



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 216 835.8**
 (22) Anmeldetag: **22.09.2017**
 (43) Offenlegungstag: **28.03.2019**

(51) Int Cl.: **B81C 1/00 (2006.01)**
B81B 7/02 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)
H04R 19/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
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:

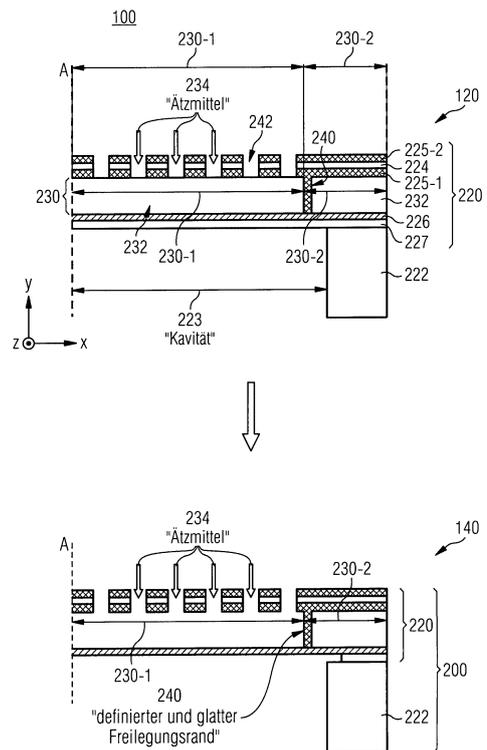
DE	10 2006 008 584	A1
DE	10 2006 051 597	A1
DE	10 2012 210 052	A1
DE	10 2012 221 509	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

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

(57) Zusammenfassung: 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 Ätzworgangs, um den Freilegungsbereich 230-1 freizulegen, wobei die Ätzstoppstruktur 240 als laterale Begrenzung für den Ätzworgang 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.



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 Ätzbereich lateral begrenzende Ätzstopfstruktur 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.

Zusammenfassung

[0003] 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.

[0004] Ein solcher Bedarf kann durch den Gegenstand der vorliegenden Patentansprüche erfüllt werden. Weiterbildungen des vorliegenden Konzepts sind in den Unteransprüchen definiert.

[0005] 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 ei-

ne sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur **224**, **226** erstreckende Ätzstopfstruktur **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 Ätzbereichs, um den Freilegungsbereich **230-1** freizulegen, wobei die Ätzstopfstruktur **240** als laterale Begrenzung für den Ätzbereich 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.

[0006] 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.

[0007] 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 Freilegungsbereich 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.

[0008] Die Wandstruktur ist nun während des Freizätzprozesses, d. h. beim Entfernen des Opfermaterials aus dem Freilegungsbereich, als laterale Begrenzung für den Ätzbereich wirksam, so dass der sich beim Ätzbereich ergebende Rand des Frei-

legungsbereichs 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.

[0009] 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.

[0010] 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. beispielsweise jeweils zwischen der Membran und der zugehörigen Gegenelektrode des MEMS-Bauelements, äußerst einfach in bisherige Prozessabläufe zur Herstellung von MEMS-Bauelementen integriert werden kann.

[0011] 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.

[0012] 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 in-

nerhalb des sonstigen Freilegungsbereichs beibehalten wird, wodurch eine weitere Systemoptimierung erhalten werden kann.

[0013] 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

[0014] 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 unterschiedlichen 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

[0015] 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.

[0016] 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-Koordinatensystem dargestellt, wobei die x-y-Ebene die Zeichenebene darstellt.

[0017] 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.

[0018] Wie in **Fig. 1a** dargestellt ist, können die Zugangsöffnungen **242** beispielsweise in der ersten Schichtstruktur **224**, z. B. der Gegenelektroden-

struktur, 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.

[0019] 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.

[0020] 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 Zwischenbereich **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**. Gleichermäßen 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.

[0021] In **Fig. 1b** ist nun der Schritt des Entfernens des Opfermaterials **232** aus dem Freilegungsbereich **230-1** durch die Zugangsöffnungen **242** mittels eines Ätzmittels **234** dargestellt, um den Freilegungsbereich **230-1** des Zwischenbereichs **230** auszuräumen. Bei dem Ätzvorgang ist die Ätzstoppstruktur **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.

[0022] Ferner kann das an die Kavität **223** angrenzende Material der Isolationsschicht **227** bei dem Ätzvorgang entfernt werden, wobei das in dem Randbereich **230-2** verbleibende Isolationmaterial **227** zur mechanischen Verbindung bzw. Kopplung zwischen

der zweiten Schichtstruktur **226** und dem Träger **222** wirksam ist.

[0023] Da die Ätzstoppstruktur **240** ein Material, z. B. ein Nitrid-Material, aufweist, das für das bei dem Ätzvorgang verwendete Ätzmittel **234** resistent ist, wird bei dem Ätzvorgang ein definierter und glatter Freilegungsrand des Freilegungsbereichs **230-1** angrenzend an den Randbereich **230-2** erhalten.

[0024] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die Ätzstoppstruktur **240** als eine umlaufende Wandstruktur um den Freilegungsbereich **230-1** zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur **224**, **226** ausgebildet. Die Ätzstoppstruktur **240** kann beispielsweise kreisförmig, quadratisch, rechteckig, oder jegliche Form eines Polygonzugs aufweisen. Gemäß Ausführungsbeispielen ist die Ätzstoppstruktur **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 Ätzstoppstruktur **240** kann beispielsweise als ein durchgehender, kontinuierlicher Wandbereich ausgebildet sein, wobei gemäß weiteren Ausführungsbeispielen auch relativ kleine Diskontinuitäten bzw. Unterbrechungen des umlaufenden Wandbereichs vorgesehen sein können, falls beispielsweise eine der Schichtstrukturen **224**, **226** eine Segmentierung (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) aufweist.

[0025] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann die Schichtanordnung **220** ferner eine zusätzliche Ätzstoppstruktur (nicht gezeigt in **Fig. 1a-b**) aufweisen, die sich zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur **224**, **226** erstreckt. Die zusätzliche Ätzstoppstruktur kann beispielsweise in einem Mittenbereich der Schichtanordnung **220** eine mechanische Verbindungsstruktur zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur nach dem Ätzvorgang 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 Ätzstoppstruktur vorgesehen sein, um eine sog. Ventilationsöffnung durch die Schichtanordnung **220** zu bilden.

[0026] 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 Abscheidvorgangs durchgeführt werden.

[0027] 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 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.

[0028] 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**.

[0029] 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, Isolationsschichten mit eingebetteten Leiterbahnen und/oder auch Passivierungsschichten vorgesehen werden.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] Als Opfermaterial **232** ist ferner Kohlenstoff denkbar, wobei als Ätzmittel **234** Sauerstoff eingesetzt werden kann, um den als Opfermaterial **232** angeordneten Kohlenstoff zu veraschen.

[0037] 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.

[0038] Somit kann gemäß einem Ausführungsbeispiel die Ätzstoppstruktur **240** durch Einbringen einer

Einzelnschicht 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.

[0039] 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 Schichtenanordnung **220** auf der den Mittenbereich der Schichtenanordnung **220** zugeordneten Seite der Segmentierung angeordnet sein.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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 Gegenelektro-

de 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.

