



(10) **DE 10 2016 123 130 B4** 2020.12.10

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 123 130.4**
(22) Anmeldetag: **30.11.2016**
(43) Offenlegungstag: **30.05.2018**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.12.2020**

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

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

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies Austria AG, Villach, AT

(74) Vertreter:
**Viering, Jentschura & Partner mbB Patent- und
Rechtsanwälte, 01099 Dresden, DE**

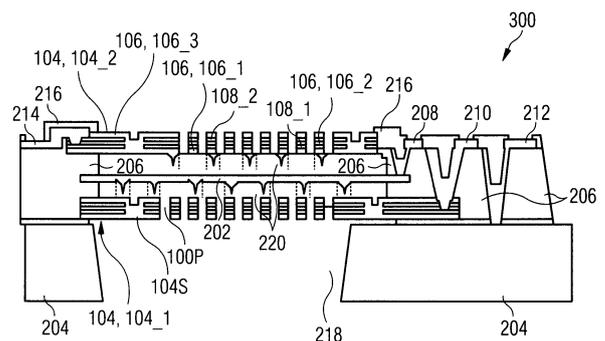
(72) Erfinder:
**Jost, Stefan, 81825 München, DE; Friza,
Wolfgang, Villach, AT; Pirk, Soenke, Villach, AT;
Geissler, Stefan, 93047 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 10 342	A1
DE	10 2014 212 340	A1
DE	10 2015 122 781	A1
GB	2 467 776	A
US	2012 / 0 225 259	A1
US	2013 / 0 177 180	A1
US	5 596 222	A
WO	2014/ 193 954	A1

(54) Bezeichnung: **MEMS-Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung**

(57) Hauptanspruch: MEMS-Vorrichtung (200), aufweisend:
eine Membran (202);
eine beabstandet zur Membran (202) unterhalb der Membran (202) angeordnete untere Elektrode (104₁), und
eine beabstandet zur Membran (202) oberhalb der Membran (202) angeordnete obere Elektrode (104, 104₂);
wobei die untere Elektrode (104₁) und/oder die obere Elektrode (104₂) einen Schichtstapel aufweist, der Schichtstapel aufweisend:
eine erste Isolierschicht (106₁);
eine darüber angeordnete erste leitfähige Schicht (108₁);
eine darüber angeordnete zweite Isolierschicht (106₂);
eine darüber angeordnete zweite leitfähige Schicht (108₂);
; und
eine darüber angeordnete dritte Isolierschicht (106₃);
wobei die erste Isolierschicht (106₁), die zweite Isolierschicht (106₂) und/oder die dritte Isolierschicht (106₃) Siliziumnitrid aufweist oder daraus besteht;
wobei die erste leitfähige Schicht (108₁) und/oder die zweite leitfähige Schicht (108₂) Polysilizium aufweist.



Beschreibung

[0001] Verschiedene Ausführungsformen betreffen im Allgemeinen eine MEMS-Vorrichtung und ein Verfahren zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung.

[0002] Eine MEMS-Vorrichtung kann beispielsweise als Mikrofon oder als Lautsprecher genutzt werden. Eine solche MEMS-Vorrichtung kann beispielsweise mit einer Membran und entweder einer oder zwei Elektroden, die auch als Rückplatten oder Rückplattenelektroden oder mit den entsprechenden englischen Begriffen Backplate oder Backplate-Elektrode bezeichnet werden, gestaltet sein. Die Membran kann von der Elektrode bzw. den beiden Elektroden durch (jeweils) einen Luftspalt getrennt sein. Schall wird in elektrische Signale durch ein Detektieren der variierenden Kapazität zwischen der Membran und der bzw. den Elektroden umgewandelt, wenn die Membran als Antwort auf Schallwellen schwingt, bzw. umgekehrt.

[0003] Bei bisher realisierten Membrangrößen mit einem Durchmesser im Bereich 700 bis 900 µm kann eine ausreichende Steifigkeit der Elektrode(n) durch einen Aufbau Siliziumnitrid 140 nm / poly-Silizium 330 nm / Siliziumnitrid 140nm gewährleistet sein. Für eine Vergrößerung des Membrandurchmessers, mit welchem eine Verbesserung eines Signal-RauschVerhältnisses erreicht werden könnte, könnte eine Erhöhung der Steifigkeit der Elektrode(n) notwendig sein. Die Steifigkeit kann im Wesentlichen durch die beiden Nitridschichten mit hoher intrinsischer Zugspannung definiert sein.

[0004] Für eine weitere Versteifung der Elektrode(n) könnte eine Erhöhung der Schichtdicken der einzelnen Schichten in Betracht gezogen werden. Dies könnte folgende Limitierungen haben: Beispielsweise kann eine Skalierung der Schichtdicken insbes. von Nitrid nur in beschränktem Maße möglich sein. Beim eingesetzten LPCVD Nitrid kann ein Limit der Einzelprozesstechnik in einem Bereich einer Schichtdicke von ca. 160 nm erreicht sein. Bei einer Anwendung eines anderen Prozesses kann möglicherweise eine maximale Schichtdicke von ca. 300 nm erreichbar sein. Eine Anhebung der Nitridschichten von 140 auf 160 nm wird als nicht ausreichend für die Versteifung der hochskalierten Elektroden betrachtet, und abhängig beispielsweise von einer angestrebten Membrangröße kann auch eine Schichtdicke von 300 nm möglicherweise nicht ausreichend sein für die Versteifung der hochskalierten Elektroden.

[0005] Eine Skalierung der poly-Silizium Dicke zeigt selbst bei einer deutlichen Anhebung auf 920 nm nur einen relativ schwachen Effekt auf die Versteifung der Elektrode. Dies kann sowohl anhand von Simulationsergebnissen (siehe Tabelle unten), als auch durch ein Fertigen des Systems mit höherer Dicke des poly-Siliziums (990 nm) geschlossen werden.

[0006] Die WO 214/193954 A1 offenbart eine MEMS-Vorrichtung mit einer Membran und einer verstärkten Backplate, die eine erste Schicht und eine damit verbundene zweite Schicht aufweist.

[0007] Die DE 103 10 342 A1 offenbart einen einstellbaren Kondensator, der eine stationäre und eine bewegliche Elektrode und eine dielektrische Schicht zwischen der festen Elektrode und der beweglichen Elektrode aufweist.

[0008] Die DE 10 2015 122 781 A1 offenbart ein Kondensatormikrofon mit einer Rückplatte, bei welcher jede leitfähige Oberfläche mit Isoliermaterial bedeckt sein kann.

[0009] Die DE 10 2014 212 340 A1 offenbart ein MEMS-Mikrofon mit einem ersten Membranelement, einem Gegenelektrodenelement und einem Niederdruckbereich zwischen dem ersten Membranelement und dem Gegenelektrodenelement, wobei der Niederdruckbereich einen Druck hat, der kleiner als ein Umgebungsdruck ist.

[0010] Eine MEMS-Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung gemäß Anspruch 19 werden bereitgestellt. Weitere Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0011] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine Steifigkeit von mindestens einer Elektrode durch das Verwenden eines Mehrlagenschichtstapels (auch als „Multistack Backplate“ oder kurz als Schichtstapel bezeichnet) erhöht werden. Dabei kann der Mehrlagenschichtstapel mehr Schichten aufweisen als die herkömmliche Anordnung von zwei Isolierschichten mit einer dazwischen angeordneten leitfähigen Schicht. Beispielsweise kann der Mehrlagenschichtstapel mindestens eine zusätzliche leitfähige Schicht und mindestens eine zusätzliche Isolierschicht aufweisen.

[0012] Durch einen Einbau mehrerer (z.B. von mehr als zwei) Nitridschichten kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen die Steifigkeit der Elektrode(n) deutlich erhöht werden. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine Summe von Dicken der Nitridschichten (oder allgemein Isolierschichten, wobei die Isolierschichten eine vergleichsweise hohe intrinsische Zugspannung aufweisen können) gegenüber einer Summe von Dicken von (zwei) Nitridschichten einer herkömmlichen Elektrode erhöht sein, ohne dabei die Dicke einer einzelnen Nitridschicht zu erhöhen (z.B. über eine technisch maximal mögliche/sinnvolle Dicke hinaus zu erhöhen). Beispielsweise kann die Summe der Dicken der mehr als zwei Isolierschichten (Nitridschichten) größer als 320 nm sein.

[0013] In verschiedenen Ausführungsformen kann der Schichtstapel Siliziumnitrid (z.B. mit einer Dicke von 140 nm) / poly-Silizium (z.B. mit einer Dicke von 330 nm) / Siliziumnitrid (z.B. mit einer Dicke von 140 nm) / poly-Silizium (z.B. mit einer Dicke von 330 nm) / Siliziumnitrid (z.B. mit einer Dicke von 140 nm) aufweisen. Sofern die MEMS-Vorrichtung zwei Elektroden aufweist, auch als Doppelelektrode oder als Doppel-Rückplatte bezeichnet, kann dieser Aufbau in verschiedenen Ausführungsbeispielen für beide Elektroden realisiert sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen können bei den zwei Elektroden verschiedene Gestaltungen des Aufbaus verwendet werden.

[0014] In Simulationen kann gezeigt werden, dass durch einen Übergang zu einem Mehrfachstapel die Steifigkeit der Elektrode deutlich erhöht werden kann, beispielsweise mehr als bei einer Erhöhung der Einzelschichtdicken bei Beibehaltung des üblichen Aufbaus der Elektrode mit Siliziumnitrid / poly-Si / Siliziumnitrid. Als eine Bewertungsgröße als Maß für die Steifigkeit der der Elektrode(n) kann hierbei eine Nachgiebigkeit (auch als Compliance bezeichnet) verwendet werden. Dies ist in der folgenden Tabelle dargestellt, welche Simulationsergebnisse zur Elektrodensteifigkeit bei einem Mehrlagenschichtstapel vergleicht mit einem Standardaufbau und mit einem Aufbau mit erhöhter Einzelschichtdicke:

Elektrodenvariante	Referenz (Standard-Elektrode Si_3N_4 / Polysilizium/ Si_3N_4) (siehe Fig. 1A)	Erhöhte PolysiliziumDicke (Si_3N_4 / Polysilizium/ Si_3N_4) (siehe Fig. 1B)	Mehrschichtelektrode (3 Lagen Si_3N_4 , 2 Lagen Polysilizium) (siehe Fig. 1C)
Nachgiebigkeit obere Elektrode [nm/Pa]	2,54	1,86	1,63
Nachgiebigkeit untere Elektrode [nm/Pa]	2,55	1,85	1,63

[0015] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann bei Nutzung des Mehrlagenschichtstapels eine nötige Steifigkeit bei einer relativ geringen Gesamtschichtdicke der Elektrode(n) realisiert werden. Dies kann dahingehend vorteilhaft sein, dass ein Rauschbeitrag der Elektrode minimiert sein kann und demzufolge ein Signal-zu-Rausch-Verhältnis optimiert sein kann.

[0016] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann durch ein Verwenden eines Mehrlagenschichtstapels eine Steifigkeit der Elektrode erhöht werden.

[0017] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann durch einen Einbau mehrerer Nitridschichten eine Steifigkeit der Elektrode deutlich erhöht werden. Dies kann möglich sein bei vergleichsweise (z.B. verglichen mit einer Gesamtdicke einer Elektrode **102**, bei welcher die Einzelschichten so dick gestaltet sind, dass eine zumindest annähernd der Elektrode **104** ähnlicher Steifigkeitswert erreicht wird, was ja selbst bei einer Polysiliziumdicke von 920 nm noch nicht erreicht ist) geringer Gesamtdicke der Elektrode, was Vorteile im Rauschverhalten mit sich bringen kann (eine Reduktion eines Rauschbeitrags der der Elektrode(n)).

