



(10) **DE 10 2016 125 082 B3** 2018.05.09

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 125 082.1**  
(22) Anmeldetag: **21.12.2016**  
(43) Offenlegungstag: –  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **09.05.2018**

(51) Int Cl.: **B81B 7/02 (2006.01)**  
**B81B 3/00 (2006.01)**  
**B81C 1/00 (2006.01)**  
**H04R 1/00 (2006.01)**

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

(73) Patentinhaber:  
**Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE**

(74) Vertreter:  
**2SPL Patentanwälte PartG mbB Schuler Schacht  
Platzer Lehmann, 81373 München, DE**

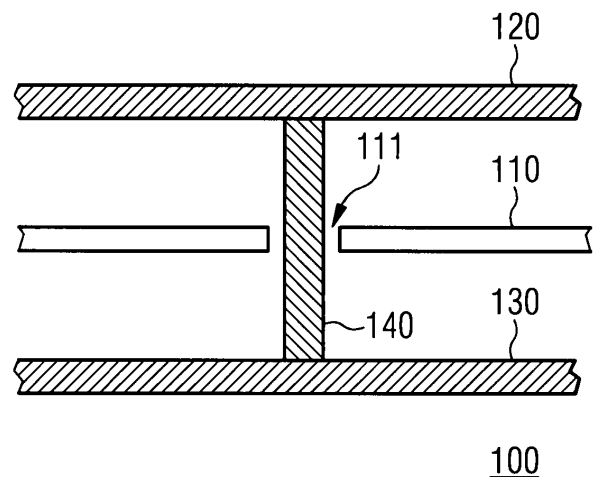
(72) Erfinder:  
**Fuedner, Marc, Dr., 85579 Neubiberg, DE; Barzen,  
Stefan, 81671 München, DE; Friza, Wolfgang, Dr.,  
Villach, AT**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2005 008 514</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2012 216 150</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2014 / 0 210 020</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **HALBLEITERVORRICHTUNG, MIKROFON UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINER HALBLEITERVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Vorgeschlagen wird eine Halbleitervorrichtung. Die Halbleitervorrichtung beinhaltet eine Membranstruktur mit einer Öffnung. Ferner beinhaltet die Halbleitervorrichtung eine erste Rückplattenstruktur, die auf einer ersten Seite der Membranstruktur angeordnet ist, sowie eine zweite Rückplattenstruktur, die auf einer zweiten Seite der Membranstruktur angeordnet ist. Die Halbleitervorrichtung beinhaltet weiterhin eine vertikale Verbindungsstruktur, die die erste Rückplattenstruktur mit der zweiten Rückplattenstruktur verbindet. Dabei erstreckt sich die vertikale Verbindungsstruktur durch die Öffnung.



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Ausführungsbeispiele befassen sich mit einer Halbleitervorrichtung, einem Mikrofon sowie einem Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung.

### Hintergrund

**[0002]** Kapazitive Halbleiter-Mikrofone können neben einer Membran zwei Rückplatten aufweisen, die durch einen Luftspalt getrennt sind. Eine solche Struktur wird z.B. in der Druckschrift DE 10 2012 216 150 A1 vorgeschlagen. Ferner betrifft Druckschrift US 2014/0210020 A1 noch eine Halbleitervorrichtung mit einer einzigen Rückplatte. Die Rückplatten sollten möglichst dünn sein und große Öffnungen aufweisen, um eine hohe akustische Transparenz zu erreichen. Ebenso soll ein Durchbiegen der Rückplatten vermieden werden.

### Zusammenfassung

**[0003]** Es besteht ein Bedürfnis, ein Konzept für Halbleitervorrichtungen mit einer Membran zu schaffen, das eine Verbesserung der Robustheit der Halbleitervorrichtung, eine Verbesserung der Flexibilität der Bewegung der Membran und/oder eine Verbesserung der Genauigkeit eines Detektierens der Bewegung der Membran ermöglicht.

**[0004]** Der Bedarf kann durch den Gegenstand der Patentansprüche gedeckt werden.

**[0005]** Ausführungsbeispiele einer Halbleitervorrichtung umfassen eine Membranstruktur mit einer Öffnung. Ferner umfasst die Halbleitervorrichtung eine erste Rückplattenstruktur, die auf einer ersten Seite der Membranstruktur angeordnet ist, sowie eine zweite Rückplattenstruktur, die auf einer zweiten Seite der Membranstruktur angeordnet ist. Die Halbleitervorrichtung umfasst weiterhin eine vertikale Verbindungsstruktur, die die erste Rückplattenstruktur mit der zweiten Rückplattenstruktur verbindet. Dabei erstreckt sich die vertikale Verbindungsstruktur durch die Öffnung.

**[0006]** Weitere Ausführungsbeispiele betreffen ein Mikrofon mit obiger Halbleitervorrichtung.

**[0007]** Zudem betreffen Ausführungsbeispiele ein Verfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung. Das Verfahren umfasst ein Formen einer ersten Schichtstruktur zur Herstellung einer ersten Rückplattenstruktur. Ferner umfasst das Verfahren ein Formen einer zweiten Schichtstruktur zur Herstellung einer Membranstruktur mit einer Öffnung. Auch umfasst das Verfahren ein Formen einer dritten Schichtstruktur zur Herstellung einer zweiten Rückplatten-

struktur. Das Verfahren umfasst weiterhin ein Entfernen zumindest eines Teils einer ersten Opferschichtstruktur zwischen der ersten Rückplattenstruktur und der Membranstruktur sowie zumindest eines Teils einer zweiten Opferschichtstruktur zwischen der zweiten Rückplattenstruktur und der Membranstruktur, so dass eine vertikale Verbindungsstruktur, die die erste Rückplattenstruktur mit der zweiten Rückplattenstruktur verbindet und sich durch die Öffnung der Membranstruktur erstreckt, verbleibt.

### Figurenliste

**[0008]** Ausführungsbeispiele werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Halbleitervorrichtung;

**Fig. 2** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Mikrofons;

**Fig. 3a** bis **Fig. 3c** zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele einer vertikalen Verbindungsstruktur;

**Fig. 4** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Halbleitervorrichtung;

**Fig. 5** zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung; und

Figs. 6a und 6b zeigen eine Halbleiterstruktur in verschiedenen Verfahrensschritten eines Verfahrens zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung.

### Beschreibung

**[0009]** Verschiedene Ausführungsbeispiele werden nun ausführlicher unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen einige Ausführungsbeispiele dargestellt sind. In den Figuren können die Dickenabmessungen von Linien, Schichten und/oder Regionen um der Deutlichkeit Willen übertrieben dargestellt sein.

**[0010]** Bei der nachfolgenden Beschreibung der beigefügten Figuren, die lediglich einige exemplarische Ausführungsbeispiele zeigen, können gleiche Bezugszeichen gleiche oder vergleichbare Komponenten bezeichnen. Ferner können zusammenfassende Bezugszeichen für Komponenten und Objekte verwendet werden, die mehrfach in einem Ausführungsbeispiel oder in einer Zeichnung auftreten, jedoch hinsichtlich eines oder mehrerer Merkmale gemeinsam beschrieben werden. Komponenten oder Objekte, die mit gleichen oder zusammenfassenden Bezugszeichen beschrieben werden, können hinsichtlich einzelner, mehrerer oder aller Merkmale, beispielsweise ihrer Dimensionierungen, gleich, jedoch

gegebenenfalls auch unterschiedlich ausgeführt sein, sofern sich aus der Beschreibung nicht etwas anderes explizit oder implizit ergibt.

**[0011]** Obwohl Ausführungsbeispiele auf verschiedene Weise modifiziert und abgeändert werden können, sind Ausführungsbeispiele in den Figuren als Beispiele dargestellt und werden hierin ausführlich beschrieben. Es sei jedoch klagestellt, dass nicht beabsichtigt ist, Ausführungsbeispiele auf die jeweils offenbarten Formen zu beschränken, sondern dass Ausführungsbeispiele vielmehr sämtliche funktionale und/oder strukturelle Modifikationen, Äquivalente und Alternativen, die im Bereich der Erfindung liegen, abdecken sollen. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in der gesamten Figurenbeschreibung gleiche oder ähnliche Elemente.

**[0012]** Man beachte, dass ein Element, das als mit einem anderen Element „verbunden“ oder „verkoppelt“ bezeichnet wird, mit dem anderen Element direkt verbunden oder verkoppelt sein kann oder dass dazwischenliegende Elemente vorhanden sein können.

**[0013]** Die Terminologie, die hierin verwendet wird, dient nur der Beschreibung bestimmter Ausführungsbeispiele und soll die Ausführungsbeispiele nicht beschränken. Wie hierin verwendet, sollen die Singularformen „einer“, „eine“, „eines“ und „der, die, das“ auch die Pluralformen beinhalten, solange der Kontext nicht eindeutig etwas anderes angibt. Ferner sei klaggestellt, dass die Ausdrücke wie z.B. „beinhaltet“, „beinhaltend“, „aufweist“ und/oder „aufweisend“, wie hierin verwendet, das Vorhandensein von genannten Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsabläufen, Elementen und/oder Komponenten angeben, aber das Vorhandensein oder die Hinzufügung von einem bzw. einer oder mehreren Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Arbeitsabläufen, Elementen, Komponenten und/oder Gruppen davon nicht ausschließen.

