroconductor de la capa electroconductora presenta a temperatura ambiente una conductividad eléctrica específica  $\geq 10^{-5}$  S/m. Preferentemente, el material electroconductor de la capa electroconductora presenta a la temperatura de funcionamiento una conductividad eléctrica entre  $\geq 10^{-5}$  S/m y  $\leq 10$  S/m, por ejemplo entre  $\geq 10^{-4}$  S/m y  $\leq 1$  S/m, especialmente entre  $\geq 10^{-3}$  S/m y  $\leq 10^{-1}$  S/m,

Por ejemplo, la capa electroconductora comprende como material electroconductor óxido de zirconio dopado u o óxido de zirconio no dopado, con un tamaño de granos del orden de nm, óxido de aluminio dopado, óxido de rutenio dopado o no dopado, óxido de indio dopado o no dopado, carburo de silicio (SiC), carburo de silicio ligado a nitruro (SiNC), carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro (SiAlNC) y/o una delafosita. Especialmente, la capa electroconductora comprende como material electroconductor dióxido de zirconio no dopado, con un tamaño de granos del orden de nm, u óxido de zirconio dopado con itrio, óxido de aluminio dopado con Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, con MnO y/o con MgO, dióxido de rutenio, óxido de indio dopado con estaño (por ejemplo In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:SnO<sub>2</sub>), carburo de silicio, carburo de silicio ligado a nitruro, carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro y/o una delafosita de la fórmula general AMO<sub>2</sub> en la que A corresponde por ejemplo a Cu y/o Ag y M corresponde por ejemplo a Al, Ga y/o In. Pero básicamente se puede emplear cualquier material que presente las características necesarias para el caso de aplicación correspondiente.

En el marco de una forma de realización de la invención, la capa electroconductora comprende además del material electroconductor además un material no electroconductor, por ejemplo como material de matriz. En el marco de la presente invención, como material no electroconductor se pueden emplear por ejemplo óxido de aluminio no dopado, especialmente dióxido de aluminio, óxido de zirconio no dopado, especialmente dióxido de zirconio, y/o vidrio. Por lo tanto, la capa electroconductora puede estar hecha de un material base electroconductor y de un material base no electroconductor, por ejemplo de óxido de zirconio dopado, óxido de aluminio dopado, óxido de rutenio dopado o no dopado, óxido de indio dopado o no dopado, carburo de silicio, carburo de silicio ligado a nitruro, carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro y/o una delafosita, especialmente de dióxido de zirconio dopado con itrio, óxido de aluminio dopado con Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO y/o MgO, dióxido de rutenio, óxido de indio dopado con estaño (por ejemplo In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:SnO<sub>2</sub>), carburo de silicio, carburo de silicio libado con nitruro, carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro y/o una delafosita de la fórmula general AMO<sub>2</sub> en la que A corresponde por ejemplo a Cu y/o Ag, y M corresponde por ejemplo a Al, Ga y/o In, como material electroconductor, y óxido de aluminio no dopado, óxido de zirconio no dopado y/o vidrio como material no electroconductor. Mediante la mezcla selectiva de los materiales base, la conductividad o la resistencia eléctrica de la capa electroconductora puede ajustarse de manera selectiva y optimizarse en cuanto a las partículas que han de ser detectadas.

La capa electroconductora del sensor puede estar ajustada tanto en cuanto a su composición como en cuanto a su consistencia superficial de tal forma que se acumulen sólo partículas especiales, tales como partículas de hollín, mientras que partículas no deseadas como por ejemplo sulfato o fosfatos se repelan. Esto puede realizarse por ejemplo si la capa electroconductora o su superficie tienen un carácter a ser posible homopolar. Además, por la capa electroconductora en el lado del sensor que está expuesto a la corriente de gas se puede unificar también la consistencia superficial para la acumulación de las partículas, especialmente de hollín, lo que resulta ventajoso

frente a los sensores actuales con una superficie que varía entre metal y un dieléctrico.

