



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 274 917**

51 Int. Cl.:
F01N 3/027 (2006.01)
F01N 3/20 (2006.01)
B01D 53/92 (2006.01)
F01N 3/035 (2006.01)
F01N 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **01997626 .5**
86 Fecha de presentación : **20.11.2001**
87 Número de publicación de la solicitud: **1336032**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **20.08.2003**

54 Título: **Procedimiento para la reducción de las emisiones de partículas que contienen carbono de motores Diesel y disposición correspondiente.**

30 Prioridad: **21.11.2000 DE 100 57 862**
22.06.2001 DE 101 30 163

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2007

73 Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es: **Hammer, Thomas;**
Kishimoto, Tetsuo y
Birckigt, Rudolf

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 274 917 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).

ES 2 274 917 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la reducción de las emisiones de partículas que contienen carbono de motores Diesel y disposición correspondiente.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la reducción de las emisiones de partículas que contienen carbono de motores Diesel, en el que el gas de escape emitido por el motor circula a través de un filtro, las partículas contenidas en el gas de escape son separadas en superficies del filtro y en el que con la finalidad de la regeneración del filtro, se oxidan las partículas separadas. Además, la invención se refiere también a una disposición correspondiente para la
10 realización del procedimiento, con un filtro cerámico de negro de carbón y con medios para la oxidación de las partículas separadas en el filtro cerámico.

15 El negro de carbón que llega a los pulmones es, de acuerdo con los cocimientos actuales, nocivo para la salud, eventualmente incluso cancerígeno. Sin embargo, precisamente los motores Diesel de los automóviles de inyección directa, que interesan por razones de la economía de combustible, emiten partículas que llegan a los pulmones.

Una solución del problema propuesta desde hace mucho tiempo podría consistir en filtros de partículas regenerables que, sin embargo, necesitan para la regeneración a bajas temperaturas del gas de escape un aditivo como, por ejemplo, cerio, una mezcla de Na y Sr o una mezcla de Fe y Sr en el combustible, que actúa como catalizador para la oxidación del negro de carbón (FR 2 771 449 A). Tales catalizadores actúan, por ejemplo, de tal manera que se oxidan en primer
20 lugar ellos mismos y transmiten el oxígeno entonces al negro de carbón.

En la aplicación práctica, sin embargo, los óxidos a través del negro de carbón solamente se reducen parcialmente, de manera que en el funcionamiento de larga duración se plantea el problema de la carga del filtro con cenizas de catalizador. Se plantean problemas adicionales en los combustibles que contienen azufre debido a la formación de sulfato fomentado catalíticamente. Además, en el tráfico urbano se puede plantear el problema de que la temperatura del gas de escape, a pesar del aditivo catalítico, no es suficiente para una regeneración.
25

En cambio, se renuncia a una regeneración puramente térmica, puesto que para ello deben realizarse puntos de funcionamiento de corta duración del motor con temperatura muy elevada del gas de escape o deben tomarse medidas eléctricas para el calentamiento del filtro. El documento EP 0 635 625 A1 publica con esta finalidad una calefacción por microondas de la cerámica del filtro, el documento EPO 0 731 875 publica un catalizador de oxidación calentado eléctricamente para la desintegración del negro de carbón. Cada una de estas medidas puramente térmicas está unida con un consumo de combustible medio muy elevado. Adicionalmente, durante la combustión del negro de carbón, activada a través de estas medidas, se puede producir localmente una combustión del filtro de negro de carbón y, por lo tanto, su destrucción.
30
35

A través de la combinación de estas dos medidas se puede conseguir una mejora que, sin embargo, no soluciona el problema de que el filtro es obstruido con cenizas de catalizador. Además, en circunstancias extremas (recorridos cortos en el tráfico urbano) se producen siempre todavía temperaturas tan bajas del gas de escape que no es posible, a pesar de todo, una regeneración del filtro.
40

Para la solución de los problemas con emisiones de negro de carbón se han propuesto e investigado en el pasado varias veces procedimientos de plasma, que se pueden clasificar de la siguiente manera:
45

- (a) Las partículas son cargadas eléctricamente a través de tratamiento con una descarga de efluvios, son separadas electrostáticamente y son oxidadas sobre el sustrato a través de procedimientos de plasma, eventualmente bajo la adición de un catalizador en el combustible o en el sustrato (EP 0 332 609 B1, WO91/03631 A1, US 4.979.364 A; EP 0 627 263 A1, DE 2 146 228 A1).
50
- (b) Las partículas son aglomeradas a través de tratamiento con una descarga de efluvios y son separadas a través de un ciclón (DE 34 24 196 A1 y EP 0 824 376 A1), donde se evacúan térmicamente, por ejemplo.
- (c) Las partículas son separadas en un lecho sólido dieléctrico de un granulado, en un compuesto de fibras (fieltro) o en un material poroso (espuma de cerámica, etc.) como filtro. En esta estructura porosa se quema de forma continua un plasma no térmico, que regenera continuamente las superficies (WO 99/38603 A1).
55
- (d) Se puede conseguir también una regeneración inducida por plasma de los filtros de negro de carbón oxidando en un plasma no térmico NO en NO₂, que se reduce a bajas temperaturas bajo oxidación del negro de carbón de nuevo en NO. A temperaturas suficientes del gas de escape, en lugar del plasma se puede utilizar también un catalizador de oxidación (DE 198 26 831 A1 así como EP 341 832 B1).
60
- (e) Las partículas son separadas a través de fuerzas de inercia sobre electrodos de la estructura de un reactor de DBE (DBE - descargas impedidas dieléctricamente) y se oxidan allí a través de la actuación de plasma no térmico (DE 100 07 130 A0).
65
- (f) Las partículas son retenidas durante la circulación a través de una cerámica porosa que actúa como filtro y son oxidadas a través de la actuación de un plasma de DBR (DE 197 17 890 A1). El plasma DBE se forma

ES 2 274 917 T3

de acuerdo con la invención entre un contra electrodo provisto con una capa de barrera y un electrodo permeable al gas conectado con la cerámica del filtro o una cerámica de filtro de conductividad eléctrica suficiente como electrodo.

5 Con respecto a estos procedimientos hay que indicar lo siguiente:

Con respecto a a): La separación electrostática de partículas requiere dos reactores de plasma - un primer reactor para la carga eléctrica de las partículas proporcionalmente a su masa y un segundo reactor para la separación electrostática así como para la oxidación catalítica o inducida por plasma. Esta función no se puede asegurar en una estructura compacta, idónea para automóviles. Existe el peligro de separación incontrolada de las partículas en lugares en la sección del gas de escape, en los que no está garantizada su oxidación. Por lo tanto, se puede producir una liberación repentina, incontrolada de grandes cantidades de partículas (re-entrainment).

15 Con respecto a b): Tampoco en el caso de la aglomeración electrostática se puede garantizar que las partículas sean separadas de una manera controlada posteriormente. Por lo tanto, se plantea la misma problemática que en la separación electrostática en (a).

20 Con respecto a c): La separación de negro de hollín en estructuras porosas generadoras de plasma de una manera continua muestra un efecto bueno. Sin embargo, aquí se plantean problemas con la estabilidad mecánica de la estructura porosa en el empleo en automóviles (granulado, material de fibras) o con la presión dinámica (espumas de cerámica).

25 Con respecto a d): La regeneración continua del filtro de negro de carbón a través de un plasma antepuesto funciona en principio, pero requiere la presencia de cantidades suficientes de NO en el gas de escape y es desfavorable desde el punto de vista energético (M. M. Penetrante y col.: Feasibility of Plasma Aftertreatment for Simultaneous Control of NOx and Particulates; SAE paper N° 1999-01-3637).

30 Con respecto a e): En virtud de la permeabilidad de la estructura de electrodos para el gas de escape se consigue, en efecto, una presión dinámica reducida, y no es previsible una obstrucción del elemento de purificación del gas de escape a través de deposiciones sólidas. No obstante, puesto que las fuerzas de inercia se reducen a medida que disminuye la masa, unas partículas ligeras siguen en gran medida a la circulación del gas y, por lo tanto, se separan en una medida insuficiente.

