

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. Juni 2012 (21.06.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/080347 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01N 9/00 (2006.01) *G01N 15/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/072778

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Dezember 2011 (14.12.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 054 671.2
15. Dezember 2010 (15.12.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ANTE, Johannes**
[DE/DE]; Droste-Hülshoff-Weg 1, 93055 Regensburg
(DE). **HERRMANN, Markus** [DE/DE]; Von-Richthofen-
Straße 24, 93051 Regensburg (DE). **OTT, Andreas**
[DE/DE]; Obere Weinbergstraße 17, 93128 Steinsberg
(DE). **REITMEIER, Willibald** [DE/DE]; Forstberggring 9,
93155 Hohenschambach (DE). **SCHÄDLICH, Denny**

[DE/DE]; Oelsnitzer Straße 70, 08223 Neustadt (DE).
WEIGL, Manfred [DE/DE]; Breitenfeldstraße 12, 93161
Sinzing/Viehhausen (DE). **WILDGEN, Andreas**
[DE/DE]; Am Grund 7, 93152 Nittendorf (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL
AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506
München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

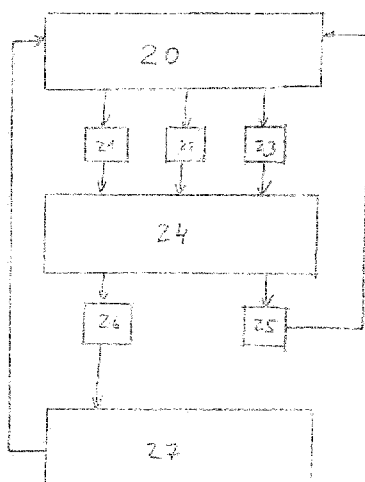
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A SOOT SENSOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES RUSSSENSORS

FIG 5



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a soot sensor in the exhaust gas tract of an internal combustion engine. Said soot sensor comprises an inter-digital electrode structure to which a measurement voltage is applied. Soot particles from the exhaust gas flow deposit themselves on the inter-digital electrode structure and the measuring current flowing over the soot particles and the inter-digital electrode structure is evaluated as a measurement for the soot concentration of the soot sensor. Said soot sensor comprises a heating element for burning clean the inter-digital electrode structure. The aim of the invention is to provide a method for operating a soot sensor which has good measurement results, said soot sensor should have the shortest possible idle time. To this end, a point in time for burning clean the soot sensor is determined in accordance with the operational state of the internal combustion engine and then, the burning clean of the inter-digital electrode structure starts by heating the soot sensor by means of the heating element.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors im Abgasstrang eines Verbrennungsmotors, wobei der Rußsensor eine interdigitale Elektrodenstruktur aufweist, an die eine Messspannung angelegt wird, wobei sich auf der interdigitalen Elektrodenstruktur Rußpartikel aus einem Abgasstrom ablagern und der über die Rußpartikel und die interdigitale Elektrodenstruktur fließende Messstrom als Maß für die Rußbelastung des Rußsensors ausgewertet wird und wobei der Rußsensor ein Heizelement zum Freibrennen der interdigitalen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Elektrodenstruktur aufweist. Um ein Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors anzugeben, welches gute Messergebnisse liefert, wobei der Rußsensor möglichst geringe Totzeiten aufweisen soll, wird in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors ein Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors bestimmt und dann beginnt das Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur durch ein Aufheizen des Rußsensors mit dem Heizelement.

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors, im Abgasstrang eines Verbrennungsmotors, wobei der Rußsensor eine interdigitale Elektrodenstruktur aufweist, an die eine Messspannung angelegt wird, wobei sich auf der interdigitalen Elektrodenstruktur Rußpartikel aus einem Abgasstrom
10 ablagern und der über die Rußpartikel und die interdigitale Elektrodenstruktur fließende Messstrom als Maß für die Rußbelastung des Rußsensors ausgewertet wird und wobei der Rußsensor ein Heizelement zum Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur aufweist.

15 Verbrennungsmotoren im Sinne dieser Patentanmeldung sind alle Motoren, bei denen ein Treibstoff-Sauerstoffgemisch verbrannt wird, wobei mechanische Energie freigesetzt wird. Diese Patentanmeldung bezieht sich vor allem auf Dieselmotoren, da diese
20 besonders zur Entwicklung von Rußemissionen neigen, aber auch auf benzin- oder gasbetriebene Verbrennungsmotoren.

Die Anreicherung der Atmosphäre mit Schadstoffen aus Abgasen wird derzeit viel diskutiert. Damit verbunden ist die Tatsache, dass
25 die Verfügbarkeit fossiler Energieträger begrenzt ist. Als Reaktion darauf werden beispielsweise Verbrennungsprozesse in Brennkraftmaschinen thermodynamisch optimiert, so dass deren Wirkungsgrad verbessert wird. Im Kraftfahrzeugbereich schlägt sich dies in der zunehmenden Verwendung von Dieselmotoren nieder.
30 Der Nachteil dieser Verbrennungstechnik gegenüber optimierten Otto-Motoren ist jedoch ein deutlich erhöhter Ausstoß von Ruß. Der Ruß ist besonders durch die Anlagerung polyzyklischer Aromate stark krebserregend, worauf in verschiedenen Vorschriften bereits reagiert wurde. So wurden beispielsweise Abgas-
35 Emissionsnormen mit Höchstgrenzen für die Rußemission erlassen. Daher besteht die Notwendigkeit, preisgünstige Sensoren an-

zugeben, die den Rußgehalt im Abgasstrom von Kraftfahrzeugen zuverlässig messen.

