



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2004 011 144 A1** 2005.10.06

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 011 144.8**

(22) Anmeldetag: **08.03.2004**

(43) Offenlegungstag: **06.10.2005**

(51) Int Cl.7: **H04R 19/04**  
**B81B 3/00**

(71) Anmelder:

**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach**

(72) Erfinder:

**Dehe, Alfons, 85375 Neufahrn, DE**

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

**DE 100 52 196 A1**

**DE 33 25 966 A1**

**US 49 93 072**

**EP 12 44 332 A2**

**TORKKELI, A. u.a.: Capacitive microphone  
with-low**

**stress polysilicon membrane and high-stress  
poly-**

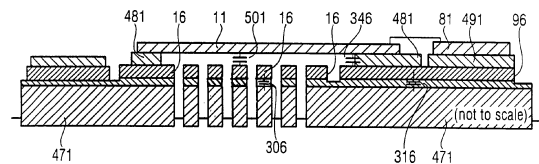
**silicon backplate. In: Sensors and Actuators.  
2000, Vol. 85, No. 1-3, S. 116-123;**

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

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Drucksensor und Verfahren zum Betreiben eines Drucksensors**

(57) Zusammenfassung: Drucksensor (1) mit einem Substrat (471), einer Gegenstruktur (16), die auf dem Substrat (471) aufgebracht ist, einem Dielektrikum (481) auf der Gegenstruktur (16), einer Membran (11) auf dem Dielektrikum (481), wobei die Membran (11) oder die Gegenstruktur (16) durch einen angelegten Druck auslenkbar ist, einer Schutzstruktur (96), wobei die Schutzstruktur (96) von der Gegenstruktur (16) und der Membran (11) isoliert ist, wobei die Schutzstruktur (96) so bezüglich der Membran (11) oder der Gegenstruktur (16) angeordnet ist, daß sich eine Kapazität zwischen der Schutzstruktur und der Membran (11) oder der Schutzstruktur (96) und der Gegenstruktur (16) bildet, und mit einer Einrichtung zum Liefern eines Potentials an der Schutzstruktur (96), das sich von einem Potential an der Gegenstruktur (16) oder der Membran (11) unterscheidet.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Drucksensor und ein Verfahren zum Betreiben eines Drucksensors.

## Stand der Technik

**[0002]** Immer häufiger werden in technischen Geräten Drucksensoren eingesetzt. Eine ihrer Aufgaben, wenn sie zum Beispiel als Mikrophone ausgeführt sind, ist die Umsetzung eines akustischen Signals in ein elektrisches Signal. Die zunehmende Verbesserung der Verarbeitung der Sprachsignale in den Mikrophenen nachgelagerten Einrichtungen, wie z. B. digitale Signalprozessoren, erfordert, daß auch die Eigenschaften der Mikrophone verbessert werden, da die Qualität der Sprachübertragung immer weiter zunimmt. Außerdem stellt die fortschreitende Miniaturisierung der Geräte, wie z. B. Mobiltelefone, auch die Anforderung, daß die Komponenten, wie z. B. die Mikrophone, die dort eingesetzt werden, ebenfalls in ihren Abmessungen reduziert werden. Daneben erfordert der zunehmende Kostendruck auf diese Geräte, wie z. B. Mobiltelefone oder Geräte mit Spracherkennungssystemen, Herstellungsverfahren für Mikrophone weiter zu vereinfachen. Entscheidender Vorteil von Si-Mikrophenen ist deren Temperaturstabilität. Sie können daher mit automatischen Bestückungsautomaten aufgebaut werden und bei Temperaturen von 260°C reflow gelötet werden.

**[0003]** In ihrer Veröffentlichung „Capacitive Microphone with lowstress polysilicon membrane and high-stress polysilicon backplate“ aus Sensors and Actuators (2000) beschreiben Altti Torkkeli et al. ein Mikrophon gemäß dem Stand der Technik. Das Mikrophon besteht aus einer Niedrigstress-Polysilizium-Membran, die bereits bei einem geringen Schalldruck ausgelenkt wird, und einer perforierten Hochstress-Membran, die erst bei einem hohen Schalldruck ausgelenkt wird. Beide Membrane sind durch einen Luftspalt voneinander getrennt. Die Niedrigstress-Membran verändert ihre Form bei einem zu messenden Schalldruck, während die Form der perforierten Hochstress-Membran sich nicht ändert. Hierdurch ändert sich die Kapazität zwischen den beiden Membranen. Die elektrische Isolation der beiden Membrane voneinander wird durch eine Siliziumdioxid- oder eine Siliziumnitridschicht erreicht.

**[0004]** Die Firma Knowles Acoustics bietet auf Ihrer Webseite [www.knowlesacoustic.com/html/silmic.html](http://www.knowlesacoustic.com/html/silmic.html) Mikrophone an, die unter Einsatz von Polysilizium-Schichten gefertigt werden, und die in standardisierten Fertigungsverfahren mit Pick-and-Place Maschinen auf Platinen montiert werden können.

**[0005]** Auch das Unternehmen Sonion bietet auf seiner Webseite [www.sonion.com](http://www.sonion.com) miniaturisierte Mi-

krophone an, deren Breite, Länge und Höhe jeweils geringer als 5mm sind.

**[0006]** Nachteilig an den bekannten Mikrophenen ist die vergleichsweise hohe Kapazität zwischen Substrat und Membran bzw. Gegenstruktur. Die Membranstruktur wird durch Schalldruckschwankungen ausgelenkt, während die Gegenstruktur in ihrer Position verharrt und keine Auslenkung erfährt. Hierdurch ändert sich die Kapazität zwischen den Elektroden. Gleichzeitig bleibt aber der Kapazitätsanteil, der aus den fest eingespannten Bereichen der Membranstruktur und der Gegenstruktur untereinander und gegenüber dem Substrat herrührt, konstant. Die Kapazität des Mikrophons kann also durch eine Parallelschaltung zweier Kondensatoren symbolisiert werden, von denen ein erster Kondensator, der durch eine Elektrodenfläche zwischen den Randbereichsgrenzen gebildet wird, seine Kapazität in Abhängigkeit von dem Schalldruck ändert. Ein zweiter Kondensator in dieser Parallelschaltung, der durch die Elektrodenfläche links der Randbereichsgrenze und rechts der Randbereichsgrenze gebildet wird und durch die Kapazitäten zwischen den Elektroden und dem Substrat, ist von einer Intensität eines einfallenden Schalls unabhängig. Die Gesamtkapazität der Parallelschaltung variiert nur mit der Änderung der Kapazität des ersten Kondensators. Die prozentuale Empfindlichkeit, also die Kapazitätsänderung bezogen auf die Gesamtkapazität geteilt durch eine Schalldruckänderung, ist daher aufgrund der hohen statischen Kapazität begrenzt. Ein kleines Verhältnis der Kapazitätsänderung zur Gesamtkapazität führt dazu, daß ein hoher Aufwand zur Signalverarbeitung betrieben werden muß. Dies bedeutet wiederum, daß dem eigentlichem Silizium-Mikrophon nachgelagerte Signalverarbeitungsstufen aufgrund des kleinen Verhältnisses aufwendig und damit teuer und chipflächenintensiv sind, was wiederum die Preisreduktion bei der Massenherstellung des Mikrophonsystems aus Silizium-Mikrophon mit integrierter Auswerteschaltung einschränkt. Insbesondere sinkt das Signal zu Rauschverhältnis mit abnehmender aktiver Kapazität.

## Aufgabenstellung

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Drucksensor zu schaffen, der preisgünstig integrierbar ist, und ein Verfahren zum Betreiben des Drucksensors.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch einen Drucksensor gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 20 gelöst.

**[0009]** Die vorliegende Erfindung schafft einen Drucksensor mit einem Substrat, einer Gegenstruktur, die auf dem Substrat aufgebracht ist, einem Dielektrikum auf der Gegenstruktur, einer Membran auf

dem Dielektrikum, wobei die Membran oder die Gegenstruktur durch einen angelegten Druck auslenkbar ist, und einer Schutzstruktur, wobei die Schutzstruktur von der Gegenstruktur und der Membran isoliert ist, und wobei die Schutzstruktur so bezüglich der Membran oder der Gegenstruktur angeordnet ist, daß sich eine Kapazität zwischen der Schutzstruktur und der Membran oder der Schutzstruktur und der Gegenstruktur bildet, und mit einer Einrichtung zum Liefern eines Potentials an der Schutzstruktur, das sich von einem Potential an der Gegenstruktur oder der Membran unterscheidet.

**[0010]** Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, zusätzlich zu einer Membran und einer Gegenstruktur eine Schutzstruktur anzubringen, die auf einem von einem Potential der Membran oder der Gegenstruktur abweichenden Potential liegt, und damit zur Ausblendung einer Komponente der statischen Kapazität dient. So wird die statische Kapazität auch durch die zwischen der Membran bzw. Gegenstruktur und dem Substrat anliegende Kapazität bestimmt. Die Kapazität zwischen Membran bzw. Gegenstruktur und Substrat kann durch eine Reihenschaltung aus einer ersten Kapazität zwischen der Membran bzw. Gegenstruktur und der Schutzstruktur und einer zweiten Kapazität zwischen Schutzstruktur und Substrat dargestellt werden. Durch ein Ausblenden der ersten Kapazität wird die Gesamtkapazität der Reihenschaltung reduziert.

**[0011]** Der Vorteil der Erfindung besteht in der besseren Empfindlichkeit des Drucksensors, die sich durch die dadurch erzielte Reduzierung der statischen Kapazität ergibt. Diese verbesserte Empfindlichkeit führt zu einer Aufwandsreduzierung in den dem Mikrofon nachfolgenden Signalverarbeitungseinheiten.

**[0012]** Die Vorteile dieser Aufwandsreduzierung liegen in einer geringen Chipfläche des gesamten Drucksensorsystems, des Systems aus dem eigentlichen Drucksensor und der Schaltung zur Auswertung eines Drucksensorssignals, einer höheren Fertigungsausbeute und den damit verbundenen Kostenreduktionen für die Herstellung des Drucksensorsystems.

**[0013]** Durch die erhöhte Empfindlichkeit des Drucksensors ist auch der Aufwand für das Testen von diesem geringer.

**[0014]** Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel hat die Membran Durchlässe, so daß sie nur auf einen dynamischen Druck nicht aber auf einen statischen Druck anspricht.

#### Ausführungsbeispiel

**[0015]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorlie-

genden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0016]** [Fig. 1](#) eine schematische Schnittdarstellung des Drucksensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0017]** [Fig. 2a](#) eine Membranstruktur eines weiteren Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

**[0018]** [Fig. 2b](#) eine Gegenstruktur eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

**[0019]** [Fig. 2c](#) eine Draufsicht auf ein Mikrofon mit dargestellten Überlappungen;

**[0020]** [Fig. 3a](#) eine vergrößerte Darstellung der Membranstruktur des Ausführungsbeispiels unter [Fig. 2a](#)-c;

**[0021]** [Fig. 3b](#) eine vergrößerte Darstellung der Gegenstruktur des Ausführungsbeispiels unter [Fig. 2a](#)-c;

**[0022]** [Fig. 3c](#) eine vergrößerte Darstellung der Membranstruktur und der Gegenstruktur des Mikrophons des Ausführungsbeispiels unter [Fig. 2a](#)-c;

**[0023]** [Fig. 4](#) eine Darstellung des gesamten Mikrofonkörpers des Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung; und

**[0024]** [Fig. 5a](#)-h ein Verfahren zur Herstellung eines Ausführungsbeispiels eines Mikrophons gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0025]** [Fig. 6](#) Ersatzschaltung eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

**[0026]** [Fig. 7](#) Erläuterung des Mehrschichtenaufbaus und Ersatzschaltung in dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

**[0027]** [Fig. 8](#) Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

**[0028]** [Fig. 9](#) Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung.

**[0029]** [Fig. 8](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Drucksensors gemäß der vorliegenden Erfindung. Zu erkennen ist ein Drucksensor **1**. Dieser hat einen Membrananschluss **81**, einen Gegenstrukturanschluss **91**, einen Guardring **96**, der hier nur schematisch gezeigt ist, und einen Guardringanschluss **101**.

**[0030]** Über das Druckeinlassloch **377** dringt eine von außen kommende Druckänderung, die zu einer Auslenkung einer Membranstruktur **11**, die später

noch erläutert wird, führt, ein. Die Auslenkung der Membranstruktur **11** führt zu einer Kapazitätsänderung der Kapazität zwischen Membrananschluß **81** und Gegenstrukturanschluß **91**.

