



(10) **DE 10 2011 006 431 A1** 2012.10.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 006 431.1**

(22) Anmeldetag: **30.03.2011**

(43) Offenlegungstag: **04.10.2012**

(51) Int Cl.: **G01L 9/12 (2006.01)**

**G01L 7/08 (2006.01)**

**G01L 19/06 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Endress + Hauser GmbH + Co. KG, 79689,  
Maulburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Wosnitza, Elmar, 79104, Freiburg, DE; Getman,  
Igor, 79539, Lörrach, DE; Witkowski, Natalie,  
79664, Wehr, DE; Uehlin, Thomas, 79650,  
Schopfheim, DE**

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

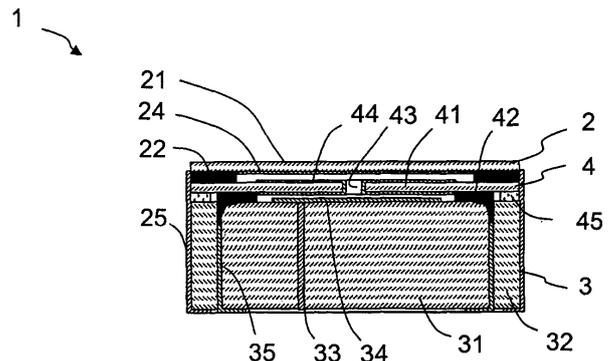
DE	28 07 704	A1
DE	195 25 038	A1
DE	10 2009 027 742	A1
DE	694 24 557	T2
US	4 864 463	A
EP	0 317 664	A1
EP	0 530 434	A1

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

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Keramische Druckmesszelle und Drucksensor mit einer solchen Druckmesszelle**

(57) Zusammenfassung: Eine keramische Druckmesszelle (1; 101), umfasst einen keramischen Grundkörper (3; 103); eine keramische Messmembran (2; 102); einen keramischen Spannungsfühler (4; 104); mindestens eine an der Messmembran (2; 102) angeordnete erste Elektrode (24; 124); mindestens eine am Spannungsfühler (4; 104) angeordnete zweite Elektrode (44; 144), wobei die Messmembran (2; 102) entlang einer ringförmigen Verbindung mit dem Grundkörper (3; 103) unter Bildung einer Druckkammer zwischen der Messmembran und dem Grundkörper (3; 103) druckdicht verbunden ist; und wobei der keramische Spannungsfühler (4; 104) zwischen der Messmembran (2; 102) und dem Grundkörper (3; 103) angeordnet und mit der ringförmigen Verbindung mechanisch gekoppelt ist, wobei der Spannungsfühler (4; 104) in Abhängigkeit von mechanischen Spannungen in der ringförmigen Verbindung auslenkbar ist, wobei die mindestens eine erste Kapazität zwischen der ersten Elektrode (24; 124) und der zweiten Elektrode (44; 144) zumindest von einem Druck abhängt, der auf die Messmembran einwirkt.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine keramische Druckmesszelle, insbesondere eine keramische Druckmesszelle mit einem kapazitiven Wandler, wobei die Druckmesszelle eine Messmembran und einen Grundkörper aufweist, wobei die Messmembran druckabhängig verformbar ist. Derartige Druckmesszellen sind in der industriellen Prozessmesstechnik häufig in metallischen Gehäusen eingebaut, wobei die Messmembran durch eine Gehäuseöffnung unmittelbar mit dem Prozessmedium beaufschlagbar ist. Insofern, als die Wärmausdehnungskoeffizienten der üblichen metallischen Werkstoffe von jenen der gängigen keramischen Werkstoffe erheblich abweichen, erfordert der Einbau der keramischen Druckmesszellen in den metallischen Gehäusen erheblichen Aufwand und Aufmerksamkeit, um Messfehler aufgrund des Einbaus zu minimieren.

**[0002]** EP 0 995 979 A1 offenbart einen Drucksensor mit einer kapazitiven keramischen Druckmesszelle, die mit der Messmembran gegen einen elastischen Dichtring in einem metallischen Gehäuse mittels eines metallischen Schraubings, der die Rückseite der Messzelle abstützt, axial eingespannt ist. Zwischen dem Schraubring und der Druckmesszelle ist ein keramischer Entkopplungsring eingespannt, um die Rückseite der Messzelle von Scherkräften zu entlasten, die sich aufgrund der unterschiedlichen Wärmausdehnungskoeffizienten der Materialien des Schraubings und der Druckmesszelle ergeben können. DE 102 29 703 A1 und DE 102 43 079 A1 befassen sich insbesondere mit dem rückseitigen Entkopplungsring, der Einfluss auf Radialspannungen in der frontseitigen Messmembran der Druckmesszelle hat. Es wird gezeigt, wie mittels geeigneter Dimensionierung des Entkopplungsringes Fehler aufgrund der Radialspannung minimiert werden können. DE 10 2009 027 899 A1 offenbart schließlich ein Verfahren zur Kompensation von Messfehlern aufgrund von Temperatursprüngen wobei der Kompensationsalgorithmus berücksichtigt, dass die Relaxationszeit des Messfehlers und dessen Größe vom Vorzeichen des Temperatursprungs abhängen.

**[0003]** Die beschriebenen Lösungen tragen dazu bei, keramische Druckmesszellen und Drucksensoren für die Prozessmesstechnik mit solchen Messzellen genauer und unempfindlicher gegen Temperaturschwankungen und -sprünge zu machen, dennoch besteht hier weiterhin Bedarf an Verbesserungen.

