

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Januar 2012 (19.01.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2012/007200 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 27/419 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP201 1/057750
- (22) Internationales Anmeldedatum:
13. Mai 2011 (13.05.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2010 031 299.1 13. Juli 2010 (13.07.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/ Anmelder (nur für US): DIEHL, Lothar [DE/DE]; Panoramastr. 73/2, 70839 Gerlingen (DE). SCHICHLIN, Helge [DE/DE]; Reinsburgstr. 130, 70197 Stuttgart (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: APPARATUS FOR DETERMINING A PROPERTY OF A GAS IN A MEASUREMENT GAS SPACE

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG EINER EIGENSCHAFT EINES GASES IN EINEM MESSGAS- RAUM

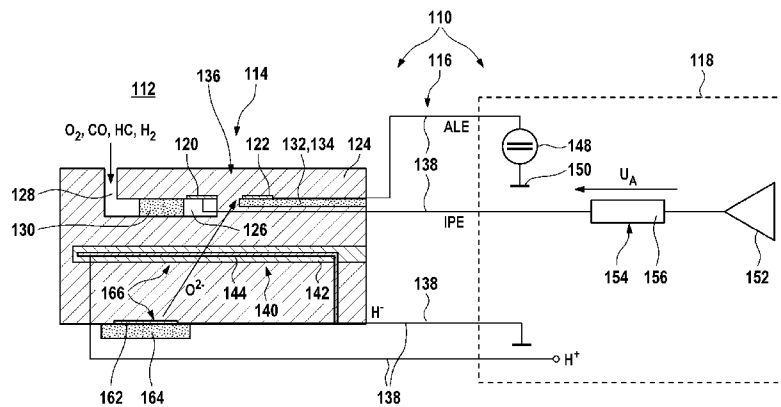


FIG. 2A

(57) Abstract: An apparatus (110) for determining at least one property of a gas in a measurement gas space (112) is proposed, in particular for recording a proportion of at least one gas component. The apparatus (110) comprises at least one sensor element (114) and at least one control means (118). The sensor element (114) has at least one pump cell (136) with at least one first electrode (120) and at least one second electrode (122) as well as at least one solid electrolyte (124) which connects the first electrode (120) and the second electrode (122). Gas from the measurement gas space (112) can be applied to the first electrode (120). The second electrode (122) is arranged in at least one reference gas space (132), in particular a reference gas Channel (134). The sensor element (114) also has at least one third electrode (162) which forms an auxiliary pump cell (166) with the second electrode (122). The control means (118) is set up in such a manner that the second electrode (122) is connected to a Virtual earth (148). The control means (118) is also set up to apply a pump voltage to the pump cell (136) and to record a pump current at the first electrode (120).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/007200 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz V)

Es wird eine Vorrichtung (110) zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum (112) vorgeschlagen, insbesondere zur Erfassung eines Anteils mindestens einer Gaskomponente. Die Vorrichtung (110) umfasst mindestens ein Sensorelement (114) und mindestens eine Ansteuerung (118). Das Sensorelement (114) weist mindestens eine Pumpzelle (136) mit mindestens einer ersten Elektrode (120) und mindestens einer zweiten Elektrode (122) sowie mindestens einem die erste Elektrode (120) und die zweite Elektrode (122) verbindenden Festelektrolyten (124) auf. Die erste Elektrode (120) ist mit Gas aus dem Messgasraum (112) beaufschlagbar. Die zweite Elektrode (122) ist in mindestens einem Referenzgasraum (132) angeordnet, insbesondere einem Referenzgaskanal (134). Das Sensorelement (114) weist weiterhin mindestens eine dritte Elektrode (162) auf, welche mit der zweiten Elektrode (122) eine Hilfspumpzelle (166) bildet. Die Ansteuerung (118) ist derart eingerichtet, dass die zweite Elektrode (122) mit einer virtuellen Masse (148) verbunden ist. Die Ansteuerung (118) ist weiterhin eingerichtet, um die Pumpzelle (136) mit einer Pumpspannung zu beaufschlagen und einen Pumpstrom an der ersten Elektrode (120) zu erfassen.

5 Beschreibung

Titel

Vorrichtung zur Bestimmung einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum

10 Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von bekannten Sensorelementen, welche auf ionenleitenden Eigenschaften bestimmter Festkörper, also auf der Verwendung so genannter Festelektrolyte, basieren. Derartige Festelektrolyte können insbesondere als keramische Festelektrolyte ausgestaltet sein. Beispiele derartiger Festelektrolyte, welche grundsätzlich eine oder mehrere Ionenarten leiten können, sind sauerstoffionenleitende Festelektrolyte, insbesondere auf der Basis von Zirkoniumdioxid. Beispielsweise können im Rahmen der vorliegenden Erfindung Festelektrolyte wie Yttrium-stabilisiertes Zirkoniumdioxid (YSZ) und/oder Scandium-dotiertes Zirkoniumdioxid (ScSZ) verwendet werden. Sensorelemente auf der Basis keramischer Festelektrolyte werden beispielsweise in Robert Bosch GmbH: Sensoren im Kraftfahrzeug, Ausgabe 2007, Seiten 154-159 beschrieben. Die dort dargestellten Sensorelemente können auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung eingesetzt und modifiziert werden. Auch andere Sensorelemente sind jedoch grundsätzlich einsetzbar.

Viele derartige Sensorelemente basieren auf der Verwendung einer oder mehrerer so genannter Pumpzellen. Beispielsweise sind Breitband-Lambdasonden bekannt, welche nach dem Grenzstromprinzip arbeiten und als Einzeller oder Mehrzeller aufgebaut sein können. Bei derartigen Sensorelementen wird an mindestens einer Pumpzelle ein Pumpstrom als Funktion einer Pumpspannung erfasst und aus dem Pumpstrom auf einen Sauerstoffanteil in dem Gas geschlossen. Auch alternative, prinzipiell gleichwertige Messprinzipien sind bekannt. Allgemein sind aus dem Stand der Technik beispielsweise einzellige Breitband-Lambdasonden bekannt, bei welchen eine Elektrode mittels einer Diffusionsbarriere mit Abgas beaufschlagbar ist, wohingegen die andere Elektrode einer die Elektroden umfassenden Pumpzelle in einem Referenzkanal angeordnet ist. Neuere Sensortypen weisen dabei lediglich einen Referenzkanal mit einem kleinen Grenzstrom auf, welcher auch als Abluftkanal (ALK) bezeichnet wird. Derartige Sensorelemente können jedoch in der Regel nur im mageren Abgas eingesetzt werden, da im fetten Abgas

der Grenzstrom des Abluftkanals überschritten wird und der entleerte Abluftkanal ein zu
kleines Signal liefert. Zwar kann dieser Sensor grundsätzlich dadurch betrieben werden,
dass der Referenzkanal aufgepumpt wird, um auf diese Weise, beispielsweise für 30 s, in
einem Fettgasbereich betrieben zu werden. Für viele Betriebsarten reicht dies aus, um
5 kurze Fettphasen, wie beispielsweise eine NSC-Regeneration (NSC: NO_x-Storage-
Catalyst, NÖ_x-Speicherkatalysator), zu messen.

Ein ähnliches Messprinzip ist beispielsweise in DE 10 2006 011 480 AI beschrieben. Dort
wird ein Gassensor dargestellt, insbesondere eine Lambdasonde, bei welchem, zusätzlich
10 zu einer Pumpzelle, eine dem Abgas ausgesetzte und mit einem negativen Strom
beaufschlagte Außenelektrode vorgesehen ist. Mittels dieser wird ein
Elektrodenhohlraum, in welchem eine der Elektroden der Pumpzelle angeordnet ist,
zusätzlich mit Sauerstoff gefüllt, um einen Offset in der Kennlinie des Sensorelements zu
schaffen.

15 Bei bekannten, einzelligen Breitband-Lambdasonden wird üblicherweise eine dem Abgas
zugewandte erste Elektrode (auch als Innenpumpelektrode oder IPE bezeichnet) auf ein
künstlich festgelegtes Potenzial von 2,5 V gelegt. Die zweite Elektrode ist hingegen im
Abluftkanal angeordnet und wird auch als Abluftelektrode (ALE) bezeichnet. Sie wird in
20 der Regel elektronisch geregelt auf eine Pumpspannung von 200 mV bis 900 mV, um
gleichermaßen ein Pumpen in beide Richtungen bei magerem bzw. fettem Abgas zu
ermöglichen. Die Messung des Pumpstroms erfolgt in der Regel an der zweiten Elektrode,
also an der Abluftelektrode.

25 Bekannte Sensorelemente können in der Regel nur zeitweise, d.h. typischerweise für
Zeiträume von weniger als 30 s, Fettgase messen. Sobald der Pumpstrom den
Grenzstrom des Abluftkanals dauerhaft übersteigt, sinkt der Sauerstoffpartialdruck im
Abluftkanal, und der Pumpstrom kommt zum Erliegen. Ein weiterer Nachteil bekannter
Sensorelemente besteht darin, dass in vielen Fällen Heizelemente vorgesehen sind. Bei
30 Leckströmen durch die Isolation des Heizelements bewegen sich Sauerstoffionen vom
Heizelement zu den Elektroden bzw. umgekehrt. Dies führt beispielsweise an der
Abluftelektrode in vielen Fällen zu einem Ein- bzw. Ausbau von Sauerstoff. Die
entsprechende Ladung fließt durch die Elektrodenzuleitung ab und verursacht einen
erhöhten bzw. erniedrigten Messstrom und damit einen erheblichen Messfehler. Ein
35 weiterer Nachteil bekannter Sensorelemente besteht darin, dass Einzeller mit großem
Luftreferenzkanal aufgrund des großen Querschnitts des Referenzkanals ungünstig sind
bezüglich ihres mechanischen Aufbaus und dennoch eine durch den Grenzstrom
begrenzte statische Fettmessfähigkeit aufweisen. Weiterhin besteht ein Nachteil darin,

dass bei einem extremen Druck im Abluftkanal trotz einer Drossel das Sensorelement gesprengt werden kann, da üblicherweise die poröse Füllung des Abluftkanals die Strömung stark dämpft und nur einen Diffusionsaustritt zulässt. Dies kann sich beispielsweise in einer Bruchbildung oder Rissbildung im Sensorelement äußern.

5

Offenbarung der Erfindung

Es werden dementsprechend eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum vorgeschlagen, welche die oben beschriebenen Nachteile bekannter Vorrichtungen und Verfahren zumindest weitgehend vermeiden. Bei dem Gas kann es sich insbesondere um ein Abgas handeln, beispielsweise einer Verbrennungskraftmaschine. Bei dem Messgasraum kann es sich beispielsweise um einen Abgastrakt handeln. Bei der mindestens einen Eigenschaft des Gases in dem Messgasraum kann es sich grundsätzlich um eine beliebige physikalische und/oder chemische Eigenschaft handeln. Besonders bevorzugt ist es jedoch, wenn es sich bei dieser mindestens einen Eigenschaft um einen Anteil einer Gaskomponente in dem Gas handelt, beispielsweise einen mittels eines Partialdrucks, eines Prozentsatzes oder einer anderen Größe quantifizierbaren Anteil. Insbesondere kann es sich bei der Gaskomponente um Sauerstoff handeln. Auch andere Arten von Gaskomponenten sind jedoch nachweisbar. Die Eigenschaft kann qualitativ oder quantitativ nachgewiesen werden. Insbesondere kann es sich bei der Eigenschaft um einen Sauerstoffanteil handeln, beispielsweise um einen Sauerstoffpartialdruck und/oder eine Luftzahl, wovon im Folgenden, ohne Beschränkung weiterer möglicher Ausgestaltungen, ausgegangen werden soll. Die Vorrichtung kann somit insbesondere mindestens eine Lambdasonde umfassen.

