



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 056 759 A1** 2007.05.31

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 056 759.2**

(22) Anmeldetag: **29.11.2005**

(43) Offenlegungstag: **31.05.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B81B 3/00** (2006.01)

B81C 1/00 (2006.01)

H04R 19/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

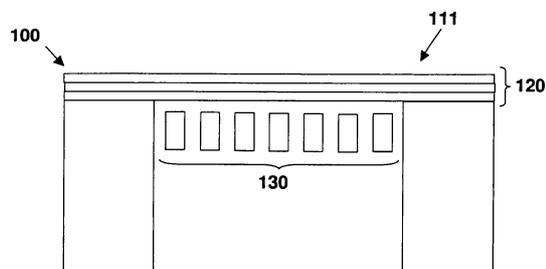
(72) Erfinder:

Fischer, Frank, 72810 Gomaringen, DE; Schelling, Christoph, 72762 Reutlingen, DE; Weiss, Stefan, 72070 Tübingen, DE; Schlosser, Roman, 72762 Reutlingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mikromechanische Struktur zum Empfang und/oder zur Erzeugung von akustischen Signalen, Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Struktur und Verwendung einer mikromechanischen Struktur**

(57) Zusammenfassung: Es wird eine mikromechanische Struktur, ein Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Struktur und eine Verwendung einer mikromechanischen Struktur vorgeschlagen, wobei die mikromechanische Struktur zum Empfang und/oder zur Erzeugung von akustischen Signalen in einem die Struktur zumindest teilweise umgebenden Medium vorgesehen ist, wobei die Struktur ein erste Öffnungen aufweisendes und im Wesentlichen eine erste Seite der Struktur bildendes erstes Gegenelement aufweist, dass die Struktur ferner ein zweite Öffnungen aufweisendes und im Wesentlichen eine zweite Seite der Struktur bildendes zweites Gegenelement aufweist und dass die Struktur eine im Wesentlichen geschlossene und zwischen dem ersten Gegenelement und dem zweiten Gegenelement angeordnete Membran aufweist.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer mikromechanischen Struktur zum Empfang und/oder zur Erzeugung von akustischen Signalen in einem die Struktur zumindest teilweise umgebenden Medium gemessen der Gattung des Anspruchs 1.

[0002] Aus der US-Patentanmeldung US 2002/0151100 A1 geht ein monolithisch integrierter Drucksensor mit einer Mikrofonkavität hervor, wobei eine Rückplatte oberhalb einer in einer mittleren Ebene befindlichen akustischen Membran angeordnet ist, wobei die Membran oberhalb einer Kavität angeordnet ist, wobei die Kavität nach unten hin ein Substrat abgeschlossen wird. Hierbei ist es nachteilig, dass aufgrund des nach unten hin abgeschlossenen Substrats keine ober- bzw. unterseitige Einkopplung bzw. Auskopplung von akustischen Signalen möglich ist. Weiterhin ist es nachteilig, dass dadurch die Empfindlichkeit der Anordnung reduziert ist.

Vorteile der Erfindung

[0003] Die erfindungsgemäße mikromechanische Struktur zum Empfangen und/oder zur Erzeugung von akustischen Signalen in einem die Struktur zumindest teilweise umgebenden Medium bzw. das Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Struktur bzw. die Verwendung einer erfindungsgemäßen mikromechanischen Struktur mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche hat den gegenüber den Vorteil, dass mit einfachen Mitteln eine Verbesserung der akustischen Eigenschaften der mikromechanischen Struktur möglich ist und dennoch die mikromechanische Struktur mittels vergleichsweise einfacher und robuster Herstellungsverfahren herstellbar ist. Die erfindungsgemäße mikromechanische Struktur weist wegen der Einbettung der Membran (vergrabene Membran) zwischen dem ersten und zweiten Gegelement eine große mechanische Stabilität auf.

