



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 002 662.2**

(22) Anmeldetag: **27.04.2009**

(43) Offenlegungstag: **28.10.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01L 9/12** (2006.01)

G01K 7/16 (2006.01)

G01P 5/00 (2006.01)

G01F 23/26 (2006.01)

(71) Anmelder:
ifm electronic gmbh, 45128 Essen, DE

(72) Erfinder:
**Halbinger, Lorenz, 88353 Kißlegg, DE;
Lautenschläger, Holger, 88097 Eriskirch, DE;
Kathan, Benno, 88142 Wasserburg, DE; Wagner,
Alfred, 88285 Bodnegg, DE; Müller, Rolf, 88276
Berg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

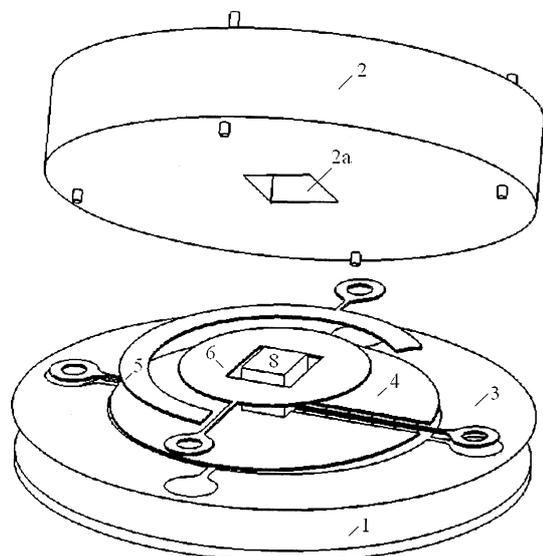
(54) Bezeichnung: **Kapazitiver Drucksensor als Kombinationssensor zur Erfassung weiterer Messgrößen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen kapazitiven keramischen Drucksensor, der neben dem Druck mindestens eine weitere Messgröße erfasst, sowie die zugehörige keramische Druckmesszelle, deren Messfläche im Interesse der Messgenauigkeit zum überwiegenden Teil zur Druckmessung genutzt wird. Die verschiedenen Messgrößen werden in unterschiedlichen Frequenzbereichen erfasst. Neben dem Druck wird auch die Temperatur, die Strömungsgeschwindigkeit, aber auch der Grenzstand eines anstehenden Mediums bestimmt.

Die Temperaturmessung zeichnet sich durch eine besonders kurze Ansprechzeit aus, so dass auch kalorimetrische Strömungsmessungen ermöglicht sind.

Die Grenzstandsmessung erfolgt als Impedanzmessung oder Admittanzmessung im Frequenzbereich zwischen 100 kHz und 1 GHz.

Die Ergebnisse werden einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, angezeigt und bei Bedarf einer übergeordneten Steuereinheit zugeführt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen kapazitiven Drucksensor als Kombinationssensor zur Erfassung weiterer Messgrößen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine keramische Messzelle für einen kapazitiven Drucksensor, die neben dem eigentlichen Druckmesswert noch einen weiteren Messwert liefert.

[0002] Kapazitive Drucksensoren, die neben dem Druck noch einen weiteren Größe messen, sind bekannt. Weit verbreitet ist die zusätzliche Temperaturmessung, sowie Anordnungen und Verfahren zur Überwachung der Funktionsfähigkeit der Messzelle. Zum letzteren wird auf die DE 10 2007 016 792 A1 der Anmelderin verwiesen.

[0003] Eine Druckmesszelle mit Temperatursensor wird in DE4011901A1 beschrieben. Hier wird vorgeschlagen, einen Temperatursensor als Widerstandsbahn aus einem Werkstoff mit temperaturabhängigem Widerstand entweder auf der dünneren Scheibe (Membran) oder auf der dickeren Scheibe (Grundkörper), aber auch im Bereich der Glasfügestelle zwischen den beiden Scheiben anzuordnen.

[0004] Nachteilig bei dieser Anordnung auf dem Grundkörper ist die thermische Trägheit, die den Nachweis von vergleichsweise schnellen Temperaturänderungen, wie es beispielsweise für die kalorimetrische Strömungsmessung erforderlich ist, nicht erlaubt. Bei der Anordnung auf der Membran ist der unvermeidliche Verbrauch von Druckmessfläche, bzw. die Beeinflussung des dynamischen Verhaltens der Membran und der damit verbundene Verlust an Messgenauigkeit als Nachteil zu nennen.

[0005] Die DE4104056C1 offenbart ein Verfahren zur automatischen Nullpunktkompensation eines kapazitiven keramischen Drucksensors. Hier wird mindestens eine Elektrode des Drucksensors wenigstens zeitweise als durch die Membran hindurch zum metallischen Gehäuse kapazitiv sensierende Prüfelektrode verwendet. Wenn der mittels der Elektrode festgestellte Kapazitätswert einen der vom Medium unbedeckten Membran entsprechenden kapazitiven Schwellenwert erreicht oder unterschreitet, wird eine automatische Nullpunktkorrektur durchgeführt. Der Zweck dieser Messung ist die automatische Kompensation bzw. die Korrektur der Langzeitdrift des Drucksensors. Zur Durchführung der Messung werden die verschiedenen Messkapazitäten nacheinander mit einem Kapazitäts-Frequenz-Wandler oder einem Kapazitäts-Zeit-Wandler verbunden. Offenbart wird auch eine zusätzliche weder zum Mess- noch zum Referenzkondensator gehörige Elektrode auf dem Grundkörper oder auf der Membranınnenseite. In diesem Fall ist die periodische Umschaltung der Masselektrode bzw. der übrigen Elektroden des Drucksensors nicht mehr erforderlich. Nachteilig ist die Verwendung von derselben Auswerteschaltung für derart unterschiedliche Messaufgaben wie die kapazitive Druckmessung, die möglichst nicht von den elektrischen Eigenschaften wie Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante des Druckmediums beeinflusst werden soll, und die kapazitive Grenzstandsmessung, die gerade diese Eigenschaften zum Nachweis des anstehenden Mediums benutzt.

[0006] Die DE19648048C2 betrifft einen kapazitiven Drucksensor mit zwei Membranen und insgesamt sieben Messkondensatoren. Die Kapazität des sechsten Kondensators ist temperaturabhängig, und der siebente Kondensator spricht auf Veränderungen der Dielektrizitätskonstante des Druckmediums an. Zur Auswertung werden alle Messkondensatoren von einer Sensorauswahleinheit zyklisch oder wahlweise mit dem selben Kapazitäts-Frequenz-Umwandlungsstromkreis verbunden.

[0007] Die Messkondensatoren sind hierbei Bestandteil eines Relaxationsoszillators, der die Kapazität der Kondensatoren nacheinander in ein Impulssignal umwandelt. Die Praxis hat gezeigt, dass bei den genannten Kapazitäts-Zeit-Wandlern, bzw. Kapazitäts-Frequenz-Wandlern insbesondere bei zähen oder pastösen Medien, wie z. B. Ketchup, Probleme bei der Unterscheidung zwischen von Benetzung, und tatsächlich anstehendem Medium auftreten.

[0008] Nachteilig ist weiterhin die sehr kompliziert aufgebaute Messzelle, die zumindest teilweise mit dem anstehenden Medium gefüllt werden muss, was neben den hohen Herstellungskosten die Gefahr der Verschmutzung oder Verstopfung mit sich bringt. Natürlich erscheint es zunächst sinnvoll, die verschiedenen Messgrößen wie Druck, Temperatur, Leitfähigkeit und Dielektrizitätskonstante des anstehenden Mediums mit derselben Elektronik auszuwerten. Dabei ist aber, wie bereits oben ausgeführt, zu bedenken, dass die Druckmessung eigentlich nicht durch die physikalischen Eigenschaften des anstehenden Mediums beeinflusst werden darf, und ein Verlust an Messgenauigkeit durch Anpassung der gemeinsamen Auswerteelektronik an die Füllstands- bzw. Grenzstandsmessung nicht hinnehmbar ist. Da aber auch störende Anhaftungen, die sich u. a. auf die Temperaturmessung auswirken, als solche erkannt werden, d. h. vom anstehenden Medium unterschieden werden sollen, muss auch für eine hinreichend genaue Grenzstandsmessung gesorgt werden.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Nachteile des Standes der Technik, insbesondere den erhöhten Aufwand bzw. den Verlust an Messgenauigkeit bei der Druckmessung wenigstens teilweise zu überwinden.

[0010] Dazu sollen die verwendeten Messprinzipien an die jeweilige Messaufgabe angepasst werden. Weiterhin sollen die Messwertaufnehmer so auf der Membran angeordnet, bzw. miteinander kombiniert werden, dass die Membranfläche weitgehend für die Druckmessung zur Verfügung steht.

