



(12) **Berichtigung der Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 216 835.8**

(22) Anmeldetag: **22.09.2017**

(43) Offenlegungstag: **28.03.2019**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.01.2022**

(15) Korrekturinformation:
Ansprüche 1, 4 und 10

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **19.05.2022**

(51) Int Cl.: **B81C 1/00 (2006.01)**

B81B 7/02 (2006.01)

B81B 3/00 (2006.01)

H04R 19/04 (2006.01)

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

(74) Vertreter:
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler,
Schenk & Partner mbB Patentanwälte, 81373
München, DE**

(72) Erfinder:
**Walther, Arnaud, 82008 Unterhaching, DE; Dehe,
Alfons, 72770 Reutlingen, DE; Strasser, Johann,
84069 Schierling, DE; Metzger-Brueckl, Gerhard,
85290 Geisenfeld, DE**

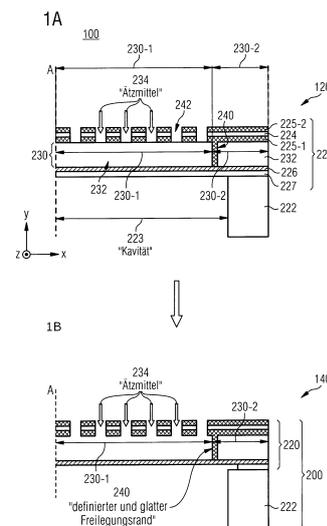
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2006 008 584	A1
DE	10 2006 051 597	A1
DE	10 2012 210 052	A1
DE	10 2012 221 509	A1

(54) Bezeichnung: **MEMS-Bauelement und Herstellungsverfahren für ein MEMS-Bauelement**

(57) Hauptanspruch: Herstellungsverfahren (100) für ein MEMS-Bauelement (200) mit folgenden Schritten:

Bereitstellen einer Schichtanordnung (220) auf einem Halbleitersubstrat (222), wobei die Schichtanordnung (220) eine erste und zweite, leitfähige Schichtstruktur (224, 226) aufweist, wobei ein Opfermaterial (232) in einem Zwischenbereich (230) zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) erstreckende Ätzstoppstruktur (240) den Zwischenbereich (230) in einen Freilegungsbereich (230-1) und einen lateral daran angrenzenden Randbereich (230-2) unterteilt, wobei die Ätzstoppstruktur (240) ein Halbleitermaterial der ersten oder zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) oder, falls eine ätzmittelresistente Isolationsschicht (225-1, 225-2) an der ersten oder zweiten Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist, ein Material der Isolationsschicht (225-1, 225-2) aufweist, und wobei zumindest eine der leitfähigen Schichtstrukturen (224, 226) Zugangsöffnungen (242) zu dem Freilegungsbereich (230-1) aufweist, und Entfernen des Opfermaterials (232) aus dem Freilegungsbereich (230-1) durch die Zugangsöffnungen (242) mittels eines Ätzvorgangs, um den Freilegungsbereich (230-1) freizulegen, wobei die Ätzstoppstruktur (240) als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang wirksam ist, und wobei das in dem Randbereich (230-2) vorhandene Opfermaterial (232) zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) wirksam ist.



Die oben angegebenen bibliografischen Daten entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Berichtigung.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Ausführungsbeispiele beziehen sich auf MEMS-Bauelemente und auf ein Herstellungsverfahren für MEMS-Bauelemente, wie z. B. MEMS-Druckwandler, akustische MEMS-Sensoren oder MEMS-Schallwandler in Form von MEMS-Mikrofonen oder MEMS-Lautsprechern. Ausführungsbeispiele beziehen sich insbesondere auf MEMS-Mikrofone, bei deren Herstellung zur Definition des Freilegungsbereichs bzw. Luftspalts zwischen zwei Schichtstrukturen, wie z. B. zwischen einer Membran und einer Gegenelektrode, eine den Ätzzvorgang lateral begrenzende Ätzstoppstruktur verwendet wird.

Hintergrund

[0002] Akustische MEMS-Sensoren, wie z. B. MEMS-Mikrofone, sind offene Bauelemente und funktionsbedingt gegenüber der umliegenden Umgebung freiliegend, um z. B. Schalldruckänderungen in der Umgebung zu erfassen. Daher sind solche MEMS-Sensoren häufig auch rauen Umgebungsbedingungen, wie z. B. mechanischen Belastungen, Stößen und auch hohen Schalldrücken ausgesetzt. Um eine Fehlfunktion oder eine verringerte Leistungsfähigkeit akustischer MEMS-Sensoren zu verhindern, sollten insbesondere die mechanisch beweglichen Elemente eine ausreichende mechanische Robustheit aufweisen, um innerhalb der Anwendung, z. B. innerhalb mobiler Geräte wie Smartphones, Notebooks etc., die geforderte Funktionsfähigkeit während der Lebensdauer beizubehalten.

[0003] Die DE 10 2012 221 509 A1 bezieht sich auf ein integriertes Bauelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Dabei werden die mikromechanischen Funktionselemente des Backendstapels ausschließlich Layout-technisch angelegt, indem die dielektrischen Schichten um Metallebenen des Backendstapels in geeigneter Weise übereinander abgeschieden und strukturiert werden. Die Funktionselemente werden hier durch die Metallebenen und die Durchkontakte, d. h. die Vias, zwischen den einzelnen Metallebenen gebildet und freigelegt, indem das umliegende Material der dielektrischen Schichten mit anisotropen und/oder isotropen Ätzverfahren entfernt wird. Da die Metallebenen und die Durchkontakte dabei als vertikaler und lateraler Ätzstopp bzw. Ätzmaske fungieren, wird der MEMS-Bereich im Backendstapel seitlich durch die Vias zwischen den Metallebenen des Backendstapels begrenzt.

[0004] Die DE 10 2012 210 052 A1 bezieht sich auf ein Hybrid-integriertes Bauteil und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

[0005] Die DE 10 2006 008 584 A1 bezieht sich auf einen Fertigungsprozess für integrierte Piezo-Bauelemente.

[0006] Die DE 10 2006 051 597 A1 bezieht sich auf eine Halbleiteranordnung und ein Verfahren zur Herstellung einer Halbleiteranordnung.

Zusammenfassung

[0007] Es besteht daher ein Bedarf nach einem Konzept für ein MEMS-Bauelement, wie z. B. einem akustischen MEMS-Sensor oder einem MEMS-Mikrofon, und für ein entsprechendes Herstellungsverfahren, mit dem ein MEMS-Bauelement mit möglichst gutem akustischen Verhalten als auch gleichzeitig hoher mechanischer Robustheit erhalten werden kann.

[0008] Ein solcher Bedarf kann durch den Gegenstand der vorliegenden Patentansprüche erfüllt werden. Weiterbildungen des vorliegenden Konzepts sind in den Unteransprüchen definiert.

[0009] Ein Herstellungsverfahren 100 für ein MEMS-Bauelement 200 umfasst folgende Schritte: Bereitstellen einer Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat 222, wobei die Schichtanordnung 220 eine erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 aufweist, wobei ein Opfermaterial 232 in einem Zwischenbereich 230 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckende Ätzstoppstruktur 240 den Zwischenbereich 230 in einen Freilegungsbereich 230-1 und einen lateral daran angrenzenden Wandbereich 230-2 unterteilt, und wobei zumindest eine der Schichtstrukturen 224, 226 Zugangsöffnungen 242 zu dem Freilegungsbereich 230-1 aufweist, und Entfernen des Opfermaterials 232 aus dem Freilegungsbereich 230-1 durch die Zugangsöffnungen 242 mittels eines Ätzzvorgangs, um den Freilegungsbereich 230-1 freizulegen, wobei die Ätzstoppstruktur 240 als laterale Begrenzung für den Ätzzvorgang wirksam ist, und wobei das in dem Randbereich 230-2 vorhandene Opfermaterial 232 zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 wirksam ist.

[0010] Ein MEMS-Bauelement 200 umfasst eine Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat, wobei die Schichtanordnung 220 eine erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 aufweist, wobei ein Freilegungsbereich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 freigelegt ist, wobei ein Opfermaterial in einem Randbereich 230-2 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckende ätzmittelresistente Wandstruktur 240, 241, 340 den

Freilegungsbereich 230-1 von dem lateral daran angrenzenden Randbereich 230-2 abgrenzt, und wobei das in dem Randbereich vorhandene Isolationsmaterial zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 wirksam ist.

[0011] MEMS-Bauelemente, wie z. B. MEMS-Mikrofone, werden beispielsweise aus einer Abfolge von Schichten bzw. Schichtstrukturen gebildet, wobei die unterschiedlichen Schichten jeweils z. B. poly- oder monokristallines Silizium, Siliziumnitrid oder Siliziumoxid aufweisen können. Das Siliziumoxidmaterial wird dann beispielsweise als Material für die Opferschicht verwendet, wobei das Opferschichtmaterial dann aus einem definierten Freilegungsbereichs am Ende des Herstellungsprozesses des MEMS-Bauelements mit einem Ätzmittel entfernt wird, um den ausgeräumten Freilegungsbereich bzw. Luftspalt (Engl.: „air gap“) zu erhalten. Gemäß dem vorliegenden Konzept wird nun eine „vertikale“ Wand bzw. Wandstruktur zwischen zwei benachbarten Schichtstrukturen, wie z. B. einer Membranstruktur und einer Gegenelektrodenstruktur, des MEMS-Mikrofons angeordnet. Dabei bedeutet „vertikal“ eine zur lateralen Erstreckungsrichtung der ersten und zweiten Schichtstruktur orthogonale Ausrichtung.

[0012] Die Wandstruktur ist nun während des Freilegungsprozesses, d. h. beim Entfernen des Opfermaterials aus dem Freilegungsbereich, als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang wirksam, so dass der sich beim Ätzvorgang ergebende Rand des Freilegungsbereichs exakt definiert werden kann. Das Freilegen des Freilegungsbereichs wird auch als Release-Vorgang oder Release-Ätzung bezeichnet. Durch die Verwendung einer vertikal ausgebildeten Ätzstoppstruktur kann somit eine definierte und glatte Freilegungs- bzw. Release-Kante des Freilegungsbereichs zwischen den beiden benachbarten Schichtstrukturen erhalten werden.

[0013] Die Ätzstoppstruktur ermöglicht somit eine Definition des lateralen Ätzprofils der Opferschicht, wodurch sich die akustischen als auch mechanischen Eigenschaften des MEMS-Bauelements und insbesondere die mechanische Robustheit deutlich verbessern lassen. So kann die mechanische Robustheit auch asymmetrisch zwischen Vorder- und Rückseite eines MEMS-Mikrofons ausgebildet werden.

[0014] Die dargestellte Vorgehensweise zum Herstellen eines MEMS-Bauelements, z. B. eines MEMS-Mikrofons, kann ohne hohen Zusatzaufwand in den Herstellungsprozess für MEMS-Bauelemente eingebunden werden, da insbesondere das Bilden der Ätzstoppstruktur(en) in Form einer wandförmig ausgebildeten vertikalen Wandstruktur zwischen zwei benachbarten Schichtstrukturen, d.h. beispiels-

weise jeweils zwischen der Membran und der zugehörigen Gegenelektrode des MEMS-Bauelements, äußerst einfach in bisherige Prozessabläufe zur Herstellung von MEMS-Bauelementen integriert werden kann.

[0015] Das vorliegende Konzept ermöglicht somit im Wesentlichen die Verwendung bewährter Designs für MEMS-Bauelemente, während die Beschränkungen für den technologischen Prozess entspannt bzw. vereinfacht werden können, um die mechanische und akustische Robustheit der MEMS-Mikrofone zu verbessern. Die Robustheit der MEMS-Mikrofone kann beispielsweise bei der Unterbringung desselben in einem Gehäuse berücksichtigt werden, da das vorliegende Konzept die Möglichkeit bietet, eine „Asymmetrie“ der mechanischen Robustheit an den jeweiligen Gehäusotyp anzupassen. So kann beispielsweise bei einem MEMS-Mikrofon mit einem an der „Unterseite“ angeordneten Schalltor, das auch als „Bottom-Port-Mikrofon“ bezeichnet wird, eine höhere mechanische Robustheit des MEMS-Bauelements an der Schallöffnung zugeordneten Seite vorgesehen werden. In diesem Sinn bezieht sich das vorliegende Konzept auch somit auf die Systemebene von MEMS-Mikrofonen.

[0016] Insbesondere ermöglicht das vorliegende Konzept eine größere Flexibilität für das Design des MEMS-Bauelements, wobei beispielsweise auch mittels einer entsprechend ausgebildeten, zusätzlichen Ätzstoppstruktur eine mittige bzw. zentrale Verankerung der Membran mit der Gegenelektrode durch einen weiteren verbleibenden Opfermaterialbereich innerhalb des sonstigen Freilegungsbereichs beibehalten wird, wodurch eine weitere Systemoptimierung erhalten werden kann.

[0017] Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, dass gemäß Ausführungsbeispielen eine gut definierte und glatte Freilegungskante am Rand des Freilegungsbereichs mittels der Ätzstoppstruktur erhalten wird, wodurch die mechanische und akustische Robustheit des resultierenden MEMS-Mikrofons erhöht und auch gezielt eingestellt werden kann.

Figurenliste

[0018] Ausführungsbeispiele von Vorrichtungen und/oder Verfahren werden nachfolgend beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a-b ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines MEMS-Bauelements in einer Zwei-Schichtanordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 2a-e beispielhafte Verfahren zur Herstellung eines MEMS-Bauelements mit unter-

schiedlichen Zwei-Schichtanordnungen gemäß weiteren Ausführungsbeispielen;

Fig. 3 ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines MEMS-Bauelements in einer Drei-Schichtanordnung gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines MEMS-Bauelements in einer Drei-Schichtanordnung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

Fig. 5a-b beispielhafte Verfahren zur Herstellung eines MEMS-Bauelements mit unterschiedlichen Drei-Schichtanordnungen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

Fig. 6a-c ein beispielhaftes MEMS-Bauelement mit einer umlaufenden wandförmigen Ätzstoppstruktur gemäß einem Ausführungsbeispiel;

Fig. 7a-b ein beispielhaftes MEMS-Bauelement mit einer geschlossen umlaufenden, wandförmigen Ätzstoppstruktur gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

Fig. 8a-b ein beispielhaftes MEMS-Bauelement mit einer umlaufenden, wandförmigen Ätzstoppstruktur gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

Fig. 9 ein beispielhaftes Verfahren zur Herstellung eines MEMS-Bauelements in einer Drei-Schichtanordnung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

Fig. 10 ein beispielhaftes MEMS-Bauelement mit einer wandförmigen Ätzstoppstruktur gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

Detaillierte Beschreibung

[0019] Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im Detail anhand der Zeichnungen näher erläutert werden, wird darauf hingewiesen, dass identische, funktionsgleiche oder gleichwirkende Elemente, Objekte, Funktionsblöcke und/oder Verfahrensschritte in den unterschiedlichen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellte Beschreibung dieser Elemente, Objekte, Funktionsblöcke und/oder Verfahrensschritte untereinander austauschbar ist bzw. aufeinander angewendet werden kann.

[0020] Im Folgenden wird nun anhand von schematischen Darstellungen in den **Fig. 1** bis **Fig. 9** der prinzipielle Ablauf des Verfahrens zur Herstellung eines MEMS-Bauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel dargestellt. Zur Vereinfachung der Beschreibung der geometrischen Zusammenhänge ist ferner in den Figuren beispielhaft ein x-y-z-Koor-

dinatensystem dargestellt, wobei die x-y-Ebene die Zeichenebene darstellt.

[0021] Wie in **Fig. 1a** dargestellt ist, wird bei dem Herstellungsverfahren 100 für ein MEMS-Bauelement 200 bei einem Schritt 120 eine Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat 222, wie z. B. einem Halbleitersubstrat, bereitgestellt. Die Schichtanordnung 220 weist eine erste Schichtstruktur 224, z. B. eine statische Gegenelektrodenstruktur, und ferner eine zweite Schichtstruktur 226, z. B. eine im freigelegten Zustand bewegliche Membranstruktur, auf. In einem Zwischenbereich 230 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 ist ein Opfermaterial 232 angeordnet. Ferner ist in dem Zwischenbereich 230 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 eine Ätzstoppstruktur 240 ausgebildet, die sich beispielsweise wandförmig und vertikal zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 in dem Zwischenbereich 230 erstreckt. Die als laterale Begrenzung für einen nachfolgenden Ätz- bzw. Entfernungsschritt wirksame Ätzstoppstruktur 240 unterteilt somit den Zwischenbereich 230 in einen Freilegungsbereich 230-1 und einen lateral daran angrenzenden Randbereich 230-2. Ferner sind in zumindest einer der Schichtstrukturen 224, 226 Zugangsöffnungen 242 zu dem Freilegungsbereich 230-1 vorgesehen.

[0022] Wie in **Fig. 1a** dargestellt ist, können die Zugangsöffnungen 242 beispielsweise in der ersten Schichtstruktur 224, z. B. der Gegenelektrodenstruktur, angeordnet sein, wobei die Zugangsöffnungen auch alternativ oder zusätzlich in der zweiten Schichtstruktur 226, z. B. der Membranstruktur, vorgesehen sein können. Die Ätzstoppstruktur 240 weist beispielsweise ein bei einem nachfolgenden Entfernungsschritt, z. B. Ätzschritt, des Opfermaterials 232 aus dem Freilegungsbereich 230-1 ein ätzmittelresistentes Material auf.

[0023] Wie in **Fig. 1a** ferner dargestellt ist, kann optional beidseitig an der ersten Schichtstruktur 224 entlang der x-z-Ebene eine erste und zweite Isolationsschicht 225-1, 225-2 angeordnet sein. Die Isolationsschicht 225-1 kann dabei das gleiche Material wie die Ätzstoppstruktur 240 aufweisen. Auf einem Oberflächenbereich der zweiten Schichtstruktur 226 kann ferner eine Isolationsschicht 227 aufgebracht sein, die sich somit zwischen der zweiten Schichtstruktur 226 und dem Träger 222 befindet. Die Isolationsschicht 227 kann beispielsweise das gleiche Material wie das Opfermaterial 232 aufweisen. In **Fig. 1a** ist ferner eine in dem Träger 222 angeordnete Kavität 223 dargestellt.

