



(10) **DE 10 2011 078 557 A1** 2013.01.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 078 557.4**

(22) Anmeldetag: **01.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **03.01.2013**

(51) Int Cl.: **G01L 13/06 (2011.01)**

G01L 9/12 (2011.01)

G01L 27/00 (2011.01)

(71) Anmelder:

**Endress + Hauser GmbH + Co. KG, 79689,
Maulburg, DE**

(74) Vertreter:

**Andres, Angelika, Dipl.-Phys., 79576, Weil am
Rhein, DE**

(72) Erfinder:

**Uehlin, Thomas, 79650, Schopfheim, DE;
Wosnitza, Elmar, 79104, Freiburg, DE; Getman,
Igor, 79539, Lörrach, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 10 2007 063 116 A1

EP 0 797 084 B1

EP 1 186 875 B1

EP 1 518 097 B1

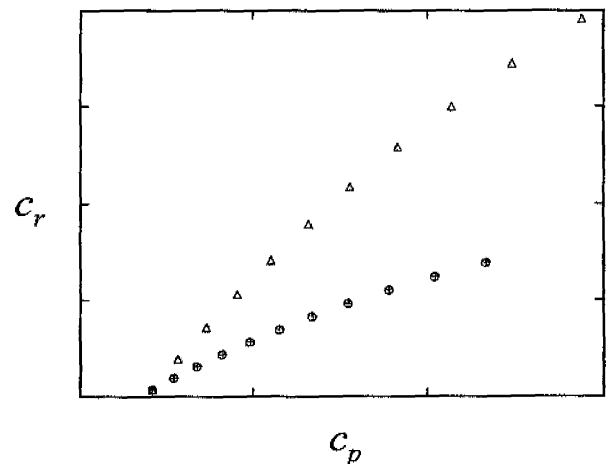
EP 2 189 774 A1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Absolut- oder Relativdrucksensors mit einem kapazitiven Wandler**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betreiben eines Drucksensors, welcher eine Messmembran, mindestens einen Gegenkörper und einen kapazitiven Wandler mit zwei druckabhängigen Kapazitäten jeweils zwischen Elektroden an der Messmembran und ortsfesten Gegenelektroden aufweist, wobei die Messmembran ein Volumen druckdicht in zwei Teilvolumina teilt, wobei das zweite Teilvolumen in einer Messkammer zwischen der Messmembran und dem Gegenkörper eingeschlossen ist, wobei eine Auslenkung der Messmembran von einer Druckmessgröße p als Differenz zwischen einem ersten Druck p_1 und zweiten Druck p_2 in den Teilvolumina abhängt, wobei die Druckmessgröße p aus beiden Kapazitäten folgt, wobei für einen intakten Drucksensor die zweite Kapazität eine vorgegebene Funktion der erstere Kapazität und ggf. der Temperatur ist, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Erfassen von Wertepaaren beider Kapazitäten; Prüfen, ob die Wertepaare innerhalb eines Toleranzbereichs der vorgegebenen Funktion entsprechen; und Feststellen einer Veränderung bzw. Beschädigung des Sensors, wenn dies zu lange nicht der Fall ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Absolut- oder Relativdrucksensors mit einem kapazitiven Wandler.

[0002] Ein solcher Drucksensor weist eine Messmembran, mindestens einen Gegenkörper und einen kapazitiven Wandler mit mindestens einer ersten druckabhängigen Kapazität und einer zweiten druckabhängigen Kapazität auf, wobei die Messmembran ein Volumen druckdicht in ein erstes Teilvolumen und zweites Teilvolumen teilt, wobei das zweite Teilvolumen in einer Messkammer zwischen der Messmembran und dem Gegenkörper eingeschlossen ist, wobei eine Auslenkung der Messmembran von einer Druckmessgröße p abhängt, welche eine Differenz zwischen einem ersten Druck p_1 in dem ersten Teilvolumen und einem zweiten Druck p_2 in dem zweiten Teilvolumen in der Messkammer ist, wobei die erste Kapazität und die zweite Kapazität jeweils zwischen einer Elektrode an der Messmembran und einer Gegenelektrode mit einer im wesentlichen druckunabhängigen Position gemessen werden, wobei ein jeweils aktueller Wert der Druckmessgröße p in Abhängigkeit von der ersten Kapazität und von der zweiten Kapazität ermittelt wird.

