



(10) **DE 10 2015 225 739 A1** 2017.06.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 225 739.8**

(22) Anmeldetag: **17.12.2015**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2017**

(51) Int Cl.: **G01N 15/06 (2006.01)**
G01N 27/04 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Continental Automotive GmbH, 30165 Hannover,
DE**

(72) Erfinder:

Zhang, Hong, Dr., 93105 Tegernheim, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2006 042 361 A1

DE 10 2007 046 096 A1

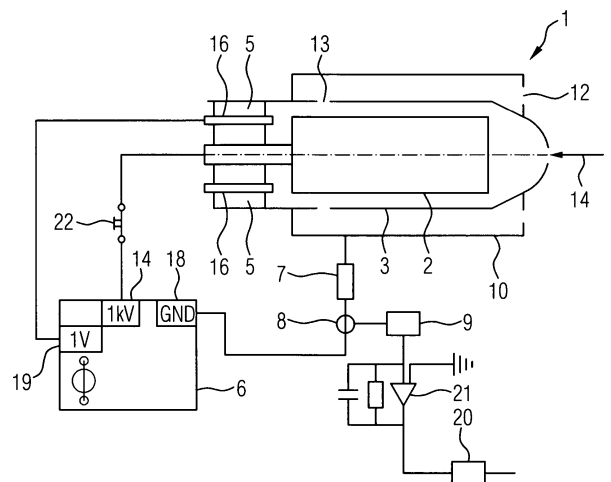
DE 10 2009 001 064 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) mit einer Spannungsversorgung (6), der eine erste Elektrode (2), eine von der ersten Elektrode (1) elektrisch isolierte zweite Elektrode (2) und eine zwischen der ersten und zweiten Elektrode (2, 3) angeordnete und von der ersten und zweiten Elektrode (2, 3) elektrisch isolierte Guardelektrode (16) aufweist. Mit der Spannungsversorgung (6) wird ein erstes elektrisches Potential (14) an die erste Elektrode (2) und ein zweites elektrisches Potential (18) an die zweite Elektrode (3) angelegt. Zudem wird mit der Spannungsversorgung (6) an die Guardelektrode (16) ein Guardpotential angelegt. Mit einem Strommesselement (8) wird der zwischen der ersten und zweiten Elektrode fließende Messstrom erfasst. Zur Erfassung von Leckströmen wird die erste Elektrode (2) von dem ersten elektrischen Potential (14) getrennt und mit dem Strommesselement (8) der zwischen der Guardelektrode (16) und der zweiten Elektrode (3) fließende Leckstrom erfasst.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors.

[0002] Die Verringerung von Abgasemissionen bei Kraftfahrzeugen ist ein wichtiges Ziel bei der Entwicklung neuer Kraftfahrzeuge. Daher werden Verbrennungsprozesse in Brennkraftmaschinen thermodynamisch optimiert, so dass der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine deutlich verbessert wird. Im Kraftfahrzeugbereich werden zunehmend Dieselmotoren eingesetzt, die, bei moderner Bauart, einen sehr hohen Wirkungsgrad aufweisen. 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 mit verschiedenen Vorschriften bereits reagiert wurde. So wurden beispielsweise Abgas-Emissionsnormen mit Höchstgrenzen für die Rußemission erlassen. Um die Abgas-Emissionsnormen flächendeckend für Kraftfahrzeuge mit Dieselmotoren erfüllen zu können, besteht die Notwendigkeit, preisgünstige Sensoren herzustellen, die den Rußgehalt im Abgasstrom des Kraftfahrzeuges zuverlässig messen.

[0003] Der Einsatz derartiger Rußsensoren dient der Messung des aktuell ausgestoßenen Rußes, damit dem Motormanagement in einem Kraftfahrzeug 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 eingeleitet werden oder eine Abgasrückführung zur Brennkraftmaschine erfolgen. Im Falle der Rußfilterung werden regenerierbare Filter verwendet, die einen wesentlichen Teil des Rußgehaltes aus dem Abgas herausfiltern. Benötigt werden Rußsensoren für die Detektion von Ruß, um die Funktion der Rußfilter zu überwachen bzw. um deren Regenerationszyklen zu steuern.

[0004] Dazu kann dem Rußfilter, der auch als Dieselpartikelfilter bezeichnet wird, ein Rußsensor vorgeschaltet sein und/oder ein Rußsensor nachgeschaltet sein.

[0005] Der dem Dieselpartikelfilter vorgeschaltete Sensor dient zur Erhöhung der Systemsicherheit und zur Sicherstellung eines Betriebes des Dieselpartikelfilters unter optimalen Bedingungen. Da dies in hohem Maße von der im Dieselpartikelfilter eingelagerten Rußmenge abhängt, ist eine genaue Messung der Partikelkonzentration vor dem Dieselpartikelfiltersystem, insbesondere die Ermittlung einer hohen Partikelkonzentration vor dem Dieselpartikelfilter, von hoher Bedeutung.

