



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 100 873.0**

(22) Anmeldetag: **16.01.2023**

(43) Offenlegungstag: **18.07.2024**

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

(71) Anmelder:  
**VEGA Grieshaber KG, 77709 Wolfach, DE**

(74) Vertreter:  
**Patentanwälte Bauer Vorberg Kayser  
Partnerschaft mbB, 50968 Köln, DE**

(72) Erfinder:  
**Wöhrle, Matthias, 77793 Gutach, DE; Schätzle,  
Benjamin, 77756 Hausach, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

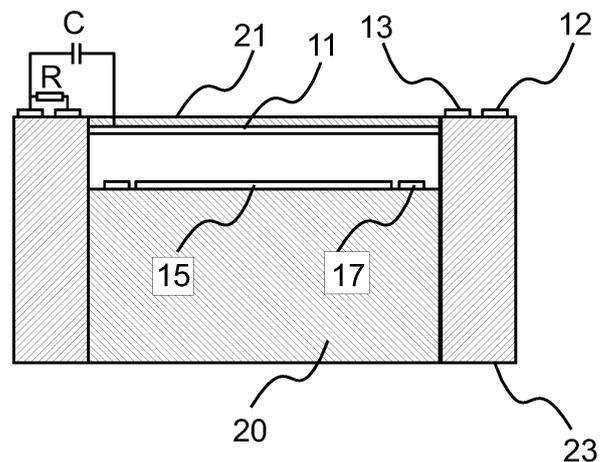
DE	102 00 779	A1
DE	10 2019 111 695	A1
US	2020 / 0 064 215	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Drucksensor**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung beschreibt einen Drucksensor mit einem Grundkörper, einer an dem Grundkörper angeordneten und einer durch einen Druck eines angrenzenden Mediums verformbaren Membran, gekennzeichnet durch einen in den Drucksensor integrierten Sensor zur Ermittlung elektrischer Eigenschaften des angrenzenden Mediums.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drucksensor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

**[0002]** Drucksensoren sind in vielfältiger Ausbildung aus dem Stand der Technik bekannt. Drucksensoren weisen dazu in der Regel Druckmesszellen auf, welche einen Druck in ein elektrisches Signal umwandeln, das anschließend weiterverarbeitet werden kann. Druckmesszellen werden nach dem zugrundeliegenden Messprinzip, den zum Prozess hin orientierten Materialien sowie danach unterschieden, ob absolute oder relative Drücke gemessen werden können.

**[0003]** Eines der Messprinzipien beruht dabei auf einer Kapazitätsänderung, wobei mittels einer kapazitiven Druckmesszelle eine Druckänderung durch Verformung einer Membran und einer daraus resultierenden Änderung einer Kapazität erfasst wird. Bei resistiven Druckmesszellen wird die Verformung einer Membran bspw. mittels Dehnungsmessstreifen erfasst und aus einer Widerstandsänderung der Dehnungsmessstreifen auf den Druck geschlossen. Piezoresistive Druckmesszellen nutzen den piezoresistiven Effekt zur Druckbestimmung aus.

**[0004]** Die Unterscheidung nach den zum Prozess hin orientierten Materialien, also den Materialien, die mit der Prozessumgebung und den Prozessmedien in Kontakt kommen, erfolgt in der Regel zwischen metallischen und keramischen Druckmesszellen, wobei die einen eine metallische und die anderen eine keramische Membran aufweisen.

**[0005]** Ob absolute oder relative Drücke gemessen werden können, richtet sich in der Regel danach, ob einer Membranrückseite ein zweiter Druck, bspw. ein Außendruck, zugeführt wird, oder ob die Membranrückseite evakuiert ist.

**[0006]** Die Automatisierung der Prozessindustrie schreitet immer weiter und immer schneller voran. Die Steuerung und Überwachung von Prozessen benötigt für einen höheren Automatisierungsgrad eine immer größere Anzahl an Informationen über den Prozess. Dies macht es notwendig mehr Prozessparameter zu messen und zu verarbeiten. Folglich werden immer mehr und immer vielfältigere Sensoren benötigt.

**[0007]** Füllstand, Grenzstand, Prozessdruck, hydrostatischer Druck, Temperatur, Dichte oder elektrische Eigenschaften wie die relative Permittivität oder die elektrische Leitfähigkeit sind dabei nur einige Beispiele von Prozessgrößen, die ermittelt werden und für die die Sensoren Anwendung finden.

**[0008]** Im Stand der Technik werden bislang lediglich Temperatursensoren regelmäßig in andere Sensortypen integriert, um thermisch induzierte Effekte zu kompensieren. Bspw. werden in Drucksensoren häufig Temperatursensoren integriert, um schnelle Temperaturänderungen, einen sog. Thermoschock zu erkennen und zu kompensieren. Eine separate Ausgabe der Prozesstemperatur ist aber auch in diesen Fällen nicht vorgesehen, sodass keine Weiterverarbeitung dieser Information erfolgen kann.

**[0009]** Für die Verwender stellt die steigende Anzahl an benötigten Prozessparametern und die damit einhergehende steigende Anzahl an verschiedenen Sensoren zunehmend ein Problem dar, da jeder einzelne Sensor in der Prozessumgebung angeordnet und gegen ein Austreten von Prozessmedium abgedichtet werden muss. Je nach Art der Prozessumgebung nach Art des Prozessmediums werden unterschiedliche Anforderungen an die Materialien, die Abdichtung und bspw. den Explosionsschutz im Bereich des Prozessanschlusses gestellt, was den Aufwand und die Kosten stark erhöhen kann.

**[0010]** Im Stand der Technik existieren hierfür Prozessanschlüsse, die mehrere Sensoren aufnehmen können. Solche Prozessanschlüsse sind aber sehr groß und unhandlich, sodass diese häufig nicht zum Einsatz kommen können.

**[0011]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Drucksensor derart weiterzubilden, dass zusätzliche Prozessparameter ohne die Nachteile aus dem Stand der Technik ermittelbar sind.

**[0012]** Diese Aufgabe wird durch einen Drucksensor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0013]** Vorteilhafte Ausgestaltungen und Varianten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Die in den Unteransprüchen einzeln aufgeführten Merkmale können in beliebiger, technisch sinnvoller Weise miteinander als auch mit den in der nachfolgenden Beschreibung näher erläuterten Merkmalen kombiniert werden und andere vorteilhafte Ausführungsvarianten der Erfindung darstellen.