35 Con respecto a f): En el caso de las descargas impedidas dieléctricamente, una parte esencial de la potencia es convertida en volumen. El resto de la potencia eléctrica se puede convertir sobre superficies de aislamiento eléctrico como el recubrimiento dieléctrico en el llamado punto de base de filamento de descarga que se configura a presión atmosférica. Por lo tanto, en el caso de una cerámica de filtro porosa conductora de electricidad, solamente se forma dicho punto de base sobre el dieléctrico del contra electrodo impermeable al gas. Como se conoce, los radicales químicamente activos, como el oxígeno O atómico formado a partir del oxígeno del aire y el radical hidroxilo OH formado a partir de agua en el gas de escape tienen una duración de vida muy corta inferior a 200 μ s. Como resultado de ello, solamente existe una probabilidad reducida de que los radicales formados en el volumen oxiden el negro de carbón separado sobre la cerámica de filtro. Esto reduce el rendimiento de la regeneración de plasma. Además, las geometrías propuestas de los electrodos reducen en gran medida la sección transversal de la circulación de los canales individuales del filtro. Para mantener reducida la presión dinámica del filtro regenerado con plasma, es necesario un incremento del volumen frente a los filtros sin estas estructuras de electrodos.

50 Por encima del estado de la técnica descrito anteriormente, se conoce a partir del documento JP 6-146852 A un procedimiento para la oxidación de negro de carbón de Diesel a bajas temperaturas, en el que el negro de carbón separado se convierte por medio de una descarga impedida dieléctricamente ("silent barrier discharge"). Especialmente en el documento XP 000826895 (www.dieselnet.com, redacción de 1999) se menciona la utilización de plasmas no térmicos en la purificación del gas de escape y se resumen en este contexto los diferentes fenómenos de las descargas no térmicas.

55 A partir del estado de la técnica, el cometido de la invención consiste en indicar un procedimiento y una disposición correspondiente, con los que las emisiones de partículas de motores Diesel se vuelven inocuas de una manera más efectiva que hasta ahora.

60 El cometido se soluciona de acuerdo con la invención en un procedimiento del tipo mencionado al principio a través de las medidas de la reivindicación 1 de la patente. Los desarrollos correspondientes son objeto de las reivindicaciones dependientes. Una disposición para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención es objeto de la reivindicación 15 de la patente. Los desarrollos de la disposición a este respecto se indican en las reivindicaciones independientes.

65 A continuación se utiliza el término técnico "descarga deslizante superficial no térmica" tanto en la descripción como también en las reivindicaciones. Si no se dice expresamente lo contrario, este término significa también los términos "descarga deslizante superficial" y "descarga deslizante". Para la delimitación con respecto a otras formas de descargas eléctricas de gas, debe definirse aquí de una manera concreta lo siguiente: En la "descarga deslizante superficial no térmica" se trata de lo siguiente:

ES 2 274 917 T3

- una descarga eléctrica de gas que es combustible en contacto con una superficie, entre otras, aislante de electricidad (o sólo débilmente conductora),
- para la generación de un “plasma no térmico”,
- utilizando en gran medida una calefacción de gas.

5

10 El “plasma no térmico” se diferencia del “plasma térmico” porque el estado del plasma no puede describirse termodinámicamente a través de una temperatura y porque la energía media de los electrones es esencialmente mayor que la de las partículas pesadas (iones, átomos, moléculas). A presión atmosférica, los plasmas no térmicos se pueden generar, por ejemplo, a través de descargas eléctricas de gas, en las que el desacoplamiento de energía está limitado a tiempos muy cortos. Como resultado de ello, los electrones pueden ionizar moléculas, excitarlas electrónicamente y disociarlas (disociación), sin que en este caso se eleve en una medida considerable la temperatura del gas. Las descargas deslizantes en la superficie se quemán a presión atmosférica con frecuencia como chispas, en las que, sin embargo, la duración de la combustión y la densidad de la potencia son tan altas que se produce ya una calefacción substancial del gas. Esta forma de descarga deslizante superficial está excluida aquí de forma explícita.

15

20 Con la invención se propone un procedimiento, que combina la separación de negro de carbón a través de filtro cerámico de negro de carbón con la regeneración del filtro a través de descargas deslizantes en la superficie no térmicas. Los filtros cerámicos de negro de carbón, que corresponden al estado de la técnica, garantizan, como se conoce, un rendimiento de separación alto también de partículas finas. A través de las descargas deslizantes en la superficie se utiliza la energía eléctrica en la proximidad inmediata del negro de hollín separado para la formación de radicales oxidantes. Como resultado de ello, se consigue una alta probabilidad de reacción para estos radicales con el negro de carbón y, por lo tanto, también un rendimiento energético alto.

25

Las estructuras de los electrodos, que son necesarias para el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden (a) incrustar ambas en las paredes del filtro, (b) aplicar sobre lados opuestos de las paredes del filtro como electrodo superficial, (c) configurar de una manera alterativa como electrodos incrustados y como electrodos superficiales. Esto posibilita una resistencia reducida de la circulación con una estructura compacta del elemento de filtro.

30

35 Las paredes del filtro están constituidas de acuerdo con la invención por un material cerámico de poros finos de baja conductividad eléctrica. Como resultado de ello, la pared del filtro actúa como barrera dieléctrica, que impide un flujo directo de la corriente. Por lo tanto, se propone un funcionamiento con una alta tensión variable en el tiempo o bien en forma de una tensión alterna o en forma de una tensión de impulsos que se repite en el tiempo. La potencia eléctrica media convertida en descargas deslizantes en la superficie resulta a partir del producto $E_{dis} \times f$ por impulso o por periodo de energía eléctrica disipada E_{dis} y frecuencia de repetición del impulso o frecuencia f . La energía disipada E_{dis} se incrementa a medida que se eleva la amplitud de la tensión U_0 . La tensión del impulso se caracteriza porque la duración del impulso de la tensión es pequeña frente al periodo dado a través de la frecuencia de repetición del impulso. De esta manera, la energía se desacopla de una manera selectiva en la generación de descargas de gases superficiales no térmicas y se evita la disipación excesiva de energía eléctrica a través de la capacidad conductora residual de la cerámica del filtro y a través de la capa de negro de hollín conductora del filtro.

40

45 Las estructuras de los electrodos se pueden generar a través de la incrustación de alambres de materiales dúctiles como cobre o níquel en la producción del filtro. Para la evitación de descargas de chispas ricas en energía a través de la cerámica porosa del filtro se pueden revestir los alambres de los electrodos con una capa de barrera de vidrio, de esmalte o de cerámica sinterizada estrechamente. Una alternativa a la generación de estructuras de electrodos consiste en la dotación local de la cerámica de filtro con aditivos para la elevación de la conductividad eléctrica. El contacto de los electrodos individuales se lleva a cabo para la conexión con masa eléctrica y alta tensión en cada caso desde extremos opuestos del filtro. Se puede llevar a cabo, por ejemplo, a través de la conexión en forma de rejilla de los electrodos, pero también a través de una placa de contacto del tipo de chapa perforada, que libera los orificios en el lado de entrada y en el lado de salida de las células del filtro.

50

55 La regeneración del plasma del filtro se puede llevar a cabo de una manera continua. La potencia media del plasma necesaria se representa a través de una función que cae e medida que se incrementa la temperatura del filtro y que se incrementa a medida que se eleva la emisión de negro de carbón. En lugar de la emisión de negro de carbón, la contra presión del gas de escape se puede utilizar como variable de entrada para la regulación de la potencia media del plasma. La ventaja de este método consiste en que la contra presión del gas de escape se puede mantener continuamente baja. Como resultado de ello, se reduce en gran medida el consumo excesivo de combustible, que se puede producir en motores de combustión interna a través del incremento de la contra presión del gas de escape. Por otro lado, como resultado de ello se consigue un gasto elevado de energía para el funcionamiento del plasma. El contenido de energía de los hidrocarburos y del negro de carbón no se utiliza prácticamente para la regeneración.