[0006] Ein dem Dieselpartikelfilter nachgeschalteter Rußsensor bietet die Möglichkeit, eine fahrzeugeigene Diagnose vorzunehmen und dient ferner der Sicherstellung des korrekten Betriebes der Abgasnachbehandlungsanlage.

[0007] Der Stand der Technik zeigt verschiedene Ansätze zur Detektion von Ruß. 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 Ansätze zur Realisierung eines optischen Sensors in einem Kraftfahrzeug mit sehr hohen Kosten verbunden sind. Weiterhin bestehen ungelöste Probleme bezüglich der Verschmutzung der benötigten optischen Fenster durch Verbrennungsabgase.

[0008] Die DE 195 36 705 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Messung von Rußpartikeln, wobei ein elektrisches Feld zwischen einer von dem Gasstrom durchströmten Mantel-Elektrode und einer Innen-Elektrode innerhalb dieser Mantel-Elektrode durch Anlegen einer konstanten elektrischen Gleichspannung erzeugt wird und der Ladestrom zur Aufrechterhaltung der konstanten Gleichspannung zwischen Mantel-Elektrode und Innen-Elektrode gemessen wird. Gute Messergebnisse werden im Rahmen der Offenbarung der DE 195 36 705 A1 erzielt, wenn eine Gleichspannung von 2000 bis 3000 Volt zur Erzeugung des elektrischen Feldes verwendet wird.

[0009] Bei diesen elektrostatischen Rußsensoren ändert sich der Strom zwischen den beiden Elektroden in Abhängigkeit von der Rußkonzentration im Abgasstrom. Die hier auftretenden Ströme sind jedoch relativ klein und deren Stromstärke liegt in der Größenordnung von nA. Daher muss die gesamte Messanordnung für diese elektrostatischen Rußsensoren sehr hochpräzise ausgeführt ausgebildet sein.

[0010] Ein Problem, das bei der Messung von Rußpartikeln mit Hilfe von elektrostatischen Rußsensoren im Abgasstrang eines Kraftfahrzeuges besteht, ist, dass ein kalter Rußsensor, zum Beispiel nach dem Start eines erkalteten Verbrennungsmotors, nicht zur Rußmessung verwendet werden kann, da sich Kondenswasser aus dem Abgasstrom auf und in dem Rußsensor ablagert und diesen zunächst instabil für einen Hochspannungsbetrieb macht, was eine zuverlässige Rußmessung ausschließt. Im Abgas eines Verbrennungsmotors ist immer ein hoher Anteil von Wasser in der Gasphase vorhanden, da die Kohlenwasserstoffe zum Beispiel aus dem Dieselpartikelfilter vorwiegend zu Wasser und Kohlendioxid verbrennen. Solange der Rußsensor kalt ist, kondensiert das Wasser aus dem Abgas zu flüssigen Wasser auf den Elektroden und dem Isolationskörper und stört

damit die Rußmessung nachhaltig. Daher muss mit dem Beginn der Rußmessung so lange gewartet werden, bis der Rußsensor derart warm geworden ist, dass kein Wasser aus dem Abgasstrom mehr auskondensieren kann und das schon auskondensierte Wasser aus dem Rußsensor abgetrocknet ist. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt die sogenannte Taupunktfreigabe für den Rußsensor. Ausschließlich anhand von Motormodellen in Verbindung mit einer Temperaturmessung im Abgasstrom kann nur eine sehr ungenaue Taupunktfreigabe erfolgen, da die vollständige Trocknung des Rußsensors von sehr vielen Faktoren (zum Beispiel Umgebungstemperatur des Fahrzeuges, Luftfeuchtigkeit der Ansaugluft, Gasmassenstrom im Abgasstrang) abhängt. Aber auch nach der Abtrocknung des Rußsensors können Leckströme über die Isolatoren fließen, die die Messergebnisse des Rußsensors verfälschen können. Derartige Leckströme müssen erkannt werden, um das Sensorsignal entsprechend korrigieren zu können.

[0011] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors anzugeben, mit dem zuverlässig und genau die Messbereitschaft des elektrostatischen Rußsensors bestimmt werden kann und mit dem durch Leckströme verursachte Messfehler kompensiert werden können.

[0012] Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruches gelöst.

[0013] Dadurch, dass zur Erfassung von Leckströmen die erste Elektrode von dem ersten elektrischen Potential getrennt wird und mit dem Strommeselement der zwischen der Guardelektrode und der zweiten Elektrode fließende Leckstrom erfasst wird, kann das einzige Strommeselement ausschließlich die Leckströme erfassen und damit die Messbereitschaft des elektrostatischen Rußsensors bestimmen und zudem können durch Leckströme verursachte Messfehler kompensiert werden.

[0014] Bei einer Weiterbildung wird der vom Strommeselement erfasste Leckstrom mit Hilfe eines Tiefpasses gefiltert. Hierdurch werden schnelle Leckstromänderungen, die zum Beispiel von Spannungsüberschlägen verursacht werden können, herausgefiltert. Diese schnellen Leckstromänderungen sagen nichts über den allgemeinen Zustand des Isolationskörpers aus und sie können daher weggefiltert werden.

