



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 07 884 T2 2004.12.16**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 214 573 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G01L 19/06**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 07 884.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US00/24862**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 961 773.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/18516**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.09.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **15.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **19.06.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **21.01.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.12.2004**

(30) Unionspriorität:
394804 10.09.1999 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, GB

(73) Patentinhaber:
MKS Instruments Inc., Andover, Mass., US

(72) Erfinder:
**POULIN, James, Derry, US; HINKLE, Luke D.,
Townsend, US; GRUDZIEN, Chris P., Lowell, US**

(74) Vertreter:
Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

(54) Bezeichnung: **STAUSCHEIBE FÜR EINEN KAPAZITIVEN DRUCKSENSOR**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen kapazitiven Drucksensor, der Änderungen in der Kapazität zwischen einer Membran und einer Elektrode erfaßt.

[0002] Kapazitive Drucksensoren werden in vielen Anwendungsfällen verwendet, einschließlich Klimaanlagen-Steuersystemen und der Halbleiterherstellung. Ein solcher Drucksensor weist ein Gehäuse, einen Eingang im Gehäuse für die Aufnahme eines Fluids (Gas oder Flüssigkeit), dessen Druck zu erfassen ist, eine leitende flexible Membran und eine Elektrode in unmittelbarer Nähe der Membran auf. Die Membran und die Elektrode weisen eine Kapazität auf. Der Sensor erfaßt Änderungen in der Kapazität, wenn sich die Membran in Reaktion auf den Druck vom Fluid relativ zu der Elektrode bewegt.

[0003] Es kann von Vorteil sein, zwischen dem Einlaß für das Fluid, dessen Druck zu erfassen ist, und der flexiblen Membran eine Trennwand anzuordnen. Die Trennwand kann verhindern, daß Verunreinigungen die Membran kontaminieren. Das US-Patent Nr. 5 811 685 beschreibt eine solche Trennwand und auch einige bekannte Trennwandkonstruktionen. Das Patent beschreibt auch die Gründe für und den Nutzen von einer Trennwand in solch einem Sensor. Das US-Patent Nr. 4 920 805 beschreibt einen Drucksensor mit einer Trennwand, die eine Membran davor schützt, direkt dem einwärts gerichteten Fluß des Meßfluids ausgesetzt zu sein.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein kapazitiver Drucksensor geschaffen mit einem Gehäuse mit einem Einlaß zur Aufnahme eines Fluids; einer Membran, die sich in Abhängigkeit vom Druck des Fluids wölbt; einer im Abstand von der Membran angeordneten Elektrode, wodurch eine sich in Abhängigkeit von der Bewegung der Membran ändernde Kapazität definiert wird; und mit einer zwischen Einlaß und Membran angeordneten Trennwand, die so geformt ist, daß eine oder mehrere Öffnungen festgelegt werden, die die Moleküle durchlaufen, bevor sie die Membran erreichen, wobei der Drucksensor dadurch gekennzeichnet ist, daß die Trennwand so angeordnet und geformt ist, daß die Moleküle vom Einlaß entlang eines Weges zwischen dem Gehäuse und der Trennwand zu den Öffnungen strömen müssen, bevor sie die Membran erreichen können, wobei das Verhältnis der Weglänge zu einem in einer zur Membran senkrechten Richtung verlaufendem Abstand mindestens 10 beträgt.

[0005] Gemäß einem anderen Aspekt der vorlie-

genden Erfindung wird ein kapazitiver Drucksensor geschaffen mit einem Gehäuse mit einem Einlaß zur Aufnahme eines Fluids; einer Membran, die sich in Abhängigkeit vom Druck des Fluids wölbt; einer im Abstand von der Membran angeordneten Elektrode, die eine sich in Abhängigkeit von der Bewegung der Membran ändernde Kapazität definiert; und mit einer zwischen Einlaß und Membran angeordneten Trennwand, die so geformt ist, daß eine oder mehrere Öffnungen festgelegt werden, die die Moleküle durchlaufen, bevor sie die Membran erreichen, wobei der Drucksensor dadurch gekennzeichnet ist, daß die Trennwand so angeordnet und geformt ist, daß die Moleküle vom Einlaß entlang eines Weges zwischen dem Gehäuse und der Trennwand zu den Öffnungen strömen müssen, bevor sie die Membran erreichen können, wobei die Geometrie des Weges eine molekulare Strömung mit Drücken unter 100 mT bewirkt.

[0006] Die Trennwand ist vorzugsweise nahe an der Membran angeordnet, so daß sich dazwischen nur ein kleines Volumen befindet und der Sensor schnell auf Änderungen im Gasdruck reagiert.