[0024] Wie aus der schematischen Darstellung der Schichtanordnung 220 in **Fig. 1a** deutlich wird, ist die Schichtanordnung 220 ausgehend von dem Randbereich 230-2 und dem angrenzenden Zwischenbe-

reich 230-1 bis zu der Ebene A dargestellt, die parallel zu der y-z-Ebene in **Fig. 1a** angeordnet ist und beispielsweise eine Symmetrieebene für die auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 darstellt. Die in **Fig. 1a** dargestellte auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 erstreckt sich somit (entsprechend einer Spiegelung an der Ebene A) bis zu dem gegenüberliegenden Randbereich 230-2. Gleichmaßen kann gemäß Ausführungsbeispielen die Zeichenebene (x-y-Ebene) auch als Symmetrieebene angesehen werden, soweit **Fig. 1a** eine mittige Teilschnittansicht durch die auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 darstellt.

[0025] In **Fig. 1b** ist nun der Schritt des Entfernens des Opfermaterials 232 aus dem Freileigungsbereich 230-1 durch die Zugangsöffnungen 242 mittels eines Ätzmittels 234 dargestellt, um den Freileigungsbereich 230-1 des Zwischenbereichs 230 auszuräumen. Bei dem Ätzzvorgang ist die Ätzstopppstruktur 240 als eine laterale Begrenzung für das Ätzmittel 234 wirksam, wobei das in dem Randbereich 230-2 verbleibende Opfermaterial 232 zur mechanische Verbindung bzw. Kopplung der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 wirksam ist.

[0026] Ferner kann das an die Kavität 223 angrenzende Material der Isolationsschicht 227 bei dem Ätzzvorgang entfernt werden, wobei das in dem Randbereich 230-2 verbleibende Isolationsmaterial 227 zur mechanischen Verbindung bzw. Kopplung zwischen der zweiten Schichtstruktur 226 und dem Träger 222 wirksam ist.

[0027] Da die Ätzstopppstruktur 240 ein Material, z. B. ein Nitrid-Material, aufweist, das für das bei dem Ätzzvorgang verwendete Ätzmittel 234 resistent ist, wird bei dem Ätzzvorgang ein definierter und glatter Freileigungsrand des Freileigungsbereichs 230-1 angrenzend an den Randbereich 230-2 erhalten.

[0028] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Ätzstopppstruktur 240 als eine umlaufende Wandstruktur um den Freileigungsbereich 230-1 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 ausgebildet. Die Ätzstopppstruktur 240 kann beispielsweise kreisförmig, quadratisch, rechteckig, oder jegliche Form eines Polygonzugs aufweisen. Gemäß Ausführungsbeispielen ist die Ätzstopppstruktur 240 entsprechend der Breite des Randbereichs 230-2 von dem äußeren Rand der Schichtanordnung 220 nach innen versetzt angeordnet und folgt somit beispielsweise der Außenkontur der Schichtstrukturen 224, 226 des MEMS-Bauelements 200. Die Ätzstopppstruktur 240 kann beispielsweise als ein durchgehender, kontinuierlicher Wandbereich ausgebildet sein, wobei gemäß weiteren Ausführungsbeispielen auch relativ kleine Diskontinuitäten bzw. Unterbrechungen des umlaufenden Wandbereichs vorgese-

hen sein können, falls beispielsweise eine der Schichtstrukturen 224, 226 eine Segmentierung (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) aufweist.

[0029] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Schichtanordnung 220 ferner eine zusätzliche Ätzstopppstruktur (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) aufweisen, die sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckt. Die zusätzliche Ätzstopppstruktur kann beispielsweise in einem Mittenbereich der Schichtanordnung 220 eine mechanische Verbindungsstruktur zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur nach dem Ätzzvorgang durch Beibehalten von Opfermaterial 232 definieren. Somit kann eine mechanische Verbindungsstruktur zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erhalten werden. Ferner kann die zusätzliche Ätzstopppstruktur vorgesehen sein, um eine sog. Ventilationsöffnung durch die Schichtanordnung 220 zu bilden.

[0030] Im Folgenden wird auf eine beispielhafte Abfolge von optionalen Prozessschritten eingegangen, mittels der die bei dem Schritt des Bereitstellens 120 vorhandene Schichtanordnung 220 erhalten werden kann. Die nachfolgend dargestellten, prinzipiellen Verfahrensschritte können gemäß einem Ausführungsbeispiel beispielsweise vor dem Schritt des Bereitstellens 120 der Schichtanordnung 220 durchgeführt werden. So kann zunächst die zweite Schichtstruktur 226 in Form einer Schicht oder eines Schichtstapels auf dem Trägersubstrat 222 gebildet bzw. aufgebracht werden, wobei auf dem Trägersubstrat 222 beispielsweise die Isolationsschicht 227 angeordnet ist und zwischen der ersten Schichtstruktur 226 und dem Trägersubstrat 222 ausgebildet ist. Das Aufbringen der zweiten Schichtstruktur 226 kann beispielsweise mittels eines Abscheidevorgangs durchgeführt werden.

[0031] Nachfolgend wird das Opfermaterial 232 auf die zweite Schichtstruktur 226 aufgebracht, woraufhin eine beispielsweise umlaufende Durchgangsöffnung 240' in das Opfermaterial 232, z. B. in Form einer Negativform der zu bildenden Ätzstopppstruktur 240, bis zu der zweiten Schichtstruktur 226 eingebracht wird. Soll eine zusätzliche Ätzstopppstruktur, z. B. für ein mechanisches Verbindungselement in einen Mittenbereich der Schichtanordnung 220 ausgebildet werden, kann entsprechend ferner eine zusätzliche, umlaufende Durchgangsöffnung in dem Opfermaterial 232 gebildet werden. Anschließend wird die Ätzstopppstruktur 240 in der umlaufenden Durchgangsöffnung und optional eine oder mehrere zusätzliche Ätzstopppstrukturen in der einen oder mehreren zusätzlichen umlaufenden Durchgangsöffnungen durch Einbringen einer für den Ätzzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die jeweilige umlaufende Durchgangsöffnung gebildet.

[0032] Nachfolgend wird die erste Schichtstruktur 224 in Form einer Schicht oder eines Schichtstapels auf dem Opfermaterial 232 und der Ätzstoppstruktur 240 bzw. der zusätzlichen Ätzstoppstrukturen(en) gebildet, d. h. aufgebracht und gegebenenfalls strukturiert. Somit befindet sich das Opfermaterial 232 und die Ätzstoppstruktur 240 in dem Zwischenbereich 230 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226.

[0033] Bei weiteren optionalen Prozessschritten (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) können gemäß Ausführungsbeispielen ferner weitere Elemente des MEMS-Bauelements, wie z. B. Kontaktstrukturen für die erste und zweite Schichtstruktur 224, 226, Zwischenschichten, Isolationsschichten, Isolationschichten mit eingebetteten Leiterbahnen und/oder auch Passivierungsschichten vorgesehen werden.

[0034] Wie in **Fig. 1a-b** dargestellt ist, kann die erste Schichtstruktur 224 ferner in die beiden Isolationsschichten 225-1, 225-2 eingebettet sein. So kann beispielsweise bei dem Bilden der Ätzstoppstruktur 240 die Ätzstoppstruktur 240 zusammen mit dem Bilden der Isolationsschicht 225-1 ausgebildet werden und das gleiche Material, z. B. ein ätzmittelresistentes Nitrid-Material, aufweisen. Somit kann als ein ätzmittelresistentes Material für die Ätzstoppstruktur 240, und für die weiteren Schichten 225-1-2 ein Nitrid-Material verwendet werden. Ferner können beispielsweise auch andere Ätzmittel-resistente Materialien, wie z.B. Al_2O_3 , SiC, etc. verwendet werden.

[0035] Weitere Zwischenschichten können beispielsweise zur Verankerung der ersten und zweiten Schichtstrukturen vorgesehen werden, während in Isolationsschichten eingebettete Leiterbahnen (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) zur elektrischen Kontaktierung vorgesehen sein können. Eine abschließende Passivierungsschicht 225-2 kann z.B. als Schutzschicht vorgesehen sein.

[0036] Ferner kann die Kavität 223 beispielsweise mit einem weiteren Ätzprozess, z. B. einem Bosch-Ätzprozess, in dem Trägersubstrat bzw. Halbleitersubstrat 222 gebildet werden, um zumindest den beweglichen Abschnitt der beispielsweise als Membran ausgebildeten zweiten Schichtstruktur 226 freizulegen.

[0037] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Opferschicht ein Oxid-Material, wie z. B. Siliziumoxid, aufweisen. Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 ein Halbleitermaterial, wie z. B. polykristallines oder monokristallines Silizium, aufweisen.

[0038] Der Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232 in dem Freilegungsbereich 230-1 des Zwischenbereichs 230 kann beispielsweise mittels eines

anisotropen Ätzvorgangs mit einem Ätzmittel durchgeführt werden, wobei das Ätzmittel eine Ätzrate hat, die für das Opfermaterial 232 zumindest um einen Faktor 10 höher ist als für das Material der Ätzstoppstruktur 240 bzw. der zusätzlichen Ätzstoppstruktur. Beispielhafte Ätzmittel für einen anisotropen Nassätzvorgang können flüssige HF-basierte Ätzlösungen (HF = Flußsäure) wie z. B. $\text{HNO}_3 + \text{HF}$, etc. aufweisen.

[0039] Als weitere beispielhafte Opferschichtmaterialien können auch PSG/BPSG-Materialien (PSG = Phosphorsilicatglas, bzw. BPSG = Borphosphorsilicatglas) verwendet werden, wobei dafür auch flüssige HF-basierte Ätzlösungen eingesetzt werden können.

[0040] Als Opfermaterial 232 ist ferner Kohlenstoff denkbar, wobei als Ätzmittel 234 Sauerstoff eingesetzt werden kann, um den als Opfermaterial 232 angeordneten Kohlenstoff zu veraschen.

[0041] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Füllmaterial der Ätzstoppstruktur 240 beispielsweise ein Nitrid-Material, z. B. das Material der Isolationsschicht 225-1, wie in **Fig. 1a-b** gezeigt, oder ein Siliziummaterial, z. B. das Material der Schichtstruktur 224, oder auch eine Kombination des Nitrid-Materials der Isolationsschicht 225-1 und des Siliziummaterials der ersten Schichtstruktur 224 aufweisen.

[0042] Somit kann gemäß einem Ausführungsbeispiel die Ätzstoppstruktur 240 durch Einbringen einer Einzelschicht oder auch einer Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien in die umlaufende Durchgangsöffnung gebildet werden. Bei der in der umlaufenden Durchgangsöffnung einzubringende Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien kann beispielsweise die äußerste Schicht, die bei dem Freilegungs- bzw. Ätzschritt dem Ätzmittel 234 ausgesetzt ist, das ätzmittelresistente Material aufweist.

[0043] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Ätzstoppstruktur 240 aus einem elektrisch isolierenden Material gebildet. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Ätzstoppstruktur 240 auch aus einem elektrisch leitfähigen Material gebildet sein, um eine elektrische Verbindung zumindest zwischen Abschnitten der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 herzustellen. Weist beispielsweise zumindest eine der beiden Schichtstrukturen 224, 226 eine Segmentierung (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) auf, kann die leitfähig ausgebildete Ätzstoppstruktur 240 innerhalb der Segmentierung, d. h. ausgehend von dem Randbereich der Schichtanordnung 220 auf der den Mittenbereich der Schichtanordnung 220 zugeordneten Seite der Segmentierung angeordnet sein.

[0044] Wie bereits oben angegeben wurde, kann gemäß einem Ausführungsbeispiel eine zusätzliche Durchgangsöffnung (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) in das Opfermaterial 232 bis zu der zweiten Schichtstruktur eingebracht werden, um dann anschließend eine zusätzliche Ätzstoppstruktur (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) in der zusätzlichen Durchgangsöffnung zu bilden, indem eine für den Ätzvorgang resistente, zusätzliche Füllmaterialstruktur in die zusätzliche Durchgangsöffnung eingebracht wird. Die zusätzliche Ätzstoppstruktur kann beispielsweise ein mechanisches Verbindungselement zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 bilden.

[0045] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die erste Schichtstruktur 224 als eine z. B. starre Gegenelektrodenstruktur (Backplate) des MEMS-Bauelements ausgebildet sein, wobei die zweite Schichtstruktur 226 als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

[0046] Gemäß einem alternativen Ausführungsbeispiel kann die erste Schichtstruktur 224 als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet sein, wobei die zweite Schichtstruktur als eine z. B. starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein kann.

[0047] Gemäß Ausführungsbeispielen weist ein MEMS-Mikrofon zumindest eine bewegliche Membran und zumindest eine statische Gegenelektrode, die auch als Rückplatte oder Backplate bezeichnet wird, auf. Die bewegliche Membran und die Gegenelektrode sind mittels eines Luftspalts voneinander getrennt, wobei die Membran und die Gegenelektrode auf einem mit einer Kavität versehenem Substrat bzw. Träger angeordnet sind. Der resultierende Luftspalt wird durch ein Opferschichtmaterial definiert, das mittels eines Ätzvorgangs entfernt wird. Der laterale Ätzvorgang des Opferschichtmaterials wird nun durch die Ätzstoppstruktur begrenzt, die als eine vertikale Wand zwischen der Membran und der Gegenelektrode ausgebildet ist.

[0048] Durch das Ausbilden der wandförmigen, umlaufenden Ätzstoppstruktur kann der Freileigungsbereich exakt eingestellt werden, wodurch wiederum die Nachgiebigkeit bzw. Flexibilität der Membran exakt auf einen gewünschten Wert eingestellt werden kann. Ferner können laterale Unregelmäßigkeiten des Freileigungsrandes bzw. der Ätzkante vermieden werden, die ansonsten auftreten können, wenn bei einem Ätzvorgang mit dem Ätzmittel das Opferschichtmaterial durch die Freileigungsöffnungen in der Membran und/oder der Gegenelektrode hindurch aus dem Freileigungsbereich entfernt wird. Durch die definierte, glatte, umlaufende Ätzstoppstruktur können mechanische Schwachpunkte am Randbereich bzw. Befestigungsbereich zwischen Membran und Gegenelektrode vermieden werden, da unerwünschte Rauigkeiten und Unregelmäßigkeiten der

Freileigungskante vermieden werden. Somit kann verhindert werden, dass sogenannte „mechanische Hot-Spots“, d.h. Bereiche mit sehr hohen mechanischen Belastungen, auftreten, wenn eine signifikante mechanische Last auf die Membran einwirkt.

[0049] Die den Ätzvorgang lateral begrenzende Ätzstoppstruktur ermöglicht somit eine definierte Ausbildung des Randbereichs des MEMS-Bauelements und damit eine definierte Verankerung der Membran und der Gegenelektrode an dem Randbereich des MEMS-Bauelements, wodurch Variationen bzw. Schwankungen der mechanischen Eigenschaften der Membran deutlich verringert werden können. Insbesondere verbessert der definierte, glatte Freileigungsrand bzw. die Freileigungsgrenze deutlich die mechanische Robustheit des MEMS-Bauelements. Im Fall eines MEMS-Mikrofons mit zwei Luftspalten kann ferner die relative Positionierung der zwei Freileigungsränder bzw. Freileigungskanten durch eine entsprechende Designanpassung einfach eingestellt werden. Dadurch kann beispielsweise eingestellt werden, in welcher Richtung das MEMS-Mikrofon eine größere mechanische Robustheit aufweist.

[0050] So kann diejenige Seite eines MEMS-Mikrofons mit einer höheren mechanischen Robustheit ausgebildet werden, die auch im Betrieb den höheren mechanischen Belastungen ausgesetzt ist. Allgemein ausgedrückt bedeutet dies, dass beispielsweise die Seite des MEMS-Mikrofons mit einer höheren mechanischen Robustheit ausgelegt werden kann, die der Schallöffnung des MEMS-Mikrofons zugewandt ist.

[0051] Im Folgenden wird nun anhand von **Fig. 2a-e** das beispielhafte Verfahren 100 zur Herstellung eines MEMS-Bauelements 200 in einer Zwei-Schichtanordnung 224, 226 mit unterschiedlichen Ausgestaltungen der Schichtanordnungen 220 und Ausbildungen der Ätzstoppstruktur 240 beschrieben.

[0052] Zur Vereinfachung der Beschreibung ist in den **Fig. 2a-e** ist das bei Schritt 120 noch in der Schichtanordnung 220 vorhandene und bei dem Schritt 140 entfernte Opfermaterial 232 schraffiert dargestellt. Bis auf die Ausgestaltung des Füllmaterials bzw. der Füllmaterialien der Ätzstoppstruktur 240 der **Fig. 2a-e** sind die Ausführungen von **Fig. 1a-b** hier wiederum entsprechend anwendbar. Bei der in **Fig. 2a-e** dargestellten Schichtanordnung 220 kann eine Segmentierung in der ersten oder zweiten leitfähigen Schichtstruktur 224, 226 vorgesehen sein, wobei dies beispielhaft in den **Fig. 2c-d** dargestellt ist.

[0053] Wie aus der schematischen Darstellung der Schichtanordnung 220 in **Fig. 2a-e** deutlich wird, ist die Schichtanordnung 220 ausgehend von dem Randbereich 230-2 und dem angrenzenden Zwi-

schenbereich 230-1 bis zu der Ebene A dargestellt, die parallel zu der y-z-Ebene in **Fig. 2a-e** angeordnet ist und beispielsweise eine Symmetrieebene für die auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 darstellt.

[0054] Wie in **Fig. 2a** dargestellt ist, weist die Ätzstoppstruktur 240 eine äußere Ätzmittelresistente Schicht z.B. aus dem Material der Isolationsschicht 225-1, z.B. aus einem Nitrid-Material, sowie eine innere Schicht aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224, wie z. B. ein polykristallines oder monokristallines Siliziummaterial, auf. Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1 befindliche Opfermaterial 232 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden

[0055] Bei der in **Fig. 2b** dargestellten Ausgestaltung der Ätzstoppstruktur 240 weist die Ätzstoppstruktur 240 eine Schichtfolge aus einer äußeren Ätzmittel-resistenten Schicht, z.B. aus dem Material der Isolationsschicht 225-1, z.B. mit einem Nitrid-Material, sowie eine darin eingebettete Schicht z.B. aus dem Material der Opfermaterialschicht 234, z.B. einem Oxid-Material, auf. Die Nitrid-Materialwand ist also beispielsweise mit einem Oxid-Material, z. B. dem Material der Opferschicht 232, gefüllt, wobei das Wandmaterial so angeordnet ist, dass nur dieses dem bei dem Entfernen 140 des Opfermaterials 232 einwirkenden Ätzmittel 234 ausgesetzt ist. Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1 befindliche Opfermaterial 232 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden

[0056] Wie in **Fig. 2c** dargestellt ist, weist die zweite Schichtstruktur 226, die beispielsweise als bewegliche Membran ausgebildet ist, eine Segmentierung 244 auf. Eine mit einem Isolationsmaterial ausgebildete Segmentierung 244 der zweiten Schichtstruktur 226 liefert eine elektrische Isolation bzw. Trennung zwischen einem ersten inneren Abschnitt 226-1 und einem zweiten, äußeren Abschnitt 226-2 der leitfähigen zweiten Schichtstruktur 226. Die Segmentierung 244 der beispielsweise als Membran ausgebildeten leitfähigen zweiten Schichtstruktur 226 hat zum Ziel, parasitäre Kapazitäten beispielsweise zwischen der ersten und zweiten leitfähigen Schichtstruktur 224, 226 zu reduzieren, d. h. der Anteil der Nutzkapazität soll gegenüber der parasitären Kapazität des MEMS-Bauelements 200 erhöht und damit das Signal-zu-Rauschverhalten ($SNR = \text{Signal to Noise Ratio}$) des MEMS-Bauelements verbessert werden.

