



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 075 822.4**  
(22) Anmeldetag: **13.05.2011**  
(43) Offenlegungstag: **15.11.2012**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **14.07.2016**

(51) Int Cl.: **G01L 9/12 (2006.01)**  
**G01L 19/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte  
Forschung e.V., 78052 Villingen-Schwenningen,  
DE**

(74) Vertreter:  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler,  
Schenk & Partner mbB Patentanwälte, 81373  
München, DE**

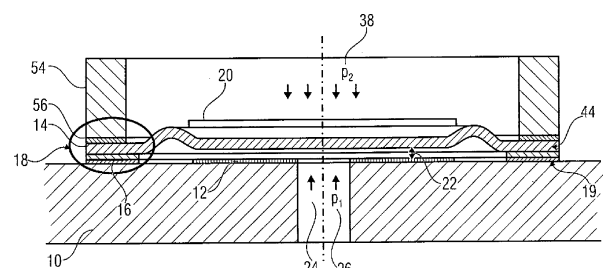
(72) Erfinder:  
**Kück, Heinz, Prof. Dr., 70437 Stuttgart, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>102 26 034</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>102 55 543</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2004 003 413</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2005 008 959</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>91 05 851</b>	<b>U1</b>

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung mit folgenden Merkmalen:  
einer Leiterplatte als Träger (10), der eine erste Kondensatorelektrode (12) aufweist,  
einer Membran (14, 66), die Metall aufweist und die derart an dem Träger (10) befestigt ist, dass ein Auslenkungsbereich (20) derselben der ersten Kondensatorelektrode (12) mit einem Abstand (22) zwischen denselben gegenüberliegt und eine zweite Kondensatorelektrode bildet,  
wobei die Membran (14, 60) in einem den Auslenkungsbereich (20) umgebenden Membranbefestigungsabschnitt (44) in einem Befestigungsbereich (18) mittels eines Befestigungsmittels (16) auf einem Trägerbefestigungsabschnitt (19) des Trägers (10) befestigt ist, wobei als Befestigungsmittel (16) ein Weichlot verwendet ist, wobei das Befestigungsmittel (16) Kompatibilität mit einem oberflächenmontierten Bauelement aufweist,  
wobei im Befestigungsbereich (18) eine Versteifungsstruktur (54, 58, 60, 68, 70) für die Membran (14, 66) angeordnet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Vorrichtungen zur kapazitiven Druckbestimmung unter Verwendung einer an einem Träger angebrachten Membran.

**[0002]** Kapazitive Drucksensoren finden in der Technik weite Verbreitung. Die gängigste Form der kapazitiven Erfassung eines Drucks besteht darin, eine Membran mit einem Druck zu beaufschlagen, wodurch sich die Membran elastisch verformt. Diese Verformung kann beispielsweise kapazitiv erfasst werden, indem auf der Membran eine Elektrode angebracht und elektrisch kontaktiert wird, die als erste Kondensatorelektrode eines Plattenkondensators dient. Die zweite Kondensatorelektrode des Plattenkondensators findet sich auf einem der Membran gegenüberliegenden Träger. Bei einer Verformung der Membran und der auf ihr befindlichen Kondensatorelektrode verändert sich so der Plattenabstand des Plattenkondensators, was eine Änderung der Kapazität des Plattenkondensators hervorruft.

**[0003]** Im Folgenden werden solche kapazitiven Drucksensoren entsprechend dem Stand der Technik erläutert:

Die DE 102 26 034 A1 zeigt einen Sensor aus einem Halbleitermaterial, wobei das Halbleitermaterial eine erste Dicke und in einem Membranbereich eine zweite Dicke aufweist, wobei die zweite Dicke (mittels Ätzen) kleiner vorgesehen ist als die erste Dicke.

**[0004]** Die DE 10 2005 008 959 A1 zeigt einen Drucksensor mit einer ersten und einer zweiten Membran (vgl. Anspruch 1), die bevorzugterweise aus Glaskeramik ausgeführt sind. Bei dem Aufbau dieses Sensors wird auf einen Trägerkörper verzichtet.

**[0005]** Die DE 10 2004 003 413 A1 zeigt eine Halbleiterchipanordnung mit einem Halbleiterchip, der eine durch einen Hohlraum gebildeten Membranbereich aufweist.

**[0006]** Die DE 91 05 851 U1 zeigt einen Drucksensor mit einem ersten Sensorkörper, der eine erste, rückseitige (Ätz-)Ausnehmung zur Festlegung eines Membranbereichs aufweist. Dieser Sensorkörper ist typischerweise aus einem Halbleitermaterial hergestellt.

**[0007]** Die DE 10255543 A1 zeigt einen Drucksensor unter Verwendung von Siliziumscheiben mit einer zwischen zwei Trägerplatten angeordneten Membranplatte.

**[0008]** Eine mögliche Aufbauform ist es, die Membran mit integrierter Elektrode direkt auf den Träger bzw. das Substrat (wie z. B. eine Leiterplatte, Keramik, oder MID/Molded Interconnect Device/Spritz-

gegossener Schaltungsträger) zu löten. Dies ist mit einem Kostenvorteil verbunden, da die Membran direkt im SMD-Fertigungsprozess (Surface Mounted Device/Oberflächenmontiertes Bauelement) auf dem Träger befestigt werden kann. Vorteilhaft hierbei ist, dass mit dem SMD-Verfahren gleichzeitig die elektrische Kontaktierung der Membran erfolgt. Bei einer derartigen Aufbauform wird um das beschriebene Drucksensorelement ein Gehäuse mit Anschluss für den zu messenden Druck montiert. Solche kapazitiven Drucksensoren weisen häufig ungenaue und sich über die Zeit verändernde Messwerte auf.

**[0009]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung mit einer hohen Genauigkeit zu schaffen.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst:

Die vorliegende Erfindung schafft eine Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung, die folgende Merkmale aufweist:

Eine Leiterplatte als Träger, der eine erste Kondensatorelektrode aufweist, und eine Membran, die Metall aufweist und die derart an dem Träger befestigt ist, dass ein Auslenkungsbereich derselben der ersten Kondensatorelektrode mit einem Abstand zwischen denselben gegenüberliegt und eine zweite Kondensatorelektrode bildet. Die Membran ist in einem den Auslenkungsbereich umgebenden Membranbefestigungsabschnitt in einem Befestigungsbereich mittels eines Befestigungsmittels auf einem Trägerbefestigungsabschnitt des Trägers befestigt, wobei als Befestigungsmittel ein Weichlot verwendet ist, wobei das Befestigungsmittel Kompatibilität mit einem Oberflächenmontierten Bauelement aufweist. Im Befestigungsbereich ist eine Versteifungsstruktur für die Membran angeordnet.

**[0011]** Die Erkenntnis der Erfindung liegt darin, dass die Genauigkeit der Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung dadurch erhöht werden kann, dass eine Versteifungsstruktur für die Membran im Bereich der Befestigung vorgesehen ist. Diese Versteifungsstruktur reduziert plastische Verformungen und verhindert so eine dauerhafte Veränderung der Kapazität der Vorrichtung. Plastische Verformungen, die beispielsweise nicht durch Biegespannungen, sondern vor allem durch Scherspannungen aufgrund von Biegung der Membran infolge von Druckbeaufschlagung verursacht werden, entstehen vor allem im Befestigungsbereich der Membran auf dem Träger. Diese äußern sich beispielsweise durch plastische Verformung eines Befestigungsmittels, z. B. eines Weichlots oder eines Haftmittels, zwischen der Membran und dem Träger. Beispielsweise können sich derartige plastische Verformungen im Kriechen einer Lotverbindung zwischen Membran und Träger äußern. Dieser Effekt tritt besonders häufig im Fall län-

ger andauernder Druckbeaufschlagung auf und führt so zu Ungenauigkeiten bei der kapazitiven Druckbestimmung.

**[0012]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist eine durch Biegen oder Bördeln aufgebrachte Versteifung der Membran im Befestigungsbereich, so dass durch diese Versteifungsstruktur plastische Verformungen an der Befestigung der Membran am Träger vermieden werden können. Vorteilhaft hierbei ist, dass diese versteifte Membran weiterhin mittels des SMD-Fertigungsprozesses auf dem Träger befestigt werden kann.