[0018] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Mehrlagenschichtstapel fünf Lagen aufweisen, beispielsweise drei Lagen Nitrid, z.B. Siliziumnitrid, und zwei Lagen Polysilizium. Dabei können das Nitrid und das Polysilizium abwechselnd über-, z.B. aufeinander angeordnet sein, z.B. Siliziumnitrid 140 nm / Polysilizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm / Polysilizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm (siehe z.B. **Fig. 1C** und **Fig. 3**). Demgegenüber kann bei einer herkömmlichen Elektrode beispielsweise ein System aus drei Lagen verwendet werden, z.B. Siliziumnitrid 140 nm / Polysilizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm (siehe z.B. **Fig. 1A** und **Fig. 2**).

[0019] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Mehrlagenschichtstapel mehr als fünf Lagen aufweisen.

[0020] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Isoliermaterial ein dielektrisches Material sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine elektrische Leitfähigkeit des Isoliermaterials ähnlich der von Siliziumnitrid sein.

[0021] Das Isoliermaterial kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein anderes Material als Siliziumnitrid aufweisen, beispielsweise ein Material mit hoher intrinsischer Zugspannung, beispielsweise mit einer intrinsischen Zugspannung, die ähnlich der von Siliziumnitrid ist.

[0022] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das elektrisch leitfähige Material ein anderes Material als Polysilizium aufweisen.

[0023] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird eine MEMS-Vorrichtung bereitgestellt. Die MEMS-Vorrichtung kann aufweisen: eine Membran und mindestens eine beabstandet zur Membran angeordnete Elektrode, wobei die mindestens eine Elektrode einen Schichtstapel aufweisen kann, der Schichtstapel aufweisend: eine erste Isolierschicht, eine darüber angeordnete erste leitfähige Schicht, eine darüber angeordnete zweite Isolierschicht, eine darüber angeordnete zweite leitfähige Schicht und eine darüber angeordnete dritte Isolierschicht.

[0024] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Membran einen Durchmesser von mehr als 900 µm aufweisen.

[0025] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Isolierschicht, die zweite Isolierschicht und/oder die dritte Isolierschicht Siliziumnitrid aufweisen oder daraus bestehen.

[0026] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste leitfähige Schicht und/oder die zweite leitfähige Schicht Polysilizium aufweisen.

[0027] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die erste Isolierschicht, die zweite Isolierschicht und/oder die dritte Isolierschicht eine Dicke in einem Bereich von 20 nm bis 300 nm aufweisen.

[0028] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine Dicke der ersten leitfähigen Schicht größer sein als eine Dicke der zweiten leitfähigen Schicht.

[0029] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine Dicke der ersten leitfähigen Schicht gleich sein einer Dicke der zweiten leitfähigen Schicht

[0030] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die zweite leitfähige Schicht der Membran näher sein als die erste leitfähige Schicht.

[0031] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die MEMS-Vorrichtung ferner einen elektrischen Kontakt, welcher die erste leitfähige Schicht und die zweite leitfähige Schicht elektrisch leitend miteinander verbindet, aufweisen.

[0032] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der elektrische Kontakt sich von einer Oberfläche des Schichtstapels durch eine der leitfähigen Schichten zur anderen der leitfähigen Schichten erstrecken.

[0033] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Schichtstapel eine Dicke in einem Bereich von 100 nm bis 2,9 µm aufweisen.

[0034] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die mindestens eine Elektrode eine erste Elektrode auf einer ersten Seite der Membran und eine zweite Elektrode auf einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite der Membran aufweisen.

[0035] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die mindestens eine Elektrode einen ersten Bereich aufweisen, welcher den Schichtstapel aufweist, und einen zweiten Bereich, in oder durch welchen sich mindestens eine der Schichten des Schichtstapels erstreckt, sich aber nicht alle Schichten des Schichtstapels erstrecken.

[0036] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der erste Bereich einen Randbereich der Elektrode aufweisen oder daraus bestehen, und der zweite Bereich kann einen Zentralbereich der Elektrode aufweisen oder daraus bestehen.

[0037] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die MEMS-Vorrichtung ferner eine Aufhängung aufweisen, wobei die Membran und die mindestens eine Elektrode von der Aufhängung gehalten sind, z.B. daran aufgehängt sind.

[0038] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Aufhängung eine Öffnung aufweisen, wobei die Membran und die mindestens eine Elektrode mit ihrem jeweiligen Randbereich mit der Aufhängung verbunden sind und mit ihrem jeweiligen Zentralbereich in der zentralen Öffnung der Aufhängung freiliegen.

[0039] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die mindestens eine Elektrode mindestens eine Perforation aufweisen.

[0040] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die MEMS-Vorrichtung ferner mindestens eine über der dritten Isolierschicht angeordnete weitere elektrisch leitfähige Schicht aufweisen.

[0041] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die MEMS-Vorrichtung ferner mindestens eine über der weiteren elektrisch leitfähigen Schicht angeordnete weitere Isolierschicht aufweisen.

[0042] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Summe von Dicken der Isolierschichten größer als 320 nm sein.

[0043] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird ein Verfahren zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung bereitgestellt, das Verfahren aufweisend ein Bilden einer Membran und

[0044] ein Bilden mindestens einer Elektrode in einem Abstand zur Membran, wobei das Bilden der mindestens einen Elektrode aufweisen kann: Bilden einer ersten Isolierschicht, Bilden einer ersten leitfähigen Schicht über der ersten Isolierschicht, Bilden einer zweiten Isolierschicht über der ersten leitfähigen Schicht, Bilden einer zweiten leitfähigen Schicht über der zweiten Isolierschicht und Bilden einer dritten Isolierschicht über der zweiten leitfähigen Schicht.

[0045] In den Zeichnungen beziehen sich ähnliche Bezugszeichen üblicherweise auf dieselben Teile in allen unterschiedlichen Ansichten, wobei der Übersichtlichkeit wegen teilweise darauf verzichtet wird, sämtliche einander entsprechenden Teile in allen Figuren mit Bezugszeichen zu versehen. Teile derselben oder ähnlicher Art können zur Unterscheidung zusätzlich zu einem gemeinsamen Bezugszeichen mit einer nachgestellten Ziffer versehen sein (beispielsweise 100_1 und 100_2 zur Unterscheidung zweier Elektroden **100**). Die Zeichnungen sollen nicht notwendigerweise eine maßstabgetreue Wiedergabe darstellen, sondern die Betonung liegt vielmehr auf einem Veranschaulichen der Prinzipien der Erfindung. In der folgenden Beschreibung werden verschiedene Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf die folgenden Zeichnungen beschrieben, in denen:

Fig. 1A eine Elektrode einer herkömmlichen MEMS-Vorrichtung zeigt;

Fig. 1B eine Elektrode einer MEMS-Vergleichsvorrichtung zeigt;

Fig. 1C eine Elektrode einer MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen zeigt;

Fig. 2 ein Doppel-Elektroden-Kondensatormikrofonsystem zeigt;

Fig. 3 eine MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen zeigt;

Fig. 4 eine MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen zeigt; und

Fig. 5 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen zeigt.

[0046] Die folgende ausführliche Beschreibung bezieht sich auf die begleitenden Zeichnungen, die als Beispiel durch Veranschaulichung bestimmte Details und Ausführungen zeigen, in denen die Erfindung in die Praxis umgesetzt werden kann.

[0047] Das Wort „beispielhaft“ wird hierin in der Bedeutung von „als ein Beispiel, ein Exemplar oder eine Veranschaulichung dienend“ verwendet. Alle hierin als „beispielhaft“ beschriebenen Ausführungsformen oder Ausgestaltungen sind nicht notwendigerweise als bevorzugt oder vorteilhaft anderen Ausführungsformen oder Ausgestaltungen gegenüber zu deuten.

[0048] Das Wort „über“, das mit Bezug auf ein abgelagertes Material verwendet wird, das „über“ einer Seite oder Oberfläche ausgebildet ist, kann hierin in der Bedeutung verwendet werden, dass das abgelagerte Material „direkt darauf“ ausgebildet sein kann d.h. in direktem Kontakt mit der angedeuteten Seite oder Oberfläche. Das Wort „über“ mit Bezug auf ein abgelagertes Material, das „über“ einer Seite oder Oberfläche ausgebildet ist, kann hierin in der Bedeutung verwendet werden, dass das abgelagerte Material „direkt auf“ der angedeuteten Seite oder Oberfläche mit einer oder mehreren Zusatzschichten ausgebildet sein kann, die zwischen der angedeuteten Seite oder Oberfläche und dem abgelagerten Material angeordnet sind.

[0049] Wie hierin verwendet, kann ein „Schaltkreis“ als jede Art einer Logikimplementierungseinheit verstanden werden, die ein Schaltkreis für einen besonderen Zweck oder eine Prozessor-ausführende Software sein kann, die in einem Speicher, einer Firmware oder einer beliebigen Kombination davon gespeichert ist. Ferner kann ein „Schaltkreis“ eine festverdrahtete logische Schaltung oder eine programmierbare logische Schaltung, beispielsweise ein programmierbarer Prozessor, beispielsweise ein Mikroprozessor (beispielsweise ein Prozessor mit großem Befehlsvorrat (CISC) oder ein Prozessor mit reduziertem Befehlsvorrat (RISC)), sein. Eine „Schaltung“ kann auch eine Prozessor-ausführende-Software, beispielsweise alle Arten eines Computerprogramms, beispielsweise ein Computerprogramm, das einen virtuellen Maschinencode, beispielsweise Java, einsetzt, sein. Alle anderen Implementierungsarten der jeweiligen Funktionen, die nachstehend ausführlich beschrieben sein werden, können auch als ein „Schaltkreis“ verstanden werden. Eine Auslegung, dass irgendwelche zwei (oder mehrere) der beschriebenen Schaltkreise zu einem Schaltkreis kombiniert werden können, ist auch möglich.

[0050] Fig. 2 zeigt eine herkömmliche MEMS-Vorrichtung 200 (die z.B. ein Doppel-Elektroden-Kondensator-mikrofonsystem sein kann), bei welchem mindestens eine Elektrode 100, wie sie in Fig. 1A gezeigt ist, verwendet werden kann.

[0051] Die MEMS-Vorrichtung 200 kann eine erste Elektrode 100_1 und eine zweite Elektrode 100_2 aufweisen, die parallel zueinander angeordnet sein können. Die erste Elektrode 100_1 kann auch als die untere Elektrode bezeichnet werden, und die zweite Elektrode 100_2 kann auch als die obere Elektrode bezeichnet werden, wobei diese Bezeichnungen nicht als beschränkend verstanden werden sollten, sondern lediglich einer Unterscheidung der Elektroden in Fig. 2 (und möglicherweise weiteren Figuren) dienen.

[0052] Die MEMS-Vorrichtung 200 kann ferner eine Membran 202 aufweisen. Die Membran 202 kann zwischen der ersten Elektrode 100_1 und der zweiten Elektrode 100_2 angeordnet sein, beispielsweise parallel oder im Wesentlichen parallel zu ihnen.