**[0004]** US-Patent No. 4,864,463 offenbart eine Druckmesszelle zur Absolutdruckmessung, die aus Quarzglas gefertigt ist, und einen kapazitiven Wandler aufweist. Die Druckmesszelle ist insbesondere für die (militärische) Luftfahrt vorgesehen und soll insofern unempfindlich gegen Beschleunigungskräfte und Vibrationen sein. Zu diesem Zweck weist die Druck-

messzelle parallel zur Messmembran in einer evakuierten Kammer hinter der Messmembran eine Sekundärmembran auf, die vom Mediendruck entkoppelt ist, und die sich bezüglich der in der Luftfahrt auftretenden Beschleunigungskräfte so verhalten soll, wie die Messmembran. Sowohl die Messmembran als auch die Sekundärmembran tragen Elektroden, wobei die Kapazität zwischen den Elektroden ein von den Beschleunigungskräften unabhängiges Maß für den Druck sein soll.

**[0005]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine keramische Druckmesszelle und einen Drucksensor mit einer solchen Druckmesszelle für die industrielle Prozessmesstechnik bereitzustellen, wobei einbaubedingte Spannungszustände der Druckmesszelle erkennbar sind, und deren Einfluss auf die Druckmessung kompensierbar ist.

**[0006]** Die Aufgabe wird gelöst, durch die Druckmesszelle gemäß Anspruch 1 und den Drucksensor gemäß Anspruch 8.

**[0007]** Die erfindungsgemäße keramische Druckmesszelle umfasst:  
 einen keramischen Grundkörper;  
 eine keramische Messmembran;  
 einen keramischen Spannungsfühler;  
 mindestens eine an der Messmembran angeordnete erste Elektrode  
 mindestens eine an dem Spannungsfühler angeordnete zweite Elektrode  
 wobei die Messmembran entlang einer ringförmigen Verbindung mit dem Grundkörper unter Bildung einer Druckkammer zwischen der Messmembran und dem Grundkörper druckdicht verbunden ist; und  
 wobei der keramische Spannungsfühler zwischen der Messmembran und dem Grundkörper angeordnet und mit der ringförmigen Verbindung mechanisch gekoppelt ist,  
 wobei der Spannungsfühler in Abhängigkeit von mechanischen Spannungen in der ringförmigen Verbindung auslenkbar ist,  
 wobei die mindestens eine erste Kapazität zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode zumindest von einem Druck abhängt, der auf die Messmembran einwirkt.

**[0008]** Die ringförmige Verbindung zwischen der Messmembran und dem Grundkörper kann homogen gestaltet sein oder verschiedene Abschnitte aufweisen, die beispielsweise von dem Spannungsfühler zumindest teilweise getrennt sind.

**[0009]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist die erste Kapazität zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode weitgehend unabhängig von Schwankungen von einbaubedingten Spannungen in der Verbindung zwischen der Messmembran und dem Grundkörper. Insbesondere ist für die erste Ka-

pazität eine Referenzspanne definiert ist, welche sich von einem Referenzstartwert zu einem Referenzendwert erstreckt, wobei der Referenzstartwert gegeben ist wenn die Messmembran bei Raumtemperatur keiner Druckbeaufschlagung ausgesetzt ist, wobei der Referenzendwert beispielsweise das andert-halb-fache, oder das doppelte des ersten Referenzstartwerts beträgt, wobei Schwankungen des Werts der ersten Kapazität ohne eine Druckbeaufschlagung der Messmembran bei Variation der Temperatur über einen spezifizierten Temperaturbereich von 20°C bis 100°C, insbesondere 0°C bis 125°C, und bei ansonsten konstanten Bedingungen um nicht mehr als 0,5% der Spanne, insbesondere nicht mehr als 0,2% der Spanne, bevorzugt nicht mehr als 0,1% der Spanne und besonders bevorzugt nicht mehr als 0,05% der Spanne beträgt, wenn sich die Druckmesszelle bei der Messung der ersten Kapazität im thermischen Gleichgewicht befindet.

**[0010]** In der oben beschriebenen Weiterbildung der Erfindung wird davon ausgegangen, dass die Messmembran und der Spannungsfühler durch einbaubedingte bzw. montagebedingte Spannungen in der Verbindung zwischen der Messmembran und dem Grundkörper im wesentlichen in gleicher Weise verformt werden, so dass der Einfluss dieser Spannungen auf die erste Kapazität entsprechend gering ausfällt. In diesem Fall ist es nicht zwingend erforderlich, die Spannungen bzw. die spannungsbedingten Verformungen zu kennen.

**[0011]** Ungeachtet dessen ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, Kenntnisse über einbaubedingte Verformungen der Druckmesszelle zu gewinnen, die sich insbesondere in einer Verformung des Spannungsfühlers niederschlagen.

**[0012]** Hierzu weist der Grundkörper in einer Ausgestaltung der Erfindung an einer dem Spannungsfühler zugewandten Oberfläche eine dritte Elektrode auf, wobei der Spannungsfühler vorzugsweise eine vierte Elektrode aufweist, welche an einer der dritten Elektrode zugewandten Oberfläche angeordnet ist. Die zweite Kapazität zwischen der dritten Elektrode und der vierten Elektrode bzw. die Veränderung der zweiten Kapazität ist ein Maß für die spannungsabhängige Verformung des Spannungsfühlers. Daraus lassen sich Informationen über die aktuelle Lage der zweiten Elektrode bzw. über Verspannungen der Messmembran ableiten, welche neben dem aktuellen Druck die erste Kapazität beeinflussen.

