



(10) **DE 10 2022 214 250 A1** 2024.06.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 214 250.0**
(22) Anmeldetag: **21.12.2022**
(43) Offenlegungstag: **27.06.2024**

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

(71) Anmelder:
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:
Schelling, Christoph, 70619 Stuttgart, DE;
Reinmuth, Jochen, 72766 Reutlingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

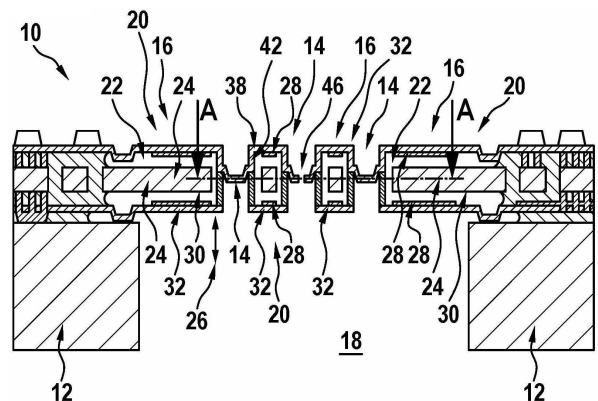
DE	10 2017 118 857	B3
DE	10 2014 212 340	A1
DE	10 2021 133 848	A1
DE	10 2022 106 135	A1
US	2019 / 0 306 633	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Wandlereinheit für akustische oder elektrische Signale bzw. Relativdrücke**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wandlereinheit (10) für elektrische oder akustische Signale und/oder Relativdrücke, wobei die Wandlereinheit umfasst: ein Substrat (12), eine Membraneinheit (14), eine Interaktionseinheit (16), wobei das Substrat (12) zumindest eine Kavität (18) aufweist, wobei die Interaktionseinheit (16) derart an dem Substrat (12) angeordnet ist, dass die Interaktionseinheit (16) zumindest teilweise und/oder vollständig über der Kavität (18) positioniert ist, wobei die Membraneinheit (14) zwischen der Interaktionseinheit (16) und dem Substrat (12) und/oder zwischen der Interaktionseinheit (16) und einer weiteren Interaktionseinheit (20) angeordnet ist, wobei die Interaktionseinheit (16) zumindest einen fluiddichten Raum (22) aufweist, wobei die Interaktionseinheit (16) dazu eingerichtet ist, einen vorbestimmten Druck im fluiddichten Raum (22) einzustellen und/oder zu halten, wobei die Interaktionseinheit (16) zumindest eine Rückplatte (24) aufweist, wobei die Interaktionseinheit (16) dazu eingerichtet ist, eine Auslenkung (26) der Interaktionseinheit (16) mittels einer Abstandsänderung zwischen der Rückplatte (24) und zumindest einem Elektrodenelement (28), welches an zumindest einer Wand (30) des fluiddichten Raums (22) angeordnet ist, zu ermitteln und/oder zu erzeugen.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Kapazitive MEMS-Mikrofone weisen den Vorteil auf, dass sie einen geringen Energieverbrauch, ein günstiges Signal-zu-Rausch-Verhältnis, sowie eine einfache Weiterverarbeitbarkeit aufweisen. Allerdings besitzt die Doppelmembranstruktur derzeit leistungsfähigsten kapazitive MEMS-Mikrofone eine hohe mechanische Steifigkeit, was deren Auslenkbarkeit begrenzt und damit auch die Empfindlichkeit des MEMS-Mikrofons und dessen Signal-zu-Rausch-Verhältnis limitiert.

[0002] Die DE 10 2014 212 340 A1 zeigt ein solches MEMS-Mikrofon umfassend eine Doppelmembranstruktur, ein Gegenelektrodenelement und einen Niederdruckbereich.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Die erfindungsgemäße Wandlereinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist gegenüber dem Bekannten den Vorteil auf, dass durch die nachgiebigere Aufhängung der Interaktionseinheit am Substrat durch im Wesentlichen eine einzelne Membraneinheit sowohl die Empfindlichkeit als auch das Signal-zu-Rausch-Verhältnis verbessert werden kann. Weiter bevorzugt kann eine Steifigkeit der Interaktionseinheit an einen Anwendungsfall gezielt angepasst werden, um somit eine leistungsfähigere, effizientere Wandlereinheit bereitstellen zu können. Ferner weist die Wandlereinheit den Vorteil auf, dass mit Hilfe der flexiblen Begrenzungsschichten bzw. Interaktionseinheit ein fluidischer Quetschfilm-Dämpfungseffekt vermieden werden kann. Ferner weist die Wandlereinheit den Vorteil auf, dass kein signifikantes Spaltrauschen bei schnellen Differenzdruckänderungen auftritt, da die Rückplatte sich in dem fluiddichten Raum bei niedrigem Gasdruck befindet. Ein zusätzlicher Vorteil der Wandlereinheit ist, dass mit Hilfe der Membraneinheiten, welche bevorzugt zumindest zwischen der Interaktionseinheit und dem Substrat und/oder zwischen zwei Interaktionseinheiten angeordnet sind, die Fluidleckage minimiert wird und eine Auslenkung der Interaktionseinheit(en) in einem Mittenbereich einer Kavität in einem Substrat maximiert wird.

[0004] Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Wandlereinheit für akustische oder elektrische Signale und/oder Relativdrücken ein Substrat, eine Membraneinheit, und zumindest eine Interaktionseinheit umfasst. Dabei weist das Substrat zumindest eine Kavität auf. Die Interaktionseinheit ist derart an dem Substrat angeordnet, dass die Interaktionseinheit zumindest teilweise und/oder vollständig über der Kavität positioniert ist, wobei die Membraneinheit zumindest zwischen der Interak-

tionseinheit und dem Substrat und/oder zwischen der Interaktionseinheit und einer weiteren Interaktionseinheit angeordnet ist. Ferner weist die Interaktionseinheit zumindest einen fluiddichten Raum auf, wobei die Interaktionseinheit dazu eingerichtet ist, einen vorbestimmten Druck, insbesondere einen Niederdruck, im fluiddichten Raum zu halten. Zudem weist die Interaktionseinheit zumindest eine Rückplatte auf. Ferner ist die Interaktionseinheit dazu eingerichtet, eine Auslenkung der Interaktionseinheit mittels einer Abstandsänderung zwischen der Rückplatte und zumindest einem Elektrodenelement, welches an zumindest einer Wand des fluiddichten Raumes angeordnet ist, zu ermitteln und/oder zu erzeugen.

[0005] In anderen Worten umfasst die Wandlereinheit bevorzugt ein Substrat, welches insbesondere flächig ausgebildet ist. In dem Substrat ist vorzugsweise eine Kavität, Ausnehmung und/oder Bohrung angeordnet. Die Kavität im Substrat dient bevorzugt als Rückvolumen bzw. Schallzugangsöffnung, die den dämpfenden Effekt der Rückvolumengasfeder reduziert. Ferner weist das Substrat bevorzugt angrenzend an die Kavität einen Festlandsbereich auf, wobei die Interaktionseinheit vorzugsweise an dem Festlandsbereich angeordnet ist. Ferner ist vorzugsweise die Rückplatte ebenso an dem Festlandsbereich angeordnet.

[0006] Vorzugsweise weist die Wandlereinheit zumindest eine Membraneinheit auf. Die Membraneinheit ist bevorzugt zumindest zwischen der Interaktionseinheit und dem Substrat bzw. zwischen zwei Interaktionseinheiten angeordnet. Ferner kann die Membraneinheit zwischen einer Interaktionseinheit und dem Festlandsbereich des Substrats angeordnet sein. Die Membraneinheit hat den Vorteil, dass die Fluidleckage minimiert wird und die Auslenkung der Interaktionseinheit maximiert wird, da sie eine vergleichsweise geringe Steifigkeit aufweist.

[0007] Ferner bevorzugt umfasst die Wandlereinheit eine Interaktionseinheit. Die Interaktionseinheit umfasst zumindest eine Begrenzungsschicht, welche gegenüber dem Substrat auslenkbar ist. Diese Begrenzungsschicht kann bevorzugt als eine Art Biegebalken oder ähnliches ausgestaltet sein, d. h. sie kann beispielsweise nur an einer Seite eine lokale Verankerung am Festlandsbereich aufweisen.

[0008] Die Interaktionseinheit kann beispielsweise durch eine Druck- bzw. Differenzdruckänderung des umgebenden Fluids ausgelenkt werden, um ein Sensorsignal zu erzeugen. In einem weiteren Ausführungsbeispiel dient ein elektrisches Signal zur Auslenkung der Interaktionseinheit, um eine Differenzdruckänderung im umgebenden Fluid zu erzeugen.

[0009] Die Interaktionseinheit ist bevorzugt derart an dem Substrat angeordnet, dass die Interaktionseinheit zumindest teilweise und/oder vollständig über der Kavität positioniert ist. Bevorzugt ist dabei die Interaktionseinheit zumindest teilweise mit dem Substrat und/oder dem Festlandsbereich des Substrats verbunden. Ferner bevorzugt ist die Interaktionseinheit vollständig über der Kavität angeordnet, wobei die Interaktionseinheit mittels zumindest einer Membraneinheit an dem Substrat und/oder dem Festlandsbereich des Substrats angeordnet ist. Bevorzugt ist die Interaktionseinheit rund ausgestaltet, wobei die Membraneinheit als eine Art Ring ausgestaltet ist und den Festlandsbereich mit der Interaktionseinheit verbindet. Bevorzugt ist die Membraneinheit zwischen der Interaktionseinheit und dem Substrat und/oder zwischen der Interaktionseinheit und einer weiteren Interaktionseinheit angeordnet. Dabei kann die Membraneinheit insbesondere zwischen einer ersten Interaktionseinheit, einer zweiten Interaktionseinheit und/oder weiteren Interaktionseinheiten angeordnet sein, um die Interaktionseinheiten miteinander zu verbinden. Ferner bevorzugt ist die Interaktionseinheit mit einer Membraneinheit an dem Substrat und/oder dem Festlandsbereich des Substrats verbunden. Dabei kann die Membraneinheit insbesondere eine Dünnschicht umfassen, welche die Interaktionseinheit mit dem Substrat bzw. die Interaktionseinheiten zueinander verbindet. Diese Dünnschicht kann dabei insbesondere Korugationen und/oder Vertiefungen aufweisen. Der Vorteil dieser Korugationen ist, dass bei einer Zugbelastung eine größere Längserstreckung sowie eine größere Auslenkung möglich ist.

