(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
28. Dezember 2017 (28.12.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/220666 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 15/06 (2006.01) *G01M 15/10* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/065264

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Juni 2017 (21.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 211 237.6
23. Juni 2016 (23.06.2016) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **REISS, Sebastian**; Augustenstraße 44, 93133 Burglengenfeld (DE). **EBERL-NEUMAIER, Patrick**; Neutzkam 2, 84169 Altfraunhofen (DE). **KOLLER, Florian**; Lorenzer Straße 5, 93138 Lappersdorf (DE). **STAHL, Christian**; Max-Reger-Straße 9, 93083 Obertraubling (DE).

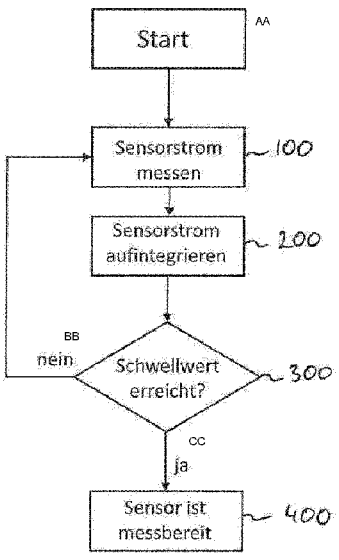
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) **Title:** METHOD FOR OPERATING AN ELECTROSTATIC PARTICLE SENSOR AND ELECTROSTATIC PARTICLE SENSOR

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ELEKTROSTATISCHEN PARTIKELSENSORS UND ELEKTROSTATISCHER PARTIKELSENSOR

FIG 3



AA Start
BB no
CC yes
100 Measuring sensor current
200 Integrating sensor current
300 Threshold reached?
400 Sensor is ready for measurement

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating an electrostatic particle sensor (9) for sensing of soot particles in exhaust gases, wherein the particle sensor (9) has a first electrode (13) and a second electrode (15), wherein a gap (17) which is flown through by the exhaust gas is provided between the electrodes (13, 15) and the electrodes (13, 15) have a potential difference. According to the invention, soot particles accumulate at the electrodes (13, 15) and, after a residence time which is dependent on a preloading of the electrodes (13) with soot particles, move to the respective other electrode (15, 13) so that a current flow is generated, which is measured as sensor current and a measure of the amount of soot in the exhaust gas stream. In order to determine a measurement readiness of the particle sensor (9), the sensor current is measured and integrated over a duration of time T, and a measurement readiness of the particle sensor (9) is determined when the integral of the sensor current exceeds a determined threshold value over time.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Partikelsensors (9) zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen, wobei der Partikelsensor (9) eine erste Elektrode (13) und eine zweite Elektrode (15) aufweist, wobei zwischen den Elektroden (13, 15) ein von dem Abgas durchströmter Spalt (17) vorgesehen ist und die Elektroden (13, 15) eine Potentialdifferenz aufweisen, wobei sich an den Elektrode (13, 15) Rußpartikel anlagern und sich nach einer von einer Vorbeladung der Elektroden (13) mit Rußpartikeln abhängigen Verweilzeit zu der jeweils anderen Elektrode (15, 13) bewegen, so dass ein Stromfluss erzeugt wird, der als Sensorstrom als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom gemessen wird, wobei zur Feststellung einer Messbereitschaft des Partikelsensors (9) der Sensorstrom über einen Zeitraum T gemessen und aufintegriert wird und eine Messbereitschaft des Partikelsensors (9) festgestellt wird, wenn das Integral des Sensorstroms über die Zeit einen festgelegten Schwellwert überschreitet.

WO 2017/220666 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Partikelsensors und elektrostatischer Partikelsensor

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Partikelsensors zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen, insbesondere in Abgasen von Kraftfahrzeugen. Sie betrifft ferner einen elektrostatischen Partikelsensor zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen.