**[0014]** Solange nichts anderes definiert ist, haben sämtliche hierin verwendeten Begriffe (einschließlich von technischen und wissenschaftlichen Begriffen) die gleiche Bedeutung, die ihnen ein Durchschnittsfachmann auf dem Gebiet, zu dem die Ausführungsbeispiele gehören, beimisst. Ferner sei klaggestellt, dass Ausdrücke, z.B. diejenigen, die in allgemein verwendeten Wörterbüchern definiert sind, so zu interpretieren sind, als hätten sie die Bedeutung, die mit ihrer Bedeutung im Kontext der einschlägigen Technik konsistent ist, solange dies hierin nicht ausdrücklich anders definiert ist.

**[0015]** Fig. 1 zeigt eine Halbleitervorrichtung 100. Die Halbleitervorrichtung 100 umfasst eine Membranstruktur 110 mit einer Öffnung 111. Ferner umfasst die Halbleitervorrichtung 100 eine erste Rück-

plattenstruktur 120, die auf einer ersten Seite der Membranstruktur 110 angeordnet ist, sowie eine zweite Rückplattenstruktur 130, die auf einer zweiten Seite der Membranstruktur 110 angeordnet ist. Die Halbleitervorrichtung 100 umfasst weiterhin eine vertikale Verbindungsstruktur 140, die die erste Rückplattenstruktur 120 mit der zweiten Rückplattenstruktur 130 verbindet. Dabei erstreckt sich die vertikale Verbindungsstruktur 140 durch die Öffnung 111.

**[0016]** Die vertikale Verbindungsstruktur 140 ermöglicht eine mechanische Verbindung der ersten und zweiten Rückplattenstrukturen 120, 130. Dadurch kann eine Formfestigkeit der beiden Rückplattenstrukturen 120 und 130 erhöht werden. Ein Durchbiegen der beiden Rückplattenstrukturen 120 und 130 kann gemindert sein. Dies kann eine Verbesserung der Robustheit der Halbleitervorrichtung 100 ermöglichen. Ebenso kann eine Verbesserung der Flexibilität der Bewegung der Membranstruktur 110 ermöglicht werden. Auch die Genauigkeit des Detektierens der Bewegung der Membranstruktur 110 kann verbessert sein.

**[0017]** Die Membranstruktur 110, die erste Rückplattenstruktur 120 und auch die zweite Rückplattenstruktur 130 können aus einer oder mehreren Schichten gebildet sein. Zumindest eine Schicht der Membranstruktur 110, der ersten Rückplattenstruktur 120 oder der zweiten Rückplattenstruktur 130 kann eine elektrisch leitfähige Schicht sein, wie z.B. eine Metallschicht (z.B. Al, Ti, Cu) oder ein Polysilizium (z.B. hochdotiert).

**[0018]** Die Öffnung 111 kann durch eine Strukturierung von einer oder mehreren Schichtstrukturen der Membranstruktur gebildet sein. Beispielsweise kann ein Teil der Schichtstrukturen der Membranstruktur in der Öffnung verbleiben (siehe unten). Alternativ, können jegliche (alle) Schichtstrukturen der Membranstruktur in der Öffnung 111 entfernt werden und anschließend ein Teil der vertikalen Verbindungsstruktur 140 in der Öffnung 111 erzeugt werden (siehe unten).

**[0019]** Wie in Fig. 1 angedeutet, kann die Membranstruktur 110 in einem Hohlraum zwischen der ersten Rückplattenstruktur 120 und der zweiten Rückplattenstruktur 130 angeordnet sein. Dadurch kann ein ausreichender Raum für die Auslenkung der Membranstruktur 110 bereitgestellt werden. Der Hohlraum zwischen der ersten Rückplattenstruktur 120 und der zweiten Rückplattenstruktur 130 kann z.B. eine vertikale Erstreckung (Höhe) größer als 1 µm (oder größer als 2 µm oder größer als 5 µm) und/oder kleiner als 20 µm (oder kleiner als 10 µm oder kleiner als 5 µm) aufweisen. Beispielsweise kann ein vertikaler Abstand zwischen der ersten Rückplattenstruktur 120 und der zweiten Rückplattenstruktur 130 größer als 1 µm (oder größer als 2 µm oder größer als 5 µm) und/oder klei-

ner als 20 µm (oder kleiner als 10 µm oder kleiner als 5 µm) sein. Eine laterale Erstreckung des Hohlräume zwischen der ersten Rückplattenstruktur **120** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** kann beispielsweise größer als 10 µm (oder größer als 100 µm oder größer als 1000 µm) und/oder kleiner als 2000 µm (oder kleiner als 200 µm oder kleiner als 50 µm) sein. Eine vertikale Erstreckung der ersten Rückplattenstruktur **120** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** kann beispielsweise größer als 10 µm (oder größer als 100 µm oder größer als 250 µm) und/oder kleiner als 500 µm (oder kleiner als 200 µm oder kleiner als 50 µm) sein.

**[0020]** Die lateralen Abmessungen (laterale Erstreckung) der Membranstruktur **110** kann im Wesentlichen der lateralen Erstreckung der ersten Rückplattenstruktur **120** oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** entsprechen. So können die lateralen Abmessungen der Membranstruktur **110** z.B. weniger als 10 % von der lateralen Erstreckung der ersten Rückplattenstruktur **120** oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** abweichen. Die Membranstruktur **110** kann z.B. eine vertikale Erstreckung (Dicke) größer als 100 nm (oder größer als 500 nm oder größer als 1 µm) und/oder kleiner als 2 µm (oder kleiner als 750 nm oder kleiner als 200 nm) aufweisen.

**[0021]** Die vertikale Verbindungsstruktur **140** kann beispielsweise einen vertikalen Bereich zwischen einem ersten Teilbereich und einem dritten Teilbereich angeordneten zweiten Teilbereich aufweisen. Ein Material des zweiten Teilbereichs ist verschieden von einem Material des ersten Teilbereichs und des dritten Teilbereichs ist. Das Material des ersten Teilbereichs und des dritten Teilbereichs kann beispielsweise ein elektrisch isolierendes Material (z.B. ein Siliziumoxid oder Siliziumnitrid) sein. Derart kann eine elektrische Kopplung der ersten Rückplattenstruktur **120** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** durch die vertikale Verbindungsstruktur **140** vermieden werden.

**[0022]** Der zweite Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur **140** kann aus demselben Material wie die Membranstruktur **110** bestehen. Beispielsweise kann ein in der Öffnung der Membranstruktur **110** liegender Teilbereich einer Schichtstruktur, welcher zur Herstellung der Membranstruktur **110** verwendet wird, als zweiter Teilbereich dienen. Entsprechend kann ein lateraler Abstand der vertikalen Verbindungsstruktur **140** (z.B. im Wesentlichen ein Abstand des zweiten Teilbereichs der vertikalen Verbindungsstruktur **140**) zu der Membranstruktur **110** durch die Strukturierung der Schichtstruktur mit großer Genauigkeit erzeugt werden.

**[0023]** Die vertikale Verbindungsstruktur **140** kann sich berührungsfrei durch die Öffnung **111** erstrecken. Beispielsweise kann die Membranstruktur **110** mit der vertikalen Verbindungsstruktur **140** mechanisch nicht verbunden sein. Dadurch kann eine Be-

grenzung bzw. Beeinflussung einer Bewegung der Membranstruktur **110** im Wesentlichen vermieden werden.

**[0024]** Beispielsweise können die vertikale Verbindungsstruktur **140** und die Membranstruktur **110** in einem Bereich der Öffnung **111** lateral zumindest 100 nm voneinander beabstandet sein. Die vertikale Verbindungsstruktur **140** und die Membranstruktur **110** können im Bereich der Öffnung **111** lateral z.B. mehr als 500 nm (oder mehr als 2 µm oder mehr als 5 µm) und/oder weniger als 10 µm (oder weniger als 2 µm oder weniger als 500 nm) beabstandet sein.

**[0025]** Eine laterale Erstreckung der vertikalen Verbindungsstruktur **140** kann mehr als 200 nm (oder mehr als 2 µm oder mehr als 50 µm) und/oder weniger als 100 µm (oder weniger als 20 µm oder weniger als 500 nm) betragen. Die vertikale Verbindungsstruktur **140** kann auch nadelförmig ausgebildet sein. Die vertikale Erstreckung der vertikalen Verbindungsstruktur **140** kann beispielsweise ein Vielfaches (z.B. mehr als zweimal, mehr als viermal oder mehr als zehnmal) der lateralen Erstreckung der vertikalen Verbindungsstruktur **140** sein. Die vertikale Verbindungsstruktur **140** kann somit z.B. wesentlich länger als breit sein.