[0010] Bevorzugt weist die Interaktionseinheit zumindest einen fluiddichten Raum auf. Ferner bevorzugt ist die Interaktionseinheit dazu eingerichtet, einen vorbestimmten Druck im fluiddichten Raum einzustellen und/oder zu halten. Dabei kann der vorbestimmte Druck im fluiddichten Raum insbesondere ein Fluiddruck sein, welcher geringer als der Umgebungsdruck ist und somit ein Niederdruckbereich entsteht. Bevorzugt wird der fluiddichte Raum aus zumindest zwei Begrenzungsschichten ausgebildet, welche die Decke und den Boden bilden sowie Begrenzungswänden, welche die Seitenwände des fluiddichten Raums bilden. Dabei können die Begrenzungswände einen undulierenden Oberflächenverlauf aufweisen, bspw. vorspringende und rückgezogene Abschnitte zur Versteifung insbesondere der peripheren Begrenzungswand.

[0011] Vorzugsweise kann die Interaktionseinheit insbesondere als Biegebalken ausgebildet sein, der einen fluiddichten Raum abgrenzt, in dem ein vorbestimmter Druck, insbesondere ein Fluiddruck welcher geringer als ein Umgebungsdruck ist, herrscht. Der Biegebalken kann an zumindest einem Ende am Festlandsbereich des Substrats verankert sein.

[0012] Ferner weist bevorzugt die Interaktionseinheit zumindest eine Rückplatte auf. Die Rückplatte kann insbesondere eine Gegenelektrode zu dem zumindest einen Elektrodenelement ausbilden. Dabei wird bevorzugt die Rückplatte aus einer leitfähigen Schicht gebildet. Ferner bevorzugt kann die Rückplatte aus einer isolierenden Trägerschicht wie z. B. Silizium-reiches Nitrid mit einer Dicke zwischen 0,5 und 5 μm ausgebildet sein, wobei auf der isolierenden Trägerschicht zumindest eine Elektrode und/oder mehrere Lagen von Elektroden beispielsweise aus Poly-Silizium angeordnet sein können. Ein Vorteil der Rückplatte aus einer isolierenden Schicht mit daran angrenzenden bzw. darin eingebetteten Elektroden kann sein, dass Leckströme unterdrückt und die Messkapazität so ausgestaltet werden kann, dass die Messkapazität maximiert und parasitäre Kapazitäten minimiert werden. Die Rückplatte kann insbesondere am Festlandsbereich des Substrats verankert sein, wobei sich diese Verankerung bevorzugt innerhalb des fluiddichten Raumes befinden kann. Weiter bevorzugt kann die Verankerung der Rückplatte als integrierter Teil der Membraneinheit ausgeführt sein.

[0013] Bevorzugt ist die Interaktionseinheit dazu eingerichtet, eine Auslenkung der Interaktionseinheit mittels einer Abstandsänderung zwischen der Rückplatte und zumindest einem Elektrodenelement, welches zumindest an einer Wand des fluiddichten Raums angeordnet ist, zu ermitteln und/oder zu erzeugen. Dabei kann die Wand eine Begrenzungsschicht und/oder eine laterale Begrenzungswand sein, ist darauf aber nicht eingeschränkt. Ferner bevorzugt ist die Interaktionseinheit dazu eingerichtet ist, eine Auslenkung der Interaktionseinheit mittels einer Abstandsänderung zwischen der Rückplatte und zumindest einem Elektrodenelement, welches einer Bewegung der Interaktionseinheit folgt, zu ermitteln und/oder zu erzeugen. Bevorzugt bildet die Rückplatte eine Gegenelektrode zu dem zumindest einen Elektrodenelement aus, sodass anhand einer Abstandsänderung zwischen der Rückplatte und dem zumindest einen Elektrodenelement auf eine Auslenkung der Interaktionseinheit, insbesondere der Begrenzungsschicht bzw. des Biegebalkens geschlossen werden kann. Beispielsweise ist an einer Wand des fluiddichten Raums der Interaktionseinheit das Elektrodenelement angeordnet, wobei durch eine Auslenkung der Wand des fluiddichten Raums der Abstand zwischen dem Elektrodenelement und der Rückplatte verändert wird und dieses durch die Interaktionseinheit gemessen werden kann, um somit ein akustisches Signal und/oder Relativdrücke zu ermitteln. Dabei es sich bei der Wand des fluiddichten Raums um jede Fläche handeln, die den fluiddichten Raum bildet und/oder im fluiddichten Raum angeordnet ist. Die Wand kann bspw. auch aus der Wand der Ausnehmung zum Druckausgleich gebildet werden. Die Elektrodenle-

mente können als planare Elektroden oder als in den fluiddichten Raum hineinragende Eintauch-Fingerelektroden ausgestaltet sein. Dabei kann die Rückplatte korrespondierende Ausnehmungen aufweisen, in welche die Eintauch-Fingerelektroden eingreifen können.

[0014] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0015] Vorzugsweise umfasst der fluiddichte Raum zumindest eine Begrenzungsschicht, welche eine Decke und/oder einen Boden des fluiddichten Raums ausbildet.

[0016] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass durch die Auslenkung der Begrenzungsschicht durch die Veränderung des Abstandes zwischen der Elektrode an der Begrenzungsschicht und der Rückplatte ein akustisches Signal bzw. ein Relativdruck ermittelt werden kann. Ferner kann mit Hilfe der Begrenzungsschicht eine Auslenkung der Interaktionseinheit gezielt eingestellt werden.

[0017] Vorzugsweise ist das zumindest eine Elektrodenelement in oder an der Begrenzungsschicht angeordnet.

[0018] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass mit Hilfe des zumindest einen Elektrodenelements jede Begrenzungsschicht dazu genutzt werden kann, einen Abstand zwischen der jeweiligen Begrenzungsschicht und der Rückplatte zu ermitteln.

[0019] Vorzugsweise ist die Membraneinheit einteilig, insbesondere aus einer Schicht, mit einer der Begrenzungsschichten und/oder der Rückplatte und/oder mit der Interaktionseinheit ausgebildet.

[0020] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass die Begrenzungsschicht und/oder die Rückplatte und die Membraneinheit aus demselben Material gefertigt werden können, was sowohl fertigungstechnische Freiheiten erhöht als auch zusätzlich die Kosten weiter reduziert.

[0021] Weiter bevorzugt umfasst die Begrenzungsschicht und/oder die Begrenzungswand ein nichtleitendes Material, in und/oder an welchem das zumindest eine Elektrodenelement angeordnet ist.

[0022] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass durch die isolierende Wirkung der Begrenzungsschicht die Genauigkeiten der Abstandsermittlung zwischen der zumindest einen Elektrode und der Rückplatte erhöht wird, insbesondere da die Begrenzungsschicht und/oder die Begrenzungswand die Interaktionseinheit vor anderen Einflüssen schützt.

[0023] Bevorzugt weist die Interaktionseinheit zumindest zwei gegenüberliegende Begrenzungsschichten auf, wobei die Rückplatte zumindest teilweise zwischen den beiden Begrenzungsschichten angeordnet ist, wobei jede der Begrenzungsschichten zumindest eines der Elektrodenelemente aufweist, welche jeweils zwischen der Rückplatte und einer der dem fluiddichten Raum abgewandten Oberfläche der Begrenzungsschichten angeordnet ist.

[0024] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass durch die gleichsinnige Auslenkung der zwei gegenüberliegenden Begrenzungsschichten mit jeweils einem Elektrodenelement ein unterschiedlicher Abstand der oberen und unteren Begrenzungsschicht zur Rückplatte als Differenzsignal ermittelt werden kann, welches die Genauigkeit der Signaldetektion der Wandereinheit weiter verbessert.

[0025] In anderen Worten ist die Rückplatte bevorzugt in der Mitte des fluiddichten Raums angeordnet, wobei die Decke des fluiddichten Raums durch eine erste Begrenzungsschicht gebildet wird, welche ein erstes Elektrodenelement aufweist und wobei der Boden des fluiddichten Raums durch eine zweite Begrenzungsschicht gebildet wird, welche ein zweites Elektrodenelement aufweist. Somit kann sowohl ein Abstand zwischen dem ersten Elektrodenelement und der Rückplatte als auch ein Abstand zwischen dem zweiten Elektrodenelement und der Rückplatte ermittelt werden.

[0026] Bevorzugt ist zwischen den gegenüberliegenden Begrenzungsschichten zumindest ein Stützelement wie z. B. eine Stützsäule bzw. Stützwand angeordnet.

[0027] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass die Stützelemente innerhalb des fluiddichten Raums angeordnet sind und somit bei einer Druckbeaufschlagung einer der Begrenzungsschichten diese Druckbeaufschlagung mittels des Stützelements an die andere Begrenzungsschicht weitergeleitet werden kann. Dabei kann das Stützelement sowohl an einem als auch an beiden Begrenzungsschichten angeordnet sein. Ferner kann die einseitige Anbindung des Stützelements an nur einer der Begrenzungsschichten den Vorteil aufweisen, eine höhere Gestaltungsfreiheit und Flexibilität der Begrenzungsschicht bzw. des Biegebalkens zu ermöglichen.