[0057] Die Segmentierung 244 der zweiten Schichtstruktur 226 kann beispielsweise angeordnet werden, um eine elektrische Trennung zwischen dem aktiven bzw. auslenkbaren Abschnitt 226-1 und dem im Wesentlichen inaktiven, nicht-auslenkbaren Abschnitt 226-2 der als Membran ausgebildeten zweiten Schichtstruktur 226 vorzusehen. Die Segmentierung kann beispielsweise als ein umlaufender schmaler Graben bzw. eine umlaufende schmale Ausnehmung realisiert werden, die mit einem isolierenden Material gefüllt ist und den ersten und zweiten Abschnitt 226-1, 226-2 der zweiten leitfähigen Schichtstruktur 226 elektrisch voneinander trennt, aber mechanisch miteinander verbunden hält.

[0058] Wie in **Fig. 2c** dargestellt ist, weist die Ätzstoppstruktur 240 eine äußere Ätzmittelresistente Schicht z.B. aus dem Material der Isolationsschicht 225-1, z.B. aus einem Nitrid-Material, sowie eine innere Schicht aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224, wie z. B. ein polykristallines oder monokristallines Siliziummaterial, auf. Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1 befindliche Opfermaterial 232 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden

[0059] Das in **Fig. 2d** dargestellte Ausführungsbeispiel einer Schichtanordnung 220 auf dem Trägersubstrat 222 unterscheidet sich von der in **Fig. 2c** dargestellten Anordnung dadurch, dass hier in der ersten leitfähigen Schichtstruktur 224 die Segmentierung, d. h. eine Segmentierung 246 der beispielsweise als Gegenelektrode ausgebildeten ersten leitfähigen Schichtstruktur 224 ausgebildet ist. Die Segmentierung 246 der ersten Schichtstruktur 226 ist wiederum vorgesehen, um eine elektrische Trennung eines ersten, inneren Abschnitts 224-1 und eines zweiten, äußeren Abschnitts 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 vorzusehen, wobei aber durch das verwendete Isolationsmaterial, das beispielsweise durch das Material der beiden Schichten 225-1, 225-2 bereitgestellt wird, eine mechanische Verbindung zwischen dem inneren und äußeren Abschnitt 224-1, 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 beibehalten wird. Wie in **Fig. 2d** wiederum dargestellt ist, kann die Füllmaterialstruktur der Ätzstoppstruktur 240 wiederum aus den Materialien der ersten Schichtstruktur 224 mit den umgebenden Isolationsschichten 225-1, 225-2 verwendet werden.

[0060] Wie in **Fig. 2d** dargestellt ist, weist die Ätzstoppstruktur 240 eine äußere Ätzmittelresistente Schicht z.B. aus dem Material der Isolationsschicht 225-1, z.B. aus einem Nitrid-Material, sowie eine innere Schicht aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224, wie z. B. ein polykristallines oder monokristallines Siliziummaterial, auf. Bei dem Schritt 140

des Entfernens des Opfermaterials 232 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1 befindliche Opfermaterial 232 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden

[0061] Bei der in **Fig. 2e** dargestellten Schichtanordnung 220 ist beispielsweise in einem mittleren Bereich des Zwischenbereichs 230 eine zusätzliche umlaufende Ätzstoppstruktur 241 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet, so dass beim Freilegen des Freilegungsbereichs 230-1 beispielsweise die zusätzliche Ätzstoppstruktur 241, die beispielsweise mit einem Oxid-Material, wie z. B. dem Material der Opferschicht 232 gefüllt ist, zurückbleibt. Diese zusätzliche Ätzstoppstruktur 241 kann nun beispielsweise eine mechanische Verbindung in dem Mittenbereich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 bereitstellen. Diese mechanische Verbindungsstruktur 241 kann eine gezielte Änderung der Flexibilität bzw. Steifigkeit der Membran, in Form der zweiten Schichtstruktur 226 bewirken. Hinsichtlich der Ausgestaltung der zusätzlichen Ätzstoppstruktur 241 sind die oben erläuterten Ausgestaltungen der Ätzstoppstruktur 240 gleichermaßen anwendbar.

[0062] Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1 befindliche Opfermaterial 232 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden. Ansonsten sind wiederum die obigen Ausführungen von **Fig. 1a-b** auch hier anwendbar.

[0063] Im Folgenden wird nun anhand der **Fig. 3** ein beispielhaftes Verfahren 100 zur Herstellung eines MEMS-Bauelements 200 in einer Drei-Schichtanordnung 220 gemäß einem Ausführungsbeispiel beschrieben. Zur Vereinfachung der Beschreibung ist in den **Fig. 3** ist das bei Schritt 120 noch in der Schichtanordnung 220 vorhandene und bei dem Schritt 140 entfernte Opfermaterial 232, 332 schraffiert dargestellt. Wie aus der schematischen Darstellung der Schichtanordnung 220 in **Fig. 3** deutlich wird, ist die Schichtanordnung 220 ausgehend von dem Randbereich 230-2, 330-2 und dem angrenzenden Zwischenbereich 230-1, 330-1 bis zu der Ebene A dargestellt, die parallel zu der y-z-Ebene in **Fig. 3** angeordnet ist und beispielsweise eine Symmetrieebene für die auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 darstellt.

[0064] Wie in **Fig. 3** dargestellt ist, wird bei dem Herstellungsverfahren 100 für ein MEMS-Bauelement 200 eine Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat 222 bereitgestellt, wobei die Schichtanordnung 220 die anhand der vorhergehenden Beschrei-

bung dargestellte, erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 aufweist. Die Schichtanordnung 220 weist nun ferner eine dritte Schichtstruktur 322 auf, wobei ein Opfermaterial 332 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 angeordnet ist, und wobei die dritte Schichtstruktur 322 weitere Zugangsöffnungen 324 zu dem weiteren Freilegungsbereich 330-1 aufweist. Wie in **Fig. 3** dargestellt ist, kann die dritte Schichtstruktur 322 ferner in die beiden Isolationsschichten 325-1, 325-2 eingebettet sein.

[0065] Bei dem Schritt des Entfernens 140 des Opfermaterials 232, 332 wird nun aus dem weiteren Freilegungsbereich 330-1 durch die weiteren Zugangsöffnungen 342 mittels eines Ätzvorgangs das Opfermaterial 332 entfernt, um den weiteren Freilegungsbereich 230-1 freizulegen.

[0066] Wie in **Fig. 3** beispielhaft dargestellt ist, ist nun nur in der Schichtanordnung 220 die Ätzstoppstruktur 240 vorgesehen, während in dem weiteren Zwischenbereich 330 mit dem weiteren Opfermaterial 332 keine weitere Ätzstoppstruktur vorgesehen ist. Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232, 332 ist nun in der Schichtanordnung 220 die dort vorgesehene Ätzstoppstruktur 240 als laterale Begrenzung des Ätzvorgangs wirksam, während in dem weiteren Zwischenbereich 330 ohne eine weitere Ätzstoppstruktur der Ätzvorgang über die effektive Ätzzeitdauer festgelegt wird, um den weiteren Freilegungsbereich 330-1 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 zu bilden. Der weitere Randbereich 330-2 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 wird somit durch die Ätzzeitdauer festgelegt.

[0067] Bei dem in **Fig. 3** dargestellten Ausführungsbeispiel können die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 beispielsweise als z.B. starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein, während die zweite Schichtstruktur 226 als bewegliche Membran ausgebildet sein kann.

[0068] Bei dem in **Fig. 4** dargestellten Ausführungsbeispiel ist ferner zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 eine weitere Ätzstoppstruktur 340 vorgesehen, die den weiteren Zwischenbereich 330 in den weiteren Freilegungsbereich 330-1 und den lateral daran angrenzenden, weiteren Wandbereich 330-2 unterteilt. Die weitere Ätzstoppstruktur 340 ist als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang 140 wirksam, wobei das in dem weiteren Wandbereich 330-1 verbleibende Opfermaterial 332 als mechanische Verbindung bzw. Kopplung zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 wirksam ist. Wie in **Fig. 4** dargestellt ist, kann die dritte Schichtstruktur 322 ferner in die beiden Isolationsschichten 325-1, 325-2 eingebettet sein.

[0069] Zur Vereinfachung der Beschreibung ist in den **Fig. 4** ist das bei Schritt 120 noch in der Schichtanordnung 220 vorhandene und bei dem Schritt 140 entfernte Opfermaterial 232, 332 schraffiert dargestellt. Wie aus der schematischen Darstellung der Schichtanordnung 220 in **Fig. 4** deutlich wird, ist die Schichtanordnung 220 ausgehend von dem Randbereich 230-2, 330-2 und dem angrenzenden Zwischenbereich 230-1, 330-1 bis zu der Ebene A dargestellt, die parallel zu der y-z-Ebene in **Fig. 4** angeordnet ist und beispielsweise eine Symmetrieebene für die auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 darstellt.

[0070] Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232, 332 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1, 330-1 befindliche Opfermaterial 232, 332 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 bzw. zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden.

[0071] Im Folgenden werden nun Ausführungsbeispiele der Herstellungsschritte für das MEMS-Bauelement 200 beschrieben, um die bei dem Schritt des Bereitstellens 120 vorliegende Schichtanordnung 220 zu erhalten. Die nachfolgend dargestellten, prinzipiellen Verfahrensschritte können gemäß einem Ausführungsbeispiel beispielsweise vor dem Schritt des Bereitstellens 120 der Schichtanordnung 220 durchgeführt werden.

[0072] So kann zunächst die dritte Schichtstruktur 322 in Form einer Schicht oder eines Schichtstapels auf dem Trägersubstrat 222, z. B. einem Halbleitersubstrat, oder einer auf dem Trägersubstrat 222 angeordneten Isolationsschicht 227, z. B. aus dem Opfermaterial, gebildet bzw. aufgebracht werden. Der Schritt des Bildens der dritten Schichtstruktur 322 kann beispielsweise mittels eines Abscheidevorgangs durchgeführt werden. Nachfolgend kann Opfermaterial 332 auf die dritte Schichtstruktur 322 aufgebracht werden. Daraufhin kann eine weitere, umlaufende Durchgangsöffnung in das Opfermaterial 332 bis zu der dritten Schichtstruktur 322 eingebracht werden. Schließlich kann die weitere Ätzstoppstruktur 340 in die weitere, umlaufende Durchgangsöffnung eingebracht werden, indem eine für den Ätzvorgang resistente, weitere Füllmaterialstruktur in die weitere, umlaufende Durchgangsöffnung eingebracht wird.

[0073] Anschließend wird die zweite Schichtstruktur 226 in Form einer Schicht oder eines Schichtstapels auf das Opfermaterial mit der weiteren Ätzstoppstruktur aufgebracht und gegebenenfalls strukturiert. Das Aufbringen kann beispielsweise wieder mittels eines Abscheidevorgangs durchgeführt werden. Nachfolgend kann weiteres Opfermaterial 232 auf

die zweite Schichtstruktur 226 aufgebracht werden, woraufhin eine beispielsweise umlaufende Durchgangsöffnung 240 in das Opfermaterial 232, z. B. in Form einer Negativform der zu bildenden Ätzstoppstruktur 240, bis zu der zweiten Schichtstruktur 226 eingebracht wird. Soll eine zusätzliche Ätzstoppstruktur, z. B. für ein mechanisches Verbindungselement in einen Mittenbereich der Schichtanordnung 220 ausgebildet werden, kann entsprechend ferner eine zusätzliche, umlaufende Durchgangsöffnung in dem Opfermaterial 232 gebildet werden. Anschließend wird die Ätzstoppstruktur 240 in der umlaufenden Durchgangsöffnung und optional eine oder mehrere zusätzliche Ätzstoppstrukturen in der einen oder mehreren zusätzlichen umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die jeweilige umlaufende Durchgangsöffnung gebildet.

[0074] Nachfolgend wird die erste Schichtstruktur 224 in Form einer Schicht oder eines Schichtstapels auf dem Opfermaterial 232 und der Ätzstoppstruktur 240 bzw. der zusätzlichen Ätzstoppstrukturen(en) gebildet, d. h. aufgebracht und gegebenenfalls strukturiert.

[0075] Somit befindet sich das Opfermaterial 232 und die Ätzstoppstruktur 240 in dem Zwischenbereich 230 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226.

[0076] Bei weiteren optionalen Prozessschritten (nicht gezeigt in **Fig. 4**) können gemäß Ausführungsbeispielen ferner weitere Elemente des MEMS-Bauelements, wie z. B. Kontaktstrukturen für die erste, zweite und dritte Schichtstruktur 224, 226, 322, Zwischenschichten, Isolationsschichten, Isolationsschichten mit eingebetteten Leiterbahnen und/oder auch Passivierungsschichten vorgesehen werden.

[0077] Hinsichtlich der Ausgestaltung der weiteren Ätzstoppstruktur 340 sind entsprechend die obigen Ausführungen und Erläuterungen zu der Ausgestaltung der Ätzstoppstruktur 240 gleichermaßen anwendbar. Hinsichtlich der Ausgestaltung des weiteren Zwischenbereichs 330 sind die oben erläuterten Ausgestaltungen des Zwischenbereichs 230 gleichermaßen anwendbar. Ansonsten sind wiederum die obigen Ausführungen von **Fig. 1a-b** auch hier anwendbar.

[0078] Gemäß einem Ausführungsbeispiel können bei der in **Fig. 4** dargestellten Schichtanordnung 220 die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 als Gegenelektrodenstrukturen (Backplate-Strukturen) ausgebildet sein, während die zweite Schichtstruktur 226 als bewegliche bzw. auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist. In diesem Fall spricht man von einer sogenannten „Doppel-Backplate-Struktur“.

[0079] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel können bei der Schichtanordnung 220 die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 als eine erste und zweite bewegliche Membranstruktur, die beispielsweise auch mechanisch miteinander gekoppelt sein können, und die zweite Schichtstruktur 226 als eine Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein. In diesem Fall spricht man von einer Doppelmembran-Struktur.

[0080] Wie in **Fig. 4** ferner dargestellt ist, sind die erste umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 240 und die zweite umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 340 hinsichtlich einer senkrechten Projektion bezüglich einer Hauptoberfläche 320-a der Schichtanordnung 320 zumindest abschnittsweise versetzt zueinander angeordnet. Somit ergibt sich beim Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232, 332 aus dem ersten und zweiten Zwischenbereich 230, 330 ein erster und zweiter Freilegungsbereich 230-1, 330-1 mit unterschiedlich lateralen Ausdehnungen bzw. Erstreckungen.

[0081] Wie in **Fig. 4** dargestellt ist, weist beispielsweise die erste umlaufende Ätzstoppstruktur 240 einen bezüglich eines gemeinsamen Mittelpunkts geringeren Radius auf als die zweite umlaufende Ätzstoppstruktur 340. Wird nun beispielsweise die erste Schichtstruktur 224 der Schichtanordnung 220 des MEMS-Bauelements als Rückseite des MEMS-Bauelements 220 bezeichnet, wird durch die mit einem geringeren Radius ausgebildete erste Ätzstoppstruktur 240 die mechanische Robustheit des MEMS-Bauelements 200 von der Rückseite aus unterstützt.

[0082] So kann diejenige Seite eines MEMS-Mikrofons mit einer höheren mechanischen Robustheit ausgebildet werden, die auch im Betrieb den höheren mechanischen Belastungen ausgesetzt ist. Allgemein ausgedrückt bedeutet dies, dass beispielsweise die Seite des MEMS-Mikrofons mit einer höheren mechanischen Robustheit ausgelegt werden kann, die der Schallöffnung des MEMS-Mikrofons zugewandt ist.

[0083] Anhand von **Fig. 5a-b** werden nun unterschiedliche Schichtanordnungen 220 und unterschiedliche Ausbildungen der Ätzstoppstruktur 240, 340 beispielhaft gemäß weiteren Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0084] Zur Vereinfachung der Beschreibung ist in den **Fig. 5a-b** ist das bei Schritt 120 noch in der Schichtanordnung 220 vorhandene und bei dem Schritt 140 entfernte Opfermaterial 232, 332 schraffiert dargestellt. Wie aus der schematischen Darstellung der Schichtanordnung 220 in **Fig. 5a-b** deutlich wird, ist die Schichtanordnung 220 ausgehend von dem Randbereich 230-2, 330-2 und dem angrenzenden Zwischenbereich 230-1, 330-1 bis zu der Ebene

A dargestellt, die parallel zu der y-z-Ebene in **Fig. 5a-b** angeordnet ist und beispielsweise eine Symmetrieebene für die auf dem Trägersubstrat 222 angeordnete Schichtanordnung 220 darstellt.

[0085] Wie in **Fig. 5a** dargestellt ist, weist die Ätzstoppstruktur 240 eine äußere Ätzmittelresistente Schicht z.B. aus dem Material der Isolationsschicht 225-1, z.B. aus einem Nitrid-Material, sowie eine innere Schicht aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224, wie z. B. ein polykristallines oder monokristallines Siliziummaterial, auf. Wie in **Fig. 5a** ferner dargestellt ist, weist die weitere Ätzstoppstruktur 340 eine Schicht aus dem Material der zweiten Schichtstruktur 226, wie z. B. ein polykristallines oder monokristallines Siliziummaterial, auf. Bei dem Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232, 332 wird wieder das sich in dem Freilegungsbereich 230-1, 330-1 befindliche Opfermaterial 232, 332 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 bzw. zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 entfernt. Ferner können die freiliegenden Abschnitte der Zwischenschicht 227 entfernt werden.

[0086] Wie in **Fig. 5a** ferner dargestellt ist, kann die erste umlaufende Ätzstoppstruktur 240 und die zweite umlaufende Ätzstoppstruktur 340 hinsichtlich einer senkrechten Projektion bezüglich eines Hauptoberflächenbereichs 320-a der Schichtanordnung 320 zumindest abschnittsweise versetzt zueinander angeordnet sein. Somit ergibt sich beim Schritt 140 des Entfernens des Opfermaterials 232, 332 aus dem ersten und zweiten Zwischenbereich 230, 330 ein erster und zweiter Freilegungsbereich 230-1, 330-1 mit unterschiedlich lateralen Ausdehnungen bzw. Erstreckungen.

