



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 39 551 A1** 2004.03.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 39 551.9**
(22) Anmeldetag: **23.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **04.03.2004**

(51) Int Cl.7: **F01N 3/022**
F01N 3/02

(71) Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

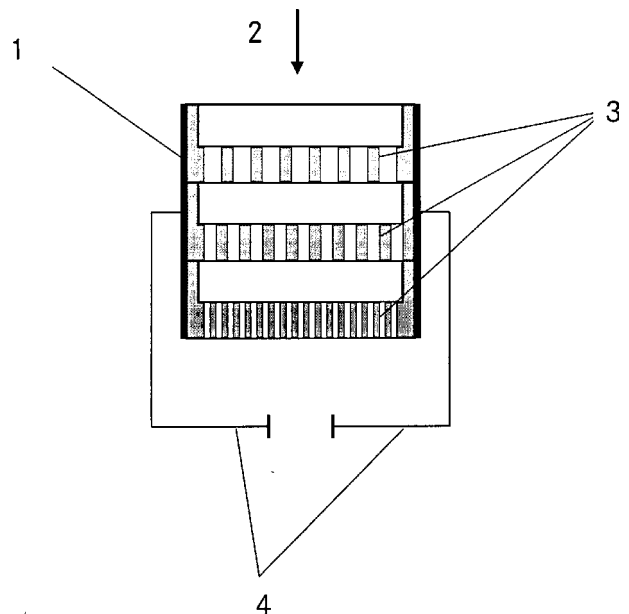
(72) Erfinder:
Kibbel, Horst, Dipl.-Ing., 89155 Erbach, DE; König, Ulf, Dr.-Ing., 89075 Ulm, DE; Presting, Hartmut, Dr.rer.nat., 89134 Blaustein, DE; Holm, Claus, Dr.rer.nat., 84367 Tann, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Filterkörper für Rußfilter**

(57) Zusammenfassung: Filterkörper mit inneren Hohlräumen zur Anwendung in Partikelfiltern für Brennkraftmaschinen, der vorzugsweise unter Verwendung von Mikrostrukturierungsverfahren aus der Halbleitertechnologie wie bspw. Ätzen oder strukturierte Abscheidung hergestellt wird. Durch die Wahl eines elektrisch leitfähigen Materials für den Filterkörper kann eine integrierte Widerstandsheizung realisiert werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Filterkörper für Rußfilter von Brennkraftmaschinen.

[0002] Der Anteil von Dieselmotoren als Antriebssysteme von Kraftfahrzeugen hat in den letzten Jahren in Europa stark zugenommen. Allerdings ist damit die Emissionsproblematik als eines der Haupthindernisse für die weitere Verbreitung dieser Aggregate in das Zentrum des Interesses gerückt. Insbesondere der Ausstoß feiner, lungengängiger und damit gesundheitsgefährdender Partikel stellt eine noch nicht befriedigend gelöste Herausforderung dar. Das gesundheitsgefährdende Potential von Partikeln mit Abmessungen kleiner 10 nm ist dabei aufgrund deren hoher Lungengängigkeit besonders hoch.

[0003] Derzeit werden verschiedene Konzepte verfolgt, um Anzahl und Maximaldurchmesser der in die Außenluft emittierten Partikel zu reduzieren. So wird beispielsweise in der DE 39 41 698 A1 ein Rußfilter vorgestellt, der einen Sinterkörper als Filterkörper aufweist. Diese Körper sind zwar leicht herzustellen; jedoch weisen sie hinsichtlich ihrer Porenabmessungen unbefriedigende Eigenschaften auf, so daß die Ausfilterung insbesondere kleinster Partikel aus dem Abgas nicht befriedigend gewährleistet werden kann.