**[0031]** An dem Gegenstrukturanschluß **91** und einem Masseanschluß **386** liegt eine konstante Gleichspannung an. Der Spannungsteiler **396a**, **396b** führt zu einer Einstellung des Arbeitspunktes der Drucksensoranordnung, wobei das Potential für den Arbeitspunkt exakt zwischen den beiden Spannungsteilerwiderständen **396a**, **396b** abgegriffen wird.

**[0032]** Eine Änderung der Kapazität zwischen dem Gegenstrukturanschluß **91** und dem Membrananschluß **81** führt zu einer Änderung des Stroms über den Ausgangswiderstand **411** und damit zu einer Spannungsänderung an dem Membrananschluß **81**. Diese Potentialänderung am Membrananschluß **81** bewirkt eine Änderung der Eingangsspannung des Impedanzwandler **376**.

**[0033]** In der Beschaltung mit dem Serienwiderstand **374** fungiert der Transistor **376** als Impedanzwandler **376** und bildet zusammen mit dem Serienwiderstand **374** einen Spannungsteiler für die an einem Gegenstrukturanschluß **91** und dem Massepotentialanschluß **386** anliegende Gesamtspannung. Eine Änderung des Eingangspotentials des Impedanzwandlers **376**, das auf dem Potential des Membrananschlusses **81** liegt, führt zu einer Änderung des Stroms durch diesen, wodurch sich das Ausgangssignalpotential **401** ändert. Der sich ändernde Strom durch den Impedanzwandler **376** und den konstant bleibenden Serienwiderstand **374** führt nämlich zu einer Änderung des Spannungsabfalls an dem konstanten Serienwiderstand **374** und damit zu einer Änderung des Potentials am Ausgang **401**. Somit ist das Ausgangssignalpotential **401** von der Kapazität an dem Drucksensor **1** abhängig. Da das Ausgangssignalpotential **401** mit dem Guardringanschluß **101** elektrisch leitend verbunden ist, liegt der Guardring **96** stets auf dem Potential des Ausgangssignals **401**.

**[0034]** Entscheidend hierbei ist auch, daß der Guardring **96** von dem Membrananschluß **81** galvanisch getrennt ist. In dieser Schaltung ist die Spannung an dem Guardring **96** so eingestellt, daß sie der Spannung am Membrananschluß **81** entspricht.

**[0035]** Auch der Transistor **431** fungiert als ein Impedanzwandler, der über den Eingangswiderstand **421** und den Reihenwiderstand **451** eingestellt wird und erhält allerdings kein Signal. Typischerweise ist er dabei ähnlich wie der Impedanzwandler **376** eingestellt, so daß das Potential an einem Referenzausgang **441** einem Gleichanteil des Ausgangssignalpotentials **401** entspricht. Ein Differenzsignal aus dem

Ausgangssignalpotential **401** und dem Referenzsignal **441** entspricht somit einem in seinen offset-Anteilen reduzierten Ausgangssignalpotential **401**. Somit dient das Potential an dem Referenzausgang dazu den Gleichsignalanteil in dem Ausgangssignalpotential **401** zu kompensieren. Das Differenzsignal des Ausgangssignalpotentials **401** und des Referenzsignals **441** läßt sich leichter von nachfolgenden Signalverarbeitungseinheiten verarbeiten.

**[0036]** Da das Ausgangssignalpotential **401** auch an dem Guardring **96** anliegt, und in dieser Schaltung so eingestellt ist, daß es dem Potential an dem Membrananschluß **81** entspricht, liegt der Guardring **96** damit auf dem Potential der Membran **81**. Somit dient der Guardring **96** als Schutzstruktur und unterstützt die Ausblendung einer statischen Kapazität der Membran gegen das Substrat.

**[0037]** Gleichzeitig sind die Membranstrukturanschluß **81** und der Guardring **96** jedoch galvanisch voneinander getrennt.

**[0038]** [Fig. 6](#) erläutert eine Ersatzschaltung eines Drucksensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Aufgeführt sind ein Drucksensorauschnitt **356** und eine entsprechende Ersatzschaltung **366**. Der Drucksensorauschnitt zeigt die Membran **11**, die Gegenstruktur **16**, den Guardring **96**, den Gegenstrukturanschluß **91**, den Membrananschluß **81** und den Guardringanschluß **101**.

**[0039]** Die Ersatzschaltung umfaßt eine Substratpotential **246**, ein Gegenstrukturpotential **256**, ein Guardringpotential **266**, ein erstes Membranpotential **276**, ein zweites Membranpotential **286** und ein drittes Membranpotential **296**. Die jeweiligen Potentiale sind hierbei als Platten dargestellt.

**[0040]** Zwischen den Potentialplatten **246**, **256**, **266**, **276**, **286**, **296** treten Kapazitäten auf. So liegt zwischen der Massepotentialplatte **246** und der Gegenstruktur **256** die Gegenstrukturkapazität **306**, zwischen dem Guardring **266** und der Masse **246** die Guardringkapazität **316** und zwischen dem Guardring **266** und der Membran **276** die erste Membrankapazität **346**. Außerdem treten zwischen den Abgriffen **286**, **296** an der Widerstandsschicht **66** und der Masse **246** die zweite Membrankapazität **326** und die dritzte Membrankapazität **336** auf.

**[0041]** Durch eine Einrichtung zum Liefern eines Potentials einer Schutzstruktur **266**, wobei die Schaltungseinrichtung in [Fig. 8](#) erläutert ist, wird das Potential **266** des Guardrings **101** auf den selben Wert wie das Potential **276** der Membran **81** gehalten.

**[0042]** Somit tritt an der Kapazität **376** zwischen der Membran **11** und dem Guardring **96** keine Spannung auf. Der Guardring **96**, der die Gegenstruktur **16** um-

gibt, verringert eine Kapazität zwischen einer Membran **11** und dem Substrat, das hier nicht gezeigt ist. Die Kapazität zwischen der Substratplatte **246** und der Membranplatte **276**, die ja in dieser Ersatzschaltung **366** die Potentiale symbolisieren, wird durch eine Reihenschaltung aus einer ersten Kapazität **316** zwischen dem Guardring **96** und dem Substrat und einer zweiten Kapazität **346** zwischen dem Guardring **96** und der Membran **11** gebildet.

**[0043]** Wird der Guardring **96** auf ein Potential der Membran **11** gebracht, so entspricht dies einer Ausblendung der Kapazität **346** und damit einer Reduzierung der Gesamtkapazität der Reihenschaltung aus der Kapazität **316** und der Kapazität **346**, da ja die Gesamtkapazität einer Reihenschaltung durch den Kapazitätswert der kleineren Schaltung bestimmt ist.

**[0044]** [Fig. 7](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Drucksensors der vorliegenden Erfindung. Es umfaßt die Membranstruktur **11**, die Gegenstruktur **16**, den Membrananschluss **81**, den Guardring **96**, ein Substrat **471**, ein Dielektrikum **481** und eine Isolationschicht **491**. [Fig. 7](#) erläutert die Anordnung der Elemente in einem Mehrschichtenaufbau und die zwischen den verschiedenen Schichten zustande kommenden Kapazitäten.

**[0045]** Der Membranstrukturanschluss **81** ist durch die Isolationschicht **491** von dem Guardring **96** elektrisch getrennt.

**[0046]** Zwischen der Membran **11** und der Gegenstruktur **16** liegt die Drucksensorkapazität **501**. Sie ist im wesentlichen von der Fläche der sich überlappenden Membran **11** und der Gegenstruktur **16**, und dem Abstand der beiden Elektroden voneinander abhängig. Die Membranguardringkapazität **346** zwischen der Membran **11** und dem Guardring **96** entsteht durch die sich überlappenden Flächen zwischen der Membran **11** und dem Guardring **96**. Die Guardringkapazität **316** baut sich zwischen dem Substrat **471** und dem Guardring **96** auf, und die Gegenstrukturkapazität **306** entsteht zwischen der Fläche des Substrats **471** und der Fläche der Gegenstruktur **16**. Die Anordnung in [Fig. 7](#) kann wieder durch die in [Fig. 6](#) gezeigte Ersatzschaltung **366** symbolisiert werden.

**[0047]** [Fig. 9](#) erläutert eine grundsätzliche Funktionsweise des Drucksensors gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der Drucksensor ist an eine Gleichspannungsquelle **511** angeschlossen, und weist eine Kapazität **501** und einen Gesamtwiderstand **541** auf.

**[0048]** Durch die Änderungen der Kapazität zwischen der Membran **11** und der Gegenstruktur **16** ergibt sich eine Wechselspannung, die durch die Wechselspannungsquelle **521** symbolisiert wird. Die Höhe der Wechselspannungsamplitude ist dabei von

der Auslenkung der Membran **11** abhängig.

**[0049]** Der Spannungsabfall an dem Gesamtwiderstand **541** liegt an einem Eingang eines nachgelagerten Impedanzwandlerelements **561** an, das häufig als Einheitsverstärker mit einer Verstärkung kleiner als eins und vorzugsweise nahe eins ausgeführt ist, wobei die typischen Werte 0.6 und 0.9 liegen. Der Ausgang des Impedanzwandlerelements **561** ist über die parasitäre Kapazität **551** des Drucksensors **1**, die hauptsächlich durch die Membranguardringkapazität gebildet wird, an den Eingang des Impedanzwandlerelements rückgekoppelt. Durch eine Rückkopplung des Ausgangssignals auf die parasitäre Kapazität wird ein Umladen dieser und damit eine Belastung des Signals reduziert. Zur zusätzlichen Verringerung der parasitären Kapazität werden Ausnehmungen in der Gegenstruktur **16** und der Membran **11** gebildet. Die Signalverarbeitungsschaltung **571** filtert das Ausgangssignal und verstärkt es, bevor das Ausgangssignal an dem Ausgang **581** abgegriffen wird.

**[0050]** [Fig. 1](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Man erkennt einen Membranträger **6**, die Membranstruktur **11**, einen Luftpalt **15** zwischen der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16**, eine linke Randbereichsgrenze **21** und eine rechte Randbereichsgrenze **26**. Die Membranstruktur **11** ist rechts von der Randbereichsgrenze **26** fest in den Membranträger **6** eingespannt und weist an der linken Randbereichsgrenze **21** eine Ausnehmung auf. Die Gegenstruktur **16** ist links von der Randbereichsgrenze **21** fest in den Membranträger **6** eingespannt und weist an der rechten Randbereichsgrenze **26** eine Ausnehmung auf. Der Drucksensor gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist Ausnehmungen in der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** in dem Randbereich der Membranstruktur, also links von der Randbereichsgrenze **21** und rechts von der Randbereichsgrenze **26**, auf. Somit überlappen sich die Membranstruktur **11** und die Gegenstruktur **16** in dem Randbereich nicht. Hierdurch wird in der Parallelschaltung der Kapazität des Sensors und der parasitären Kapazität, die parasitäre Kapazität, die durch die Überlappung der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** in dem Randbereich entsteht, eliminiert. Die Empfindlichkeit des Mikrophonkörpers **1**, also die prozentuale Kapazitätsänderung der kapazitiven Anordnung bei einem auf der Membranstruktur auftreffenden Schall steigt dadurch.

**[0051]** Zusätzlich wird, was hier nicht gezeigt ist eine Schutzstruktur zwischen der Gegenstruktur **16** und dem Membranträger **6** um die Gegenstruktur **16** herum angebracht. Diese wird von einer hier nicht gezeigten Einrichtung auf ein von der Gegenstruktur abweichendes Potential gebracht, was einen Teil der Kapazität zwischen dem Membranträger **6** und der Gegenstruktur **16** ausblendet.

[0052] [Fig. 2a](#) zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, indem es die Struktur einer Membran in Frontalsicht darstellt. Man erkennt die Membranstruktur **11**, eine Randbereichsgrenze **56**, Ausnehmungen **61** in der Membranstruktur **11**, eine Widerstandsschicht **66** und einen Anschluß der Membranstruktur **67**. Wie in den folgenden [Fig. 2b](#) und [Fig. 2c](#) erläutert wird, sind die Ausnehmungen **61** so angeordnet, daß die Überlappungen zwischen der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** von dem Ausführungsbeispiel dieses Mikrophons außerhalb der kreisförmigen Randbereichsgrenze **56** reduziert sind.

