

(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
31. Mai 2018 (31.05.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/095524 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 27/12 (2006.01) G01N 27/22 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/078593

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. November 2016 (23.11.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

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

(72) Erfinder: SCHREIVOGEL, Martin; Lindenspuestr. 30,
70176 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, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

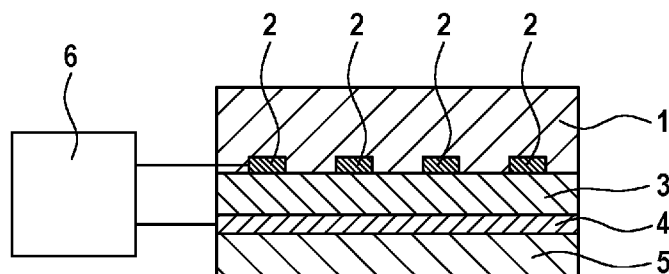
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: GAS SENSOR AND METHOD FOR DETECTING A GAS

(54) Bezeichnung: GASENSOR UND VERFAHREN ZUR DETEKTION EINES GASES

Fig. 1



(57) Abstract: The present invention provides a gas sensor. The gas sensor according to the invention combines two separate measurement methods in a common structure. In particular, the gas sensor according to the invention can carry out a qualitative or quantitative measurement of gases based on the measurement of a variation of the electrical conductivity and the measurement of a modification of the work function on the basis of a variation of the capacitance or impedance between two electrodes.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung schafft einen Gassensor. Der erfindungsgemäße Gassensor kombiniert dabei zwei separate Messverfahren in einem gemeinsamen Aufbau. Insbesondere kann durch den erfindungsgemäßen Gassensor eine qualitative bzw. quantitative Messung von Gasen basierend auf der Messung einer Variation der elektrischen Leitfähigkeit sowie der Messung einer Änderung der Austrittsarbeit basierend auf einer Variation der Kapazität bzw. Impedanz zwischen zwei Elektroden durchgeführt werden.



WO 2018/095524 A1

5 Beschreibung

Titel

Gassensor und Verfahren zur Detektion eines Gases

10 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Gassensor sowie ein Verfahren zur Detektion eines Gases.

Gassensoren finden in zahlreichen Anwendungsgebieten Einsatz. Hierbei werden insbesondere verschiedene Arten von mikrostrukturierten Gassensoren
15 verwendet. Beispielsweise können dabei mikrostrukturierte Gassensoren verwendet werden, die mittels einer resistiven Struktur eine Leitfähigkeitsänderung eines gassensitiven Materials zwischen zwei Elektroden ermitteln. Darüber hinaus sind auch Sensoren bekannt, bei denen eine Austrittsarbeitsänderung detektiert wird.

20 Die Druckschrift DE 10 2013 205 540 A1 offenbart ein Sensorelement zur qualitativen und quantitativen Detektion eines Gases. Die Detektion des Gases basiert dabei auf der Messung einer Austrittsarbeitsänderung eines gassensitiven Materials mit Hilfe einer Metall-Isolator-Metall-Struktur.

25 Als gassensitive Materialien werden dabei zunehmend Komposite oder organische Verbindungen verwendet. Neuartige Sensormaterialien reagieren dabei gegebenenfalls auch sensitiv auf mehrere verschiedene Gase. Dabei kann sich sowohl die Austrittsarbeit, als auch die Leitfähigkeit des gassensitiven
30 Materials ändern. Ein detailliertes Verständnis des Signalbildungsprozesses derartiger gassensitiver Materialien liegt dabei in den meisten Fällen noch nicht vor.

Offenbarung der Erfindung

35

Die vorliegende Erfindung offenbart einen Gassensor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Detektion eines Gases mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

5 Demgemäß ist vorgesehen:

Ein Gassensor mit einer elektrisch leitfähigen Rückelektrode, einer Frontelektrode, einer dielektrischen Schicht und einer gassensitiven Schicht. Die Frontelektrode umfasst dabei zwei voneinander elektrisch getrennte
10 Elektrodenelemente. Die dielektrische Schicht ist zwischen der Rückelektrode und der Frontelektrode angeordnet. Die gassensitive Schicht ist auf einer Seite der dielektrischen Schicht angeordnet, auf der auch die Frontelektrode angeordnet ist.

