



Europäisches  
Patentamt  
European  
Patent Office  
Office européen  
des brevets



(11)

EP 3 739 904 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
18.11.2020 Patentblatt 2020/47

(51) Int Cl.:  
*H04R 19/00*<sup>(2006.01)</sup> *H04R 17/02*<sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: 19174497.8

(22) Anmeldetag: 14.05.2019

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT zur  
Förderung  
der angewandten Forschung e.V.  
80686 München (DE)**

(72) Erfinder: **KAISER, Bert  
01109 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Schenk, Markus et al  
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler  
Zinkler, Schenk & Partner mbB  
Patentanwälte  
Radlkoferstrasse 2  
81373 München (DE)**

### (54) AKUSTISCHES BIEGEWANDLERSYSTEM UND AKUSTISCHE VORRICHTUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein akustisches Biegewandlersystem (1, 2) mit einer Vielzahl von Biegewandlern (3, 4, 5), die derart ausgebildet sind, dass verformbare Elemente (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) der Biegewandler (3, 4, 5) komplanar in einer gemeinsamen ebenen Schicht (10) schwingen, wobei die Biegewandler (3, 4, 5) unterschiedliche Resonanzfrequenzen und unterschiedliche Ausdehnungen der verformbaren Ele-

mente (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) entlang einer gemeinsamen Längsachse aufweisen, die quer zu einer Schwingungsrichtung der verformbaren Elemente (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) ist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine akustische Vorrichtung mit einem solchen akustischen Biegewandlersystem (1, 2).

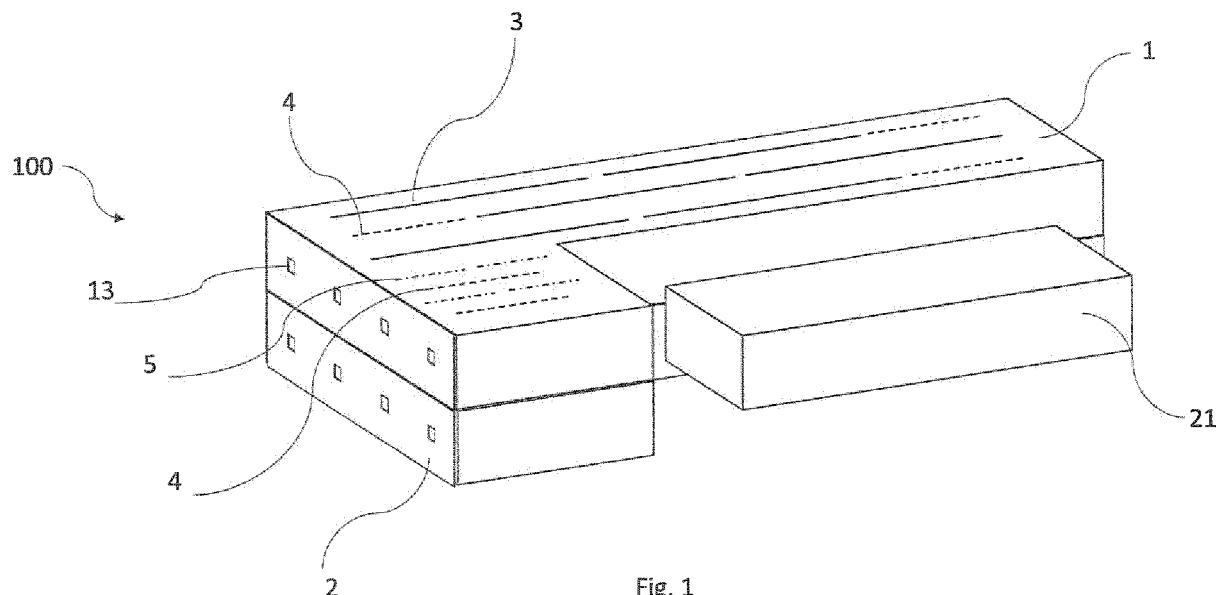


Fig. 1

**Beschreibung****Technisches Gebiet**

5 [0001] Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung beziehen sich auf einen mikromechanischen Schallwandler.

**Hintergrund**

10 [0002] Das technische Gebiet der vorliegenden Anmeldung kann auf die folgenden drei Dokumente zurückgeführt werden, die mikromechanische Bauelemente beschreiben:

- WO 2012/095185 A1 / Bezeichnung: MIKROMECHANISCHES BAUELEMENT
- WO 2016/202790 A2 / Bezeichnung: MEMS TRANSDUCER FOR INTERACTING WITH A VOLUME FLOW OF A FLUID AND METHOD FOR PRODUCING SAME
- DE 10 2015 206 774 A1

15 [0003] Grundlegend offenbaren diese Dokumente die Bauweise von Biegewandlern und deren spezifischen Möglichkeiten und Mechanismen mit dem Umgebung in Wechselwirkung zu treten. Insbesondere betreffen die vorstehend genannten Dokumente ein neuartiges MEMS (mikro elektromechanisches System) Aktuator-Prinzip, das darauf beruht, dass sich ein Siliziumbalken lateral in einer Ebene, beispielsweise einer Substratenebene, die durch eine Siliziumscheibe oder einen Wafer definiert ist, bewegt. Dabei interagiert der Siliziumbalken, der mit dem Substrat in einer Kavität verbunden ist, mit einem Volumenstrom. Die darin beschriebenen neuartigen MEMS werden als NED (Nanoscopic Electrostatic Drive) ein nanoskopischer elektrostatischer Antrieb definiert.

20 [0004] Diese NEDs eignen sich aufgrund ihrer Größenverhältnisse besonders zur Miniaturisierung - Verkleinerung von Bauteilen unter Beibehaltung des vollen Funktionsumfangs - von Alltagsgegenständen, an die erhöhte Integrationsanforderungen gestellt werden. Beispielsweise sind ultramobile Endgeräte wie Smartwatches oder Wearables sehr engen Grenzen der Bauraumgestaltung unterworfen. Mit dem oben genannten NED sind unter anderem Schallwandler realisierbar, die diesen erhöhten Ansprüchen Rechnung tragen können, wobei sowohl Schallquantität als auch Schallqualität signifikant gegenüber herkömmlichen Schallwandlern verbessert werden können. Dabei beziehen sich die Integrationsanforderungen sowohl auf die Anpassung an vorhandenen Bauraum allgemein als auch auf die Systemgestaltung zusammen mit mehreren Komponenten.

25 [0005] In dem Dokument DE 10 2017 114 008 A1 ist ein Hörgerät beziehungsweise ein Kopfhörer offenbart, der derart ausgestaltet ist, dass seine äußeren Abmessungen des Gehäuses den inneren Abmessungen des Gehörgangs entsprechen. Ein MEMS-basierter Schallwandler ist im Gehäuse angeordnet, so dass in Richtung Trommelfell ein Vordervolumen und in Richtung Hörmuschel ein Rückvolumen ausgebildet sind, die durch den MEMS-basierten Schallwandler voneinander abgetrennt sind. Dieser Schallwandler ist in seinen geometrischen Abmessungen so ausgebildet, dass er die geometrischen Abmessungen der Resonanzvolumen nicht einschränkt, es ist aber schwierig damit einen Frequenzverlauf über einen großen Frequenzbereich konstant zu halten. Darüber hinaus besteht der Schallwandler aus einseitig elastisch aufgehängten Biegewandlern, die sich über eine Kavität erstrecken und deren Randbereich an einer Vorderseite durch einen Spalt beabstandet sind. Durch die Verkrümmung der Schallwandler vergrößert sich der Spalt. Weiterhin ist eine Schallabschirmeinrichtung offenbart, die durch die Seitenwände, die sog. Schallblockierungswände der Kavität gebildet sind. Diese Wände sind derart angeordnet, dass sie einen lateralen Schalldurchtritt entlang des Spalts zumindest teilweise verhindern. Nachteilig ist offenbart, dass die Schallwandler piezoelektrisch sind und damit einer Vorverkrümmung unterliegen, so dass die offenbarten Maßnahmen dazu dienen die Ungenauigkeiten, die sich durch diese Vorverkrümmung ergeben, zu minimieren.

30 [0006] In dem Dokument DE 10 2017 108 594 A1 ist eine Lautsprechereinheit für ein tragbares Gerät zum Erzeugen von Schallwellen im hörbaren Bereich offenbart, dass durch eine geringe Baugröße und hohe Leistungsfähigkeit gekennzeichnet ist. Dabei umfasst die Lautsprechereinheit neben dem elektrodynamischen Lautsprecher einen MEMS-basierten Hochtonlautsprecher, wobei sich die Frequenzbereiche beider Lautsprecher überlappen. Dadurch ist der elektrodynamische Lautsprecher kompakt ausgebildet und für tiefe Frequenzen optimiert. Nachteilig ergibt sich aber weiterhin der hohe Platzbedarf und die hohe Leistungsaufnahme, da zwei unterschiedliche Systemtechniken betrieben werden müssen.

35 [0007] Aus dem Dokument DE 196 124 81 A1 ist des Weiteren eine gegenüber einer Längsachse gekippte Anordnung eines Schallwandlers für Hörgeräte bekannt. Die schallende Membran ist eine leitfähige Folie, die zwischen zwei Flächenelektroden angeordnet ist und durch deren Schwingungen Schall im hörbaren Wellenlängenspektrum erzeugt wird. Diese Folie ist gegenüber dem Trommelfell nicht parallel angeordnet, wodurch unerwünschte Resonanzen im Gehörgang minimiert werden. Allerdings lassen bei diesen Aufbau keine weiteren Funktionselemente monolithisch integrieren, wodurch zusätzlicher Raum, außerhalb des Gehörgangs benötigt wird.

[0008] Bekannte Lösungen verzichten auf eine besonders dichte Packung von Schallwandlern, oder nutzen externe Assemblierungsverfahren um einzelne Funktionen (beispielsweise elektrische Verbindung) zu ergänzen.

[0009] In Anbetracht dessen besteht ein Bedarf nach einem Konzept, das gegenüber dem Stand der Technik eine erhöhte Packungsdichte der Bauelemente ermöglicht, um effektiv und effizient einen hohen Schalldruck zu realisieren.

5 [0010] Eine Aufgabe der Erfindung ist es demnach, ein akustisches Biegewandlersystem mit erhöhter Effektivität und eine akustische Vorrichtung zur Verbesserung einer Schallwandlung in einem Gang wie z.B. einem Gehörgang zu schaffen.

[0011] Diese Aufgabe wird mittels der Gegenstände und Lehren in den unabhängigen Patentansprüche 1 und 11 gelöst.

10 [0012] Beispielweise wird durch eine kompakte Anordnung einer Vielzahl von Biegewandlern eines Biegewandlersystems, das als Schallwandler ausgebildet ist und das eine Integration weiterer Systemkomponenten in begrenzten Raumverhältnissen ermöglicht, eine hohe Wiedergabequalität in einer Umgebung um das Biegewandlersystem herum sichergestellt. Der mit dem Schallwandler wiedergegebene Frequenzverlauf, wie er sich für die Kombination aus Wandler und den umgebenden Bauraum ergibt, kann über einen großen Frequenzbereich konstant gehalten werden, wie zum Beispiel über die schräge Ausrichtung des Volumenstroms in einem Gang, wie zum Beispiel einem Gehörgang. Eine 15 Variation kann beispielsweise kleiner als 6 dB sein.

[0013] Die Anmeldung beschreibt eine Weiterentwicklung hinsichtlich einer Optimierung der Anordnung von Biegewandlern hinsichtlich Platzbedarf, Schalldruckpegel und Schallqualität., die vom NED in einer spezifischen Umgebung - beispielsweise im Gehörgang eines menschlichen Ohrs - erbracht werden kann.