[0011] Messgrößen wie Grenzstand, Medientemperatur oder Strömungsgeschwindigkeit sollen als Zusatznutzen zur Anzeige gebracht, aber auch zur Korrektur der Messergebnisse bzw. zur Überprüfung der Messzelle verwendet werden. Weiterhin soll die Integration in einer Messzelle neben der Einsparung von Material- und Montageaufwand auch noch den Vorteil bringen, dass alle Messwerte von der selben Stelle stammen; d. h. die verschiedenen Messwerte auch tatsächlich miteinander korrespondieren.

[0012] Gelöst wird diese Aufgabe entsprechend den im Anspruch 1 genannten Merkmalen. Vorteilhafte Ausgestaltungen findet man in den Unteransprüchen.

[0013] Erfindungsgemäß wird die zur Temperaturmessung benötigte Membranfläche auf ein Minimum begrenzt und wegen der daraus resultierenden geringen Wärmekapazität kann sie auch zur kalorimetrischen Strömungsmessung oder sogar zur Grenzstandsmessung genutzt werden.

[0014] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die mit einer niedrigen Frequenz arbeitende Druckmessung mit einer bei sehr hohen Frequenzen arbeitenden kapazitiven Grenzstandsmessung kombiniert.

[0015] Die Druckmessung erfolgt zweckmäßigerweise im Kilohertzbereich, während die kapazitive Grenzstandsmessung vorteilhaft im Bereich zwischen 100 und 200 MHz, aber auch bis in den GHz-Bereich hinein arbeitet. Die Temperaturmessung erfolgt dagegen mit Gleichstrom und die kalorimetrische Strömungsmessung mit pulsierendem Gleichstrom. So unterschiedliche Impulsformen bzw. Frequenzen erfordern separate Auswerteeinheiten mit unterschiedlichen Messprinzipien.

[0016] Erfindungsgemäß wird eine keramische Druckmesszelle so ausgestaltet, dass sie auch für die o. g. Messungen geeignet ist. Weiterhin hat es sich als sinnvoll erwiesen, die Ergebnisse der Grenzstandsmessung nicht nur zur Nullpunktkorrektur der Druckmessung, sondern auch zur Überprüfung der einwandfreien Funktion der Messzelle, (Zellengesundheit) zu nutzen. Darüber hinaus ist es vorteilhaft, die vorliegenden Messwerte auch anzuzeigen. Das kann unter Umständen sehr hilfreich bei der Identifikation von Leerständen, zur Erkennung von Anhaftungen oder auch bei der Unterscheidung bestimmter Medien sein.

[0017] Beispielsweise bei der Reinigung einer Anlage zur Verarbeitung von flüssigen oder pastösen Lebensmitteln ist die Feststellung von an den Drucksensoren verbliebenen Anhaftungen oder von noch anstehendem Reinigungsmittel durchaus sinnvoll. Nachfolgend wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

[0018] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 4](#) zeigen Ausführungsbeispiele für die erfindungsgemäße Sensorschaltung. Die verschiedenen Ausführungen der keramischen Druckmesszelle sind in den [Fig. 5](#) bis [Fig. 11](#) dargestellt.

[0019] Ein erstes Ausführungsbeispiel wird nachfolgend anhand der [Fig. 1](#) beschrieben: Die Druckmessung erfolgt mit Hilfe der beiden Kondensatoren **15** und **16**. Sie bestehen aus den auf dem Grundkörper **2** befindlichen Elektroden **5** und **6** und der gemeinsamen Gegenelektrode **4** auf der Membran **1**.

[0020] Die Kapazitäten **15** und **16** werden durch den auf die Membran **1** ausgeübten Druck beeinflusst. Die mehr in der Mitte der Membran **1** befindliche Messkapazität **16** wird dabei wegen der stärkeren Durchbiegung der Membran **1** in der Mitte auch mehr vergrößert als die am Rand der Membran **1** befindliche Referenzkapazität **15**.

[0021] Die mit **11** bezeichneten Kondensatoren repräsentieren die parasitären Kapazitäten. Wie der Fachmann leicht sieht, gibt es noch weitere parasitäre Kapazitäten, auf deren Darstellung aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet wurde.

[0022] Das vom Generator **13** erzeugte Rechtecksignal gelangt einerseits direkt zum Druckmesswertaufnehmer **19**, in diesem Fall zum invertierenden Eingang eines Differenzverstärkers, und andererseits über die Ent-

kopplungsschaltung **20** und den Tiefpass **14** zu dem die Zeitkonstante des Integrierers **17** wesentlich bestimmenden Referenzkondensator **15**.

[0023] Das am Ausgang des Integrierers **17** entstehende Dreieckssignal gelangt nun über den Messkondensator **16**, den Tiefpass **14** und die Entkopplungsschaltung **20** zum Differenzierer **18**, wo der Messkondensator **16** als zeitbestimmende Kapazität wirkt. Das hier entstehende Rechtecksignal gelangt an den nichtinvertierenden Eingang des zum Messwertaufnehmer **19** gehörenden Operationsverstärkers.

[0024] Die Schaltung wird in vorteilhafter Weise so dimensioniert, dass bei unbelasteter Membran **1**, und damit im Ausgangszustand befindlicher Messkapazität **16** am Ausgang des Differenzierers **18** wieder das ursprüngliche Rechtecksignal entsteht. In diesem Fall heben sich die Eingangssignale der Auswerteschaltung **19** gegenseitig auf, so dass ein Ausgangssignal von nahezu Null entsteht.

[0025] Der Nullabgleich mit Hilfe der vorhandenen Kapazitäten und Widerstände ist dem Fachmann geläufig, so dass hier nicht näher darauf eingegangen werden muss. Bei belasteter Membran **1** vergrößert sich die Messkapazität **16** gegenüber der Referenzkapazität **15**. Damit vergrößert sich auch die Zeitkonstante des Differenzierers **18** gegenüber der Zeitkonstante des Integrierers **17**. Nun kompensieren sich die Signale an den beiden Eingängen des Messwertaufnehmers **19** nicht mehr vollständig. Das am Ausgang des Messwertaufnehmers **19** entstehende Signal wird zunächst der Sensorelektronik **27** zur Weiterverarbeitung und schließlich dem Mikrocontroller **29** zugeführt. Nach der Analog-Digital-Wandlung und Normierung bzw. Skalierung kann das Ergebnis über die E/A-Einheit **28** einer übergeordneten Steuereinheit zugeführt, und von der Anzeigeeinheit **30** angezeigt werden.

[0026] Das Prinzip der Druckmessung ist ausführlich in den Schriften DE19708330C1 und DE19851506C1 der Anmelderin beschrieben. (vgl. dazu [Fig. 1](#) aus DE19708330C1) Es wird ausdrücklich hingewiesen dass sämtliche in den beiden o. g. Schriften der Anmelderin beschriebenen Ausgestaltungen zur Anwendung kommen können.

[0027] Wegen der geringen Wärmekapazität der Membran und des guten Kontakts des Temperaturmessfühlers **23** mit dem Medium ist neben der Temperaturmessung sogar eine kalorimetrische Strömungsmessung möglich

[0028] Der Temperaturmessfühler **23** ist vorzugsweise ein mehrlagiger PTC-Widerstand, oder auch ein Halbleitersensor wie z. B. in der WO2003100846A2 beschrieben.

[0029] Da die Temperaturmessung bzw. die kalorimetrische Strömungsmessung praktisch mit Gleichstrom erfolgen, können die Messleitungen mit Drosseln **25** entkoppelt werden.

[0030] Zur kalorimetrischen Strömungsmessung wird das Sensorelement, in diesem Fall der Temperaturmessfühler **23**, zyklisch mit einem Heizstrom und während einer anschließenden Abkühlphase mit einem vergleichsweise niedrigen Messstrom beaufschlagt. Gemessen wird die Zeitdauer bis zum Erreichen eines vorgegebenen unteren Temperaturschwellwertes oder die nach Verstreichen einer vorgegebenen Zeit erreichte Temperatur. In vielen Fällen wird mit einem zweiten Sensor die Medientemperatur gemessen. Wenn man das vermeiden möchte, kann man die Strömungsgeschwindigkeit auch unabhängig von der Umgebungstemperatur aus der Differenz aus zwei Messphasen mit unterschiedlichen Heizleistungen bestimmen. Die Wärmeübergangsfunktion erhält man als Quotienten von Heizleistungsdifferenz. Und zugehöriger Temperaturdifferenz. Ein solches Verfahren wird in DE3841637A1 beschrieben und ist nicht Gegenstand der Erfindung.

[0031] Zur Grenzstandsmessung wird vom Hochfrequenzgenerator **21** ein Sinussignal von ca. 150 MHz erzeugt, und nacheinander oder auch gleichzeitig über die Entkopplungsschaltung **20** und die Bandpässe **24** der Referenzelektrode **10** und der Messelektrode **12** zugeführt.

[0032] Das durch ein Ersatzschaltbild aus einer Kapazität, einem Widerstand und einer Induktivität charakterisierte Medium **9** ist kapazitiv mit der auf der Innenseite der Membran **1** befindlichen Grenzstandsmesselektrode **12** gekoppelt. Das Gerätegehäuse dient hierbei als Masseanschluss.