15 Ferner ist vorgesehen:

Ein Verfahren zur Detektion eines Gases mit einem erfindungsgemäßen Gassensor. Das Verfahren umfasst die Schritte des Ermitteln einer elektrischen Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode und des Ermitteln einer Impedanz und/oder einer Kapazität zwischen der
20 Rückelektrode und den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode. Ferner umfasst das Verfahren einen Schritt zum Identifizieren eines Gases basierend auf einem Vergleich der ermittelten elektrischen Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode sowie der ermittelten Impedanz
25 bzw. der ermittelten Kapazität zwischen der Rückelektrode und den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode mit vorbestimmten Werten.

Vorteile der Erfindung

30 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass Gassensoren, deren Detektionsprinzip nur auf der Ermittlung einer elektrischen Leitfähigkeit oder alternativ nur auf der Bestimmung der Änderung einer Austrittsarbeit aus einem gassensitiven Stoff beruht, in zahlreichen Fällen keine eindeutige Detektion einer Substanz ermöglichen.

35

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Idee zugrunde, dieser Erkenntnis Rechnung zu tragen und eine Möglichkeit vorzusehen, bei der die Zuverlässigkeit der Detektion eines Gases erhöht werden kann, indem in einem Gassensor mehrere Detektionsprinzipien kombiniert werden.

Hierzu schafft die vorliegende Erfindung einen Gassensor, der sowohl Strukturen zur gassensitiven Detektion einer elektrischen Leitfähigkeit aufweist, als auch Strukturen zur Detektion einer gassensitiven Änderung von einer Impedanz bzw. einer Kapazität, um hieraus basierend eine Variation der Austrittsarbeit bestimmen zu können.

Durch die Kombination beider Messprinzipien in einem einzigen Gassensor kann dabei die Zuverlässigkeit bei der Detektion einzelner Substanzen, insbesondere verschiedener Gase gesteigert werden. Dabei kann durch die Integration zweier Messprinzipien in einem einzigen Gassensor eine besonders effiziente Sensorstruktur geschaffen werden, die im Vergleich zu mehreren einzelnen Gassensoren einen geringeren Bauraum erfordert.

Somit kann durch die Auswertung der Informationen von elektrischer Leitfähigkeit und der zu der Austrittsarbeit korrespondierenden Impedanz bzw. Kapazität die Selektivität des Gassensors erhöht werden. Zudem kann eine Querempfindlichkeit auf Feuchtigkeit durch Leckstrompfade eliminiert werden.

Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Figuren.

In einer Ausführungsform umfasst die gassensitive Schicht ein Phthalocyanin, ein Metalloxid und/oder ein Karbonat. Insbesondere kann die gassensitive Schicht beispielsweise Zinkoxid (ZnO), Zinnoxid (SnO_2), Chromoxid (Cr_2O_3), Manganoxid (Mn_2O_3), Kobaltoxid (Co_3O_4), Nickeloxid (NiO), Kupferoxid (CuO), Strontiumoxid (SrO), Indiumoxid (In_2O_3), Wolframoxid (WO_3), Titaniumoxid (TiO_2), Vanadiumoxid (V_2O_3), Eisenoxid (Fe_2O_3), Germaniumoxid (GeO_2), Nioboxid (Nb_2O_3), Molybdänoxid (MoO_3), Tantaloxid (Ta_2O_5), Lanthanoxid (La_2O_3), Ceroxid (CeO_2), Neodymoxid (Nd_2O_3) oder Mischungen davon, sowie

Kompositmaterialien aus einer leitfähigen Elektrode und beispielsweise Karbonate, wie z.B. Bariumkarbonat, umfassen.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die dielektrische Schicht ein Ferroelektrikum. Bei der dielektrischen Schicht handelt es sich dabei insbesondere um eine polarisierbare Dünnschicht. Beispielsweise ist die dielektrische Schicht dabei derart polarisierbar, dass die dielektrische Schicht im polarisierten Zustand eine relative Permittivität aufweist, die um einen Faktor im Bereich von größer oder gleich 1,1 kleiner ist als in einem nicht-polarisierten Zustand. Die Dicke der dielektrischen Schicht ist dabei bevorzugt kleiner oder
10 gleich 10 µm. Insbesondere kann die dielektrische Schicht kleiner oder gleich 1µm, 500nm oder 200 nm sein.

15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die gassensitive Schicht eine poröse Struktur und/oder Kavitäten. Durch eine derartige gassensitive Schicht mit einer porösen Struktur bzw. mit Kavitäten ist es möglich, dass das zu detektierende Gas besonders gut Einfluss auf die dielektrische Schicht nehmen kann.