20 [0014] Es wird ein akustisches Biegewandlersystem mit einer Vielzahl von Biegewandlern vorgeschlagen, die derart ausgebildet sind, dass verformbare Elemente der Biegewandler komplanar in einer gemeinsamen ebenen Schicht schwingen, wobei die Biegewandler unterschiedliche Resonanzfrequenzen und unterschiedliche Ausdehnungen der verformbaren Elemente entlang einer gemeinsamen Längsachse aufweisen, die quer zu einer Schwingungsrichtung der verformbaren Elemente ist. Bei den Biegewandlern kann es sich z. B. um elektrostatische Biegeaktoren (NED-Aktoren), piezoelektrische Aktoren oder thermomechanische Aktoren handeln. Die Mehrzahl von Biegewandlern sind zur Auslenkung in einer Schwingungsebene ausgebildet. Dabei sind die Biegewandler in der gemeinsamen ebenen Schicht beziehungsweise Schwingungsebene entlang einer ersten Achse nebeneinander angeordnet und erstrecken sich entlang einer zweiten Achse, die quer zur ersten Achse ist. Zur vollständigen Nutzung der räumlichen Gegebenheiten innerhalb derselben gemeinsamen ebenen Schicht können einzelne oder mehrere Biegewandler auch schräg zur Mehrzahl der parallel zueinander ausgerichteten Biegewandler angeordnet werden.

25 [0015] Ein weiterer Aspekt der Anmeldung betrifft eine akustische Vorrichtung, z.B. ein Hörgerät mit: einem akustischen Biegewandlersystem mit zumindest einem Biegewandler der zumindest ein verformbares Element aufweist, das in einer Kavität angeordnet ist, und einer Öffnung, durch die ein mit einer Bewegung des Biegewandlers in der Kavität wechselwirkender fluidischer Volumenstrom hindurch tritt, und einem Gehäuse, das angepasst ist, um in einem Gang eingefügt zu werden, wobei das Biegewandlersystem so in dem Gehäuse gehalten ist, dass der fluidische Volumenstrom in einem Zustand, bei dem das Gehäuse in den Gang eingefügt ist, schräg zu einer Längsachse des Gangs ausrichtbar ist. Die akustische Vorrichtung ist miniaturisierbar und eignet sich deswegen vor allem zum Einbau in Im-Ohr-Hörgeräte (IdO) und Hearables sowie Smartwatches und weitere ultramobile Endgeräte.

30 [0016] Vorteile und Funktionalitäten der Merkmale des akustischen Biegewandlersystems, wie es vorhergehend und im Folgenden beschrieben wird, treffen gleichermaßen auf eine damit versehene akustische Vorrichtung zu.

35 [0017] Erfindungsgemäße Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert.

[0018] Gemäß einem Ausführungsbeispiel weist das Biegewandlersystem eine oder mehrere Kavitäten auf, in der die Biegewandler angeordnet sind und eine oder mehrere Öffnungen in den Kavitäten, durch die ein fluidischer Volumenstrom, der mit einer Vielzahl von Biegewandlern wechselwirkt, hindurch treten kann. Die Öffnungen in den Kavitäten können dabei gemeinsame Öffnungen zweier oder mehrerer Kavitäten sein, die über den fluidischen Volumenstrom miteinander kommunizieren. Darüber hinaus erlauben Öffnungen in den Kavitäten des Biegewandlersystems eine Kommunikation einzelner Biegewandler beziehungsweise des Biegewandlersystems mit einer sie umhüllenden Umgebung.

40 [0019] Gemäß eines Ausführungsbeispiels sind die Biegewandler in einem Raum angeordnet, der parallel zur gemeinsamen Schwingungsebene durch ein erstes und ein zweites Substrat begrenzt ist, und Wandungen zwischen den Substraten, die den Raum entlang einer Längsrichtung beziehungsweise einer in Richtung quer zur Längsrichtung in der gemeinsamen Schwingungsebene in Kavitäten unterteilen, die zwischen benachbarten Biegewandlern angeordnet sind. Somit wird eine Kavität beispielsweise durch das erste Substrat, das zweite Substrat sowie zwei einander gegenüberliegenden Wandungen von benachbarten Biegewandlern begrenzt. Da die Mehrzahl von Biegewandlern ausgebildet ist, um über ihre verformbaren Elemente in der gemeinsamen Schwingungsebene einer Schicht ausgelenkt zu werden, können die Biegewandler zu dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat jeweils einen Abstand aufweisen, durch den benachbarte Kavitäten fluidisch miteinander gekoppelt werden können. Durch die fluidische Kopplung benachbarter Kavitäten kann von der Mehrzahl an Biegewandlern eine gemeinsame Kraft auf ein in den Kavitäten befindliches Fluid ausgeübt werden, wodurch mit dem mikromechanischen Schallwandler ein hoher Schallpegel realisiert werden kann.

45 [0020] Je nach Ausführungsform kann jeder Biegewandler des akustischen Biegewandlersystems ein verformbares

Element umfassen, dass elektrostatisch, piezoelektrisch oder thermomechanisch verformbar ist. Dadurch ist eine Vielzahl von Möglichkeiten gegeben, um das Biegewandlersystem flexibel an gewünschte Erfordernisse anzupassen.

[0021] Darüber hinaus ist es besonders vorteilhaft, wenn beim akustischen Biegewandlersystem zumindest eine erste Teilmenge von zumindest einem ersten Biegewandler jeweils ein einseitig eingespanntes verformbares Element aufweist, und zusätzlich oder alternativ zumindest eine zweite Teilmenge von zumindest einem zweiten Biegewandler jeweils ein zweiseitig eingespanntes verformbares Element aufweist. Eine Gruppierung einzelner Teilmengen von bestimmten Biegewandlern ermöglicht zum einen eine zweckdienliche Nutzung des Bauraums und gleichzeitig ein gezieltes Verorten gleichartiger Biegewandler zur Erzeugung gewünschter Frequenzen beziehungsweise Schalldrücke. Dadurch, dass das verformbare Element jedes Biegewandlers einseitig oder zweiseitig einspannbar ist, lassen sich Biegewandler mit verformbaren Elementen unterschiedlicher mechanischer Eigenschaften und Abmessungen realisieren, die wiederum für ein Erzeugen von unterschiedlichen Frequenzen und Schalldrücken verantwortlich sind. Ferner kann ein in derselben Schicht des Biegewandlersystems vorhandener Bauraum besonders vorteilhaft genutzt werden.

[0022] Dabei ergibt sich vorteilhaft bei einseitig eingespannten Biegewandlern eine größere Schwingungsamplitude bei höheren Frequenzen, da sich die einseitig eingespannten Biegewandler durch ein vorteilhaftes Verhältnis von Masse zu Länge des verformbaren Elements der Biegewandler auszeichnen.

[0023] Um unterschiedliche Frequenzen wiederzugeben und/oder unterschiedliche Schalldrücke erzeugen zu können, weist gemäß einem besonders vorteilhaften Ausführungsbeispiel die zumindest erste Teilmenge von zumindest einem ersten Biegewandler im Mittel eine höhere Resonanzfrequenz auf als die zumindest zweite Teilmenge von zumindest einem zweiten Biegewandler, oder umgekehrt. Aufgrund bestimmter Anforderungen an den Bauraum sowie hinsichtlich der verschiedenen Frequenzen und deren Schalldrücken, können Steifigkeit, Masse, Länge, und Querschnittsgeometrie der verformbaren Elemente jeweiliger Biegewandler angepasst werden.

[0024] Um besonders einfach und dediziert verschiedene Frequenzen wiederzugeben und/oder unterschiedliche Schalldrücke erzeugen zu können, weist die erste Teilmenge von zumindest einem ersten Biegewandler im Mittel eine kürzere Länge auf als die zweite Teilmenge von zumindest einem zweiten Biegewandler.

[0025] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform begrenzt jeder Biegewandler zwei gegenüberliegende Kavitäten, wobei jede Kavität über zumindest eine Öffnung zum Hindurchtreten des fluidischen Volumenstroms zugänglich ist. Somit ist es möglich, die einzelnen Kavitäten fluidisch zu koppeln und damit die Eigenschaften des durch die einzelnen Biegewandler beförderten Volumenstroms gezielt zu steuern, was insbesondere im Hinblick auf einen aufbaubaren Druck beziehungsweise Schalldruck des Volumenstroms gewünscht sein kann.

[0026] Zur Erzeugung von Schalldrücken in einem Frequenzspektrum mittels des akustischen Biegewandlersystems, die dem menschlichen Gehör zugänglich sind, ist empfohlen es sich verformbare Elemente in den Biegewandlern vorzusehen, die eine Länge aufweisen, die größer als 100  $\mu\text{m}$  ist. Um eine besonders kompakte Bauweise von miniaturisierten Schallwandlern zu ermöglichen, sollte das verformbare Element jedes Biegewandlers eine Länge aufweisen, die geringer als 4000  $\mu\text{m}$  ist. Zum platzsparenden Einbau des Biegewandlersystems in eine länglich gestreckte Hülle, ist lateral zu der gemeinsamen ebenen Schicht ein Außenmaß des Biegewandlersystems entlang der gemeinsamen Längsachse maximal und größer einem Außenmaß des Biegewandlersystems quer dazu.

[0027] Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel liegt das Außenmaß des Biegewandlersystems entlang der gemeinsamen Längsachse zwischen 750  $\mu\text{m}$  und 2000  $\mu\text{m}$ . Bei einem noch bevorzugten Ausführungsbeispiel liegt das Außenmaß des Biegewandlersystems entlang der gemeinsamen Längsachse zwischen 800  $\mu\text{m}$  und 1200  $\mu\text{m}$ . Biegewandlersysteme mit den vorstehend genannten Ausmaßen lassen sich platzsparend bei Im-Ohr-Hörgeräten verbauen, wobei eine ausreichende Hörqualität für den Benutzer gewährleistet werden kann.

[0028] Bei besonders vorteilhaften Ausführungsformen beschreibt eine Außenfläche des Biegewandlersystems komplanar zu der gemeinsamen ebenen Schicht ein entlang der gemeinsamen Längsachse längliches Oval, ein entlang der gemeinsamen Längsachse längliches Rechteck oder ein entlang der gemeinsamen Längsachse längliches Polygon. Solche länglichen Formen erlauben es den Bauraum in einer länglich gestreckten Hülle mit einem zylindrischen oder rechteckigen Querschnitt besonders gut auszunutzen. Darüber hinaus kann durch eine geeignete Wahl der Außenfläche beziehungsweise einer Außenkontur des Biegewandlersystems ein innerer Querschnitt einer länglich gestreckten Hülle im Wesentlichen vollständig eingenommen werden, beispielsweise ein Gehörgang abgedichtet werden.

[0029] Gemäß einer zweckmäßigen Ausführungsform sind die Biegewandler in Gruppen aus einem oder mehreren Biegewandlern eingeteilt, wobei in Gruppen mit mehreren Biegewandlern die mehreren Biegewandler entlang der gemeinsamen Längsachse hintereinander angeordnet sind. Bei einer solchen Anordnung würden sich die einzelnen Drücke, die von den jeweiligen verformbaren Elementen der Biegewandler bewirkten Volumenstroms, addieren. Folglich könnte durch vorteilhafte Staffelung beziehungsweise Gruppierung der Biegewandler und deren selektiven Aktivierung nicht nur ein gewünschter Druck beziehungsweise Schalldruck des in die Umgebung abgegebenen Volumenstroms gezielt gesteuert werden, sondern auch unterschiedliche Schallfrequenzen erzeugt werden. Beispielsweise können kurze Biegewandler im Bereich der Öffnungen angeordnet werden, da sie durch eine - relativ zu langen Biegewandlern - vergleichsweise hohe Steifigkeit gekennzeichnet sind, wodurch hohe Resonanzfrequenzen möglich sind. Sofern solche Biegewandler im Bereich der Öffnungen angeordnet sind, die die Kavitäten mit der Umgebung verbinden, können

Resonanzen vermieden werden und somit eine Klangqualität beziehungsweise eine Hörqualität verbessert werden. Zusätzlich oder alternativ dazu sind gemäß einer weiteren zweckmäßigen Ausführungsform die Biegewandler in Gruppen aus einem oder mehreren Biegewandlern eingeteilt, wobei in Gruppen mit mehreren Biegewandlern die mehreren Biegewandler in der gemeinsamen Ebene quer zu der gemeinsamen Längsachse nebeneinander angeordnet sind.