[0004] Besonders bevorzugt ist, dass zwischen dem ersten Gegelement und der Membran eine erste Kavität ausgebildet ist und dass zwischen der Membran und dem zweiten Gegelement eine zweite Kavität ausgebildet ist, bzw. dass das erste Gegelement im Vergleich zur Membran ein um ein mehrfaches größere Masse aufweist und/oder dass das zweite Gegelement im Vergleich zur Membran eine im ein mehrfaches größere Masse aufweist. Hierdurch ist es möglich, dass mit einfachen Mitteln eine weitere Verbesserung der akustischen Eigenschaften der mikromechanischen Struktur möglich ist.

[0005] Es ist auch möglich, dass die mikromechani-

sche Struktur zusammen mit einer elektronischen Schaltung monolithisch integriert vorgesehen ist. Hierdurch ist es möglich, mittels einer s. g. Ein-Chip-Lösung die komplette Einheit aus einer mikromechanischen Struktur zur Wandlung zwischen einem akustischen Signal und einem elektrischen Signal sowie einer elektronischen Schaltung zur Auswertung bzw. zur Bereitstellung der elektronischen Signale zusammenzufassen.

[0006] Ferner ist bevorzugt, dass das erste und/oder zweite Gegelement im wesentlichen aus Halbleitermaterial hergestellt vorgesehen ist und das die Membran Halbleitermaterial umfasst bzw. dass das erste Gegelement eine erste Elektrode aufweist, das zweite Gegelement eine zweite Elektrode aufweist und dass die Membran eine dritte Elektrode aufweist. Hierdurch ist es vorteilhaft möglich, dass die elektrischen Eigenschaften der mikromechanischen Struktur insofern optimiert werden können, als eine differentielle Auswertung der Kapazitätenänderung zwischen den Elektroden ermöglicht wird.

[0007] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen mikromechanischen Struktur, wobei zur Herstellung der zweiten Kavität eine erste Opferschicht entweder auf ein Rohsubstrat strukturiert aufgebracht wird oder in das Rohsubstrat strukturiert eingebracht wird und eine erste Vorläuferstruktur erhalten wird, dass anschließend zur Herstellung der Membran wenigstens eine erste Membranschicht auf die erste Vorläuferstruktur aufgebracht wird, dass anschließend zur Herstellung der ersten Kavität eine zweite Opferschicht aufgebracht wird und dass anschließend zur Herstellung des ersten Gegelements eine Epitaxischicht aufgebracht wird, wobei anschließend die ersten und zweiten Öffnungen in die Gegelemente eingebracht werden sowie zur Bildung der ersten und zweiten Kavität die erste und zweite Opferschicht entfernt werden. Hierdurch ist es besonders vorteilhaft möglich, durch einen relativ robusten und vergleichsweise kostengünstigen Herstellungsprozess die erfindungsgemäße mikromechanische Struktur herzustellen.

[0008] Es ist auch möglich, dass nach der Herstellung der mikromechanischen Struktur eine elektronische Schaltung monolithisch integriert mit der mikromechanischen Struktur hergestellt wird, wobei die elektronische Schaltung entweder auf der ersten Seite oder auf der zweiten Seite angeordnet ist. Durch die monolithische Integration der elektronischen Schaltung ist es möglich, eine komplette Sensoreinheit bzw. eine komplette Mikrofoneinheit einstückig zu realisieren.

Zeichnungen

[0009] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0010] Es zeigen

[0011] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) schematische Darstellungen von gemäß dem Stand der Technik bekannten mikromechanischen Strukturen,

[0012] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen mikromechanischen Struktur und

[0013] [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) Vorläuferstrukturen der erfindungsgemäßen mikromechanischen Struktur.

[0014] In den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind zwei gemäß dem Stand der Technik bekannte mikromechanische Strukturen **100** dargestellt, die jeweils eine Membran **120** und eine gitterförmige Gegenelektrode **130** aufweisen. Im einen Fall bildet die Membran **120** auf einer ersten Seite **111** die Oberfläche der mikromechanischen Struktur ([Fig. 1](#)) und im anderen Fall ist die Membran **120** vergraben vorgesehen, d.h. es bildet die Gegenelektrode **130** der mikromechanischen Struktur **100** die Oberfläche der mikromechanischen Struktur **100** auf der ersten Seite **111** ([Fig. 2](#)).