[0053] [Fig. 2b](#) erläutert die Anordnung der Gegenstruktur **16**. Man erkennt die Gegenstruktur **16**, die Randbereichsgrenze **56**, Ausnehmungen **76** der Gegenstruktur **16**, den Anschluss **91** für die Gegenstruktur **16**, den Guardring **96**, den Anschluss **101** für den Guardring **96** und einen Kontakt **108** für die Membranstruktur **11** über den Vorladewiderstand **66**. Die Ausnehmungen in der Gegenstruktur **16** sind so angeordnet, daß die Flächenüberlappung mit der Membranstruktur **11** reduziert ist, was die parasitären Kapazitäten verringert. Der Guardring **96**, der in der Gegenstrukturschicht angeordnet ist, liegt auf einem von der Gegenstruktur **16** abweichenden Potential, und schirmt damit zusätzlich die in dem Randbereich, also außerhalb des Kreises **56**, entstehende parasitäre Kapazität zwischen der Membranstruktur **11** und dem Substrat, das hier nicht gezeigt ist, ab. Da der Guardring **96** in der selben Schicht liegt wie die Gegenstruktur **16**, und möglichst gut ausblenden soll, weist der Guardring **96** unterschiedliche Breiten auf, eine geringe Breite in Bereichen, in denen er einem Steg der Gegenstruktur gegenüberliegt und eine große Breite in Bereichen, in denen er einer Ausnehmung **76** der Gegenstruktur **16** gegenüberliegt.

[0054] [Fig. 2c](#) zeigt eine Draufsicht auf die Membran, wobei jetzt ein schematischer Aufbau des Mikrophons gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt wird, da jetzt sowohl die Membranstruktur **11** als auch die Überlappungen mit Ausnehmungen **76** der Gegenstruktur **16** dargestellt werden. Diese Überlappungen wären zum Teil normalerweise nicht sichtbar, sollen aber zum besseren Verständnis dargestellt werden. Man erkennt die Membranstruktur **11**, die Randbereichsgrenze **56**, die Ausnehmungen in der Membranstruktur **61**, die Widerstandsschicht **66**, Bereiche **77** der Membranstruktur **11**, die den Ausnehmungen **76** der Gegenstruktur **16** gegenüber liegen, den Gegenstrukturanschluß **91**, den Guardring **96**, den Guardringanschluß **101**, einen Kontakt **108** an der Widerstandsschicht **66** und einen Membrankontakt **110**. Die Ausnehmungen in der Membranstruktur **61** und die Bereiche **77** der Membranstruktur **11**, die den Ausnehmungen **56** in der Gegenstruktur **16** gegenüber liegen, sind so angeordnet, daß die Flächenüberlappungen zwischen

der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** im Vergleich zur Anordnung ohne Ausnehmungen reduziert sind. Der Guardring **96** liegt wiederum auf einem von der Gegenstruktur **16** abweichenden Potential und trägt somit noch zusätzlich zur Abschirmung der parasitären statischen Kapazitäten bei. Insbesondere ist das Potential, auf das der Guardring **96** gebracht wird zwischen dem Potential der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** und vorzugsweise auf dem Membran-Potential.

[0055] [Fig. 3a](#) zeigt eine vergrößerte Darstellung der Membranstruktur **11** des Mikrophons **1**, das auf dem in [Fig. 2a-c](#) erläuterten Ausführungsbeispiel gemäß den Erkenntnissen der vorliegenden Erfindung entworfen ist. Es zeigt die Membranstruktur **11**, eine Steglänge **47** der Membranstruktur **11**, die Randbereichsgrenze **56**, die Ausnehmungen **61** in der Membranstruktur **11** und Korrugationsrillen **106**. In diesem Ausführungsbeispiel sind 6 Korrugationsrillen in der Membranstruktur **11** eingebracht, jedoch könnte jede beliebige andere Anzahl an Korrugationsrillen vorzugsweise zwischen 3 und 20 in der Membranstruktur **11** vorhanden sein. Die Aufgabe der Korrugationsrillen ist es, die mechanische Spannung in der unter Zugstreß stehenden Membranschicht zu reduzieren. Damit sind insgesamt größere Auslenkungen möglich. Es bleibt aber nach wie vor bei einem Membranverhalten, wobei auch die Biegelinie einer Membran erhalten bleibt. Die Ausnehmungen in der Membranstruktur **61** außerhalb der durch die Korrugationsrillen umschlossenen Fläche haben wiederum die Funktion, die Überlappung der Membranstruktur **11** mit der Gegenstruktur **16** in dem Randbereich der Membranstruktur **11** zu reduzieren.

[0056] In [Fig. 3b](#) ist eine vergrößerte Darstellung der Anordnung der Gegenstruktur **16** aufgeführt. Man erkennt in der Darstellung eine Steglänge **48** der Gegenstruktur **16**, die Randbereichsgrenze **56**, die Ausnehmungen **76** in der Gegenstruktur **16**, den Anschluß für die Gegenstruktur **91**, den Guardring **96**, einen Gegenstrukturbereich **107**, der einer Ausnehmung **61** in der Membranstruktur **11** gegenüberliegt, und einen Gegenstrukturbereich **111**, der einem Bereich der Membranstruktur **11** gegenüber liegt, in dem diese keine Ausnehmungen hat. Die Steglänge **48** der Gegenstruktur **16** erstreckt sich von der Randbereichsgrenze bis zu einem äußeren Ende des Stegs der Gegenstruktur **16**.

[0057] Der Guardring **96** liegt dabei auf einem von der Gegenstruktur **16** abweichenden Potential, was dazu führt, daß das daraus resultierende elektrische Feld zur Abschirmung der parasitären Kapazitäten in dem Randbereich beiträgt. Auch die Ausnehmung **76** in der Gegenstruktur **16**, die dem Bereich in der Membranstruktur **11** gegenüber liegen, in denen diese keine Ausnehmungen hat, tragen zur Reduzierung der parasitären Kapazitäten bei. Daneben zeigt

diese Figur auch, daß in der Membranstruktur **11** in dem Randbereich eine Ausnehmung ist, die einem Bereich der Gegenstruktur **16** gegenüber liegt, in dem diese keine Ausnehmung hat, da die Gegenstruktur **11** in diesem Bereich zur mechanischen Stabilisierung an dem Membranträger **6** eingespannt ist.

[0058] [Fig. 3c](#) zeigt eine vergrößerte Gesamtansicht frontal auf die Membranstruktur **11** und damit einen vergrößerten Ausschnitt aus einem Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung und erläutert wiederum die Überlappungen zwischen Membran **11** und Gegenstruktur **16**. Diese Überlappungen sind wiederum analog zu der Ansicht von [Fig. 2c](#) zum Teil eigentlich nicht sichtbar, jedoch aus Erläuterungszwecken dargestellt. Zu erkennen ist eine Überlappung **51** der Membranstruktur **11** mit der Gegenstruktur **16**, die Ausnehmungen **61** in der Membranstruktur **11**, ein Membranbereich **77**, der Ausnehmungen **76** in der Gegenstruktur **16** gegenüberliegt, der Gegenstrukturanschluß **91**, der Guardring **96** und die Korrugationsrillen **106**. Der Membranbereich **77** der Ausnehmungen **76** in der Gegenstruktur **16** gegenüberliegt setzt sich aus zwei Bereichen zusammen, aus Bereichen **82**, die dem Guardring **96** gegenüberliegen, und aus Bereichen **52**, die dem Guardring **96** nicht gegenüberliegen. Die überlappenden Flächen zwischen der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** sind in den Randbereichen reduziert und die parasitären Kapazitäten, die ja vornehmlich in dem Randbereich auftreten, werden zusätzlich über den vorzugsweise vorgesehenen Guardring **96** abgeschirmt. Die statische Kapazität bildet sich somit nur zwischen den versetzt zueinander angeordneten Stegen der Membran- **11** und der Gegenstruktur **16** aus. Somit wird durch diese schräge Anordnung der Kondensatorplatten die feste Kapazität auf 5 % des ursprünglichen Werts einer Anordnung ohne Ausnehmung abgesenkt. Auch wird die mechanische Stabilität der Anordnung mit Ausnehmungen in der Membran **11** und der Gegenstruktur **16** gegenüber einer Anordnung ohne Ausnehmungen reduziert. Die Reduktion der Stabilität kann durch eine höhere Gegenstrukturschichtdicke kompensiert werden.

[0059] Die Membranstruktur **11** wird dabei über den gesamten Bereich ausgelenkt, auch über die Korrugationsrillen hinaus an den Stegen. Die genaue Biegelinie weicht etwas von derjenigen einer Kreismembran ab. Die wesentliche Rolle der Korrugationsrillen **106** liegt darin den vorhandenen Schicht-Zugstress in der Membranstruktur **11** zumindest teilweise zu relaxieren, wobei aber ein typisches Membranverhalten der Membranstruktur **11** weiterhin vorhanden ist.

[0060] [Fig. 4](#) zeigt eine Gesamtansicht der in [Fig. 2c](#) gezeigten Anordnung, wobei jetzt in dieser Gesamtanordnung auch die Korrugationsrillen **106** dargestellt sind, eine Widerstandskontaktierung **108**, eine Guardringkontaktierung **109**, eine Membrankon-

taktierung **110** und eine Substratkontaktierung **112**. Die Gesamtanordnung aus [Fig. 2c](#) mit den Kontaktierungen **108**, **109**, **110**, **112** befindet sich in einem Mikrophonkörperahmen **116**. Die Substratkontaktierung **112** ist mit dem Anschluß **91** für die Gegenstruktur **16** leitend verbunden. Die Gegenstruktur **16** liegt damit auf dem selben Potential wie ein Substrat des Mikrophons. Die Widerstandskontaktierung **108** ist über die Widerstandsschicht **66** mit der Membranstruktur **11** leitend verbunden. Die Guardringkontaktierung **109** ist mit dem Guardring **96** leitend verbunden, während die Membrankontaktierung **110** an die Membranstruktur **11** angeschlossen ist.

[0061] [Fig. 5a-h](#) zeigen ein Herstellungsverfahren für einen Drucksensor nach einem Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung. [Fig. 5a](#) zeigt ein Substrat **146**, auf dem eine Ätzstoppschicht **151** aufgebracht wird, auf der wiederum die Gegenstrukturschicht **16** aufgebracht wird. Diese Gegenstrukturschicht **16** umfaßt zu dieser Phase des Fertigungsprozesses auch noch die als Guardring auszuführende Schutzstruktur. In der Gegenstrukturschicht **16** werden Löcher **156** und Ausnehmungen zwischen dem Guardring **96** und der Gegenstruktur **16** freigeätzt.

[0062] Anschließend wird, wie in [Fig. 5b](#) gezeigt, auf einem in [Fig. 5a](#) gezeigten Mehrschichtenaufbau eine Opferschicht **161** aufgebracht, wobei die Opferschicht auch eine Oberfläche des Mehrschichtenaufbaus bedeckt, auf der bereits die Gegenstruktur aufgebracht ist. In einem weiteren Verfahrensschritt werden Ausnehmungen **166** für die Korrugationsrillen **106** freigeätzt. Während einem folgenden Phototechnikschrift werden Ausnehmungen **171** für Anti-Sticking-Bumps **172** in der Opferschicht **161** freigeätzt, wobei (hier nicht gezeigt) diese Ausnehmungen **171** für Anti-Sticking-Bumps **172** auch in den Ausnehmungen **166** für die Korrugationsrillen **106** geätzt werden können. Anschließend wird, wie in [Fig. 5c](#) gezeigt, eine Membranstrukturschicht **11** auf der Opferschicht **161** aufgebracht, so daß die Membranstruktur **11** auch die Ausnehmungen **171** für die Anti-Sticking-Bumps **172** und die Ausnehmungen **166** für Korrugationsrillen **106** füllt, so daß die Anti-Sticking-Bumps **172** und die Korrugationsrillen **106** Teil der Membranstrukturschicht **11** sind. Danach wird die Membranstruktur **11** noch in einer geeigneten Weise strukturiert, damit ihre Abmessungen die weiteren Fertigungsschritte ermöglichen.

[0063] Die Anti-Sticking-Bumps **172** sind insbesondere spitze vorzugsweise pyramiden- oder nadelförmige Erhöhungen in der Membranstruktur **11**. Bei einer zu starken Auslenkung der Membranstruktur **11** in Richtung der Gegenstruktur **16** berühren zuerst die Anti-Sticking-Bumps **172** die Gegenstruktur **16**. Sie dienen dazu, die Oberfläche, mit der sich die Membran- **11** und die Gegenstruktur **16** berühren gering zu

halten, und damit ein Festhaften der Membranstruktur **11** an der Gegenstruktur **16** zu erschweren. Dies verringert die Wahrscheinlichkeit einer Zerstörung des Mikrophons aufgrund von elektrischer Überspannung oder kondensierter Feuchte im Luftspalt, deren Verdampfen aufgrund der Oberflächenspannung zu einem Ankleben einer glatten Membran führen würde.

**[0064]** In einem nachfolgenden Herstellungsschritt wird die Opferschicht **161** strukturiert, so daß sie, wie in diesem Ausführungsbeispiel dargestellt, zum Teil bis an die Kante der Gegenstruktur **16** reicht, aber auch die Gegenstruktur **16** teilweise freigelegt wird. Diese Freilegung der Gegenstrukturschicht **16** ermöglicht eine Kontaktierung von dieser mittels eines Kontaktlochs, das in den weiteren Schritten erzeugt wird.