**[0013]** In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die vierte Elektrode von der zweiten Elektrode elektrisch isoliert.

**[0014]** Zwischen der Messmembran und dem Spannungsfühler können gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung mehr als eine Kapazität vor-

gesehen sein. Beispielsweise kann die zweite, am Spannungsfühler angeordnete Elektrode als eine zentrale Druckmesselektrode ausgestaltet sein, welche von einer ringförmigen Druckreferenzelektrode umgeben ist, wobei in der Ruhelage vorzugsweise die Kapazität  $C_{pm}$  zwischen der Druckmesselektrode und der ersten Elektrode an der Messmembran im Wesentlichen gleich der Kapazität  $C_{pr}$  zwischen der Druckreferenzelektrode und der ersten Elektrode an der Messmembran ist. In diesem Fall kann die druckabhängigen Auslenkung  $y_m(p)$  der Messmembran durch eine differentielle Auswertung ermittelt werden,  $y_m(p) = y_m((C_{pm} - C_{pr})/C_{pm})$ .

**[0015]** Gleichermaßen können zwischen Grundkörper und Spannungsfühler mehrere Kapazitäten vorgesehen sein, um eine Verformung des Spannungsfühlers genauer detektieren zu können.

**[0016]** Auch hier kann eine Anordnung zu einer differentiellen Beschaltung gewählt werden, bei der beispielsweise die dritte Elektrode am Grundkörper als eine zentrale Spannungsmesselektrode geformt ist, die von einer ringförmigen Spannungreferenzelektrode umgeben ist, wobei in der Ruhelage des Spannungsfühlers vorzugsweise die Kapazität  $C_{sm}$  zwischen der Spannungsmesselektrode und der vierten Elektrode an dem Spannungsfühler im Wesentlichen gleich der Kapazität  $C_{sr}$  zwischen der Spannungreferenzelektrode und der vierten Elektrode an dem Spannungsfühler ist. In diesem Fall kann die spannungshängige Auslenkung  $y_s(S)$  des Spannungsfühlers durch eine differentielle Auswertung ermittelt werden,  $y_s(S) = y_s((C_{sm} - C_{sr})/C_{sm})$ .

**[0017]** Berücksichtigt man die Auslenkung des Spannungsfühlers, bei der Bestimmung des Drucks so gilt gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung:

$p = p(C_{pm}, C_{pr}, C_{sm}, C_{sr})$ , insbesondere:

$p = p(y_m((C_{pm} - C_{pr})/C_{pm}), y_s((C_{sm} - C_{sr})/C_{sm}))$

**[0018]** In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung ist die zweite Elektrode im elektrischen Kontakt mit der vierten Elektrode.

**[0019]** Anstelle oder ergänzend zu einer kapazitiven Bestimmung der Verformung des Spannungsfühlers kann diese auch mit anderen Spannungssensoren bestimmt werden, beispielsweise mit einem vorzugsweise mehreren Widerstandselementen mit spannungsabhängigem Widerstandswert, die insbesondere in Form einer Brückenschaltung insbesondere am Spannungsfühler angeordnet sind.

**[0020]** In einer Weiterbildung der Erfindung weist der Spannungsfühler eine Saite auf, die sich insbesondere durch einen Kreisring erstreckt. Die Saite kann beispielsweise grundkörperseitig eine Elektrode aufwei-

sen um die aktuelle Lage der Saite kapazitiv zu ermitteln und daraus den Spannungszustand in der Verbindung zwischen Grundkörper und Messmembran ableiten zu können. Gleichermaßen kann die Saite zu mechanischen Schwingungen angeregt werden, wobei in diesem Fall die Resonanzfrequenz der Saite ein Maß für den zu bestimmenden Spannungszustand ist. Die Anregung kann beispielsweise kapazitiv erfolgen. In einer Ausgestaltung dieser Weiterbildung der Erfindung können sowohl die Resonanzfrequenz der Saite als auch deren Lage in die Bestimmung des Spannungszustands eingehen. Weiterhin lässt sich eine spannungsbedingte Verformung der Saite auch resistiv über Widerstandsstrukturen bestimmen, die auf der Saite präpariert sind.

**[0021]** In einer anderen Weiterbildung der Erfindung weist der Spannungsfühler einen Finger auf, der sich insbesondere von einem Kreisring erstreckt radial einwärts erstreckt. Der Finger kann beispielsweise grundkörperseitig eine Elektrode aufweisen um die aktuelle Lage des Fingers kapazitiv zu ermitteln und daraus den Spannungszustand in der Verbindung zwischen Grundkörper und Messmembran ableiten zu können.

**[0022]** Für die Weiterbildung der Druckmesszelle mit einem Spannungsfühler als Finger oder als Saite kann die Bestimmung der Auslenkung der Messmembran einerseits als Kapazitätsmessung zwischen der ersten Elektrode an der Messmembran und einer zweiten Elektrode an dem Spannungsfühler erfolgen. Andererseits besteht hier die Möglichkeit, die druckabhängige Auslenkung der Messmembran durch eine Kapazitätsmessung zwischen einer ersten Elektrode an der Messmembran und einer Elektrode am Grundkörper durchzuführen.