**[0013]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist das Vorsehen eines separaten Elements, wie z. B. eines Ringes, zur Versteifung der Membran im Befestigungsbereich, der den Membranbefestigungsabschnitt, den Trägerbefestigungsabschnitt und das Befestigungsmittel umfasst. Vorteilhaft hierbei ist, dass die Membran keine Hinterschneidungen aufweist und somit einfach und kostengünstig herzustellen ist. Bei einem Ausführungsbeispiel, bei welchem das separate Element mittels einer stoffschlüssigen Verbindung, welche geringe Kriechneigung aufweist, auf der Membran befestigt wird, besteht der Vorteil, dass die SMD-Kompatibilität weiterhin erhalten bleibt. Hintergrund dazu ist, dass eine derartige stoffschlüssige Verbindung zwischen Versteifungsstruktur und Membran nicht durch den Lötprozess im SMD-Fertigungsprozess zerstört wird.

**[0014]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist das Bilden der Versteifungsstruktur durch einen Gehäusebestandteil. Hierdurch entsteht ebenso der Vorteil, dass die Fertigungskosten reduziert werden können. Dieser Kostenvorteil beruht einerseits auf der reduzierten Bauelementanzahl der Vorrichtung und andererseits auf der Möglichkeit, eine hinterschneidungslose und damit kostengünstig herzustellende Membran zu verwenden.

**[0015]** Ausführungsbeispiele mit derartigen Versteifungsstrukturen können zur Druckmessung bzw. Überdruckmessung benutzt werden. Hierfür weist das Ausführungsbeispiel eine Druckbohrung für den zu messenden Druck auf der einen Seite der Membran auf und eine Druckausgleichsbohrung, die beispielsweise mit Umgebungsdruck beaufschlagbar ist, auf der anderen Seite der Membran.

**[0016]** Ein weiteres Ausführungsbeispiel besteht darin, dass auf die Oberseite der Membran eine Kappe als Versteifungsstruktur aufgebracht wird. Ein Vorteil hierbei besteht darin, dass mit Hilfe dieser Kappe eine hermetisch dichte Referenzdruckkammer gebildet werden kann und so eine Absolutdruckmessung möglich ist. Hierzu wird die Kappe unter Vakuum mittels einer stoffschlüssigen Verbindung auf die Membran aufgebracht, so dass nach Beendigung des

Fertigungsvorgangs die Referenzdruckkammer weiterhin evakuiert bleibt. Dieses Ausführungsbeispiel bietet aufgrund der evakuierten Referenzdruckkammer die Möglichkeit, eine Absolutdruckmessung über die Druckbohrung gegen den beim Fertigungsprozess definierten Referenzdruck durchzuführen. Vorteilhaft hierbei ist, dass der bei diesem Ausführungsbeispiel beschriebene Absolutdrucksensor eine hohe Genauigkeit aufweist und ohne zusätzliche Dichtung der Referenzdruckkammer auskommt.

**[0017]** Weiterhin kann die Bauteilanzahl der Vorrichtung weiter reduziert werden, indem für die Membran ein leitfähiges Material, wie Metall oder leitfähiger Halbleiter, oder eine leitfähige Beschichtung verwendet wird und somit auf eine separate, elektrisch kontaktierte Kondensatorelektrode auf der Membran verzichtet werden kann. Bei einem Ausführungsbeispiel wird von einer runden Membran ausgegangen, welche derart gestaltet ist, dass der Auslenkungsbereich der Membran gegenüber dem Befestigungsbereich eine Höhendifferenz aufweist, also überhöht ist, und so einen Teil des Abstands der Kondensatorelektrode auf der Membran zur Kondensatorelektrode auf dem Träger definiert. Zwischen dem benannten Auslenkungsbereich und Befestigungsbereich der Membran kann ein elastisch verformbarer Biegebereich vorgesehen sein, der bei diesem Ausführungsbeispiel durch eine ringförmige Erhöhung ausgeführt ist und so den Auslenkungsbereich einschließt. Ein weiterer Vorteil dieser Ausführung ist, dass die Membran in einem Trägerbefestigungsbereich direkt elektrisch kontaktierbar ist.

**[0018]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0019]** Fig. 1 eine auf einem Träger befestigte Membran, die eine Versteifungsstruktur in Form eines separaten Elements aufweist;

**[0020]** Fig. 2 eine auf einem Träger angebrachte Membran, bei der die Versteifungsstruktur durch einen Gehäuseteil der Vorrichtung gebildet ist;

**[0021]** Fig. 3 eine auf einem Träger angebrachte Membran, bei der die Versteifungsstruktur als Referenzdruckkammer gebildet ist;

**[0022]** Fig. 4 eine auf einem Träger befestigte Membran, die mittels Biegen oder Bördeln im Befestigungsbereich versteift ist;

**[0023]** Fig. 5 eine auf einem Träger angebrachte Membran, bei der die Versteifungsstruktur als seitlicher Anschlag für die Membran ausgebildet ist;

**[0024]** Fig. 6 eine verbesserte Kennlinie der Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung;

[0025] Fig. 7 eine Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung ohne Versteifungsstruktur;

[0026] Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel eines als Platine ausgebildeten Trägers und einer Membran;

[0027] Fig. 9 eine Membran im Detail mit integrierter Elektrode; und

[0028] Fig. 10 eine charakteristische Kennlinie einer Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung ohne Versteifungsstruktur.

[0029] Fig. 7 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung. Die Vorrichtung weist einen Träger 10 auf, auf dem eine erste Kondensatorelektrode 12 eines Plattenkondensators vorgesehen ist. Auf dem Träger 10 ist eine Membran 14 mittels eines Befestigungsmittels 16, beispielsweise mittels eines Lotmittels, in einem Befestigungsbereich 18 befestigt. Die Befestigung ist so ausgeführt, dass ein Auslenkungsbereich 20 der Membran 14 der ersten Kondensatorelektrode 12 des Plattenkondensators in einem definierten Abstand 22 gegenüberliegt und so eine zweite Kondensatorelektrode bildet. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die leitfähige Membran 14, beispielsweise aus Metall, mittels des Befestigungsmittels 16, z. B. Lot, im Befestigungsbereich 18 elektrisch kontaktiert. Der Träger 10 weist im Bereich der Kondensatorelektrode 12 eine Druckbohrung 24 auf, über welche die Unterseite der Membran 14 mit einem ersten Druck  $P_1$  26, z. B. Umgebungsdruck, beaufschlagbar ist. Der Träger 10 ist auf ein Gehäuseunterteil 28, welches ebenfalls eine Druckbohrung 30 aufweist, aufgebracht. Auf der oberen Seite des Trägers 10, auf der die Membran 14 befestigt ist, ist ein Gehäuseoberteil 32 vorgesehen, das eine Druckkammer 40 definiert, wobei ein Dichtring 34 zwischen dem Gehäuseoberteil 32 und dem Träger 10 vorgesehen ist. Das Gehäuseoberteil 32 weist einen Druckanschluss 36 auf, über welchen die Druckkammer 40 und somit die Membranoberseite mit einem zweiten Druck  $P_2$  38, z. B. einem zu messenden Druck, beaufschlagbar ist.

[0030] Fig. 8 zeigt eine schematische Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel eines Trägers 10, der als Leiterplatte ausgeführt ist, zusammen mit der dazugehörigen bei diesem Ausführungsbeispiel runden Membran 14, die separat neben dem Träger 10 dargestellt ist. Der Träger 10 weist neben einer Auswertungs-elektronik 42 die aufgebrachte erste runde Kondensatorelektrode 12, die Druckbohrung 24 und einen Trägerbefestigungsabschnitt 19 auf. Der Trägerbefestigungsabschnitt 19 ist beispielsweise durch einen metallischen Ring auf dem Träger 10 gebildet. Bei der Membran 14, die bei dem Ausführungsbeispiel aus Metall ausgeführt und damit leitfähig ist, ist der kreisförmige Auslenkungsbereich 20 zu erken-

nen, der die elektrisch kontaktierte zweite Kondensatorelektrode bildet. Der kreisförmige Auslenkungsbereich 20 wird durch eine ringförmige Erhöhung 46 definiert, die einen elastisch verformbaren Bereich 46 der Membran 14 bildet. An der Membran 14 ist ein ringförmiger Membranbefestigungsabschnitt 44 vorgesehen, der an dem ringförmigen Trägerbefestigungsabschnitt 19 mittels eines Befestigungsmittels 16, beispielsweise Weichlot, befestigt wird. Alternativ zu der bei diesem Ausführungsbeispiel aus Metall ausgeführten Membran 14 kann ein weiteres leitfähiges Material, wie z. B. ein leitfähiger Halbleiter, oder eine nicht-leitfähige Membran, z. B. Kunststoff, die mit einer leitfähigen Beschichtung, z. B. aus Metall, beschichtet ist, eingesetzt werden.