**[0065]** Danach wird auf den Mehrschichtenaufbau aus [Fig. 5d](#) eine Zwischenoxidschicht **176** aufgebracht. In der Zwischenoxidschicht **176** werden Durchkontaktierungen eingebracht, eine für ein Membrankontaktloch **181**, eine für ein Gegenstrukturkontaktloch **186** und jeweils eine für den Substratanschluß und den Guardringanschluß, wobei die Durchkontaktierungen für den Substratanschluß und den Guardringanschluß hier nicht gezeigt sind. Auf dem Zwischenoxid **176** werden elektrische Kontakte z. B. aus metallischen Materialien aufgebracht, so daß die Membrankontaktierung **110** entsteht, die mit dem Membrankontaktloch **181** leitend verbunden ist, und eine Gegenstrukturkontaktierung **112** entsteht, die mit dem Gegenstrukturkontaktloch **186** leitend verbunden ist.

**[0066]** In einem weiteren Verfahrensschritt wird das Zwischenoxid **176** von einem Teil der Membranstruktur **11** wieder entfernt um den in [Fig. 5e](#) dargestellten Mehrschichtenaufbau zu erhalten.

**[0067]** Der Mehrschichtenaufbau aus [Fig. 5e](#) wird in dem nächsten Fertigungsschritt mit einer Schutzpassivierungsschicht **211** auf der dem Substrat abgewandten Oberfläche überzogen. Danach wird die Schutzpassivierungsschicht **211** von der Membranstruktur **11**, in dem Bereich außerhalb des Randbereichs und einem Teil des Randbereichs, von einem Teil der Membrankontaktierung **110** und von einem Teil der Gegenstrukturkontaktierung **112** entfernt. Dieses Entfernen der Schutzpassivierungsschicht **211** kann beispielsweise in einem maskierten Ätzprozeß erfolgen. Der so gewonnene Mehrschichtenaufbau ist in [Fig. 5f](#) gezeigt.

**[0068]** Danach werden Wafer, die die Chips umfassen, die den dargelegten Mehrschichtenaufbau aufweisen, gedünnt. Selbstverständlich können auch einzelne Chips gedünnt werden, jedoch ist aus Kostengründen das Dünnen von Wafern häufig vorteil-

haft. Dies führt zu einer Reduzierung der Dicke des Substrats **146**. Danach wird eine Maskierungsschicht **221** auf der der Membranstruktur **11** abgewandten Oberfläche des Substrats **146** aufgebracht. In einem weiteren Phototechnikschnitt wird die Maskierungsschicht **221**, in den Bereichen, in denen das Substrat **146** freigeätzt werden soll, entfernt. Dieses Entfernen der Hartmaskenschicht **221** wird häufig ebenfalls durch einen maskierten Ätzprozeß durchgeführt. Anschließend wird das Substrat **146** von der Oberfläche aus, die zumindest teilweise mit der Hartmaske **221** bedeckt ist, in einem anisotropen Trockenätzungsverfahren freigeätzt, wobei dieser Freiätzungsprozeß auf der Ätzstoppschicht **151** angehalten wird. Das Substrat **146** weist damit in einem nicht von der Hartmaske **221** bedeckten Bereich eine Ausnehmung **226** auf, deren Tiefe bis zur Ätzstoppschicht **151** reicht. Der daraus resultierende Aufbau ist in [Fig. 5g](#) dargestellt. In der Regel reicht für die Ausnehmung des Substrats **226** eine Fotolackmaske. Der Ätzprozeß ist ein anisotroper Trockenätzprozeß bzw. DRIE – deep reactive ion etch – oder auch der sogenannte Bosch-Prozeß.

**[0069]** In einem nächsten Fertigungsschritt wird die Ätzstoppschicht **151** innerhalb Randbereichsgrenzen **241** entfernt und anschließend auch die Opferschicht **161** innerhalb der Randbereichsgrenzen **241** durch Löcher **231** in der Gegenstruktur **16** hindurch freigeätzt. Hierdurch entstehen Perforierungen **231** in der Gegenstruktur **16** und ein Luftspalt **236** zwischen der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16**. Idealerweise sind die Ätzstoppschicht **151** und die Opferschicht **161** in demselben Material ausgeführt, so daß der Vorgang des Freiätzens der Ätzstoppschicht **151** und der Opferschicht **161** innerhalb der Randbereichsgrenzen **241** zu einem einzigen Fertigungsschritt zusammengefaßt werden können. Anschließend wird der dargestellte Mehrschichtenaufbau noch einem Trocknungsverfahren unterzogen, bevor die einzelnen Chips, die die Mikrophonvorrichtung tragen, aus dem Wafer herausgesägt werden. Dieser Verfahrensschritt wird auch als Vereinzelung bezeichnet. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die in

**[0070]** [Fig. 5a–h](#) durchgeführten Fertigungsschritte auch an einzelnen Chips durchgeführt werden können, wodurch der Schritt der Vereinzelung vor dem Freiätzen ausgeführt würde. Die resultierende Vorrichtung ist in [Fig. 5h](#) dargestellt.

**[0071]** In obigen Ausführungsbeispielen kann das Substrat **146** beispielsweise als Halbleitermaterial, wie z. B. Silizium ausgeführt sein. Die Ätzstoppschicht **151** kann beispielsweise als Oxidschicht vorliegen. Die Gegenstruktur und Membranstruktur können vorzugsweise in demselben Material, aber auch in unterschiedlichen Materialien ausgeführt sein, wobei die eingesetzten Materialien vorteilhafterweise



gut leitend sind, wie z. B. metallische Schichten oder hochdotierte Halbleiterschichten wie beispielsweise Poly-Silizium. Die Opferschicht **161** kann in einem beliebigen isolierenden Material ausgeführt sein, wie vorteilhafterweise häufig bei Halbleitersubstraten einem Oxid, wie z. B. Siliziumdioxid. Auch die Zwischenoxidschicht **176** und die Passivierungsschicht **211** können in beliebigen isolierenden Materialien ausgeführt sein wie vorteilhafterweise bei Halbleitersubstraten aus Oxiden oder Nitriden, wie z. B. bei Silizium Siliziumdioxid oder Siliziumnitrid.

[0072] Auch kann der in [Fig. 4](#) dargestellte Aufbau eines Drucksensors bzw. Mikrophons gemäß der vorliegenden Erfindung eine beliebige Form aufweisen, und die Zahl der Ausnehmungen beliebig hoch sein. Sie liegt aber vorzugsweise unter Berücksichtigung der momentan eingesetzten Strukturbreiten in der Halbleitertechnologie und der daraus resultierenden Abschätzungen für Abmessungen des Mikrophons zwischen 3 und 20. Auch können die Ausnehmungen in beliebiger Form ausgeführt sein, vorteilhaft ist jedoch diese in bogenförmiger oder winkliger Form einzubringen. Eine in obigen Ausführungsbeispielen als Guardring implementierte Guardstruktur, die zur Abschirmung der Gegenstruktur **16** dient, ist ringförmig und in sich geschlossen, jedoch könnte jede beliebige andere geometrische Form gewählt werden, die in sich auch nicht geschlossen sein kann.

[0073] In den obigen Ausführungsbeispielen ist der Impedanzwandler **376** als Transistorschaltung ausgeführt. Alternativen sind aber auch beliebige Schaltungen, die eine galvanische Trennung des Guardringpotentials von dem Potential an dem Membrananschluss **81** implementieren, und gleichzeitig eine Anpassung des Guardringpotentials an den Wert des Potentials der Membranstruktur durchführen. Auch der Invertierer **431** kann alternativ nicht als Transistor sondern als beliebige elektrische Schaltung, die diese Funktion übernimmt, ausgeführt sein.

[0074] In obigen Ausführungsbeispielen ist die Schutzstruktur als Guardring **96** ausgeführt und in der selben Schicht wie die Gegenstruktur **16** angeordnet. Alternativen sind beliebige Anordnungen der Schutzstruktur oder Ausführungen in beliebigen Schichten in dem Drucksensor.

[0075] Obige Ausführungsbeispiele zeigen, daß ein Mikrophon gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die trockene Rückseitenätzung, wie die DRIE-Ätzung, nutzt, um minimale Chipflächen zu gewährleisten. Im Gegensatz zu einem elektrochemischen Ätzstoppverfahren, das in handelsüblichen Chips des Unternehmens Infineon eingesetzt wird, stoppt die DRIE-Ätzung beispielsweise auf einer Oxidschicht **151** und vereinfacht damit die Technologie enorm. Zu diesem Zweck wird eine Poly-Si-Membran **11** sowie eine perforierte Poly-Si-Ge-

genelektrode **16** z. B. eingesetzt. Damit die parasitären Kapazitäten minimal werden, kann auch die Gegenstruktur **16** beispielsweise als netzförmige Membran bzw. Elektrode ausgeformt werden. Hierbei können dann auch gleichzeitig durch eine geschickte Anordnung die Fußpunktkapazitäten beschränkt bzw. getrapped werden. Die Anzahl der Phototechniken verringert sich durch diese Vorgehensweise gegenüber einem Ausführungsbeispiel eines Mikrophons des Stands der Technik von 16 auf 10 Ebenen.

[0076] Auch können z. B. eine netzförmige Poly-Si-Membran und eine netzförmige Poly-Si-Gegenlektrode verdreht zueinander angeordnet werden, so daß die Überlappung der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** reduziert wird. Dies erlaubt z. B. bei einem Doppel-Poly-Membransystem eine gleichzeitige Schirmung parasitärer Kapazitäten der Membranelektrode **11**.

[0077] Obige Ausführungsbeispiele haben gezeigt, daß die Membran über eine beliebige Anzahl wie z. B. 15 Stege an der Opferschicht **161**, die auf dem Substrat **146** aufgebracht ist, aufgehängt ist, vorzugsweise liegt die Anzahl der Stege zwischen 3 und 20. In den obigen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung hat die Gegenstruktur eine der Membran ähnliche Form und ist in dem Randbereich, in dem die Ausnehmungen auftreten, mit Löchern perforiert. Vorteilhafterweise wird in derselben Schicht der Gegenstruktur **16** auch die Guardstruktur festgelegt. Die Guardstruktur ist dabei häufig, besonders bei kreisförmigen Membran- **11** und/oder Gegenstrukturen **16**, als Guardring **96** ausgeführt. Idealerweise überlappen dann Membranstruktur **11** und Gegenstruktur **16** nur im aktiven Bereich, der innerhalb der Randbereichsgrenzen **21**, **26**, **56** liegt. Vorteilhafterweise setzen die Enden der Membranstege, also die Bereiche der Membranstruktur **11**, die zwischen den Ausnehmungen in der Membranstruktur **11** liegen, in dem Bereich der Guardstruktur **96** auf, wobei zwischen der Guardstruktur **96** und der Membranstruktur **11** die Opferschicht **161** liegt. Hierdurch werden die parasitären Kapazitäten in diesem Aufbau deutlich reduziert.