20 Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Rückelektrode des Gassensors auf einem Trägersubstrat angeordnet. Insbesondere kann das Trägersubstrat dabei auch ein Heizelement oder weitere Funktionselemente umfassen.

25 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Frontelektrode eine Interdigitalelektrode. Derartige Interdigitalelektroden sind zur Detektion einer elektrischen Leitfähigkeit aufgrund ihrer Struktur besonders geeignet.

30 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst der Gassensor eine Auswerteeinrichtung. Die Auswerteeinrichtung ist mit der Rückelektrode und den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode elektronisch gekoppelt. Dabei ist die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt, eine elektrische Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode zu ermitteln. Ferner ist die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt, eine Impedanz und/oder eine Kapazität zwischen der Rückelektrode und den beiden Elektrodenelementen der
35 Frontelektrode zu ermitteln.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt, die Elektrodenelemente der Frontelektrode elektrisch miteinander zu verbinden, wenn die Impedanz und/oder der Kapazität zwischen der Rückelektrode und den beiden Elektrodenelementen der Frontelektrode ermittelt wird. Auf diese Weise können die beiden Elektrodenelemente der Frontelektrode gemeinsam als eine Elektrode dienen, während bei der Bestimmung der Kapazität bzw. der Impedanz die Rückelektrode die andere Elektrode bildet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst der Gassensor einen Speicher. Der Speicher ist dazu ausgelegt, einen Zusammenhang bzw. eine Korrespondenz zwischen vorbestimmten Gasen und Leitfähigkeiten sowie Impedanz bzw. Kapazität abzuspeichern. Dabei kann die Auswerteeinrichtung dazu ausgelegt sein, ein Gas unter Verwendung der abgespeicherten Zusammenhänge zwischen Gas und Leitfähigkeit sowie der Impedanz bzw. der Kapazität zu bestimmen. Auf diese Weise kann aus ermittelter Leitfähigkeit und Kapazität bzw. Impedanz besonders einfach auf ein zu detektierendes Gas geschlossen werden.

Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, sofern sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere mögliche Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich den Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmalen der Erfindung. Insbesondere wird dabei der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu der jeweiligen Grundform der vorliegenden Erfindung hinzufügen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen dabei:

- Figur 1: eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Gassensor gemäß einer Ausführungsform;
- Figur 2: eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf einen Gassensor gemäß einer Ausführungsform; und
- Figur 3: eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms, wie es einem Verfahren gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zugrunde liegt.

Ausführungsformen der Erfindung

In allen Figuren sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente und Vorrichtungen – sofern nicht anders angegeben – mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Gassensor gemäß einer Ausführungsform. Der Gassensor umfasst einen mehrschichtigen Aufbau. Wie in Figur 1 dabei dargestellt, kann der Gassensor auf einem Trägersubstrat 5 angeordnet sein. Auf diesem Trägersubstrat 5 sind dabei nach oben in aufsteigender Reihenfolge die folgenden Elemente angeordnet: Zunächst ist auf dem Trägersubstrat 5 eine Rückelektrode 4 angeordnet. Auf der Rückelektrode 4 ist eine dielektrische Schicht 3 und auf der dielektrischen Schicht 3 eine Frontelektrode 2 angeordnet. Die Frontelektrode 2 ist mit einer gassensitiven Schicht 1 überdeckt. Darüber hinaus kann die gassensitive Schicht 1 in den Zwischenräumen der Frontelektrode 2 auch bis zur dielektrischen Schicht 3 reichen. In einer weiteren Ausführung kann die gassensitive Schicht 3 auch nur zwischen einzelnen oder allen Elementen der Frontelektrode 2 angeordnet sein. Darüber hinaus ist möglich, dass für die Füllung zwischen den Elementen der Frontelektrode 2 unterschiedliche Stoffe für die gassensitive Schicht 3 verwendet werden, deren physikalische und/oder chemische Eigenschaften auf unterschiedliche Gase reagieren.

Zur Auswertung und zur Detektion eines Gases können Frontelektrode 2 und Rückelektrode 4 mit einer Auswerteeinrichtung 6 elektrisch gekoppelt werden.