Die Vorrichtung umfasst mindestens ein Sensorelement und mindestens eine Ansteuerung. Das Sensorelement kann beispielsweise als keramisches Sensorelement ausgestaltet sein und kann beispielsweise in einem Gehäuse aufgenommen sein. Beispielsweise kann das Sensorelement mindestens eine Lambdasonde umfassen oder als Lambdasonde ausgestaltet sein. Die mindestens eine Ansteuerung kann ganz oder teilweise in das Sensorelement integriert sein, kann jedoch auch vorzugsweise ganz oder teilweise getrennt von dem mindestens einen Sensorelement ausgestaltet sein. Die Ansteuerung kann beispielsweise eine oder mehrere elektronische Komponenten umfassen, um die im Folgenden beschriebenen Funktionen der Ansteuerung wahrzunehmen. So kann die Ansteuerung beispielsweise mindestens eine Pumpspannungsquelle zur Beaufschlagung der im Folgenden noch beschriebenen Pumpzelle mit einer Pumpspannung, mindestens eine Strommessvorrichtung zur

35

Messung eines Pumpstroms durch die Pumpzelle, die mindestens eine virtuelle Masse in Form beispielsweise einer einstellbaren Spannungsquelle, sowie gegebenenfalls Kombinationen der genannten und/oder anderer elektronischer Elemente umfassen.

Weiterhin kann die Ansteuerung beispielsweise auch eine oder mehrere

- 5 Datenverarbeitungsvorrichtungen umfassen, um ein Verfahren gemäß der folgenden Beschreibung durchzuführen. Die Ansteuerung kann dabei als zentrale Ansteuerung ausgestaltet sein, welche mit dem mindestens einen Sensorelement beispielsweise über mindestens eine Schnittstelle, beispielsweise mindestens einen Stecker, verbunden ist. Die Ansteuerung kann auch ganz oder teilweise als dezentrale Ansteuerung ausgestaltet
10 sein. Die Ansteuerung kann beispielsweise auch Bestandteil einer Motorsteuerung eines Kraftfahrzeugs sein. Verschiedene Ausgestaltungen sind grundsätzlich möglich.

Das Sensorelement umfasst mindestens eine Pumpzelle mit mindestens einer ersten Elektrode und mindestens einer zweiten Elektrode sowie mindestens einem die erste

- 15 Elektrode und die zweite Elektrode verbindenden Festelektrolyten. Bezüglich der möglichen Ausgestaltungen des Festelektrolyten kann beispielsweise auf die obige Beschreibung verwiesen werden. Die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode können beispielsweise als Metall-Keramik-Elektroden ausgestaltet sein. Insbesondere kann es sich hierbei um Platin-Cermet-Elektroden handeln. Auch andere Ausgestaltungen
20 sind jedoch grundsätzlich möglich. Dabei ist die erste Elektrode mit Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar. Dies kann auf verschiedene Weisen erfolgen.

Beispielsweise kann die erste Elektrode unmittelbar dem Gas aus dem Messgasraum ausgesetzt sein, beispielsweise indem die erste Elektrode auf einer Oberfläche eines Schichtaufbaus des Sensorelements angeordnet ist und/oder lediglich durch eine oder

- 25 mehrere gasdurchlässige Schutzschichten von dem Messgasraum getrennt ist. Alternativ oder zusätzlich kann die erste Elektrode, welche auch mehrteilig ausgestaltet sein kann, auch im Inneren eines Schichtaufbaus des Sensorelements angeordnet sein, beispielsweise in einem Elektrodenhohlraum. In diesem Fall kann der Elektrodenhohlraum beispielsweise über mindestens ein Gaszutrittsloch mit dem Messgasraum verbunden
30 sein. Besonders bevorzugt ist es, wenn die Verbindung zwischen dem Messgasraum und der ersten Elektrode bzw. dem optionalen Elektrodenhohlraum, in welchem die erste Elektrode angeordnet sein kann, über mindestens eine Diffusionsbarriere, also ein Element, welches ein Durchströmen von Gas zumindest weitgehend verhindert und lediglich einen Diffusionstransport erlaubt, erfolgt. Bezüglich möglicher Ausgestaltungen

- 35 derartiger Diffusionsbarrieren kann auf den oben beschriebenen Stand der Technik verwiesen werden. Die zweite Elektrode ist in mindestens einem Referenzgasraum angeordnet, also einem Raum, welcher von dem Messgasraum derart getrennt ist, dass sich unterschiedliche Gasgemische im Referenzgasraum und im Messgasraum ausbilden

können, zwischen denen ein Angleich zumindest auf einer Zeitskala erfolgt, welche lang ist im Vergleich zu üblichen Messvorgängen. Besonders bevorzugt ist es, wenn der Referenzgasraum vollständig von dem Messgasraum getrennt ist. Insbesondere kann es sich bei dem Referenzgasraum um einen Referenzgaskanal handeln. Beispielsweise
5 kann dieser Referenzgaskanal als Luftreferenzkanal ausgestaltet sein, welcher die zweite Elektrode beispielsweise mit einer Umgebung eines Motorraums verbindet, die von dem Messgasraum, beispielsweise einem Abgastrakt einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Kraftfahrzeug, getrennt ausgebildet ist. Dementsprechend kann der Referenzgaskanal beispielsweise als Luftreferenz, als Referenzluftkanal oder als
10 Abluftkanal ausgestaltet sein, analog zu den oben beschriebenen Sensorelementen gemäß dem Stand der Technik.

Das Sensorelement weist weiterhin mindestens eine dritte Elektrode auf. Die dritte Elektrode bildet mit der zweiten Elektrode eine Hilfspumpzelle. Dies kann beispielsweise
15 dadurch erfolgen, dass der oben beschriebene Festelektrolyt auch die dritte Elektrode und die zweite Elektrode miteinander verbindet. Alternativ oder zusätzlich kann jedoch auch mindestens ein weiterer Festelektrolyt vorgesehen sein, welcher die genannte Verbindung herstellt.

20 Die Ansteuerung ist derart eingerichtet, dass die zweite Elektrode mit einer virtuellen Masse verbunden ist. Unter einer virtuellen Masse ist eine Spannungsquelle zu verstehen, vorzugsweise eine Konstantspannungsquelle, welche ein Potenzial der zweiten Elektrode festlegt, beispielsweise auf einen bestimmten Wert relativ zu einer Masse. Insbesondere kann die virtuelle Masse eingerichtet sein, um die zweite Elektrode
25 auf ein Elektrodenpotenzial zwischen 0 und ± 3 V zu legen, insbesondere auf ein Elektrodenpotenzial von 0,2 bis 2,5 V. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch möglich. Beispiele werden unten noch näher erläutert.

Die Ansteuerung ist weiterhin eingerichtet, um die Pumpzelle mit einer Pumpspannung zu
30 beaufschlagen und einen Pumpstrom an der ersten Elektrode zu erfassen. Unter einer Erfassung eines Pumpstroms an der ersten Elektrode ist dabei eine direkte oder indirekte Messung des Pumpstroms in einer Zuleitung zu der ersten Elektrode zu verstehen. Mit diesem Aufbau, bei welchem die zweite Elektrode, also beispielsweise die Abluftelektrode (ALE) mit einer virtuellen Masse beaufschlagt wird und die Messung an der ersten
35 Elektrode, also der dem zu messenden Gas ausgesetzten Elektrode erfolgt, steht die vorgeschlagene Vorrichtung im Unterschied zu den oben beschriebenen bekannten Vorrichtungen, bei welchen die erste Elektrode mit der virtuellen Masse beaufschlagt wird und bei welchen die Pumpstrommessung an der zweiten Elektrode erfolgt. Wie unten

- noch näher ausgeführt wird, führt dieser Unterschied dazu, dass sich die oben beschriebenen Messfehler aufgrund von ionischen Leckströmen in und/oder aus der Elektrode nicht oder nur verringert bemerkbar machen, da diese nicht oder nur unwesentlich zum Pumpstrom der ersten Elektrode beitragen. Auch kann, wie unten noch
- 5 näher ausgeführt wird, über die dritte Elektrode und die Hilfspumpzelle ein "Aufpumpen" des Referenzgasraums im Bereich der zweiten Elektrode erfolgen, ohne dass der Hilfspumpstrom durch die Hilfspumpzelle zum gemessenen Pumpstrom an der ersten Elektrode beiträgt. Dies wird unten noch näher erläutert.
- 10 Die dritte Elektrode kann grundsätzlich beispielsweise ebenfalls mit Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar sein. Optional kann die dritte Elektrode beispielsweise über eine Diffusionsbarriere mit Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar sein, insbesondere über eine poröse Schutzschicht. Beispielsweise kann die dritte Elektrode auf einer Oberfläche eines Schichtaufbaus des Sensorelements angeordnet sein und
- 15 optional mit einer oder mehreren gasdurchlässigen Schutzschichten abgedeckt sein. Alternativ oder zusätzlich kann die dritte Elektrode jedoch auch beispielsweise mit Gas aus einem weiteren Referenzgasraum beaufschlagbar sein. Verschiedene Ausgestaltungen sind möglich.
- 20 Besonders bevorzugt ist es, wenn die virtuelle Masse als einstellbare virtuelle Masse ausgestaltet ist. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Ansteuerung eine einstellbare Spannungsquelle umfasst. Diese einstellbare Spannungsquelle kann beispielsweise an einem Pol direkt oder indirekt mit einer Masse verbunden sein, und an einem anderen Pol direkt oder indirekt mit der zweiten Elektrode. Die Einstellbarkeit kann
- 25 beispielsweise eine elektronische Einstellbarkeit umfassen. Beispielsweise kann der von der virtuellen Masse eingenommene Wert, insbesondere ein Elektrodenpotenzial, mit welchem die zweite Elektrode beaufschlagt wird, extern einstellbar sein, beispielsweise über mindestens eine Datenverarbeitungsvorrichtung und/oder über mindestens eine Schnittstelle innerhalb und/oder außerhalb der Ansteuerung. Verschiedene
- 30 Ausgestaltungen sind möglich.
- Die Ansteuerung kann insbesondere derart ausgestaltet sein, dass eine Spannung zwischen der dritten Elektrode und der zweiten Elektrode anlegbar ist. Durch diese Spannung kann ein Hilfspumpstrom durch die Hilfspumpzelle erzwungen werden, welcher
- 35 einstellbar ausgestaltet sein kann. Die Ansteuerung kann insbesondere derart ausgestaltet sein, dass die dritte Elektrode mit einem Elektrodenpotenzial, insbesondere einem konstanten Elektrodenpotenzial, beaufschlagt wird. Dieses Elektrodenpotenzial kann auch Null sein. So kann beispielsweise die dritte Elektrode, wie unten noch näher

ausgeführt wird, vorzugsweise auf ein Massepotenzial gelegt werden. Die Spannung an der Hilfspumpzelle kann sich dann insbesondere als Potenzialdifferenz zwischen dem Elektrodenpotenzial und einem Potenzial der virtuellen Masse, mit welchem die zweite Elektrode beaufschlagt wird, ergeben.