**[0014]** Ein erfindungsgemäßer Drucksensor weist einen Grundkörper mit einer an dem Grundkörper angeordneten und durch einen Druck eines angrenzenden Mediums verformbaren Membran auf, und zeichnet sich dadurch aus, dass in den Drucksensor ein Sensor zur Ermittlung elektrischer Eigenschaften des angrenzenden Mediums integriert ist.

**[0015]** Integriert bedeutet dabei, dass der Sensor zur Ermittlung der elektrischen Eigenschaften des angrenzenden Mediums mit dem Drucksensor integral in einem Gehäuse, und insbesondere in einer ein-

zigen Messzelle ausgeführt ist. Das bedeutet, insbesondere, dass für die Ermittlung der elektrischen Eigenschaften des angrenzenden Mediums keine separate Messzelle vorgesehen ist, sondern beide Sensortypen, also der Drucksensor und der Sensor zur Ermittlung der elektrischen Eigenschaften des angrenzenden Mediums, in einer einzigen Messzelle vereinigt sind.

**[0016]** Als elektrische Eigenschaften des angrenzenden Mediums werden insbesondere kapazitive Eigenschaften, und dabei insbesondere eine Permittivität, sowie resistive Eigenschaften, und dabei insbesondere eine Leitfähigkeit des angrenzenden Mediums angesehen. Diese elektrischen Eigenschaften können sowohl für statische Situationen als auch für Wechselfelder ermittelt werden.

**[0017]** Durch eine Integration eines Sensors zur Ermittlung elektrischer Eigenschaften des angrenzenden Mediums wird der zugrundeliegende Drucksensor deutlich aufgewertet und kann neben einem Druck eine Vielzahl weiterer Informationen liefern.

**[0018]** Die zusätzliche Messung der elektrischen Eigenschaften ermöglicht es beispielsweise neben der kontinuierlichen Messung des Prozessdrucks oder des hydrostatischen Drucks eine zusätzliche Funktion als Grenzscharter darzustellen. Sowohl durch eine Permittivitätsmessung als auch durch eine Leitwertmessung kann ermittelt werden, ob sich der Sensor in Luft oder einem Gas, oder einem Prozessmedium befindet. Durch diese Informationen wird es möglich, den gleichen Sensor auch als Grenzstandsensoren zu nutzen.

**[0019]** Ferner ist es durch die Messung der elektrischen Eigenschaften möglich, dass auch zwischen hydrostatischem Druck oder Prozessdruck unterschieden werden kann, was bedeutet, ob es sich hierbei um einen Luft-/Gasdruck handelt oder um den Druck durch eine Mediensäule oberhalb des Sensors.

**[0020]** Durch die Messung der elektrischen Eigenschaften kann der zugrundeliegende Drucksensor auch als Füllstandsensoren eingesetzt werden. Die elektrischen Eigenschaften erlauben einen Rückschluss auf das an den Sensor angrenzende Medium. Durch eine Kenntnis des Mediums und ggf. dessen Temperatur, ist auch die Dichte des Mediums bekannt, sodass auf eine Höhe der oberhalb des Sensors liegenden Flüssigkeitssäule und damit auf einen Füllstand geschlossen werden kann.

**[0021]** Ein weiteres denkbare Anwendungsfeld des vorgeschlagenen Sensors betrifft chemische Prozesse. Chemische Reaktionen erfordern spezielle Randbedingungen, um effizient abzulaufen. Hierzu müssen sowohl Druck, Temperatur als auch die che-

mischen Reaktanden beziehungsweise das Reaktionsprodukt überwacht werden. Durch eine bevorzugte Ausführungsform des Drucksensors, in den zusätzlich ein Temperatursensoren integriert ist, können auch solche Anwendungen mit einem einzigen Sensor abgedeckt werden. Auch für die Füllstandmessung ist diese Weiterbildung besonders vorteilhaft.

**[0022]** In einer Ausgestaltungform weist der Drucksensor eine erste Elektrode im Bereich der Membran und wenigstens eine zusätzliche, zweite Elektrode auf, die derart angeordnet ist, dass ein durch die erste Elektrode und die zweite Elektrode gebildeter Kondensator in seiner Kapazität durch das angrenzende Medium beeinflussbar ist.

**[0023]** Diese besonders geschickte Anordnung der beiden Elektroden ermöglicht, abhängig von der Bauart des zugrundeliegenden Drucksensors, eine besonders geschickte Integration des Sensors zur Ermittlung der elektrischen Eigenschaften des angrenzenden Mediums in den Drucksensor.

**[0024]** Weist der Drucksensoren bspw. eine keramische Druckmesszelle auf, so kann die für die Druckbestimmung in einer Messkammer der Membran angeordnete Membranelektrode als erste Elektrode verwendet werden.

**[0025]** Die zweite Elektrode kann bspw. ringförmig und die erste Elektrode umgebend ausgebildet sein. Die zweite Elektrode kann bspw. durch eine Metallisierung oder einen den Grundkörper der Messzelle umgebenden Metallring realisiert werden. Alternativ kann die zweite Elektrode auch durch eine elektrische Kontaktierung des Prozessanschlusses realisiert sein. Da die Membranelektrode auf der Innenseite der Membran der Druckmesszelle angeordnet ist, kann in dieser Ausführungsform lediglich eine kapazitive Messung durchgeführt werden. Es kann so ein Einfluss des angrenzenden Mediums auf eine Kapazität eines zwischen den Elektroden gebildeten Kondensators ermittelt werden. Der Kondensator kann statisch durch Anlegen einer Gleichspannung oder dynamisch durch Anlegen einer Wechselspannung betrachtet werden, oder in einem Schwingkreis angeordnet sein, dessen Impedanz bestimmt wird.

**[0026]** Weist der Drucksensoren eine metallische Druckmesszelle auf, so kann die metallische Membran der Druckmesszelle selbst als Elektrode eingesetzt werden. In diesem Fall ist nicht nur eine kapazitive Messung, sondern auch eine Leitwertbestimmung möglich. Es ist dabei sicherzustellen, dass die metallische Messzelle und die zweite Elektrode voneinander isoliert sind. Dies kann bspw. durch eine zwischen der metallischen Messzelle und der zweiten Elektrode aufgebrachte

Isolationsschicht erreicht werden. Wird die zweite Elektrode als die Messzelle umgebender metallischer Ring realisiert, so kann die Isolation bspw. durch einen die metallische Messzelle umgebenden Ring aus einem isolierenden Material, bspw. einen Kunststoffring sichergestellt werden.