60

65 Por lo tanto, una alternativa consiste en una regeneración cíclica con plasma. Como criterio para la activación y para la potencia del plasma empleada para la regeneración se utilizan contra presión y temperatura del filtro.

65

Para limitar el gasto medio de energía para la regeneración del plasma, está prevista la dotación de la cerámica del filtro con materiales catalíticos, que favorecen la oxidación del negro de carbón y de los hidrocarburos. Aquí se contemplan metales nobles como Pt, metales como Fe y metales alcalinotérreos como Ca. También aquí se pueden

ES 2 274 917 T3

utilizar dos estrategias de regeneración diferentes. En el caso de la regeneración continua con plasma se consigue en función de la temperatura una potencia eléctrica más o menos fuertemente reducida en comparación con la oxidación del negro de carbón en el caso no catalítico. En el caso de la regeneración cíclica, es necesaria una regeneración con plasma cuando la temperatura del filtro se mantiene durante un periodo de tiempo más prolongado por debajo del valor necesario para la regeneración catalítica.

La regeneración con plasma de filtros de negro de carbón se puede combinar, además, con medidas para fomentar la reducción catalítica selectiva de óxidos nítricos con agentes reductores que contienen amoníaco. A tal fin, se configura la estructura de los electrodos de tal forma que sobre el lado de salida del filtro se inflaman descargas de volumen impedidas dieléctricamente en lugar de descargas superficiales. Las descargas impedidas dieléctricamente convierten NO en parte en NO₂, que induce la reducción catalítica selectiva de NO a bajas temperaturas por debajo de 200°C.

Además, a través de la selección de la dotación catalítica del material del filtro se puede posibilitar la reducción catalítica inducida por plasma de óxidos nítricos a través de agentes reductores que contienen hidrocarburos en el filtro de negro de carbón propiamente dicho. La estrategia de regulación a través de la operación con plasma se puede adaptar en ambos casos adicionalmente a las necesidades de reducción de NOx.

Otros detalles y ventajas de la invención se deducen a partir de la siguiente descripción de las figuras de ejemplos de realización en combinación con las reivindicaciones de la patente. Se muestra lo siguiente en representación esquemática:

La figura 1 muestra dos secciones de un filtro de partículas de negro de carbón de acuerdo con el estado de la técnica.

Las figuras 2 a 4 muestran tres posibilidades diferentes para la generación de descargas deslizantes en la superficie sobre cerámica.

La figura 5 muestra secciones de una disposición de acuerdo con la figura 1, que están provistas con medios para la configuración de las descargas deslizantes en la superficie.

La figura 6 muestra una representación gráfica para la ilustración del rendimiento.

Las figuras 7 a 12 muestran secciones o bien fragmentos de estructuras de filtros con electrodos adecuados para la configuración de descargas deslizantes en la superficie.

La figura 13 muestra en la sección transversal un filtro de partículas con estructuras correspondientes, en el que está presente una instalación de control correspondiente.

La figura 14 muestra un filtro de partículas de acuerdo con la figura 13 en combinación con un reactor para la realización de una reducción catalítica selectiva (SCR) y

La figura 15 muestra una representación gráfica para la selección de la tensión para la carga deslizante como función de parámetros del gas de escape.

Las partes iguales o bien equivalentes tienen los mismos signos de referencia o signos de referencia correspondientes. Las figuras se describen, en parte, en común.

El procedimiento descrito anteriormente para la reducción de emisiones de partículas se basa en las siguientes concepciones:

- Para garantizar una eliminación eficiente a través de oxidación, el negro de carbón debe acumularse sobre superficies. Esto se garantiza de la manera más segura a través del filtro de negro de carbón conocido a partir del estado de la técnica.
- Se puede conseguir una oxidación eficiente también a temperatura más baja sin la adición de aditivos catalíticos solamente a través de radicales oxidantes, que se forman en la proximidad inmediata de la superficie. Esto se puede inducir a través de choques de electrodos, por ejemplo con oxígeno en un plasma no térmico con buen rendimiento:



Los radicales de oxígeno reaccionan con la superficie de carbono C(s) y forman en este caso monóxido de carbono ligado a la superficie:



ES 2 274 917 T3

El monóxido de carbono se puede liberar



pero también puede reaccionar con otro radical para formar dióxido de carbono:



Cuando los radicales son generados a una distancia demasiado grande de la superficie, reaccionan con componentes RX del gas de escape (como, por ejemplo, hidrocarburos)



antes de que lleguen a la superficie y, por lo tanto, no prestan ninguna contribución o solamente una contribución indirecta, que depende en gran medida de la composición del gas de escape, a la desintegración del negro de carbón.

- La vía más eficiente para la generación de descargas de gas no térmicas con las propiedades requeridas consiste en descargas deslizantes en la superficie. Las estructuras sólidas de electrodos, integradas en la cerámica del filtro, ofrecen en este caso ventajas esenciales frente a electrodos separados o disposiciones de lecho a granel: tienen estabilidad mecánica, son favorables desde el punto de vista de la técnica de la circulación y, por lo tanto, se pueden formar de una manera compacta.

En la figura 1a se representa un filtro de negro de carbón 10, que corresponde al estado de la técnica, en la sección longitudinal, en la figura 1b se representa en la sección transversal. El filtro 10 está constituido por células 11 con paredes 1 de material cerámico de poros abiertos, que están cerradas en cada caso en uno de los extremos por medio de una cubierta cerámica 2. El gas de escape E (Exhaust) circula a través de las paredes laterales de las células. El negro de carbón se separa en este caso sobre la superficie.

La figura 2 ilustra el procedimiento descrito anteriormente con la ayuda de una estructura 20 con dos electrodos 3 incrustados en una cerámica de filtro 1, que están conectados en una fuente de tensión 4 para la generación de una alta tensión variable con el tiempo. En la alta tensión variable con el tiempo se puede tratar de una tensión alterna o de una tensión de impulsos que se repite en el tiempo. El gas de escape E que contiene hollín entra a través de la pared cerámica del filtro 1. En este caso, se separa negro de carbón en la cerámica del filtro 1. El gas de escape E' filtrado del negro de carbón sale sobre el lado opuesto desde la cerámica del filtro. Sobre los dos lados de la cerámica del filtro se configuran descargas deslizantes en la superficie SD.

La figura 3 muestra una estructura 30 con un electrodo 3 incrustado en la cerámica del filtro y con un electrodo 5 colocado encima. En este caso, se configura solamente sobre el lado de la cerámica del filtro una descarga deslizante superficial SD, que está ocupada con el electrodo 5. De este modo se puede limitar el acoplamiento de energía eléctrica sobre regiones, en las que se separa negro de carbón.

La figura 4 muestra una estructura 40 con dos electrodos 5 colocados sobre lados opuestos de la cerámica de filtro 1. Como en la disposición de acuerdo con la figura 2, se lleva a cabo aquí una configuración de descargas deslizantes en la superficie sobre los dos lados de la cerámica de filtro.

La figura 5a muestra un filtro 50 regenerado con plasma con electrodos 3 incrustados en la dirección longitudinal y en la figura 5b en la sección transversal. Los electrodos 3 de la misma polaridad están conectados entre sí por medio de un cableado 6. La comparación de las figuras 1 y 5 muestra en ambos casos una estructura de panal de abejas con células cerradas de una manera alterna en los extremos.

Como material del filtro se contempla de una manera conocida en sí cordierita, carburo de silicio (SiC) y el llamado NZP ($\text{NaZr}_2\text{P}_3\text{O}_{12}$), estando presentes en cada caso aditivos para el ajuste de la conductividad eléctrica, para conseguir propiedades eléctricas adecuadas.