[0003] Der genaue Zusammenhang zwischen der Druckmessgröße p und den beiden Kapazitäten hängt insbesondere von der Position der Elektroden im Verhältnis zur Messmembran und der Biegecharakteristik der Messmembran ab. Sofern diese Randbedingungen bauartbedingt festgelegt sind, kann die Druckmessgröße p in Abhängigkeit der aktuellen Messwerte der Kapazitäten und ggf. weiterer Störgrößen wie der Temperatur bestimmt werden. Dies setzt jedoch voraus, dass die genannten, bauartbedingten Charakteristika des Drucksensors, welche die Übertragungsfunktionen beeinflussen, hinreichend stabil sind, und dass sich der Drucksensor insbesondere zumindest so weit im thermischen Gleichgewicht befindet, dass die Charakteristika nicht zu sehr von den Gleichgewichtsbedingungen abweichen.

[0004] In der Veröffentlichung EP 2 189 774 A1 wird ein Verfahren zur Kompensation schneller Temperaturänderungen offenbart, welches darauf beruht, dass für gemessene Werte der Messkapazität C_p (dort C_m genannt) die gemessenen Werte der Referenzkapazität C_r mit Erwartungswerten der Referenzkapazität C_r , die aus den gemessenen Werten der Messkapazität C_p folgen verglichen werden, und wobei ein Temperatursprung festgestellt wird, wenn der Messwert der Referenzkapazität außerhalb eines Toleranzbereichs um einen Erwartungswert liegt, und wobei dann für den Druckmesswert eine Korrekturfunktion ermittelt wird, die spezifisch den Ein-

fluss des Temperatursprungs auf den Druckmesswert korrigieren soll. In der genannten Veröffentlichung wird also gelehrt, Veränderungen der Übertragungsfunktionen als Folge eines Temperatursprungs zu deuten und dementsprechend bei der Auswertung der Kapazitäten modellbasiert zu kompensieren. Wenngleich dieser Ansatz seine Berechtigung hat, verkennt er, dass eine Veränderung der Übertragungsfunktion auch andere Ursachen haben kann, beispielsweise eine permanente Veränderung, insbesondere Schädigung der Messzelle. Damit besteht die Gefahr, dass eine solche Veränderung der Messzelle unerkannt bleibt, und zwar mit der Folge, dass eine funktionierende Druckmessung fingiert wird, obwohl die ausgegebenen Messwerte ggf. nichts mehr mit dem aktuellen Druck zu tun haben. Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, hier Abhilfe zu schaffen.

[0005] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben eines Drucksensors, wobei der Drucksensor eine Messmembran mindestens einen Gegenkörper und einen kapazitiven Wandler mit mindestens einer ersten druckabhängigen Kapazität und einer zweiten druckabhängigen Kapazität aufweist, wobei die Messmembran ein Volumen druckdicht in ein erstes Teilvolumen und zweites Teilvolumen teilt, wobei das zweite Teilvolumen in einer Messkammer zwischen der Messmembran und dem Gegenkörper eingeschlossen ist, wobei eine Auslenkung der Messmembran von einer Druckmessgröße p abhängt, welche eine Differenz zwischen einem ersten Druck p_1 in dem ersten Teilvolumen und einem zweiten Druck p_2 in dem zweiten Teilvolumen in der Messkammer ist, wobei die erste Kapazität und die zweite Kapazität jeweils zwischen einer Elektrode an der Messmembran und einer Gegenelektrode mit einer im wesentlichen druckunabhängigen Position gemessen werden, wobei ein jeweils aktueller Wert der Druckmessgröße p in Abhängigkeit von der ersten Kapazität und von der zweiten Kapazität ermittelt wird, und wobei für einen intakten Drucksensor im thermischen Gleichgewicht die zweite Kapazität als eine vorgegebene Funktion der ersten Kapazität und ggf. der Temperatur darstellbar ist, ist ein Verfahren welches die folgenden Schritte aufweist:
Überwachen, ob erfasste Wertepaare der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs tatsächlich dem Zusammenhang der vorgegebenen Funktion entsprechen, und
Feststellen einer Veränderung und/oder Beschädigung des Sensors, wenn dies für einen Zeitraum, der

länger andauert als ein Zeitgrenzwert, nicht der Fall ist.

[0007] In einer Weiterbildung der Erfindung ist der Zeitgrenzwert ein vorgegebener Grenzwert, insbesondere eine Zeitkonstante, welche das Erreichen eines Gleichgewichtszustands des Drucksensors nach einem Temperatursprung beschreibt, oder ein Vielfaches dieser Zeitkonstanten.

[0008] Das Vielfache kann eine beliebige rationale Zahl größer eins sein, insbesondere ein ganzzahliges Vielfaches.

[0009] In einer Weiterbildung der Erfindung ist der Zeitgrenzwert eine Funktion der Abweichung der Werte der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität von dem Zusammenhang der Funktion.