[0015] Bei einer Ausgestaltung ist der Rußsensor in einem Abgasstrang einer Brennkraftmaschine angeordnet und der Leckstrom wird erfasst, wenn die Brennkraftmaschine zum Stillstand gekommen ist. Wenn die Brennkraftmaschine zum Stillstand gekommen ist, ist der Rußsensor heiß genug, um sicherzustellen, dass kein Tauwasser auf dem Isolations-

körper liegt und zudem ist bei stillstehender Brennkraftmaschine eine Rußmessung unnötig. Bei modernen Fahrzeugen mit Start-Stopp-Systemen wäre daher bei jedem Ampelstopp eine Fehlerstromdiagnose mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich.

[0016] Alternativ oder in Kombination mit den zuvor genannten ist der Rußsensor in einem Abgasstrang einer Brennkraftmaschine angeordnet und der Leckstrom wird erfasst, wenn die Brennkraftmaschine in der Schubabschaltungsphase arbeitet.

[0017] Im Folgenden wird die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen und anhand bevorzugter Ausführungsformen erläutert. Diese Ausführungsformen umfassen Rußsensoren für den Einsatz in einem Kraftfahrzeug. Es zeigen:

[0018] Fig. 1 einen Rußsensor,

[0019] Fig. 2 einen weiteren Rußsensor,

[0020] Fig. 3 einen Rußsensor, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben werden kann,

[0021] Fig. 4 ein Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine,

[0022] Fig. 5 ein Ersatzschaltbild des elektrostatischen Rußsensors.

[0023] Fig. 1 zeigt einen Rußsensor **1**. Der Rußsensor **1** besteht aus einer ersten Elektrode **2**, die im Inneren einer zweiten Elektrode **3** angeordnet ist. Zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** befindet sich das Abgas **17** der Brennkraftmaschine **51**, in dem Rußpartikel **4** enthalten sind. Die Konzentration der Rußpartikel **4** im Abgas **17** soll durch den Rußsensor **1** gemessen werden. Mit anderen Worten kann gesagt werden, dass mit dem Rußsensor **1** der Rußgehalt im Abgasstrom **17** bestimmt werden soll. Dazu wird eine Messspannung durch die Spannungsversorgung **6** zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** angelegt. Diese Spannung resultiert aus einem ersten elektrischen Potential **14**, das an die erste Elektrode **2** angelegt ist und einem zweiten elektrischen Potential **18**, das an die zweite Elektrode **3** angelegt ist. Die erste Elektrode **2** ist von der zweiten Elektrode **3** mithilfe des Isolationskörpers **5** elektrisch isoliert. Der Isolationskörper **5** kann zum Beispiel als Scheibe aus einem keramischen Material aufgebaut sein. Darüber hinaus ist im Rußsensor **1** eine Guardelektrode **16** angeordnet, die in erster Linie zur Stabilisierung der Spannungsverhältnisse und elektrischen Potentiale im Rußsensor **1** genutzt wird und dafür sorgt, dass im Messbetrieb des Rußsensors **1** keine Leckströme zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** fließen. Leckströme sind unerwünschte Strö-

me, die infolge unzureichender Isolationseigenschaften über den Isolationskörper **5** im Messbetrieb des Rußsensors **1** fließen und damit die Messergebnisse des Rußsensors **1** wesentlich verfälschen. Im Rußmessbetrieb wird das Guardpotential **19**, das an der Guardelektrode **16** anliegt, etwas oberhalb des zweiten elektrischen Potentials, das an der zweiten Elektrode **3** anliegt, jedoch weit unter dem ersten elektrischen Potential **14**, das an der ersten Elektrode **2** anliegt, eingestellt. Dadurch fließen eventuell vorhandene Leckströme zur Guardelektrode **16** und werden dort abgeleitet, ohne die Strommessung des Rußsensors **1** zu beeinflussen. Bei einer typischen Messkonfiguration liegt die zweite Elektrode **3** auf Ground-Potential GND, also auf 0 V, die Guardelektrode **16** auf etwas erhöhtem Potential, zum Beispiel auf 0,5 V bis 1 V und die erste Elektrode auf sehr hohem Potential, zum Beispiel 1000 V.

[0024] Weiterhin ist in **Fig. 1** zu erkennen, dass zwischen der Spannungsversorgung und der zweiten Elektrode **3** ein ohmscher Widerstand **7** geschaltet ist, der hochohmig ausgeführt ist, um die relativ kleinen Ströme zu messen, die sich aufgrund der Rußpartikel **4** zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** ausbilden zu können. Die Messung dieser Ströme erfolgt durch das Strommesselement **8**, das mit einer Auswerteelektronik **9** verbunden ist. Derartige Rußsensoren **1** werden zur On-Board-Diagnose in Kraftfahrzeugen mit Dieselmotoren eingesetzt.

[0025] Die Spannung die zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** angelegt wird, ist relativ hoch, um verwertbare Messströme zu erhalten. Eine derartige Spannung liegt zwischen 100 V und 3 kV und ist damit relativ aufwendig zu kontrollieren.

