



(10) **DE 10 2015 225 470 A1** 2017.06.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 225 470.4**

(22) Anmeldetag: **16.12.2015**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2017**

(51) Int Cl.: **G01N 29/02** (2006.01)

G01N 29/036 (2006.01)

G01N 27/00 (2006.01)

H01L 41/083 (2006.01)

H03H 9/17 (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Hoffmann, Romy, 08315 Lauter-Bernsbach, DE;
Schreiter, Matthias, 81379 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2005 043 039	A1
DE	10 2006 004 449	A1
DE	10 2009 047 807	A1
GB	2 369 678	B
US	2014 / 0 331 778	A1

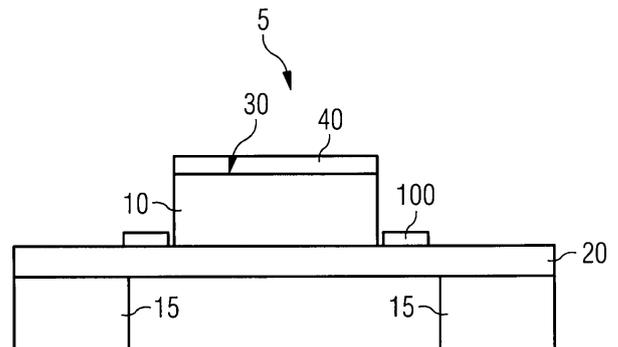
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Detektion und Substanzdetektor**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion zumindest einer Substanz und einen Substanzdetektor.

Das Verfahren zur Detektion zumindest einer Substanz nutzt zumindest einen akustischen Resonator mit einem Sensormaterial zur Sorption der zumindest einen Substanz mit einer, zumindest bei der Sorption, von der Temperatur abhängigen akustischen Materialeigenschaft, wobei eine Abhängigkeit der Resonanzfrequenz des zumindest einen Resonators von der Temperatur aufgrund der Materialeigenschaft ermittelt und zur Detektion herangezogen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion zumindest einer Substanz und einen Substanzdetektor.

[0002] Es zählt zum Stand der Technik, Arrays von FBAR-Sensoren (FBAR (engl.): „Film Bulk Acoustic Resonator“) zur hochempfindlichen Detektion von Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten einzusetzen. Ein FBAR umfasst im Wesentlichen ein Schichtsystem mit einer piezoelektrischen Kapazität sowie mit weiteren Schichten, z.B. elektrische Isolationsschichten oder Schutzschichten. Das Detektionsprinzip beruht auf der spezifischen Anlagerung bzw. Absorption von nachzuweisenden Molekülen auf einer funktionalisierten Resonatoroberfläche, was zu einer Verstimmung der Resonanzfrequenz führt, die elektrisch ausgewertet werden kann.

[0003] Ein bekannter Vorteil des FBARs gegenüber einer Quarzmikrowaage (QCM) ist die Möglichkeit, miniaturisierte Sensorarrays auf Si z.B. mit integrierter Ausleseelektronik zu realisieren und damit mehrere Substanzen mittels eines einzigen Sensorchips detektieren zu können.

[0004] Insbesondere ist es bekannt, einen FBAR in Kombination mit einer gassensitiven Sensorschicht als Festkörpergassensor zu konfigurieren. Dabei scheint der FBAR insbesondere als kostengünstige Festkörpersensordlösung z.B. für die Detektion von CO₂ zur Raumluftüberwachung geeignet, für die gegenwärtig eine hohe Nachfrage, aber noch keine hinsichtlich Kosten und Langzeitstabilität umfassend zufriedenstellende technische Lösung besteht.

[0005] Problematisch für die Anwendung insbesondere als Gassensor ist jedoch die Selektivität des Sensormaterials. Im Unterschied zur Bindung z.B. von Proteinen in der Biosensorik, für die hochspezifische Funktionalisierungen auf der Basis von Antikörper-Antigen-Reaktionen zur Anwendung gebracht werden können, ist die Spezifität von Funktionalisierungen für kleine Gasmoleküle eher gering, d.h. in der Regel gibt es neben dem Zielgas Querempfindlichkeiten zu weiteren Gasen.

