

(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
08. Juni 2023 (08.06.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/099253 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 27/406 (2006.01) G01N 27/407 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/082556

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. November 2022 (21.11.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2021 213 465.3
30. November 2021 (30.11.2021) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **SCHWAERZLE, Andreas**; Glockenblumenstr. 10a, 70563 Stuttgart (DE). **HALLER, Stefan**; Brunnring

50, 72108 Rottenburg A.N. (Wurmlingen) (DE). **ARPI-THA, S G**; 115, 10th main road, Ganesh block, Nandini layout Bengaluru, Karnataka 560096 (IN).

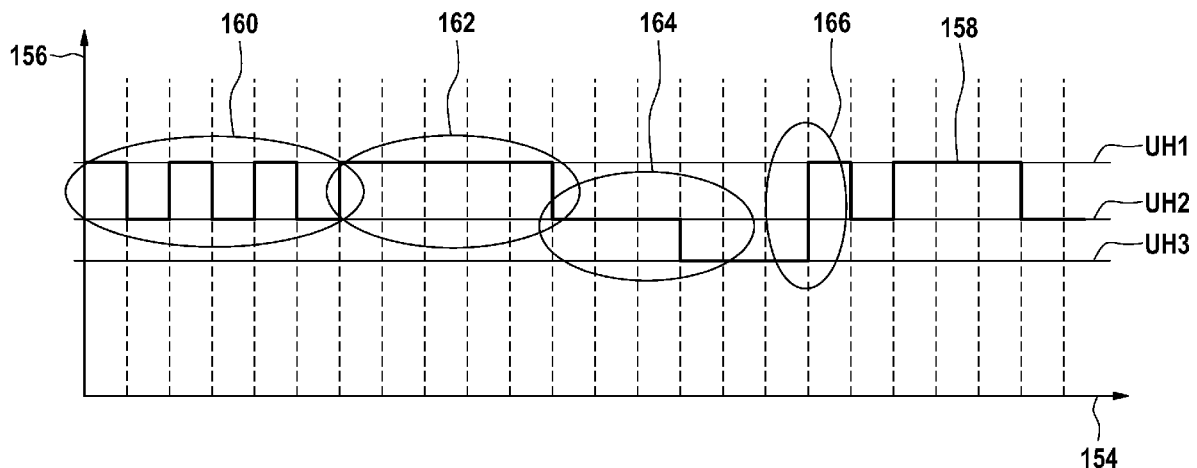
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A SENSOR FOR DETERMINING AT LEAST ONE PROPORTION OF A GAS IN A MEASUREMENT GAS CHAMBER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SENSORS ZUM BESTIMMEN MINDESTENS EINES ANTEILS EINES GASES IN EINEM MESSGASRAUM

FIG. 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a sensor (100) for determining at least one proportion of a gas in a measurement gas chamber, in particular for detecting at least one proportion of a molecular measurement gas component and/or a measurement gas component with bound oxygen in a measurement gas. The sensor (100) has a sensor element (110) for sensing the at least one proportion of the gas in the measurement gas chamber, a heating element (148) for heating the sensor element (110), and an electrical voltage source (152) for applying an electrical heating voltage (U_H) to the heating element (148). The method comprises applying a first heating voltage (U_{H1}) if a first temperature measurement is valid at a first point in time, applying a second heating voltage (U_{H2}) if a second temperature measurement is invalid at a second point in time which follows the



WO 2023/099253 A1

CV, 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, ME, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

first point in time, and applying a third heating voltage (U_{H3}) if a third temperature measurement is invalid at the second point in time and at least one third point in time which follows the second point in time. The first heating voltage (U_{H1}), the second heating voltage (U_{H2}) and/or the third heating voltage (U_{H3}) is applied if a temperature of the sensor element (110) is below a predetermined threshold value.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors (100) zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere zum Nachweis mindestens eines Anteils einer molekularen Messgaskomponente und/oder einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, vorgeschlagen. Der Sensor (100) weist ein Sensorelement (110) zum Erfassen des mindestens einen Anteils des Gases in dem Messgasraum, ein Heizelement (148) zum Beheizen des Sensorelements (110) und eine elektrische Spannungsquelle (152) zum Anlegen einer elektrischen Heizspannung (U_H) an das Heizelement (148) auf. Das Verfahren umfasst Anlegen einer ersten Heizspannung (U_{H1}), falls zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Temperaturmessung gültig ist, Anlegen einer zweiten Heizspannung (U_{H2}), falls zu einem zweiten Zeitpunkt, der dem ersten Zeitpunkt nachfolgt, eine zweite Temperaturmessung ungültig ist, und Anlegen einer dritten Heizspannung (U_{H3}), falls zu dem zweiten Zeitpunkt und mindestens einem dritten Zeitpunkt, der dem zweiten Zeitpunkt nachfolgt, eine dritte Temperaturmessung ungültig ist. Die erste Heizspannung (U_{H1}), die zweite Heizspannung (U_{H2}) und/oder die dritte Heizspannung (U_{H3}) wird angelegt, falls eine Temperatur des Sensorelements (110) unterhalb eines vorbestimmten Schwellwerts ist.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Betreiben eines Sensors zum Bestimmen mindestens eines
Anteils eines Gases in einem Messgasraum

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung wird im Folgenden, ohne Beschränkung weiterer möglicher Ausgestaltungen, im Wesentlichen unter Bezugnahme auf Verfahren und Vorrichtungen beschrieben, welche zur quantitativen und/oder qualitativen Erfassung mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum dienen.

20

Beispielsweise kann es sich bei dem Gas um ein Abgas einer Brennkraftmaschine handeln, insbesondere im Kraftfahrzeugbereich. Bei dem Messgasraum kann es sich beispielsweise um einen Abgastrakt handeln. Bei dem Sensorelement kann es sich hierbei beispielsweise um eine Lambdasonde, insbesondere um eine binäre Sprungsonde oder eine Breitband-Lambdasonde, handeln. Lambdasonden sind beispielsweise in Robert Bosch GmbH: Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 160–165, beschrieben.

25

Bei dem Anteil des Gases kann es sich beispielsweise um eine Zielgaskomponente, beispielsweise um Sauerstoff und/oder Stickstoff und/oder Stickoxide und/oder Kohlenwasserstoffe und/oder andere Arten von Gaskomponenten handeln. Prinzipiell kann es sich bei dem Sensorelement auch um einen anderen Sensor handeln, beispielsweise einen NO_x-Sensor.

30

Sensorelemente der genannten Art können insbesondere auf der Verwendung eines oder mehrerer Festelektrolyte basieren, also auf der Verwendung von Festkörpern, insbesondere keramischen Festkörpern, welche ionenleitende, insbesondere sauerstoffionenleitende, Eigenschaften aufweisen. Beispiele derartiger Festelektrolyte sind auf Zirkoniumdioxid basierende Festelektrolyte,

35

- 2 -

5 wie beispielsweise Yttrium-stabilisiertes Zirkoniumdioxid (YSZ) und/oder
Scandium-dotiertes Zirkoniumdioxid (ScSZ). Bei Lambdasonden, insbesondere
bei Breitband-Lambdasonden, kann eine in einen Messhohlraum
eindiffundierende Menge an Sauerstoff (O₂) und/oder Fettgas beispielsweise
10 anhand eines Grenzstroms, insbesondere bei Einzellern, und/oder anhand eines
zu einer Regelung einer Hohlraumkonzentration auf $\lambda = 1$ notwendigen
Pumpstroms, insbesondere bei Doppelzellern, gemessen werden. Beispielsweise
kann ein fließender Messstrom proportional zu einem O₂-Gehalt und/oder zu
einem Fettgas-Gehalt in einem Abgas sein. Eine Messung der
15 Hohlraumkonzentration kann anhand einer Bestimmung einer Nernstspannung
zwischen einer Nernstelektrode in dem Hohlraum und einer sauerstoffbespülten
und/oder luftbespülten Referenzelektrode in einem Referenzraum erfolgen. Aus
einem linearen Zusammenhang des Grenzstroms mit einem
Sauerstoffpartialdruck kann eine Messung des Sauerstoffpartialdrucks in dem
Abgas durchgeführt werden.

