

(19)



(11)

EP 2 163 121 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.09.2010 Patentblatt 2010/39

(51) Int Cl.:
H04R 19/00 (2006.01) H04R 19/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08760771.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/057211

(22) Anmeldetag: **10.06.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/000641 (31.12.2008 Gazette 2009/01)

(54) **AKUSTISCHES SENSORELEMENT**

SONIC SENSOR ELEMENT

ÉLÉMENT DE DÉTECTION ACOUSTIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **28.06.2007 DE 102007029911**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.03.2010 Patentblatt 2010/11

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **FISCHER, Frank
72810 Gomaringen (DE)**
• **HOECHST, Arnim
72074 Tuebingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**US-A1- 2002 067 663 US-A1- 2006 093 170
US-A1- 2007 047 746 US-A1- 2007 058 825**

EP 2 163 121 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein akustisches Sensorelement mit mindestens einer Membran und mindestens einem feststehenden Gegenelement. Die Membran des Sensorelements ist in einem Hohlraum zwischen einem Substrat und dem Gegenelement angeordnet und fungiert als bewegliche Elektrode einer Kondensatoranordnung, während das Gegenelement als feststehende Gegenelektrode dieser Kondensatoranordnung fungiert. Im Substrat ist mindestens eine Durchgangsöffnung ausgebildet, über die die Schalldruckbeaufschlagung der Membran erfolgt.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind mikromechanische Mikrofone bekannt, die Schallwellen mit Hilfe eines derartigen Sensorelements in ein elektrisches Signal umwandeln. Die bekannten Sensorelemente umfassen eine Kondensatoranordnung mit mindestens zwei Elektroden, zwischen denen ein Luftspalt von 0,5 µm bis 10 µm besteht. Idealerweise ist die eine Elektrode starr, während die andere Elektrode beweglich ist, so dass sie beim Auftreten von Schallwellen in Schwingung versetzt wird. Dadurch verändert sich die Kapazität zwischen den beiden Elektroden entsprechend dem variierenden Schalldruck.

[0003] Die Qualität eines solchen mikromechanischen Wandlerelements hängt wesentlich von der Unbeweglichkeit der Gegenelektrode ab. In der Praxis wird die Gegenelektrode deshalb häufig mit einer vergleichsweise großen Dicke ausgestattet, indem sie entweder aus dem Trägersubstrat des Wandlerelements herausstrukturiert wird oder nachträglich mit einer dicken Schicht, beispielsweise aus Epi-Polysilizium, versehen wird. Eine hohe Steifigkeit der Gegenelektrode kann aber auch erzielt werden, wenn die Gegenelektrode unter starker Zugverspannung hergestellt wird. Allerdings ist sowohl die Strukturierung des Trägersubstrats als auch das Erzeugen von hohen Schichtdicken oder die Herstellung stark verspannter Schichten aufwendig und entsprechend kostenintensiv.

[0004] Ein akustisches Sensor- bzw. Wandlerelement der eingangs genannten Art wird auch in der US 6,535,460 B2 beschrieben. Der Aufbau dieses Sensorelements umfasst ein Substrat mit einer Durchgangsöffnung, die von einer Membran überspannt wird. Über der Membran und von dieser beabstandet ist ein perforiertes Gegenelement angeordnet, das im Randbereich der Durchgangsöffnung mit dem Substrat verbunden ist. Membran und Gegenelement bilden zusammen einen Kondensator, wobei die Membran als bewegliche Elektrode fungiert, während das Gegenelement die starre Elektrode darstellt. Die Membran wird über die Durchgangsöffnung im Substrat mit Schallwellen beaufschlagt und so in Schwingung versetzt. Die Bewegung der Membran wird dann mit Hilfe des Gegenelements als Kapazitätsschwankungen des Kondensators erfasst. Beson-

dere Maßnahmen zur Fixierung und/oder Versteifung des perforierten Gegenelements werden in der US 6,535,460 B2 nicht beschrieben.

5 Offenbarung der Erfindung

[0005] Mit der vorliegenden Erfindung werden einfache konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Wandlereigenschaften eines mikromechanischen akustischen Sensorelements der eingangs genannten Art vorgeschlagen. Diese Maßnahmen betreffen insbesondere die Fixierung und Versteifung des Gegenelements bzw. der Gegenelektrode der Kondensatoranordnung.

[0006] Dazu ist das Gegenelement erfindungsgemäß über mindestens ein Stützelement mit dem Substrat verbunden, wobei das Stützelement im Bereich des Hohlraums angeordnet ist. Außerdem ist in der Membran eine Öffnung für das Stützelement ausgebildet, so dass die Membran innerhalb des Hohlraums frei schwingen kann.