Es gibt derzeit verschiedene Konzepte für Rußsensoren, die im Abgastrakt von Fahrzeugen beispielsweise die Funktion eines Partikelfilters überwachen und somit zur Reduzierung von Emissionen beitragen sollen. Beispielsweise sind elektrostatische Partikelsensoren bekannt, bei denen sich Rußpartikel in einem von zumindest zwei Elektroden erzeugten elektrischen Feld bewegen und ihr Auftreffen auf eine der Elektroden als Stromfluss gemessen wird.

Ein derartiger elektrostatischer Partikelsensor ist beispielsweise aus der DE 10 2005 039 915 A1 bekannt.

Bei einem abgewandelten Konzept dieses elektrostatischen Partikelsensors durchströmt das Abgas einen Spalt zwischen einer zylindrischen inneren Elektrode und einer ebenfalls zylindrischen äußeren Mantelelektrode, die die innere Elektrode koaxial umgibt. Die innere Elektrode liegt dabei auf einem Potential von beispielsweise 1000 Volt, während die äußere Elektrode auf Masse liegt. Sich durch den Spalt bewegende Rußpartikel lagern sich zunächst an der inneren Elektrode an, auf der dadurch eine dendritische Struktur aus Rußpartikeln aufwachsen kann. Werden diese Dendriten lang genug bzw. ist die Schicht aus angelagertem Ruß dick genug um eine kritische Distanz

zur äußeren Mantelelektrode zu unterschreiten, so reißen die Rußpartikel aufgrund der elektrostatischen Kräfte ab und bewegen sich zur Mantelelektrode, wodurch ein Stromfluss zwischen den beiden Elektroden erfolgt, der als Sensorstrom als Maß für im Abgas befindliches Ruß gemessen wird.

Bei diesem Sensortyp ist problematisch, dass der gemessene Sensorstrom erst ab einer gewissen Vorbeladung der inneren Elektrode mit Ruß zuverlässige Werte liefert, die tatsächlich als Maß für die im Abgas befindliche Rußmenge verwendet werden können. Bevor eine derart ausreichende Vorbeladung der inneren Elektrode erreicht ist, fließt kein oder lediglich ein niedriger Sensorstrom, obwohl Rußpartikel im Abgas vorhanden sind. Diese lagern sich auch an die innere Elektrode an, können jedoch die Mantelelektrode noch nicht erreichen, da ihre Entfernung zur Mantelelektrode zu groß ist, als dass die wirkenden elektrostatischen Kräfte ein Abreißen der Rußpartikel bewirken könnten.

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Verfahren zum Betreiben bekannter elektrostatischer Partikelsensoren derart weiterzubilden, dass eine zuverlässige Interpretation des Sensorsignals möglich ist. Ferner soll ein elektrostatischer Partikelsensor angegeben werden, der die oben genannten Nachteile nicht aufweist.

Diese Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Partikelsensors zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen angegeben, wobei der Partikelsensor eine

erste Elektrode und eine zweite Elektrode aufweist, wobei zwischen den Elektroden ein von dem Abgas durchströmter Spalt vorgesehen ist und die Elektroden eine Potentialdifferenz aufweisen, wobei sich an den Elektroden Rußpartikel anlagern und sich nach einer unter anderem von einer Vorbeladung der Elektroden mit Rußpartikeln abhängigen Verweilzeit zu der jeweils anderen Elektrode bewegen, so dass ein Stromfluss erzeugt wird, der als Sensorstrom als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom gemessen wird, wobei zur Feststellung einer Messbereitschaft des Partikelsensors der Sensorstrom über einen Zeitraum T gemessen und aufintegriert wird und eine Messbereitschaft des Sensors festgestellt wird, wenn das Integral des Sensorstroms über die Zeit einen festgelegten Schwellwert überschreitet.