[0010] In einer Weiterbildung der Erfindung weist ein intakter Drucksensor einen ersten intakten Betriebszustand und einen zweiten intakten Betriebszustand auf, wobei für einen intakten Drucksensor im ersten Betriebszustand im thermischen Gleichgewicht die zweite Kapazität als eine erste vorgegebene Funktion der ersten Kapazität und ggf. der Temperatur darstellbar ist, wobei für einen intakten Drucksensor im zweiten Betriebszustand im thermischen Gleichgewicht die zweite Kapazität als eine zweite vorgegebene Funktion der ersten Kapazität und ggf. der Temperatur darstellbar ist,

wobei das Verfahren umfasst:

Erfassen von Wertepaaren der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität

Prüfen, ob die erfassten Wertepaare der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs tatsächlich dem Zusammenhang einer der vorgegebenen Funktionen entsprechen, und

Feststellen einer Veränderung und/oder Beschädigung des Sensors, wenn dies für einen Zeitraum, der länger andauert als ein Zeitgrenzwert, nicht der Fall ist.

[0011] In einer Weiterbildung der Erfindung geht der Drucksensor irreversibel von dem ersten intakten Betriebszustand in den zweiten Betriebszustand über.

[0012] Die vorgegebene Funktion kann dem entsprechend insbesondere auch eine ausgewählte Funktion von mehreren Funktionen sein die jeweils einem von mehreren definierten Betriebszuständen entsprechen.

[0013] In diesem Fall wird zunächst überprüft, ob sich der Sensor im ersten Betriebszustand befindet. Falls dies nicht der Fall ist, kann überprüft werden, ob sich der Sensor im zweiten Betriebszustand befindet, es folgt dann das Feststellen einer Beschädigung des Sensors, falls dies für einen Zeitraum, der länger an-

dauert als ein Zeitgrenzwert, nicht der Fall ist. Wenn allerdings einmal festgestellt wird dass sich der Sensor im zweiten Betriebszustand befindet, dann kann darauf verzichtet werden, zu überprüfen, ob sich der Sensor im ersten Zustand befindet.

[0014] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der kapazitive Wandler einen Differentialkondensator, mit mindestens einen ersten Kondensator, dessen erste Kapazität eine erste Übertragungsfunktion aufweist, und einen zweiten Kondensator, dessen zweite Kapazität eine zweite Übertragungsfunktion aufweist, wobei die Übertragungsfunktionen sich vorzugsweise in ihren Druckabhängigkeiten unterscheiden. Hierbei wird insbesondere angestrebt, dass die beiden Kapazitäten gleich sind, wenn die Druckmessgröße den Wert Null aufweist; in diesem Fall wird häufig die Differenz der Kapazitäten $C_1 - C_2$ normiert mit der Kapazität C_2 zur Bestimmung der Druckmessgröße herangezogen, also $p = p((C_1 - C_2)/C_2)$.

[0015] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Differentialkondensator eine kreisflächenförmige Messelektrode und eine kapazitätsgleiche kreisringförmige Referenzelektrode, welche die Messelektrode umgibt, wobei die Messelektrode und die Referenzelektrode insbesondere an einer der Messmembran zugewandten Oberfläche eines Gegenkörpers angeordnet sind, wobei die Messmembran eine kreisscheibenförmige Membranelektrode aufweist, die sich vorzugsweise mindestens bis zum Außenrand der kreisringförmigen Referenzelektrode erstreckt. Entsprechend gilt für die Druckmessgröße p :

$$p = p((C_p - C_r)/C_r) \quad (I),$$

wobei C_p und C_r die Kapazitäten zwischen der Messelektrode und der Membranelektrode bzw. der Referenzelektrode und der Membranelektrode bezeichnen.

[0016] In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Sensor eine keramische, kreisscheibenförmige Messmembran und einen keramischen kreisplattenförmigen Gegenkörper, wobei die Messmembran entlang einer umlaufenden Fugestelle unter der Bildung der Messkammer druckdicht mit dem Gegenkörper verbunden ist.