**[0027]** Die vorgenannten Ringe können auf die Messzellen bspw. aufgepresst oder aufgeschumpft werden. Durch diese Art der Verbindung der Ringe mit der ursprünglichen Messzelle werden die Messzelle und die Ringe zu einem einheitlichen Gegenstand. Es werden außerdem auch die Übergänge zuverlässig abgedichtet.

**[0028]** In einer Weiterbildung weist der Drucksensor eine dritte Elektrode auf, die vorzugsweise zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist. Die dritte Elektrode kann vorzugsweise ringförmig ausgebildet sein. In einer bevorzugten Ausgestaltungsform ist die dritte Elektrode als Schirmelektrode ausgebildet.

**[0029]** Die dritte Elektrode kann als Schirmelektrode dienen, wenn diese mit dem gleichen Potential wie die erste Elektrode, die in diesem Fall als Messelektrode dient, beaufschlagt wird. Die zweite Elektrode ist dann die Referenzelektrode, die für die kapazitive Messung den Gegenpol zur Messelektrode bildet.

**[0030]** Die Beaufschlagung der Schirmelektrode, also der dritten Elektrode, mit dem gleichen Potential wie die Messelektrode, das ist vorliegend die erste Elektrode, hat zur Folge, dass bei einer kapazitiven Messung die elektrische Feldverteilung zwischen der Messelektrode und der Bezugelektrode tiefer in das Volumen des Mediums gedrängt wird. Damit wird die kapazitive Messung volumensensitiver als bei einer Ausgestaltungsform ohne Schirmelektrode. In der Folge können Anhaftungen an dem Sensor von einer tatsächlichen Bedeckung des Sensors mit Füllmedium unterschieden werden, da Anhaftungen einen geringeren Einfluss auf die Kapazität haben.

**[0031]** In einer Variante des vorliegenden Drucksensors sind wenigstens zwei der Elektroden derart ausgebildet und angeordnet, dass diese in elektrisch leitendem Kontakt zu dem angrenzenden Medium sind. Diese Ausgestaltungsform ermöglicht zusätzlich zu einer kapazitiven Messung auch eine Messung des Leitwerts des angrenzenden Mediums. In einer bevorzugten Varianten sind die wenigstens zwei in elektrisch leitendem Kontakt mit dem angrenzenden Medium befindlichen Elektroden die zweite Elektrode und die dritte Elektrode.

**[0032]** In dieser Ausgestaltungsform erfolgt die kapazitive Messung vorzugsweise zwischen der ersten und der zweiten Elektrode, während die dritte Elektrode als Schirmelektrode geschaltet ist. Die

Leitwertmessung kann dann zwischen der dritten Elektrode und der zweiten Elektrode erfolgen.

**[0033]** Die Druckmessung, die kapazitive Messung und die Leitwertmessung erfolgen bevorzugt sequentiell, wobei ein zeitlicher Abstand zwischen den einzelnen Messungen vorzugsweise einstellbar ist. Bspw. kann zunächst der Druck, dann der Leitwert und anschließend eine Kapazität ermittelt werden. Ebenso ist es aber denkbar die kapazitive Messung und die Messung der Leitfähigkeit durch überlagerte Signale parallel durchzuführen. Leitwert und Kapazität können in beiden Alternativen auch nur bei jeder n-ten Messung, also bspw. jeder 2-ten, 5-ten oder 10-ten Messung ermittelt werden.

**[0034]** Für die Messung der Leitfähigkeit wird die dritte Elektrode 13, also die Schirmelektrode mit einem elektrisches Wechselsignal beaufschlagt. Als Signalform sind sowohl Rechteck, Dreieck, Sägezahn oder aber Sinus denkbar. Auch weitere hier nicht genannte Signalformen sind denkbar. In einer vorteilhaften Ausführung wird hier ein Rechtecksignal verwendet, da dieses sehr einfach zu erzeugen ist. Die Schirmelektrode wird mit dem Anregungssignal, das eine geeignete Frequenz und Amplitude für eine konduktive Messung besitzt, über einen Einkoppelwiderstand angeregt. Auch Variationen von Frequenz, Amplitude und Signalform sind denkbar. Der Einkoppelwiderstand sorgt dafür, dass der Widerstand eines anliegenden Mediums mit dem Einkoppelwiderstand einen Spannungsteiler bildet. Das Schirmpotential stellt somit den Mittelabgriff des Spannungsteilers dar.

**[0035]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht hier vor, dass mehrere unterschiedliche Einkoppelwiderstände zwischengeschaltet werden können, um somit den Messbereich zu erweitern. Selbstverständlich ist die Messung der Leitfähigkeit nicht nur auf ein solches Verfahren begrenzt. Auch andere Verfahren sind denkbar, wie zum Beispiel eine Messung des Stromes, um dadurch die Leitfähigkeit zu berechnen.

**[0036]** Die Messung der Kapazität zur Ermittlung einer relativen Permittivität des angrenzenden Mediums erfolgt durch Beaufschlagen der ersten Elektrode 11 mit einem geeigneten Signal für eine kapazitive Messung. Auch hier sind unterschiedlichste Signalformen denkbar. Von Vorteil ist hier die Signalform eines Dreiecks. Auch hier sollte eine geeignete Frequenz und Amplitude für eine kapazitive Messung gewählt werden. Ebenso sind auch Variationen im laufenden Betrieb möglich. Auch Frequenzsweeps sind denkbar. Für diese Messung bildet die zweite Elektrode 12 die Bezugelektrode. In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die dritte Elektrode 13 als Schirmelektrode mit demselben Signal wie die erste Elektrode 11 mit beaufschlagt, um

das elektrische Feld weiter im angrenzenden Medium zu konzentrieren und Streukapazitäten zu verringern.

**[0037]** In einer bevorzugten Ausgestaltungsform sind die Elektroden in die Druckmesszelle integriert ausgebildet. Dies hat einen besonders kompakten Aufbau zur Folge und es sind keine weiteren Anpassungen, bspw. zur Kontaktierung des Gehäuses als zweite Elektrode notwendig.

**[0038]** Es sei an dieser Stelle noch einmal betont, dass in einer bevorzugten Ausgestaltung mittels der kapazitiven Messung eine relative Permittivität des angrenzenden Mediums und mittels der resistiven Messung eine Leitfähigkeit des angrenzenden Mediums bestimmt wird.