[0028] Vorzugsweise weist die zumindest eine Wand und/oder die zumindest eine Stützsäule eine Ausnehmung auf. Dabei ist bevorzugt das zumindest eine Elektrodenelement 28 derart in der Ausnehmung angeordnet, das eine Oberfläche des Elektrodenelements in einer Ebene mit einer Oberfläche der

zumindest einen Wand 30 und/oder einer Oberfläche der Stützsäule in einer Ebene liegen.

[0029] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass durch die Integration des Elektrodenelements in die Wand, wie bspw. eine Begrenzungsschicht, die Bauhöhe der Wandlereinheit weiter reduziert wird.

[0030] Bevorzugt ist eine Dicke der Membraneinheit gleich oder geringer als eine Summendicke der Begrenzungsschichten und/oder als eine Dicke der Rückplatte. Besonders bevorzugt ist eine Dicke der Membraneinheit gleich oder geringer als eine Dicke einer der Begrenzungsschichten.

[0031] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass durch die dünne überbrückende Membraneinheit diese weniger biegesteif als zwei voneinander beabstandete, über steife Stützsäulen miteinander verbundene Begrenzungsschichten bzw. Membranelemente ist und somit die Genauigkeit der Wandlereinheit weiter verbessert werden kann.

[0032] Bevorzugt umfasst der fluiddichte Raum zumindest eine Begrenzungswand.

[0033] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass mit Hilfe der Begrenzungswand das zumindest eine Elektrodenelement und die Rückplatte weiter von Umgebungsflüssen abgeschirmt werden kann. Dabei kann die Begrenzungswand insbesondere aus einem isolierenden Material hergestellt sein. Ferner kann die periphere Begrenzungswand einen ondulierenden Flächenverlauf aufweisen, welcher insbesondere durch vorspringende und rückgezogene Abschnitte gebildet wird, welche dazu eingerichtet sind, die Steifigkeit der peripheren Begrenzungswand nach Bedarf auch nur stellenweise zu erhöhen.

[0034] Vorzugsweise weist das zumindest eine Elektrodenelement eine Vielzahl von voneinander isolierten Segmenten auf.

[0035] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass mit Hilfe der voneinander isolierten Segmente unabhängig voneinander auslesbare Kapazitäten des Sensors gebildet werden können, um zusätzliche Informationen zu ermitteln und/oder ein Rauschen zu minimieren.

[0036] Bevorzugt weist die Interaktionseinheit und/oder die Membraneinheit zumindest eine Ausnehmung zum Druckausgleich auf.

[0037] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, eine quasistatische Druckdifferenz mittels der Ausnehmung ausgleichen zu können, um einen definierten Druckausgleich zwischen einem Rückvolumen z. B. in der Kavität des Substrats und dem Front-

volumen bzw. der Umgebung zu ermöglichen. Somit kann das von der Wandlereinheit ermittelte Signal unabhängiger von langsamen Druckschwankungen in der Umgebung werden.

[0038] Bevorzugt kann die Ausnehmung im Bereich einer Membraneinheit, in einem Biegebalken und/oder in einem Zentralknoten angeordnet sein.

[0039] Bevorzugt weist die Interaktionseinheit eine Steifigkeit auf, welche dazu eingerichtet ist, bei einer Differenzdruckbeaufschlagung der Interaktionseinheit die Interaktionseinheit im Verhältnis zum Substrat auszulenken.

[0040] Ein Vorteil dieser Ausführungsform ist, dass mit Hilfe einer vorbestimmten bzw. einstellbaren Steifigkeit der Interaktionseinheit die Wandlereinheit an einen möglichen Anwendungsfall angepasst werden kann. Somit kann die Auslenkung der Interaktionseinheit gezielt für den Anwendungsfall eingestellt werden, um somit die von der Wandlereinheit erfassten Signale weiter zu verbessern. Dabei kann die Steifigkeit der Interaktionseinheit insbesondere durch das Material und/oder durch eine Dicke der Begrenzungsschichten eingestellt werden.

[0041] Vorzugsweise weist die Rückplatte zumindest ein Versteifungselement auf, um eine Steifigkeit der Rückplatte einzustellen.

[0042] Ein Vorteil dieser Ausführungsform kann sein, dass die Rückplatte mit Hilfe des Versteifungselements eine deutlich höhere Steifigkeit als die Begrenzungsschichten aufweist, was zu einem robusteren und leistungsfähigeren Betrieb der Interaktionseinheit führen kann. Ferner kann dabei die Rückplatte eine Zugspannung aufweisen, welche die Steifigkeit der Rückplatte einstellt. Bevorzugterweise ist eine Steifigkeit und/oder Zugspannung der Rückplatte doppelt so hoch wie die Steifigkeit bzw. Zugspannung einer Begrenzungsschicht.

[0043] Bevorzugt weist das Substrat einen Fluidkanal auf, welcher mit dem fluiddichten Raum fluiddicht verbunden ist. Innerhalb dieses Fluidkanals kann die Rückplatte am Substrat verankert sein.

[0044] Ein Vorteil kann sein, dass die Rückplatte steif und ohne mechanische Kopplung an die Begrenzungsschichten oder die Membraneinheit unmittelbar am Festlandsbereich des Substrats verankert werden kann. Dabei kann der Fluidkanal insbesondere derart angeordnet sein, um eine Steifigkeit der Interaktionseinheit zu verringern, um somit eine Auslenkung zwischen der Rückplatte und der Interaktionseinheit zu erhöhen.

[0045] Bevorzugt weist die Begrenzungsschicht bzw. die Begrenzungswände im Bereich des Fluidka-

nals und/oder in einem daran angrenzenden Bereich eine Korrugation bzw. Ondulation auf. Dies ermöglicht einen Abbau von mechanischem Zugstress im Umgebungsbereich des Fluidkanals, was eine größere Robustheit des Wandlers zur Folge hat. Gleichzeitig können die Korrugation bzw. Ondulation eine höhere Dehnung in diesem Bereich erlauben, was zu einer höheren Auslenkung im Mittenbereich der Kavität im Substrat führen kann.

[0046] Die Wandlereinheit für akustische Signale bzw. Relativdrücke kann insbesondere als MEMS-Mikrofon, MEMS-Lausprecher oder Relativdrucksensor ausgebildet sein, wobei MEMS-Mikrofon und MEMS-Lausprecher insbesondere eine Ausnehmung zum Druckausgleich aufweisen.

Zeichnungen

[0047] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. In der Zeichnung ist:

Fig. 1 zeigt eine Wandlereinheit gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 2 zeigt eine Wandlereinheit gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 3 zeigt eine Wandlereinheit gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 4 zeigt eine Wandlereinheit gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 5 zeigt eine Wandlereinheit gemäß einer Ausführungsform,

Fig. 6a bis 6h zeigen unterschiedliche Ausführungen der Wandlereinheit,

Fig. 7a und 7b zeigen eine Ausführungsform der Wandlereinheit,

Fig. 8a bis 8d zeigen eine Ausführungsform der Wandlereinheit,

Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform der Wandlereinheit,

Fig. 10 zeigt eine Ausführungsform der Wandlereinheit.

Ausführungsformen der Erfindung

[0048] Bevorzugt sind gleiche Einheiten, Elemente und/oder Bauteile in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0049] **Fig. 1** zeigt eine Wandlereinheit 10 in einer Schnittdarstellung. Die Wandlereinheit 10 weist dabei insbesondere ein Substrat 12 auf. An dem Substrat 12 ist eine Interaktionseinheit 16 derart angeordnet, dass zumindest ein Teil der Interaktions-

einheit 16 über eine Kavität 18 im Substrat 12 ragt. Ferner weist die Interaktionseinheit 16 eine Rückplatte 24 auf, welche zumindest teilweise über der Kavität 18 des Substrats 12 angeordnet ist. Ferner weist die Interaktionseinheit 16 eine Begrenzungsschicht 32 auf. An der Begrenzungsschicht 32 ist zumindest ein Elektrodenelement 28 angeordnet. Mittels einer Abstandsänderung zwischen dem Elektrodenelement 28 und der Rückplatte 24 ist die Interaktionseinheit 16 dazu eingerichtet, eine Auslenkung 26 der Interaktionseinheit 16 zu ermitteln und/oder zu erzeugen.

[0050] Ferner weist die Wandlereinheit 10 eine Membraneinheit 14 auf. Die Membraneinheit 14 ist zwischen einer ersten Interaktionseinheit 16 und einer weiteren Interaktionseinheit 20 angeordnet. Zudem weist die Membraneinheit 14 in der Mitte der Wandlereinheit 10 eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich auf. Ferner weist die Interaktionseinheit 16 zumindest eine Begrenzungswand 42 auf, welche eine Abgrenzung des fluiddichten Raums 22 bildet. Der fluiddichte Raum 22 wird bevorzugt durch zumindest eine Begrenzungsschicht 32 und zumindest eine Begrenzungswand 42 gebildet.

[0051] Ferner ist in der **Fig. 1** eine Schnittebene A dargestellt, welche eine Schnittebene der Wandlereinheit 10 in Bezug auf die **Fig. 2** darstellt.

[0052] **Fig. 2** zeigt eine Wandlereinheit 10 in einer Draufsicht. Die Wandlereinheit 10 umfasst eine Membraneinheit 14, welche die Interaktionseinheit 16 mit drei weiteren Interaktionseinheiten 20 und/oder dem Substrat 12 verbindet. Ferner kann das Substrat 12 in einem Randbereich des Substrats 12 zur Kavität 18 einen Festlandbereich 13 aufweisen. Ferner weist die Membraneinheit 14 eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich auf, welche beispielhaft in der Mitte der Wandlereinheit 10 in der **Fig. 2** dargestellt ist. Ferner weist die Interaktionseinheit 16 zumindest eine Stützsäule 40 auf. Die Rückplatte 24 weist im Bereich der Stützsäule 40 eine korrespondierende Ausnehmung 41 auf. Ferner weist das Substrat 12 zumindest einen Fluidkanal 50 auf, welcher mit dem fluiddichten Raum 22 verbunden ist und insbesondere dazu eingerichtet ist, eine steife Verankerung der Rückplatte 24 am Festlandbereich 13 aufzunehmen.