5

Die zu bestimmende Eigenschaft, welche mittels der Vorrichtung bestimmt werden soll (wobei auch mehrere Eigenschaften bestimmbar sein können), kann insbesondere, wie oben ausgeführt, ein Sauerstoffanteil in dem Gas, insbesondere einem Abgas, sein. Die Spannung kann dann insbesondere derart gewählt werden, dass eine Menge an Sauerstoff durch die Hilfspumpzelle zu der zweiten Elektrode gepumpt wird, derart, dass innerhalb eines vorgegebenen Luftzahlbereichs bei jeder Luftzahl bei statischer Messung Sauerstoff an der zweiten Elektrode vorhanden ist. Dabei kann der Luftzahlbereich insbesondere auch einen Fettgasbereich umfassen. Diese Ausgestaltung kann insbesondere derart erfolgen, dass die Spannung der Hilfspumpzelle (beispielsweise durch eine geeignete Wahl der virtuellen Masse) stets so ist, dass der Ionenstrom durch die Hilfspumpzelle bei jeder Luftzahl eine Limitierung durch den Grenzstrom des Referenzgaskanals kompensiert. Insbesondere kann der Ionenstrom durch die Hilfspumpzelle derart gewählt werden, dass dieser stets mindestens die Differenz zwischen dem benötigten Sauerstoffstrom an der zweiten Elektrode und dem Grenzstrom des Referenzgaskanals bildet bzw. beträgt. Dies kann beispielsweise, wie unten noch näher ausgeführt wird, dadurch realisiert werden, dass das Potenzial der virtuellen Masse, mit welchem die zweite Elektrode beaufschlagt wird, an die Luftzahl angepasst wird. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass ein zuletzt gemessener, bekannter Luftzahlwert verwendet wird und, beispielsweise durch eine Datenverarbeitungsvorrichtung und/oder eine elektronische Tabelle der Ansteuerung, eine geeignete virtuelle Masse gewählt wird, so dass die oben beschriebene Bedingung erfüllt ist.

25

Die Ansteuerung kann insbesondere zur Beaufschlagung der Pumpzelle mit der Pumpspannung mindestens eine Pumpspannungsquelle umfassen. Die Pumpspannungsquelle kann insbesondere mittels der vorliegenden Erfindung als unipolare Pumpspannungsquelle ausgestaltet sein, also als Pumpspannungsquelle, welche nicht umpolbar ist. Derartige Pumpspannungsquellen sind technisch besonders einfach zu realisieren. Ein Potenzial der virtuellen Masse, mit welchem die zweite Elektrode beaufschlagt wird, kann insbesondere innerhalb des vorgegebenen Luftzahlbereichs dann derart gewählt werden, dass das Potenzial der ersten Elektrode innerhalb des vorgegebenen Luftzahlbereichs keinen Vorzeichenwechsel erfährt. Dies bedeutet, dass die Potenzialdifferenz zwischen der ersten Elektrode und der zweiten

30

35

Elektrode innerhalb des vorgegebenen Luftzahlbereichs stets dasselbe Vorzeichen aufweist. Dies kann beispielsweise, wie oben dargestellt und wie unten noch näher erläutert wird, durch ein entsprechendes Nachführen der virtuellen Masse und/oder durch eine Veränderung der virtuellen Masse als Funktion der Luftzahl erfolgen. Die

5 Ansteuerung kann grundsätzlich mit einem Strom gleichen oder auch wechselnden Vorzeichens erfolgen.

Das Sensorelement kann insbesondere weiterhin mindestens ein Heizelement mit mindestens zwei Heizerkontakten aufweisen. Bezüglich möglicher Ausgestaltungen dieses Heizelements kann auf den Stand der Technik verwiesen werden. Das Heizelement kann insbesondere als resistives Heizelement ausgestaltet sein, mit mindestens einem Heizwiderstand, welcher über zwei Heizerkontakte (H^+ und H^-) mit einem Heizstrom beaufschlagbar ist. Die dritte Elektrode kann insbesondere mit mindestens einem, vorzugsweise mit genau einem, der Heizerkontakte elektrisch verbunden sein. Diese Verbindung kann vorzugsweise innerhalb des Sensorelements erfolgen, so dass der Heizerkontakt und die dritte Elektrode über eine gemeinsame Zuleitung und/oder über einen gemeinsamen Elektrodenkontakt elektrisch kontaktierbar sind. Die dritte Elektrode kann dabei prinzipiell auch ganz oder teilweise mit dem Heizelement und/oder dem Heizerkontakt zusammengefasst sein. Insbesondere kann es sich bei dem Heizerkontakt, welcher mit der dritten Elektrode zusammengefasst wird, um den negativen Heizerkontakt (H^-) handeln. Die Ansteuerung kann insbesondere derart ausgestaltet sein, dass dieser gemeinsame Heizerkontakt und die dritte Elektrode mit einer elektrischen Masse verbunden sind. Allgemein können die dritte Elektrode und der Heizerkontakt insbesondere mit einem konstanten Potenzial beaufschlagt werden, insbesondere einem Massepotenzial. Bei dieser oder auch bei anderen Ausgestaltungen ist es allgemein besonders bevorzugt, wenn das Sensorelement vier Anschlusskontakte aufweist. So können beispielsweise ein erster Anschlusskontakt für die erste Elektrode, ein zweiter Anschlusskontakt für die zweite Elektrode, ein dritter Anschlusskontakt für den negativen Heizerkontakt (H^-) und die dritte Elektrode sowie ein vierter Kontakt für den positiven Heizerkontakt vorgesehen sein. Auf diese Weise lassen sich, trotz erhöhter Funktionalität, Anschlusskontakte und/oder Kabel zum Steuergerät und/oder Pins am Steuergerät einsparen.

Wie oben dargestellt, sind verschiedene Ausgestaltungen bezüglich der Pumpzelle möglich. So kann die erste Elektrode beispielsweise auf einer dem Messgasraum zuweisenden Oberfläche eines Schichtaufbaus angeordnet sein, und die zweite Elektrode insbesondere im Inneren eines Schichtaufbaus. Besonders bevorzugt ist es jedoch, wenn die erste Elektrode und die zweite Elektrode beide im Inneren des Schichtaufbaus des

Sensorelements angeordnet sind. In diesem Fall kann die erste Elektrode beispielsweise, wie oben ausgeführt, durch mindestens ein Gaszutrittsloch mit Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar sein. In einem Gaszutrittsweg, über welchen die erste Elektrode mit Gas beaufschlagbar ist, kann auch, wie oben ausgeführt, die mindestens eine optionale Diffusionsbarriere angeordnet sein. Die dritte Elektrode ist vorzugsweise auf einer von dem Gaszutrittsloch abgewandten Rückseite des Schichtaufbaus angeordnet. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich, beispielsweise Ausgestaltungen, bei welchen das Gaszutrittsloch und die dritte Elektrode auf derselben Seite des Schichtaufbaus angeordnet sind. In diesem Fall kann beispielsweise der H^+ -Anschluss durch das Sensorelement durchkontaktiert werden. Auch Ausgestaltungen, bei welchen die erste Elektrode und die dritte Elektrode auf derselben Seite des Schichtaufbaus angeordnet sind, sind möglich.

Die virtuelle Masse kann insbesondere, wie oben ausgeführt, als einstellbare virtuelle Masse ausgestaltet sein. Beispielsweise kann die virtuelle Masse steuerbar und/oder regelbar ausgestaltet sein. Durch die virtuelle Masse kann die zweite Elektrode mit einem Elektrodenpotenzial beaufschlagt werden. Die Ansteuerung kann insbesondere eingerichtet sein, um das Elektrodenpotenzial in Abhängigkeit von der erfassten Eigenschaft des Gases, insbesondere einer erfassten Luftzahl, zu verändern. Dies kann, wie oben ausgeführt, beispielsweise durch mindestens eine Datenverarbeitungsvorrichtung erfolgen, welche die virtuelle Masse entsprechend der zuletzt erfassten Luftzahl und/oder einer durchschnittlichen Luftzahl über einen Messzeitraum hinweg, einstellt. Auch andere Einstellungen sind möglich. Auch eine Einstellung durch eine andere Vorrichtung als eine Datenverarbeitungsvorrichtung ist möglich, beispielsweise eine automatische Einstellung über eine Regelung. Auch eine Einstellung über beispielsweise eine elektronische Tabelle (Lookup-Table) ist grundsätzlich denkbar. Die Einstellung kann kontinuierlich, diskontinuierlich oder auch stufenweise erfolgen. Die Einstellbarkeit kann insbesondere über einen vorgegebenen Messbereich der Eigenschaft des Gases hinweg erfolgen, beispielsweise einen vorgegebenen Luftzahlbereich, welcher insbesondere auch einen Fettgasbereich umfassen kann.

Als besonders vorteilhaft hat es sich dabei erwiesen, wenn der Betrag des Elektrodenpotenzials, mit welchem die zweite Elektrode beaufschlagt wird, bei einem charakteristischen Wechsel der zu erfassenden Eigenschaft des Gases ein lokales Extremum aufweist. Beispielsweise kann die erfasste Eigenschaft des Gases, wie oben ausgeführt, eine Luftzahl sein oder zumindest eine Luftzahl umfassen. Die Ansteuerung kann dann insbesondere derart eingerichtet sein, dass der Betrag des

Elektrodenpotenzials bei einer Luftzahl von $\lambda = 1$ ein lokales Minimum einnimmt. Dieses lokale Minimum kann insbesondere oberhalb von 0,1 V liegen, insbesondere bei mindestens 0,2 V und besonders bevorzugt bei 0,25 V oder mehr. Das lokale Minimum kann jedoch insbesondere derart gering gewählt werden, dass eine unerwünschte

5 Zersetzung eines oder mehrerer Materialien, beispielsweise des ZrO_2 der Grundkeramik des Festelektrolyten, bei $\lambda = 1$ verhindert wird. Derartige Zersetzungen können die Kennlinie des Sensorelements im Bereich um $\lambda = 1$ verfälschen, was durch eine Verringerung des Elektrodenpotenzials bei $\lambda = 1$ und somit eine Verringerung der Pumpspannung an der Hilfspumpzelle vermieden werden kann. Beispielsweise kann das

10 lokale Minimum in einem Bereich $\lambda = 1 \pm 0,2$ angeordnet sein und insbesondere in einem Bereich $\lambda = 1 \pm 0,1$, oder das Elektrodenpotenzial der zweiten Elektrode kann allgemein in diesem Bereich gegenüber Luftzahlen außerhalb dieses Bereichs verringert sein. Beispielsweise kann das Elektrodenpotenzial für Luftzahlen kleiner 1 kontinuierlich abfallen, beispielsweise linear, bis auf einen minimalen Wert bei $\lambda = 1$, und dann für

15 Luftzahlen größer 1 wieder kontinuierlich ansteigen, beispielsweise linear. Verschiedene andere Ausgestaltungen sind jedoch möglich.

Wird das Elektrodenpotenzial, mit welchem die zweite Elektrode beaufschlagt wird, verändert, so sollte diese Veränderung insbesondere auf einer Zeitskala erfolgen, welche

20 von der Zeitskala der eigentlichen Messung mittels der Vorrichtung abweicht. Insbesondere kann die Veränderung mit einer Zeitkonstanten von mindestens 1 s erfolgen, vorzugsweise mit einer Zeitkonstanten von 1 s bis 10 s und besonders bevorzugt mit einer Zeitkonstanten von 5 s. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass einerseits eine Beeinflussung der eigentlichen Messung (beispielsweise durch

25 Schwingungen) verhindert wird. Andererseits kann die Zeitkonstante klein genug gewählt werden, so dass beispielsweise eine Speicherzeit von 30 s, welche bei üblichen Abluftkanälen vorliegt, noch unterschritten wird, so dass beispielsweise kein Sauerstoffmangel an der zweiten Elektrode auftritt.

30 Der Referenzgasraum kann insbesondere, wie oben ausgeführt, als geöffneter Referenzgaskanal ausgeführt sein. Insbesondere kann es sich hierbei um einen geöffneten Luftreferenzkanal handeln. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich, also Ausgestaltungen, bei welchen der Referenzgaskanal ganz oder teilweise mit einem gasdurchlässigen porösen Medium ausgestaltet ist.