Außerdem sind sogenannte Partikelsensoren bekannt. Bei Partikelsensoren wird
mittels zweier Elektroden, die auf einer Keramik angeordnet sind, eine
Konzentration von Teilchen, wie beispielsweise Ruß- oder Staubpartikeln, in
20 einem Abgas gemessen. Dies kann beispielsweise durch eine Messung des
elektrischen Widerstands des die beiden Elektroden trennenden keramischen
Werkstoffs erfolgen. Genauer wird der elektrische Strom gemessen, der beim
Anlegen einer elektrischen Spannung an die Elektroden zwischen diesen fließt.
Die Rußpartikel lagern sich aufgrund elektrostatischer Kräfte zwischen den
25 Elektroden ab und bilden mit der Zeit elektrisch leitfähige Brücken zwischen den
Elektroden. Je mehr dieser Brücken vorhanden sind, umso mehr steigt der
gemessene Strom. Es bildet sich somit ein zunehmender Kurzschluss der
Elektroden.

30 Bekannt sind weiterhin Sensoren zum Nachweis mindestens eines Anteils der
Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Gasgemisch,
insbesondere in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, durch Erfassen
eines Anteils an Sauerstoff, der durch eine Reduktion der Messgaskomponente
mit dem gebundenem Sauerstoff erzeugt wird, bei Anwesenheit von molekularem
35 Sauerstoff.

Sensoren zum Nachweis mindestens eines Anteils der Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Gasgemisch, die auch verkürzt oder vereinfacht NO_x-Sensoren oder Stickoxid-Sensoren bezeichnet werden, sind
5 beispielsweise in Reif, K., Deitsche, K-H. et al., *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014, Seite 1338-1347 beschrieben.

Stickoxid-Sensoren (= NO_x-Sensoren), die heutzutage in der Automobiltechnik eingesetzt werden, funktionieren nach dem Grenzstromprinzip, analog zu
10 Sauerstoff-Sensoren, wie beispielsweise Lambda Sensoren. Ein solcher Stickoxid-Sensor umfasst eine Nernst-Konzentrationszelle, die auch Referenzzelle genannt wird, eine modifizierte Sauerstoffpumpzelle und eine weitere modifizierte Sauerstoffpumpzelle, die die sogenannte NO_x-Zelle. Eine
15 dem Abgas ausgesetzte äußere Pumpelektrode und eine innere Pumpelektrode in einem ersten Hohlraum, der vom Abgas durch eine Diffusionsbarriere getrennt ist, bilden die Sauerstoffpumpzelle. Im ersten Hohlraum befindet sich auch die Nernstelektrode und in einem Referenzgasraum die Referenzelektrode, die zusammen die Nernstzelle bzw. Referenzzelle bilden. Die NO_x-Zelle umfasst eine
20 NO_x-Pumpelektrode und eine Gegenelektrode. Die NO_x-Pumpelektrode befindet sich einem zweiten Hohlraum, der mit dem ersten inneren Hohlraum verbunden und von diesem durch eine Diffusionsbarriere getrennt ist. Die Gegenelektrode befindet sich in dem Referenzgasraum. Alle Elektroden in dem ersten und zweiten Hohlraum haben einen gemeinsamen Rückleiter.

Bei Betrieb des Stickoxid-Sensor wird der sogenannten O₂-Zelle der Sauerstoff aus dem ersten Hohlraum, der über eine Diffusionsbarriere mit dem Abgas verbunden ist, entfernt. Der dadurch resultierende Pumpstrom ist dann proportional zum Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft im Messgas- bzw.
30 Abgasstrom. In der NO_x-Zelle werden die Stickoxide abgepumpt. Das Stickoxid NO_x, in der in den zweiten Hohlraum befindlichen Atmosphäre, wird durch Anlegen einer konstanten Pumpspannung reduziert bzw. abgebaut. Der durch Reduktion oder Abbau der Messgaskomponente in dem zweiten Hohlraum erzeugte Sauerstoff, der vorzugsweise aus der Reduktion des Stickoxids NO_x
35 stammt, wird in einen Referenzgasraum abgepumpt. So hat die angelegte

Pumpspannung hat gegen den Widerstand der NO_x-Zelle und der Konzentration des Stickoxids NO_x bzw. Sauerstoffs einen Pumpstrom zur Folge, der proportional zum Gehalt an Stickoxid NO_x bzw. Sauerstoff ist und das NO_x-Messsignal darstellt.

5

In Systemen mit Verbrennungsmotor werden zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte komplexe Abgasnachbehandlungssysteme eingesetzt. Bei Dieselsystemen gehören mehrere Sensoren zur Messung der Sauerstoff- und Stickoxidkonzentration dazu. Insbesondere NO_x-Sensoren, welche sowohl die O₂- als auch die NO_x-Konzentration gleichzeitig messen können. Diese Sensoren setzen sich typischerweise aus einem Sensorelement als Messfühler und einem Kleinststeuergerät (SCU) zusammen. Der Messfühler wandelt die O₂- und NO_x-Konzentrationen durch elektrochemische Prozesse in jeweils ein Stromsignal um. Die SCU berechnet aus den Stromsignalen die O₂- und NO_x-Konzentrationen und sendet diese über eine CAN-Schnittstelle an das Motorsteuergerät (ECU).

10

15

Die zuvor genannten Abgassensoren sind mit Heizelementen versehen, um die jeweilige Funktionsweise sicherzustellen. Der Heizer des Partikelsensors dient beispielsweise zur Regeneration des Sensorelements, bei der durch Erwärmen das Abbrennen des Rußes erfolgt. Der Heizer wird hier nur instationär betrieben. Die anderen Sensoren funktionieren nur bei einer hinreichend hohen Arbeitstemperatur der Sondenkeramik und werden daher kontinuierlich auf eine spezifizierte Zieltemperatur beheizt.

20

25

Der Partikelsensor hat ein integriertes Temperaturmeselement mit einem Messbereich von -40°C bis 950°C um eine genaue Steuerung der Regeneration zu ermöglichen. Bei den NO_x-Sensoren und Lambdasonden wird die Temperatur des Sensorelements hingegen über den Innenwiderstand der Sondenkeramik ermittelt. Dieser Innenwiderstand ist in Abhängigkeit des jeweiligen Sensorelements sowie der verwendeten Auswertelogik (analoge Schaltung oder ASIC) erst ab einer erhöhten Temperatur messbar. Die Abtastrate des Innenwiderstands der Sondenkeramik bei der Verwendung eines ASIC liegt typischerweise bei 5 ms. Für analoge Schaltungen, die z.B. für die binäre Lambdasonde eingesetzt liegt die Abtastrate bei 300-600ms. Aufgrund der

30

35

deutlich geringeren Abtastrate erfolgt die Temperaturregelung über einen kalibrierbaren Vorsteuerungsanteil (MAP-Control) und einen geregelten Anteil (PID-Control). Da Messwerte zusätzlich beispielsweise aufgrund ungünstiger physikalischer Bedingungen verworfen werden müssen, kann die tatsächliche Abtastrate noch deutlich geringer ausfallen.