[0017] In einer Weiterbildung der Erfindung ist der Drucksensor in einem metallischen Gehäuse angeordnet, wobei der Drucksensor mit der Messmembran eine Gehäuseöffnung verschließt, durch welche die Messmembran mit einem Mediendruck beaufschlagbar ist, wobei das Gehäuse eine ringförmige Dichtfläche aufweist, welche die Gehäuseöffnung umgibt, wobei zwischen der Messmembran und der Dichtfläche ein Dichtring eingespannt ist, und wobei der Drucksensor auf der der Messmembran abgewandten Rückseite des Gegenkörpers mit einer Ein-

spannvorrichtung abgestützt ist, um dem Drucksensor gegen den Dichtring gespannt zu halten. Derartige Dichtringe weisen oft Elastomere auf, wobei die Dichtringe ihre elastischen Eigenschaften irreversibel verändern können, wenn sie einer hohen Temperatur ausgesetzt werden. Dies kann aufgrund der resultierenden Abnahme der Einspannkraft zu Problemen hinsichtlich der Messgenauigkeit führen, wie im Europäischen Patent Nr. EP 1 518 097 beschrieben ist. Eine geringere Einspannkraft kann nämlich gleichermaßen zu einer Verringerung von Biegemomenten führen, welche die Messmembran radial stauchen oder strecken, wenn nicht die Einspannvorrichtung in der Weise konzipiert und dimensioniert ist, wie das genannte Europäische Patent offenbart. Das Stauchen oder Strecken der Messmembran beeinflusst jedoch die effektive Steifigkeit der Messmembran, wobei eine Veränderung dieser Einflüsse im Messbetrieb einen systematischen Messfehler bewirkt.

[0018] Das Stauchen bzw. Strecken der Messmembran kann insbesondere eine andere Form Biegelinie der Messmembran bewirken, also der Auslenkung der Messmembran $z(r, p)/z(0, p)$ aus der Ruhelage bei einem gegebenen Druck p . Diese veränderte Form der Biegelinie kann erkannt werden, da sich der funktionale Zusammenhang zwischen den Kapazitäten mit der Biegelinie ändert, insbesondere dann, wenn die radiale Position der die Kapazitäten definierenden Elektroden hinreichend unterscheidbar sind, wie dies beispielsweise der Fall ist bei der zuvor beschriebenen Anordnung eines Differentialkondensators mit einer zentralen, kreisscheibenförmigen Elektrode und einer umgebenden, kapazitätsgleichen Ringelektrode.

[0019] Nun können für verschiedene Alterungszustände und einen Typ von Dichtring bzw. für verschiedene Einspannzustände eines Drucksensortyps mit einem solchen Dichtring der Zusammenhang zwischen dem Druck und den Kapazitäten $p(c_p, C_r, T)$ und $c_r(c_p, T)$ bzw. $c_p(c_r, T)$ beispielsweise experimentell und/oder durch Simulation ermittelt werden.

[0020] Zur Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Drucksensor an eine Betriebs- und Verarbeitungsschaltung angeschlossen, welche insbesondere einen Mikroprozessor umfassen kann, der anhand der $c_r(c_p)$ bzw. $c_p(c_r)$ oder $c_r(c_p, T)$ bzw. $c_p(c_r, T)$ den Zustand des Drucksensors ermittelt.

[0021] Die Erfindung wird nun anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt:

[0022] **Fig. 1:** einen Längsschnitt durch einen kapazitiven Drucksensor;

[0023] **Fig. 2:** ideale Biegelinien für eine am Rand eingespannte Messmembran (+) und für eine freie Messmembran (Δ);

[0024] **Fig. 3:** den Verlauf der Übertragungsfunktion $(C_p - C_r)/C_r$ in Abhängigkeit von der Auslenkung der Messmembran für einen Differentialkondensator mit einer am Rand eingespannten Messmembran (+) und mit einer freien Messmembran (Δ); und

[0025] **Fig. 4:** die Funktion $c_r(c_p)$ für die Biegelinie einer am Rand eingespannten Messmembran bei Referenztemperatur (+) und bei einer um 100 K erhöhten Temperatur (o), sowie für eine freie Messmembran bei Raumtemperatur (Δ).

[0026] Der in **Fig. 1** dargestellte Drucksensor **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 oder Glas aufweisen.

[0027] Die Messmembran weist auf ihrer gegenkörperseitigen Oberfläche eine vollflächige Membranelektrode **7** auf, die beispielsweise eine Metallschicht, insbesondere eine Ta-Schicht umfasst, wobei die Elektrode einen Durchmesser von $2 R$ 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 $0,1 R$. 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.

[0028] Die in **Fig. 2** dargestellten Kurven zeigen den Abstand zwischen der Messmembran und einer ebenen Oberfläche eines Gegenkörpers in Abhängigkeit vom Radius, bei einer Auslenkung der Messmembran in deren Zentrum um einen halben Ruheabstand d_0 , und zwar für eine am Rand eingespannte Messmembran (+) und für eine freie Messmembran (Δ). Die Kurven beschreiben den Verlauf schematisch, und entsprechen nicht genau dem tatsächlichen Verlauf, der beispielsweise mit FEM-Simulationen in Kombination mit experimentellen Arbeiten zu

erhalten wäre. Tatsächlich kommt es auf die Kenntnis des genauen Kurvenverlaufs hier nicht an, vielmehr sollen die Kurven nur darstellen, dass in Abhängigkeit von Randbedingungen wie der Einspannsituation die Form der Durchbiegung der Membran sich erheblich verändern kann. Der Übergang von der Form der am Rand eingespannten Messmembran zur Form der freien Messmembran kann beispielsweise durch ein Versagen der Verbindung zwischen der Messmembran und der Fügestelle verursacht werden.