[0007] Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass die Steifigkeit des Gegenelements einfach dadurch erhöht werden kann, dass das Gegenelement an einer oder mehreren Stellen auf einer vorhandenen festen Struktur des Substrats abgestützt wird und somit die Spannweite des Gegenelements reduziert wird. Diese Maßnahme eröffnet die Möglichkeit, das Gegenelement auch in Form einer dünnen Schicht zu realisieren, die nicht unbedingt zugverspannt sein muss. Die Spannweite der Membran und damit auch die Empfindlichkeit des Sensorelements werden durch die Stützelemente nicht wesentlich beeinträchtigt, da die Membran erfindungsgemäß mit Öffnungen versehen ist, durch die die Stützelemente vom Gegenelement auf die Substratstruktur verlaufen, so dass sich die Membran zwischen dem Gegenelement und der Substratstruktur frei bewegen kann.

[0008] Da das Gegenelement des erfindungsgemäßen Sensorelements in einer dünnen Schicht realisiert werden kann, die nicht auf eine hohe Zugspannung ausgelegt sein muss, kann das erfindungsgemäße Sensorelement insgesamt mit Standard-Halbleiterprozessen hergestellt werden, die kostengünstig und volumenfähig sind.

[0009] Grundsätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten für die Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Sensorelements und insbesondere für die Anordnung der Stützelemente im Bereich des Hohlraums zwischen dem Gegenelement und dem Substrat.

[0010] In einer bevorzugten Variante der Erfindung ist im Bereich unterhalb des Hohlraums eine Substratstruktur mit einem Substratsockel für das Stützelement ausgebildet. Der Substratsockel ist demnach unterhalb des Hohlraums angeordnet und mit dem "Substrat-Festland" verbunden, so dass der Substratsockel festgelegt ist und eine gute Stützstelle für das Stützelement und das Gegenelement bildet.

[0011] Vorteilhafterweise wird die Substratstruktur unterhalb des Hohlraums bzw. die von der Substratstruktur begrenzte Durchgangsöffnung im Substrat so ausgelegt,

dass die Membran möglichst großflächig mit Schalldruck beaufschlagt werden kann. In diesem Zusammenhang erweist es sich als vorteilhaft, wenn der Substratsockel über vergleichsweise schmale Stege mit dem Substrat im Randbereich des Hohlraums verbunden ist. Die für die Fixierung des Gegenelements erforderliche Stabilität der Substratstruktur kann einfach dadurch erzielt werden, dass der Substratsockel und die Stege im wesentlichen die Dicke des unstrukturierten Substrats aufweisen.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Sensorelements ist das Gegenelement mit Perforationslöchern versehen, die eine Dämpfung der Membranschwingung vermindern. Außerdem kann über diese Perforationslöcher ein Druckausgleich zwischen dem Hohlraum über der Membran und der Umgebung stattfinden.

[0013] Mit Hilfe einer erfindungsgemäßen Sensoranordnung können Schallwellen auch differentiell erfasst werden. Dazu wird das erfindungsgemäße Sensorelement einfach mit einer weiteren feststehenden Gegenelektrode ausgestattet, die im Substrat bzw. in der Substratstruktur unterhalb der Membran realisiert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0014] Wie bereits voranstehend erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die vorliegende Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird einerseits auf die dem unabhängigen Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnungen verwiesen.

- Fig. 1** zeigt eine Schnittdarstellung durch den Schichtaufbau eines ersten erfindungsgemäßen Sensorelements 10 im Bereich einer Stützstelle und
- Fig. 2** zeigt eine entsprechende Schnittdarstellung eines zweiten erfindungsgemäßen Sensorelements 20.
- Fig. 3a** zeigt eine Draufsicht auf das Substrat eines erfindungsgemäßen Sensorelements,
- Fig. 3b** zeigt eine Draufsicht auf die Membran dieses Sensorelements und
- Fig. 3c** zeigt eine Draufsicht auf das Gegenelement dieses Sensorelements.
- Fig. 4** zeigt eine Schnittdarstellung durch den Schichtaufbau eines vierten erfindungsgemäßen Sensorelements 40.

Ausführungsformen der Erfindung

[0015] Der Schichtaufbau des in **Fig. 1** dargestellten akustischen Sensorelements 10 umfasst ein Substrat 1, über dem eine Membran 2 und ein feststehendes Gegenelement 3 ausgebildet sind. Die Membran 2 ist in einem Hohlraum 4 zwischen dem Substrat 1 und dem Gegenelement 3 angeordnet und fungiert als bewegliche Elektrode einer Kondensatoranordnung, während das Gegenelement 3 eine feststehende Gegenelektrode dieser Kondensatoranordnung bildet. Das Substrat 1 ist im Bereich 5 unterhalb des Hohlraums 4 strukturiert. Hier befinden sich Durchgangsöffnungen zur Schalldruckbeaufschlagung der Membran 2, wie in **Fig. 3a** dargestellt. Das Gegenelement 3 ist über ein Stützelement 7 mit dem Substrat 1 verbunden. Das Stützelement 7 ist im Bereich des Hohlraums 4 angeordnet und sitzt auf einem Substratsockel 8 auf, der Teil der Substratstruktur unterhalb des Hohlraums 4 ist. Diese Substratstruktur umfasst ferner Stege 9, über die der Substratsockel 8 mit dem "Substrat-Festland" 1 im Randbereich des Hohlraums 4 verbunden ist. Der Substratsockel 8 so wie auch die Stege 9 sind in der vollen Dicke des Substrats 1 ausgebildet. In der Membran 2 befindet sich eine Öffnung 11 für das Stützelement 7, so dass die Membran 2 bei entsprechender Schalldruckbeaufschlagung innerhalb des Hohlraums 4 frei schwingen kann. Das Gegenelement 3 ist im Bereich über dem Hohlraum 4 mit Perforationslöchern 12 versehen. Zum elektrischen Anschluss des als Festelektrode fungierenden Gegenelements 3 ist ein Kontaktanschluss 13 vorgesehen. Die als bewegliche Elektrode fungierende Membran 2 ist über eine Leiterbahn 14, die unter einer elektrisch isolierten Membraneinspannung 15 verläuft, an ein Anschlusspad 16 geführt.