5 Analog zur Anordnung mehrere Biegewandler entlang der gemeinsamen Längsachse hintereinander, lässt sich bei einer Anordnung quer zu der gemeinsamen Längsachse nebeneinander ebenfalls ein gewünschter Schalldruck und eine Verortung des Schalls steuern.

10 [0030] Vorteilhafterweise verläuft der fluidische Volumenstrom - im Biegewandlersystem - der akustischen Vorrichtung in der Ebene der gemeinsamen ebenen Schicht des Biegewandlersystems. Aufgrund der beliebigen Gestaltung und Orientierung der Kavitäten und verformbaren Elemente der einzelnen Biegewandler des Biegewandlersystems kann ein gezielter Verlauf des fluidischen Volumenstroms in dem Biegewandlersystem vorgesehen und damit gesteuert werden. Somit kann der Volumenstrom gezielt an die Stelle geleitet werden, wo seine Wirkung auf seine Umgebung optimal ist.

15 [0031] Um eine besonders vorteilhafte Wechselwirkung mit der Umgebung der akustischen Vorrichtung zu erreichen, ist das Biegewandlersystem so in dem Gehäuse gehalten, dass der fluidische Volumenstrom der akustischen Vorrichtung in einem Winkel zwischen 5° und 80°, zwischen 10° und 40°, oder zwischen 15° und 30° geneigt gegenüber der Längsachse des Gangs durch die Öffnungen des Biegewandlersystems hindurch tritt. Durch die Anordnung der Biegewandler relativ zur Längsachse des Gangs werden die verformbaren Elemente bezogen auf deren Orientierung, beispielsweise in Richtung des Trommelfells eines menschlichen Ohrs in einer anti-parallelens Art und Weise positioniert, so dass 20 Resonanzen im Gehörgang minimiert werden. Darüber hinaus können eine höhere Packungsdichte der Biegewandler erreicht und höhere Schaldrücke - bezogen auf eine Querschnittsfläche des Gangs - erzielt werden, wobei eine größere akustische aktive Oberfläche der akustischen Vorrichtung erzeugt wird.

25 [0032] Um die akustische Vorrichtung besonders effizient nutzen zu können, kann das akustische Biegewandlersystem über den durch die Öffnungen hindurchtretenden fluidischen Volumenstrom ein akustisches Signal aufnehmen und/oder abgeben. Dadurch ist das akustische Biegewandlersystem in der Lage gleichzeitig als Empfänger und/oder Sender von akustischen Signalen zu arbeiten, was wiederum die Flexibilität beim Einsatz der akustischen Vorrichtung erheblich erhöht. Dabei kann das Senden beziehungsweise der Empfang von akustischen Signalen abwechselnd oder kontinuierlich erfolgen.

30 [0033] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die akustische Vorrichtung des Weiteren: eine Steuerungseinheit zum Ansteuern der einzelnen Biegewandler des Biegewandlersystems und eine Energieversorgungsquelle zum Betreiben der akustischen Vorrichtung. Aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten der Miniaturisierung des akustischen Biegewandlersystems lassen sich zusätzlich trotz geringer Abmessungen der akustischen Vorrichtung weitere Bauelemente darin platzsparend aufnehmen. Dies trägt wesentlich zur Erhöhung des Tragekomforts und der Benutzerfreundlichkeit der akustischen Vorrichtung bei.

35 [0034] Um eine besonders hohe Flexibilität beim Einsatz der akustischen Vorrichtung zu erreichen, können zwei oder mehrere akustische Biegewandlersysteme in dem Gehäuse gehalten sein, wobei die gemeinsame ebene Schicht derselben parallel zueinander ausgerichtet ist. Dadurch können beispielsweise akustische Vorrichtungen in Form eines Substratstapels angeordnet bzw. hergestellt werden, wodurch hochkomplexe Strukturen bei gleichzeitig relativ geringen die Herstellungskosten umsetzbar sind. Darüber hinaus sind akustischen Vorrichtungen auf diese Art und Weise auch 40 leicht individuell anpassbar. Schließlich kann durch eine Stapelung mehrerer akustische Biegewandlersysteme auch ein höherer Schalldruck erzeugt werden und/oder ein größerer darstellbarer Frequenzbereich abgedeckt werden.

45 [0035] Die Akustische Vorrichtung kann vorteilhafterweise monolithisch aus mehreren Schichten bestehend aufgebaut werden, oder aus Substraten unterschiedlichen Materials, die über eine gemeinsame Schicht miteinander verbunden beziehungsweise gebondet sind. Dies kann beispielsweise in Form einer Anordnung eines Deckel-Wafers oberhalb bzw. eines Handling Wafers unterhalb eines gemeinsamen Device-Wafers erfolgen.

50 [0036] Um eine besonders raumsparende und kompakte Form der akustischen Vorrichtung bereitzustellen, ist die Steuerungseinheit und/oder die Energieversorgungsquelle in der gemeinsamen ebenen Schicht eines Biegewandlersystems angeordnet. Selbstredend ist die Steuerungseinheit eingerichtet: zur fluidodynamischen Dämpfung, zur Signalverarbeitung, zur Drahtlosen Kommunikation, zur Spannungstransformation. Sie kann Sensoren, Software, zur Speicherung von Daten, etc. enthalten, die einzelnen oder gemeinsam in derselben akustischen Vorrichtung angeordnet sind, oder alternativ getrennt von der akustischen Vorrichtung vorgesehen sind.

### Figurenkurzbeschreibung

55 [0037] Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Figuren näher erläutert. Hinsichtlich der dargestellten schematischen Figuren wird darauf hingewiesen, dass die dargestellten Funktionsblöcke sowohl als Elemente oder Merkmale der erfindungsgemäßen Vorrichtung als auch als entsprechende Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens zu verstehen sind, und auch entsprechende

Verfahrensschritte des erfindungsgemäßen Verfahrens davon abgeleitet werden können. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein Biegewandlersystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 10 Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Darstellung das Ausführungsbeispiel aus Fig. 1 mit Substratebenen;
- 15 Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein Biegewandlersystem gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 20 Fig. 4 zeigt in einer perspektivischen Darstellung das Ausführungsbeispiel aus Fig. 3 mit Substratebenen;
- 25 Fig. 5 zeigt in einer Schnittdarstellung den Gehörgang, das Trommelfell und die Ohrmuschel eines menschlichen Ohres;
- 30 Fig. 6a zeigt in einer perspektivischen Darstellung Elemente eines Biegewandlers gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bei einem Anregungszustand;
- Fig. 6b zeigt in einer perspektivischen Darstellung Elemente des Biegewandlers aus Fig. 6a gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bei einem weiteren Anregungszustand;
- Fig. 7 zeigt eine Querschnittsansicht des Biegewandlers gemäß der Ausführungsform aus Fig. 6a entlang der Schnittebene A;
- Fig. 8 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein Biegewandlersystem gemäß einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 9 zeigt eine Querschnittsansicht eines Biegewandlers gemäß einem weiteren vorteilhaften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß den Figuren

**[0038]** Bevor nachfolgend Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung im Detail anhand der Zeichnungen näher erläutert werden, wird darauf hingewiesen, dass identische, funktionsgleiche oder gleichwirkende Elemente, Objekte und/oder Strukturen in den unterschiedlichen Figuren mit den gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen versehen sind, so dass die in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellte Beschreibung dieser Elemente untereinander austauschbar ist beziehungsweise aufeinander angewendet werden kann.

**[0039]** Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein Biegewandlersystem gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in Form eines schichtförmigen Bauelements 100, das ein erstes Biegewandlersystem 1 und einem zweites Biegewandlersystem 2 umfasst, die übereinander gestapelt sind. Das Bauelement 100 kann weitere Biegewandlersysteme umfassen, die beispielsweise an dem Biegewandlersystem 1 und/oder an den Biegewandlersystem 2 schichtweise angeordnet sind. Ein Biegewandlersystem 1 bzw. ein Biegewandlersystem 2 umfasst mehrere Biegewandler 3, 4 die gleiche oder voneinander unterschiedliche vordefinierte Längen aufweisen. Auf der Oberfläche des Biegewandlersystems 1 ist exemplarisch eine Anordnung der Biegewandler 3, 4 unterschiedlicher Länge dargestellt. Dabei ist der Biegewandler 3 - mittels einer durchgehenden Linie gekennzeichnet - länger als der Biegewandler 4 - der mittels einer kurz gestrichelten Linie gekennzeichnet. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist sowohl das Biegewandlersystem 1 als auch das Biegewandlersystem 2 L-förmig ausgebildet, so dass sich die beiden aufeinander gestapelten Biegewandlersysteme 1 und/oder 2 zu einem L-förmigen Bauelement 100 stapeln. Die einzelnen Schenkel des L-förmigen Bauelements 100 sind unterschiedlich lang ausgebildet. In einem Bereich eines kürzeren Schenkels des L-förmigen Bauelements 100 sind weitere Biegewandler 4 sowie Biegewandler 5 - mittels einer strichpunktierter Linie gekennzeichnet - angeordnet, die eine dritte Länge aufweisen. Die Längen der einzelnen Biegewandler 3, 4 und 5 betragen beispielsweise: Biegewandler 3 von 1000 µm bis 4000 µm; Biegewandler 4 von 500 µm bis 2000 µm; Biegewandler 5 von 100 µm bis 1000 µm.

**[0040]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform können die einzelnen Längenverhältnisse gewählt werden beispielsweise: Biegewandler 3 zu Biegewandler 4 zwischen 1:1,5 bis 1:3; Biegewandler 3 zu Biegewandler 5 zwischen 1:1,5 bis 1:3; bzw. das Längenverhältnis des Biegewandlers 4 zum Biegewandler 5 zwischen 1:1,5 bis 1:3.

**[0041]** Im vorliegenden Ausführungsbeispiel setzen sich die einzelnen Biegewandlersysteme 1 oder 2 aus Biegewandlern 3, 4 und 5 zusammen, die parallel zueinander in einer Ebene des Biegewandlersystems 1 bzw. des Biegewandlersystems 2 angeordnet sind.

wandlersystems 2 angeordnet sind, wobei die einzelnen Biegewandler 3, 4 und 5 entlang des längeren Schenkels des L-förmigen Bauelements 100 ausgerichtet sind. Sternseitig in Längsrichtung des Bauelements 100 sind Öffnungen 13 vorgesehen, die eine Verbindung der im Biegewandlersystem 1 bzw. Biegewandlersystem 2 enthaltenen Kavitäten - hier nicht gezeigt - mit der Umgebung ermöglichen. Aufgrund der L-Form des Bauelements 100 sind die einzelnen

5 Biegewandler 3, 4 und 5 derart angeordnet, dass kurze Biegewandler 4, 5 im kürzeren Schenkel des L-förmigen Bauelements 100 angeordnet sind, wobei die längeren Biegewandler 3 im längeren Schenkel des L-förmigen Bauelements angeordnet sind

10 [0042] In diesem Ausführungsbeispiel sind die Biegewandler 3, 4 und 5 entlang der längsten Seite des Bauelements ausgerichtet. Davon abweichend können Ausführungsbeispiele aber auch eine Biegewandlersausrichtung entlang zur kürzesten Seite des Biegewandlersystems 1 und/oder 2 beziehungsweise Bauelements 100 enthalten. Die Öffnungen 13 sind dann entsprechend nicht im Bereich 13 angeordnet, sondern immer im Bereich der Einspannungen der beidseitig eingespannten Biegewandler 3, 4 oder im Bereich der Einspannung 14 und des frei beweglichen Endes eines einseitig eingespannten Biegewandlers 5.

15 [0043] Die Biegewandler 3, 4 und 5 sind derart angeordnet, dass kurze Biegewandler 5 in der Nähe der Öffnungen 13 angeordnet sind. Zum einen ergibt sich daraus der Vorteil, dass eine höhere Packungsdichte innerhalb des Biegewandlersystems 1 und/oder 2 erreicht werden kann und daraus höhere Schalldrücke resultieren. Zum anderen können so Resonanzen vermieden werden, was sich positiv auf die Klangqualität auswirkt.