La figura 6 muestra la verificación experimental de la oxidación de negro de carbón separado sobre superficies con la ayuda de la formación de CO y CO₂ a través de descargas deslizantes en la superficie en aire a temperatura ambiente. Se aplica sobre la ordenada la concentración de monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO₂) en el gas de escape de las descargas deslizantes en la superficie en ppm y sobre la abscisa el tiempo en minutos. En este caso la curva 61 caracteriza el contenido de CO y la curva 62 caracteriza el contenido de CO₂ como función del tiempo. Se reconoce que ambas curvas se elevan en adelante lentamente después de la subida rápida inmediatamente después de la conexión de las descargas deslizantes en la superficie en el instante 0, pasan por un máximo y a continuación caen de nuevo. La subida lenta se puede atribuir al incremento de la concentración del CO adsorbido en la superficie de negro de carbón hasta un valor de saturación, el máximo y la caída son atribuibles a la reducción continua de la masa de negro de carbón adsorbida a través de oxidación.

ES 2 274 917 T3

La figura 7 muestra la sección transversal de un filtro 70 regenerado con plasma con electrodos 7 y contra electrodos. El recubrimiento dieléctrico 9 impide el flujo directo de corriente entre electrodos 7 y contra electrodos 8. Opcionalmente, se puede prescindir del recubrimiento dieléctrico o bien de los electrodos 7 o de los contra electrodos 8.

5

La figura 8 muestra la sección transversal de un filtro regenerado con plasma 80 con estructuras de electrodos de cerámica con conductividad elevada tanto para los electrodos 81 como también para los contra electrodos 82, que están integrados en los filtros.

10

La figura 9 muestra un fragmento de un filtro 90 regenerado con plasma, que está constituido por células, agrupadas para formar una estructura de panel de abejas, con sección transversal rectangular, en el que las células están dispuestas en series y en el que a través del desplazamiento lateral de las series entre sí se encienten en una parte de las células descargas superficiales SD y en otra parte de las células descargas de volumen VD. Las series vecinas están desplazadas en cada caso la mitad de la anchura de la célula unas con respecto a las otras. Como ejemplo de han utilizado aquí electrodos 3 no recubiertos dieléctricamente. Esta disposición es adecuada para la oxidación de negro de carbón sobre un lado y para la oxidación de NO en NO₂ en el otro lado de la cerámica de filtro.

15

La figura 10 representa un fragmento de un filtro regenerado con plasma con electrodos 7 incrustados, recubiertos dieléctricamente, y electrodos metálicos 5 colocados encima de acuerdo con el principio mostrado en la figura 3. La figura 11 representa un fragmento de un filtro regenerado con plasma con electrodos metálicos 5 colocados encima de acuerdo con el principio mostrado en la figura 4. A partir de ambas representaciones se deduce claramente que se pueden generar descargas deslizantes en la superficie en los panales de abejas de un cuerpo de panel de abejas.

20

La figura 12 muestra un fragmento de un filtro regenerado con plasma con electrodos 81 incrustados y con electrodos 82 abiertos de una manera alterna, que se forman por cerámica de filtro con conductividad elevada localmente. En este caso, la zona conductora de electricidad de la cerámica en el electrodo incrustado está seleccionada tan pequeña que está rodeada completamente por cerámica aislante, mientras que para el contra electrodo ha sido seleccionada tan grande que en la superficie están presentes zonas de conductividad eléctrica suficientemente alta.

25

En la figura 13 se designa con 200 una instalación para la aplicación de descargas de gases no térmicas sobre gases de escape Diesel. En la instalación 200 con una entrada 201 para gas de escape E (Exhaust) no tratado y con una salida 202 para gas de escape E' tratado se encuentra una de las disposiciones de filtro descritas anteriormente en particular. Está presente una fuente de tensión de impulsos ($PVS = \text{Pulse Voltage Source}$) 210, con la que se genera una alta tensión de amplitud y frecuencia adecuadas. La fuente de alta tensión 210 está conectada a través de un cable coaxial 211 con la unidad de filtro de plasma 212, que está incrustada por medio de una estera 213 de amortiguación de impactos, aislante eléctrica y térmicamente, en la envoltura metálica del filtro 214. Como estera 213 se emplea cerámica densamente sinterizada a base de óxido de aluminio (Al_2O_3), nitrito de aluminio (AlN), óxido de circonio (ZrO_2), nitrito de boro (BN), cordierita, etc. con un espesor de pared de 0,5 mm a 10 mm, que se proyecta dentro y fuera de la envoltura del filtro 214 al menos 5 mm y hasta 50 mm más allá de la pared metálica de la envoltura del filtro 214. En este caso, el conductor interior que conduce alta tensión del cable coaxial 211 está conectado a través de un orificio de paso de alta tensión 215 con el lado de los electrodos 216 de la unidad de filtro de plasma 212, mientras que el lado de los contra electrodos 217 de la unidad de filtro de plasma 212 y el conductor exterior están conectados con la envoltura de filtro 214 que sirve como punto de masa eléctrica común. El cable coaxial es resistente a la temperatura hasta 250°C a través de la selección de la estera 213.

30

35

40

45

Un aparato de control 220 sirve para la activación de la PVS 210 a través de un cable de control 221. Como variables de entrada para el aparato de control 220 se utilizan especialmente la presión y la temperatura. A tal fin, están presentes en la disposición delante del filtro de partículas Diesel dos sensores 222 y 223 para P_{in} , por una parte, y T_{in} , por otra parte, así como después del filtro de partículas Diesel 200 están presentes dos sensores 224 y 225 para P_{out} , por una parte, y T_{out} , por otra parte. El aparato de control 220 puede presentar, además, instalaciones para la memorización y evaluación de campos de curvas características condicionados por el motor, que se pueden transmitir a través de una línea de datos 226 desde el control del motor 227.

50

Como complemento, se describen detalles de la seguridad funcional eléctrica y de la compatibilidad electromagnética y las medidas individuales previstas para su solución:

55

- Puesto que la superficie de entrada del filtro así como otras superficies en el lado de entrada del filtro se ocupan en el funcionamiento con negro de carbón, que reduce la resistencia dieléctrica, la conducción de la alta tensión 215 se lleva a cabo a través de la envoltura metálica del reactor 214 y la conexión de alta tensión de la unidad de filtro de plasma 216 se lleva a cabo con preferencia en el lado de salida del filtro.
- La realización de la envoltura del reactor 214, especialmente en lo que se refiere a conexiones de masa eléctrica y conductividad eléctrica, se lleva a cabo de tal forma que existe un blindaje electromagnético de las interferencias que parten de corrientes de impulsos en la unidad de filtro de plasma: A tal fin se seleccionan materiales de alta conductividad eléctrica y todas las conexiones a masa 217 son de baja inductividad y están realizadas con una superficie grande para evitar el efecto Skin. Los valores típicos para la conductividad eléctrica están entre 5 Sm/m² y 65 Sm/m². Para asegurar la compatibilidad electromagnética, la carcasa metálica puede estar constituida también por una capa interior, químicamente inerte de baja conductivi-

60

65

ES 2 274 917 T3

dad y por una capa exterior de alta conductividad eléctrica. Los valores típicos para las inductancias de conexión de la conexión a masa 217 y de la conexión de alta tensión están entre 10 nH y 10 μ H.

- Por último, para la evitación de destrucciones forzosamente irreversibles de la unidad de filtro de plasma se utilizan electrodos con una resistencia de paso adecuada, que en el caso de una rotura local de descargas de gases a través del material del filtro sobre un gradiente de la caída de la tensión a lo largo del electrodo limitan la corriente y, por lo tanto, la potencia convertida en el material a una fracción tolerable de la corriente total o bien de la potencia total. Esta fracción se selecciona de una manera conveniente tan baja que la corriente o la potencia por canal en el caso de fallo no excede diez veces la corriente normal o la potencia normal. De una manera especialmente ventajosa, tanto los electrodos de alta tensión como también los contra electrodos conectados a masa tendrán esta resistencia específica con el fin de excluir las descargas eléctricas en los extremos.