[0044] Durch das Ausbilden der wandförmigen, umlaufenden Ätzstoppstruktur kann der Freilegungsbereich exakt eingestellt werden, wodurch wiederum die Nachgiebigkeit bzw. Flexibilität der Membran exakt auf einen gewünschten Wert eingestellt werden kann. Ferner können laterale Unregelmäßigkeiten des Freilegungsrands bzw. der Ätzkante vermieden werden, die ansonsten auftreten können, wenn bei einem Ätzvorgang mit dem Ätzmittel das Opferschichtmaterial durch die Freilegungsöffnungen in der Membran und/oder der Gegenelektrode hindurch aus dem Freilegungsbereich 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 Freilegungskante 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.

[0045] 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 Freilegungsrand bzw. die Freilegungsgrenze deutlich die mechanische Robustheit des MEMS-Bauelements. Im Fall eines MEMS-Mikrofons mit zwei Luftspalten kann ferner die relative Positionierung der zwei Freilegungsränder bzw. Freilegungskanten durch eine entsprechende Designanpassung einfach eingestellt werden. Dadurch kann beispielsweise eingestellt werden, in welcher Richtung das MEMS-Mikrofon eine größere mechanische Robustheit aufweist.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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 Zwischenbereich **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.

[0050] 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

[0051] 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

[0052] 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 = Signal to Noise Ratio) des MEMS-Bauelements verbessert werden.

[0053] 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.

[0054] Wie in **Fig. 2c** dargestellt ist, weist die Ätzstoppstruktur **240** eine äußere Ätzmittelresistente Schicht z.B. aus dem Material der Isolationschicht **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] 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 Segmen-

tierung **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.

[0056] Wie in **Fig. 2d** dargestellt ist, weist die Ätzstoppstruktur **240** eine äußere Ätzmittelresistente Schicht z.B. aus dem Material der Isolationschicht **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

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] 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.

[0060] 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 Beschreibung 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.

[0061] 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.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] 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.

[0066] 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.

[0067] 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.

[0068] 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 Abscheidvorgangs 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.

[0069] 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 Abscheidvorgangs 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.

[0070] 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.

[0071] Somit befindet sich das Opfermaterial **232** und die Ätzstoppstruktur **240** in dem Zwischenbereich **230** zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur **224**, **226**.

[0072] 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, Isolations-

schichten mit eingebetteten Leiterbahnen und/oder auch Passivierungsschichten vorgesehen werden.

[0073] 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.

[0074] Gemäß einem Ausführungsbeispiel können bei der in **Fig. 4** dargestellten Schichtanordnung **220** die erste und dritte Schichtstruktur **224**, **322** als Genelektrodenstrukturen (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“.

[0075] 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 Genelektrodenstruktur ausgebildet sein. In diesem Fall spricht man von einer Doppelmembran-Struktur.

[0076] 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.

[0077] 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.

[0078] So kann diejenige Seite eines MEMS-Mikrofons mit einer höheren mechanischen Robustheit ausgebildet werden, die auch im Betrieb den höhe-

ren 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.

[0079] Anhand von **Fig. 5a-b** werden nun unterschiedliche Schichtanordnungen **220** und unterschiedliche Ausbildungen der Ätzstoppstruktur **240**, **340** beispielhaft gemäß weiteren Ausführungsbeispielen beschrieben.

[0080] 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.

[0081] 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.

[0082] 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.

[0083] 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.

[0084] 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.

[0085] 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 Ätzvorgang resistenten Material, z. B. einem Nitrid-Material, ausgebildet.

[0086] 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.

[0087] **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.

[0088] 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.

[0089] 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 Ätzvorgang des Grabens für die umlaufende, wandförmige Ätzstoppstruktur **240** an den ansonsten vorhandenen Überkreuzungs- bzw. Berührungspunkten mit der Segmentierung **244** ein teilweises Ätzen bzw. Anätzen der Segmentierung **244** erfolgen, d. h. falls die Segmentierung **244** an einem solchen Überkreuzungspunkt für den Ätzvorgang 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 Ätzvorgang verhindert und somit etwaige resultierende elektrische Lecks bzw. Ableitungen oder auch eine Verringerung der mechanischen Stabilität verhindert werden.

[0090] 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.

[0091] 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.

[0092] **Fig. 7a-b** zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Schichtanordnung **220** mit einer weiteren Ausbildung der Ätzstoppstruktur **240**.

[0093] 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 ätzmittelresistenten 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.

[0094] 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.

[0095] 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.

[0096] 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.

[0097] 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.

[0098] 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.

[0099] **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.

[0100] 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.

[0101] 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.

[0102] 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.

[0103] 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.

[0104] 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.

[0105] 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.

[0106] Die erste und dritte Schichtstruktur **224**, **322** können beispielsweise als bewegliche Membranstrukturen 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.

[0107] 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.

[0108] 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.

[0109] **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.

[0110] 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.

[0111] 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 **244-2** 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.

[0112] 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**.

[0113] 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.

[0114] 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.

[0115] 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 Isolationsschichten **326-1**, **326-2** umgeben bzw. in denselben eingebettet sein.

[0116] 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.

[0117] **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.

[0118] 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 Ätzstopfstrukturen **240**, **340** als auch der Segmentierungen **244**, **245** bzw. **246** vermieden werden, d. h. sowohl die Ätzstopfstrukturen **240**, **340** als auch die Segmentierungen können jeweils vollständig umlaufend als auch vollständig geschlossen, d. h. unterbrechungsfrei, ausgebildet sein.

[0119] Die extern vorgesehenen Elektrodenstrukturen ermöglichen somit eine Beibehaltung der Achsen- bzw. Axialsymmetrie der beispielsweise kreisförmig ausgebildeten Schichtstrukturen **224**, **226** und **322**.

[0120] Im Folgenden wird nun anhand von **Fig. 10** ein Ausführungsbeispiel eines MEMS-Bauelements **200** beschrieben.

[0121] 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.

[0122] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die ätzmittelresistente Wandstruktur **240**, **241**, **340** als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich **230-1** angeordnet.

[0123] 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.

[0124] Gemäß einem Ausführungsbeispiel ist die erste Schichtstruktur **224** als eine starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet, wobei die zweite Schichtstruktur **226** als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

[0125] 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.

[0126] 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.

[0127] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur **340** eine weitere Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialschichten auf.

[0128] 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.

[0129] 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.

[0130] 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.

[0131] 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.

[0132] Im Folgenden werden nochmals einige der Ausführungsbeispiele des vorliegenden Verfahrens zur Herstellung eines MEMS-Bauelements **200** bzw. der dazu bereitgestellten Schichtanordnung **220** beschrieben.

[0133] So kann die wandförmig ausgebildete Ätzstoppstruktur **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 Ätzvorgang resistenten Material gebildet werden.

[0134] Das Opferschichtmaterial kann beispielsweise Siliziumoxid aufweisen und mit Flusssäure (HF) geätzt werden. In diesem Fall können die äußeren bzw. außen liegenden Abschnitte der wandförmigen Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340**, die mit dem bei dem Ätzvorgang verwendeten Ätzmittel in Kontakt kommen, beispielsweise ein Poly-Siliziummaterial oder ein Siliziumnitridmaterial aufweisen.

[0135] Die wandförmige Ätzstoppstruktur **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.

[0136] Falls in einer der Schichtstrukturen **224**, **226**, **322** eine Segmentierung vorgesehen ist, und die wandförmige Ätzstoppstruktur **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 Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340** beispielsweise innerhalb des segmentierten Bereichs angeordnet sein.