[0053] **Fig. 3** zeigt eine Wandlereinheit 10 in einer weiter bevorzugten Ausführungsform als Schnittdarstellung. Die Wandlereinheit 10 weist dabei eine Interaktionseinheit 16 auf. Die Interaktionseinheit 16 weist eine erste Begrenzungsschicht 32 auf, welche mittels einer Membraneinheit 14 an dem Substrat 12 befestigt ist. Ferner weist die Interaktionseinheit 16 zumindest eine Begrenzungswand 42 auf. Die Begrenzungswand 42 verbindet die erste Begrenzungsschicht 32 mit der zweiten Begrenzungsschicht

38. Somit sind die erste Begrenzungsschicht 32 und die zweite Begrenzungsschicht 38 gegenüberliegend zueinander angeordnet. Sowohl an der ersten Begrenzungsschicht 32 als auch an der zweiten Begrenzungsschicht 38 ist zumindest ein Elektrodenelement 28 angeordnet. Zwischen den beiden Elektrodenelementen 28 ist die Rückplatte 24 angeordnet. Darüber hinaus weist die Membraneinheit 14 eine Vertiefung, insbesondere Korrugation auf. Ferner weist die Membraneinheit 14 eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich auf.

[0054] Fig. 4 zeigt eine Wandlereinheit 10 in einer 3D-Schnittdarstellung in einer weiteren Ausführungsform. Dabei ist die Interaktionseinheit 16 an dem Substrat 12 der Wandlereinheit 10 angeordnet. Die Interaktionseinheit 16 und die weiteren Interaktionseinheiten 20 weisen eine erste Begrenzungsschicht 32 auf, welche direkt gegenüber der Kavität 18 des Substrats 12 angeordnet ist. Die erste Begrenzungsschicht 32 ist mittels einer Stützsäule 40 mit einer zweiten Begrenzungsschicht 38 verbunden. Die Rückplatte 24 weist dabei eine korrespondierende Ausnehmung 41 auf, in welcher die Stützsäule 40 ohne Kontakt angeordnet ist. Ferner ist eine Begrenzungswand 42 zwischen der ersten Begrenzungsschicht 32 und der zweiten Begrenzungsschicht 38 angeordnet. Die Interaktionseinheit 16 weist einen fluiddichten Raum 22 auf, welcher durch die erste Begrenzungsschicht 32, die zweite Begrenzungsschicht 38 und eine Vielzahl von Begrenzungswänden 42 gebildet wird. Ferner weist die Wandlereinheit 10 eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich auf. Fluidkanäle 50 sind so konfiguriert, dass sie die starre Verankerung der Rückplatte 24 direkt im Festlandsbereich 13 des Substrats 12 ermöglichen.

[0055] Fig. 5 zeigt die Wandlereinheit 10 aus Fig. 4 mit deren Aufschnittlinie. Es ist zu erkennen, dass die Wandlereinheit vier Fluidkanäle 50 aufweist. Ferner weist die Wandlereinheit 10 eine Membraneinheit 14 auf, welche die Begrenzungsschicht 32 bzw. die Begrenzungswände 42 mit dem Substrat 12 verbindet bzw. verbindet. Zusätzlich weist die Wandlereinheit 10 eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich in der Mitte auf.

[0056] Die Fig. 6a bis 6h zeigen weitere Ausführungsformen der Wandlereinheit 10 und mögliche Anordnungen der Membraneinheit 14 zwischen dem Substrat 12 und der Interaktionseinheit 16 und ggf. 20. Die Fig. 6a zeigt eine Wandlereinheit 10, bei welcher die Membraneinheit 14 in Ausgestaltung eines durchgekreuzten Kästchens ausgestaltet ist. Ausnehmungen 46 zum Druckausgleich sind in den peripheren Bereichen der Membraneinheit 14 ausgebildet.

[0057] Fig. 6b zeigt eine Membraneinheit 14, welche als diagonales Kreuz mit Pfeilen an den Enden des Kreuzes ausgestaltet ist.

[0058] Fig. 6c zeigt eine Membraneinheit 14, welche als eine obere Klammer und eine untere Klammer ausgebildet ist.

[0059] Fig. 6d zeigt eine Membraneinheit 14 mit der Grundgestalt eines Vielecks, wobei an jeder Ecke des Vielecks ein Steg der Membraneinheit 14 in das Vieleck hineinragt. Ferner ist in Fig. 6d eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich in der Mitte des Vielecks gezeigt.

[0060] Fig. 6e zeigt eine rechteckige Ausgestaltung der Membraneinheit 14 mit zwei Stegen innerhalb des Rechtecks, welche eine quadratische Interaktionseinheit innerhalb des Rechtecks ausbilden.

[0061] Fig. 6f zeigt eine Membraneinheit 14 mit zwei ineinander versetzten Quadraten, wobei die Ecken der Quadrate mittels einer Membraneinheit 14 verbunden sind.

[0062] Fig. 6g zeigt eine Membraneinheit 14 mit einer kreisförmigen Grundfläche, wobei innerhalb der kreisförmigen Grundfläche Stege der Membraneinheit 14 in tangentialer Weise zu einem Mittelpunkt der Kreisgrundform angeordnet sind. Ferner weist die Wandlereinheit 10 der Fig. 6g eine Ausnehmung 46 zum Druckausgleich in der Mitte auf.

[0063] Fig. 6h zeigt eine Wandlereinheit 10 gemäß einer Ausführungsform. Dabei verbindet die Membraneinheit 14 die Interaktionseinheit 16 mit dem Substrat 12, insbesondere vollumfänglich um die Interaktionseinheit 16. Somit ist bevorzugt die Interaktionseinheit 16 freischwebend an dem Substrat 12 angeordnet.

[0064] Fig. 7a zeigt eine Draufsicht der Wandlereinheit 10, welche eine Membraneinheit 14 aufweist, welche die Interaktionseinheit 16 mit dem Substrat 12 verbindet.

[0065] Fig. 7b zeigt eine Teilschnittansicht der Wandlereinheit 10 der Fig. 7a. Dabei weist die Wandlereinheit 10 einen S-förmigen Fluidkanal 50 auf, welcher mittels der Membraneinheit 14 an einer Interaktionseinheit 16 angeordnet und mit deren fluiddichtem Raum fluideleitend und/oder fluidisch verbunden ist. Die Interaktionseinheit 16 weist eine erste Begrenzungsschicht 32 und eine zweite Begrenzungsschicht 38 auf, welche den Boden und den Deckel des fluiddichten Raums 22 bilden. Innerhalb des fluiddichten Raumes 22 ist die Rückplatte 24 angeordnet.

[0066] Fig. 8a zeigt eine Draufsicht der Wandlereinheit 10 mit einer Membraneinheit 14.

[0067] Die Fig. 8b bis 8d zeigen eine Teilschnittansicht der Wandlereinheit 10 der Fig. 8a. In der Fig. 8a ist eine Wandlereinheit 10 zu sehen, welche eine Interaktionseinheit 16 aufweist. Die Interaktionseinheit 16 umfasst eine erste Begrenzungsschicht 32 und eine zweite Begrenzungsschicht 38. Die erste Begrenzungsschicht 32 und die zweite Begrenzungsschicht 38 bilden die Decke und den Boden des fluiddichten Raums 22 aus. In dem fluiddichten Raum 22 ist die Rückplatte 24 angeordnet. Die Interaktionseinheit 16 ist mittels einer Membraneinheit 14 und einem Fluidkanal 50 mit dem Festlandsbereich des Substrats verbunden.

[0068] Im Vergleich der Fig. 8b mit der Fig. 8c weist die Fig. 8c zusätzlich ein Versteifungselement 48 an der Rückplatte 24 auf. Im Vergleich zwischen der Fig. 8d und 8c weist die Fig. 8d zwei Rückelektrodenelemente 48 an einer Oberseite und einer Unterseite der Rückplatte 24 auf.

[0069] Fig. 9 zeigt eine Wandlereinheit 10 in einer perspektivischen Darstellung. Die Wandlereinheit 10 umfasst ein Substrat 12. Das Substrat 12 bildet eine Kavität 18 aus. Ferner kann das Substrat 12 mehrere Schichten umfassen, um beispielsweise die Membraneinheit 14 an das Substrat 12 anzubinden. Die Wandlereinheit 10 weist dabei eine Interaktionseinheit 16 auf, welche mittels der Membraneinheit 14 an dem Substrat 12 angeordnet ist. Wie in der Fig. 9 gezeigt ist die Interaktionseinheit 16 im Wesentlichen rund ausgeführt. Dabei ist die Membraneinheit 14 als eine Art Ring um die Interaktionseinheit 16 angeordnet. Somit kann die Membraneinheit 14 die Interaktionseinheit 16 von dem Substrat 12 beabstanden.

[0070] Ferner weist die Interaktionseinheit 16 einen fluiddichten Raum 22 auf. In dem fluiddichten Raum 22 sind die Rückplatte 24 und zumindest ein Elektrodenelement 28 angeordnet. Dabei kann das zumindest eine Elektrodenelement 28 an jeder Wand 20 oder einer Stützsäule 40 des fluiddichten Raums 22 angeordnet bzw. verankert sein.

[0071] Ferner weist die Interaktionseinheit 16 zumindest eine Begrenzungsschicht 32 auf. Die zumindest eine Begrenzungsschicht 32 kann biegebalkenförmig ausgebildet und über einen zumindest teilweise leitfähigen Verbindungssteg 33 an dem Substrat 12 und/oder einer weiteren zumindest teilweise leitfähigen Schicht angeordnet sein. Ferner kann die zumindest eine Begrenzungsschicht 32 einen Boden 36 und/oder eine Decke 34 des fluiddichten Raums 22 ausbilden.