[0029] Die aus den unterschiedlichen Biegelinien folgenden Übertragungsfunktionen $(C_p - C_r)/C_r$ in Abhängigkeit von der Auslenkung der Messmembran sind für den Differentialkondensator des Drucksensors aus [Fig. 1](#) mit einer intakten Verbindung zwischen der Messmembran und der Fügestelle (+) und nach dem Versagen dieser Verbindung (Δ) in [Fig. 3](#) dargestellt. Wenngleich die Übertragungsfunktionen deutliche Abweichungen voneinander zeigen und somit zu Messfehlern führen, ist doch der Fehler alleine anhand des Verlaufs der Übertragungsfunktion nicht erkennbar.

[0030] Eine Betrachtung der in [Fig. 4](#) dargestellten Funktion $c_r(c_p)$ ermöglicht jedoch, eine eindeutige Unterscheidung zwischen den einzelnen Zuständen des Sensors. Die Funktionen $c_r(c_p)$ einer am Rand eingespannten Messmembran bei Referenztemperatur (+) und bei einer gegenüber der Referenztemperatur um 100 K erhöhten Temperatur (o) für eine Auslenkung der Messmembran um bis zu dem halben Gleichgewichtsabstand unterscheiden sich praktisch kaum. Für eine intakte Messzelle ist insoweit bei konstanten Bedingungen allenfalls eine Variation der Funktionen $c_r(c_p)$ innerhalb eines relativ engen Toleranzbereichs zu erwarten. Die hier dargestellten Kurven sind unter Annahme der Gültigkeit einer Biegelinienform $[1 - (r/R)^2]^2$ ermittelt. Für einen konkreten Drucksensor ist der tatsächliche Verlauf der $c_r(c_p)$ bzw. $c_p(c_r)$ über den Temperatureinsatzbereich des Drucksensors experimentell zu bestimmen, um einerseits die Funktion und andererseits einen sinnvollen Toleranzbereich definieren zu können. Die Funktion $c_r(c_p)$ für die freie Messmembran (Δ), welche dem Zustand nach dem Versagen der Verbindung zwischen der Fügestelle und der Messmembran entspricht und hier bei Referenztemperatur dargestellt ist, zeigt dagegen einen deutlich anderen Verlauf, der außerhalb jeglichen sinnvollen Toleranzbands um die Funktion für den intakten Sensor liegen sollte.

[0031] Hier setzt das erfindungsgemäße Verfahren an, wonach überprüft wird, ob sich gemessene Werte für $c_r(c_p)$ der erwarteten Funktion eines intakten Drucksensors entsprechen. Falls dies im thermischen Gleichgewicht des Drucksensors nicht der Fall ist, wird eine Veränderung des Drucksensors festgestellt. Dies kann der Übergang zwischen intakten Zu-

ständen oder eine Beschädigung des Sensors betreffen.

[0032] Die Feststellung, dass aktuelle Wertepaare für die Kapazitäten außerhalb eines Toleranzbereiches einer Funktion $c_r(c_p)$ bzw. $c_r(c_p, T)$ außerhalb eines Toleranzbereichs liegen, lässt sich mit einer hinreichenden Sicherheit vergleichsweise einfach treffen.