Los al menos dos electrodos del sistema de electrodos pueden engranar uno en otro a modo de peine. Los electrodos del sistema de electrodos son por ejemplo electrodos interdigitales, especialmente electrodos en peine interdigitales. Un sistema de electrodos interdigital constituido por al menos dos electrodos interdigitales se puede imprimir de manera sencilla mediante procedimientos tales como procedimientos de serigrafía, en una capa situada por debajo, por ejemplo en el elemento de soporte. En el marco de la presente invención, ha resultado ser ventajoso si los electrodos están dispuestos como electrodos interdigitales en una superficie del elemento de soporte, ya que de esta manera se consiguen unos resultados de medición especialmente ventajosos. Si los electrodos del sistema de electrodos son electrodos interdigitales, estos de manera conveniente se encuentran en un plano. En el material de electrodo se trata por ejemplo de metales tales como platino, rutenio, oro o cobre, siendo preferible el platino. Preferentemente, el elemento de soporte presenta un grosor de capa comprendido en un intervalo de  $\geq 1 \mu\text{m}$  a  $\leq 100 \mu\text{m}$ , por ejemplo de  $\geq 2 \mu\text{m}$  a  $\leq 50 \mu\text{m}$ , especialmente de  $\geq 5 \mu\text{m}$  a  $\leq 40 \mu\text{m}$

La capa electroconductora reviste por ejemplo los electrodos y la superficie del elemento de soporte recubierta por los electrodos. Por ejemplo, la capa electroconductora puede estar dispuesta encima del elemento de soporte y del elemento de soporte y segur el contorno, por ejemplo en forma de almenas de castillo, definido por los electrodos del sistema de electrodos. De esa manera, se obtiene una relación favorable entre la señal básica con la que no están presentes partículas acumuladas, y la señal de medición con la que están presentes partículas acumuladas.

Para garantizar un recubrimiento completo de los cantos de los electrodos, además, entre los dos electrodos, por ejemplo sobre el elemento de soporte, puede estar dispuesta una capa de relleno, cuyo grosor corresponde sustancialmente al de los electrodos. La capa de relleno puede estar hecha del mismo material que la capa electroconductora, pero también de otro material. Por ejemplo, la capa electroconductora puede rellenar completamente las zonas entre los electrodos, especialmente los dedos de electrodo del sistema de electrodos, es decir la capa de relleno, de manera que la capa electroconductora forme junto a los electrodos del sistema de electrodos una capa unitaria.

En el marco de la presente invención, el elemento de soporte del sensor puede ser una capa de soporte, especialmente una lámina de soporte. Por ejemplo, el elemento de soporte según la invención comprende óxido de aluminio no dopado y/o óxido de zirconio no dopado o dopado. Especialmente, el elemento de soporte según la invención comprende dióxido de aluminio no dopado y/o dióxido de zirconio no dopado o dopado no itrio. Preferentemente, el elemento de soporte presenta un grosor de capa comprendido en un intervalo de  $\geq 100 \mu\text{m}$  a  $\leq 2,5 \text{ mm}$ .

Para la limpieza de la superficie expuesta a la corriente de gas y la eliminación de las partículas acumuladas, tales como partículas de hollín, el sensor según la invención además puede estar provisto de un dispositivo calentador integrado o separado.

La fabricación de un sensor según la invención, es decir, la aplicación de los electrodos, de la capa electroconductora y, dado el caso, de la capa de relleno, se puede realizar según un procedimiento de serigrafía, lo que resulta ventajoso por razones económicas. Además, es conveniente si la capa electroconductora se puede realizar según un proceso cofire. Sin embargo, también es posible fabricar la capa electroconductora según un proceso postfire.

Otro objeto de la presente invención es un procedimiento para la fabricación de un sensor, que se caracteriza por que un material electroconductor o un material electroconductor y un material no electroconductor se mezclan por ejemplo con una pasta de serigrafía y los electrodos y/o el elemento de soporte de un sensor se revisten con la mezcla resultante con la ayuda de un procedimiento de serigrafía. Por ejemplo, una capa electroconductora según la invención se puede fabricar mezclando óxido de indio dopado con estaño y óxido de aluminio en una pasta de serigrafía, aplicando a continuación la masa de serigrafía con la ayuda de un procedimiento de serigrafía sobre los electrodos y/o el elemento de soporte del sensor según la invención. De manera ventajosa, mediante la mezcla de un material electroconductor y de un material no electroconductor se puede ajustar de forma selectiva la conductividad eléctrica de la capa electroconductora del sensor según la invención.