Además de la pura función de protección, en la disposición descrita en la figura 13, a través de la evitación de picos de corriente se previenen también problemas no deseados de compatibilidad electromagnética EMV. Además, la conexión resistiva de los canales individuales del filtro de negro de carbón se ocupa de una homogeneización del acoplamiento de la potencia sobre la sección transversal del filtro, puesto que la acción de limitación de la potencia de la resistencia de los electrodos no sólo limita el acoplamiento local de la potencia en un canal de filtro de negro de carbón sino también el acoplamiento de la potencia en todo el canal.

Para una resistencia específica de la estera 213 de aislamiento eléctrico se contemplan valores entre 100 Ω /cm de longitud de los electrodos y 100 k Ω /cm de longitud de los electrodos, pero de una manera preferida valores entre 1 k Ω /cm y 10 k Ω /cm de longitud de los electrodos.

En la figura 14 se combina la instalación de filtro de plasma 200 representada en la figura 13 con un reactor 250 para una reducción catalítica selectiva SCR (= Selective Catalytic Reduction). Entre la salida de la instalación de filtro de plasma 200 y la entrada del reactor SCR 250 está presente una tobera de inyección 240 para la inyección de un agente reductor RA (= Reducing Agent), que es alimentado por medio de una bomba 214 desde un depósito de reserva 242 a través de un conducto de presión 243. La activación de la bomba y de la válvula se realiza a través de una unidad de regulación 244 sobre la base de datos del sensor y de datos de curvas características.

Para la regulación de la potencia eléctrica media convertida en las descargas deslizantes en la superficie se procede de acuerdo con la siguiente estrategia: se parte de una potencia mínima P_{\min} para una caída de la presión en el filtro por debajo de un valor umbral Δp_1 . En el caso de que se exceda el valor Δp_1 , se eleva la potencia proporcionalmente al aumento temporal de la presión dp/dt hasta un valor máximo P_{\max} ($p_{\text{in}}/T_{\text{gas}}$) en función de la presión y de la temperatura. Allí se mantiene la potencia hasta que se produce una caída de la presión de retorno al valor umbral Δp_1 . Para la regeneración cíclica, se regula la potencia eléctrica media convertida en las descargas deslizantes en la superficie de acuerdo con la siguiente estrategia: mientras la caída de la presión en el filtro está por debajo de un valor umbral Δp_1 , no se lleva a cabo ningún acoplamiento de la potencia. En el caso de que se exceda el valor Δp_1 , se lleva la potencia en una medida proporcional al aumento temporal de la presión dp/dt hasta un valor máximo P_{\max} ($p_{\text{in}}/T_{\text{gas}}$) en función de la presión y de la temperatura. Allí se mantiene la potencia hasta que tiene lugar la caída de la presión al valor umbral Δp_1 .

En combinación con medidas para la reducción del óxido nítrico, esta estrategia se puede combinar con una estrategia para la oxidación inducida con plasma de NO en NO₂. Los procedimientos para la reducción catalítica selectiva soportada por plasma se caracterizan porque a bajas temperaturas se lleva a cabo de una manera preferida la reducción de NO₂ con hidrocarburo como agente reductor o en el caso de amoníaco o de agentes reductores NO₂ que contienen amoníaco, se posibilita la reducción de NO a bajas temperaturas. La tasa R_{ox} de la conversión inducida por plasma de NO en NO₂ es proporcional a la potencia media del plasma. De esta manera, se lleva a cabo la regulación de tal forma que se ajusta la potencia mínima del plasma P_{\min} proporcional a la tasa R_{ox} necesaria para la reacción de NO, con tal que no sea necesaria ninguna regeneración del filtro de negro de carbón. Para el caso de la regeneración, se ajusta el máximo de las potencias necesarias para la regeneración y para la conversión de NO.

La potencia se ajusta a través de la selección de una amplitud de la tensión U_0 adecuada y de una frecuencia o tasa de repetición de impulsos f adecuada. Se sabe que para el encendido de una descarga de gas es necesaria una tensión mínima, la tensión de encendido. Por encima de esta tensión de encendido, en el caso de descargas de gas no térmicas del tipo empleado aquí, se eleva en gran medida la amplitud de la corriente y, por lo tanto, la energía disipada por impulso o por periodo. Para evitar los efectos térmicos como consecuencia de densidades de potencia eléctrica altas en la descarga de gas, es ventajoso limita la corriente a través del ajuste de una amplitud adecuada de la tensión. Ahora la tensión de encendido de una descarga de gas varía en gran medida con la presión y la temperatura, mientras que la intensidad de campo de encendido E/N reducida formada como cociente de la intensidad de campo eléctrica E y de la densidad de número de las partículas N depende de ello sólo en una pequeña medida. Por lo tanto, es ventajosa una regulación de la amplitud de la tensión U_0 como función de la presión y de la temperatura. Además, se deduce que la amplitud de la tensión se incrementa de forma grosera lineal con la distancia entre los electrodos. Por lo tanto, para filtros que se pueden aplicar en la práctica se consiguen tensiones de encendido mínimas de aproximadamente 3 kV. En cambio, por razones de seguridad no deben excederse tensiones de 20 kV. Para esta aplicación son adecuadas tasas de repetición del impulso o frecuencias de al menos 100 Hz y como máximo 200 kHz.

ES 2 274 917 T3

En la figura 15 se representa una curva característica para el ajuste de una amplitud adecuada para una tensión de impulsos U_0 en kV en función del cociente P_{in}/T_{in} normalizada a la presión normal P_0 (1013 hPa) y a la temperatura normal T_0 (273,15 K). En esta representación se deduce de una manera ventajosa una curva característica 150 que se extiende aproximadamente lineal, de manera que se simplifica el control. La curva característica 150 está memorizada directamente en la memoria de la instalación de control 220.

Para la excitación eléctrica con tensiones alternas se aplica de una manera conveniente lo mismo que para excitación con tensiones de impulsos, pudiendo tomarse las amplitudes de las tensiones como diferencia entre tensión máxima y mínima (pico - pico o pk-to-pk).

Para el técnico está claro que son posibles otras combinaciones de geometrías con diferentes tipos de electrodos. De la misma manera está claro que estas geometrías se pueden combinar también con materiales catalíticos para el fomento de la oxidación.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para la reducción de las emisiones de partículas que contienen carbono de motores Diesel, en el que el gas de escape emitido por el motor circula a través de un filtro de flujo pared, las partículas contenidas en el gas de escape son separadas en las superficies del filtro y las partículas separadas son oxidadas con objeto de la regeneración del filtro, **caracterizado** porque la regeneración se activa a través de descargas eléctricas deslizantes en la superficie, no térmicas, generadas en las superficies del filtro ocupadas con las partículas.

10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque las descargas deslizantes en la superficie son generadas entre dos electrodos, respectivamente, que están incrustados en un material de filtro dieléctrico de baja conductividad eléctrica.

15 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque las descargas deslizantes en la superficie son generadas, respectivamente, entre un electrodo, que está incrustado en un material de filtro dieléctrico de baja conductividad eléctrica, y un contra electrodo, que está colocado sobre la superficie del filtro que está dirigida hacia el gas de escape afluente.

20 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, **caracterizado** porque el material de filtro está configurado como barrera dieléctrica y porque las descargas deslizantes en la superficie son generadas, respectivamente, entre un electrodo, que está colocado sobre la superficie del filtro que está dirigida hacia el gas de escape afluente, y un contra electrodo, que está colocado sobre la superficie del filtro en el lado de salida.

25 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque la excitación eléctrica para la descarga en la superficie se lleva a cabo a través de una tensión alterna o a través de una tensión de impulsos periódica, de una manera preferida con una amplitud entre 3 kV y 20 kV (pk-to-pk), y con una frecuencia/tasa de repetición del impulso entre 100 Hz y 200 kHz, siendo realizada la regulación de la potencia eléctrica a través de la adaptación de la amplitud de la frecuencia.

