

(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
26. Mai 2016 (26.05.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/078817 A1

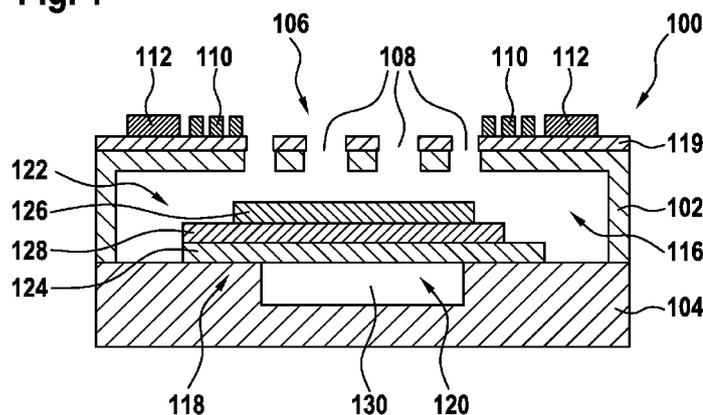
- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G01N 15/06 (2006.01) *G01N 27/407* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2015/072800
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
2. Oktober 2015 (02.10.2015)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
102014223780.7
21. November 2014 (21.11.2014) DE
- (71) **Anmelder:** **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) **Erfinder:** **KUNZ, Denis**; Zeppelinstrasse 32, 74199
Untergruppenbach (DE). **WIDENMEYER, Markus**;
Lachenstr. 14, 71101 Schoenaich (DE). **FUCHS, Tino**;
Goethestr. 28/1, 72076 Tuebingen (DE). **ROELVER,**
Robert; Frankenweg 12, 75365 Calw-Stammheim (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, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** SENSOR FOR ANALYZING AN EXHAUST GAS OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, INTERNAL COMBUSTION ENGINE, AND METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING SUCH A SENSOR

(54) **Bezeichnung :** SENSOR ZUM ANALYSIEREN EINES ABGASES EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE, VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE SOWIE VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM HERSTELLEN EINES SOLCHEN SENSORS

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a sensor (100) for analyzing an exhaust gas of an internal combustion engine (500). For this purpose, the sensor (100) comprises a cover element (102), which has, in a filter region (106), a plurality of pores (108) for filtering particles out of the exhaust gas, a measuring electrode (110) arranged on the cover element (102) for determining a particle concentration in the exhaust gas, a heating element (112) arranged on the cover element (102) for heating the filter region (106) and/or the measuring electrode (110), and a bottom element (104), which has at least one sensor element (118) for determining a gas concentration in the exhaust gas. The sensor element (118) is covered by the cover element (102) in order to prevent an accumulation of the particles on the sensor element (118). The sensor element (118) is fluidically coupled to an outer environment of the sensor (100) by means of the filter region (106).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/078817 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Die Erfindung betrifft einen Sensor (100) zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine (500). Dazu umfasst der Sensor (100) ein Deckelelement (102), das in einem Filterbereich (106) eine Mehrzahl von Poren (108) zum Herausfiltern von Partikeln aus dem Abgas aufweist, eine auf dem Deckelelement (102) angeordnete Messelektrode (110) zum Bestimmen einer Partikelkonzentration in dem Abgas, ein auf dem Deckelelement (102) angeordnetes Heizelement (112) zum Beheizen des Filterbereichs (106) und/oder der Messelektrode (110) sowie ein Bodenelement (104), das zumindest ein Sensorelement (118) zum Bestimmen einer Gaskonzentration in dem Abgas aufweist. Das Sensorelement (118) ist durch das Deckelelement (102) abgedeckt, um eine Anlagerung der Partikel an dem Sensorelement (118) zu verhindern. Hierbei ist das Sensorelement (118) über den Filterbereich (106) fluidisch mit einer Außenumgebung des Sensors (100) gekoppelt.

5 Beschreibung

Titel

10 Sensor zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine,
Verbrennungskraftmaschine sowie Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen
eines solchen Sensors

Stand der Technik

15 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Sensor zum Analysieren eines
Abgases einer Verbrennungskraftmaschine, auf eine
Verbrennungskraftmaschine, auf ein Verfahren zum Herstellen eines Sensors
zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine, auf eine
entsprechende Vorrichtung sowie auf ein entsprechendes Computerprogramm.

20 Mittels einer sogenannten Lambdasonde kann ein Restsauerstoffanteil im Abgas
von Verbrennungsmotoren gemessen und zur Bestimmung eines
Verbrennungsluftverhältnisses verwendet werden. Durch eine Motorsteuerung
kann das Verbrennungsluftverhältnis so eingestellt werden, dass der Anteil von
Schadstoffen im Abgas, etwa von Stickoxiden, möglichst gering ist.

25 Die DE 10 2005 015 103 A1 beschreibt beispielsweise eine Lambdasonde mit
keramischem Sensorelement.

Offenbarung der Erfindung

30 Vor diesem Hintergrund werden mit dem hier vorgestellten Ansatz ein Sensor
zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine, eine
Verbrennungskraftmaschine, ein Verfahren zum Herstellen eines solchen
Sensors, weiterhin eine Vorrichtung, die dieses Verfahren verwendet, sowie
35 schließlich ein entsprechendes Computerprogramm gemäß den

- 2 -

Hauptansprüchen vorgestellt. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den jeweiligen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

5 Der hier vorgeschlagene Ansatz schafft einen Sensor zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Sensor folgende Merkmale aufweist:

10 ein Deckelelement, das in einem Filterbereich eine Mehrzahl von Poren zum Herausfiltern von Partikeln aus dem Abgas aufweist;

15 eine auf dem Deckelelement angeordnete Messelektrode zum Bestimmen einer Partikelkonzentration in dem Abgas;

20 ein auf dem Deckelelement angeordnetes Heizelement zum Beheizen des Filterbereichs und/oder der Messelektrode; und

25 ein Bodenelement, das zumindest ein Sensorelement zum Bestimmen einer Gaskonzentration in dem Abgas aufweist, wobei das Deckelelement das Sensorelement abdeckt, um eine Anlagerung der Partikel an dem Sensorelement zu verhindern, und wobei das Sensorelement über den Filterbereich fluidisch mit einer Außenumgebung des Sensors gekoppelt ist.

30 Unter einem Abgas kann ein bei einem Verbrennungsprozess in der Verbrennungskraftmaschine anfallendes, nicht mehr nutzbares Gasgemisch verstanden werden. Unter einer Verbrennungskraftmaschine kann eine Wärmekraftmaschine wie etwa ein Verbrennungsmotor oder eine Strömungsmaschine verstanden werden. Unter einem Deckelelement und einem Bodenelement kann je eine Lage aus einem hitzbeständigen Material, beispielsweise einem Halbleitermaterial, verstanden werden. Das Deckel- und das Bodenelement können beispielsweise in einem Lagenverbund miteinander kombiniert sein. Unter einer Pore kann eine durchgehende Öffnung in dem Deckelelement verstanden werden. Unter einem Partikel kann ein fester Bestandteil des Abgases wie etwa Ruß oder Staub verstanden werden. Die Messelektrode kann beispielsweise aus einem Draht geformt sein, an dem sich die Partikel aus dem Abgas anlagern können. Die Partikelkonzentration kann

35

beispielsweise durch die Messung einer Widerstandsänderung an der Messelektrode bestimmt werden. Unter einem Heizelement kann eine Heizelektrode, etwa in Form eines Drahts oder Metallstreifens, verstanden werden, die bei Anlegen einer elektrischen Spannung Wärme erzeugt. Das Heizelement kann zur Regenerierung des Filterbereichs und, zusätzlich oder alternativ, zur Regenerierung der Messelektrode dienen. Das Sensorelement kann beispielsweise als Nernstsonde realisiert sein, um die Gaskonzentration, insbesondere eine Sauerstoffkonzentration, in dem Abgas zu bestimmen.