35 Verschiedene Ausgestaltungen werden unten exemplarisch noch näher beschrieben.

Neben der oben beschriebenen Vorrichtung in einer oder mehreren der beschriebenen Ausgestaltungen wird weiterhin ein Verfahren zur Bestimmung mindestens einer

Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum vorgeschlagen. Das Verfahren kann insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung gemäß einer oder mehreren der oben beschriebenen Ausgestaltungen durchgeführt werden, so dass bezüglich möglicher Ausgestaltungen des Verfahrens auf die obige Beschreibung der Vorrichtung verwiesen werden kann. Das Verfahren verwendet dabei ein Sensorelement mit einer Pumpzelle mit mindestens einer ersten Elektrode, mindestens einer zweiten Elektrode sowie mindestens einem die erste Elektrode und die zweite Elektrode verbindenden Festelektrolyten. Die erste Elektrode ist mit Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar. Die zweite Elektrode ist in mindestens einem Referenzgasraum angeordnet. Das Sensorelement weist weiterhin mindestens eine dritte Elektrode auf, wobei die dritte Elektrode mit der zweiten Elektrode eine Hilfspumpzelle bildet. Die zweite Elektrode wird dabei mit einer virtuellen Masse verbunden. Die Pumpzelle wird mit einer Pumpspannung beaufschlagt, und ein Pumpstrom an der ersten Elektrode wird erfasst. Weiterhin kann, wie oben ausgeführt, eine Spannung zwischen der dritten Elektrode und der zweiten Elektrode angelegt werden, so dass ein Hilfspumpstrom durch die Hilfspumpzelle fließt, beispielsweise für einen oder mehrere der oben beschriebenen Zwecke.

Die oben beschriebene Vorrichtung und das oben beschriebene Verfahren weisen gegenüber bekannten Vorrichtungen und Verfahren zahlreiche Vorteile auf. Mittels der Hilfspumpzelle kann Sauerstoff hin zu der zweiten Elektrode transportiert werden und dabei der Referenzgasraum beispielsweise so weit aufgepumpt werden, dass eine dauernde, statische Fettmessung möglich ist, ohne die üblichen Beschränkungen des Referenzgasraums, beispielsweise des Abluftkanals. Die dritte Elektrode kann ganz oder teilweise mit dem Heizelement und/oder einem Heizerkontakt zusammengefasst werden, wobei beispielsweise auch das Heizelement selbst Teil der Hilfspumpzelle sein kann. Eine Beschränkung einer Fettgasmessung auf übliche kurze Speicherzeiten von beispielsweise 30 s entfällt damit, und die Vorrichtung kann auch im Fettgasbereich zumindest in einem gewissen, vorzugsweise in vollem Umfang statisch betrieben werden. Durch die virtuelle Masse kann die zweite Elektrode auf ein vorgegebenes Elektrodenpotenzial gelegt werden, beispielsweise ein Elektrodenpotenzial von +2,5 V. An der ersten Elektrode, beispielsweise einer inneren Pumpelektrode, kann der Pumpstrom der Pumpzelle gemessen werden. Das Potenzial der virtuellen Masse wird vorzugsweise angepasst an das Messsignal, indem beispielsweise bei fettem Abgas das Potenzial gegenüber einem Wert bei $\lambda = 1$ angehoben wird. Der Referenzgasraum, beispielsweise der Abluftkanal, kann vorzugsweise mit einer offenen Drossel versehen werden, also als offener Referenzgaskanal ausgestaltet sein. Ein offener Referenzgaskanal wirkt als echte Diffusionsbarriere, welche ein Strömen von Gas durch den Referenzgaskanal ermöglicht, jedoch eine Diffusion begrenzt. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass sich ein

Überdruck im Bereich der zweiten Elektrode aufbaut. Die Strömung kann den überschüssigen Sauerstoff bei Überdruck im Referenzgaskanal leichter heraustransportieren als die Diffusion in einer porös gefüllten Drossel (Strömungsbarriere). Die dritte Elektrode, welche beispielsweise als äußere

5 Pumpelektrode ausgestaltet sein kann, liegt vorzugsweise im Messgasraum, beispielsweise einem Abgasraum, also beispielsweise im Abgas, kann jedoch auch im Referenzgasraum des Sensorelements und/oder in einem anderen Referenzgasraum angeordnet sein.

10 Die vorgeschlagene Vorrichtung hat, wie oben ausgeführt, eine statische Fettmessfähigkeit und ist daher beispielsweise auch für Ottomotor-Anwendungen geeignet. Vorzugsweise wird lediglich an der inneren Pumpelektrode, also an der ersten Elektrode, die eine Information über den Sauerstoffpartialdruck im Abgas enthält, die Strommessung durchgeführt. Eine Heizereinkopplung ist daher nicht mehr wirksam auf
15 das eigentliche Messsignal. Der zusätzliche Strom, welcher durch die Hilfspumpzelle fließt und beispielsweise den Referenzgasraum füllt, erscheint ebenfalls nicht im Messsignal, wird jedoch wirksam als Nachschub für die erweiterte statische Fettmessfähigkeit. Masseschwankungen des Heizelements ergeben zwar geringfügige Änderungen des Sauerstoffpartialdrucks im Referenzgasraum, haben jedoch keinen Einfluss auf das
20 eigentliche Messsignal.

Zusätzlich zu den genannten Vorteilen lässt sich die beschriebene Vorrichtung technisch leicht herstellen. So lassen sich beispielsweise bestehende Designs, beispielsweise einzellige Grenzstromsensoren der Robert Bosch GmbH, auf einfache Weise um eine
25 dritte Elektrode in Form beispielsweise einer außenliegenden Elektrode erweitern. Auf diese Weise kann der bestehende Baukasten kleinbauender Sensorelemente erweitert werden, ohne dass hierfür fünf Drähte oder gar ein anderes Messprinzip verwendet werden müssten. Damit bleibt bis auf die Zusatzleiterbahn und die gegebenenfalls veränderte Ansteuerung, welche beispielsweise einen veränderten ASIC

30 (anwenderspezifischen integrierten Schaltkreis) umfassen kann, die bekannte kostengünstige Herstellung der bekannten Sensorelemente erhalten. Alternativ oder zusätzlich zu einer Anwendung für Dieselmotoren kommt auch eine Anwendung für Ottomotoren in Betracht. Auch eine Einheitssonde für Ottomotoren und Dieselmotoren ist realisierbar.

35

Kurze Beschreibung der Figuren

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

- 5
- Figur 1A ein Ausführungsbeispiel einer bekannten Vorrichtung zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum;
- 10
- Figur 1B ein Ersatzschaltbild der Vorrichtung gemäß Figur 1A;
- Figur 1C einen üblichen Verlauf der Elektrodenpotenziale über den Luftzahlbereich bei der Vorrichtung gemäß Figur 1A;
- 15
- Figur 2A eine erfindungsgemäße Ausgestaltung einer Vorrichtung zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum;
- Figur 2B ein Ersatzschaltbild der Vorrichtung gemäß Figur 2A; und
- 20
- Figuren 3A bis 3D verschiedene Elektrodenpotenzialverläufe bei einem erfindungsgemäßen Verfahren, insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung gemäß Figur 2A.
- 25
- Ausführungsbeispiele
- In Figur 1 ist eine Vorrichtung 110 zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum 112 dargestellt, wie sie dem Stand der Technik entspricht. Der Messgasraum 112 kann beispielsweise ein Abgastrakt einer Brennkraftmaschine
- 30
- sein. Die Vorrichtung 110 umfasst in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein Sensorelement 114 sowie eine mit dem Sensorelement 114 über eine Schnittstelle 116 verbundene Ansteuerung 118. Die Ansteuerung 118 kann ein oder mehrere elektronische Bauelemente umfassen und kann auch ganz oder teilweise als anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (ASIC) ausgestaltet sein. Das Sensorelement 114 kann
- 35
- beispielsweise als Lambdasonde ausgestaltet sein und umfasst in dem dargestellten Ausführungsbeispiel eine erste Elektrode 120, welche auch als Innenpumpelektrode (IPE) bezeichnet wird, eine zweite Elektrode 122, welche auch als Abluftelektrode (ALE) bezeichnet wird, sowie einen die Elektroden 120, 122 verbindenden Festelektrolyten 124,

beispielsweise Yttrium-stabilisiertes Zirkoniumdioxid. Die Elektroden 120, 122 sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel im Inneren eines Schichtaufbaus angeordnet. Die erste Elektrode 120 ist dabei in einem Elektrodenhohlraum 126 angeordnet, welcher über ein Gaszutrittsloch 128 mit Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar ist. Zwischen dem

5 Elektrodenhohlraum 126 und dem Gaszutrittsloch 128 ist eine Diffusionsbarriere 130 angeordnet, also ein poröses Element, welches ein Nachströmen von Gas aus dem Messgasraum 112 in den Elektrodenhohlraum 116 oder in umgekehrter Richtung zumindest weitgehend verhindert und lediglich einen Diffusionstransport ermöglicht. Die

10 zweite Elektrode 122 ist hingegen in einem Referenzgasraum 132 in Form eines Referenzgaskanals 134 oder Abluftkanals angeordnet. Dieser ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit einem porösen, gasdurchlässigen Medium ausgefüllt. Die Elektroden 120, 122 sowie der diese Elektroden verbindende Festelektrolyt 124 bilden gemeinsam eine Pumpzelle 136. Die Elektroden 120, 122 sind durch Anschlusskontakte 138 elektrisch kontaktierbar, welche in Figur 1A mit ALE (Abluftelektrode) bzw. IPE

15 (innere Pumpelektrode) bezeichnet sind. Weiterhin umfasst das Sensorelement 114 in dem dargestellten Ausführungsbeispiel ein Heizelement 140 mit einer Heizerisolation 142, welche einen Heizwiderstand 144 mit zwei Heizerkontakten H^+ und H^- umgibt.

Das in Figur 1A dargestellte Sensorelement 114 ist einzellig ausgebildet. Die Ansteuerung

20 118 wird üblicherweise derart gewählt, dass die Heizerkontakte H^+ und H^- durch eine Heizeransteuerung 146 beaufschlagt werden, welche üblicherweise eine geregelte Heizersteuerung durchführt, beispielsweise auf einen konstanten Innenwiderstand der Pumpzelle 136.

25 Die Innenpumpelektrode oder erste Elektrode 120, welche sich im Abgas befindet, ist an eine virtuelle Masse 148 der Ansteuerung 118 angeschlossen. Diese virtuelle Masse 148 legt die erste Elektrode 120 auf ein konstantes Elektrodenpotenzial relativ zu einer elektrischen Masse 150. Die zweite Elektrode 122 oder Abluftelektrode hingegen liegt auf einem variablen Potenzial. Über eine in Figur 1A lediglich angedeutete

30 Pumpspannungsquelle 152 wird mittels einer Strommessvorrichtung 154, beispielsweise mittels eines Messwiderstands 156, ein Pumpstrom I_p durch die Pumpzelle 136 gemessen. Bei üblichen Schaltungen erfolgt dies derart, dass beispielsweise über eine Einspeisung an einem nicht-invertierenden Eingang eines Operationsverstärkers die Pumpspannung U_p der Pumpspannungsquelle 152 geregelt wird, um bei einer Messung

35 an Luft eine höhere Pumpspannung von 900 mV einzustellen, bei Fettgas hingegen eine kleinere Pumpspannung U_p von 200 mV.

In Figur 1B ist ein Ersatzschaltbild der Vorrichtung 110 gemäß Figur 1A dargestellt. Zusätzlich zu den bereits eingeführten Größen bezeichnet V_M das Potenzial bzw. die Spannung der virtuellen Masse 148, U_N eine Nernstspannung (in diesem Fall zwischen den Elektroden 120, 122), R_H den Widerstand des Heizwiderstands 144, P_H eine Heizerleistung, welche in diesem Fall eine Funktion eines Innenwiderstands R_i der Pumpzelle 136 ist, und U_{Ba} eine Batteriespannung einer Heizernsteuerung, welche in diesem Ausführungsbeispiel exemplarisch auf 12 V gesetzt wurde. Wie in Figur 1B erkennbar ist, sind dabei nach dem Stand der Technik der Heizerkreislauf (unteres Teilbild) und die Pumpzelle 136 sowohl auf Seiten des Sensorelements 114 als auch auf Seiten der Ansteuerung 118 praktisch vollständig getrennt ausgebildet. Allerdings wird das Heizelement 140 getaktet angesteuert, um den Innenwiderstand R_i zu regeln. Zu diesem Zweck kann der Heizerkontakt H beispielsweise mit einem Low-Side-FET geschaltet werden, wohingegen der Heizerkontakt H^+ beispielsweise auf der Batteriespannung U_{Ba} liegen kann.