[0087] Wie in **Fig. 5a** dargestellt ist, weist beispielsweise die erste umlaufende Ätzstoppstruktur 240 einen bezüglich eines gemeinsamen Mittelpunkts geringeren Radius auf als die zweite umlaufende Ätzstoppstruktur 340. Wird nun beispielsweise die erste Schichtstruktur 224 der Schichtanordnung 220 des MEMS-Bauelements als Rückseite des MEMS-Bauelements 220 bezeichnet, wird durch die mit einem geringeren Radius ausgebildete erste Ätzstoppstruktur 240 die mechanische Robustheit des MEMS-Bauelements 200 von der Rückseite aus unterstützt. So kann diejenige Seite eines MEMS-Mikrofons mit einer höheren mechanischen Robustheit ausgebildet werden, die auch im Betrieb den höheren mechanischen Belastungen ausgesetzt ist.

[0088] Bei dem in **Fig. 5a** Ausführungsbeispiel kann beispielsweise die erste und dritte, leitfähige Schichtstruktur 224, 322 als Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein, wobei die zweite, leitfähige Schichtstruktur 226 als Membranstruktur ausgebildet sein

kann. Man spricht in diesem Fall von einer Doppel-Backplate-Struktur.

[0089] Bei dem in **Fig. 5b** dargestellten Ausführungsbeispiel sind die erste und zweite umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 240, 340 aus einem ätzmittelresistenten Isolationsmaterial, z. B. einem Nitrid-Material, gebildet, wobei ferner mechanische Verbindungselemente 254 zwischen der ersten und dritten Schichtstruktur 224, 322 vorgesehen sind, die eine mechanische Kopplung der ersten und dritten Schichtstruktur 224, 322 liefern, und mechanisch von der zweiten Schichtstruktur 226 entkoppelt sind. Somit sind die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 beispielsweise als bewegliche Membranstruktur ausgebildet, die mechanisch über die Verbindungselemente 254 miteinander gekoppelt und relativ zu der als starre Gegenelektrode ausgebildeten zweiten Schichtstruktur 226 auslenkbar sind. Man spricht in diesem Fall von einer Doppelmembranstruktur mit einer einzelnen Gegenelektrodenstruktur. Die mechanischen Verbindungselemente sind wiederum aus einem für den Ätzborgang resistenten Material, z. B. einem Nitrid-Material, ausgebildet.

[0090] Wie in **Fig. 5b** dargestellt ist, weist beispielsweise die erste umlaufende Ätzstoppstruktur 240 einen bezüglich eines gemeinsamen Mittelpunkts geringeren Radius auf als die zweite umlaufende Ätzstoppstruktur 340. Wie in **Fig. 5b** ferner dargestellt ist, kann die zweite Schichtstruktur 226 ferner in die beiden Isolationsschichten 326-1, 326-2 eingebettet sein.

[0091] **Fig. 6a-c** zeigen nun in einer Draufsicht ein Ausführungsbeispiel einer Schichtanordnung 220, wobei die erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 kreisförmig und ferner die umlaufende Ätzstoppstruktur 240 entsprechend kreisförmig angeordnet ist. Ferner weist die Schichtanordnung z. B. in der ersten Schichtstruktur 224 eine Segmentierung 244 auf, die wiederum kreisförmig umlaufend und bis auf den Kontaktierungsbereich geschlossen ausgebildet ist. Die Kontaktierungselemente bzw. Elektrodenstrukturen 260, 262 sind vorgesehen, um die erste und zweite Schichtstruktur 226 elektrisch zu kontaktieren.

[0092] In **Fig. 6b** ist nun eine vergrößerte Darstellung des in **Fig. 6a** gekennzeichneten Bereichs dargestellt, bei dem die Segmentierung 244 nach außen geführt ist, um die die Segmentierung aufweisende Schichtstruktur mit der Elektrodenstruktur 260 zu verbinden. Wie in der vergrößerte Darstellung von **Fig. 6b** dargestellt ist, kann beispielsweise aus technologischen Gründen die umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 240 beispielsweise an den ansonsten vorhandenen Überkreuzungspunkten mit der Segmentierung 244 unterbrochen sein.

[0093] Diese Unterbrechung(en) der umlaufenden, wandförmigen Ätzstoppstruktur 240 kann vorgesehen sein, um bei der Herstellung bzw. dem Ätzen des Grabens für die wandförmige Ätzstoppstruktur 240 eine Beschädigung oder Beeinträchtigung der bereits vorhandenen Segmentierung 244 der Schichtanordnung 220 zu vermeiden. Ohne Unterbrechung(en) könnte ansonsten bei dem Ätzborgang des Grabens für die umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 240 an den ansonsten vorhandenen Überkreuzungs- bzw. Berührungspunkten mit der Segmentierung 240 ein teilweises Ätzen bzw. Anätzen der Segmentierung 240 erfolgen, d. h. falls die Segmentierung 240 an einem solchen Überkreuzungspunkt für den Ätzborgang als Stoppschicht wirksam ist. Durch das Vorsehen von Unterbrechungen an den ansonsten vorhandenen Überkreuzungspunkten der wandförmigen Ätzstoppstruktur 240 mit der Segmentierung 244 können eine Beschädigung der Segmentierung 244 bei dem Ätzborgang verhindert und somit etwaige resultierende elektrische Lecks bzw. Ableitungen oder auch eine Verringerung der mechanischen Stabilität verhindert werden.

[0094] Wie nun in der vergrößerten Darstellung von **Fig. 6c** des gekennzeichneten Bereichs von **Fig. 6a** dargestellt ist, können die dort angeordneten Enden bzw. Endabschnitte der wandförmigen Ätzstoppstruktur 240 zusätzlich nach außen gekrümmt ausgebildet sein.

[0095] Diese Nachaußen-Krümmung der Endabschnitte der wandförmigen Ätzstoppstruktur 240 an den Unterbrechungsstellen an den ansonsten vorhandenen Überkreuzungspunkten mit der Segmentierung 244 verhindert bzw. zumindest verringert eine mechanische Stresskonzentration an den Rändern bzw. Endabschnitten der wandförmigen Ätzstoppstruktur 240. Die gekrümmten Endabschnitte der wandförmigen Ätzstoppstruktur 240 können also eine Stressentlastung in diesen Bereichen der Ätzstoppstruktur 240 bewirken.

[0096] **Fig. 7a-b** zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schichtanordnung 220 mit einer weiteren Ausbildung der Ätzstoppstruktur 240.

[0097] Wie in der Draufsicht von **Fig. 7a** dargestellt ist, weist die erste Schichtstruktur 224 eine umlaufende, vollständig geschlossene Segmentierung 244 auf, wobei die vollständig geschlossene umlaufende wandförmige Ätzstoppstruktur 240 beispielsweise aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224 gebildet ist oder aber auch aus einem anderen ätzmitteleisistenten Material gebildet sein kann. Die zweite Schichtstruktur 226 ist beispielsweise in Isolationsschichten 225-1, 225-2 eingebettet und somit elektrisch von dem zweiten Abschnitt 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 getrennt.

[0098] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die zweite Schichtstruktur 226, die von den Isolationsschichten 225-1, 225-2 umgeben ist, auch elektrisch mit dem zweiten Abschnitt 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 verbunden sein, wobei die zweite Schichtstruktur 226 und der zweite Abschnitt 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 wiederum mittels der Segmentierung 244 von dem ersten Abschnitt 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 elektrisch getrennt sein können. Dies kann zu einer Verringerung von parasitären Kapazitäten am Randbereich der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 beitragen.

[0099] Wie nun in **Fig. 7a-b** ferner dargestellt ist, ist die Elektrodenstruktur 260 für den ersten, aktiven Bereich 224-1 der ersten Schichtstruktur von oben an diesen ersten Bereich 224-1 herangeführt und mit einem Isolationsmaterial, z. B. einem Oxid-Material (Opfermaterial) von dem zweiten Abschnitt 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 elektrisch getrennt.

[0100] In **Fig. 7a-b** ist ferner die Symmetrieebene A parallel zur y-z-Ebene dargestellt, während die Schnittebene B durch die Schichtanordnung 220 parallel zu der x-y-Ebene dargestellt ist.

[0101] Die Kontaktierungsstruktur bzw. Elektrodenstruktur 260 ist vorgesehen, um den ersten Abschnitt 224-1 der ersten Schichtstruktur 224, z. B. den auslenkbaren, aktiven Abschnitt 224-1 der beispielsweise als Membran ausgebildeten ersten Schichtstruktur 224 elektrisch zu kontaktieren. Durch diese getrennte Ausbildung der elektrischen Kontaktierung des ersten Bereichs 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 kann eine Unterbrechung sowohl der umlaufenden wandförmigen Ätzstoppstruktur 240 als auch der Segmentierung 244 vermieden werden, d. h. sowohl die Ätzstoppstruktur 240 als auch die Segmentierung 244 können jeweils vollständig umlaufend als auch vollständig geschlossen, d. h. unterbrechungsfrei, ausgebildet werden.

[0102] Diese extern vorgesehene Elektrodenstruktur 260 des ersten Abschnitts 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 ermöglicht eine Beibehaltung der Achsen- bzw. Axialsymmetrie der beispielsweise als kreisförmige Membran ausgebildeten ersten Schichtstruktur 224, indem die Elektrodenstruktur 260 an dem inneren Kontaktierungsbereich 260-A von dem inneren Abschnitt 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 über die Segmentierung 244 und die Ätzstoppstruktur 240 hinweg, d. h. räumlich getrennt von denselben, nach außen zu dem äußeren Kontaktierungsbereich 260-B der Elektrodenstruktur 260 geführt wird. Im Gegensatz zu der Darstellung von **Fig. 6a**, bei der die Segmentierung ausgebildet ist, um eine elektrische Verbindung des ersten Abschnitts 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 am Außen- bzw. Randbereich der Schichtstruktur 224

mit der Elektrodenstruktur 260 vorzusehen, wird bei dem in **Fig. 7a-b** dargestellten Ausführungsbeispiel die Elektrodenstruktur 260 direkt mit dem ersten Abschnitt 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 elektrisch kontaktiert, um eine Unterbrechung der umlaufenden Segmentierung 244 der ersten Schichtstruktur 224 und damit auch der wandförmig ausgebildeten Ätzstoppstruktur 240 verhindern zu können. Dadurch kann eine weitere Erhöhung der mechanischen Stabilität bzw. Robustheit der beispielsweise als bewegliche Membran ausgebildeten ersten Schichtstruktur 224 erreicht werden. Ferner können durch die vollständig achsen- bzw. axialsymmetrische Ausbildung der beispielsweise scheibenförmigen Membran 224 eine weitere Verringerung parasitärer Effekte bewirkt werden.

[0103] **Fig. 8a-b** zeigen nun ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schichtanordnung 220 eines MEMS-Bauelements 200 mit einer sogenannten Doppelmembranstruktur 224, 322 und einer einzelnen Gegenelektrodenstruktur 226 und mit einer weiteren Ausbildung der Ätzstoppstruktur 240, 340 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

[0104] Wie in der Draufsicht von **Fig. 8a** sowie der Teilschnittansicht von **Fig. 8b** dargestellt ist, sind die erste und zweite umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 240 und 340 jeweils aus einem ätzmittelresistenten Material gebildet. So kann die wandförmige Ätzstoppstruktur 240 beispielsweise aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224 ausgebildet sein, z.B. einem Halbleitermaterial, während die zweite Ätzstoppstruktur 340 aus dem Material der die zweite Schichtstruktur 226 umgebenden beiden Isolationsschichten 326-1, 326-2, d. h. beispielsweise aus einem Nitrid-Material, gebildet sein kann. Die erste und zweite Ätzstoppstruktur 240, 340 können aber auch aus einem anderen ätzmittelresistenten Material gebildet sein. Ferner weist die erste Schichtstruktur 224, die beispielsweise als bewegliche Membran ausgebildet ist, eine Segmentierung 244 auf, wobei die mit einem Isolationsmaterial ausgebildete Segmentierung 244 der ersten Schichtstruktur 224 eine elektrische Isolation bzw. Trennung zwischen einem ersten inneren Abschnitt 224-1 und einem zweiten, äußeren Abschnitt 224-2 der leitfähigen ersten Schichtstruktur 224 liefert. Die Segmentierung 244 der ersten Schichtstruktur 224 kann beispielsweise angeordnet werden, um eine elektrische Trennung zwischen dem aktiven bzw. auslenkbaren Abschnitt 224-1 und dem im Wesentlichen inaktiven nicht-auslenkbaren Abschnitt 224-2 der als Membran ausgebildeten ersten Schichtstruktur 224 vorzusehen.

[0105] Die Schichtanordnung 220 weist nun ferner eine dritte Schichtstruktur 322 auf, die wiederum eine Segmentierung 245 aufweist. Die mit einem Isolationsmaterial ausgebildete Segmentierung 245 der

dritten Schichtstruktur 322 liefert eine elektrische Isolation bzw. Trennung zwischen einem ersten inneren Abschnitt 322-1 und einem zweiten, äußeren Abschnitt 322-2 der leitfähigen dritten Schichtstruktur 322. Die Segmentierung 245 der beispielsweise als Membran ausgebildeten leitfähigen dritten Schichtstruktur 322 kann beispielsweise angeordnet werden, um eine elektrische Trennung zwischen dem aktiven bzw. auslenkbaren Abschnitt 322-1 und dem im Wesentlichen inaktiven, nicht auslenkbaren Abschnitt 322-2 der als Membran ausgebildeten dritten Schichtstruktur 322 vorzusehen.

[0106] Die Segmentierungen 244, 245 können beispielsweise jeweils als ein umlaufender schmaler Graben bzw. eine umlaufende schmale Ausnehmung realisiert werden, die mit einem isolierenden Material gefüllt ist, um einerseits eine elektrische Trennung der benachbarten Abschnitte, aber eine mechanische Verbindung desselben zu erhalten.

[0107] Ferner ist in einem Randbereich des ersten, inneren Abschnitts 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 eine weitere umlaufende bzw. geschlossene Segmentierung 244-A vorgesehen, um einen weiteren Bereich 224-3 innerhalb des ersten Abschnitts 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 als einen davon elektrisch isolierten dritten Abschnitt bzw. Inselabschnitt 224-3 zu definieren. Der dritte Abschnitt 224-3 mit der umgebenden Segmentierung 245 ist benachbart zu der Segmentierung 244 in dem ersten Abschnitt 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 angeordnet. Die Fläche des Inselabschnitts 224-3 beträgt weniger als 10%, 5%, oder 1% der Fläche des ersten Abschnitts 224-1 der ersten Schichtstruktur.

[0108] Ferner ist ein mechanisches und elektrisches Verbindungselement 255 zwischen dem dritten Abschnitt 224-3 (Inselabschnitt) und dem ersten Abschnitt 322-1 der dritten Schichtstruktur 322 vorgesehen, die eine elektrische Kopplung des dritten Abschnitts 224-3 der ersten Schichtstruktur 224 und des ersten Abschnitts 322-1 der dritten Schichtstruktur liefert.

[0109] Das leitfähige Verbindungselement 255 kann beispielsweise als eine leitfähige Säule bzw. als eine elektrische Durchführung (VIA) von dem Inselbereich 224-3 der ersten Schichtstruktur 224 zu dem ersten, aktiven Abschnitt 322-1 der dritten Schichtstruktur 322 ausgebildet sein. Die Segmentierung 244-A ist innerhalb der Segmentierung 244 bzw. innerhalb des ersten Abschnitts 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 vorgesehen, um einen Kontaktierungsbereich für einen elektrischen Kontaktierungsbereich 260-A der Elektrodenstruktur 260 vorzusehen.

[0110] Die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 können beispielsweise als bewegliche Membran-

strukturen ausgebildet sein, die mechanisch über weitere, optionale Verbindungselemente (nicht gezeigt in **Fig. 8a-b**, vgl. Verbindungselemente 254 von **Fig. 5b**) miteinander gekoppelt und relativ zu der als relativ starre Gegenelektrode ausgebildeten zweiten Schichtstruktur 226 auslenkbar sind. Man spricht in diesem Fall von einer Doppelmembranstruktur mit einer einzelnen Gegenelektrodenstruktur. Die zweite Schichtstruktur 226 kann ferner von den beiden Isolationsschichten 326-1, 326-2 umgeben bzw. in denselben eingebettet sein.

[0111] Wie nun ferner in den **Fig. 8a-b** dargestellt ist, ist die Elektrodenstruktur 260 mit dem Kontaktbereich 260-A für den dritten Abschnitt 224-3 (Inselbereich) der ersten Schichtstruktur 224 von oben an diesen dritten Bereich 224-3 herangeführt und mit einem Isolationsmaterial, z. B. einem Oxid-Material, von dem zweiten Abschnitt 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 elektrisch getrennt.

[0112] In **Fig. 8a-b** ist ferner die Ebene A parallel zur x-z-Ebene dargestellt, während die Schnittebene B durch die Schichtanordnung 220 parallel zu der x-y-Ebene dargestellt ist. Aus den **Fig. 8a-b** wird deutlich, dass die Teilschnittdarstellung von **Fig. 8b** nur einen Teil der Erstreckung der Schichtanordnung 220 parallel bzw. entlang der x-Achse darstellt. Die Ausführungen bezüglich der Elektrodenstruktur 260 aus den **Fig. 7a-b** sind entsprechend auf die Elektrodenstruktur 260 von **Fig. 8a-b** anwendbar.

[0113] **Fig. 9** zeigt nun ein weiteres Ausführungsbeispiel in Form einer Teilquerschnittsanordnung einer Schichtanordnung 220 eines MEMS-Bauelements 200 mit einer sogenannten „Doppelmembran-Struktur“ 224, 322 und einer einzelnen Gegenelektrodenstruktur 226 und mit den Ätzstoppstrukturen 240, 340 gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

[0114] In **Fig. 9** ist wiederum die Ebene A parallel zur x-z-Ebene dargestellt, während die Schnittebene B durch die Schichtanordnung 220 parallel zu der x-y-Ebene dargestellt ist. Aus **Fig. 9** wird deutlich, dass die Teilschnittdarstellung nur einen Teil der Erstreckung der Schichtanordnung 220 parallel zu bzw. entlang der x-Achse darstellt.