Otro objeto de la presente invención es el uso de un sensor según la invención en un aparato de medición de taller para el análisis de gases de escape o en un aparato de medición para el control de la calidad del aire o para la vigilancia del modo de funcionamiento de un motor de combustión interna, por ejemplo de un motor diésel o de una instalación de combustión, por ejemplo una calefacción de gasoil, o para la vigilancia de la capacidad de funcionamiento de un filtro de partículas y/o del estado de carga de un filtro de partículas o para la vigilancia de procesos de fabricación químicos, instalaciones de escape de aire y/o instalaciones de tratamiento posterior de aire de escape.

REIVINDICACIONES

1. Sensor para la detección de partículas (51) en una corriente de gas que comprende

- un sistema de electrodos con al menos dos electrodos (12, 13),
- que está dispuesto sobre un elemento de soporte (11),

5 - estando revestidos al menos dos electrodos (12, 13) del sistema de electrodos por una capa electroconductora (14),

**caracterizado por que**

- a la temperatura de funcionamiento, es decir, a una temperatura comprendida en un intervalo de  $\geq 100$  °C a  $\leq 500$  °C, la capa electroconductora (14) presenta un valor de resistencia de  $\leq 0,2$  k $\Omega$  a  $\leq 100$  k $\Omega$ .

10 2. Sensor según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la capa electroconductora (14) está hecha de un material conductor de iones y/o de electrones.

3. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el material electroconductor de la capa electroconductora (14) presenta a la temperatura de funcionamiento una conductividad eléctrica de  $\geq 10^{-5}$  S/m a  $\leq 10$  S/m.

15 4. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la capa electroconductora (14) comprende como material electroconductor óxido de zirconio dopado u óxido de zirconio no dopado con un tamaño de granos del orden de nm, óxido de aluminio dopado, óxido de rutenio dopado o no dopado, óxido de indio dopado o no dopado, carburo de silicio, carburo de silicio ligado a nitruro, carburo de silicio y aluminio ligado a nitruro y/o una delafosita.

20 5. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los electrodos (12, 13) son electrodos en peine interdigitales.

6. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** entre los dos electrodos (12, 13) está dispuesta una capa de relleno (31), cuyo grosor corresponde aproximadamente a la de los electrodos (12, 13).

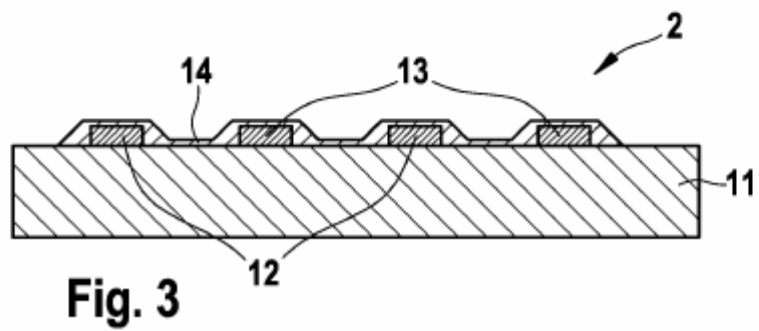
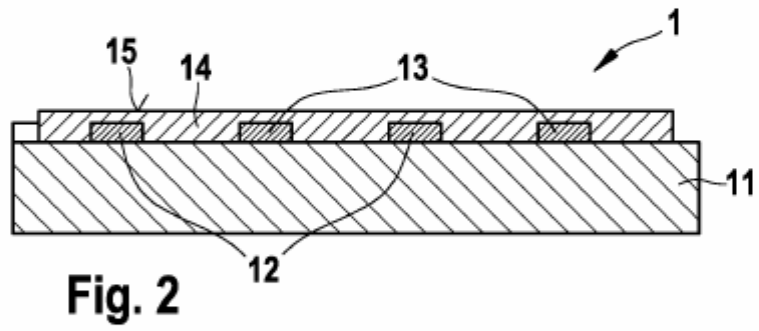
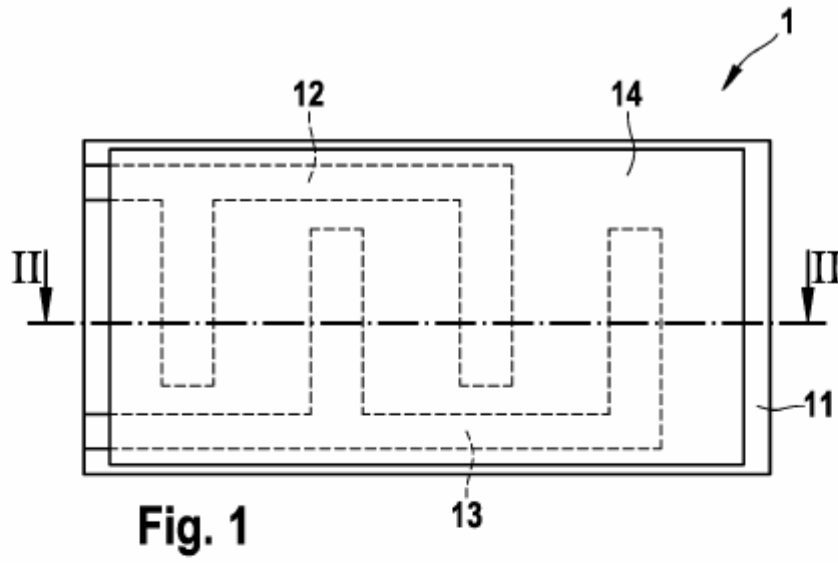
25 7. Sensor según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la capa electroconductora (14) comprende además un material no electroconductor.