Der Einsatz derartiger Rußsensoren dient der Messung des aktuell
5 mit dem Abgasstrom ausgestoßenen Rußes, damit dem Motormanagement in einem Automobil in einer aktuellen Fahrsituation Informationen zukommen, um mit regelungstechnischen Anpassungen die Emissionswerte zu reduzieren. Darüber hinaus kann mit Hilfe der Rußsensoren eine aktive Abgasreinigung durch Abgas-Rußfilter
10 eingeleitet werden oder eine Abgasrückführung zur Brennkraftmaschine erfolgen. Im Falle der Rußfilterung werden regenerierbare Filter verwendet, die einen wesentlichen Teil des Ruß-
gehaltes aus dem Abgas herausfiltern. Benötigt werden Rußsensoren für die Detektion von Ruß, um die Funktion der
15 Rußfilter zu überwachen bzw. um deren Regenerationszyklen zu steuern.

Dazu kann dem Rußfilter, der auch als Dieselpartikelfilter bezeichnet wird, ein Rußsensor vorgeschaltet sein und/oder ein
20 Rußsensor nachgeschaltet sein.

Der dem Dieselpartikelfilter vorgeschaltete Sensor dient zur Erhöhung der Systemsicherheit und zur Sicherstellung eines Betriebes des Diesel-Partikel-Filters unter optimalen Bedingungen.
25 Da diese in hohem Maße von der im Diesel-Partikel-Filter eingelagerten Rußmenge abhängen, ist eine genaue Messung der Partikelkonzentration vor dem Diesel-Partikel-Filtersystem, insbesondere die Ermittlung einer hohen Partikelkonzentration vor dem Diesel-Partikel-Filter, von hoher Bedeutung.

30 Ein dem Diesel-Partikel-Filter nachgeschalteter Sensor bietet die Möglichkeit, eine On-Board-Diagnose vorzunehmen und dient ferner der Sicherstellung des korrekten Betriebes der Abgasnachbehandlungsanlage.

35 Im Stand der Technik hat es verschiedene Ansätze zur Detektion von Ruß gegeben. Ein in Laboratorien weithin verfolgter Ansatz

besteht in der Verwendung der Lichtstreuung durch die Rußpartikel. Diese Vorgehensweise eignet sich für aufwändige Messgeräte. Wenn versucht wird, dies auch als mobiles Sensorsystem im Abgasstrang einzusetzen, muss festgestellt werden, dass derartige Ansätze zur Realisierung eines Sensors in einem Kraftfahrzeug durch den aufwändigen optischen Aufbau mit hohen Kosten verbunden sind. Weiterhin bestehen ungelöste Probleme bezüglich der Verschmutzung der benötigten optischen Fenster durch Verbrennungsabgase.

Die deutschen Offenlegungsschrift DE 199 59 871 A1 offenbart einen Sensor und ein Betriebsverfahren für den Sensor, wobei beide auf thermischen Betrachtungen basieren. Der Sensor besteht aus einem offen porösen Formkörper wie beispielsweise einer wabenförmigen Keramik, einem Heizelement und einem Temperaturfühler. Wird der Sensor mit einem Messgasvolumen in Verbindung gebracht, so lagert sich Ruß darauf ab. Zur Messung wird der in einem Zeitraum abgelagerte Ruß mit Hilfe des Heizelementes zum Zünden gebracht und verbrannt. Die bei der Verbrennung entstehende Temperaturerhöhung wird gemessen.

Derzeit sind Partikelsensoren für leitfähige Partikel bekannt, bei denen zwei oder mehrere metallische Elektroden vorgesehen sind, die kammartig ineinandergreifende Elektroden aufweisen. Diese kammartigen Strukturen werden auch als Interdigitalstrukturen bezeichnet. Rußpartikel, die sich auf diesen Sensorstrukturen ablagern, schließen die Elektroden kurz und verändern damit die Impedanz der Elektrodenstruktur. Mit steigender Partikelkonzentration auf der Sensorfläche wird auf diese Weise ein abnehmender Widerstand bzw. ein zunehmender Strom bei konstanter angelegter Spannung zwischen den Elektroden messbar. Ein derartiger Rußsensor wird zum Beispiel in der DE 10 2004 028 997 A1 offenbart. Um überhaupt einen Strom zwischen den Elektroden messen zu können, muss jedoch eine gewisse Menge von Ruß-Partikeln zwischen den Elektroden vorhanden sein. Bis zum Erreichen dieser minimalen Partikelbeladung ist der Rußsensor gewissermaßen blind für die Rußkonzentration im Abgasstrom.

Darüber hinaus muss der Rußsensor in regelmäßigen Abständen gereinigt werden. Die Regeneration des Sensors erfolgt durch das Abbrennen des angelagerten Rußes. Dieser Vorgang wird auch als Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur bezeichnet.

5 Zur Regeneration wird das Sensorelement nach der Rußanlagerung in der Regel mit Hilfe eines integrierten Heizelementes freigebrannt. Während der Freibrennphase kann der Sensor die Rußbelastung des Abgasstroms nicht erfassen. Die Zeit die zum regenerativen Freibrennen der Sensorstruktur benötigt wird, wird
10 auch als Totzeit des Sensors bezeichnet. Es ist also wichtig, die Freibrennphase und die sich daran anschließende Neukonditionierungsphase des Rußsensors so kurz wie möglich zu gestalten, um den Rußsensor so schnell wie möglich wieder zur Rußmessung einsetzen zu können.