[0026] Insbesondere Wasserablagerungen auf der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3**, sowie auf dem Isolationskörper **5** können zu einer vollständigen Verfälschung der Rußmessung führen. Daher muss der Rußsensor **1** vor Beginn der Rußmessung völlig abgetrocknet sein, was durch die sogenannte Taupunktfreigabe signalisiert wird. Aber auch eine Verschlechterung der isolierenden Eigenschaften des Isolationskörpers können zu einer Verschlechterung der Messergebnisse führen. Diese Verschlechterung kann so weit gehen, dass der Rußsensor **1** für die Diagnose des Rußpartikelfilters unbrauchbar wird und ausgetauscht werden muss oder zumindest die Diagnose des Rußpartikelfilters stark verfälscht wird.

[0027] **Fig. 2** zeigt einen Rußsensor **1** mit einer ersten Elektrode **2** und einer zweiten Elektrode **3**. Die erste Elektrode **2** ist von der zweiten Elektrode **3** durch einen Isolationskörper **5** elektrisch isoliert, und zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** wird eine elektrische Spannung von 1 kV

angelegt, die von der elektrischen Spannungsversorgung **6** erzeugt wird.

[0028] Rußpartikel **4**, die in einem Abgasstrom von einer Brennkraftmaschine **51** durch einen Abgasstrang **49** transportiert werden, können in den im Abgasstrang **49** integrierten Rußsensor **1** eindringen. Die Rußpartikel **4** gelangen in ein elektrisches Feld, das sich auf Grund der angelegten elektrischen Spannung zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** ausbildet. Um zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** einen gut messbaren elektrischen Strom zu erzeugen, können auf der Oberfläche der ersten Elektrode **2** und/oder auf der Oberfläche der zweiten Elektrode **3** Elemente **15** zur Konzentration der elektrischen Feldstärke ausgebildet sein. In diesem Beispiel ist die erste Elektrode **2** als stabförmige Gewindestange ausgebildet, wobei die Elemente **15** zur Konzentration der elektrischen Feldstärke durch die Gewindegänge gebildet werden, zwischen denen dreieckige Spitzen ausgebildet sind. An diesen Spitzen wird das elektrische Feld konzentriert, womit die elektrische Feldstärke im Bereich der Spitzen sehr hoch wird. Die starke Erhöhung der elektrischen Feldstärke im Bereich der Spitzen kann die Durchbruchfeldstärke des Gases in dem Bereich überschreiten. Beim Überschreiten der Durchbruchfeldstärke des Gases werden elektrisch geladene Partikel gebildet, die in Richtung der entgegengesetzten Elektrode beschleunigt werden und infolge von Stoßionisationen zu einer lawinenartigen Ausbildung von Ladungsträgern führen. Wenn diese Ladungsträgerlavine eine Elektrodenoberfläche erreicht, ist ein sehr hoher Strom messbar, der gut ausgewertet werden kann und der proportional zur Anzahl der geladenen Partikel im Abgas ist.

[0029] Weiterhin zeigt aber **Fig. 2** einen Ohmschen Widerstand **7**, der vorteilhaft ist, um mit der Auswerteelektronik **9** den elektrischen Strom messen zu können, der zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** fließt. Darüber hinaus ist in **Fig. 2** eine Schutzkappe **10** zu erkennen, die zur gezielten Führung des Ab-Gasstromes **17** durch den Rußsensor **1** dient. Die Abgase können beispielsweise durch eine erste Öffnung **11** in den Rußsensor **1** eindringen, wo zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3** der Rußgehalt im Abgas gemessen werden kann. Danach verlässt der Abgasstrom **17** durch die zweite Öffnung **12**, die in der zweiten Elektrode **3** ausgebildet ist, den Rußsensor **1** und wird über die dritte Öffnung **13** zurück in den Hauptabgasstrom geführt.

[0030] In dem Isolationskörper **5** ist eine Guardelektrode **16** zu erkennen. Mit der Guardelektrode **16** kann vor dem Zeitpunkt der Taupunktfreigabe ein Strom gemessen werden, der als Indikator für einen Taupunktfreigabe des Rußsensors **1** ausgewer-

tet werden kann. Der Strom wird von der Spannung an der ersten Elektrode **2** (in diesem Beispiel 1 kV) über den feuchten Isolationskörper hin zur Guardelektrode **16** getrieben, die in diesen Beispiel mit 0,5 V etwas gegen das Massepotential GND an der zweiten Elektrode **3** vorgespannt ist. Erst wenn dieser Strom deutlich, also um mindestens eine Zehnerpotenz, nach dem Start des kalten Verbrennungsmotors absinkt, kann auf eine vollständige Trocknung des Rußsensors **1** geschlossen werden und eine Taupunktfreigabe erfolgen. Bei dieser Art der Taupunktfreigabe sind jedoch mindestens zwei Strommesslemente **8**, nämlich eines in der Leitung zwischen der Guardelektrode **16** und der Spannungsversorgung **6** und eines in der Leitung zwischen der ersten oder zweiten Elektrode **2, 3** und der Spannungsversorgung **6**, notwendig, um den Rußsensor **1** zu betreiben. Die Anzahl der notwendigen Strommesslemente **8** erhöht die Kosten für den Rußsensors **1**. Es ist jedoch in jeden Fall vorteilhaft, die Herstellungskosten für den Rußsensors **1** so gering wie möglich zu halten.