Der hier vorgestellte Ansatz beruht auf der Erkenntnis, dass ein Sensor zum Bestimmen einer Gaskonzentration in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine mit einer Schutzschicht zum Schutz eines Sensorelements des Sensors vor Verschmutzung realisiert werden kann. Dabei kann die Schutzschicht einen gasdurchlässigen, porösen Bereich zur Partikelfilterung aufweisen. Durch eine geeignete Anordnung eines Heizelements und einer Messelektrode auf der Schutzschicht kann die Schutzschicht sowohl als Partikelfilter wie auch als Partikelsensor zur Bestimmung einer Partikelkonzentration in dem Abgas fungieren.

Beispielsweise kann das Sensorelement als Lambdasonde realisiert sein. Gemäß einer Ausführungsform kann der Sensor monolithisch aufgebaut sein, um die Funktionen Lambdasonde, Rußpartikelschutz der Lambdasonde und Rußpartikelsensor miteinander zu verknüpfen. Dadurch lässt sich der Sensor sehr kompakt ausführen. Zudem können dadurch die Herstellungskosten deutlich reduziert werden.

Zum Schutz vor Ruß und Wasserschlag kann die Lambdasonde durch ein Deckelelement in Form einer porösen, beheizbaren Schutzkappe abgedeckt sein. Dabei kann die Schutzkappe als Filterkappe fungieren, um Rußpartikel aus einem jeweiligen Messgas herauszufiltern. Ein in die Schutzkappe integrierter Heizer kann dazu dienen, angelagerte Rußpartikel abzubrennen, um die Filterkappe zu regenerieren.

Beispielsweise kann der Rußpartikelsensor aus interdigitalen Kontaktstrukturen realisiert sein und ausgebildet sein, um in Abhängigkeit von einer

Widerstandsänderung eine Rußbelastung zu detektieren. Vorteilhafterweise kann der Rußpartikelsensor in gleicher Weise wie die Filterkappe mittels des Heizers regeneriert werden.

5 Durch eine Lambdamessung kann ein Restsauerstoffanteil im Abgas eines Verbrennungsmotors gemessen werden und ein entsprechender Messwert mit einer Motorsteuerung rückgekoppelt werden, um Schadstoffe wie Stickoxide im Abgas von Verbrennungsmotoren zu minimieren. Dazu werden in der Regel keramische Lambdasonden verwendet, die beispielsweise in Dickschichttechnik
10 unter Verwendung zirconiumoxidbasierter Keramiken hergestellt werden. Die Abmessungen eines solchen keramischen Sensorelements liegen üblicherweise im Bereich von 5 mm mal 5 mm, mit einer Dicke von ca. 1 mm bis 2 mm.

Um das Sensorelement und periphere elektrische Verbindungen vor Belastungen wie korrosivem Abgas, Rußanlagerungen, hohen Temperaturen und
15 mechanischen Belastungen zu schützen, wird die Sensorfläche typischerweise so groß dimensioniert, etwa im Quadratmillimeterbereich, dass einzelne, lokale Rußablagerungen nicht sofort zum Sensorausfall führen. Des Weiteren kann die Sensorfläche mit einer mehrere Mikrometer dicken porösen Deckschicht
20 versehen sein, die eine Sensorvergiftung durch korrosive Abgasbestandteile verhindert.

Demgegenüber ermöglicht der hier vorgestellte Ansatz die Realisierung eines miniaturisierten Gassensors, etwa eines in mikromechanischen Verfahren und
25 Prozessen herstellbaren mikroelektrochemischen (MECS) Feststoffelektrolyt-Gassensors. Dadurch kann die Größe des Sensorelements deutlich verringert werden, beispielsweise auf ca. 1 mm mal 2 mm mal 1 mm (Breite mal Höhe mal Tiefe). Eine aktive Festkörperelektrolytschicht kann dabei eine Dicke von nur 100 nm bis 1 µm aufweisen.

30 Ein derart verringerter Bauraum bietet einerseits den Vorteil einer schnellen Betriebsbereitschaft von beispielsweise weniger als 3 Sekunden und einer geringen Heizleistung von beispielsweise 100 mW. Andererseits ist es dadurch möglich, mehrere miniaturisierte Sensorelemente mit unterschiedlichen
35 Funktionen im Sensor zu vereinen, etwa zur zusätzlichen Überwachung einer

Stickoxidkonzentration. Da die Aufbau- und Verbindungstechnik in der Abgassensorik einen großen Anteil der Gesamtherstellungskosten ausmacht, bringt eine solche Integration auch einen signifikanten Kostenvorteil mit sich.

5 Gemäß einer Ausführungsform des vorgeschlagenen Ansatzes kann der Filterbereich dem Sensorelement gegenüberliegend angeordnet sein. Dadurch kann die Ankopplung des Sensorelements an ein im Abgas enthaltenes Messgas verbessert werden. Zudem kann der Sensor auf diese Weise besonders kompakt aufgebaut werden.

10

Es ist ferner vorteilhaft, wenn die Messelektrode und, zusätzlich oder alternativ, das Heizelement den Filterbereich zumindest teilweise einrahmt, insbesondere bis auf eine Zugangsöffnung umschließt. Dadurch lässt sich die Messelektrode bzw. das Heizelement möglichst platzsparend auf dem Deckelelement anordnen, d. h., ein Totvolumen über dem Sensorelement kann minimiert werden.

15

Gleichzeitig kann auf diese Weise der Filterbereich bzw. die Messelektrode effizient erhitzt werden. Um eine gleichmäßige und gleichzeitige Erhitzung der Messelektrode und des Filterbereichs durch das Heizelement zu gewährleisten, kann zumindest ein Hauptanteil der Messelektrode zwischen dem Heizelement und dem Filterbereich verlaufen.

20

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Messelektrode als Interdigitalelektrode ausgeführt sein. Unter einer Interdigitalelektrode kann eine Elektrode mit einer fingerförmig ineinandergreifenden Kontaktstruktur verstanden werden. Dadurch kann die Messelektrode mit einer großen Oberfläche bei dennoch geringem Platzbedarf realisiert werden.

25

Des Weiteren ist es von Vorteil, wenn das Deckelelement zumindest im Filterbereich eine Deckelausnehmung aufweist. Dabei kann das Sensorelement der Deckelausnehmung gegenüberliegend angeordnet sein. Unter einer Deckelausnehmung kann eine Vertiefung in dem Deckelelement verstanden werden. Beispielsweise kann die Deckelausnehmung dadurch gebildet sein, dass das Deckelelement im Filterbereich mit einer verringerten Wandstärke ausgeführt wird. Auf diese Weise kann das Deckelelement mit geringem Fertigungsaufwand kappenartig ausgeformt werden. Durch die Deckelausnehmung kann die

30
35

Wärmekapazität und damit die Heizdynamik sowie die benötigte Heizleistung zum Erreichen und Halten einer bestimmten Temperatur minimiert werden. Das Sensorelement kann eine Bodenausnehmung in dem Bodenelement und eine Elektrolytlage aus einer ersten Elektrode, einer zweiten Elektrode und einem
5 zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordneten Elektrolyt umfassen. Die Elektrolytlage kann die Bodenausnehmung abdecken, um eine Kammer zum Aufnehmen eines Referenzgases oder Referenzgasgemischs zu bilden. Das Referenzgas oder Referenzgasgemisch kann als Referenz zur Bestimmung der Gaskonzentration in dem Abgas dienen.
10 Dabei kann die erste Elektrode mit dem Referenzgas oder Referenzgasgemisch und die zweite Elektrode über den Filterbereich mit dem Abgas beaufschlagbar sein. Das Referenzgas oder -gasgemisch kann entweder ein in die Kammer eingeleitetes separates Gas oder Gasgemisch wie etwa Umgebungsluft oder auch eine mittels der Elektrolytlage herstellbare Referenz sein, etwa einer
15 Sauerstoffreferenz zum Bestimmen einer Sauerstoffkonzentration im Abgas. Auf diese Weise kann das Sensorelement kostengünstig und platzsparend als Nernstsonde oder Spannungssprungsonde realisiert werden.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn der Sensor zumindest ein weiteres Heizelement zum Beheizen der Elektrolytlage aufweist. Mittels des weiteren Heizelements kann eine temperaturabhängige Ionendiffusion durch die Elektrolytlage gesteuert werden. Je nach Ausführungsform können das weitere Heizelement und das Heizelement miteinander in Reihe oder parallel geschaltet sein. Dadurch können die Herstellungskosten des Sensors gesenkt werden.
25

Das Deckelelement kann aus einem Halbleitermaterial gefertigt sein. Zusätzlich oder alternativ kann auch das Bodenelement aus dem Halbleitermaterial gefertigt sein. Bei dem Halbleitermaterial kann es sich etwa um Silizium handeln. Dadurch kann der Sensor besonders kostengünstig und kompakt realisiert werden.
30

Ferner schafft der hier vorgestellte Ansatz eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Sensor gemäß einer der hier beschriebenen Ausführungsformen.

