



(11)

EP 2 207 364 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.10.2015 Patentblatt 2015/41

(51) Int Cl.:
H04R 1/38 (2006.01) **H04R 19/01** (2006.01)
H04R 31/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09177681.5**

(22) Anmeldetag: **02.12.2009**

(54) **Bauelement mit einer mikromechanischen Mikrofonstruktur**

Component with a micromechanical microphone structure

Composant doté d'une structure de microphone micromécanique

(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 MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **07.01.2009 DE 102009000053**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.07.2010 Patentblatt 2010/28

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

(72) Erfinder: **Reinmuth, Jochen**
72766 Reutlingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 467 593 WO-A1-2007/112743
DE-A1- 2 155 026 DE-A1-102006 024 668

EP 2 207 364 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 Bauelement mit einer mikromechanischen Mikrofonstruktur, mindestens umfassend eine durch den Schalldruck auslenkbare erste Membran, die als auslenkbare Elektrode fungiert, ein feststehendes akustisch durchlässiges Gegenelement, das als Gegenelektrode fungiert, und eine weitere Kapazität zur Auswertung der Kapazitätsänderungen zwischen der ersten auslenkbaren Elektrode und der Gegenelektrode.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauelements.

[0003] Bei den aus der Praxis bekannten MEMS(Micro-Electro-Mechanical-System)-Mikrofonen wird der Schalldruck meist in Form einer Kapazitätsänderung zwischen einer akustisch aktiven Membran und einer weitgehend starren Gegenelektrode erfasst. Ein Auswertekonzept für diese Art von Mikrofonen, bei dem die Kapazitätsänderung mit relativ geringer Spannung zwischen der Membran und der Gegenelektrode bestimmt werden kann, beruht auf einem Vergleich der Kapazitätsänderung mit einer festen Referenzkapazität. Vorteilhafterweise befindet sich diese Referenzkapazität auf demselben Bauteil wie die Messkapazität.

[0004] Aus der EP 1 467 593 A2 ist eine Richtmikrofon mit zwei Membranen bekannt, bei dem die Auslenkungen der Membranen durch die Verwendung eines kapazitiven Wandlersystems ein Ausgangssignal erzeugt. Das kapazitive Wandler-System wird dabei aus einer Gegenelektrode zwischen den beiden Membranen und jeweils einer elektrisch leitfähigen Schicht auf den Membranen gebildet.

[0005] Aus der DE 10 2006 024 668 A1 ist ein mikromechanischer Drucksensor bekannt, bei dem eine kapazitive Erfassung mittels eines Gegenelements über einem Hohlraum und einer über dem Gegenelement angeordneten Membran realisiert wird.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Mit der vorliegenden Erfindung wird eine sehr platzsparende mikromechanische Mikrofonstruktur mit einer Messkapazität und einer Referenzkapazität vorgeschlagen, die im Verhältnis zu ihrer geringen Baugröße eine hohe Empfindlichkeit aufweist.

[0007] Dazu ist das feststehende Gegenelement zwischen der auslenkbaren ersten Membran und einer zweiten Membran angeordnet. Das feststehende Gegenelement fungiert erfindungsgemäß nicht nur als Gegenelektrode für die auslenkbare erste Membran sondern bildet auch eine Elektrode der weiteren Kapazität, während die zweite Membran die zweite Elektrode dieser weiteren Kapazität bildet.

[0008] Erfindungsgemäß werden die Messkapazität und die weitere Kapazität demnach übereinander, mit

einer gemeinsamen Mittelelektrode realisiert. Diese Elektrodenanordnung ist nicht nur sehr platzsparend, sondern ermöglicht auch unterschiedliche Auswertekonzepte, je nach dem, ob es sich bei der weiteren Kapazität um eine konstante Referenzkapazität oder eine vom Schalldruck abhängige Kapazität handeln soll.

[0009] In einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Bauelements sind das feststehende Gegenelement und die zweite Membran mechanisch gekoppelt aber gegeneinander elektrisch isoliert, so dass sie eine konstante Referenzkapazität bilden. Die Referenzkapazität verbraucht hier also keine zusätzliche Bauteiloberfläche sondern ist innerhalb der aktiven Mikrofonfläche angeordnet. Bei dieser Variante kann einfach das aus dem Stand der Technik bekannte Auswertekonzept angewendet werden.

[0010] Von besonderem Vorteil ist es, wenn sich auch die weitere Kapazität unter Einwirkung des Schalldrucks verändert, d.h. wenn auch die zweite Membran unter Einwirkung des Schalldrucks ausgelenkt wird. Da das Gegenelement erfindungsgemäß zwischen den beiden Membranen angeordnet ist und eine feststehende Elektrode sowohl für die Messkapazität als auch für die weitere Kapazität bildet, verändern sich die Messkapazität und die weitere Kapazität bei gleichsinniger Auslenkung der beiden Membranen gegenläufig. In diesem Fall kann das Messsignal einfach durch Verknüpfung der beiden Kapazitäten verstärkt werden, um die Mikrofonempfindlichkeit zu erhöhen.

[0011] Eine Möglichkeit zur Realisierung einer solchen schalldruckabhängigen weiteren Kapazität besteht darin, die beiden Membranen des erfindungsgemäßen Bauelements mechanisch zu koppeln und gegeneinander elektrisch zu isolieren. In diesem Fall ist es ausreichend, wenn im wesentlichen nur eine der beiden Membranen akustisch aktiv ist, da der Schalldruck über die mechanische Kopplung direkt auf die andere Membran übertragen wird.

[0012] Eine mechanische Kopplung ist dann nicht erforderlich, wenn beide Membranen des Bauelements akustisch aktiv sind. In diesem Fall ist es von Vorteil, wenn die beiden Membranen in zueinander versetzten Teilbereichen akustisch aktiv und akustisch durchlässig ausgebildet sind, um Wechselwirkungen zu vermeiden.

[0013] Vorteilhafterweise sind die dem Gegenelement zugewandten Membranoberflächen und/oder die Oberflächen des Gegenelements mit einer dielektrischen Beschichtung versehen, um einen Kurzschluss der Messkapazität und/oder der Referenzkapazität in Überlastsituationen zu vermeiden.

[0014] Des Weiteren kann die Mikrofonstruktur einen Überlastschutz in Form von Anschlägen umfassen, die in der dem Gegenelement zugewandten Oberfläche einer auslenkbaren Membran und/oder in der einer auslenkbaren Membran zugewandten Oberfläche des Gegenelements ausgebildet sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Wie bereits voranstehend erörtert, gibt es verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird einerseits auf die dem unabhängigen Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche verwiesen und andererseits auf die nachfolgende Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele der Erfindung. Anhand der Figuren wird auch das beanspruchte Herstellungsverfahren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines Bauelements 10 mit zwei akustisch aktiven Membranen,

Fig. 2a bis 2j veranschaulichen die einzelnen Verfahrensschritte zur Herstellung des Bauelements 10 anhand von schematischen Schnittdarstellungen,

Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer Variante des Bauelements 10, und

Fig. 4 zeigt eine schematische Schnittdarstellung eines erfindungsgemäßen Bauelements 40.

Ausführungsformen der Erfindung

[0016] Das in **Fig. 1** dargestellte Bauelement 10 umfasst eine mikromechanische Mikrofonstruktur, die in einem Schichtaufbau über einem Substrat 1 ausgebildet ist. Diese Mikrofonstruktur besteht im Wesentlichen aus zwei übereinander angeordneten Membranen 11 und 12, zwischen denen ein feststehendes Gegenelement 13 angeordnet ist. Die Membran 11 ist über Isolationsschichten 2 und 4 einerseits gegen das Substrat 1 und andererseits gegen das Gegenelement 13 elektrisch isoliert. Eine weitere Isolationsschicht 6 des Schichtaufbaus dient der elektrischen Isolation zwischen dem Gegenelement 13 und der Membran 12. Die beiden Membranen 11 und 12 sowie das Gegenelement 13 bestehen zumindest bereichsweise aus einem elektrisch leitfähigen Material, wie z.B. einem entsprechend dotierten Polysilizium. Auf diese Weise bildet die Membran 11 zusammen mit dem Gegenelement 13 eine erste Kapazität, während die Membran 12 zusammen mit dem Gegenelement 13 eine zweite Kapazität bildet.

[0017] Das Gegenelement 13 ist deutlich dicker als die beiden Membranen 11 und 12 und damit im Wesentlichen starr. Außerdem sind im Gegenelement 13 Durchgangsöffnungen 131, 132 ausgebildet, so dass das Gegenelement 13 akustisch durchlässig ist. Im Gegensatz dazu sind beide Membranen 11 und 12 im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel akustisch aktiv. Sie werden unabhängig voneinander durch den Schalldruck ausge-

lenkt, der von der Bauteiloberseite ausgehend auf die Membran 12 einwirkt und über eine Schallöffnung 14 in der Bauteilrückseite auf die Membran 11 einwirkt. Im Mittelbereich der Membran 11 sind Durchgangsöffnungen 111 ausgebildet, so dass die Membran 11 im Wesentlichen nur im geschlossenen Randbereich akustisch aktiv ist. Im Unterschied dazu ist dieser Randbereich der Membran 12 mit Durchgangsöffnungen 121 versehen, so dass die Membran 12 im Wesentlichen nur im geschlossenen Mittelbereich akustisch aktiv ist. Diese versetzte Anordnung der Durchgangsöffnungen 111 und 121 bzw. der akustisch aktiven Bereiche der Membranen 11 und 12 dient der Vermeidung von Wechselwirkungen zwischen den beiden Membranen 11 und 12. Aufgrund der Durchgangsöffnungen 111, 121 und 131, 132 in den Membranen 11 und 12 sowie im Gegenelement 13 bewirkt der Schalldruck eine gleichsinnige Auslenkung der beiden Membranen 11 und 12. Da das Gegenelement 13 sandwichartigen zwischen den beiden Membranen 11 und 12 angeordnet ist, ändern sich die erste und zweite Kapazität gegensinnig. Die Auswertung erfolgt hier durch Differenzbildung zwischen der ersten und zweiten Kapazität

[0018] Die Herstellung des in **Fig. 1** dargestellten Bauelements 10 wird nachfolgend anhand der **Fig. 2a bis 2j** erläutert.