[0015] In [Fig. 3](#) ist eine erfindungsgemäße mikromechanische Struktur **10** dargestellt. In [Fig. 4](#) ist eine erste Vorläuferstruktur **50** und in [Fig. 5](#) eine zweite Vorläuferstruktur **60** dargestellt. Die [Fig. 3](#) bis [Fig. 5](#) werden im Folgenden gemeinsam beschrieben. Die erfindungsgemäße mikromechanische Struktur **10** weist ein erstes Gegenelement **20**, eine Membran **30** und ein zweites Gegenelement **40** auf. Das erste Gegenelement **20** weist hierbei erste Öffnungen **21** auf und das zweite Gegenelement **40** weist zweite Öffnungen **41** auf. Die ersten und zweiten Öffnungen **21**, **41** sind erfindungsgemäß insbesondere dadurch realisiert, dass das erste und zweite Gegenelement **20**, **40** eine gitterartige Struktur aufweist. Das erste Gegenelement **20** bildet erfindungsgemäß eine erste Seite **11** der mikromechanischen Struktur **10** und das zweite Gegenelement **40** bildet erfindungsgemäß eine zweite Seite **12** der mikromechanischen Struktur **10**.

[0016] Die erfindungsgemäße mikromechanische Struktur **10** ist besonders dafür geeignet, als Mikrofon bzw. als Lautsprecher genutzt zu werden und verbindet insbesondere für diesen Anwendungsfall eine hohe Empfindlichkeit auf Materialschwingungen des die mikromechanische Struktur **10** umgebenden Mediums mit einer großen Robustheit gegenüber insbesondere mechanischen Einflüssen, weil die (vergleichsweise empfindliche) Membran **30** im Inneren

der mikromechanischen Struktur **10** zwischen den beiden Gegenelementen **20**, **40** vergraben bzw. allgemein geschützt angeordnet ist. Insbesondere ist es erfindungsgemäß damit vorgesehen, dass die im Vergleich zur Dicke sowohl des ersten als auch des zweiten Gegenelements **20**, **40** vergleichsweise dünne Membran **30** auch zur Rückseite (zweite Seite) **12** hin geschützt ist, so dass sie beim Waferhandling im Halbleiterherstellungsprozess, im Prüfprozess und im Verpackungsprozess keinem direkten mechanischen Kontakt ausgesetzt wird. Im verbauten Zustand erhöhen die vergleichsweise steifen Strukturen der Gegenelemente **20**, **40** die Robustheit der mikromechanischen Struktur. Der erfindungsgemäße Aufbau der mikromechanischen Struktur **10** ist sowohl als Mikrofonanwendung als auch als Lautsprecheranwendung Flip-Chip-fähig, weil die Topographie auf der Oberfläche vergleichsweise gering ist und damit auch kombinierbar mit modernen Nieder-volt-CMOS-Verfahren. Die Flip-Chip-Verbindungen können über Metallanschlussstellen (nicht dargestellt) über die erste Seite **11** der Struktur **10** erfolgen. Das erste und zweite Gegenelement **20**, **40** wird im Folgenden auch als erste bzw. zweite Gegenelektrode **20**, **40** bezeichnet. Die ersten bzw. zweiten Öffnungen **21**, **41** in den ersten bzw. zweiten Gegenelektroden **20**, **40** sind eingebracht, um einen Druckausgleich zwischen der ersten bzw. zweiten Kavität und jeweils dem Äußeren der erfindungsgemäßen mikromechanischen Struktur **10** zu erzielen. Es ist erfindungsgemäß auch möglich, dass die Membran **30** teilweise geöffnet vorgesehen ist, bzw. dass die Membran **30** eine Öffnung (nicht dargestellt) zum statischen Druckausgleich aufweist. Alternativ zu einer Öffnung in der Membran **30** ist es auch möglich, dass in anderen Bereichen der mikromechanischen Struktur eine Öffnung zum Druckausgleich vorhanden ist.