[0006] Vor dem Hintergrund des Standes der Technik ist es daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Detektion zumindest einer Substanz sowie einen Substanzdetektor anzugeben, mittels welchen gerade im Falle kleiner Moleküle wie insbesondere im Falle von Gasmolekülen eine spezifische Detektion bestimmter Substanzen verbessert ist. Zudem sollen das Verfahren sowie der Substanzdetektor möglichst kostengünstig realisierbar sein.

[0007] Die Aufgabe wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Detektion zumindest einer Sub-

stanz mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen sowie mit einem Substanzdetektor mit den in Anspruch 9 angegebenen Merkmalen gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den zugehörigen Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und der Zeichnung angegeben.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Detektion zumindest einer Substanz wird zumindest ein akustischer Resonator mit einem Sensormaterial zur Sorption der zumindest einen Substanz herangezogen. Das Sensormaterial weist mindestens eine, zumindest bei oder nach der Sorption, von der Temperatur abhängige akustische Materialeigenschaft auf. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Abhängigkeit der Resonanzfrequenz des zumindest einen Resonators von der Temperatur, welche durch die von der Temperatur abhängige Materialeigenschaft bedingt ist, ermittelt. Diese Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur wird zur Detektion zusätzlich herangezogen.

[0009] Zweckmäßig handelt es sich bei der zumindest einen akustischen Materialeigenschaft um die Dichte und/oder um die Steifigkeit des Sensormaterials. Gerade Dichte und Steifigkeit eines Sensormaterials beeinflussen die Frequenzlage von akustischen Resonanzen eines das Sensormaterial tragenden Resonators stark.

[0010] Es versteht sich, dass unter einer Materialeigenschaft des Sensormaterials bei oder nach der Sorption (insbesondere Absorption oder Adsorption) eine Materialeigenschaft des Sensormaterials einschließlich des sorbierten Materials verstanden wird. Insbesondere folgt daraus für die Resonanzfrequenz, dass die Resonanzfrequenz des Resonators einschließlich dessen Sensormaterials, dieses wiederum einschließlich sorbierter Substanz, gemeint ist. Sorbierte Substanz ist also zweckmäßig Bestandteil des Sensormaterials. Das Sensormaterial wiederum ist Bestandteil des Resonators.

[0011] Die erfinderische Idee basiert auf der Ausnutzung der akustischen Eigenschaften des Sensormaterials, die sich bei unterschiedlichen Temperaturen, je nach Art und Konzentration der sorbierten Substanz, unterschiedlich ändern. Dazu erfolgt die Messung der Resonanzfrequenz bei mindestens zwei verschiedenen Temperaturen (Messungen an ein- und demselben Resonator und/oder an verschiedenen Resonatoren mit gleichen Funktionalisierungsdicken). Insbesondere die Differenz der Resonanzfrequenzen ist dabei substanzabhängig.

[0012] Vorteilhaft wird mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens mit der Temperatur ein weiterer Messparameter eröffnet, welcher einen oder mehrere zusätzliche sorptionsabhängige Messwerte liefert. Der erfinderische Schritt liegt hierbei insbesondere

in dem Einsatz von funktionalisierten Sensormaterialien als Bestandteil von Resonatoren, deren Änderung akustisch relevanter Parameter wie Dichte und Steifigkeit infolge der Sorption von den sorbierten Substanzen abhängig und temperaturabhängig ist, sowie in der Bestimmung der Verschiebung der Resonanzfrequenz infolge der Sorption eines oder mehrerer Substanzen bei mindestens 2 verschiedenen Temperaturen. Insbesondere mittels vorab aufgenommener Kalibrierungskurven für die betrachteten Substanzen lassen sich unterschiedliche Substanzen detektieren. Weiterhin vorteilhaft können die Temperatur sowie eine Änderung der Resonanzfrequenz des Resonators aufgrund von Änderungen der Temperatur leicht und mit geringem messtechnischen Aufwand erfasst werden, sodass sich das erfindungsgemäße Verfahren kostengünstig durchführen lässt.