[0019] Wie bereits erwähnt, geht das Herstellungsverfahren von einem Substrat 1, wie z.B. einem Siliziumwafer, aus. Auf diesem Substrat wird zunächst eine erste Opferschicht 2 abgeschieden und strukturiert. **Fig. 2a** zeigt den Schichtaufbau nach der Strukturierung der ersten Opferschicht 2, bei der Öffnungen 21 erzeugt wurden, die mit den zu erzeugenden Durchgangsöffnungen 111 in der ersten Membran 11 kommunizieren. Die erste Opferschicht 2 fungiert im Rahmen des Bauelements 10 auch als erste Isolationsschicht 2. Typischerweise handelt es sich dabei um ein thermisches Oxid oder ein TEOS-Oxid.

[0020] Auf der strukturierten ersten Opferschicht 2 wird nun eine erste Membranschicht 3 in Form einer Polysiliziumschicht abgeschieden und dotiert. **Fig. 2b** zeigt den Schichtaufbau, nach der Strukturierung der Membranschicht 3, bei der nicht nur die Durchgangsöffnungen 111 erzeugt wurden sondern auch eine Federaufhängung 31 für die Membran 11 ausgebildet wurde, um Membranauslenkungen zu begünstigen.

[0021] Darüber wird eine zweite Opferschicht 4 abgeschieden und strukturiert. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wurden dabei Öffnungen 41 erzeugt, die mit den Durchgangsöffnungen 111 in der ersten Membranschicht 3 kommunizieren. Des Weiteren wurde eine Öffnung 42 erzeugt, die für die Realisierung der elektrischen Kontakte der einzelnen Kondensatorelektroden des Bauelements 10 benötigt wird. Diese Situation ist in **Fig. 2c** dargestellt. Da auch die zweite Opferschicht 4 im Rahmen des Bauelements 10 als Isolationsschicht fungiert, kann diese - wie schon die erste Opferschicht 2 - durch ein thermisches Oxid oder ein TEOS-Oxid ge-

bildet werden.

[0022] Auf die zweite Opferschicht 4 wird eine zumindest bereichsweise elektrisch leitfähige Schicht 5 aufgebracht, aus der das feststehende Gegenelement 13 herausgebildet wird. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wurde dazu eine dickere Epi-Polysiliziumschicht 5 auf der zweiten Opferschicht 4 erzeugt und dotiert. Diese Epi-Polysiliziumschicht 5 wurde zumindest im Membranbereich nicht strukturiert, so dass das Polysilizium dieser Schicht 5 die Strukturierung der darunter liegenden Schichten 4, 3 und 2 ausfüllt, was durch **Fig. 2d** veranschaulicht wird. Zum Erzeugen der Epi-Polysiliziumschicht 5 wird typischerweise zunächst eine Polysiliziumstartschicht abgeschieden, bevor darauf dann eine Epi-Polysiliziumschicht abgeschieden wird. Dieses Epi-Polysilizium wird dotiert und kann zur besseren Weiterverarbeitung planarisiert werden. Alternativ kann das feststehende Gegenelement aber auch in einer dünneren Polysiliziumschicht realisiert werden, die steifer als die beiden Membranen im Schichtaufbau aufgehängt wird. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Gegenelement in Form eines Schichtstapels aus Polysilizium und Oxid bzw. Nitrid zu realisieren, der unter Zugstress steht. Auf diese Weise kann ebenfalls erreicht werden, dass das Gegenelement signifikant weniger auf Schallwellen reagiert als die Membranen.

[0023] Über der Epi-Polysiliziumschicht 5 wurde eine dritte Opferschicht 6 abgeschieden, die im Rahmen des Bauelements 10 ebenfalls als Isolationsschicht fungiert. Bei der Strukturierung dieser Opferschicht 6 wurden Öffnungen 61 erzeugt, die mit den zu erzeugenden Öffnungen 121 in der zweiten Membran 12 des Bauelements 10 kommunizieren. Außerdem wurde eine Öffnung 62 erzeugt, die zur Realisierung von elektrischen Kontakten benötigt wird. **Fig. 2e** zeigt den Schichtaufbau mit der strukturierten dritten Opferschicht 6.

[0024] Dann wurde auf der dritten Opferschicht 6 eine zweite Membranschicht 7 in Form einer weiteren Polysiliziumschicht abgeschieden, dotiert und strukturiert, wobei auch hier neben den Durchgangsöffnungen 121 eine federartige Membranaufhängung 71 erzeugt wurde. Der resultierende Schichtaufbau ist in **Fig. 2f** dargestellt.

[0025] Zur späteren Kontaktierung umfasst der Schichtaufbau des Bauelements 10 schließlich noch eine oder mehrere strukturierte Metallschichten 8. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wurde die Metallschicht 8 auf die zweite Membranschicht 7 aufgebracht und strukturiert, was in **Fig. 2g** dargestellt ist, bevor das Gegenelement bzw. die Epi-Polysiliziumschicht 5 strukturiert wurde und Ätzzugänge zu den Opferschichten 2, 4 und 6 zum Freilegen der Mikrofonstruktur erzeugt wurden. Die Metallschicht 8 für die Realisierung elektrischer Kontakte kann aber auch zu einem späteren Zeitpunkt erzeugt werden.

[0026] In einem von der Vorderseite bzw. Oberseite des Schichtaufbaus ausgehenden Trenchschritt wurden nun die Durchgangsöffnungen 121 in der zweiten Membranschicht 7, die sich in den Öffnungen 61 in der dritten

Opferschicht 6 fortsetzen, in die Epi-Polysiliziumschicht 5 übertragen, um die Durchgangsöffnungen 131 im Randbereich des Gegenelements 13 zu erzeugen. Dabei dient die zweite Opferschicht 4 als Ätzstopppgrenze. Das Ergebnis dieses ersten Trenchschritts ist in Form der Trenchgräben 91 in **Fig. 2h** dargestellt.

[0027] In einem zweiten Trenchschritt, der von der Substratrückseite ausgeht, wird zunächst die Schallöffnung 14 erzeugt, die das Rückseitenvolumen der Mikrofonstruktur bildet. Dieser Trenchprozess stoppt an der ersten Opferschicht 2 und geht nur in dem Bereich weiter in die Tiefe, in dem die Epi-Polysiliziumschicht 5 direkt an die Substratoberfläche grenzt, d.h. im Bereich der Durchgangsöffnungen 111 in der ersten Membranschicht 3. In diesem Bereich wird der Trenchprozess erst bei Erreichen der dritten Opferschicht 6 gestoppt, so dass im Mittelbereich des Gegenelements 13 Durchgangsöffnungen 132 entstehen. Die entsprechenden Trenchgräben 92 sind in **Fig. 2i** zu erkennen.

[0028] Die Trenchgräben 91 und 92 in Verbindung mit der Schallöffnung 14 werden als Ätzzugänge zum Freilegen der beiden Membranen 11 und 12 genutzt, was beispielsweise mit Hilfe von HF oder in einem Gasphasenätzverfahren erfolgt. Dabei wird das Opferschichtmaterial der Schichten 2, 4 und 6 in den Bereichen unter der ersten Membran 11 und zwischen dem Gegenelement 13 und den beiden Membran 11 und 12 entfernt. Die resultierende Bauelementstruktur ist in **Fig. 2j** dargestellt. Diese Figur entspricht im Wesentlichen der Fig. 1.

[0029] An dieser Stelle sei angemerkt, dass auch Abweichungen von der voranstehend beschriebenen Prozessfolge möglich sind. So kann der rückseitige Trenchprozess auch vor dem Vorderseiten-Trenchprozess gefahren werden. Außerdem kann es sich als günstig erweisen, bereits nach dem ersten Trenchschritt einen Teil des Opferschichtmaterials zu entfernen. Die beiden Membranen werden dann nach dem zweiten Trenchschritt in einem zweiten Ätzschritt vollständig freigestellt.

[0030] Gemäß einer vorteilhaften Variante der Erfindung wird vor den einzelnen Opferschichtabscheidungen eine weitere Opferschicht abgeschieden und strukturiert, um definierte Anschläge für die auslenkbaren Elektroden der Mikrofonstruktur zu realisieren. Ein derartiges Bauelement 30 ist in **Fig. 3** dargestellt. Das Bauelement 30 unterscheidet sich von dem in Fig. 1 dargestellten Bauelement 10 lediglich durch Anschläge 122 und 133, die an der Unterseite der zweiten Membran 12 und des Gegenelements 13 ausgebildet sind. Im Falle von Überlastsituationen bilden die Anschläge 122 und 133 die Berührungsflächen zwischen den Elektroden der Mikrofonstruktur. Je kleiner diese Berührungsflächen sind, um so geringer ist die Haftkraft zwischen den Elektroden und dementsprechend auch die Kraft, die erforderlich ist, um die Membranen 11 und 12 wieder in ihre Ausgangslage zu bringen.