[0007] Das durch die Trennwand hervorgerufene größere Weglängenverhältnis erhöht die Wahrscheinlichkeit, daß Moleküle an der Oberfläche der Trennwand oder dem Gehäuse hängenbleiben, bevor sie den flexiblen Bereich der Membran erreichen, wodurch die Membran vor Ablagerungen geschützt wird. Das kleine Volumen zwischen der Trennwand und der Membran verringert die Reaktionszeit nicht, ganz im Gegensatz zu einem großen Volumen. Andere Merkmale gehen aus der folgenden detaillierten Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung hervor.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0008] Fig. 1 ist eine Schnittansicht einer Hälfte eines Sensors gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0009] Fig. 2 ist eine Aufsicht auf die Teilchenfalle.

[0010] Fig. 3 ist eine Aufsicht auf die Trennwand gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Genaue Beschreibung

[0011] Die Fig. 1 zeigt eine Schnittansicht einer symmetrischen Hälfte eines Teils eines Sensors **10**. Der Sensor **10** umfaßt ein Gehäuseelement **12** mit einem Einlaß **14** für die Aufnahme eines Fluids, das zu erfassen ist. Zwischen dem Gehäuseelement **12** und einem weiteren Gehäuseelement **18** ist eine Membran **16** eingeschweißt. Von der Membran **16** und dem Gehäuseelement **18** wird eine Kammer **20** umschlossen, die einen gewünschten Druck aufweist, z.B. den

Druck Null. In unmittelbarer Nähe der Membran **16** befindet sich eine Elektrode **22**, die von einem Zapfen **24** gehalten wird. Die Elektrode ist hier zwar als ein einziges leitendes Teil gezeigt, sie kann jedoch auch aus einer oder mehreren leitenden Schichten bestehen, die auf einer dielektrischen (keramischen) Scheibe ausgebildet sind. Die Membran und die Elektrode weisen eine bestimmte Kapazität dazwischen auf. Die Membran **16** biegt sich in Reaktion auf eine Änderung im Druck im Fluid am Einlaß **14**, wodurch sich die Kapazität zwischen der Membran und der Elektrode ändert.

[0012] Im Weg zwischen dem Einlaß und der Membran befindet sich ein Trapsystem **28** und zwischen dem Trapsystem **28** und der Membran **16** eine Trennwand **30**. Der Aufbau des Trapsystems **28** ist genauer in der US-A-5 811 685 beschrieben. Wie auch in der **Fig. 2** zu sehen, weist das Trapsystem **28** einen Mittenbereich **34** mit einem Durchmesser auf, der größer ist als der des Einlasses **14**, um so den direkten Weg vom Einlaß zur Membran zu blockieren. Um den Mittenbereich **34** herum ist eine Anzahl von Umfangsöffnungen **36** vorgesehen. Diese Öffnungen sind als eine Reihe von Sektoren ausgebildet, die in gleichmäßigen Abständen in Umfangsrichtung um das Trapsystem und radial an verschiedenen Durchmessern ausgebildet sind.

[0013] Wie in der **Fig. 1** zu sehen, laufen die Teilchen vom Einlaß **14** durch einen ringförmigen Bereich **38** zwischen dem Gehäuseelement **12** und dem Trapsystem **28** und dann durch die Öffnungen **36** (so lange die Teilchen nicht zu klein sind, um durch den ringförmigen Bereich oder die Öffnungen zu passen). Der ringförmige Bereich **38** und die Öffnungen **36** sind so bemessen, daß relativ große Teilchen (z.B. 250 Mikrometer und größer) am Passieren gehindert werden.

[0014] Wie in der **Fig. 3** gezeigt ist die Trennwand **30** im wesentlichen eine kreisförmige Metallplatte mit einer Anzahl von gleichmäßig beabstandeten Vorsprüngen **40** am Umfang. Diese Vorsprünge legen im wesentlichen eine Anzahl von Ringsektoren **42** fest, deren Breite in Radialrichtung zwischen der Trennwand **30** und dem Gehäuseelement **12** gleich der Länge der Vorsprünge ist. Der Aufbau der Trennwand und ihre Position relativ zum Gehäuse legen daher Öffnungen in der Form von Ringsektoren fest, durch die das Fluid hindurchtreten kann.

[0015] Die Trennwand **30** ist in unmittelbarer Nähe des Gehäuseelements **12** angeordnet, um einen radialen Weg **44** für das Gas festzulegen, das verunreinigende Komponenten enthalten kann, damit das Gas von den Öffnungen **36** zu den Ringsektoren **42** und dann zur Membran **16** strömt. Das Längenverhältnis dieses radialen Weges ist als das Verhältnis der radialen Länge l des Weges von den Öffnungen

36 zu den Ringsektoren **42** zum Abstand d zwischen der Trennwand **30** und dem Gehäuseelement **12** definiert. Das Längenverhältnis ist erfindungsgemäß größer als 10 und vorzugsweise größer als 50. Die Länge ist vorzugsweise mindestens 1 cm und liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 1 bis 4 cm; der Abstand ist vorzugsweise nicht größer als 0,1 cm und liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 0,025 bis 0,1 cm.