[0053] Die Membran 202 kann zumindest teilweise bewegbar sein. Der bewegbare Teil der Membran kann in der Lage sein, sich als Reaktion auf eine eintreffende Schallwelle zu bewegen. Beispielsweise kann der bewegbare Teil ausgelenkt, verlagert oder verformt werden.

[0054] Die Membran 202, die erste Elektrode 100_1 und die zweite Elektrode 100_2 können ein elektrisch leitfähiges Material aufweisen oder daraus bestehen.

[0055] Die erste Elektrode 100_1, die zweite Elektrode 100_2 und die Membran 202 können gehalten bzw. gestützt sein bzw. getragen sein von einer Aufhängung 206. Ein Material der Aufhängung 206 kann elektrisch isolierend sein. Beispielsweise kann die Aufhängung 206 ein Oxid aufweisen oder daraus bestehen.

[0056] Die Aufhängung 206 kann auf einem Träger 204, beispielsweise einem Substrat 204, angeordnet sein, beispielsweise von diesem getragen sein. Der Träger 204 kann beispielsweise ein Halbleitersubstrat aufweisen oder daraus bestehen, beispielsweise Silizium oder jedes andere geeignete Halbleitersubstrat.

[0057] Die Elektroden 100_1, 100_2 können Perforationen 100P aufweisen, um zu ermöglichen, dass ein Schalldruck durch die Elektrode 100_1a hindurchtritt und die Membran 202 erreicht und/oder damit von der sich bewegenden Membran verlagerte Luft austreten kann aus einem Bereich zwischen der Membran 202 und der ersten Elektrode bzw. der zweiten Elektrode.

[0058] Ein Hohlraum 218 kann bereitgestellt sein, beispielsweise im Träger, um es dem Luftvolumen, welches von der Membran 202 verlagert wird, zu ermöglichen, sich auszudehnen.

[0059] Wie in Fig. 1A und Fig. 2 dargestellt ist, kann die erste Elektrode 100_1 und/oder die zweite Elektrode 100_2 mehrlagig aufgebaut sein. Beispielsweise kann die erste Elektrode 100_1 bzw. die zweite Elek-

trode **100_2** eine elektrisch leitfähige Schicht **108** aufweisen, beispielsweise eine Polysiliziumschicht, welche auf beiden Hauptseiten mit einer Isolierschicht **106_1** bzw. **106_2**, welche elektrisch isolierend sein kann, beispielsweise jeweils einer Siliziumnitridschicht, versehen sein kann.

[0060] Generell kann die MEMS-Vorrichtung **200** einen so genannten Dual-Backplate-Chip aufweisen, der ein System aus den zwei möglichst steifen Elektroden **100** (auch als Backplates oder Rückplatten bezeichnet) und der dazwischenliegenden im Schallfeld schwingenden Membran **202** aufweist. Typischerweise kann die Membran **202** aus polykristallinem Silizium bestehen (bei einer herkömmlichen Vorrichtung beispielsweise mit einer Dicke von 450 nm), und die beiden Elektroden **100** aus einem Schichtstapel **106_1**, **108**, **106_2** von Siliziumnitrid 140 nm (in der Schicht **106_1**) / Polysilizium 330 nm (in der Schicht **108**) / Siliziumnitrid 140 nm (in der Schicht **106_2**). Die beiden Nitridschichten **106_1**, **106_2** auf Ober- und Unterseite der Elektrode **100** können im Wesentlichen die Steifigkeit der beiden Elektroden **100_1**, **100_2** bestimmen.

[0061] Die herkömmliche MEMS-Vorrichtung gemäß **Fig. 2** und **Fig. 1A**, welche beispielsweise als Mikrofon genutzt werden kann, weist üblicherweise einen Durchmesser der Membran **202** von maximal etwa 900 µm auf. Dadurch kann ein Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) der MEMS-Vorrichtung begrenzt sein.

[0062] Zur Steigerung des Signal-Rauschverhältnisses einer MEMS-Vorrichtung (z.B. von einem MEMS Silizium-Mikrofon) kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen eine Membran- und Chipfläche deutlich erhöht werden. Beispielsweise kann bei einer herkömmlichen MEMS-Vorrichtung ein Chip eine Chip-Größe 1.2 mm × 1.2 mm betragen, und ein Membrandurchmesser kann 900 µm betragen, wohingegen bei einer MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen der Chip eine Chip-Größe von beispielsweise 1.9 mm × 1.9 mm und einen Membrandurchmesser von 1600 µm aufweisen kann.

[0063] Mit der Hochskalierung der Membranfläche wird in verschiedenen Ausführungsbeispielen angestrebt, das Signal-Rausch-Verhältnis anzuheben, denn das Signal kann mittels der vergrößerten Membranfläche erhöht werden, wobei der Rauschanteil bei der vergrößerten Membranfläche nicht, nur unwesentlich, oder zumindest in geringerem Maß als das Signal erhöht sein kann. Beispielsweise kann in der beschriebenen beispielhaften MEMS-Vorrichtung das SNR von 65dB(A) auf 70dB(A) angehoben sein.

[0064] Bei der Hochskalierung von Membran- und Elektroden-Durchmesser wird in verschiedenen Ausführungsbeispielen angestrebt, die Steifigkeit der Elektroden weitestgehend zu erhalten.

[0065] In verschiedenen Ausführungsbeispielen wird ein Verfahren zur Versteifung der Elektroden (Backplates) bzw. eine MEMS-Vorrichtung mit versteiften Elektroden (Backplates) bereitgestellt, um damit eine Hochskalierung der Membranfläche von MEMS Mikrofonen zu ermöglichen.

[0066] **Fig. 1C** zeigt eine Elektrode **104** einer MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen, beispielsweise einer MEMS-Vorrichtung **300** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen, wie sie in **Fig. 3** dargestellt ist.

[0067] Verschiedene Ausführungsbeispiele werden anhand einer MEMS-Vorrichtung **300** (einem Mikrofon) mit zwei Elektroden **104** beschrieben, die Elektrode **104** ist aber auch bei MEMS-Vorrichtungen, z.B. Mikrofonen, mit nur einer Elektrode **104** anwendbar und sollte dementsprechend nicht als auf Ausführungsbeispiele mit zwei Elektroden **104** beschränkt verstanden werden. Bei einer MEMS-Vorrichtung mit nur einer Elektrode **104** kann bei einer Anordnung entsprechend **Fig. 3** beispielsweise nur die obere Elektrode **104_2** gebildet sein, während die untere Elektrode **104_1** weggelassen ist.

[0068] In **Fig. 3** ist die MEMS-Vorrichtung **300** gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen, welche beispielsweise ein Doppel-Elektroden-Kondensatormikrofonsystem sein kann, gezeigt.

[0069] Abgesehen von den beschriebenen Unterschieden (welche zumindest die Elektroden betreffen können, welche bei der MEMS-Vorrichtung **300** zusätzliche Schichten im Vergleich zur herkömmlichen MEMS-Vorrichtung **200** aufweisen können) kann die MEMS-Vorrichtung **300** im Wesentlichen genauso oder ähnlich gebildet sein wie die MEMS-Vorrichtung **200**.

[0070] Schalldruckwellen können dazu führen, dass die Membran **202** vibriert wegen eines Druckunterschieds über beiden Flächen der Membran. Dadurch kann eine Größe eines Luftspalts zwischen der Membran **202** und (jeder) der Elektrode(n) **104** sich ändern. Anders ausgedrückt verändert sich ein Abstand zwischen der Membran **202** und (jeder) der Elektrode(n) **104**.

[0071] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können die Membran **202** und die Elektroden **104** elektrisch leitfähige Materialien aufweisen oder die Membran kann daraus bestehen. Das elektrisch leitfähige Material kann beispielsweise Polysilizium sein.

[0072] Der veränderte Abstand der Membran **202** im Bezug auf die Elektrode(n) kann Änderungen bei den Kapazitäten, die sich aus der Kombination Membran - untere Elektrode bzw. der Kombination Membran - obere Elektrode bewirken. Diese Änderungen der Kapazitäten kann in ein Ausgabesignal umgewandelt werden, welches von der Bewegung der Membran abhängt.

[0073] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Membran **202** mittels einer Vorspannung vorgespannt sein gegenüber der unteren Elektrode **104_1** bzw. gegenüber der oberen Elektrode **104_2**. Der Träger **204** kann geerdet sein, beispielsweise mittels eines elektrisch leitfähigen Substratkontakts **212**.

[0074] Jede der Elektroden **104**, also sowohl die Elektrode **104_1** als auch die Elektrode **104_2**, kann eine Mehrzahl von elektrisch leitfähigen Schichten **108** und eine Mehrzahl von Isolierschichten **106** aufweisen. Die Elektrode(n) **104** können jeweils als ein Schichtstapel gebildet sein, der gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen mindestens zwei elektrisch leitfähige Schichten **108** und mindestens drei Isolierschichten **106** aufweist, welche abwechselnd angeordnet den Schichtstapel bilden können. Beispielsweise können zwei elektrisch leitfähige Schichten **108** parallel zueinander angeordnet sein, und zwischen ihnen und auf der jeweiligen äußeren Seite jeder der leitfähigen Schichten **108** können die Isolierschichten angeordnet sein. Damit kann sich eine Abfolge erste Isolierschicht - erste leitfähige Schicht - zweite Isolierschicht - zweite leitfähige Schicht - dritte Isolierschicht ergeben.

[0075] Jede der elektrisch leitfähigen Schichten **108** der Elektrode(n) **104** kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen mittels eines elektrisch leitfähigen Elektrodenkontakts **214**, **210** kontaktiert sein. Ferner kann die Membran **202** elektrisch leitfähig kontaktiert sein, beispielsweise mittels eines elektrisch leitfähigen Kontakts **208**. Damit kann ein Ableiten des Signals, welches von der sich bezüglich der Elektroden **104** bewegenden Membran **202** erzeugt wird, ermöglicht sein. Mittels des elektrisch leitfähigen Elektrodenkontakts **210** bzw. **214** können jeweils die mehreren elektrisch leitfähigen Schichten **108_1**, **108_2** innerhalb einer Elektrode **104_1** bzw. **104_2** miteinander elektrisch leitfähig verbunden sein.

[0076] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Träger **204**, z.B. das Substrat **204**, der MEMS-Vorrichtung **300** mittels eines elektrisch leitfähigen Trägerkontakts **212** kontaktiert sein.

[0077] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können die Elektrodenkontakte **210**, **214** und/oder der Membrankontakt **216** und/oder der Trägerkontakt **212** mittels eines Isolators **216** voneinander elektrisch isoliert sein.

[0078] Zusätzlich zu einer Stützfunktion, d.h. einem Beitrag zur Steifigkeit der Elektrode **104**, können die Isolierschichten **106** genutzt werden, um eine, beispielsweise flache, Grundform der Elektrode **104** zu erzeugen und/oder um die elektrisch leitfähigen Schichten **108** der Elektrode **104** gegenüber einem elektrisch leitfähigen Kontakt mit anderen elektrisch leitfähigen Teilen der MEMS-Vorrichtung **300** (z.B. mit der Membran **202**) zu isolieren.

[0079] Die Isolierschichten **106** können in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein dielektrisches Material aufweisen, beispielsweise Siliziumnitrid. Jede der Isolierschichten kann eine Dicke aufweisen in einem Bereich von etwa 20 nm bis etwa 300 nm, beispielsweise von etwa 20 nm bis etwa 160 nm, beispielsweise von etwa 40 nm bis etwa 130 nm, z.B. von etwa 60 nm bis etwa 100 nm, beispielsweise um etwa 80 nm.