[0016] Mikromechanische Bauelemente, wie das voranstehend beschriebene Sensorelement 10, werden ausgehend von einem Halbleitersubstrat, wie z.B. einem Siliziumwafer, gefertigt. Das als Festelektrode fungierende Gegenelement 3 des Sensorelements 10 wird beispielsweise in einer PolySiliziumschicht mit einer Dicke von $0,5\mu\text{m}$ - $4\mu\text{m}$ ausgebildet. Diese Schicht kann in einem einfachen Standard-LPCVD-Prozess hergestellt und dotiert werden. Die Schichtspannung, die sich bei einem derartigen Prozess einstellt, liegt typischerweise bei 10-100 mPa Druck. Da das Gegenelement 3 des Sensorelements 10 erfindungsgemäß mit Hilfe des Stützelements 7 stabilisiert und fixiert wird, müssen keine besonderen Maßnahmen zur Erhöhung oder Beeinflussung der Schichtspannung getroffen werden. Das Stützelement 7 besteht vorteilhafterweise aus einem elektrisch isolierenden Material, um das Substrat 1 und das Gegenelement 3 elektrisch zu entkoppeln. So kann das Stützelement 7 beispielsweise aus Oxid gebildet sein, das beim Opferschichtätzen zum Freilegen der Membran 2 und Erzeugen des Hohlraums 4 als Restoxid kontrolliert stehen gelassen wird. Es sind aber auch andere elektrisch isolierte Varianten möglich, wie z.B. ein PolySilizium-Stützelement mit Nitrid-Isolation.

[0017] Das in **Fig. 2** dargestellte Sensorelement 20 weist die gleiche Bauelementstruktur auf wie das in **Fig. 1** dargestellte Sensorelement 10. Deshalb werden in **Fig. 2** auch die gleichen Bezugszeichen verwendet. Jedoch umfasst die Kondensatoranordnung des Sensorelements 20 im Unterschied zum Sensorelement 10 zusätzliche Festelektroden 21, die im Bereich der Stege 9 im Substrat 1 ausgebildet sind. Diese Festelektroden 21 ermöglichen eine differentielle Erfassung der Kapazitätsschwankungen, die durch die Bewegungen der Membran 2 hervorgerufen werden.

[0018] Der Schichtaufbau eines erfindungsgemäßen Sensorelements wird nachfolgend nochmals anhand der Figuren 3a bis 3c erläutert. Dabei werden für die auch in **Fig. 1** dargestellten Strukturelemente die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0019] **Fig. 3a** zeigt die Draufsicht auf das Substrat 1 im Bereich der Kondensatoranordnung. Das Substrat 1 ist in diesem Bereich mit Durchgangsöffnungen 6 zur Druckbeaufschlagung einer Membran versehen, die als bewegliche Elektrode fungiert und über dem Substrat 1 angeordnet wird. Die Durchgangsöffnungen 6 sind hier kreissegmentförmig und durch acht Stege 9 einer entsprechenden Substratstruktur voneinander getrennt. In der Mitte der Substratstruktur am Schnittpunkt der acht Stege 9 und in der Mitte eines jeden Stegs 9 zwischen dem Schnittpunkt und dem äußeren kreisförmigen Rand der Durchgangsöffnungen 6 sind Substratsockel 8 in der Substratstruktur ausgebildet. An dieser Stelle sei angemerkt, dass die Form der Durchgangsöffnungen vorteilhafterweise an die Membranform angepasst wird, um eine möglichst gute Schallbeaufschlagung der Membran zu erzielen. Die Substratsockel 8 werden möglichst gleichmäßig über die Spannweite des abzustützenden Gegenelements verteilt, um eine gute Fixierung der Festelektrode zu erreichen.

[0020] **Fig. 3b** zeigt das Substrat 1, nachdem eine kreisförmige Membran 2 über den Durchgangsöffnungen 6 und der diese begrenzenden Substratstruktur angeordnet worden ist. Wie bereits erwähnt, fungiert die Membran 2 als bewegliche Elektrode der Kondensatoranordnung des Sensorelements. Dazu wird die Membran 2 über die Leiterbahn 14, die in derselben Schicht wie die Membran 2 ausgebildet ist, elektrisch kontaktiert. Zudem verdeutlicht **Fig. 3b**, dass die Membran 2 im Bereich über den Substratsockeln 8 mit Öffnungen 11 versehen ist.