In Figur 1C sind Elektrodenpotenziale der ersten Elektrode (Kurve 158) bzw. der zweiten Elektrode (Kurve 160) als Funktion der Luftzahl λ für das bekannte Messverfahren gemäß den Figuren 1A und 1B aufgetragen. Wie oben dargestellt, verbleibt dabei das Elektrodenpotential 158 der ersten Elektrode konstant bei dem Potenzial V_M der virtuellen Masse 148. Das Elektrodenpotential 160 der zweiten Elektrode 122 wird hingegen, ausgehend vom fetten Luftzahlbereich ($\lambda < 1$) hin zum mageren Luftzahlbereich ($\lambda > 1$) kontinuierlich angehoben, beispielsweise von 200 mV im Fettgas auf 900 mV an Luft.

In den Figuren 2A und 2B ist hingegen eine erfindungsgemäße Vorrichtung 110 dargestellt. Diese umfasst wiederum mindestens ein Sensorelement 114 und mindestens eine Ansteuerung 118. Das Sensorelement 114 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel exemplarisch analog zu dem Sensorelement 114 gemäß Figur 1A ausgestaltet, so dass für die Beschreibung dieses Sensorelements 114 weitgehend auf die obige Beschreibung der Figur 1A verwiesen werden kann. Im Unterschied zur Figur 1A ist jedoch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung in Figur 2A zusätzlich eine dritte Elektrode 162 vorgesehen. Diese ist als zusätzliche Pumpelektrode (in Figur 2B daher auch mit „2nd PE“ bezeichnet) ausgestaltet. Beispielsweise kann diese, wie in Figur 2A dargestellt, auf einer Außenseite des Sensorelements 114 angeordnet sein, beispielsweise auf einer dem Gaszutrittsloch 128 gegenüberliegenden Rückseite des Sensorelements 114. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die dritte Elektrode 162 mit Gas aus dem Messgasraum 112 beaufschlagbar und von dem Messgasraum beispielsweise durch eine poröse Schutzschicht 164 getrennt. Diese poröse Schutzschicht 164 kann auch als

Diffusionsbarriere wirken und einen Gaszutritt durch Diffusionszutritt begrenzen.

Vorzugsweise wird die dritte Elektrode 162 im heißen Bereich des Abgases angeordnet, kann jedoch grundsätzlich auch in einem Referenzgasraum angeordnet sein,

beispielsweise in einem Referenzraum eines Sondengehäuses des Sensorelements 114,

5 welches in Figur 2A nicht dargestellt ist. Die dritte Elektrode 162 bildet gemeinsam mit der zweiten Elektrode 122 eine Pumpzelle, welche im Rahmen der vorliegenden Erfindung ohne Beschränkung möglicher Funktionalitäten als Hilfspumpzelle 166 bezeichnet wird.

Die Funktion dieser Hilfspumpzelle 166 besteht darin, einen Sauerstoffmangel im Bereich der zweiten Elektrode 122, welcher durch den begrenzten Referenzgaskanal 134 bedingt

10 sein kann, insbesondere im fetten Abgas, auszugleichen.

Wie aus Figur 2A ebenfalls hervorgeht, ist bei der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Vorrichtung 110 in der Ansteuerung 118 der mit ALE bezeichnete Kontakt der zweiten Elektrode 122 mit einer virtuellen Masse 148 verbunden. Die erste Elektrode 120

15 hingegen ist mit einer Pumpspannungsquelle 152 verbunden, und der Pumpstrom I_p wird an der ersten Elektrode 120 erfasst. Dies geht aus dem in Figur 2B dargestellten

Ersatzschaltbild, welches analog zur Darstellung in Figur 1B gezeigt ist, nochmals hervor.

Mittels der Strommessvorrichtung 154 wird der Strom an der ersten Elektrode 120 erfasst, während die zweite Elektrode 122 auf dem Potenzial der, vorzugsweise einstellbar oder

20 sogar regelbar ausgestalteten, virtuellen Masse 148 liegt. Über die IPE 120 erfolgen die Pumpspannungseinspeisung und die Strommessung.

Weiterhin kann ein Anschlusskontakt 138 der dritten Elektrode 162, wie in Figur 2A dargestellt, mit einem Anschlusskontakt des Heizelements 140 zusammengefasst sein,

25 vorzugsweise mit dem Anschlusskontakt H^- . Der Anschlusskontakt H^+ ist in Figur 2A

lediglich symbolisch dargestellt. Dieser kann auch in der Zeichenebene gemäß Figur 2A

hinter dem Anschlusskontakt H^- angeordnet sein, so dass beispielsweise Zuleitungen für H^+ und H^- nebeneinander auf der Unterseite des Sensorelements 114 angeordnet sein

können. Beispielsweise kann es sich hierbei um gedruckte Anschlusskontakte und/oder

30 Durchkontaktierungen handeln. Ein Anschlusskontakt 138 der dritten Elektrode 162 ist

durch eine Drucktechnik beispielsweise leicht mit einer Durchkontaktierung für den

negativen Anschluss H^- verbindbar. Der Heizerkontakt H^+ kann beispielsweise mit einem High-Side-FET geschaltet werden.

35 Da die erste Elektrode 122 mittels der virtuellen Masse 148 auf ein vorgegebenes

Elektrodenpotenzial gelegt wird und da vorzugsweise die dritte Elektrode 162 über den

Heizerkontakt H^- auf eine elektrische Masse 150 geschaltet ist, bildet sich zwischen der

zweiten Elektrode 122 und der dritten Elektrode 162, also an der Hilfspumpzelle 166, eine

effektive Pumpspannung aus, welche sich aus einer Überlagerung der Spannung V_M und einer Nernstspannung U_N in der Hilfspumpzelle 166 ergibt. Durch Einstellung der virtuellen Masse 148, beispielsweise als Funktion der Luftzahl, kann dieser Hilfspumpstrom durch die Hilfspumpzelle 166 und damit die Beaufschlagung der zweiten Elektrode 122 mit zusätzlichem Sauerstoff eingestellt werden. Die Fläche der dritten Elektrode 162 und/oder die Porosität und/oder die Dicke der Schutzschicht 164 können so gewählt werden, dass auch im Fettgas bei der anliegenden Pumpspannung, beispielsweise von 2,5 V, ein aus einer Wasserzersetzung resultierender Pumpstrom von beispielsweise 2 mA größer ist als der im maximalen Fettmessbereich vorliegende statische Pumpstrom. Dazu kann beispielsweise der Diffusionsstrom entsprechend der Dicke, Porosität und Fläche berechnet werden.

Der zusätzliche Pumpstrom durch die Hilfspumpzelle 166 trägt jedoch zum Messsignal in der Strommessvorrichtung 154 nicht oder lediglich geringfügig bei. Dies lässt sich anhand der Ersatzschaltung in Figur 2B erläutern. So wird, wie oben ausgeführt, der Pumpstrom I_p als Funktion von λ an der ersten Elektrode 120 erfasst. Auch zur ersten Elektrode 120 kann von der dritten Elektrode 162 aus ein Transport von Sauerstoffionen erfolgen. Werden beispielsweise zwei Sauerstoffionen O^{2-} von der dritten Elektrode 162 zu der ersten Elektrode 120 transportiert, so entstehen beim Ausbau der Sauerstoffionen an der ersten Elektrode 120 zunächst vier freie Elektroden, welche den Messstrom I_p zunächst um ΔI_p mindern. Beim Abtransport des ausgebauten Sauerstoffs durch die Pumpzelle 136 jedoch wird der Messstrom I_p wieder um ΔI_p erhöht. Damit kompensieren sich die Effekte durch Ausbau von Sauerstoffionen und durch Abtransport der gebildeten Sauerstoffmoleküle an der ersten Elektrode 120, so dass der Pumpstrom in der Strommessvorrichtung 154 gemäß Figur 2B durch die zusätzliche dritte Elektrode 162 und die Spannung an der Hilfspumpzelle 166 unbeeinflusst bleibt.

In den Figuren 3A bis 3D sind, in einer zu Figur 1C analogen Darstellung, verschiedene Ausgestaltungen einer Ausgestaltung der Elektrodenpotenziale dargestellt. Dabei bezeichnet die Bezugsziffer 158 wiederum den Verlauf des Elektrodenpotenzials der ersten Elektrode 120, wohingegen die Bezugsziffer 160 den Verlauf des Elektrodenpotenzials der zweiten Elektrode 122 bezeichnet, jeweils als Funktion der Luftzahl λ .

So zeigt Figur 3A einen Verlauf, bei welchem das Potenzial 160 der zweiten Elektrode 122 konstant gehalten wird. Die Potentialdifferenz über der Pumpzelle 136, welche als Messzelle fungiert, ist dabei unverändert zum Stand der Technik. Lediglich die Potenziale der Elektroden 120, 122 sind durch die Tatsache, dass die virtuelle Masse 148 nunmehr

an der zweiten Elektrode 122 (ALE) anliegt, geändert. Beispielsweise kann das Potenzial der zweiten Elektrode 122 fest auf 2,5 V gehalten werden. Das Potenzial 158 der ersten Elektrode 120 kann beispielsweise zwischen 2,3 V im Fettgasbereich und 1,6 V an Luft variieren.

5

Wie oben ausgeführt, kann die virtuelle Masse 148 auch als einstellbare, variable oder sogar regelbare virtuelle Masse ausgestaltet sein. Dies ist in den Figuren 3B bis 3D exemplarisch dargestellt. Vorzugsweise wird die virtuelle Masse 148 bzw. das Potenzial, mit welchem über die virtuelle Masse 148 die zweite Elektrode 122 beaufschlagt wird, an
10 die aus dem Messstrom I_p ermittelte Abgaszusammensetzung angepasst. Dann wird vorzugsweise lediglich im Fettgas bei hohem Sauerstoffbedarf der Referenzgaskanal 134, beispielsweise der Abluftkanal (ALK), aufgepumpt. Dies ist exemplarisch in Figur 3B gezeigt. Vorzugsweise wird die Änderung der virtuellen Masse 148 mit deutlich größerer
15 Zeitkonstante (beispielsweise $\tau = 5$ s) vorgenommen, damit die Regelung nicht instabil wird. Die Speicherwirkung typischer Referenzgaskanäle 134 kann den Sauerstoffbedarf für ca. 30 s Fettmessung abpuffern. Beispielsweise kann in Figur 3B das Potenzial 160 der zweiten Elektrode 122 von 2,5 V im Fettgasbereich bis 1,1 V im mageren Bereich kontinuierlich oder auch diskontinuierlich oder z.B. stufenweise variiert werden. Das
20 Potenzial der ersten Elektrode 120 kann beispielsweise zwischen 2,3 V im Fettgasbereich bis 0,2 V an Luft variieren. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich. Auch bei dieser Ausgestaltung gemäß Figur 3B ist die Potentialdifferenz über der als Messzelle fungierenden Pumpzelle 136 zumindest im Wesentlichen unverändert gegenüber dem Stand der Technik und unbeeinflusst durch den Hilfspumpstrom durch die
25 Pumpzelle 166.