[0004] Darüber hinaus werden die Poren konventioneller Rußfilter während des Betriebes mit fortschreitender Zeit zunehmend durch Rußpartikel zugesetzt, so daß der Strömungswiderstand im Filter steigt und eine Regeneration des Filters typischerweise durch Verbrennen des Rußes zu CO₂ bei ca. 600°C erforderlich wird. Da die Abgastemperatur heutiger Diesellaggregate diesen Wert in der Regel nicht erreicht, muß entweder der Filterkörper aufgeheizt werden oder durch Beaufschlagung des Filters mit Kraftstoff oder Additiven die Verbrennungstemperatur herabgesetzt werden. Typische Verfahren und Vorrichtungen hierzu sind beispielsweise in den Schriften DE 4329558 A1, EP 661429 B1, EP 806553 A2 und DE 4117148 C2 beschrieben.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, eine effektive Abgasreinigung bei guter Regenerierfähigkeit des Rußfilters zu gewährleisten.

[0006] Diese Aufgabe wird durch die Vorrichtungen mit den in den Ansprüchen 1, 12 und 14 beschriebenen Merkmalen gelöst. Die in den Unteransprüchen beschriebenen Merkmale stellen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung dar.

[0007] Für die Ausfilterung kleinster Rußpartikel aus dem Abgasstrom ist eine exakte Mikrostrukturierung des Filterkörpers erforderlich. Besonders wünschenswert ist es hierbei, Form, Ausrichtung und Abmessungen der Hohlräume im Filterkörper auf die Anforderungen effektiver Filterwirkung hin zu optimieren. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß zur Strukturierung des Körpers Verfahren der Halbleitertechnologie verwendet werden. Die Anwendung dieser Verfahren gestattet die definierte Schaffung von Strukturen auch im Nanometerbereich; sie

werden mittlerweile im industriellen Maßstab angewendet. Damit wird es möglich, durch das präzise, anforderungsgerechte Design des Filterkörpers eine Ausfilterung von Partikel mit einem Durchmesser von unter 10 nm zu erreichen.

[0008] Vorteilhafterweise werden zur Mikrostrukturierung die aus der Halbleitertechnologie bekannten Ätzverfahren angewendet. Gute Ergebnisse werden insbesondere durch ICP – (Inductive Coupled Plasma) – Ätzen oder anodisches Ätzen erzielt. Eine Übersicht über bekannte Ätzverfahren zur Mikrostrukturierung in der Halbleitertechnologie findet sich beispielsweise unter Köhler, "Ätzverfahren für die Mikrotechnik", Wiley-VCH 1998. Auch das Abscheiden von Whiskern hat sich zur Mikrostrukturierung bewährt. Whisker sind fadenförmige Kristalle, die zu meist einkristallin sind oder aus wenigen Kristalliten zusammengesetzt sind.

[0009] Die durch die Auswahl der oben genannten Herstellungsverfahren gewonnenen Gestaltungsmöglichkeiten können in vorteilhafter Weise zur definierten Mikrostrukturierung des Filterkörpers verwendet werden. So können beispielsweise die Abmessungen der Stege, Hohlräume oder Poren des Filterkörpers auf eine optimale Rußfilterwirkung hin optimiert werden.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, die Porenabmessungen im Filterkörper in Strömungsrichtung zu verkleinern um einerseits den Strömungswiderstand des Gesamtfiltersystems gering zu halten und andererseits definierte Reinigungsstufen zur Optimierung der Filterwirkung herzustellen.

[0011] Als fertigungstechnisch besonders praktikabel erscheint es, einzelne Teilfilterkörper mit konstanten Porenabmessungen herzustellen und diese anschließend zum gesamten Filterkörper zusammensetzen. Diese Verfahrensweise ermöglicht darüber hinaus bei Bedarf den Austausch von einzelnen Filterelementen beispielsweise zu Wartungszwecken. Es ist ferner vorteilhaft, die Teilfilterkörper selbst oder ganze Filterkörper durch Sintern bzw. Bonden von Stapeln einzelner, jeweils bereits mikrostrukturierter Wafer herzustellen.

[0012] Ebenso ist die Ausbildung des Filterkörpers als monolithischer Block mit in Richtung der Strömung kontinuierlich abnehmender Porengröße vorteilhaft. Auch hier kann die Innengeometrie des Filterkörpers in optimaler Weise auf die Anforderungen eines Rußfilters abgestimmt werden.