**[0023]** Der erfindungsgemäße Drucksensor umfasst eine erfindungsgemäße Druckmesszelle; ein Gehäuse; und eine elektrische Schaltung zum Betreiben der Druckmesszelle; wobei die Druckmesszelle von dem Gehäuse in der Weise gehalten wird, dass die Messmembran der Druckmesszelle mit einem Medium beaufschlagbar ist, dessen Druck zu messen ist, wobei das Gehäuse eine Öffnung aufweist, welche durch die Druckmesszelle verschlossen ist, und wobei das Gehäuse in seinem Inneren eine Kammer aufweist, in welcher die elektrische Schaltung angeordnet ist, und wobei die Druckmesszelle an die Schaltung angeschlossen ist.

**[0024]** In einer Weiterbildung der Erfindung weist das Gehäuse eine Messzellenkammer auf, in welcher die Öffnung mündet, wobei die Messzellenkammer um die Öffnung durch eine ringförmige axiale Anschlagfläche begrenzt ist, wobei die Druckmesszelle in der Messzellenkammer angeordnet ist, und mit der

messmembranseitigen Stirnfläche gegen die axiale Anschlagfläche axial eingespannt ist.

**[0025]** Die Messzellenkammer kann mit der Kammer identisch sein, in welcher die elektrische Schaltung enthalten ist, oder sie kann eine zusätzliche Kammer sein.

**[0026]** In einer Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen der axialen Anschlagfläche und der Stirnfläche der Druckmesszelle ein Dichtmittel angeordnet, welches insbesondere einen elastischen und/oder plastischen Dichtring umfassen kann.

**[0027]** In einer weiteren Ausgestaltung dieser Weiterbildung der Erfindung ist die Druckmesszelle mittels eines Einspannkörpers, beispielsweise eines Schraubings, gegen den sich die Druckmesszelle rückseitig abstützt, in der Messzellenkammer axial eingespannt. In einer Ausgestaltung dieser Weiterbildung der Erfindung ist zwischen dem Einspannkörper und der Druckmesszelle ein keramischer Entkopplungskörper angeordnet, welcher insbesondere ringförmig sein kann. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist der Entkopplungskörper im Zusammenspiel mit der Druckmesszelle und einem Dichtring an der Stirnfläche der Druckmesszelle Abmessungen auf, deren Prinzip in DE 102 29 703 A1 bzw. DE 102 43 079 A1 beschrieben ist.

**[0028]** In einer Weiterbildung der Erfindung kann die Druckmesszelle in dem Gehäuse auch mit einer radialen, elastischen Dichtung eingespannt sein, welche in einem Ringspalt zwischen einer Gehäuseöffnung und einer Mantelfläche der Druckmesszelle angeordnet ist.

**[0029]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist die Druckmesszelle mit dem Gehäuse über eine ringförmige Fügestelle druckdicht verbunden. Die Fügestelle kann beispielsweise durch Löten, Hartlöten oder Kleben gebildet sein.

**[0030]** Die Erfindung wird nun anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt:

**[0031]** [Fig. 1](#): einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Druckmesszelle;

**[0032]** [Fig. 2](#): einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Druckmesszelle; und

**[0033]** [Fig. 3](#): einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Drucksensors mit der erfindungsgemäßen Druckmesszelle aus [Fig. 1](#).

**[0034]** Die in [Fig. 1](#) dargestellte Druckmesszelle **1** umfasst eine kreisscheibenförmige Messmembran **2**, einen kreisplattenförmigen Grundkörper **3** und eine kreisscheibenförmige Lochplatte **4**, welche als Spannungsfühler dient, und welche zwischen dem Grundkörper **3** und der Messmembran **2** angeordnet ist.

**[0035]** Die Messmembran **2** umfasst einen keramischen Messmembrankörper **21**, welcher insbesondere Korund aufweist, und welcher mit einer umlaufenden ersten Fügestelle **22** mit der Lochplatte **4** verbunden ist. Auf der der Lochplatte **4** zugewandten Seite des Messmembrankörpers **21** ist eine Messmembranelektrode **24** angeordnet, die beispielsweise Tantal aufweisen kann, die sich radial auswärts bis zu der Fügestelle **22** erstreckt und diese elektrisch kontaktiert. Die erste Fügestelle **22** umfasst ein Aktivhartlot, insbesondere ein Zirkon-Nickel-Titan Aktivhartlot. Die Mantelfläche des Grundkörpers **3** weist eine metallische Beschichtung **25** auf, welche über die erste Fügestelle **22** im elektrischen Kontakt der Messmembranelektrode **24** steht.

**[0036]** Die Lochplatte **4** weist einen keramischen Plattenkörper **41** auf, der insbesondere den gleichen keramischen Werkstoff wie die Messmembran aufweist. Der Plattenkörper ist mittels einer umlaufenden zweiten Fügestelle **42** druckdicht mit dem Grundkörper **3** verbunden ist. Auch die zweite Fügestelle **42** umfasst vorzugsweise ein Aktivhartlot, insbesondere ein Zirkon-Nickel-Titan Aktivhartlot. Durch den Lochplattenkörper **41** erstreckt sich ein, insbesondere zentrales Loch **43**, welches einen Gasaustausch durch die Lochplatte zwischen der dem Grundkörper zugewandten Seite der Lochplatte und der Messmembran zugewandten Seite der Lochplatte ermöglicht. Auf diese Weise ist die Lochplatte zwischen der Messmembran und dem Grundkörper im Wesentlichen isostatisch gelagert, sodass in diesem Bereich kein Druckgradient entstehen kann, welcher die Lochplatte **4** verformen könnte. Die Lochplatte **4** umfasst weiterhin eine gegenüber der Messmembranelektrode **24** elektrisch isolierte Mittenelektrode **44**, die sich durch das zentrale Loch **43** auf beiden Seiten des Lochplattenkörpers **41** erstreckt, und welche die zweite Fügestelle **42** elektrisch kontaktiert.