Bei einem derartigen Sensor wächst auf den Elektroden eine dendritische Struktur oder Schicht aus Rußpartikeln auf. Je dicker diese Schicht ist, desto eher reißen Partikel aus der Schicht ab und bewegen sich zur jeweils anderen Elektrode. Somit hängt die Verweilzeit von Partikeln auf einer der Elektroden unter anderem von der Vorbeladung dieser Elektrode mit Rußpartikeln ab.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass ein Zeitpunkt festgestellt werden kann, ab dem der gemessene Sensorstrom zuverlässig als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom verwendet werden kann. Zu diesem Zeitpunkt ist somit die Vorbeladung der ersten Elektrode mit Rußpartikeln ausreichend. Zu diesem Zeitpunkt wird demnach von einer „Messbereitschaft" des Partikelsensors ausgegangen. Die Messbereitschaft des Partikelsensors ist somit definiert als ein Zustand des Partikelsensors, in dem eine ausreichende Vorbeladung der ersten Elektrode sicherstellt, dass der gemessene Sensorstrom zuverlässig als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom verwendet werden kann.

Gemäß der Erfindung wird der gemessene Sensorstrom über einen Zeitraum T aufintegriert, wobei typischerweise die Messung nicht kontinuierlich erfolgt, sondern in Zeitabständen von beispielsweise 50 ms, so dass das Integral des Sensorstroms durch eine Addition der einzelnen diskreten Messwerte gebildet wird.

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Messbereitschaft des Partikelsensors zuverlässig bestimmt werden kann. Das Integral des Sensorstroms beinhaltet sowohl die bereits auf den Elektroden deponierte Rußmenge als auch die jeweilige Sensorempfindlichkeit und bietet daher eine praktikable und zuverlässige Möglichkeit, die Messbereitschaft des Partikelsensors zu erkennen.

Dabei wird die Messbereitschaft des Sensors festgestellt, wenn das Integral des Sensorstroms über die Zeit einen festgelegten Schwellwert überschreitet. Dieser Schwellwert kann beispielsweise in einer Testphase experimentell ermittelt werden oder anhand eines Modells festgelegt werden.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung beginnt der Zeitraum T mit einer Inbetriebnahme oder einer Regeneration des Partikelsensors. Dabei wird unter einer Inbetriebnahme des Partikelsensors seine erstmalige Inbetriebnahme verstanden und unter einer Regeneration des Partikelsensors wird ein Ereignis verstanden, bei dem auf den Elektroden vorhandener Ruß im Wesentlichen vollständig entfernt wird. In beiden Fällen muss somit die notwendige Vorbeladung des Partikelsensors erst aufgebaut werden, bevor der Sensor messbereit ist.

Gemäß einer Ausführungsform beträgt die Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden mindestens 500 Volt. Insbesondere kann die Potentialdifferenz 1000 Volt betragen.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogrammprodukt angegeben, aufweisend ein computerlesbares Medium und auf dem computerlesbaren Medium abgespeicherten Programmcode, der, wenn er auf einer Recheneinheit ausgeführt wird, die Recheneinheit anleitet, das beschriebene Verfahren durchzuführen. Bei der Recheneinheit kann es sich dabei insbesondere um eine Motorsteuerung eines Kraftfahrzeugs handeln oder um ein Sensorsteuergerät des elektrostatischen Partikelsensors.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein elektrostatischer Partikelsensor zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen angegeben, wobei dem Partikelsensor ein Steuergerät zugeordnet ist, das zum Betreiben des Partikelsensors zur Sensierung von Rußpartikeln in einem Abgastrakt eines Kraftfahrzeugs eingerichtet ist, wobei der Partikelsensor eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode aufweist, wobei zwischen den Elektroden ein von dem Abgas durchströmter Spalt vorgesehen ist und die Elektroden eine Potentialdifferenz aufweisen, wobei das Steuergerät dazu eingerichtet ist, sich an den Elektroden anlagernde und sich nach einer von einer Vorbeladung der Elektroden mit Rußpartikeln abhängigen Verweilzeit zu der jeweils anderen Elektrode bewegende Rußpartikel als Sensorstrom als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom zu messen, wobei zur Feststellung einer Messbereitschaft des Partikelsensors der Sensorstrom über einen Zeitraum T gemessen und aufintegriert wird und eine Messbereitschaft des Sensors festgestellt wird, wenn das Integral des Sensorstroms über die Zeit einen festgelegten Schwellwert überschreitet.

Dieser elektrostatische Partikelsensor weist die bereits im Zusammenhang mit dem Verfahren zum Betreiben des elektrostatischen Partikelsensors genannten Vorteile auf.