[0031] Fig. 9 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung der bei diesem Ausführungsbeispiel runden Membran 14 zur Erläuterung von Merkmalen derselben. Die Membran 14 weist den Auslenkungsbereich 20, den elastisch verformbaren Bereich 46 und den Membranbefestigungsabschnitt 44 auf. Die Membran 14 ist derart gestaltet, dass ein Abstand 22 des Auslenkungsbereichs 20 von dem Träger 10 größer ist als ein Abstand des Membranbefestigungsabschnitts 44 von dem Träger 10. So wird durch die Membran 14 selbst eine Höhendifferenz 48, die Teil des Abstands 22 zwischen den Kondensatorelektroden ist, definiert. Die Membran 14 weist den elastisch verformbaren Bereich 46 auf, so dass der Abstand 22 zwischen den zwei Kondensatorelektroden in Abhängigkeit von einer Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  26 und dem Druck  $P_2$  38 veränderbar, zum Beispiel linear veränderbar ist.

[0032] Bei einer solchen Vorrichtung wird im Fall einer Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  26, der über die Druckbohrung 24 und die Druckbohrung 30 auf die Membran 14 wirkt, und dem Druck  $P_2$  38, der über den Druckanschluss 36 und eine Druckkammer 40 auf die Membran 14 wirkt, die Membran 14 elastisch verformt. Infolge der Verformung der Membran 14 ändert sich der Abstand 22 zwischen den zwei Kondensatorelektroden, wodurch sich eine Kapazitätsänderung ergibt. Diese Kapazitätsänderung ist abhängig von der auf die Membran 14 wirkende Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  26 und dem Druck  $P_2$  38, wie in Fig. 10 gezeigt ist.

[0033] Insbesondere wird bei dem Ausführungsbeispiel der Auslenkungsbereich 20 der Membran 14 bei einem Überdruck in der Druckkammer 40 ( $P_2 > P_1$ ) zu dem Träger hin ausgelenkt. Durch die dadurch bedingte Verformung der Membran 14 werden Scherspannungen zwischen dem Membranbefestigungsabschnitt 44 und dem Trägerbefestigungsabschnitt 19 im Befestigungsmittel 16 hervorgerufen. Diese Scherspannungen können, besonders bei länger andauernder Druckbeaufschlagung, plastische Verformungen des Befestigungsmittels 16 zwischen dem

Membranbefestigungsabschnitt **44** und dem Trägerbefestigungsabschnitt **19** verursachen.

**[0034]** Fig. 10 zeigt die Kennlinien einer Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung, wie sie in Fig. 7 gezeigt ist. In diesem Diagramm ist der Zusammenhang zwischen der Kapazität der Vorrichtung und der beaufschlagten Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  **26** in der Druckbohrung **30** und dem Druck  $P_2$  **38** in der Druckkammer **40**, welche auf die Membran **14** wirken, dargestellt. Der Graph **50** stellt hierbei eine Kennlinie einer Vorrichtung bei steigender Druckdifferenz dar, die keine Ungenauigkeit aufgrund plastischer Verformung aufweist. Der Graph **52** zeigt eine Kennlinie einer Vorrichtung bei steigender Druckdifferenz, die infolge von plastischer Verformung in ihrer Genauigkeit negativ beeinflusst ist. Eine derartige Verfälschung der Genauigkeit entsteht häufig, wenn eine Druckbeaufschlagung über einen längeren Zeitraum erfolgt. Die dargestellte Ungenauigkeit kann beispielsweise bei einem Versuch mit einer in Fig. 7 beschriebener Vorrichtung beobachtet werden: Hierbei wird eine Membran **14** über die Druckkammer **40** mit einer Druckdifferenz von 7 bar gegenüber dem an der Druckbohrung **30** anliegenden Umgebungsdruck  $P_1$  **26** für ca. 18 Stunden belastet, wobei eine Drift der Kennlinie **50** der Vorrichtung festgestellt werden kann, so dass sich für die Vorrichtung die Kennlinie **52** einstellt. Die Abweichung entspricht in etwa einer Ungenauigkeit von 0,1 bar.

**[0035]** Bei Ausführungsbeispielen der Erfindung können, wie im folgendem erklärt, derartige Ungenauigkeiten durch das Vorsehen einer Versteifungsstruktur **54**, **58**, **60**, **68** oder **70** für die Membran **14** vermieden werden.

**[0036]** Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Membran **14** mit einer aufgebrachten Versteifungsstruktur in Form eines separaten Elements **54**. Fig. 1 zeigt den Träger **10** mit der Druckbohrung **24** sowie der ersten aufgebrachten Kondensatorelektrode **12**. An dem Träger ist die Membran **14** im Befestigungsbereich **18** mittels des Befestigungsmittels **16**, beispielsweise Weichlot, befestigt. Ein Abschnitt der Membran **14**, der in dem Auslenkungsgebiet **20** der ersten Kondensatorelektrode **12** in dem Abstand **22** gegenüberliegt, bildet die zweite Kondensatorelektrode des Plattenkondensators. Im Übrigen kann der Aufbau (mit Ausnahme der Versteifungsstruktur) dem bezüglich Fig. 7 beschriebenen Aufbau entsprechen. Auf der dem Trägerbefestigungsabschnitt **19** gegenüberliegenden Seite der Membran **14** ist bei diesem Ausführungsbeispiel ein separates Element **54** in Form eines Rings als Versteifungsstruktur vorgesehen. Dieses separate Element **54** ist mittels eines Stoffschlusses **56** an der Membran **14** im Befestigungsbereich **18** auf der dem Träger **10** gegenüberliegenden Seite befestigt.

**[0037]** Durch eine Druckdifferenz zwischen den Drücken  $P_1$  und  $P_2$  wird die Membran **14** ausgelenkt und verformt, wodurch Scherspannungen zwischen dem Trägerbefestigungsabschnitt **19** und dem Membranbefestigungsabschnitt **44** entstehen. Diese werden durch den Ring, welcher mittels der stoffschlüssigen Verbindung **56** an der Membran **14** befestigt ist und somit die Versteifungsstruktur darstellt, aufgenommen. Dadurch kann die plastische Verformung des Befestigungsmittels **16** im Befestigungsbereich **18** reduziert oder vermieden werden.

**[0038]** Fig. 2 zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer Vorrichtung, bei der die Versteifungsstruktur durch einen Gehäusebestandteil **58** gebildet ist. Fig. 2 zeigt den Träger **10** mit der Druckausgleichsbohrung **24** sowie der ersten Kondensatorelektrode **12** des Plattenkondensators. Auf dem Träger **10** ist die Membran **14** wiederum im Befestigungsbereich **18** mittels des Befestigungsmittels **16**, beispielsweise Weichlot, befestigt. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist die Versteifungsstruktur der Membran **14** durch den Gehäusebestandteil **58** gebildet. Hierbei wird der in Fig. 7 gezeigte Druckanschluss **36**, das in Fig. 7 gezeigte Gehäuseoberteil **32** oder ein weiteres Element wie etwa ein Deckel als Gehäusebestandteil **58** verstanden. Der Gehäusebestandteil **58** ist im Befestigungsbereich **18** durch eine stoffschlüssige Verbindung **56** auf der dem Träger **10** gegenüberliegenden Seite mit der Membran **14** verbunden. Im Übrigen kann der Aufbau mit dem Gehäusebestandteil **58** als Versteifungsstruktur anstelle des in Fig. 7 gezeigten Gehäuseoberteils **32** dem bezugnehmend auf Fig. 7 beschriebenen Aufbau entsprechen.

**[0039]** Durch die Auslenkung und Verformung der Membran **14** infolge einer Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  **24** und dem Druck  $P_2$  **38** entstehen Scherspannungen zwischen dem Trägerbefestigungsabschnitt **19** und dem Membranbefestigungsabschnitt **44** können bei diesem Ausführungsbeispiel durch den Gehäusebestandteil **58** aufgenommen werden. Hierdurch kann eine plastische Verformung des Befestigungsmittels **16** im Befestigungsbereich **18** reduziert oder vermieden werden.