[0031] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Anschläge 122 und 133 zudem aus einem dielektrischen

Material bestehen oder zumindest mit einem solchen beschichtet sind, so dass sie einen Kurzschluss der ersten und/oder zweiten Kapazität in Überlastsituationen verhindern. Dadurch wird die Elektronik geschützt und ein Festbrennen der Elektroden vermieden. Zur Realisierung derartiger Anschläge kann vor oder auch nach der Opferschichtabscheidung eine dielektrische Schicht abgeschieden werden, die vorteilhafterweise eine deutlich geringer Ätzrate als die Opferschicht hat, wie beispielsweise SiN oder siliziumreiches Nitrid. Zudem ist die Haftkraft zwischen SiN und Si so gering, dass sich die Membranen nach Überlastsituationen besonders einfach wieder in ihre Ausgangslage bringen lassen.

[0032] Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Anschläge 122 am äußeren Rand des akustisch aktiven Bereichs der zweiten Membran 12 ausgebildet. Die Anschläge 133 erstrecken sich in Verlängerung dazu vom Gegenelement 13 in Richtung erste Membran 11, und zwar entlang des inneren Randes des akustisch aktiven Bereichs der ersten Membran 11. Auf diese Weise tragen die Anschläge 122 und 133 auch noch zur Verringerung des akustischen Kurzschlusses zwischen den versetzt akustisch aktiven und transparenten Membranen 11 und 12 bei.

[0033] Fig. 4 zeigt ein Bauelement 50 mit einer mikromechanischen Mikrofonstruktur, die erfindungsgemäß zwei übereinander angeordneten Membranen 51 und 52 umfasst, zwischen denen ein feststehendes Gegenelement 53 angeordnet ist. Die beiden Membranen 51 und 52 sind jeweils über eine Federaufhängung 31 bzw. 71 im Schichtaufbau des Bauelements 50 aufgehängt, um deren Auslenkung zu begünstigen. Wie auch im Falle des in Fig. 1 dargestellten Bauelements 10 ist die Membran 51 über Isolationsschichten 2 und 4 einerseits gegen das Substrat 1 und andererseits gegen das Gegenelement 53 elektrisch isoliert. Eine weitere Isolationsschicht 6 des Schichtaufbaus dient der elektrischen Isolation zwischen dem Gegenelement 53 und der Membran 52. Die beiden Membranen 51 und 52 sowie das Gegenelement 53 bestehen zumindest bereichsweise aus einem elektrisch leitfähigen Material, wie z.B. einem entsprechend dotierten Polysilizium. Auf diese Weise bildet die Membran 51 zusammen mit dem Gegenelement 53 eine erste Kapazität, während die Membran 52 zusammen mit dem Gegenelement 53 eine zweite Kapazität bildet.

[0034] Das Gegenelement 53 ist hier deutlich dicker als die beiden Membranen 51 und 52 und weist erste Durchgangsöffnungen 531 auf, so dass es im Wesentlichen starr und akustisch transparent ist. Um zu erreichen, dass das Gegenelement deutlich weniger auf Schallwellen reagiert als die Membranen, kann das Gegenelement aber auch in einer dünneren Polysiliziumschicht realisiert werden, die steifer als die beiden Membranen im Schichtaufbau aufgehängt ist. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Gegenelement in Form eines Schichtstapels aus Polysilizium und Oxid bzw. Nitrid zu realisieren, der unter Zugstress steht. Außerdem

sind im Gegenelement 53 zweite Durchgangsöffnungen 532 für Verbindungsstege 55 ausgebildet, über die die beiden Membranen 51 und 52 mechanisch gekoppelt sind. Bei der hier beschriebenen Variante ist die erste Membran 51 weitgehend geschlossen und damit akustisch aktiv, während die gesamte Mikrofonfläche der zweiten Membran 52 mit Durchgangsöffnungen 521 versehen ist, so dass die zweite Membran 52 akustisch allenfalls gering aktiv ist. Die mechanische Kopplung zwischen den beiden Membranen 51 und 52 bewirkt jedoch, dass beide Membranen 51 und 52 gleichsinnig ausgelenkt werden, wenn die erste Membran 51 über die Schallöffnung 54 in der Bauteilrückseite mit Schalldruck beaufschlagt wird. Dementsprechend ändern sich die erste und zweite Kapazität, wie im Falle des Bauteils 10, gegensinnig. Die Auswertung erfolgt auch hier durch Differenzbildung zwischen der ersten und zweiten Kapazität.

Patentansprüche

1. Bauelement (10) mit einer mikromechanischen Mikrofonstruktur, mindestens umfassend

- eine durch den Schalldruck auslenkbare erste Membran (51), die als auslenkbare Elektrode fungiert,
- ein feststehendes akustisch durchlässiges Gegenelement (53), das als Gegenelektrode fungiert, und
- eine weitere Kapazität zur Auswertung der Kapazitätsänderungen zwischen der ersten auslenkbaren Elektrode (51) und der Gegenelektrode (53),

wobei

- das feststehende Gegenelement (53) zwischen der auslenkbaren ersten Membran (51) und einer zweiten Membran (52) angeordnet ist, und
- das feststehende Gegenelement (53) auch als Elektrode der weiteren Kapazität fungiert und
- die zweite Membran (52) die zweite Elektrode der weiteren Kapazität bildet, und
- sich auch die weitere Kapazität unter Einwirkung des Schalldrucks verändert,

dadurch gekennzeichnet dass

die beiden Membranen (51, 52) mechanisch gekoppelt aber gegeneinander elektrisch isoliert sind, so dass beide Membranen (51, 52) gleichsinnig ausgelenkt werden, wenn die erste Membran (51) mit Schalldruck beaufschlagt wird.

2. Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Membran (51) weitgehend

geschlossen ist und somit akustisch aktiv ist.

3. Bauelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Membran (52) derart mit Durchgangsöffnungen (521) versehen ist, so dass die zweite Membran (52) allenfalls gering akustisch aktiv ist. 5
4. Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich bei der gleichsinnigen Auslenkung der Membranen die beiden vorliegenden Kapazitäten gegensinnig ändern. 10
5. Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das feststehende Gegenelement und die zweite Membran mechanisch gekoppelt aber gegeneinander elektrisch isoliert sind, so dass sie eine konstante Referenzkapazität bilden. 15
6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die dem Gegenelement zugewandten Membranoberflächen und/oder die Oberflächen des Gegenelements mit einer dielektrischen Beschichtung versehen sind. 20
7. Bauelement (30) nach einem der Ansprüche 1, 5 oder 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mikrofonstruktur einen Überlastschutz in Form von Anschlägen (122, 132) umfasst, die in der dem Gegenelement (53) zugewandten Oberfläche einer auslenkbaren Membran (52) und/oder in der einer auslenkbaren Membran (51) zugewandten Oberfläche des Gegenelements (53) ausgebildet sind. 30
8. Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mit einer mikromechanischen Mikrofonstruktur, insbesondere zur Herstellung eines Bauelements (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Membranstruktur im Schichtaufbau über einem Substrat (1) realisiert wird, indem 35
 - auf die Substratoberfläche eine erste elektrisch isolierende Opferschicht (2) aufgebracht und strukturiert wird, 40
 - über der ersten Opferschicht (2) eine erste zumindest bereichsweise elektrisch leitfähige Membranschicht (3) erzeugt und strukturiert wird, 45
 - über der ersten Membranschicht (3) eine zweite elektrisch isolierende Opferschicht (4) aufgebracht und strukturiert wird,
 - über der zweiten Opferschicht (4) eine zumindest bereichsweise elektrisch leitfähige Schicht (5) zur Realisierung eines feststehenden Gegenelements (13) erzeugt wird, 50
 - über der Schicht (5) eine dritte elektrisch iso-

lierende Opferschicht (6) aufgebracht und strukturiert wird,

- über der dritten Opferschicht (6) eine zweite zumindest bereichsweise elektrisch leitfähige Membranschicht (7) erzeugt und strukturiert wird,
- in einem Vorder- und/oder Rückseiten-Trenchprozess die Schicht (5) strukturiert wird und Ätzzugänge zu der ersten, der zweiten und der dritten Opferschicht (2, 4, 6) erzeugt werden und
- die erste, die zweite und die dritte Opferschicht (2, 4, 6) bereichsweise entfernt werden, um eine erste Membran (51) in der ersten Membranschicht (3), ein Gegenelement (53) in der Schicht (5) und eine zweite Membran (52) in der zweiten Membranschicht (7) freizulegen,

dadurch gekennzeichnet dass

die beiden Membranen (51, 52) mechanisch gekoppelt aber gegeneinander elektrisch isoliert werden.