Trotz der Vorteile der aus dem Stand der Technik bekannten Sensoren und Verfahren zum Betreiben derselben, beinhalten diese noch Verbesserungspotenzial. So ist der geregelte Anteil standardmäßig auf ca. 2,5 V begrenzt, um die Sonde trotz geringer Abtastraten nicht zu überhitzen. Mit einem typischen Vorsteuerungsanteil von < 8 V kann im geregelten Betrieb eine maximale effektive Heizerspannung von 10,5 V angefordert werden. Entsprechend dem überwiegenden Anteil der Herstellervorgaben ist jedoch eine maximale effektive Heizerspannung von 12 V erlaubt. Aus diesem Grund kann die Heizertemperatur häufig nicht dynamisch genug den Umgebungsbedingungen folgen und die Sonde wird tendenziell kälter betrieben als für eine maximale Signalgenauigkeit der Sauerstoffmessung benötigt wird.

Offenbarung der Erfindung

Es wird daher ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum vorgeschlagen, welches die Nachteile bekannter Verfahren zum Betreiben dieser Sensoren zumindest weitgehend vermeidet und bei dem ein schnelleres Aufheizens des Sensors, eines dynamischeren Regelbetriebs durch eine schnellere Temperaturnachführung und des Heizens mit maximal erlaubter (entsprechend Spezifikation der Sonde) effektiver Heizspannung unter Berücksichtigung des Komponentenschutzes ermöglicht wird.

In einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird daher ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere zum Nachweis mindestens eines Anteils einer molekularen Messgaskomponente und/oder einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, vorgeschlagen. Der Sensor weist ein

Sensorelement zum Erfassen des mindestens einen Anteils des Gases in dem Messgasraum, ein Heizelement zum Beheizen des Sensorelements und eine elektrische Spannungsquelle zum Anlegen einer elektrischen Heizspannung an das Heizelement auf. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge:

- Anlegen einer ersten Heizspannung, falls zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Temperaturmessung gültig ist,
- Anlegen einer zweiten Heizspannung, falls zu einem zweiten Zeitpunkt, der dem ersten Zeitpunkt nachfolgt, eine zweite Temperaturmessung ungültig ist, und
- Anlegen einer dritten Heizspannung, falls zu dem zweiten Zeitpunkt und mindestens einem dritten Zeitpunkt, der dem zweiten Zeitpunkt nachfolgt, eine dritte Temperaturmessung ungültig ist.

Die erste Heizspannung, die zweite Heizspannung und/oder die dritte Heizspannung wird angelegt, falls eine Temperatur des Sensorelements unterhalb mindestens eines vorbestimmten Schwellwerts ist.

Das Verfahren nutzt die Erkenntnis, dass die Sensortemperatur zum Zeitpunkt der Temperaturmessung genau bekannt ist. Für einen kurzen Zeitraum kann der Sensor, falls durch den Regelalgorithmus angefragt, mit maximal erlaubter Heizspannung beheizt werden. Fällt die nächste Temperaturmessung aus, muss die Heizspannung reduziert werden. Der Sensor wird über einen größeren Zeitraum im vom Hersteller spezifizierten Temperaturbereich (nahe des Sollwerts) betrieben. Dies kann Alterungserscheinungen der Sensorkeramik reduzieren. Zudem kann die Genauigkeit der Signalmessung erhöht werden, was zu niedrigeren Abgasemissionen führt. Die Sensortemperatur kann dynamischer geregelt werden und auch bei kühlerem Abgas kann ein Abkühlen der Sonde besser vermieden werden.

Es versteht sich, dass die Höhe der jeweiligen Heizspannungen nicht auf jeweils einen einzigen Wert festgelegt ist. So erfolgt grundsätzlich die Temperatur-Regelung über einen PID-Regler. Die angelegte Heizspannung hängt somit von der Regelabweichung, dem zeitlichen Verlauf der Temperatur und den gewählten Parametern ab. Die erste bis dritte Heizspannung entsprechen der jeweiligen oberen Limitierung des Reglerausgangs aus Gründen des

- 7 -

Komponentenschutzes und im Falle der ersten Heizspannung entsprechend einer Herstellerspezifikation. Mit anderen Worten kann die Höhe der jeweiligen Heizspannungen einer Abweichung eines Temperaturistwerts von einem Temperatursollwert angepasst werden.

5

Die erste Heizspannung kann größer als die zweite Heizspannung sein. Die zweite Heizspannung kann größer als die dritte Heizspannung sein. Entsprechend erfolgt eine schrittweise oder sukzessive Absenkung der Heizspannung, falls die Temperaturmesswerte ungültig sind

10

Die erste Heizspannung kann eine maximal zulässige Heizspannung sein. Die zweite Heizspannung kann eine vorbestimmte begrenzte Heizspannung sein. Die dritte Heizspannung kann eine Vorsteuerungs-Heizspannung sein. Der Sensor wird über einen größeren Zeitraum im vom Hersteller spezifizierten Temperaturbereich (nahe des Sollwerts) betrieben. Dies kann Alterungserscheinungen der Sensorkeramik reduzieren. Zudem kann die Genauigkeit der Signalmessung erhöht werden, was zu niedrigeren Abgasemissionen führt. Die Sensortemperatur kann dynamischer geregelt werden und auch bei kühlerem Abgas kann ein Abkühlen der Sonde besser vermieden werden.

15

20

Das Verfahren kann weiterhin Anlegen der ersten Heizspannung umfassen, falls zu dem zweiten Zeitpunkt die zweite Temperaturmessung gültig ist. Entsprechend kann die Dauer des Anlegens der ersten Heizspannung verlängert werden.

25

Das Verfahren kann weiterhin umfassen Anlegen der ersten Heizspannung solange bis zu dem zweiten Zeitpunkt die zweite Temperaturmessung ungültig ist. Entsprechend kann die Dauer des Anlegens der ersten Heizspannung solange erfolgen wie gültige Messwerte ermittelt werden.

30

Das Verfahren kann weiterhin Anlegen der ersten Heizspannung umfassen, falls zu dem dritten Zeitpunkt die dritte Temperaturmessung oder zu einem vierten Zeitpunkt, der dem dritten Zeitpunkt nachfolgt, eine vierte Temperaturmessung

gültig ist. Entsprechend kann die Heizspannung (wieder) erhöht werden, sobald ein gültiger Temperaturmesswert vorliegt.

5 Die erste Heizspannung kann für einen vorbestimmten Zeitraum von 200 ms bis 2000 ms, bevorzugt 300 ms bis 1800 ms und noch bevorzugter 400 ms bis 1200 ms angelegt werden. Somit kann der Betrieb mit maximal zulässiger Heizspannung vergleichsweise kurz erfolgen, so dass Schäden am Sensor verhindert werden.

10 Eine Abtastrate für eine Temperaturmessung kann mindestens 4 ms sein. Somit erfolgt die Temperaturmessung je nach Bedarf bzw. Schaltung im Steuergerät.

15 Die erste Heizspannung kann in einem Bereich von 12 V bis 14 V sein. Die zweite Heizspannung kann 9,0 bis 11,5 V sein. Die dritte Heizspannung kann kleiner als oder gleich 9 V sein. Beispielsweise ist die dritte Heizspannung in einem Bereich von 5 V bis maximal 9 V. Die Höhe der genannten Heizspannung kann dabei umso höher sein, umso kürzer die oben genannten vorbestimmten Zeiträume für das Anlegen der Heizspannung sind. Es kann somit die Spannung umso höher sein, desto kürzer diese angelegt wird.

20 Es wird zudem ein Computerprogramm vorgeschlagen, welches eingerichtet ist, jeden Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

25 Weiterhin wird ein elektronisches Speichermedium vorgeschlagen, auf welchem ein Computerprogramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gespeichert ist.