**[0039]** Die verwendeten Spannungen betragen typischerweise max. 10 V, bevorzugt aber niedrigere Spannungen, z.B. 3 V. Bevorzugt kommen diese Spannungen für beide Messungen, also die Messung von Kapazität und Leitwert zum Einsatz, da so gemeinsame Signalpfade in der Elektronik verwendet werden können. Die verwendeten Frequenzen bewegen sich zwischen 1 kHz und 10 MHz. Für die Leitfähigkeitsmessung eher niedrigere Frequenzen und für die Kapazitätsmessung eher höhere Frequenzen.

**[0040]** Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren eingehend erläutert. Es seien:

**Fig. 1** ein erstes Ausführungsbeispiel eines Sensors gemäß der vorliegenden Anmeldung,

**Fig. 2a** den Sensor aus **Fig. 1** in Draufsicht,

**Fig. 2b** ein Ersatzschaltbild für die Leitfähigkeitsmessung, wie sie in den **Fig. 1** und **2a** zum Einsatz kommen kann,

**Fig. 3** ein zweites Ausführungsbeispiel eines Sensors gemäß der vorliegenden Anmeldung,

**Fig. 4** den Sensor aus **Fig. 3** in Draufsicht und

**Fig. 5** in den Teilfiguren a) bis c) drei verschiedenen Anwendungsfälle für die Sensoren aus den **Fig. 1** bis **4**.

**[0041]** In den Figuren bezeichnen - soweit nicht anders angegeben - gleiche Bezugszeichen gleiche oder einander entsprechende Komponenten mit gleicher Funktion.

**[0042]** **Fig. 1** zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Drucksensors 1 gemäß der vorliegenden Anmeldung. Der Drucksensor 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist als keramische Druckmesszelle ausgebildet und weist den für keramische

Druckmesszellen aus dem Stand der Technik bekannten Aufbau auf.

**[0043]** Der Drucksensor 1 weist im Wesentlichen einen Grundkörper 20 auf, an dem von dem Grundkörper 20 beabstandet eine durch einen Druck eines angrenzenden Mediums verformbare Membran 21 angeordnet ist. Zur Druckbestimmung ist an der Membran 21 eine Membranelektrode 11, sowie die gegenüberliegend an dem Grundkörper 20 eine Messelektrode 15 sowie eine Referenzelektrode 17 angeordnet. Wird die Membran 21 durch den Druck des angrenzenden Mediums verformt, so ändert sich der Abstand zwischen den Elektroden 11, 15, 17 und ein zwischen der Membranelektrode 11 und der Messelektrode 15 gebildete Messkondensator sowie ein zwischen der Membranelektrode 11 und der Referenzelektrode 17 gebildete Referenzkondensator ändert seine Kapazität, sodass eine Bestimmung des auf die Membran 21 einwirkenden Drucks möglich ist.

**[0044]** Der Drucksensor ist vorliegend als keramische Druckmesszelle in einem Schnitt in Axialrichtung gezeigt, wobei die in **Fig. 1** verwendete Darstellung der besseren Übersichtlichkeit halber nicht maßstäblich und stark vereinfacht ist.

**[0045]** Zur Realisierung eines zusätzlichen Sensors zur Bestimmung elektrischer Eigenschaften des an den Drucksensor 1 angrenzenden Mediums weist der Drucksensor 1 zusätzlich einen isolierenden Ring 23 auf, der den Aufbau zur Druckmessung ringförmig umgibt und vorderseitig, d. h. zum Prozessmedium hin orientiert, zwei ringförmig ausgebildete Metallisierungen aufweist, die eine zweite Elektrode 12 sowie eine dritte Elektrode 13 ausbilden. In dem Ausführungsbeispiel aus **Fig. 1** ist die Membranelektrode 11 als erste Elektrode 11 ausgebildet und die dritte Elektrode 13 in Radialrichtung gesehen zwischen der zweiten Elektrode 12 und der ersten Elektrode 11 angeordnet. Der isolierende Ring 23 kann im vorliegenden Ausführungsbeispiel alternativ zu einem separaten Ring auch einstückig mit dem Grundkörper 20 des Drucksensors 1 ausgebildet sein.

**[0046]** Die vorliegende Ausgestaltungsform ermöglicht es verschiedene elektrische Eigenschaften des an den Drucksensor 1 angrenzenden Mediums zu ermitteln. Zum einen kann zwischen der ersten Elektrode 11, die von dem Medium isoliert, aus Mediumsicht hinter der Membran 21 angeordnet ist, und der zweiten Elektrode 12 eine sich ausbildende Kapazität zur Bestimmung, die elektrische Eigenschaften des angrenzenden Mediums genutzt werden. Die erste Elektrode 11 und die zweite Elektrode 12 bilden hierbei die Platten eines Kondensators C, dessen Größe entweder statisch, d. h. durch Anlegen einer Gleichspannung an die erste Elektrode 11 und die

zweite Elektrode 12 oder dynamisch durch Bestimmung eines Wechselstromwiderstands, d. h. insbesondere durch Anlegen einer Wechselspannung einer bestimmten Frequenz, bestimmt werden kann. Durch Bestimmung der Kapazität dieses Kondensators C kann die Permittivität des angrenzenden Mediums bestimmt werden. Um eine bessere Sensitivität des so gebildeten Sensors gegen Mediums Anhaftungen an dem Drucksensor 1 zu erreichen, kann die dritte Elektrode 13 als sogenannte Schirmelektrode ausgebildet sein. Dafür wird die dritte Elektrode 13 mit dem gleichen Potenzial wie die erste Elektrode 11 beaufschlagt, sodass das sich zwischen der ersten Elektrode 11 und der zweiten Elektrode 12 ausbildende elektrische Feld sich weiter in das angrenzende Medium ausbreitet, wodurch erkennbar wird, ob lediglich eine Anhaftung an dem Drucksensor 1 vorliegt, oder tatsächlich eine vollständige Bedeckung des Drucksensors 1 mit Medium vorliegt.

**[0047]** Es kann ferner zwischen der zweiten Elektrode 12 und der dritten Elektrode 13, die beide in Mediumskontakt stehen, ein elektrischer Widerstand bzw. ein Leitwert des angrenzenden Mediums bestimmt werden.

**[0048]** Durch diese zusätzlich ermittelten elektrischen Eigenschaften des angrenzenden Mediums kann beispielsweise eine Grenzstanddetektion realisiert werden. So ist es beispielsweise möglich, zu ermitteln, ob der gezeigte Sensor von einem in einem Behälter befindlichen Medium überflutet wurde, oder nicht. Zusätzlich oder alternativ kann mittels der so ermittelten elektrischen Eigenschaften des angrenzenden Mediums in bestimmten Grenzen eine Mediumsbestimmung durchgeführt werden. Der gezeigte Drucksensor 1 kann somit universeller eingesetzt werden und in einem einzigen Sensor, eine Redundanz realisieren und so die Sicherheit der erzielten Messwerte erhöhen.