Gemäß einer Ausführungsform ist das dem Partikelsensor zugeordnete Steuergerät dazu eingerichtet, das beschriebene Verfahren durchzuführen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der elektrostatische Partikelsensor als Zylinderkondensator ausgebildet, wobei die erste Elektrode als zylindrische innere Elektrode und die zweite Elektrode als die innere Elektrode koaxial umgebende, ebenfalls zylindrische Mantelelektrode ausgebildet ist, zwischen denen ein Spalt von wenigen Millimetern Breite angeordnet ist, den ein Abgasstrom in Längsrichtung durchströmt.

Dabei kann es sich bei dem Abgasstrom auch um einen aus dem eigentlichen Abgasstrom abgezweigten Teilstrom handeln.

Der elektrostatische Partikelsensor ist beispielsweise geeignet, die Funktion eines Partikelfilters eines Dieselkraftfahrzeus zu überwachen. Zu diesem Zweck kann der elektrostatische Partikelsensor vor oder hinter dem Partikelfilter angeordnet sein. Es ist auch möglich, jeweils einen elektrostatischen Partikelsensor vor und hinter dem Partikelfilter anzuordnen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 schematisch die Darstellung eines Kraftfahrzeugs mit einem elektrostatischen Partikelsensor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Figur 2 schematisch einen Querschnitt durch eine Ausführungsform des Partikelsensors gemäß Figur 1 und

Figur 3 schematisch ein Ablaufdiagramm mit Verfahrensschritten eines Verfahrens zum Betreiben eines elektrostatischen Partikelsensors gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Das Kraftfahrzeug 1 gemäß Figur 1 weist eine Brennkraftmaschine 3 auf, die als Dieselmotor ausgebildet ist. Der Brennkraftmaschine 3 ist ein Abgastrakt 5 zugeordnet, über den ein Abgasstrom der Brennkraftmaschine 3 abgeführt wird. In dem Abgastrakt 5 ist ein Partikelfilter 7 zur Reinigung des Abgases angeordnet, sowie ein dem Partikelfilter nachgeschalteter elektrostatischer Partikelsensor 9.

Ein Motorsteuergerät 11 ist über Signalleitungen sowohl mit der Brennkraftmaschine 3 als auch mit dem elektrostatischen Partikelsensor 9 verbunden.

Der Partikelsensor 9 hat insbesondere die Aufgabe, die Funktion des Partikelfilters 7 zu überwachen. In nicht gezeigten Ausführungsformen kann ein derartiger Partikelsensor 9 auch vor dem Partikelfilter 7 angeordnet sein oder es sind zwei Partikelsensoren 9 vorgesehen, von denen einer vor und einer hinter dem Partikelfilter 7 angeordnet ist.

Um die Funktion des Partikelfilters 7 zu überprüfen, misst der Partikelsensor 9 die Beladung des Abgasstroms mit Rußpartikeln. Dazu ist er wie in Figur 2 gezeigt aufgebaut.

Figur 2 zeigt einen Querschnitt durch Teile eines Partikelsensors 9, der als elektrostatischer Partikelsensor ausgebildet ist und im Wesentlichen die Form eines Zylinderkondensators aufweist.

Der elektrostatische Partikelsensor 9 weist eine zylinderförmige innere Elektrode 13 sowie eine äußere Mantelelektrode 15 auf, die

ebenfalls zylinderförmig ausgebildet ist. Die innere Elektrode 13 und die Mantelelektrode 15 sind koaxial zu der Längsachse 14 angeordnet. Zwischen der inneren Elektrode 13 und der Mantelelektrode 15 ist ein Spalt 17 gebildet, der in der gezeigten Ausführungsform eine Breite d von 1,3 mm aufweist.

Im Betrieb des Partikelsensors 9 wird eine Potentialdifferenz zwischen der inneren Elektrode 13 und der Mantelelektrode 15 durch Anlegen einer Spannung von beispielsweise 1000 Volt an die innere Elektrode 13 erzeugt. Die Mantelelektrode 15 liegt auf Masse.