30 Weiterhin wird ein elektronisches Steuergerät vorgeschlagen, welches das erfindungsgemäße elektronische Speichermedium mit dem besagten Computerprogramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält, umfasst.

35 Schließlich betrifft die Erfindung auch einen Sensor zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere zum Nachweis mindestens eines Anteils einer molekularen Messgaskomponente und/oder einer

Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, wobei der Sensor ein Sensorelement zum Erfassen des mindestens einen Anteils des Gases in dem Messgasraum, ein Heizelement zum Beheizen des Sensorelements und eine elektrische Spannungsquelle zum Anlegen einer elektrischen Heizspannung an das Heizelement aufweist, wobei eingerichtet ist zum:

- Anlegen einer ersten Heizspannung, falls zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Temperaturmessung gültig ist,
- Anlegen einer zweiten Heizspannung, falls zu einem zweiten Zeitpunkt, der dem ersten Zeitpunkt nachfolgt, eine zweite Temperaturmessung ungültig ist, und
- Anlegen einer dritten Heizspannung, falls zu dem zweiten Zeitpunkt und mindestens einem dritten Zeitpunkt, der dem zweiten Zeitpunkt nachfolgt, eine dritte Temperaturmessung ungültig ist.

Der Sensor ist weiterhin eingerichtet zum Anlegen der ersten Heizspannung, der zweiten Heizspannung und/oder der dritten Heizspannung, falls eine Temperatur des Sensorelements unterhalb eines vorbestimmten Schwellwerts ist.

Der Sensor kann weiterhin ein Steuergerät nach einer der zuvor oder nachstehend beschriebenen Ausführungsformen umfassen.

Unter einem Festelektrolyten ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Körper oder Gegenstand mit elektrolytischen Eigenschaften, also mit Ionen leitenden Eigenschaften, zu verstehen. Insbesondere kann es sich um einen keramischen Festelektrolyten handeln. Dies umfasst auch das Rohmaterial eines Festelektrolyten und daher die Ausbildung als so genannter Grünling oder Braunling, der erst nach einem Sintern zu einem Festelektrolyten wird. Insbesondere kann der Festelektrolyt als Festelektrolytschicht oder aus mehreren Festelektrolytschichten ausgebildet sei. Unter einer Schicht ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine einheitliche Masse in flächenhafter Ausdehnung einer gewissen Höhe zu verstehen, die über, unter oder zwischen anderen Elementen liegt.

Unter einer Elektrode ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung allgemein ein Element zu verstehen, welches in der Lage ist, den Festelektrolyten derart zu

kontaktieren, dass durch den Festelektrolyten und die Elektrode ein Strom aufrechterhalten werden kann. Dementsprechend kann die Elektrode ein Element umfassen, an welchem die Ionen in den Festelektrolyten eingebaut und/oder aus dem Festelektrolyten ausgebaut werden können. Typischerweise umfassen die Elektroden eine Edelmetallelektrode, welche beispielsweise als Metall-Keramik-Elektrode auf dem Festelektrolyten aufgebracht sein kann oder auf andere Weise mit dem Festelektrolyten in Verbindung stehen kann. Typische Elektrodenmaterialien sind Platin-Cermet-Elektroden. Auch andere Edelmetalle, wie beispielsweise Gold oder Palladium, sind jedoch grundsätzlich einsetzbar.

Unter einem Heizelement ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Element zu verstehen, das zum Erwärmen des Festelektrolyten und der Elektroden auf mindestens ihre Funktionstemperatur und vorzugsweise auf ihre Betriebstemperatur dient. Die Funktionstemperatur ist diejenige Temperatur, ab der der Festelektrolyt für Ionen leitend wird und die ungefähr 350 °C beträgt. Davon ist die Betriebstemperatur zu unterscheiden, die diejenige Temperatur ist, bei der das Sensorelement üblicherweise betrieben wird und die höher ist als die Funktionstemperatur. Die Betriebstemperatur kann beispielsweise von 700 °C bis 950 °C sein. Das Heizelement kann einen Heizbereich und mindestens eine Zuleitungsbahn umfassen. Unter einem Heizbereich ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung der Bereich des Heizelements zu verstehen, der in dem Schichtaufbau entlang einer zu der Oberfläche des Sensorelements senkrechten Richtung mit einer Elektrode überlappt. Üblicherweise erwärmt sich der Heizbereich während des Betriebs stärker als die Zuleitungsbahn, so dass diese unterscheidbar sind. Die unterschiedliche Erwärmung kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass der Heizbereich einen höheren elektrischen Widerstand aufweist als die Zuleitungsbahn. Der Heizbereich und/oder die Zuleitung sind beispielsweise als elektrische Widerstandsbahn ausgebildet und erwärmen sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung. Das Heizelement kann beispielsweise aus einem Platin-Cermet hergestellt sein.

Unter einer Messgröße ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich eine beliebige physikalische und/oder chemische Größe und ein diese Größe(n) äquivalent anzeigendes Signal, d.h. ein äquivalentes Signal, zu verstehen. Bevorzugt handelt es sich bei der Messgröße um mindestens ein Messsignal des

Sensorelements. Bevorzugt kann es sich bei der Messgröße um mindestens einen Pumpstrom, beispielsweise einen Grenzstrom, handeln. Beispielsweise kann es sich bei der Messgröße um eine von dem Pumpstrom abhängige Größe handeln. Beispielsweise kann es sich bei der Messgröße um eine
5 Pumpspannung und/oder um eine umgesetzte Ladung handeln. Unter dem Ausdruck „erfasst werden“ in diesem Zusammenhang ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verstehen, dass die Messgröße beispielsweise als Messsignal von dem Sensorelement ausgegeben wird und/oder die Messgröße von einem Steuergerät verarbeitet und/oder ausgewertet und/oder gespeichert
10 wird.

Unter der Diffusionsbarriere kann beispielsweise eine Schicht aus einem Material verstanden werden, welche eine Strömung des Gases und/oder eines Fluids und/oder des Gasgemischs und/oder der Gaskomponente unterdrückt,
15 währenddessen die Schicht eine Diffusion des Gases und/oder des Fluids und/oder des Gasgemischs und/oder der Gaskomponente und/oder von Ionen fördert.

Unter dem Hohlraum kann ein Raum innerhalb des Sensorelements verstanden werden, welcher zwar baulich von dem Messgasraum separiert ist, welcher aber dennoch mit der Gaskomponente und/oder dem Gasgemisch und/oder dem Gas aus dem Messgasraum beaufschlagbar sein kann, beispielsweise über
20 mindestens einen Gaszutrittsweg und/oder über die Diffusionsbarriere. Bei dem Hohlraum kann es sich beispielsweise um eine Kammer handeln. Die Vorrichtung kann mindestens einen Referenzgasraum und/oder mindestens einen Referenzgaskanal umfassen. Bei dem Festelektrolyten kann es sich bevorzugt um einen ionenleitenden Festelektrolyten handeln. Über die
25 Diffusionsbarriere, insbesondere zu dem Hohlraum hin, kann bevorzugt ein Gasaustausch, insbesondere des Gases und/oder zumindest eines Teils des Gases, möglich sein, bevorzugt durch Diffusion.
30

Die Bezeichnungen "erste", "zweite" usw. dienen als reine Bezeichnungen und begrifflichen Unterscheidung von Bauteilen und Merkmalen. Diese Angaben sollen insbesondere keinen Aufschluss über eine Reihenfolge, Gewichtung oder,

- 12 -

ob beispielsweise noch weitere Bauteile oder Merkmale dieser Art vorhanden sind, geben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5

Weitere optionale Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

10

Es zeigen:

Figur 1 einen prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Sensors,

15

Figur 2 ein Blockdiagramm der Signalverarbeitung zur Kompensation der Sensoralterung gemäß einer Ausführungsform,

Ausführungsformen der Erfindung

20

Figur 1 zeigt einen prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Sensors 100, welcher zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders geeignet ist.