**[0040]** Fig. 3 zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels, bei dem eine Versteifungsstruktur durch eine Kappe **60** gebildet ist, die derart auf der Membran **14** aufgebracht ist, dass eine Referenzdruckkammer **62** gebildet ist. Fig. 3 zeigt die Membran **14**, deren Membranbefestigungsabschnitt **44** an dem Trägerbefestigungsabschnitt **19**, an dem sich die erste Kondensatorelektrode **12** befindet, befestigt ist. Die Kappe **60** ist mittels einer stoffschlüssigen Verbindung **56** auf der dem Träger **10** gegenüberliegenden Seite im Befestigungsbereich **18** an der Membran **14** befestigt und bildet so einerseits die Versteifungsstruktur für die Membran **14**

und andererseits zusammen mit der Membran **14** die Referenzdruckkammer **62**, in der ein Referenzdruck  $P_3$  **64** herrscht, aus. Die Kappe **60** kann unter Vakuum mittels einer stoffschlüssigen Verbindung **56** befestigt werden und dichtet die Referenzdruckkammer **62** gegenüber der Umgebung hermetisch ab, so dass das Vakuum mit dem Referenzdruck  $P_3$  **64** nach Beendigung des Fertigungsprozesses bestehen bleibt.

**[0041]** Zur Absolutdruckmessung wird bei diesem Ausführungsbeispiel die Membran **14** von unten über die Druckbohrung **24**, die als Druckbeaufschlagungsbohrung wirkt, mit einem Druck  $P_1$  **26** beaufschlagt. Hierbei verformt sich die Membran **14** durch die Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  **26** und dem Referenzdruck  $P_3$  **64** insbesondere zur Kappe **60** hin, was eine Kapazitätsänderung der Vorrichtung verursacht, auf deren Basis der Absolutdruck ermittelt werden kann. Durch diese Verformung entstehen Scherkräfte zwischen dem Trägerbefestigungsabschnitt **19** und dem Membranbefestigungsabschnitt **44**, die durch die Kappe **60** aufgenommen werden, so dass eine plastische Verformung des Befestigungsmittels **16** im Befestigungsbereich **18** vermieden oder reduziert werden kann. Im Übrigen kann der Aufbau mit der Kappe **60** als Versteifungsstruktur anstelle des in **Fig. 7** gezeigten Gehäuseoberteils **32** dem bezugnehmend auf **Fig. 7** beschriebenen Aufbau entsprechen.

**[0042]** **Fig. 4** zeigt eine schematische Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels, bei dem die Versteifungsstruktur mittels einer versteiften Membran **66** gebildet ist. **Fig. 4** zeigt den Träger **10** mit der Druckbohrung **24**, auf dem eine erste Kondensatorelektrode **12** des Plattenkondensators aufgebracht ist. An dem Träger **10** ist die Membran **66** im Befestigungsbereich **18** mittels des Befestigungsmittels **16**, beispielsweise Weichlot, befestigt. Im Befestigungsbereich **18** ist an der dem Trägerbefestigungsabschnitt **19** gegenüberliegenden Seite die Membran **66** derart gebogen oder gebördelt, dass sie eine Versteifungsstruktur **68** derselben ausbildet. Im Übrigen kann die Membran **66** mit Ausnahme der Versteifungsstruktur der in **Fig. 8** gezeigten Membran **14** entsprechen und der Aufbau mit der versteiften Membran **66** anstelle der in **Fig. 7** gezeigten Membran **14** dem bezugnehmend auf **Fig. 7** beschriebenen Aufbau entsprechen. Die Versteifungsstruktur **68** ist somit wiederum ausgebildet, um bei einer Auslenkung bzw. Verformung der Membran **66** Scherspannungen, die im Befestigungsbereich **18** im Befestigungsmittel **16** auftreten, zu reduzieren oder beseitigen.

**[0043]** **Fig. 5** zeigt schematische Querschnittsansicht eines Ausführungsbeispiels, bei dem die Versteifungsstruktur mittels eines seitlichen Anschlags **70** gebildet ist. **Fig. 5** zeigt den Träger **10** mit der Druckbohrung **24**, auf dem eine erste Kondensatorelektrode **12** des Plattenkondensators aufgebracht ist.

An dem Träger **10** ist die Membran **14** im Befestigungsbereich **18** mittels des Befestigungsmittels **16**, beispielsweise Weichlot, befestigt. Der seitliche Anschlag **70** ist im Befestigungsbereich **18** seitlich angrenzend an die Membran **14** vorgesehen und wirkt als Versteifungsstruktur für die Membran **14**. Der seitliche Anschlag **70** kann auch alternativ mittels einer stoffschlüssigen Verbindung, z. B. Schweißen oder Hartlöten, an die Membran **14** befestigt sein. Im Übrigen kann der Aufbau (mit Ausnahme der Versteifungsstruktur) dem bezugnehmend auf **Fig. 7** beschriebenen Aufbau entsprechen. Der seitliche Anschlag **70** reduziert, wenn die Membran **14** zu dem Träger **10** hin ausgelenkt wird, Scherspannungen im Befestigungsmittel **16**, so dass eine plastische Verformung des Befestigungsmittels **16** reduziert oder vermieden werden kann.

**[0044]** **Fig. 6** zeigt die Kennlinien einer verbesserten Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung mit Versteifungsstrukturen entsprechend Bezugszeichen **54**, **58**, **68** und **70**, wie sie in **Fig. 1**, **Fig. 2**, **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt sind. In diesem Diagramm ist wiederum der Zusammenhang zwischen der Kapazität der Vorrichtung und der beaufschlagten Druckdifferenz zwischen dem Druck  $P_1$  **26** in der Druckbohrung **30** und dem Druck  $P_2$  **38** in der Druckkammer **40**, welche auf eine Membran **14** wirken, dargestellt. Der Graph **72** stellt hierbei die Kennlinie einer Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung bei steigender Druckdifferenz dar, die keine Ungenauigkeit aufgrund plastischer Verformung aufweist. Der Graph **74** zeigt die Kennlinie einer Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung bei steigender Druckdifferenz, die beispielsweise in einem Versuch analog zu dem in **Fig. 10** beschriebenen (18-stündige Druckbelastung von 7 bar auf die Membran **14** bzw. **66**) ermittelt werden können, bei welchem eine Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung mit Versteifungsstrukturen **54**, **58**, **68** und **70** entsprechend **Fig. 1**, **Fig. 2**, **Fig. 4** und **Fig. 5** verwendet werden. Hieraus wird ersichtlich, dass trotz einer Druckbeaufschlagung über einen länger dauernden Zeitraum keine negative Beeinflussung der Genauigkeit der Vorrichtung zur Kapazitiven Druckbestimmung entsteht.

**[0045]** Die Befestigung **16** der Membran **14** auf dem Träger **10** aus **Fig. 7** wäre alternativ mittels einer Klebeverbindung realisierbar. Hierbei könnte auch ein leitfähiger Klebstoff verwendet werden, um gleichzeitig die elektrische Kontaktierung der auf dem Auslenkungsbereich **20** befindlichen Kondensatorelektrode zu gewährleisten.

**[0046]** Eine weitere Alternative wäre es, statt der in **Fig. 9** dargestellten Membran **14** bzw. in **Fig. 4** dargestellten Membran **66** aus Metall einen weiteren leitfähigen Werkstoff, wie z. B. einem leitfähigen Halbleiter, einzusetzen. Ebenso könnte für die Membran **14** bzw. **66** ein nicht-leitfähiges Material, beispiels-

weise aus Kunststoff oder Keramik, verwendet werden, wenn diese beispielsweise mit einer separaten, elektrisch kontaktierten Elektrode versehen ist oder eine leitfähige Beschichtung für diese vorgesehen ist.

**[0047]** Alternativ zu einer kreisförmigen Membran **14**, wie sie bei dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 9** erläutert ist, wäre auch eine anderen Form, z. B. oval oder eckig, denkbar, bei der der Auslenkungsbereich **20** von einem Membranbefestigungsabschnitt **44** umgeben ist.

**[0048]** Ebenso wäre es alternativ denkbar, dass bei einer Membran **14**, wie sie bei dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 9** dargestellt ist, der elastisch verformbare Bereich **46**, der bei dem Ausführungsbeispiel durch einen erhöhten Ring gebildet wird, in den Auslenkungsbereich **20** integriert ist und so beispielsweise der Übergangsbereich zwischen dem Auslenkungsbereich **20** und dem Membranbefestigungsabschnitt **44** nicht erhöht ist.

**[0049]** Eine weitere Alternative wäre es, dass bei der Membran **14**, wie sie bei dem Ausführungsbeispiel in **Fig. 9** dargestellt ist, auf die Höhendifferenz **48** verzichtet wird und beispielsweise eine plane Membran verwendet wird, wobei der in **Fig. 1** gezeigte definierte Abstand **22** durch den Träger **10**, das Befestigungsmittel **16** und/oder ein separates Element definiert werden kann.

**[0050]** Die in **Fig. 2** dargestellte Versteifungsstruktur mittels eines Gehäuseteils **58** könnte auch mittels eines Teiles des in **Fig. 7** dargestellten Obergehäuses **32** oder des Druckanschlusses **36** realisiert werden.

