

(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  
25. Juni 2015 (25.06.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/090771 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*G01L 9/00* (2006.01) *G01L 9/12* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/074656
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
14. November 2014 (14.11.2014)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2013 114 734.8  
20. Dezember 2013 (20.12.2013) DE
- (71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG** [DE/DE]; Hauptstr. 1, 79689 Maulburg (DE).
- (72) Erfinder: **BURGARD, Martin**; Statthalterstr. 1c, 79650 Schopfheim (DE). **DREWES, Ulfert**; Winzerstraße 12g, 79379 Müllheim (DE). **PONATH, Nils**; Talstraße 59, 79102 Freiburg (DE). **ROSSBERG, Andreas**; Albert-Gersbach-Allee 5, 79713 Bad Säckingen (DE). **UEHLIN, Thomas**; Weiermattstr. 33, 79650 Schopfheim (DE).
- (74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; Endress + Hauser (Deutschland) AG & Co. KG, Colmarer Str. 6, 79576 Weil am Rhein (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: CAPACITIVE PRESSURE-MEASURING CELL HAVING AT LEAST ONE TEMPERATURE SENSOR AND PRESSURE MEASUREMENT METHOD

(54) Bezeichnung : KAPAZITIVE DRUCKMESSZELLE MIT MINDESTENS EINEM TEMPERATURENSOR UND DRUCKMESSVERFAHREN

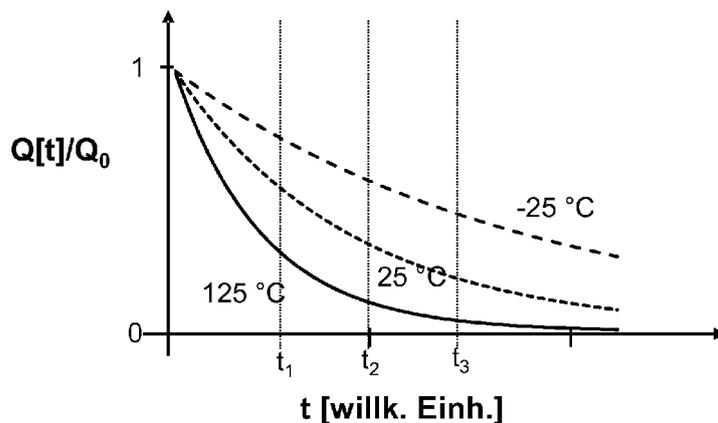


Fig. 3

FIG. 3:  
t [willk. Einh.] = t [arbitrary unit]

(57) Abstract: A pressure sensor comprises an operating circuit and a pressure-measuring cell comprising a counter body (1), a measurement membrane (2), which is arranged on the counter body (1) and can be deformed by a pressure to be measured, and a capacitive transducer, which has at least one membrane electrode (7) arranged on the measurement membrane and at least one counter-body electrode (8, 9) arranged on the counter body (2), wherein the capacitance between the membrane electrode (7) and the counter-body electrode (8, 9) depends on a pressure-dependent deformation of the measurement membrane, wherein at least the membrane electrode (7) has a temperature-dependent impedance, wherein the operating circuit is designed to sense at least one capacitance between the at least one counter-body electrode and the at least one membrane electrode and to provide a pressure measurement value on the basis of at least one capacitance and to determine the impedance of the membrane electrode, particularly the ohmic portion of the impedance of the membrane electrode.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/090771 A1



---

Ein Drucksensor umfasst eine Betriebsschaltung; und eine Druckmesszelle mit einem Gegenkörper (1); einer an dem Gegenkörper (1) angeordneten, durch einen zu messenden Druck verformbaren Messmembran (2); und einem kapazitiven Wandler, welcher mindestens eine an der Messmembran angeordnete Membranelektrode (7) und mindestens eine am Gegenkörper (2) angeordnete Gegenkörperelektrode (8, 9) aufweist, wobei die Kapazität zwischen der Membranelektrode (7) und der Gegenkörperelektrode (8, 9) von einer druckabhängigen Verformung der Messmembran abhängt, wobei zumindest die Membranelektrode (7) eine temperaturabhängige Impedanz aufweist; wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, mindestens eine Kapazität zwischen der mindestens einen Gegenkörperelektrode und der mindestens einen Membranelektrode zu erfassen, und in Abhängigkeit von der mindestens einen Kapazität einen Druckmesswert bereitzustellen, sowie die Impedanz der Membranelektrode, insbesondere den ohmschen Anteil der Impedanz der Membranelektrode, zu bestimmen.