[0080] Die elektrisch leitenden Schichten **108** können in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein leitfähiges Material aufweisen, beispielsweise Polysilizium. Jede der elektrisch leitenden Schichten kann eine Dicke aufweisen in einem Bereich von etwa 20 nm bis etwa 1000 nm, z.B. von etwa 20 nm bis etwa 800 nm, beispielsweise von etwa 100 nm bis etwa 600 nm, z.B. von etwa 200 nm bis etwa 400 nm, beispielsweise um etwa 300 nm.

[0081] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104**, beispielsweise eine oder beide der Elektroden **104_1**, **104_2** der MEMS-Vorrichtung **300** (welche die beiden Elektroden **104_1**, **104_2** aufweisen kann), einen symmetrischen Aufbau aufweisen. Eine Symmetrie (und entsprechend eine weiter unten ausgeführte Asymmetrie) kann sich hierbei auf eine parallel zu Hauptflächen der Elektrode verlaufende zentrale Ebene der Elektrode **104** beziehen, d.h. auf eine in Bezug auf diese zentrale Ebene, beispielsweise im Sinne einer Spiegelsymmetrie, symmetrische oder unsymmetrische Gestaltung der Elektrode **104**. Dabei beziehen

sich die hierin ausgeführten Beschreibungen hinsichtlich Symmetrie nur auf eine Anordnung und Dicke der Schichten der Elektrode **104**, wie sie beispielsweise in einem Querschnitt sichtbar werden, und nicht auf eine sonstige Gestaltung der Elektrode **104**, beispielsweise eine Gestaltung von Perforationen **100P** in der Elektrode **104**, welche symmetrisch oder unsymmetrisch (beispielsweise sich zu einer Oberfläche der Elektrode hin verjüngend) zur zentralen Ebene ausgeführt sein können, unabhängig davon, ob die Elektrode **104** hinsichtlich ihres Schichtaufbaus symmetrisch oder unsymmetrisch ist.

[0082] Für den symmetrischen Aufbau (welcher beispielhaft in **Fig. 3** dargestellt ist) kann die erste Isolierschicht **106_1** dieselbe (oder im Wesentlichen dieselbe) Dicke aufweisen wie die dritte Isolierschicht **106_3**, und die erste leitfähige Schicht **108_1** kann dieselbe (oder im Wesentlichen dieselbe) Dicke aufweisen wie die zweite leitfähige Schicht **108_2**.

[0083] Ferner können in verschiedenen Ausführungsbeispielen die erste Elektrode **104_1** und die zweite Elektrode **104_2** denselben oder im Wesentlichen denselben Aufbau aufweisen, so dass damit auch ein Aufbau der MEMS-Vorrichtung **300** symmetrisch bezüglich einer mittig zwischen den Elektroden verlaufenden Ebene sein kann.

[0084] In anderen Ausführungsbeispielen können die erste Elektrode **104_1** und die zweite Elektrode **104_2** einen unterschiedlichen Aufbau aufweisen, so dass der Aufbau der MEMS-Vorrichtung **300** asymmetrisch bezüglich einer mittig zwischen den Elektroden verlaufenden Ebene sein kann.

[0085] Der Schichtstapel jeder der Elektroden **104_1**, **104_2** kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen fünf Schichten (auch als Lagen bezeichnet) aufweisen oder daraus bestehen, beispielsweise drei Lagen Siliziumnitrid und zwei Lagen Polysilizium. Die Siliziumnitridschichten **106_1**, **106_2**, **106_3** können jeweils eine Dicke in einem Bereich von etwa 20 nm bis etwa 300 nm aufweisen. Die Polysiliziumschichten **108_1**, **108_2** können jeweils eine Dicke in einem Bereich von 100 nm bis 1000 nm aufweisen. Beispielsweise können die Siliziumnitridschichten jeweils eine Dicke von etwa oder genau 140 nm aufweisen, und die Polysiliziumschichten können jeweils eine Dicke von etwa oder genau 330 nm aufweisen.

[0086] Damit kann sich für jede der Elektroden **104_1**, **104_2** eine Gesamtdicke in einem Bereich von etwa 260 nm bis etwa 2900 nm ergeben. Um eine Gesamtdicke zu erreichen, die deutlich geringer ist, als sie bei einer Nutzung von (Beinahe-)Maximaldicken für die Einzelschichten wäre, und die deutlich größer ist, als sie bei einer Nutzung von (Beinahe-)Minimaldicken für die Einzelschichten wäre, können Isolierschichten **106_1**, **106_2**, **106_3** mit einer größeren Dicke, also beispielsweise zwischen 100 nm und 300 nm, mit elektrisch leitfähigen Schichten **108_1**, **108_2** mit einer kleineren Dicke, also beispielsweise zwischen 100 nm und 400 nm, kombiniert werden. Umgekehrt können Isolierschichten **106_1**, **106_2**, **106_3** mit einer kleineren Dicke, also beispielsweise zwischen 20 nm und 100 nm, mit elektrisch leitfähigen Schichten **108_1**, **108_2** mit einer größeren Dicke, also beispielsweise zwischen 400 nm und 1000 nm, kombiniert werden.

[0087] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können Isolierschichten **106_1**, **106_2**, **106_3** mit einer größeren Dicke, also beispielsweise zwischen 100 nm und 300 nm, mit elektrisch leitfähigen Schichten **108_1**, **108_2** mit einer größeren Dicke, also beispielsweise zwischen 400 nm und 1000 nm, kombiniert werden.

[0088] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können Isolierschichten **106_1**, **106_2**, **106_3** mit einer kleineren Dicke, also beispielsweise zwischen 20 nm und 100 nm, mit elektrisch leitfähigen Schichten **108_1**, **108_2** mit einer kleineren Dicke, also beispielsweise zwischen 100 nm und 400 nm, kombiniert werden.

[0089] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können bei dem symmetrischen Aufbau der Elektrode **104** die äußeren Isolierschichten **106_1**, **106_3** eine gleiche Dicke aufweisen, und die mittlere Isolierschicht **106_2** kann die gleiche Dicke wie die äußeren Isolierschichten **106_1**, **106_3** aufweisen.

[0090] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können bei dem symmetrischen Aufbau der Elektrode **104** die äußeren Isolierschichten **106_1**, **106_3** eine gleiche Dicke aufweisen, und die mittlere Isolierschicht **106_2** kann eine dazu verschiedene Dicke aufweisen. Beispielsweise kann die mittlere Isolierschicht **106_2** dicker oder dünner sein als die äußeren Isolierschichten **106_1**, **106_3**.

[0091] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104**, beispielsweise eine oder beide der Elektroden **104_1**, **104_2** der MEMS-Vorrichtung **300** (welche die beiden Elektroden **104_1**, **104_2** aufweisen kann), einen asymmetrischen Aufbau aufweisen.

[0092] Für den asymmetrischen Aufbau (nicht dargestellt) kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Aufbau der Elektrode **104** (z.B. innerhalb der Elektrode) asymmetrisch sein. Beispielsweise kann die erste Isolierschicht **106_1** eine andere Dicke aufweisen als die dritte Isolierschicht **106_3**, und/oder die erste leitfähige Schicht **108_1** kann eine andere Dicke aufweisen als die zweite leitfähige Schicht **108_2**.

[0093] Ferner können in verschiedenen Ausführungsbeispielen die erste Elektrode **104_1** und die zweite Elektrode **104_2** denselben oder im Wesentlichen denselben Aufbau aufweisen. Dies kann einen bezüglich einer mittig zwischen den Elektroden **104** verlaufenden Ebene (welche beispielsweise in oder nahe der Membran **202** liegen kann) spiegelsymmetrischen Aufbau der MEMS-Vorrichtung ermöglichen, oder einen translationsymmetrischen Aufbau, bei welchem die beiden Elektroden im Wesentlichen wie über die zwischen den Elektroden **104** verlaufende Ebene verschobene Kopien voneinander erscheinen (wie oben ausgeführt, bezieht sich diese Symmetriebetrachtung auf die Anordnung/Dicke der Schichten im Stapel, und nicht z.B. auf eine Flächengestaltung der jeweiligen Einzelschichten, den Durchmesser oder eine Randgestaltung der Elektroden **104**, usw.).

[0094] In anderen Ausführungsbeispielen können die erste Elektrode **104_1** und die zweite Elektrode **104_2** einen unterschiedlichen Aufbau aufweisen, beispielsweise hinsichtlich der Dicken der Einzelschichten, der verwendeten Materialien, oder Ähnlichem. Damit ergibt sich, dass auch der Aufbau der MEMS-Vorrichtung **300** asymmetrisch ist.

[0095] Bei einem asymmetrischen Aufbau der Elektrode **104**, z.B. der unteren Elektrode **104_1** und/oder der oberen Elektrode **104_2** bzw. der einzigen Elektrode **104**, wenn es sich um eine MEMS-Vorrichtung mit nur einer Elektrode handelt, kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen die obere elektrisch leitfähige (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_2** dünner gebildet sein als die untere elektrisch leitfähige (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_1**.

[0096] Damit kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein prozesstechnischer Vorteil erreicht werden. Denn zum Kontaktieren der unteren elektrisch leitfähigen (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_1** kann es nötig sein, zusätzlich zur oberen Isolierschicht **106_3** und zur mittleren Isolierschicht **106_2**, welche beispielsweise Siliziumnitridschichten sein oder aufweisen können, die obere elektrisch leitfähige (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_2** zu durchätzen. Bei einer dünneren Gestaltung der oberen elektrisch leitfähigen (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_2** kann somit gegenüber einer Gestaltung, bei welcher die obere elektrisch leitfähige (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_2** genauso dick ist wie die untere elektrisch leitfähige (z.B. Polysilizium-) Schicht **106_1** eine Ätzdauer verkürzt sein. Zusätzlich zur Verkürzung der Prozessdauer kann dies den Vorteil bieten, dass während dieser Ätzung auch eine elektrisch leitfähige (z.B. Polysilizium-) Schicht im Membran-Kontakt **208** (unerwünscht) gedünnt werden kann. Eine kürzere Prozesszeit würde diesen ungewünschten Effekt verringern.

[0097] Der Schichtstapel jeder der Elektroden **104_1**, **104_2** kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen fünf Schichten (auch als Lagen bezeichnet) aufweisen oder daraus bestehen, beispielsweise drei Lagen Siliziumnitrid und zwei Lagen Polysilizium. Die Siliziumnitridschichten **106_1**, **106_2**, **106_3** können jeweils eine Dicke in einem Bereich von etwa 20 nm bis etwa 300 nm aufweisen. Die Polysiliziumschichten **108_1**, **108_2** können jeweils eine Dicke in einem Bereich von 20 nm bis 1000 nm aufweisen. Beispielsweise können die Siliziumnitridschichten jeweils eine Dicke von etwa oder genau 140 nm aufweisen, und die Polysiliziumschichten können jeweils eine Dicke von etwa oder genau 330 nm aufweisen. Beispielsweise können die Siliziumnitridschichten jeweils eine Dicke von etwa oder genau 140 nm aufweisen, eine der Polysiliziumschichten **106**, beispielsweise die obere Polysiliziumschicht **106_2**, kann eine Dicke von etwa oder genau 50 nm aufweisen, und die andere der Polysiliziumschichten **106**, beispielsweise die untere Polysiliziumschicht **106_1**, kann eine Dicke von etwa oder genau 280 nm aufweisen.