15 Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors anzugeben, welches gute Messergebnisse liefert, wobei der Rußsensor möglichst geringe Totzeiten aufweisen soll.

20 Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Dadurch, dass in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors ein Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors
25 bestimmt wird und dann das Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur durch ein Aufheizen des Rußsensors mit dem Heizelement beginnt, können gezielt solche Zeiten für den Freibrennprozess gewählt und genutzt werden, in denen eine Rußmessung
30 ohnehin nicht sinnvoll oder möglich ist. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Rußbelastung des Abgasstroms eines Kraftfahrzeuges genau dann effektiv gemessen werden, wenn diese Messung aufgrund des Betriebszustandes des Verbrennungsmotors sinnvolle Ergebnisse liefert, wodurch es möglich wird die Emis-
35 sion von Schadstoffen erheblich reduzieren. Ein Betriebszustand des Verbrennungsmotors nach denen ein Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors bestimmt wird, kann zum Beispiel die Kurbel-

wellendrehzahl des Verbrennungsmotors und/oder die Temperatur des Verbrennungsmotors, insbesondere seine Kühlmitteltemperatur sein.

5 Eine Weiterbildung der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors ein Neustart des Verbrennungsmotors ist. Ein Neustart des Verbrennungsmotors kann zum Beispiel durch die Beobachtung der Kurbelwellendrehzahl erkannt werden. Wenn der Verbrennungsmotor neu gestartet wird,
10 wird zusätzlich das Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur durch ein Aufheizen des Rußsensors mit dem Heizelement begonnen. In diesem Betriebszustand ist eine Rußmessung ohnehin nicht sinnvoll, so dass das Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur keine Messzeit kostet.

15 Bei einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors der Neustart des vollständig abgekühlten Verbrennungsmotors. Bei einem vollständig abgekühlten Verbrennungsmotor liegen im Abgasstrang Bedingungen vor, die
20 eine Rußmessung nahezu unmöglich machen. Erst nach der Einstellung eines thermischen Gleichgewichtes zwischen dem heißen Abgas und dem Rußsensor, ist die Messung der Rußbelastung des Abgasstromes sinnvoll. Die Zeit bis zur Einstellung dieses thermischen Gleichgewichtes zwischen dem heißen Abgas und dem
25 Rußsensor kann sinnvoll für die Reinigung, also das Freibrennen, der interdigitalen Elektrodenstruktur des Rußsensors genutzt werden. Dabei sollte jedoch auf die Taupunktfreigabe vom Rußsensor geachtet werden.

30 Auch das Erreichen der Taupunktfreigabe des Rußsensors eignet sich gut als Zeitpunkt, um den Vorgang des Freibrennens des Rußsensors zu starten. Bis zu einer bestimmten Temperatur im Abgasstrang befinden sich kleine Wassertropfen im Abgas, die auf einem kalten Rußsensor kondensieren können. Wird der Rußsensor
35 unter diesen Umständen erhitzt, so kann das kondensierte Wasser zur Zerstörung der interdigitalen Elektrodenstruktur führen.

Auch das Abstellen des Verbrennungsmotors eignet sich gut als Zeitpunkt, um den Vorgang des Freibrennens des Rußsensors einzuleiten. Gerade bei modernen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren mit Start/Stoppautomatik kann der Stillstand des Verbrennungsmotors beim Fahrzeugstopp zum Beispiel an einer roten Ampel sehr gut genutzt werden, um den Rußsensor durch ein Freibrennen zu regenerieren. Der Betriebszustand des stehenden Verbrennungsmotors kann zum Beispiel sehr leicht mit Hilfe eines Sensors erfasst werden, der die Drehzahl der Kurbelwelle überwacht.

Bei einer Ausgestaltung der Erfindung liegt der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors innerhalb der Zeit der Regeneration des Diesel-Partikel-Filters. Während der Regeneration des Diesel-Partikel-Filters ist Abgas bereits sehr heiß. Deshalb ist zur Eigenheizung des Rußsensors nur eine geringe elektrische Energie erforderlich.

Bei einer nächsten Ausgestaltung ist der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors bei einem Volllastbetrieb des Verbrennungsmotors erreicht. In diesem Betriebszustand ist das Abgas bereits sehr heiß und deshalb ist nur geringe elektrische Energie zur Eigenheizung des Rußsensors erforderlich.

Es kann aber auch vorteilhaft sein, wenn der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors bei niedrigen Lastpunkten des Verbrennungsmotors erreicht ist. Bei niedriger Last ist der Rußschlupf an einem eventuell geschädigten Diesel-Partikel-Filter gering. Am Sensor ergibt sich kaum ein Signalzuwachs und man verliert keine Daten durch ein Freibrennen des Rußsensors.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Die nachfolgenden Darstellungen zeigen in:

Figur 1 einen Rußsensor,

Figur 2 die Wirkungsweise des Rußsensors,

Figur 3 ein in einem Kraftfahrzeug fest installiertes Steuergerät zum Betrieb des Rußsensors,

5 Figur 4 ein Kraftfahrzeug mit einem Verbrennungsmotor,

Figur 5 das erfindungsgemäße Verfahren in einem Ablaufdiagramm.