[0013] Geeigneterweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein piezoelektrischer Resonator, vorzugsweise ein FBAR (FBAR (engl.): „Film Bulk Acoustic Resonator“), herangezogen. Gerade FBARs sind in der Sensor-Technologie etabliert, wobei eine Vielzahl von Architekturen und Konfigurationen bekannt ist und für das erfindungsgemäße Verfahren zur Verfügung steht.

[0014] Besonders bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Detektion zumindest eines Gases eingesetzt. Gerade Gase weisen häufig vergleichsweise kleine Moleküle auf, bei welchen das Problem der Querempfindlichkeit bei herkömmlichen Detektionsverfahren regelmäßig auftritt. Erfindungsgemäß ist eine passgenaue Spezifität oder substanzspezifische Sensitivität des Sensormaterials nicht zwingend erforderlich, da die weitere Messgröße der Temperaturabhängigkeit der Resonanzfrequenz aufgrund der von der Temperatur abhängigen akustischen Materialeigenschaft des Sensormaterials zur Identifizierung und Detektion einzelner Substanzen herangezogen wird.

[0015] Vorzugsweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur ermittelt, indem die Resonanzfrequenz des zumindest einen Resonators bei zumindest zwei Temperaturen ermittelt wird.

[0016] Alternativ oder zusätzlich und ebenfalls bevorzugt wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur ermittelt, indem zumindest zwei akustische Resonatoren herangezogen werden, wobei deren Temperaturen voneinander abweichen und deren Resonanzfrequenzen jeweils bestimmt werden.

[0017] In einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Sensormaterial herangezogen, welches zur Sorption zumindest zweier Substanzen, insbesondere Kohlendioxid und

gasförmigen Wassers, ausgebildet ist. Gerade bei der Verwendung eines solchen Sensormaterials ist die Querempfindlichkeit eines Sensors zur Detektion von Kohlendioxid gegenüber einem Einfluss der Luftfeuchtigkeit besonders hoch. Gerade bei der Heranziehung eines solchen Sensormaterials ist daher der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders vorteilhaft.

[0018] Idealerweise wird als Sensormaterial bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zumindest ein solches Sensormaterial herangezogen, welches zumindest mit einem Polysiloxan und/oder Aminosilan gebildet ist. Gerade Polysiloxane und/oder Aminosilane weisen eine hohe Sensitivität auf Kohlendioxid auf. Da Polysiloxane und/oder Aminosilane jedoch ebenfalls sehr sensitiv auf Luftfeuchtigkeit reagieren ist eine Nutzung des erfindungsgemäßen Verfahrens im Falle der Verwendung eines Polysiloxans und/oder Aminosilans besonders vorteilhaft.

[0019] Idealerweise wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Sensormaterial herangezogen, welches sensitiv auf zumindest zwei Substanzen ist, wobei die Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur herangezogen wird, um die Konzentration zumindest einer, vorzugsweise zumindest zweier, der zumindest zwei Substanzen zu bestimmen. Gerade im Falle der Heranziehung eines solchen Sensormaterials, bei welchem eine Querempfindlichkeit auf eine weitere Substanz als die eigentlich interessierende Substanz gegeben ist, lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft zur auch quantitativen Detektion und Analyse nutzen.

[0020] Der erfindungsgemäße Substanzdetektor ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wie es vorstehend beschrieben ist, ausgebildet. Es versteht sich, dass die Vorteile, wie sie im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren oben beschrieben sind, in analoger Weise auf den erfindungsgemäßen Substanzdetektor übertragbar sind. Der erfindungsgemäße Substanzdetektor weist zumindest einen akustischen Resonator auf, welcher ein zur Sorption der zumindest einen Substanz ausgebildetes Sensormaterial aufweist, wobei zumindest eine akustische Materialeigenschaft des Sensormaterials, zumindest bei oder nach der Sorption, von der Temperatur abhängig ist.