[0078] Obige Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung können in quadratischen Chips implementiert werden, die beispielsweise eine Länge und eine Breite von 1,4 mm haben und eine Dicke von 0,4 mm. Der freie Membrandurchmesser könnte in dieser Anordnung ca. 1 mm betragen. Dabei kann eine 250 nm dicke Polysiliziummembran mit Anti-Sticking-Bumps **172** und sechs Korrugationsrillen **106** implementiert werden. Die Korrugationsrillen unterstützen wiederum das Auslenkverhalten des Mikrophons und erhöhen damit die Empfindlichkeit. Die Membranstruktur **11** läßt sich in dieser Anordnung beispielsweise an 15 Stegen aufhängen, die mechanisch 15 Federn entsprechen. Der Membranstruktur

**11** kann eine Gegenstruktur **16** aus 400 nm dickem Polysilizium gegenüberliegen, das vorteilhafterweise auch über 15 Stege aufgehängt sein kann, was einem mechanischen Verhalten von 15 Federn entspricht. Die Durchmesser der Perforationslöcher **231** können beispielsweise bei 5 µm liegen und die Gegenstruktur **16** kann einen Perforationsgrad von ca. 30 % aufweisen, um eine vorteilhafte Durchführung des Fertigungsverfahrens zu ermöglichen. Ein typischer Wert für den Abstand zwischen der Membranstruktur **11** und der Gegenstruktur **16** ist in dieser Anordnung ca. 2 µm, was zugleich der Dicke der Opferschicht **151** entspricht.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Drucksensor	<b>186</b>	Gegenstrukturkontaktloch
<b>6</b>	Membranträger	<b>211</b>	Schutzpassivierung
<b>11</b>	Membranstruktur	<b>221</b>	Maskierungsschicht
<b>15</b>	Luftspalt	<b>226</b>	Substratausnehmung
<b>16</b>	Gegenstruktur	<b>231</b>	Gegenstrukturperforierung
<b>21</b>	linke Randbereichsgrenze	<b>236</b>	Luftspalt zwischen Membranstruktur und Gegenstruktur
<b>26</b>	rechte Randbereichsgrenze	<b>241</b>	Randbereichsgrenze
<b>47</b>	Steglänge der Membranstruktur	<b>246</b>	Substratpotential
<b>48</b>	Steglänge der Gegenstruktur	<b>256</b>	Gegenstrukturpotential
<b>51</b>	Überlappung der Membranstruktur mit Gegenstruktur	<b>266</b>	Guardringpotential
<b>52</b>	Gegenstruktureausnehmung nicht gegenüber Guardring	<b>276</b>	erstes Membranpotential
<b>56</b>	Randbereichsgrenze	<b>286</b>	zweites Membranpotential
<b>61</b>	Ausnehmungen in der Membranstruktur	<b>296</b>	drittes Membranpotential
<b>66</b>	Widerstandsschicht	<b>306</b>	Gegenstrukturkapazität
<b>67</b>	Anschluß der Membranstruktur	<b>316</b>	Guardringkapazität
<b>76</b>	Ausnehmungen in der Gegenstruktur	<b>326</b>	erste Ersatzschaltkapazität
<b>77</b>	Membranstrukturbereich gegenüber Gegenstruktur	<b>336</b>	zweite Ersatzschaltkapazität
<b>81</b>	Anschluß für Membranstruktur	<b>346</b>	Membranguardringkapazität
<b>82</b>	Gegenstruktureausnehmung gegenüber Guardring	<b>356</b>	Drucksensor
<b>91</b>	Gegenstrukturanschluß	<b>366</b>	Ersatzschaltung
<b>96</b>	Guardring	<b>374</b>	Serienwiderstand
<b>101</b>	Guardringanschluß	<b>376</b>	Impedanzwandler
<b>106</b>	Korrugationsrinne	<b>377</b>	Druckeinlaßloch
<b>107</b>	Gegenstrukturbereich gegenüber Membranausnehmung	<b>386</b>	Masseanschluß
<b>108</b>	Widerstandskontaktierung	<b>396a, b</b>	Spannungsteiler
<b>109</b>	Guardringkontaktierung	<b>401</b>	Ausgangssignalpotential
<b>110</b>	direkte Membrankontaktierung	<b>411</b>	Ausgangswiderstand
<b>111</b>	Gegenstrukturbereich nicht gegenüber Membranausnehmung	<b>421</b>	Eingangswiderstand
<b>112</b>	Substratkontaktierung	<b>431</b>	Transistor
<b>146</b>	Substrat	<b>441</b>	Referenzsignal
<b>151</b>	Ätzstoppschicht	<b>451</b>	Reihenwiderstand
<b>156</b>	Löcher in der Gegenstruktur	<b>461</b>	Kondensator
<b>161</b>	Opferschicht	<b>471</b>	Substrat
<b>166</b>	Ausnehmung für Korrugationsrinne	<b>481</b>	Dielektrikum
<b>171</b>	Ausnehmung für Anti-Sticking-Bump	<b>491</b>	Isolationsschicht
<b>172</b>	Anti-Sticking-Bump	<b>501</b>	Drucksensorkapazität
<b>176</b>	Zwischenoxid	<b>511</b>	Gleichspannungsquelle
<b>181</b>	Membrankontaktloch	<b>521</b>	Wechselspannungsquelle
		<b>541</b>	Gesamtwiderstand
		<b>551</b>	parasitäre Kapazität
		<b>561</b>	Impedanzwandlerelement
		<b>571</b>	Signalverarbeitungsschaltung
		<b>581</b>	Ausgangssignal

#### Patentansprüche

1. Drucksensor (**1**) mit folgenden Merkmalen: einem Substrat (**471**); einer Gegenstruktur (**16**), die auf dem Substrat (**471**) aufgebracht ist; einem Dielektrikum (**481**) auf der Gegenstruktur (**16**); einer Membran (**11**) auf dem Dielektrikum (**481**), wobei die Membran (**11**) oder die Gegenstruktur (**16**) durch einen angelegten Druck auslenkbar ist; einer Schutzstruktur (**96**), wobei die Schutzstruktur (**96**) von der Gegenstruktur (**16**) und der Membran (**11**) isoliert ist, wobei die Schutzstruktur (**96**) so bezüglich der Membran (**11**) oder der Gegenstruktur (**16**) angeordnet ist, daß sich eine Kapazität zwischen

der Schutzstruktur und der Membran (11) oder der Schutzstruktur (96) und der Gegenstruktur (16) bildet; und

einer Einrichtung (376) zum Liefern eines Potentials (266) an der Schutzstruktur (96), das sich von einem Potential an der Gegenstruktur (16) oder der Membran (11) unterscheidet.

2. Drucksensor (1) gemäß Anspruch 1, der als ein Kondensatormikrofon ausgeführt ist.

3. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, bei der sich die Membran (11) oder die Gegenstruktur (16) mit der Schutzstruktur (96) flächenmäßig überlappen.

4. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Substrat (471) einen elektrisch leitenden Bereich aufweist.

5. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der elektrisch leitende Bereich des Substrats (471) ein Massepotential (246) bildet, wobei ein Potential (266) einer Schutzstruktur (96), ein Potential (276, 286, 296) einer Membran (11) und ein Potential (252) einer Gegenstruktur (16) auf das Massepotential (252) bezogen sind.

6. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Substrat (471) von der Gegenstruktur (16) und der Membran (11) elektrisch isoliert ist.

7. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Membran (11) oder die Gegenstruktur (16) eine elektrisch leitende Schicht umfaßt.

8. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Schutzstruktur (96) in einem Mehrschichtenaufbau in einer selben Ebene wie die Membran (11) oder die Gegenstruktur (16) angeordnet ist.

9. Drucksensor (1) gemäß Anspruch 8, bei dem die Ausnehmungen in der Membran (11) oder der Gegenstruktur (16) Stege bilden und die Schutzstruktur (96) sich mit den Stegen der nicht in der selben Ebene angeordneten Membran (11) oder Gegenstruktur (16) überlappt.

10. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 8 oder 9, bei dem die Schutzstruktur (96) von der in der selben Ebene des Mehrschichtenaufbaus angeordneten Membran (11) oder Gegenstruktur (16) durch eine Ausnehmung von der Membran (11) oder der Gegenstruktur (16) elektrisch isoliert ist.

11. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10, bei dem der Mehrschichtenaufbau eine Schicht aufweist, die die Schutzstruktur (96) und die

Gegenstruktur (16) oder die Schutzstruktur (96) und die Membran (11) umfaßt.

12. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die Schutzstruktur (96) zumindest teilweise die Membran (11) oder die Gegenstruktur (16) umgibt.

13. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem ein elektrisches Potential einer Schutzstruktur (96) in einem Ruhezustand weniger als 50 % von dem Wert des Potentials der Gegenstruktur oder der Membran abweicht.

14. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die Einrichtung (376) zum Liefern eines Potentials einer Schutzstruktur (96) ein Potential an der Gegenstruktur oder der Membran (11) bestimmt und ein von dem Wert des Potentials abhängiges Potential an der Schutzstruktur (96) einstellt.

15. Drucksensor (1) gemäß Anspruch 14, bei dem die Einrichtung zum Liefern eines Potentials an der Schutzstruktur (96) das Potential an der Schutzstruktur (96) so einstellt, daß ein Potentialwert der Schutzstruktur (96) weniger als 10 von dem Wert des Potentials an der Membran (11) oder der Gegenstruktur (16) abweicht.

16. Drucksensor (1) gemäß Anspruch 15, bei dem die Schutzstruktur (96) und die Membran (11) bzw. Gegenstruktur (16) galvanisch getrennt sind.

17. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 14 bis 16, bei dem die Einrichtung (376) zum Liefern eines Potentials an der Schutzstruktur (96) einen Impedanzwandler (376) umfaßt, der über einen Spannungsteiler das Potential auf der Schutzstruktur (96) einstellt.

18. Drucksensor (1) gemäß Anspruch 17, bei dem der Impedanzwandler (376) einen Transistor umfaßt, bei dem an einem Eingang des Transistors ein von einem Potential der Membran oder der Gegenstruktur abhängiges Potential anliegt und an einem zweiten Eingang ein von dem Potential der Schutzstruktur (96) abhängiges Potential anliegt.

19. Drucksensor (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem Ausnehmungen in der Membran (11) oder der Gegenstruktur (16) Stege bilden, und eine Fläche der Schutzstruktur (96) sich mit den Stegen in der Membran (11) oder der Gegenstruktur (16) überlappt.

20. Verfahren zum Betreiben eines Drucksensors (1) mit:  
einem Substrat;  
einer Gegenstruktur (16), die auf dem Substrat (471) aufgebracht ist;

Einem Dielektrikum (481) auf der Gegenstruktur (16); einer Membran (11) auf dem Dielektrikum (481), wobei die Membran (11) oder die Gegenstruktur (16) durch einen angelegten Druck auslenkbar ist; und einer Schutzstruktur (96), die so bezüglich der Membran (11) angeordnet ist, daß sich eine Kapazität zwischen der Schutzstruktur (96) und der Membran (11) oder der Schutzstruktur (96) und der Gegenstruktur (16) bildet;  
mit einem Schritt eines Anlegens eines Potentials an der Schutzstruktur, das sich von einem Potential der Gegenstruktur oder der Membran unterscheidet.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