10

Figur 1 zeigt einen Rußsensor 10, der aus einem Formkörper 1, einem hier nicht dargestellten Heizelement sowie einer Struktur aus interdigital ineinander greifenden Messelektroden 3 aufgebaut ist. Der Formkörper 1 kann aus einem Keramikmaterial
15 hergestellt sein, oder aus einem anderen Material bestehen, das elektrisch isolierende Eigenschaften aufweist und der Abbrandtemperatur von Ruß problemlos standhält. Um den Rußsensor 10 von Ruß freizubrennen, wird der Rußsensor 10 typischer Weise mit Hilfe einer elektrischen Widerstandsheizung auf Temperaturen
20 zwischen 500 und 800 °C erhitzt. Diese Temperaturen muss der elektrisch isolierende Formkörper 1 ohne Beschädigungen vertragen. Die Struktur der Messelektroden 3 ist hier beispielhaft als kammartige Struktur ausgebildet, die auch als interdigitale Elektrodenstruktur bezeichnet wird, wobei zwischen zwei Messelektroden 3 immer ein elektrisch isolierender Bereich des
25 Formkörpers 1 zu erkennen ist. Die Messelektroden 3 und die Zwischenräume zwischen den Messelektroden 3 bilden die interdigitale Elektrodenstruktur. Es ist aber auch denkbar, dass die interdigitale Elektrodenstruktur 3 zum Beispiel aus ringförmigen Messelektroden 3 aufgebaut ist, die konzentrisch angeordnet
30 sind.

Die Breite einer Messelektrode 3 kann zum Beispiel zwischen 50 und 100 µm liegen und der Abstand zwischen den einzelnen Messelektroden 3 kann ebenfalls 50 und 100 µm betragen. Eine interdigitale Elektrodenstruktur 3 mit derartigen Abmessungen kann
35 leicht in Dickschichttechnologie hergestellt werden. In Dick-

schichttechnologie hergestellte interdigitale Elektrodenstrukturen 3 sind robust, langlebig und kostengünstig.

Der Messstrom I_M zwischen den Messelektroden 3 wird mit Hilfe
5 eines Strommeselementes 7 gemessen. Solange der Rußsensor 10
völlig frei von Rußpartikeln 4 ist, wird mit dem Strommeselement
7 kein Messstrom I_M messbar sein, da zwischen den Messelektroden
3 immer ein Bereich des Formkörpers 1 vorhanden ist, der elek-
trisch isolierend wirkt und der auch nicht von Rußpartikeln 4
10 überbrückt wird.

Weiterhin zeigt Figur 1 einen Temperatursensor 11 als Bestandteil
des Rußsensors 10 mit einer Temperatúrauswerteelektronik 12, die
zur Überwachung der im Rußsensor 10 herrschenden Temperatur vor
15 allem beim Abbrand der Rußbeladung von der interdigitalen Elek-
trodenstruktur 3 des Rußsensors 10 dient.

Zudem ist in Figur 1 eine Spannungsquelle 15 zu erkennen, die die
an den Messelektroden 3 anliegende Spannung bestimmt. Mit der
20 Spannungsquelle 15 kann Messspannung an die Messelektroden 3
angelegt werden.

Figur 2 zeigt die Wirkungsweise des Rußsensors 10. Hier ist der
Rußsensor 10 in einem Abgasrohr 5 eines Kraftfahrzeuges an-
25 geordnet, durch das ein mit Rußpartikeln 4 beladener Abgasstrom
geleitet wird. Die Strömungsrichtung des Abgasstromes 6 wird
durch den Pfeil angedeutet. Die Aufgabe des Rußsensors 10 ist es
nun, die Konzentration der Rußpartikel 4 im Abgasstrom 6 zu
messen. Dazu ist der Rußsensor 10 so im Abgasrohr 5 angeordnet,
30 dass die Struktur aus interdigital angeordneten Messelektroden
3, dem Abgasstrom 6 und somit den Rußpartikeln 4 zugewandt ist.
Aus dem Abgasstrom 6 setzen sich Rußpartikel 4 sowohl auf den
Messelektroden 3 als auch in den Zwischenräumen zwischen den
Messelektroden 3, also auf den isolierenden Bereichen des
35 Formkörpers 1 ab. Wenn sich genügend Rußpartikel 4 auf den
isolierenden Bereichen zwischen die Messelektroden 3 abgesetzt
haben, wird aufgrund der an den Messelektroden 3 angelegten

Messspannung und der Leitfähigkeit der Rußpartikel 4 ein Messstrom I_M zwischen den Messelektroden 3 fließen, der vom Strommesselement 7 erfassbar ist. Die Rußpartikel 4 überbrücken somit die elektrisch isolierenden Zwischenräume zwischen den
5 Messelektroden 3. Auf diese Art und Weise kann mit dem hier abgebildeten Rußsensor 10 die Beladung des Abgasstromes 6 mit Rußpartikeln 4 gemessen werden.

Zudem zeigt der Rußsensor 10 in Figur 2 das Heizelement 2, das
10 mit dem Heizstromkreis 13 aus der Heizstromversorgung 8 mit elektrischem Heizstrom I_H versorgt werden kann. Um den Rußsensor 10 auf die Abbrandtemperatur der Rußpartikel 4 zu erhitzen, wird der Heizstromschalter 9 geschlossen, womit der Heizstrom I_H das Heizelement 2 erwärmt und somit der gesamte Rußsensor 10 erhitzt
15 wird. Darüber hinaus ist ein Temperatursensor 11 im Rußsensor 10 integriert, der mit Hilfe der Temperatúrauswerteelektronik 12 den Vorgang des Aufheizens des Rußsensors 10 und damit den Abbrandvorgang der Rußpartikel 4, der auch als Freibrennen des Rußsensors 10 bezeichnet wird, kontrolliert und überwacht.