[0016] Ein verunreinigendes Molekül, das einen Weg mit einem solch großen Längenverhältnis zurücklegt, stößt wahrscheinlich einige hundert Male mit den Oberflächen der Trennwand **30** und des Gehäuseelements **12** zusammen, während es den Weg entlangläuft. Die Wahrscheinlichkeit für ein solches Molekül, auf der Oberfläche der Trennwand **30** oder des Gehäuseelements **12** abgeschieden zu werden, ist eine Funktion der Anzahl dieser Zusammenstöße und eines Haftkoeffizienten. Mit zunehmender Anzahl von Zusammenstößen steigt die Wahrscheinlichkeit, daß sich das Molekül anlagert, dramatisch an. Wenn die Anzahl von Kollisionen größer ist als 100, ergibt auch ein kleiner Haftkoeffizient eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Anlagerung an der Trennwand und den Gehäuseoberflächen, wodurch die Membran vor der sich ablagernden Art geschützt wird. Der Weg ist daher so vorgesehen, daß sich eine große Wahrscheinlichkeit für das Abscheiden der Verunreinigungen ergibt.

[0017] Der Weg erzeugt unter normalen Vakuumbedingungen, d.h. kleiner als 13,3 Pa (100 mT), eine molekulare Strömung. Eine solche molekulare Strömung verursacht eine Vielzahl von Kollisionen mit den Oberflächen für Moleküle, die den Abstand überqueren, im Gegensatz zu einer laminaren Strömung, die von einer Strömungs-Grenzschicht umgeben ist, die die Strömung in der Mitte isoliert. Eine molekulare Strömung ist im Gegensatz zu einer laminaren Strömung eine Strömung, in der die mittlere freie Weglänge eines Moleküls viel größer ist als die Abmessung des Weges (hier der Abstand), d.h. daß ein Molekül öfter mit den Wänden eines Weges zusammenstößt als mit anderen Molekülen.

[0018] Wenn das Volumen zwischen der Trennwand und der Membran groß ist, nimmt die Reaktionszeit der Membran wegen der sich dann ergebenden pneumatischen Zeitkonstanten ab, wobei die pneumatische Zeitkonstante als V/C definiert ist, wobei V das Volumen hinter einem Weg mit der Konduktanz C ist. Bei der vorliegenden Erfindung ist jedoch das Volumen zwischen der Trennwand und der Membran klein, so daß die Reaktion schnell erfolgt, auch wenn der schmale Abstand wegen der Einschränkung der Strömung eine kleinere Konduktanz zur Folge hat. Der Abstand g zwischen der Trennwand **30** und der Membran **16** liegt vorzugsweise im Bereich von etwa 0,025 bis 0,1 cm, und das innere Volumen

50 zwischen der Trennwand **30** und der Membran **16** ist vorzugsweise kleiner als 0,1 Kubikzoll ($1,6 \text{ cm}^3$) und besser noch kleiner als 0,05 Kubikzoll ($0,8 \text{ cm}^3$).

[0019] Das Trapsystem **28** besteht vorzugsweise aus einem korrosionsfesten, nicht kontaminierenden Material wie Edelstahl oder einer Legierung wie Inconel. Die Trennwand **30** ist ebenfalls vorzugsweise aus Metall.

[0020] Die Trennwand der vorliegenden Erfindung sorgt somit für einen vorteilhaft langen Weg, der molekulare Kollisionen und ein Anhaften vor dem Erreichen der Membran ermöglicht, während gleichzeitig das Volumen zwischen der Trennwand und der Membran vorteilhaft klein bleibt.

[0021] Nach dieser Beschreibung von vorteilhaften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollte klar sein, daß Modifikationen möglich sind, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, wie er durch die folgenden Patentansprüche festgelegt wird. Zum Beispiel kann das Trennwandsystem auch bei einem Sensor vom Differentialkondensatortyp angewendet werden.