30 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque la amplitud se regula como función del cociente p_{in}/T_{gas} de la presión en la entrada del filtro P_{in} y la temperatura del gas T_{gas} .

35 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque la frecuencia se selecciona como función de la ocupación del filtro $m_{particula}$ y la temperatura del filtro T_{filtro} .

8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque la ocupación del filtro $m_{particula}$ se determina a partir de la caída de la presión en el filtro Δp .

40 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque la regeneración se lleva a cabo de forma continua.

10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque la potencia eléctrica medias convertida en las descargas deslizantes en la superficie se regula de acuerdo con la siguiente estrategia:

- 45 - se parte de una potencia mínima P_{min} para la caída de la presión en el filtro menor que un valor umbral $\Delta p1$,
- en el caso de que se exceda el valor umbral $\Delta p1$, se eleva la potencia proporcionalmente al aumento de la presión temporal dp/dt hasta un valor máximo P_{max} (p_{in}/T_{gas}) en función de la presión y de la temperatura, donde P_{in} es la presión de la entrada del filtro y T_{gas} es la temperatura del gas,
- 50 - la potencia se mantiene allí hasta que ha tenido lugar la caída de la presión al valor umbral $\Delta p1$.

11. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 8, **caracterizado** porque la regeneración se lleva a cabo de forma cíclica.

55 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque la potencia eléctrica media convertida en las descargas deslizantes en la superficie se regula de acuerdo con la siguiente estrategia:

- 60 - se parte de un valor de la potencia 0 para una caída de la presión en el filtro menor que un valor umbral $\Delta p1$,
- en el caso de que se exceda el valor umbral $\Delta p1$, se eleva la potencia proporcionalmente al aumento de la presión temporal dp/dt hasta un valor máximo P_{max} (p_{in}/T_{gas}) en función de la presión y de la temperatura, donde P_{in} es la presión en la entrada del filtro y T_{gas} es la temperatura del gas,
- 65 - la potencia se mantiene allí hasta que ha tenido lugar la caída de la presión al valor umbral $\Delta p1$.

ES 2 274 917 T3

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque después de la reducción de la emisión de las partículas a través de descargas de gas no térmicas en el lado de salida del filtro de partículas, se convierte monóxido de nitrógeno (NO) en dióxido de nitrógeno (NO₂) y a continuación se lleva a cabo una reducción catalítica de los óxidos nítricos.

5

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado** porque los medios de reducción, que son necesarios para la reducción catalítica, son dosificados después del filtro de partículas y delante del catalizador de reducción.

10

15. Disposición para la realización del procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o una de las reivindicaciones 2 a 12, con un filtro de flujo de pared cerámico (50,70, 80, 90, 200) y con medios (3, 5, 7, 8, 9, 81, 82, 216, 217) para la oxidación de las partículas separadas en el filtro cerámico, **caracterizada** porque los medios (3, 5, 7, 8, 9, 81, 82, 216, 217) para la oxidación de las partículas preparan descargas deslizantes en la superficie en la cerámica (6) del filtro (50, 70, 80, 90, 200) ocupada con partículas.

15

16. Disposición de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizada** porque para la preparación de las descargas eléctricas deslizantes en la superficie están presentes estructuras de electrodos que están constituidas por electrodos (3, 7, 81, 216) y contra electrodos (5, 8, 82, 217), que están integrados al menos, en parte, en los filtros (50, 70, 80, 90, 200).

20

17. Disposición para la realización del procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 13 ó 14, con un filtro cerámico de negro de carbón (50, 70, 80, 90, 200) y con medios (3, 5, 7, 8, 9, 81, 82, 216, 217) para la oxidación de las partículas separadas en el filtro cerámico (50, 70, 80, 90, 200), con medios (3, 5, 7, 8, 9, 81, 82, 216, 217) para la oxidación de sustancias nocivas en forma de gas, con medios (241) para la dosificación de un agente reductor (242) en la corriente de gas de escape y con medios (250) para la reducción catalítica de óxidos nítricos, **caracterizada** porque los medios (3, 5, 7, 8, 9, 81, 82, 216, 217) para la oxidación de las partículas de descargas eléctricas deslizantes en la superficie en la cerámica (6) del filtro (50,70, 80, 90, 200) y los medios (3, 5, 7, 8, 9, 81, 82, 216, 217) para la oxidación de las sustancias nocivas en forma de gas preparan descargas impedidas dieléctricamente en el volumen del lado de salida del filtro (50, 70, 80, 90, 200).

30

18. Disposición de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizada** porque para la preparación de las descargas deslizantes en la superficie y de las descargas impedidas dieléctricamente están presentes estructuras de electrodos, que están constituidas por electrodos (3, 7, 81, 216) y contra electrodos (5, 8, 82, 217), que están integrados al menos en parte en el filtro (50, 70, 80, 90, 200).

35

19. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 16 ó 18, **caracterizada** porque de las estructuras de electrodos (3, 7, 81, 216), al menos uno de los electrodos está incrustado en la cerámica (6) del filtro (50, 70, 80, 90, 200).

40

20. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 16 ó 18, **caracterizada** porque los electrodos (3, 7, 81, 216) están incrustados en la cerámica (6) y los contra electrodos (5, 8, 82, 217) están colocados sobre la cerámica (6).

45

21. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 15 ó 17, **caracterizada** porque el filtro (50, 70, 80, 90, 200) está constituido por células agrupadas para formar una estructura de panal de abejas con sección transversal rectangular, que están cerradas en cada caso de una manera alterna en los extremos, con lo que las células están abiertas o bien hacia la entrada de gas de escape o hacia la salida del filtro.

50

22. Disposición de acuerdo con la reivindicación 21, **caracterizada** porque las células están dispuestas en series dentro de la estructura de panal de abejas, estando desplazadas las series vecinas unas de otras en cada caso en la medida de la mitad de la anchura de las células.

55

23. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 15 ó 17, **caracterizada** porque el filtro (50, 70, 80, 90, 200) está constituido por cerámica porosa de cordierita, carburo de silicio (SiC) o NZP (NaZr₂P₃O₁₂) con aditivos para el ajuste de las propiedades eléctricas, especialmente de la conductividad, y para la oxidación catalítica del negro de carbón.

60

24. Disposición de acuerdo con la reivindicación 16 ó 18, **caracterizada** porque las estructuras de los electrodos presentan electrodos metálicos (3, 5, 7,8, 81, 82, 216, 217) con revestimiento dieléctrico.

65

25. Disposición de acuerdo con la reivindicación 16 ó 18, **caracterizada** porque las estructuras de los electrodos (3, 5, 7, 8, 81, 82, 217, 217) se forman por medio de material de filtro de conductividad elevada.

26. Disposición de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizada** porque están presentes una fuente de tensión de impulsos (210) con amplitud regulable de la tensión y tasa de repetición del impulso para la alimentación de las descargas deslizantes en la superficie, sensores (222, 223, 224, 225) para la medición de las temperaturas y presiones delante y detrás del filtro (50, 70, 80, 90, 200) y un control (220) con entradas para las señales de medición de las mediciones de la temperatura y de la presión y curvas características de regulación depositadas en memorias no volátiles para la regulación de amplitudes de la tensión y tasa de repetición del impulso como funciones de las temperaturas y presiones.

ES 2 274 917 T3

27. Disposición de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizada** porque están presentes una fuente de tensión de impulsos (210) con amplitud regulable de la tensión y tasa de repetición del impulso para la alimentación de las descargas deslizantes en la superficie y de las descargas impedidas dieléctricamente, sensores (222, 223, 224, 225) para la medición de las temperaturas y presiones delante y detrás del filtro 50, 70, 80, 90, 200, medios para la determinación de la concentración de NO en el gas de escape, y un control (220) con entradas para las señales de medición de las mediciones de la temperatura y de la presión así como de la información sobre la concentración de NO y curvas características de regulación depositadas en memorias no volátiles para la regulación de la amplitud de la tensión y la tasa de repetición del impulso como funciones de la temperatura, de las presiones y de la concentración de NO.