20 [0044] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist angrenzend zu dem schichtförmigen Bauelement 100 eine Steuereinheit 21 derart angeordnet, dass sie komplementär zur L-Form des Bauelements 100 das Bauelement 100 zu einem rechteckförmigen Gebilde ergänzt. Dadurch wird zweckmäßig ein vorhandener Bauraum genutzt, der zwischen den Schenkeln des L-förmigen Bauelements 100 zur Verfügung steht, wobei ein besonders kompaktes Gebilde entsteht.

25 [0045] Ausführungsbeispiele beschränken sich nicht auf die L-förmige Ausgestaltung der äußereren Abmessungen des Bauelements. Weitere Ausführungsbeispiele beschränken sich nicht auf die dargestellte Anordnung der Biegewandler 3, 4 und 5, vielmehr kann sich die Anordnung je Biegewandlersystem 1 oder 2 unterscheiden (vgl. Fig. 9).

30 [0046] Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Darstellung das Ausführungsbeispiel aus Fig. 1. Zusätzlich ist eine Substratebene 9 einer Substratschicht dargestellt, die parallel zur Substratschicht verläuft. Weiterhin ist dargestellt, dass eine gemeinsame Bewegungsebene 10 aus den Bewegungsrichtungen 6, 7 und 8 der jeweiligen Biegewandler gebildet ist, wobei die verformbaren Elemente der Biegewandler 3, 4 und 5 komplanar in einer gemeinsamen ebenen Substratschicht beziehungsweise Bewegungsebene 10 schwingen. Die Bewegungsebene 10 und die Substratebene 9 sind parallel zueinander angeordnet.

35 [0047] Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein Ausführungsbeispiel eines Bauelements 100 mit zwei gestapelten Biegewandlersystemen 1 und 2, die eine ovale äußere Form aufweisen. Die Öffnungen 13 sind bevorzugt im Bereich der Einspannungen 14 der beidseitig eingespannten Biegewandler 3, 4 oder im Bereich der Einspannung 14 und des frei beweglichen Endes eines einseitig eingespannten Biegewandlers 5 angeordnet. Eine ovale äußere Geometrie bzw. Form des Bauelements 100 hat den Vorteil, dass es in einem zylinderförmigen oder annähernd zylinderförmigen Gehäuse eines ultramobilen Endgerätes gekippt angeordnet sein kann.

40 [0048] Dieses Ausführungsbeispiel zeigt eine Anordnung der Biegewandler 3, 4 und 5 entlang der längsten Ausrichtung der ovalen Bauelementgeometrie. Gleichermaßen können aber Ausführungsbeispiele davon abweichende Orientierungen der Biegewandler 3, 4 und 5 beinhalten. Darüber hinaus können Ausführungsbeispiele unterschiedliche Orientierungen der Biegewandler 3, 4 und 5 je schichtartigen Biegewandlersystem 1 oder 2, 2+n enthalten.

45 [0049] Weitere bevorzugte Ausführungsbeispiele sind nicht auf diese ovale Form beschränkt und sind an die gegenüberliegenden Platzverhältnisse und akustischen Randbedingungen angepasst bzw. anpassbar um einen maximalen Schalldruck zu erreichen.

50 [0050] Fig. 4 zeigt in einer perspektivischen Darstellung das Ausführungsbeispiel aus Figur 3. Zusätzlich ist eine Substratebene 9 dargestellt, die parallel zur Substratschicht verläuft, wobei die verformbaren Elemente der Biegewandler 3, 4 und 5 komplanar in einer gemeinsamen ebenen Substratschicht beziehungsweise Bewegungsebene 10 schwingen. Weiterhin ist dargestellt, dass eine Bewegungsebene 10 aus den Bewegungsrichtungen 6, 7 und 8 der jeweiligen Biegewandler gebildet ist. Die Bewegungsebene 10 und die gemeinsame ebene Substratschicht bzw. Substratebene 9 sind parallel zueinander angeordnet.

55 [0051] Die Fig. 5 zeigt in einer Schnittdarstellung den Gehörgang 31, das Trommelfell 32 und die Ohrmuschel 30. Erkennbar ist, dass der Gehörgang eine zylinderförmige Geometrie bzw. Form aufweist. Mit 101 sind die äußeren Abmessungen eines ultramobilen Endgerätes, beispielsweise der äußeren Hülle seines Gehäuses, dargestellt, die an den Gehörgang 31 angepasst sind und diesen gegenüber der Umgebung im Wesentlichen abdichten. Derartige Gehäuse 101 können an den jeweiligen Nutzer angepasst sein, müssen aber in aufwendigen, meist additiven und langsamem Verfahren einzeln hergestellt werden. Sie ermöglichen aber einen optimalen Sitz eines ultramobilen Endgerätes im Gehörgang 31. Ausführungsbeispiele können auch eine von der individuell angepassten Geometrie abweichende, vereinfachte Geometrie, die in kostengünstigen Verfahren, beispielsweise Spritzgussverfahren hergestellt sind aufweisen. Diese Geometrien weisen keinen optimalen Sitz des ultramobilen Endgerätes bzw. seines Gehäuses 101 im Gehörgang

auf, weshalb hohe Schalldrücke bei hoher Schallqualität erforderlich sind um diese Ungenauigkeiten auszugleichen. Die gegenüber der Längsachse 11 des Gehäuses 101 verkippte Anordnung des Bauelements 100 beziehungsweise des Biegewandlersystems 1 oder 2 ermöglicht es die akustisch aktive Oberfläche des Bauelements 100 beziehungsweise des Biegewandlersystems 1 oder 2 zu vergrößern um, zum einen eine höhere Anzahl an Biegewandlern 3, 4 und 5 im

5 Biegewandlersystem 1 oder 2 anzuordnen und/oder, zum anderen längere Biegewandler 3, 4 und 5 im Biegewandlersystem 1 oder 2 zu integrieren. Das Bauelement 100 bzw. das Biegewandlersystem 1 oder 2 ist um eine Querachse 105 des ultramobilen Endgerätes in Bezug zur Längsachse 106 verkippt, wobei der Neigungswinkel  $\alpha$  zwischen der Bewegungsebene 10 und der Längsachse 106 in einem Bereich zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$ , bevorzugt  $150^\circ$  und  $170^\circ$  besonders bevorzugt  $160^\circ$  liegt.

10 [0052] Durch die Anordnung der Aktuatoren relativ zur Gehäuseachse werden die verformbaren Elemente bezogen auf die Orientierung des Trommelfells in einer anti-parallel Art und Weise positioniert. Das minimiert die Resonanzen im Gehörgang.

15 [0053] Ausführungsbeispiele sind nicht auf die dargestellte Verkippung um die Querachse des Gehäuses 101 beschränkt. Es ist selbstverständlich auch möglich das Bauelement 100 um die Längs- und Hochachse 106 und 107 des Gehäuses 101 zu kippen.

20 [0054] Fig. 6a zeigt in einer perspektivischen Darstellung Elemente eines Bauelements 100' gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bei einem Anregungszustand.

25 [0055] Insbesondere zeigt die Figur 6a in einer perspektivischen und stark vereinfachten Darstellung einen Ausschnitt eines Bauelements 100' aus einem Substrat, ohne Darstellung eines Deckel-Wafers 18 und Handling-Wafers 19.

30 [0056] Die Akustische Vorrichtung kann vorteilhafterweise monolithisch aus mehreren Schichten bestehend aufgebaut werden, oder aus Substraten unterschiedlichen Materials, die über eine gemeinsame Schicht miteinander verbunden beziehungsweise gebondet sind. Dies kann beispielsweise in Form einer Anordnung eines Deckel-Wafers 18 oberhalb bzw. eines Handling Wafers 19 unterhalb eines gemeinsamen Device-Wafers 20 erfolgen. Aus einem Device-Wafer 20 wird durch teilweises Entfernen des Werkstoffes eine Kavität 11 gebildet, die durch eine Berandung 17 und die jeweiligen beweglichen Elemente bzw. Elektroden der Biegewandler 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub> und 4<sub>2</sub>, sowie durch das Substrat im Bereich der Einspannung 14 definiert ist. Ausführungsbeispiele beinhalten alternative Berandungen 17 der Kavität 11. Zum einen kann die Berandung 17 fest mit dem Substrat verbunden sein, zum anderen kann die Berandung 17 durch benachbarte Elektroden eines weiteren Biegewandlersystems 100', gebildet aus weiteren Biegewandlern 3, 4 und 5, bestehen. Die dargestellten Biegewandler 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>, sowie 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub> sind in diesem Ausführungsbeispiel beidseitig eingespannt und über die jeweilige Einspannung 14 mit dem Substrat verbunden. Ausführungsbeispiele umfassen gleichermaßen eine einseitige Einspannung, die gegenüber einer beidseitigen Einspannung den Vorteil einer großen Auslenkung des frei beweglichen Endes hat..

35 [0057] Die Biegewandler 3, 4 und 5 können in einem Biegewandlersystem 1 und/oder 2 sowohl einseitig- als auch beidseitig eingespannt sein. Dabei ist es sinnvoll die kürzeren Biegewandler 4, 5, die im Bereich der Öffnungen 13 angeordnet sind einseitig einzuspannen und längere Biegewandler 3, die zur Bauteilmitte angeordnet sind beidseitig einzuspannen. Vorteilhaft ergibt sich dadurch eine größere Schwingungsamplitude bei höheren Frequenzen der kürzeren, einseitig eingespannten Biegewandler 5, da sich diese durch ein vorteilhaftes Verhältnis von Masse zu Biegewandlerlänge auszeichnen.

40 [0058] Weiterhin ist das prinzipielle Funktionsprinzip zur Interaktion mit einem Volumenstrom, beispielsweise zur Schallerzeugung oder zum Pumpen eines Fluids, in einem derartigen Biegewandlersystem 1 und/oder 2 dargestellt. In einem ersten Zeitintervall bewegen sich die Biegewandler 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub> sowie 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub> und 4<sub>2</sub> in Richtung der gegenüberliegenden Berandung 17 der Kavität 11 und verkleinern somit das Volumen innerhalb dieser Kavität 11. Ein aus dieser Volumenverkleinerung resultierender Volumenstrom 16 befördert das in der Kavität 11 enthaltene Fluid, aus der Kavität 11 durch die Öffnungen 13 heraus.

45 [0059] Die Figur 6b zeigt weiterhin das prinzipielle Funktionsprinzip zum Interagieren mit einem Volumenstrom, beispielsweise zur Schallerzeugung oder zum Pumpen eines Fluids in einem derartigen Biegewandlersystem 1 und/oder 2. In einem zweiten Zeitintervall bewegen sich die Biegewandler 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub> sowie 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub> und 4<sub>2</sub> von der gegenüberliegenden Berandung 17 der Kavität 11 weg und vergrößern somit das Volumen der Kavität 11. Der aus dieser Volumenvergrößerung resultierende Volumenstrom 16 befördert das Fluid durch die Öffnungen 13 in die Kavität 11 hinein.

50 [0060] Alternative Ausführungsbeispiele enthalten keine fest mit dem Substrat verbundene Berandung 17, sondern weitere Biegewandler, hier nicht gezeigt, die ein- und/oder beidseitig eingespannt sein können. In diesem Fall würden sich, in dem ersten Zeitintervall die benachbarten Biegewandlersysteme 1 und 2 voneinander weg bewegen um das Volumen der Kavität 11 zu vergrößern und aufeinander zu bewegen um das Volumen der Kavität zu verkleinern. Weiterbildende Ausführungsbeispiele können eine Kombination fester mit dem Substrat verbundener und/oder keine fest mit dem Substrat verbundene Berandung 17 umfassen.