[0115] Wie in der Teilschnittansicht von **Fig. 9** dargestellt ist, sind die erste und zweite umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur 240, 340 jeweils aus einem ätzmittelresistenten Material gebildet. So kann die wandförmige Ätzstoppstruktur 240 beispielsweise aus dem Material der ersten Schichtstruktur 224 ausgebildet sein, z. B. einem Halbleitermaterial (z. B. Polysilizium), während die zweite Ätzstoppstruktur 340 aus dem Material der die zweite Schichtstruktur 226 umgebenden beiden Isolationsschichten 326-1, 326-2, d. h. beispielsweise aus einem Nitridmaterial, gebildet sein kann. Die erste

und zweite Ätzstoppstruktur 240, 340 können auch aber auch aus einem anderen ätzmittelresistenten Material gebildet sein. Ferner weist die erste Schichtstruktur 224, die beispielsweise als bewegliche Membran ausgebildet ist, eine Segmentierung 244 auf, wobei die mit einem Isolationsmaterial ausgebildete Segmentierung 244 der ersten Schichtstruktur 224 eine elektrische Isolation bzw. Trennung zwischen einem ersten inneren Abschnitt 244-1 und einem zweiten, äußeren Abschnitt 224-2 der leitfähigen ersten Schichtstruktur 224 liefert. Die Segmentierung 244 der ersten Schichtstruktur 224 kann beispielsweise angeordnet werden, um eine elektrische Trennung zwischen dem aktiven bzw. auslenkbaren Abschnitt 224-2 und dem im Wesentlichen inaktiven, nicht-auslenkbaren Abschnitt 224-2 der als Membran ausgebildeten ersten Schichtstruktur 224 vorzusehen. Die zweite Schichtstruktur 226, die beispielsweise als Gegenelektrode oder als Mittenstator (Engl.: center stator) der Doppelmembran-Struktur ausgebildet ist, weist ferner eine Segmentierung 246 auf, wobei die mit einem Isolationsmaterial ausgebildete Segmentierung 246 der zweiten Schichtstruktur 226 eine elektrische Isolation bzw. Trennung zwischen einem ersten inneren Abschnitt 226-1 und zweiten, äußeren Abschnitt 226-2 der zweiten Schichtstruktur 226 liefert.

[0116] Die Schichtanordnung 220 weist nun ferner eine dritte Schichtstruktur 322 auf, die wiederum eine Segmentierung 245 aufweist. Die mit einem Isolationsmaterial ausgebildete Segmentierung 245 der dritten Schichtstruktur 322 liefert eine elektrische Isolation bzw. Trennung zwischen einem ersten inneren Abschnitt 322-1 und einem zweiten, äußeren Abschnitt 322-2 der leitfähigen dritten Schichtstruktur 322.

[0117] Die Segmentierungen 244, 245, 246 können beispielsweise jeweils wieder als ein umlaufender schmaler Graben bzw. eine umlaufende schmale Ausnehmung realisiert werden, die mit einem isolierenden Material gefüllt ist, um einerseits eine elektrische Trennung der benachbarten Abschnitte, aber ferner eine mechanische Verbindung desselben zu erhalten.

[0118] Ferner ist ein mechanisches und elektrisches Verbindungselement 255' zwischen dem zweiten Abschnitt 226-2 der zweiten Schichtstruktur 226 und dem ersten Abschnitt 322-1 der dritten Schichtstruktur 322 vorgesehen, um eine elektrische Kopplung des zweiten Abschnitts 226-2 der zweiten Schichtstruktur 226 und des ersten Abschnitts 322-1 der dritten Schichtstruktur zu erhalten. Das leitfähige Verbindungselement 255' kann beispielsweise als eine leitfähige Säule bzw. als eine elektrische Durchführung (Via) von dem äußeren, zweiten Abschnitt 226-2 der zweiten Schichtstruktur zu dem

ersten, aktiven Abschnitt 322-1 der dritten Schichtstruktur 322 ausgebildet sein.

[0119] Die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 kann beispielsweise als bewegliche Membranstruktur ausgebildet sein, die mechanisch über weitere, optionale Verbindungselemente (nicht gezeigt in **Fig. 9**, vgl. Verbindungselemente 254 von **Fig. 5b**) miteinander gekoppelt und relativ zu der als relativ starren Gegenelektrode ausgebildeten zweiten Schichtstruktur 226 auslenkbar sind. Man spricht in diesem Fall von einer Doppelmembran-Struktur 224, 322 mit einer einzelnen Gegenelektrodenstruktur 226. Die zweite Schichtstruktur 226 kann ferner bis auf den Verbindungsbereich mit dem Verbindungselement 255' von den beiden Isolationschichten 326-1, 326-2 umgeben bzw. in denselben eingebettet sein.

[0120] Wie nun ferner in **Fig. 9** dargestellt ist, ist die Elektrodenstruktur 260 mit dem Kontaktbereich 260-A für den ersten Abschnitt 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 von oben an diesen ersten Bereich 224-1 herangeführt und mit einem Isolationsmaterial, z. B. einem Oxidmaterial, von dem zweiten Abschnitt 224-2 der ersten Schichtstruktur 224 elektrisch getrennt. Ferner sind in **Fig. 9** weitere Elektroden- bzw. Kontaktierungsstrukturen 261, 263 dargestellt, wobei die Elektrodenstruktur 261 mit dem zweiten Abschnitt 226-2 der zweiten Elektrodenstruktur 226 verbunden ist, und die Elektrodenstruktur 263 mit dem zweiten Abschnitt 322-2 der dritten Elektrodenstruktur 322 elektrisch verbunden ist.

[0121] **Fig. 9** zeigt somit ein Ausführungsbeispiel einer Schichtanordnung 220 des MEMS-Bauelements 200, bei der eine direkte Kontaktierung des ersten Abschnitts 224-1 der ersten Elektrodenstruktur erfolgt, während eine Kontaktierung des ersten Abschnitts 322-1 der dritten Elektrodenstruktur über das leitfähige, säulenförmige Verbindungselement 255 zu dem zweiten, äußeren Abschnitt 226-2 der zweiten Schichtstruktur 226 und dort zu der weiteren Elektrodenstruktur 261 erfolgt.

[0122] Durch die in den **Fig. 7a-b**, **Fig. 8a-b** und **Fig. 9** dargestellte Ausbildung der elektrischen Kontaktierung des ersten Bereich 224-1 der ersten Schichtstruktur 224 bzw. in den **Fig. 8a-b** und **Fig. 9** ferner des ersten Bereichs 322-1 der dritten Schichtstruktur 322 kann eine ansonsten erforderliche Unterbrechung sowohl der umlaufenden wandförmigen Ätzstoppstrukturen 240, 340 als auch der Segmentierungen 244, 245 bzw. 246 vermieden werden, d. h. sowohl die Ätzstoppstrukturen 240, 340 als auch die Segmentierungen können jeweils vollständig umlaufend als auch vollständig geschlossen, d. h. unterbrechungsfrei, ausgebildet sein.

[0123] Die extern vorgesehenen Elektrodenstrukturen ermöglichen somit eine Beibehaltung der Achsen- bzw. Axialsymmetrie der beispielsweise kreisförmig ausgebildeten Schichtstrukturen 224, 226 und 322.

[0124] Im Folgenden wird nun anhand von **Fig. 10** ein Ausführungsbeispiel eines MEMS-Bauelements 200 beschrieben.

[0125] Das MEMS-Bauelement 200 weist beispielsweise eine Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat 222 auf, wobei die Schichtanordnung 220 eine erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 aufweist, wobei ein Freilegungsbereich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 freigelegt ist, wobei ein Opfermaterial in einem Randbereich 230-2 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckende ätzmittelresistente Wandstruktur 240, 241, 340 den Freilegungsbereich 230-1 von dem lateral daran angrenzenden Randbereich 230-2 abgrenzt, und wobei das in dem Randbereich vorhandene Isolationsmaterial zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 wirksam ist.

[0126] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die ätzmittelresistente Wandstruktur 240, 241, 340 als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich 230-1 angeordnet.

[0127] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Schichtanordnung 220 in dem Freilegungsbereich 230-1 eine zusätzliche ätzmittelresistente Wandstruktur 241 auf, die zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist.

[0128] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die erste Schichtstruktur 224 als eine starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet, wobei die zweite Schichtstruktur 226 als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

[0129] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die Schichtanordnung 220 eine dritte Schichtstruktur 322 auf, wobei ein weiterer Freilegungsbereich zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 freigelegt ist, wobei ein Isolationsmaterial in einem weiteren Randbereich 330-2 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 erstreckende ätzmittelresistente Wandstruktur 340 den weiteren Freilegungsbereich von dem lateral daran angrenzenden weiteren Randbereich 330-2 abgrenzt, wobei das in dem weiteren Randbereich 330-2 vorhandene Isolationsmaterial zur mechanischen Verbindung

zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 wirksam ist.

[0130] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur 340 als ein weiterer, umlaufender Wandbereich um den weiteren Freilegungsbereich 330-1 zwischen der zweiten und dritten Substratstruktur 226, 322 angeordnet.

[0131] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur 340 eine weitere Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialschichten auf.

[0132] Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die ätzmittelresistente umlaufende Wandstruktur 240 angrenzend an den Freilegungsbereich 230-1 und die weitere, umlaufende ätzmittelresistente Wandstruktur 241 angrenzend an den weiteren Randbereich 330-2 lateral versetzt zueinander angeordnet.

[0133] Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 als Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet, wobei die zweite Schichtstruktur 226 als auslenkbare Membranstruktur zwischen den Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet ist.

[0134] Gemäß einem Ausführungsbeispiel sind die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 als eine erste und zweite Membranstruktur ausgebildet, wobei die zweite Schichtstruktur 226 als eine zwischen der ersten und zweiten Membranstruktur angeordnete Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sind.

[0135] Das MEMS-Bauelement 300 kann gemäß dem im Vorhergehenden beschriebenen Verfahren 100 hergestellt werden, wobei die dortigen Ausführungen in den **Fig. 1** bis **Fig. 9** gleichermaßen auf das in **Fig. 10** dargestellte Ausführungsbeispiel des MEMS-Bauelements anwendbar sind.

[0136] Im Folgenden werden nochmals einige der Ausführungsbeispiele des vorliegenden Verfahrens zur Herstellung eines MEMS-Bauelements 200 bzw. der dazu bereitgestellten Schichtanordnung 220 beschrieben.

[0137] So kann die wandförmig ausgebildete Ätztoppstruktur 240, 241, 340 aus dem gleichen Material der zugeordneten Schichtstruktur, d. h. aus dem Material der ersten, zweiten oder dritten Schichtstruktur bzw. auch aus einem weiteren für den Ätztvorgang resistenten Material gebildet werden.

[0138] Das Opferschichtmaterial kann beispielsweise Siliziumoxid aufweisen und mit Flußsäure (HF) geätzt werden. In diesem Fall können die äußeren bzw. außen liegenden Abschnitte der wandförmig

gen Ätzstopppstruktur 240, 241, 340, die mit dem bei dem Ätzvorgang verwendeten Ätzmittel in Kontakt kommen, beispielsweise ein Poly-Siliziummaterial oder ein Siliziumnitridmaterial aufweisen.

[0139] Die wandförmige Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 kann beispielsweise ein isolierendes Material aufweisen und isolierend zwischen den jeweils angrenzenden Schichtstrukturen 224, 226, 322 ausgebildet sein, um einen Kurzschluss zwischen den benachbarten Schichtstrukturen, d. h. beispielsweise zwischen der Membranstruktur und der Gegenelektrodenstruktur, zu vermeiden.

[0140] Falls in einer der Schichtstrukturen 224, 226, 322 eine Segmentierung vorgesehen ist, und die wandförmige Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 ein leitfähiges Material aufweist, und das leitfähige Material beispielsweise mit einer der Schichtstrukturen 224, 226, 322 elektrisch verbunden ist, kann die umlaufende Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 beispielsweise innerhalb des segmentierten Bereichs angeordnet sein.

[0141] Falls die wandförmige Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 aus einem dielektrischen Material gebildet ist, kann die Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 vom elektrischen Standpunkt aus innerhalb des segmentierten Bereichs oder außerhalb des segmentierten Bereichs angeordnet sein.

[0142] Gemäß Ausführungsbeispielen kann die wandförmige Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 kontinuierlich oder im Wesentlichen kontinuierlich mit kleinen Diskontinuitäten bzw. Unterbrechungen ausgebildet sein. Im Fall des Vorsehens von Unterbrechungen in der umlaufenden Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 können die einzelnen Endbereiche bzw. Randbereiche der Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 gekrümmt ausgebildet sein, z. B. nach außen gekrümmt ausgebildet sein.

[0143] Die Ätzstopppstruktur 240, 241, 340 kann beispielsweise die gleiche Grundform bzw. Kontur oder eine nahezu gleiche Kontur wie die Kavität 223 in dem Substrat 222 aufweisen, wobei die Kontur beispielsweise kreisförmig ausgebildet ist, aber auch verschiedene Formen, wie quadratisch, rechteckig mit abgerundeten Winkeln aufweisen kann.

[0144] Ferner kann die zusätzliche Ätzstopppstruktur 241 in dem gleichen Zwischenraum bzw. Zwischenbereich zur Definition des Freilegungsbereichs vorgesehen sein, d. h. innerhalb der umlaufenden Ätzstopppstruktur 240, um beispielsweise einen oder mehrere Verankerungspunkte in Form von mechanischen Verbindungselementen zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226, d. h. zwischen der Membranstruktur und der Gegenelektrodenstruktur, zu bilden.

[0145] Ist das MEMS-Bauelement beispielsweise als ein Doppel-Gegenelektroden-Mikrofon (Double Backplate-Mikrofon) ausgebildet, kann der erste oder zweite Freilegungsbereich bzw. Luftspalt mit unterschiedlichen Radien ausgebildet sein, um eine gewünschte Asymmetrie der mechanischen Robustheit zwischen der Vorder- und Rückseite des Mikrofons einzubringen. So weist die an den Luftspalt mit dem geringeren Radius angrenzende Schichtstruktur eine im Allgemeinen höhere mechanische Robustheit gegenüber mechanischen Belastungen auf.

[0146] Ferner kann bei einer Konfiguration mit zwei außen liegenden Schichtstrukturen 224, 322 und einer dazwischen angeordneten weiteren Schichtstruktur 226 eine wandförmige Ätzstopppstruktur zwischen zwei benachbarten Schichtstrukturen vorgesehen sein, um den Freilegungsbereich zu definieren, während der weitere Freilegungsbereich zwischen den weiteren beiden Schichtstrukturen beispielsweise durch die Ätzzeitdauer definiert wird.

[0147] Bei einer Schichtanordnung mit zwei Schichtstrukturen kann eine Schichtstruktur eine Membranstruktur und die weitere Schichtstruktur eine Gegenelektrodenstruktur bilden. Bei einer Schichtanordnung mit drei Schichtstrukturen kann eine Membranstruktur dazwischenliegend zwischen zwei Gegenelektrodenstrukturen angeordnet sein, wobei gemäß einer weiteren Konfiguration zwei Membranstrukturen mit einer dazwischenliegenden Gegenelektrodenstruktur vorgesehen sein können. Diese beiden Membranstrukturen können ferner mechanisch miteinander verbunden sein.

[0148] Zusätzliche Ausführungsbeispiele und Aspekte der Erfindung werden beschrieben, die einzeln oder in Kombination mit den hierin beschriebenen Merkmalen und Funktionalitäten verwendet werden können.

[0149] Gemäß einem ersten Aspekt kann ein Herstellungsverfahren 100 für ein MEMS-Bauelement 200 folgende Schritte aufweisen: Bereitstellen einer Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat 222, wobei die Schichtanordnung 220 eine erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 aufweist, wobei ein Opfermaterial 232 in einem Zwischenbereich 230 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckende Ätzstopppstruktur 240 den Zwischenbereich 230 in einen Freilegungsbereich 230-1 und einen lateral daran angrenzenden Wandbereich 230-2 unterteilt, und wobei zumindest eine der Schichtstrukturen 224, 226 Zugangsöffnungen 242 zu dem Freilegungsbereich 230-1 aufweist, und Entfernen des Opfermaterials 232 aus dem Freilegungsbereich 230-1 durch die Zugangsöffnungen 242 mittels eines Ätzvorgangs, um den Freilegungsbereich

230-1 freizulegen, wobei die Ätzstoppstruktur 240 als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang wirksam ist, und wobei das in dem Randbereich 230-2 vorhandene Opfermaterial 232 zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 wirksam ist.

[0150] Gemäß einem zweiten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 die Ätzstoppstruktur 240 als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich 230-1 in der Schichtanordnung 220 angeordnet sein.

[0151] Gemäß einem dritten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 die Schichtanordnung 220 in dem Zwischenbereich 230 eine zusätzliche, geschlossene Ätzstoppstruktur 241 aufweisen, die sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckt.

[0152] Gemäß einem vierten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt können bei dem Herstellungsverfahren 100 vor dem Schritt 120 des Bereitstellens der Schichtanordnung 220 folgende Schritte zum Bilden der Schichtanordnung 220 durchgeführt werden: Bilden der zweiten Schichtstruktur 226 auf dem Trägersubstrat 222, Aufbringen von Opfermaterial 232 auf die zweite Schichtstruktur 226, Einbringen einer umlaufenden Durchgangsöffnung in das Opfermaterial 232 bis zu der zweiten Schichtstruktur 226, Bilden der Ätzstoppstruktur 240 in der umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die umlaufende Durchgangsöffnung, und Bilden der ersten Schichtstruktur auf dem Opfermaterial 232 und der Ätzstoppstruktur 240.

[0153] Gemäß einem fünften Aspekt unter Bezugnahme auf den vierten Aspekt kann das Herstellungsverfahren 100 ferner folgenden Schritt aufweisen: Bilden der Ätzstoppstruktur 240 durch Einbringen einer Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien in die umlaufende Durchgangsöffnung.

[0154] Gemäß einem sechsten Aspekt unter Bezugnahme auf den vierten Aspekt kann das Herstellungsverfahren 100 ferner folgende Schritte aufweisen: Einbringen einer zusätzlichen Durchgangsöffnung in das Opfermaterial 232 bis zu der zweiten Schichtstruktur 226; und Bilden einer zusätzlichen Ätzstoppstruktur 240-1 in der zusätzlichen Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten, zusätzlichen Füllmaterialstruktur in die zusätzliche Durchgangsöffnung.

[0155] Gemäß einem siebten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 der Schritt 140 des Entfernens

des Opfermaterials 232 mittels eines anisotropen Ätzvorgangs mit einem Ätzmittel durchgeführt werden, wobei das Ätzmittel eine Ätzrate hat, die für das Opfermaterial 232 zumindest um einen Faktor 10 höher ist als für das Material der Ätzstoppstruktur 240.

[0156] Gemäß einem achten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt kann bei dem Verfahren die erste Schichtstruktur 224 als Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein, und die zweite Schichtstruktur 226 als auslenkbare Membranstruktur ausgebildet sein.

[0157] Gemäß einem neunten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 die erste Schichtstruktur 224 als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet sein, und die zweite Schichtstruktur 226 als eine Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein.