[0013] Zur Sicherstellung der Regenerationsfähigkeit des Rußfilters bietet es sich an, den Filterkörper insgesamt oder in Teilen aus elektrisch leitfähigen Materialien herzustellen oder mit derartigen Materialien zu beschichten. Damit entfällt die Notwendigkeit des Einbaus einer gesonderten Widerstandsheizung.

[0014] Wird der Filterkörper mit einer Heizspannung beaufschlagt, so wird er ganz oder in großen Raumbereichen vom Heizstrom durchflossen, damit aufgeheizt und somit vollständig gereinigt. Es bleiben keine lokalen Rußansammlungen zurück, die den Filter in

seiner Leistungsfähigkeit beeinträchtigen.

[0015] Aufgrund der zusätzlichen Beheizbarkeit des Filters ist die Regeneration unabhängig von der Eintrittstemperatur des eingespeisten Abgases in den Filter. Dies ermöglicht eine raumoptimierte Wahl des Montageortes des Filters im Abgassystem sowie eine Anpassung der Heizleistung an den aktuellen Belastungszustand des Filters.

[0016] Die elektrische Leitfähigkeit des Filtermaterials kann beispielsweise durch die Verwendung geeigneter dotierter Siliziums gewährleistet werden. Über die gewählten Dotierprofile lassen sich die elektrischen Eigenschaften des Filterkörpers im Hinblick auf eine optimale Regenerationswirkung beim Beheizen hin optimieren. Insbesondere ist es vorteilhaft, die elektrischen Eigenschaften der von den Rußpartikeln in besonderem Maße beaufschlagten Bereiche so zu wählen, daß in diesen Bereichen die Heizleistung maximal ist; damit wird die Leistungsaufnahme der Heizung bei optimaler Wirkung minimiert.

[0017] Aufgrund ihrer mechanischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften bieten sich Silizium, Germanium sowie deren Verbindungen bzw. Mischkristalle als Filterkörpermaterial an. Insbesondere Silizium ist chemisch inert und mechanisch auch bei hohen Temperaturen stabil. Somit ist eine lange Lebensdauer des Filterkörpers über viele Regenerationszyklen hinweg gewährleistet. Darüber hinaus liegen aus der Halbleitertechnologie umfangreiche Erfahrungen über die Mikrostrukturierung der genannten Materialien vor. Selbstverständlich ist auch der Einsatz anderer Stoffe, die sich mittels der oben beschriebenen Verfahren mikrostrukturieren lassen, möglich.

[0018] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, den Filterkörper mit Elementen der Platinmetalle oder der Seltenen Erden ganz oder in Teilen innen zu beschichten und somit eine Katalysatorwirkung zu erzielen. Die Reaktionstemperatur, bei der Ruß zu CO_2 verbrennt, wird dadurch abgesenkt und es wird eine geringere Heizleistung zur Einleitung der Oxidationsreaktion benötigt.

[0019] Ebenso hat es sich bewährt, bei Verwendung eines Siliziumfilterkörpers das Silizium gezielt zu oxidieren und durch die so entstehende Quarzschicht eine Inertisierung gegen alle vorliegenden Verbrennungsprodukte zu erreichen.

[0020] Zur Ausfilterung großer Rußpartikel (> 100nm) kann in vorteilhafter Weise ein preisgünstig herstellbares Filterelement aus gesinterten beispielsweise Siliziumpartikeln als vorgeschalteter Filter verwendet werden. Die Herstellung des zugehörigen Filterkörpers ist im US Patent 4,767,585 beschrieben. Die mittlere Porenabmessung wird durch die Partikelgröße des Ausgangsmaterials eingestellt. Eine galvanisch hergestellte katalytische Beschichtung mit z.B. Platin erfolgt vorzugsweise nach der Sinterung des Formkörpers. Der elektrische Widerstand zur direkten Heizung des Filterelementes wird durch Dotierung des Siliziumausgangsmaterials und/oder die

galvanische Beschichtung und die geometrische Formgebung eingestellt.