Schließlich schafft der vorgeschlagene Ansatz ein Verfahren zum Herstellen eines Sensors zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

5 Bilden eines Verbunds aus einem Bodenelement, das zumindest ein Sensorelement zum Bestimmen einer Gaskonzentration in dem Abgas aufweist, einem Deckelelement, das in einem Filterbereich eine Mehrzahl von Poren zum Herausfiltern von Partikeln aus dem Abgas aufweist, einer Messelektrode zum Bestimmen einer Partikelkonzentration in dem Abgas und einem Heizelement
10 zum Beheizen des Filterbereichs und/oder der Messelektrode, wobei die Messelektrode und das Heizelement auf dem Deckelelement angeordnet werden, wobei das Deckelelement das Sensorelement abdeckt, um eine Anlagerung der Partikel an dem Sensorelement zu verhindern, und wobei das Sensorelement über den Filterbereich fluidisch mit einer Außenumgebung des
15 Sensors gekoppelt wird.

Der hier vorgestellte Ansatz schafft ferner eine Vorrichtung, die ausgebildet ist, um die Schritte einer Variante eines hier vorgestellten Verfahrens in entsprechenden Einrichtungen durchzuführen, anzusteuern bzw. umzusetzen.
20 Auch durch diese Ausführungsvariante der Erfindung in Form einer Vorrichtung kann die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe schnell und effizient gelöst werden.

Unter einer Vorrichtung kann vorliegend ein elektrisches Gerät verstanden
25 werden, das Sensorsignale verarbeitet und in Abhängigkeit davon Steuer- und/oder Datensignale ausgibt. Die Vorrichtung kann eine Schnittstelle aufweisen, die hard- und/oder softwaremäßig ausgebildet sein kann. Bei einer hardwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen beispielsweise Teil eines sogenannten System-ASICs sein, der verschiedenste Funktionen der Vorrichtung
30 beinhaltet. Es ist jedoch auch möglich, dass die Schnittstellen eigene, integrierte Schaltkreise sind oder zumindest teilweise aus diskreten Bauelementen bestehen. Bei einer softwaremäßigen Ausbildung können die Schnittstellen Softwaremodule sein, die beispielsweise auf einem Mikrocontroller neben anderen Softwaremodulen vorhanden sind.

35

Von Vorteil ist auch ein Computerprogrammprodukt oder Computerprogramm mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger oder Speichermedium wie einem Halbleiterspeicher, einem Festplattenspeicher oder einem optischen Speicher gespeichert sein kann und zur Durchführung, Umsetzung und/oder Ansteuerung der Schritte des Verfahrens nach einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen verwendet wird, insbesondere wenn das Programmprodukt oder Programm auf einem Computer oder einer Vorrichtung ausgeführt wird.

5

10

Der hier vorgestellte Ansatz wird nachstehend anhand der beigefügten Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

15

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in der Draufsicht;

20

Fig. 3a, 3b, 3c, 3d schematische Querschnittsdarstellungen eines Deckelelements eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in verschiedenen Herstellungsphasen;

25

Fig. 4 eine schematische Querschnittsdarstellung eines Bodenelements eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

30

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Sensor gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

35

Fig. 6 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 7 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Durchführen eines Herstellungsverfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

35

In der nachfolgenden Beschreibung günstiger Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Figuren dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche oder ähnliche Bezugszeichen verwendet, wobei auf eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente verzichtet wird.

Fig. 1 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines Sensors 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Sensor 100 zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine umfasst ein Deckelement 102 und ein Bodenelement 104, die gemäß diesem Ausführungsbeispiel als Lagen realisiert und in einem Lagenverbund miteinander kombiniert sind. Das Deckelement 102 weist in einem Filterbereich 106 lediglich eine Mehrzahl von Poren 108 auf, die beispielhaft in vier Spalten angeordnet sind und zur Filterung von Partikeln aus dem Abgas dienen. Auf dem Deckelement 102 sind ferner eine Messelektrode 110, hier eine Interdigitalelektrode, sowie ein Heizelement 112 angeordnet. Dabei ist die Messelektrode 110 zwischen dem Heizelement 112 und dem Filterbereich 106 angeordnet. Das Heizelement 112 ist ausgebildet, um die Messelektrode 110 und den Filterbereich 106 zur Reinigung von an der Messelektrode 110 bzw. an den Poren 108 anlagernden Partikeln zu erhitzen. Die Messelektrode 110 ist ausgebildet, um eine Partikelkonzentration in dem Abgas zu bestimmen.

Das Deckelement 102 weist auf einer von dem Heizelement 112 und der Messelektrode 110 abgewandten Seite eine Deckelausnehmung 116 auf, die sich in Fig. 1 beispielhaft im Bereich des Heizelements 112, der Messelektrode 110 und der Poren 108 erstreckt. Das Deckelement 102 ist derart mit dem Bodenelement 104 verbunden, dass das Bodenelement 104 die Deckelausnehmung 122 fluiddicht abdeckt. Über die Poren 108 ist die Deckelausnehmung 122 fluidisch mit einer Außenumgebung des Sensors 100 gekoppelt.

Das Bodenelement 104 umfasst ein Sensorelement 118, das der Deckelausnehmung 122 gegenüberliegend angeordnet ist und von dem Deckelement 102 umschlossen wird. Das Sensorelement 118 kann über die

Poren 108 mit dem Abgas beaufschlagt werden, um die Konzentration eines Gases, etwa von Sauerstoff, in dem Abgas zu bestimmen.

5 Gemäß Fig. 1 ist das Bodenelement 104 als Sensorwafer und das Deckelelement 102 als Kappenwafer aus einem Halbleitermaterial, beispielsweise Silizium, gefertigt, wobei das Bodenelement 104 und das Deckelelement 102 über Waferbonding miteinander verbunden sein können. Dabei dient eine optionale Isolationsschicht 119 auf dem Deckelelement 102 zur elektrischen Isolierung des Heizelements 112 und der Messelektrode 110 vom
10 Deckelelement 102.

Wird der Sensor 100 mit dem Abgas angeströmt, so haften die in dem Abgas enthaltenen Partikel wie Ruß- oder Staubpartikel zum einen an der Messelektrode 110 an. Die Partikelkonzentration im Abgas kann nun anhand
15 einer Widerstandsänderung der Messelektrode 110, die von der an der Messelektrode 110 anhaftenden Partikelmenge abhängig ist, bestimmt werden. Zum anderen strömt das Abgas durch die Poren 108 in einen von der Deckelausnehmung 116 und dem Bodenelement 104 begrenzten Hohlraum des Sensors 100, in dem das Sensorelement 118 angeordnet ist. Dabei bleibt
20 zumindest ein Hauptanteil der im Abgas enthaltenen Partikel an den Poren 108 hängen. Somit wird das Sensorelement 118 mit einem partikelfreien oder zumindest partikelarmen Abgas beaufschlagt.