[0031] Es ist aber auch denkbar eine Strommessung zwischen der ersten Elektrode **2** und der zweiten Elektrode **3**, also zwischen 1 kV und dem Massepotential GND, zu verwenden, um den Zeitpunkt der Taupunktfreigabe zu bestimmen. Auch hier wird das Absinken des Stromes um mindestens eine Zehnerpotenz als Zeichen für eine vollständige Trocknung des Rußsensors nach dem Start des kalten Verbrennungsmotors gewertet.

[0032] Fig. 3 zeigt einen Rußsensor **1** mit einer Spannungsversorgung **6**, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben werden kann. Der Rußsensor **1** weist eine erste Elektrode **2** und eine zweite Elektrode **3** auf. Die Rußpartikel können mit dem Abgasstrom **17** durch eine erste Öffnung **11**, die in der Schutzkappe **10** ausgebildet ist, in den Innenraum des Rußsensors eindringen. Dabei gelangen die Rußpartikel in den Zwischenraum zwischen die erste Elektrode **2** und die zweite Elektrode **3**. Darüber hinaus weist der Rußsensor **1** eine Spannungsversorgung **6** auf. Mit Hilfe eines Umschaltelementes **22** kann die erste Elektrode **2** von dem ersten Potential **14** getrennt werden und zum Beispiel auf das Ground Potential (GND) gelegt werden. Das Ground-Potential GND wird von der elektrischen Masse des Kraftfahrzeuges **50** gebildet. Das mit der Spannungsversorgung **6** an die Guardelektrode **16** angelegte Guardpotential **19** kann zum Beispiel 0,5 V bis 1 V gegen GND betragen. Das während der Rußmessung an der ersten Elektrode **2** anliegende erste Potential **14** kann zum Beispiel 1000 V gegen das Ground-Potential GND betragen.

[0033] Solange der Abgassensor **1** kalt ist, was z. B. nach dem Neustart des Verbrennungsmotors der Fall sein wird, werden im Gasstrom **17** vorhandene Was-

sermoleküle als Kondensat im gesamten Rußsensor **1** abgeschieden. Dieses Wasserkondensat legt sich u. a. auf den Isolationskörper **5**, wobei eine elektrisch leitende Verbindung zwischen der ersten Elektrode **2**, der Guardelektrode **16** und der zweiten Elektrode **3** entsteht. Der Leckstrom, der über den Isolationskörper **5** infolge des wässrigen Kondensats fließt, macht eine Rußmessung mit dem benetzten Rußsensor **1** unmöglich. Dennoch kann dieser Strom beobachtet werden, um die Tau-Punktfreigabe des Rußsensors **1** zu detektieren und die Messphase des Rußsensors **1** einzuleiten. Nach der Taupunktfreigabe, also in der Messphase des Rußsensors **1**, können die verbleibenden Leckströme, die über den Isolationskörper **5** fließen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfasst und kompensiert werden. Dabei wird zur Erfassung der verbleibenden Leckströme die erste Elektrode **2** von dem ersten elektrisches Potential **14** mit Hilfe des Umschaltelementes **22** getrennt und mit dem Strommesslement **8** wird der zwischen der Guardelektrode **16** und der zweiten Elektrode **3** fließende Leckstrom erfasst. Der vom Strommesslement **8** erfasste Leckstrom kann mit Hilfe eines Tiefpasses **21** gefiltert werden. Die Werte des erfassten Leckstromes können in einem Speicherelement **20** gespeichert werden und der Rußsensor wird als fehlerhaft identifiziert, wenn der Wert des Leckstromes einen vorher festgelegten Grenzwert überschreitet.

[0034] Zur genauen Bestimmung des Rußgehaltes im Abgas der Brennkraftmaschine **51**, kann der zuvor erfasste Leckstrom vom gemessenen Messstrom abgezogen wird. Dies ist eine Fehlerkorrektur, um sicher und genau den Rußgehalt im Abgasstrom der Brennkraftmaschine bestimmen zu können.

[0035] Wenn der Rußsensor **1** zur Diagnose eines Rußpartikelfilters **52** eingesetzt wird und der Rußsensor **1** einen Defekt des Rußpartikelfilters **52** detektiert, kann dieses Signal auch von einem Leckstrom im Rußsensor **1** stammen. Daher ist es sinnvoll nach dem Erkennen eines Defektes des Rußpartikelfilters **52** noch einmal eine Leckstrommessung im Rußsensor **1** vorzunehmen, um eine fälschliche Defektdiagnose des Rußpartikelfilters **52** zu vermeiden.