[0021] **Fig. 3c** zeigt schließlich noch eine Draufsicht auf den Schichtaufbau des Sensorelements, nachdem das Gegenelement 3 über der Membran 2 erzeugt worden ist. Das Gegenelement 3 ist im Bereich über der Membran 2 und den Durchgangsöffnungen 6 im Substrat 1 mit Perforationslöchern 12 versehen. Lediglich im Bereich über den Substratsockeln 8 ist die Struktur des Gegenelements 3 unperforiert. Hier befinden sich Stützelemente 7, über die das Gegenelement 3 mit den Substratsockeln 8 verbunden ist. Durch diese Stützenkonstruktion verringert sich die freie Spannweite des Gegenelements 3 und damit auch die Auslenkung des Gegen-

elements 3 beim Auftreten von Schallwellen.

[0022] In **Fig. 4** ist ein erfindungsgemäßes akustisches Sensorelement 40 dargestellt, das - wie im Fall des Sensorelements 10 - ausgehend von einem Substrat 41 gefertigt wurde. In dem Schichtaufbau über dem Substrat 41 sind eine Membran 42 und ein feststehendes Gegenelement 43 ausgebildet. Die Membran 42 ist in einem Hohlraum 44 zwischen dem Substrat 41 und dem Gegenelement 43 angeordnet und fungiert als bewegliche Elektrode einer Kondensatoranordnung, während das Gegenelement 43 eine feststehende Gegenelektrode dieser Kondensatoranordnung bildet. Im Bereich unterhalb des Hohlraums 44 sind Durchgangsöffnungen im Substrat 41 ausgebildet, über die die Schalldruckbeaufschlagung der Membran 42 erfolgt. Diese Durchgangsöffnungen sind in der Schnittdarstellung der **Fig. 4** nicht wiedergegeben, da die Schnittebene innerhalb der die Durchgangsöffnungen begrenzenden Substratstruktur 45 verläuft.

[0023] Die Sensorelemente 10 und 40 unterscheiden sich im Wesentlichen in der Realisierung der Stützelemente 7 bzw. 47 für das Gegenelement 3 bzw. 43. Im Gegenelement 43 sind drei Einstülpungen 47 ausgebildet, deren Bodenbereiche über eine Isolationsschicht 48 mit dem Substrat 41 bzw. der Substratstruktur 45 unterhalb des Hohlraums 44 verbunden sind. Diese Einstülpungen 47 bilden Stützelemente für das Gegenelement 43, die im Bereich des Hohlraums 44 angeordnet sind. In der Membran 42 befinden sich Öffnungen 49 für die Einstülpungen 47, so dass die Membran 42 bei entsprechender Schalldruckbeaufschlagung innerhalb des Hohlraums 44 frei schwingen kann. Im Gegenelement 43 sind im Bereich über dem Hohlraum 44 Perforationslöcher 50 ausgebildet.

Patentansprüche

1. Akustisches Sensorelement mit mindestens einer Membran (2) und mindestens einem feststehenden Gegenelement (3),

- wobei die Membran (2) in einem Hohlraum (4) zwischen einem Substrat (1) und dem Gegenelement (3) angeordnet ist und als bewegliche Elektrode einer Kondensatoranordnung fungiert,
- wobei das Gegenelement (3) als erste feststehende Gegenelektrode dieser Kondensatoranordnung fungiert und
- wobei im Substrat (1) mindestens eine Durchgangsöffnung (6) zur Schalldruckbeaufschlagung der Membran (2) ausgebildet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass das Gegenelement (3) über mindestens ein Stützelement (7) mit dem Substrat (1) verbunden ist, dass das Stützelement (7) im Bereich des Hohlraums (4) angeordnet

ist und dass in der Membran (2) eine Öffnung (11) für das Stützelement (7) ausgebildet ist.

2. Sensorelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich unterhalb des Hohlraums (4) eine Substratstruktur (5) mit mindestens einem Substratsockel (8) für das mindestens eine Stützelement (7) ausgebildet ist.
3. Sensorelement nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Substratstruktur (5) Stege (9) umfasst, über die der Substratsockel (8) mit dem Substrat (1) im Randbereich des Hohlraums (4) verbunden ist.
4. Sensorelement nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Substratsockel (8) und ggf. die Stege (9) im wesentlichen die Dicke des unstrukturierten Substrats (1) aufweisen.
5. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gegenelement (3) mit Perforationslöchern (12) versehen ist
6. Sensorelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Substrat (1) bzw. in der Substratstruktur (5) unterhalb der Membran (2) mindestens eine weitere feststehende Gegenelektrode (21) der Kondensatoranordnung realisiert ist.