Claims

1. Component (10) with a micromechanical microphone structure, at least comprising

- a first diaphragm (51), which can be deflected by the sound pressure and acts as a deflectable electrode,
- a fixed acoustically permeable counter element (53), which acts as a counter electrode, and
- a further capacitance for evaluating the changes in capacitance between the first deflectable electrode (51) and the counter electrode (53),

wherein

- the fixed counter element (53) is arranged between the deflectable first diaphragm (51) and a second diaphragm (52), and
- the fixed counter element (53) also acts as an electrode of the further capacitance and
- the second diaphragm (52) forms the second electrode of the further capacitance, and
- the further capacitance changes under the effect of the sound pressure,

characterized in that

the two diaphragms (51, 52) are mechanically coupled but electrically insulated from one another, so that both diaphragms (51, 52) are deflected in the same sense when the first diaphragm (51) is subjected to sound pressure.

2. Component according to Claim 1, **characterized in that** the first diaphragm (51) is largely uninterrupted, and is consequently acoustically active.

3. Component according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the second diaphragm (52) is provided with through-openings (521) in such a way that the second diaphragm (32) is at most slightly acoustically active. 5
4. Component according to one of the preceding claims, **characterized in that** the deflection of the diaphragms in the same sense has the effect that the two capacitances that are present change in opposite senses. 10
5. Component according to Claim 1, **characterized in that** the fixed counter element and the second diaphragm are mechanically coupled but electrically insulated from one another, so that they form a constant reference capacitance. 15
6. Component according to one of Claims 1 or 5, **characterized in that** at least the diaphragm surfaces that are facing the counter element and/or the surfaces of the counter element are provided with a dielectric coating. 20
7. Component (30) according to one of Claims 1, 5 or 6, **characterized in that** the microphone structure comprises an overload protection in the form of stops (122, 132), which are formed in the surface of a deflectable diaphragm (52) that is facing the counter element (53) and/or in the surface of the counter element (53) that is facing a deflectable diaphragm (51). 25 30
8. Method for producing a component with a micromechanical microphone structure, in particular for producing a component (10) according to one of Claims 1 to 7, in which the diaphragm structure is realized in the build-up of layers over a substrate (1), in that 35 40
 - a first electrically insulating sacrificial layer (2) is applied to the substrate surface and is structured,
 - a first diaphragm layer (3) that is electrically conductive at least in certain portions is created over the first sacrificial layer (2) and is structured, 45
 - a second electrically insulating sacrificial layer (4) is applied over the first diaphragm layer (3) and is structured, 50
 - a layer (5) that is electrically conductive at least in certain regions is created over the second sacrificial layer (4) to realize a fixed counter element (13),
 - a third electrically insulating sacrificial layer (6) is applied over the layer (5) and is structured, 55
 - a second diaphragm layer (7) that is electrically conductive at least in certain regions is created

over the third sacrificial layer (6) and is structured,

- the layer (5) is structured in a front- and/or rear-side trenching process and etching accesses to the first, second and third sacrificial layers (2, 4, 6) are created and

- the first, second and third sacrificial layers (2, 4, 6) are removed in certain regions, in order to expose a first diaphragm (51) in the first diaphragm layer (3), a counter element (53) in the layer (5) and a second diaphragm (52) in the second diaphragm layer (7),

characterized in that the two diaphragms (51, 52) are mechanically coupled but electrically insulated from one another.

Revendications

1. Composant (10) présentant une structure micromécanique de microphone et comportant au moins :

une première membrane (51) qui peut être déformée sous l'effet de la pression acoustique et qui fonctionne comme électrode déformable, un élément complémentaire (53) fixe et acoustiquement transparent, qui fonctionne comme électrode complémentaire et

une autre capacité permettant d'évaluer les modifications de capacité entre la première électrode déformable (51) et l'électrode complémentaire (53),

l'élément complémentaire fixe (53) étant disposé entre la première membrane déformable (51) et une deuxième membrane (52),

l'élément complémentaire fixe (53) fonctionnant également comme électrode de l'autre capacité, la deuxième membrane (52) formant la deuxième électrode de l'autre capacité et

l'autre capacité variant également sous l'effet de la pression acoustique,

caractérisé en ce que

les deux membranes (51, 52) sont couplées mécaniquement l'une à l'autre mais sont électriquement isolées l'une de l'autre de telle sorte que les deux membranes (51, 52) soient déformées dans le même sens lorsque la pression acoustique agit sur la première membrane (51).

2. Composant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première membrane (51) est largement fermée et est ainsi acoustiquement active.

3. Composant selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la deuxième membrane (52) est pourvue d'ouvertures de passage (521) de telle sorte que la deuxième membrane (52) est en tout cas peu ac-

tive acoustiquement.

4. Composant selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux capacités présentes se modifient dans des sens opposés lorsque les membranes sont déformées dans le même sens. 5
5. Composant selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément complémentaire fixe et la deuxième membrane sont couplés mécaniquement l'un à l'autre mais sont isolés électriquement l'un de l'autre de manière à former une capacité de référence constante. 10
6. Composant selon l'une des revendications 1 ou 5, **caractérisé en ce qu'**au moins la surface des membranes tournée vers l'élément complémentaire et/ou la surface de l'élément complémentaire sont dotées d'un revêtement diélectrique. 15 20
7. Composant (30) selon l'une des revendications 1, 5 ou 6, **caractérisé en ce que** la structure de microphone comporte une protection contre les surcharges qui présente la forme de butées (122, 132) qui sont formées dans la surface d'une membrane déformable (52) tournée vers l'élément complémentaire (53) et/ou dans la surface de l'élément complémentaire (53) tournée vers une membrane déformable (51). 25 30
8. Procédé de fabrication d'un composant doté d'une structure micromécanique de microphone, en particulier de fabrication d'un composant (10) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la structure de membrane est réalisée par stratification au-dessus d'un substrat (1), 35
 en appliquant sur la surface du substrat une première couche sacrificiée (2) électriquement isolante et en structurant cette dernière, 40
 en formant au-dessus de la première couche sacrificiée (2) une première couche de membrane (3) dont au moins certaines parties sont électriquement conductrices et en structurant cette dernière, 45
 en formant au-dessus de la première couche de membrane (3) une deuxième couche sacrificiée (4) électriquement isolante et en structurant cette dernière, 50
 en formant au-dessus de la deuxième couche sacrificiée (4) une couche (5) dont au moins certaines parties sont électriquement conductrices pour réaliser un élément complémentaire fixe (13), 55
 en appliquant au-dessus de la couche (5) une troisième couche sacrificiée (6) électriquement isolante et en structurant cette dernière,
 en formant au-dessus de la troisième couche sacrificiée (6) une deuxième couche de membrane (7) dont au moins certaines parties sont électriquement con-

ductrices et en structurant cette dernière, en structurant la couche (5) par une opération de formation de tranchée sur le côté avant et/ou sur le côté arrière et en formant des accès de gravure vers la première, la deuxième et la troisième couche sacrificiée (2, 4, 6) et en enlevant certaines parties de la première, de la deuxième et de la troisième couche sacrificiée (2, 4, 6) pour libérer une première membrane (51) dans la première couche de membrane (3), un élément complémentaire (53) dans la couche (5) et une deuxième membrane (52) dans la deuxième couche de membrane (7), **caractérisé en ce que** les deux membranes (51, 52) sont couplées mécaniquement mais isolées électriquement l'une de l'autre.