[0137] Falls die wandförmige Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340** aus einem dielektrischen Material gebildet ist, kann die Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340** vom elektrischen Standpunkt aus innerhalb des segmentierten Bereichs oder außerhalb des segmentierten Bereichs angeordnet sein.

[0138] Gemäß Ausführungsbeispielen kann die wandförmige Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340** kontinuierlich oder im Wesentlichen kontinuierlich mit kleinen Diskontinuitäten bzw. Unterbrechungen ausgebildet sein. Im Fall des Vorsehens von Unterbrechungen in der umlaufenden Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340** können die einzelnen Endbereiche bzw. Randbereiche der Ätzstoppstruktur **240**, **241**, **340** gekrümmt ausgebildet sein, z. B. nach außen gekrümmt ausgebildet sein.

[0139] Die Ätzstoppstruktur **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.

[0140] Ferner kann die zusätzliche Ätzstoppstruktur **241** in dem gleichen Zwischenraum bzw. Zwischenbereich zur Definition des Freilegungsbereichs vorgesehen sein, d. h. innerhalb der umlaufenden Ätzstoppstruktur **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.

[0141] 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.

[0142] Ferner kann bei einer Konfiguration mit zwei außen liegenden Schichtstrukturen **224**, **322** und einer dazwischen angeordneten weiteren Schichtstruktur **226** eine wandförmige Ätzstoppstruktur 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.

[0143] 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.

[0144] Zusätzliche Ausführungsbeispiele und Aspekte der Erfindung werden beschrieben, die einzeln oder in Kombination mit den hierin beschriebenen Merkmalen und Funktionalitäten verwendet werden können.

[0145] 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 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 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.

[0146] 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.

[0147] 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.

[0148] 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**.

[0149] 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.

[0150] 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.

[0151] 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**.

[0152] 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.

[0153] 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.

[0154] 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.

[0155] 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 **330-2** verbleibende Opfermaterial **332** zur mechanischen Verbindung zwischen

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

[0156] 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**.

[0157] 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.

[0158] 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.

[0159] 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.

[0160] 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.

[0161] 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.

[0162] 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.

[0163] 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.

[0164] 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.

[0165] 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.

[0166] 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.

[0167] 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 weitere, umlaufende ätzmittelresistente Wandstruktur **340** angrenzend an den weiteren Randbereich **330-2** lateral versetzt zueinander angeordnet sein.

[0168] 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.

[0169] 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.

[0170] Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, so dass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

[0171] Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass die Erfindung lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren (100) für ein MEMS-Bau-element (200) mit folgenden Schritten:

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 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.

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 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 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).

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 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.

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 Schichtstruktur (224) als Gegenelektrodenstruktur ausgebildet ist, und wobei die zweite Schichtstruktur (226) als auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

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

10. Herstellungsverfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schichtanordnung (220) eine dritte Schichtstruktur (322) aufweist, 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.

11. Herstellungsverfahren (100) nach Anspruch 10, wobei zwischen der zweiten und dritten 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 Ätzzvorgang 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.

12. 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 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 Ätzzvorgang 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 Ätzzvorgang resistenten Füllmaterialstruktur in die umlaufende Durchgangsöffnung, und

Bilden der ersten Schichtstruktur 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 (241) durch Einbringen einer Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialien in die weitere, umlaufende Durchgangsöffnung.

15. Herstellungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei 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 sind.

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

einer 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.

17. MEMS-Bauelement (200) gemäß Anspruch 16, wobei die ätzmittelresistente Wandstruktur (240, 241, 340) als ein umlaufender Wandbereich um den Freilegungsbereich (230-1) angeordnet ist.

18. MEMS-Bauelement (200) gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei die Schichtanordnung (220) in dem Freilegungsbereich (230-1) eine zusätzliche ätzmittelresistente Wandstruktur (241) aufweist, die zwischen der ersten und zweiten Schichtstruktur (224, 226) angeordnet ist.

19. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei die erste Schichtstruktur (224) als eine starre Gegenelektrodenstruktur ausgebildet ist, und wobei die zweite Schichtstruktur (226) als eine auslenkbare Membranstruktur ausgebildet ist.

20. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei die Schichtanordnung (220) eine dritte Schichtstruktur (322) aufweist, 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.

21. MEMS-Bauelement (200) gemäß Anspruch 20, wobei 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 ist.

22. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 20 oder 21, wobei die weitere ätzmittelresistente Wandstruktur (340) eine weitere Schichtfolge aus mehreren Füllmaterialschichten aufweist.

23. MEMS-Bauelement (200) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 22, 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.

24. MEMS-Bauelement (200) nach einem der Ansprüche 16 bis 23, wobei die erste und dritte Schichtstruktur (224, 322) als Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet sind, und wobei die zweite Schichtstruktur (226) als auslenkbare Membranstruktur zwischen den Gegenelektrodenstrukturen ausgebildet ist.

25. MEMS-Bauelement (300) gemäß einem der Ansprüche 16 bis 23, wobei die erste und dritte Schichtstruktur (224, 322) als eine erste und zweite Membranstruktur ausgebildet sind, und wobei die zweite Schichtstruktur (226) als eine zwischen der ersten und zweiten Membranstruktur angeordnete Gegenelektrodenstruktur ausgebildet sind.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