Claims

1. Acoustic sensor element having at least one diaphragm (2) and at least one fixed opposing element (3),

- wherein the diaphragm (2) is arranged in a cavity (4) between a substrate (1) and the opposing element (3) and acts as a moving electrode in a capacitor arrangement,
- wherein the opposing element (3) acts as a first fixed opposing electrode in said capacitor arrangement, and
- wherein the substrate (1) contains at least one through-opening (6) for applying sound pressure to the diaphragm (2),

characterized in that the opposing element (3) is connected to the substrate (1) by means of at least one support element (7), **in that** the support element (7) is arranged in the region of the cavity (4), and **in that** the diaphragm (2) contains an opening (11) for the support element (7).

2. Sensor element according to Claim 1, **character-**

ized in that the region beneath the cavity (4) contains a substrate structure (5) having at least one substrate base (8) for the at least one support element (7).

3. Sensor element according to Claim 2, **characterized in that** the substrate structure (5) comprises webs (9) by means of which the substrate base (8) is connected to the substrate (1) in the marginal region of the cavity (4).
4. Sensor element according to one of Claims 2 and 3, **characterized in that** the substrate base (8) and possibly the webs (9) essentially have the thickness of the unpatterned substrate (1).
5. Sensor element according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the opposing element (3) is provided with perforation holes (12).
6. Sensor element according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the substrate (1) or the substrate structure (5) beneath the diaphragm (2) contains at least one further fixed opposing electrode (21) of the capacitor arrangement.

Revendications

1. Élément de détection acoustique comprenant au moins une membrane (2) et au moins un élément conjugué fixe (3),

- la membrane (2) étant disposée dans une cavité (4) entre un substrat (1) et l'élément conjugué (3) et servant d'électrode mobile d'un agencement de condensateur,
- l'élément conjugué (3) servant de première électrode conjuguée fixe de cet agencement de condensateur et
- au moins une ouverture de passage (6) étant réalisée dans le substrat (1) pour solliciter la membrane (2) avec une pression sonore,

caractérisé en ce que l'élément conjugué (3) est connecté par le biais d'au moins un élément de support (7) au substrat (1), **en ce que** l'élément de support (7) est disposé dans la région de la cavité (4) et **en ce qu'**une ouverture (11) pour l'élément de support (7) est réalisée dans la membrane (2).

2. Élément de détection selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans la région sous la cavité (4) est réalisée une structure de substrat (5) avec au moins un socle de substrat (8) pour l'au moins un élément de support (7).

3. Élément de détection selon la revendication 2, **ca-**

caractérisé en ce que la structure de substrat (5) comprend des nervures (9) par le biais desquelles le socle de substrat (8) est connecté au substrat (1) dans la région de bord de la cavité (4).

5

4. Élément de détection selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que** le socle de substrat (8) et éventuellement les nervures (9) présentent essentiellement l'épaisseur du substrat (1) non structuré.

10

5. Élément de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'élément conjugué (3) est pourvu de trous de perforation (12).

15

6. Élément de détection selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**au moins une autre électrode conjuguée fixe (21) de l'agencement de condensateur est réalisée dans le substrat (1) ou dans la structure de substrat (5) en dessous de la membrane (2).