[0017] Die Membran **30** ist frei beweglich vorgesehen und wird bei Anregung mittels akustischen Signalen (Wellen) eines die mikromechanische Struktur **10** umgebenden Mediums, insbesondere ein Gas und insbesondere Luft, in Bewegung gesetzt, so dass die Membran **30** vibriert. Durch die Bewegung der Membran **30** wird der Abstand zu dem über der Membran **30** (d.h. auf einer ersten Seite **11** des mikromechanischen Struktur **10**) liegenden ersten Gegenelement **20** verringert bzw. vergrößert. Diese Abstandsänderung kann erfindungsgemäß kapazitiv ausgewertet werden. Hierzu ist es erfindungsgemäß vorteilhafterweise vorgesehen, dass das erste Gegenelement **20** eine erste Elektrode, die Membran **30** eine zweite Elektrode **32** und das zweite Gegenelement **40** eine dritte Elektrode aufweist. In [Fig. 3](#) sind weiterhin schematisch die entsprechenden Kondensatoranordnungen C1 und C2 dargestellt, die durch die Form der Gegenelemente **20**, **40** und der Membran **30** gebildet werden. Hierbei ist ein erster Kondensator C1 zwischen dem ersten Gegenelement **20** und der Membran **30** und ein zweiter Kondensator C2

zwischen der Membran **30** und dem zweiten Gegenelement **40** realisiert. Durch einen geringen Abstand zwischen der Membran **30** und dem ersten Gegenelement **20** ist es vorteilhaft möglich, eine große elektrische Empfindlichkeit zu erzielen. Dadurch ist es möglich, dass die Membran **30** unter kontrollierter Zugspannung ausgebildet werden kann und trotzdem eine hohe Empfindlichkeit erlaubt. Zusätzlich kann Durch die beidseitige Anordnung der Gegenelemente **20**, **40** relativ zur Membran **30** ist es möglich, dass die erfindungsgemäße mikromechanische Struktur **10** zur differentiellen Auswertung der Kapazitätsänderung eingesetzt werden kann, was eine höhere Empfindlichkeit ermöglicht. Damit ist auch die Möglichkeit verbunden, dass die akustische Schwingung bzw. das akustische Signal des die mikromechanische Struktur umgebenden Mediums sowohl von der ersten Seite **11** der Struktur **10** als auch von der zweiten Seite **12** der Struktur **10** eingekoppelt werden kann. Wird die Membran **30** als Messelektrode kontaktiert, ist es darüber hinaus möglich, dass das erste Gegenelement **20** und das zweite Gegenelement **40** auf Massepotential gelegt werden, wodurch sich die elektrische Empfindlichkeit gegenüber Verschmutzungen und Ladungen aus der Umgebung reduziert. Das erste Gegenelement **20** kann neben seiner Funktion als erste Elektrode auch für andere mechanische oder elektrische Funktionen in dem Mikrofon-Design genutzt werden (Ausbildung von Federn und beweglichen Membraneinspannungen, elektrische Kontaktierung von einzelnen Komponenten, z.B. zur elektrischen Einstellung der Empfindlichkeit).

[0018] Zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung der mikromechanischen Struktur **10** ist in [Fig. 4](#) die erste Vorläuferstruktur **50** der mikromechanischen Struktur **10** dargestellt. Die erste Vorläuferstruktur **50** umfasst ein Rohsubstrat **15** der mikromechanischen Struktur **10**, in welches eine erste Opferschicht **49** eingebracht ist. Bei dem Rohsubstrat **15** handelt es sich insbesondere um ein dotiertes Siliziumsubstrat. Bei der ersten Opferschicht **49** handelt es sich beispielsweise um einen oxidierten Bereich des Rohsubstrats **15**, d.h. die erste Opferschicht **49** ist in das Rohsubstrat **15** eingebracht vorgesehen. Alternativ dazu kann es auch vorgesehen sein, dass die erste Opferschicht **49** auf das Rohsubstrat **15** strukturiert aufgebracht ist, beispielsweise abgeschieden wurde.