[0021] Geeigneterweise ist bei dem erfindungsgemäßen Substanzdetektor der Resonator ein piezoelektrischer Resonator, vorzugsweise ein FBAR (FBAR (engl.): „Film Bulk Acoustic Resonator“). Gerade FBARs sind in der Sensor-Technologie etabliert, wobei eine Vielzahl von Architekturen und Konfigurationen bekannt ist und für das erfindungsgemäße Verfahren zur Verfügung steht.

[0022] Zweckmäßig ist der erfindungsgemäße Substanzdetektor ein Gasdetektor, insbesondere ein Festkörperdetektor, zweckmäßig ausgebildet zur Raumluftüberwachung.

[0023] In einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Substanzdetektors hängt die Resonanzfrequenz des Resonators von zumindest einer von der Temperatur abhängigen Materialeigenschaft ab.

[0024] Geeigneterweise weist der erfindungsgemäße Substanzdetektor eine Auswerteinrichtung auf, welche ausgebildet ist, mittels Ermittlung einer Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur die Konzentration zumindest einer Substanz, vorzugsweise zumindest zweier oder mehrerer Substanzen, zu ermitteln.

[0025] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist bei dem Substanzdetektor das Sorptionsmaterial zur Sorption zumindest zweier Substanzen, insbesondere Kohlendioxid und/oder gasförmiges Wasser, ausgebildet, wobei mittels Ermittlung einer Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur die jeweilige Konzentration zumindest einer der zumindest zwei Substanzen bestimmt wird.

[0026] Vorzugsweise ist bei dem erfindungsgemäßen Substanzdetektor das Sensormaterial mit einem Polysiloxan und/oder Aminosilan gebildet.

[0027] Bevorzugt weist der erfindungsgemäße Substanzdetektor zur Erfassung der Abhängigkeit von der Temperatur zumindest ein Heizelement und/oder zumindest einen Temperatursensor auf.

[0028] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0029] Es zeigen:

[0030] Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Gasdetektors mit einem piezoelektrischen Resonator zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion zumindest einer Substanz schematisch im Querschnitt,

[0031] Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Gasdetektors mit einem piezoelektrischen Resonator zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion zumindest einer Substanz schematisch im Querschnitt,

[0032] Fig. 3 bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mittels eines Gasdetektors gem. Fig. 1 und Fig. 2 erfasste Änderungen der Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Resonators für zwei verschiedene Temperaturen in Abhängigkeit

der Kohlendioxidkonzentration in einer diagrammatischen Darstellung sowie

[0033] Fig. 4 bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mittels eines Gasdetektors gem. Fig. 1 und Fig. 2 erfasste Änderungen der Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Resonators für zwei verschiedene Temperaturen in Abhängigkeit der Luftfeuchtigkeit in einer diagrammatischen Darstellung.

[0034] Der in Fig. 1 dargestellte Gasdetektor 5 ist ein Kohlendioxiddetektor und weist einen piezoelektrischen akustischen Resonator 10 in Gestalt eines FBAR (FBAR (engl.) = „Film Bulk Acoustic Resonator“) auf.

[0035] Der piezoelektrische Resonator 10 ist in an sich bekannter Weise als membranbasierter piezoelektrischer Resonator 10 ausgebildet und umfasst eine sich auf Siliziumblöcken 15 abstützende Membran 20 aus einem Dielektrikum, etwa SiO₂/Si₃N₄, und erstreckt sich entlang eines sich senkrecht zur Zeichenebene fortstreckenden Abschnitts freitragend. Die geringe thermische Masse dieser Ausführungsform ermöglicht besonders kleine Heizleistungen und schnelle Temperaturwechsel.

[0036] In einem weiteren Ausführungsbeispiel des Gasdetektors 5' (Fig. 2) ist der piezoelektrische Resonator 10' mit einem akustischen Spiegel 20' auf einem Siliziumsubstrat 15' angebracht. Diese Ausführungsform für FBARs ist weit verbreitet und besonders robust.