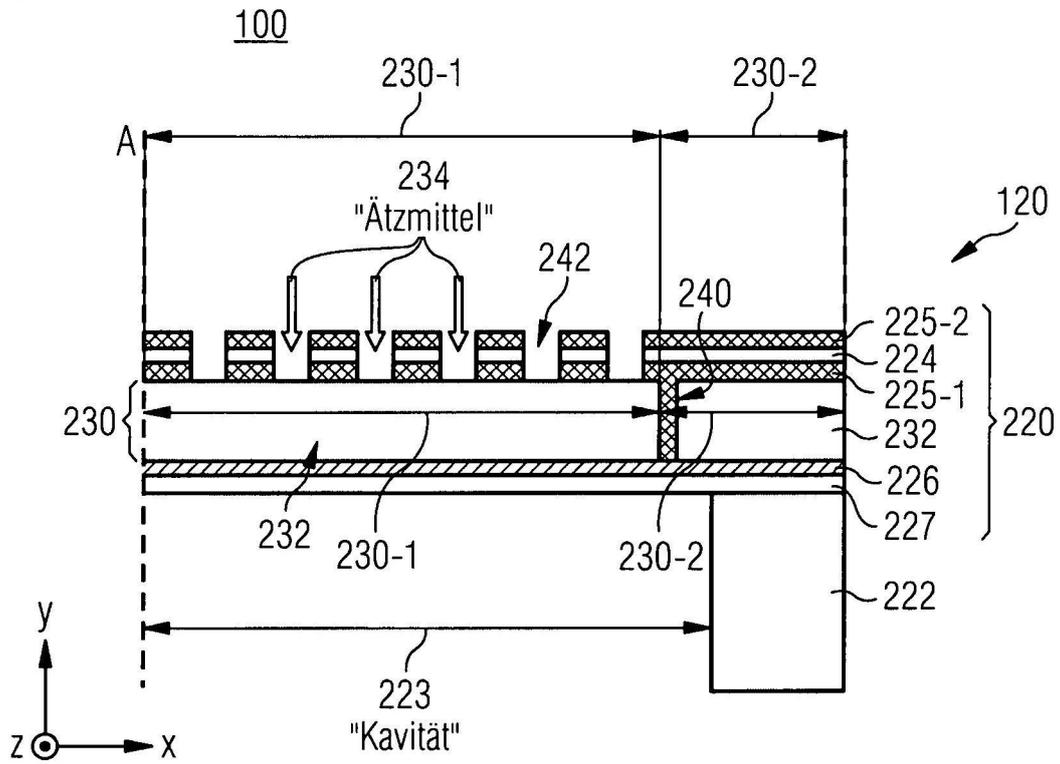


FIG 1B

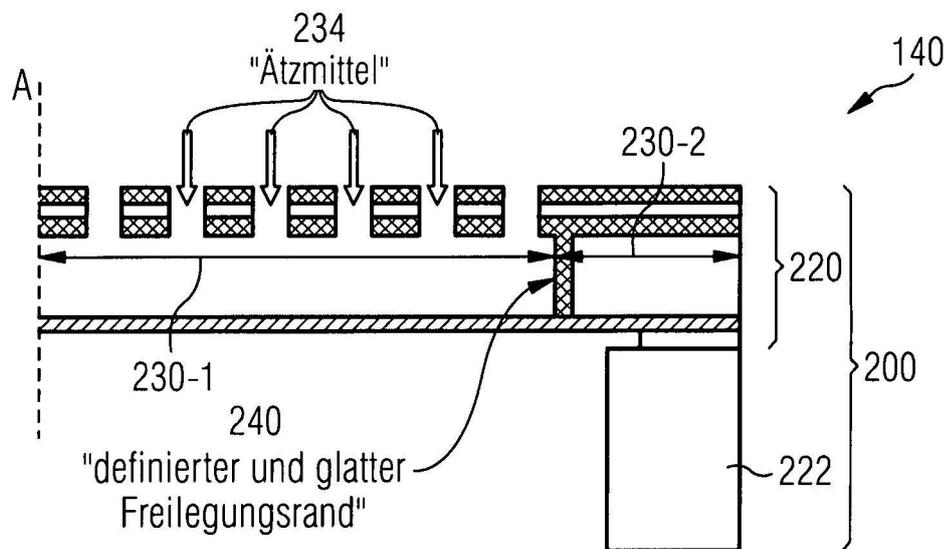


FIG 2A

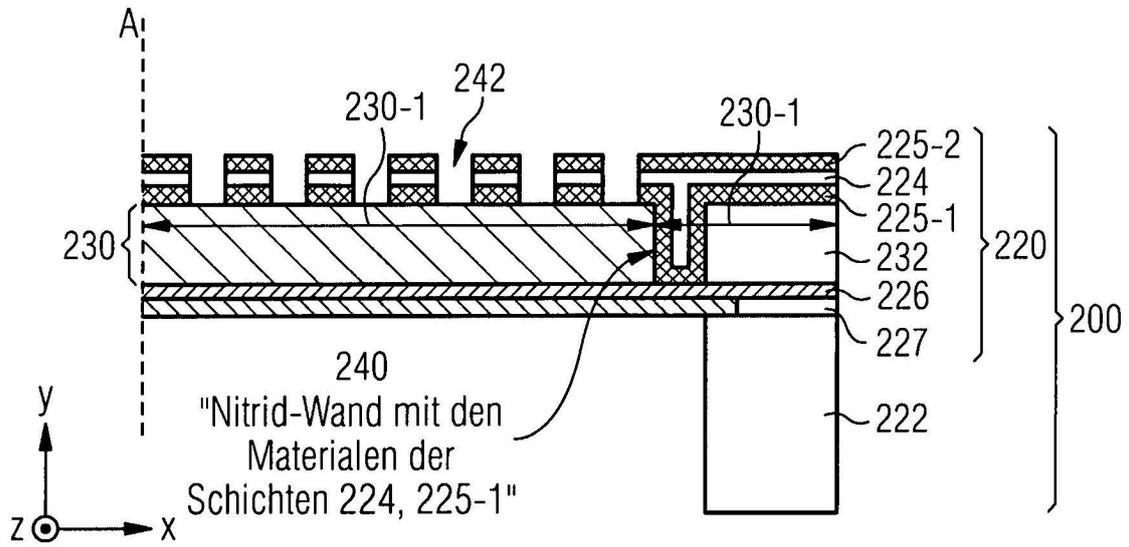


FIG 2B

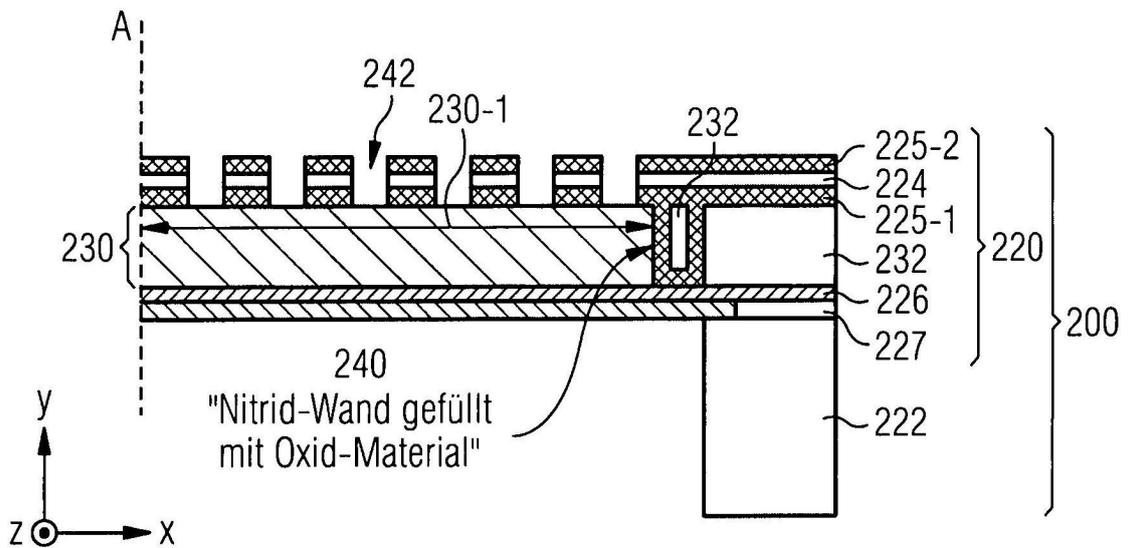