[0033] Die Messfrequenz kann konstant gehalten oder auch über einen Frequenzbereich von beispielsweise 120 bis 170 MHz variiert werden. Der gegen Masse abfließende hochfrequente Wechselstrom wird von den beiden Messwertaufnehmern **22** sowohl für die Messelektrode **12** als auch für die Referenzelektrode **10** als Impedanz oder auch Admittanz gemessen.

[0034] Sie werden von der Sensorelektronik **27** weiterverarbeitet und schließlich vom Mikrocontroller **29** aufgezeichnet. Anhand dieser Messwerte und im Mikrocontroller **29** hinterlegter oder während eines Teach-Vorgangs eingelernter Referenzwerte lassen sich detaillierte Informationen über das an der Grenzstandsmesselektrode **12** anstehende Medium gewinnen.

[0035] Anhand ihres Frequenzgangs können nicht nur bestimmte Medien identifiziert, sondern auch Anhaftungen erkannt, und von einem anstehenden Medium unterschieden werden.

[0036] Einzelheiten zur Grenzstandsmessung findet man in den ebenfalls von der Anmelderin stammenden Schriften DE 10 2007 059 702 A1 und DE 10 2007 059 709 A1. Auch an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass sämtliche in den beiden o. g. Schriften der Anmelderin beschriebenen Ausgestaltungen zur Anwendung kommen können.

[0037] Sämtliche Messungen können nacheinander, aber auch nahezu gleichzeitig erfolgen. Das begrenzende Element ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Mikrocontrollers. Eine Entkopplung erfolgt durch die Tiefpassfilter **14**, die Bandpässe **24** und die Drosseln **25**. Darüber hinaus können die Signalpfade durch die Schalter in der Entkopplungsschaltung **20** unterbrochen, und/oder die Baugruppen von der Stromversorgung getrennt werden.

[0038] Die Entkopplungsschaltung **20** ist als Prinzipdarstellung zu verstehen. Praktisch kann die Entkopplung zusätzlich oder auch ausschließlich durch die Trennung der Baugruppen von der Betriebsspannung erreicht werden. Auch der gleichzeitige Betrieb der beiden Messanordnungen ist bei so weit auseinander liegenden Arbeitsfrequenzbereichen und insbesondere wegen der Tiefpassfilter **14** und der Bandpässe **24** möglich und durchaus sinnvoll.

[0039] Im Mikrocontroller **29** werden die Messergebnisse einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Beispielsweise wird beim Systemdruck Null festgestellt, ob es sich nur um einen Druckabfall, oder einen echten Leerstand handelt.

[0040] Hierbei wird auch überprüft, ob der bei der Grenzstandsmessung über die Messelektrode abfließende hochfrequente Wechselstrom innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt. Insbesondere die durch einem Riss oder gar bei einem Bruch der Membran eindringende Feuchtigkeit könnte zu einer erheblichen Überschreitung führen. Die Temperaturmessung erweist sich ebenfalls als überaus nützlich, weil sie zur Korrektur der übrigen Messwerte, insbesondere der Druckmesswerte verwendet werden kann.

[0041] Der gemessene Systemdruck, die Temperatur oder die Strömungsgeschwindigkeit sowie Zusatzinformationen über die Art des anstehenden Mediums oder Fehlermeldungen können von der Anzeigeeinheit **30** angezeigt, aber auch über das Ein- und Ausgabemodul **28** einer übergeordneten Einheit zugeleitet werden.

[0042] Bei dem in der [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel wurde der Temperatursensor **23** mit der Grenzstandsmesselektrode **12** kombiniert; d. h. der Temperatursensor **23** wird auch mit dem Hochfrequenzsignal zur Grenzstandsmessung beaufschlagt. Auf diese Weise kann der für die Grenzstandsmesselektrode **7** vorgesehene Bereich auf der Membran **1** oder dem Grundkörper **2** doppelt genutzt werden, so dass mehr Fläche für eine möglichst präzise Druckmessung übrig bleibt.

[0043] Auf Grund der getroffenen Entkopplungsmaßnahmen durch die Tiefpassfilter **14** und die Bandpässe **24** können die Messungen vorzugsweise gleichzeitig, insbesondere die Druckmessung ständig, erfolgen. In diesem Fall könnte sogar auf die Entkopplungsschaltung **20** verzichtet werden, oder ihre Schalter ständig geschlossen bleiben. So kann die Ansprechzeit für die Messungen deutlich verkürzt werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, je nach Messaufgabe, insbesondere bei hohen Genauigkeitsanforderungen an die Druckmessung, die Grenzstandsmessung in größeren Zeitabständen oder nur auf Anforderung durch den Bediener oder die übergeordnete Steuereinheit, aber auch nur bei sprunghafter Druckänderung durchzuführen. Der Signalfluss und die Auswertung bzw. Anzeige erfolgt wie bereits oben beschrieben.

[0044] In [Fig. 3](#) wurde gänzlich auf die Temperaturmessung verzichtet. Die sowohl zur Referenzkapazität **15** als auch zur Messkapazität **16** gehörende Gegenelektrode **4** wird parallel oder zeitlich nacheinander mit dem Hochfrequenzsignal beaufschlagt. Damit wird sie auch zur Messimpedanz **12** für den Grenzstand und damit zur Grenzstandsmesselektrode **7**.

[0045] Sie wird also neben ihrer Funktion als Gegenelektrode **4** für die Druckmessung auch noch als Grenz-

standsmesselektrode 7 genutzt.

[0046] Diese Ausführung stellt die absolute Minimalvariante dar. Sie hat den Vorteil, dass eine „herkömmliche“ kapazitive Druckmesszelle verwendet werden kann. Die Signalverarbeitung und Auswertung, sowie die Anzeige erfolgt wie bereits oben beschrieben. Die beiden Messungen werden vom Mikrocontroller gesteuert und ausgewertet, und können, wie bereits oben erwähnt, gleichzeitig oder auch zeitlich versetzt erfolgen.

[0047] [Fig. 4](#) zeigt schließlich noch eine Variante ohne Temperatursensor. Die Druckmessung und die Füllstandsmessung erfolgen mit der selben Messzelle, aber mit separaten Elektroden. Die Messungen können zeitlich versetzt, aber auch nahezu gleichzeitig erfolgen.

[0048] Die bevorzugte Anordnung des Temperatursensors in der Messzelle wird in der [Fig. 5](#) dargestellt. Sie zeigt eine erfindungsgemäße keramische Druckmesszelle in Explosionsdarstellung. Die Membran 1 wird durch die Glaslotschicht 3 in einem bestimmten Abstand zum Grundkörper 2 gehalten. Auf seiner der Membran zugewandten Seite weist der Grundkörper 2 eine Vertiefung 2a auf, um die in der Mitte der Membran befindliche Temperaturmesselektrode 8 aufzunehmen, die in diesem Fall aus dem mehrlagigen Temperatursensor 23 besteht. Weiterhin sind die ebenfalls auf dem Grundkörper angeordnete von außen kontaktierbare Referenzelektrode 5 und die Messelektrode 6 dargestellt. Diese bilden mit der auf der Membran befindlichen ebenfalls von außen kontaktierbaren Gegenelektrode 4 die Referenzkapazität 15 und die Messkapazität 16 für die kapazitive Druckmessung.

[0049] Eine separate Grenzstandsmesselektrode 7 ist nicht dargestellt. Diese kann den ausgesparten Sektor in der ringförmigen Referenzelektrode 5 einnehmen. Eine dem entsprechende Auswerteschaltung ist in der [Fig. 1](#) dargestellt.

[0050] Bei Verzicht auf die Grenzstandsmesselektrode 7 kann die Referenzelektrode 5 sinnvoller Weise im Interesse der Messgenauigkeit der Druckmessung zu einem nahezu geschlossenen Ring zu ergänzt werden. Die Figuren sind nicht maßstabsgerecht, sondern als Prinzipdarstellungen zu verstehen.

[0051] Die kapazitive Grenzstandsmessung kann auch ohne separate Messelektrode 7 durch Beaufschlagung der Gegenelektrode 4 oder der Temperaturmesselektrode 8 mit dem Hochfrequenzsignal erfolgen. In diesen Fällen darf sich zwischen der Hochfrequenzelektrode und dem Medium keine geerdete Metallschicht befinden. Eine zugehörige Sensorschaltung findet man in der [Fig. 2](#).

[0052] [Fig. 6](#) zeigt eine von der Fläche der auf der Innenseite der Membran befindlichen Gegenelektrode 4 abgezwigte separate Grenzstandsmesselektrode 7. Die Gegenelektrode 4 wurde um eine Abschirmflaschen 4a zur Abschirmung der Druckmeselektrode 6 und 4b zur Abschirmung der Referenzelektrode 5 erweitert. Die Referenzelektrode 5 wurde auch hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht komplett als fast geschlossener nur durch die Zuleitung zur Druckmeselektrode 6 unterbrochener Ring dargestellt. Die Anordnung der Grenzstandsmesselektrode 7 Auf der Innenseite der Membran ergibt wegen deren hohen Dielektrizitätskonstanten eine gute kapazitive Kopplung mit dem Druckmedium.