Patentansprüche

1. Kapazitiver Drucksensor (**10**) mit einem Gehäuse (**12, 18**) mit einem Einlaß (**14**) zur Aufnahme eines Fluids; einer Membran (**16**), die sich in Abhängigkeit vom Druck des Fluids wölbt; einer im Abstand von der Membran angeordneten Elektrode (**22**), wodurch eine sich in Abhängigkeit von der Bewegung der Membran ändernde Kapazität definiert wird; und mit einer zwischen Einlaß und Membran angeordneten Trennwand (**30**), die so geformt ist, daß eine oder mehrere Öffnungen festgelegt werden, die die Moleküle durchlaufen, bevor sie die Membran erreichen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand so angeordnet und geformt ist, daß die Moleküle vom Einlaß entlang eines Weges zwischen dem Gehäuse und der Trennwand zu den Öffnungen strömen müssen, bevor sie die Membran erreichen können, wobei das Verhältnis der Weglänge zu einem in einer zur Membran senkrechten Richtung verlaufenden Abstand mindestens 10 beträgt.

2. Sensor nach Anspruch 1, wobei das Verhältnis mindestens 50 beträgt.

3. Sensor nach Anspruch 1, wobei die Trennwand mit einem Abstand von höchstens 0,1 cm zur Membran angeordnet ist.

4. Sensor nach Anspruch 1, wobei das Volumen zwischen Trennwand und Membran höchstens $1,6 \text{ cm}^3$ beträgt.

5. Sensor nach Anspruch 1, mit ferner einer Teilchenfalle (**28**) zwischen Einlaß und Trennwand, wobei die Falle ein geschlossenes Mittelstück (**34**) vor dem Einlaß (**14**) sowie Öffnungen (**36**) im Randbereich hat.

6. Sensor nach Anspruch 5, wobei die Trennwand im wesentlichen kreisförmig ist und mehrere in gleichmäßigem Abstand angeordnete Vorsprünge (**40**) aufweist, wodurch Ringsektoren (**42**) zwischen den Vorsprüngen in Umfangsrichtung und zwischen Trennwand und dem Gehäuse in radialer Richtung als Öffnungen festgelegt werden.

7. Sensor nach Anspruch 6, wobei die Weglänge radial und von den Öffnungen der Falle bis zu den Sektoren in der Trennwand verläuft.

8. Sensor nach Anspruch 1, wobei die Trennwand im wesentlichen kreisförmig ist und mehrere in gleichmäßigem Abstand angeordnete Vorsprünge aufweist, wodurch Sektoren zwischen den Vorsprüngen festgelegt werden.

9. Sensor nach Anspruch 1, wobei die Weglänge wenigstens 1 cm beträgt.

10. Sensor nach Anspruch 9, wobei die Weglänge im Bereich von 1 cm bis 4 cm liegt.

11. Sensor nach Anspruch 1 oder Anspruch 9, wobei der Abstand nicht größer als 0,1 cm ist.

12. Kapazitiver Drucksensor mit einem Gehäuse (**12, 18**) mit einem Einlaß (**14**) zur Aufnahme eines Fluids; einer Membran (**16**), die sich in Abhängigkeit vom Druck des Fluids wölbt; einer im Abstand von der Membran angeordneten Elektrode (**22**), die eine sich in Abhängigkeit von der Bewegung der Membran ändernde Kapazität definiert; und mit einer zwischen Einlaß und Membran angeordneten Trennwand (**30**), die so geformt ist, daß eine oder mehrere Öffnungen festgelegt werden, die die Moleküle durchlaufen, bevor sie die Membran erreichen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Trennwand so angeordnet und geformt ist, daß die Moleküle vom Einlaß entlang eines Weges zwischen dem Gehäuse und der Trennwand zu den Öffnungen strömen müssen, bevor sie die Membran erreichen können, wobei die Geometrie des Weges eine molekulare Strömung mit Drücken unter 13,3 Pa (100 mT) bewirkt.

13. Sensor nach Anspruch 12, wobei das Volumen zwischen Trennwand und Membran höchstens $1,6 \text{ cm}^3$ beträgt.

14. Sensor nach Anspruch 12, mit ferner einer Teilchenfalle (**28**) zwischen Einlaß und Trennwand,

wobei die Falle ein geschlossenes Mittelstück **(34)** vor dem Einlaß sowie Öffnungen **(36)** im peripheren Bereich hat.

15. Sensor nach Anspruch 14, wobei die Trennwand im wesentlichen kreisförmig ist und mehrere in gleichmäßigem Abstand angeordnete Vorsprünge **(40)** aufweist, wodurch Ringsektoren **(42)** zwischen den Vorsprüngen in Umfangsrichtung und zwischen Trennwand und dem Gehäuse in radialer Richtung als Öffnungen festgelegt werden.

16. Sensor nach Anspruch 15, wobei die Weglänge radial und von den Öffnungen der Falle bis zu den Sektoren in der Trennwand verläuft.

17. Sensor nach Anspruch 12, wobei die Trennwand im wesentlichen kreisförmig ist und mehrere in gleichmäßigem Abstand angeordnete Vorsprünge **(40)** aufweist, wodurch Sektoren **(42)** zwischen den Vorsprüngen festgelegt werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