[0098] Hinsichtlich der Gesamtdicke der Elektrode **104** kann bei der asymmetrisch gestalteten Elektrode **104** das oben zur symmetrisch gestalteten Elektrode ausgeführte sinngemäß gelten.

[0099] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Schichtstapel der Elektrode **104** mehr als fünf Schichten bzw. Lagen aufweisen (nicht dargestellt), beispielsweise sechs, sieben, acht, neun oder mehr Schichten.

[0100] Allgemein kann der Schichtstapel in verschiedenen Ausführungsbeispielen fünf Schichten oder mehr aufweisen, von denen mindestens drei Isolationsschichten sein können.

[0101] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Schichtstapel eine ungerade Zahl größer oder gleich fünf von Schichten aufweisen, wobei die elektrisch leitfähigen Schichten **108** und die Isolationsschichten **106** abwechselnd angeordnet sein können und die Isolationsschichten **106** außen angeordnet sein können, d.h. die Hauptoberflächen der Elektrode **104** bilden können.

[0102] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Schichtstapel eine gerade Zahl größer fünf von Schichten aufweisen, wobei die elektrisch leitfähigen Schichten **108** und die Isolationsschichten **106** abwechselnd angeordnet sein können und eine der Isolationsschichten **106** und eine der elektrisch leitfähigen Schichten **108** außen angeordnet sein können, d.h. die Hauptoberflächen der Elektrode **104** bilden können.

[0103] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** mit einer ungeraden Anzahl von mehr als fünf Schichten, also z.B. mit sieben, neun, elf, usw. Schichten, symmetrisch oder asymmetrisch gestaltet sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** mit einer geraden Anzahl von mehr als fünf Schichten, also z.B. mit sechs, acht, zehn, usw. Schichten, asymmetrisch gestaltet sein. Hinsichtlich weiterer Eigenschaften der Elektrode **104** mit der ungeraden bzw. geraden Anzahl von mehr als fünf Schichten wird auf die obige Beschreibung zur symmetrischen bzw. asymmetrischen Elektrode mit fünf Schichten verwiesen, welche auch hier sinngemäß zutrifft.

[0104] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** sieben Schichten aufweisen, beispielsweise vier Isolierschichten **106**, z.B. Siliziumnitridschichten, und drei elektrisch leitfähige Schichten **108**, z.B. Polysiliziumschichten.

[0105] Bei einem beispielhaften Aufbau kann jede der Isolierschichten **106** als eine Siliziumnitridschicht mit einer Dicke von etwa oder genau 120 nm gebildet sein, und jede der elektrisch leitfähigen Schichten **108** kann als eine Polysiliziumschicht mit einer Dicke von etwa oder genau 150 nm gebildet sein. Wie oben beschrieben können die elektrisch leitfähigen Schichten **108** und die Isolierschichten **106** abwechselnd angeordnet sein, wobei zwei der Isolierschichten **106** die Hauptoberflächen der Elektrode **104** bilden können.

[0106] Die Dicken der Einzelschichten können in verschiedenen Ausführungsbeispielen den oben im Zusammenhang mit der asymmetrisch gebildeten Elektrode beschriebenen Dicken entsprechen, wobei auf ein Bilden von elektrisch leitfähigen Schichten mit einer Dicke von mehr als 400 nm möglicherweise verzichtet werden kann, wenn damit eine zu große Gesamtdicke erreicht würde, beispielsweise eine Gesamtdicke von mehr als 2,5 µm.

[0107] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann für eine Symmetrie der Elektroden **104** bezüglich der mittig zwischen ihnen verlaufenden Ebene das oben Gesagte gelten, d.h. die Elektroden können in der MEMS-Vorrichtung symmetrisch oder asymmetrisch bzgl. der Ebene angeordnet sein.

[0108] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** eine Segmentierung **104S** aufweisen (siehe **Fig. 3**, in welcher sie bezeichnet ist). In einem Bereich der Segmentierung **104S** kann die Elektrode **104** so gestaltet sein, dass sie nur die Isolierschichten **106** aufweist, während die elektrisch leitfähigen Schichten **108** dort nicht gebildet sind oder wieder entfernt worden sind, z.B. geätzt worden sind. Die Segmentierung kann einer Reduktion von parasitären Kapazitäten dienen. In anderen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** ohne Segmentierung **104S** ausgeführt sein.

[0109] **Fig. 4** zeigt eine MEMS-Vorrichtung **300a** (beispielsweise ein Doppelelektroden-Kondensatormikrofon) gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen.

[0110] Im Wesentlichen kann die MEMS-Vorrichtung **300a** einer der oben beschriebenen MEMS-Vorrichtungen **300** entsprechen, wobei die MEMS-Vorrichtung **300a** sich von der MEMS-Vorrichtung **300** dahingehend unterscheiden kann, dass in verschiedenen Ausführungsbeispielen der Schichtstapel mit den fünf oder mehr Schichten in der Fläche der Elektrode strukturiert sein kann. Die Elektrode **104** kann einen ersten Bereich mit fünf oder mehr Schichten aufweisen, der auch als aufgedoppelter Bereich **B1** bezeichnet werden kann, und einen zweiten Bereich **B2**, auch als dünner Bereich **B2** bezeichnet, der weniger Schichten aufweisen kann als der aufgedoppelte Bereich **B1**.

[0111] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** nur in einem Teil ihrer Fläche (dem aufgedoppelten Bereich **B1**) fünf oder mehr Schichten aufweisen. Beispielsweise kann der aufgedoppelte Bereich **B1** der Elektrode **104** fünf oder mehr Schichten aufweisen, beispielsweise wie im Zusammenhang mit den obigen Beispielen beschrieben, und der dünne Bereich **B2** kann weniger als fünf Schichten aufweisen,

beispielsweise, wie in **Fig. 4** dargestellt, drei Schichten, welche beispielsweise wie oben im Zusammenhang mit **Fig. 2** beschrieben gebildet sein können, oder eine, zwei oder vier Schichten.

[0112] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Elektrode **104** über ihre gesamte Fläche fünf oder mehr Schichten aufweisen, wobei die Elektrode **104** im aufgedoppelten Bereich **B1** allerdings mehr Schichten aufweisen kann als im dünnen Bereich **B2**. Beispielsweise kann der aufgedoppelte Bereich **B1** der Elektrode **104** sechs oder mehr Schichten aufweisen, beispielsweise wie im Zusammenhang mit den obigen Beispielen beschrieben, und der dünne Bereich **B2** kann mit einer geringeren Anzahl von Schichten als im aufgedoppelten Bereich **B1** gebildet sein. Beispielsweise kann der aufgedoppelte Bereich **B1** eine, zwei, drei oder mehr Schichten mehr aufweisen als der dünne Bereich **B2**, wobei auch der dünne Bereich **B2** immer mindestens fünf Schichten aufweisen kann. Beispielsweise kann die Elektrode **104** fünf Schichten im Bereich **B2** und sechs, sieben, acht oder mehr Schichten im Bereich **B1** aufweisen, oder die Elektrode **104** kann sechs Schichten im Bereich **B2** und sieben, acht, neun oder mehr Schichten im Bereich **B1** aufweisen, usw.

[0113] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der aufgedoppelte Bereich **B1** als Ring gebildet sein, beispielsweise als ein Ring, der sich von einem Außenumfang der Elektrode **104** in Richtung zu einer Zentralachse der Elektrode **104** erstreckt (auch als Randbereich bezeichnet). Dieses Ausführungsbeispiel ist in **Fig. 4** dargestellt.

[0114] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der aufgedoppelte Bereich **B1** fünf Schichten aufweisen, beispielsweise einen Schichtenstapel, der drei Isolierschichten **106** und zwei elektrisch leitfähige Schichten **108** aufweist, z.B. in einer Schichtfolge wie oben beschrieben, beispielsweise Siliziumnitrid 140 nm / Polysilizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm / Polysilizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm.

[0115] Ein Zentralbereich der Elektrode **104** kann, beispielsweise nach einer Strukturierung, den dünnen Bereich **B2** aufweisen. Der dünne Bereich kann beispielsweise eine Schichtenfolge aus drei Schichten aufweisen, z.B. Siliziumnitrid 140 nm / Polysilizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm.

[0116] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine Versteifung im Wesentlichen durch den Ring aus fünf Schichten/Lagen im Bereich einer Aufhängung der Elektrode **104**, also in einem Bereich, in welchem die Elektrode **104** durch die Aufhängung gehalten ist, realisiert sein kann. Der Zentralbereich/innere Bereich kann lediglich aus drei Schichten/Lagen aufgebaut sein und somit dünner als der stabilisierende Ring aus fünf Lagen sein.

[0117] Die Elektrode **104** kann bei Ausbildung des stabilisierenden Rings beispielsweise wie in **Fig. 4** dargestellt gebildet sein.

[0118] Beispielsweise können sich, wie bei der oberen Elektrode **104_2** dargestellt, die beiden Isolierschichten **106_1**, **106_2** und die elektrisch leitfähige Schicht **106_1** durch die gesamte Elektrode **104_2** (ggf. mit Ausnahme der Perforationen **100P**), also durch den aufgedoppelten Bereich **B1** und den dünnen Bereich **B2**, erstrecken, wohingegen die Isolierschicht **106_3** und die elektrisch leitfähige Schicht **106_2** nur im aufgedoppelten Bereich **B1** ausgebildet sein können. Die Isolierschicht **106_3** und die elektrisch leitfähige Schicht **106_2** können in verschiedenen Ausführungsbeispielen zunächst über die gesamte Fläche der Elektrode **104_2** gebildet worden und dann in einem Strukturierungsprozess, beispielsweise mittels Ätzens, entfernt worden sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann, beispielsweise mittels Maskierens, ein Bilden der Isolierschicht **106_3** und der elektrisch leitfähigen Schicht **106_2** im Bereich **B2** verhindert werden/worden sein.

[0119] Beispielsweise können sich, wie bei der unteren Elektrode **104_1** dargestellt, die beiden Isolierschichten **106_2**, **106_3** und die elektrisch leitfähige Schicht **106_2** durch die gesamte Elektrode **104_1** (ggf. mit Ausnahme der Perforationen **100P**), also durch den aufgedoppelten Bereich **B1** und den dünnen Bereich **B2**, erstrecken, wohingegen die Isolierschicht **106_1** und die elektrisch leitfähige Schicht **106_1** nur im aufgedoppelten Bereich **B1** ausgebildet sein können. Die Isolierschicht **106_1** und die elektrisch leitfähige Schicht **106_1** können in verschiedenen Ausführungsbeispielen zunächst über die gesamte Fläche der Elektrode **104_1** gebildet worden und dann in einem Strukturierungsprozess, beispielsweise mittels Ätzens, entfernt worden sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann, beispielsweise mittels Maskierens, ein Bilden der Isolierschicht **106_1** und der elektrisch leitfähigen Schicht **106_1** im Bereich **B2** verhindert werden/worden sein.

[0120] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der aufgedoppelte Bereich **B1** als ein sich nicht vom Außenumfang der Elektrode **104** erstreckende, sondern anders in der Elektrodenfläche angeordneter Ring, z.B. als ein Ring, dessen Zentralachse mit der Zentralachse der Elektrode zusammenfällt, sich aber nicht bis

zum Außenumfang der Elektrode **104** erstreckt, gebildet sein. Der dünne Bereich **B2** kann in dem Fall zumindest innerhalb des Rings in einem Zentralbereich der Elektrode **104** angeordnet sein. In dem Fall, dass der Ring sich nicht bis zum Außenumfang erstreckt, kann sich der dünne Bereich **B2** außerdem vom Außenumfang bis zum Ring erstrecken.