25

Der Sensor 100 ist zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum ausgebildet. Lediglich beispielhaft ist der Sensor 100 zum Nachweis mindestens eines Anteils einer molekularen Messgaskomponente und/oder einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff, im Folgenden beispielhaft als Stickoxid NO_x bezeichnet, in einem Gasgemisch, beispielhaft einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, eingerichtet. Der Sensor 100 umfasst hierzu ein Sensorelement 110. Das Sensorelement 110 weist eine erste Pumpzelle 112 auf, welche zwischen einer äußeren Pumpelektrode 114 und einer inneren Pumpelektrode 116 ausgebildet ist, wobei die Pumpelektroden 114, 116 durch einen Festelektrolyten 117 miteinander verbunden sind. Die äußere Pumpelektrode 114, welche mittels einer porösen Aluminiumoxidschicht 118 von der Umgebung des Sensors 100 getrennt ist, verfügt hierbei über eine erste

35

elektrisch leitende Verbindung 120, über welche sich ein erster Pumpstrom I_{P1} in der ersten Pumpzelle 112 erzeugen lässt. Die elektrisch leitende Verbindung 120 ist hierzu mit einem Anschluss P1 eines elektronischen Steuergeräts 122 verbunden. Das Steuergerät 122 kann Teil des Sensors 100 oder mit diesem verbunden sein. Um einen vollständigen Stromkreis zu erhalten, verfügt die innere Pumpelektrode 116 ebenfalls über eine elektrisch leitende Verbindung 124, welche zu einem gemeinsamen Anschluss COM des elektronischen Steuergeräts 122 führt. Die erste Pumpzelle 112 liegt an einem ersten Hohlraum 126 an, der sich im Inneren des Sensorelements 110 befindet. und mit dem Messgas in Verbindung steht. Durch Erzeugen des ersten Pumpstroms I_{P1} in der ersten Pumpzelle 112 lässt sich ein erster Anteil von Sauerstoffionen, welche aus molekularem Sauerstoff aus dem Gasgemisch gebildet werden, zwischen dem ersten Hohlraum 126 und der Umgebung des Sensors 100 transportieren. In dem Eintrittsweg aus der Umgebung zu dem ersten Hohlraum 126 sind zwei Diffusionsbarrieren 128 vorhanden.

Das Sensorelement 110 weist weiterhin eine elektrische Referenzzelle 130 auf, welche eine Nernst-Elektrode 132 und eine Referenzelektrode 134 aufweist. Während die Nernst-Elektrode 132 über eine elektrisch leitende Verbindung 124 zusammen mit der inneren Pumpelektrode 116 zu dem gemeinsamen Anschluss COM verfügt, weist die Referenzelektrode 134 eine gesonderte elektrisch leitende Verbindung 136 zu einem Anschluss V_s des externen elektronischen Steuergeräts 122 für die Nernstspannung V_s auf. Die Referenzzelle 130 liegt an einem Referenzgasraum 138 an. Ein zweiter Anteil der Sauerstoffionen aus dem Messgasraum 126 und/oder aus der Umgebung des Sensors 100 wird in den Referenzgasraum 138 durch Anlegen eines Referenz-Pumpstroms zwischen dem Anschluss V_s und dem gemeinsamen Anschluss COM transportiert. Hierbei wird der Wert für den Referenz-Pumpstrom derart eingestellt, dass sich ein festgelegter Anteil der Sauerstoffionen in dem Referenzgasraum 138 ausbildet. Vorzugsweise wird in diesem Zusammenhang auch der Wert für den ersten Pumpstrom I_{P1} derart eingestellt, dass sich ein festgelegtes Verhältnis zwischen dem ersten Anteil der Sauerstoffionen in dem Messgasraum 126 und dem zweiten Anteil der Sauerstoffionen in dem Referenzgasraum 138 ergibt.

Die in dem Gasgemisch weiterhin enthaltene Messgaskomponente Stickoxid NO_x mit dem gebundenen Sauerstoff gelangt, insbesondere durch Diffusion, weitgehend unbeeinflusst in eine zweite Pumpzelle 140 des Sensorelements 110, welche auch als „ NO_x -Pumpzelle“ bezeichnet werden kann. Die zweite Pumpzelle 140 weist eine NO_x -Pumpelektrode 142 und eine NO_x -Gegenelektrode 144 auf und liegt an einem zweiten Hohlraum 145 im Inneren des Sensorelements 110 an. Der zweite Hohlraum 145 ist von dem ersten Hohlraum 126 durch eine der Diffusionsbarrieren 128 getrennt. Wenigstens eine der beiden Elektroden NO_x -Pumpelektrode 142 und/oder NO_x -Gegenelektrode 144 sind derart ausgestaltet, dass bei Anlegen einer Spannung mittels Katalyse aus der Messgaskomponente NO_x weiterer molekularer Sauerstoff erzeugt werden kann, welcher in der zweiten Pumpzelle 140 gebildet wird.

Während die NO_x -Pumpelektrode 142 eine elektrisch leitende Verbindung 146 aufweist, welche zu dem gemeinsamen Anschluss COM führt, weist die NO_x -Gegenelektrode 144 eine elektrisch leitende Verbindung 146 auf, über welche ein zweiter Pumpstrom I_{P2} an die zweite Pumpzelle 140 angelegt werden kann. Die elektrisch leitende Verbindung 146 ist hierzu mit einem Anschluss P2 des externen elektronischen Steuergeräts 122 verbunden. Bei Anlegen eines zweiten Pumpstroms I_{P2} an die zweite Pumpzelle 140 wird ein Anteil von weiteren Sauerstoffionen, welche aus dem weiteren molekularen Sauerstoff gebildet wurden, in den Referenzgasraum 138 transportiert.

Das Sensorelement 110 verfügt weiterhin über ein Heizelement 148, welches mittels zweier Zuleitungen 150 mit Anschlüssen HTR+ und HTR- des Steuergeräts 122 verbunden ist, über welche ein Heizstrom in das Heizelement 148 eingebracht werden kann, welches mittels Erzeugen einer Heizleistung das Sensorelement 110 auf die gewünschte Temperatur bringen kann. Zu diesem Zweck weist der Sensor 100 eine elektrische Spannungsquelle 152 zum Anlegen einer elektrischen Heizspannung U_H an das Heizelement 148 auf. Die elektrische Spannungsquelle 152 wird von dem Steuergerät 122 gesteuert bzw. geregelt und ist zu diesem Zweck mit diesem verbunden.

Bei dem Betrieb des Sensors 100 werden ein erster Pumpstrom I_{P1} der ersten Pumpzelle 112 und eine an die erste Pumpzelle 112 angelegte Spannung U_{P1}

erfasst. Ein die Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff anzeigendes Messsignal des Sensorelements 110 wird basierend auf einem zweiten Pumpstrom I_{P2} der zweiten Pumpzelle 140 ermittelt.