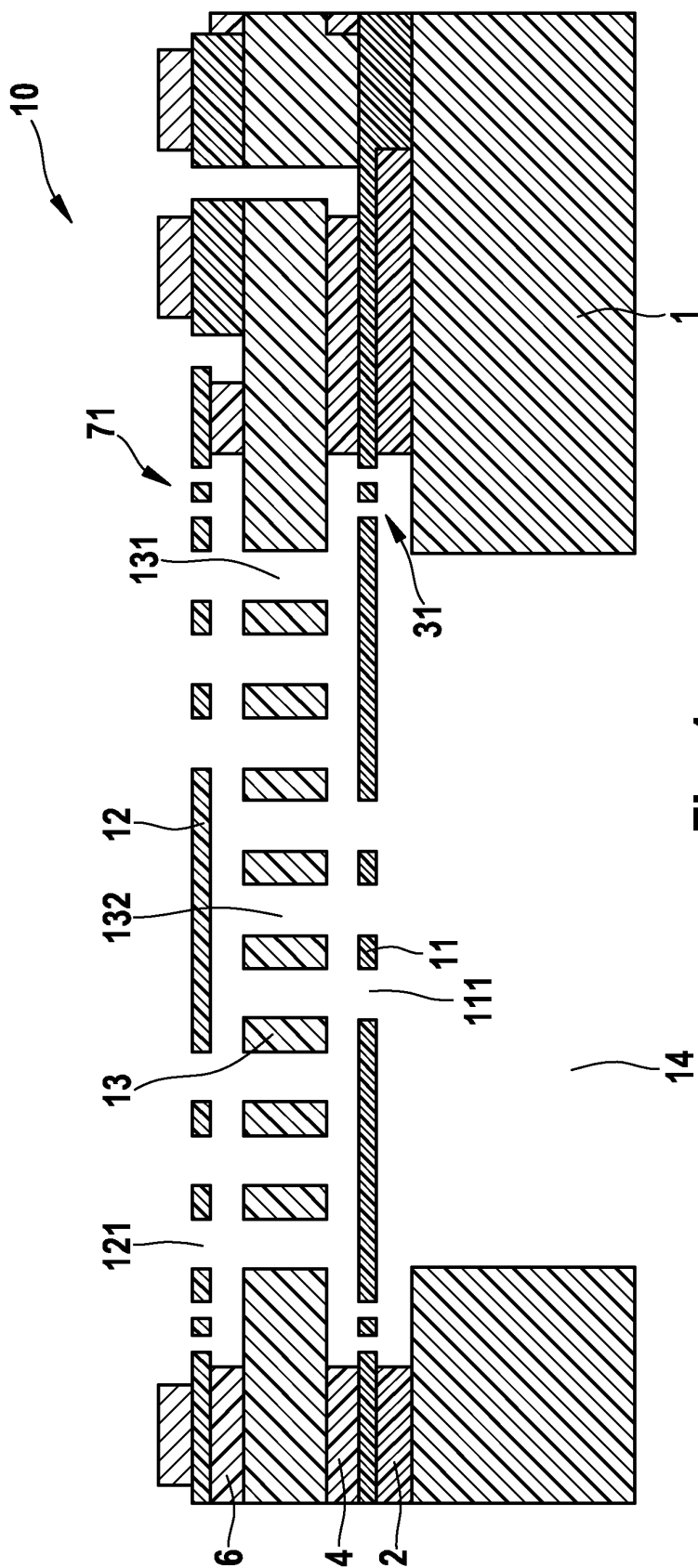


Fig. 1

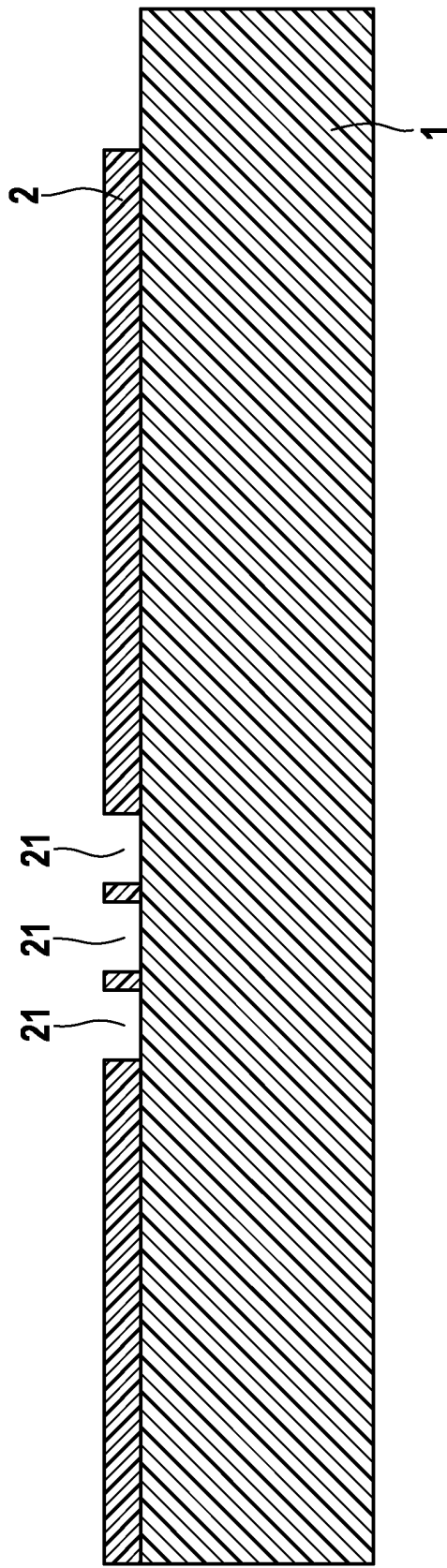


Fig. 2a

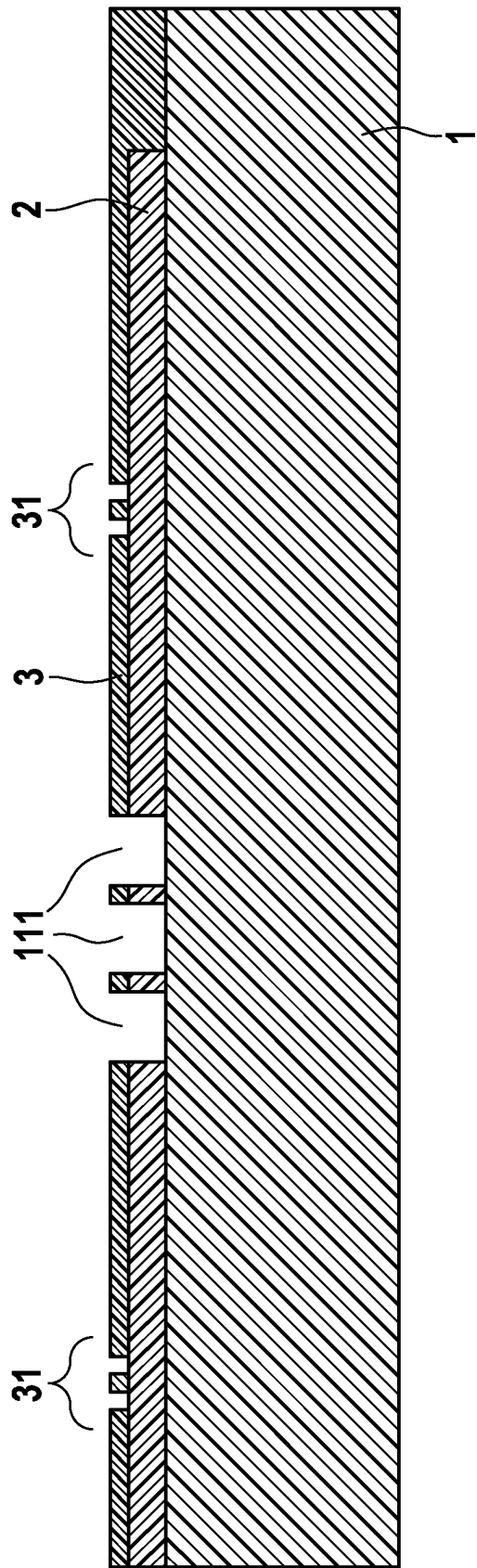


Fig. 2b

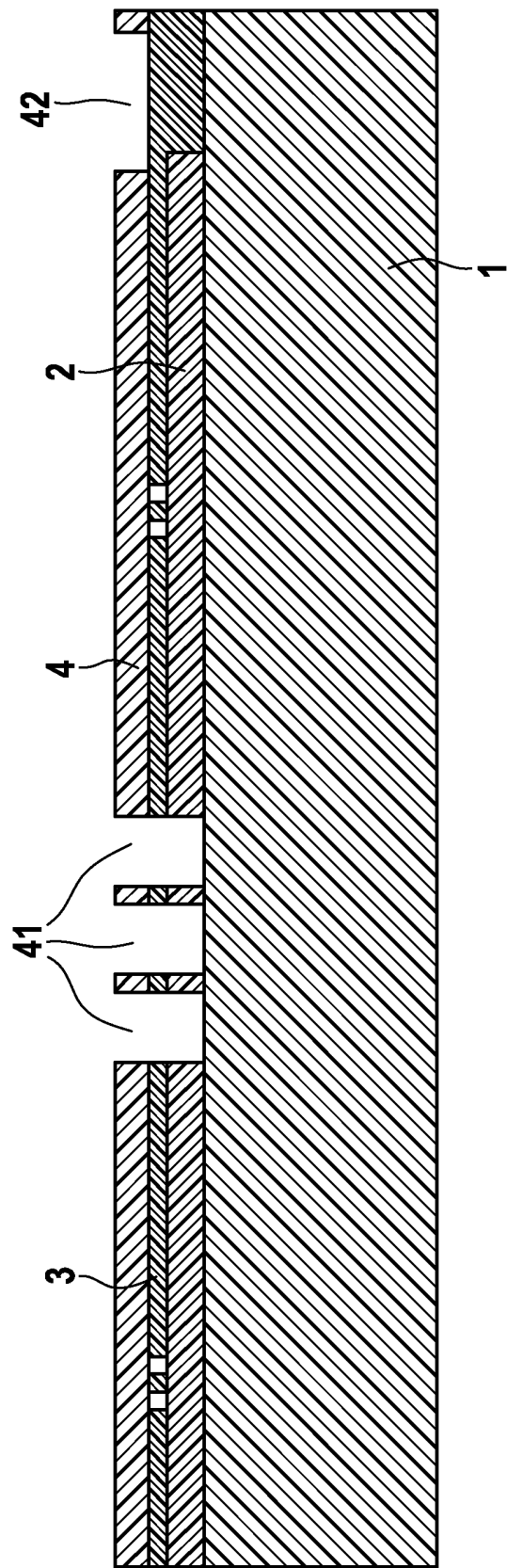