[0019] In [Fig. 5](#) ist eine zweite Vorläuferstruktur **60** dargestellt, wobei im Membranbereich oberhalb der ersten Opferschicht **49** und außerhalb des Membranbereichs oberhalb des Rohsubstrats **15** wenigstens eine erste Membranschicht **31** auf die erste Vorläuferstruktur **50** aufgebracht vorgesehen ist. Erfindungsgemäß ist es insbesondere vorgesehen, dass eine Mehrzahl von beispielsweise drei (oder auch einer größeren oder kleineren Anzahl als drei) Memb-

ranschichten aufgebracht werden. Dargestellt sind in [Fig. 5](#) außer der ersten Membranschicht **31** eine zweite Membranschicht **32** und ein dritte Membranschicht **33**. Gemeinsam bilden die Membranschichten **31**, **32**, **33** die Membran **30**. Oberhalb der Membran **30** wird erfindungsgemäß eine zweite Opferschicht **29** aufgebracht. Anschließend wird eine Epitaxieschicht **16** zur Bildung der zweiten Vorläuferstruktur **60** aufgebracht.

[0020] Zur Bildung der erfindungsgemäßen mikromechanischen Struktur **10** werden anschließend die ersten Öffnungen **21** von der ersten Seite **11** in die Epitaxieschicht **16** eingebracht, insbesondere mittels eines anisotropen Trench-Ätzprozesses. Nachfolgend wird – ebenfalls von der ersten Seite **11** aus – die zweite Opferschicht **29** geätzt und damit die erste Kavität **25** hergestellt. Daran anschließend werden die zweiten Öffnungen **41** von der zweiten Seite **12** in das Rohsubstrat **15** eingebracht, insbesondere mittels eines anisotropen Trench-Ätzprozesses. Nachfolgend wird – ebenfalls von der zweiten Seite **12** aus – die erste Opferschicht **49** geätzt und damit die zweite Kavität **35** hergestellt. Der Fachmann erkennt, dass die Behandlung der zweiten Seite **12** auch vor der Behandlung der ersten Seite **11** erfolgen kann.

[0021] Zur Bildung der ersten Elektrode ist die Epitaxieschicht **16** entweder in-situ-dotiert vorgesehen oder aber es ist ein Dotierungsbereich in die Epitaxieschicht **16** eingebracht. Zur Bildung der dritten Elektrode ist das zweite Gegenelement **40** bzw. das Rohsubstrat **15** entweder dotiert vorgesehen oder aber es ist ein Dotierungsbereich in das zweite Gegenelement **40** eingebracht. Innerhalb der Membran **30** ist im dargestellten Beispiel die zweite Membranschicht **32** als entsprechend leitfähige Schicht, insbesondere aus polykristallinem Silizium, mit einer entsprechenden Dotierung vorgesehen.

[0022] Der Schichtstapel der Membran **30** aus der ersten, zweiten und dritten Membranschicht **31**, **32**, **33** kann beispielsweise aus einer Abfolge von Siliziumnitrid, Poly-Silizium, Siliziumnitrid bestehen. Ein Membranaufbau aus fünf Membranschichten kann beispielsweise aus Nitrid, Oxid, Poly-Silizium, Oxid, Nitrid bestehen. Ein Membranaufbau aus vier Membranschichten kann beispielsweise aus Oxid, Poly-Silizium, Nitrid und reoxidiertem Nitrid bestehen. Beim Aufbau der Membran ist bevorzugt darauf zu achten, dass die Membran insgesamt unter eine Zugspannung gesetzt wird, was beispielsweise dadurch erreicht werden kann, dass in der Schichtfolge der Membran **30** eine zugverspannte Schicht eingebracht wird, beispielsweise mittels einer LPCVD-Siliziumnitrid-Schicht (Low pressure chemical vapour deposition). Bevorzugt werden zur Herbeiführung der Zugspannung in der Membran solche Materialien eingesetzt, deren mechanische Eigenschaften gut einstellbar sind (wie etwa thermisches Oxid, LP-

CVD-Nitrid). Die Polysiliziumschicht wird in allen Fällen dotiert und dient als elektrisch leitfähige Kondensatorplatte der zweiten Elektrode **32**. Die Schichtdicke der Polysiliziumschicht wird derart gewählt, dass sich die Schichtspannung des Polysiliziums nur gering auf die Gesamtspannung auswirkt.