[0121] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der aufgedoppelte Bereich **B1** eine andere Form als eine Ringform aufweisen. Beispielsweise kann er radiale Streben aufweisen, eine gelochte Fläche (wobei beispielsweise in den Löchern des aufgedoppelten Bereichs sowohl die dünnen Bereiche **B2** als auch Perforationen **100P** angeordnet sein können), rippen- und/oder schachbrettartige Strukturen, oder jede andere Strukturierung, welche geeignet sein kann, die Steifigkeit der Elektrode so weit zu erhöhen, dass eine Flächenvergrößerung der Membran **202** über die herkömmlich verwendete Größe hinaus ermöglicht wird, ohne dass wegen einer zu geringen Steifigkeit der Elektrode eine Funktionalität (z.B. hinsichtlich des SNR) der MEMS-Vorrichtung beeinträchtigt ist.

[0122] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der aufgedoppelte Bereich **B1** in den dünnen Bereichen **B2** entfernt sein oder werden, beispielsweise mittels einer Strukturierung. Die dünnen Bereiche **B2** können beispielsweise um die Perforationen **100P** angeordnet sein. Dabei können die dünnen Bereiche **B2** so gebildet sein, dass kein Schichtstapel mit fünf oder mehr Schichten vorliegt.

[0123] Im Bereich **B1**, der einen vorbestimmten Abstand zu den Perforationen **100P** angeordnet sein kann, kann die Elektrode **104** beispielsweise einen fünfschichtigen Schichtstapel aufweisen, z.B. in einer Schichtenfolge aus Siliziumnitrid 140 nm / poly-Silizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm / poly-Silizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm.

[0124] In direkt an die Perforationen **100P** angrenzenden Bereichen kann die Elektrode **104** nach der Strukturierung beispielsweise einen dreischichtigen Aufbau aufweisen, in einer Schichtenfolge aus z.B. Siliziumnitrid 140 nm / poly-Silizium 330 nm / Siliziumnitrid 140 nm.

[0125] Die Versteifung kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen im Wesentlichen durch den aufgedoppelten Bereich **B1** aus fünf Schichten/Lagen im definierten Abstand um die Perforationen **100P** realisiert sein. Der dünne Bereich **B2** um die Perforationen **100P** herum kann lediglich aus drei Schichten/Lagen aufgebaut sein, und somit dünner als die stabilisierenden Bereiche aus fünf Schichten/Lagen. Dies kann Vorteile in einer Reduktion des Rauschbeitrags der Elektrode **104** mit sich bringen.

[0126] Der Flächenbereich der Elektrode **104**, der nicht den aufgedoppelten Bereich **B1** aufweist, kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen den dünnen Bereich **B2** aufweisen. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann der Flächenbereich der Elektrode **104** den aufgedoppelten Bereich **B1**, den dünnen Bereich **B2** und die Perforationen **100P** aufweisen.

[0127] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können die Schichten, die im dünnen Bereich **B2** im Vergleich zum aufgedoppelten Bereich **B1** fehlen, nicht ausgebildet werden. In verschiedenen Ausführungsbeispielen können die Schichten, die im dünnen Bereich **B2** im Vergleich zum aufgedoppelten Bereich **B1** fehlen, nach einem Bilden entfernt, beispielsweise weggeätzt werden.

[0128] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann mittels einer Strukturierung der Elektrode, so dass sie einen aufgedoppelten Bereich **B1** und einen dünnen Bereich **B2** aufweist, eine Reduktion des Rauschbeitrags der Elektrode **104** mit sich bringen.

[0129] Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm **500** eines Verfahrens zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung gemäß verschiedenen Ausführungsbeispielen.

[0130] Das Verfahren kann ein Bilden einer Membran aufweisen (bei **510**), und ein Bilden mindestens einer Elektrode in einem Abstand zur Membran, wobei das Bilden der mindestens einen Elektrode aufweisen kann: Bilden einer ersten Isolierschicht, Bilden einer ersten leitfähigen Schicht über der ersten Isolierschicht, Bilden einer zweiten Isolierschicht über der ersten leitfähigen Schicht, Bilden einer zweiten leitfähigen Schicht über der zweiten Isolierschicht und Bilden einer dritten Isolierschicht über der zweiten leitfähigen Schicht (bei **520**).

[0131] Im Folgenden genannte Abscheideprozesse können beispielsweise eine chemische Gasphasenabscheidung (CVD) aufweisen, welche ggf. plasmaunterstützt sein kann (PECVD) oder beispielsweise eine Niederdruck-Gasphasenabscheidung (LPCVD) sein kann.

[0132] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer unteren Ätzstoppschicht auf einem Substrat, welches beispielsweise ein Halbleitersubstrat, z.B. einen Siliziumwafer, aufweisen oder sein kann, aufweisen. Die Ätzstoppschicht kann eine zuverlässige Begrenzung für einen Ätzprozess bereitstellen. Die Ätzstoppschicht kann beispielsweise ein Oxid, z.B. ein Siliziumoxid, z.B. Tetraäthylorthosilikat (TEOS) aufweisen. Eine Dicke der Ätzstoppschicht kann beispielsweise etwa 600 nm betragen.

[0133] Das Verfahren kann ferner in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer Isolierschicht (im Folgenden werden die Isolierschichten beispielhaft als Siliziumnitridschicht gebildet, wobei auch andere typischerweise bei ähnlichen MEMS-Vorrichtungen genutzte Isolierschicht-Materialien anstelle von Siliziumnitrid genutzt werden können), z.B. einer Siliziumnitridschicht, auf der unteren Ätzstoppschicht aufweisen, und ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer elektrisch leitfähigen Schicht (im Folgenden werden die elektrisch leitfähigen Schichten beispielhaft als Polysiliziumschicht gebildet, wobei auch andere typischerweise bei ähnlichen MEMS-Vorrichtungen genutzte leitfähige-Schicht-Materialien anstelle von Polysilizium genutzt werden können), z.B. einer Polysiliziumschicht auf der Siliziumnitridschicht, wobei die Siliziumnitridschicht und die Polysiliziumschicht Dicken aufweisen können, wie sie im Zusammenhang mit **Fig. 1C**, **Fig. 3** und **Fig. 4** für die jeweilige Art von Schicht beschrieben sind.

[0134] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann die Polysiliziumschicht strukturiert werden, beispielsweise mittels Ätzens, beispielsweise um eine Segmentierung und/oder eine Perforation zu bilden. Beim Bilden einer Perforation kann ferner die Siliziumnitridschicht strukturiert werden, beispielsweise mittels Ätzens, wobei die Perforation sich bis zur unteren Ätzstoppschicht erstrecken kann.

[0135] Das Verfahren kann ferner in verschiedenen Ausführungsbeispielen ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer weiteren Siliziumnitridschicht aufweisen, welche strukturiert werden kann.

[0136] Das Verfahren kann ferner ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer weiteren Polysiliziumschicht und ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer weiteren Siliziumnitridschicht mit einer jeweils nachfolgenden Strukturierung aufweisen, und ggf. ein weiteres abwechselndes Anordnen, z.B. Abscheiden, von weiteren Polysiliziumschichten und Siliziumnitridschichten, bis eine gewünschte Anzahl von Schichten eines Schichtstapels einer Elektrode, wie oben für verschiedene Ausführungsbeispiele beschrieben, erreicht ist.

[0137] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner ein Auffüllen einer Substratoberfläche mit einer Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht, z.B. mittels eines Abscheideverfahrens, aufweisen. Die Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht kann getempert werden, und eine Oberfläche der Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen einem chemisch-mechanischen Polieren unterzogen werden. In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann eine weitere Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht abgeschieden und getempert werden. In der weiteren Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht können Aussparungen gebildet werden, beispielsweise mittels Ätzens, wobei die Aussparungen einem Bilden von Antihafvorsprüngen (an einer noch zu bildenden Membran) dienen können, welche ein Anhaften einer Membran an der Elektrode verhindern sollen.

[0138] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer Membranschicht, z.B. einer Polysiliziumschicht, auf der Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht aufweisen, wobei die Membranschicht die Aussparungen derart auffüllen kann, dass die Membran auch die Antihafvorsprünge ausbildet. Die Membran kann beispielsweise eine Dicke in einem Bereich von etwa 100 nm bis etwa 550 nm aufweisen, z.B. von etwa 150 nm bis etwa 500 nm, z.B. von etwa 330 nm.

[0139] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner ein Anordnen einer Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht, z.B. mittels eines Abscheideverfahrens, auf der Membranschicht und auf der unter bzw. neben der Membranschicht angeordneten Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht aufweisen. Nach dem Abscheiden können in der Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht Aussparungen gebildet werden, beispielsweise mittels Ätzens, wobei die Aussparungen einem Bilden von Antihafvorsprüngen (diesmal in einer noch zu bildenden oberen Elektrode) dienen können, welche ein Anhaften der Membran an der Elektrode verhindern sollen.

[0140] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer weiteren Isolierschicht, z.B. einer Siliziumnitridschicht, aufweisen, wobei die Isolierschicht so abgeschieden werden kann, dass sie die Aussparungen auffüllt, so dass die Isolierschicht die Antihafvorsprünge ausbildet. Die Isolierschicht kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen strukturiert werden, z.B. mittels Ätzens.

[0141] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann das Verfahren ferner ein Anordnen, z.B. Abscheiden, einer weiteren elektrisch leitfähigen Schicht aufweisen. Die elektrisch leitfähige Schicht kann in verschiedenen Ausführungsbeispielen strukturiert werden, z.B. mittels Ätzens.

[0142] Das Verfahren kann ferner ein abwechselndes Anordnen, z.B. Abscheiden von Isolierschichten und elektrisch leitfähigen Schichten aufweisen, bis die gewünschte Zahl von Schichten des Schichtenstapels wie oben im Zusammenhang mit **Fig. 1C**, **Fig. 3** und **Fig. 4** beschrieben, erreicht ist, wobei der Schichtstapel mindestens drei Isolierschichten und mindestens zwei elektrisch leitfähige Schichten aufweisen kann.

[0143] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann anstelle eines Strukturierens der jeweiligen einzelnen Elektrodenschichten (d.h. der zugehörigen Isolier- und der elektrisch leitfähigen Schichten) der gesamte Schichtstapel strukturiert werden, z.B. um die Perforation(en) zu bilden, wobei sie die gebildeten Öffnungen bis zur Siliziumoxidschicht (z.B. zur TEOS-Schicht) erstrecken können.

[0144] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann über der obersten Elektrodenschicht, z.B. über einer obersten Siliziumnitridschicht, eine weitere Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht angeordnet, z.B. abgeschieden, werden. Die Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht kann beispielsweise eine Dicke von etwa 100 nm aufweisen.

[0145] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann daraufhin, z.B. mittels Photolithographie, eine Kontaktöffnung gebildet werden, wobei die Kontaktöffnung sich durch die Siliziumnitridschichten und die Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schicht bis zu einer untersten Polysiliziumschicht des Schichtenstapels aus Isolierschichten und elektrisch leitfähigen Schichten, der nach Fertigstellung der MEMS-Vorrichtung eine Elektrode bilden soll, erstrecken kann.