Fig. 2c

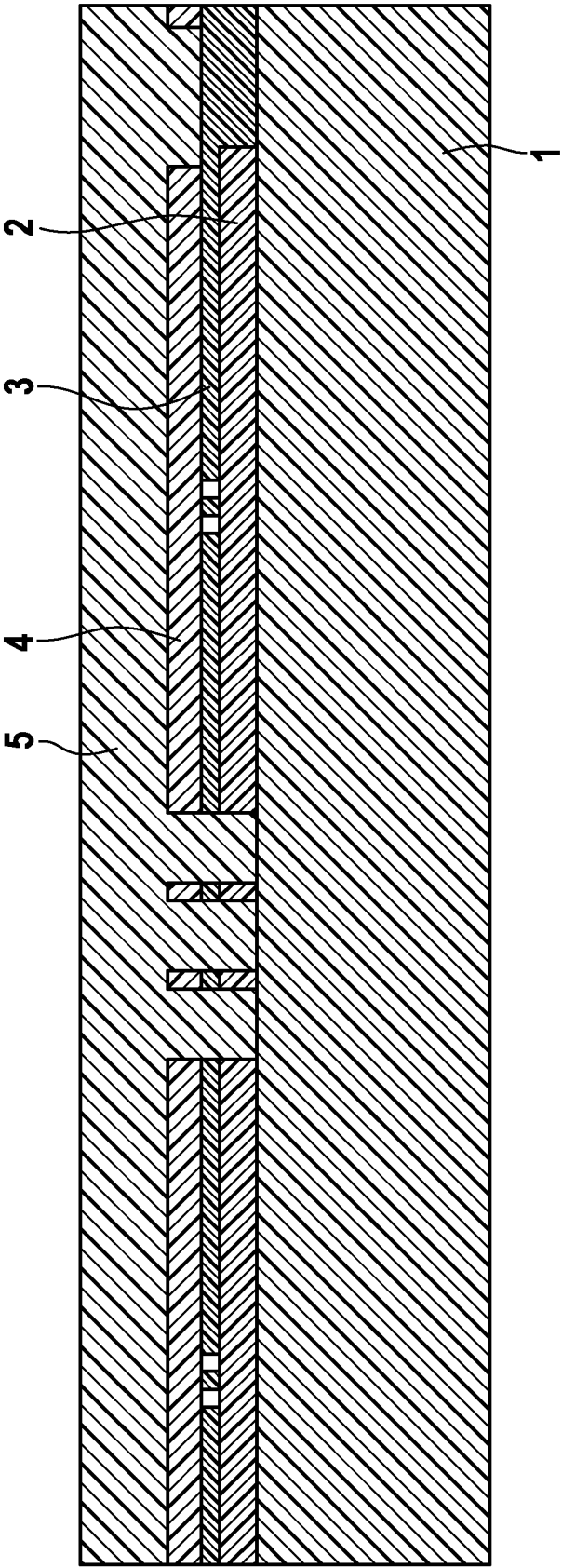


Fig. 2d

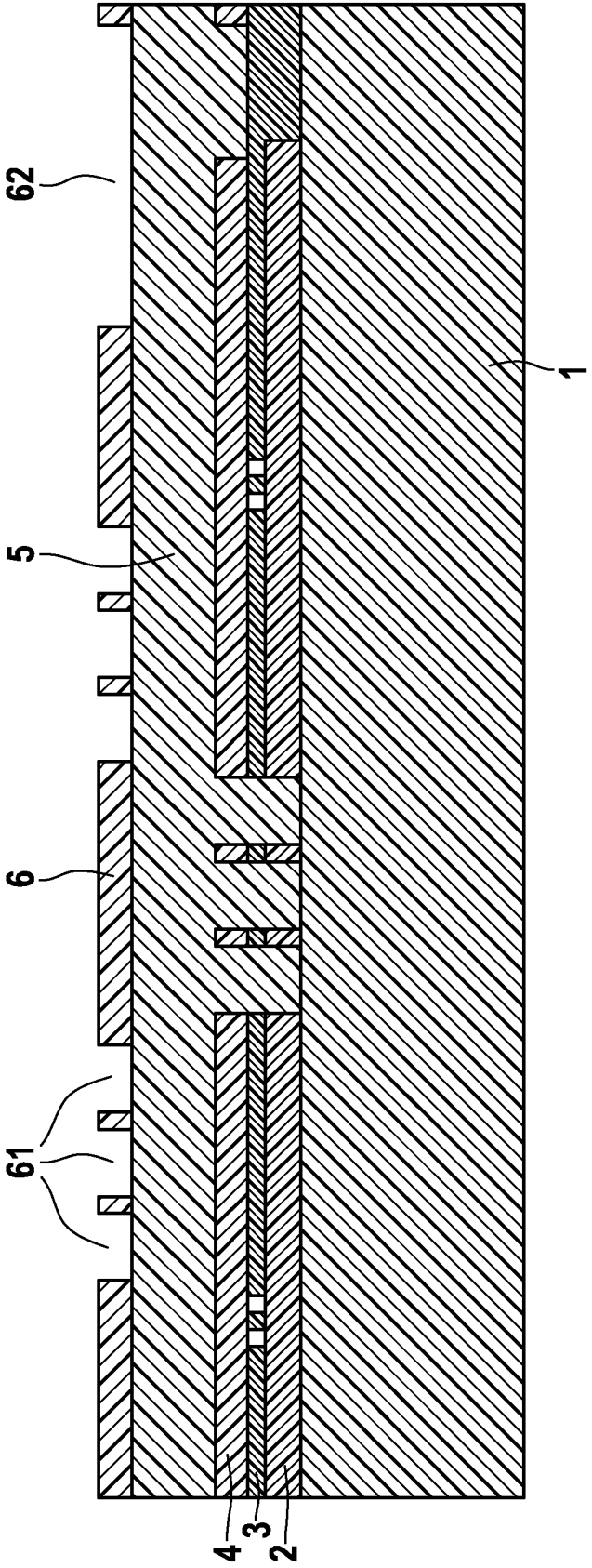


Fig. 2e

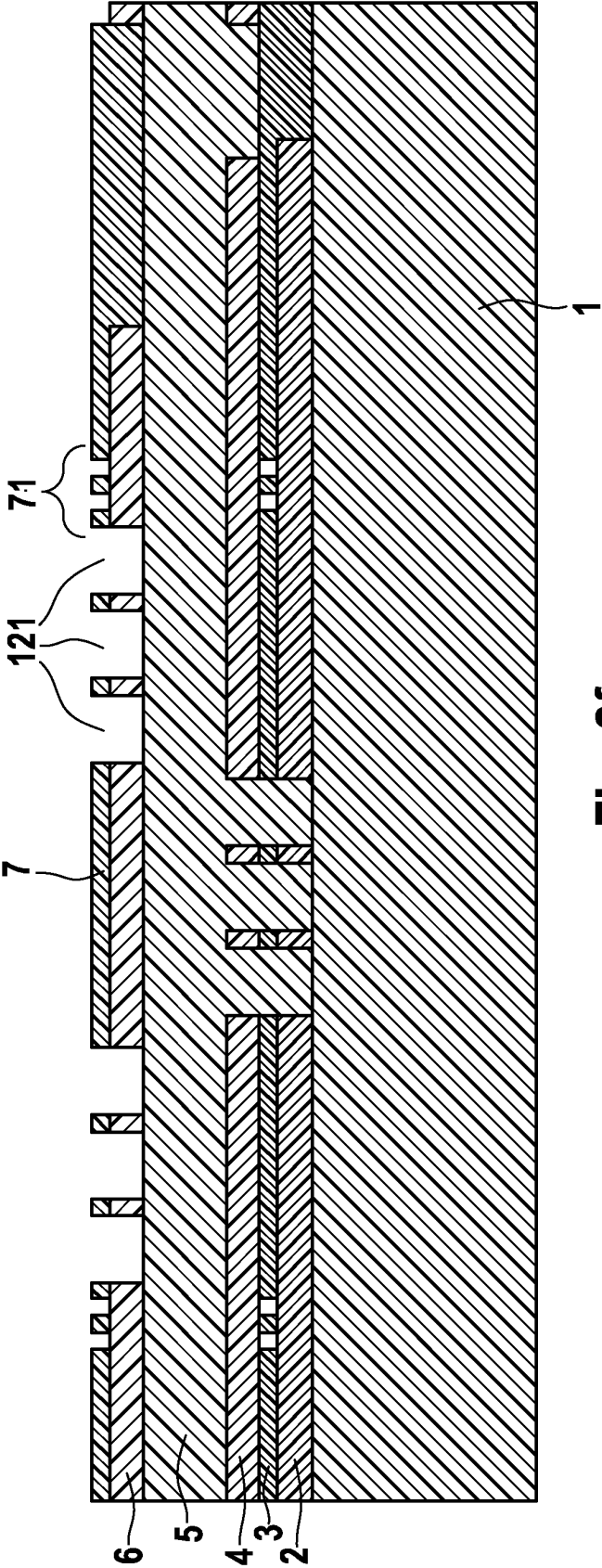


Fig. 2f