20 Das Strommesselement 7, die Temperatúrauswerteelektronik 12, die regelbare Spannungsquelle 15, der Temperatursensor 11 sowie der Heizstromschalter 9 sind hier exemplarisch als diskrete Bauteile dargestellt. Selbstverständlich können diese Bauteile als Be-
25 standteile eines mikromechanischen Systems zusammen mit der interdigitalen Elektrodenstruktur 3 auf einem Chip realisiert werden oder Bestandteile einer mikroelektronischen Schaltung sein, die beispielsweise in einem Steuergerät 14 für den Ruß-
sensor 10 integriert ist.

30 Figur 3 zeigt ein in einem Kraftfahrzeug 16 fest installiertes Steuergerät 14 zur Funktionsdiagnose, zum Betrieb und zur Regeneration des Rußsensors 10. Der Rußsensor 10 weist eine fingerartig ineinandergreifende (interdigitale) Messelektro-
35 denstruktur 3 auf, die bei einem intakten Rußsensor 10 keinerlei metallische Kurzschlüsse aufweist. Auf und zwischen die Messelektroden 3 setzen sich im Messbetrieb des Sensors Rußpartikel

4 ab, die zu einem Stromfluss zwischen den Messelektroden 3 führen, der als Maß für die Rußbeladung des Abgasstroms dient. Ab einer bestimmten Menge abgelagerter Rußpartikel 4 auf den Messelektroden 3 wird jedoch eine maximale Leitfähigkeit über die
5 Rußschicht erreicht, die auch bei einer weiteren Rußablagerung nicht weiter vergrößert werden kann. Daher wird der Rußsensor 10 ab einer bestimmten Menge abgelagerter Rußpartikel "blind" für eine weitere Messung der Rußkonzentration im Abgas. Es ist nun notwendig den Rußsensor 10 durch das Abbrennen der Rußschicht auf
10 den interdigitalen Messelektroden 3 zu regenerieren. Dazu wird ein Heizstrom durch das Einschalten des Heizstromschalters 9 von der Heizstromversorgung 8 zum Heizelement 2 geleitet. Der Rußsensor 10 wird kontrolliert erwärmt. Die Kontrolle der Erwärmung des Rußsensors 10 erfolgt mit dem am oder im Rußsensor 10 ausgebildeten Temperatursensor 11. Dieses Freibrennen des Ruß-
15 sensors 10 erfolgt in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors 17. Der Freibrennprozess wird zu einem Zeitpunkt gestartet, in dem der Betriebszustand des Verbrennungsmotors 17 keine sinnvolle Rußmessung zulässt. Damit wird die interdigitale Elektrodenstruktur 3 des Rußsensors 10 genau dann
20 gereinigt, wenn ohnehin keine Rußmessung möglich oder sinnvoll wäre. Zu Zeitpunkten, in denen dann die Rußmessung in Abgasstrom durchführbar ist, ist auch der Rußsensor 10 betriebsbereit, was eine kontinuierliche Überwachung der Rußbeladung des Abgas-
25 stromes 6 ermöglicht. Der Betriebszustand des Verbrennungsmotors 17 kann zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotortemperatursensor 18, der die Temperatur der Kühlflüssigkeit des Verbrennungsmotors 17 oder die Öltemperatur erfasst und/oder mit einem Kurbelwellendrehzahlsensor 19, der die Drehzahl der Kurbelwelle
30 erfasst, überwacht werden.

Zur Veranschaulichung des Gesamtsystems ist in Figur 4 ein Kraftfahrzeug 16 mit einem Verbrennungsmotor 17 dargestellt. Der Verbrennungsmotor 17 führt den von ihm erzeugten Abgasstrom 6
35 über ein Abgasrohr 5 ab. Im Abgasrohr 5 ist ein Diesel-Partikel-Filter 20 zu erkennen. Vor und/oder nach dem Diesel-Partikel-Filter 20 ist ein Rußsensor 10 im Abgasrohr 5 angeordnet, der

mit einem Steuergerät 14 verbunden ist, das auch das Strom-
messelement 7 enthalten kann. Der Kurbelwellendrehzahlsensor 19
und der Verbrennungsmotortemperatursensor 18 liefern dem
Steuergerät 14 Informationen über den Betriebszustand des Ver-
brennungsmotors 17. Mit diesen Informationen wird ein Zeitpunkt
5 ausgewählt, zu dem das Freibrennen der interdigitalen Elek-
trodenstruktur 3 des Rußsensors 10 eingeleitet wird. Dieser
Zeitpunkt kann zum Beispiel ein Neustart des Verbrennungsmotors
17 sein, der mit Hilfe des Kurbelwellendrehzahlsensors 19 vom
10 Steuergerät 14 erkannt wird. Der Neustart des vollständig ab-
gekühlten Verbrennungsmotors 17 wird mit Hilfe des Kurbel-
wellendrehzahlsensors 19 und des Verbrennungsmotortemperatur-
sensors 18 vom Steuergerät 14 erkannt. Dabei sollte allerdings
der Zeitpunkt der Taupunktfreigabe des Rußsensors abgewartet
15 werden. Der Zeitpunkt des Abstellens des Verbrennungsmotors 17
wird wiederum mit Hilfe des Kurbelwellendrehzahlsensors 19 er-
kannt.