Im Betrieb durchstreicht der Abgasstrom den Spalt 17 zwischen den Elektroden 13, 15. Negativ bzw. positiv geladene Rußpartikel setzen sich dabei aus dem Abgasstrom auf der inneren Elektrode 13 bzw. der Mantelelektrode 15 ab. Dadurch wachsen im Laufe der Betriebszeit des Partikelsensors 9 Schichten 19 bzw. 20 aus Rußpartikeln auf den Elektroden 13, 15 auf, wobei die Schichten im Wesentlichen aus einzelnen Dendriten bestehen.

Aufgrund des im Spalt 17 anliegenden radialen elektrischen Feldes bewegen sich positiv geladene Rußteilchen aus der Schicht 19 zur äußeren Mantelelektrode 15 hin, falls sie der Mantelelektrode 15 nahe genug kommen. Dies ist dann der Fall, wenn sie die kritische Distanz d_0 zu der Mantelelektrode 15 unterschreiten, d.h. wenn die Dicke der Schicht 19 lokal den Betrag $d - d_0$ überschreitet. Die kritische Distanz d_0 ist in der Figur 2 durch die gestrichelte Kreislinie 21 angedeutet. Falls diese Distanz unterschritten wird, können Rußpartikel aus der Schicht 19 abreißen und sich zur äußeren Mantelelektrode 15 bewegen, wo sie einen Stromfluss auslösen, der durch das Strommessgerät 23 gemessen werden kann.

Umgekehrt reißen auch Partikel aus der Schicht 20 ab und bewegen sich zur inneren Elektrode 13, wenn die Dicke der Schicht 20 lokal

derart groß geworden ist, dass die Partikel die Entfernung d_0 zur inneren Elektrode 13 unterschreiten.

In der schematischen Darstellung in Figur 2 sind die Größenverhältnisse nicht maßstäblich dargestellt. Während d, wie bereits angegeben, typischerweise im Millimeterbereich liegt, liegt d_0 ebenfalls in dieser Größenordnung. Die Dicke der aufwachsenden Schichten 19, 20 liegt im Mikrometerbereich, typischerweise bei wenigen Mikrometern.

Damit der elektrostatische Partikelsensor 9 ausreichend zuverlässige Ergebnisse liefert, d.h. damit der mit dem Strommessgerät 23 gemessene Sensorstrom tatsächlich ein Maß für die Rußbeladung des Abgasstroms ist, ist eine gewisse Vorbeladung der Elektroden 13, 15 mit Ruß notwendig, d.h. eine gewisse Dicke der Schichten 19, 20 ist Voraussetzung für eine besonders zuverlässige und aussagekräftige Messung des Partikelsensors 9. Um eine derartige ausreichende Vorbeladung des Partikelsensors 9 festzustellen, wird gemäß einer Ausführungsform der Erfindung das in Figur 3 gezeigte Verfahren verwendet.

Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens, mit dem eine Messbereitschaft des Partikelsensors 9 festgestellt werden kann. Nach einem Start des Verfahrens wird in einem Schritt 100 der Sensorstrom mit Hilfe des Strommessgeräts 23 gemessen, beispielsweise in Zeitintervallen von 50 ms.

Diese gemessenen Sensorströme werden in einem Schritt 200 aufintegriert bzw. aufaddiert.

In einem Schritt 300 wird abgefragt, ob das Integral des Sensorstroms bereits einen vorgegebenen Schwellwert überschritten hat. Falls dieser vorgegebene Schwellwert überschritten ist, wird eine Messbereitschaft des Sensors in einem

Schritt 400 festgestellt. Die Messwerte des Partikelsensors 9 können nun zuverlässig als Maß für die Rußbeladung im Abgasstrom verwendet werden. Falls der Schwellwert noch nicht überschritten ist, wird die Messung und Integration des Sensorstroms fortgesetzt, bis der Schwellwert überschritten ist.