**[0037]** Die zweite Fügestelle **42** erstreckt sich nicht bis zur Mantelfläche des Grundkörpers **3**, so dass ein Ringspalt zwischen der Lochplatte **4** und dem Grundkörper **3** verbleibt, der mit einer umlaufenden Glaslotfüllung **45** verschlossen ist, wobei die zuvor erwähnte metallische Beschichtung **25** der Mantelfläche **3** des Grundkörpers über die Glaslotfüllung **45** verläuft.

**[0038]** Der Grundkörper **3** umfasst einen zentralen Vollzylinder **31** und einen koaxial und an den Stirnflächen koplanar dazu angeordneten Hohlzylinder **32**, welcher den Vollzylinder **31** umgibt und mit diesem an der lochplattenseitigen Stirnfläche mittels der zwei-

ten Fügestelle **42** verbunden ist. Von einer rückseitigen Stirnfläche des Vollzylinders **31** erstreckt sich eine elektrische Durchführung **33** zu einer Grundkörperelektrode **34**, die auf der lochplattenseitigen Stirnfläche des Vollzylinders **31** angeordnet und gegenüber der zweiten Fügestelle **42** isoliert ist. Die Mantelfläche des Vollzylinders **35** weist eine metallische Beschichtung **35** auf, welche die zweite Fügestelle **42** kontaktiert, und welche auf die rückseitige Stirnfläche des Vollzylinders **31** herausgeführt ist, so dass die Mittenelektrode **44** über diese metallische Beschichtung **35** kontaktiert werden kann. Der Vollzylinder **31** und der Hohlzylinder **32** weisen einen keramischen Werkstoff, insbesondere Korund auf.

**[0039]** Die in [Fig. 2](#) dargestellte Druckmesszelle **101** umfasst eine kreisscheibenförmige Messmembran **102**, einen kreisplattenförmigen Grundkörper **103** und eine kreisscheibenförmige Lochplatte **104**, welche als Spannungsfühler dient, und welche zwischen dem Grundkörper **103** und der Messmembran **102** angeordnet ist.

**[0040]** Die Messmembran **102** umfasst einen keramischen Messmembrankörper **121**, welcher insbesondere Korund aufweist, und welcher mit einer umlaufenden ersten Fügestelle **122** mit der Lochplatte **104** verbunden ist. Auf der der Lochplatte **104** zugewandten Seite des Messmembrankörpers **121** ist eine Messmembranelektrode **124** angeordnet, die beispielsweise Tantal aufweisen kann, die sich radial auswärts bis zu der Fügestelle **122** erstreckt und diese elektrisch kontaktiert. Die erste Fügestelle **122** umfasst ein Aktivlot, insbesondere ein Zirkon-Nickel-Titan Aktivhartlot. Die Mantelfläche des Grundkörpers **103** weist eine metallische Beschichtung **125** auf, welche über die erste Fügestelle **122** im elektrischen Kontakt der Messmembranelektrode **124** steht.

**[0041]** Die Lochplatte **104** weist einen keramischen Plattenkörper **141** auf, der insbesondere den gleichen keramischen Werkstoff wie die Messmembran aufweist. Der Plattenkörper ist mittels einer umlaufenden zweiten Fügestelle **142** druckdicht mit dem Grundkörper **103** verbunden ist. Auch die zweite Fügestelle **142** umfasst vorzugsweise ein Aktivhartlot, insbesondere ein Zirkon-Nickel-Titan Aktivhartlot. Durch den Lochplattenkörper **141** erstreckt sich ein, insbesondere zentrales Loch **143**, welches einen Gasaustausch durch die Lochplatte zwischen der dem Grundkörper zugewandten Seite der Lochplatte und der Messmembran zugewandten Seite der Lochplatte ermöglicht ist. Auf diese Weise ist die Lochplatte zwischen der Messmembran und dem Grundkörper im Wesentlichen isostatisch gelagert, sodass in diesem Bereich kein Druckgradient entstehen kann, welcher die Lochplatte **104** verformen könnte. Die Lochplatte **104** umfasst weiterhin eine gegenüber der Messmembranelektrode **124** elektrisch isolierte Mittenelektrode **144**, die sich durch das zentrale Loch

**143** auf beiden Seiten des Lochplattenkörpers **141** erstreckt, und welche die zweite Fügestelle **142** elektrisch kontaktiert.

**[0042]** Die zweite Fügestelle **142** erstreckt sich nicht bis zur Mantelfläche des Grundkörpers **103**, so dass ein Ringspalt zwischen der Lochplatte **104** und dem Grundkörper **103** verbleibt, der mit einer umlaufenden Glaslotfüllung **145** verschlossen ist, wobei die zuvor erwähnte metallische Beschichtung **125** der Mantelfläche **103** des Grundkörpers über die Glaslotfüllung **145** verläuft.