[0072] Bevorzugt weist die Interaktionseinheit 16 zumindest eine Begrenzungswand 42 zum Ausbilden des fluiddichten Raums 22 auf. Ferner können zwischen den Begrenzungsschichten 32, 38 eine Stützsäule 40 angeordnet sein.

[0073] Fig. 10 zeigt eine Schnittansicht der Wandlereinheit 10, insbesondere eine Schnittansicht durch die Wandlereinheit 10 der Fig. 9.

[0074] Wie in der Fig. 10 zu sehen ist, weist die Interaktionseinheit 16 zwei Begrenzungswände 42 auf, wobei zwischen den beiden Begrenzungswänden 42 die Membraneinheit 14 angeordnet ist, um die Interaktionseinheit 16 an dem Substrat 12 anzuordnen.

[0075] Ferner können die Begrenzungswände 42 eine Wand 20 des fluiddichten Raums 22 ausbilden. Zwischen den Begrenzungsschichten 32, 38 können bevorzugt Stützsäulen 40 angeordnet sein. Ferner ist in dem fluiddichten Raum 22 der Interaktionseinheit 16 zumindest eine Rückplatte 24 angeordnet. Ferner ist an einer Wand 20 zumindest ein Elektrodenelement 28 angeordnet.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102014212340 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Wandlereinheit (10) für elektrische oder akustische Signale und/oder Relativdrücke, wobei die Wandlereinheit umfasst:

- ein Substrat (12),
- eine Membraneinheit (14),
- eine Interaktionseinheit (16),

wobei das Substrat (12) zumindest eine Kavität (18) aufweist,

wobei die Interaktionseinheit (16) derart an dem Substrat (12) angeordnet ist, dass die Interaktionseinheit (16) zumindest teilweise und/oder vollständig über der Kavität (18) positioniert ist,

wobei die Membraneinheit (14) zwischen der Interaktionseinheit (16) und dem Substrat (12) und/oder zwischen der Interaktionseinheit (16) und einer weiteren Interaktionseinheit (20) angeordnet ist,

wobei die Interaktionseinheit (16) zumindest einen fluiddichten Raum (22) aufweist,

wobei die Interaktionseinheit (16) dazu eingerichtet ist, einen vorbestimmten Druck im fluiddichten Raum (22) einzustellen und/oder zu halten,

wobei die Interaktionseinheit (16) zumindest eine Rückplatte (24) aufweist, wobei die Interaktionseinheit (16) dazu eingerichtet ist, eine Auslenkung (26) der Interaktionseinheit (16) mittels einer Abstandsänderung zwischen der Rückplatte (24) und zumindest einem Elektrodenelement (28), welches an zumindest einer Wand (30) des fluiddichten Raums (22) angeordnet ist, zu ermitteln und/oder zu erzeugen.

2. Wandlereinheit (10) nach Anspruch 1, wobei der fluiddichte Raum (22) zumindest eine Begrenzungsschicht (32), welche eine Decke (34) und/oder einen Boden (36) des fluiddichten Raums (22) ausbildet, umfasst.

3. Wandlereinheit (10) nach Anspruch 2, wobei das zumindest eine Elektrodenelement (28) in oder an der Begrenzungsschicht (32) angeordnet ist.

4. Wandlereinheit (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei die Membraneinheit (14) einteilig, insbesondere aus einer Schicht, mit der Begrenzungsschicht (32), der Rückplatte (24) und/oder mit der Interaktionseinheit (16) ausgebildet ist.

5. Wandlereinheit (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die Begrenzungsschicht (32) ein nichtleitendes Material umfasst, in und/oder an welchem das zumindest eine Elektrodenelement (28) angeordnet ist.

6. Wandlereinheit (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Interaktionseinheit (16) zumindest zwei gegenüberliegende Begrenzungsschichten (32, 38) aufweist, wobei die Rückplatte (24) zumindest teilweise zwischen den beiden

Begrenzungsschichten (32, 38) angeordnet ist, wobei jede der Begrenzungsschichten (32, 38) zumindest eines der Elektrodenelemente (28) aufweist, welches jeweils zwischen der Rückplatte (24) und einer, insbesondere dem fluiddichten Raum abgewandten Oberfläche, der Begrenzungsschichten (32, 38) angeordnet ist.

7. Wandlereinheit (10) nach Anspruch 6, wobei zwischen den gegenüberliegenden Begrenzungsschichten (32, 38) zumindest eine Stützsäule (40) angeordnet ist, wobei insbesondere die Rückplatte (24) eine korrespondierende Ausnehmung (61) aufweist, in welcher die Stützsäule (40) angeordnet ist.

8. Wandlereinheit (10) nach Anspruch 7, wobei die zumindest eine Wand (30) und/oder die zumindest eine Stützsäule (40) eine Ausnehmung aufweist, wobei das zumindest eine Elektrodenelement (28) derart in der Ausnehmung angeordnet ist, dass eine Oberfläche des Elektrodenelements in einer Ebene mit einer Oberfläche der zumindest einen Wand (30) und/oder einer Oberfläche der Stützsäule in einer Ebene liegen.

9. Wandlereinheit (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, wobei eine Dicke der Membraneinheit (14), gleich oder geringer ist als eine Summendicke der Begrenzungsschichten (32, 38) und/oder als eine Dicke der Rückplatte (24).

10. Wandlereinheit (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der fluiddichte Raum (22) zumindest eine Begrenzungswand (42) umfasst.

11. Wandlereinheit (10) nach Anspruch 10 und einem der Ansprüche 2 bis 9, wobei die Begrenzungsschicht (32) an dem Substrat (12) und/oder der Begrenzungswand (42) angeordnet ist.

12. Wandlereinheit (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine Elektrodenelement (28) eine Vielzahl von voneinander isolierten Segmenten (44) aufweist.

13. Wandlereinheit (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Interaktionseinheit (16) eine Steifigkeit aufweist, welche dazu eingerichtet ist, die Interaktionseinheit (16) bei einer Druckbeaufschlagung der Interaktionseinheit (16) und/oder beim Erzeugen eines akustischen Signals, im Verhältnis zum Substrat (12) auszulenken.

14. Wandlereinheit (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Rückplatte (24) zumindest ein Versteifungselement (48) aufweist, um eine Steifigkeit der Rückplatte (26) einzustellen.

15. Wandlereinheit (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Interaktionseinheit

(16) über einen Fluidkanal (50) mit, insbesondere mit einem Festlandsbereich (13), dem Substrats (12) verbunden ist, welcher mit dem fluiddichten Raum (24) fluideitend verbunden ist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