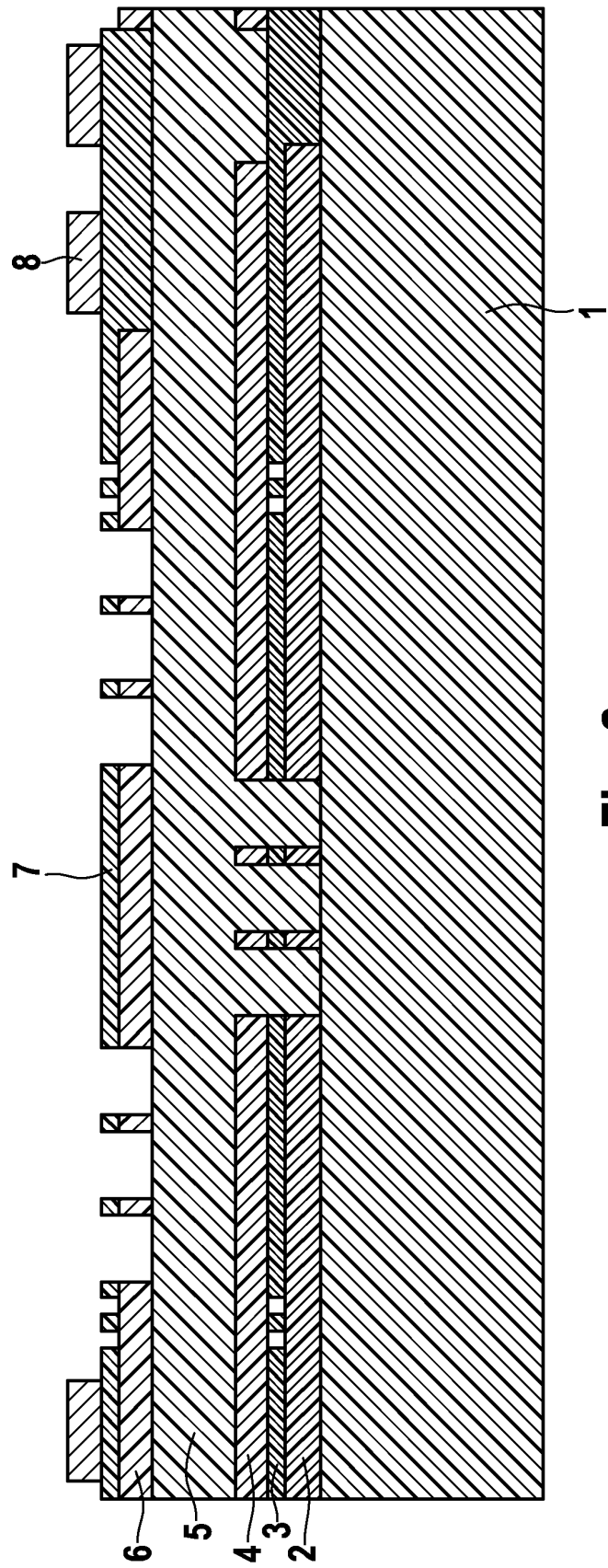


Fig. 2g

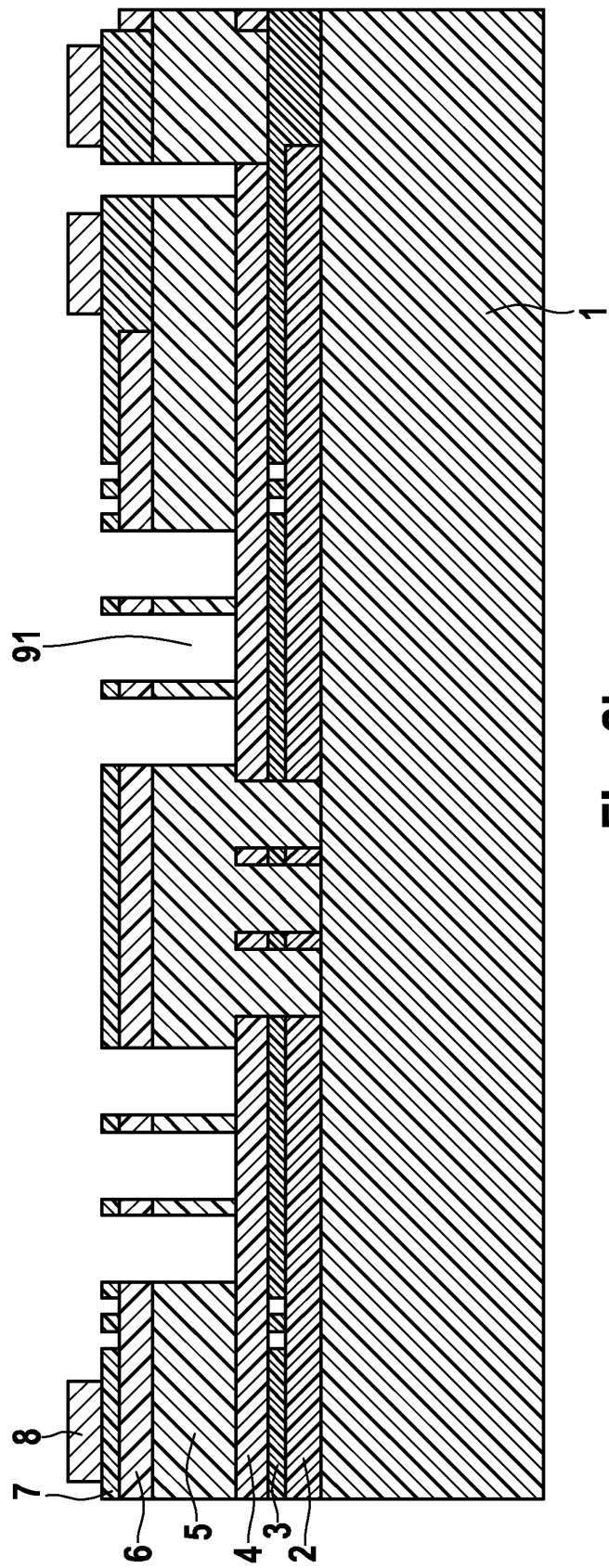


Fig. 2h

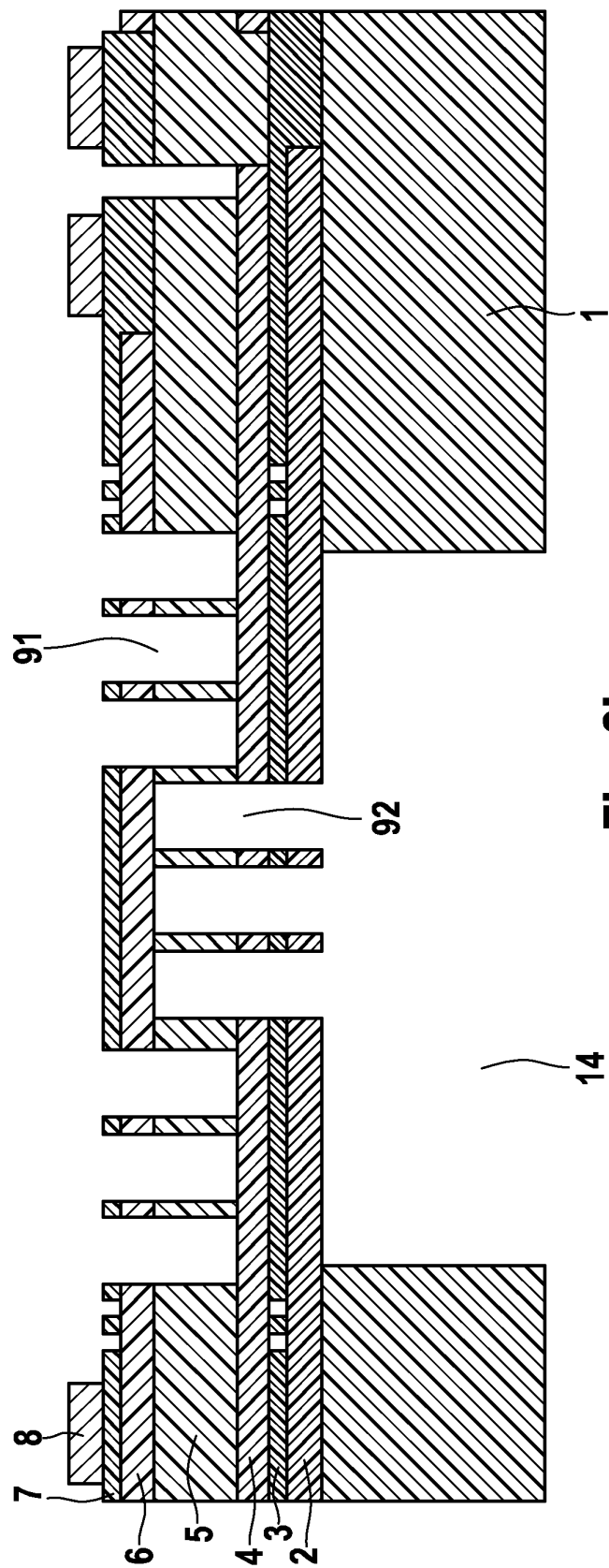
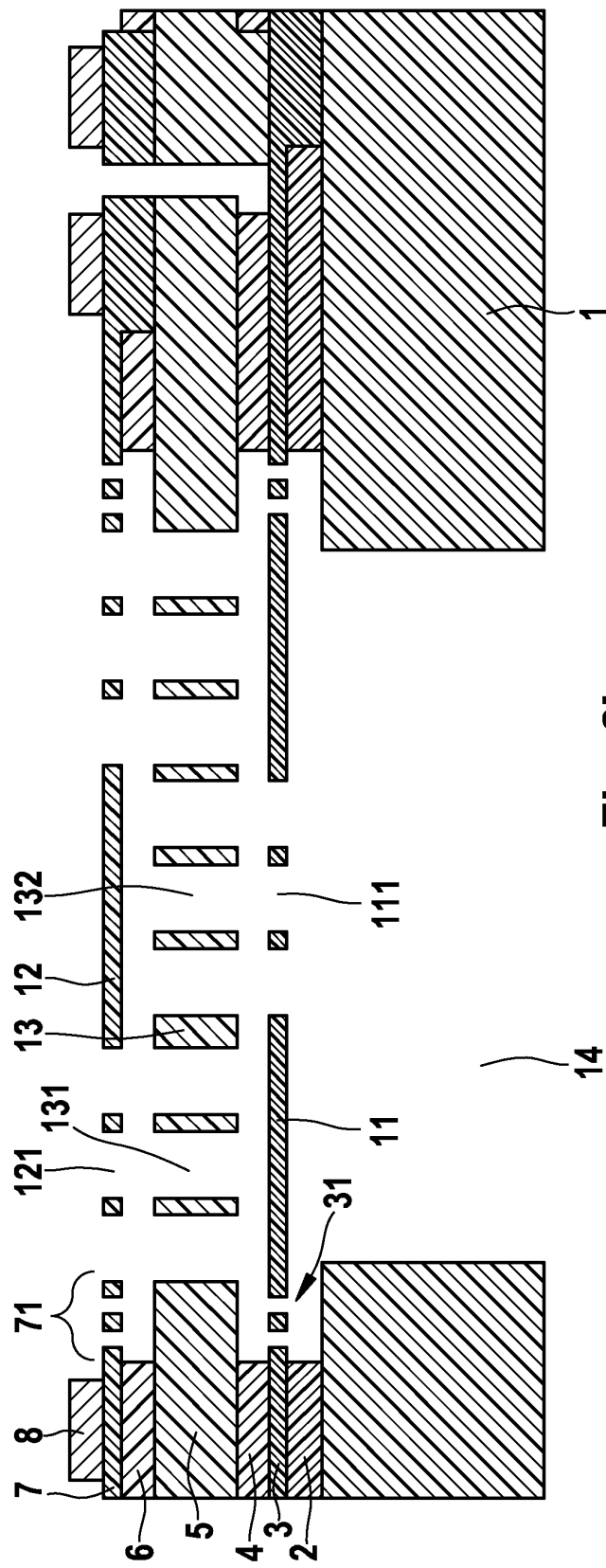