[0053] In [Fig. 7](#) wurde der aus [Fig. 6](#) bekannte Aufbau um einen zusätzlichen ebenfalls in der Ebene der Gegenelektrode 4, also auf der Innenseite der Membran, befindlichen Temperaturmessbereich 8 erweitert. Dieser kann in bekannter Weise aus einer NTC-PTC- oder Platin-Widerstandsbahn bestehen. Die Anordnung auf der Membran erlaubt wegen deren guten thermischen Kopplung mit dem Medium die schnelle Erfassung der Medientemperatur. In einer speziellen Ausgestaltung können die Grenzstandsmesselektrode 7 und die Temperaturmeselektrode 8 zu einer flächigen Elektrode zusammengefasst werden. (vgl. [Fig. 6](#))

[0054] [Fig. 8](#) zeigt eine keramische Druckmesszelle mit einer separaten Grenzstandsmesselektrode 7. Diese befindet sich auf dem Grundkörper in der Ebene der Druckmeselektrode 6 und der Referenzelektrode 5.

[0055] Die Leitungsführung, insbesondere für die der Hochfrequenz, wird dadurch einfacher. Die auf der Membran befindliche Gegenelektrode 4 ist in dem Sektor gegenüber der Grenzstandsmesselektrode 7 zur Verbesserung der Abstrahlung ausgespart. Auch hier könnte die Referenzelektrode 5 zu einem fast geschlossenen Ring ergänzt werden. In diesem Fall ist die Grenzstandsmesselektrode 7 und die Aussparung in der Gegenelektrode 4 in Richtung der Kontaktstelle für die Druckmeselektrode 6 zu verschieben.

[0056] [Fig. 9](#) zeigt die Grenzstandsmesselektrode 7 in der Ebene der Druckmeselektrode 6 und der Referenzelektrode 5, also auf dem Grundkörper 2. Von den auf der Membran 1 befindlichen Abschirmflaschen 4a

für die Druckmesselektrode **6** und **4b** für die Referenzelektrode **5** wurde nur **4a** dargestellt. Die Gegenelektrode **4** ist auch hier zur Verbesserung der Abstrahlung der Grenzstandsmesselektrode **7** ausgespart. Bei Verzicht auf diese Aussparung wäre die Gegenelektrode **4** während der Grenzstandsmessung von Masse zu trennen, d. h. für einen hinreichenden Übergangswiderstand zum Massepotential zu sorgen.

[0057] In [Fig. 10](#) wurde die Anordnung aus [Fig. 9](#) um die Temperaturmesselektrode **8** ergänzt. Ansonsten gelten die obigen Ausführungen.

[0058] In [Fig. 11](#) wird eine Ausgestaltung mit einer als kalorimetrischer Strömungssensor mit zwei Temperaturmesselektroden **8** ausgestalteten Messzelle gezeigt. Die beiden Temperaturmesselektroden **8** befinden sich auf dem Grundkörper in der Ebene der Referenzelektrode **5**. Eine davon wird, wie bereits oben ausgeführt, abwechselnd mit einem Heizstrom und einem deutlich geringeren Messstrom beaufschlagt, während die andere in bekannter Weise zur Messung der Medientemperatur dient.

[0059] Selbstverständlich kann auch eine am Rand angeordnete Temperaturmesselektrode mit der in [Fig. 5](#) gezeigten Anordnung zu einem kalorimetrischen Strömungssensor kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

1	Membran,
2	Grundkörper,
2a	Aussparung im Grundkörper
3	Glaslot
3	Gegenelektrode Druckmessung,
4a, 4b	Abschirmflaschen für Messelektroden
5	Referenzelektrode Druck
6	Druckmesselektrode
7	Grenzstandsmesselektrode
8	Temperaturmesselektrode (Temperaturmessbereich)
9	Ersatzschaltung für das Medium (RLC)
10	Referenzimpedanz Grenzstand
11	Parasitäre Kapazitäten
12	Messimpedanz Grenzstand, (Sendeelektrode)
13	Rechteckgenerator (Druckmessung)
14	Tiefpass (Druckmessung)
15	Referenzkapazität (Druckmessung)
16	Messkapazität (Druckmessung)
17	Integrierer (Druckmessung)
18	Differenzierer (Druckmessung)
19	Messwertaufnehmer Druck
20	Entkopplungsschaltung
21	Hochfrequenzgenerator Grenzstandsmessung
22	Messwertaufnehmer Grenzstand
23	Temperatursensor, PTC-Widerstand
24	Bandpass für Hochfrequenz
25	Drossel(n)
26	Steuereinheit
27	Sensorelektronik
28	Ein/Ausgabe-Einheit
29	Mikrocontroller
30	Anzeigeeinheit

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

- DE 102007016792 A1 [0002]
- DE 4011901 A1 [0003]
- DE 4104056 C1 [0005]
- DE 19648048 C2 [0006]
- DE 19708330 C1 [0026, 0026]
- DE 19851506 C1 [0026]
- WO 2003100846 A2 [0028]
- DE 3841637 A1 [0030]
- DE 102007059702 A1 [0036]
- DE 102007059709 A1 [0036]

Patentansprüche

1. Kapazitiven Drucksensor als Kombinationssensor zur Erfassung einer weiteren Messgröße mit einer im Wesentlichen aus einer Membran (1) und einem Grundkörper (2) bestehenden, sowie Messelektroden (4, 5, 6, 7, 8) in Form von leitfähigen Oberflächenbereichen aufweisenden keramischen Druckmesszelle, gekennzeichnet dadurch dass sämtliche Messelektroden im Hohlraum zwischen der Membran (1) und dem Grundkörper (2) angeordnet sind, die Messung der verschiedenen Größen in unterschiedlichen Frequenzbereichen erfolgt und der überwiegende Teil der Membranfläche allein für die Druckmessung genutzt wird.
2. Kapazitiver keramischer Drucksensor nach Anspruch 1, wobei neben der Druckmessung eine Temperaturmessung erfolgt.
3. Kapazitiver keramischer Drucksensor nach Anspruch 1, wobei neben der Druckmessung eine kalorimetrische Strömungs- oder Grenzstandsmessung erfolgt.
4. Kapazitiver keramischer Drucksensor nach Anspruch 1, wobei neben der Druckmessung eine kapazitive Grenzstandsmessung für das Druckmedium erfolgt.
5. Kapazitiver keramischer Drucksensor nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Temperaturmeselektrode (8) wesentlich dicker ist als die übrigen Messelektroden und der Grundkörper (2) eine Aussparung (2a) aufweist, die der Temperaturmeselektrode (8) gegenüber liegt.
6. Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1 mit zur Druckmessung bzw. zur kapazitiven Grenzstandsmessung geeigneten Messelektroden (4, 5, 6, 7), wobei die Druckmeselektroden (4, 5, 6) mit einem Niederfrequenzsignal und die Grenzstandsmeselektrode (7) mit einem Hochfrequenzsignal beaufschlagt werden und eine Grenzstandsmessung anhand der Impedanz oder der Admittanz des Druckmediums erfolgt.
7. Kapazitiver Drucksensor nach Anspruch 1 mit zur Druckmessung bzw. zur kapazitiven Grenzstandsmessung geeigneten Messelektroden (4, 5, 6), die zumindest zeitweise mit einem Niederfrequenzsignal und eine davon auch mit einem Hochfrequenzsignal beaufschlagt werden wobei eine Grenzstandsmessung anhand der Impedanz oder der Admittanz des Druckmediums erfolgt.
8. Kapazitiver Drucksensor nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei die zur kapazitiven Grenzstandsmessung verwendete Elektrode (7) zusätzlich auch als Temperatursensor (23) ausgebildet ist.
9. Keramische Druckmesszelle für einen kapazitiven Drucksensor nach Anspruch 4, wobei der Grundkörper (2) eine Elektrode (7) zur kapazitiven Grenzstandsmessung aufweist und die Membran (1) an der entsprechenden Stelle (1a) nicht metallisiert ist.
10. Keramische Druckmesszelle für einen kapazitiven Drucksensor entsprechend den Ansprüchen 4 bis 9 wobei die Gegenelektrode (4) auf der Membran (1) angeordnet ist, und Abschirmflaschen (4a und 4b) für die zur Messelektrode (6) und zur Referenzelektrode (5) führenden Zuleitungen aufweist.
11. Verfahren zum Betrieb eines keramischen Drucksensors nach einen der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei Messgrößen im Wesentlichen gleichzeitig erfasst werden.
12. Verfahren zum Betrieb eines keramischen Drucksensors nach einen der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei unterschiedlichen Messgrößen zur Anzeige gebracht, bzw. an eine übergeordneten Steuereinheit weitergegeben werden.
13. Verfahren zum Betrieb eines kapazitiven Drucksensors nach einen der vorhergehenden Ansprüche, wobei die verschiedenen Messgrößen für eine Plausibilitätsprüfung verwendet werden.
14. Verfahren zum Betrieb eines kapazitiven Drucksensors, wobei überprüft wird, ob der über die Messimpedanz (12), d. h. über die Grenzstandsmeselektrode (7) bzw. (4) fließende hochfrequente Wechselstrom in einem vorgegebenen Intervall liegt, und bei Überschreiten eines Grenzwerts die Fehlermeldung "Messzelle möglicherweise undicht" oder eine ähnliche Meldung ausgegeben wird.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