**[0049]** Fig. 2a zeigt eine Draufsicht auf den Sensor aus Fig. 1.

**[0050]** In dieser Draufsicht ist zentral die Membran 21 aus einem keramischen Material zu erkennen, die rückseitig mit der ersten Elektrode 1 versehen ist. Die Membran 21 ist von dem isolierenden Ring 23 umgeben, der in der vorliegenden Darstellung als drei schmale Streifen zwischen der Membran 21, der dritten Elektrode 13 und der zweiten Elektrode 12, sowie die zweite Elektrode 12 in Radialrichtung außenseitig umgebend zu erkennen ist. Die zweite Elektrode 12 und die dritte Elektrode 13 sind, wie aus Fig. 2 deutlich zu erkennen ist, als ringförmig ausgebildete Metallisierungen auf den isolierenden Ring 23 aufgebracht, und voneinander beabstandet und somit elektrisch isoliert angeordnet.

**[0051]** Der isolierende Ring 23 kann aus verschiedenen geeigneten isolierenden Materialine, beispielsweise aus einem Kunststoff, beispielsweise Polytetrafluorethylen (PTFE) Polyetheretherketon (PEEK), Polypropylen (PP) oder Polyvinylidenfluorid (PVDF) ausgebildet sein. Alternativ kann der isolierende Ring 23 aus einem keramischen Material, beispielsweise dem gleichen Material wieder Grundkörper 20 und die Membran 21 der Druckmesszelle und insbesondere einstückig mit dem Grundkörper 20, der Druckmesszelle ausgebildet sein.

**[0052]** Fig. 2b zeigt ein Ersatzschaltbild für die Leitfähigkeitsmessung, wie sie in den Fig. 1 und 2a zum Einsatz kommen kann.

**[0053]** Vorliegend wird die dritte Elektrode 13, also die Schirmelektrode mit einem elektrisches Wechsel-signal in Form eines Rechtecksignals beaufschlagt. Die Schirmelektrode wird mit dem Anregungssignal A, das eine geeignete Frequenz und Amplitude für eine konduktive Messung besitzt, über einen Einkoppelwiderstand  $R_E$  angeregt. Auch Variationen von Frequenz, Amplitude und Signalform sind denkbar. Der Einkoppelwiderstand  $R_E$  sorgt dafür, dass der Widerstand eines anliegenden Mediums  $R_M$  mit dem Einkoppelwiderstand  $R_E$  einen Spannungsteiler bildet. Das Schirmpotential an der zweiten Elektrode stellt somit den Mittelabgriff des Spannungsteilers dar.

**[0054]** Gemäß der Ausgestaltung in Fig. 2b sind zur Erweiterung des Messbereichs der Leitfähigkeitsmessung mehrere unterschiedliche Einkoppelwiderstände  $R_1, R_2, \dots, R_n$  für die Signaleinkopplung vorgesehen. Durch diese unterschiedlichen Einkoppelwiderstände  $R_1, R_2, \dots, R_n$  werden unterschiedliche Spannungsteiler gebildet, die durch die Einkoppelwiderstände  $R_E$  unterschiedlicher Größe werden Spannungsteiler unterschiedlicher Empfindlichkeit gebildet, sodass ein breites Spektrum an Leitfähigkeiten und damit unterschiedlichen Medien erfasst werden kann.

**[0055]** Fig. 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines Drucksensors 1 gemäß der vorliegenden Anmeldung. Gezeigt ist ein Schnitt in Axialrichtung durch eine metallische Druckmesszelle, die im Wesentlichen durch einen metallischen Grundkörper, 30, eine vorderseitig, d. h. in Richtung prozessorientiert an dem metallischen Grundkörper angeordnete metallische Membran 31 sowie eine dadurch zwischen dem Grundkörper 30 und der metallischen Membran, 31 gebildete sogenannte Membrankammer 32 gebildet ist. Die Membrankammer 32 steht in Fluidverbindung zu einer in dem Grundkörper 30 ausgebildeten Sensorkammer 33, in der eine Halbleiter-Druckmesszelle 34 angeordnet ist. Zur Übertragung eines auf die metallische Membran 31 wirkenden Drucks auf die Halbleiterdruck-

messzelle 34 sind die Membrankammer 32 und die Messkammer 33 mit einem inkompressiblen Druckmittlermedium, beispielsweise einem Öl, gefüllt. Somit kann ein auf die metallische Membran 31 einwirkender Druck mittels der Halbleiter-Druckmesszelle 34 ermittelt werden.

**[0056]** Gemäß dem in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Grundkörper 30 von einem isolierenden Ring 35, der vorliegend als Kunststoffring 35 ausgebildet ist, umgeben. Der Kunststoffring 35 wiederum ist von der zweiten Elektrode 12, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel als massiver metallischer Ring ausgebildet ist, umgeben. Sowohl der Kunststoffring 35 als auch die zweite Elektrode 12 sind auf den Grundkörper 30 aufgepresst, sodass ein Eindringen von Medium zwischen den Grundkörper 30 und dem isolierenden Ring 35 sowie zwischen den Kunststoffring 35 und die zweite Elektrode 12 ausgeschlossen werden kann. In dem in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiel kann sowohl die Kapazitätsmessung als auch die Leitwertmessung unmittelbar zwischen der Membran 31 bzw. dem Grundkörper 30, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel die erste Elektrode 11 bilden und der zweiten Elektrode 12 erfolgen. Dies ist möglich, da der metallischen Grundkörper 30 und die metallische Membran 31 bereits direkt in Mediumskontakt stehen und somit direkt für die Leitwertmessung verwendet werden können. Soll auch in diesem Ausführungsbeispiel eine Schirmelektrode zum Einsatz kommen, damit das elektrische Feld zur Kapazitätsmessung weiter in das angrenzende Medium gedrängt werden kann, so müsste diese auch in diesem Ausführungsbeispiel zwischen der ersten Elektrode 11 und der zweiten Elektrode 12 angeordnet werden, beispielsweise durch einen zusätzlichen metallischen Ring, der sowohl von dem Grundkörper 30 als auch von der zweiten Elektrode 12 isoliert zwischen diesen angeordnet wird.