55 [0061] Fig. 7 zeigt eine Querschnittsansicht eines Ausschnitts aus einem Bauelement 100' entlang der Schnittebene A der Figur 6a. Dargestellt der Handling-Wafer 19 und Deckel-Wafer 18, die die vertikale Begrenzung der Kavität 11 bilden, die durch die Biegewandler 3<sub>1</sub> und 3<sub>2</sub> und der Berandung 17 im Bereich des Device-Wafers 20 begrenzt ist. Der

Aufbau ist ein Schichtstapel, wobei die einzelnen Schichten miteinander mechanisch fest, insbesondere stoffschlüssig verbunden sind. Diese Schichten sind in der Figur nicht dargestellt. Die schichtweise Anordnung elektrisch leitfähiger Schichten ermöglicht eine einfache Ausgestaltung, da durch selektives Herauslösen aus der Schicht 20 die Kavität 11 erhalten werden kann und durch geeignete Einstellung der Herstellungs-Prozesse Biegewandlerstrukturen verbleiben können. Alternativ ist es ebenfalls möglich, die Biegewandlerstrukturen ganz oder teilweise durch andere Maßnahmen oder Prozesse in der Kavität 11 anzutragen, etwa durch ein Erzeugen und/oder Positionieren in der Kavität 11. In diesem Fall können die Biegewandlerstrukturen gegenüber den in dem Substrat verbleibenden Teilen der Schicht 20 unterschiedlich gebildet sein, d. h. unterschiedliche Materialien aufweisen.

**[0062]** Die Figur 8 zeigt in einer perspektivischen Darstellung ein alternatives Ausführungsbeispiel eines schichtförmigen Bauelements 100 mit einem oberen Biegewandlersystem 1, dass vertikal angeordnete Öffnungen 13<sub>1</sub> in einem Deckel-Wafer 18<sub>1</sub> zur Verbindung der Kavitäten 11 mit der Umgebung aufweist. Ein zweites Biegewandlersystem 2 ist unterhalb des oberen, ersten Biegewandlersystems 1 angeordnet und weist laterale angeordnete Öffnungen 13 in einem Device-Wafer 20 auf. Ausführungsbeispiele sind nicht auf das dargestellte System aus zwei Biegewandlersystemen 1 und 2 beschränkt, vielmehr kann lediglich ein Biegewandlersystem 1 oder 2 oder eine Vielzahl von Biegewandlersystemen 1, 2, ..., n angeordnet werden. In unmittelbarer Nähe ist eine Steuereinheit 21 angeordnet, die ein Bestandteil des Bauelements 100 ist und die zur Einschränkung des zur Verfügung stehenden Bauraums des Biegewandlersystems 1 führt und die mit den Biegewandlersystemen verbunden ist (nicht dargestellt). Weitere Öffnungen im Handling-Wafer 19 des oberen Biegewandlersystems 1 können so angeordnet sein, dass sie mit Öffnungen im Deckel-Wafer 18 des zweiten Biegewandlersystems 2 verbunden sind. Ausführungsbeispiele beinhalten, dass auf einen Handling-Wafer 19 des ersten Biegewandlersystems 1 verzichtet werden kann, wenn - unter Vorrang auf Fig. 9 - der Device-Wafer 20' des zweiten Biegewandlersystems 2 diese Funktion übernehmen kann.

**[0063]** Die Figur 9 zeigt in einer Querschnittsdarstellung ein Ausführungsbeispiel eines alternativen Bauelements 100" mit einem oberen Biegewandlersystem 1, dass vertikale angeordnete Öffnungen 13<sub>1</sub> im Deckel-Wafer 18 aufweist. In diesem Ausführungsbeispiel sind die Device-Wafer 20 und 20' über einen gemeinsamen Substratschicht 22, die gleichermaßen einen Deckel-Wafer als auch Handling-Wafer darstellt miteinander mechanisch, insbesondere stoffschlüssig verbunden. Dieses Ausführungsbeispiel zeigt exemplarisch wie Öffnungen 13<sub>1</sub>, 13'<sub>1</sub>, 13"<sub>1</sub>, im Deckel-, Handling- oder Device-Wafer angeordnet sein können, um gegenüber der Schallrichtung optimal angeordnet zu sein. Die Schallrichtung kann demnach über den mit dem Umfeld interagieren Volumenstrom, der durch die Bewegung der verformbaren Elementen bzw. des Biegewandlers 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub> und 3'<sub>2</sub> des Bauelements 100" bestimmt werden.

**[0064]** Im Folgenden werden weitere mögliche Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung beschrieben. Zusammenfassend kann ein Biegewandler 3, 4 und 5 bzw. ein mehrere solcher Biegewandler 3, 4 und 5 umfassendes Biegewandlersystem 1 und/oder 2 oder ein mehreren solcher Biegewandlersysteme 1 und/oder 2 umfassendes Bauelement 100, 100', 100" - die Beispiele in einem Hörgerät verbaut werden können - verstanden werden als:

35 1. Biegewandlersystem

- mit äußeren Abmessungen, die einer umgebenden Geometrie angepasst sind und die umgebende Geometrie eine Längsachse aufweist, die in etwa der Schallrichtung entspricht
- enthält Biegewandler unterschiedlicher Länge, bestehend aus verformbaren Elementen die in Kavitäten angeordnet sind und mit einem Substrat verbunden sind
- die Verformung des verformbaren Elements erfolgt quer zur lateralen Richtung in einer Substratbene (in plane)
- enthält eine Vielzahl an verformbaren Elementen, deren jeweilige Bewegungsrichtungen eine gemeinsame Bewegungsebene in der Substratbene bilden
- die verformbaren Elemente unterschiedliche Längen aufweisen und damit voneinander abweichende maximale Auslenkungen realisieren.
- die Anordnung der unterschiedlich langen Biegewandler erfolgt entsprechend den vorhandenen Platzes so, dass die Flächenausnutzung der durch die Bewegungsebene und die äußeren Abmessungen des Biegewandlersystems gebildeten Fläche maximal ist
- und die Bewegungsebene gegenüber der Längsachse 106 der umgebenden Geometrie in zumindest einem Winkel geneigt ist

2. kurze Biegewandler sind im Bereich der Öffnungen angeordnet,

3. lange Biegewandler sind zentral/mittig/dort wo Platz ist angeordnet

4. Das Biegewandlersystem ist um eine Querachse der umgebenden Geometrie verkippt.

55 4.1. Der Winkel der Bewegungsebene 10 gegenüber der Längsachse 106 der umgebenden Geometrie liegt zwischen 90° und 180°, bevorzugt 150° und 170° besonders bevorzugt 160°.

5. In Ausführungsbeispielen ist das Biegewandlersystem um eine Längsachse und/oder um eine Hochachse der umgebenden Geometrie verkippt

5.1. Vergleichbare Winkel zu 5.1

6. In Ausführungsbeispielen sind die kürzeren Biegewandler, die im Bereich der Öffnung angeordnet sind einseitig eingespannt. Wohingegen die langen Biegewandler beidseitig eingespannt sind

5 6.1. Einseitige Einspannung möglich bei Biegewandlern, die kürzer sind als in etwa 2000  $\mu\text{m}$

6.2. Beidseitige Einspannung möglich bei Biegewandlern, die länger sind als in etwa 1000  $\mu\text{m}$

6.3. Im Biegewandlersystem sind beliebige Kombinationen aus ein- und beidseitig eingespannten Biegewandlern möglich, Zielstellung ist immer hoher Schalldruck bei gleichzeitig breitem Frequenzbereich

10 7. Ein Bauelement, dass ein Biegewandlersystem mit den vorstehend genannten Merkmalen aufweist, kann darüber hinaus auch weitere Einrichtungen enthalten:

15 • zur fluidynamischen Dämpfung

• zur Signalverarbeitung

• zur Drahtlosen Kommunikation

• zur Spannungstransformation

• Sensoren

• Software

• zur Speicherung von Daten

20 • zur Versorgung mit Energie

8. Ein Kopfhörer enthält zumindest ein Bauelement mit einem Biegewandlersystem mit vorherstehend genannten Merkmalen, wobei:

25 8.1. Äußere Abmessungen des Kopfhörer entsprechen nahezu den inneren Abmessungen des Gehörgangs

8.2. Kopfhörer ist so ausgebildet, dass das Bauelement im Gehörgang angeordnet ist, wenn ein Nutzer den Kopfhörer eingesetzt hat

8.3. Kopfhörer ist so ausgebildet, dass der Gehörgang nahezu verschließt

30 8.4. oder Kopfhörer ist so ausgebildet, dass seine äußeren Abmessungen nicht den äußeren Abmessungen des Gehörganges eines Nutzer entspricht und deshalb aber in großen Stückzahlen kostengünstig hergestellt werden kann

**[0065]** Ferner ist eine Anordnung des Biegewandlersystems als Schallwandlersystem dem Fachmann überlassen. Die hier aufgegriffene technische Lehre offenbart dem Fachmann Merkmale, wie eine Vielzahl an Biegewandlern angeordnet sein muss, um eine hohe akustische Qualität bei gleichzeitig breitem Frequenzbereich, in einem begrenzten, vordefinierten Bauraum zu erhalten.

**[0066]** Darüber hinaus kann der Fachmann technische Lehren entnehmen, wie eine Bewegungsebene, die durch eine Vielzahl an Bewegungsrichtungen gebildet ist und gegenüber einer Längsachse und/ oder Querachse und/oder Hochachse der dem Schallwandlersystem umgebenden Raum geneigt sein kann.

**[0067]** Vordefinierte Räume sind beispielsweise die geometrischen Abmessungen, bedingt durch den Gehörgang, weitere Sensoren oder Systemtechnik:

45 • zur fluidynamischen Dämpfung

• zur Signalverarbeitung

• zur Drahtlosen Kommunikation

• zur Spannungstransformation

• zur Speicherung von Daten

• zur Versorgung mit Energie

50 **[0068]** Vorteilhaft sollen kurze Biegewandler eines Biegewandlersystems dort angeordnet sein, wo wenig Platz zur Verfügung steht und/oder im Bereich der Öffnungen, die die Kavitäten mit der Umgebung verbinden. Diese Öffnungen befinden sich im Bereich der äußeren Grenzen des Biegewandlersystems. Dagegen sind lange Biegewandler vorwiegend zentral im Biegewandlersystem angeordnet. Das ergibt den Vorteil den vorhandenen Platz optimal auszunutzen um eine große Packungsdichte der einzelnen Biegewandler zu erreichen um den Schalldruckpegel dadurch zu vergrößern.

55 Daneben ermöglichen längere Biegewandler, aufgrund ihrer geringeren Steifigkeit tiefere Resonanzfrequenzen. Kurze Biegewandler sind durch eine, vergleichsweise hohe Steifigkeit gekennzeichnet, wodurch hohe Resonanzfrequenzen möglich sind. Sofern diese Biegewandler im Bereich der Öffnungen, die die Kavitäten mit der Umgebung verbindet, angeordnet sind, können Resonanzen vermieden werden und somit die Klangqualität verbessert werden.