[0158] Gemäß einem zehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 die Schichtanordnung 220 eine dritte Schichtstruktur 322 aufweisen, wobei ein weiteres Opfermaterial 332 in einem weiteren Zwischenbereich 330 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 angeordnet ist, und wobei die dritte Schichtstruktur 322 weitere Zugangsöffnungen 342 zu dem weiteren Freilegungsbereich 330-1 aufweist, und wobei das weitere Opfermaterial 332 aus dem weiteren Freilegungsbereich 330-1 durch die weiteren Zugangsöffnungen 342 mittels des Ätzvorgangs entfernt werden, um den weiteren Freilegungsbereich 330-1 freizulegen.

[0159] Gemäß einem elften Aspekt unter Bezugnahme auf den zehnten Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 eine weitere Ätzstoppstruktur 340 angeordnet sein, die den weiteren Zwischenbereich 330 in einen weiteren Freilegungsbereich 330-1 und einen lateral daran angrenzenden, weiteren Randbereich 330-2 unterteilt, wobei die weitere Ätzstoppstruktur 340 als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang wirksam ist, und wobei das in dem weiteren Randbereich 320-2 verbleibende Opfermaterial 332 zur mechanischen Verbindung zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 wirksam ist.

[0160] Gemäß einem zwölften Aspekt unter Bezugnahme auf den ersten Aspekt können bei dem Herstellungsverfahren 100 vor dem Schritt 120 des Bereitstellens der Schichtanordnung 220 folgende Schritte zum Bilden der Schichtanordnung 220 durchgeführt werden: Bilden der dritten Schichtstruktur auf dem Trägersubstrat 222, Aufbringen von Opfermaterial 332 auf die dritte Schichtstruktur 322, Einbringen einer umlaufenden Durchgangsöffnung in

das Opfermaterial bis zu der dritten Schichtstruktur 322, Bilden der weiteren Ätzstoppstruktur 340 in der weiteren umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten, weiteren Füllmaterialstruktur in die weitere umlaufende Durchgangsöffnung, Bilden der zweiten Schichtstruktur auf dem Opfermaterial 332 und der weiteren Ätzstoppstruktur 241, Aufbringen von Opfermaterial 232 auf die zweite Schichtstruktur 226, Einbringen einer umlaufenden Durchgangsöffnung in das Opfermaterial 232 bis zu der zweiten Schichtstruktur 226, Bilden der Ätzstoppstruktur 240 in der umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die umlaufende Durchgangsöffnung, und Bilden der ersten Schichtstruktur auf dem Opfermaterial 232 und der Ätzstoppstruktur 240.

[0161] Gemäß einem dreizehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den zwölften Aspekt kann bei dem Herstellungsverfahren 100 die weitere Ätzstoppstruktur 340 als ein weiterer, umlaufender Wandbereich um den weiteren Freilegungsbereich 330-1 angeordnet sein.

[0162] Gemäß einem vierzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den dreizehnten Aspekt kann das Herstellungsverfahren 100 ferner folgenden Schritt aufweisen: Bilden der weiteren Ätzstoppstruktur 241 durch Einbringen einer Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien in die weitere, umlaufende Durchgangsöffnung.

[0163] Gemäß einem fünfzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den zehnten Aspekt können bei dem Herstellungsverfahren 100 die erste umlaufende Ätzstoppstruktur 240 in dem ersten Zwischenbereich 230 und die zweite umlaufende Ätzstoppstruktur 241 in dem weiteren Zwischenbereich 330 lateral versetzt zueinander angeordnet sein.

[0164] Gemäß einem sechzehnten Aspekt kann ein MEMS-Bauelement 200 folgende Merkmale aufweisen: eine Schichtanordnung 220 auf einem Trägersubstrat, wobei die Schichtanordnung 220 eine erste und zweite Schichtstruktur 224, 226 aufweist, wobei ein Freilegungsbereich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 freigelegt ist, wobei ein Opfermaterial in einem Randbereich 230-2 zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 erstreckende ätzmittelresistente Wandstruktur 240, 241, 340 den Freilegungsbereich 230-1 von dem lateral daran angrenzenden Randbereich 230-2 abgrenzt, und wobei das in dem Randbereich vorhandene Isolationsmaterial zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 wirksam ist.

[0165] Gemäß einem siebzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt kann bei dem MEMS-Bauelement 200 die ätzmittelresistente Wandstruktur 240, 241, 340 als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich 230-1 angeordnet sein.

[0166] Gemäß einem achtzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt kann bei dem MEMS-Bauelement 200 die Schichtanordnung 220 in dem Freilegungsbereich 230-1 eine zusätzliche ätzmittelresistente Wandstruktur 241 aufweisen, die zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur 224, 226 angeordnet ist.

[0167] Gemäß einem neunzehnten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt kann bei dem MEMS-Bauelement 200 die erste Schichtstruktur 224 als eine starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein, und die zweite Schichtstruktur 226 als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet sein.

[0168] Gemäß einem zwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt kann bei dem MEMS-Bauelement 200 die Schichtanordnung 220 eine dritte Schichtstruktur 322 aufweisen, wobei ein weiterer Freilegungsbereich zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 freigelegt ist, wobei ein Isolationsmaterial in einem weiteren Randbereich 330-2 zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 erstreckende ätzmittelresistente Wandstruktur 340 den weiteren Freilegungsbereich von dem lateral daran angrenzenden weiteren Randbereich 330-2 abgrenzt, wobei das in dem weiteren Randbereich 330-2 vorhandene Isolationsmaterial zur mechanischen Verbindung zwischen der zweiten und dritten Schichtstruktur 226, 322 wirksam ist.

[0169] Gemäß einem einundzwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf den zwanzigsten Aspekt kann bei dem MEMS-Bauelement 200 die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur 340 als ein weiterer, umlaufender Wandbereich um den weiteren Freilegungsbereich 330-1 zwischen der zweiten und dritten Substratstruktur 226, 322 angeordnet sein.

[0170] Gemäß einem zweiundzwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf den zwanzigsten Aspekt kann bei dem MEMS-Bauelement 200 die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur 340 eine weitere Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialschichten aufweisen.

[0171] Gemäß einem dreiundzwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt können bei dem MEMS-Bauelement 200 die ätzmittelresistente umlaufende Wandstruktur 240 angrenzend an den Freilegungsbereich 230-1 und die wei-

tere, umlaufende ätzmittelresistente Wandstruktur 340 angrenzend an den weiteren Randbereich 330-2 lateral versetzt zueinander angeordnet sein.

[0172] Gemäß einem vierundzwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt können bei dem MEMS-Bauelement 200 die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 als Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet sein, und die zweite Schichtstruktur 226 kann als auslenkbare Membranstruktur zwischen den Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet sein.

[0173] Gemäß einem fünfundzwanzigsten Aspekt unter Bezugnahme auf den sechzehnten Aspekt können bei dem MEMS-Bauelement 300 die erste und dritte Schichtstruktur 224, 322 als eine erste und zweite Membranstruktur ausgebildet sein, und die zweite Schichtstruktur 226 kann als eine zwischen der ersten und zweiten Membranstruktur angeordnete Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sein.

[0174] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass 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.

[0175] 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 herein präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren (100) für ein MEMS-Bauelement (200) mit folgenden Schritten:
Bereitstellen einer Schichtanordnung (220) auf einem Halbleitersubstrat (222), wobei die Schichtanordnung (220) eine erste und zweite, leitfähige Schichtstruktur (224, 226) aufweist, wobei ein Opfermaterial (232) in einem Zwischenbereich (230) zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist, wobei

eine sich zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) erstreckende Ätzstoppstruktur (240) den Zwischenbereich (230) in einen Freilegungsbereich (230-1) und einen lateral daran angrenzenden Randbereich (230-2) unterteilt, wobei die Ätzstoppstruktur (240) ein Halbleitermaterial der ersten oder zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) oder, falls eine ätzmittelresistente Isolationsschicht (225-1, 225-2) an der ersten oder zweiten Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist, ein Material der Isolationsschicht (225-1, 225-2) aufweist, und wobei zumindest eine der leitfähigen Schichtstrukturen (224, 226) Zugangsöffnungen (242) zu dem Freilegungsbereich (230-1) aufweist, und Entfernen des Opfermaterials (232) aus dem Freilegungsbereich (230-1) durch die Zugangsöffnungen (242) mittels eines Ätzvorgangs, um den Freilegungsbereich (230-1) freizulegen, wobei die Ätzstoppstruktur (240) als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang wirksam ist, und wobei das in dem Randbereich (230-2) vorhandene Opfermaterial (232) zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) wirksam ist.

2. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 1, wobei die Ätzstoppstruktur (240) als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich (230-1) in der Schichtanordnung (220) angeordnet ist.

3. Herstellungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Schichtanordnung (220) in dem Zwischenbereich (230) eine zusätzliche, geschlossene Ätzstoppstruktur (241) aufweist, die sich zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) erstreckt.

4. Herstellungsverfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei vor dem Schritt (120) des Bereitstellens der Schichtanordnung (220) folgende Schritte zum Bilden der Schichtanordnung (220) durchgeführt werden:
Bilden der zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (226) auf dem Halbleitersubstrat (222),
Aufbringen von Opfermaterial (232) auf die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226),
Einbringen einer umlaufenden Durchgangsöffnung in das Opfermaterial (232) bis zu der zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (226),
Bilden der Ätzstoppstruktur (240) in der umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die umlaufende Durchgangsöffnung, und
Bilden der ersten, leitfähigen Schichtstruktur (224) auf dem Opfermaterial (232) und der Ätzstoppstruktur (240).

5. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 4, ferner mit folgendem Schritt:

Bilden der Ätzstoppstruktur (240) durch Einbringen einer Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien in die umlaufende Durchgangsöffnung.

6. Herstellungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, ferner mit folgenden Schritten: Einbringen einer zusätzlichen Durchgangsöffnung in das Opfermaterial (232) bis zu der zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (226); und

Bilden einer zusätzlichen Ätzstoppstruktur (241) in der zusätzlichen Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten, zusätzlichen Füllmaterialstruktur in die zusätzliche Durchgangsöffnung.

7. Herstellungsverfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt (140) des Entfernens des Opfermaterials (232) mittels eines anisotropen Ätzvorgangs mit einem Ätzmittel durchgeführt wird, wobei das Ätzmittel eine Ätzrate hat, die für das Opfermaterial (232) zumindest um einen Faktor 10 höher ist als für das Material der Ätzstoppstruktur (240).

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste, leitfähige Schichtstruktur (224) als Gegenelektrodenstruktur ausgebildet ist, und wobei die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226) als auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

9. Herstellungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die erste, leitfähige Schichtstruktur (224) als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist, und wobei die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226) als eine Gegenelektrodenstruktur ausgebildet ist.

10. Herstellungsverfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schichtanordnung (220) eine dritte, leitfähige Schichtstruktur (322) aufweist, wobei ein weiteres Opfermaterial (332) in einem weiteren Zwischenbereich (330) zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schichtstruktur (226, 322) angeordnet ist, und wobei die dritte, leitfähige Schichtstruktur (322) weitere Zugangsöffnungen (342) zu dem weiteren Freilegungsbereich (330-1) aufweist, und wobei das weitere Opfermaterial (332) aus dem weiteren Freilegungsbereich (330-1) durch die weiteren Zugangsöffnungen (342) mittels des Ätzvorgangs entfernt werden, um den weiteren Freilegungsbereich (330-1) freizulegen.

11. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 10, wobei zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schichtstruktur (226, 322) eine weitere Ätzstoppstruktur (340) angeordnet ist, die den weiteren

Zwischenbereich (330) in einen weiteren Freilegungsbereich (330-1) und einen lateral daran angrenzenden, weiteren Randbereich (330-2) unterteilt, und wobei die weitere Ätzstoppstruktur (340) als laterale Begrenzung für den Ätzvorgang wirksam ist, und wobei das in dem weiteren Randbereich (330-2) verbleibende weitere Opfermaterial (332) zur mechanischen Verbindung zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schichtstruktur (226, 322) wirksam ist.

12. Herstellungsverfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 oder 11, wobei vor dem Schritt (120) des Bereitstellens der Schichtanordnung (220) folgende Schritte zum Bilden der Schichtanordnung (220) durchgeführt werden:

Bilden der dritten, leitfähigen Schichtstruktur (322) auf dem Halbleitersubstrat (222),

Aufbringen des weiteren Opfermaterials (332) auf die dritte, leitfähige Schichtstruktur (322),

Einbringen einer weiteren umlaufenden Durchgangsöffnung in das weitere Opfermaterial (332) bis zu der dritten, leitfähigen Schichtstruktur (322), Bilden der weiteren Ätzstoppstruktur (340) in der weiteren umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten, weiteren Füllmaterialstruktur in die weitere umlaufende Durchgangsöffnung,

Bilden der zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (226) auf dem weiteren Opfermaterial (332) und der weiteren Ätzstoppstruktur (340),

Aufbringen des Opfermaterials (232) auf die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226),

Einbringen einer umlaufenden Durchgangsöffnung in das Opfermaterial (232) bis zu der zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (226),

Bilden der Ätzstoppstruktur (240) in der umlaufenden Durchgangsöffnung durch Einbringen einer für den Ätzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die umlaufende Durchgangsöffnung, und Bilden der ersten, leitfähigen Schichtstruktur (224) auf dem Opfermaterial (232) und der Ätzstoppstruktur (240).

13. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 12, wobei die weitere Ätzstoppstruktur (340) als ein weiterer, umlaufender Wandbereich um den weiteren Freilegungsbereich (330-1) angeordnet ist.

14. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 13, ferner mit folgendem Schritt:

Bilden der weiteren Ätzstoppstruktur (340) durch Einbringen einer Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien in die weitere, umlaufende Durchgangsöffnung.

15. Herstellungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die umlaufende Ätzstoppstruktur (240) in dem Zwischenbereich (230) und die weitere umlaufende Ätzstoppstruktur (340)

in dem weiteren Zwischenbereich (330) lateral versetzt zueinander angeordnet sind.

16. Herstellungsverfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ätzstoppschichtstruktur (240) ein Poly-Siliziummaterial oder ein Siliziumnitridmaterial aufweist.

17. MEMS-Bauelement (200) mit folgenden Merkmalen:

einer Schichtanordnung (220) auf einem Halbleitersubstrat (222), wobei die Schichtanordnung (220) eine erste und zweite, leitfähige Schichtstruktur (224, 226) aufweist, wobei ein Freilegungsbereich (230-1) zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) freigelegt ist, wobei ein Isolationsmaterial (232) in einem Randbereich (230-2) zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) erstreckende ätzmittelresistente Wandstruktur (240) den Freilegungsbereich (230-1) von dem lateral daran angrenzenden Randbereich (230-2) abgrenzt, wobei die ätzmittelresistente Wandstruktur (240) ein Halbleitermaterial der ersten oder zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) oder, falls eine ätzmittelresistente Isolationsschicht (225-1, 225-2) an der ersten oder zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist, ein Material der ätzmittelresistenten Isolationsschicht (225-1, 225-2) aufweist, und wobei das in dem Randbereich (230-2) vorhandene Isolationsmaterial (232) zur mechanischen Verbindung zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) wirksam ist.

18. MEMS-Bauelement (200) gemäß Anspruch 17, wobei die ätzmittelresistente Wandstruktur (240) als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich (230-1) angeordnet ist.

19. MEMS-Bauelement (200) gemäß Anspruch 17 oder 18, wobei die Schichtanordnung (220) in dem Freilegungsbereich (230-1) eine zusätzliche ätzmittelresistente Wandstruktur (241) aufweist, die zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist.

20. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei die erste, leitfähige Schichtstruktur (224) als eine starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet ist, und wobei die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226) als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

21. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei die Schichtanordnung (220) eine dritte, leitfähige Schichtstruktur (322) aufweist, wobei ein weiterer Freilegungsbereich zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schicht-

struktur (226, 322) freigelegt ist, wobei ein Isolationsmaterial in einem weiteren Randbereich (330-2) zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schichtstruktur (226, 322) angeordnet ist, wobei eine sich zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schichtstruktur (226, 322) erstreckende weitere ätzmittelresistente Wandstruktur (340) den weiteren Freilegungsbereich von dem lateral daran angrenzenden weiteren Randbereich (330-2) abgrenzt, wobei das in dem weiteren Randbereich (330-2) vorhandene Isolationsmaterial zur mechanischen Verbindung zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Schichtstruktur (226, 322) wirksam ist.

22. MEMS-Bauelement (200) gemäß Anspruch 21, wobei die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur (340) als ein weiterer, umlaufender Wandbereich um den weiteren Freilegungsbereich (330-1) zwischen der zweiten und dritten, leitfähigen Substratstruktur (226, 322) angeordnet ist.

23. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 21 oder 22, wobei die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur (340) eine weitere Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialschichten aufweist.

24. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei die ätzmittelresistente umlaufende Wandstruktur (240) angrenzend an den Freilegungsbereich (230-1) und die weitere, umlaufende ätzmittelresistente Wandstruktur (340) angrenzend an den weiteren Randbereich (330-2) lateral versetzt zueinander angeordnet sind.

25. MEMS-Bauelement (200) nach einem der Ansprüche 17 bis 24, wobei die erste und dritte, leitfähige Schichtstruktur als Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet sind, und wobei die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226) als auslenkbare Membranstruktur zwischen den Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet ist.

26. MEMS-Bauelement (300) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 24, wobei die erste und dritte, leitfähige Schichtstruktur (224, 322) als eine erste und zweite Membranstruktur ausgebildet sind, und wobei die zweite, leitfähige Schichtstruktur (226) als eine zwischen der ersten und zweiten, leitfähigen Membranstruktur angeordnete Gegenelektrodenstruktur ausgebildet ist.