[0033] Wenn dagegen anhand von Wertepaaren der Kapazitäten eine Unterscheidung zwischen verschiedenen definierten Zuständen des Drucksensors zu treffen ist, kann es einen sinnvoll sein, den Zustand des Drucksensors mittels einer statistischen Analyse anhand mehrerer Wertepaare von Kapazitätswerten zu identifizieren. Hierzu können beispielsweise nach einer festgestellten Abweichung der Wertepaare von einer bisher gültigen Funktion $c_r(c_p)$ mehrere Wertepaare c_r, c_p über einen hinreichend großen Wertebereich von c_p erfasst werden, um dann anhand einer statistischen Analyse, beispielsweise einem Regressionsverfahren festzustellen, welcher Funktion die Wertepaare entsprechen. Falls keine Zuordnung zu einer einem intakten Zustand des Drucksensors entsprechenden Funktion möglich ist, wird ein Fehler festgestellt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2189774 A1 [[0004](#)]
- EP 1518097 [[0017](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Drucksensors, wobei der Drucksensor eine Messmembran, mindestens einen Gegenkörper und einen kapazitiven Wandler mit mindestens einer ersten druckabhängigen Kapazität und einer zweiten druckabhängigen Kapazität aufweist, wobei die Messmembran ein Volumen druckdicht in ein erstes Teilvolumen und zweites Teilvolumen teilt, wobei das zweite Teilvolumen in einer Messkammer zwischen der Messmembran und dem Gegenkörper eingeschlossen ist, wobei eine Auslenkung der Messmembran von einer Druckmessgröße p abhängt, welche eine Differenz zwischen einem ersten Druck p_1 in dem ersten Teilvolumen und einem zweiten Druck p_2 in dem zweiten Teilvolumen in der Messkammer ist, wobei die erste Kapazität und die zweite Kapazität jeweils zwischen einer Elektrode an der Messmembran und einer Gegenelektrode mit einer im wesentlichen druckunabhängigen Position gemessen werden, wobei ein jeweils aktueller Wert der Druckmessgröße p in Abhängigkeit von der ersten Kapazität und von der zweiten Kapazität ermittelt wird, wobei für einen intakten Drucksensor im thermischen Gleichgewicht die zweite Kapazität als eine vorgegebene Funktion der ersten Kapazität und ggf. der Temperatur darstellbar ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Erfassen von Wertepaaren der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität, Prüfen, ob die erfassten Wertepaare der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs tatsächlich dem Zusammenhang der vorgegebenen Funktion entsprechen, und Feststellen einer Veränderung und/oder Beschädigung des Sensors, wenn dies für einen Zeitraum, der länger andauert als ein Zeitgrenzwert, nicht der Fall ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Zeitgrenzwert ein vorgegebener Grenzwert ist, insbesondere eine Zeitkonstante, welche das Erreichen eines Gleichgewichtszustands des Drucksensors nach einem Temperatursprung beschreibt, oder ein Vielfaches dieser Zeitkonstanten.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Zeitgrenzwert eine Funktion der Abweichung der Werte der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität von dem Zusammenhang der Funktion ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Zeitkonstante eine monoton fallende Funktion der Abweichung ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein intakter Drucksensor einen ers-

ten intakten Betriebszustand und mindestens einen zweiten intakten Betriebszustand aufweist, wobei für einen intakten Drucksensor im ersten Betriebszustand im thermischen Gleichgewicht die zweite Kapazität als eine erste vorgegebene Funktion der ersten Kapazität und ggf. der Temperatur darstellbar ist, wobei für einen intakten Drucksensor im zweiten Betriebszustand im thermischen Gleichgewicht die zweite Kapazität als eine zweite vorgegebene Funktion der ersten Kapazität und ggf. der Temperatur darstellbar ist, wobei das Verfahren umfasst: Prüfen, ob erfasste Werte der ersten Kapazität und der zweiten Kapazität innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereichs tatsächlich dem Zusammenhang einer der vorgegebenen Funktionen entsprechen, und Falls dies der Fall ist, Ermitteln der Druckmessgröße anhand einer Übertragungsfunktion, welche dem Betriebszustand zugeordnet ist, dem jene vorgegebene Funktion entspricht, deren Zusammenhang die erfassten Werte der ersten und der zweiten Kapazität genügen, und Feststellen einer Beschädigung des Sensors, falls dies für einen Zeitraum, der länger andauert als ein Zeitgrenzwert, nicht der Fall ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Drucksensor irreversibel von dem ersten intakten Betriebszustand in den zweiten intakten Betriebszustand übergeht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Verfahren die Schritte umfasst: Überprüfen, ob sich der Sensor im ersten Betriebszustand befindet, und falls dies nicht der Fall ist; Überprüfen ob sich der Sensor im zweiten Betriebszustand befindet; und falls dies für einen Zeitraum, der länger andauert als ein Zeitgrenzwert, nicht der Fall ist, Feststellen einer Beschädigung des Sensors.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der kapazitive Wandler einen Differentialkondensator umfasst, mit mindestens einem ersten Kondensator, dessen erste Kapazität eine erste Übertragungsfunktion aufweist, und einem zweiten Kondensator, dessen zweite Kapazität eine zweite Übertragungsfunktion aufweist, wobei die Übertragungsfunktionen sich in ihren Druckabhängigkeiten unterscheiden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die beiden Kapazitäten gleich sind, wenn die Druckmessgröße den Wert Null aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei der Differentialkondensator eine kreisflächenförmige Messelektrode und eine insbesondere kapazitäts-

gleiche kreisringförmige Referenzelektrode aufweist, welche die Messelektrode umgibt, wobei die Messelektrode und die Referenzelektrode insbesondere an einer der Messmembran zugewandten Oberfläche eines Gegenkörpers angeordnet sind, wobei die Messmembran eine kreisscheibenförmige Membranelektrode aufweist, die sich vorzugsweise mindestens bis zum Außenrand der kreisringförmigen Referenzelektrode erstreckt.