[0146] Ferner können weitere Kontaktöffnungen ähnlich der beschriebenen Kontaktöffnung gebildet werden, wobei eine der Kontaktöffnungen sich durch die über der Membran angeordneten Schichten bis zur Membranschicht erstreckt, eine der Kontaktöffnungen sich durch die über dem Substrat angeordneten Schichten bis zum Substrat erstreckt, und eine weitere der Kontaktöffnungen sich durch die über der unteren elektrisch leitfähigen Schicht der anderen Elektrode angeordneten Schichten bis zur unteren elektrisch leitfähigen Schicht der anderen Elektrode erstreckt.

[0147] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können daraufhin die Kontaktöffnungen mit elektrisch leitfähigem Material, z.B. Titan, Platin oder Gold oder jedem anderen geeigneten Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit, gefüllt werden. Somit können Kontakte zum Substrat, zur unteren Elektrode, zur Membran und zur oberen Elektrode gebildet werden. Jeder der Kontakte kann beispielsweise elektrisch leitend mit einem Oberflächenkontakt verbunden sein oder werden.

[0148] In verschiedenen Ausführungsbeispielen kann daraufhin eine Öffnung in einer den angeordneten Schichten abgewandten Rückseite des Substrats angeordnet werden. Dabei kann die untere Ätzstoppschicht als eine Barriere für den Ätzprozess dienen um zu verhindern, dass ein Ätzmittel die untere Elektrode erreicht.

[0149] In verschiedenen Ausführungsbeispielen können daraufhin die Siliziumoxid-, z.B. TEOS-Schichten entfernt werden, so dass bewegliche Teile der MEMS-Vorrichtung freigelegt werden können. Hierfür kann auf einer der Rückseite abgewandten Vorderseite eine Schutzmaske angeordnet werden.

[0150] Manche der Ausführungsbeispiele sind im Zusammenhang mit Vorrichtungen beschrieben, und manche der Ausführungsbeispiele sind im Zusammenhang mit Verfahren beschrieben. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich aus der Beschreibung der Vorrichtung und umgekehrt.

Patentansprüche

1. MEMS-Vorrichtung (200), aufweisend:
 eine Membran (202);
 eine beabstandet zur Membran (202) unterhalb der Membran (202) angeordnete untere Elektrode (104_1), und
 eine beabstandet zur Membran (202) oberhalb der Membran (202) angeordnete obere Elektrode (104, 104_2);
 wobei die untere Elektrode (104_1) und/oder die obere Elektrode (104_2) einen Schichtstapel aufweist, der Schichtstapel aufweisend:
 eine erste Isolierschicht (106_1);
 eine darüber angeordnete erste leitfähige Schicht (108_1);
 eine darüber angeordnete zweite Isolierschicht (106_2);

eine darüber angeordnete zweite leitfähige Schicht (108_2); und
 eine darüber angeordnete dritte Isolierschicht (106_3);
 wobei die erste Isolierschicht (106_1), die zweite Isolierschicht (106_2) und/oder die dritte Isolierschicht (106_3) Siliziumnitrid aufweist oder daraus besteht;
 wobei die erste leitfähige Schicht (108_1) und/oder die zweite leitfähige Schicht (108_2) Polysilizium aufweist.

2. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß Anspruch 1, wobei die Membran (202) einen Durchmesser von mehr als 900 µm aufweist.

3. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die erste Isolierschicht (106_1), die zweite Isolierschicht (106_2) und/oder die dritte Isolierschicht (106_3) eine Dicke in einem Bereich von 20 nm bis 300 nm aufweist.

4. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erste leitfähige Schicht (108_1) und/oder die zweite leitfähige Schicht (108_2) eine Dicke in einem Bereich von 20 nm bis 1000 nm aufweist.

5. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Dicke der ersten leitfähigen Schicht (108_1) größer ist als eine Dicke der zweiten leitfähigen Schicht (108_2).

6. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine Dicke der ersten leitfähigen Schicht (108_1) gleich ist einer Dicke der zweiten leitfähigen Schicht (108_2).

7. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß Anspruch 5, wobei bei der unteren Elektrode (104_1) die zweite leitfähige Schicht (108_2) der Membran (202) näher ist als die erste leitfähige Schicht (108_1), und/oder wobei bei der oberen Elektrode (104_2) die erste leitfähige Schicht (108_1) der Membran (202) näher ist als die zweite leitfähige Schicht (108_2).

8. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, ferner aufweisend:
 einen elektrischen Kontakt (210, 214), welcher die erste leitfähige Schicht (108_1) und die zweite leitfähige Schicht (108_2) elektrisch leitend miteinander verbindet.

9. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß Anspruch 8, wobei der elektrische Kontakt (210, 214) sich von einer Oberfläche des Schichtstapels durch eine der leitfähigen Schichten zur anderen der leitfähigen Schichten erstreckt.

10. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der Schichtstapel eine Dicke in einem Bereich von 100 nm bis 2,9 µm aufweist.

11. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die untere Elektrode (104_1) und/oder die obere Elektrode (104_2) einen ersten Bereich (B1) aufweist, welcher den Schichtstapel aufweist, und einen zweiten Bereich (B2), in oder durch welchen sich mindestens eine der Schichten (106, 108) des Schichtstapels erstreckt, sich aber nicht alle Schichten (106, 108) des Schichtstapels erstrecken.

12. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß Anspruch 11, wobei der erste Bereich (B1) einen Randbereich der unteren Elektrode (104_1) und/oder der oberen Elektrode (104_2) aufweist oder daraus besteht, und der zweite Bereich (B2) einen Zentralbereich der Elektrode (104) aufweist oder daraus besteht.

13. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, ferner aufweisend:
 eine Aufhängung (206), wobei die Membran (202) und die untere Elektrode (104_1) und/oder die obere Elektrode (104_2) von der Aufhängung (206) gehalten sind.

14. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß Anspruch 13, wobei die Aufhängung (206) eine Öffnung aufweist, wobei die Membran (202) und die untere Elektrode (104_1) und/oder die obere Elektrode (104_2) mit ihrem jeweiligen Randbereich mit der Aufhängung (206) verbunden sind und mit ihrem jeweiligen Zentralbereich in der Öffnung der Aufhängung (206) freiliegen.

15. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die untere Elektrode (104_1) und/oder die obere Elektrode (104_2) mindestens eine Perforation (100P) aufweist.

16. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, ferner aufweisend:

mindestens eine über der dritten Isolierschicht (106_3) angeordnete weitere elektrisch leitfähige Schicht.

17. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß Anspruch 16, ferner aufweisend:
mindestens eine über der weiteren elektrisch leitfähigen Schicht angeordnete weitere Isolierschicht.

18. MEMS-Vorrichtung (200) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei eine Summe von Dicken der Isolierschichten größer ist als 320 nm.

19. Verfahren zum Herstellen einer MEMS-Vorrichtung (200), aufweisend:

Bilden einer Membran (202); und

Bilden einer unteren Elektrode (104_1) in einem Abstand zur Membran (202) unterhalb der Membran (202) und Bilden einer oberen Elektrode (104_2) in einem Abstand zur Membran (202) oberhalb der Membran (202), wobei das Bilden der unteren Elektrode (104, 104_1) und das Bilden der oberen Elektrode (104_2) jeweils aufweist:

Bilden einer ersten Isolierschicht (106_1);

Bilden einer ersten leitfähigen Schicht (108_1) über der ersten Isolierschicht (106_1);

Bilden einer zweiten Isolierschicht (106_2) über der ersten leitfähigen Schicht (108_1);

Bilden einer zweiten leitfähigen Schicht (108_2) über der zweiten Isolierschicht (106_2); und

Bilden einer dritten Isolierschicht (106_3) über der zweiten leitfähigen Schicht (104_2),

wobei die erste Isolierschicht (106_1), die zweite Isolierschicht (106_2) und/oder die dritte Isolierschicht (106_3) Siliziumnitrid aufweist oder daraus besteht; und

wobei die erste leitfähige Schicht (108_1) und/oder die zweite leitfähige Schicht (108_2) Polysilizium aufweist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