## **Kapazitive Druckmesszelle mit mindestens einem Temperatursensor und Druckmessverfahren**

Die vorliegende Erfindung betrifft eine kapazitive Druckmesszelle mit einem Gegenkörper, einer mit dem Gegenkörper verbundenen, durch einen zu messenden Druck verformbaren Messmembran, und mit mindestens einem Temperatursensor.

Temperatursensoren sind häufig in Druckmesszellen integriert, um den statischen Temperaturfehler bei der Druckmessung zu kompensieren. Bei gattungsgemäßen Druckmesszellen ist dieser Temperatursensor meistens auf der Rückseite der Keramik angeordnet, er kann aber auch in einer anschließenden Auswerteelektronik enthalten sein. Wenn sich eine Druckmesszelle in thermischem Gleichgewicht mit ihrer Umgebung befindet, kann die Temperaturabhängigkeit der Druckmessung mit Hilfe eines solchen Temperatursensors und einer geeigneten Aufbereitung des Messsignals gut kompensiert werden. Temperatursprünge können jedoch zu erheblichen Messfehlern führen, die mit den bekannten Verfahren kaum zu kompensieren sind. Insbesondere bei keramischen Druckmesszellen mit einer dünnen Messmembran mit einer Stärke von beispielsweise wenigen 100  $\mu\text{m}$ , bei einer medienberührenden Oberfläche von etwa 1  $\text{cm}^2$  bis 10  $\text{cm}^2$  folgt die Temperatur der Messmembran beliebig schnell der Temperatur eines an der Messmembran anstehenden Mediums, während der Wärmeübertrag zwischen der Rückseite des Gegenkörpers und der Messmembran nur sehr langsam verläuft, nämlich durch ein ringförmig umlaufende Fügestelle zwischen Gegenkörper und Fügestelle am äußeren Rand der Messmembran und dann durch das Volumen des Gegenkörpers zu dessen Rückseite. Damit erfolgt eine Temperaturmessung an der Rückseite des Grundkörpers im Zweifel immer verzögert.

Die Offenlegungsschrift DE 100 44 078 A1 offenbart eine Druckmesszelle mit zwei Temperatursensoren, die in Richtung erwarteten Temperaturgradienten beabstandet anzuordnen sind. Deshalb ist der erste Temperatursensor an der die Vorderseite der Druckmesszelle bildenden Messmembran, wo er Temperaturänderungen des Mediums schnell zu folgen vermag, und der zweite ist an der von der Messmembran abgewandten Rückseite des Gegenkörpers der Druckmesszelle angeordnet. Der erste Temperatursensor ist an der Frontseite des Gegenkörpers angeordnet, in die

Fügestelle eingebettet und über elektrische Durchführungen durch den Grundkörper kontaktiert.

Ein Vergleich der Temperatursignale der beiden Temperatursensoren ermöglicht dann die Detektion eines Temperaturgradienten und eine genauere Kompensation der durch den Temperaturgradienten bedingten Effekte, wie eine Wölbung von Messmembran und/oder Gegenkörper, oder veränderte Steifigkeiten. Die genannte Offenlegungsschrift erwähnt weiterhin, dass die Feststellung von Temperaturgradienten anhand der zeitlichen Ableitung des Signals vom ersten Temperatursensor erfolgen kann.

Wie Eingangs erwähnt, stellt jedoch gerade die Fügestelle zwischen Messmembran und Gegenkörper einen großen thermischen Widerstand dar, so dass ein zusätzlicher Temperatursensor an der Frontseite des Gegenkörpers zwar einerseits eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik ist, andererseits steht dieser Temperatursensor aber auch unter dem thermischen Einfluss des Volumens des Gegenkörpers, so dass bei schnellen Temperatursprüngen, noch eine Verfälschung zu erwarten ist. Wenn im Bereich der Fügestelle ein Dichtring auf die Frontseite der Messmembran einwirkt, kann dieser ebenfalls den Temperaturmesswert des ersten Temperatursensors beeinflussen, was die Temperaturkompensation beeinträchtigen kann.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Druckmesszelle und ein Betriebsverfahren dafür bereitzustellen, wobei die Druckmesszelle eine weiter verbesserte Temperaturkompensation aufweist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Druckmesszelle gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 und das Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 10.