tion $p(c_p, c_r, T)$ zur Ermittlung der Druckmessgröße gewählt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei für die Druckmessgröße p gilt:

$$p = p((C_p - C_r)/C_r),$$

wobei C_p und C_r die Kapazitäten zwischen der Messelektrode und der Membranelektrode bzw. der Referenzelektrode und der Membranelektrode bezeichnen.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Sensor eine keramische, kreisscheibenförmige Messmembran und einen keramischen kreisplattenförmigen Gegenkörper aufweist, wobei die Messmembran entlang einer umlaufenden Fügestelle unter der Bildung der Messkammer druckdicht mit dem Gegenkörper verbunden ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Drucksensor in einem metallischen Gehäuse angeordnet ist, wobei der Drucksensor mit der Messmembran eine Gehäuseöffnung verschließt, durch welche die Messmembran mit einem Mediendruck beaufschlagbar ist, wobei das Gehäuse eine ringförmige Dichtfläche aufweist, welche die Gehäuseöffnung umgibt, wobei zwischen der Messmembran und der Dichtfläche ein Dichtring eingespannt ist, und wobei der Drucksensor auf der der Messmembran abgewandten Rückseite des Gegenkörpers mit einer Einspannvorrichtung abgestützt ist, um dem Drucksensor gegen den Dichtring gespannt zu halten.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Dichtring ein Elastomer aufweist, wobei der Dichtring seine elastischen Eigenschaften irreversibel verändert, wenn er einer Temperatur ausgesetzt wird, die einen materialabhängigen Grenzwert überschreitet, wodurch sich auf die Messmembran und den Gegenkörper wirkende Einspannkräfte verändern, wodurch der Zusammenhang zwischen den Kapazitäten verändert wird, wobei anhand von Wertepaaren c_p, c_r ermittelt wird, welche Funktion $c_r(c_p)$ zur Beschreibung des aktuellen Zusammenhangs zwischen den Kapazitäten geeignet ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei anhand der ermittelten geeigneten Funktion $c_r(c_p)$ eine Funk-