Stand der Technik

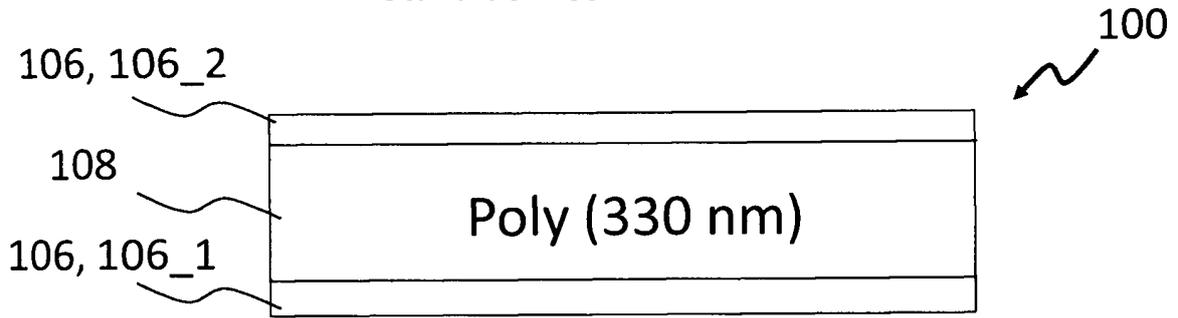


FIG. 1B

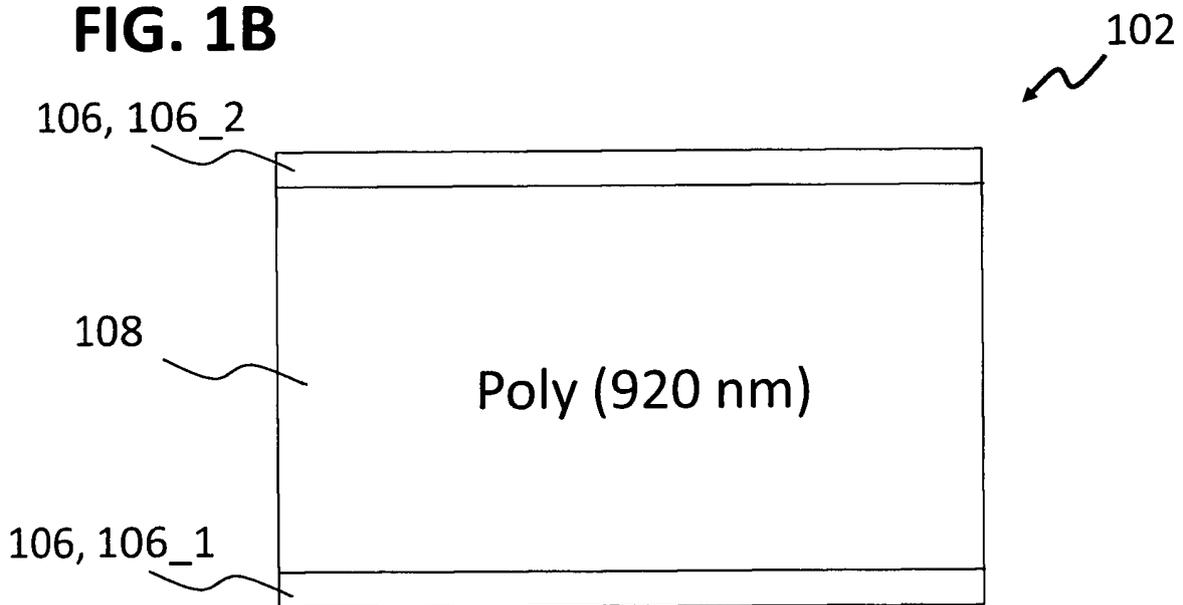


FIG. 1C

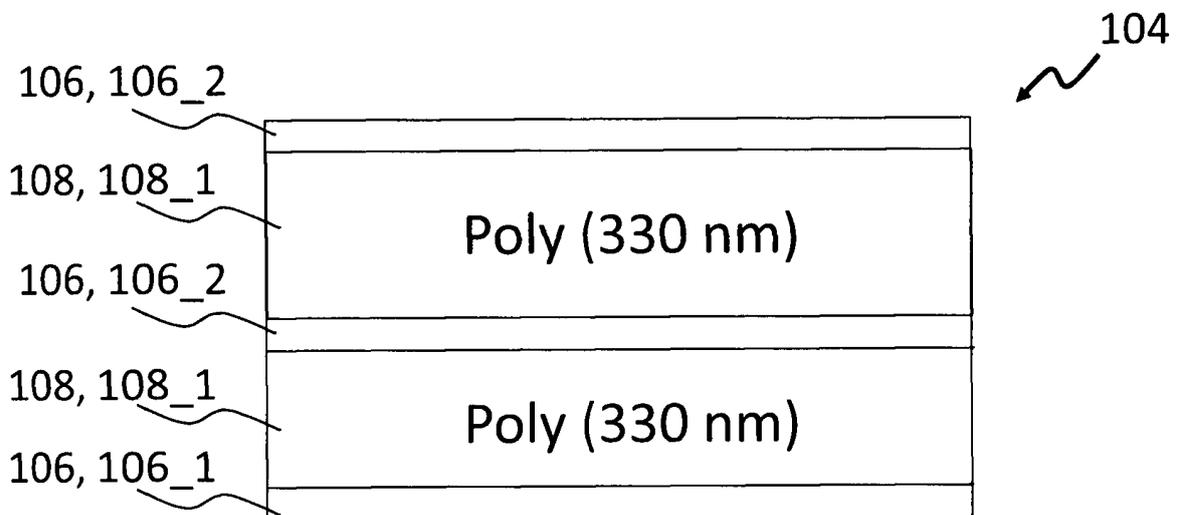


FIG 2

Stand der Technik

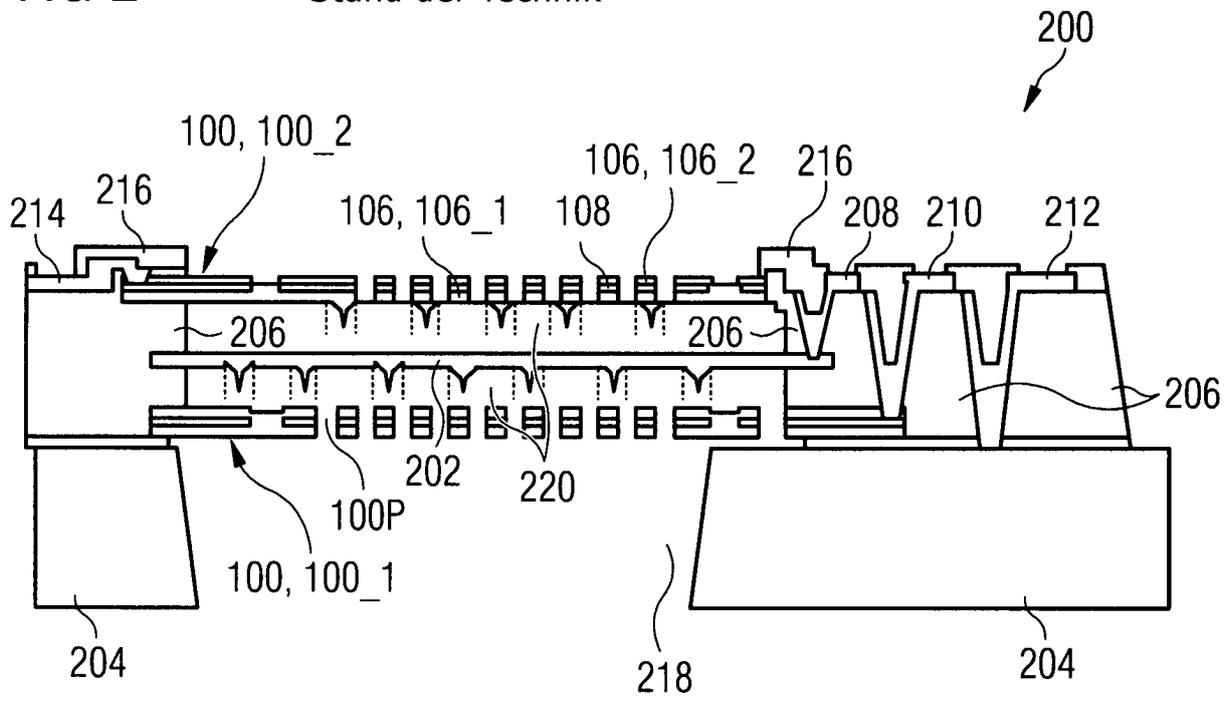


FIG 3

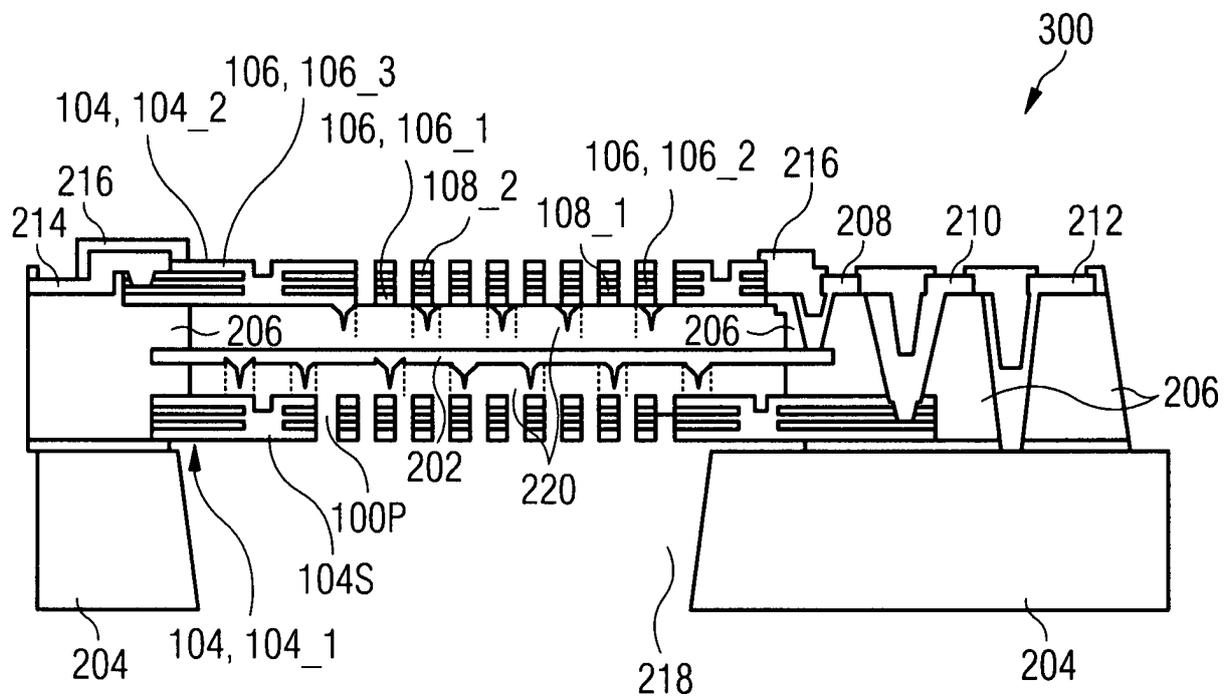


FIG 4

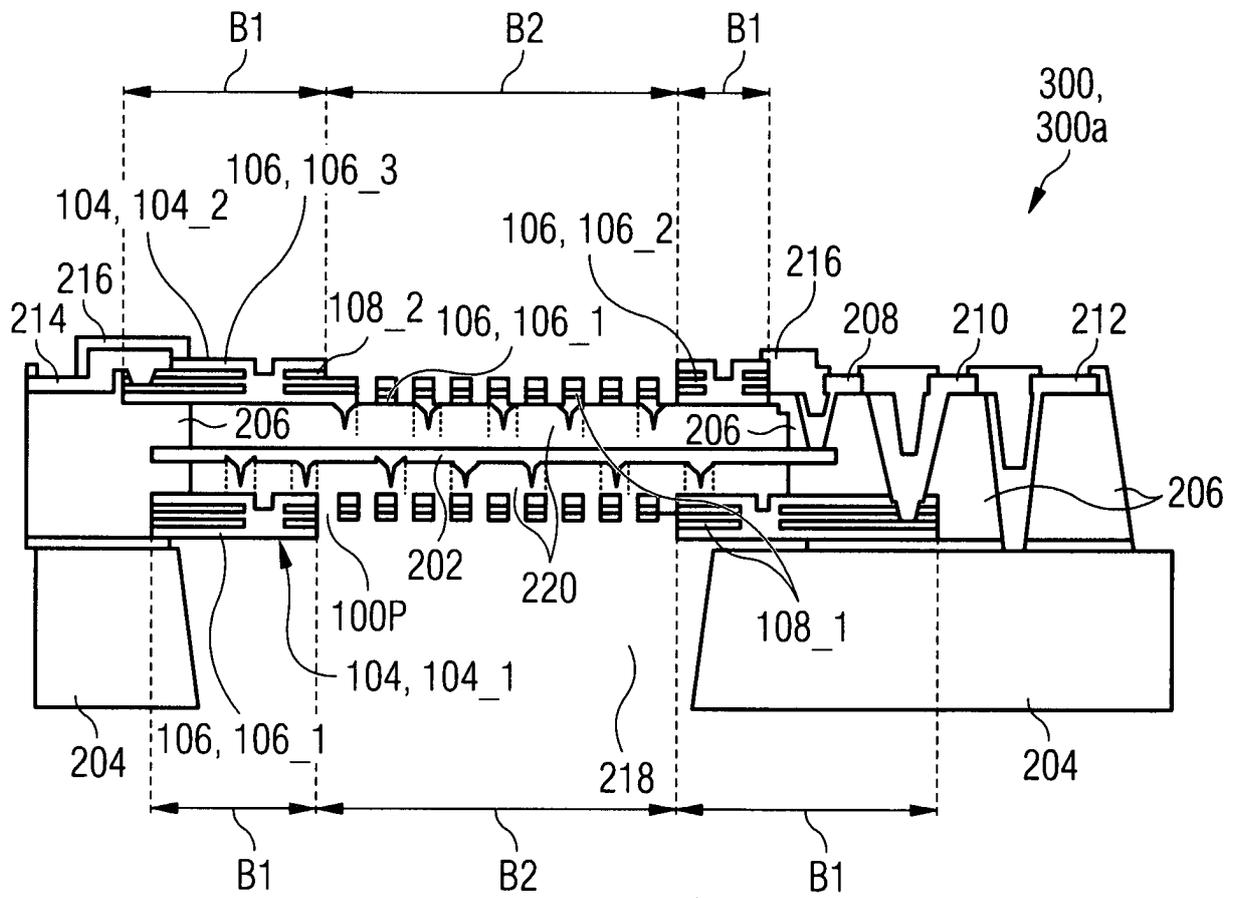


FIG. 5

500