27. MEMS-Bauelement (300) gemäß einem der Ansprüche 17 bis 26, wobei die ätzmittelresistente Wandstruktur (240) ein Poly-Siliziummaterial oder ein Siliziumnitridmaterial aufweist.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

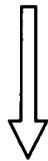
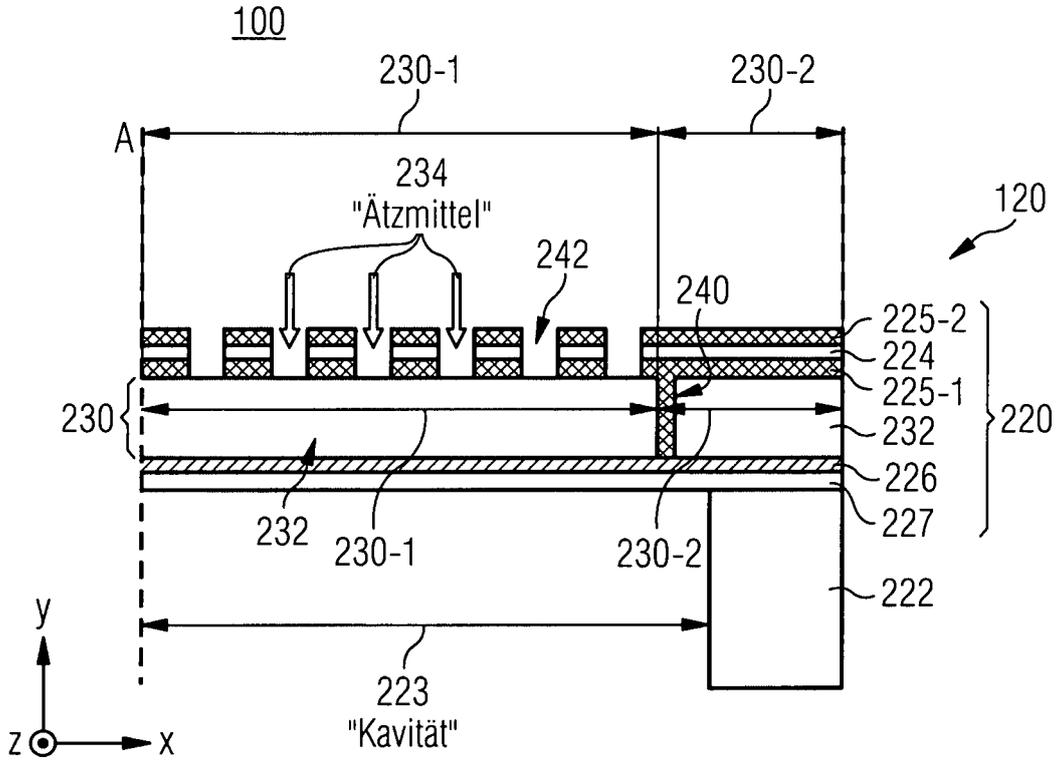