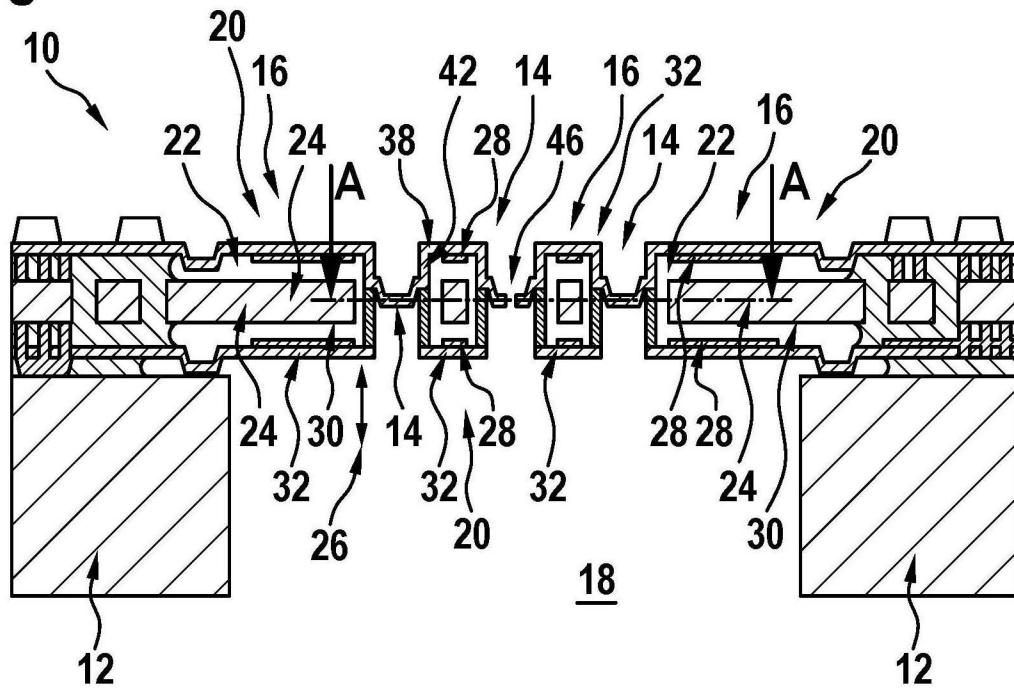


Fig. 2

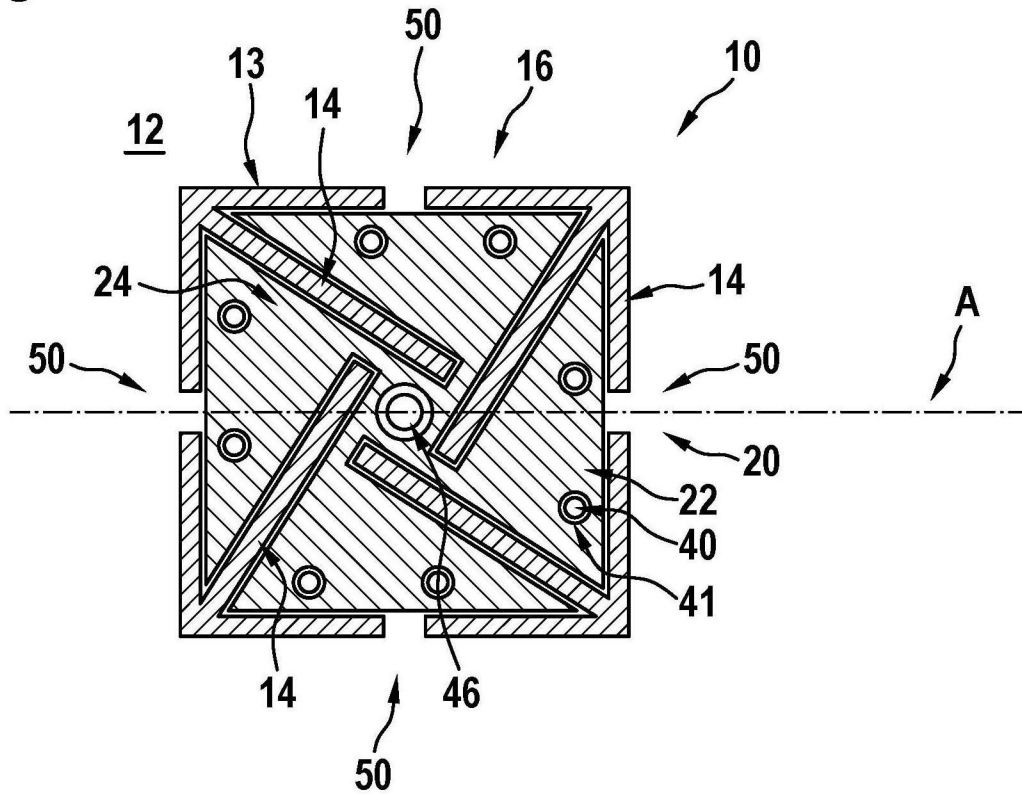


Fig. 3

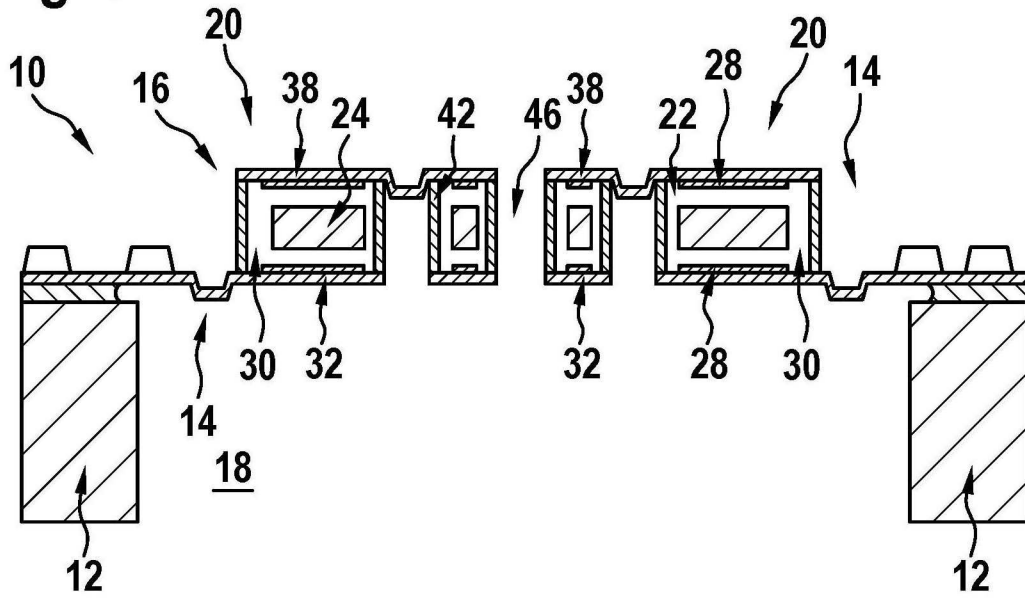


Fig. 4

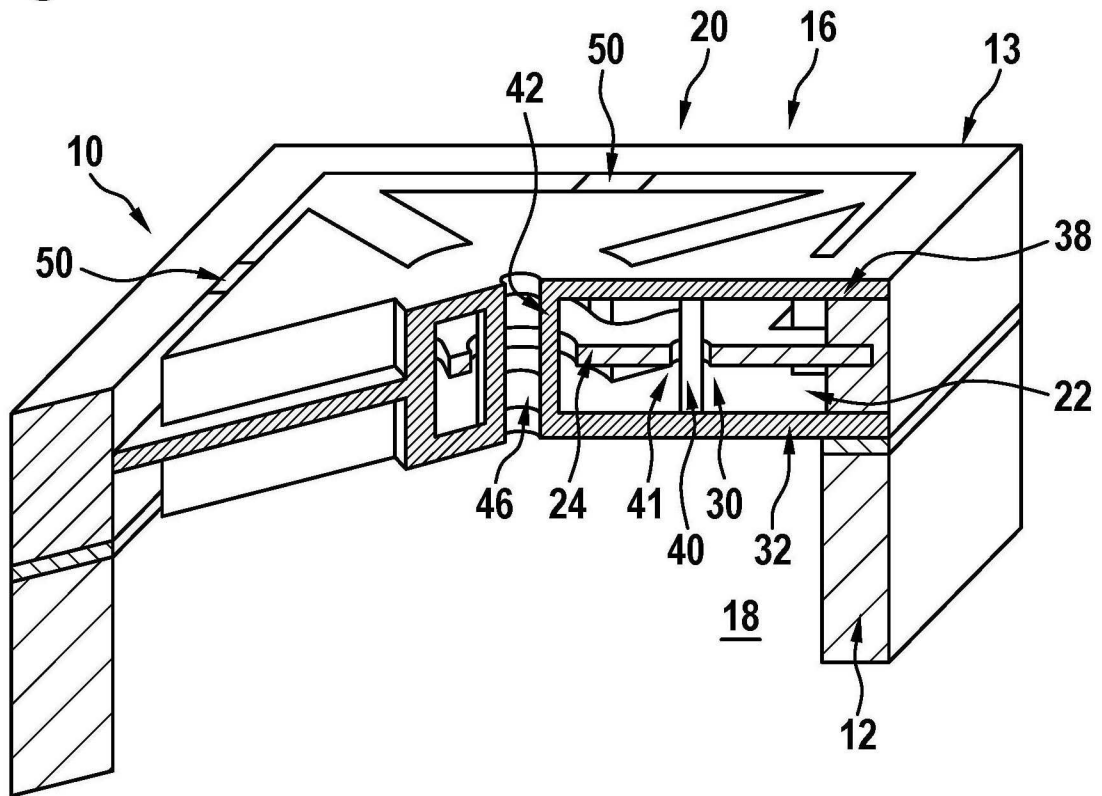


Fig. 5

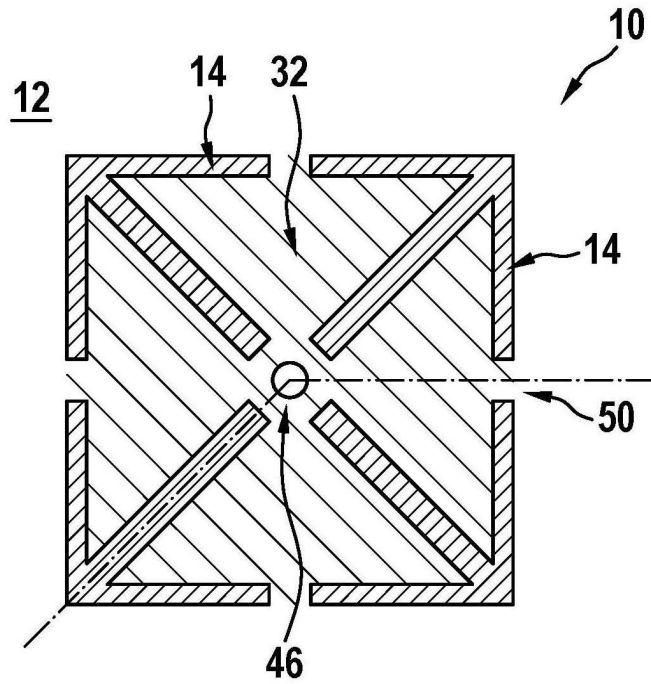


Fig. 6a

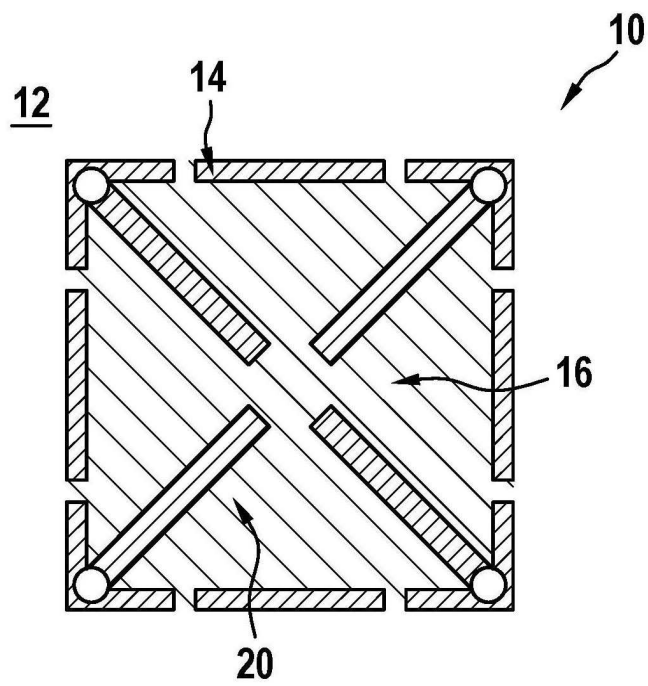


Fig. 6b

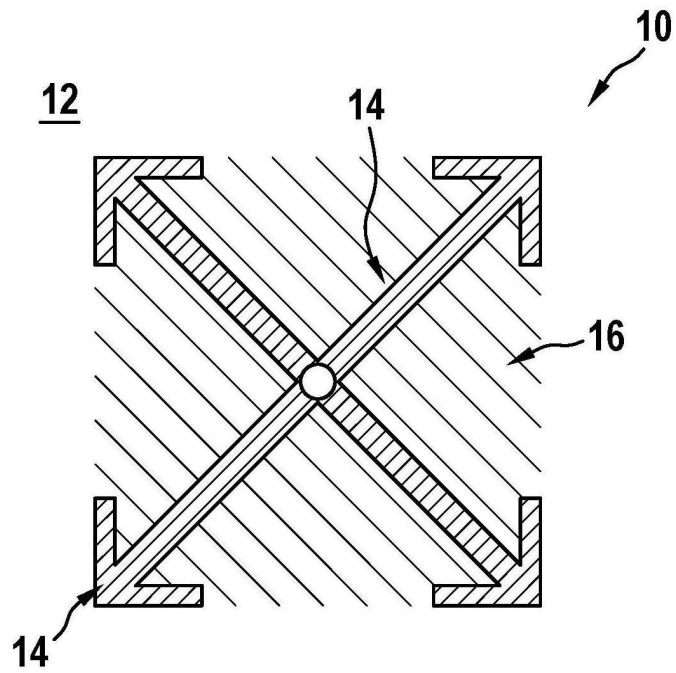