**[0057]** **Fig. 4** zeigt eine Draufsicht auf den Sensor aus **Fig. 3**.

**[0058]** In dieser Darstellung ist zentral der Grundkörper 30, mit der daran vorderseitig angeordneten metallischen Membran 31 zu erkennen, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel gleichzeitig die erste Elektrode 11 bildet. Ringförmig um den Grundkörper 30 und die metallische Membran 31 angeordnet ist, der isolierende Kunststoffring 35 gezeigt, der wiederum von der zweiten Elektrode 12 ringförmig umgeben ist.

**[0059]** **Fig. 5** zeigt in den Teilfiguren a), b) und c) verschiedene Anwendungsbeispiele, bei denen die Drucksensoren 1 aus den **Fig. 1-4** zum Einsatz kommen können.

**[0060]** **Fig. 5a)** zeigt einen ersten Anwendungsfall für einen Drucksensor 1, wie er in Bezug auf die **Fig. 1 bis 4** beschrieben wurde.

**[0061]** Der Drucksensor 1 ist in diesem Anwendungsfall von oben her in einem Behälter 3, der mit einem Füllmedium 5 befüllt wird, montiert. Der Drucksensor 1 ist in diesem Ausführungsbeispiel derart angeordnet, dass der zunächst einen Prozessdruck  $p_1$  des Gases oberhalb des Füllmediums 5 misst. Steigt der Füllstand an, so ist es dem Drucksensor 1 ebenfalls möglich über die Messung der elektrischen Eigenschaften, insbesondere für nichtleitende Medien die relative Permittivität oder für leitende Medien die elektrische Leitfähigkeit zu messen und so ein Ansteigen des Füllmediums 5 über die Einbauhöhe des Drucksensors 1 zu detektieren.

**[0062]** Der Drucksensor 1 gemäß der Ausgestaltung in **Fig. 5a)** realisiert damit zusätzlich eine Grenzstandmessung. Somit besitzt der Sensor neben seiner Funktion als Prozessdrucksensor ebenfalls die Funktion einer Überfüllsicherung. Ein separater Sensor zur Überfüllsicherung kann in diesem Fall somit eingespart werden.

**[0063]** **Fig. 5b)** zeigt einen zweiten Anwendungsfall für einen Drucksensor 1, wie er in Bezug auf die **Fig. 1 bis 4** beschrieben wurde. Dargestellt ist eine abgesetzte Variante des Sensors aus **Fig. 5a)**, bei der eine Sensorikeinheit des Drucksensors 1 und eine Elektronikbaugruppe 2 getrennt ausgeführt und durch ein Verbindungskabel 8 verbunden sind. Die eine Auswerteeinheit umfassende Elektronikbaugruppe 2 ist somit an der Oberseite des Behälters 3 angeordnet, während die Sensorikeinheit durch das Verbindungskabel 8, das gleichzeitig als Tragkabel wirkt, abgesetzt auf einer gewünschten Füllhöhe in dem Behälter 3 angeordnet ist.

**[0064]** Durch eine derartige Ausgestaltung kann ein hydrostatischer Druck  $p_2$ , der durch das Füllmedium 5 auf einer Montagehöhe der Sensorikeinheit wirkt, erfasst werden.

**[0065]** Gleichzeitig kann auch eine Leerlaufsicherung durch die Grenzstandfunktionalität des Drucksensors 1 realisiert werden, und/oder durch die Ermittlung der elektrischen Eigenschaften des Füllmediums 5 eine Überwachung eines in dem Behälter 3 ablaufenden chemischen Prozesses erfolgen. Ferner kann durch die Ermittlung der elektrischen Eigenschaften des im Bereich der Sensorikeinheit befindlichen Mediums eine Trennschichtmessung an der jeweiligen Montagehöhe realisiert werden.

**[0066]** **Fig. 5c)** zeigt eine Version in der der Drucksensor 1, d.h. Sensorikeinheit und Elektronikeinheit 2 zusammen in einem Gehäuse integriert und an der Tankunterseite montiert sind.

[0067] Bei den Ausgestaltungsformen der Fig. 5b) und 5c) kann über den hydrostatischen Druck  $p_2$  auf den Drucksensor 1 ein Füllstand ermittelt werden. Ebenso kann über die Messung der elektrischen Eigenschaften ein Grenzstand detektiert werden, in diesem Fall beispielsweise als Trockenlaufschutz einer Pumpe.

[0068] Der vorgeschlagene Sensor bietet in dieser Anwendungsvariante noch eine weitere Möglichkeit einer Messung. Durch die Messung der elektrischen Eigenschaften des Mediums ist es beispielsweise möglich das Vermischen zweier unterschiedlicher Medien zu beobachten und den Zeitpunkt festzustellen, an dem ein homogenes Gemisch vorliegt. Die elektrischen Eigenschaften zweier Medien unterscheiden sich in aller Regel. Werden die Medien vermischt so ändern sich die elektrischen Eigenschaften des Gemisches. Wird der zeitliche Verlauf dieser Eigenschaften beobachtet, kann zu dem Zeitpunkt, an dem elektrischen Eigenschaften konstant werden auf ein homogenes Gemisch zurückgeschlossen werden.

#### Bezugszeichenliste

1	Drucksensor
2	Elektronikbaugruppe
3	Behälter
5	Füllmedium
8	Stab
11	erste Elektrode/ Membranelektrode
12	zweite Elektrode
13	dritte Elektrode/ Schirmelektrode
15	Messelektronik
17	Referenzelektrode
20	Grundkörper
21	Membran
23	isolierender Ring
30	Grundkörper
31	metallische Membran
32	Membrankammer
33	Druckmittlermedium, Sensorkammer
34	Halbleiterdruckmesszelle
35	isolierender Ring, Kunststoffring
R	Widerstand
C	Kondensator

#### Patentansprüche

1. Drucksensor (1) mit einem Grundkörper (20, 30), einer an dem Grundkörper (20, 30) angeordneten und einer durch einen Druck eines angrenzenden Mediums verformbaren Membran (21), **gekennzeichnet durch** einen in den Drucksensor (1) integrierten Sensor zur Ermittlung elektrischer Eigenschaften des angrenzenden Mediums.

2. Drucksensor (1) gemäß Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drucksensor (1) eine erste Elektrode (11) im Bereich der Membran (21) und wenigstens eine zusätzliche, zweite Elektrode (12) aufweist, die derart angeordnet ist, dass eine durch die erste Elektrode (11) und die zweite Elektrode (12) gebildeter Kondensator (C) in seiner Kapazität durch das angrenzende Medium beeinflussbar ist.

3. Drucksensor (1) gemäß Patentanspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Elektrode (12) ringförmig und die erste Elektrode (11) umgebend ausgebildet ist.