Gemäß dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Sensorelement 118
25 als Nernstsonde ausgeführt. Dazu weist das Bodenelement 104 eine Bodenausnehmung 120 auf, die von einer Elektrolytlage 122 abgedeckt ist. Bei der Elektrolytlage 122 handelt es sich beispielsweise um einen Lagenverbund aus einer ersten Elektrode 124, einer zweiten Elektrode 126 sowie einem zwischen den Elektroden 124, 126 angeordneten Elektrolyt 128, insbesondere
30 einem Festelektrolyt wie etwa einer Yttrium-dotierten Zirkoniumdioxid-Membran (YSZ). Die Elektroden 124, 126 sind beispielsweise als Platinelektroden realisiert. Beispielhaft ist die Bodenausnehmung 120 in Fig. 1 dem Filterbereich 106 gegenüberliegend angeordnet.

Die Bodenausnehmung 120 bildet zusammen mit der Elektrolytlage 122 eine Kammer 130 aus, die beispielsweise mit einem Referenzgas oder Referenzgasgemisch gefüllt ist, nachfolgend kurz Referenz genannt. Dabei ist die erste Elektrode 124 mit der Referenz und die zweite Elektrode 126 über die Poren 108 mit dem Abgas beaufschlagbar. Aufgrund eines Konzentrations- oder Partialdruckunterschieds zwischen der Kammer 130 und dem in die Deckelausnehmung 116 eingeleiteten Abgas kommt es ab einer bestimmten Temperatur der Elektrolytlage 122 zu einer Ionendiffusion durch die Elektrolage 122. Dabei wandern Ionen von der hohen Konzentration zur niedrigen Konzentration. Eine zwischen den Elektroden 124, 126 anliegende Spannung kann nun gemessen werden, um die Konzentration des Gases in dem Abgas zu bestimmen.

Alternativ fungiert die Kammer 130 als Pumpzelle, um die Referenz bereitzustellen, wie nachfolgend anhand von Fig. 4 näher erläutert.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dient der Sensor 100 zur Messung eines Lambdawerts und einer Rußpartikelbelastung im Abgas von Verbrennungsmotoren. Dazu umfasst der Sensor 100 ein mikroelektrochemisches Sensorelement 118 mit einem beheizbaren Kappenwafer als Deckelelement 102, auch Schutzkappe oder Filterkappe genannt, und eine interdigitale Kontaktstruktur als Messelektrode 110, englisch interdigitated electrodes oder kurz IDE genannt.

Eine solche Schutzkappe 102 schützt das mikroelektrochemische Sensorelement 118 einerseits vor Rußablagerungen durch Thermophorese und aktive Filterung größerer Partikel. Im Filterbereich 106 abgelagerte Partikel werden im Betrieb durch aktives Heizen auf oberhalb von 800 °C abgebrannt und verhindern so die Verstopfung des Filterbereichs 106. Der zusätzliche Schutz vor Partikelablagerung durch Thermophorese wird ebenfalls durch aktives Heizen gewährleistet, solange die Filterkappentemperatur oberhalb der unmittelbaren Umgebungstemperatur liegt.

Andererseits ist es durch die Integration der IDE-Struktur 110 möglich, die Belastung durch Rußpartikel im Abgas zu messen, da eine zunehmende

Rußpartikelanlagerung zu einer elektrischen Widerstandsänderung zwischen den IDE-Kontakten führt. Diese Messgröße wird beispielsweise als eigenständiges Sensorsignal ausgegeben. Wird ein bestimmter Schwellenwert für den Widerstand zwischen den im unbelasteten Fall voneinander isolierten IDE-Kontakten unterschritten, so wird ein Heizprozess zum Freibrennen der mikroelektrochemischen Schutzkappe 102 und der IDE-Kontakte über eine als Hezelement 112 fungierende Heizerstruktur ausgelöst. Die Anzahl der ausgelösten Freibrennprozesse ist proportional zur Rußbelastung und kann zur Steuerung und Diagnose eines Abgasnachbehandlungssystems genutzt werden.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines anhand von Fig. 1 beschriebenen Sensors 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in der Draufsicht.

Der Sensor 100 weist den mittels des Hezelements 112 beheizbaren, porösen Kappenwafer 102 und die als interdigitale Kontaktstruktur realisierte Messelektrode 110 auf. Ein hier nicht gezeigtes weiteres Hezelement dient als Sensor-Membranheizung zum Beheizen der Elektrolytlage. Das weitere Hezelement und das Hezelement 112, hier ein Platin-Kappenheizer, sind über Heizdurchkontakte 200 miteinander verbunden, hier über Silizium-Durchkontakte, englisch through-silicon vias (TSV). Dadurch kann die Zahl der benötigten elektrischen Anschlüsse zum Sensorelement minimiert werden. Die IDE-Kontakte der Messelektrode 110 sind über entsprechende Messdurchkontakte 201 mit dem Bodenelement 104, auch MECS-Sensorebene genannt, verbunden. Beispielhaft weist das Bodenelement 104 in Fig. 2 eine deutlich größere Grundfläche als das Deckelelement 102 auf.

Der Filterbereich 106 weist beispielhaft zwölf gasdurchlässige Poren 108 auf, die in vier Spalten und drei Reihen angeordnet sind. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel verläuft die Messelektrode 110 an drei einander angrenzenden Seiten des Filterbereichs 106. Die interdigitale Kontaktstruktur der Messelektrode 110 ist schematisch durch drei nebeneinander verlaufende Drähte angedeutet. Dabei bildet das Hezelement 112 einen bis auf eine Zugangsöffnung 202 fast vollständig geschlossenen Rahmen um die Messelektrode 110 und den Filterbereich 106.

In Fig. 2 ist ferner eine mögliche Kontaktbelegung von Anschlusskontakten des Bodenelements 104 gezeigt. Dabei dient ein Rückkontakt 204 zur Kontaktierung eines Masseanschlusses des Sensorelements, ein erster Heizerkontakt 206 zur Kontaktierung eines gemeinsamen Versorgungsspannungsanschlusses der beiden Heizelemente, ein Vorderseitenkontakt 208 zur Kontaktierung eines Signalausgangs des Sensorelements, ein zweiter Heizerkontakt 210 zur Kontaktierung eines gemeinsamen Masseanschlusses der beiden Heizelemente, ein erster IDE-Kontakt 212 zur Kontaktierung eines Versorgungsspannungsanschlusses der Messelektrode 110 und ein zweiter IDE-Kontakt 214 zur Kontaktierung eines Masseanschlusses der Messelektrode 110.

Das Bodenelement 104 ist beispielsweise als Sensorwafer mit zwei Platinebenen als Elektroden, einer YSZ-Membran als Elektrodenlage (YSZ = yttria-stabilized zirconia; „mit Yttriumoxid stabilisiertes Zirkondioxid“) und vier Kontaktpads zur elektrischen Kontaktierung des Sensors 100 ausgeführt.

Die Figuren 3a bis 3d zeigen Querschnittsdarstellungen eines Deckelelements 102 eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in verschiedenen Herstellungsphasen. Bei dem Deckelelement 102 handelt es sich beispielsweise um ein anhand der Figuren 1 und 2 beschriebenes Deckelelement. Die Figuren 3a bis 3d zeigen einen möglichen Prozessfluss zur Herstellung eines porösen, beheizbaren Deckelelements 102 in Form einer Schutzkappe mit einer Messelektrode 110 mit interdigitaler Kontaktstruktur zur Messung einer Rußbelastung für einen mikroelektrochemischen Sensor.

In einem in Fig. 3a gezeigten ersten Herstellungsschritt des Deckelelements 102 wird zunächst ein Siliziumwafer bereitgestellt.

In einem in Fig. 3b gezeigten weiteren Herstellungsschritt erfolgt das Aufbringen der Isolationsschicht 119, eines Platinheizers als Heizelement 112 und der Messelektrode 110 mit einer interdigitalen Kontaktstruktur, auch IDE-Struktur genannt, auf den Siliziumwafer des Deckelelements 102.