**[0043]** Der Grundkörper **103** umfasst einen keramischen Vollzylinder **131**, der insbesondere Korund aufweist. Von einer rückseitigen Stirnfläche des Grundkörpers **103** erstreckt sich eine erste elektrische Durchführung **133** zu einer Grundkörperelektrode **134**, die auf der lochplattenseitigen Stirnfläche des Vollzylinders **103** angeordnet und gegenüber der zweiten Fügestelle **142** isoliert ist. Weiterhin erstreckt sich von der Rückseite des Grundkörpers eine zweite elektrische Durchführung **135**, welche die zweite Fügestelle **142** elektrisch kontaktiert, so dass die Mitten- oder Elektrode **144** über die zweite elektrische Durchführung **135** kontaktiert werden kann.

**[0044]** Bei beiden Ausführungsbeispielen der erfindungsgemäßen Druckmesszelle weist eine Messkapazität zwischen der Messelektrode und der Mitten- oder Elektrode eine starke Druckabhängigkeit auf, während eine Referenzkapazität zwischen der Mitten- oder Elektrode und der Grundkörperelektrode im wesentlichen druckunabhängig ist. Die Referenzkapazität hängt im wesentlichen von mechanischen Spannungen in den Fügstellen, also der ringförmigen Verbindung zwischen der Messmembran und dem Grundkörper ab, die wiederum durch Einspanneffekte und statische bzw. dynamische Temperatureffekte bedingt sein können. Eine Kenntnis der Referenzkapazität ermöglicht daher die Korrektur entsprechender Querempfindlichkeiten der Messkapazität.

**[0045]** Die beschriebenen Druckmesszellen können insbesondere Absolutdruck- oder Relativdruckmesszellen sein, wobei das zwischen Messmembran und Grundkörper eingeschlossene Volumen für erstere evakuiert ist und für letztere über eine Bohrung durch den Grundkörper mit dem Atmosphärendruck kommuniziert.

**[0046]** [Fig. 3](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Drucksensor, bei dem die Druckmesszelle **1** aus [Fig. 1](#) in einem Gehäuse **50** axial eingespannt ist, wobei das Gehäuse **50** ein hohlzylindrischen Körper **51** umfasst, der an einer Stirnseite eine Medienöffnung **52** aufweist, wobei die Medienöffnung von einer ringförmigen Schulter umgeben ist, die eine axiale Anschlagfläche **53** bildet. Der Gehäusekörper **51** weist in einem Abschnitt einer inneren Mantelfläche **54** ein Ge-

winde auf, in welches ein Schraubring **55** eingreift, der einen ringförmigen keramischen Entkopplungskörper **56**, welcher Korund aufweist, gegen die Rückseite des Grundkörpers **3** der Messzelle **1** einspannt. Auf diese Weise wird ein elastischer Dichtring **58**, der zwischen der Messmembran **2** und der axialen Anschlagfläche **53** angeordnet ist hinreichend gepresst, um das Innere des Gehäuses **50** gegen den durch die Medienöffnung **52** anstehenden Druck abzudichten.

**[0047]** Der Gehäusekörper **51** weist einen metallischen Werkstoff, insbesondere Stahl auf, so dass beachtliche Unterschiede hinsichtlich der Wärmeausdehnung des Gehäuses und der Druckmesszelle **1** bestehen. Insofern können im Bereich der Dichtung **58** insbesondere Radialspannungen in die Druckmesszelle eingeleitet werden, die zu Biegemomenten führen, welche die Messmembran **2** und die Lochplatte **4** verformen. Die Kenntnis der Referenzkapazität ermöglicht aber, den Einfluss dieser Biegemomente auf die Messkapazität zu korrigieren.

**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 0995979 A1 [[0002](#)]
- DE 10229703 A1 [[0002](#), [0027](#)]
- DE 10243079 A1 [[0002](#), [0027](#)]
- DE 102009027899 A1 [[0002](#)]
- US 4864463 [[0004](#)]

## Patentansprüche

1. Keramische Druckmesszelle (**1**; **101**), umfassend:

einen keramischen Grundkörper (**3**; **103**);  
 eine keramische Messmembran (**2**; **102**);  
 einen keramischen Spannungsfühler (**4**; **104**);  
 mindestens eine an der Messmembran (**2**; **102**) angeordnete erste Elektrode (**24**; **124**); und  
 mindestens eine am Spannungsfühler (**4**; **104**) angeordnete zweite Elektrode (**44**; **144**),  
 wobei die Messmembran (**2**; **102**) entlang einer ringförmigen Verbindung mit dem Grundkörper (**3**; **103**) unter Bildung einer Druckkammer zwischen der Messmembran und dem Grundkörper (**3**; **103**) druckdicht verbunden ist, und  
 wobei der keramische Spannungsfühler (**4**; **104**) zwischen der Messmembran (**2**; **102**) und dem Grundkörper (**3**; **103**) angeordnet und mit der ringförmigen Verbindung mechanisch gekoppelt ist,  
 wobei der Spannungsfühler (**4**; **104**) in Abhängigkeit von mechanischen Spannungen in der ringförmigen Verbindung auslenkbar ist,  
 wobei die mindestens eine erste Kapazität zwischen der ersten Elektrode (**24**; **124**) und der zweiten Elektrode (**44**; **144**) zumindest von einem Druck abhängt, der auf die Messmembran einwirkt.

2. Druckmesszelle nach Anspruch 1, wobei die erste Kapazität zwischen der ersten Elektrode (**24**; **124**) und der zweiten Elektrode (**44**; **144**) weitgehend unabhängig von Schwankungen von einbaubedingten Spannungen in der Verbindung zwischen der Messmembran und dem Grundkörper ist.