[0037] Der piezoelektrische Resonator 10, 10' der vorgenannten Ausführungsbeispiele ist an einer von der Membran 20 abgewandten Flachseite 30 oder vom akustischen Spiegel 20' abgewandten Flachseite 30 mit einem Sensormaterial 40 in Gestalt einer vollflächig aufgetragenen, im Verhältnis zur Oberfläche sehr dünnen Schicht von Polysiloxanen in Form von Aminosilanen, vorliegend eine polymerisierte Mischung von 65 Gew-% (Gewichtsprozent) AMO (engl.: „3-aminopropyltrimethoxysilane“), 5 Gew-% A2EO (engl.: „2-aminopropylmethyldiethoxysilane“) und 30 Gew-% PTMS (engl.: „Propyltrimethoxysilane“), versehen.

[0038] Diese Mischung von Aminosilanen ist aufgrund der in den jeweiligen Aminosilanen enthaltenen NH₂-Gruppen sowohl CO₂- als auch Feuchtigkeits-, d.h. H₂O-, sensitiv. Infolge der Absorption von CO₂ oder Feuchtigkeit verändern sich die akustischen Materialeigenschaften, nämlich insbesondere die Dichte und die Steifigkeit, des Sensormaterials: Bei Raumtemperatur (25 °C) führt sowohl die Absorption von CO₂ (Fig. 3, untere Kurve u3 des oberen Diagrammteils) als auch von Feuchtigkeit (Fig. 4, obere Kurve o4 des oberen Diagrammteils) zu einer Dichte-

zunahme des Sensormaterials **40**. Damit nimmt sowohl infolge der Absorption von CO_2 als auch von Feuchtigkeit die Resonanzfrequenz (**Fig. 3**, **Fig. 4**, jeweils obere Diagrammteile) ab. Auf der Hochachse ist jeweils die 1000-fache Frequenzabweichung Δf , jeweils normiert auf die Resonanzfrequenz f_0 , bei verschwindender Konzentration aufgetragen. Auf der Rechtsachse ist jeweils die Zeit in Minuten min aufgetragen. Die unteren Diagrammteile geben jeweils die vorherrschenden Konzentrationen c (links, in ppm) an CO_2 sowie die Luftfeuchtigkeit h (rechts, in Prozent) an. Dazu ist wie jeweils in den unteren Diagrammteilen dargestellt in **Fig. 3** die Luftfeuchtigkeit h konstant gehalten, in **Fig. 4** hingegen die Kohlendioxidkonzentration c .

[0039] Bei einer deutlich höheren Temperatur, im dargestellten Ausführungsbeispiel 65°C , führt die Absorption von H_2O ebenfalls, wenngleich mit geänderter Sensitivität, zu einer Dichtezunahme des Sensormaterials und folglich zu einer Abnahme der Resonanzfrequenz (**Fig. 4**, untere Kurve u_4). Bei der Temperatur von 65°C hingegen ändern sich die akustischen Eigenschaften des Sensormaterials bei der Absorption von CO_2 deutlich: So nimmt in diesem Falle (**Fig. 4**) die Steifigkeit des Sensormaterials zu, sodass sich die Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Resonators deutlich erhöht (**Fig. 3**, obere Kurve o_3).

[0040] Folglich weisen jeweils die Zusammenhänge der Resonanzfrequenz des piezoelektrischen Resonators **10**, **10'** mit der Konzentration von CO_2 einerseits und H_2O andererseits eine eigene charakteristische Abhängigkeit von der Temperatur auf.