**[0026]** Der Umfang der lateralen Verbindungsstruktur **140** kann vertikal im Wesentlichen konstant sein oder auch variieren. Beispielsweise kann ein mittlerer Umfang der lateralen Verbindungsstruktur **140** in einem Bereich zwischen der ersten Rückplattenstruktur **120** und der Membranstruktur **110** sich um zumindest 10% (z.B. mehr als 15 % oder mehr als 25 % und/oder weniger als 50 % oder weniger als 20 %) von einem mittleren Umfang der lateralen Verbindungsstruktur **140** in einem Bereich zwischen der Membranstruktur **110** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** unterscheiden. Eine Breite der lateralen Verbindungsstruktur **140** zwischen der ersten Rückplattenstruktur **120** und der Membranstruktur **110** kann z.B. verschieden von einer Breite der lateralen Verbindungsstruktur **140** zwischen der Membranstruktur **110** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** sein.

**[0027]** Beispielsweise kann eine minimale laterale Erstreckung (Ausdehnung) der lateralen Verbindungsstruktur **140** weniger als 80 % (z.B. weniger als 60 % und/oder mehr als 25 %) einer maximalen lateralen Erstreckung (Ausdehnung) der lateralen Verbindungsstruktur **140** im Bereich der Öffnung **111** betragen. Beispielsweise kann die laterale Verbindungsstruktur **140** ihre größte laterale Ausdehnung im Bereich der Öffnung **111** aufweisen.

**[0028]** Die laterale Verbindungsstruktur **140** kann beispielsweise in einem zentralen Bereich der Membranstruktur **110** angeordnet sein. So kann z.B. ein lateraler Abstand der vertikalen Verbindungsstruktur

**140** zu einem (lateral äußeren) Rand der Membranstruktur **110** zumindest 25 % (z.B. mehr als 35 % und/oder weniger als 50 %) einer (maximalen) lateralen Erstreckung der Membranstruktur **110** betragen. Beispielsweise kann ein lateraler Abstand der vertikalen Verbindungsstruktur **140** zu einer lateralen Begrenzung des Hohlraums zwischen der ersten Rückplattenstruktur **120** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** zumindest 25 % einer (maximalen) lateralen Erstreckung des Hohlraums betragen.

**[0029]** Entsprechend kann auch die Öffnung **111** in einem zentralen Bereich der Membranstruktur **110** angeordnet sein. So kann z.B. ein lateraler Abstand der Öffnung **111** zu einem (lateral äußeren) Rand der Membranstruktur **110** zumindest 20 % (z.B. mehr als 25 % und/oder weniger als 45 %) einer (maximalen) lateralen Erstreckung der Membranstruktur **110** betragen. Ein lateraler Abstand der Öffnung **111** zu einem Rand der Membranstruktur **110** kann z.B. mindestens 5 µm (z.B. mehr als 50 µm oder mehr als 500 µm und/oder weniger als 2000 µm oder weniger als 500 µm) betragen.

**[0030]** Zumindest eine der ersten Rückplattenstruktur **120** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** kann eine Mehrzahl an Durchlässen (Öffnungen) aufweisen. So können die erste Rückplattenstruktur **120** und/oder die zweite Rückplattenstruktur **130** mehrere Durchlässe aufweisen, um eine akustische Transparenz der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** zu ermöglichen. Eine laterale Erstreckung eines Durchlasses (einer Öffnung) entlang der Oberfläche der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** kann z.B. größer als 200 nm (oder größer als 2 µm oder größer als 20 µm) und/oder kleiner als 100 µm (oder kleiner als 10 µm oder kleiner als 1 µm) sein.

**[0031]** Die Mehrzahl an Durchlässen kann zumindest 60 % (z.B. mehr als 70 %, mehr als 75 % oder mehr als 80 %) einer Oberfläche zumindest einer der ersten Rückplattenstruktur und der zweiten Rückplattenstruktur einnehmen. Beispielsweise können die Durchlässen mehr als 70 % oder 80 % einer Oberfläche der ersten Rückplattenstruktur und/oder der zweiten Rückplattenstruktur einnehmen. Die erhöhte Formfestigkeit der beiden Rückplattenstrukturen **120**, **130** aufgrund der vertikale Verbindungsstruktur **140** kann eine erhöhte Bedeckung der Oberfläche der ersten Rückplattenstruktur und/oder der zweiten Rückplattenstruktur mit Durchlässen und somit eine erhöhte akustische Transparenz ermöglichen.

**[0032]** Die Halbleitervorrichtung **100** kann ferner eine (erste) Schaltung umfassen, die eingerichtet ist, verschiedene elektrische Potentiale an die Membranstruktur **110** und zumindest eine der ersten Rückplattenstruktur **120** und der zweiten Rückplattenstruktur **130** anzulegen. Die Membranstruktur **110**, die ers-

te Rückplattenstruktur **120** und/oder die zweite Rückplattenstruktur **130** können dazu zumindest teilweise elektrische leitfähig sein. Um die (erste) Schaltung mit der Membranstruktur **110**, der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** elektrisch zu koppeln, kann die Halbleitervorrichtung **100** einen oder mehrere elektrische Kontakte aufweisen, die mit der ersten Schaltung und der Membranstruktur **110**, der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** elektrisch verbunden sind. Derart kann ein elektrisches Feld zwischen der Membranstruktur **110** und der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** erzeugt werden. Die (erste) Schaltung kann beispielsweise auf demselben Halbleitersubstrat implementiert sein wie die Membranstruktur **110**.

**[0033]** Bei einer Bewegung der Membranstruktur **110** (in z.B. einem Schallfeld) ändert sich die Kapazität des Systems. Bei Präsenz des elektrischen Feldes können daher elektrische Signale zwischen der Membranstruktur **110** und der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** erzeugt werden. Daher kann die Halbleitervorrichtung **100** einen oder mehrere elektrische Kontakte aufweisen, die mit der Membranstruktur **110**, der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** elektrisch gekoppelt sind, um die elektrischen Signale abzugreifen. Diese elektrischen Signale können weiterverarbeitet werden, um eine von der Bewegung der Membranstruktur **110** abhängiges Ausgangssignal bereitzustellen. Dazu kann die Halbleitervorrichtung **100** beispielsweise ferner eine (zweite) Schaltung umfassen, die eingerichtet ist, ein vom Abstand der Membranstruktur **110** zu der ersten Rückplattenstruktur **120** und/oder der zweiten Rückplattenstruktur **130** abhängiges Signal zu erzeugen. Die (zweite) Schaltung kann dieses Signal z.B. basierend auf den abgegriffenen elektrischen Signalen erzeugen. Die (zweite) Schaltung kann beispielsweise auf demselben Halbleitersubstrat implementiert sein wie die Membranstruktur **110**.

**[0034]** Die Halbleitervorrichtung **100** kann neben der vertikalen Verbindungsstruktur **140** weitere vertikale Verbindungsstrukturen, die die erste Rückplattenstruktur **120** mit der zweiten Rückplattenstruktur **130** verbinden, umfassen. Die Halbleitervorrichtung **100** kann beispielsweise eine Mehrzahl (z.B. mehr als 2, mehr als 10 oder mehr als 100) an vertikalen Verbindungsstrukturen, die die erste Rückplattenstruktur **120** mit der zweiten Rückplattenstruktur **130** verbinden, umfassen. Entsprechend kann die Membranstruktur **110** auch eine Mehrzahl an Öffnungen, durch welche sich die Mehrzahl an vertikalen Verbindungsstrukturen erstrecken aufweisen. Eine Formfestigkeit der beiden Rückplattenstrukturen **120** und **130** kann dadurch weiter erhöht sein.

**[0035]** Die Membranstruktur **110** kann beispielsweise keine Öffnungen aufweisen außer solche, durch die sich eine vertikale Verbindungsstruktur erstreckt. Beispielsweise kann die Membranstruktur **110** genau eine Öffnung für jede vertikale Verbindungsstruktur der Halbleitervorrichtung **100** aufweisen.

**[0036]** Die Halbleitervorrichtung **100** kann beispielsweise ein Halbleitersubstrat umfassen. Das Halbleitersubstrat kann ein Siliziumsubstrat sein. Alternativ kann das Halbleitersubstrat ein Halbleitersubstrat mit Breitbandabstand mit einem Bandabstand größer als der Bandabstand von Silizium (1,1 eV) sein. Zum Beispiel kann das Halbleitersubstrat ein auf Siliziumcarbid (SiC) basierendes Halbleitersubstrat oder ein auf Galliumarsenid (GaAs) basierendes Halbleitersubstrat oder ein auf Galliumnitrid (GaN) basierendes Halbleitersubstrat sein. Das Halbleitersubstrat kann ein Halbleiterwafer oder ein Halbleiterchip sein. Die Membranstruktur **110**, die erste Rückplattenstruktur **120** und die zweite Rückplattenstruktur **130** können in einem Schichtstapel auf dem Halbleitersubstrat implementiert sein. Alternativ kann zumindest die zweite Rückplattenstruktur **130** (als untere Rückplattenstruktur) durch einen Teil des Halbleitersubstrats implementiert sein.

**[0037]** Zum Beispiel können die vertikale Richtung und eine vertikale Abmessung oder Dicken von Schichten orthogonal zu einer Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats der Halbleitervorrichtung **100** gemessen werden und eine laterale Richtung und laterale Abmessungen können parallel zu der Vorderseitenoberfläche des Halbleitersubstrats der Halbleitervorrichtung **100** gemessen werden.