25

Durch die vorgeschlagene Erfindung kann der Referenzgaskanal 134 vergleichsweise klein ausgestaltet werden. Dies erhöht die Stabilität des Sensorelements 114 und senkt die mechanische Beeinträchtigung des Sensorelements 114 durch den Referenzgaskanal 134. Durch die Verwendung der virtuellen Masse 148, welche als geregelte virtuelle
30 Masse ausgestaltet sein kann, kann die Speicherwirkung des Referenzgaskanals 134 nämlich nur in so geringem Maße beansprucht werden, dass dieser mit sehr kleinem Volumen ausgestattet werden kann und damit keine mechanische Beeinträchtigung des Sensorelements 114 mehr darstellt. Vorzugsweise kann der Referenzgaskanal 134 sogar geschlossen ausgeführt werden, bei einer optimierten Regelung. Dies ist in Figur 3C
35 durch einen Verlauf der Elektrodenpotenziale 158, 160 dargestellt. Während das Potenzial der ALE 122 (Kurve 160) auf einem konstanten Wert liegt, beispielsweise 2,5 V, sinkt das Potenzial der IPE 120 (Kurve 158) mit steigender Luftzahl kontinuierlich ab, beispielsweise von 2,3 V auf 1,6 V.

Die in den Figuren 3A bis 3C dargestellten Potenzialverläufe sind insbesondere geeignet bei einer hochohmigen Auslegung der Hilfspumpzelle 166. In diesem Fall benötigt die Hilfspumpzelle 166 eine größere Pumpspannung, aufgrund des Spannungsabfalls am Elektrolytwiderstand. Wenn der Widerstand der Hilfspumpzelle 166 extrem groß
5 ausgestaltet wird, beispielsweise durch Wahl kleiner Elektroden (beispielsweise 500 Ohm), dann liefern die in den Figuren 3A bis 3C dargestellten Fälle mit linearem Potenzialverlauf der V_M -Ansteuerung gute Ergebnisse. Dann sollte lediglich beachtet werden, dass V_M am dem Fettgasbereich zuweisenden Ende sehr groß gewählt wird, beispielsweise 2,5 V für 2 mA Hilfspumpstrom. Dann wird im mageren Luftzahlbereich
10 beispielsweise ein fünffach größerer Pumpstrom der Pumpzelle 136 möglich im Vergleich zur Hilfspumpzelle 166, denn der Strom durch die Hilfspumpzelle 166 im mageren Luftzahlbereich ist entbehrlich. Allerdings sollte darauf geachtet werden, dass bei der Hochspannungsauslegung auf der dem fetten Luftzahlbereich zuweisenden Seite die
15 Pumpspannung nicht größer gewählt wird als die Summe aus der Zersetzungsspannung des ZrO_2 und dem Innenwiderstand multipliziert mit dem Grenzstrom der Schutzschicht der dritten Elektrode 162, da sonst eine ZrO_2 -Zersetzung eintreten kann. Grundsätzlich gilt für diese und für andere Ausführungsbeispiele, dass die Pumpspannung U_p den Verlauf der Pumpspannungen U_p herkömmlicher Bauelemente gemäß dem Stand der
20 Technik nicht überschreiten sollte, damit kein zusätzlicher Messstrom infolge einer Wasserzersetzung erfasst wird. Das Potenzial 160 der virtuellen Masse V_M sollte einen Wert von ca. $R \cdot I_p + 1,1$ V nicht überschreiten, damit nicht durch ZrO_2 -Zersetzung (beispielsweise in Form einer partiellen Reduktion) an der dritten Elektrode 162 eine Zerstörung des Sensorelements eingeleitet wird.

25 In Figur 3D ist schließlich ein besonders bevorzugter Verlauf der Elektrodenpotenziale 158, 160 sowie eines Elektrodenpotenzials 168 der dritten Elektrode 162 dargestellt. Dieses Ausführungsbeispiel und ähnliche Ausführungsbeispiele mit nicht-linearem Verlauf der Elektrodenpotenziale 158, 160 ist besonders vorteilhaft bei Hilfspumpzellen 166 mit
30 vergleichsweise kleinem Innenwiderstand, beispielsweise Innenwiderständen von 150 Ohm oder weniger, beispielsweise 80 Ohm. Bei dem Ausführungsbeispiel in Figur 3D weist das Elektrodenpotenzial 160 der zweiten Elektrode 122 ein lokales Minimum beim Wert $\lambda = 1$ auf. Dabei wird für jeden Lambda-Wert über einen vorgegebenen Messbereich hinweg das Elektrodenpotenzial 160 der zweiten Elektrode 122 so eingestellt, dass kein
35 negatives Potenzial an der ersten Elektrode 120 auftritt. Diese Ausgestaltung bietet den Vorteil, dass als Pumpspannungsquelle 152 eine unipolare Pumpspannungsquelle eingesetzt werden kann, da eine Umpolung nicht erforderlich ist. Das Elektrodenpotenzial 158 der ersten Elektrode 120 ergibt sich durch Subtraktion der Pumpspannung U_p von

dem Elektrodenpotenzial 160 der zweiten Elektrode 122. Gleichzeitig bewirkt das lokale Minimum im Bereich um $\lambda = 1$, dass in diesem Bereich, der bezüglich der Kennlinien besonders kritisch ist, keine Zersetzung von Nicht-Sauerstoffkomponenten im Abgas stattfinden kann, beispielsweise keine Wasserzersetzung, oder dass eine derartige

5 Zersetzung zumindest weitgehend reduziert wird. Auf diese Weise lässt sich die Kennlinie auch um den kritischen Bereich $\lambda = 1$ herum, in welchem zahlreiche Betriebsvorgänge gesteuert werden müssen, qualitativ deutlich verbessern.

Die Potenzialdifferenz U_p wird bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3D mit λ

10 nachgeführt. Zusätzlich wird bei dem Ausführungsbeispiel auch die Potenzialdifferenz V_M der virtuellen Masse 148 mit λ nachgeführt. Bei fetten Gasgemischszusammensetzungen wird ein hohes V_M gewählt, woraus ein ausreichender Zusatzpumpstrom resultiert. Wie oben ausgeführt, bedeutet dies, dass auch mit einem kleinen

15 Referenzgaskanal 134 gearbeitet werden kann, da durch die Hilfspumpzelle 166 Sauerstoff an der zweiten Elektrode 122 nachgeliefert wird. Bei $\lambda = 1$ liegt ein Minimum des Potenzials 160 der zweiten Elektrode 122 vor. Das niedrige V_M bewirkt, dass keine oder lediglich eine geringfügige Wasserzersetzung in diesem Bereich stattfindet. Mit steigenden Luftzahlen schließlich, also im mageren Luftzahlbereich, erfolgt wieder ein

20 Anstieg des Elektrodenpotenzials 160 der zweiten Elektrode 122 hin zu einem hohen V_M , damit kein negatives Potenzial an der ersten Elektrode 120 auftritt, was eine Umpolung der Pumpspannungsquelle 152 verhindert. Während dieses Verlaufs liegt die dritte Elektrode 162 stets auf dem konstanten Elektrodenpotenzial 0, da diese über den

Heizerkontakt H auf die elektrische Masse 150 geschaltet ist. Das Potenzial 160 der zweiten Elektrode 122 kann beispielsweise zwischen 1,5 V und 0,2 V variieren,

25 vorzugsweise zwischen 1,0 V bzw. 1,1 V bei fetten bzw. mageren Luftzahlen, und 0,4 V bis 0,6 V bei $\lambda = 1$. Auch andere Ausgestaltungen sind jedoch grundsätzlich möglich.

Ansprüche

5

1. Vorrichtung (110) zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem Messgasraum (112), insbesondere zur Erfassung eines Anteils mindestens einer Gaskomponente, wobei die Vorrichtung (110) mindestens ein Sensorelement (114) und mindestens eine Ansteuerung (118) umfasst, wobei das Sensorelement (114) mindestens
10 eine Pumpzelle (136) mit mindestens einer ersten Elektrode (120) und mindestens einer zweiten Elektrode (122) sowie mindestens einem die erste Elektrode (120) und die zweite Elektrode (122) verbindenden Festelektrolyten (124) umfasst, wobei die erste Elektrode (120) mit Gas aus dem Messgasraum (112) beaufschlagbar ist, wobei die zweite Elektrode (122) in mindestens einem Referenzgasraum (132) angeordnet ist,
15 insbesondere einem Referenzgaskanal (134), wobei das Sensorelement (114) weiterhin mindestens eine dritte Elektrode (162) aufweist, wobei die dritte Elektrode (162) mit der zweiten Elektrode (122) eine Hilfspumpzelle (166) bildet, wobei die Ansteuerung (118) derart eingerichtet ist, dass die zweite Elektrode (122) mit einer virtuellen Masse (148) verbunden ist, wobei die Ansteuerung (118) weiterhin eingerichtet ist, um die Pumpzelle
20 (136) mit einer Pumpspannung zu beaufschlagen und einen Pumpstrom an der ersten Elektrode (120) zu erfassen.
2. Vorrichtung (110) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die dritte Elektrode (162) mit Gas aus dem Messgasraum (112) und/oder mit Gas aus einem
25 weiteren Referenzgasraum (132) beaufschlagbar ist.
3. Vorrichtung (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die virtuelle Masse (148) als einstellbare virtuelle Masse (148) ausgestaltet ist.
- 30 4. Vorrichtung (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ansteuerung (118) derart ausgestaltet ist, dass eine Spannung zwischen der dritten Elektrode (162) und der zweiten Elektrode (122) anlegbar ist, wobei ein Hilfspumpstrom durch die Hilfspumpzelle (166) fließt.
- 35 5. Vorrichtung (110) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Ansteuerung (118) derart ausgestaltet ist, dass die dritte Elektrode (162) mit einem Elektrodenpotenzial, insbesondere einem konstanten Elektrodenpotenzial, beaufschlagt

wird, wobei die Spannung sich als Potenzialdifferenz zwischen dem Elektrodenpotenzial und einem Potenzial der virtuellen Masse (148) ergibt.

- 5 6. Vorrichtung (110) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die zu bestimmende Eigenschaft ein Sauerstoffanteil in dem Gas ist, wobei die Spannung derart gewählt ist, dass eine Menge an Sauerstoff durch die Hilfspumpzelle (166) zu der zweiten Elektrode (122) gepumpt wird, so dass innerhalb eines vorgegebenen Luftzahlbereichs bei jeder Luftzahl bei statischer Messung Sauerstoff an der zweiten Elektrode (122) vorhanden ist.
- 10 7. Vorrichtung (110) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Ansteuerung (118) zur Beaufschlagung der Pumpzelle (136) mit der Pumpspannung mindestens eine Pumpspannungsquelle (152) umfasst, wobei die Pumpspannungsquelle (152) als unipolare Pumpspannungsquelle (152) ausgestaltet ist, wobei ein Potenzial der virtuellen Masse (148) innerhalb des vorgegebenen Luftzahlbereichs derart gewählt wird, dass ein Potenzial der ersten Elektrode (120) innerhalb des vorgegebenen Luftzahlbereichs keinen Vorzeichenwechsel erfährt.
- 15 8. Vorrichtung (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Sensorelement (114) weiterhin mindestens ein Heizelement (140) mit mindestens zwei Heizerkontakten aufweist, wobei die dritte Elektrode (162) mit mindestens einem der Heizerkontakte elektrisch verbunden ist.
- 20 9. Vorrichtung (110) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die Ansteuerung (118) derart ausgestaltet ist, dass die dritte Elektrode (162) und der Heizerkontakt mit einem konstanten Potenzial beaufschlagt werden, insbesondere einem Massepotenzial.
- 25 10. Vorrichtung (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die virtuelle Masse (148) die zweite Elektrode (122) mit einem Elektrodenpotenzial beaufschlagt, wobei die Ansteuerung (118) eingerichtet ist, um das Elektrodenpotenzial in Abhängigkeit von der erfassten Eigenschaft des Gases, insbesondere einer erfassten Luftzahl, zu verändern.
- 30 11. Vorrichtung (110) nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei die erfasste Eigenschaft des Gases eine Luftzahl ist, wobei die Ansteuerung (118) derart eingerichtet ist, dass der Betrag des Elektrodenpotenzials bei $\Lambda=1$ ein lokales Minimum einnimmt.
12. Vorrichtung (110) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die Veränderung mit einer Zeitkonstanten von mindestens 1 s erfolgt, vorzugsweise mit

einer Zeitkonstanten von 1 s bis 10 s und besonders bevorzugt mit einer Zeitkonstanten von 5 s.