20

25

30

35

40

45

50

55

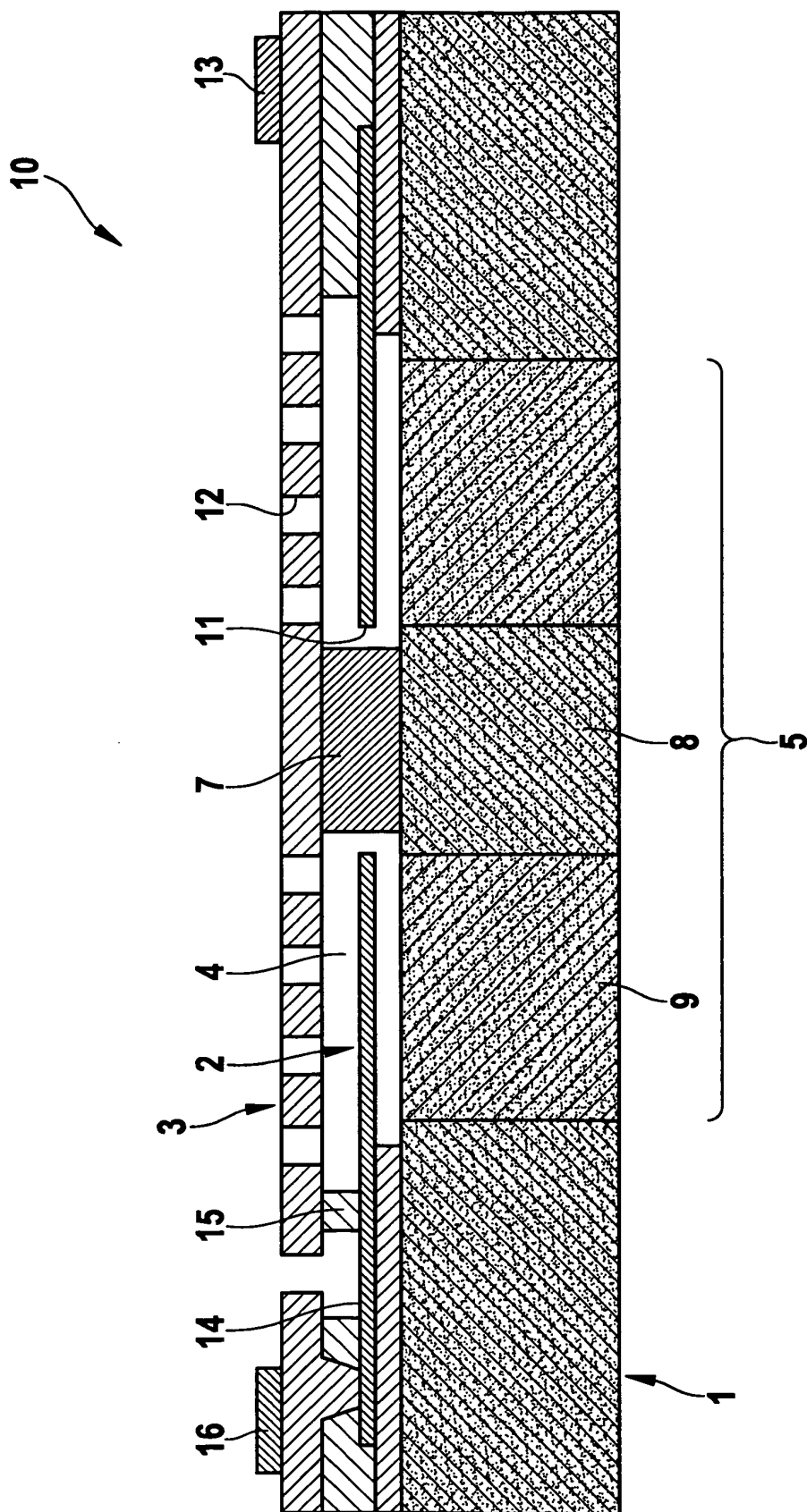


Fig. 1

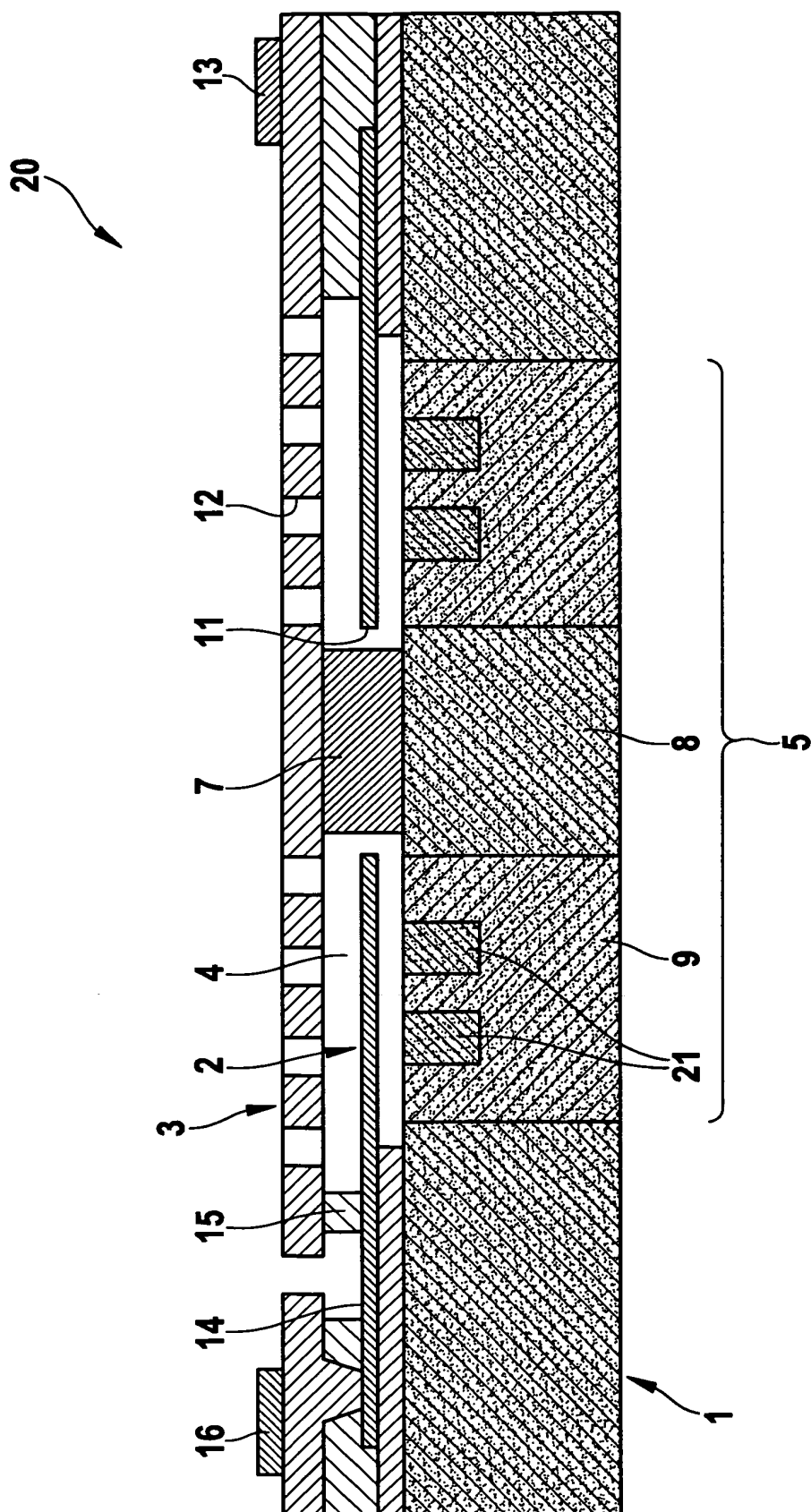