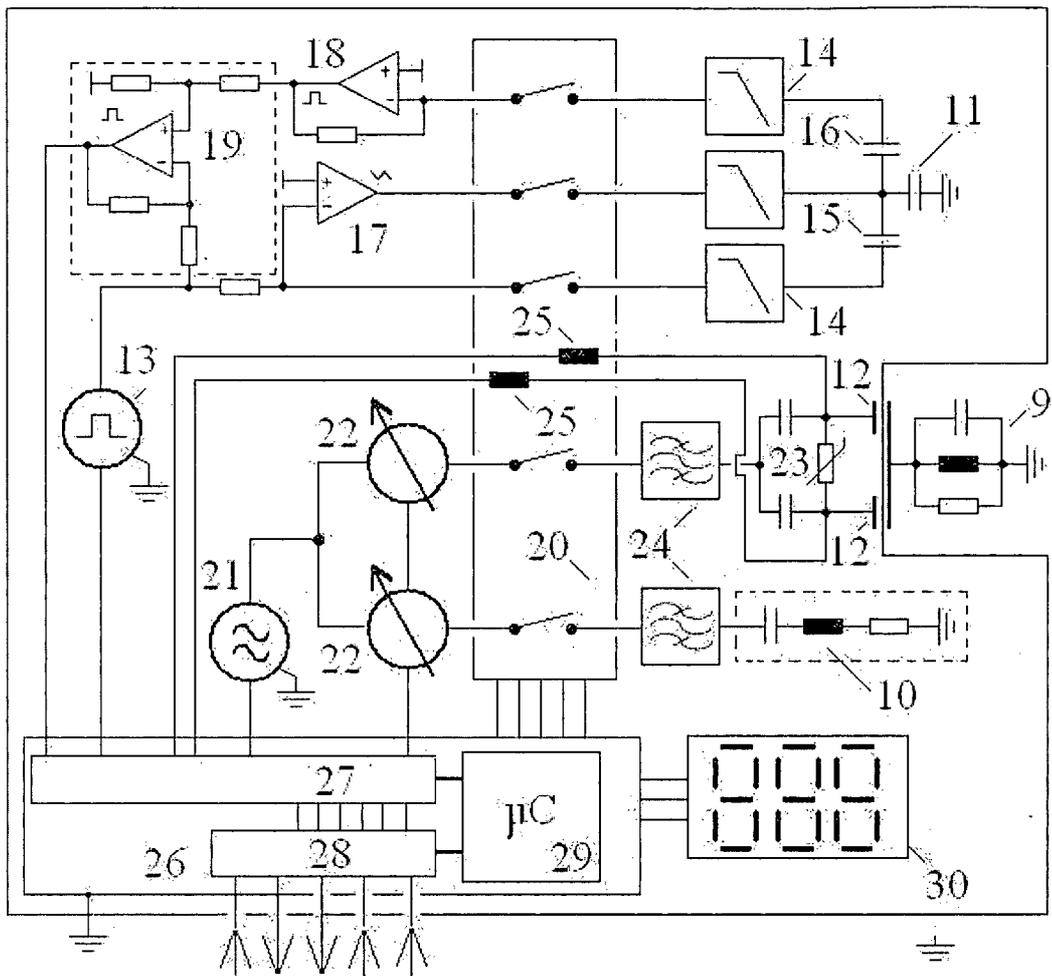


Fig.2

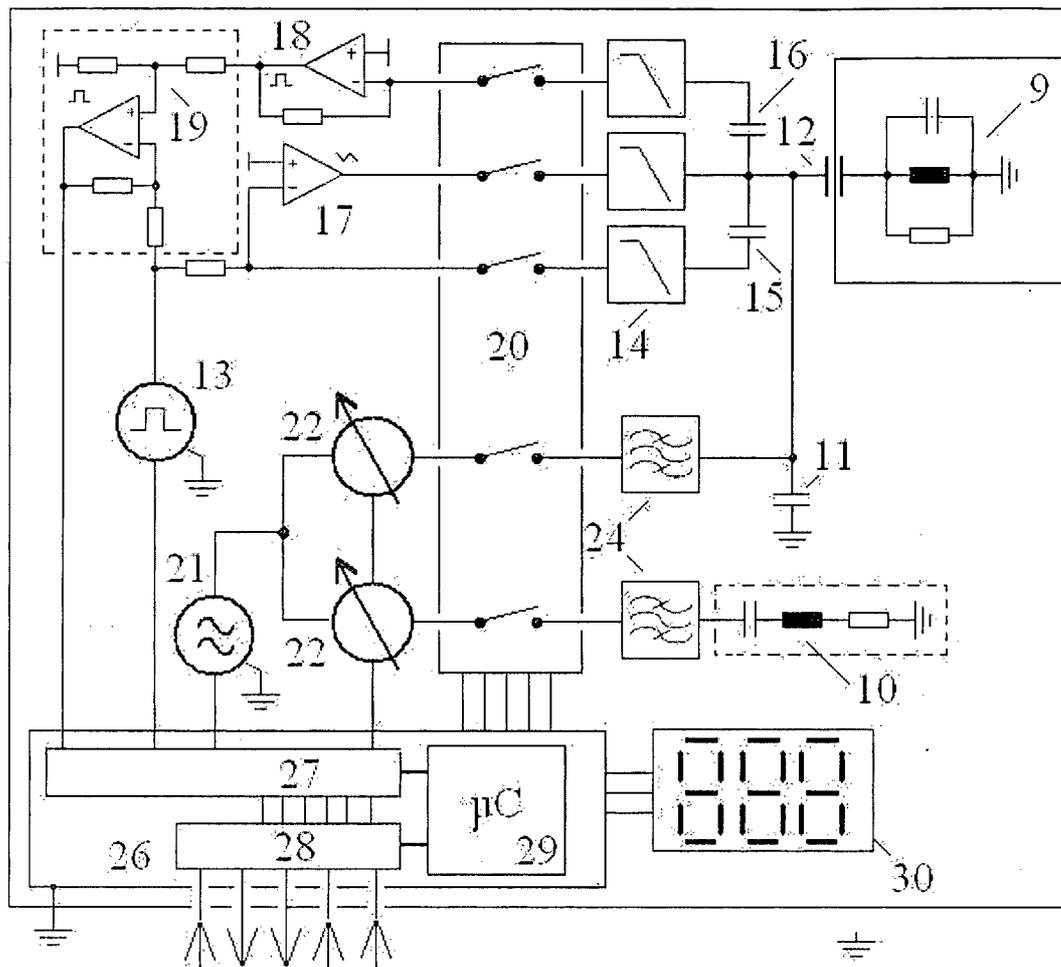


Fig.3

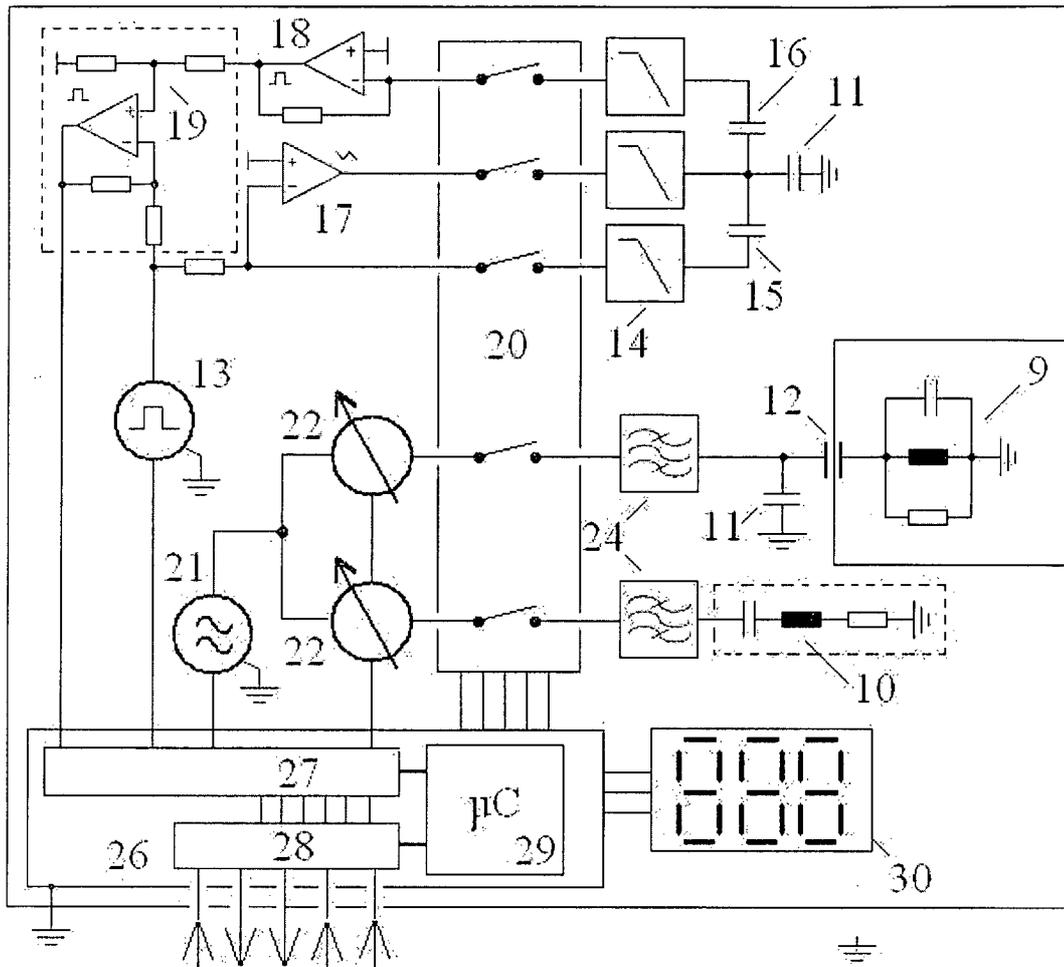