FIG 1

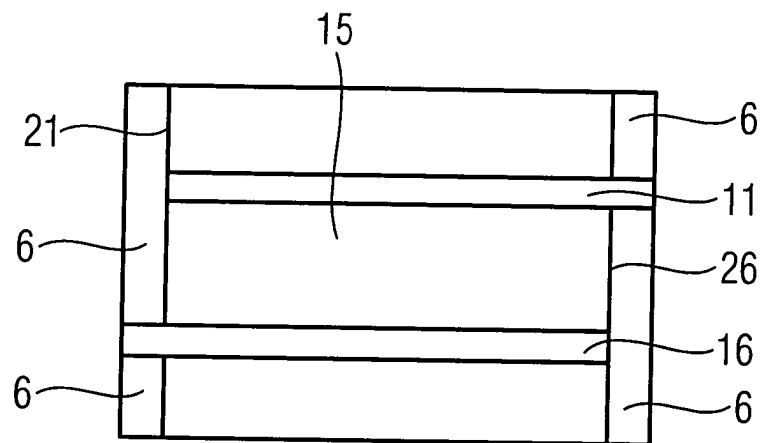


FIG 2A

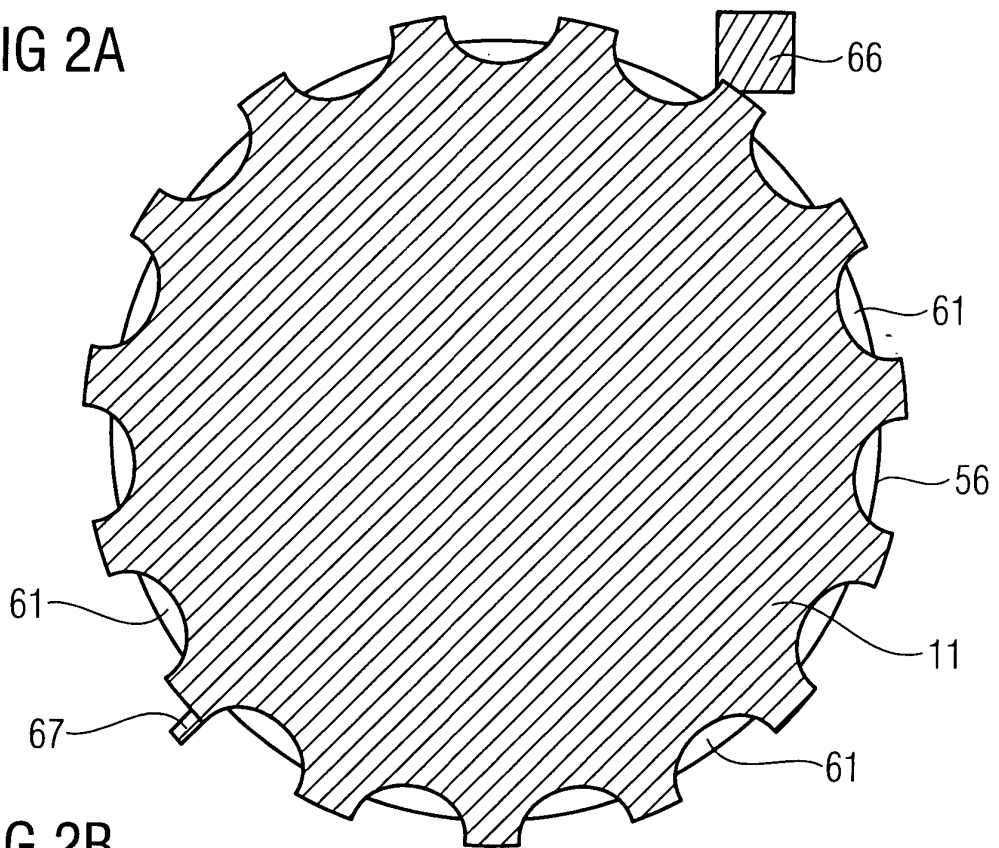


FIG 2B

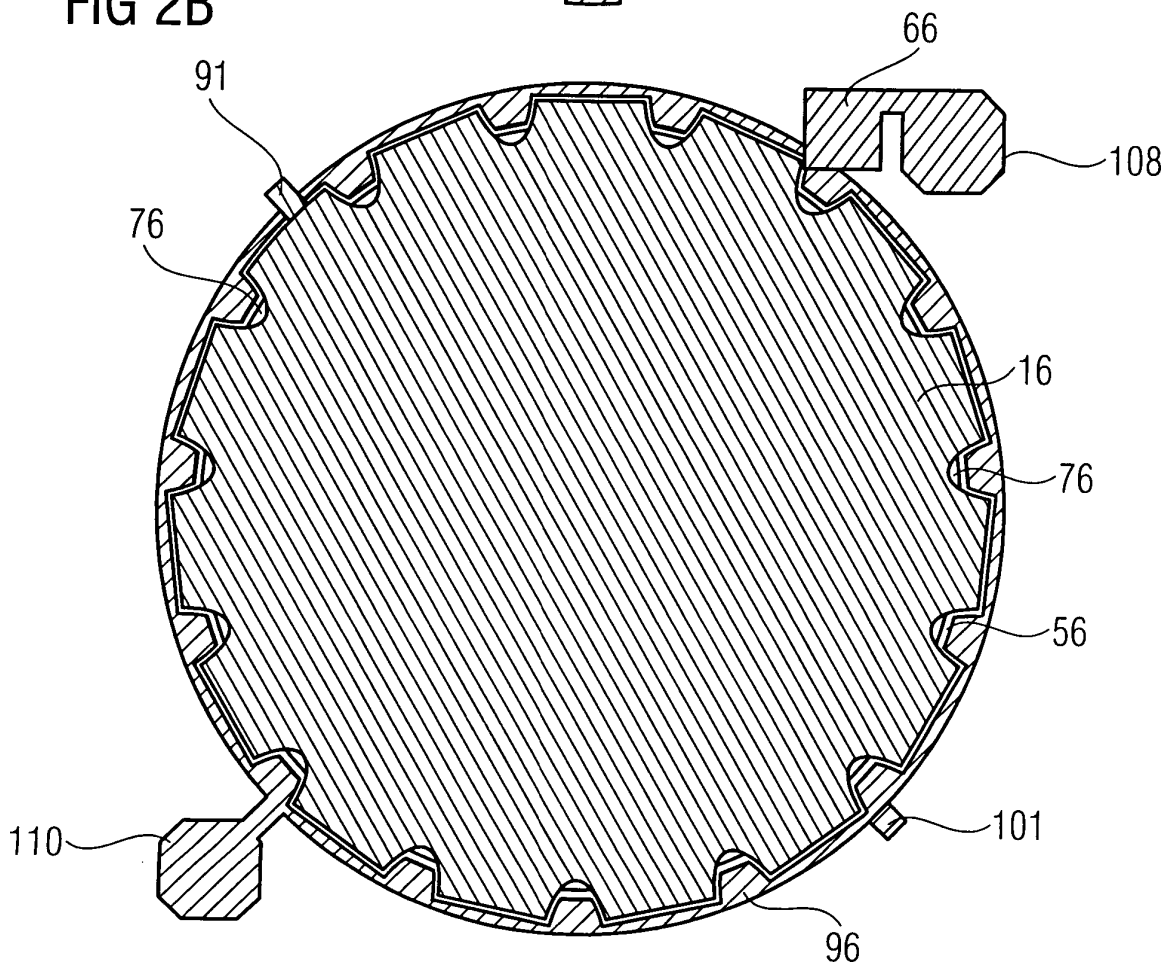


FIG 2C

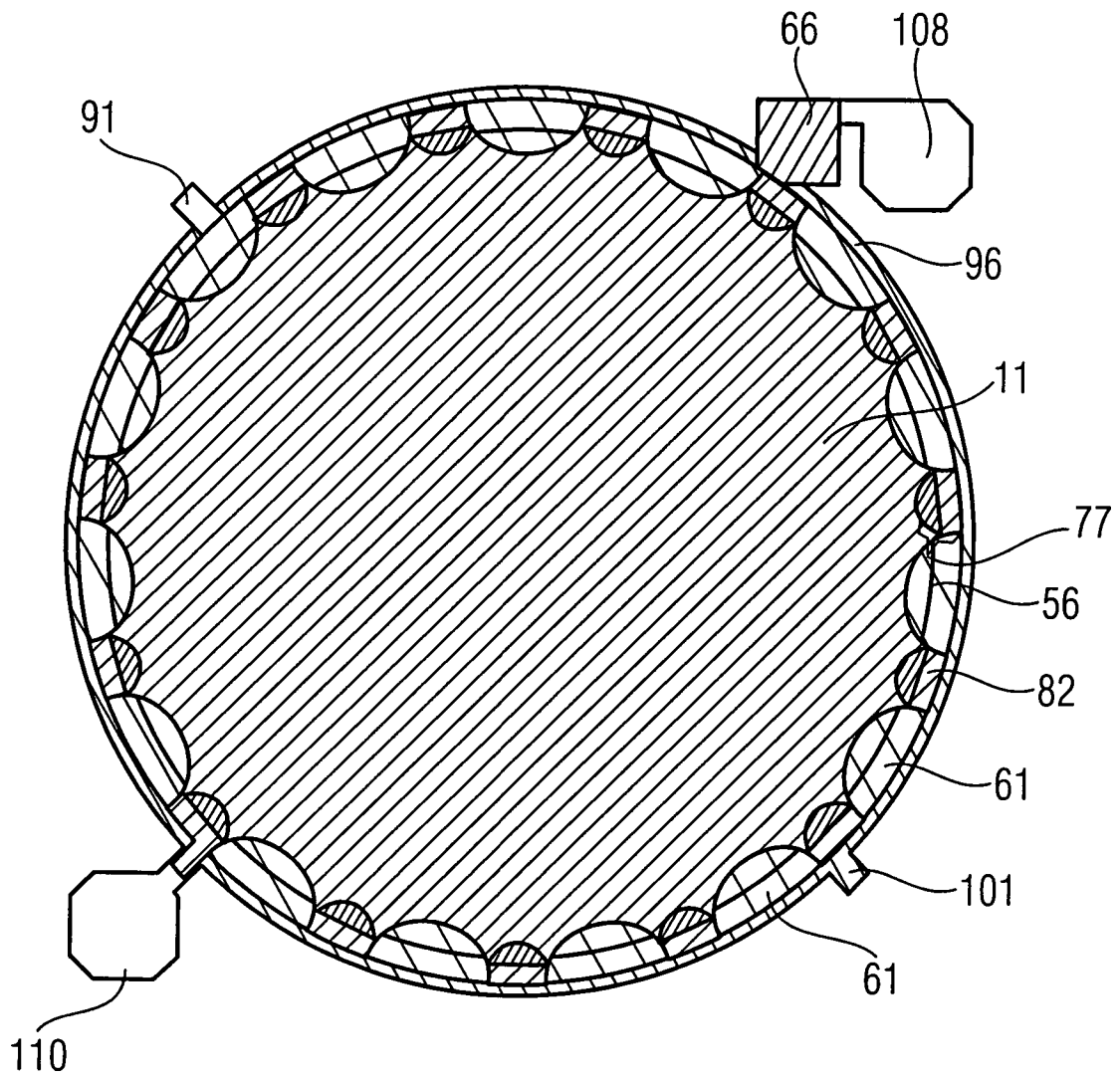


FIG 3A

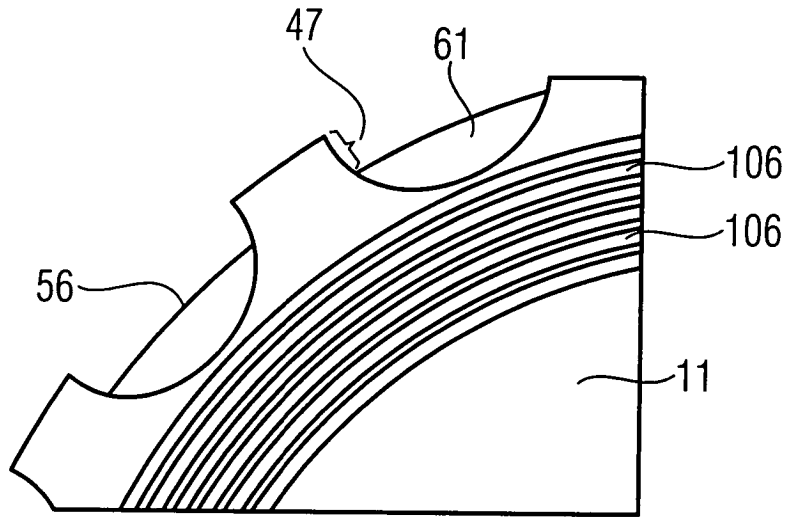


FIG 3B

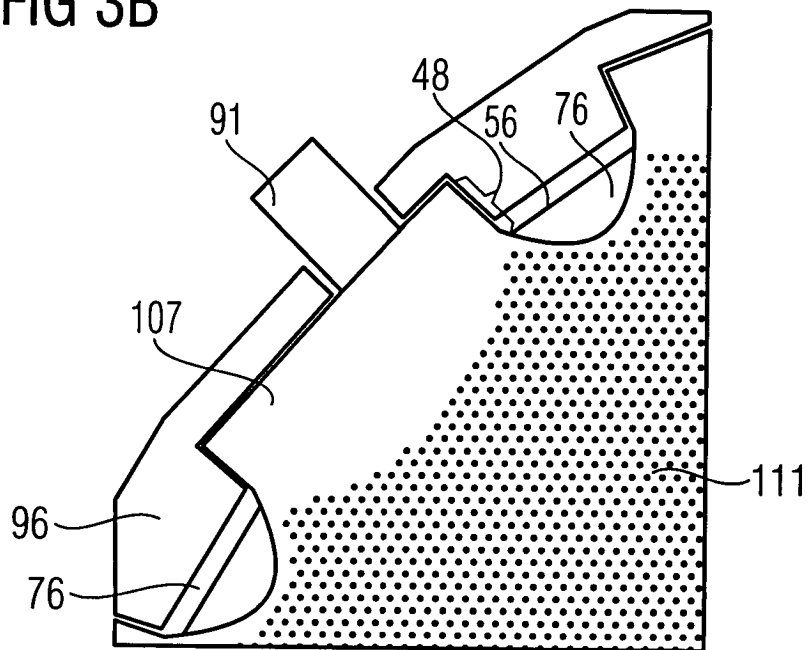




FIG 3C