FIG 2C

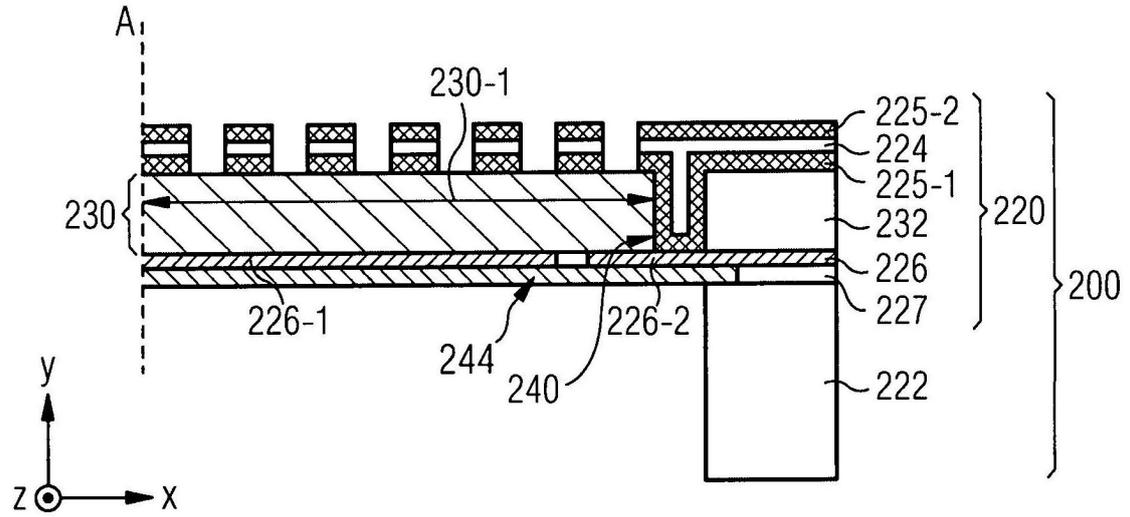


FIG 2D

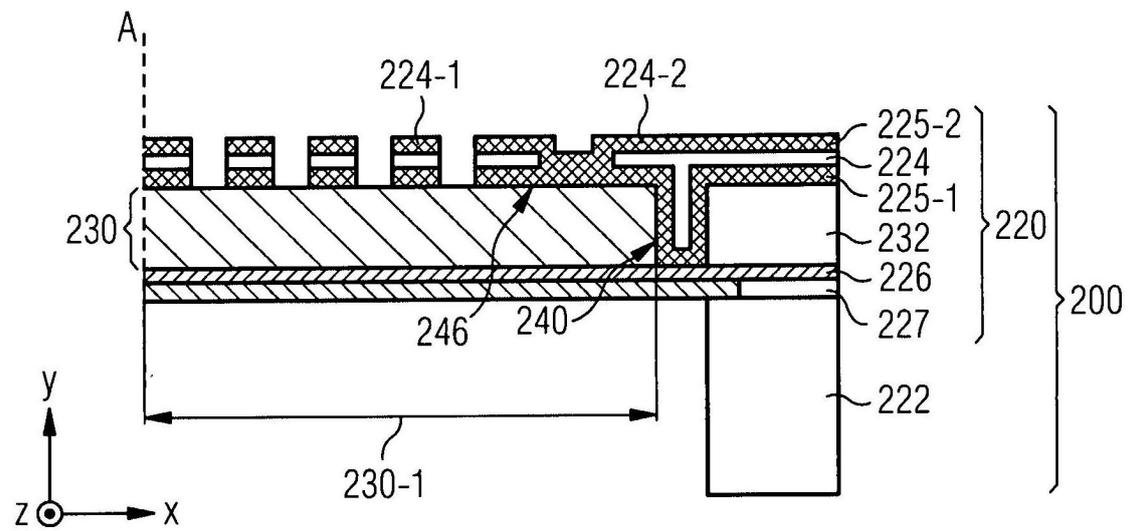


FIG 2E

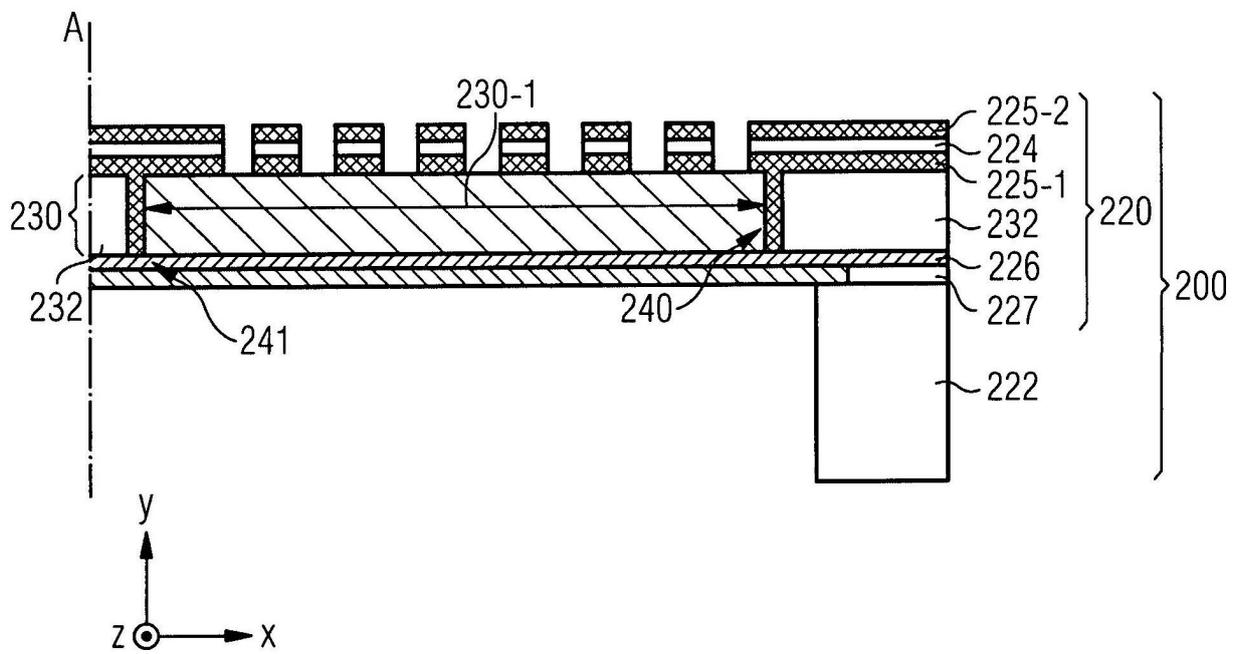


FIG 3

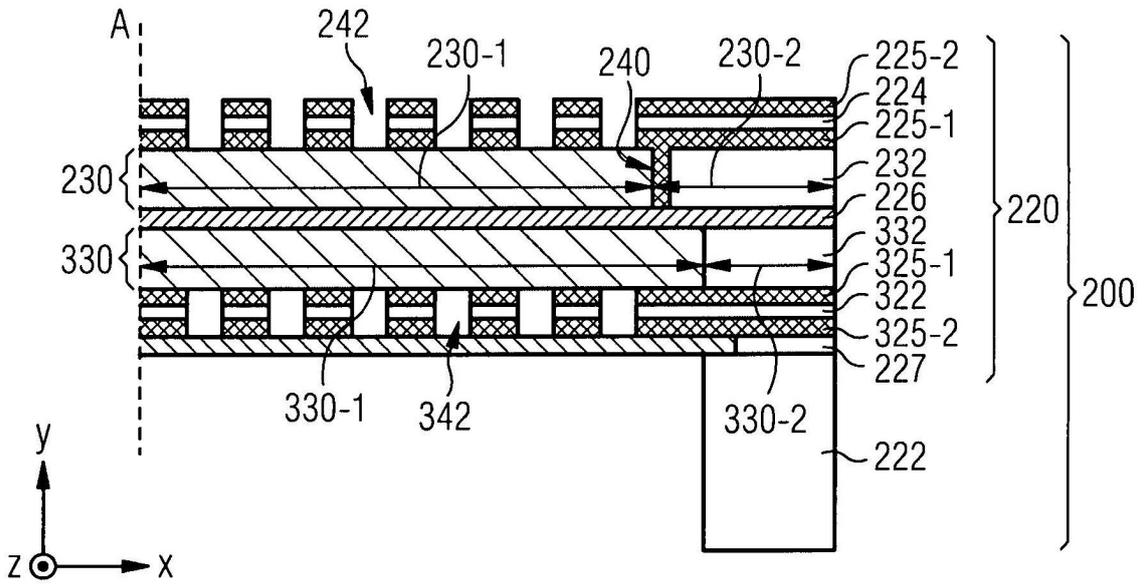