5 Nachstehend wird ein Verfahren zum Betreiben des Sensors beschrieben. Das Verfahren kann computerimplementiert sein. Es wird explizit betont, dass die nachfolgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden, falls eine Temperatur des Sensorelements unterhalb eines vorbestimmten Schwellwerts ist. Mit anderen Worten erfolgt insbesondere das Anlegen einer Heizspannung U_H an
10 das Heizelement 148, falls eine Temperatur des Sensorelements 110 unterhalb eines vorbestimmten Schwellwerts ist, und somit von dem Regelalgorithmus für das Heizelement 148 angefragt wird. Die Temperatureinstellung des Sensorelements 110 erfolgt dabei geregelt. Dabei ist der geregelte Anteil standardmäßig auf ca. 2,5 V begrenzt. Mit einem typischen Vorsteuerungsanteil von < 8 V kann im geregelten Betrieb eine vorbestimmte begrenzte
15 Heizspannung U_{Hlim} von 10,5 V angefordert werden. Entsprechend dem überwiegenden Anteil der Herstellervorgaben ist jedoch eine effektive Heizspannung U_{Hmax} von beispielsweise 12V erlaubt. Die Temperatur wird dabei regelmäßig gemessen. Beispielsweise ist eine Abtastrate für eine
20 Temperaturmessung mindestens 4 ms. Die Abtastrate des Innenwiderstands der Sondenkeramik bei der Verwendung eines ASIC liegt typischerweise bei 5 ms. Für analoge Schaltungen, die z.B. für die binäre Lambdasonde eingesetzt liegt die Abtastrate bei 300-600 ms.

25 Falls zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Temperaturmessung gültig ist und somit eine Temperatur des Sensorelements 110 bekannt ist, wird eine erste Heizspannung U_{H1} angelegt. Die erste Heizspannung U_{H1} ist eine maximal zulässige Heizspannung U_{Hmax} , d.h. eine Heizspannung mit einem Wert, der vom Hersteller des Sensors 100 als maximal zulässig angegeben wird. Beispielsweise
30 ist die erste Heizspannung U_{H1} 12 V. Die erste Heizspannung U_{H1} wird für einen vorbestimmten, kurzen Zeitraum von 200 ms bis 2000 ms, bevorzugt 300 ms bis 1800 ms und noch bevorzugter 400 ms bis 1200 ms angelegt, wie beispielsweise 600 ms.

Falls zu einem zweiten Zeitpunkt, der dem ersten Zeitpunkt nachfolgt, eine zweite Temperaturmessung ungültig ist, beispielsweise, weil sie ausfällt, wird eine zweite Heizspannung U_{H2} angelegt. Die erste Heizspannung U_{H1} ist größer als die zweite Heizspannung U_{H2} . Die zweite Heizspannung U_{H2} ist eine vorbestimmte begrenzte Heizspannung U_{Hlim} . Beispielsweise ist die zweite Heizspannung U_{H2} 10,5 V, was sich aus einem maximalen Vorsteuerungsanteil von 8 V und einem geregelten Anteil von 2,5 V ergibt.

Falls zu dem zweiten Zeitpunkt die zweite Temperaturmessung gültig ist, wird (weiterhin) die erste Heizspannung U_{H1} angelegt. So erfolgt das Anlegen der ersten Heizspannung U_{H1} solange, bis zu dem zweiten Zeitpunkt die zweite Temperaturmessung ungültig ist.

Falls zu dem zweiten Zeitpunkt und mindestens einem dritten Zeitpunkt, der dem zweiten Zeitpunkt nachfolgt, eine dritte Temperaturmessung ungültig ist, wird eine dritte Heizspannung U_{H3} angelegt. Die zweite Heizspannung U_{H2} ist größer als die dritte Heizspannung U_{H3} . Die dritte Heizspannung U_{H3} ist eine Vorsteuerungs-Heizspannung U_{Hmap} , d.h. eine Heizspannung entsprechend dem Vorsteuerungsanteil. Die dritte Heizspannung U_{H3} ist beispielsweise kleiner als oder gleich 8 V.

Bei dem Verfahren kann weiterhin die erste Heizspannung U_{H1} (wieder) angelegt werden, falls zu dem dritten Zeitpunkt die dritte Temperaturmessung oder zu einem vierten Zeitpunkt, der dem dritten Zeitpunkt nachfolgt, eine vierte Temperaturmessung gültig ist.

Das aktuelle Limit für die Heizspannung gemäß dem Stand der Technik entspricht hierbei $U_{Hlim} = 10,5$ V. Bei einem zeitlichen Verhältnis der maximal zulässigen Heizspannung U_{HMax} zu U_{lim} von 1:1 kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens der effektiv erreichbare Energieeintrag E um 15% erhöht werden, wie sich aus folgender Rechnung ergibt: $E_{tot} = (E_{max} * 0.5 + E_{lim} * 0.5) / E_{lim} = (12^2 * 0.5 + 10.5^2 * 0.5) / 10.5^2 = 1,153$. Dabei ist E_{tot} der gesamte Energieeintrag, E_{max} der maximal zulässige Energieeintrag und E_{limit} das Limit für den Energieeintrag.

Die Umsetzung erfolgt mittels unterschiedlicher zeitlicher Entprellung, welche mit einem neuen Temperaturmesswert zurückgesetzt wird. Je nachdem wieviel Zeit seit dem letzten Messwert vergangen ist, wird die Heizspannungsregelung entsprechend der kalibrierbaren Limitierung begrenzt. Hierbei sind auch mehr als zwei Abstufungen entsprechend dem nachstehenden Beispiel denkbar.

Figur 2 zeigt einen beispielhaften Heizspannungsverlauf. Auf der X-Achse 154 ist die Zeit in s aufgetragen. Auf der Y-Achse 156 ist die Heizspannung in V aufgetragen. Die Kurve 158 ist der beispielhafte zeitliche Heizspannungsverlauf. In einem ersten Bereich 160 ist beispielsweise jeder zweite Messwert der Temperaturmessung gültig. Daher erfolgt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Wechsel zwischen erster Heizspannung U_{H1} , d.h. der maximal zulässigen Heizspannung U_{Hmax} , und der zweiten Heizspannung U_{H2} , d.h. der vorbestimmte begrenzten Heizspannung U_{Hlim} . In einem zweiten Bereich 162 ist jeder Messwert gültig. Daher wird für den gesamten Zeitraum, für den die Messwerte der Temperaturmessung gültig sind, die erste Heizspannung U_{H1} an das Heizelement 148 angelegt. In einem dritten Bereich 164 gibt es für längere Zeit keinen neuen gültigen Messwert. Daher wird die Heizspannung zuerst auf die zweite Heizspannung U_{H2} und anschließend auf die dritte Heizspannung U_{H3} , d.h. die Vorsteuerungs-Heizspannung U_{Hmap} , abgesenkt. In einem vierten Bereich 166, das einem ersten gültigen Messwert der Temperaturmessung nach einem Absenken der Heizspannung entspricht, erfolgt ein (Wieder-)Anheben auf die erste Heizspannung U_{H1} .

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Sensors (100) zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere zum Nachweis mindestens eines Anteils einer molekularen Messgaskomponente und/oder einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, wobei der Sensor (100) ein Sensorelement (110) zum Erfassen des mindestens einen Anteils des Gases in dem Messgasraum, ein Heizelement (148) zum Beheizen des Sensorelements (110) und eine elektrische Spannungsquelle (152) zum Anlegen einer elektrischen Heizspannung (U_H) an das Heizelement (148) aufweist, wobei das Verfahren umfasst:
- Anlegen einer ersten Heizspannung (U_{H1}), falls zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Temperaturmessung gültig ist,
 - Anlegen einer zweiten Heizspannung (U_{H2}), falls zu einem zweiten Zeitpunkt, der dem ersten Zeitpunkt nachfolgt, eine zweite Temperaturmessung ungültig ist, und
 - Anlegen einer dritten Heizspannung (U_{H3}), falls zu dem zweiten Zeitpunkt und mindestens einem dritten Zeitpunkt, der dem zweiten Zeitpunkt nachfolgt, eine dritte Temperaturmessung ungültig ist,
- wobei die erste Heizspannung (U_{H1}), die zweite Heizspannung (U_{H2}) und/oder die dritte Heizspannung (U_{H3}) angelegt wird, falls eine Temperatur des Sensorelements (110) unterhalb eines vorbestimmten Schwellwerts ist.
2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die erste Heizspannung (U_{H1}) größer als die zweite Heizspannung (U_{H2}) ist, wobei die zweite Heizspannung (U_{H2}) größer als die dritte Heizspannung (U_{H3}) ist.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Heizspannung (U_{H1}) eine maximal zulässige Heizspannung ist, wobei die

- 19 -

zweite Heizspannung (U_{H2}) eine vorbestimmte begrenzte Heizspannung ist, wobei die dritte Heizspannung (U_{H3}) eine Vorsteuerungs-Heizspannung ist.