28. Disposición de acuerdo con las reivindicaciones 15 ó 17, **caracterizada** por medios (213) para garantizar la seguridad funcional y la compatibilidad electromagnética de los medios (212) que trabajan con alta tensión (211) para la preparación de las descargas deslizantes en la superficie.

29. Disposición de acuerdo con la reivindicación 28, **caracterizada** porque está presente una carcasa (200, 214) de un material de alta conductividad eléctrica entre 5 Sm/mm^2 y 65 Sm/mm^2 como envoltura de filtro (214) para el elemento de filtro de plasma.

30. Disposición de acuerdo con la reivindicación 29, **caracterizada** porque el elemento de filtro de plasma (212) está aislado por un material (213) aislante térmica y eléctricamente con un espesor entre 1 mm y 1 cm contra la envoltura de filtro (214).

31. Disposición de acuerdo con la reivindicación 30, **caracterizada** porque la alta tensión es conducida a través de un orificio de paso (215) de alta resistencia dieléctrica sobre el lado de salida del elemento de filtro de plasma (212) a través de la envoltura de filtro (214) y es alimentada a través de una superficie de contacto en el lado de salida del elemento de filtro de plasma (212) a los electrodos de alta tensión.

32. Disposición de acuerdo con la reivindicación 31, **caracterizada** porque los contra electrodos (217) que sirven como masa del elemento de filtro de plasma (212) están contactados a través de su superficie frontal en el lado de entrada y están conectados con la envoltura del filtro (214) como masa exterior.

33. Disposición de acuerdo con la reivindicación 30, **caracterizada** porque la tensión se alimenta al filtro (200) como alta tensión desde el exterior a través de un cable coaxial (212) que, a través de la selección adecuada del material (213) aislante térmica y eléctricamente, está fabricado para resistir temperaturas hasta 250°C , cuyo conductor interior está conectado al orificio de paso de alta tensión (215) y cuyo conductor exterior está conectado con la envoltura de filtro (214).

34. Disposición de acuerdo con la reivindicación 30, **caracterizada** porque como material aislante térmica y eléctricamente (213) se utiliza cerámica densamente sinterizada a base de óxido de aluminio (Al_2O_3), nitrato de aluminio (AlN), dióxido de circonio (ZrO_2), nitrato de boro (BN), cordierita, etc. con un espesor de pared de 0,5 mm a 10 mm, que se proyecta dentro y fuera de la envoltura de filtro (214) al menos 5 mm y hasta 50 mm sobre la pared metálica de la envoltura de filtro (214).

35. Disposición de acuerdo con la 33 ó 34, **caracterizada** porque los electrodos (216) o los contra electrodos (217) tienen una resistencia eléctrica específica, que limita la corriente por canal en el caso de una descarga eléctrica a través del material del filtro (212).

36. Disposición de acuerdo con la reivindicación 35, **caracterizada** porque la corriente se limita a 10 veces la corriente normal.

37. Disposición de acuerdo con la reivindicación 35, **caracterizada** porque tanto los electrodos (216) como también los contra electrodos (217) tienen la misma resistencia eléctrica específica.

38. Disposición de acuerdo con la reivindicación 35, **caracterizada** porque la resistencia eléctrica específica se encuentra en el intervalo entre $100 \Omega/\text{cm}$ de longitud de los electrodos y $100 \text{ k}\Omega/\text{cm}$ de longitud de los electrodos.

39. Disposición de acuerdo con la reivindicación 38, **caracterizada** porque la resistencia eléctrica específica se encuentra en el intervalo entre $1 \text{ k}\Omega/\text{cm}$ de longitud de los electrodos y $10 \text{ k}\Omega/\text{cm}$ de longitud de los electrodos.

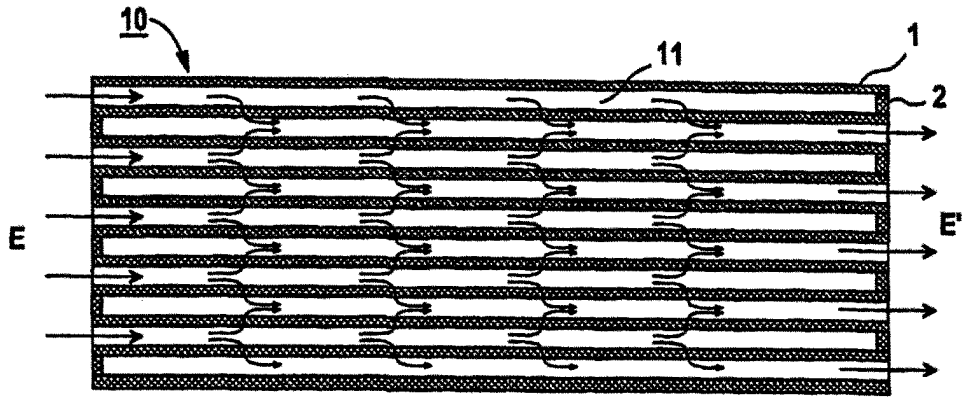


FIG 1a

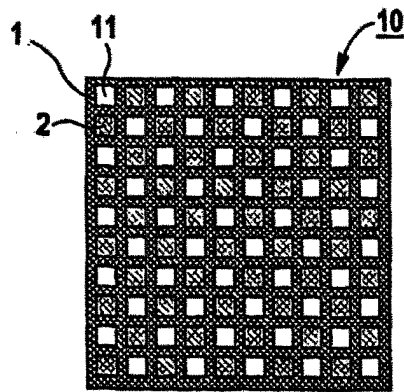


FIG 1b

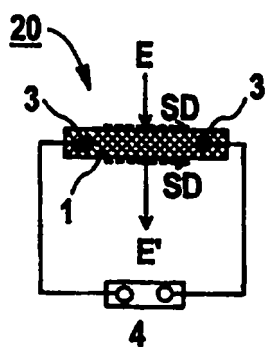


FIG 2

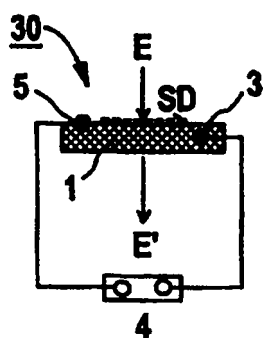


FIG 3

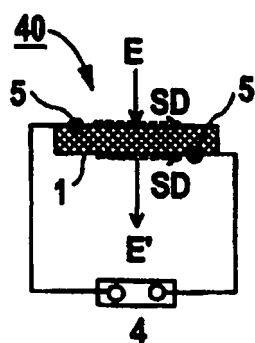
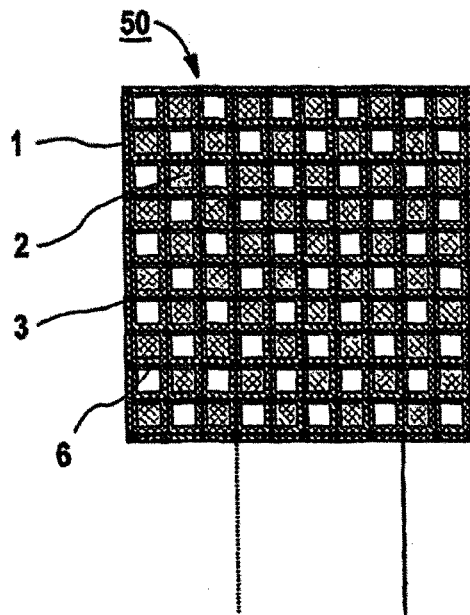
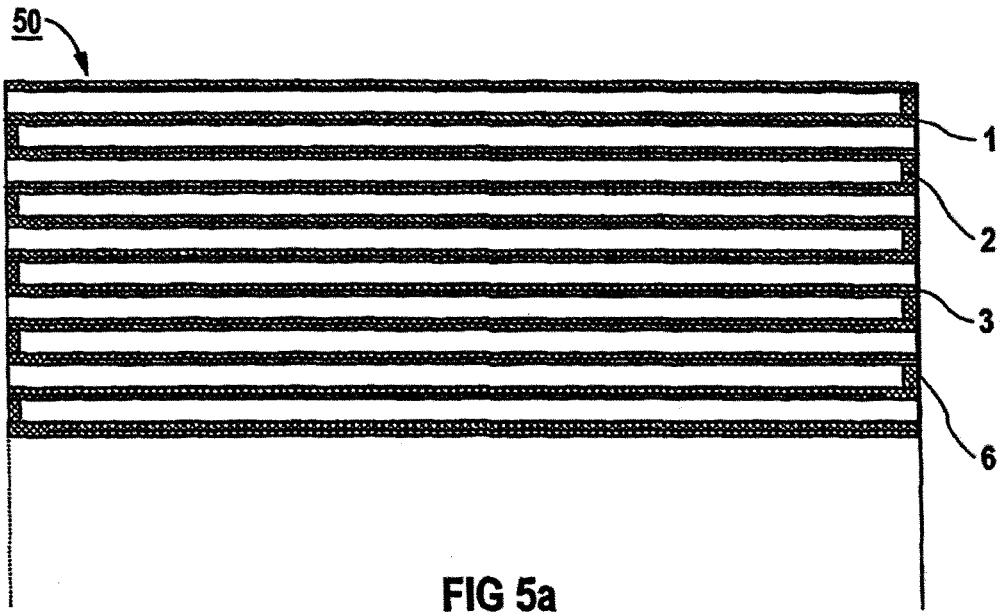