**[0051]** Bei Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die Versteifungsstruktur umlaufend um den Auslenkungsbereich ausgebildet. Bei Ausführungsbeispielen können Unterbrechungen in der umlaufenden Versteifungsstruktur ausgebildet sein. Bei Ausführungsbeispielen der Erfindung weisen die Versteifungsstrukturen zumindest zwei sich über den Auslenkungsbereich gegenüberliegende Abschnitte, beispielsweise Halbringe, auf.

**[0052]** Es ist für Fachleute offensichtlich, dass Ausführungsbeispiele der Erfindung geeignet sind, sowohl positive als auch negative Druckdifferenzen zu erfassen, unabhängig davon, ob diese durch Anlegen eines Überdrucks oder Unterdrucks auf einer und/oder auf beiden Seiten der Membran erzeugt werden.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur kapazitiven Druckbestimmung mit folgenden Merkmalen:  
einer Leiterplatte als Träger (**10**), der eine erste Kondensatorelektrode (**12**) aufweist,

einer Membran (**14, 66**), die Metall aufweist und die derart an dem Träger (**10**) befestigt ist, dass ein Auslenkungsbereich (**20**) derselben der ersten Kondensatorelektrode (**12**) mit einem Abstand (**22**) zwischen denselben gegenüberliegt und eine zweite Kondensatorelektrode bildet,

wobei die Membran (**14, 60**) in einem den Auslenkungsbereich (**20**) umgebenden Membranbefestigungsabschnitt (**44**) in einem Befestigungsbereich (**18**) mittels eines Befestigungsmittels (**16**) auf einem Trägerbefestigungsabschnitt (**19**) des Trägers (**10**) befestigt ist, wobei als Befestigungsmittel (**16**) ein Weichlot verwendet ist, wobei das Befestigungsmittel (**16**) Kompatibilität mit einem oberflächenmontierten Bauelement aufweist,

wobei im Befestigungsbereich (**18**) eine Versteifungsstruktur (**54, 58, 60, 68, 70**) für die Membran (**14, 66**) angeordnet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Versteifungsstruktur (**54, 58, 60, 68**) gegenüber dem Trägerbefestigungsabschnitt (**19**) auf die von dem Trägerbefestigungsabschnitt (**19**) abgewandte Seite der Membran (**14, 66**) aufgebracht ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Versteifungsstruktur ein separates Element (**54, 60, 70**) zur Versteifung der Membran (**14**) aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der die Versteifungsstruktur durch einen auf die Membran (**14**) aufgesetzten Ring (**54**) gebildet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei der die Versteifungsstruktur (**60**) eine auf die Membran (**14**) aufgesetzte hermetisch dichte Kammer (**62**), die mit einem Referenzdruck  $P_3$  (**64**) belastet ist, ausbildet, um eine Messung des Drucks  $P_1$  (**26**) zu ermöglichen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der die Versteifungsstruktur durch ein Gehäuseteil (**58**) der Vorrichtung gebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Versteifungsstruktur als seitlicher Anschlag (**70**) für die Membran (**14**) ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei der die Versteifungsstruktur (**54, 58, 60, 70**) stoffschlüssig (**56**) mit der Membran (**14**) verbunden ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Versteifungsstruktur (**68**) durch Umbiegen oder Bördeln der Membran (**66**) im Befestigungsbereich (**18**) gebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei der die Membran (**14, 66**) leitfähig gestaltet ist, so dass im Auslenkungsbereich (**20**) die zweite Kon-

densatorelektrode durch die Membran (**14, 66**) selbst gebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei der die Membran (**14, 66**) derart ausgebildet ist, dass ein Abstand (**22**) des Auslenkungsbereichs (**20**) von dem Träger (**10**) größer ist als ein Abstand des Membranbefestigungsabschnitts (**44**) von dem Träger (**10**).

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei der die Membran (**14, 66**) zwischen dem Auslenkungsbereich (**20**) und dem Membranbefestigungsabschnitt (**44**) einen elastisch verformbaren Bereich (**46**) aufweist.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