Die Rückelektrode 4 kann dabei beispielsweise aus einem Metall oder einem organischen, elektrisch leitfähigen Material, wie zum Beispiel einem Stoff aus der Klasse der Phthalocyanine ausgestaltet sein. Ferner kann die Rückelektrode 4 beispielsweise Platin (Pt), Palladium (Pd), Gold (Au), Rhodium (Rh), Rhenium (Re), Ruthenium (Ru), Indium (In), Titan (Ti), Titannitrid (TiN), Tantalnitrid (TaN) oder Legierungen aus einer oder mehrerer dieser Komponenten umfassen.

Ferner kann die Rückelektrode 4 beispielsweise auch aus einem Halbleitermaterial, wie zum Beispiel Silizium (Si), Germanium (Ge), Galliumarsenid (GaAs), Indiumphosphor (InP), Siliziumcarbid (SiC), Galliumnitrid (GaN) oder anderen Halbleitern gebildet werden.

Über dieser Rückelektrode 4 ist eine dielektrische bzw. elektrisch isolierende Schicht angeordnet. Diese dielektrische Schicht 3 kann aus einem bekannten, elektrisch isolierenden Material gebildet sein. Nicht beschränkende Beispiele für die Materialien einer solchen dielektrischen Schicht 3 sind zum Beispiel Oxide, wie zum Beispiel Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Siliziumdioxid (SiO_2), oder Nitride, wie zum Beispiel Siliziumnitrid (Si_3N_4) oder ähnliches. Die Dicke dieser dielektrischen Schicht 3 kann dabei beispielsweise bis zu 10 μm , insbesondere bis zu 200 nm betragen. Ferner kann die dielektrische Schicht 3 auch ein Ferroelektrikum, wie zum Beispiel $\text{Bi}_{3.15}\text{Sm}_{0.85}\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ (BST), Blei-Zirkonat-Titanat (PZT, $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$), Strontium-Bismut-Tantalat (SBT, $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$) oder dergleichen umfassen. Die Dicke der dielektrischen Schicht 3 kann hierbei im Bereich um 500nm oder 1 μm liegen.

Oberhalb dieser dielektrischen Schicht 3 ist eine Frontelektrode 2 angeordnet. Diese Frontelektrode 2 weist dabei zwei voneinander elektrisch getrennte Elektrodenelemente 2-1 und 2-2 auf, wie sie im Zusammenhang mit Figur 2 noch näher erläutert werden. Insbesondere kann die Frontelektrode 2 dabei in Form einer Interdigitalelektrode ausgebildet sein. Eine derartige Interdigitalelektrode weist zwei kammartige, ineinander greifende elektrisch leitfähige Strukturen auf.

Die Frontelektrode 2 mit ihren beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 ist darüber hinaus mit einer gassensitiven Schicht 1 überdeckt. Bei dieser gassensitiven Schicht 1 kann es sich beispielsweise um organische Verbindungen, wie Phthalocyanine, Metalloxide sowie Kompositmaterialien aus

einer leitfähigen Elektrode und zum Beispiel Karbonaten, wie z.B. Bariumcarbonat handeln.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf einen Gassensor gemäß einer Ausführungsform. Dabei sind insbesondere die beiden Elektrodenelemente 2-1 und 2-2 der Frontelektrode als getrennte elektrisch leitfähige Strukturen zu erkennen. Die beiden Elektrodenelemente 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 sind dabei elektrisch voneinander getrennt. In den Zwischenräumen zwischen den beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 sowie oberhalb der Frontelektrode 2 ist dabei das Material der gassensitiven Schicht 1 angeordnet.

Alternativ kann auch die gassensitive Schicht 1 auf der dielektrischen Schicht 3 angeordnet werden und anschließend können die Elektrodenelemente 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 auf der gassensitiven Schicht 1 abgeschieden bzw. angeordnet werden.

Der so beschriebene Aufbau des Gassensors weist somit eine Kombination zweier Sensorelemente auf. Zum einen kann eine elektrische Leitfähigkeit der gassensitiven Schicht 1 mittels der beiden Elektrodenelemente 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 bestimmt werden. Hierzu kann, beispielsweise durch die Auswerteeinrichtung 6, zwischen den beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 eine elektrische Spannung angelegt werden und der sich dabei einstellende elektrische Strom gemessen werden. Aus dem Verhältnis zwischen gemessenem elektrischen Strom und angelegter elektrischer Spannung kann somit die elektrische Leitfähigkeit berechnet werden. Handelt es sich bei dem Material der gassensitiven Schicht 1 um ein Material, dessen Leitfähigkeit von einer Konzentration eines oder mehrerer vorbestimmten gasförmigen Substanzen abhängig ist, so kann aus der Berechnung der elektrischen Leitfähigkeit auf die entsprechende Konzentration bzw. zumindest auf die Anwesenheit einer entsprechenden Substanz geschlossen werden.