**[0038]** Die Halbleitervorrichtung **100** kann beispielsweise eine MEMS-Vorrichtung (engl. Micro-Electro-Mechanical System, MEMS) sein, bei der die Membranstruktur **110** als MEMS-Element ausgebildet ist. Die Halbleitervorrichtung **100** kann beispielsweise ein Mikrofon, ein Drucksensor, ein Beschleunigungssensor oder ein Teil eines solchen sein.

**[0039]** Die Halbleitervorrichtung **100** kann z.B. Bestandteil eines Mikrofons sein. Ein Ausführungsbeispiel eines Mikrofons **200**, das eine Halbleitervorrichtung gemäß dem vorgeschlagenen Konzept umfasst, ist in **Fig. 2** gezeigt. Das Mikrofon **200** kann z.B. ein kapazitives Silizium-Mikrofon sein.

**[0040]** Das Mikrofon **200** weist eine Membranstruktur (Membran) **210** mit einer Öffnung **211** auf. Eine erste Rückplattenstruktur (Rückplatte) **220** ist auf einer ersten Seite der Membranstruktur **210** angeordnet. Eine zweite Rückplattenstruktur (Rückplatte) **230** ist auf einer zweiten Seite der Membranstruktur angeordnet. Die Membran **210** und die zwei Rückplatten **220**, **230** sind durch einen Luftspalt **250** getrennt.

**[0041]** Die Membran **200** bewegt sich - wie durch den Pfeil **251** angedeutet - in einem von dem Mikrofon **200** empfangenen Schallfeld **252**. Die Membran **210** als auch die beiden Rückplatten **220**, **230** sind zumindest teilweise elektrisch leitfähig. Mit der sich ändernden Distanz zwischen der Membran **210** und den beiden Rückplatten **220**, **230** ändert sich die Kapazität des Systems. An die Membran **210** als auch an die beiden Rückplatten **220**, **230** ist über die elektrischen Kontakte **261**, **262** und **263** jeweils ein elektrisches Potential angelegt. Aufgrund des resultierenden elektrischen Feld zwischen der Membran **210** und den Rückplatten **220**, **230** erzeugt die sich ändernde Kapazität ein elektrisches Signal in der Membran **210** und den Rückplatten **220**, **230**. Die Variation des elektrischen Signals ist proportional zur Bewegung der Membran **210** und somit zum Schallfeld **252**.

**[0042]** Die Präsenz der Rückplatten **220**, **230** kann jedoch erheblich zum Rauschen des Systems beitragen. Um den Rauschpegel zu reduzieren, sollten die Rückplatten **220**, **230** dünn sein und mit großen Öffnungen **270** entworfen und gefertigt werden, um eine hohe akustische Transparenz zu erreichen.

**[0043]** Allerdings zieht die Anziehungskraft der angelegten Spannung (elektr. Potentiale) die Rückplatten **220**, **230** in Richtung der Membran **210** - wie durch die Pfeile **253** in **Fig. 2** angedeutet. Dies kann den Betriebsbereich der Membran **210** reduzieren, die anlegbare Spannung und somit das sich ergebende Signal begrenzen. Um diesen Biegeeffekt der Rückplatten **220**, **230** zu reduzieren, erfordert die Struktur der Rückplatten **220**, **230** eine bestimmte Steifigkeit.

**[0044]** Diese Steifigkeit kann durch ein Verwenden von besonders beanspruchbaren Filmen, dickeren Filmen und einem angepassten Rückplattenentwurf erreicht werden. Dies kann jedoch den Grad an akustischer Transparenz der Rückplatten **220**, **230** und daher die Reduzierung des Rauschbeitrags der Rückplatten **220**, **230** begrenzen. Die Optimierung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses (engl. Signal-to-Noise Ratio, SNR) kann durch diese Randbedingungen für Mikrofone deutlich eingeschränkt sein, da ein Kompromiss zwischen den Anforderungen der hohen Rückplattentransparenz und einer ausreichenden Rückplattensteifigkeit eingegangen werden muss. Dieser Kompromiss kann mitunter die Zunahme des SNR des MEMS begrenzen.

**[0045]** Dadurch, dass das Mikrofon **200** eine vertikale Verbindungsstruktur **240** aufweist, die sich durch die Öffnung **211** erstreckt und die erste Rückplatte **220** mit der zweiten Rückplatte **230** verbindet, kann die Formfestigkeit der Rückplatten **220**, **230** (stark) erhöht werden, da die vertikale Verbindungsstruktur **240** die Anziehungskraft des angelegten Feldes

ausgleichen kann und die Bewegung der Rückplatten **220**, **230** in Richtung der Membran **210** reduzieren kann. Wie in **Fig. 2** gezeigt, kann eine vertikale Verbindungsstruktur oder auch mehrere vertikale Verbindungsstrukturen (Pfosten), welche die die erste Rückplatte mit der zweiten Rückplatte miteinander verbinden, verwendet werden. Mehrere Verbindungsstrukturen (Pfosten) können homogen - also z.B. in einer hexagonalen Struktur oder radialsymmetrisch - angeordnet sein.

**[0046]** Dies kann einen deutlichen Anstieg der akustischen Transparenz der Rückplatten **220**, **230** und somit eine Reduktion des durch die Rückplatten erzeugten Rauschens ermöglichen. Da der Rückplattenpfosten **240** mit der Membran **210** mechanisch nicht verbunden ist, kann die Bewegung der Membran **210** nicht wesentlich begrenzt oder beeinflusst sein. Somit kann der Signalpegel nahezu gleich bleiben. Das Gesamt-SNR des Systems kann zunehmen. Eine bessere Systemleistungsfähigkeit (engl. performance) kann dadurch erreicht werden, oder es kann eine Verkleinerung der Chipgröße (z.B. des Mikrofons) und somit eine Kostenreduzierung mit identischen akustischen Parametern erzielt werden.

**[0047]** Einige Ausführungsbeispiele können somit ein Silizium-Mikrofon-MEMS mit doppelter Rückplatte und Rückplattenpfosten betreffen.

**[0048]** In den Figs. 3a bis 3c sind im Weiteren verschiedene Ausführungsbeispiele vertikaler Verbindungsstrukturen für die Verbindung einer ersten Rückplattenstruktur mit einer zweiten Rückplattenstruktur gezeigt.

**[0049]** **Fig. 3a** zeigt eine Halbleitervorrichtung **300**. Die Halbleitervorrichtung **100** umfasst eine Membranstruktur **310** mit einer Öffnung **311**. Ferner umfasst die Halbleitervorrichtung **100** eine erste Rückplattenstruktur **320**, die auf einer ersten Seite der Membranstruktur **310** angeordnet ist, sowie eine zweite Rückplattenstruktur **330**, die auf einer zweiten Seite der Membranstruktur **310** angeordnet ist. Die Halbleitervorrichtung **300** umfasst weiterhin eine vertikale Verbindungsstruktur **340**, die die erste Rückplattenstruktur **320** mit der zweiten Rückplattenstruktur **330** verbindet. Dabei erstreckt sich die vertikale Verbindungsstruktur **340** durch die Öffnung **311**.

**[0050]** Die erste Rückplattenstruktur **320** weist einen ersten Teilbereich **321** auf, in dem keine Durchlässe (Öffnungen) gebildet sind, sowie einen zweiten Teilbereich **322**, in dem Durchlässe (Öffnungen) gebildet sind. Ebenso weist die zweite Rückplattenstruktur **330** einen ersten Teilbereich **331** auf, in dem keine Durchlässe (Öffnungen) gebildet sind, sowie einen zweiten Teilbereich **332**, in dem Durchlässe (Öffnungen) gebildet sind, auf.

**[0051]** Die vertikale Verbindungsstruktur **340** weist einen vertikal zwischen einem ersten Teilbereich **341** und einem dritten Teilbereich **343** angeordneten zweiten Teilbereich **342** auf. Der erste und der dritte Teilbereich **341**, **343** bestehen aus einem anderen Material als der zweite Teilbereich **342**. Das Material des ersten Teilbereichs **341** und des dritten Teilbereichs **343** ist z.B. ein elektrisch isolierendes Material (z.B. Siliziumoxid). Der zweite Teilbereich **342** besteht aus demselben Material wie die Membranstruktur **310**. Ein in der Öffnung der Membranstruktur **310** liegender Teilbereich einer Schichtstruktur, welcher zur Herstellung der Membranstruktur **310** verwendet wird, kann als zweiter Teilbereich **342** dienen. Entsprechend kann ein Abstand der vertikalen Verbindungsstruktur **340** (z.B. im Wesentlichen ein Abstand des zweiten Teilbereichs der vertikalen Verbindungsstruktur **340**) zu der Membranstruktur **310** durch die Strukturierung der Schichtstruktur mit großer Genauigkeit erzeugt werden.

**[0052]** Bei dem in **Fig. 3a** gezeigten Beispiel ist die laterale Erstreckung des ersten Teilbereichs **341** und des dritten Teilbereichs **343** gleich. Der erste Teilbereich **341** und der dritte Teilbereich **343** der vertikalen Verbindungsstruktur **340** sind im Wesentlichen zylinderförmig, wobei der Radius **8**  $\mu\text{m}$  beträgt. Auch der zweite Teilbereich **342** ist im Wesentlichen zylinderförmig, wobei der Radius **11**  $\mu\text{m}$  beträgt.