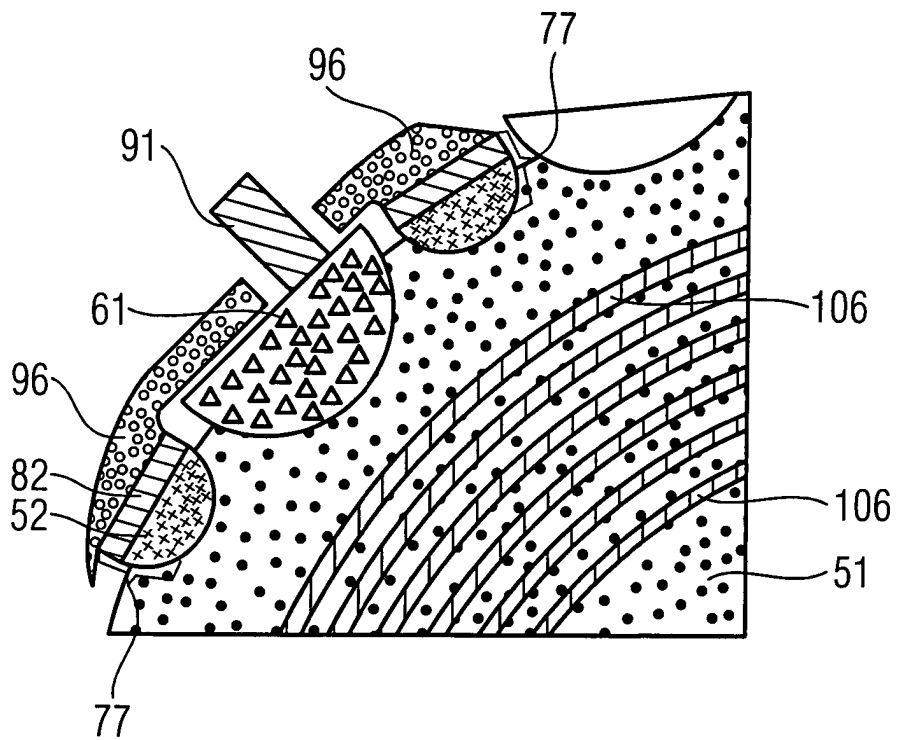


FIG 4

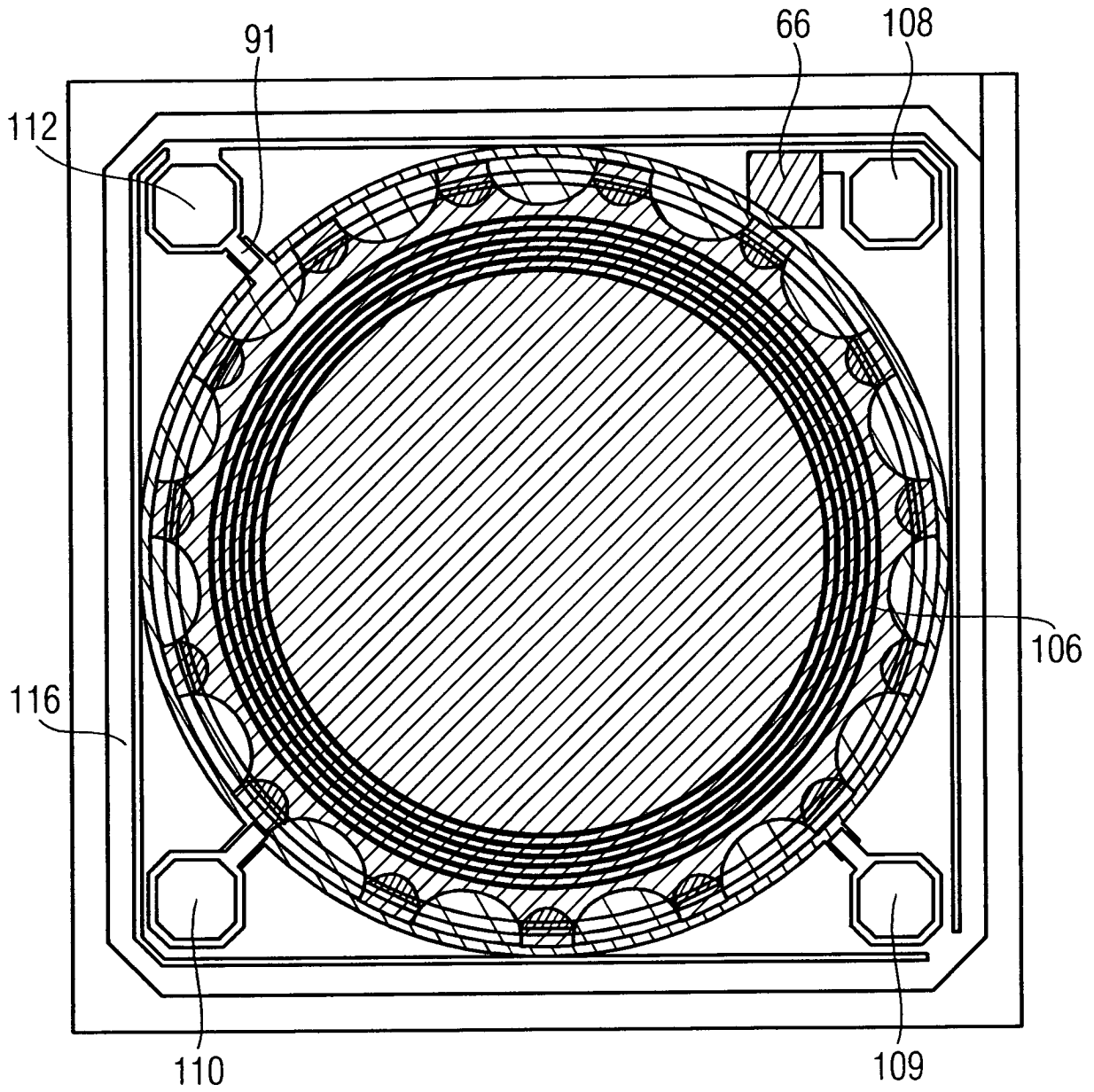


FIG 5A

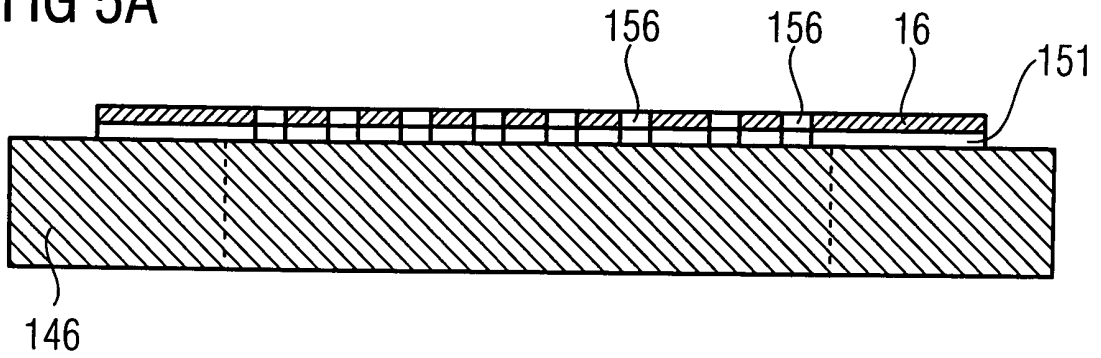


FIG 5B

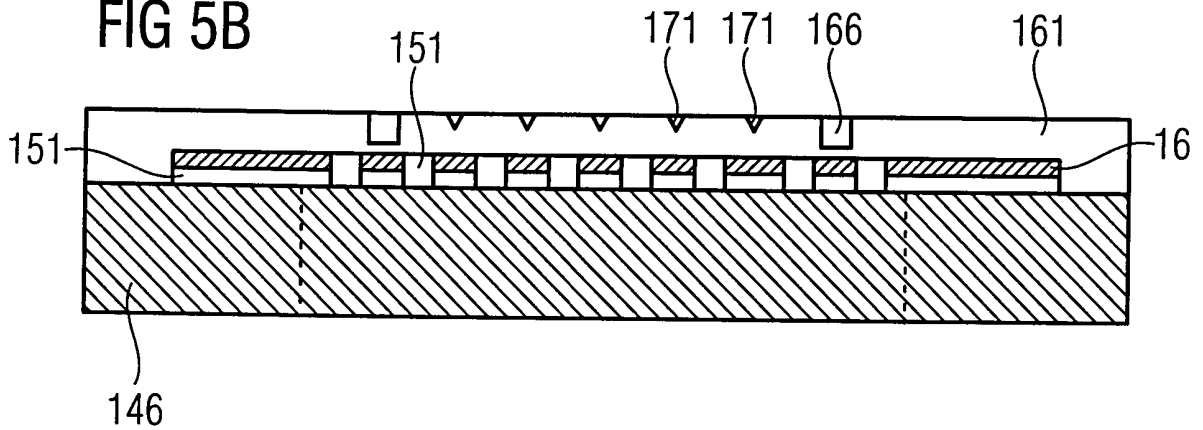


FIG 5C

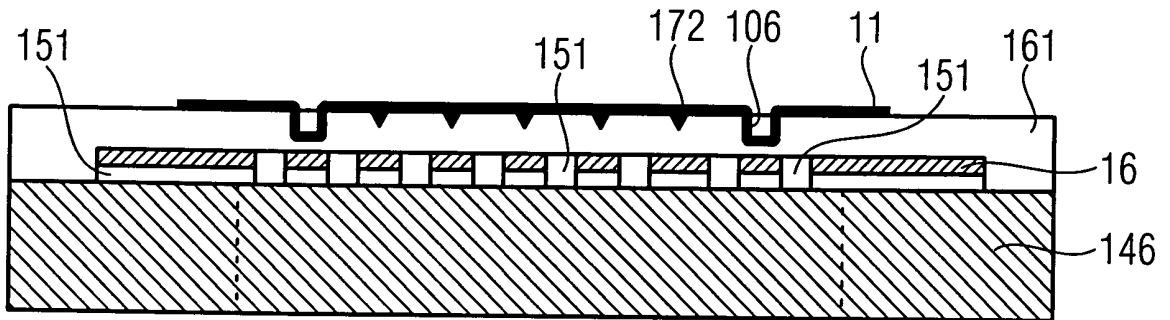


FIG 5D

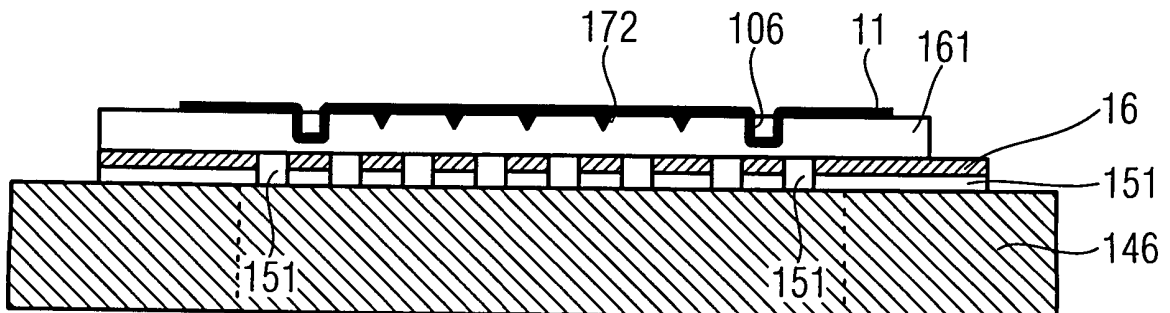


FIG 5E

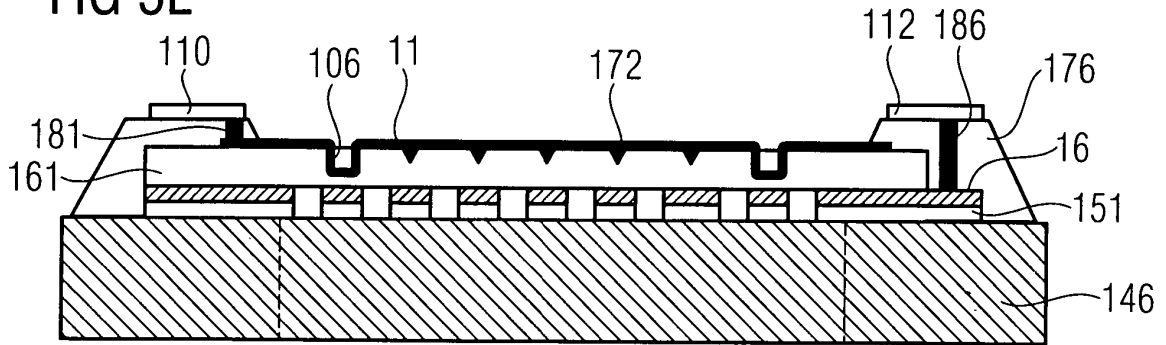