Der erfindungsgemäße Drucksensor umfasst eine Betriebsschaltung; und eine Druckmesszelle mit einem Gegenkörper; einer an dem Gegenkörper angeordneten, durch einen zu messenden Druck verformbaren Messmembran; und einem kapazitiven Wandler welcher mindestens eine an der Messmembran angeordnete

Membranelektrode und mindestens eine am Gegenkörper angeordnete Gegenkörperelektrode aufweist, wobei die Kapazität zwischen der Membranelektrode und der Gegenkörperelektrode von einer druckabhängigen Verformung der Messmembran abhängt, wobei zumindest die Membranelektrode eine temperaturabhängige Impedanz aufweist; wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet, mindestens eine Kapazität zwischen der mindestens einen Gegenkörperelektrode und der mindestens einen Membranelektrode zu erfassen, und in Abhängigkeit von der mindestens einen Kapazität einen Druckmesswert bereitzustellen, sowie einen Impedanzwert der Membranelektrode, insbesondere den ohmschen Anteil der Impedanz der Membranelektrode, zu bestimmen.

Die Temperaturabhängigkeit der Impedanz ist insbesondere durch einen temperaturabhängigen ohmschen Widerstand des Materials der Membranelektrode gegeben.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Betriebsschaltung dazu eingerichtet, in Abhängigkeit von dem Impedanzwert der Membranelektrode einen Temperaturwert für die Messmembran zu bestimmen.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Betriebsschaltung dazu eingerichtet, in Abhängigkeit von der Impedanz der Membranelektrode, eine Temperaturkompensation und/oder Temperaturgradientenkompensation durchzuführen um einen kompensierten Druckmesswert bereitzustellen.

Der erfindungsgemäße Drucksensor ermöglicht eine Bestimmung der Temperatur der Messmembran, die im Wesentlichen durch die gesamte Fläche der Messmembran beeinflusst ist und nicht nur durch den Randbereich, in dem die Messmembran mit anderen Wärmequellen oder Wärmesenken gekoppelt ist, welche die Temperaturmessung verfälschen, und damit eine ungenügende Basis für eine Temperaturkompensation geben.

Zudem benötigt der erfindungsgemäße Drucksensor – anders als im Stand der Technik - keine zusätzlichen Anschlüsse bzw. Durchführungen durch den

Gegenkörper um eine Temperatur der Messmembran zu bestimmen. Damit ist Bestimmung der Membrantemperatur in konstruktiver Hinsicht kostenneutral.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Betriebsschaltung dazu eingerichtet, die Impedanz der Membranelektrode anhand einer Zeitkonstanten eines Lade- und/oder Entladevorgangs der Kapazität zwischen der Membranelektrode und der mindestens einen Gegenkörperelektrode zu bestimmen.

In einer Weiterbildung der Erfindung bildet die Betriebsschaltung zusammen mit der Kapazität zwischen der Membranelektrode und der mindestens einen Gegenkörperelektrode einen Schwingkreis, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, die Impedanz der Membranelektrode anhand einer charakteristischen Größe des Schwingkreises zu bestimmen, beispielsweise anhand eines Phasenwinkels zwischen einer Ladespannung und einem Ladestrom in dem Schwingkreis, oder anhand der Güte bzw. der Dämpfung des Schwingkreises.

In einer Weiterbildung der Erfindung hängt die Impedanz der Membranelektrode außer von der Temperatur auch von einer Verformung der Messmembran ab, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, in Abhängigkeit von der mindestens einen Kapazität zwischen der Membranelektrode und der mindestens einen Gegenkörperelektrode den Verformungseinfluss auf die Impedanz der Membranelektrode zu ermitteln, und bei der Ermittlung eines Temperaturwerts der Messmembran zu kompensieren, wobei der solchermaßen ermittelte Temperaturwert zur Durchführung einer Temperaturkompensation und/oder Temperaturgradientenkompensation bei der Bestimmung des Druckmesswerts heranzuziehen ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist die Membranelektrode einen Halbleiter auf, insbesondere ein Metalloxid, insbesondere ein Titanoxid.

In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Drucksensor weiterhin einen zweiten Temperatursensor, welcher auf einer der Messmembran abgewandten Rückseite des Gegenkörpers angeordnet ist, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, eine Temperaturkompensation bzw. Temperaturgradientenkompensation in Abhängigkeit von einer anhand der Impedanz der Messmembran ermittelten Temperatur