3. Druckmesszelle nach Anspruch 1 oder 2, wobei für die erste Kapazität eine Referenzspanne definiert ist, welche sich von einem Referenzstartwert zu einem Referenzendwert erstreckt, wobei der Referenzstartwert gegeben ist, wenn die Messmembran bei Raumtemperatur keiner Druckbeaufschlagung ausgesetzt ist, wobei der Referenzendwert beispielsweise das anderthalbfache oder das doppelte des ersten Referenzstartwerts beträgt, wobei Schwankungen des Werts der ersten Kapazität ohne eine Druckbeaufschlagung der Messmembran bei Variation der Temperatur über einen spezifizierten Temperaturbereich von 20°C bis 100°C, insbesondere 0°C bis 125°C, und bei ansonsten konstanten Bedingungen um nicht mehr als 0,5% der Spanne, insbesondere nicht mehr als 0,2% der Spanne, bevorzugt nicht mehr als 0,1% der Spanne und besonders bevorzugt nicht mehr als 0,05% der Spanne beträgt, wenn sich die Druckmesszelle bei der Messung der ersten Kapazität im thermischen Gleichgewicht befindet.

4. Druckmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Grundkörper an einer dem Spannungsfühler zugewandten Oberfläche eine dritte Elektrode aufweist, wobei der Spannungsfühler vorzugsweise

eine vierte Elektrode aufweist, welche an einer der dritten Elektrode zugewandten Oberfläche des Spannungsfühlers angeordnet ist.

5. Druckmesszelle nach Anspruch 4, wobei die vierte Elektrode von der zweiten Elektrode elektrisch isoliert ist.

6. Druckmesszelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die zweite, am Spannungsfühler angeordnete Elektrode als eine zentrale Druckmesselektrode ausgestaltet ist, welche von einer ringförmigen Druckreferenzelektrode umgeben ist, wobei insbesondere gilt, dass in einer Ruhelage die Kapazität  $C_{pm}$  zwischen der Druckmesselektrode und der ersten Elektrode an der Messmembran im Wesentlichen gleich der Kapazität  $C_{pr}$  zwischen der Druckreferenzelektrode und der ersten Elektrode an der Messmembran ist.

7. Druckmesszelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die dritte Elektrode an dem Grundkörper als eine zentrale Spannungsmesselektrode ausgebildet ist, die von einer ringförmigen Spannungreferenzelektrode umgeben ist, wobei insbesondere gilt, dass in einer Ruhelage des Spannungsfühlers vorzugsweise die Kapazität  $C_{sm}$  zwischen der Spannungsmesselektrode und der vierten Elektrode an dem Spannungsfühler im Wesentlichen gleich der Kapazität  $C_{sr}$  zwischen der Spannungreferenzelektrode und der vierten Elektrode an dem Spannungsfühler ist.

8. Druckmesszelle nach Anspruch 4, wobei die zweite Elektrode mit der vierten Elektrode im elektrischen Kontakt steht.

9. Druckmesszelle nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend mindestens ein Widerstandselement, insbesondere mehrere Widerstandselemente in einer Brückenschaltung, mit einem spannungsabhängigen Widerstandswert, zum Erfassen einer Verformung des Spannungsfühlers.

10. Drucksensor (**10**), umfassend eine Druckmesszelle (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche;  
 ein Gehäuse (**50**); und  
 eine elektrische Schaltung zum Betreiben der Druckmesszelle (**1**);  
 wobei die Druckmesszelle (**1**) von dem Gehäuse (**50**) in der Weise gehalten wird, dass die Messmembran (**2**) der Druckmesszelle mit einem Medium beaufschlagbar ist, dessen Druck zu messen ist, wobei das Gehäuse (**50**) eine Öffnung (**52**) aufweist, welche durch die Druckmesszelle (**1**) verschlossen ist, und  
 wobei das Gehäuse (**50**) in seinem Inneren eine Kammer aufweist, in welcher die elektrische Schal-

tung angeordnet ist, und wobei die Druckmesszelle (1) an die Schaltung angeschlossen ist.

11. Drucksensor nach Anspruch 10, wobei das Gehäuse (50) eine Messzellenkammer aufweist, in welcher die Öffnung mündet, wobei die Messzellenkammer um die Öffnung (52) durch eine ringförmige axiale Anschlagfläche (53) begrenzt ist, wobei die Druckmesszelle (1) in der Messzellenkammer angeordnet ist, und mit ihrer messmembranseitigen Stirnfläche gegen die axiale Anschlagfläche (53) axial eingespannt ist.

12. Drucksensor nach Anspruch 11, wobei zwischen der axialen Anschlagfläche (53) und der Stirnfläche der Druckmesszelle (1) ein Dichtmittel (58) angeordnet ist, welches insbesondere einen elastischen und/oder plastischen Dichtring umfassen kann.

13. Drucksensor nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Druckmesszelle (1) mittels eines Einspannkörpers, beispielsweise eines Schraubings (55), gegen den sich die Druckmesszelle (1) rückseitig abstützt, in der Messzellenkammer axial eingespannt ist, und wobei zwischen dem Einspannkörper (55) und der Druckmesszelle (1) ein keramischer Entkopplungskörper (56) angeordnet ist.

14. Drucksensor nach Anspruch 10, wobei die Druckmesszelle in dem Gehäuse mit einer radialen, elastischen Dichtung eingespannt ist, welche in einem Ringspalt zwischen einer Gehäuseöffnung und einer Mantelfläche der Druckmesszelle angeordnet ist.