FIG 1B

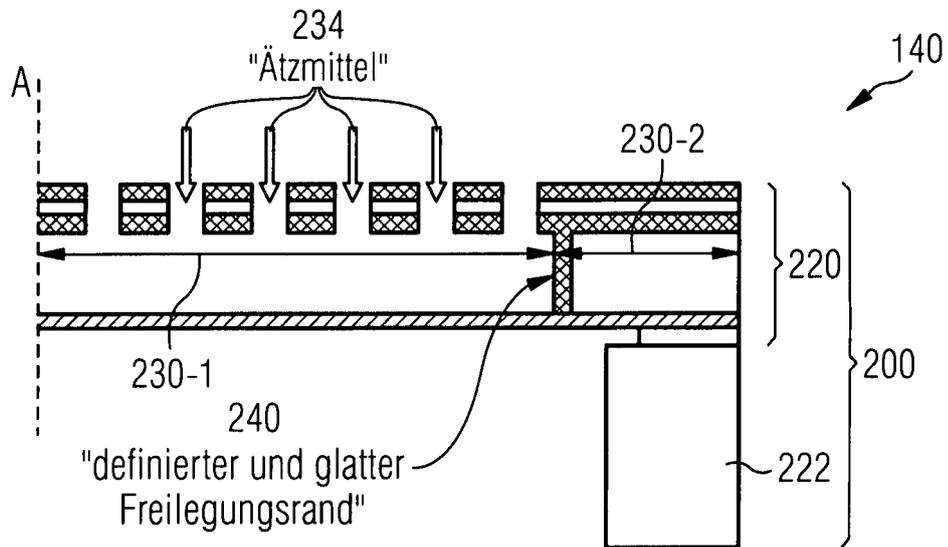


FIG 2A

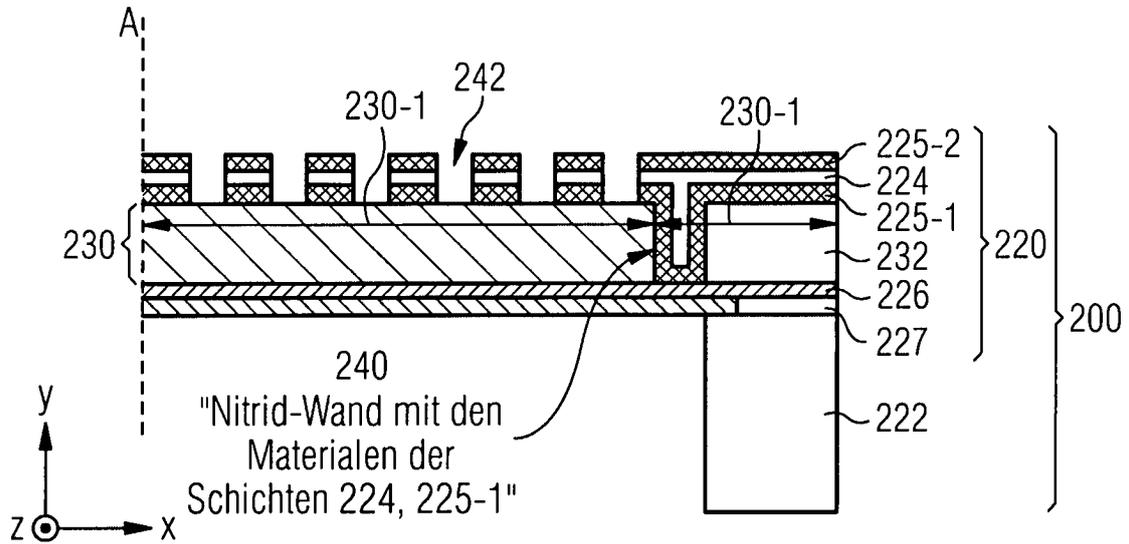


FIG 2B

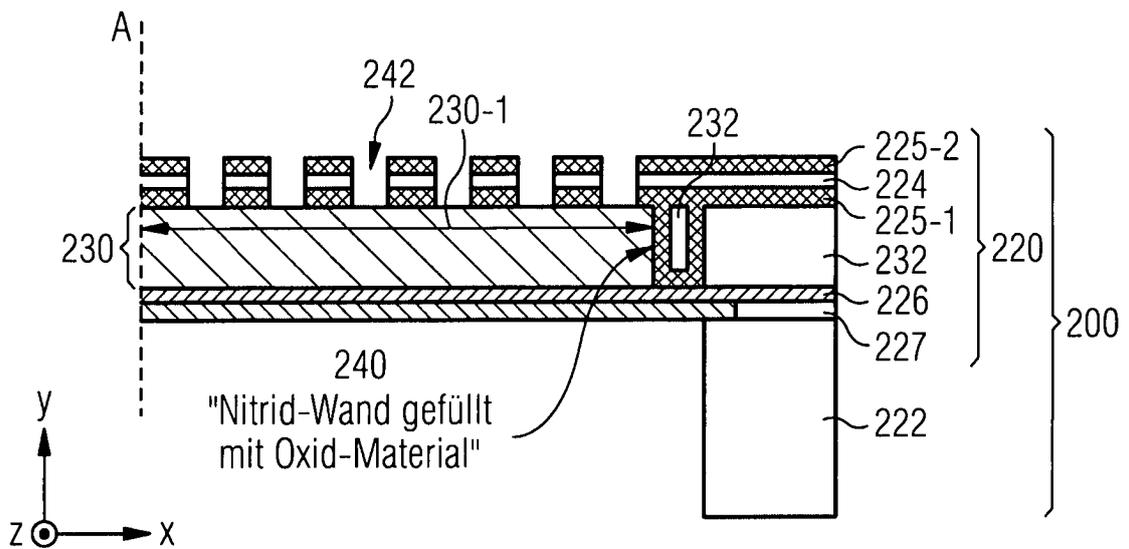


FIG 2C

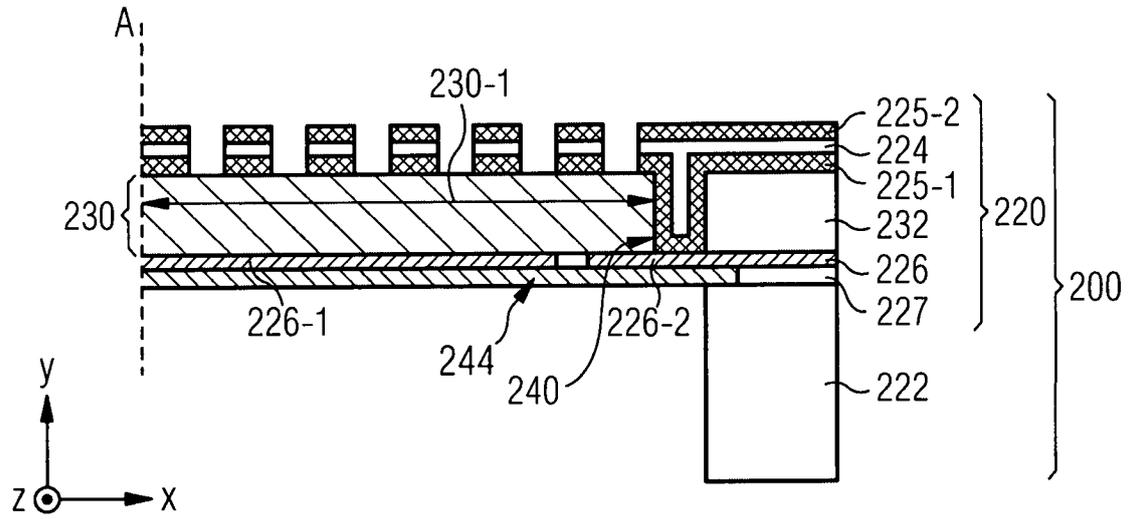


FIG 2D

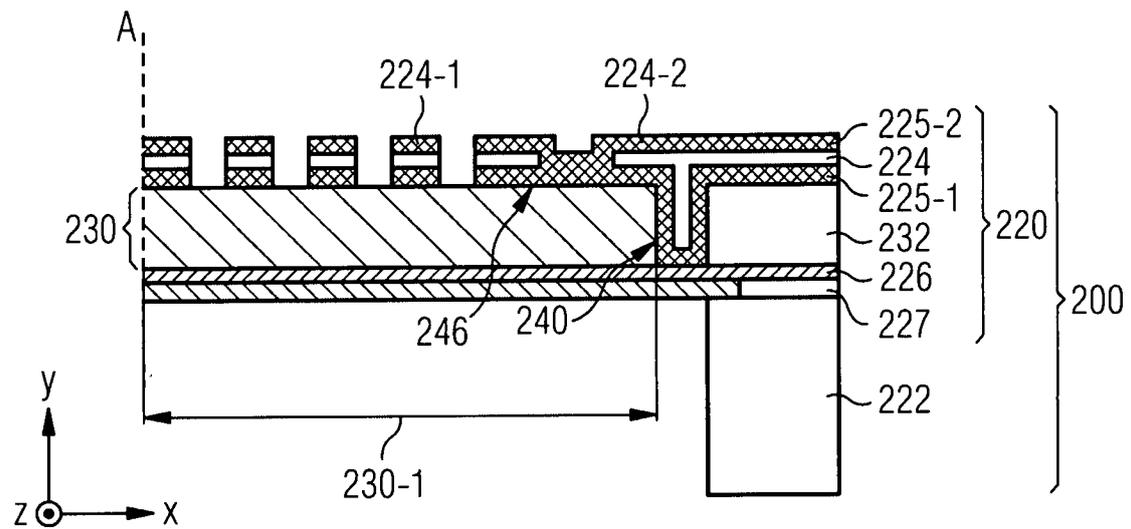


FIG 2E

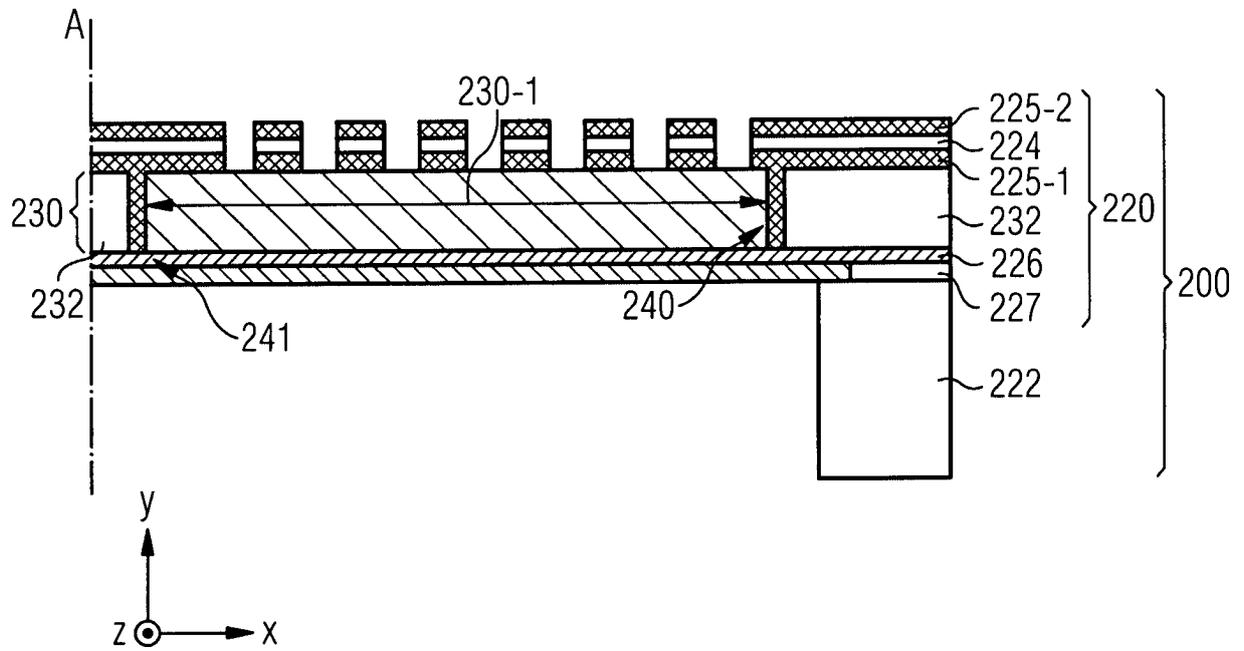


FIG 3

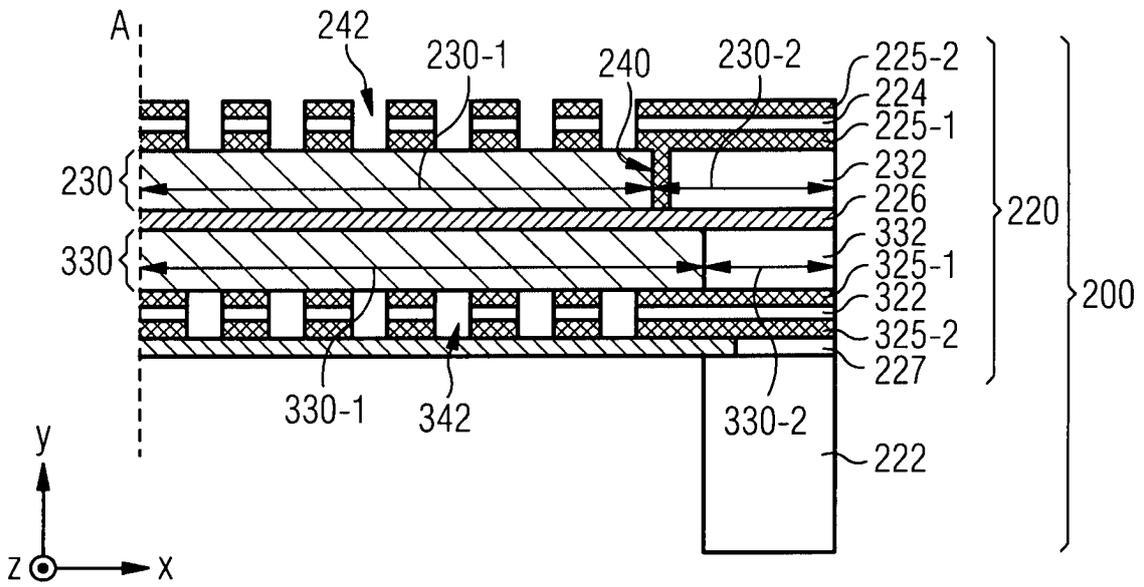


FIG 4

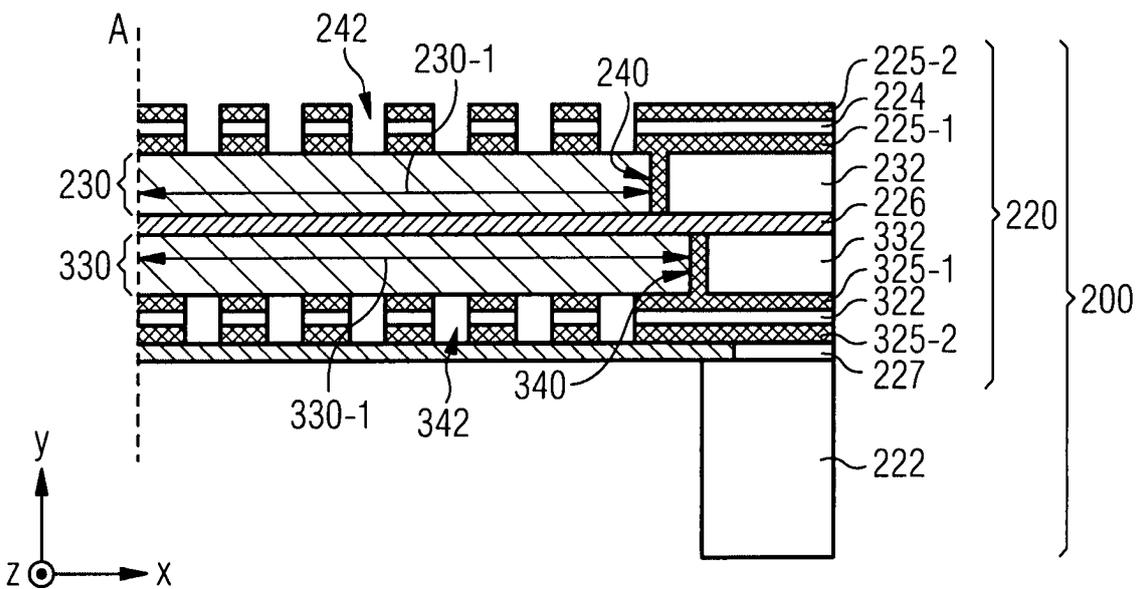


FIG 5A

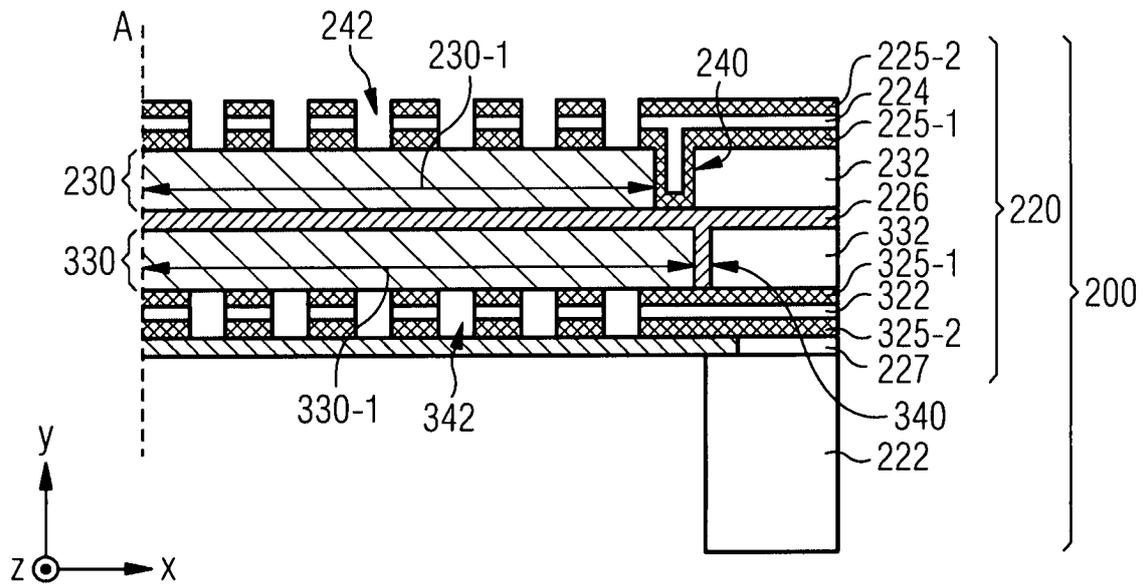


FIG 5B

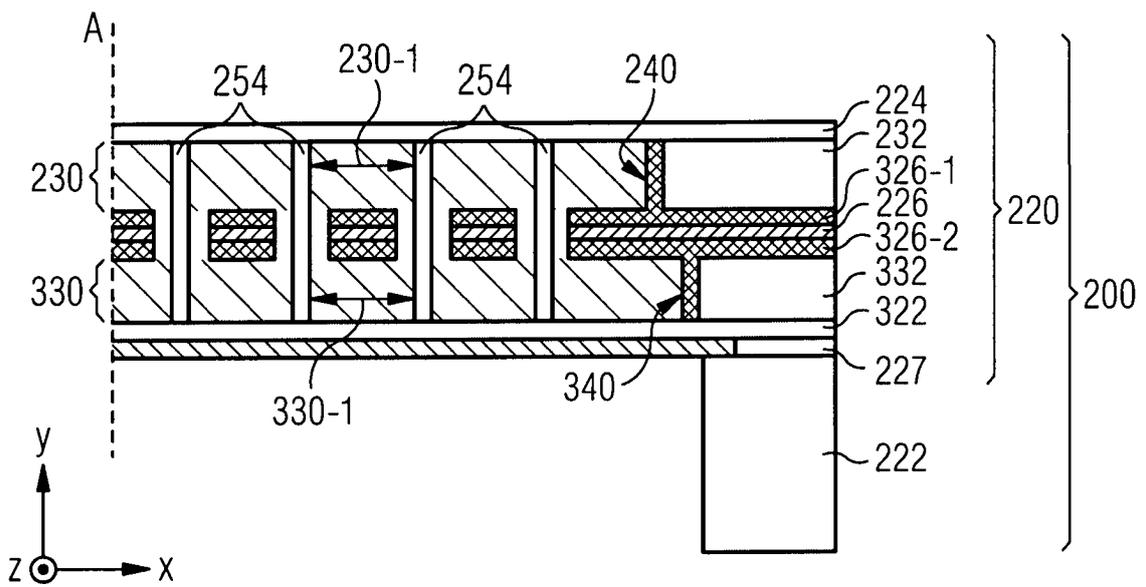


FIG 6A

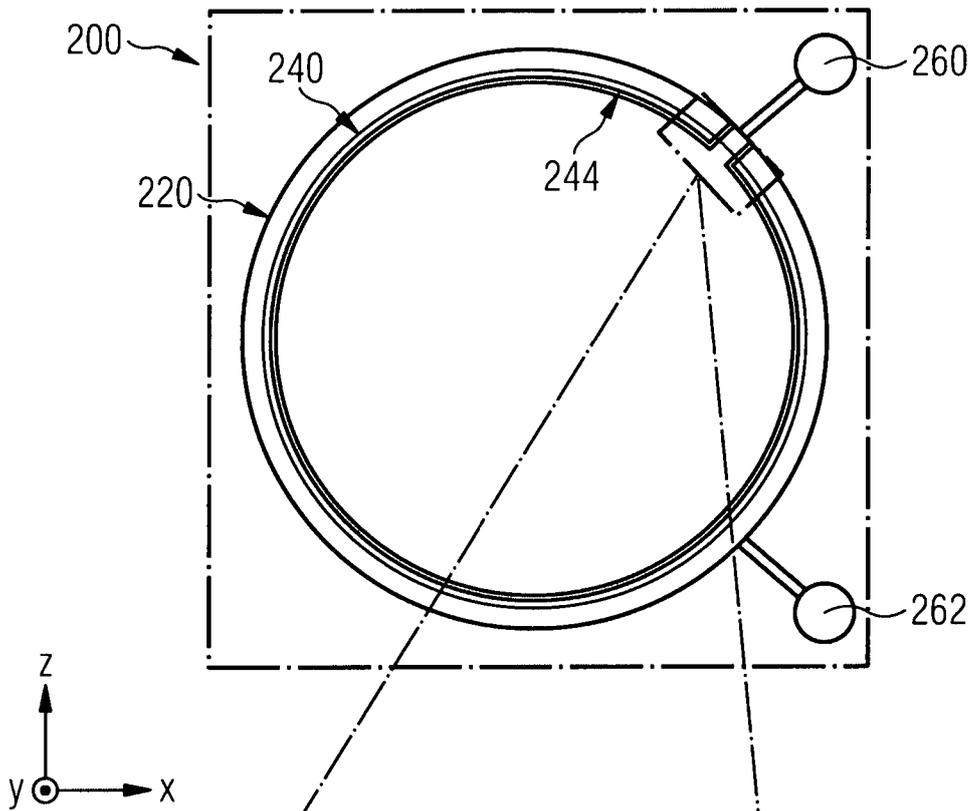


FIG 6B

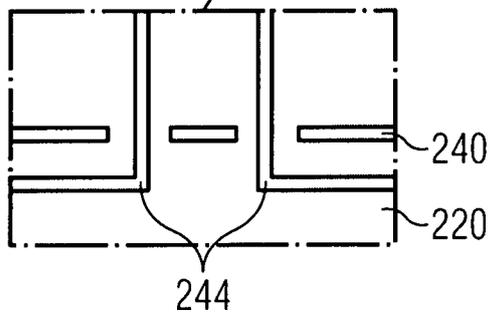


FIG 6C

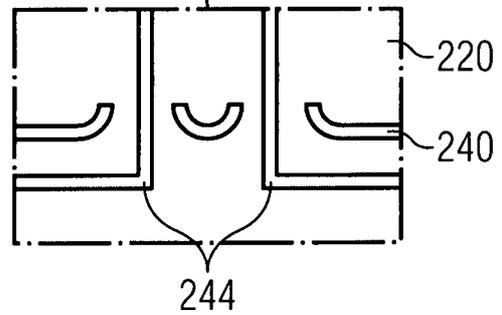


FIG 7A

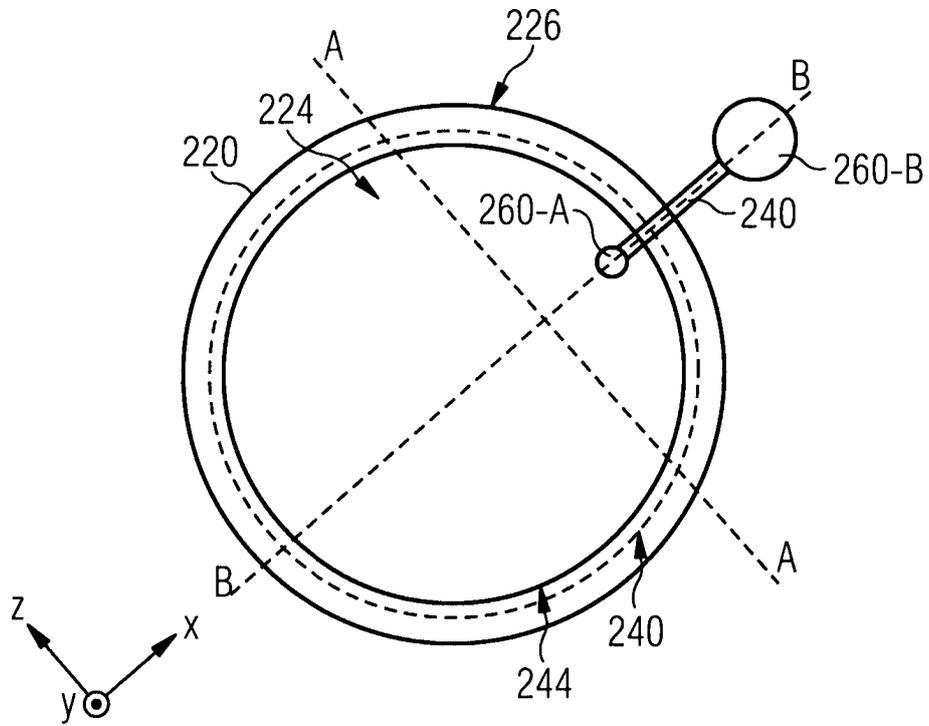


FIG 7B

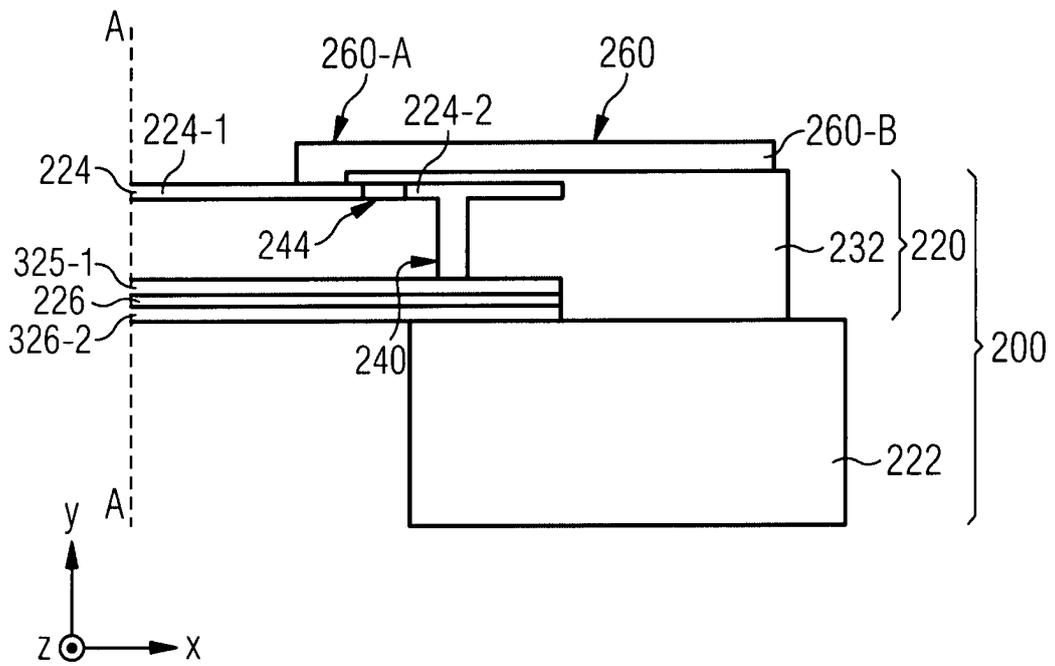


FIG 8A

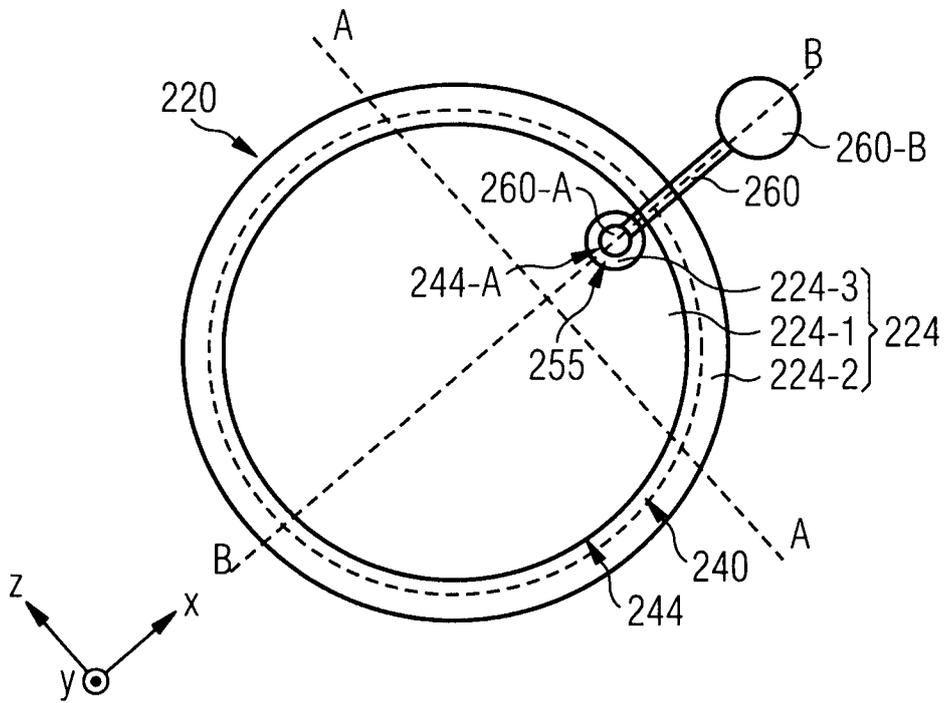


FIG 8B

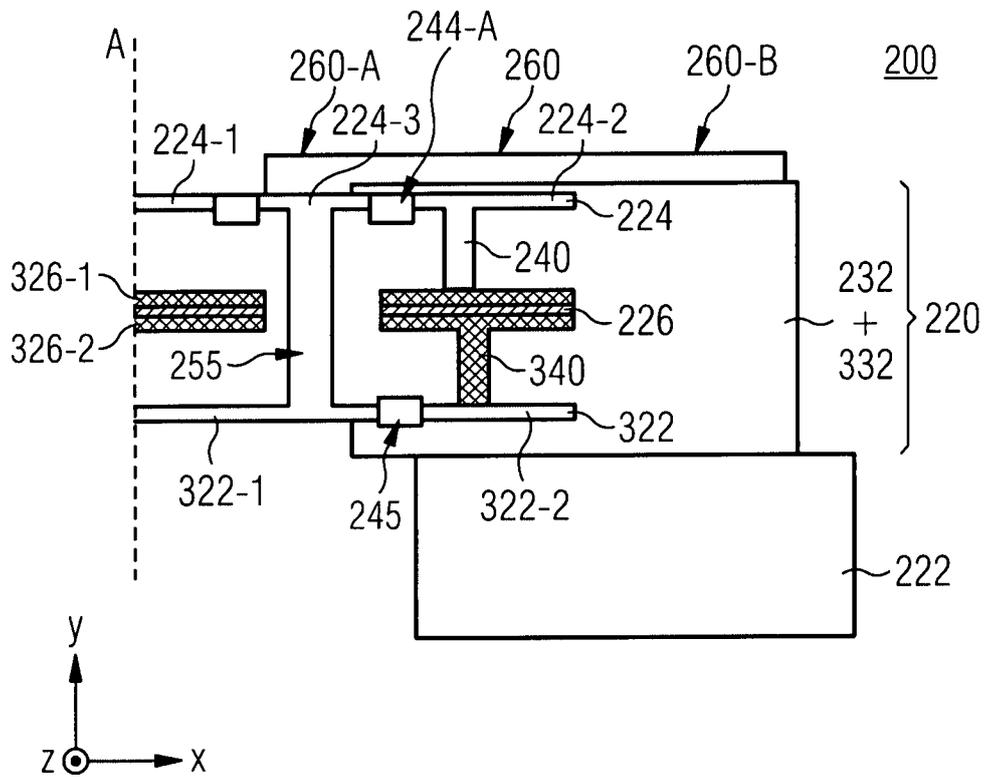


FIG 9

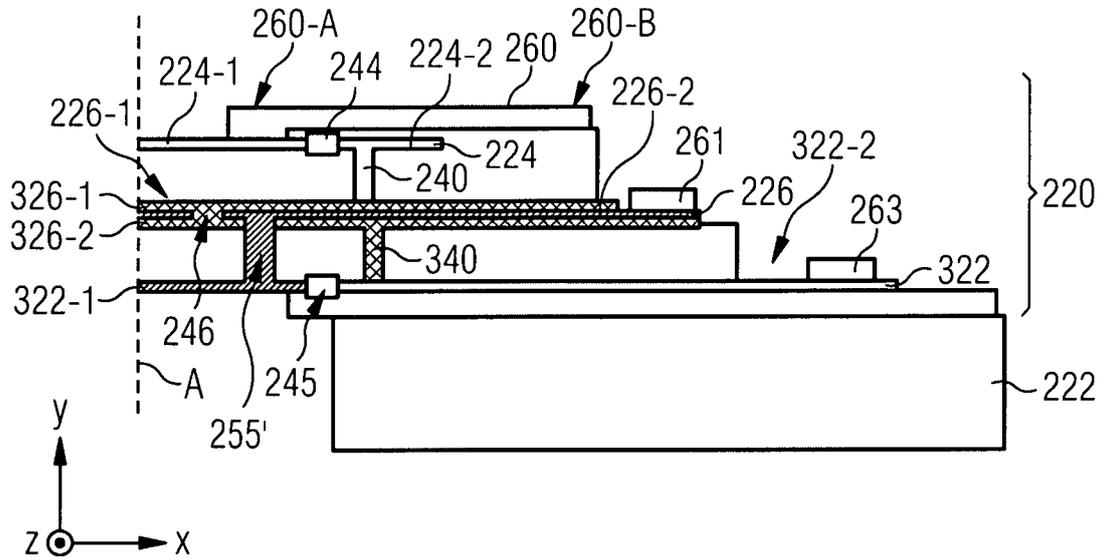


FIG 10