- [0069] Vorteile einer gekippten Anordnung in einem tubusartigen Raum, beispielsweise einem Gehörgang.
- [0070] Der Gehörgang ist näherungsweise ein Zylinder mit den Abmessungen  $L \times D = 25 \text{ mm} \times 0,7 \text{ mm}$  (Wiki).
- [0071] Die transversale, akustische Resonanz des abgeschlossenen Gehörganges ( $\lambda/2$ ) liegt demnach bei  $U_T \approx 235 \text{ kHz}$ , die entsprechende longitudinale Resonanz bei  $U_L \approx 6,6 \text{ kHz}$ . Eine Kopfhörermembran in "normaler, d.h. radialer" Ausrichtung wird durch die longitudinale Mode bei  $U_L \approx 6,6 \text{ kHz}$  angeregt und erzeugt so eine unerwünschte, hörbare Zusatzresonanz.
- [0072] Eine Kopfhörermembran in "axialer" Lage wird in erster Näherung nur von der transversalen Mode bei  $U_T \approx 235 \text{ kHz}$  angeregt. Das ist viel besser, weil akustisch völlig irrelevant!
- [0073] Natürlich sollte die Größe des Biegewandlersystems (analog Membran) so gewählt werden, dass die tiefen Eigenfrequenzen der Membran nicht stören. Sie sollte also nicht zu groß sein. Bei  $60^\circ$  Neigung ist die erste Eigenfrequenz einer idealen Membran bei ca.  $2 \times 6,6 \text{ kHz} = 13,2 \text{ kHz}$ . Nach allem, was wir über den "real existierenden Kopfhörer" wissen ist das OK.
- [0074] Durch die gekippte Anordnung des Biegewandlersystems kann eine größere Grundfläche des Biegewandlersystems im verfügbaren Raum angeordnet werden, auf der wiederum längere oder mehr Biegewandler angeordnet sein können. Durch den Einsatz einer größeren Anzahl an Biegewandlern sind höhere Schalldrücke erreichbar.
- [0075] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Öffnungen optimal in Richtung der durch die äußeren Abmessungen gegebenen Schallrichtung angeordnet werden können. Beispielsweise zeigt Figur 8 vertikal angeordnete Öffnungen, die dann nahezu in Schallrichtung angeordnet sind, wenn das Bauelement im Gehörgang verkippt angeordnet ist.
- [0076] Die Anmeldung beschreibt somit eine Weiterentwicklung hinsichtlich der Optimierung der Schallquantität (Sound Pressure Level) und Schallqualität, die vom Bauelement in einer spezifischen Umgebung erbracht werden kann.
- [0077] Hohe Integrationsanforderungen beziehen sich auf die Anpassung an vorhandenen Bauraum allgemein als auch auf die Systemgestaltung aus mehreren Komponenten. Beispielsweise sind in ultramobilen Endgeräten (bspw. Hearables Smartwatches) insbesondere die Energiespeicher als auch ggf. vorhandene weitere HMI-Komponenten (taktile Flächen, Displays) engen Grenzen der Bauraumgestaltung (zylindrisch/quaderförmig bzw. flächig ausgedehnt/plattenförmig) unterworfen. Um dennoch eine Minimierung des Bauraumes zu erreichen, ist es erforderlich den Schallwandler auf den verbleibenden Bauraum abzustimmen und so eine hohe Schallquantität zu ermöglichen.
- [0078] Zusätzlich sind bei der Gestaltung der Systeme (ultramobile, wie Hearables bzw. Wearables allgemein) Aspekte der Schallqualität nicht zu vernachlässigen. Konkret kann durch eine spezifische Gestaltung der Schallwandlergruppen eine an die geometrischen Gegebenheiten angepasste Schallzeugung hinsichtlich Schallabstrahlung erreicht werden. Maßgeblicher Treiber sind frequenzabhängige Effekte wobei insbesondere bei hohen Frequenzen störende Resonanzen auftreten können.
- [0079] Mit der vorliegenden Erfindung kann sowohl die Schallqualität als auch Schallqualität signifikant verbessert werden.
- [0080] Das Prinzip des erfindungsgemäßen Biegewandlers beruht auf dem NED (Nanoscopic Electrostatic Drive, nanoskopischer elektrostatischer Antrieb) und ist in WO 2012/095185 A1 beschrieben. NED ist ein neuartiges MEMS (mikro elektromechanisches System) Aktuator-Prinzip. Grundlegendes Prinzip ist, dass sich ein Siliziumbalken lateral in einer Ebene, der Substratebene, die durch eine Siliziumscheibe oder einen Wafer definiert ist, bewegt. Dabei interagiert der Siliziumbalken, der mit dem Substrat in einer Kavität verbunden ist, mit einem Volumenstrom. Weiterhin umfasst das Bauelement eine elektronische Schaltung, die in einer Schicht des Schichtstapels angeordnet, wobei die elektronische Schaltung mit dem elektromechanischen Biegewandler verbunden ist und die ausgebildet ist, um den Biegewandler aufgrund eines elektrischen Signals auszulenken.

#### Bezugszeichenliste

45	1	Erstes Biegewandlersystem
	2	Zweites Biegewandlersystem
	3	Erster Biegewandler weist erste Länge auf
	4	Zweiter Biegewandler weist zweite Länge auf
50	5	Dritter Biegewandler weist dritte Länge auf
	6	Bewegungsrichtung des ersten Biegewandler
	7	Bewegungsrichtung des zweiten Biegewandler
	8	Bewegungsrichtung des dritten Biegewandler
55	9	Substratebene
	10	Bewegungsebene

(fortgesetzt)

5	11	Kavität
10	12	Winkel zwischen Bewegungsebene und Längsachse
15	13	Öffnungen
20	14	Einspannung
25	15	Berandung der Kavität
30	16	Volumenstrom
35	17	Berandung der Kavität
40	18	Deckel-Wafer
45	19	Handling-Wafer
50	20	Device-Wafer
55	21	ASIC
60	22	Gemeinsame Substratschicht
65	30	Ohrmuschel
70	31	Gehörgang
75	32	Trommelfell
80	100	Bauelement
85	100'	Ausschnitt aus einem Bauelement
90	101	Äußere Geometrie eines ultramobilen Endgeräts, beispielsweise eines Gehäuses
95	102	Länge des Bauelements
100	103	Breite des Bauelements
105	104	Dicke des Bauelements
110	105	Eine Querachse des ultramobilen Endgerätes
115	106	Längsachse des ultramobilen Endgerätes
120	107	Hochachse des ultramobilen Endgerätes
125	108	Winkel $\alpha$

#### 40 Patentansprüche

1. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) mit einer Vielzahl von Biegewandlern (3, 4, 5), die derart ausgebildet sind, dass verformbare Elemente (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) der Biegewandler (3, 4, 5) komplanar in einer gemeinsamen ebenen Schicht (10) schwingen, wobei die Biegewandler (3, 4, 5) unterschiedliche Resonanzfrequenzen und unterschiedliche Ausdehnungen der verformbaren Elemente (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) entlang einer gemeinsamen Längsachse aufweisen, die quer zu einer Schwingungsrichtung der verformbaren Elemente (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) ist.
2. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach Anspruch 1, mit einer oder mehreren Kavitäten (11), in der die Biegewandler (3, 4, 5) angeordnet sind, und Öffnungen (13; 13<sub>1</sub>, 13'<sub>1</sub>, 13"<sub>1</sub>), durch die ein fluidischer Volumenstrom (16), der mit der Vielzahl von Biegewandlern (3, 4, 5) wechselwirkt, hindurch treten kann.
3. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach nach Anspruch 1 oder 2, wobei das verformbare Element (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) zum mindesten eines Biegewandlers (3, 4, 5) elektrostatisch, piezoelektrisch, oder thermomechanisch verformbar ist.
4. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei

zumindest eine erste Teilmenge von zumindest einem ersten Biegewandler (5) jeweils ein einseitig eingespanntes verformbares Element aufweist, und/oder zumindest eine zweite Teilmenge von zumindest einem zweiten Biegewandler (3, 4) jeweils ein zweiseitig eingespanntes verformbares Element (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) aufweist.

- 5        5. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach Anspruch 4, wobei die zumindest erste Teilmenge von zumindest einem ersten Biegewandler (5) im Mittel eine höhere Resonanzfrequenz aufweist als die zumindest zweite Teilmenge von zumindest einem zweiten Biegewandler (3, 4) oder umgekehrt.
- 10      6. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach Anspruch 4 oder 5, wobei die zumindest erste Teilmenge von zumindest einem ersten Biegewandler (5) im Mittel eine kürzere Länge aufweist als die zumindest zweite Teilmenge von zumindest einem zweiten Biegewandler (3, 4).
- 15      7. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jeder Biegewandler (3, 4, 5) an zumindest eine Kavität (11) angrenzt und jede Kavität (11) über zumindest eine Öffnung (13; 13<sub>1</sub>, 13'<sub>1</sub>, 13"<sub>1</sub>) zum Hindurchtreten des fluidischen Volumenstroms (16) zugänglich ist.
- 20      8. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Außenmaß des Biegewandlersystems (1, 2) entlang der gemeinsamen Längsachse zwischen 750 µm und 2000 µm und besonders bevorzugt zwischen 850 µm und 1250 µm liegt.
- 25      9. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Außenfläche des Biegewandlersystems (1, 2) komplanar zu der gemeinsamen ebenen Schicht ein entlang der gemeinsamen Längsachse längliches Oval, ein entlang der gemeinsamen Längsachse längliches Rechteck oder ein entlang der gemeinsamen Längsachse längliches Polygon beschreibt.
- 30      10. Akustisches Biegewandlersystem (1, 2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Biegewandler (3, 4, 5) in Gruppen aus einem oder mehreren Biegewandlern (3, 4, 5) eingeteilt sind, wobei in Gruppen mit mehreren Biegewandlern (3, 4, 5) die mehreren Biegewandler (3, 4, 5) entlang der gemeinsamen Längsachse hintereinander angeordnet sind, und/oder, wobei in Gruppen mit mehreren Biegewandlern (3, 4, 5) die mehreren Biegewandler (3, 4, 5) in der gemeinsamen ebenen Schicht (10) quer zu der gemeinsamen Längsachse nebeneinander angeordnet sind.
- 35      11. Akustische Vorrichtung mit: einem akustischen Biegewandlersystem (1, 2) mit zumindest einem Biegewandler (3, 4, 5) der zumindest ein verformbares Element (3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 4<sub>1</sub>; 3<sub>2</sub>, 3<sub>4</sub>, 4<sub>2</sub>; 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub>, 3'<sub>1</sub>, 3'<sub>2</sub>) aufweist, das in einer Kavität (11) angeordnet ist, und einer Öffnung (13; 13<sub>1</sub>, 13'<sub>1</sub>, 13"<sub>1</sub>), durch die ein mit einer Bewegung des Biegewandlers (3, 4, 5) in der Kavität (11) wechselwirkender fluidischer Volumenstrom (16) hindurch tritt, und einem Gehäuse (101), das angepasst ist, um in einem Gang eingefügt zu werden, wobei das Biegewandlersystem so in dem Gehäuse (101) gehalten ist, dass der fluidische Volumenstrom (16) in einem Zustand, bei dem das Gehäuse (101) in den Gang eingefügt ist, schräg zu einer Längsachse des Gangs ausrichtbar ist.
- 40      12. Akustische Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei das akustischen Biegewandlersystem (1, 2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgebildet ist, wobei der fluidische Volumenstrom (16) in der Ebene der gemeinsamen ebenen Schicht (10) Längsachse des Biegewandlersystems (1, 2) verläuft.
- 45      13. Akustische Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, wobei das Biegewandlersystem (1, 2) so in dem Gehäuse (101) gehalten ist, dass der fluidische Volumenstrom (16) der akustischen Vorrichtung in einem Winkel zwischen 5° und 80°, zwischen 10° und 40°, oder zwischen 15° und 30° geneigt gegenüber der Längsachse des Gangs durch die Öffnungen (13; 13<sub>1</sub>, 13'<sub>1</sub>, 13"<sub>1</sub>) des Biegewandlersystems (1, 2) hindurch tritt.
- 50      14. Akustische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 13, wobei das akustische Biegewandlersystem (1, 2) über den durch die Öffnungen (13; 13<sub>1</sub>, 13'<sub>1</sub>, 13"<sub>1</sub>) hindurchtretenden fluidischen Volumenstrom (16) ein akustisches Signal aufnehmen und/oder abgeben kann.

**EP 3 739 904 A1**

**15.** Akustische Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 11 bis 14, des Weiteren umfassend:

eine Steuerungseinheit zum Ansteuern der einzelnen Biegewandler (3, 4, 5) des Biegewandlersystems (1, 2) und  
eine Energieversorgungsquelle zum Betreiben der akustischen Vorrichtung.