In einem nächsten Schritt, der in Fig. 3c dargestellt ist, wird das Deckelement 102 im Filterbereich 106 kappenförmig ausgedünnt, um die Deckelausnehmung 116 zu erhalten.

5 Schließllich werden die Poren 108 zur Filterung der Partikel erzeugt, wie aus Fig. 3c ersichtlich.

Der derart hergestellte Kappenwafer 102 kann nun über Waferbonding mit einem Sensorwafer als Bodenelement verbunden werden, um den anhand der Figuren 10 1 und 2 beschriebenen Sensor zu erhalten.

Eine Sensorfläche des Sensorelements, d. h. eine aktive Elektrodenfläche, ist beispielsweise zwischen zehn und mehreren Hundert Mikrometern groß. Daher ist es wichtig, jegliche Ablagerung gasblockierender Feststoffen auf der 15 Sensorfläche zu verhindern, etwa mithilfe einer porösen Schutzkappe aus Silizium, wie sie in Fig. 3d gezeigt ist.

Das Heizelement 112 und die Messelektrode 110 sollten abgas- und temperaturresistent sein und können deshalb aus Platin, einer Platin-Rhodium-Legierung oder Gold gefertigt sein. Wie bereits ausgeführt, kann der Sensor mit 20 einer elektrischen Isolationsschicht 119 zur elektrischen Isolation von Heizelement 112 und Messelektrode 110 vom halbleitenden Siliziumsubstrat, d. h. vom Deckelement 102, ausgeführt sein. Die Isolationsschicht 119 wird etwa durch thermische Oxidation oder PECVD-Abscheidung (plasma-enhanced 25 chemical vapour deposition; „plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung“) von Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid erzeugt. Zur Abscheidung einer Metallschicht eignen sich Verfahren wie beispielsweise Sputtern oder Atomlagenabscheidung (englisch atomic layer deposition, kurz ALD). Zur Strukturdefinition können Schattenmasken oder lithografische 30 Verfahren verwendet werden.

Alternativ zu den genannten Abscheide- und Strukturierungsmethoden ist es möglich, die Heizerstrukturen des Heizelements 112 über Siebdruck edelmetallhaltiger Pasten auf dem Kappenwafer 102 zu erzeugen. Um die 35 notwendige Heizleistung zum Erreichen der notwendigen Rußabbrandtemperatur

von mindestens 800 °C gering zu halten, den Aufwand zur Erzeugung der gasdurchlässigen Poren 108 zu minimieren und die abschließende Verbindung von Kappenwafer 102 und Sensorelement zu ermöglichen, kann der Kappenwafer 102 im Bereich einer beheizbaren und gasdurchlässigen Fläche ausgedünnt werden.

Nachfolgend auf das Ausdünnen werden die Poren 108 geätzt, um den Kappenwafer 102 gasdurchlässig zu machen und eine gewisse Partikelfilterwirkung zu erreichen. Die Poren 108 werden beispielsweise durch reaktives Ionentiefenätzen (englisch deep reactive ion etching, kurz DRIE) oder nasschemisches KOH-Ätzen von vorher, etwa lithografisch, definierten Poren erzeugt. Alternativ können die Poren 108 durch Laserbohren erzeugt werden.

Nach Fertigstellung des Kappenwafers 102 wird dieser über ein geeignetes Bondverfahren mit dem Sensorwafer verbunden. Für langzeit- und temperaturstabile Wafer-Wafer-Verbindungen eignet sich beispielsweise anodisches Silizium-Silizium-Bonden. Um die Verschaltung der Kappenwafer-Heizelektrode 112 mit dem restlichen Sensorelement zu vereinfachen und den Einsatz von Bonddrähten zu vermeiden, kann die Kappenwafer-Heizelektrode 112 alternativ zum klassischen Drahtbonden über Siliziumdurchkontakte mit einer Metallschichtebene auf dem Sensorwafer verbunden werden.

Falls trotz aktiver Heizung des porösen Kappenwafers 102 eine partielle Porenverstopfung über die Lebensdauer nicht ausgeschlossen werden kann, ist es möglich, die beheizte, poröse Fläche des Kappenwafers 102 so zu vergrößern, dass bis zum Ende der Lebensdauer eine ausreichende Gasdurchlässigkeit gewährleistet ist. Eine maximale Kappengröße kann von den Anforderungen an eine Sensordynamik und einer bezüglich der Herstellungskosten und der Aufbau- und Verbindungstechnik maximal vertretbaren Chipfläche des Sensorelements abhängen.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden die Kontakte für Kappenwaferheizung und Sensorheizung chipseitig miteinander verbunden. Dadurch kann die Zahl der Sensorkontakte durch den beheizten

Kappenwaferfilter und damit die Zahl kostenintensiver Kabelverbindungen nach außen klein gehalten werden.

5 Je nach Ausführungsform kann die Verbindung von Sensor- und Kappenheizer in Serien- oder in Parallelverschaltung ausgeführt sein. Die Kontakte für die Messelektrode 110 können ebenfalls über Siliziumdurchkontakte mit der MECS-Sensorebene 104 verbunden sein. Ein Abstand innerhalb der interdigitalen Struktur der Messelektrode 110 sollte möglichst gering gewählt werden, um eine hohe Sensitivität bei niedriger Versorgungsspannung zu gewährleisten.

10 Zur Integration von Rußpartikelschutzfunktion und Rußpartikelmessung ist die Fläche der Schutzkappe 102 in einen porösen Filterbereich 106 und einen unstrukturierten Bereich mit ebener Oberfläche aufgeteilt. Der Filterbereich 106 ist beispielsweise direkt über dem Sensorelement angeordnet. Auf dem unstrukturierten Bereich ist die Messelektrode 110 angeordnet. Um das Totvolumen über dem Sensorelement, etwa einem MECS-Chip, klein zu halten, kann die Messelektrode 110 ring- oder rahmenförmig um den Filterbereich 106 angeordnet sein.

20 Fig. 4 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines Bodenelements 104 eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Bodenelement 104, das als Trägersubstrat die Grundstruktur eines vorangehend beschriebenen Sensorelements bildet, entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 gezeigten Bodenelement, mit dem Unterschied, dass die erste Elektrode 124 nicht, wie in Fig. 1 schematisch gezeigt, auf dem Bodenelement 104 aufliegt, um die Bodenausnehmung 120 abzudecken, sondern derart in das Bodenelement 104 integriert ist, dass die erste Elektrode 124 die Kammer 130 bis auf eine Bodenfläche vollständig auskleidet. Zudem weist die Kaverne 130 einen sich in Richtung der Elektrolytlage 122 verjüngenden Querschnitt auf.

35 Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist die Kammer 130 als Pumpzelle realisiert, um mittels des als Festkörperelektrolytmembran realisierten Elektrolyten 128 Sauerstoff durch die Elektrolytlage 122 zu pumpen. Je nach Richtung der an den beiden Elektroden 124, 126 anliegenden Spannung kann Sauerstoff in die

Kammer 130 hinein- oder aus der Kammer 130 herausgepumpt werden. Eine Pumprichtung ist beispielhaft mit einem Pfeil gezeigt.

5 Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Verbrennungskraftmaschine 500 mit einem vorangehend beschriebenen Sensor 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Sensor 100 dient zur Bestimmung einer Konzentration eines Gases sowie von Partikeln in einem Abgas der Verbrennungskraftmaschine 500. Dazu ist der Sensor 100 beispielsweise in einem Abgasrohr der Verbrennungskraftmaschine 500 angeordnet. Ferner ist der Sensor 100 ausgebildet, um entsprechende Messsignale 501 an ein Steuergerät 502 zur Steuerung der Verbrennungskraftmaschine 500 zu übertragen. Das Steuergerät 502 kann ausgebildet sein, um unter Verwendung der Messsignale 501 ein Verbrennungsluftverhältnis der Verbrennungskraftmaschine 500, auch Lambdawert genannt, derart einzustellen, dass ein Schadstoffausstoß durch die Verbrennungskraftmaschine 500 minimiert wird.