**[0053]** In **Fig. 3b** ist eine weitere Halbleitervorrichtung **300'** gezeigt. Der Aufbau der Halbleitervorrichtung **300'** ist im Wesentlichen gleich zu dem der in **Fig. 3a** gezeigten Halbleitervorrichtung **300**. Jedoch sind die Abmessungen der vertikalen Verbindungsstruktur **340** verschieden. Bei der Halbleitervorrichtung **300'** beträgt der Radius **23**  $\mu\text{m}$  für den ersten Teilbereich **341** und den dritten Teilbereich **343** sowie **26**  $\mu\text{m}$  für den zweiten Teilbereich **342**. Die laterale Erstreckung der vertikalen Verbindungsstruktur **340** ist bei der Halbleitervorrichtung **300'** somit ausgedehnt im Vergleich zur Halbleitervorrichtung **300**.

**[0054]** Im Weiteren ist in **Fig. 3c** eine Halbleitervorrichtung **300''** gezeigt, bei der der erste Teilbereich **341** und der dritte Teilbereich **343** der vertikalen Verbindungsstruktur **340** verschiedene laterale Ausdehnungen besitzen. Bei der Halbleitervorrichtung **300''** beträgt der Radius **23**  $\mu\text{m}$  für den ersten Teilbereich **341**, **27**  $\mu\text{m}$  für den dritten Teilbereich **343** sowie **30**  $\mu\text{m}$  für den zweiten Teilbereich **342**.

**[0055]** In **Fig. 4** ist eine weitere Halbleitervorrichtung **400** gezeigt, im Wesentlichen gleich zu dem der in **Fig. 3c** gezeigten Halbleitervorrichtung **300''** ist. Die Halbleitervorrichtung **400** weist jedoch zusätzlich eine Deckschichtstruktur **450** auf der Oberfläche der ersten Rückplattenstruktur **320** auf. Die Deckschichtstruktur **450** ist in einem zentralen Bereich der ersten Rückplattenstruktur **320** (z.B. im We-

sentlich gegenüber eines Kontaktbereichs der ersten Rückplattenstruktur **320** mit der vertikalen Verbindungsstruktur **340**) ausgebildet. Die Deckschichtstruktur **450** umfasst eine Schicht aus demselben Material wie die ersten und dritten Teilbereiche **341**, **343** der vertikalen Verbindungsstruktur **340** auf, welche von einer Schicht aus demselben Material wie die erste Rückplattenstruktur **320** umschlossen ist. Die Deckschichtstruktur **450** kann bei hohen (extremen) Druckbelastungen eine Belastung der ersten Rückplattenstruktur **320** mindern.

**[0056]** Obwohl die Deckschichtstruktur **450** in **Fig. 4** in Zusammenhang mit einer vertikalen Verbindungsstruktur **340** mit variabler lateraler Ausdehnung gezeigt ist, versteht es sich von selbst, dass Deckschichtstruktur **450** auch mit vertikalen Verbindungsstrukturen mit im Wesentlichen konstanter lateraler Ausdehnung verwendet werden kann (wie z.B. in **Figs. 3a** und **3b** gezeigt).

**[0057]** In **Fig. 5** ist im Weiteren noch ein Verfahren **500** zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung gezeigt. Das Verfahren **500** umfasst ein Formen **502** einer ersten Schichtstruktur zur Herstellung einer ersten Rückplattenstruktur. Ferner umfasst das Verfahren **500** ein Formen **504** einer zweiten Schichtstruktur zur Herstellung einer Membranstruktur mit einer Öffnung. Auch umfasst das Verfahren **500** ein Formen **506** einer dritten Schichtstruktur zur Herstellung einer zweiten Rückplattenstruktur. Das Verfahren **500** umfasst zudem ein Entfernen **508** zumindest eines Teils einer ersten Opferschichtstruktur zwischen der ersten Rückplattenstruktur und der Membranstruktur sowie zumindest eines Teils einer zweiten Opferschichtstruktur zwischen der zweiten Rückplattenstruktur und der Membranstruktur, so dass eine vertikale Verbindungsstruktur, die die erste Rückplattenstruktur mit der zweiten Rückplattenstruktur verbindet und sich durch die Öffnung der Membranstruktur erstreckt, verbleibt.

**[0058]** Das Verfahren **500** kann durch die Ausbildung der vertikalen Verbindungsstruktur eine mechanische Verbindung der ersten und zweiten Rückplattenstrukturen ermöglichen. Dadurch kann eine Formfestigkeit der beiden Rückplattenstrukturen erhöht werden.

**[0059]** Die erste und die zweite Opferschichtstruktur können z.B. aus Siliziumoxid oder Graphit gebildet sein. Durch das zumindest teilweise Entfernen der Opferschichtstrukturen kann ein Hohlraum geschaffen werden, in dem sich die Membranstruktur bewegen kann. In einigen Ausführungsbeispielen weisen die erste Opferschichtstruktur und die zweite Opferschichtstruktur daher außerhalb eines Bereichs der Öffnung keine vertikal durch die Opferschichtstruktur verlaufenden Strukturen auf. Der entstehende Hohlraum kann entlang seines Umfangs

z.B. durch einen verbliebenen Rest der Opferschichtstrukturen begrenzt sein.

**[0060]** Das zumindest teilweise Entfernen **508** der ersten bzw. zweiten Opferschichtstruktur kann z.B. mittels eines nasschemischen oder eines trockenchemischen Ätzverfahrens erfolgen. Beispielsweise kann ein isotropes nasschemisches oder trockenchemisches Ätzverfahren verwendet werden. Insbesondere kann das Ätzen der ersten bzw. zweiten Opferschichtstruktur zeitgesteuert erfolgen, um die Eindringtiefe des Ätzens bzw. den Anteil der zu entfernenden ersten bzw. zweiten Opferschichtstruktur einzustellen.

**[0061]** Das Formen **502** der ersten Schichtstruktur und/oder das Formen **506** der dritten Schichtstruktur kann ein Ausbilden einer Mehrzahl an Durchlässen (Öffnungen) in der ersten Rückplattenstruktur und/oder der zweiten Rückplattenstruktur umfassen. Durch die vertikale Verbindungsstruktur kann der von Durchlässen (Öffnungen) bedeckte Oberflächenbereich der ersten Rückplattenstruktur und/oder der zweiten Rückplattenstruktur erhöht werden. Eine akustische Transparenz der ersten Rückplattenstruktur und/oder der zweiten Rückplattenstruktur kann dadurch erhöht werden.

**[0062]** Die Herstellung der Membranstruktur, z.B. das Formen **504** der zweiten Schichtstruktur, kann ein Strukturieren der Membranstruktur, so dass zumindest zwei voneinander getrennte Teilbereiche der Membranstruktur gebildet sind, umfassen. Ein erster Teilbereich der Membranstruktur ist von einem zweiten Teilbereich der Membranstruktur lateral umschlossen. Der zweite Teilbereich der Membranstruktur weist die Öffnung der Membranstruktur auf, in welcher der erste Teilbereich angeordnet ist.

**[0063]** Ein erster der zumindest zwei voneinander getrennten Teilbereiche der Membranstruktur kann z.B. ein Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur sein (z.B. der zweite Teilbereich der in **Fig. 1** gezeigten vertikalen Verbindungsstruktur **140**). Dies kann es ermöglichen, einen lateralen Abstand zwischen der vertikalen Verbindungsstruktur (z.B. im Wesentlichen des ersten Teilbereichs der Membranstruktur) und der Membranstruktur (z.B. im Wesentlichen des zweiten Teilbereichs der Membranstruktur) durch die Strukturierung der Membranstruktur mit großer Genauigkeit zu erzeugen.

**[0064]** Derart kann z.B. eine vertikale Verbindungsstruktur mit drei Teilbereichen erzeugt werden. Die vertikale Verbindungsstruktur kann beispielsweise einen vertikal zwischen einem ersten Teilbereich und einem dritten Teilbereich angeordneten zweiten Teilbereich auf, wobei der zweite Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur der erste Teilbereich der Membranstruktur ist. Der erste und der zweite Teil-



bereich der vertikalen Verbindungsstruktur können z.B. durch verbliebene Reste der ersten und/oder der zweiten Opferschichtstruktur gebildet sein.

**[0065]** Alternativ kann das Formen der ersten Opferschichtstruktur ein Formen eines (ersten) Teilbereichs der vertikalen Verbindungsstruktur, der sich durch die erste Opferschichtstruktur erstreckt, umfassen. Der (erste) Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur weist ein anderes Material als die erste Opferschichtstruktur auf. Weiterhin kann das Formen der zweiten Opferschichtstruktur ein Formen eines (dritten) Teilbereichs der vertikalen Verbindungsstruktur, der sich durch die zweite Opferschichtstruktur erstreckt, umfassen. Der (dritte) Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur weist ein anderes Material als die zweite Opferschichtstruktur auf. Dazu kann z.B. ein Teil der ersten bzw. zweiten Opferschichtstruktur geätzt werden und anschließend mit einem von der Opferschichtstruktur verschiedenen Material aufgefüllt werden (z.B. mit Silizium oder Siliziumnitrid). Derart kann die vertikale Verbindungsstruktur durch ein Entfernen der ersten bzw. zweiten Opferschichtstruktur um das von der Opferschichtstruktur verschiedene Material herum freigelegt werden.