der Messmembran und anhand eines Temperaturmesswerts des zweiten Temperatursensors durchzuführen.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Messmembran mit dem Gegenkörper mittels einer umlaufenden elektrisch leitenden Fügestelle druckdicht gefügt, wobei die Fügestelle insbesondere ein Aktivhartlot aufweist, und wobei die Membranelektrode elektrisch leitend mit der Fügestelle verbunden ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist der kapazitive Wandler einen Differentialkondensator mit einer ersten Gegenkörperelektrode und einer zweiten Gegenkörperelektrode auf, wobei die erste Gegenkörperelektrode von der zweiten Gegenkörperelektrode ringförmig umgeben ist, und wobei eine erste Kapazität zwischen der ersten Gegenkörperelektrode und der Membranelektrode gleich einer zweiten Kapazität zwischen der zweiten Gegenkörperelektrode und der Membranelektrode ist, wenn sich die Messmembran und der Gegenkörper in ihrer Ruhelage befinden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Ermitteln eines Druckmesswerts mittels eines Drucksensors, insbesondere mittels eines Drucksensors nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher Drucksensor einen kapazitiven Wandler zum Wandeln einer druckabhängigen Verformung einer Messmembran in ein elektrisches Signal aufweist, wobei der Drucksensor Querempfindlichkeiten zur Temperatur der Messmembran und/oder zu Temperaturgradienten zwischen der Messmembran und weiteren Komponenten des Drucksensors aufweist, wobei der kapazitive Wandler eine Membranelektrode mit temperaturabhängiger Impedanz aufweist, ist ein Verfahren, welches die folgende Schritte aufweist: Ermitteln eines verformungsabhängigen Kapazitätsmesswerts des kapazitiven Wandlers; Ermitteln eines temperaturabhängigen Impedanzmesswerts der Membranelektrode; und Bestimmen eines temperaturkompensierten und/oder temperaturgradientenkompensierten Druckmesswertes in Abhängigkeit von dem Kapazitätsmesswert und dem Impedanzmesswert.

Die Erfindung wird nun anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

- Figur 1: einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Druckmesszelle;
- Fig. 2: ein Diagramm, welches den Verlustwinkel  $\tan(\Delta)$  als Funktion für verschiedene Temperaturen über den Druck darstellt; und
3. ein Diagramm, welches Entladekurven eines Kondensators für verschiedene Elektrodentemperaturen darstellt.

Die in Fig. 1 dargestellte Druckmesszelle 1 umfasst eine kreisscheibenförmige, keramische Messmembran 2, die mit einem erheblich steiferen kreisplattenförmigen, keramischen Gegenkörper 3 entlang einer umlaufenden Fügestelle 4 unter Bildung einer Messkammer 5 zwischen dem Gegenkörper 3 und der Messmembran 2 druckdicht gefügt ist. Die Messmembran und der Gegenkörper können insbesondere Korund aufweisen. Die Fügestelle kann insbesondere ein Aktivhartlot, beispielsweise ein Zr-Ni-Ti-Aktivhartlot, aufweisen.

Die Messmembran 2 weist auf ihrer gegenkörperseitigen Oberfläche eine vollflächige Membranelektrode 7 auf, die ein Metalloxid, insbesondere ein dotiertes Metalloxid, beispielsweise mit Nb oder W dotiertes Titanoxid umfasst, wobei die Elektrode einen Durchmesser von  $2R$  aufweist, wobei  $R$  der Radius des auslenkbaren Bereichs der Messmembran ist, der dem Innenradius der Fügestelle entspricht. Auf der messmembranseitigen Oberfläche des Gegenkörpers ist eine zentrale, kreisflächenförmige Messelektrode 8 angeordnet, die von einer bezüglich der Membranelektrode 7 in der Ruhelage der Messmembran 2 im wesentlichen kapazitätsgleichen kreisringförmigen Referenzelektrode 9 kontaktiert ist. Der Abstand der Referenzelektrode 9 zur Messelektrode 8 und zur Fügestelle 4 beträgt jeweils etwa  $0,1R$ . Die Referenzelektrode 9 und die Messelektrode 8 sind über metallische Durchführungen 10, 11 durch den Grundkörper elektrisch kontaktiert. Die Membranelektrode 7 kann beispielsweise über die Fügestelle auf Schaltungsmasse gelegt sein.

Zum Bestimmen eines Druckmesswerts werden die Kapazitäten zwischen der Messelektrode 8 und der Membranelektrode 7 einerseits, sowie der Referenzelektrode 9 und der Membranelektrode 7 andererseits erfasst. Die

Bestimmung eines Druckmesswerts anhand dieser Kapazitäten ist an sich bekannt und beispielsweise der Offenlegungsschrift DE 10 2011 078 557 A1 beschrieben.

Das Elektrodenmaterial der Membranelektrode 7 weist einen temperaturabhängigen Widerstand auf, aus dem sich die Möglichkeit ergibt, die Temperatur der Messmembran 2 zu bestimmen, und auf dieser Basis eine Temperaturkompensation oder Temperaturgradienten Kompensation durchzuführen. Hierzu sind im folgenden verschiedene Ansätze beschrieben.