20 Fig. 6 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens 600 zum Herstellen eines Sensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren 600 umfasst einen Schritt 602, in dem aus einem Bodenelement, einem Deckelelement, einer Messelektrode und einem Heizelement ein Verbund gebildet wird. Dabei weist das Bodenelement ein Sensorelement zum Bestimmen einer Gaskonzentration in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine auf. Das Deckelelement weist in einem Filterbereich eine Mehrzahl von Poren auf, die dazu dienen, Partikel aus dem Abgas herauszufiltern. Im Schritt 602 wird das Deckelelement mit dem Bodenelement derart verbunden, dass das Sensorelement von dem Deckelelement abgedeckt wird. Auf diese Weise wird eine Anlagerung der Partikel an dem Sensorelement verhindert. Über die Poren im Filterbereich ist das Sensorelement fluidisch mit einer Außenumgebung des Sensors gekoppelt. Ferner werden im Schritt 602 die Messelektrode und das Heizelement auf dem Deckelelement angeordnet, wobei die Messelektrode ausgebildet ist, um eine Konzentration der Partikel in dem Abgas zu bestimmen. Je nach Ausführungsform ist das Heizelement ausgebildet, um entweder den Filterbereich oder die Messelektrode oder sowohl den Filterbereich als auch die

35 Messelektrode zur Regenerierung zu beheizen.

In einem optionalen Verfahrensschritt, der dem Schritt 602 zeitlich vorangeht, können je nach Ausführungsform das Deckelement, die Messelektrode, das Heizelement oder das Bodenelement bereitgestellt werden. Entsprechend kann
5 im Schritt 602 der Verbund entweder aus dem Bodenelement, dem Deckelement, der Messelektrode und dem Heizelement oder aus dem Bodenelement durch Aufbringen des Deckelements, der Messelektrode und des Heizelements oder aus dem Bodenelement und dem Deckelement durch
10 Aufbringen der Messelektrode und des Heizelements oder aus dem Bodenelement, dem Deckelement und der Messelektrode durch Aufbringen des Heizelements oder aus dem Bodenelement, dem Deckelement und dem Heizelement durch Aufbringen der Messelektrode gebildet werden.

Fig. 7 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung 700 zum Durchführen eines
15 Herstellungsverfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Vorrichtung 700 zum Herstellen eines Sensors zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine ist beispielsweise ausgebildet, um ein Verfahren gemäß Fig. 6 durchzuführen. Dazu umfasst die Vorrichtung 700 eine Einheit 702, die ausgebildet ist, um einen anhand von Fig. 6
20 beschriebenen Verfahrensschritt 602 des Bildens eines Verbunds durchzuführen.

Die beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele sind nur beispielhaft gewählt. Unterschiedliche Ausführungsbeispiele können vollständig oder in Bezug auf einzelne Merkmale miteinander kombiniert werden. Auch kann
25 ein Ausführungsbeispiel durch Merkmale eines weiteren Ausführungsbeispiels ergänzt werden.

Ferner können die hier vorgestellten Verfahrensschritte wiederholt sowie in einer anderen als in der beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden.

30 Umfasst ein Ausführungsbeispiel eine „und/oder“-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsbeispiel gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform
35 entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

5 Ansprüche

1. Sensor (100) zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine (500), wobei der Sensor (100) folgende Merkmale aufweist:
 - 10 ein Deckelelement (102), das in einem Filterbereich (106) eine Mehrzahl von Poren (108) zum Herausfiltern von Partikeln aus dem Abgas aufweist;
 - 15 eine auf dem Deckelelement (102) angeordnete Messelektrode (110) zum Bestimmen einer Partikelkonzentration in dem Abgas;
 - ein auf dem Deckelelement (102) angeordnetes Heizelement (112) zum Beheizen des Filterbereichs (106) und/oder der Messelektrode (110);
 - 20 und
 - ein Bodenelement (104), das zumindest ein Sensorelement (118) zum Bestimmen einer Gaskonzentration in dem Abgas aufweist, wobei das Deckelelement (102) das Sensorelement (118) abdeckt, um eine
 - 25 Anlagerung der Partikel an dem Sensorelement (118) zu verhindern, und wobei das Sensorelement (118) über den Filterbereich (106) fluidisch mit einer Außenumgebung des Sensors (100) gekoppelt ist.
2. Sensor (100) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Filterbereich (106) dem Sensorelement (118) gegenüberliegend
- 30 angeordnet ist.
3. Sensor (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messelektrode (110) und/oder das

Heizelement (112) den Filterbereich (106) zumindest teilweise einrahmt, insbesondere bis auf eine Zugangsöffnung (202) umschließt.

- 5
4. Sensor (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messelektrode (110) als Interdigitalelektrode ausgeführt ist.
- 10
5. Sensor (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Deckelelement (102) zumindest im Filterbereich (106) eine Deckelausnehmung (116) aufweist, wobei das Sensorelement (118) der Deckelausnehmung (116) gegenüberliegend angeordnet ist.
- 15
6. Sensor (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Sensorelement (118) eine Bodenausnehmung (120) in dem Bodenelement (104) und eine Elektrolytlage (122) aus einer ersten Elektrode (124), einer zweiten Elektrode (126) und einem zwischen der ersten Elektrode (124) und der zweiten Elektrode (126) angeordneten Elektrolyt (128) umfasst, wobei die Elektrolytlage (122) die Bodenausnehmung (120) abdeckt, um eine Kammer (130) zum Aufnehmen eines Referenzgases oder Referenzgasgemischs zu bilden, wobei die erste Elektrode (124) mit dem Referenzgas oder Referenzgasgemisch und die zweite Elektrode (126) über den Filterbereich (106) mit dem Abgas beaufschlagbar ist.
- 20
- 25
7. Sensor (100) gemäß Anspruch 6, **gekennzeichnet durch** ein weiteres Heizelement zum Beheizen der Elektrolytlage (122), insbesondere wobei das weitere Heizelement und das Heizelement (112) miteinander in Reihe und/oder parallel geschaltet sind.
- 30
8. Sensor (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Deckelelement (102) und/oder das Bodenelement (104) aus einem Halbleitermaterial gefertigt ist.

9. Verbrennungskraftmaschine (500) mit einem Sensor (100) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche.
10. Verfahren (600) zum Herstellen eines Sensors (100) zum Analysieren eines Abgases einer Verbrennungskraftmaschine (500), wobei das Verfahren (600) folgenden Schritt umfasst:
- 5
- 10 Bilden (602) eines Verbunds aus einem Bodenelement (104), das zumindest ein Sensorelement (118) zum Bestimmen einer Gaskonzentration in dem Abgas aufweist, einem Deckelelement (102), das in einem Filterbereich (106) eine Mehrzahl von Poren (108) zum Herausfiltern von Partikeln aus dem Abgas aufweist, einer Messelektrode (110) zum Bestimmen einer Partikelkonzentration in dem Abgas und einem Heizelement (112) zum Beheizen des Filterbereichs (106) und/oder der Messelektrode (110), wobei die Messelektrode (110) und das Heizelement (112) auf dem Deckelelement (102) angeordnet werden, wobei das Deckelelement (102) das Sensorelement (118) abdeckt, um eine Anlagerung der Partikel an dem Sensorelement (118) zu verhindern, und wobei das Sensorelement (118) über den Filterbereich (106) fluidisch mit einer Außenumgebung des Sensors (100) gekoppelt wird.
- 15
- 20
11. Vorrichtung (700), die ausgebildet ist, um alle Schritte eines Verfahrens (600) gemäß Anspruch 10 durchzuführen.
- 25
12. Computerprogramm, das dazu eingerichtet ist, alle Schritte eines Verfahrens (600) gemäß einem der vorangegangenen Ansprüche durchzuführen.
- 30
13. Maschinenlesbares Speichermedium mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm nach Anspruch 12.