**[0066]** Die Figs. 6a und 6b zeigen nachfolgend eine Halbleiterstruktur in verschiedenen Verfahrensschritten eines Verfahrens zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung gemäß dem vorgeschlagenen Konzept.

**[0067]** Fig. 6a zeigt zunächst die Ausgangssituation vor dem zumindest teilweisen Entfernen der Opferschichtstrukturen. Die Halbleiterstruktur **600** weist eine erste Rückplattenstruktur (Rückplatte) **620** und eine zweite Rückplattenstruktur (Rückplatte) **630** auf. Zwischen der ersten Rückplattenstruktur **620** und der zweiten Rückplattenstruktur **630** ist eine Membranstruktur (Membran) **610** mit einer Öffnung **611** gebildet. Die Membranstruktur ist von einer ersten Opferschichtstruktur **651** und einer zweiten Opferschichtstruktur **652** umgeben.

**[0068]** Im Gegensatz zu einer gewöhnlichen Erzeugung des Luftspalts zwischen den Rückplatten **620**, **630** und der Membran **610** durch Abscheiden der erforderlichen Schicht der Membranen und der Rückplatten sowie eines Ätzens der Schicht (Opferschicht, z. B. Siliziumoxid) dazwischen mit einem isotropen Nass- oder Trocken-Ätzprozess, erfolgt gemäß dem vorgeschlagenen Konzept z.B. ein Verwenden eines begrenzten Bereichs des Opferoxidätzens (angedeutet durch Pfeile **660**), um eine vertikale Verbindungsstruktur (Rückplattenpfosten) zu erzeugen. Dies ist in Fig. 6b gezeigt. Bei diesem angepassten Entwurf der Rückplatten verbleibt eine vertikale Verbindungsstruktur (Pfosten) **640** der Opferschicht in dem Luftspalt. Es ist kein zusätzlicher Prozess erforderlich. Bei einem Unterätzen der Opferschichtstruktu-

ren (z.B. aus einem Opferoxid) von 10 µm kann ein geschlossener Rückplattenring von 30 µm z.B. einen 10 µm breiten Pfosten **640** in dem Spalt hinterlassen.

**[0069]** Wie bereits oben angedeutet, können zum Implementieren des Pfostens **640** auch zusätzliche Ätz- und Abscheideprozesse mit unterschiedlichen Materialien (z. B. Silizium, Siliziumnitrid) verwendet werden.

**[0070]** Mit einem Verfahren gemäß dem vorgeschlagenen Konzept können Halbleitervorrichtungen bzw. Mikrofone mit verbesserter akustischer Leistungsfähigkeit geschaffen werden. Kern des Verfahrens kann es sein, einen oder mehrere Pfosten zwischen den Rückplatten z.B. eines Silizium-Mikrofons mit doppelter Rückplatte zu erzeugen (verwenden), um die Steifigkeit zu verbessern und eine höhere akustische Transparenz der Rückplatten mit reduziertem Rauschbeitrag zu erlauben. Die Zunahme des SNR kann ein Wesentlicher Aspekt für Silizium-Mikrofone sein. Wie zuvor erwähnt, kann ein Vorteil bei der Leistungsfähigkeit auch für eine Kostenreduzierung aufgrund einer Chipverkleinerung mit ähnlicher akustischer Systemleistungsfähigkeit verwendet werden.

**[0071]** Die in der vorstehenden Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und den beigefügten Figuren offenbarten Merkmale können sowohl einzeln wie auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung eines Ausführungsbeispiels in ihren verschiedenen Ausgestaltungen von Bedeutung sein und implementiert werden.

**[0072]** Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, so dass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

**[0073]** Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

**Patentansprüche**

1. Halbleitervorrichtung (100), die Folgendes umfasst:

eine Membranstruktur (110) mit einer Öffnung (111);  
eine erste Rückplattenstruktur (120), die auf einer ersten Seite der Membranstruktur (110) angeordnet ist;

eine zweite Rückplattenstruktur (130), die auf einer zweiten Seite der Membranstruktur (110) angeordnet ist; und

eine vertikale Verbindungsstruktur (140), die die erste Rückplattenstruktur (120) mit der zweiten Rückplattenstruktur (130) verbindet, wobei sich die vertikale Verbindungsstruktur (140) durch die Öffnung (111) erstreckt.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die vertikale Verbindungsstruktur (140) einen vertikal zwischen einem ersten Teilbereich und einem dritten Teilbereich angeordneten zweiten Teilbereich aufweist, und wobei ein Material des zweiten Teilbereichs verschieden von einem Material des ersten Teilbereichs und des dritten Teilbereichs ist.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei das Material des ersten Teilbereichs und des dritten Teilbereichs ein elektrisch isolierendes Material ist.

4. Halbleitervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die vertikale Verbindungsstruktur (140) und die Membranstruktur (110) in einem Bereich der Öffnung (111) lateral zumindest 100 nm voneinander beabstandet sind.

5. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein mittlerer Umfang der vertikalen Verbindungsstruktur (140) in einem Bereich zwischen der ersten Rückplattenstruktur (120) und der Membranstruktur (110) sich um zumindest 10% von einem mittleren Umfang der Verbindungsstruktur (140) in einem Bereich zwischen der Membranstruktur (110) und der zweiten Rückplattenstruktur (130) unterscheidet.

6. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zumindest eine der ersten Rückplattenstruktur (120) und der zweiten Rückplattenstruktur (130) eine Mehrzahl an Durchlässen aufweist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Mehrzahl an Durchlässen zumindest 60 % einer Oberfläche zumindest einer der ersten Rückplattenstruktur (120) und der zweiten Rückplattenstruktur (130) einnehmen.

8. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Membranstruktur in einem Hohlraum zwischen der ersten Rückplat-

tenstruktur (120) und der zweiten Rückplattenstruktur (130) angeordnet ist.

9. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein lateraler Abstand der vertikalen Verbindungsstruktur (140) zu einem Rand der Membranstruktur (110) zumindest 25 % einer lateralen Erstreckung der Membranstruktur (110) beträgt.

10. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein lateraler Abstand der Öffnung (111) zu einem Rand der Membranstruktur (110) mindestens 5 µm beträgt.

11. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine erste Schaltung, die eingerichtet ist, verschiedene elektrische Potentiale an die Membranstruktur (110) und zumindest eine der ersten Rückplattenstruktur (120) und der zweiten Rückplattenstruktur (130) anzulegen.

12. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend eine zweite Schaltung, die eingerichtet ist, ein vom Abstand der Membranstruktur (110) zu der ersten Rückplattenstruktur (120) oder der zweiten Rückplattenstruktur (130) abhängiges Signal zu erzeugen.

13. Mikrofon mit einer Halbleitervorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12.

14. Verfahren (500) zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung, umfassend:

Formen (502) einer ersten Schichtstruktur zur Herstellung einer ersten Rückplattenstruktur;  
Formen (504) einer zweiten Schichtstruktur zur Herstellung einer Membranstruktur mit einer Öffnung;  
Formen (506) einer dritten Schichtstruktur zur Herstellung einer zweiten Rückplattenstruktur; und  
Entfernen (508) zumindest eines Teils einer ersten Opferschichtstruktur zwischen der ersten Rückplattenstruktur und der Membranstruktur sowie zumindest eines Teils einer zweiten Opferschichtstruktur zwischen der zweiten Rückplattenstruktur und der Membranstruktur, so dass eine vertikale Verbindungsstruktur, die die erste Rückplattenstruktur mit der zweiten Rückplattenstruktur verbindet und sich durch die Öffnung der Membranstruktur erstreckt, verbleibt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Herstellung der Membranstruktur folgendes umfasst:  
Strukturieren der Membranstruktur, so dass zumindest zwei voneinander getrennte Teilbereiche der Membranstruktur gebildet sind.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei ein erster der zumindest zwei voneinander getrennten Teilbe-

reiche der Membranstruktur ein Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei ein Formen der ersten Opferschichtstruktur Folgendes umfasst:

Formen eines Teilbereichs der vertikalen Verbindungsstruktur, der sich durch die erste Opferschichtstruktur erstreckt, wobei der Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur ein anderes Material als die erste Opferschichtstruktur aufweist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, wobei ein Formen der zweiten Opferschichtstruktur Folgendes umfasst:

Formen eines Teilbereichs der vertikalen Verbindungsstruktur, der sich durch die zweite Opferschichtstruktur erstreckt, wobei der Teilbereich der vertikalen Verbindungsstruktur ein anderes Material als die zweite Opferschichtstruktur aufweist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei die erste Opferschichtstruktur und die zweite Opferschichtstruktur keine vertikal durch die Opferschichtstruktur verlaufenden Strukturen aufweisen.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, wobei das Formen (502) der ersten Schichtstruktur und das Formen (506) der dritten Schichtstruktur Folgendes umfasst:

Ausbilden einer Mehrzahl an Durchlässen in der ersten Rückplattenstruktur und der zweiten Rückplattenstruktur.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

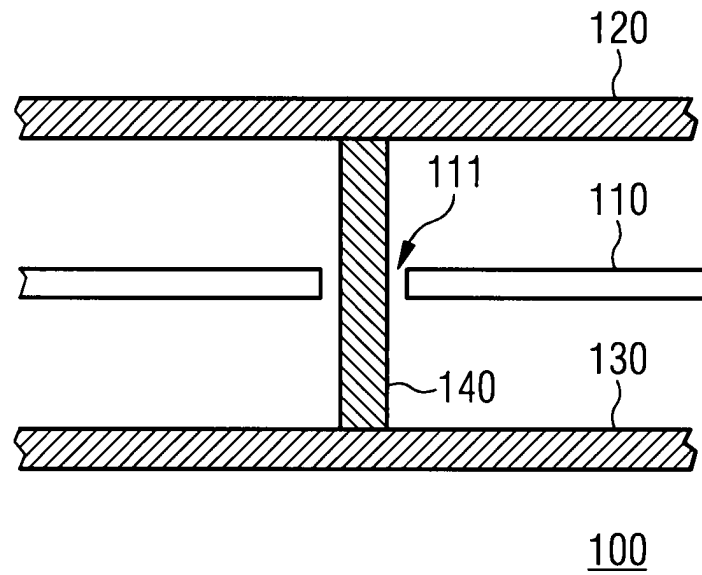


FIG. 2

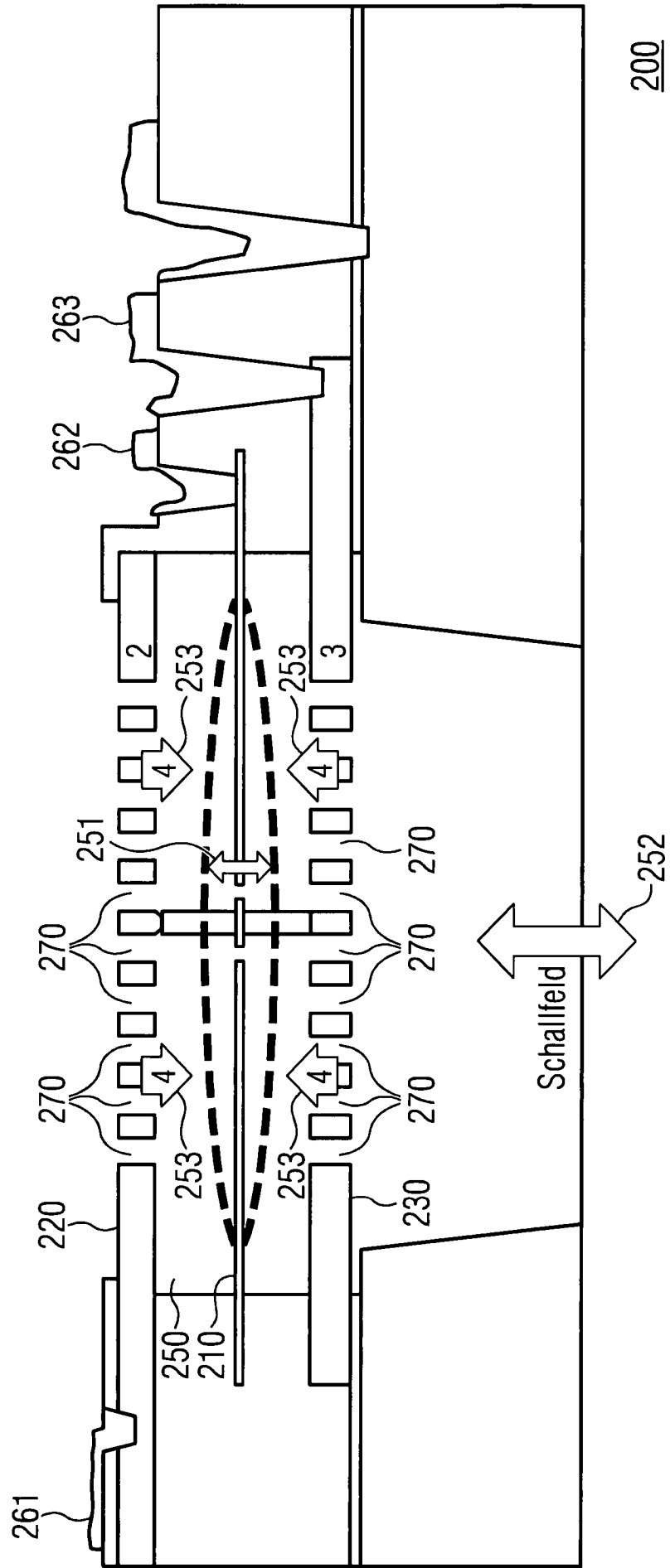


FIG. 3a

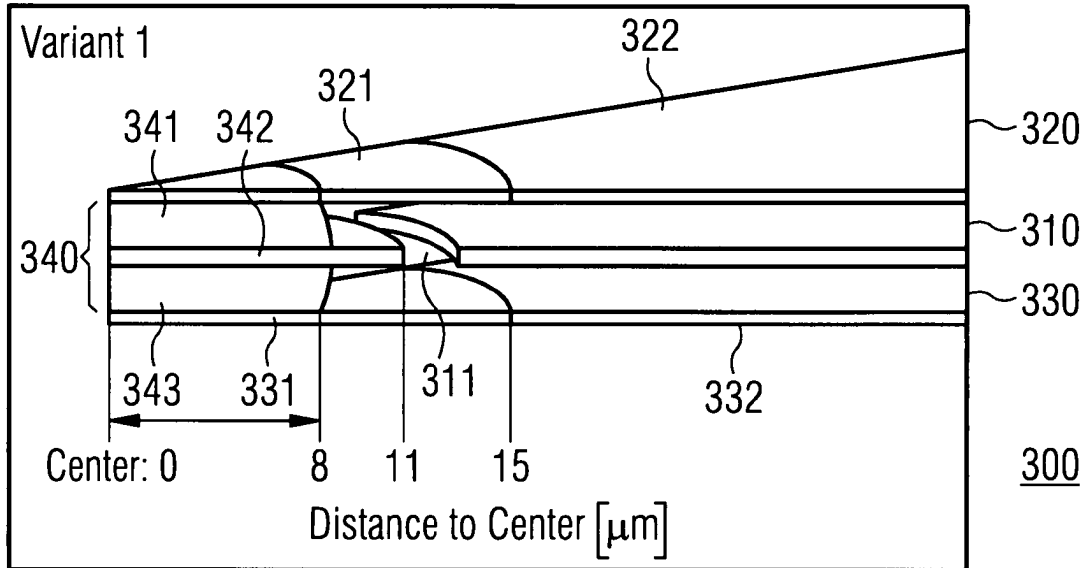