[0036] Fig. 4 zeigt ein Kraftfahrzeug **50** mit einer Brennkraftmaschine **51** und einem Abgasstrang **49**. Im Abgasstrang ist ein Rußpartikelfilter **52** und ein Rußsensor **1** angeordnet. Der Rußsensor **1** ist mit einer Auswerteelektronik **9** verbunden, die zum Beispiel ein Speicherelement **20**, einen Tiefpass **21** und/oder ein Umschaltelement **22** enthalten kann. Das Umschaltelement **22** wird in der Regel als elektronischer Schalter ausgebildet sein. Zudem zeigt Fig. 4 noch eine On Board Diagnoseeinheit **26**, die zum Beispiel eine festgestellte Fehlerhaftigkeit des Rußsensors speichern kann.

[0037] Fig. 5 zeigt ein Ersatzschaltbild des Rußsensors **1**, der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben werden kann. Der Rußsensor **1** ist mit einer Spannungsversorgung **6** verbunden. Die Spannungsversorgung **6** legt an die erste Elektrode **14** eine Hochspannung von 1000 V an und an die zweite Elektrode das Ground-Potential GND an. Die Guardelektrode **16** wird mit dem Guardpotential **19** (zum Beispiel 1 V) belegt. In der Messphase des Rußsensors **1** fließt der Strom I_{soot} über den dritten Ersatzwiderstand **25** und kann von dem einzigen Strommeselement **8** oder einem weiteren Strommeselement erfasst werden und dieses Messergebnis kann von der Auswerteelektronik **9** weiterverarbeitet werden. Mit dem Umschaltelement **22** kann die erste Elektrode **2** von dem ersten Potential **14** getrennt werden. Zudem kann das Umschaltelement **22** nach der Trennung der ersten Elektrode **2** vom ersten Potential **14**, die erste Elektrode **2** auf das Ground-Potential GND legen. Der Leckstrom I_{leak1} und/oder der Leckstrom I_{leak2} werden dann vom Guardpotential **19** über den ersten Ersatzwiderstand **23** und/oder den zweiten Ersatzwiderstand **24** getrieben und von dem Strommeselement **8** erfasst. Die Messwerte für den Leckstrom können über einen Tiefpass **21** gefiltert werden und in einem Speicherelement **20** abgelegt werden. Aus dem Speicherelement **20** können die Messwerte für den Leckstrom abgerufen werden und zur Korrektur der Messwerte für die Rußmenge verwendet werden. Darüber hinaus kann ein Signal an die On Board Diagnoseeinheit **26** gesendet werden, wenn die Werte für den Leckstrom eine vorher bestimmte Schwelle überschreiten. In der On Board Diagnoseeinheit **26** kann der Rußsensor **1** dann als schadhaft eingestuft werden.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 19536705 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) mit einer Spannungsversorgung (6), wobei der elektrostatische Rußsensor (1) eine erste Elektrode (2), eine zweite Elektrode (3) und eine Guardelektrode (16) aufweist, wobei die erste Elektrode (2) und die zweite Elektrode (3) durch einen Isolationskörper (5) elektrisch voneinander isoliert sind und zwischen der ersten Elektrode (2) und der zweiten Elektrode (3) die Guardelektrode (16) angeordnet ist, wobei auch die Guardelektrode (16) durch den Isolationskörper (5) elektrisch von der ersten Elektrode (2) und der zweiten Elektrode (3) isoliert ist, wobei mit der Spannungsversorgung (6) ein erstes elektrisches Potential (14) an die erste Elektrode (2) angelegt wird und wobei mit der Spannungsversorgung (6) ein zweites elektrisches Potential (18) an die zweite Elektrode (2) angelegt wird, sodass eine elektrische Spannung zwischen der ersten Elektrode (2) und der zweiten Elektrode (3) entsteht und wobei mit der Spannungsversorgung (6) an die Guardelektrode (16) ein Guardpotential angelegt wird, wobei mit einem Strommeselement (8) der zwischen der ersten Elektrode (2) und der zweiten Elektrode (3) fließende Messstrom erfasst wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erfassung von Leckströmen die erste Elektrode (2) von dem ersten elektrisches Potential (14) getrennt wird und mit dem Strommeselement (8) der zwischen der Guardelektrode (16) und der zweiten Elektrode (3) fließende Leckstrom erfasst wird.

2. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vom Strommeselement (8) erfasste Leckstrom mit Hilfe eines Tiefpasses (21) gefiltert wird.

3. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rußsensor (1) in einem Abgasstrang (49) einer Brennkraftmaschine (51) angeordnet ist und der Leckstrom erfasst wird, wenn die Brennkraftmaschine (51) zum Stillstand gekommen ist.

4. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Rußsensor (1) in einem Abgasstrang (49) einer Brennkraftmaschine (51) angeordnet ist und die Leckstrom erfasst wird, wenn die Brennkraftmaschine (51) in der Schubabschaltungsphase arbeite.

5. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Rußgehalt im Abgas der Brennkraftmaschine (51) be-

stimmt wird, indem vom erfassten Messstrom der vorher bestimmte Leckstrom abgezogen wird.

6. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werte des Leckstromes erfasst und in einem Speicherelement (20) gespeichert werden und der Rußsensor als fehlerhaft identifiziert wird, wenn der Wert des Leckstromes eine vorher festgelegten Grenzwert überschreitet.