Das Verfahren gemäß Figur 3 kann insbesondere mit Hilfe von Programmcode in einem Computerprogrammprodukt implementiert sein, das beispielsweise in einem Speicher der Motorsteuerung 11 abgelegt ist. Das Verfahren stellt sicher, dass Messwerte des Partikelsensors 9 erst dann als Maß für die Rußbeladung des Abgasstroms verwendet werden, wenn der Sensor eine ausreichende Vorbeladung mit Ruß aufweist und somit messbereit ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Partikelsensors (9) zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen, wobei der Partikelsensor (9) eine erste Elektrode (13) und eine zweite Elektrode (15) aufweist, wobei zwischen den Elektroden (13, 15) ein von dem Abgas durchströmter Spalt (17) vorgesehen ist und die Elektroden (13, 15) eine Potentialdifferenz aufweisen, wobei sich an den Elektrode (13, 15) Rußpartikel anlagern und sich nach einer von einer Vorbeladung der Elektroden (13) mit Rußpartikeln abhängigen Verweilzeit zu der jeweils anderen Elektrode (15, 13) bewegen, so dass ein Stromfluss erzeugt wird, der als Sensorstrom als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom gemessen wird, wobei zur Feststellung einer Messbereitschaft des Partikelsensors (9) der Sensorstrom über einen Zeitraum T gemessen und aufintegriert wird und eine Messbereitschaft des Partikelsensors (9) festgestellt wird, wenn das Integral des Sensorstroms über die Zeit einen festgelegten Schwellwert überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei der Zeitraum T mit einer Inbetriebnahme oder einer Regeneration des Partikelsensors (9) beginnt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
wobei die Potentialdifferenz zwischen den beiden Elektroden (13, 15) mindestens 500V beträgt.

4. Computerprogrammprodukt aufweisend ein computerlesbares Medium und auf dem computerlesbaren Medium abgespeicherten Programmcode, der, wenn er auf einer Recheneinheit (11) ausgeführt wird, die Recheneinheit (11) anleitet, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 auszuführen.

5. Elektrostatischer Partikelsensor (9) zur Sensierung von Rußpartikeln in Abgasen, wobei dem Partikelsensor (9) ein Steuergerät (11) zugeordnet ist, das zum Betreiben des Partikelsensors (9) zur Sensierung von Rußpartikeln in einem Abgastrakt (5) eines Kraftfahrzeugs (1) eingerichtet ist, wobei der Partikelsensor (9) eine erste Elektrode (13) und eine zweite Elektrode (15) aufweist, wobei zwischen den Elektroden (13, 15) ein von dem Abgas durchströmter Spalt (17) vorgesehen ist und die Elektroden (13, 15) eine Potentialdifferenz aufweisen, wobei das Steuergerät (11) dazu eingerichtet ist, sich an den Elektroden (13, 15) anlagernde und sich nach einer von einer Vorbeladung der Elektroden (13, 15) mit Rußpartikeln abhängigen Verweilzeit zu der jeweils anderen Elektrode (15, 13) bewegende Rußpartikel als Sensorstrom als Maß für die Rußmenge im Abgasstrom zu messen, wobei zur Feststellung einer Messbereitschaft des Partikelsensors (9) der Sensorstrom über einen Zeitraum T gemessen und aufintegriert wird und eine Messbereitschaft des Partikelsensors (9) festgestellt wird, wenn das Integral des Sensorstroms über die Zeit einen festgelegten Schwellwert überschreitet.

6. Elektrostatischer Partikelsensor (9) nach Anspruch 5, wobei das dem Partikelsensor (9) zugeordnete Steuergerät (11) dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach Anspruch 2 oder 3 durchzuführen.

7. Elektrostatischer Partikelsensor (9) nach Anspruch 5 oder 6, der als Zylinderkondensator ausgebildet ist, wobei die erste Elektrode als zylindrische innere Elektrode (13) und die zweite Elektrode als die innere Elektrode koaxial umgebende, ebenfalls zylindrische Mantelelektrode (15) ausgebildet ist, zwischen denen ein Spalt (17) von wenigen

Millimetern Breite angeordnet ist, den ein Abgasstrom in Längsrichtung durchströmt.