Darüber hinaus bildet der zuvor beschriebene Gassensor eine weitere Sensoreinheit aus Rückelektrode 4, dielektrischer Schicht 3 und Frontelektrode 2. Dabei kann insbesondere durch elektrisches Verbinden der beiden

Elektrodenelemente 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 eine Kapazität bzw. Impedanz des sich aus Rückelektrode 4, dielektrischer Schicht 3 und Frontelektrode 2 bildenden Aufbaus bestimmt werden. Hierzu kann beispielsweise durch die Auswerteeinrichtung 6 zwischen Rückelektrode 4 und den kurzgeschlossenen Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 eine elektrische Wechselspannung angelegt werden. Anschließend kann durch Messung des sich einstellenden elektrischen Wechselstroms auf die entsprechende Kapazität bzw. Impedanz geschlossen werden.

Für einen erfindungsgemäßen Gassensor, der Impedanz- bzw. Kapazitätsmessung für die Ermittlung der Änderung einer Austrittsarbeit mit der Messung einer gasabhängigen Änderung der elektrischen Leitfähigkeit kombiniert, ist es dabei jedoch erforderlich, dass das zu detektierende Gas nicht nur die gassensitive Schicht 1 beeinflusst, sondern darüber hinaus das zu detektierende Gas durch seine Wechselwirkung mit der gassensitiven Schicht 1 auch Einfluss auf die dielektrische Schicht 3 nimmt. Hierzu kann die gassensitive Schicht 1 beispielsweise eine poröse Struktur bzw. Kavitäten aufweisen. Beispielsweise können solche Kavitäten dadurch gebildet werden, dass eine lokal bevorzugte Abscheidung des Materials der gassensitiven Schicht 1 auf den Elektrodenelementen 2-1 bzw. 2-2 erfolgt. Insbesondere kann dies dadurch erreicht werden, dass das Material der gassensitiven Schicht 1, insbesondere wenn es sich um ein organisches Material handelt, bevorzugt auf den Elektroden 2-1 und 2-2 aufwächst. Somit bilden sich über den freien Substratbereichen Hohlräume, über die ein zu detektierendes Gas in Wechselwirkung mit der unter der Frontelektrode 2 liegende dielektrische Schicht 3 treten kann. Dieser Effekt kann beispielsweise durch eine zusätzliche Beschichtung der dielektrischen Schicht 3 mit einem Material erreicht werden, auf dem die gassensitive Schicht besonders schlecht haftet oder aufwächst. Nach dem Aufwachsen der gassensitiven Schicht 1 auf dem Substrat kann dieses zusätzliche Material gegebenenfalls wieder herausgelöst werden.

Der Gassensor aus Rückelektrode 4, dielektrischer Schicht 3, Frontelektrode 2 und gassensitiver Schicht 1 kann beispielsweise auf einem Substrat 5 angeordnet werden. Insbesondere kann dabei beispielsweise dieses Substrat 5 eine (hier nicht dargestellte) Heizeinrichtung umfassen. Mittels einer solchen

Heizeinrichtung kann der Gassensor auf eine gewünschte, vorbestimmte Temperatur aufgeheizt werden. Auf diese Weise können gezielt kontrollierte Rahmenbedingungen während der Detektion eines Gases geschaffen werden. Insbesondere kann durch Aufheizen des Gassensors auch eventuell sich an dem Gassensor niederschlagende Feuchtigkeit eliminiert werden.

Für die qualitative oder quantitative Detektion eines Gases kann somit zunächst nacheinander eine elektrische Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 bestimmt werden und weiterhin die Kapazität bzw. Impedanz zwischen der Frontelektrode 2 und der Rückelektrode 4 ermittelt werden. Vorzugsweise erfolgen die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit und die Ermittlung der Kapazität bzw. Impedanz dabei unmittelbar nacheinander. Alternativ ist auch eine gleichzeitige Messung von elektrischer Leitfähigkeit und Kapazität bzw. Impedanz möglich. Eine gleichzeitige Messung ist dabei insbesondere dann denkbar, wenn die Potentialunterschiede zwischen den Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 klein gegenüber einem Potentialunterschied zwischen der Frontelektrode 2 und der gassensitiven Schicht 1 ist. Daraufhin kann basierend auf diesen beiden Messungen, das heißt basierend auf der ermittelten Leitfähigkeit und zusätzlich basierend auf der ermittelten Kapazität bzw. Impedanz eine qualitative und/oder quantitative Detektion eines Gases erfolgen. Beispielsweise kann hierzu die Auswerteeinrichtung 6 die ermittelte Leitfähigkeit und die ermittelte Kapazität bzw. Impedanz mit zuvor in einem Speicher abgespeicherten Werten vergleichen und daraus die Anwesenheit eines vorbestimmten Gases detektieren bzw. die Konzentration eines vorbestimmten gasförmigen Stoffes bestimmen.