Fig.4

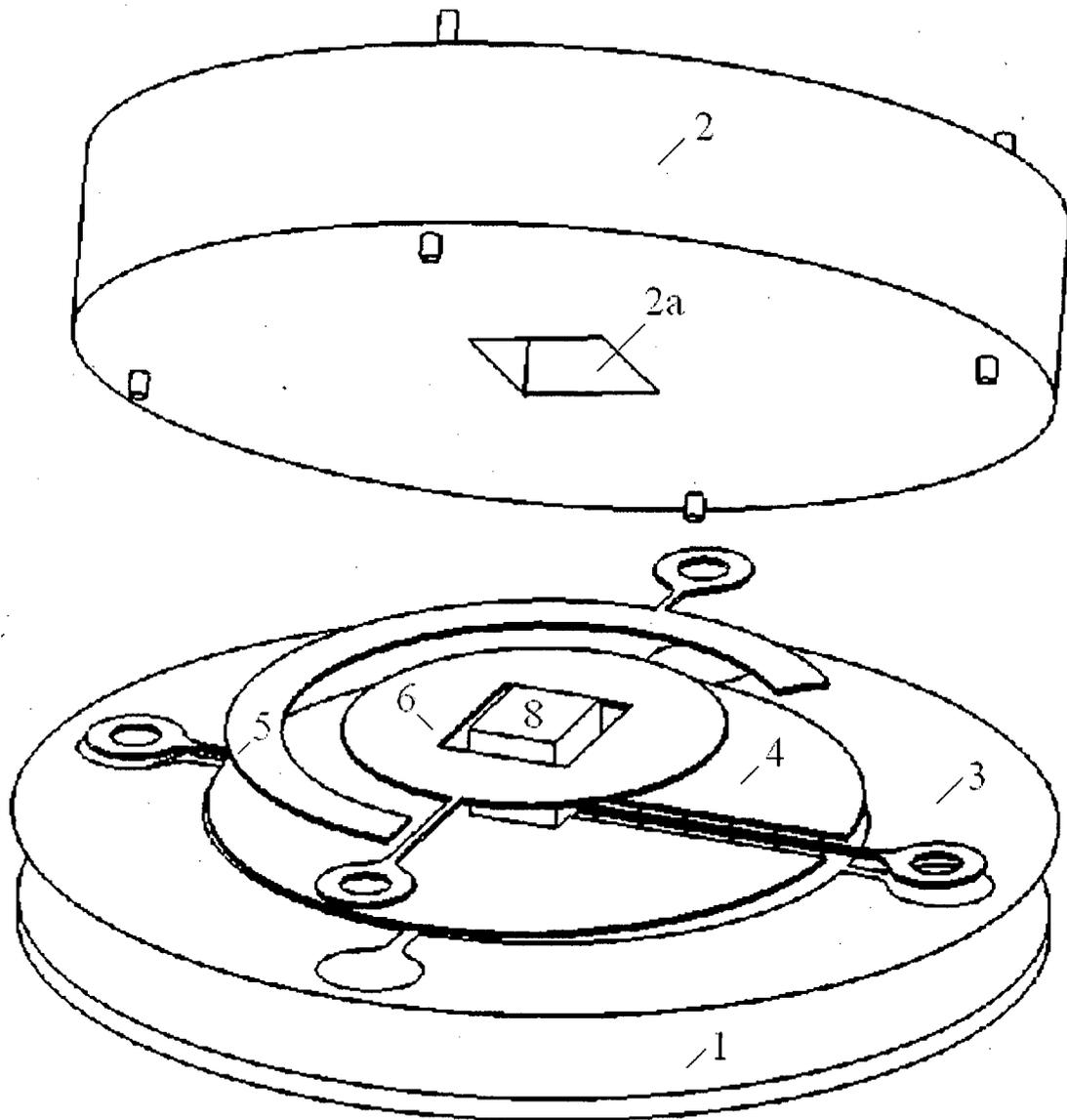


Fig.5

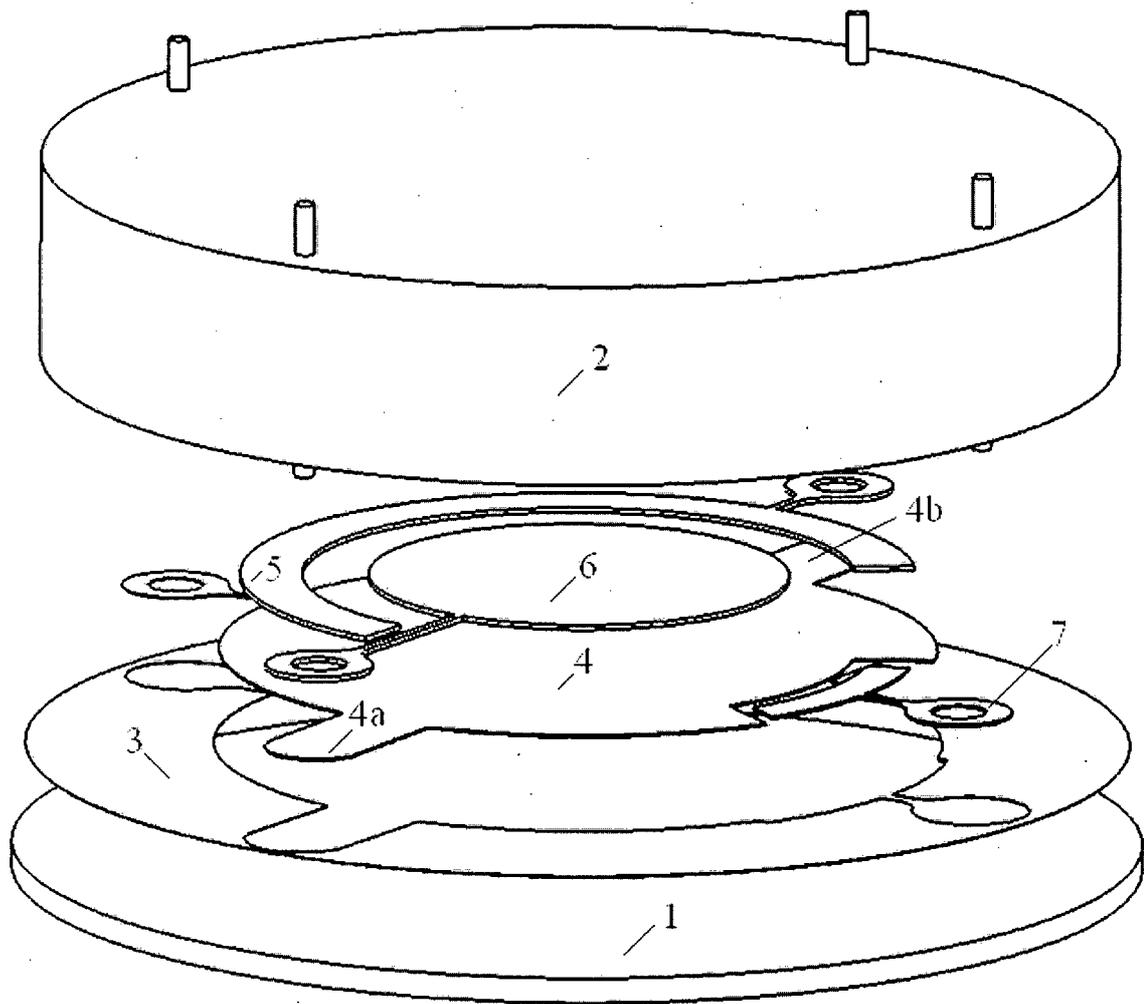
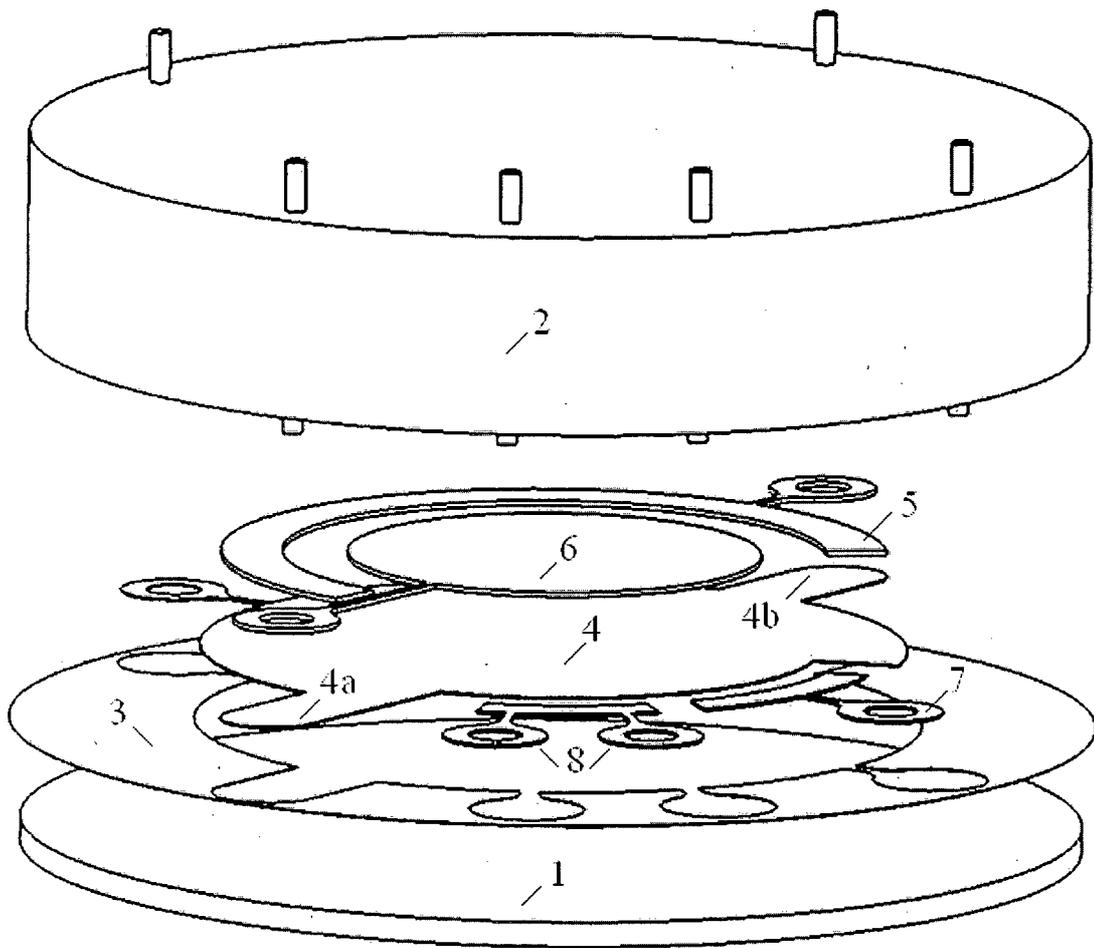