FIG 1

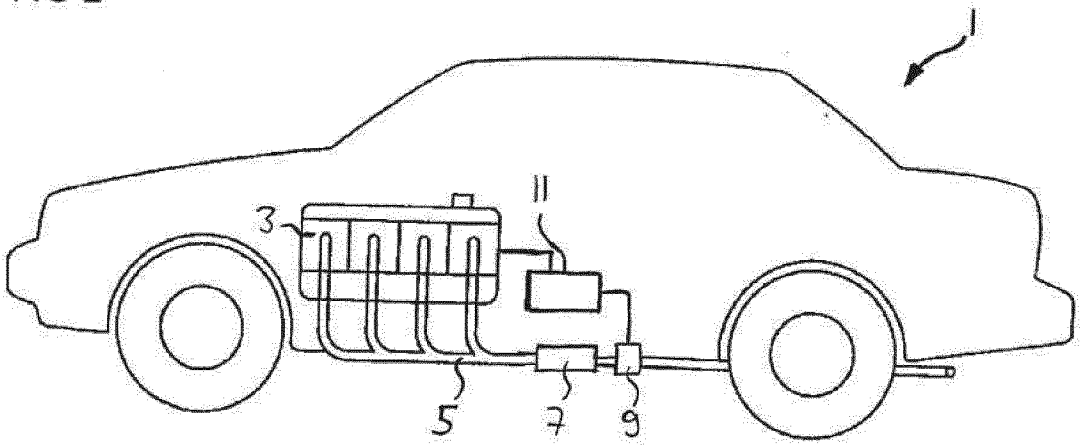


FIG 2

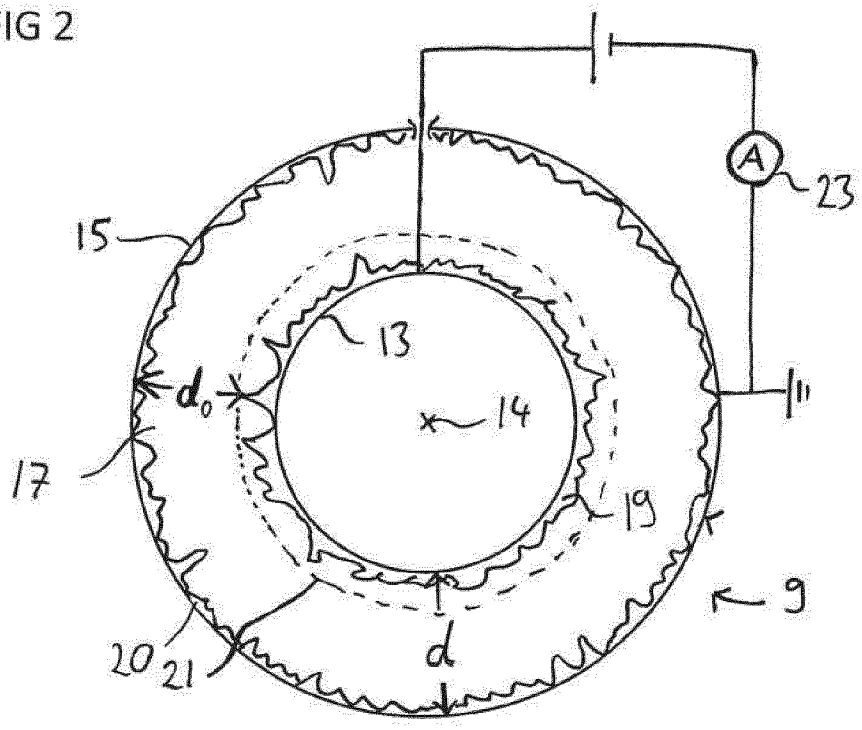
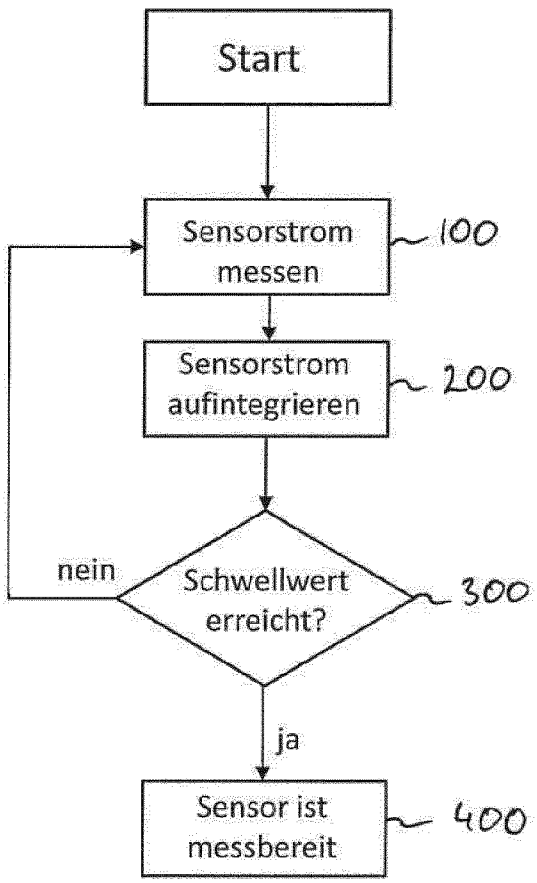