Nachdem eine zuvor beschriebene Messung durch Kombination von Leitfähigkeitsmessung und Kapazitäts- bzw. Impedanzmessung erfolgt ist, kann anschließend unmittelbar die nächste Messung erfolgen. Alternativ ist es auch möglich, dass nach einer solchen Messung zunächst eine vorbestimmte Ruhezeit erfolgt. In dieser Ruhezeit wird dabei weder eine Leitfähigkeitsmessung noch eine Messung der Kapazität bzw. Impedanz ausgeführt. Ferner kann während dieser Ruhezeit gegebenenfalls auch eine mögliche Heizung des

Gassensors deaktiviert oder zumindest reduziert werden. Auf diese Weise ist eine Einsparung der erforderlichen Energie möglich.

5 Darüber hinaus ist es auch denkbar, dass kontinuierlich oder periodisch in vorbestimmten Zeitabständen jeweils nur die Messung mittels eines Sensorteils des Gassensors erfolgt. Beispielsweise kann nur die Messung der elektrischen Leitfähigkeit ausgeführt werden. Alternativ kann auch nur die Messung der Impedanz bzw. Kapazität ausgeführt werden. Nur wenn sich dabei während der Messung mittels eines Messprinzips eine signifikante Änderung ergibt, kann
10 daraufhin zur weiteren Unterstützung bzw. zum Verifizieren der ermittelten Werte das jeweils weitere Messverfahren zusätzlich angewendet werden.

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms, wie es einem Verfahren zur Detektion eines Gases mit einem erfindungsgemäßen Gassensor zugrunde liegt. In Schritt S1 wird dabei zunächst eine elektrische Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 ermittelt. In Schritt S2 wird weiterhin eine Impedanz bzw. eine Kapazität zwischen der Rückelektrode 4 und den beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 ermittelt. Anschließend wird in Schritt S3 ein Gas
15 identifiziert. Die Identifizierung dieses Gases erfolgt dabei beispielsweise basierend auf einem Vergleich von vorbestimmten Werten mit den ermittelten Werten der elektrischen Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen 2-1 und 2-2 der Frontelektrode 2 und der ermittelten Impedanz bzw. Kapazität zwischen der Rückelektrode 4 und den beiden Elektrodenelementen 2-1, 2-2 der Frontelektrode 2.
20
25

Anschließend kann, wie zuvor bereits ausgeführt, unmittelbar die nächste Messung durch Ermitteln der elektrischen Leitfähigkeit und der Impedanz bzw. Kapazität erfolgen. Alternativ kann nach einer erfolgreichen Messung auch
30 zunächst eine Wartezeit erfolgen, in der weder elektrische Leitfähigkeit noch Impedanz bzw. Kapazität gemessen wird.

Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung einen Gassensor. Der erfindungsgemäße Gassensor kombiniert dabei zwei separate Messverfahren in
35 einem gemeinsamen Aufbau. Insbesondere kann durch den erfindungsgemäßen

- 12 -

Gassensor eine qualitative bzw. quantitative Messung von Gasen basierend auf der Messung einer Variation der elektrischen Leitfähigkeit sowie der Messung einer Änderung der Austrittsarbeit basierend auf einer Variation der Kapazität bzw. Impedanz zwischen zwei Elektroden durchgeführt werden.

5 Ansprüche

1. Gassensor, mit:

einer elektrisch leitfähigen Rückelektrode (4);

einer Frontelektrode (2), mit zwei voneinander elektrisch getrennten Elektrodenelementen (2-1, 2-2);

einer dielektrischen Schicht (3), die zwischen der Rückelektrode (4) und der Frontelektrode (2) angeordnet ist; und

einer gassensitiven Schicht (1), die auf einer Seite der dielektrischen Schicht (3) angeordnet ist, auf der die Frontelektrode (2) angeordnet ist.