Fig. 2

Fig. 3a

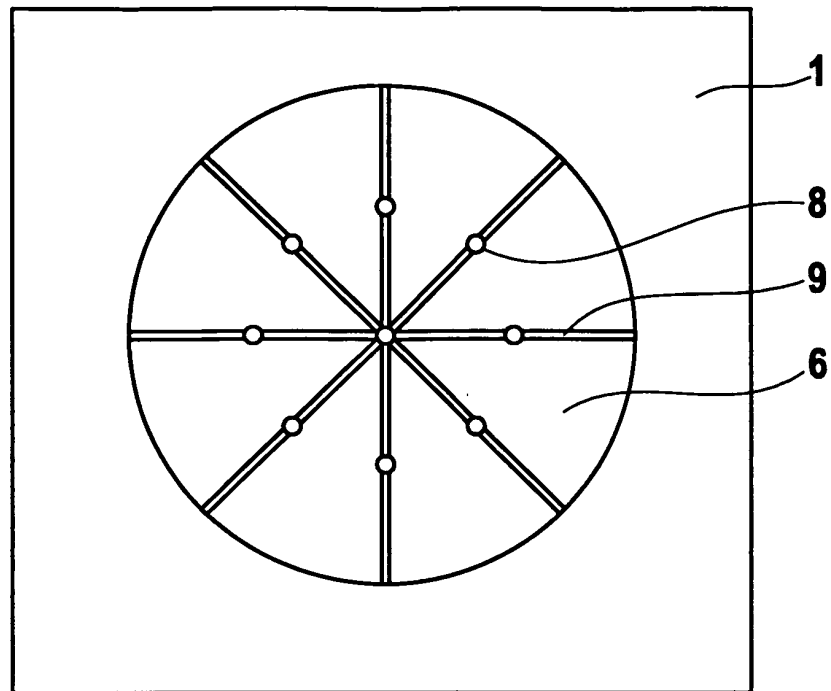
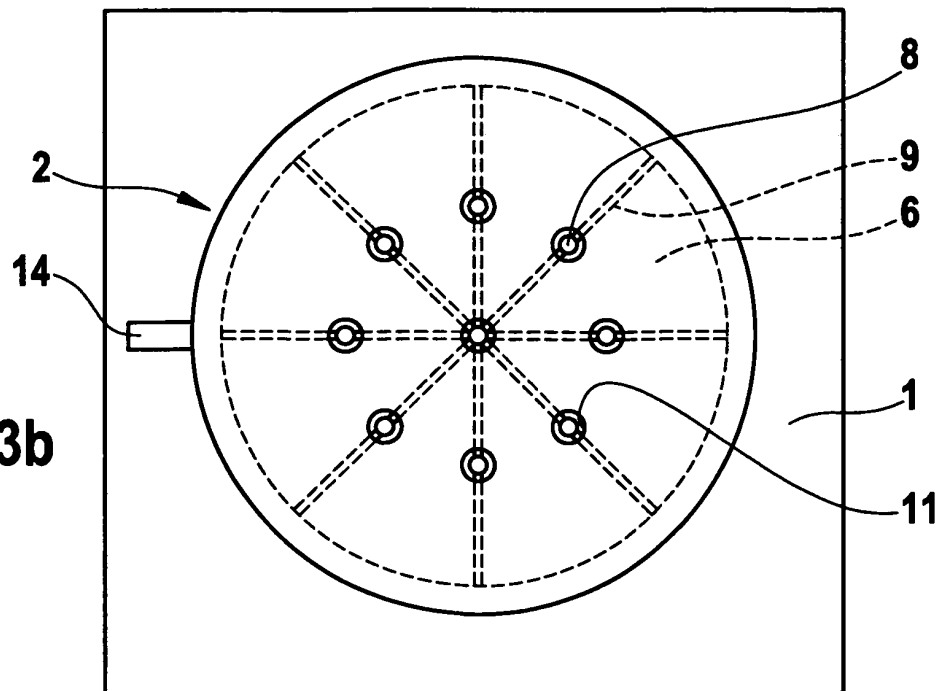