8. Procedimiento para la fabricación de un sensor según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** un material electroconductor o un material electroconductor y un material no electroconductor se mezclan en una pasta de serigrafía y los electrodos (12, 13) y/o el elemento de soporte (11) de un sensor (1; 2; 3) se revisten con la mezcla resultante con la ayuda de un procedimiento de serigrafía.

30 9. Uso de un sensor según una de las reivindicaciones 1 a 7 en un aparato de medición de taller para el análisis de gases de escape o en un aparato de medición para el control de la calidad del aire o para la vigilancia del modo de funcionamiento de un motor de combustión interna o de una instalación de combustión o para la vigilancia de la capacidad de funcionamiento de un filtro de partículas y/o del estado de carga de un filtro de partículas o para la vigilancia de procesos de fabricación químicos, instalaciones de escape de aire y/o instalaciones de tratamiento posterior de aire de escape.

35





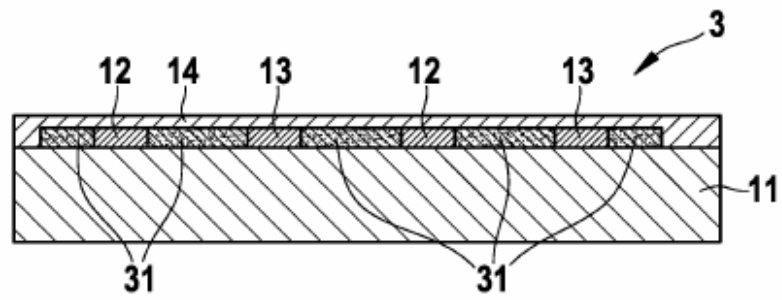


Fig. 4

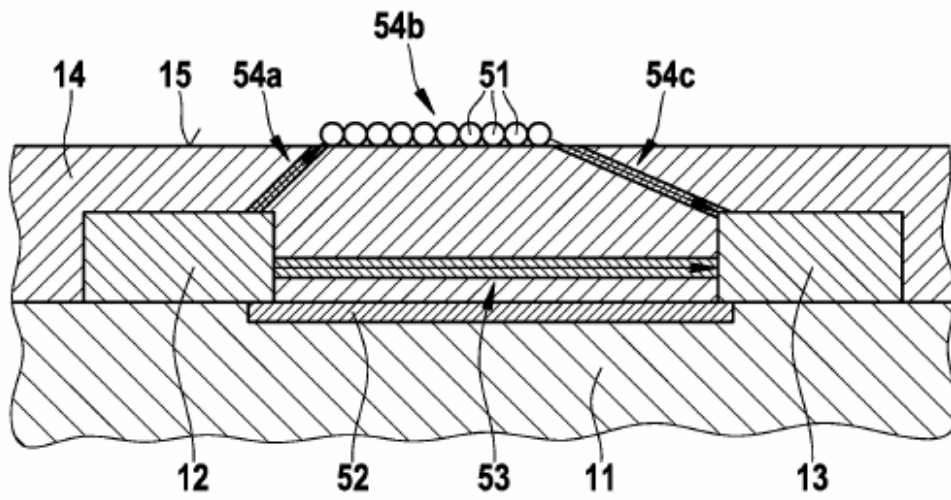
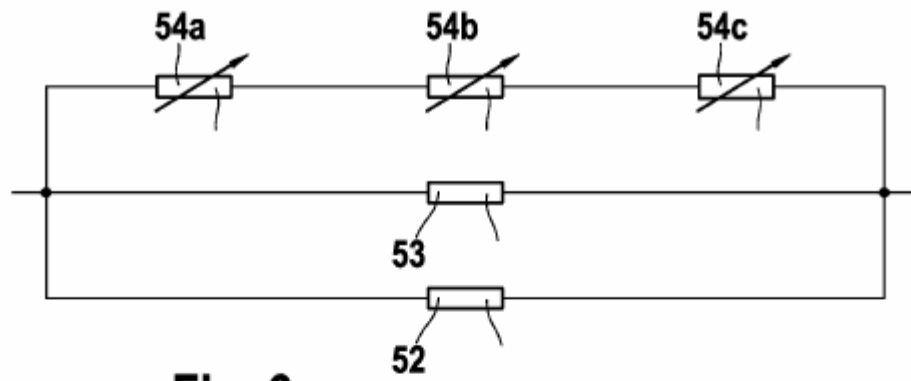
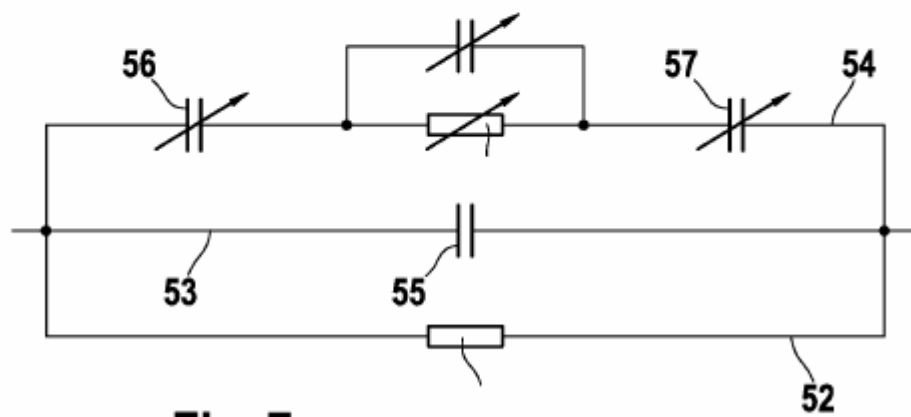


Fig. 5

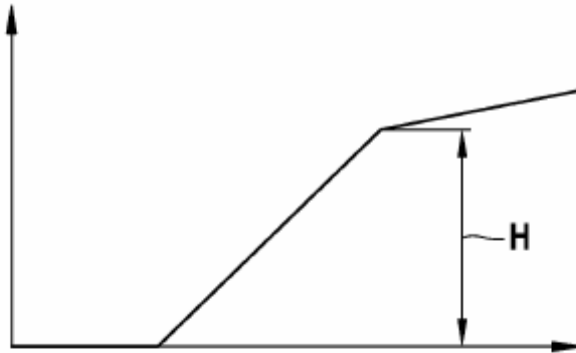


**Fig. 6**

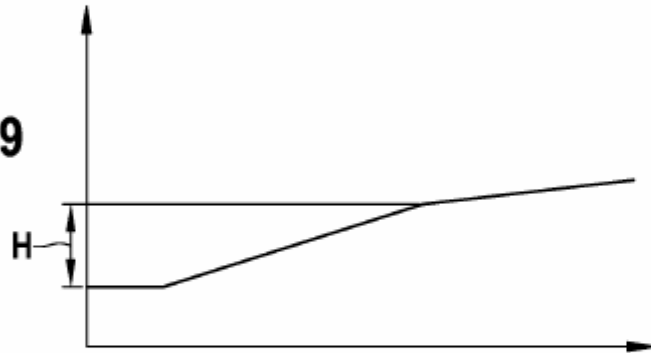


**Fig. 7**

**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**