Prinzipiell können die Kapazitäten zwischen den Gegenkörperelektrode und der Membranelektrode der Druckmesszelle als Kapazitäten eines schwingt Kreises betrachtet werden, wobei sich die ohmschen Widerstände in einem solchen Schwingkreis anhand des Tangens des Verlustwinkels  $\tan(\delta)$  bestimmen lassen, wobei der Verlustwinkel  $\delta$  der Differenz zwischen  $90^\circ$  und dem Phasenwinkel  $\varphi$  zwischen Strom und Spannung entspricht. Der bestimmende ohmsche Widerstand ist bei der Druckmesszelle des erfindungsgemäßen Drucksensors durch die Membranelektrode 7 gegeben und beträgt über einen typischen Temperatureinsatzbereich, je nach Dotierung, zwischen beispielsweise zwischen 1 und 8 k $\Omega$ . Wie in Fig. 2 dargestellt, weisen die Werte für den Tangens des Verlustwinkels eine gut messbare Temperaturabhängigkeit auf, so dass nach einer Bestimmung des Verlustwinkels, dessen Druckabhängigkeit noch anhand der gemessenen Kapazitäten zu korrigieren ist, die Temperatur der Messmembranen 2 hinreichend genau bestimmt werden kann, um damit eine Temperaturkompensation durchzuführen. Zur Bestimmung des Verlustwinkels ist ein Schwingkreis, welcher die Messkapazität enthält vorzugsweise auf seiner Resonanzfrequenz zu betreiben, die beispielsweise über einen Frequenzsuchlauf mit einer gegebenen Erregerspannung zu identifizieren ist.

In der Praxis werden kapazitive Druckmesszellen häufig mit Ladungspumpen oder so genannten switched Capacitor-Schaltungen betrieben, bei denen beispielsweise ein Messkondensator, dessen Kapazität zu bestimmen ist mit einer definierten Spannung geladen wird, wobei anschließend der Messkondensator in einen Auswertungskondensator entladen wird, wobei die resultierende Spannung des Auswertungskondensators ein Maß für die gesuchte Kapazität ist. Dies gilt natürlich

nur, wenn ausreichend Zeit für die Lade- und Entladevorgänge gelassen wird. Tatsächlich sind aktuelle Betriebsschaltungen so eingerichtet, dass sie den Kapazitäten hinreichend Zeit zum Laden und Entladen einräumen, was bei kleinen Kapazitäten oft nicht mehr als wenige Mikrosekunden oder selber weniger als 1  $\mu$ s erfordert.

Wie nun in Fig. 3 dargestellt, wirkt sich der temperaturabhängige Widerstand der Membranelektrode auch auf die Entladezeit eines Kondensators aus, welche die Membranelektrode enthält. Damit ergibt sich die Möglichkeit, durch eine Folge von Lade- und Entladevorgängen, bei denen die Kapazitäten der Membranelektrode jeweils aufgeladen und über unterschiedliche Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  entladen wird, die Zeitkonstante für die Einladung zu bestimmen und anhand dieser einen Temperaturwert für die Messmembranen zu ermitteln. Auf dieser Basis kann dann eine Temperaturkompensation oder Temperaturgradienten Kompensation bei der Ermittlung eines Druckmesswerts durchgeführt werden.

Für eine Temperaturkompensation kann einerseits nur ein Temperaturwert für die Temperatur der Messmembran verwendet werden, die anhand der soeben beschriebenen Verfahren bestimmt wurde, andererseits kann zusätzlich ein (in Fig. 1 nicht dargestellter) zweiter Temperatursensor verwendet werden, der auf der Rückseite des Gegenkörpers der Druckmesszelle angeordnet ist. Durch Vergleich der Temperaturwerte für die Messmembran und für die Rückseite des Gegenkörpers ist zudem einer Gradientenkompensation möglich. Ein wesentliches Indiz für einen Temperaturgradienten kann ebenfalls aus der zeitlichen Ableitung der Temperatur der Messmembranen gewonnen werden.

Die Betriebsschaltung kann insbesondere in Form eines ASIC realisiert sein, welcher auf der Rückseite der Druckmesszelle angeordnet ist. Weiterhin kann ein solcher ASIC nur eine Teilkomponente der Betriebsleitung sein, welche insbesondere mit einem Hauptprozessor kommuniziert, welcher von dem ASIC bereitgestellte Signale zur Durchführung einer Temperaturkompensation oder Temperaturgradienten Kompensation bei der Ermittlung eines Druckmesswerts auswertet.