Im Abgassystem moderner Verbrennungsmotoren 17 befinden sich
20 zahlreiche Sensoren, die verbrennungs- und/oder abgasrelevante
Parameter bestimmen. Dies sind zum Beispiel Temperatursensoren,
Sauerstoffsensoren, Sensoren zur Bestimmung des Brennstoff-
Luft-Verhältnisses Lambda und Stickoxidsensoren. Im Abgas eines
Verbrennungsmotors 17 befindet sich Wasserdampf. Der Wasser-
25 dampf kondensiert im kalten Abgassystem und kann dort Tropfen
von flüssigem Wasser bilden. Da flüssiges Wasser heiße Sensoren
zerstören kann, heizen die Sensoren nach dem Motorkaltstart
nicht oder sehr wenig und warten die Wasserfreiheit des Abgases
ab. Die Sensoren senden der Motorsteuerung keine Daten oder
30 lediglich die Information "Sensor vorhanden, warte auf Mess-
erlaubnis".

Die Motorsteuerung des Verbrennungsmotors 17 berechnet aus den
Motorbetriebsdaten und den gemessenen Temperaturen den Zeit-
35 punkt, ab dem an der Sensorposition, zum Beispiel nach dem
Katalysator oder dem Diesel-Partikel-Filter 20, kein flüssiges
Wasser mehr zu erwarten ist. Ist dieser Zeitpunkt erreicht,

sendet die Motorsteuerung dem Sensor ein Signal "kein Wasser mehr, Messerlaubnis erteilt". Der Sensor erkennt dieses Signal und beginnt seinen Aufheizvorgang.

- 5 Die Information der Motorsteuerung an den Sensor "kein flüssiges Wasser mehr an der Stelle A" wird üblicherweise Taupunktfreigabe A genannt. Würde vorher aufgeheizt und gemessen werde, könnte der Sensor von den Wassertropfen zerstört werden. Für den Rußsensor 10 ist die Taupunktfreigabe an seiner Position der
- 10 frühestmögliche Zeitpunkt nach dem Motorstart, ab dem freigebrannt werden darf. Bei einem typischen Fahrzeug aktueller Bauart erfolgt die Taupunktfreigabe nach einem Motorkaltstart nach einigen Minuten.
- 15 Fig. 5 zeigt das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors 10 in einem Ablaufdiagramm. Bei Punkt 20 findet die Überwachung des Betriebszustandes des Verbrennungsmotors 17 statt. In Schritt 21 erfolgt die Überwachung der Kurbelwelledrehzahl, in Schritt 22 erfolgt die Überwachung der Temperatur
- 20 des Verbrennungsmotors 17 und im Schritt 23 erfolgt die Überwachung der Taupunkt-Freigabe des Rußsensors. Anhand dieser Schritte wird entschieden, ob ein Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur 3 des Rußsensors eingeleitet wird. Dabei können die in Schritt 21, 22 und 23 gemessenen Größen einzeln oder
- 25 in Kombination miteinander zur Entscheidung beitragen. Zum Beispiel ist es denkbar, dass die Überwachung der Kurbelwelledrehzahl im Schritt 21 dazu führt, dass vom Steuergerät 14 erkannt wird, dass ein Neustart des Verbrennungsmotors 17 stattgefunden hat und aufgrund der in Schritt 22 durchgeführten
- 30 Operation der Überwachung der Temperatur des Verbrennungsmotors 17 wird erkannt, dass dieser Neustart des Verbrennungsmotors 17 ein Kaltstart, also ein Neustart des vollständig abgekühlten Verbrennungsmotors 17, war. Diese beiden Kriterien werden im Schritt 24 dazu führen, dass die Position 26 angesprungen wird,
- 35 wenn die Taupunktfreigabe 23 erfolgt, wobei das Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur 3 als sinnvoll erkannt wird, woraufhin in Schritt 27 das Freibrennen der interdigitalen

Elektrodenstruktur 3 des Rußsensors 10 gestartet wird. Nach dem Freibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur 3 kehrt der Ablauf zum Schritt 20, also der Überwachung des Betriebszustandes des Verbrennungsmotors 17 zurück.

5

Es ist aber auch denkbar, dass in Schritt 24 entschieden wird, dass aufgrund eines Neustartes des Verbrennungsmotors 17, der durch die Überwachung der Kurbelwellendrehzahl in Schritt 21 erkannt wurde, in Kombination mit einer in Schritt 22 erkannten hohen Temperatur des Verbrennungsmotors 17 kein Freibrennen eingeleitet werden soll. Diese Entscheidung zum Nichtfreibrennen der interdigitalen Elektrodenstruktur erfolgt in Punkt 25, woraufhin der Ablauf erneut mit der Überwachung des Betriebszustandes des Verbrennungsmotors 17 in Punkt 20 fortgesetzt wird.

10
15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) im Abgas-
strang eines Verbrennungsmotors, wobei der Rußsensor (10)
5 eine interdigitale Elektrodenstruktur (3) aufweist, an die
eine Messspannung angelegt wird, wobei sich auf der in-
terdigitalen Elektrodenstruktur (3) Rußpartikel (4) aus
einem Abgasstrom (6) ablagern und der über die Rußpartikel
(4) und die interdigitale Elektrodenstruktur (3) fließende
10 Messstrom (I_M) als Maß für die Rußbeladung des Rußsensors
(10) ausgewertet wird und wobei der Rußsensor (10) ein
Heizelement (2) zum Freibrennen der interdigitalen Elek-
trodenstruktur (3) aufweist, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , dass in Abhängigkeit vom Betriebszustand
15 des Verbrennungsmotors (17) ein Zeitpunkt zum Freibrennen
des Rußsensors (10) bestimmt wird und dann das Freibrennen
der interdigitalen Elektrodenstruktur (3) durch ein Auf-
heizen des Rußsensors (10) mit dem Heizelement (2) beginnt.
- 20 2. Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach Anspruch
1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der
Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) ein Neustart
des Verbrennungsmotors ist.
- 25 3. Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach Anspruch
2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der
Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) der Neustart
des vollständig abgekühlten Verbrennungsmotors ist.
- 30 4. Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach Anspruch
1, 2 oder 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) das
Erreichen der Taupunktfreigabe des Rußsensors (10) ist.
- 35 5. Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach Anspruch
1, 2, 3 oder 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) das Abstellen des Verbrennungsmotors ist.