[0041] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, welches mit dem erfindungsgemäßen Gasdetektor **5**, **5'** durchgeführt wird, wird demgemäß die Änderung der Resonanzfrequenz bei zwei oder mehreren Temperaturen gemessen (die Resonanzfrequenzen werden wie bei FBAR-Resonatoren an sich bekannt mittels Spannungssignalen an Elektroden, welche (nicht eigens dargestellt) an der Piezokeramik angebracht sind, gemessen). Dazu sind bei den erfindungsgemäßen Gasdetektoren **5**, **5'** Heizelemente **100** vorgesehen, welche, insbesondere im Falle der geringen thermischen Masse des membranbasierten piezoelektrischen Resonators **10**, die Temperatur besonders schnell ändern können. Zusätzlich sind Temperatursensoren **100** vorhanden, welche die sich jeweils einstellende Temperatur erfassen und im dargestellten Ausführungsbeispiel mit jeweils einem Heizelement **100** ein integriertes Bauteil bilden, welche vorliegend beispielsweise mittels mäandrierender Platinelemente gebildet sind. Grundsätzlich können Heizelemente und Temperatursensoren jedoch in weiteren, nicht eigens dargestellten Ausführungsbeispielen auch auf andere Weise realisiert sein und insbesondere auch als separate Bauteile vorgesehen sein.

[0042] Diese zusätzlich erhaltenen von der Temperatur abhängigen Messwerte können jeweils mit Referenzwerten oder Referenzkurven verglichen und miteinander in Beziehung gesetzt werden. Dazu umfasst der erfindungsgemäße Gasdetektor **5**, **5'** eine (in der Zeichnung nicht eigens dargestellte) mikroprozessorbasierte Auswerteinrichtung die diesen Vergleich vornimmt. Mittels der zusätzlich erhaltenen Messwerte lässt sich folglich der Einfluss von CO_2 und H_2O auf die Resonanzfrequenz mittels der Auswerteinrichtung trennen. Die Auswerteinrichtung ist ausgebildet, den von der Luftfeuchtigkeit unabhängigen Kohlendioxidgehalt zu ermitteln und auszugeben. In weiteren nicht eigens dargestellten Ausführungsbeispielen kann vorgesehen sein, auch die Konzentration von H_2O zu ermitteln und auszugeben.

[0043] In weiteren, nicht eigens dargestellten Ausführungsbeispielen, welche im Übrigen den dargestellten Ausführungsbeispielen entsprechen ist anstelle des Gasdetektors ein entsprechend aufgebauter Fluiddetektor vorgesehen, mittels welchem eine fluide Substanz detektiert wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion zumindest einer Substanz, welches zumindest einen akustischen Resonator (**10**, **10'**) mit einem Sensormaterial (**40**) zur Sorption der zumindest einen Substanz mit einer, zumindest bei oder nach der Sorption, von der Temperatur abhängigen akustischen Materialeigenschaft nutzt, wobei eine Abhängigkeit der Resonanzfrequenz (f_0) des zumindest einen Resonators (**10**, **10'**) von der Temperatur aufgrund der Materialeigenschaft ermittelt und zur Detektion herangezogen wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Substanz ein Gas ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Abhängigkeit ermittelt wird, indem die Resonanzfrequenz des zumindest einen Resonators (**10**, **10'**) bei zumindest zwei Temperaturen bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Abhängigkeit ermittelt wird, indem zumindest zwei akustische Resonatoren genutzt werden, wobei deren Temperaturen voneinander abweichen und deren Resonanzfrequenzen (f_0) bestimmt werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Sensormaterial zur Sorption zumindest zweier Substanzen, insbesondere Kohlendioxid und gasförmigen Wassers, ausgebildet ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem als oder für das Sensormaterial

zumindest ein Polysiloxan und/oder Aminosilan herangezogen wird.

zelement und/oder zumindest einen Temperatursensor aufweist.

7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei welchem ein Sensormaterial herangezogen wird, welches sensitiv auf zumindest zwei Substanzen ist, wobei die Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur herangezogen wird, um die Konzentration zumindest einer, vorzugsweise zumindest zweier, der zumindest zwei Substanzen zu bestimmen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

8. Substanzdetektor (**5**, **5'**), ausgebildet zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem der Substanzdetektor zumindest einen akustischen Resonator aufweist, welcher ein zur Sorption der zumindest einen Substanz ausgebildetes Sensormaterial (**40**) mit mindestens einer, zumindest bei oder nach der Sorption, von der Temperatur abhängigen Materialeigenschaft aufweist.