- 5 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, weiterhin umfassend Anlegen der ersten Heizspannung (U_{H1}), falls zu dem zweiten Zeitpunkt die zweite Temperaturmessung gültig ist.
- 10 5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, weiterhin umfassend Anlegen der ersten Heizspannung (U_{H1}) solange bis zu dem zweiten Zeitpunkt die zweite Temperaturmessung ungültig ist.
- 15 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, weiterhin umfassend Anlegen der ersten Heizspannung (U_{H1}), falls zu dem dritten Zeitpunkt die dritte Temperaturmessung oder zu einem vierten Zeitpunkt, der dem dritten Zeitpunkt nachfolgt, eine vierte Temperaturmessung gültig ist.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Heizspannung (U_{H1}) für einen vorbestimmten Zeitraum von 200 ms bis 2000 ms, bevorzugt 300 ms bis 1800 ms und noch bevorzugter 400 ms bis 1200 ms angelegt wird.
- 25 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Abtastrate für eine Temperaturmessung mindestens 4 ms ist.
- 30 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die erste Heizspannung (U_{H1}) 12 V bis 14 V ist, wobei die zweite Heizspannung (U_{H2}) 9,0 V bis 11,5 V ist, wobei die dritte Heizspannung (U_{H3}) kleiner als oder gleich 9 V ist.
- 35 10. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, jeden Schritt des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.
11. Elektronisches Speichermedium, auf welchem ein Computerprogramm nach dem vorhergehenden Anspruch gespeichert ist.

12. Elektronisches Steuergerät (122), welches ein elektronisches Speichermedium nach dem vorhergehenden Anspruch umfasst.

5 13. Sensor (100) zum Bestimmen mindestens eines Anteils eines Gases in einem Messgasraum, insbesondere zum Nachweis mindestens eines Anteils einer molekularen Messgaskomponente und/oder einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, wobei der Sensor (100) ein Sensorelement (110) zum Erfassen des mindestens einen Anteils des Gases in dem Messgasraum, ein Heizelement (148) zum Beheizen des
10 Sensorelements (110) und eine elektrische Spannungsquelle (152) zum Anlegen einer elektrischen Heizspannung (U_H) an das Heizelement (148) aufweist, wobei eingerichtet ist zum:

- Anlegen einer ersten Heizspannung (U_{H1}), falls zu einem ersten Zeitpunkt eine erste Temperaturmessung gültig ist,
- 15 - Anlegen einer zweiten Heizspannung (U_{H1}), falls zu einem zweiten Zeitpunkt, der dem ersten Zeitpunkt nachfolgt, eine zweite Temperaturmessung ungültig ist, und
- Anlegen einer dritten Heizspannung (U_{H1}), falls zu dem zweiten Zeitpunkt und mindestens einem dritten Zeitpunkt, der dem zweiten Zeitpunkt
20 nachfolgt, eine dritte Temperaturmessung ungültig ist,

wobei der Sensor (100) weiterhin eingerichtet ist zum Anlegen der ersten Heizspannung (U_{H1}), der zweiten Heizspannung (U_{H2}) und/oder der dritten Heizspannung (U_{H3}), falls eine Temperatur des Sensorelements (110) unterhalb eines vorbestimmten Schwellwerts ist.

25 14. Sensor (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, weiterhin umfassend ein Steuergerät (122) nach Anspruch 13.

FIG. 1

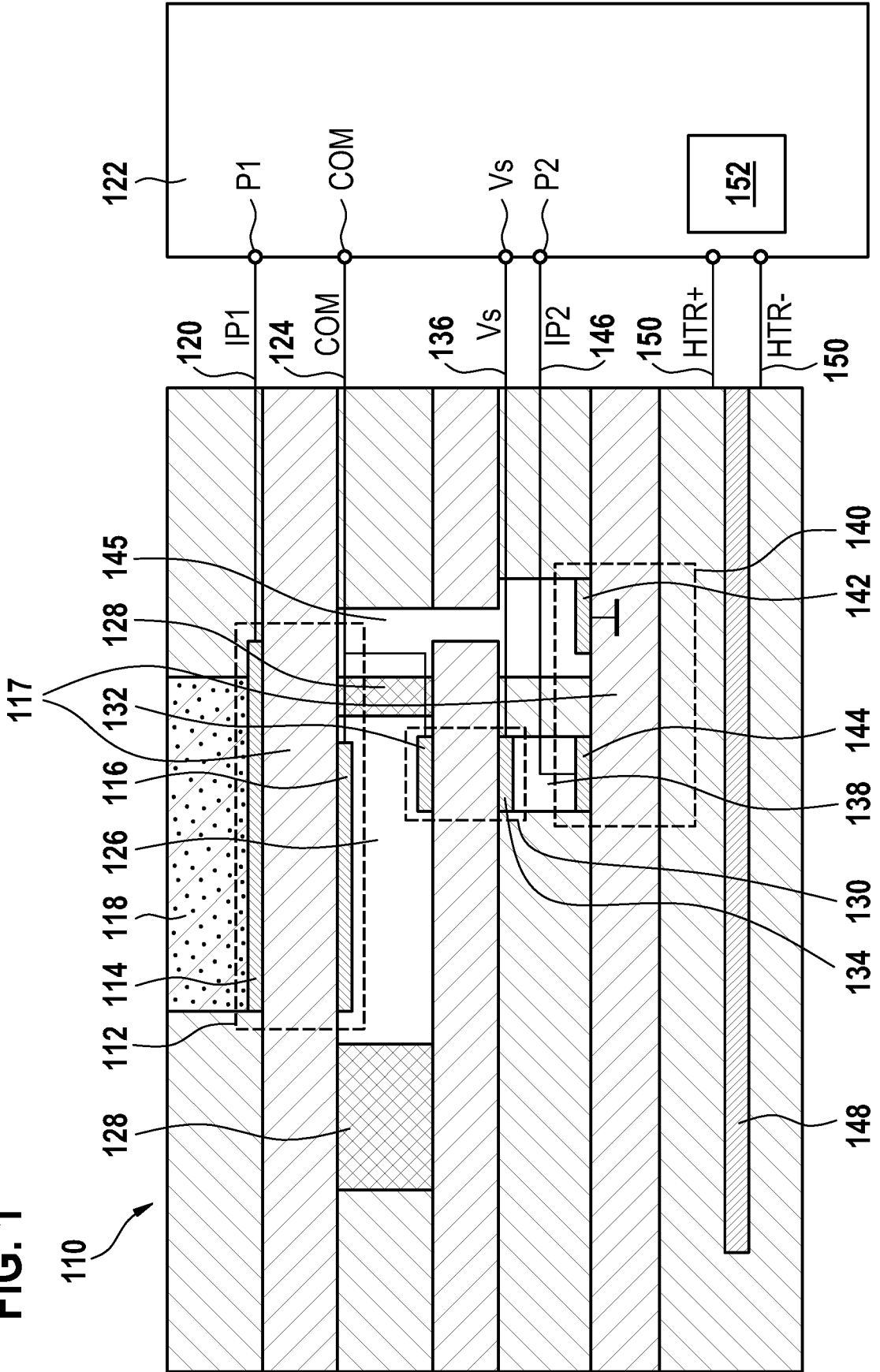
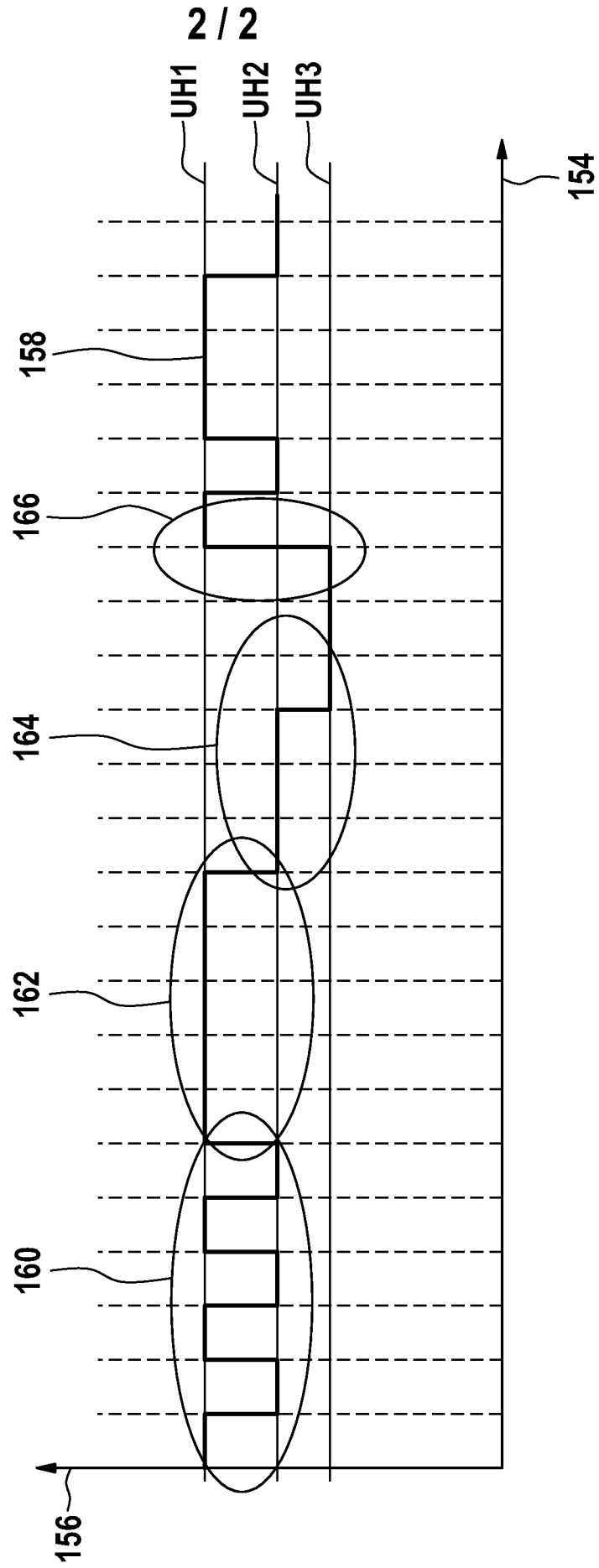