- 5 6 . Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) innerhalb der Zeit der Regeneration des Diesel-Partikel-Filters (20) liegt.
- 10 7 . Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) bei einem Volllastbetrieb des Verbrennungsmotors (17) erreicht ist.
- 15
- 8 . Verfahren zum Betreiben eines Rußsensors (10) nach mindestens einem der vorgenannten Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Zeitpunkt zum Freibrennen des Rußsensors (10) bei niedrigen Lastpunkten des Verbrennungsmotors (17) erreicht ist.
- 20

FIG 1

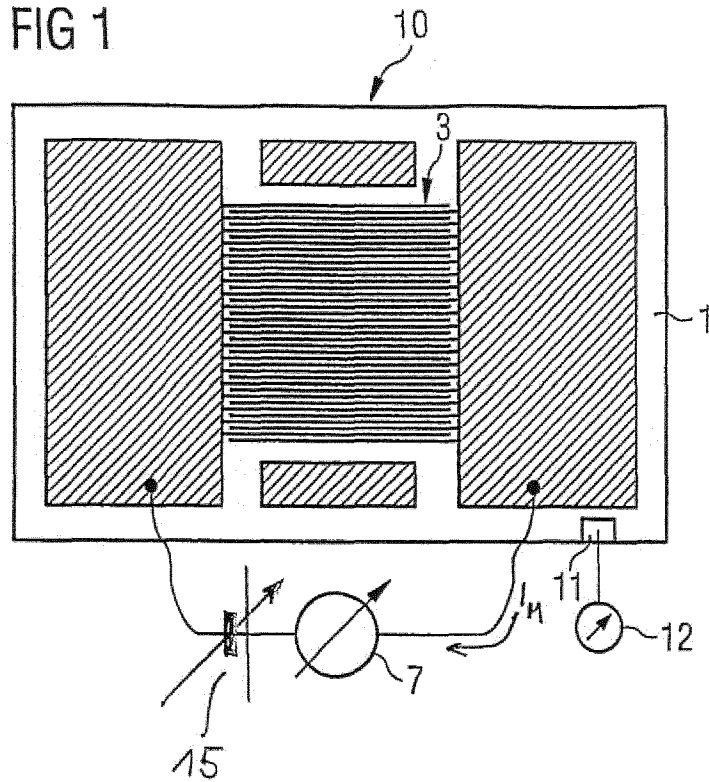


FIG 2

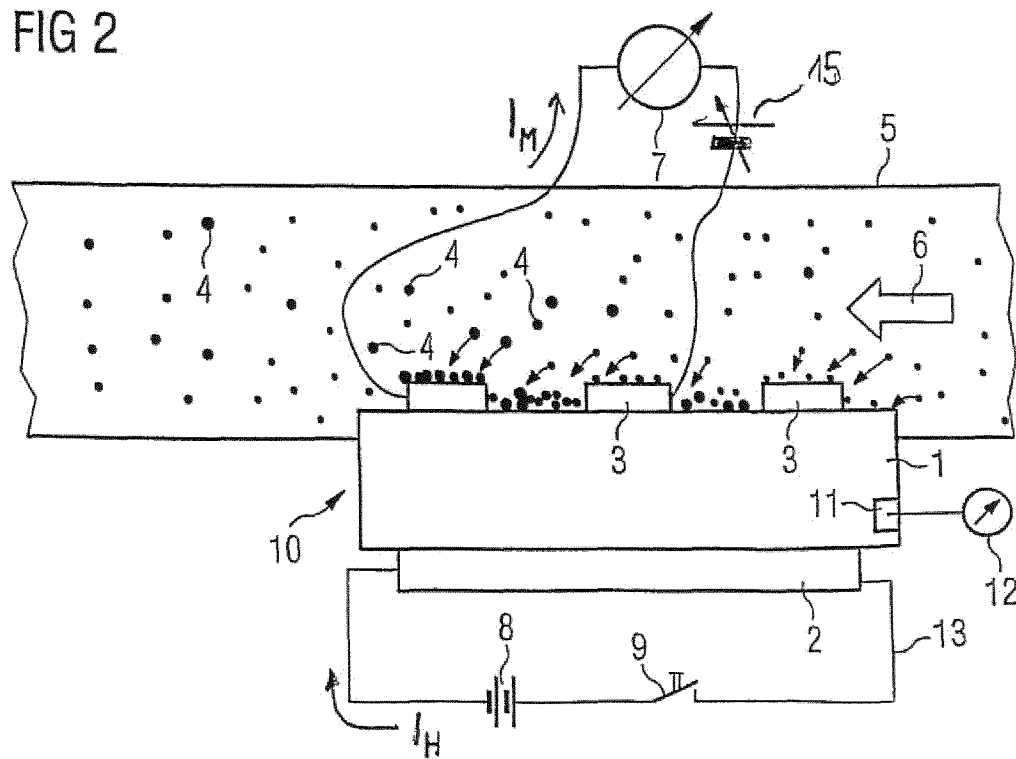


FIG 3

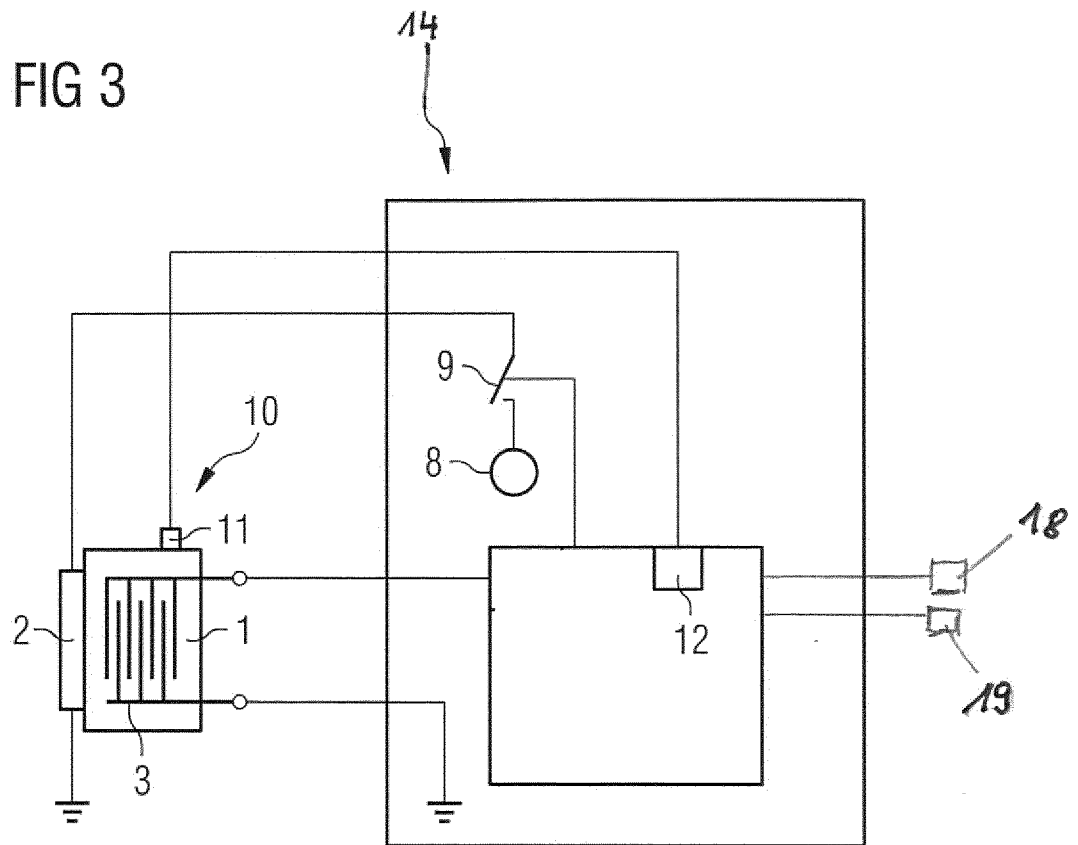


FIG 4

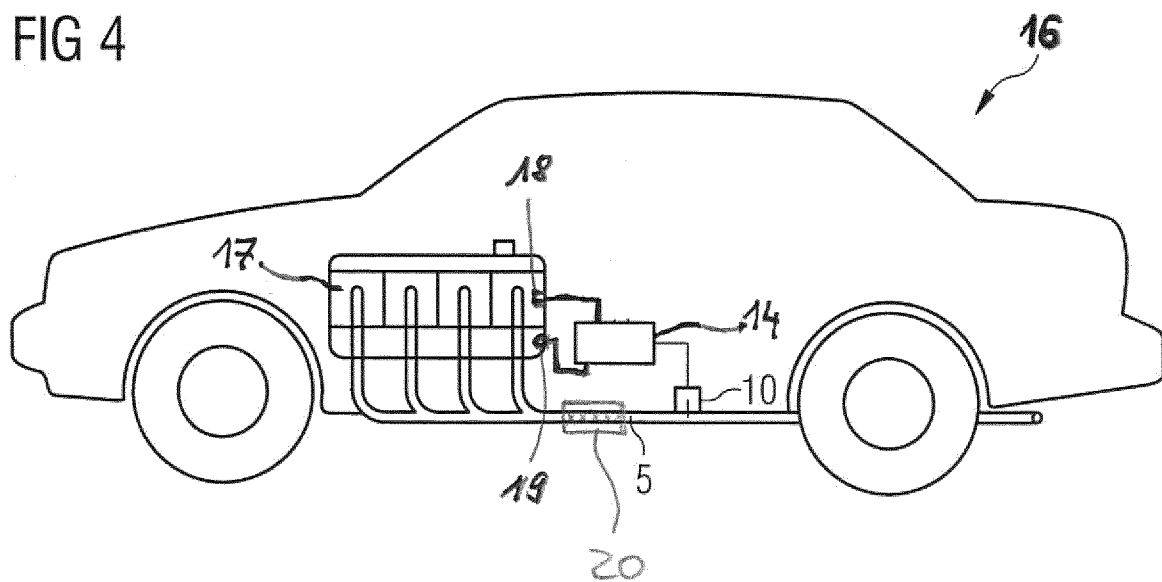


FIG 5