9. Substanzdetektor nach dem vorhergehenden Anspruch, welcher ein Gasetektor ist und wobei die zumindest eine Substanz zumindest ein Gas ist.

10. Substanzdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Sensormaterial mit zumindest einem Polysiloxan und/oder Aminosilan gebildet ist.

11. Substanzdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die Resonanzfrequenz des Resonators von zumindest einer von der Temperatur abhängigen Materialeigenschaft abhängt.

12. Substanzdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche eine Auswerteinrichtung aufweist, die ausgebildet ist, mittels Ermittlung einer Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur die Konzentration zumindest einer Substanz, vorzugsweise zumindest zweier Substanzen, zu ermitteln.

13. Substanzdetektor nach dem vorhergehenden Anspruch, bei welchem das Sorptionsmaterial zur Sorption zumindest zweier Substanzen ausgebildet ist, wobei mittels Ermittlung einer Abhängigkeit der Resonanzfrequenz von der Temperatur die jeweilige Konzentration zumindest einer der zumindest zwei Substanzen, insbesondere Kohlendioxid und/oder gasförmigen Wassers, bestimmt wird.

14. Substanzdetektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher zwecks Erfassung der Abhängigkeit von der Temperatur zumindest ein Hei-

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

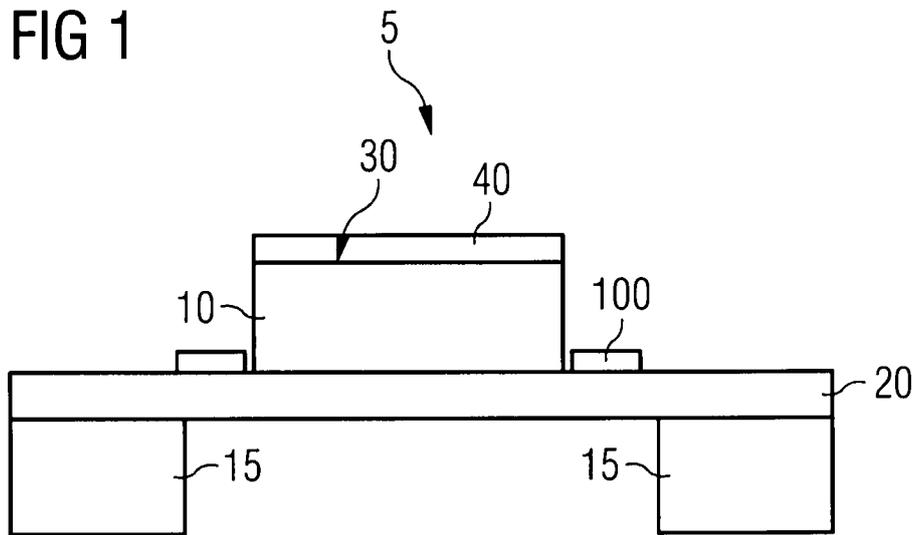


FIG 2

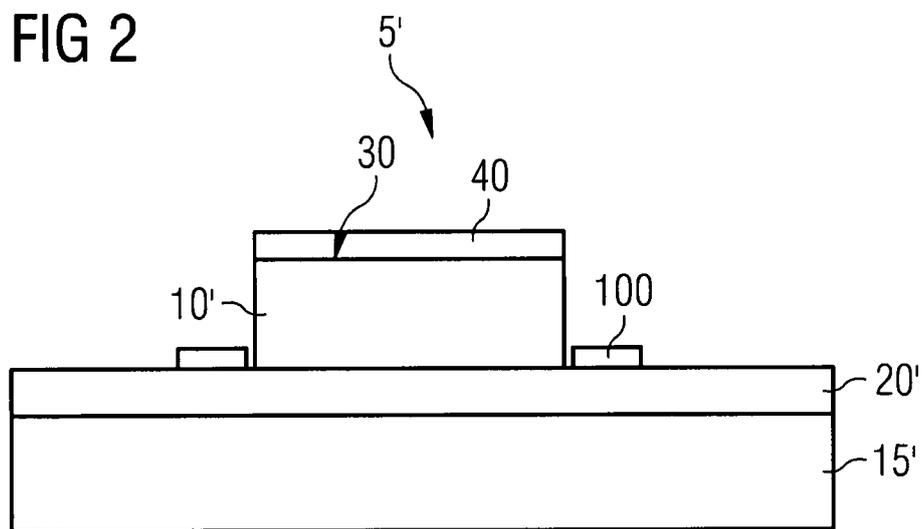


FIG 3

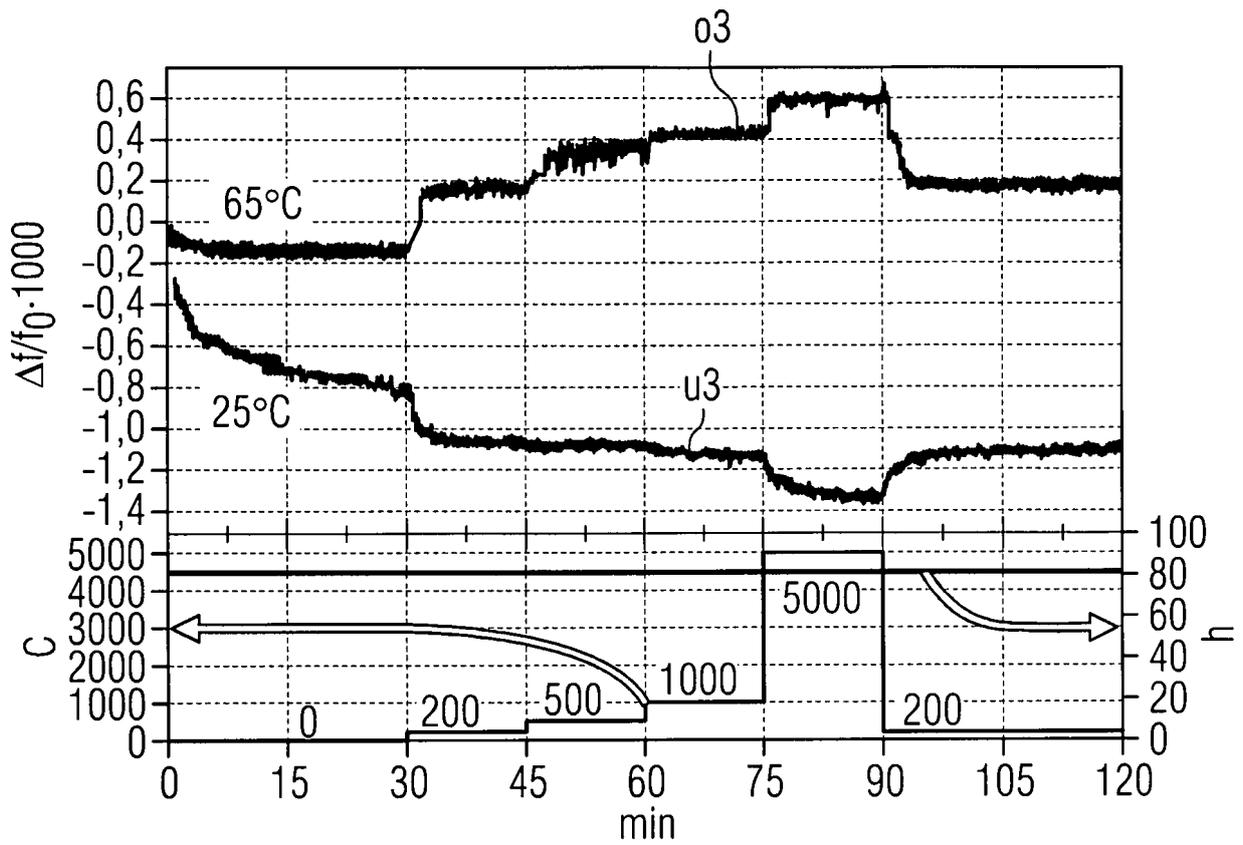


FIG 4