Fig. 6c

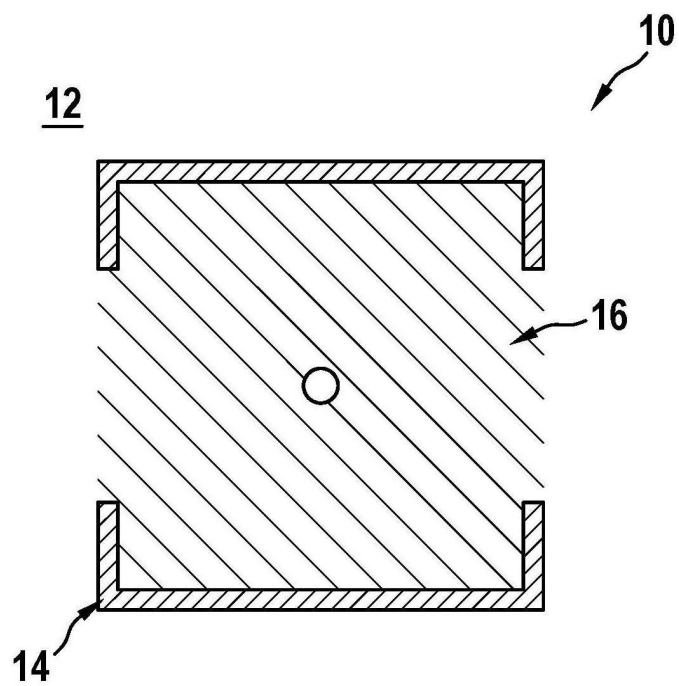


Fig. 6d

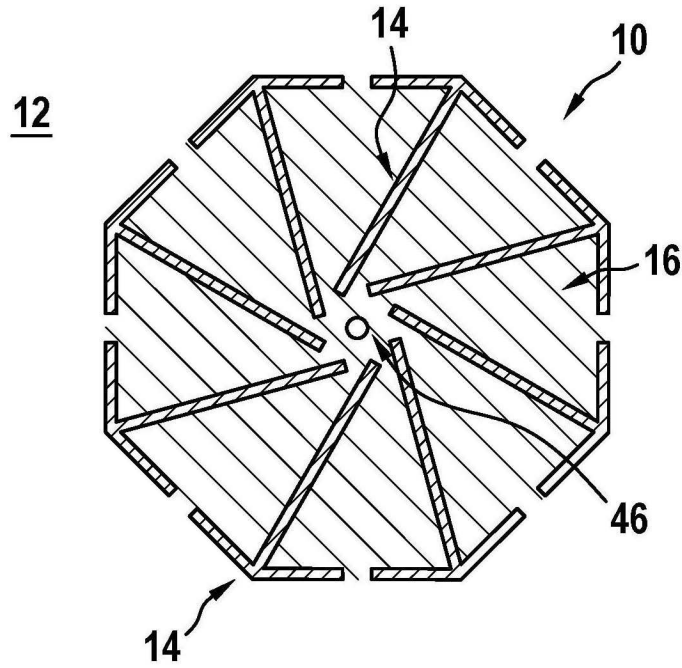


Fig. 6e

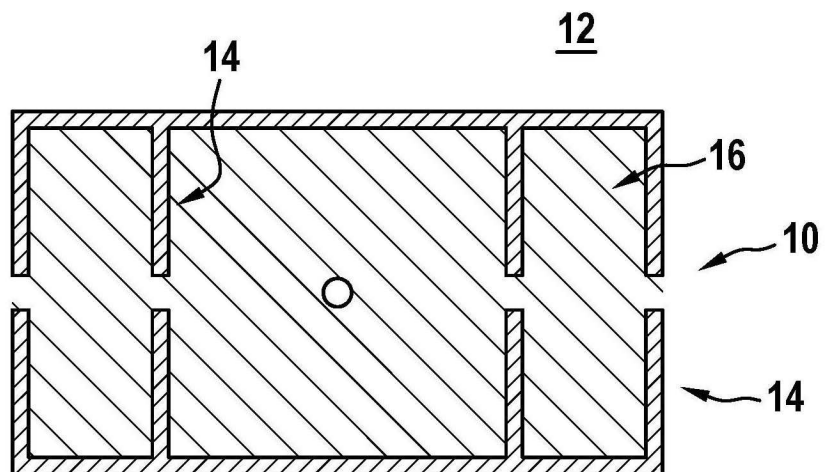


Fig. 6f

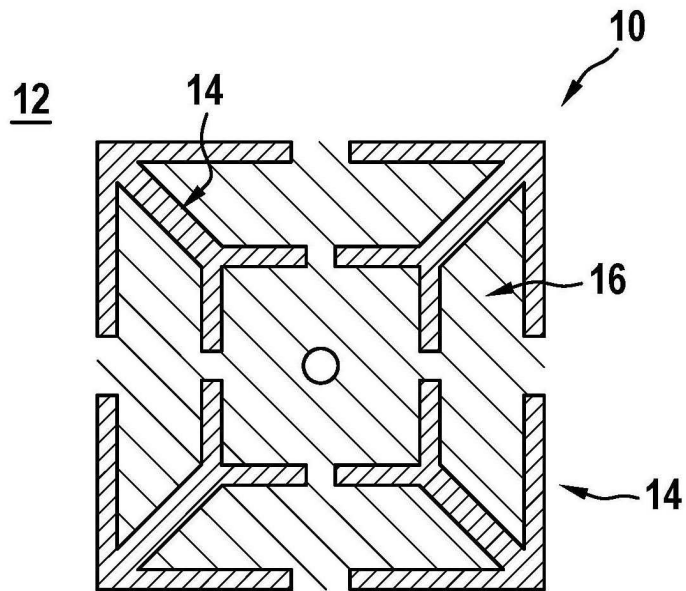


Fig. 6g

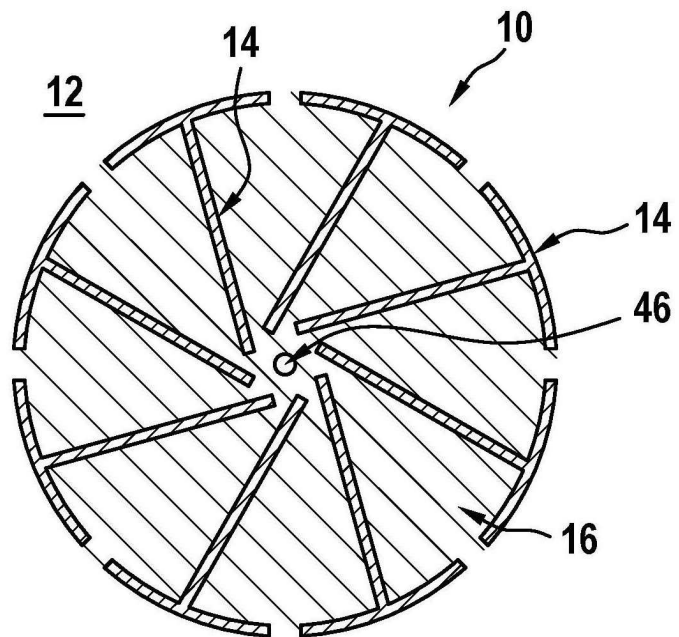


Fig. 6h

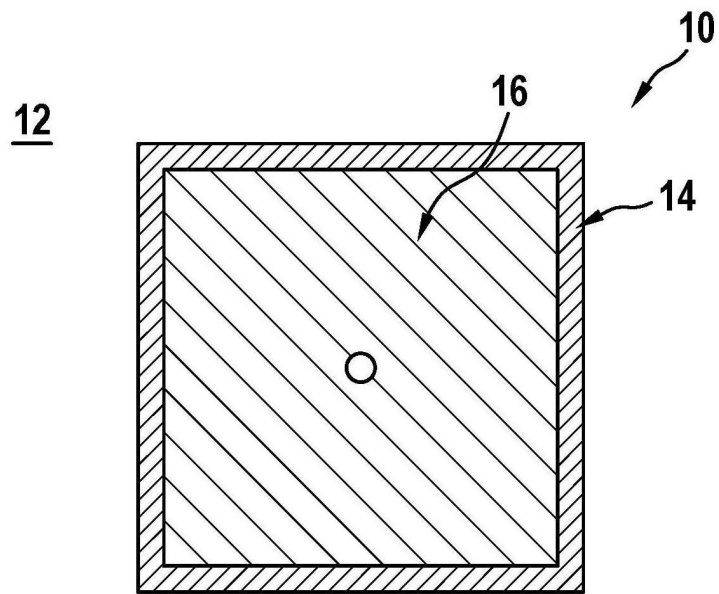


Fig. 7a