## Patentansprüche

1. Drucksensor, umfassend:

eine Betriebsschaltung; und

eine Druckmesszelle mit einem Gegenkörper (1); einer an dem Gegenkörper (1) angeordneten, durch einen zu messenden Druck verformbaren Messmembran (2); und einem kapazitiven Wandler welcher mindestens eine an der Messmembran angeordnete Membranelektrode (7) und mindestens eine am Gegenkörper (2) angeordnete Gegenkörperelektrode (8, 9) aufweist, wobei die Kapazität zwischen der Membranelektrode (7) und der Gegenkörperelektrode (8, 9) von einer druckabhängigen Verformung der Messmembran abhängt, wobei zumindest die Membranelektrode (7) eine temperaturabhängige Impedanz aufweist;

wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, mindestens eine Kapazität zwischen der mindestens einen Gegenkörperelektrode und der mindestens einen Membranelektrode zu erfassen, und in Abhängigkeit von der mindestens einen Kapazität einen Druckmesswert bereitzustellen, sowie die Impedanz der Membranelektrode, insbesondere den ohmschen Anteil der Impedanz der Membranelektrode, zu bestimmen.

2. Drucksensor nach Anspruch 1, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, in Abhängigkeit von der Impedanz der Membranelektrode eine Temperaturkompensation und/oder Temperaturgradientenkompensation durchzuführen, um einen kompensierten Druckmesswert bereitzustellen.
3. Drucksensor nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, die Impedanz der Membranelektrode anhand einer Zeitkonstanten eines Lade- und/oder Entladevorgangs der Kapazität zwischen der Membranelektrode und der mindestens einen Gegenkörperelektrode zu bestimmen.

4. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Betriebsschaltung zusammen mit der Kapazität zwischen der Membranelektrode und der mindestens einen Gegenkörperelektrode einen Schwingkreis bildet, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, die Impedanz der Membranelektrode anhand einer charakteristischen Größe des Schwingkreises zu bestimmen, beispielsweise anhand eines Phasenwinkels zwischen einer Ladespannung und einem Ladestrom in dem Schwingkreis, oder anhand der Güte bzw. der Dämpfung des Schwingkreises.
5. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Impedanz der Membranelektrode außer von der Temperatur auch von einer Verformung der Messmembran abhängt, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, in Abhängigkeit von der mindestens einen Kapazität zwischen der Membranelektrode und der mindestens einen Gegenkörperelektrode den Verformungseinfluss auf die Impedanz der Membranelektrode zu ermitteln, und bei der Ermittlung eines Temperaturwerts der Messmembran zu kompensieren, wobei der solchermaßen ermittelte Temperaturwert zur Durchführung einer Temperaturkompensation und/oder Temperaturgradientenkompensation bei der Bestimmung des Druckmesswerts heranzuziehen ist.
6. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Membranelektrode einen Halbleiter aufweist, insbesondere ein Metalloxid, insbesondere ein Titanoxid oder dotiertes Titanoxid, beispielsweise mit Nb oder W dotiertes Titanoxid.
7. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend einen zweiten Temperatursensor, welcher auf einer der Messmembran abgewandten Rückseite des Gegenkörpers angeordnet ist, wobei die Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, eine Temperaturkompensation bzw. Temperaturgradientenkompensation in Abhängigkeit von einer anhand der Impedanz der Messmembran ermittelten Temperatur der Messmembran und anhand eines Temperaturmesswerts des zweiten Temperatursensors durchzuführen.

8. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche wobei die Messmembran mit dem Gegenkörper mittels einer umlaufenden elektrisch leitenden Fügestelle druckdicht gefügt ist, wobei die Fügestelle insbesondere ein Aktivhartlot aufweist, und wobei die Membranelektrode elektrisch leitend mit der Fügestelle verbunden ist.
9. Drucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der kapazitive Wandler einen Differentialkondensator mit einer ersten Gegenkörperelektrode und einer zweiten Gegenkörperelektrode aufweist, wobei die erste Gegenkörperelektrode von der zweiten Gegenkörperelektrode ringförmig umgeben ist, und wobei eine erste Kapazität zwischen der ersten Gegenkörperelektrode und der Membranelektrode gleich einer zweiten Kapazität zwischen der zweiten Gegenkörperelektrode und der Membranelektrode ist, wenn sich die Messmembran und der Gegenkörper in ihrer Ruhelage befinden.
10. Verfahren zum Ermitteln eines Druckmesswerts mittels eines Drucksensors, insbesondere mittels eines Drucksensors nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welcher Drucksensor einen kapazitiven Wandler zum Wandeln einer druckabhängigen Verformung einer Messmembran in ein elektrisches Signal aufweist, wobei der Drucksensor Querempfindlichkeiten zur Temperatur der Messmembran und/oder zu Temperaturgradienten zwischen der Messmembran und weiteren Komponenten des Drucksensors aufweist, wobei der kapazitive Wandler eine Membranelektrode mit temperaturabhängiger Impedanz aufweist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Ermitteln eines verformungsabhängigen Kapazitätsmesswerts des kapazitiven Wandlers;