5

10

15

20

25

30

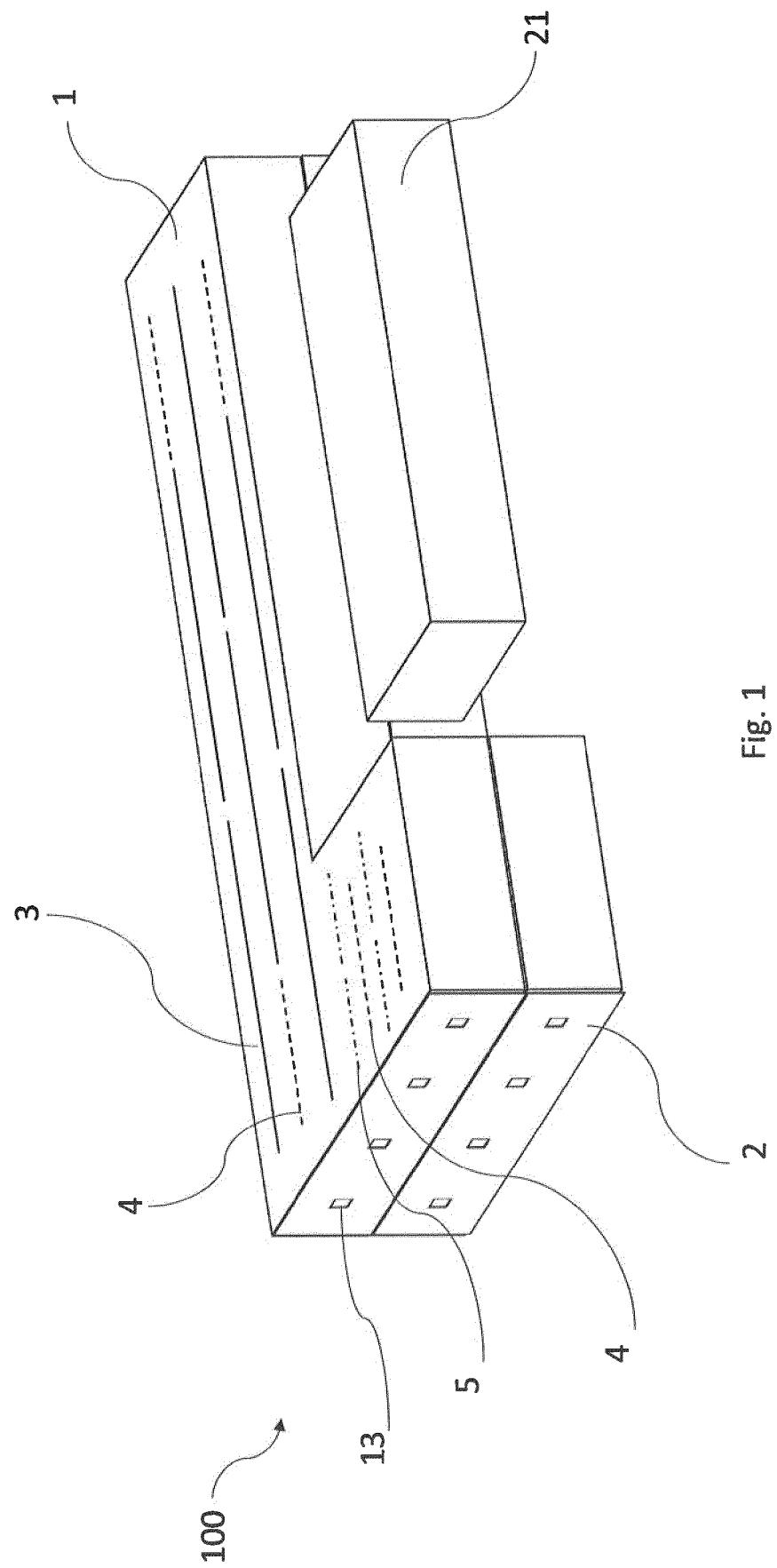
35

40

45

50

55



1

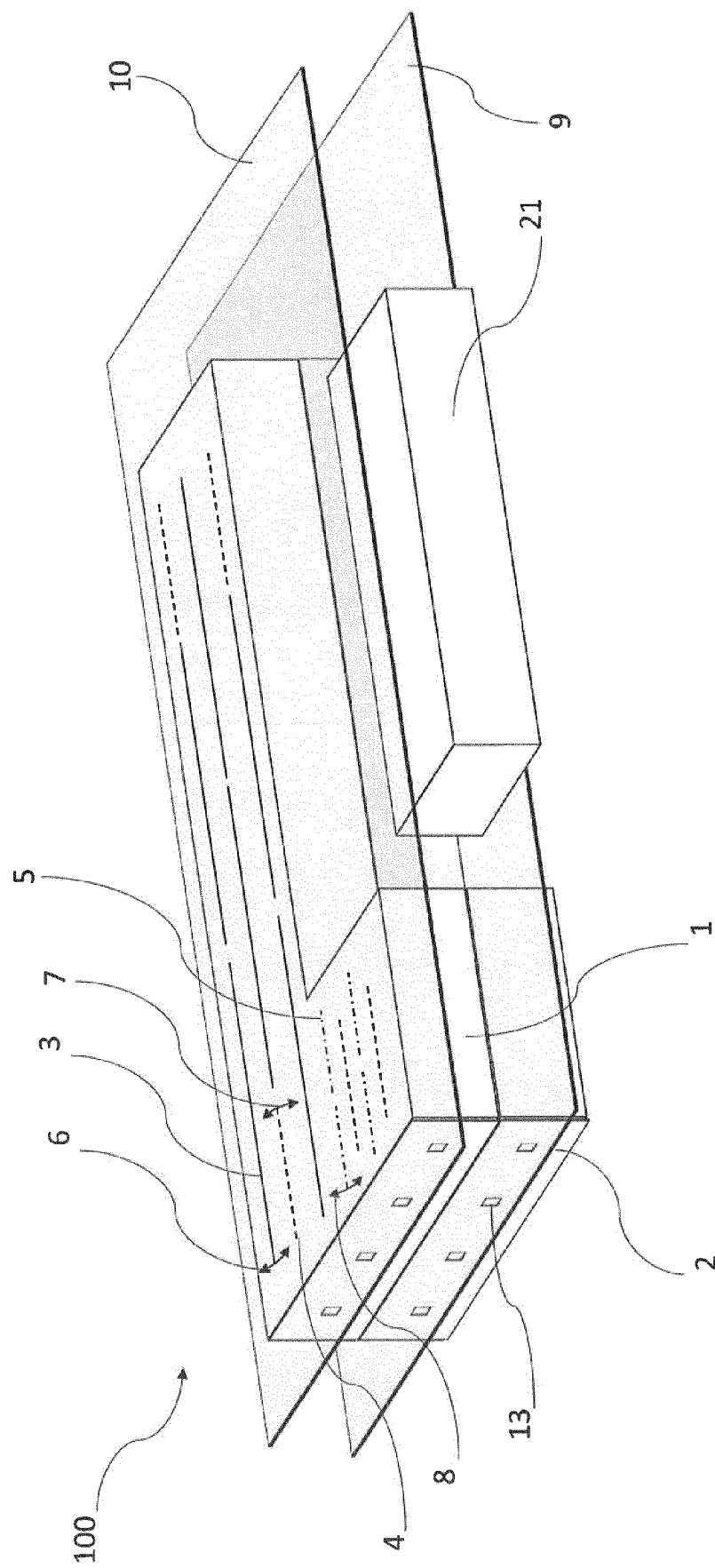


Fig. 2

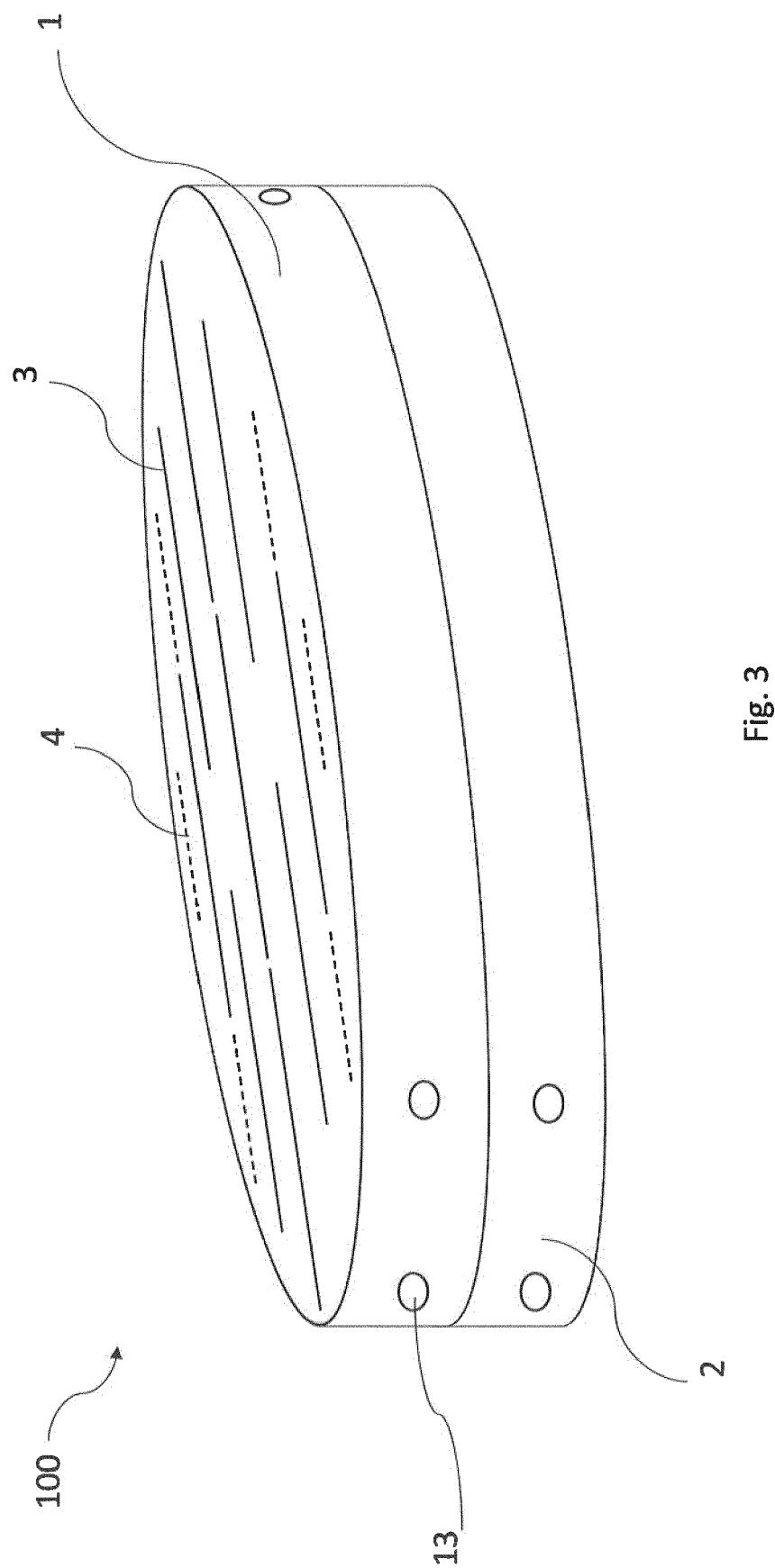


Fig. 3