Patentansprüche

1. Mikromechanische Struktur (**10**) zum Empfang und/oder zur Erzeugung von akustischen Signalen in einem die Struktur (**10**) zumindest teilweise umgebenden Medium, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Struktur (**10**) ein erste Öffnungen (**21**) aufweisendes und im wesentlichen eine erste Seite (**11**) der Struktur (**10**) bildendes erstes Gegenelement (**20**) aufweist, dass die Struktur (**10**) ferner ein zweite Öffnungen (**41**) aufweisendes und im wesentlichen eine zweite Seite (**12**) der Struktur (**10**) bildendes zweites Gegenelement (**40**) aufweist und dass die Struktur (**10**) eine im wesentlichen geschlossene und zwischen dem ersten Gegenelement (**20**) und dem zweiten Gegenelement (**40**) angeordnete Membran (**30**) aufweist.

2. Mikromechanische Struktur (**10**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten Gegenelement (**20**) und der Membran (**30**) eine erste Kavität (**25**) ausgebildet ist und dass zwischen der Membran (**30**) und dem zweiten Gegenelement (**40**) eine zweite Kavität (**35**) ausgebildet ist.

3. Mikromechanische Struktur (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Gegenelement (**20**) im Vergleich zur Membran (**30**) eine um ein Mehrfaches größere Masse aufweist und/oder dass das zweite Gegenelement (**40**) im Vergleich zur Membran (**30**) eine um ein Mehrfaches größere Masse aufweist.

4. Mikromechanische Struktur (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mikromechanische Struktur (**10**) zusammen mit einer elektronischen Schaltung (**50**) monolithisch integriert vorgesehen ist.

5. Mikromechanische Struktur (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Gegenelement (**20, 40**) im wesentlichen aus Halbleitermaterial hergestellt vorgesehen ist und dass die Membran (**30**) Halbleitermaterial umfasst.

6. Mikromechanische Struktur (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Gegenelement (**20**) eine erste Elektrode aufweist, das zweite Gegenelement (**40**) eine zweite Elektrode aufweist und dass die Membran (**30**) eine dritte Elektrode aufweist.