Ermitteln eines temperaturabhängigen Impedanzwerts der Membranelektrode;

und Bestimmen eines temperaturkompensierten und/oder temperaturgradientenkompensierten Druckmesswertes in Abhängigkeit von dem Kapazitätsmesswert und dem Impedanzmesswert.

1/2

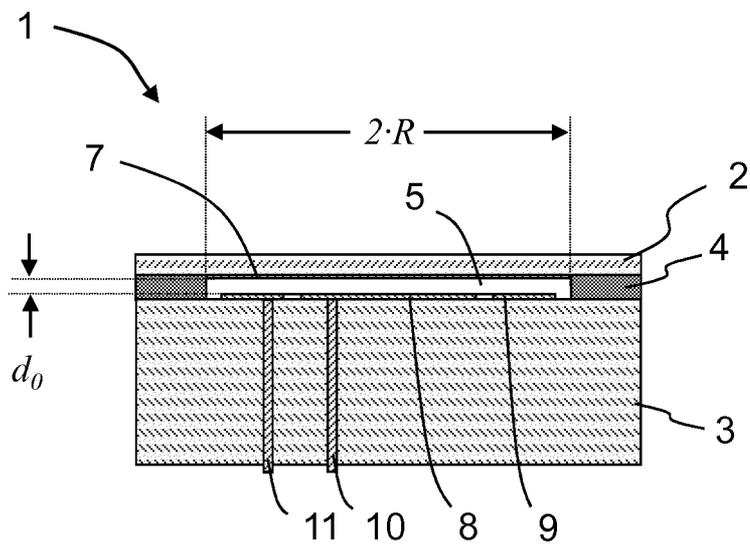


Fig. 1

2/2

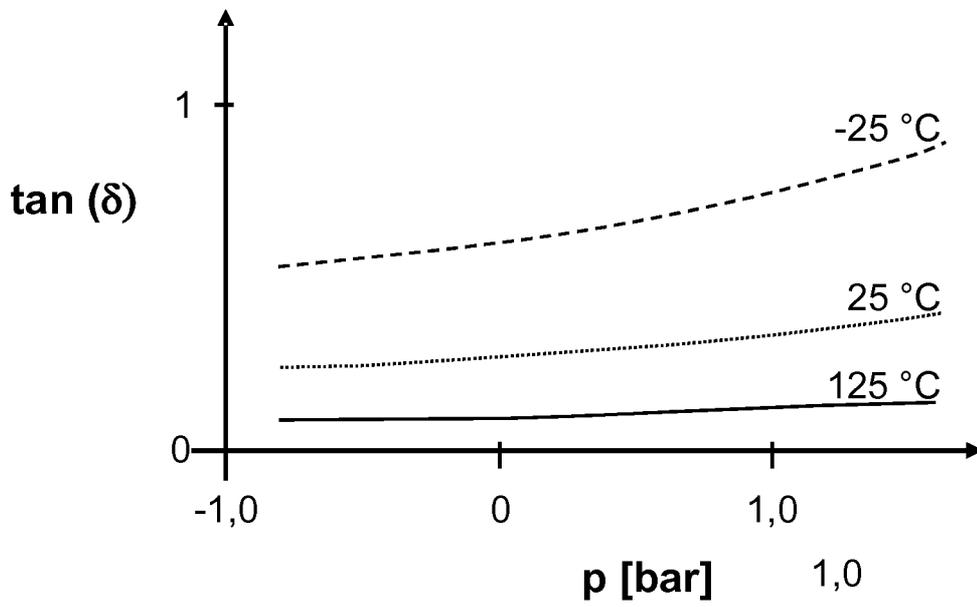


Fig. 2

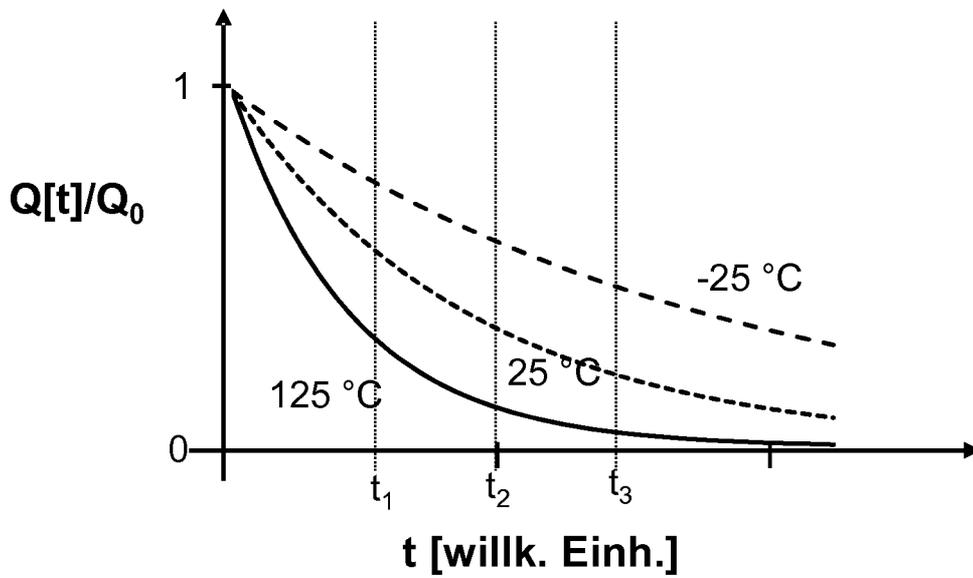


Fig. 3

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2014/074656

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. G01L9/00 G01L9/12  
 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)  
 G01L

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.
Y	EP 1 174 696 A2 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 23 January 2002 (2002-01-23) paragraph [0011]; claims 1,3,8; figure 1 -----	1-10
Y	DE 10 2009 002662 A1 (IFM ELECTRONIC GMBH [DE]) 28 October 2010 (2010-10-28) claims 1,2,4,8 -----	1-10
A	EP 2 520 917 A1 (NXP BV [NL]) 7 November 2012 (2012-11-07) paragraph [0048] -----	3
A	US 2011/308320 A1 (ROCZNIK MARKO [US]) 22 December 2011 (2011-12-22) paragraphs [0055], [0056]; claims 1,2 -----	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  29 January 2015	Date of mailing of the international search report  05/02/2015
--	--

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  Cilissen, Marcel
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2014/074656
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1174696	A2	23-01-2002	DE 10035346 A1 EP 1174696 A2	14-02-2002 23-01-2002
-----				
DE 102009002662	A1	28-10-2010	NONE	
-----				