[0021] Der vorstehend beschriebene Filterkörper läßt sich auf einfache Weise zu einem Rußfilter integrieren. Beispielsweise läßt sich die Geometrie des Filterkörpers so wählen, daß er leicht in ein Gehäuse mit den Abmessungen konventioneller, bereits in Fahrzeugen eingesetzter Rußfilter eingebracht werden kann. Ohne weitere konstruktive Maßnahmen am Fahrzeug können somit konventionell ausgestattete Fahrzeuge nachgerüstet werden.

[0022] Ferner ist es vorteilhaft, den beschriebenen Filterkörper bereits als Erstausrüstung neuer Kraftfahrzeuge einzusetzen.

[0023] In **Fig. 1** ist ein beispielhafter Aufbau eines Rußfilters unter Verwendung von erfindungsgemäßen Filterkörpern dargestellt.

[0024] Die Abbildung zeigt einen Längsschnitt durch einen Rußfilter, der drei Teilfilterkörper mit unterschiedlichen Abmessungen der inneren Hohlräume aufweist. Die Teilfilterkörper **3** sind dabei im Gehäuse **1** des Rußfilters gestapelt angeordnet. Damit wird sichergestellt, daß einzelne Teilfilterkörper im Rahmen von Wartungsmaßnahmen ausgetauscht werden können. Schematisch dargestellt ist die Abnahme der Abmessungen der inneren Hohlräume einzelnen Teilfilterkörper in die durch den Pfeil **2** symbolisierte Gasstromrichtung. Damit ist sichergestellt, daß die Größe der ausgefilterten Partikel in Strömungsrichtung abnimmt und die feinen Poren bzw. Kanäle am Filterende nicht vorzeitig durch Rußpartikel zugesetzt werden. Um die direkte Beheizbarkeit des Filterkörpers sicherzustellen, wird dieser mittels der durch das Gehäuse durchgeführten Stromanschlüsse **4** kontaktiert. Im Bedarfsfall läßt sich der dargestellte Rußfilter durch Anlegen einer Spannung an die Stromanschlüsse in einfacher Weise beheizen und somit durch Oxidation der Rußpartikel zu CO_2 mit anschließendem Austritt aus dem Filter in der Gasphase regenerieren.

Patentansprüche

1. Filterkörper mit inneren Hohlräumen, bspw. Poren oder Kanälen, zur Anwendung in Partikelfiltern für Brennkraftmaschinen, **dadurch gekennzeichnet**, dass er unter Verwendung von Mikrostrukturierungsverfahren der Halbleitertechnologie hergestellt wird.

2. Filterkörper nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Mikrostrukturierungsverfahren Ätzverfahren oder Strukturierte Abscheidung oder eine Kombination beider Verfahren verwendet wird.

3. Filterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er Bereiche mit unterschiedlichen Abmessungen der Hohlräume aufweist.

4. Filterkörper nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen der Hohlräume entlang der Strömungsrichtung abnehmen.

5. Filterkörper nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der Hohlräume abschnittsweise konstant bleibt, jedoch entlang der Strömungsrichtung abnimmt.

6. Filterkörper nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abmessungen der Hohlräume entlang der Strömungsrichtung kontinuierlich abnehmen.

7. Filterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens teilweise aus elektrisch leitendem Material besteht.

8. Filterkörper nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass er Bereiche unterschiedlicher spezifischer Leitfähigkeit aufweist.

9. Filterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens teilweise aus Silizium, Germanium, einer Silizium- oder Germaniumverbindung oder einem Mischkristall daraus besteht.

10. Filterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens teilweise eine katalytisch aktive Beschichtung aufweist.

11. Filterkörper nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er mindestens teilweise eine Oxidschicht aufweist.

12. Rußfilter für Kraftfahrzeuge mit einem Gehäuse mit mindestens einem Gaseinlaß und mindestens einem Gasauslaß, welcher einen in den vorhergehenden Ansprüchen beschriebenen Filterkörper aufweist.

13. Rußfilter für Kraftfahrzeuge nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass er zusätzlich mindestens einen Filterkörper aus einem Sintermaterial aufweist.