Fig.6



Fg.7

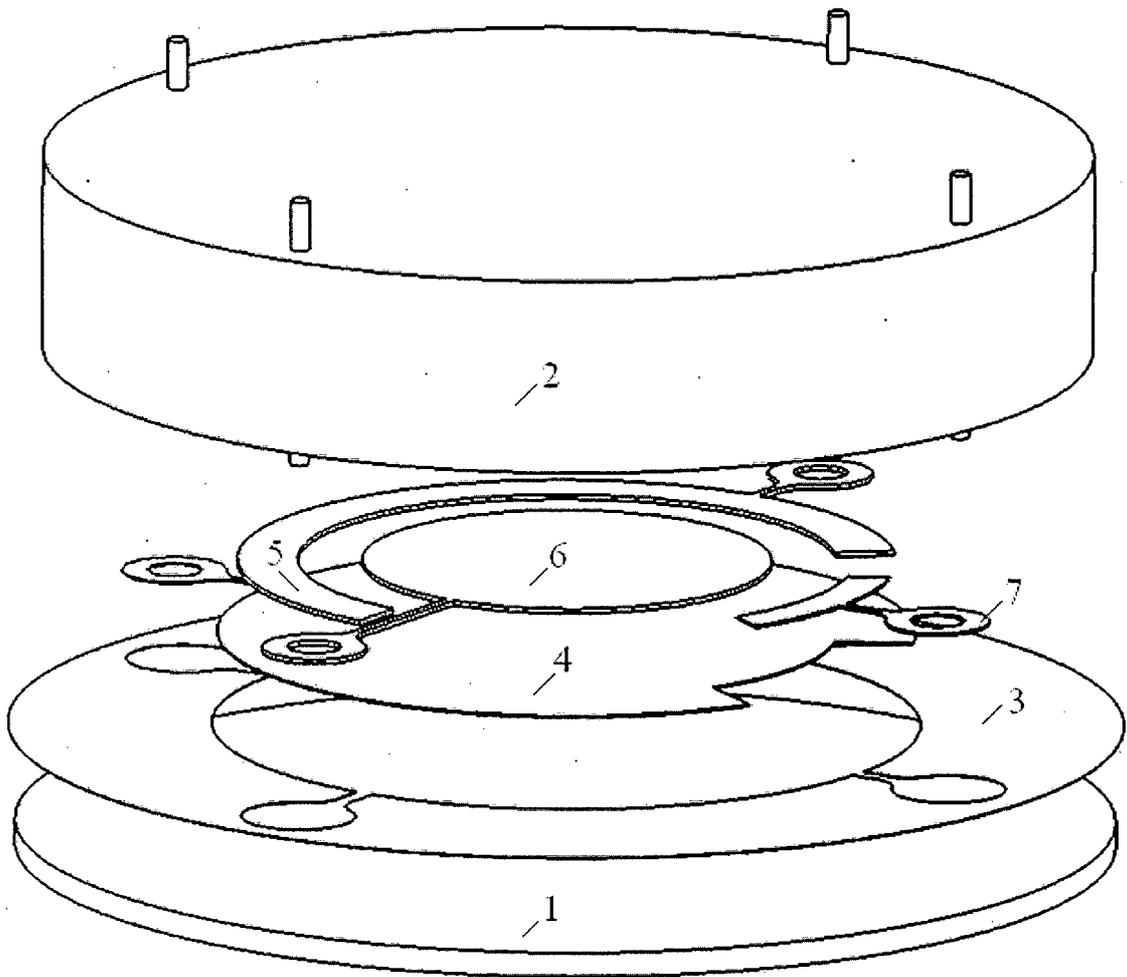


Fig.8

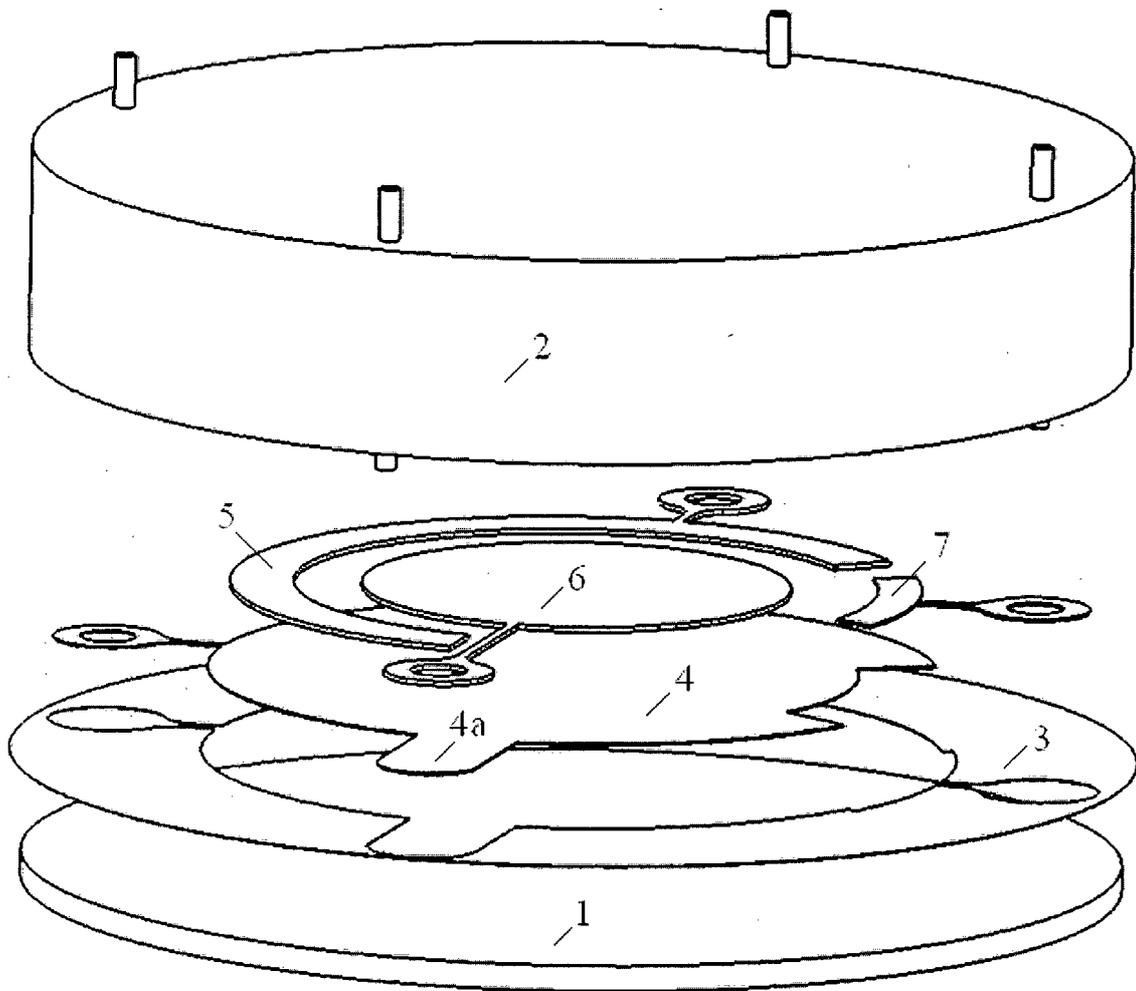