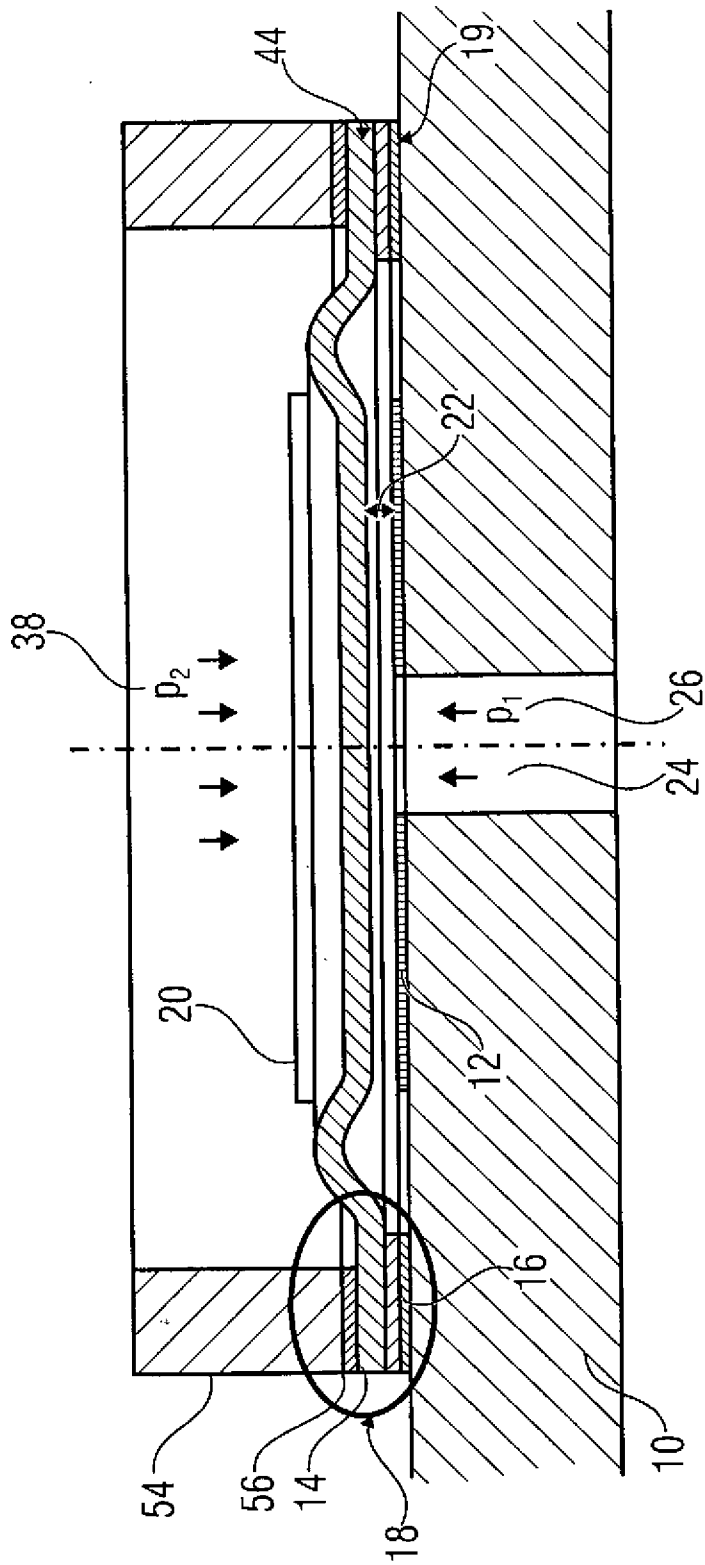


FIG 1

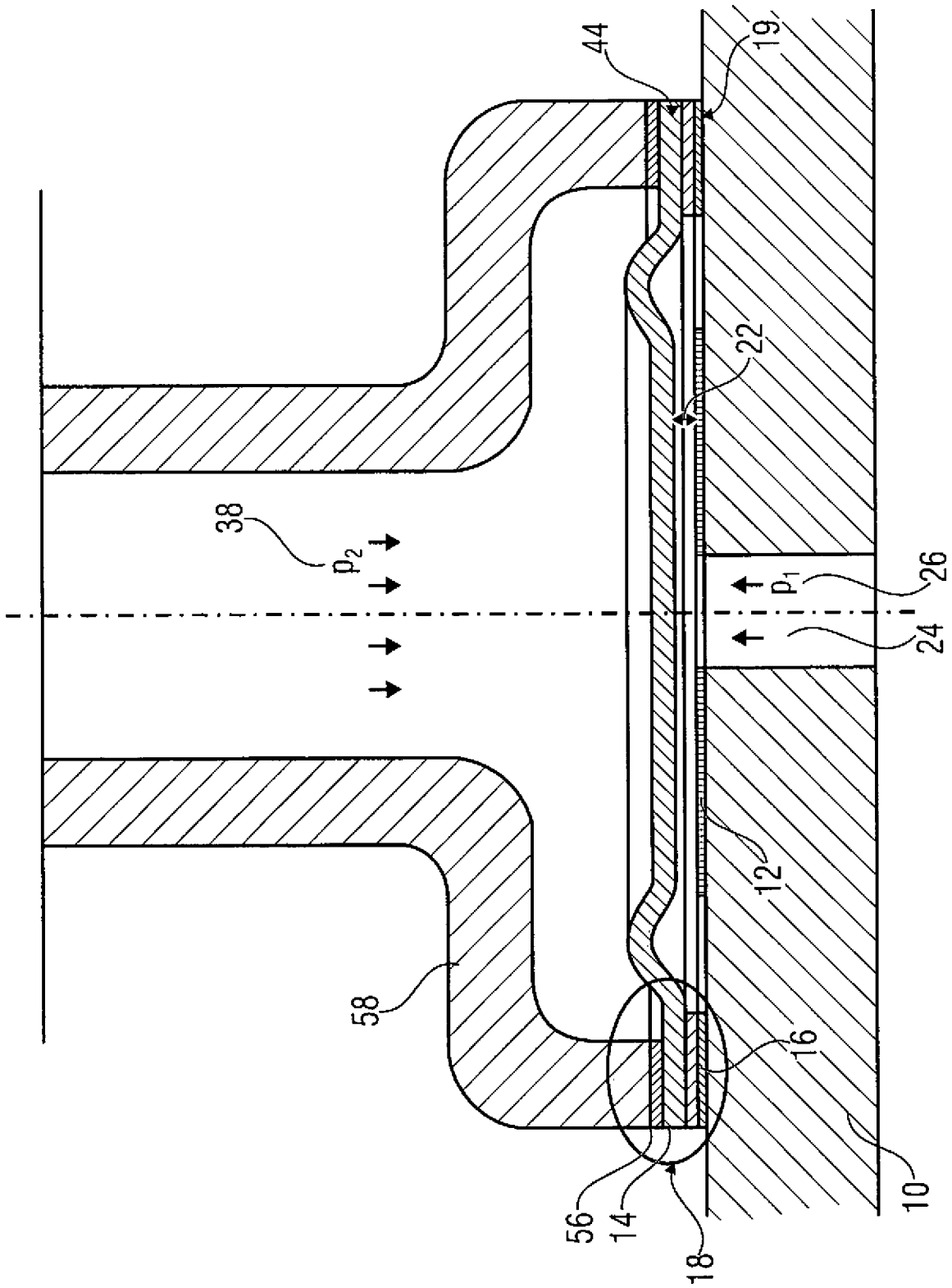


FIG 2

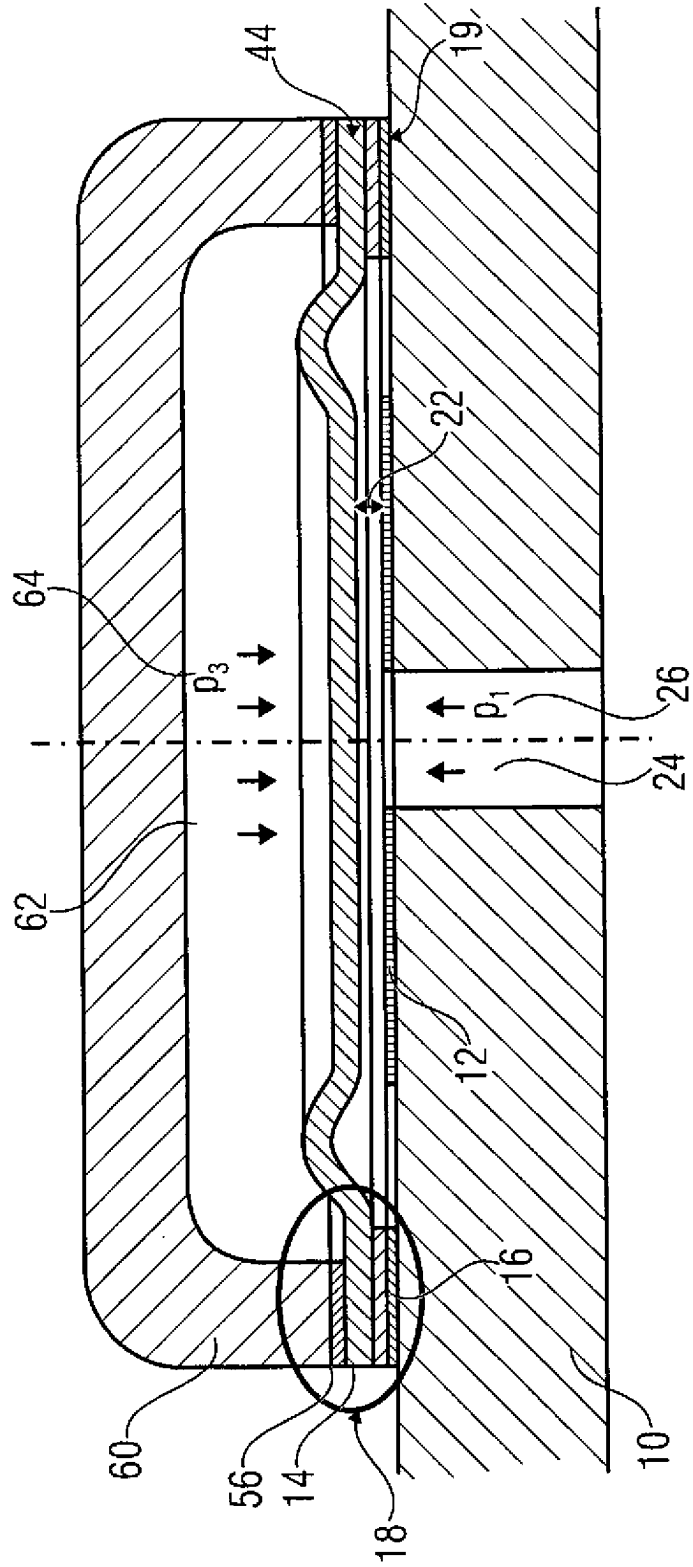