Anhängende Zeichnungen

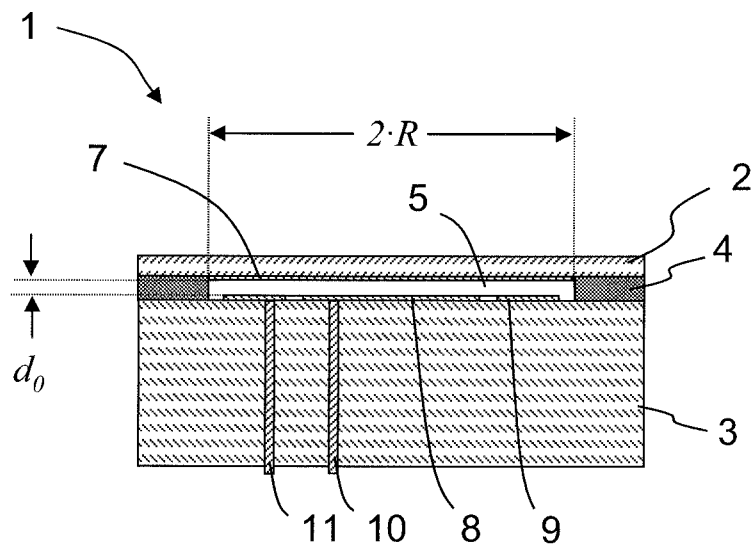


Fig. 1

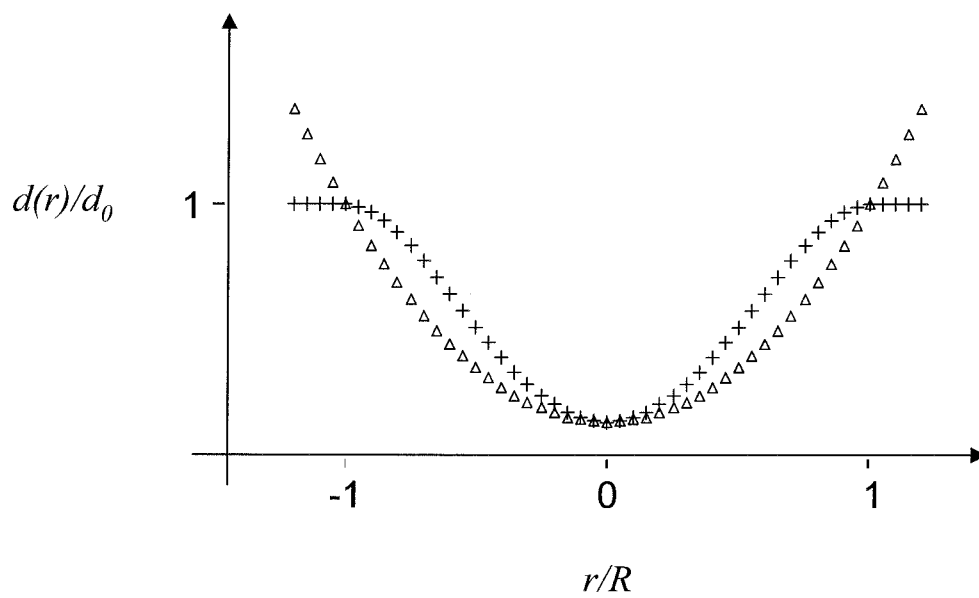


Fig. 2

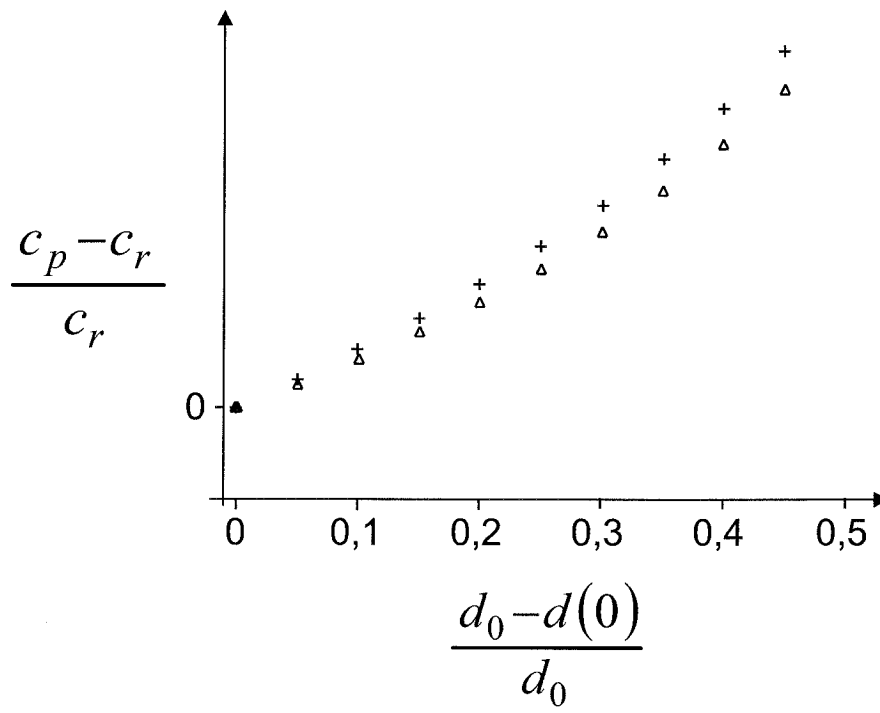


Fig. 3

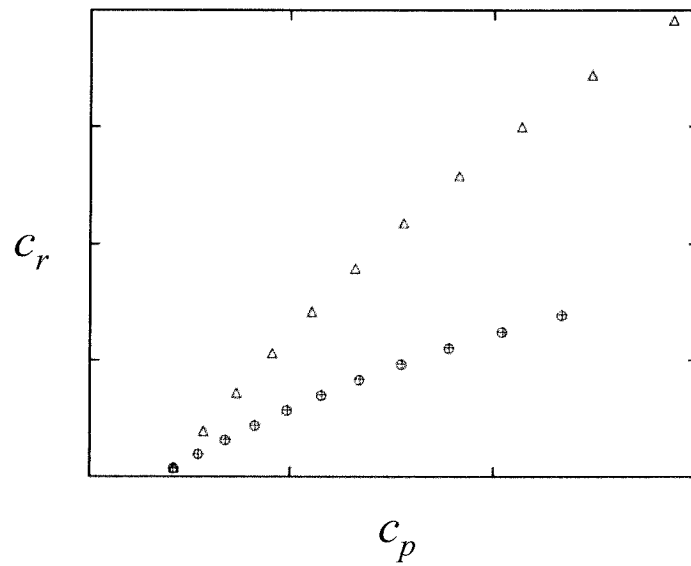


Fig. 4