FIG 4

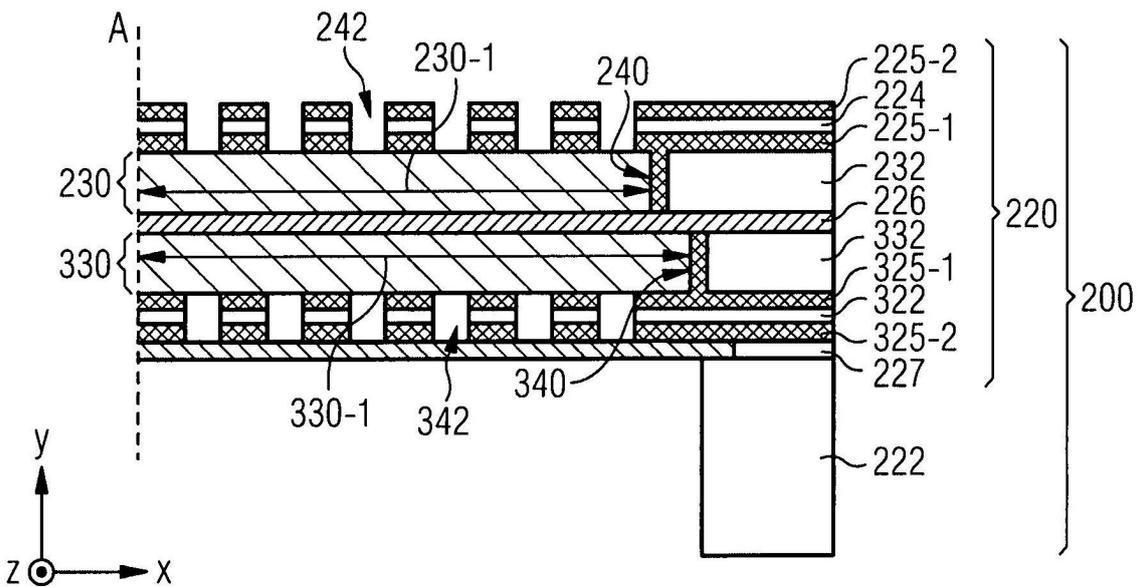


FIG 5A

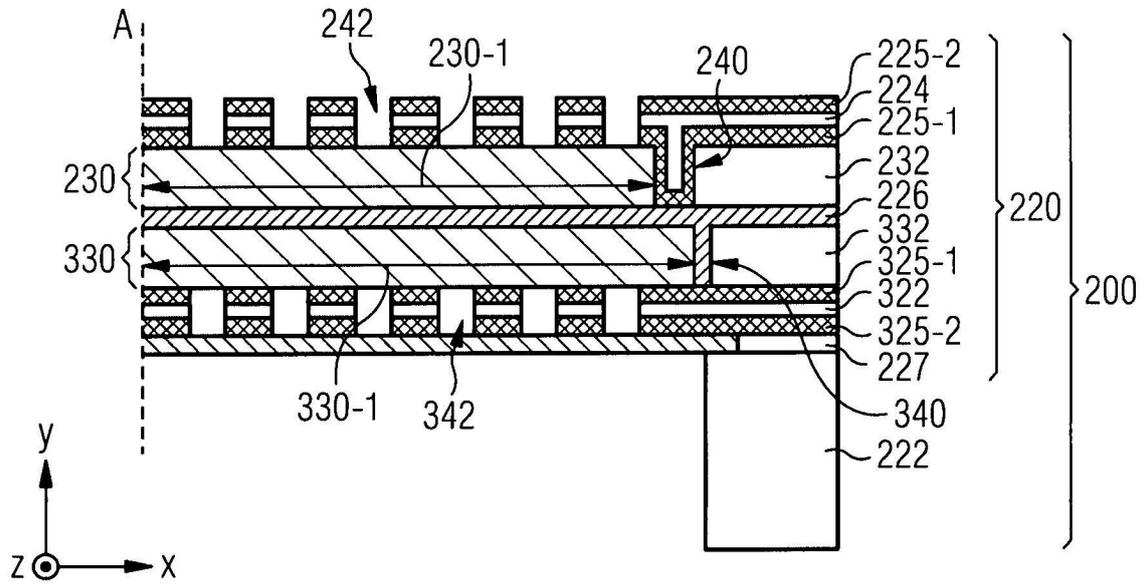


FIG 5B

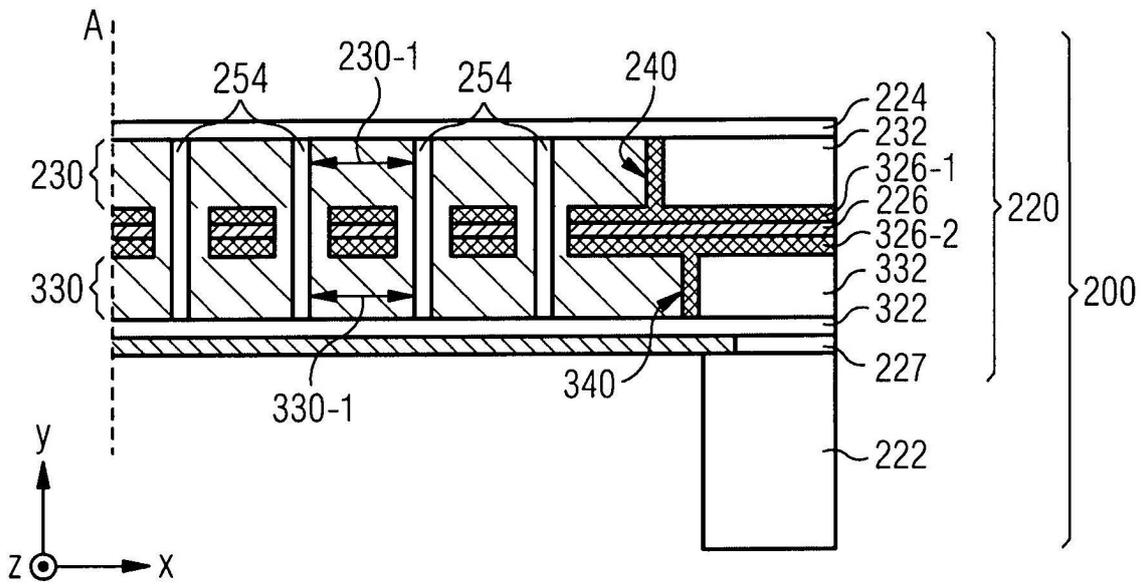


FIG 6A