EP 2520917	A1	07-11-2012	CN 102768093 A EP 2520917 A1 EP 2520918 A2 US 2013118265 A1	07-11-2012 07-11-2012 07-11-2012 16-05-2013
-----				
US 2011308320	A1	22-12-2011	EP 2583073 A1 JP 2013529783 A US 2011308320 A1 WO 2011163049 A1	24-04-2013 22-07-2013 22-12-2011 29-12-2011
-----				

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/074656

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01L9/00 G01L9/12  
 ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G01L

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.
Y	EP 1 174 696 A2 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 23. Januar 2002 (2002-01-23) Absatz [0011]; Ansprüche 1,3,8; Abbildung 1	1-10
Y	DE 10 2009 002662 A1 (IFM ELECTRONIC GMBH [DE]) 28. Oktober 2010 (2010-10-28) Ansprüche 1,2,4,8	1-10
A	EP 2 520 917 A1 (NXP BV [NL]) 7. November 2012 (2012-11-07) Absatz [0048]	3
A	US 2011/308320 A1 (ROCZNIK MARKO [US]) 22. Dezember 2011 (2011-12-22) Absätze [0055], [0056]; Ansprüche 1,2	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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
29. Januar 2015	05/02/2015

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  Cilissen, Marcel
--	---

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/074656

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1174696 A2	23-01-2002	DE 10035346 A1 EP 1174696 A2	14-02-2002 23-01-2002
-----			
DE 102009002662 A1	28-10-2010	KEINE	
-----			
EP 2520917 A1	07-11-2012	CN 102768093 A EP 2520917 A1 EP 2520918 A2 US 2013118265 A1	07-11-2012 07-11-2012 07-11-2012 16-05-2013
-----			
US 2011308320 A1	22-12-2011	EP 2583073 A1 JP 2013529783 A US 2011308320 A1 WO 2011163049 A1	24-04-2013 22-07-2013 22-12-2011 29-12-2011
-----			