Fig. 3b



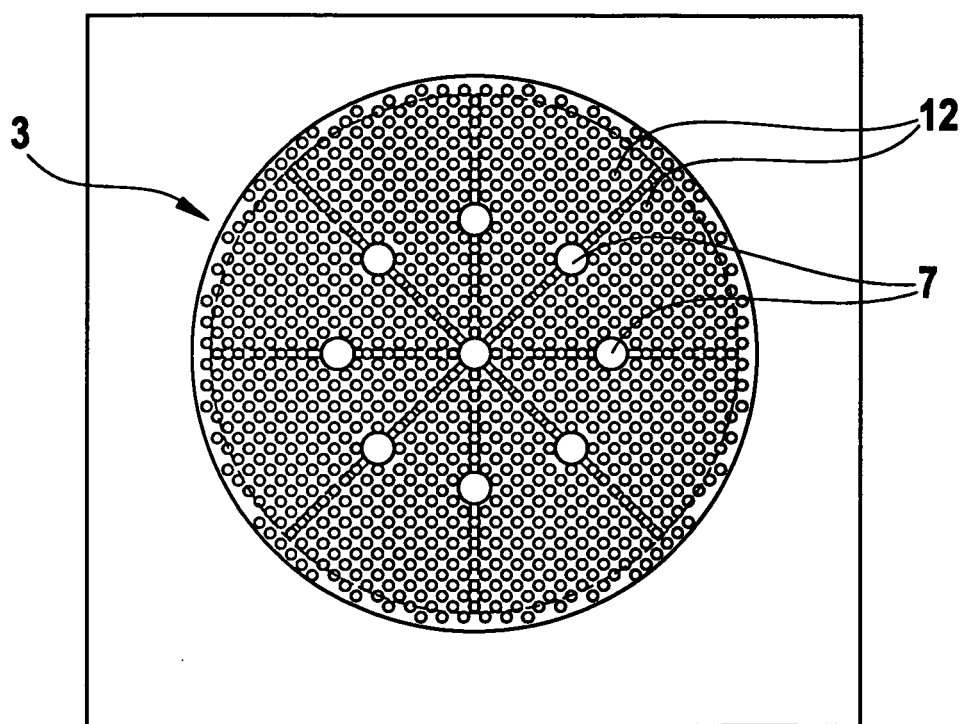


Fig. 3c

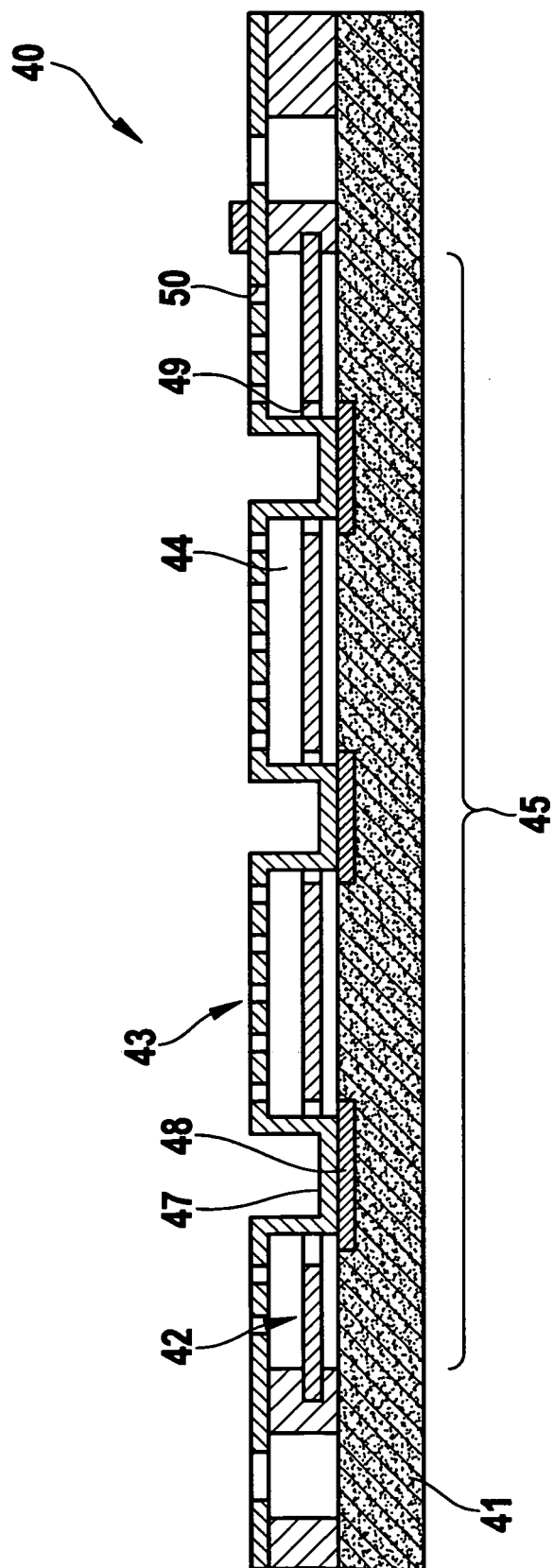


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6535460 B2 [0004]