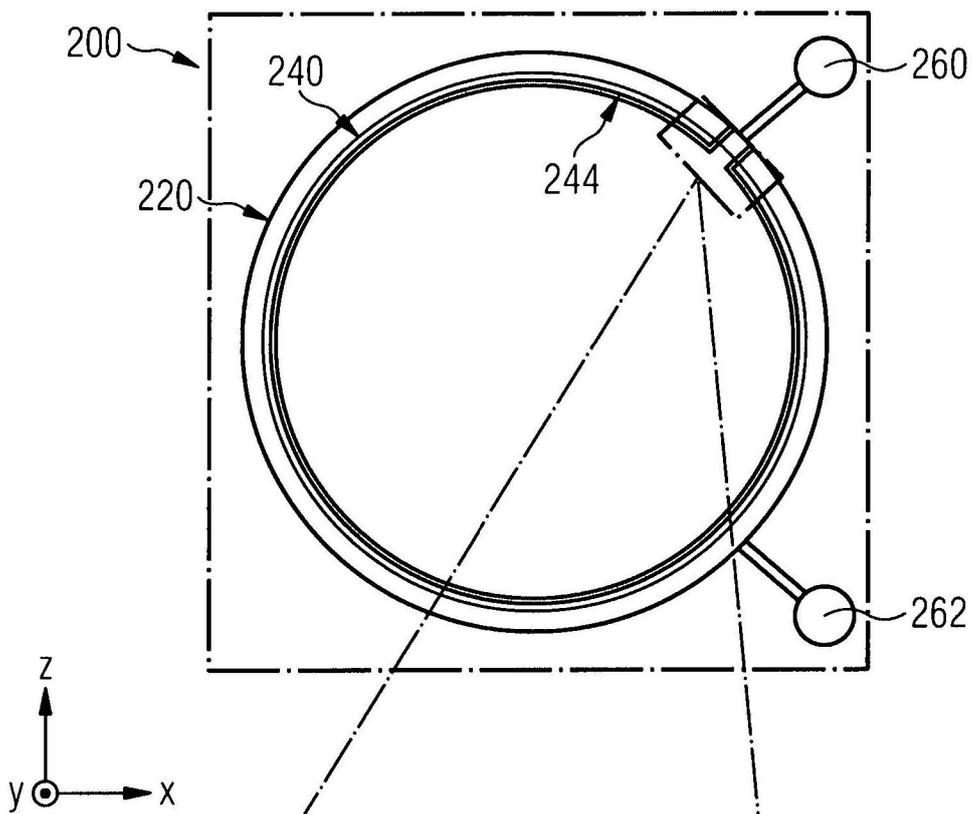


FIG 6B

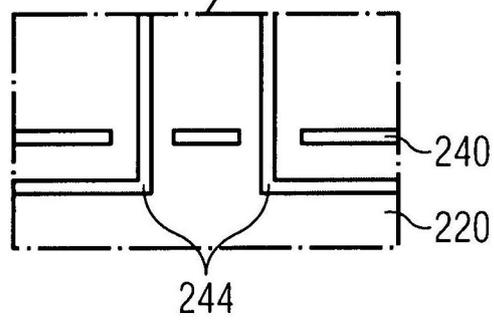


FIG 6C

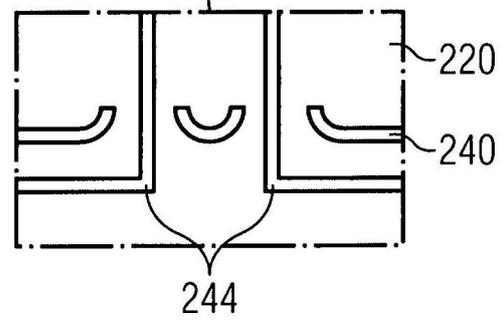


FIG 7A

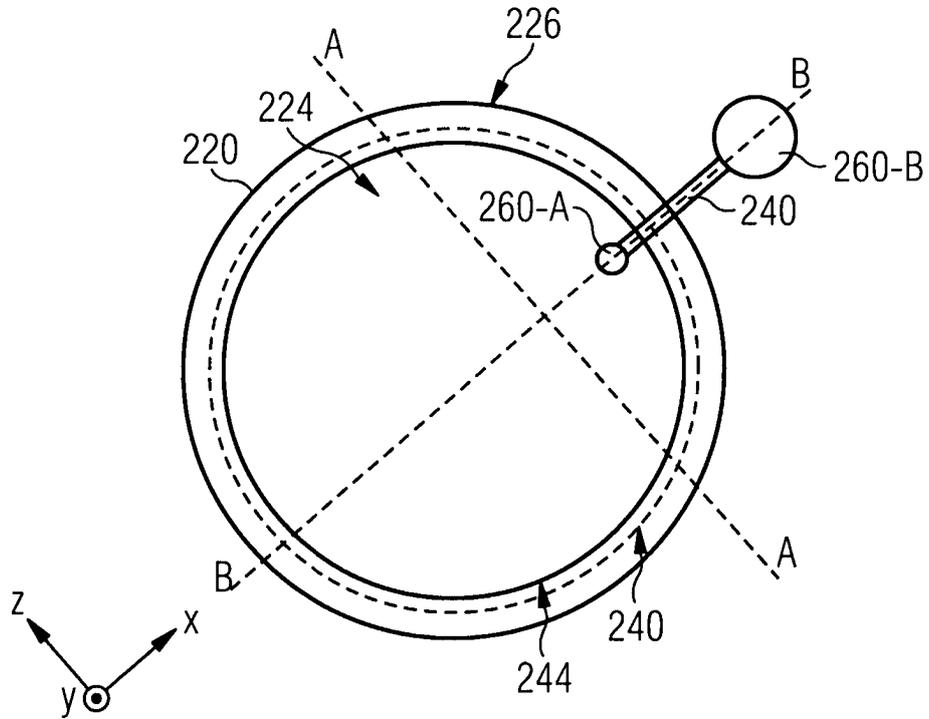


FIG 7B