FIG 4



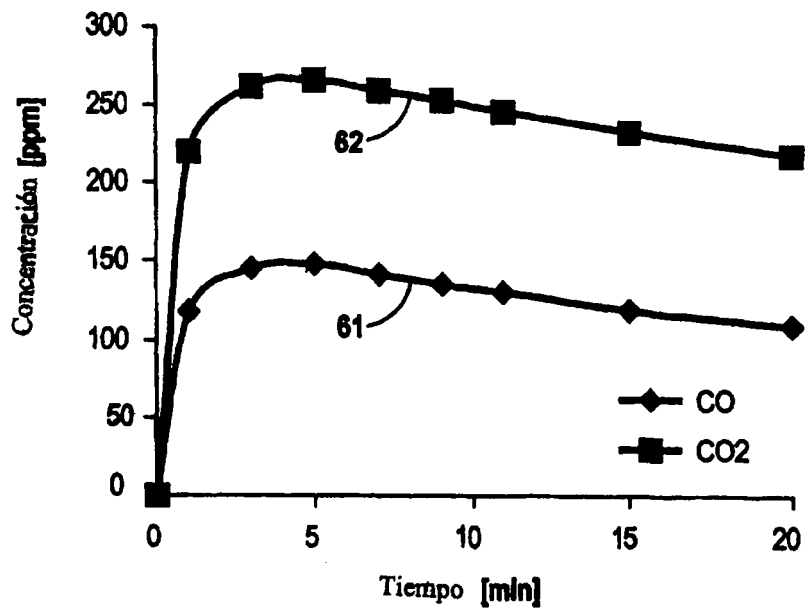


FIG 6

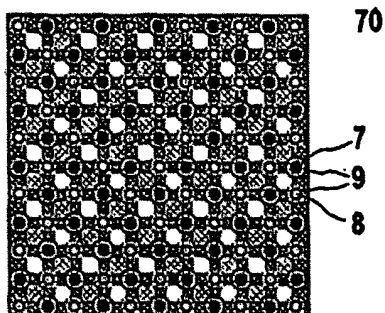


FIG 7

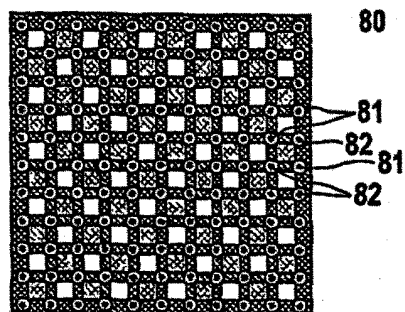


FIG 8

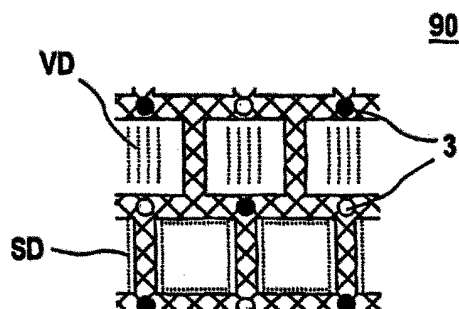


FIG 9

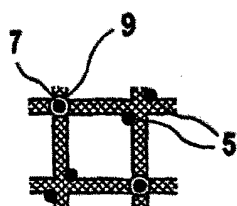


FIG 10

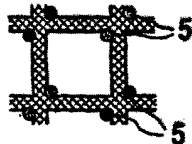


FIG 11

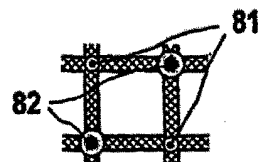


FIG 12

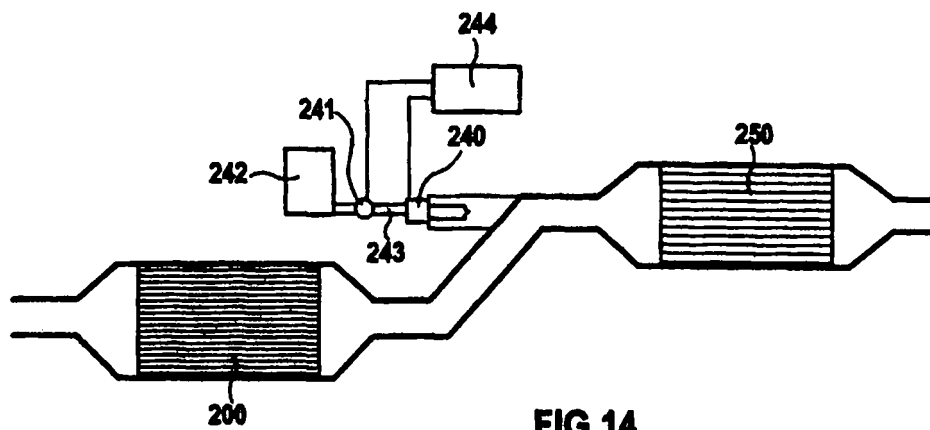


FIG 14

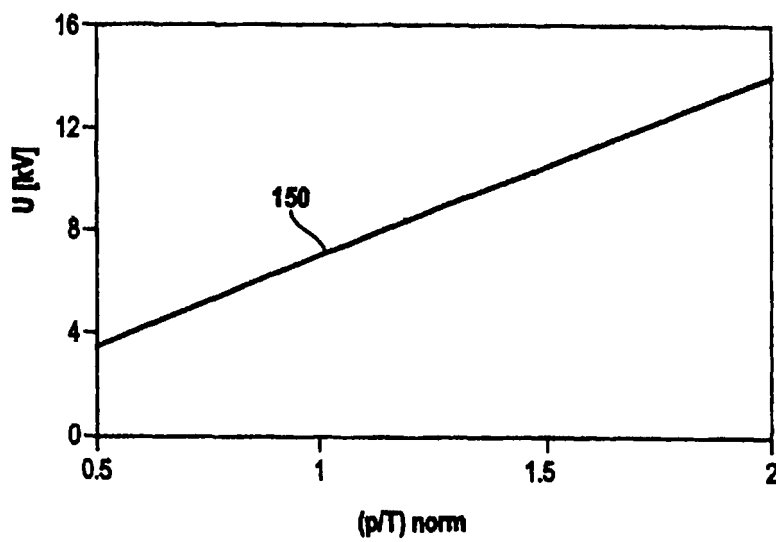


FIG 15