15. Drucksensor nach Anspruch 10, wobei die Druckmesszelle mit dem Gehäuse über eine ringförmige Fügestelle druckdicht verbunden ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

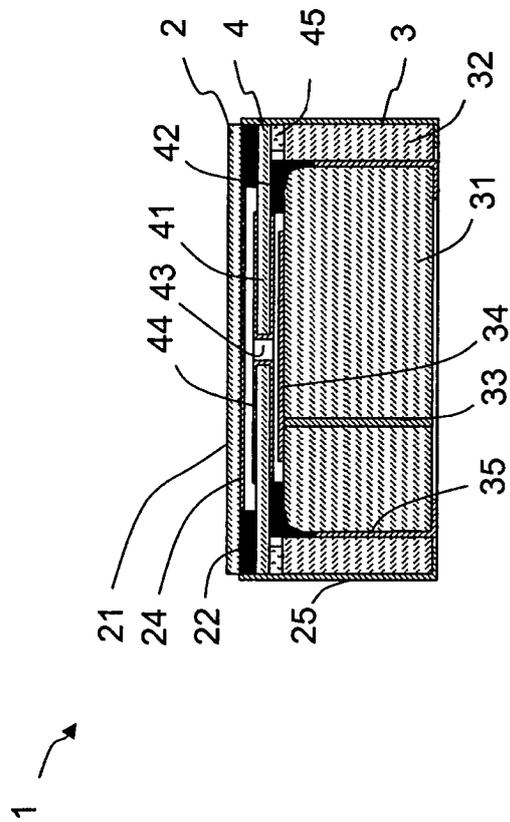
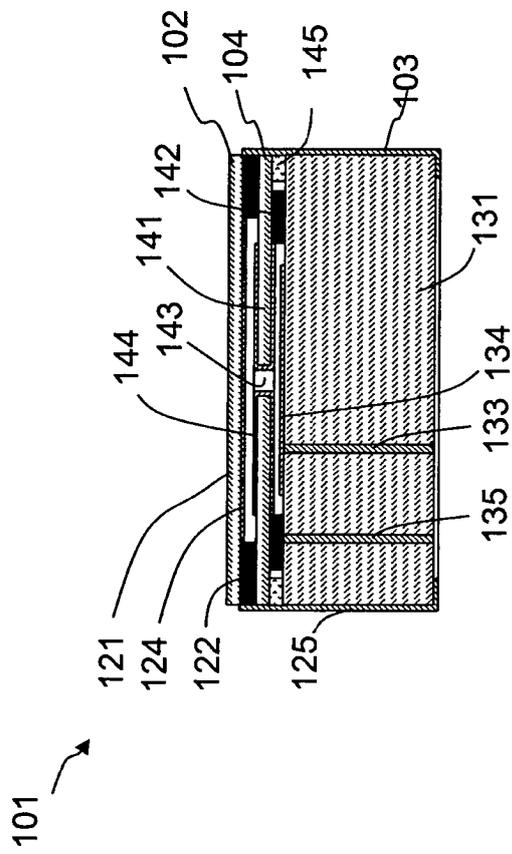


Fig. 1



**Fig. 2**

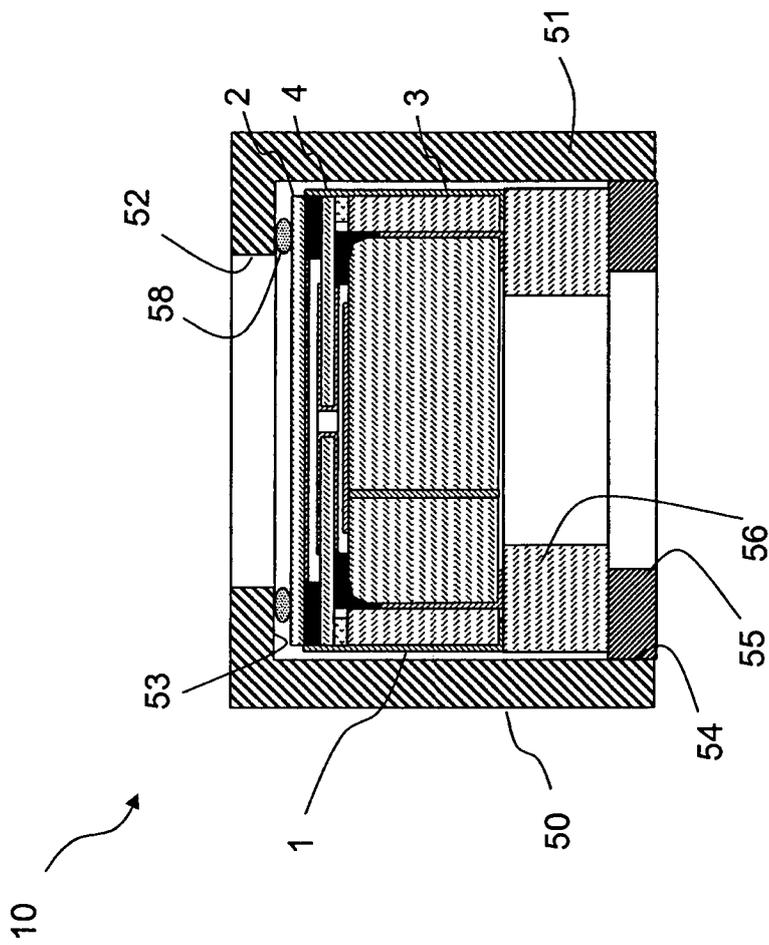


Fig. 3