FIG 5F

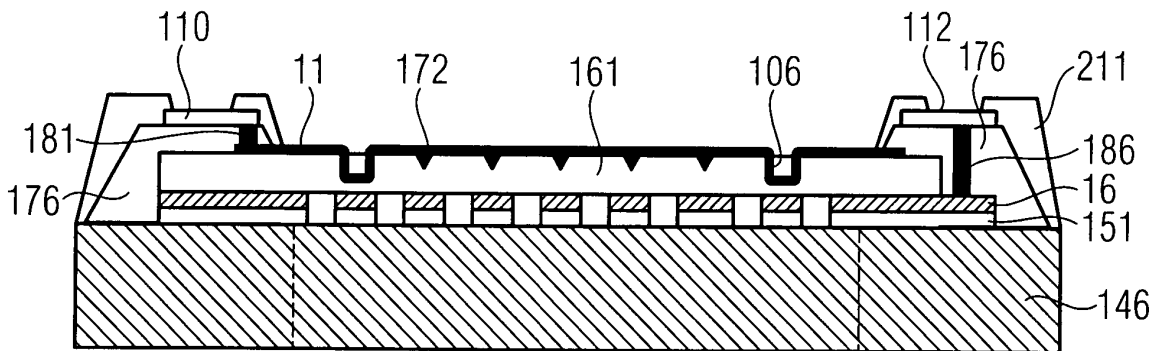


FIG 5G

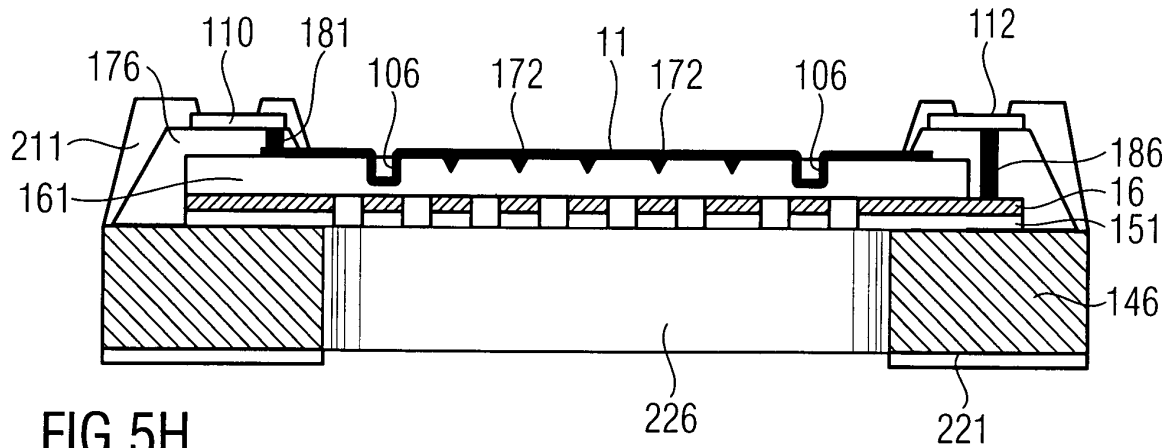


FIG 5H

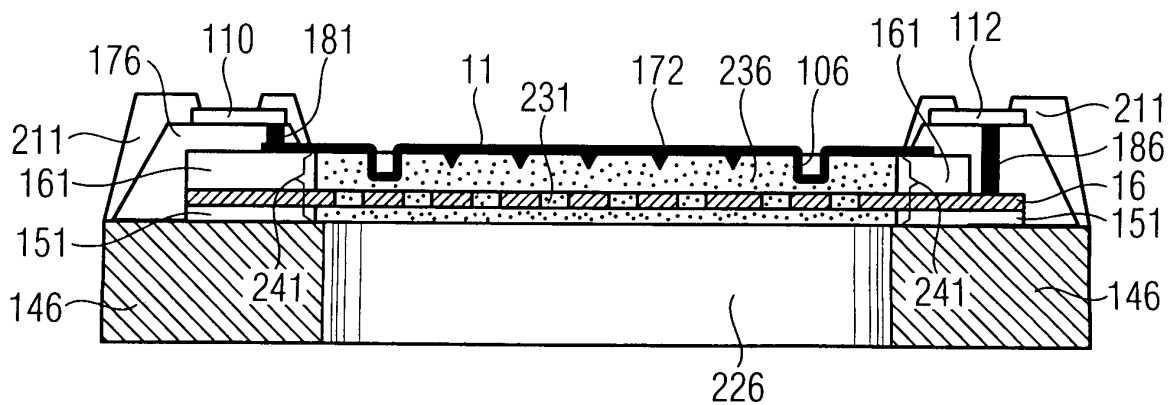


FIG 6

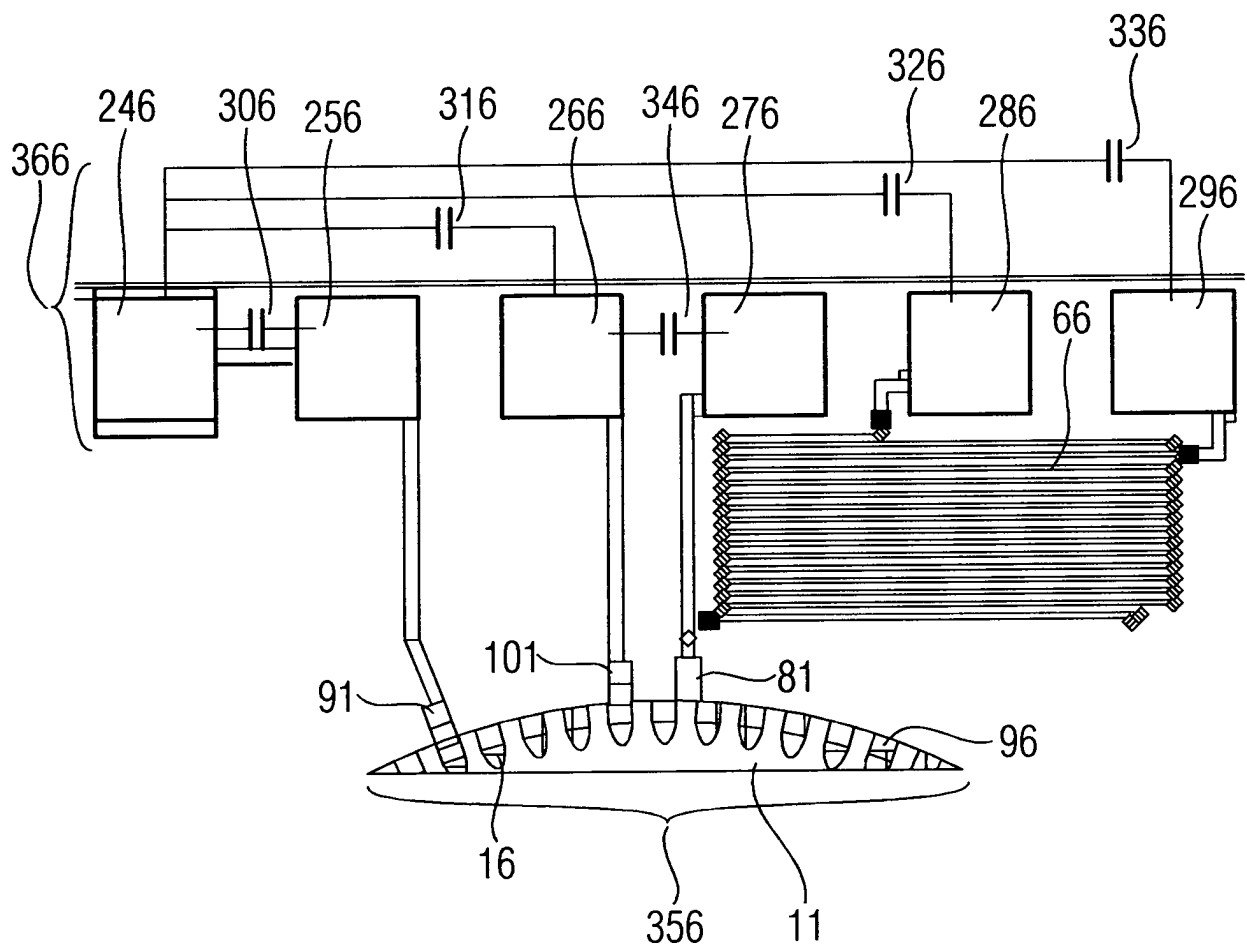


FIG 7

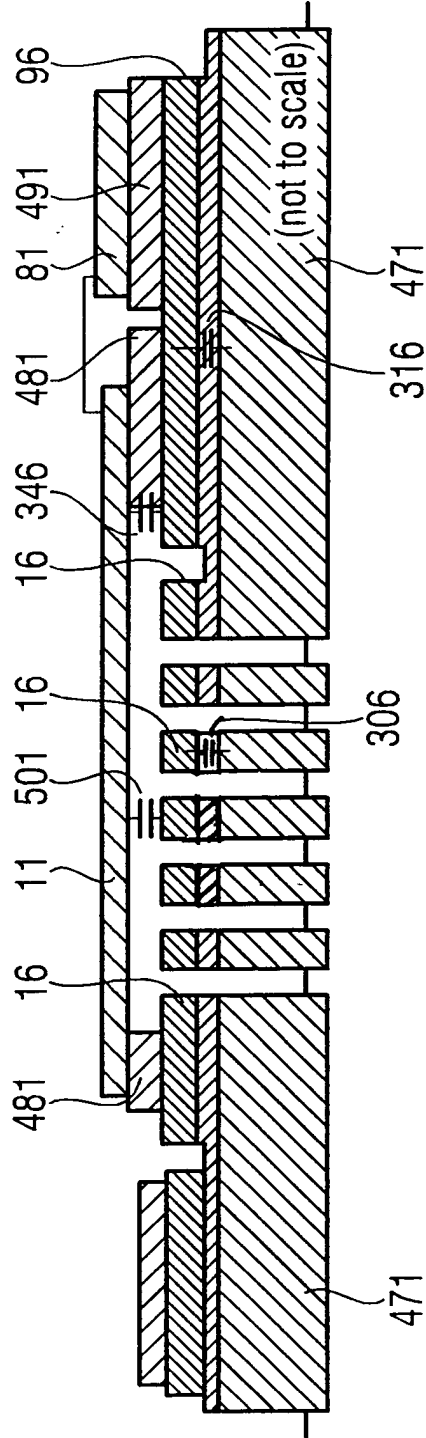


FIG 8

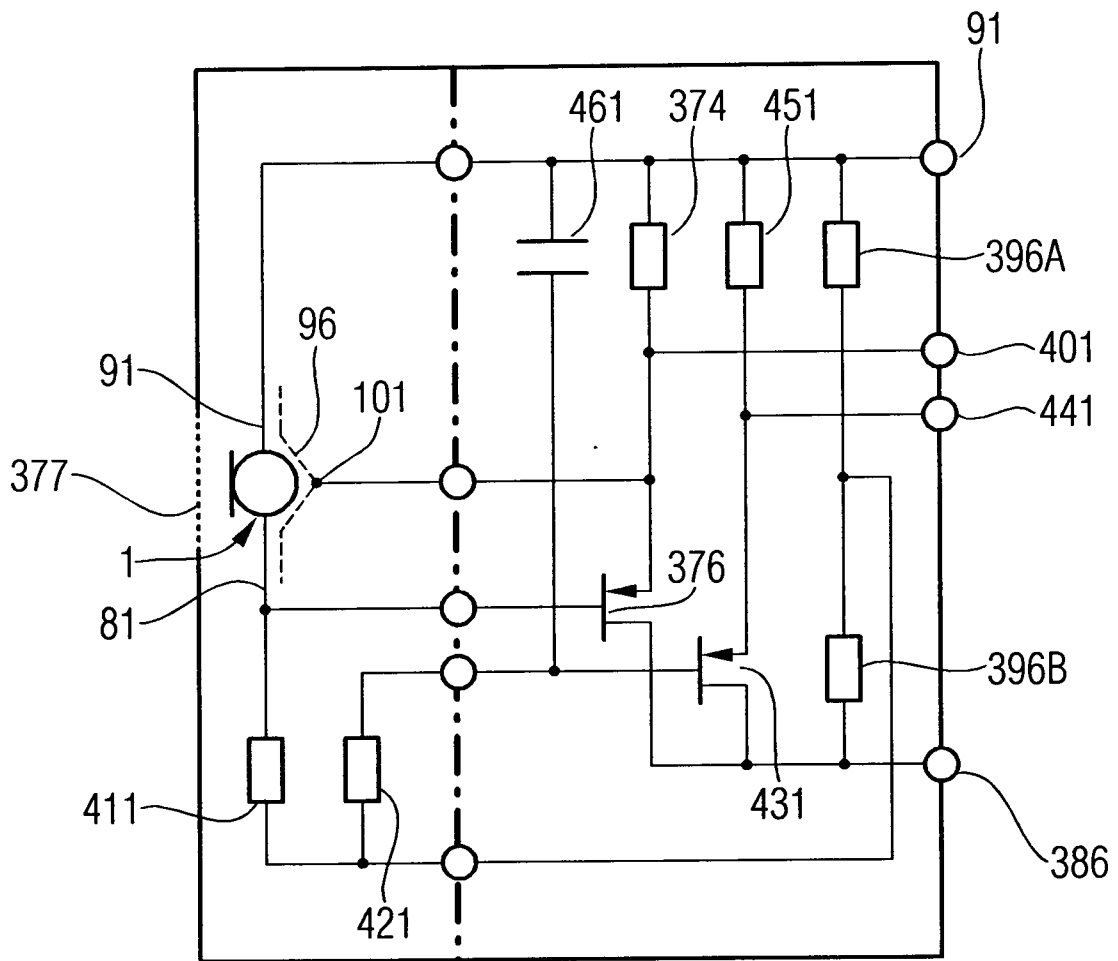


FIG 9