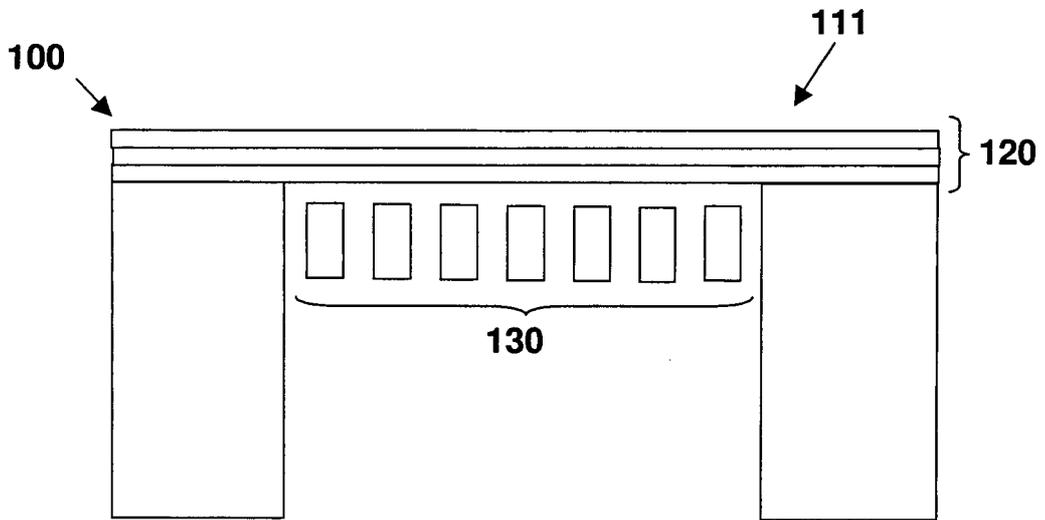
7. Verfahren zur Herstellung einer mikromechanischen Struktur (**10**) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung der zweiten Kavität (**35**) eine erste Opferschicht (**49**) entweder auf ein Rohsubstrat (**15**) strukturiert aufgebracht wird oder in das Rohsubstrat (**15**) strukturiert eingebracht wird und eine erste Vorläuferstruktur (**50**) erhalten wird, dass anschließend zur Herstellung der Membran (**30**) wenigstens eine erste Membranschicht (**31**) auf die erste Vorläuferstruktur (**50**) aufgebracht wird, dass anschließend zur Herstellung der ersten Kavität (**25**) eine zweite Opferschicht (**29**) aufgebracht wird und dass anschließend zur Herstellung des ersten Gegenelements (**20**) eine Epitaxieschicht (**16**) aufgebracht wird, wobei anschließend die ersten und zweiten Öffnungen (**21, 41**) in die Gegenelemente (**20, 40**) eingebracht werden sowie zur Bildung der ersten und zweiten Kavität (**25, 35**) die erste und zweite Opferschicht (**29, 49**) entfernt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zur Herstellung der mikromechanischen Struktur (**10**) eine elektronische Schaltung (**70**) monolithisch integriert mit der mikromechanischen Struktur (**10**) hergestellt wird, wobei die elektronische Schaltung (**70**) entweder auf der ersten Seite (**11**) oder auf der zweiten Seite (**12**) angeordnet ist.

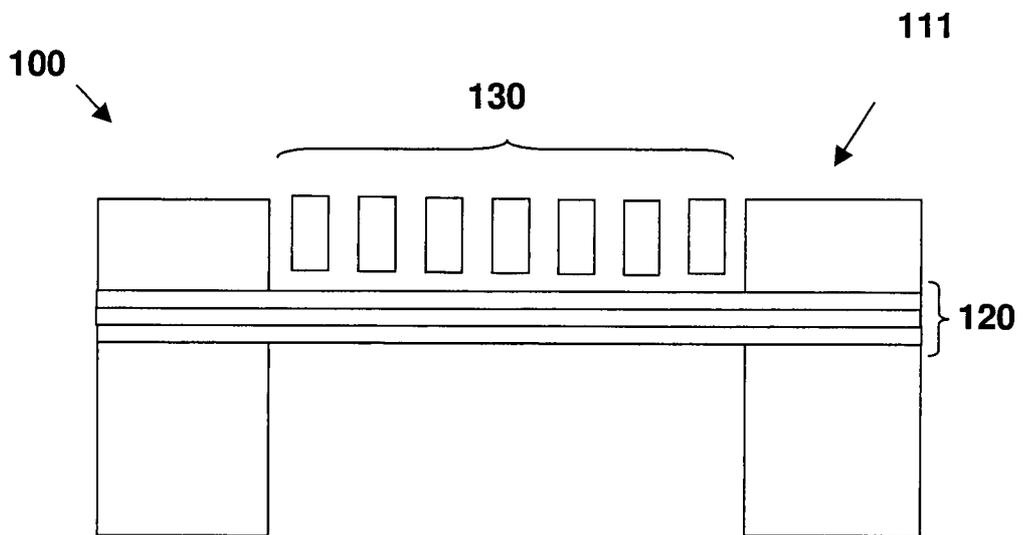
9. Verwendung einer mikromechanischen Struktur (**10**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 als Mikrofon und/oder als Lautsprecher.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