FIG 3



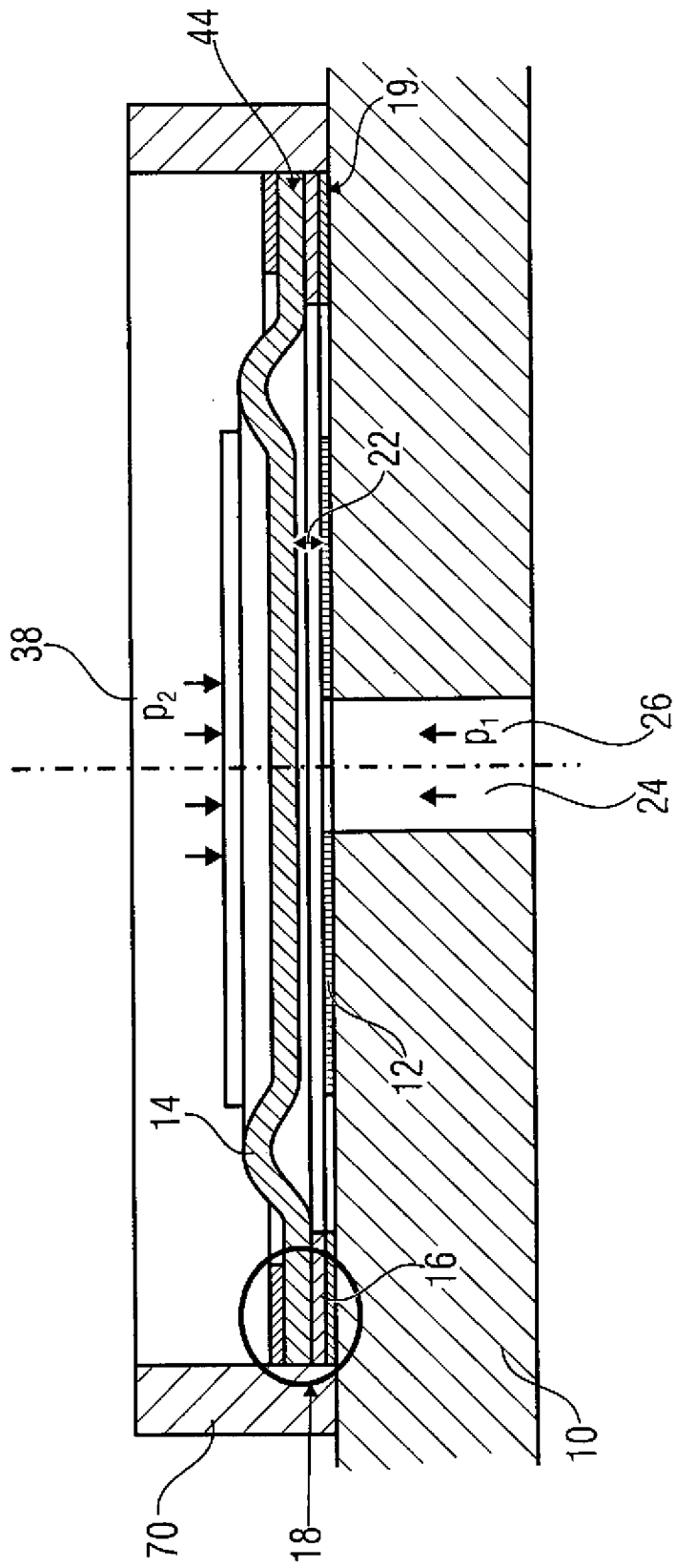


FIG 5

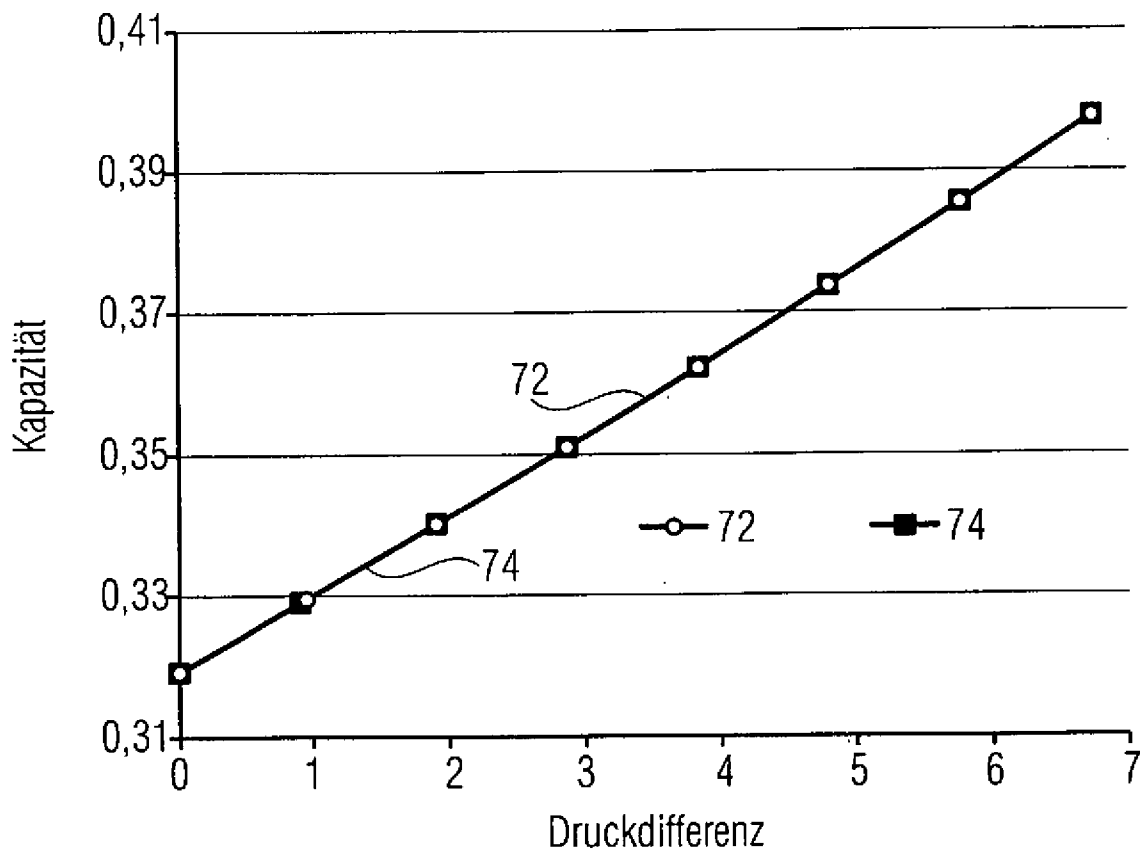
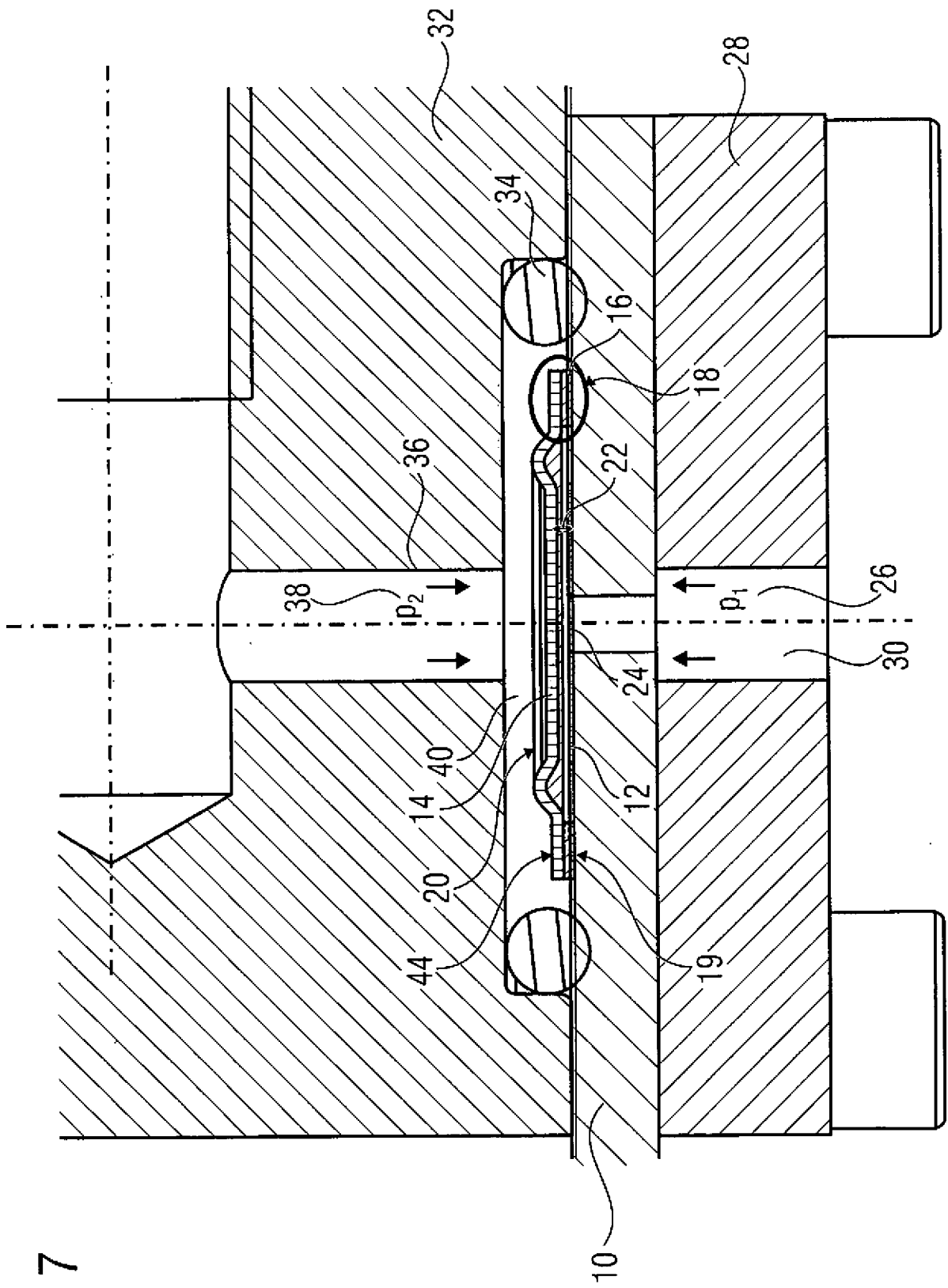