Fig. 1

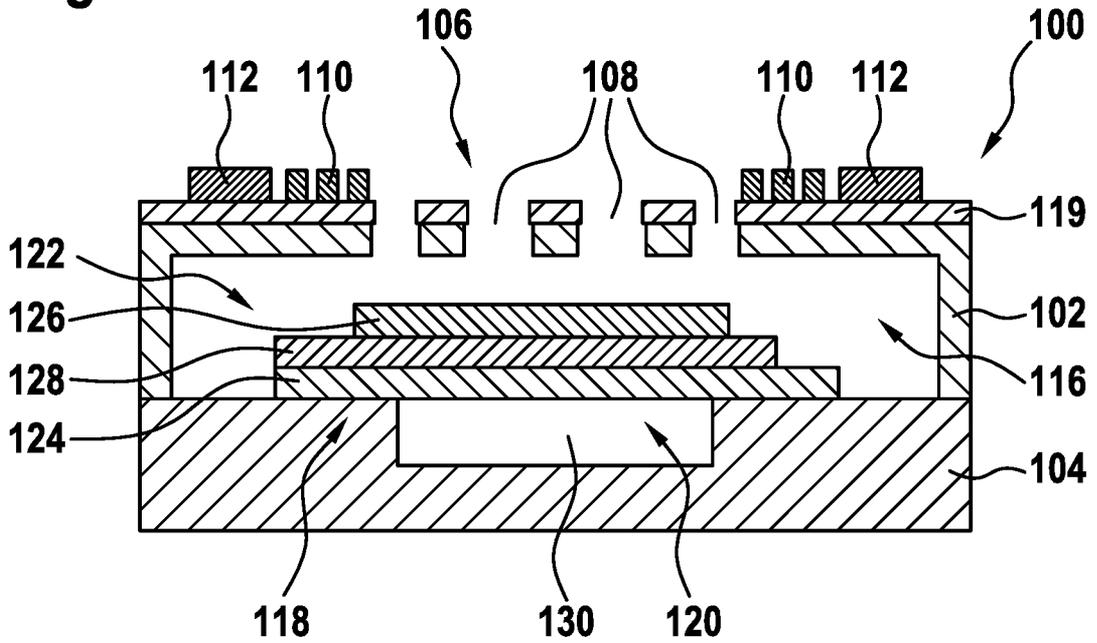


Fig. 2

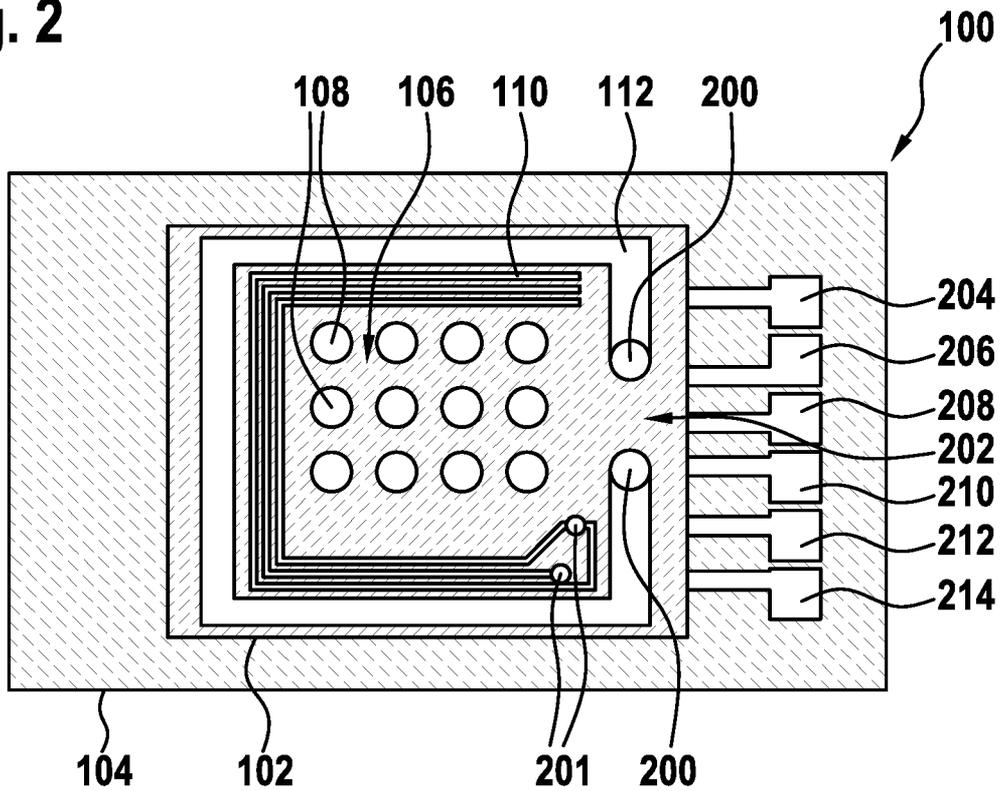


Fig. 3a

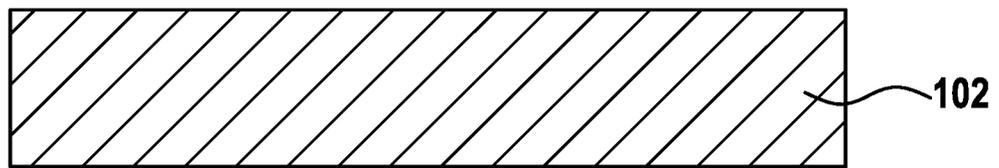


Fig. 3b

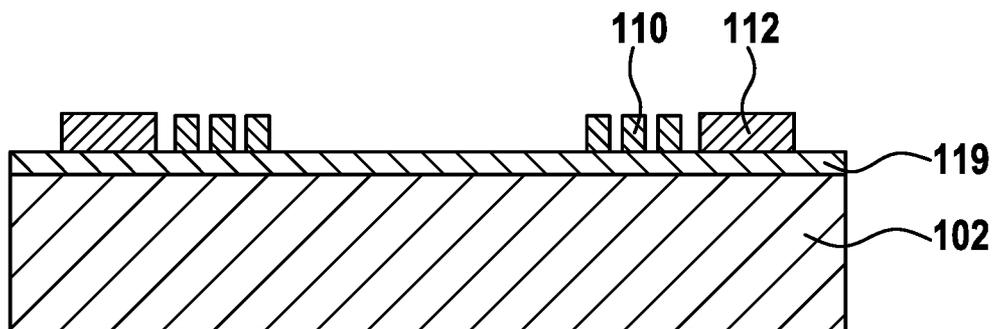


Fig. 3c

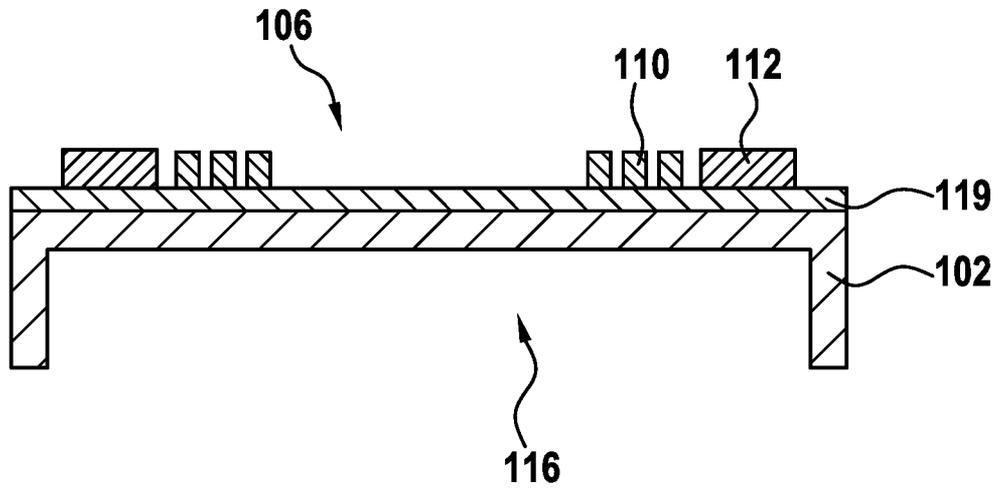


Fig. 3d

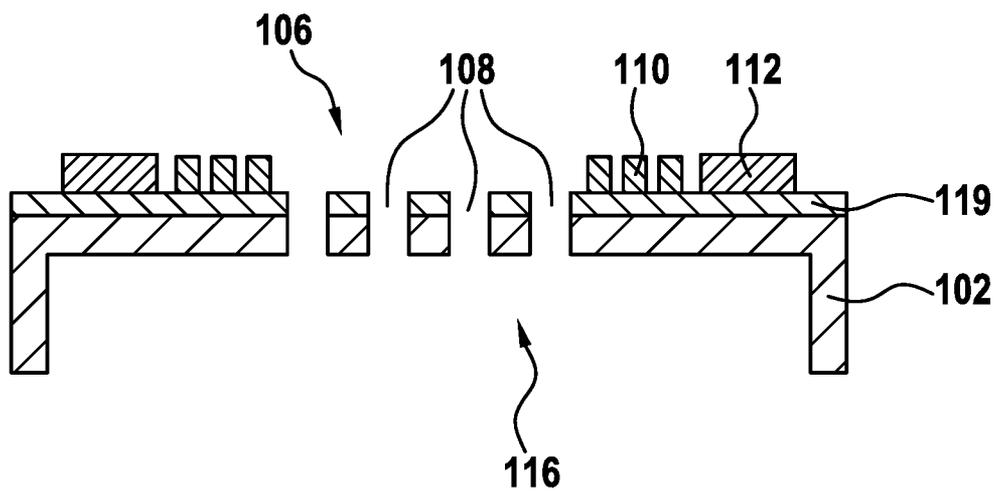


Fig. 4

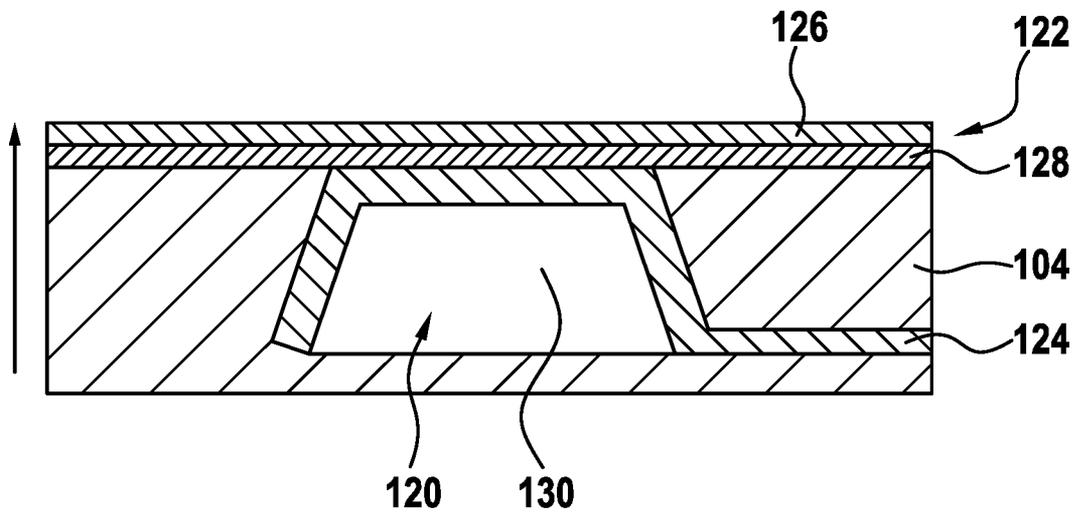


Fig. 5

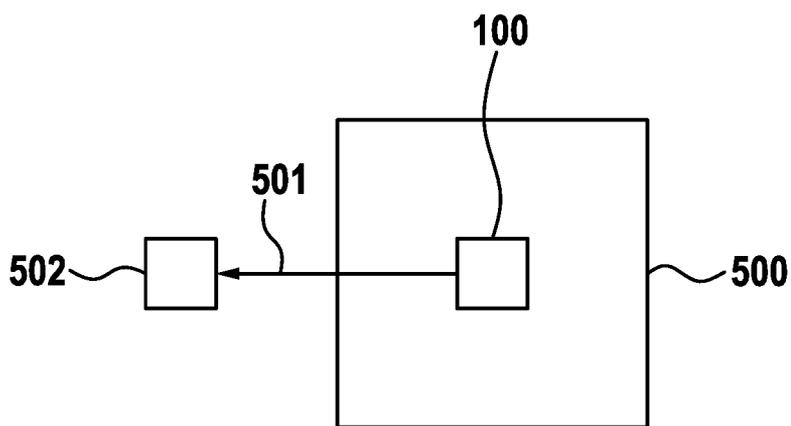


Fig. 6

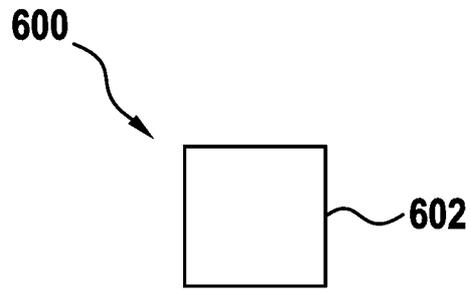
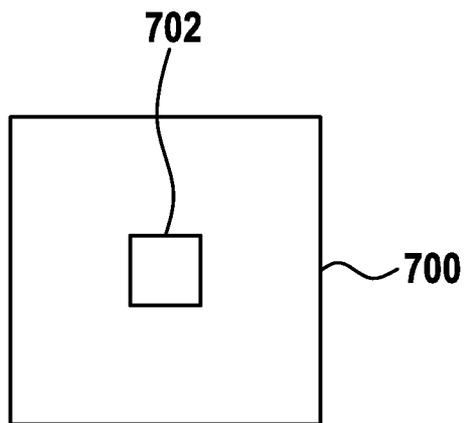


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/072800

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01N15/06 G01N27/407
 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
 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 013542 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 13 September 2012 (2012-09-13) abstract figure 1 paragraphs [0019] - [0022]	1-3,5-11
X	US 2014/034495 A1 (GRASS PHILIPPE [FR]) 6 February 2014 (2014-02-06) abstract figure 1 paragraphs [0025] - [0035]	1,3,4,8-13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

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 14 January 2016	Date of mailing of the international search report 26/01/2016
---	---

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/072800

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011013542 A1	13-09-2012	DE 102011013542 A1	13-09-2012
		WO 2012120063 A1	13-09-2012

US 2014034495 A1	06-02-2014	DE 102011016490 A1	11-10-2012
		DE 112012001629 A5	16-01-2014
		US 2014034495 A1	06-02-2014
		WO 2012136753 A1	11-10-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/072800

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N15/06 G01N27/407 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N		
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 013542 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 13. September 2012 (2012-09-13) Zusammenfassung Abbildung 1 Absätze [0019] - [0022]	1-3,5-11
X	US 2014/034495 A1 (GRASS PHILIPPE [FR]) 6. Februar 2014 (2014-02-06) Zusammenfassung Abbildung 1 Absätze [0025] - [0035]	1,3,4, 8-13
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen 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
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"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)		"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
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 14. Januar 2016		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 26/01/2016
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Seifter, Achim

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/072800

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011013542 A1	13-09-2012	DE 102011013542 A1	13-09-2012
		WO 2012120063 A1	13-09-2012

US 2014034495 A1	06-02-2014	DE 102011016490 A1	11-10-2012
		DE 112012001629 A5	16-01-2014
		US 2014034495 A1	06-02-2014
		WO 2012136753 A1	11-10-2012