Fig. 2i



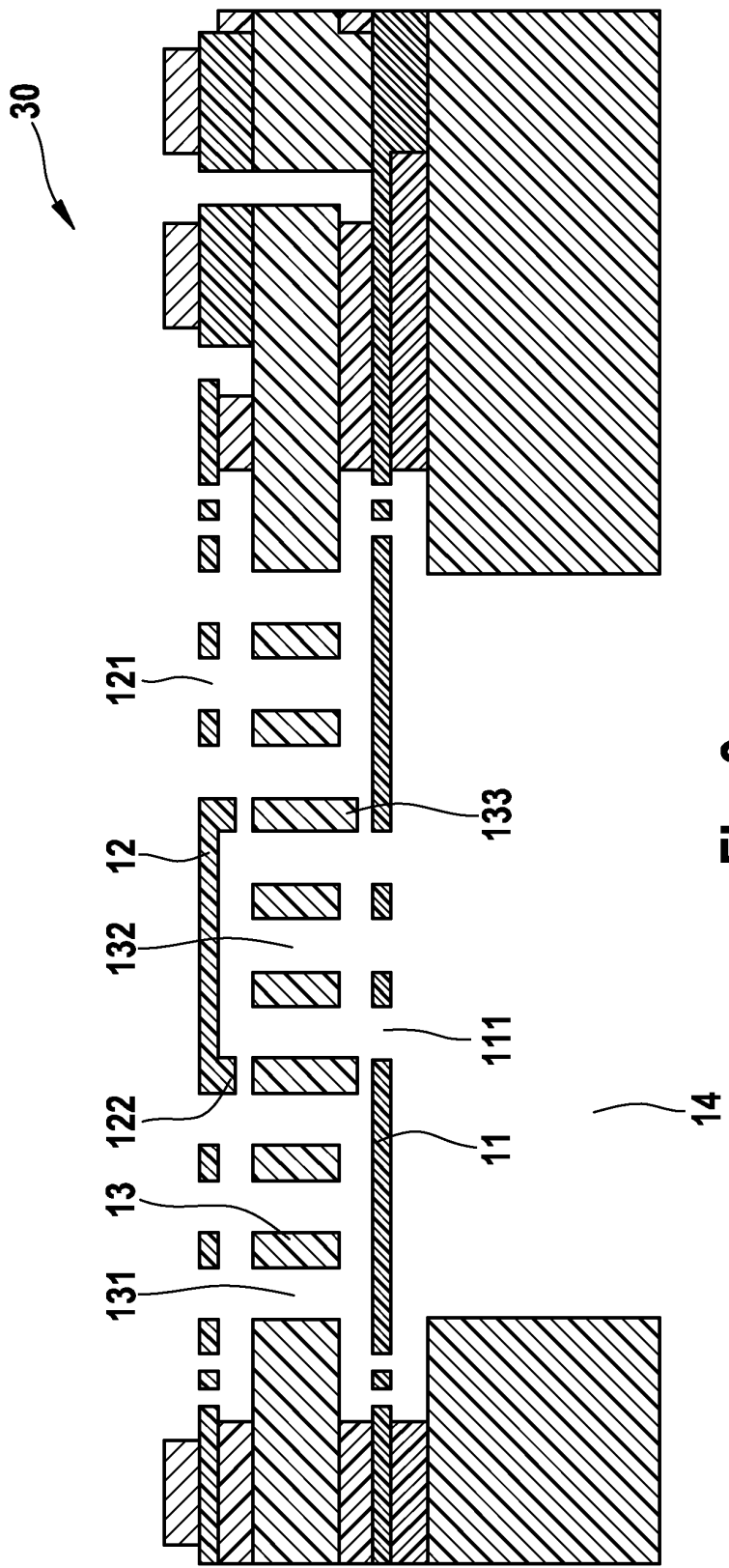


Fig. 3

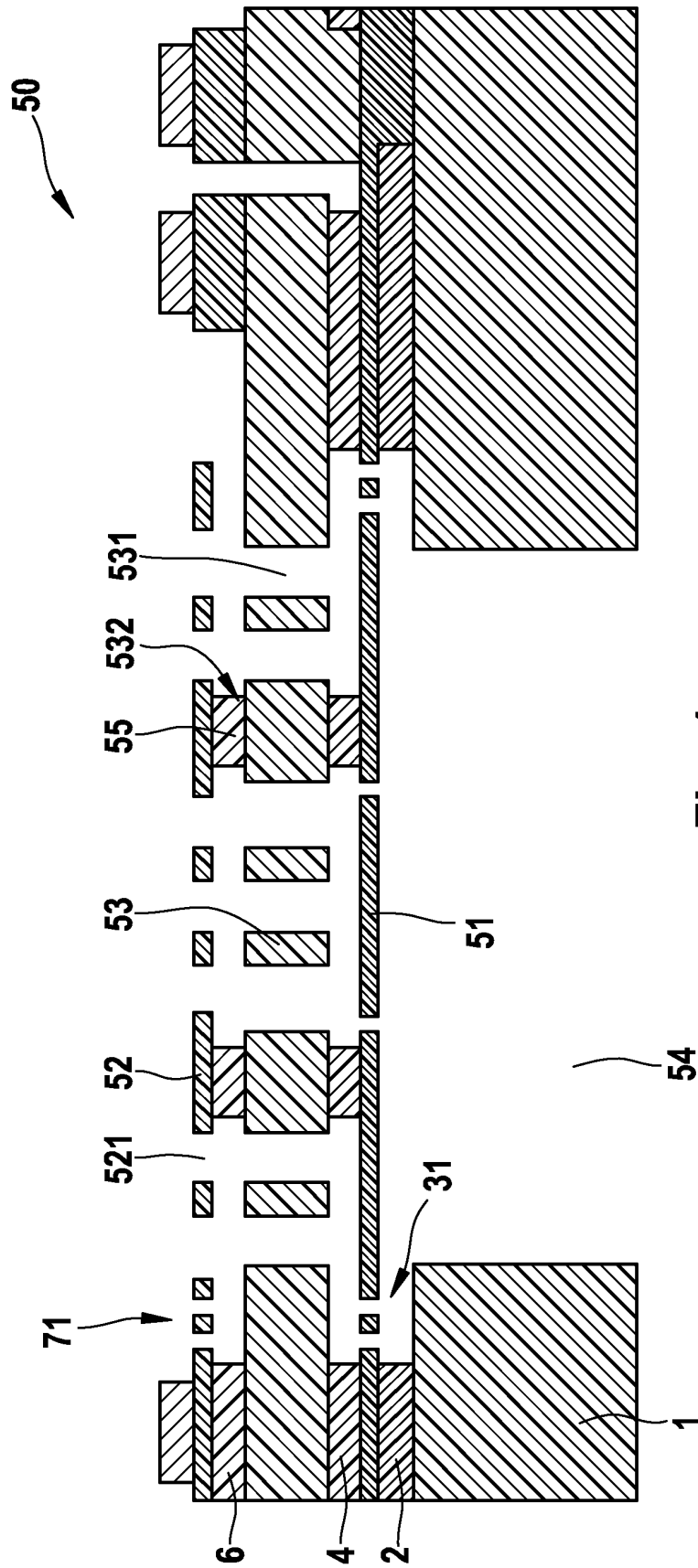


Fig. 4

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

- EP 1467593 A2 [0004]
- DE 102006024668 A1 [0005]