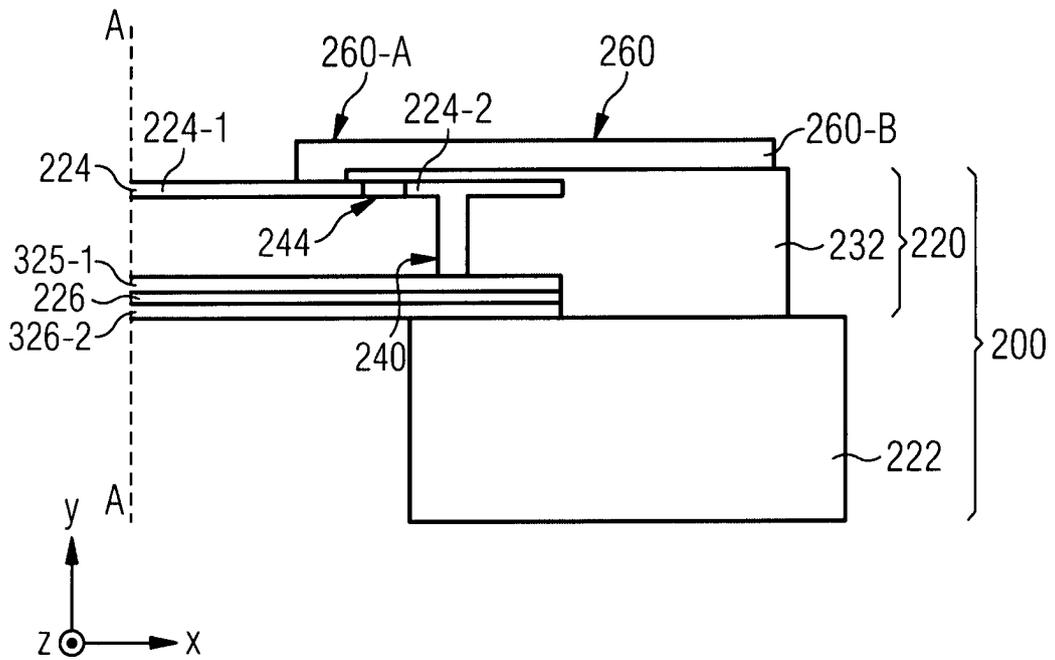


FIG 8A

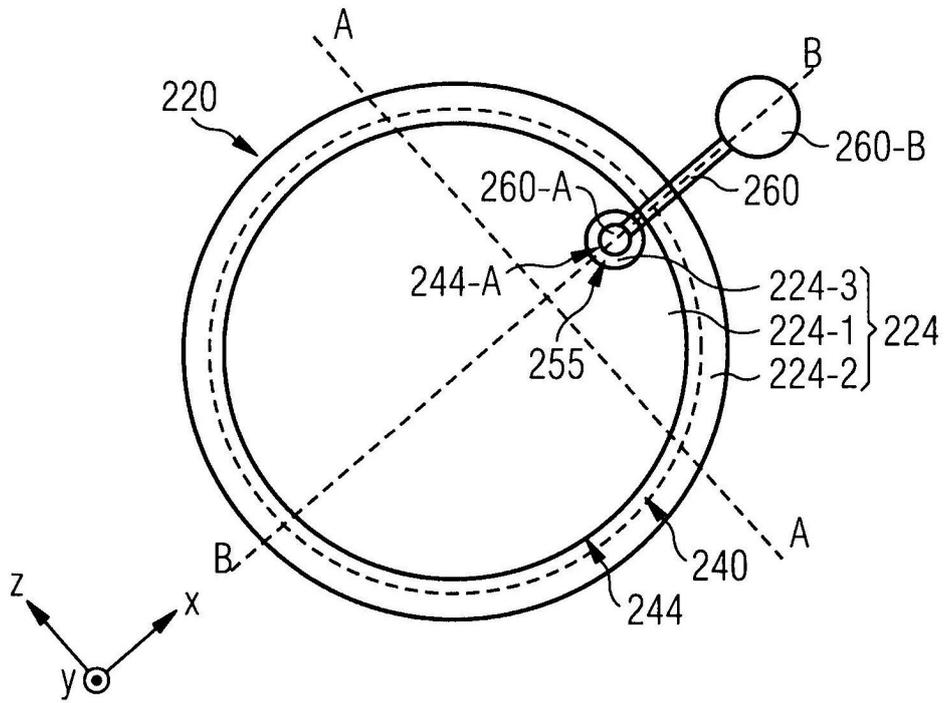


FIG 8B

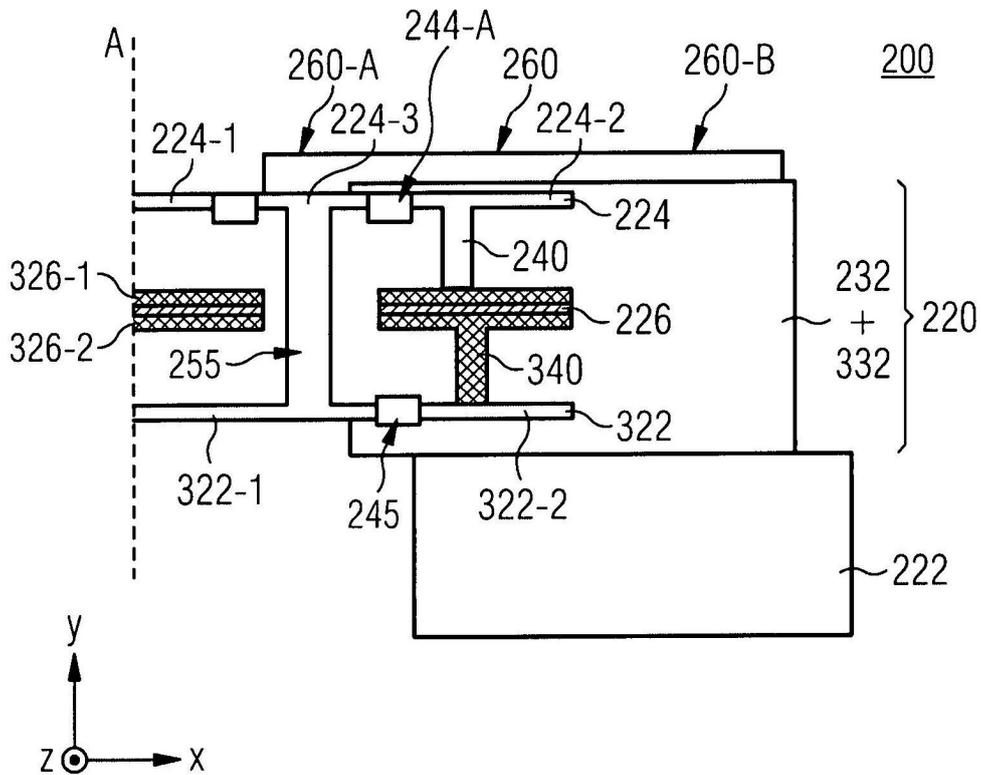


FIG 9

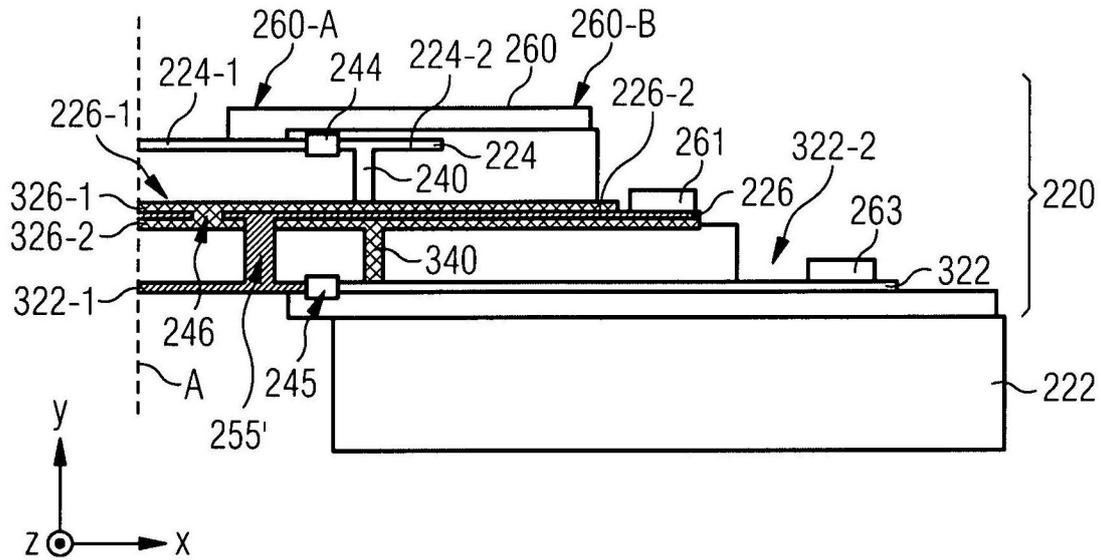


FIG 10