4. Drucksensor (1) gemäß einem der Patentansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drucksensor (1) eine dritte Elektrode (13) aufweist, die vorzugsweise zwischen der ersten Elektrode (11) und der zweiten Elektrode (12) angeordnet ist.

5. Drucksensor (1) gemäß Patentanspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Elektrode (13) ringförmig ausgebildet ist.

6. Drucksensor (1) gemäß einem der Patentansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Elektrode (13) als Schirmelektrode (13) ausgebildet ist.

7. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Elektrode (12) und/oder die dritte Elektrode (13) durch eine Metallisierung gebildet ist.

8. Drucksensor (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Elektroden derart ausgebildet und angeordnet sind, dass diese in elektrisch leitendem Kontakt zu dem angrenzenden Medium sind.

9. Drucksensor (1) gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zwei Elektroden derart kontaktiert sind, dass eine Leitfähigkeitsmessung möglich ist.

10. Drucksensor (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Elektroden in die Druckmesszelle (34)  
integriert ausgebildet sind.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

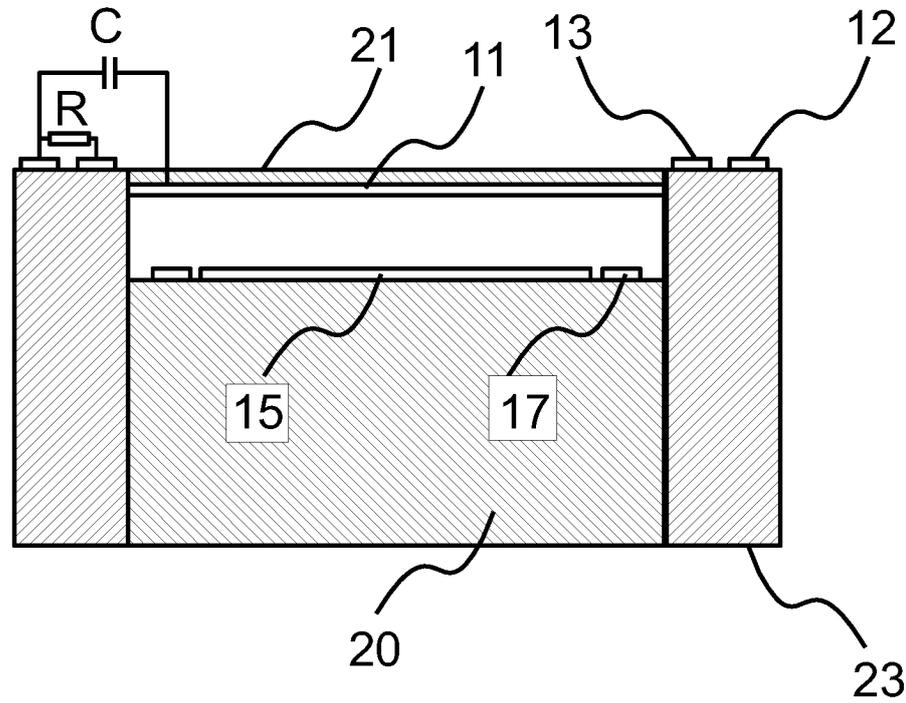


Fig. 2a

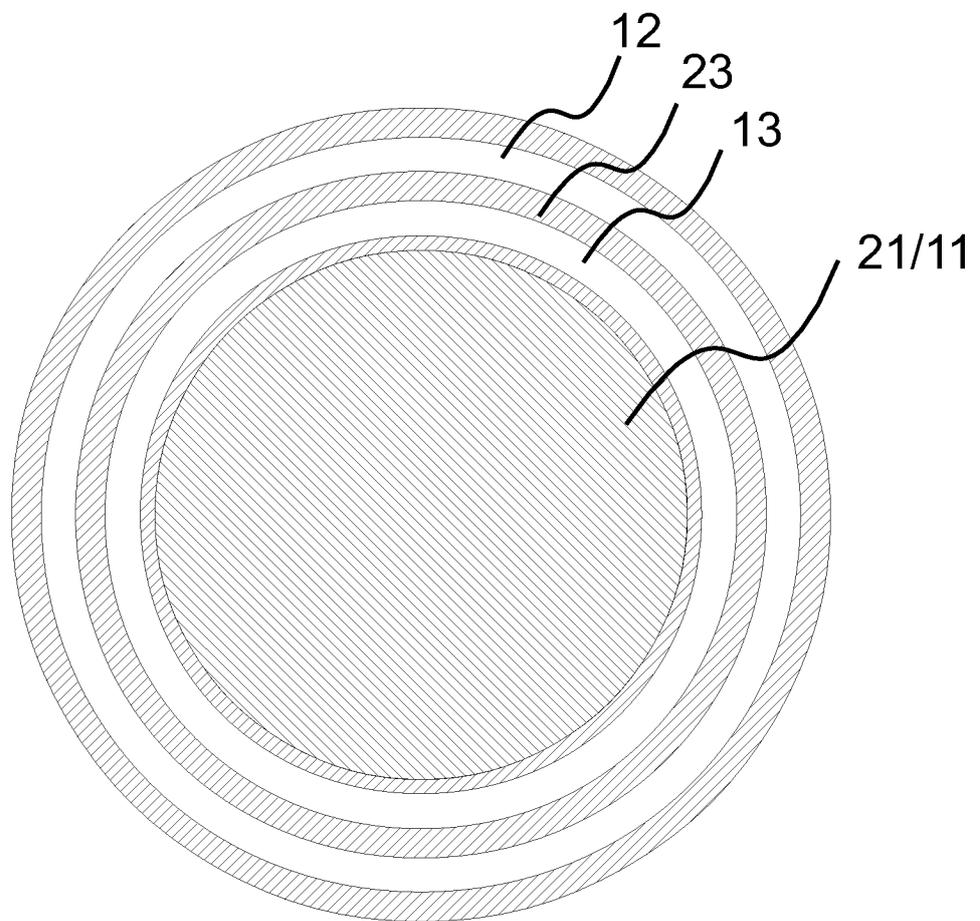


Fig. 2b

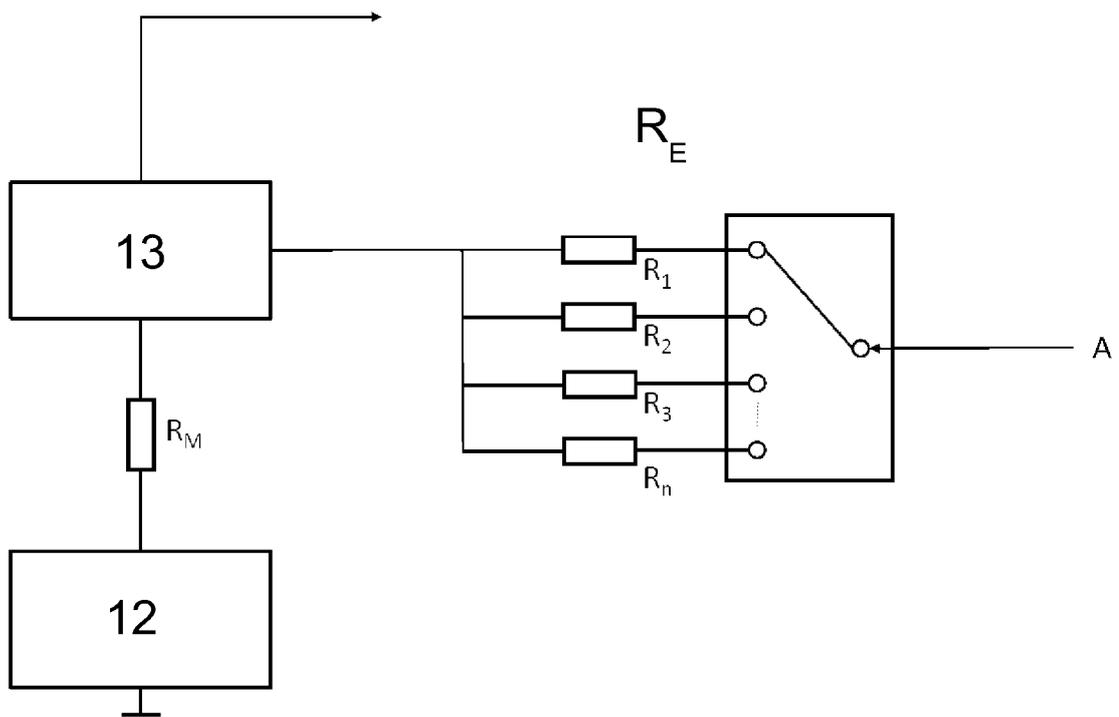


Fig. 3

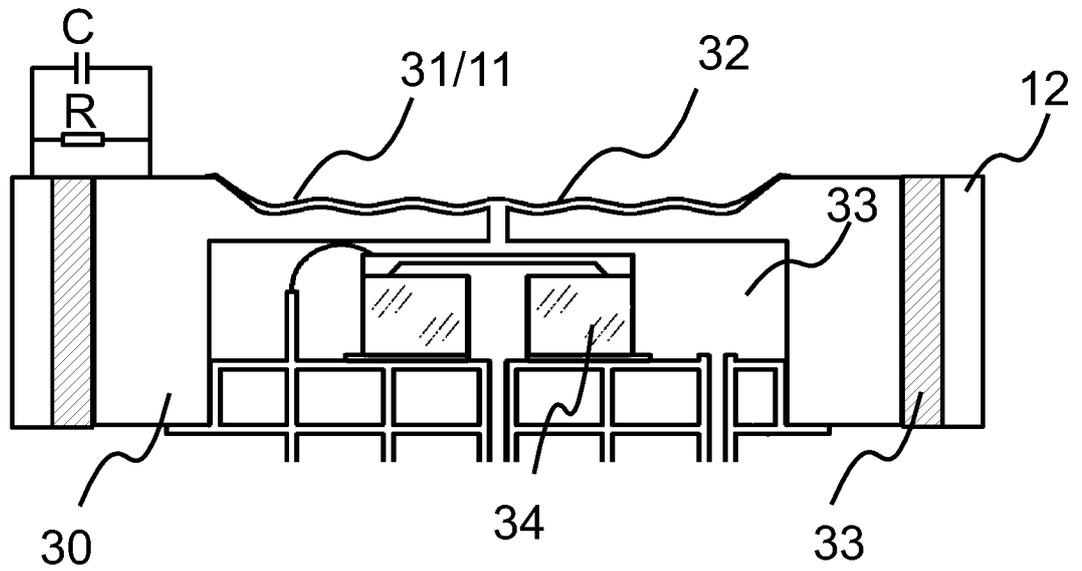


Fig. 4

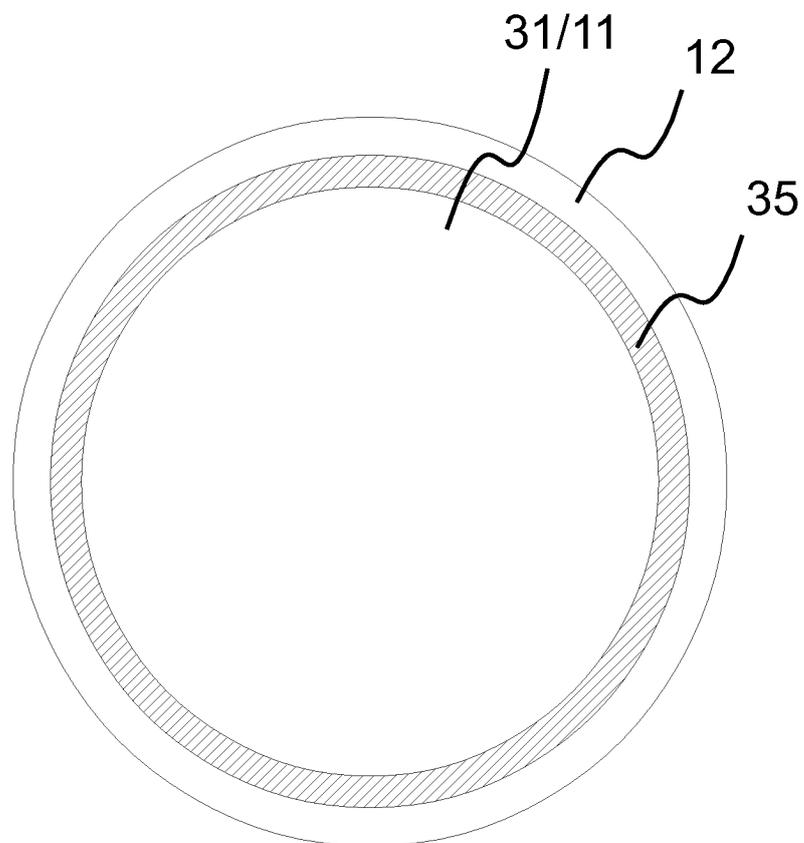


Fig. 5