7. Verfahren zum Betreiben eines elektrostatischen Rußsensors (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Elektrode (2) auf ein Ground-Potential (GND) geschaltet wird, nachdem sie von dem ersten elektrischen Potential (14) getrennt wurde.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

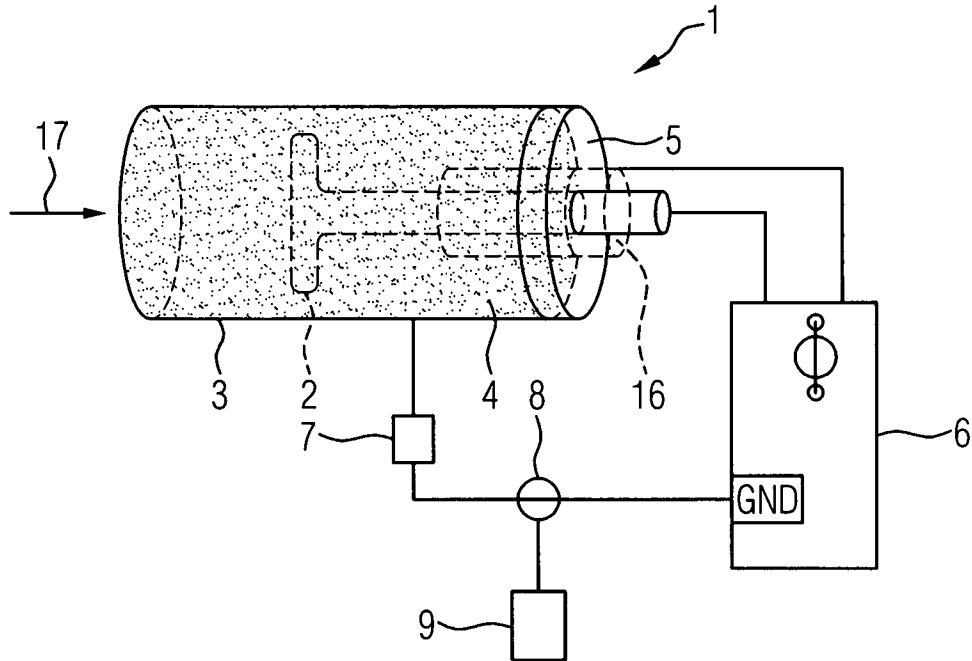


FIG 2

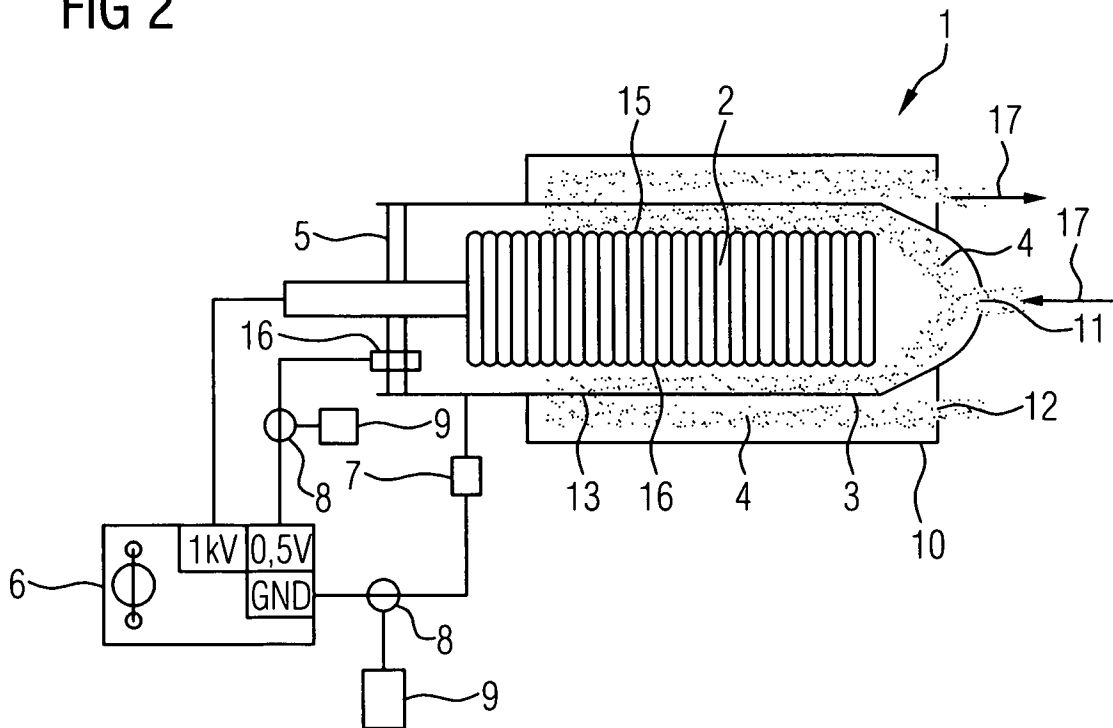


FIG 3

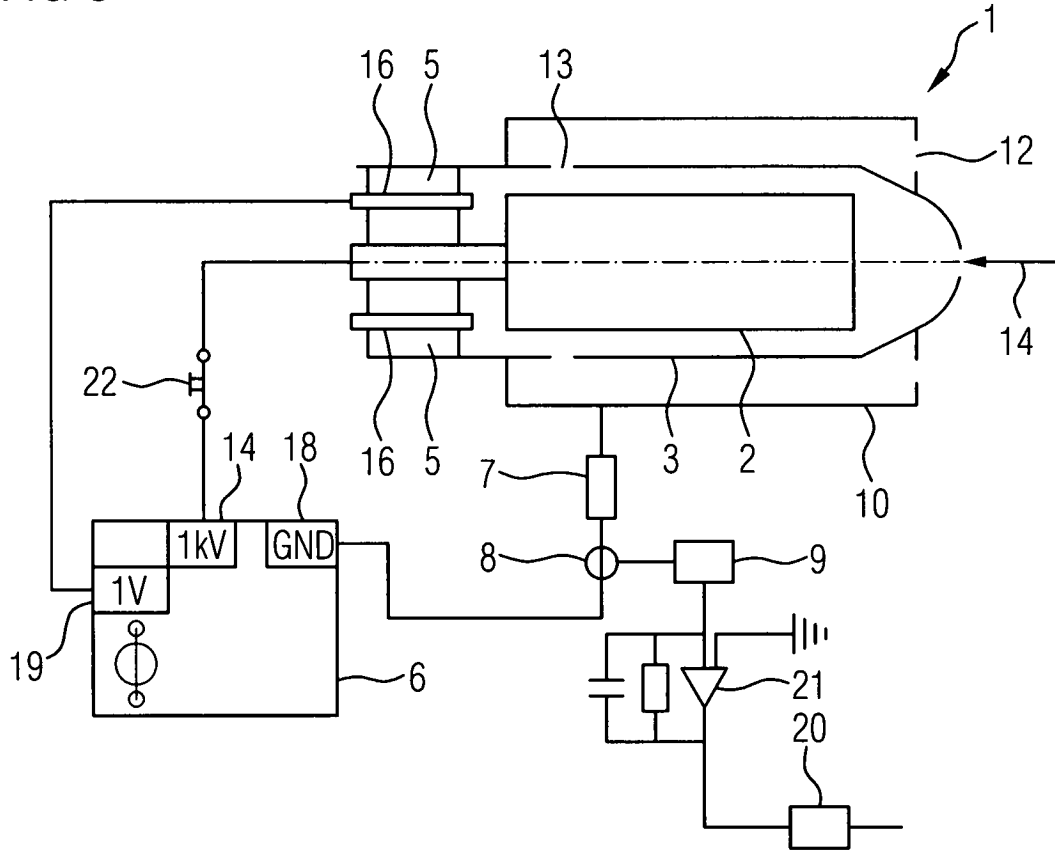


FIG 4

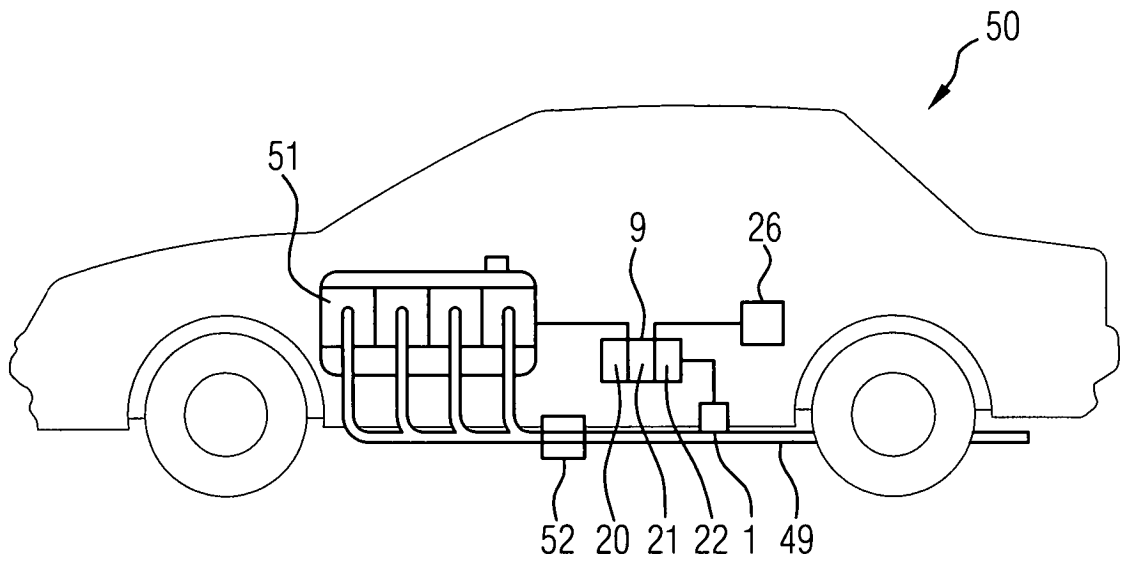


FIG 5