2. Gassensor nach Anspruch 1, wobei die gassensitive Schicht (1) Phthalocyanin, ein Metalloxid und/oder ein Karbonat umfasst.

3. Gassensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die dielektrische Schicht (3) ein Ferroelektrikum umfasst.

4. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die gassensitive Schicht (1) eine poröse Struktur und/oder Kavitäten umfasst.

5. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Rückelektrode (4) auf einem Trägersubstrat (5) angeordnet ist.

6. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Frontelektrode (2) eine Interdigitalelektrode umfasst.

7. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einer Auswerteeinrichtung (6), die mit der Rückelektrode (4) und den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) elektrisch gekoppelt ist, und die dazu ausgelegt ist, eine elektrische Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) zu ermitteln und die ferner dazu ausgelegt ist, eine Impedanz und/oder eine Kapazität zwischen der Rückelektrode (4) und den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) zu ermitteln.

8. Gassensor nach Anspruch 7, wobei die Auswerteeinrichtung (6) dazu ausgelegt ist, die Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) elektrisch miteinander zu verbinden, wenn die Impedanz und/oder die Kapazität zwischen der Rückelektrode (4) und den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) ermittelt wird.

9. Gassensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8 mit einem Speicher, der dazu ausgelegt ist, einen Zusammenhang zwischen vorbestimmten Gasen und Leitfähigkeiten sowie Impedanz und/oder Kapazität abzuspeichern, wobei die Auswerteeinrichtung (6) dazu ausgelegt ist, ein Gas unter Verwendung der abgespeicherten Zusammenhänge zwischen Gasen und Leitfähigkeit sowie der Impedanz und/oder Kapazität zu bestimmen.

10. Verfahren zur Detektion eines Gases mit einem Gassensor nach Anspruch 1 bis 9, mit den Schritten:

Ermitteln (S1) einer elektrischen Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2);

Ermitteln (S2) einer Impedanz und/oder einer Kapazität zwischen der Rückelektrode (4) und den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2); und

Identifizieren (S3) eines Gases basierend auf einem Vergleich der ermittelten elektrischen Leitfähigkeit zwischen den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) und der ermittelten Impedanz und/oder Kapazität zwischen

- 15 -

der Rückelektrode (4) und den beiden Elektrodenelementen (2-1, 2-2) der Frontelektrode (2) mit vorbestimmten Werten.

1 / 2

Fig. 1

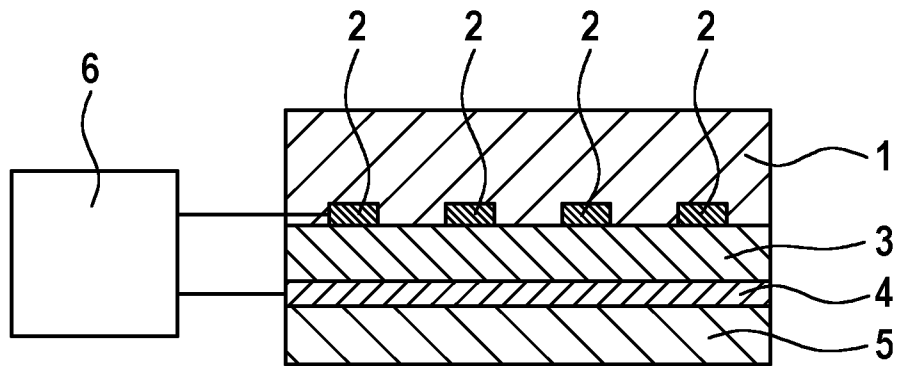
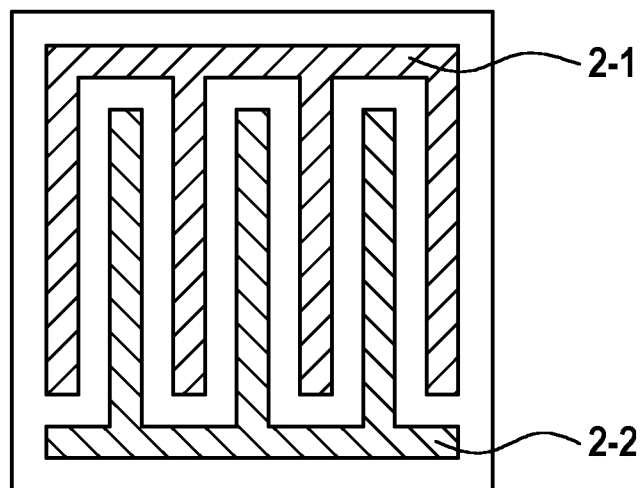
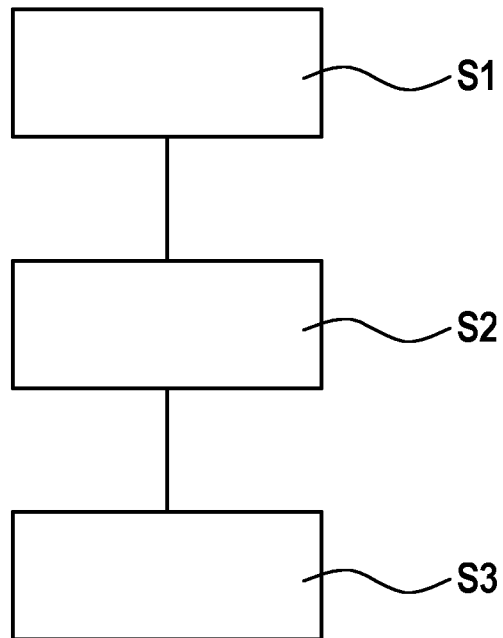