13. Vorrichtung (110) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der
5 Referenzgasraum (132) als geöffneter Referenzgaskanal (134), insbesondere als
geöffneter Luftreferenzkanal, ausgestaltet ist.

14. Verfahren zur Bestimmung mindestens einer Eigenschaft eines Gases in einem
Messgasraum (112), insbesondere unter Verwendung einer Vorrichtung (110) nach einem
10 der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Sensorelement (114) verwendet wird,
aufweisend mindestens eine Pumpzelle (136) mit mindestens einer ersten Elektrode (120)
und mindestens einer zweiten Elektrode (122) sowie mindestens einem die erste
Elektrode (120) und die zweite Elektrode (122) verbindenden Festelektrolyten (124),
wobei die erste Elektrode (120) mit Gas aus dem Messgasraum (112) beaufschlagbar ist,
15 wobei die zweite Elektrode (122) in mindestens einem Referenzgasraum (132)
angeordnet ist, wobei das Sensorelement (114) weiterhin mindestens eine dritte Elektrode
(162) aufweist, wobei die dritte Elektrode (162) mit der zweiten Elektrode (122) eine
Hilfspumpzelle (166) bildet, wobei die zweite Elektrode (122) mit einer virtuellen Masse
(148) verbunden wird, wobei die Pumpzelle (136) mit einer Pumpspannung beaufschlagt
20 wird und wobei ein Pumpstrom an der ersten Elektrode (120) erfasst wird.