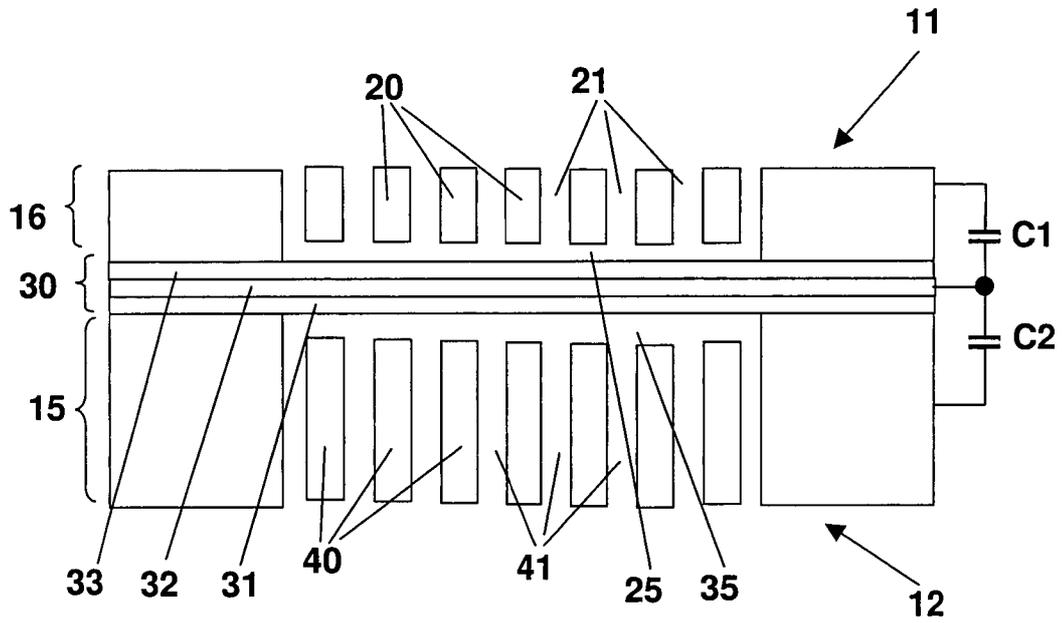
Anhängende Zeichnungen



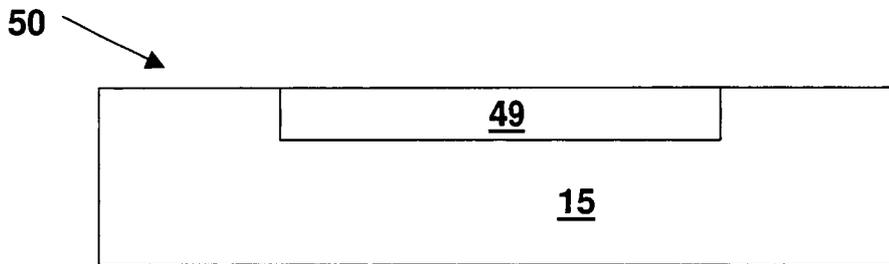
Figur 1



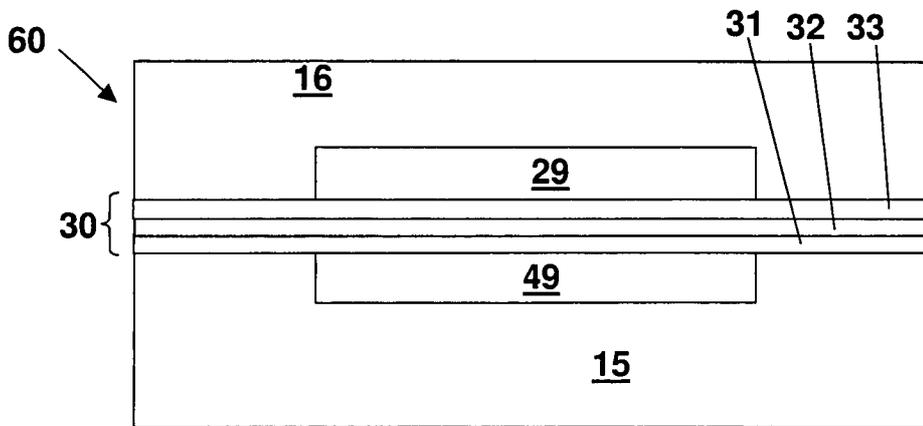
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5