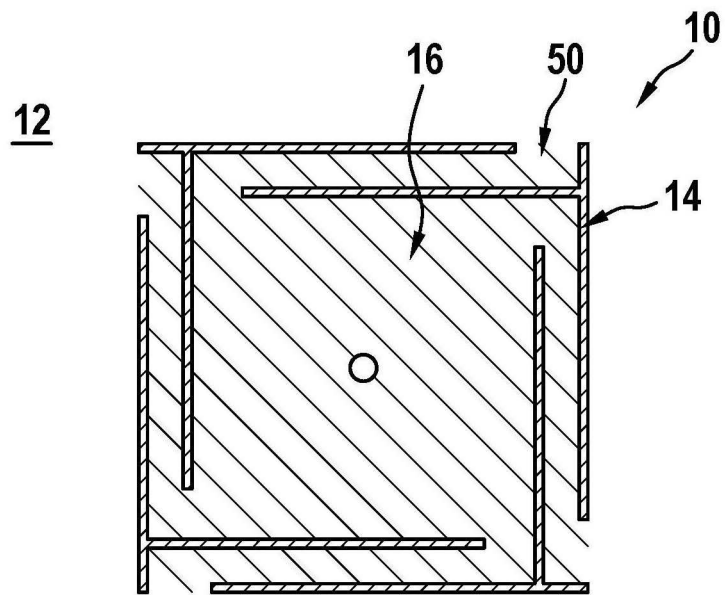


Fig. 7b

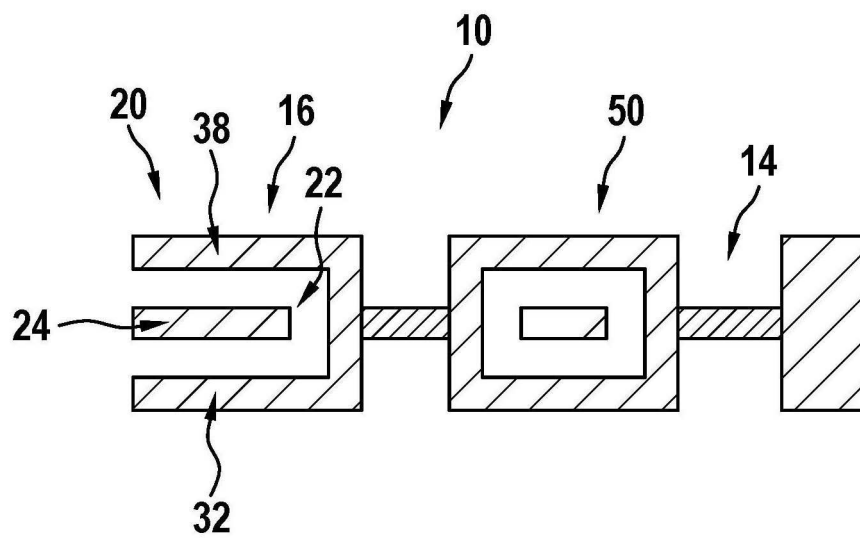


Fig. 8a

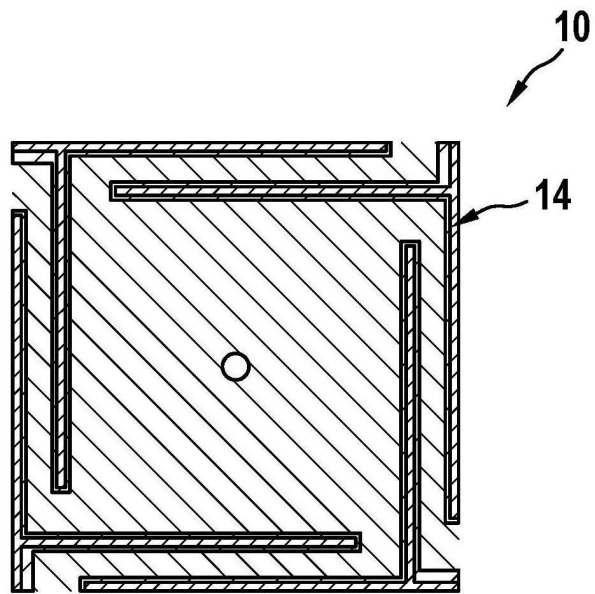


Fig. 8b

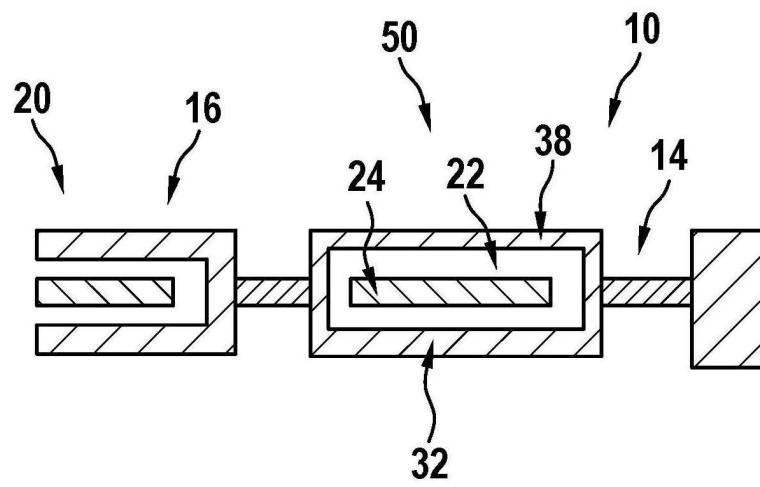


Fig. 8c

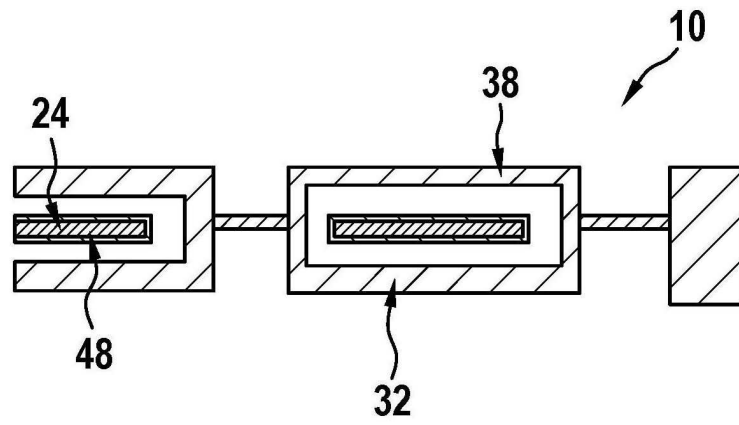


Fig. 8d

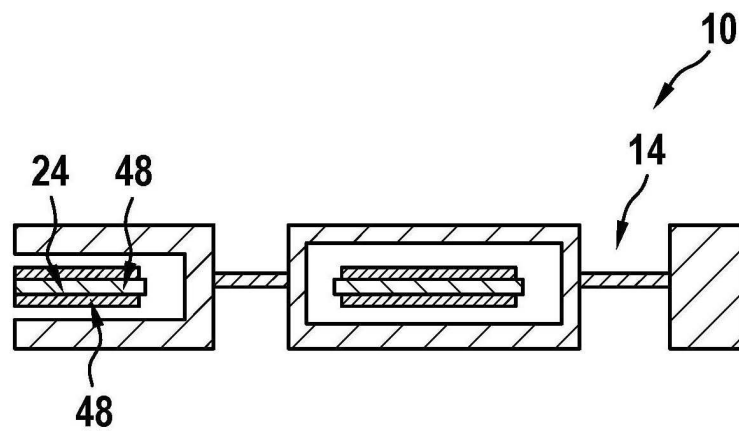


Fig. 9

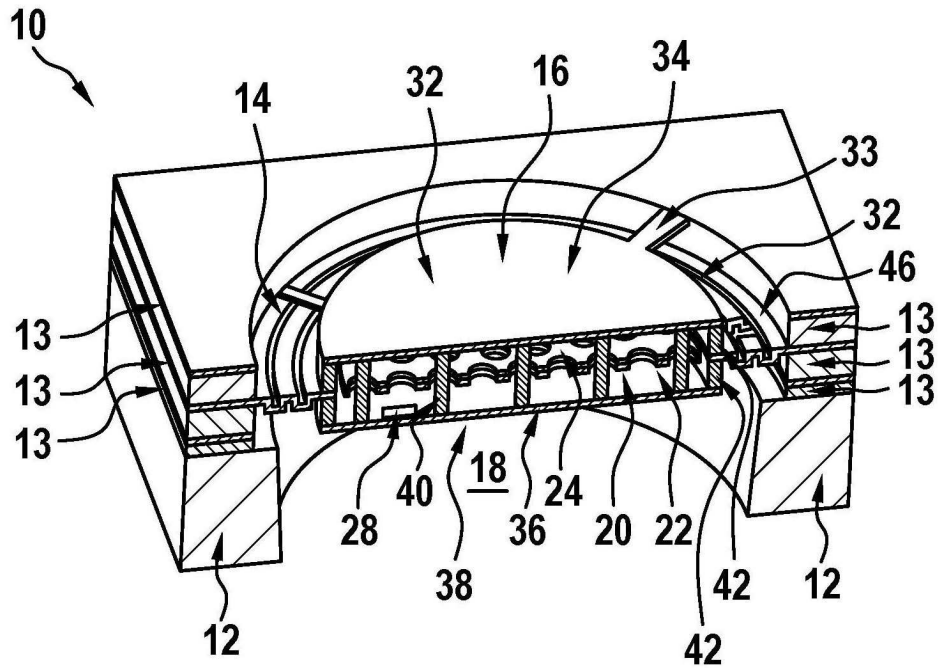


Fig. 10