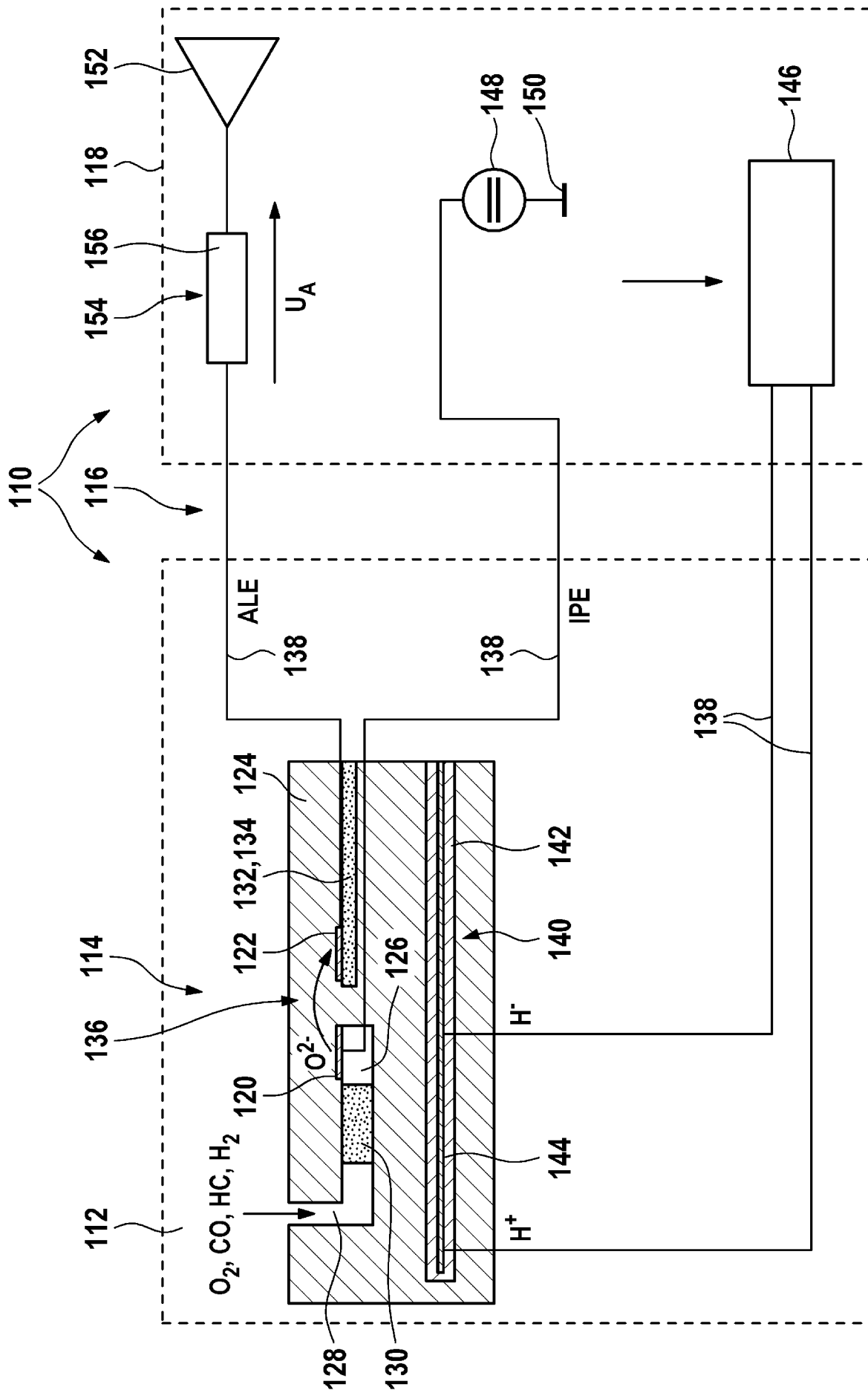


FIG. 1A

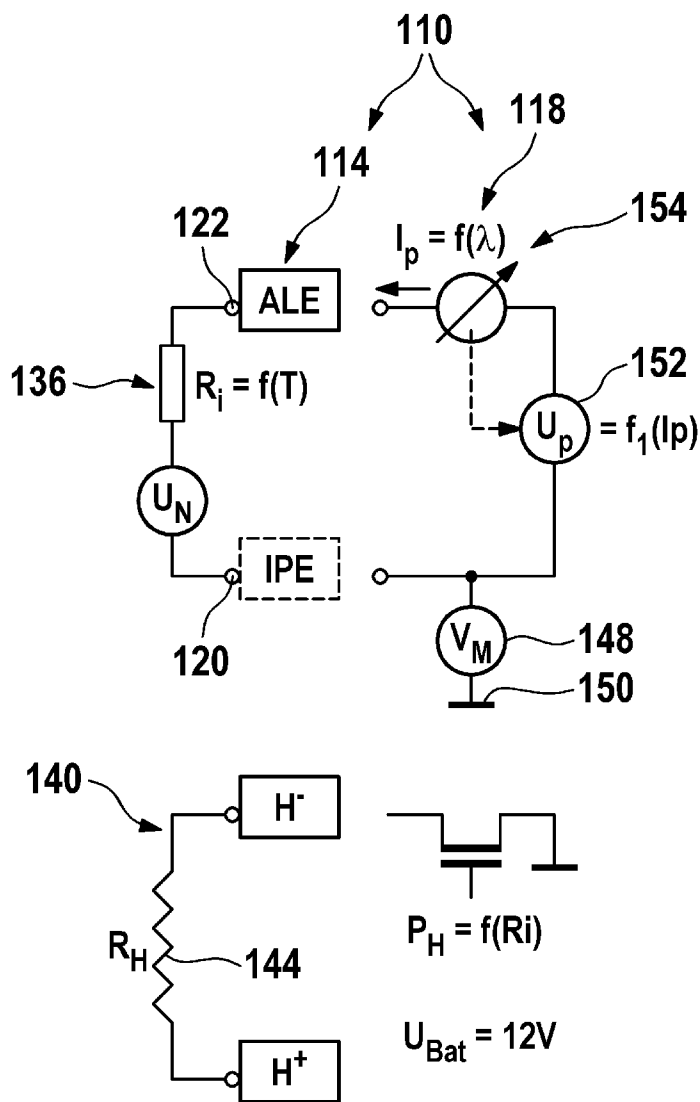


FIG. 1B

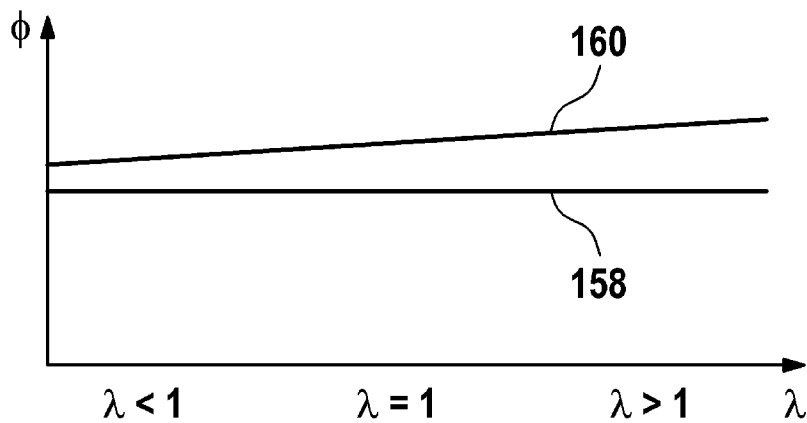


FIG. 1C

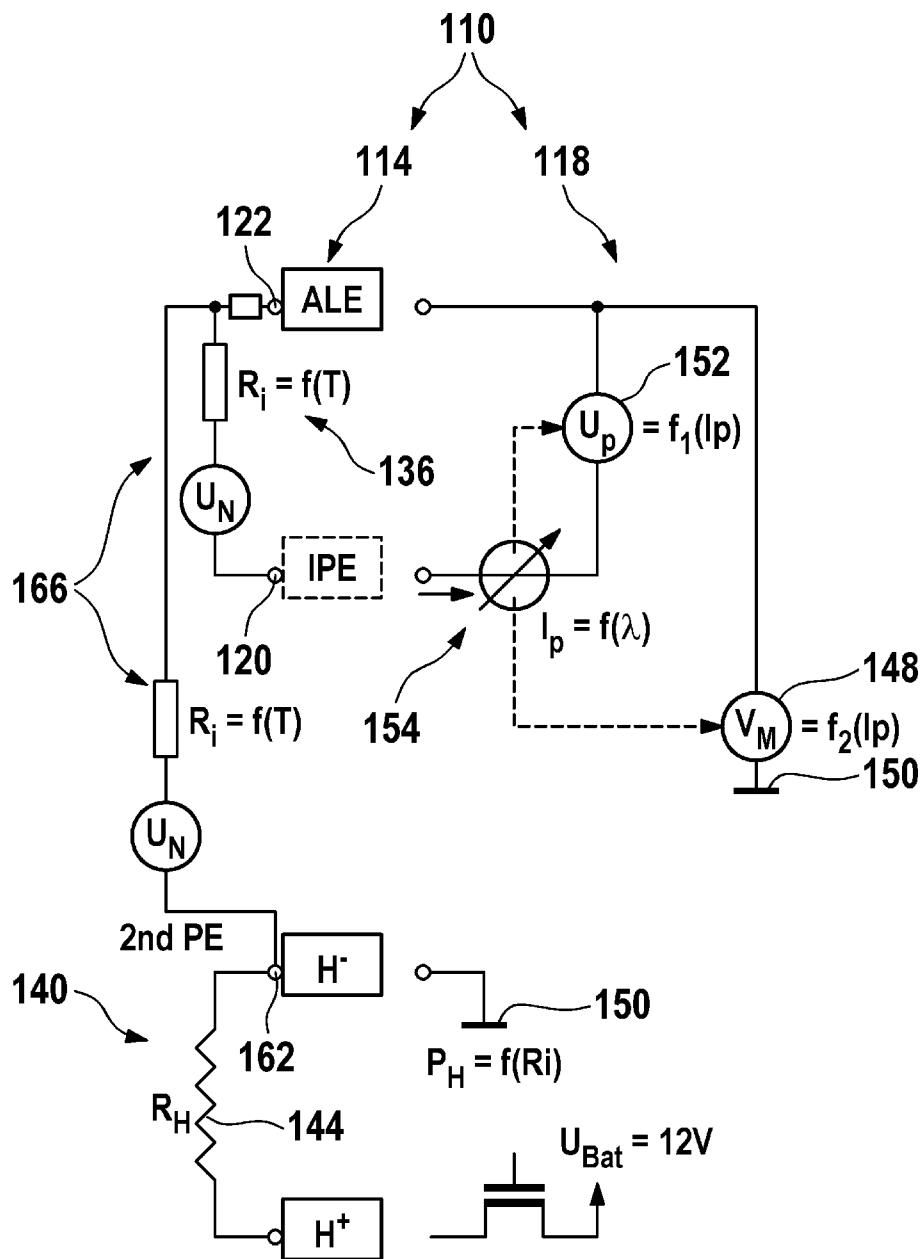


FIG. 2B

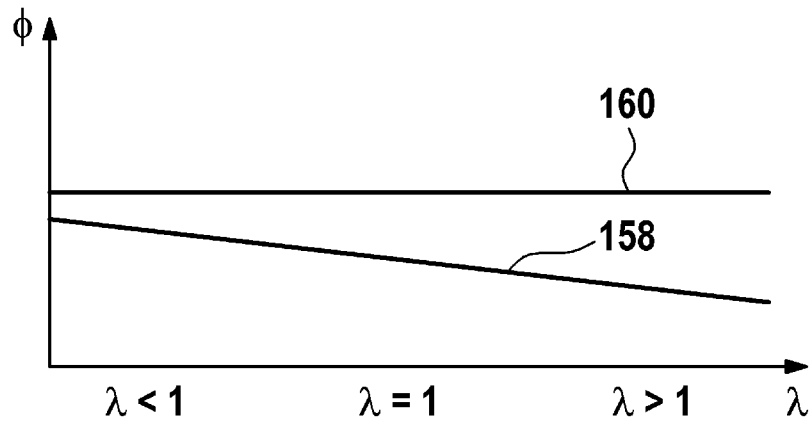


FIG. 3A

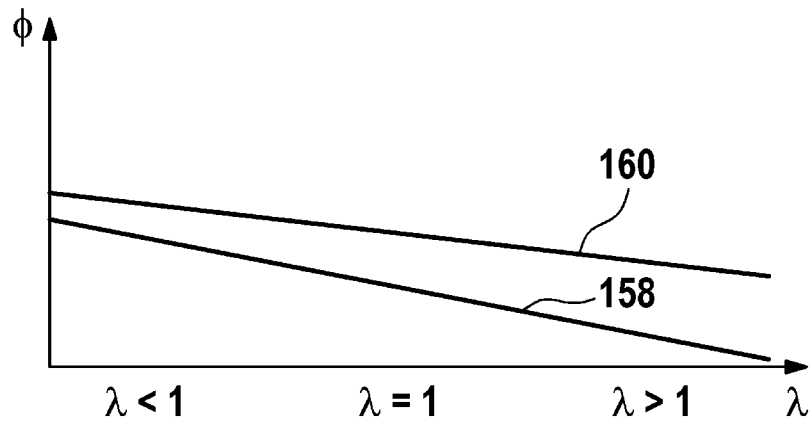


FIG. 3B

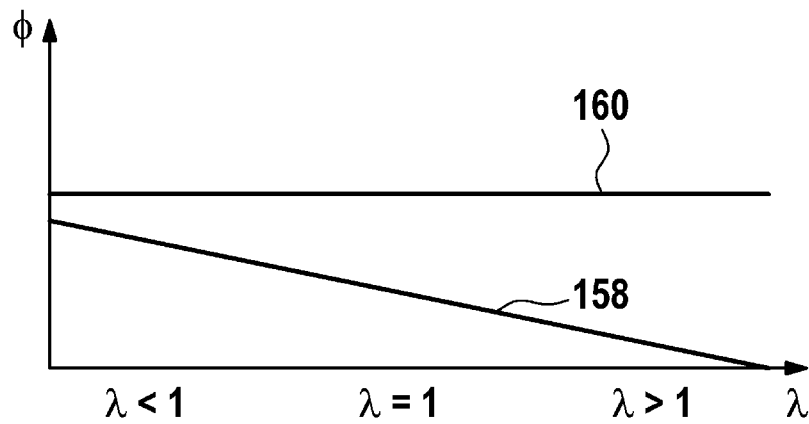


FIG. 3C

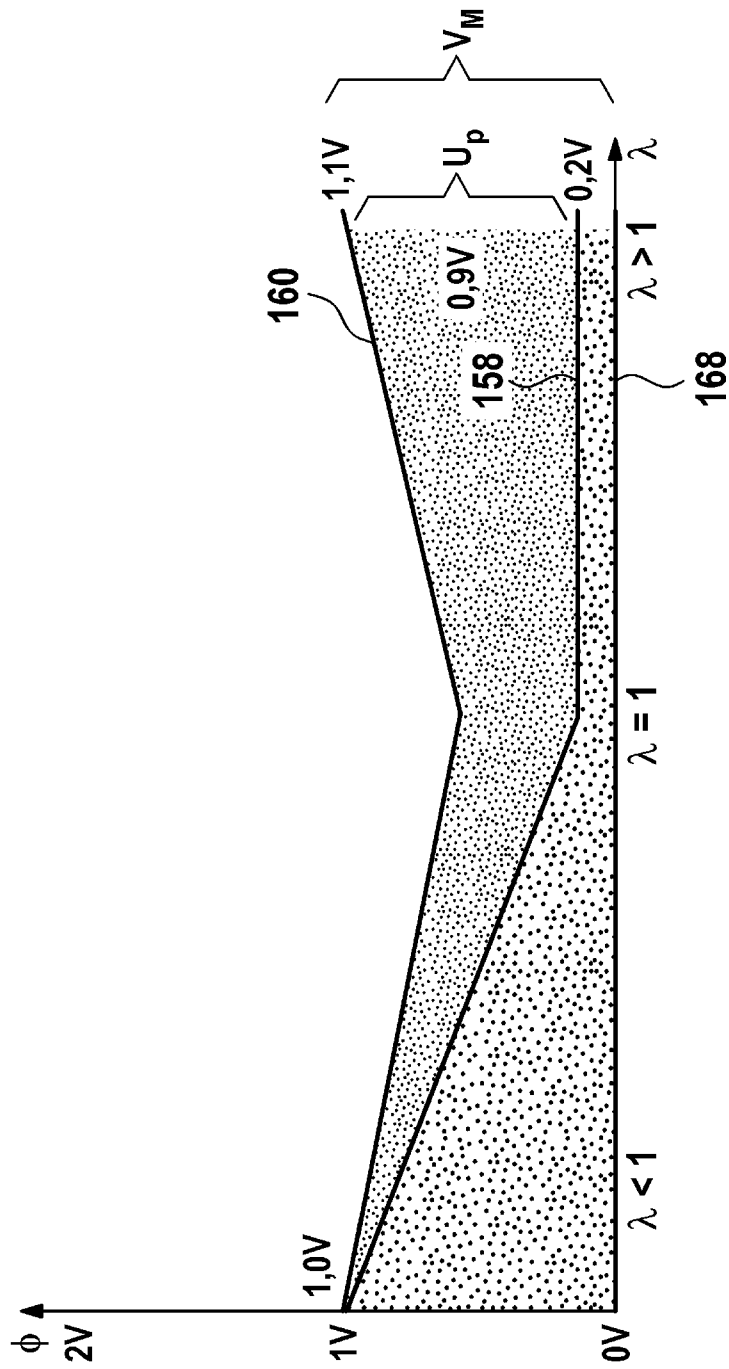


FIG. 3D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2011/057750

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G01N27/419
 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 practical, search terms used)
 EPO-Internal

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 2006 014681 AI (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 October 2007 (2007-10-04) paragraphs [0015], [0016], [0019], [0021], [0023]; figures 1-3 -----	1-6,8-14
X	US 4 487 680 A (LOGOTHETIS ELEFTHERIOS M [US] ET AL) 11 December 1984 (1984-12-11) figures 1,4 column 2, line 5 - line 6 column 2, line 44 - line 52 column 3, line 40 - line 42 column 4, line 58 - line 66 ----- -/- .	1-6, 10-12, 14

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 document 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

27 July 2011

Date of mailing of the international search report

16/08/2011

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
 Stei nmetz , Johannes

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/057750

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
A	DE 44 47 033 AI (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11 July 1996 (1996-07-11) figures 1,2 column 2, line 34 - line 55 column 3, line 30 - line 62 column 4, line 28 - line 34 -----	1-14
A	DE 101 15 872 AI (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17 October 2002 (2002-10-17) Paragraph [0006] ; figures 1,3 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2011/057750
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102006014681 AI	04-10-2007	CN 101410712 A	15-04-2009
		EP 2002253 AI	17-12-2008
		WO 2007110291 AI	04-10-2007
		JP 2009531682 A	03-09-2009
		KR 20080111460 A	23-12-2008
		US 2009107839 AI	30-04-2009

US 4487680 A	11-12 -1984	NONE	

DE 4447033 AI	11-07 -1996	CN 1141674 A	29-01-1997
		WO 9620400 AI	04-07-1996
		EP 0748443 AI	18-12-1996
		JP 9509747 T	30-09-1997
		US 5686654 A	11-11-1997

DE 10115872 AI	17-10 -2002	JP 2002310988 A	23-10-2002
		US 2002175077 AI	28-11-2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N27/419
 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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 014681 AI (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. Oktober 2007 (2007-10-04) Absätze [0015], [0016], [0019], [0021], [0023]; Abbildungen 1-3 -----	1-6,8-14
X	US 4 487 680 A (LOGOTHETIS ELEFTHERIOS M [US] ET AL) 11. Dezember 1984 (1984-12-11) Abbildungen 1,4 Spalte 2, Zeile 5 - Zeile 6 Spalte 2, Zeile 44 - Zeile 52 Spalte 3, Zeile 40 - Zeile 42 Spalte 4, Zeile 58 - Zeile 66 ----- -/-	1-6, 10-12, 14

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen 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" älteres Dokument, 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 anderen 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
27. Juli 2011	16/08/2011

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 Steinmetz, Johannes
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 44 47 033 AI (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 11. Juli 1996 (1996-07-11) Abbildungen 1,2 Spalte 2, Zeile 34 - Zeile 55 Spalte 3, Zeile 30 - Zeile 62 Spalte 4, Zeile 28 - Zeile 34 -----	1-14
A	DE 101 15 872 AI (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. Oktober 2002 (2002-10-17) Absatz [0006] ; Abbildungen 1,3 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/057750

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006014681 AI	04-10-2007	CN 101410712 A	15-04-2009
		EP 2002253 AI	17-12-2008
		WO 2007110291 AI	04-10-2007
		JP 2009531682 A	03-09-2009
		KR 20080111460 A	23-12-2008
		US 2009107839 AI	30-04-2009

US 4487680 A	11-12 -1984	KEINE	

DE 4447033 AI	11-07 -1996	CN 1141674 A	29-01-1997
		WO 9620400 AI	04-07-1996
		EP 0748443 AI	18-12-1996
		JP 9509747 T	30-09-1997
		US 5686654 A	11-11-1997

DE 10115872 AI	17-10 -2002	JP 2002310988 A	23-10-2002
		US 2002175077 AI	28-11-2002