FIG 3


Start
Sensorstrom messen
100
Sensorstrom aufintegrieren
200
Schwellwert erreicht?
300
nein
ja
Sensor ist messbereit
400

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/065264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N15/06 G01M15/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N G01M F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2011 087924 A1 (DENSO CORP [JP]) 14 June 2012 (2012-06-14)	1-6
Y	paragraph [0007] paragraph [0011] paragraph [0019] paragraph [0061] paragraph [0063] paragraph [0065] paragraph [0066] paragraph [0067] paragraph [0075] paragraph [0123] figure 2B figure 11C figure 11B	7

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
31 October 2017	08/11/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Traversa, Marzia

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/065264

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2006 018956 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25 October 2007 (2007-10-25)	1-5
A	paragraph [0034] paragraph [0035] paragraph [0036] paragraph [0037] figure 1 paragraph [0041]	7

Y	US 2013/000280 A1 (KORENEV SERGEY [US]) 3 January 2013 (2013-01-03)	7
A	paragraph [0019] figure 5	1-6

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/065264

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011087924 A1	14-06-2012	DE 102011087924 A1	14-06-2012
		JP 5115873 B2	09-01-2013
		JP 2012122399 A	28-06-2012
		US 2012144813 A1	14-06-2012
DE 102006018956 A1	25-10-2007	DE 102006018956 A1	25-10-2007
		US 2008000286 A1	03-01-2008
US 2013000280 A1	03-01-2013	US 2013000280 A1	03-01-2013
		WO 2013003163 A2	03-01-2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/065264

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01N15/06 G01M15/10
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01N G01M F01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 087924 A1 (DENSO CORP [JP]) 14. Juni 2012 (2012-06-14)	1-6
Y	Absatz [0007] Absatz [0011] Absatz [0019] Absatz [0061] Absatz [0063] Absatz [0065] Absatz [0066] Absatz [0067] Absatz [0075] Absatz [0123] Abbildung 2B Abbildung 11C Abbildung 11B	7

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
31. Oktober 2017	08/11/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Traversa, Marzia

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/065264

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 018956 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25. Oktober 2007 (2007-10-25)	1-5
A	Absatz [0034] Absatz [0035] Absatz [0036] Absatz [0037] Abbildung 1 Absatz [0041]	7

Y	US 2013/000280 A1 (KORENEV SERGEY [US]) 3. Januar 2013 (2013-01-03)	7
A	Absatz [0019] Abbildung 5	1-6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/065264

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011087924 A1	14-06-2012	DE 102011087924 A1	14-06-2012
		JP 5115873 B2	09-01-2013
		JP 2012122399 A	28-06-2012
		US 2012144813 A1	14-06-2012
DE 102006018956 A1	25-10-2007	DE 102006018956 A1	25-10-2007
		US 2008000286 A1	03-01-2008
US 2013000280 A1	03-01-2013	US 2013000280 A1	03-01-2013
		WO 2013003163 A2	03-01-2013