Fig.9

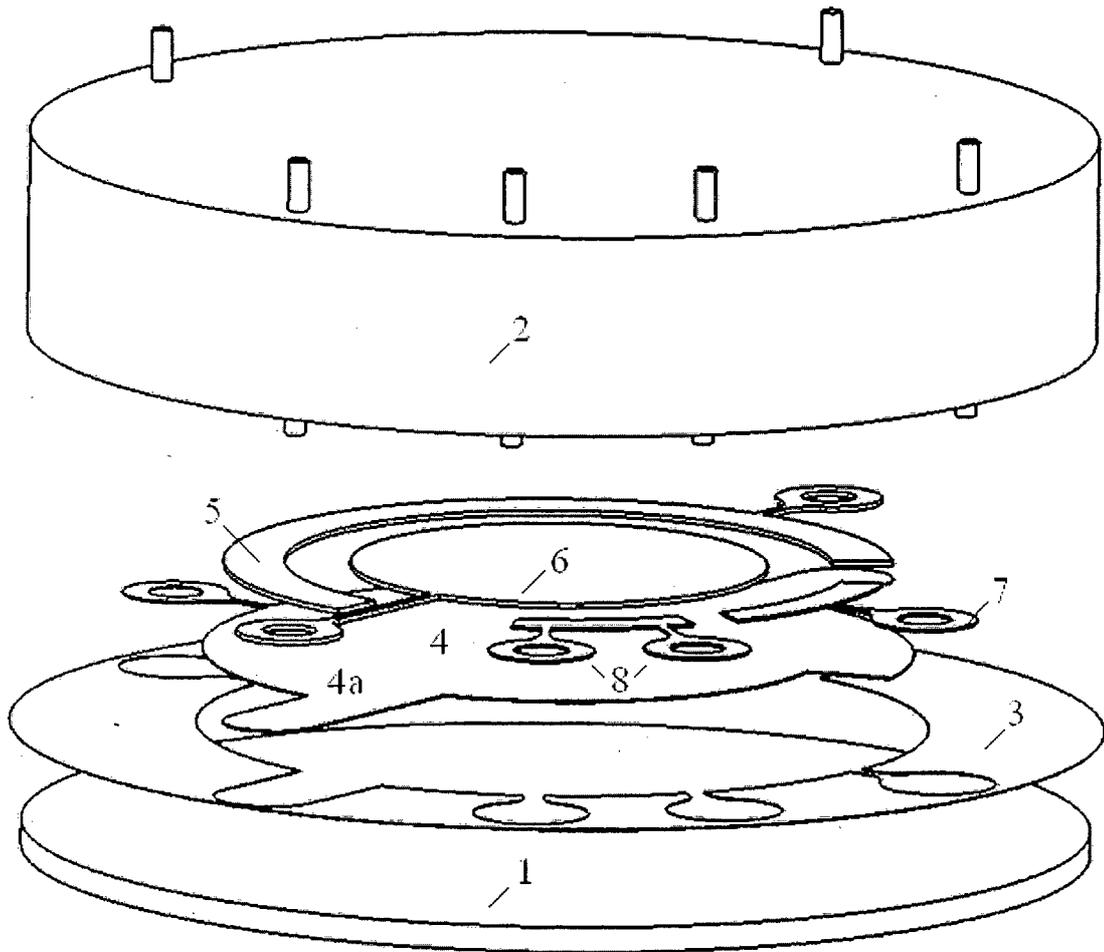


Fig.10

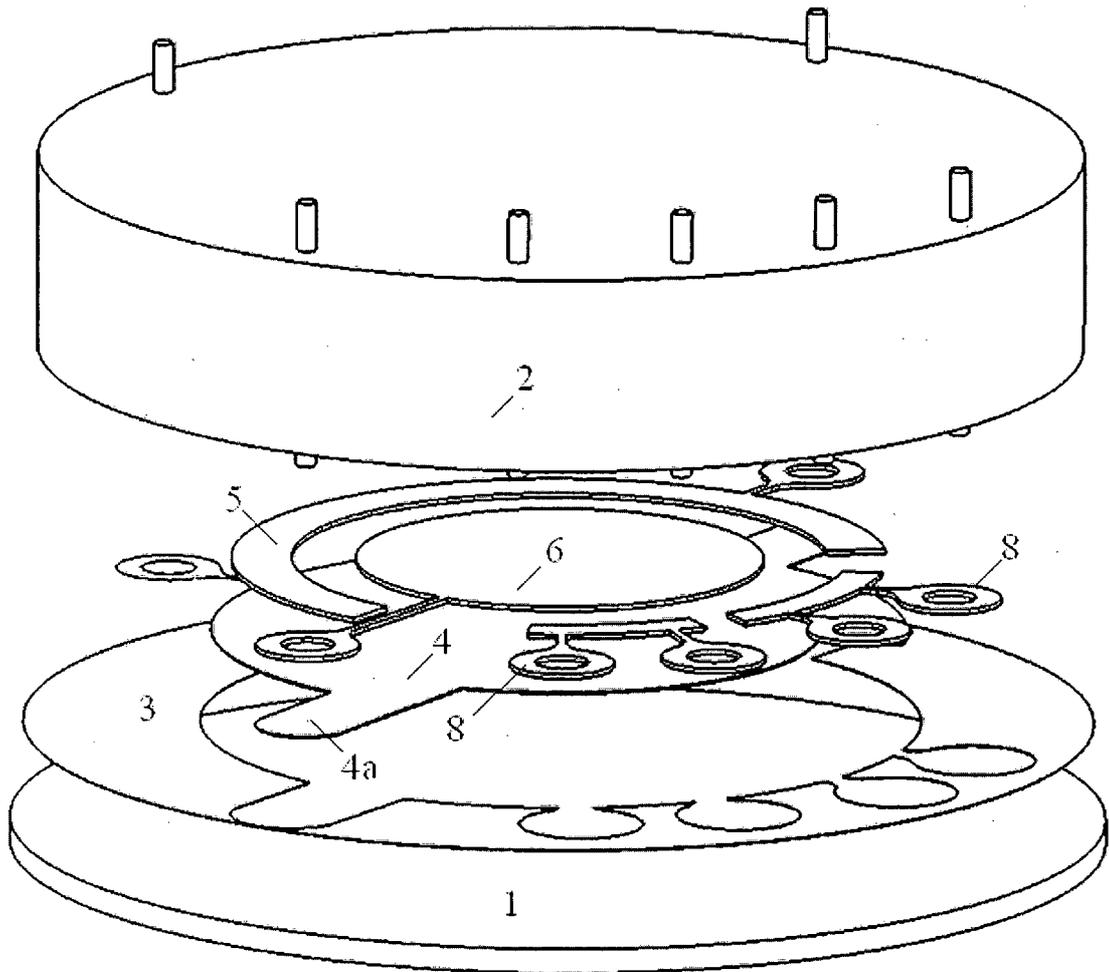


Fig.11