FIG 6

FIG 7



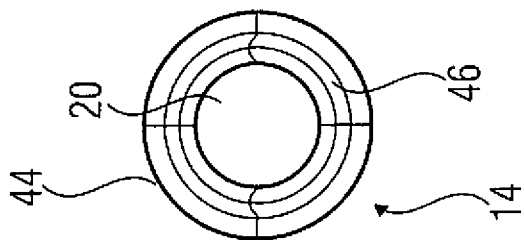
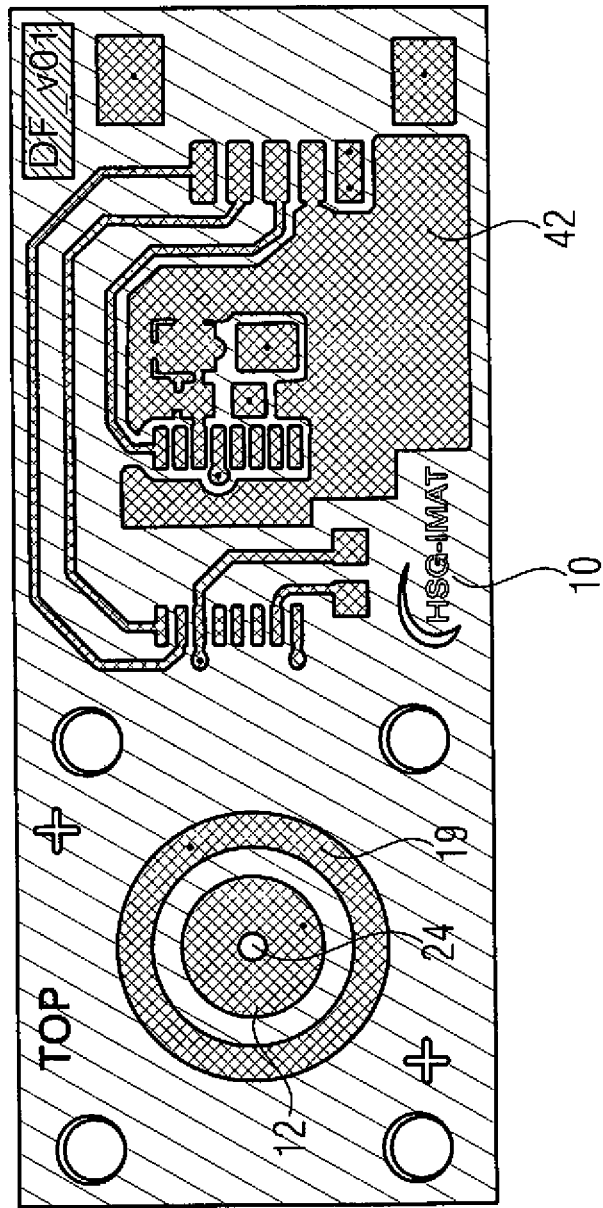


FIG 8



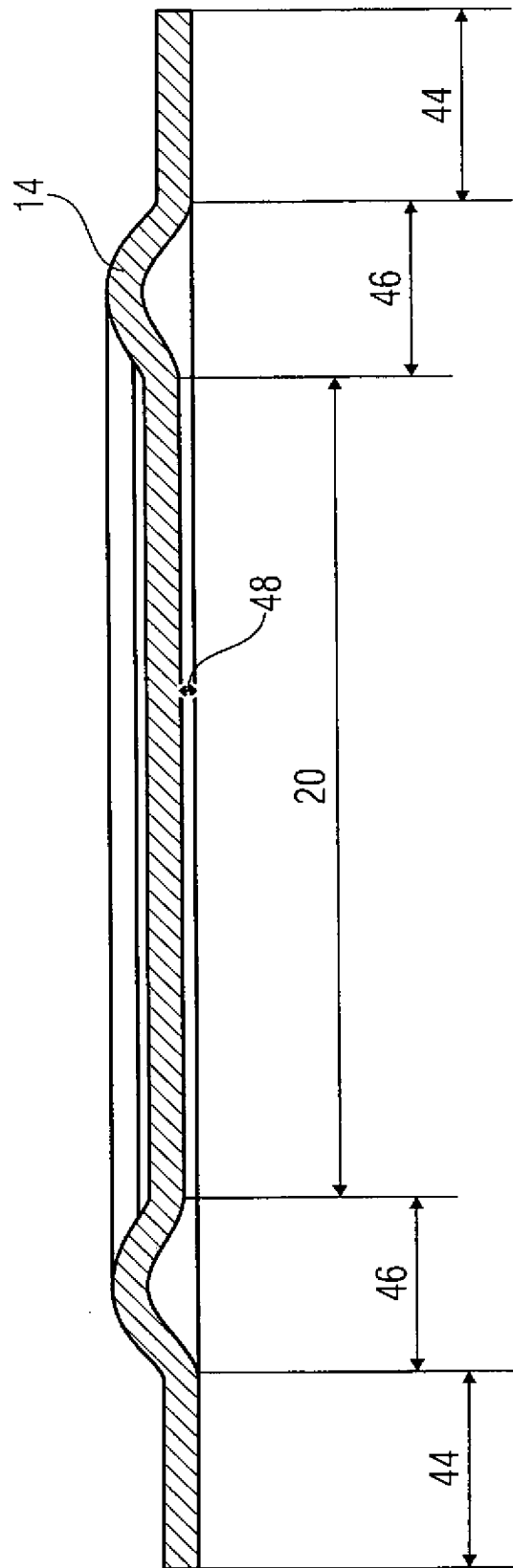


FIG 9

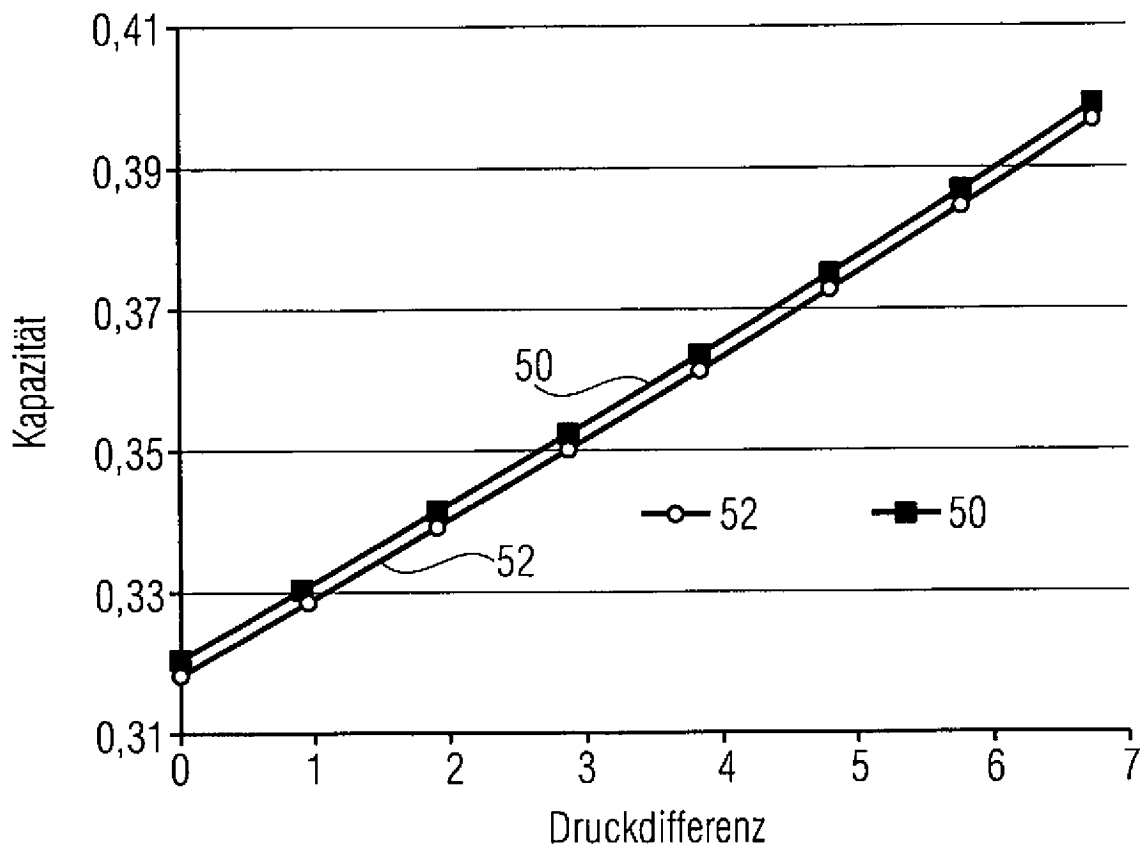


FIG 10