Fig. 2



2 / 2

Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/078593

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N27/12 G01N27/22
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

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

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 595 647 A (HOETZEL GERHARD [DE] ET AL) 21 January 1997 (1997-01-21) the whole document -----	1-6
A	US 9 164 052 B1 (SPEER RAYMOND [IE] ET AL) 20 October 2015 (2015-10-20) the whole document -----	1-10
A	DE 196 42 453 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16 April 1998 (1998-04-16) the whole document -----	1-10
A	DE 197 10 358 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24 September 1998 (1998-09-24) the whole document -----	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 March 2017

Date of mailing of the international search report

15/03/2017

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

De Masi, Rita

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/078593

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5595647	A	21-01-1997	DE 4308767 A1 22-09-1994
			EP 0641435 A1 08-03-1995
			JP H07506905 A 27-07-1995
			US 5595647 A 21-01-1997
			WO 9422007 A1 29-09-1994

US 9164052	B1	20-10-2015	NONE

DE 19642453	A1	16-04-1998	DE 19642453 A1 16-04-1998
			EP 0932828 A1 04-08-1999
			JP 3926395 B2 06-06-2007
			JP 2001502060 A 13-02-2001
			KR 200000049146 A 25-07-2000
			US 6325979 B1 04-12-2001
			WO 9816819 A1 23-04-1998

DE 19710358	A1	24-09-1998	CH 692870 A5 29-11-2002
			DE 19710358 A1 24-09-1998
			JP 4235278 B2 11-03-2009
			JP 4873659 B2 08-02-2012
			JP H10267877 A 09-10-1998
			JP 2009047706 A 05-03-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N27/12 G01N27/22
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01N

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 595 647 A (HOETZEL GERHARD [DE] ET AL) 21. Januar 1997 (1997-01-21) das ganze Dokument -----	1-6
A	US 9 164 052 B1 (SPEER RAYMOND [IE] ET AL) 20. Oktober 2015 (2015-10-20) das ganze Dokument -----	1-10
A	DE 196 42 453 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16. April 1998 (1998-04-16) das ganze Dokument -----	1-10
A	DE 197 10 358 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. September 1998 (1998-09-24) das ganze Dokument -----	1-10



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" 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

6. März 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/03/2017

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

De Masi, Rita

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/078593

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5595647	A	21-01-1997	DE 4308767 A1 22-09-1994
			EP 0641435 A1 08-03-1995
			JP H07506905 A 27-07-1995
			US 5595647 A 21-01-1997
			WO 9422007 A1 29-09-1994

US 9164052	B1	20-10-2015	KEINE

DE 19642453	A1	16-04-1998	DE 19642453 A1 16-04-1998
			EP 0932828 A1 04-08-1999
			JP 3926395 B2 06-06-2007
			JP 2001502060 A 13-02-2001
			KR 200000049146 A 25-07-2000
			US 6325979 B1 04-12-2001
			WO 9816819 A1 23-04-1998

DE 19710358	A1	24-09-1998	CH 692870 A5 29-11-2002
			DE 19710358 A1 24-09-1998
			JP 4235278 B2 11-03-2009
			JP 4873659 B2 08-02-2012
			JP H10267877 A 09-10-1998
			JP 2009047706 A 05-03-2009