FIG. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/082556

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01N 27/406</i> (2006.01)i; <i>G01N 27/407</i> (2006.01)i		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102012224374 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 03 July 2014 (2014-07-03) figures 1, 2 paragraphs [0004] - [0008], [0023] - [0025], [0037] - [0043]	1-14
Y	DE 19612387 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 02 October 1996 (1996-10-02) column 16, line 63 - column 17, line 65; figure 12A abstract	1-14
Y	DE 102009052158 A1 (NGK SPARK PLUG CO [JP]) 10 June 2010 (2010-06-10) paragraphs [0007] - [0010]; figure 3 paragraph [0039] paragraphs [0065] - [0072] paragraphs [0080] - [0087] paragraphs [0094], [0095]	1-14
A	DE 102010042013 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 April 2012 (2012-04-12) the whole document	1-14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 02 March 2023		Date of mailing of the international search report 13 March 2023
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Knoll, Stephan Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/082556

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102012224374	A1	03 July 2014	DE	102012224374	A1	03 July 2014
				KR	20140085345	A	07 July 2014
				US	2014183060	A1	03 July 2014
DE	19612387	A1	02 October 1996	DE	19612387	A1	02 October 1996
				JP	3711582	B2	02 November 2005
				JP	H08271475	A	18 October 1996
				US	5709198	A	20 January 1998
				US	6009866	A	04 January 2000
				US	6314790	B1	13 November 2001
DE	102009052158	A1	10 June 2010	CN	101738426	A	16 June 2010
				DE	102009052158	A1	10 June 2010
				JP	4768796	B2	07 September 2011
				JP	2010112813	A	20 May 2010
				US	2010108540	A1	06 May 2010
				US	2014048415	A1	20 February 2014
DE	102010042013	A1	12 April 2012	CN	103140819	A	05 June 2013
				DE	102010042013	A1	12 April 2012
				EP	2625580	A1	14 August 2013
				ES	2605988	T3	17 March 2017
				JP	5950917	B2	13 July 2016
				JP	2013539043	A	17 October 2013
				US	2013327124	A1	12 December 2013
				WO	2012045599	A1	12 April 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N27/406 G01N27/407 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTER 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.
Y	DE 10 2012 224374 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 3. Juli 2014 (2014-07-03) Abbildungen 1, 2 Absätze [0004] - [0008], [0023] - [0025], [0037] - [0043] -----	1-14
Y	DE 196 12 387 A1 (NIPPON DENSO CO [JP]) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) Spalte 16, Zeile 63 - Spalte 17, Zeile 65; Abbildung 12A Zusammenfassung ----- -/--	1-14
<input checked="" 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 "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 2. März 2023		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/03/2023
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 Knoll, Stephan

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2009 052158 A1 (NGK SPARK PLUG CO [JP]) 10. Juni 2010 (2010-06-10) Absätze [0007] - [0010]; Abbildung 3 Absatz [0039] Absätze [0065] - [0072] Absätze [0080] - [0087] Absätze [0094], [0095] -----	1-14
A	DE 10 2010 042013 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. April 2012 (2012-04-12) das ganze Dokument -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/082556

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012224374 A1	03-07-2014	DE 102012224374 A1	03-07-2014
		KR 20140085345 A	07-07-2014
		US 2014183060 A1	03-07-2014

DE 19612387 A1	02-10-1996	DE 19612387 A1	02-10-1996
		JP 3711582 B2	02-11-2005
		JP H08271475 A	18-10-1996
		US 5709198 A	20-01-1998
		US 6009866 A	04-01-2000
		US 6314790 B1	13-11-2001

DE 102009052158 A1	10-06-2010	CN 101738426 A	16-06-2010
		DE 102009052158 A1	10-06-2010
		JP 4768796 B2	07-09-2011
		JP 2010112813 A	20-05-2010
		US 2010108540 A1	06-05-2010
		US 2014048415 A1	20-02-2014

DE 102010042013 A1	12-04-2012	CN 103140819 A	05-06-2013
		DE 102010042013 A1	12-04-2012
		EP 2625580 A1	14-08-2013
		ES 2605988 T3	17-03-2017
		JP 5950917 B2	13-07-2016
		JP 2013539043 A	17-10-2013
		US 2013327124 A1	12-12-2013
		WO 2012045599 A1	12-04-2012