14. Fahrzeug mit einem Rußfilter mit einem Gehäuse mit mindestens einem Gaseinlaß und mindestens einem Gasauslaß, welcher einen Filterkörper nach den Ansprüchen 1–11 aufweist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

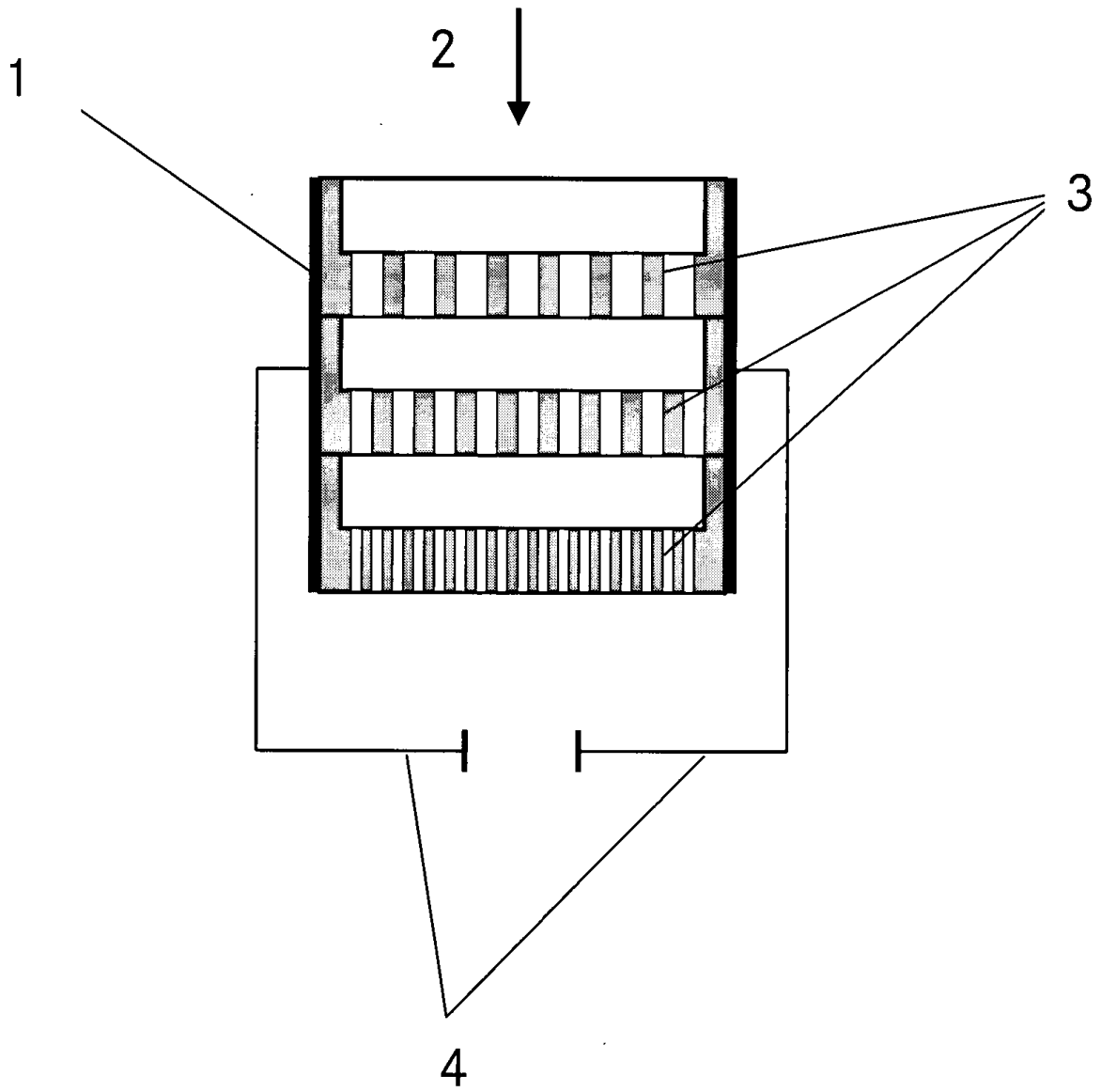


Fig. 1