FIG. 3b

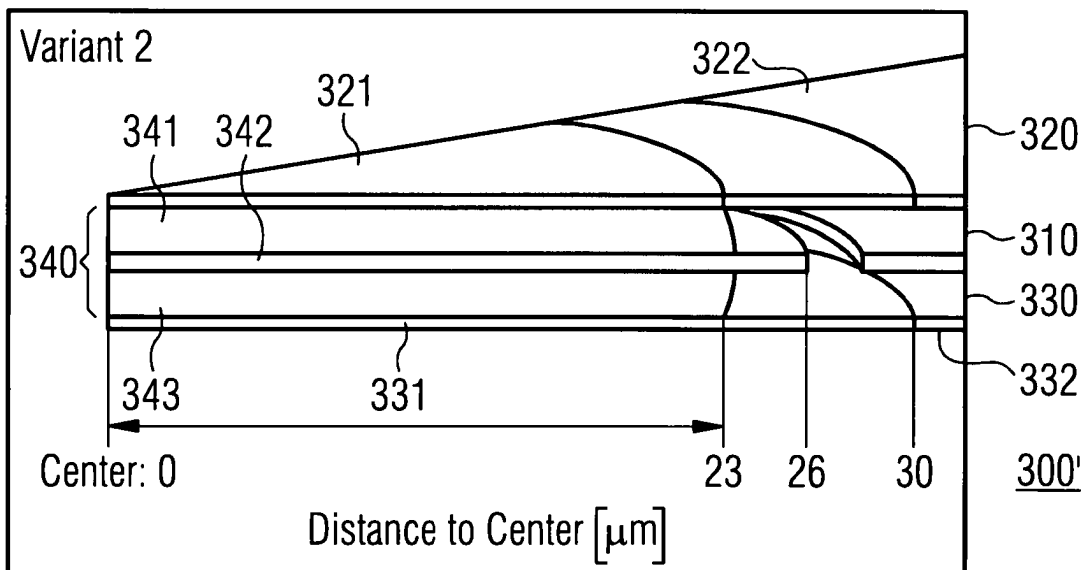


FIG. 3c

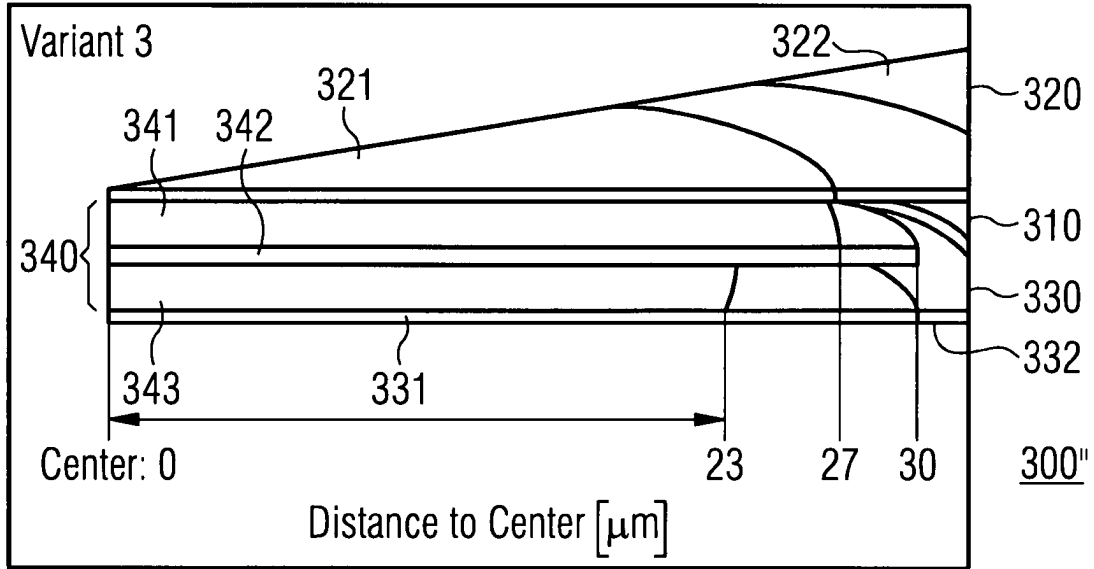


FIG. 4

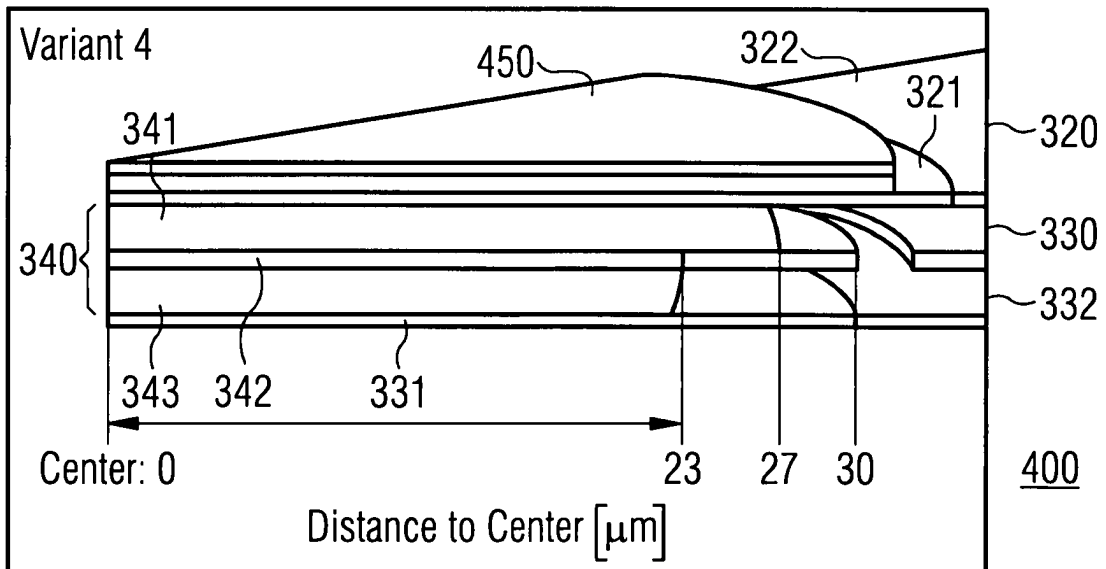


FIG. 5

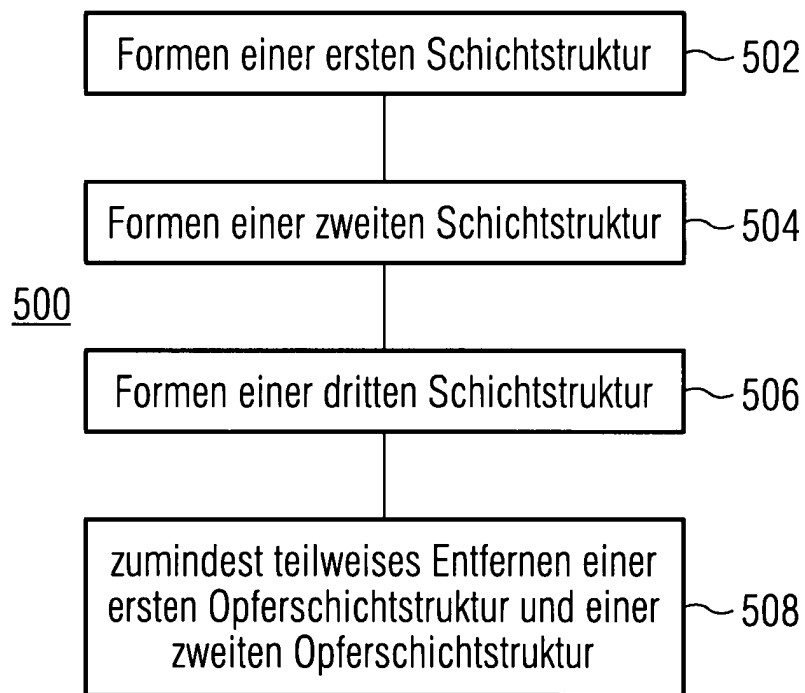




FIG. 6a

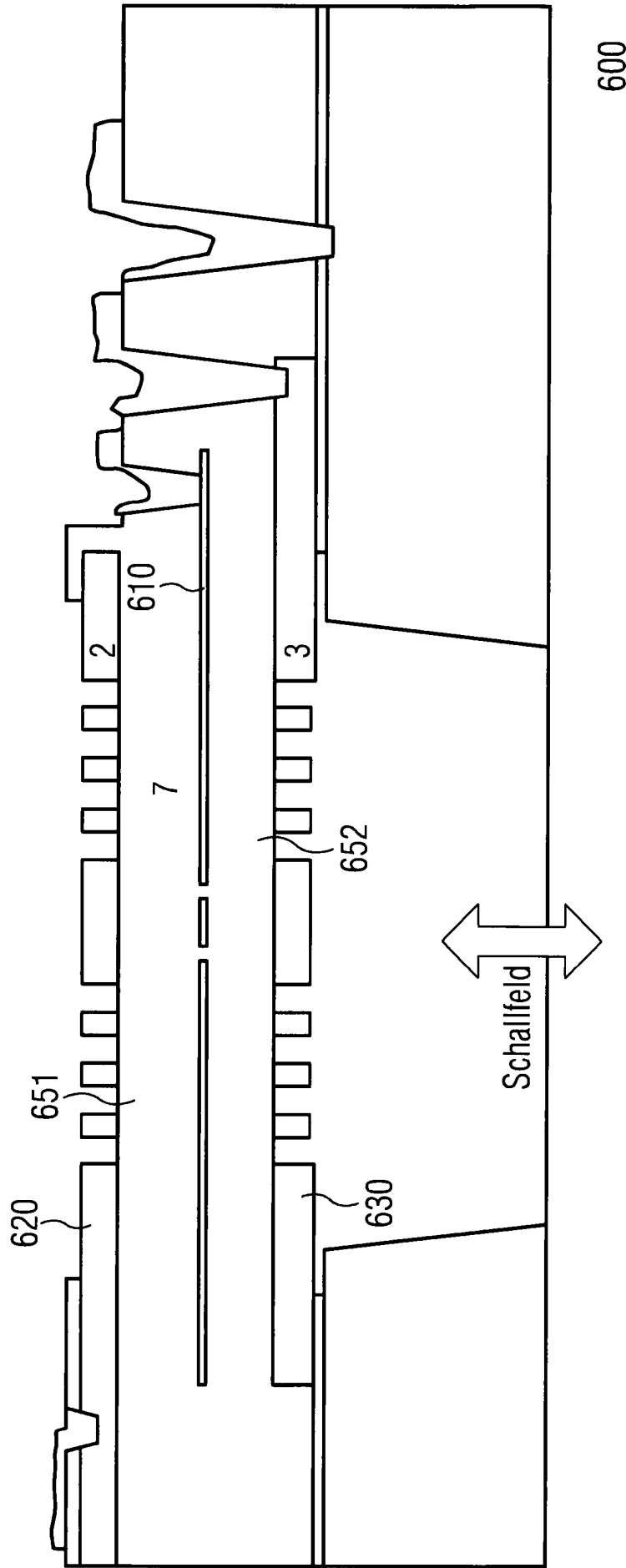


FIG. 6b