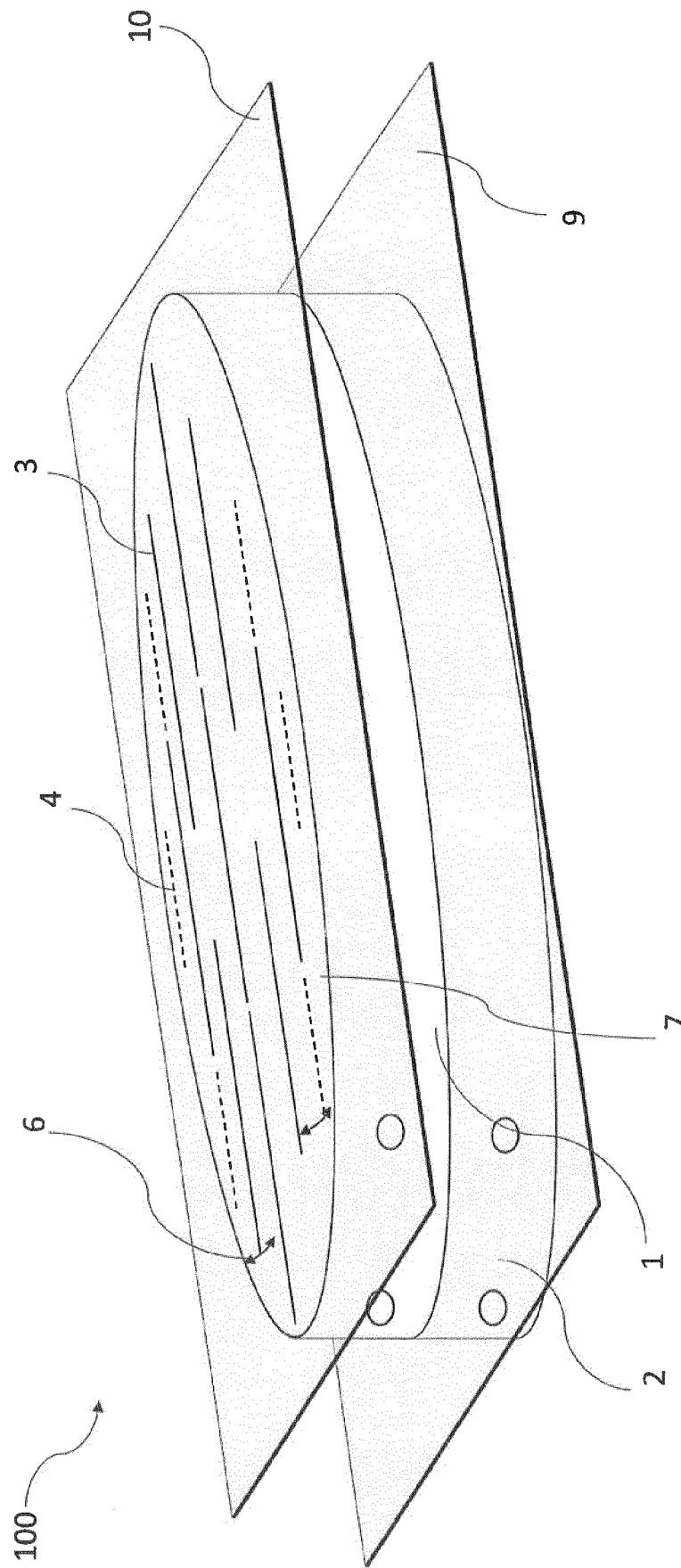


Fig. 4

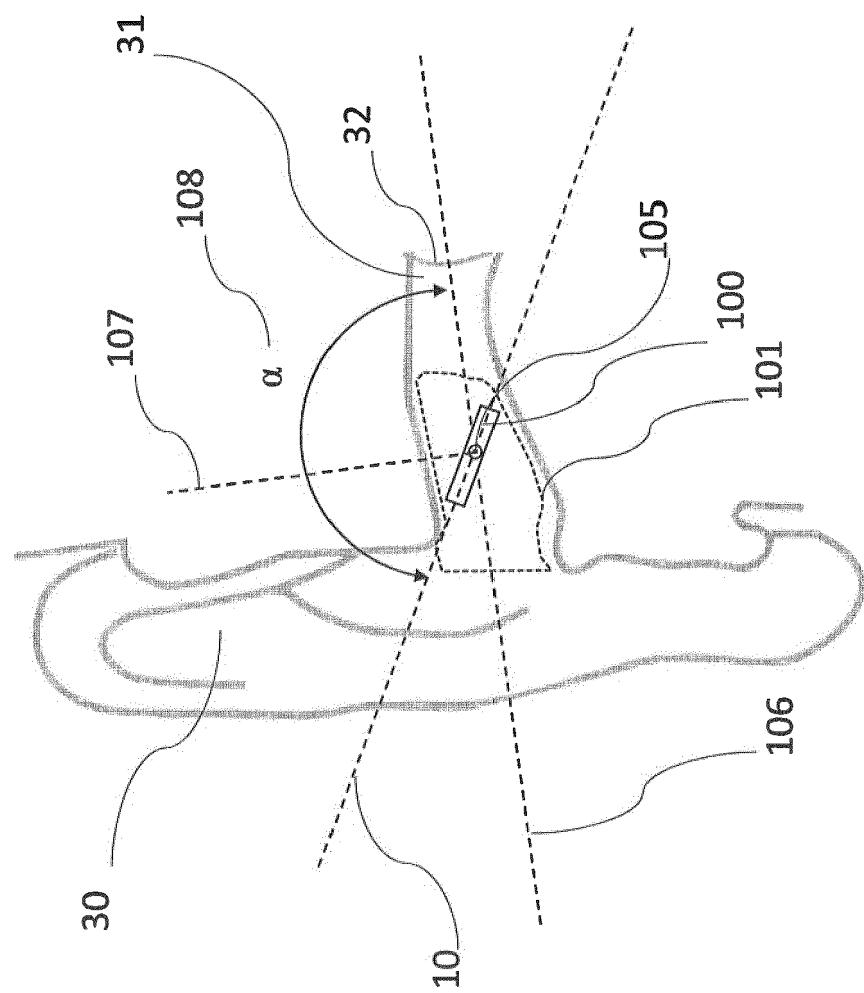


Fig. 5

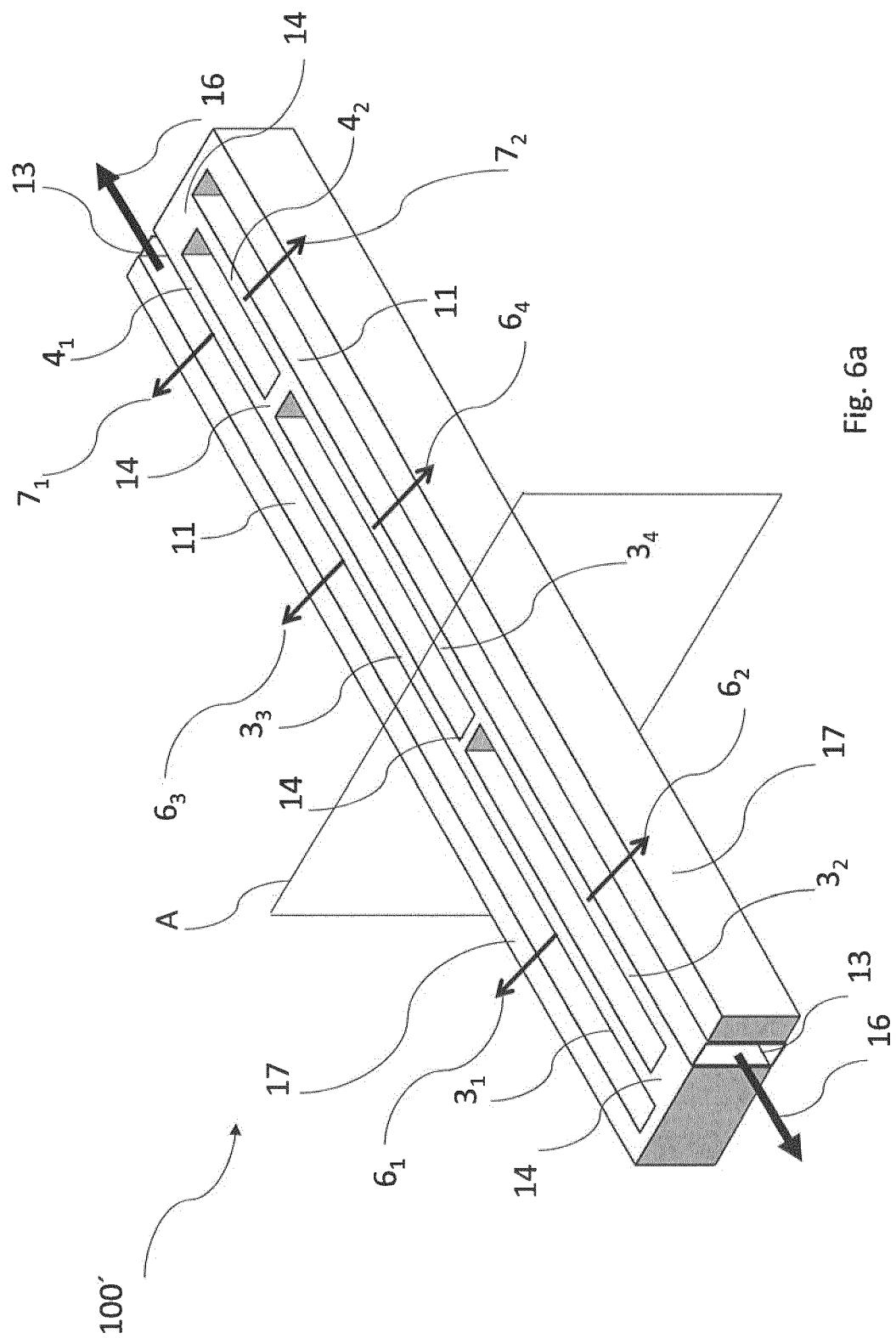
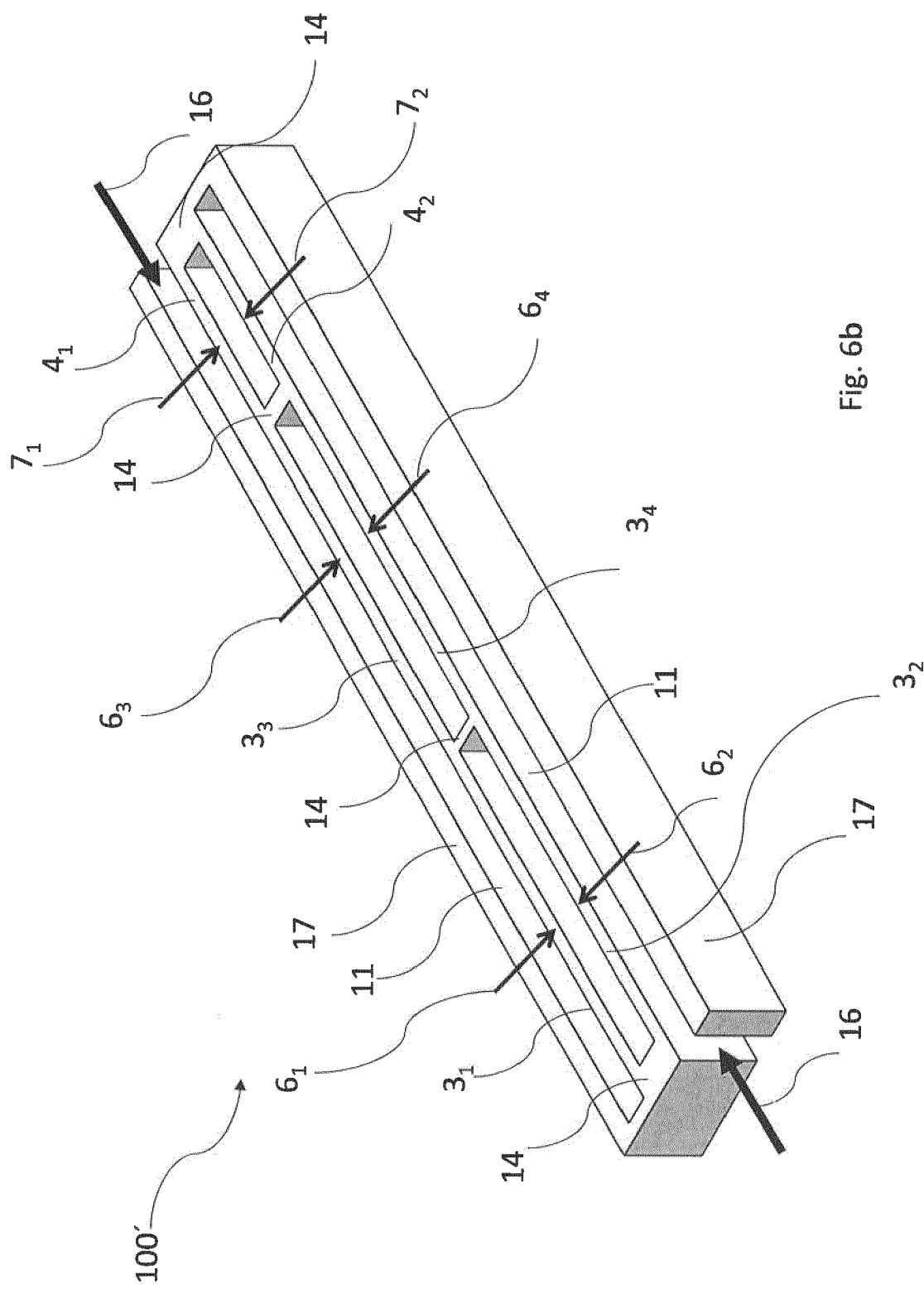


Fig. 6a



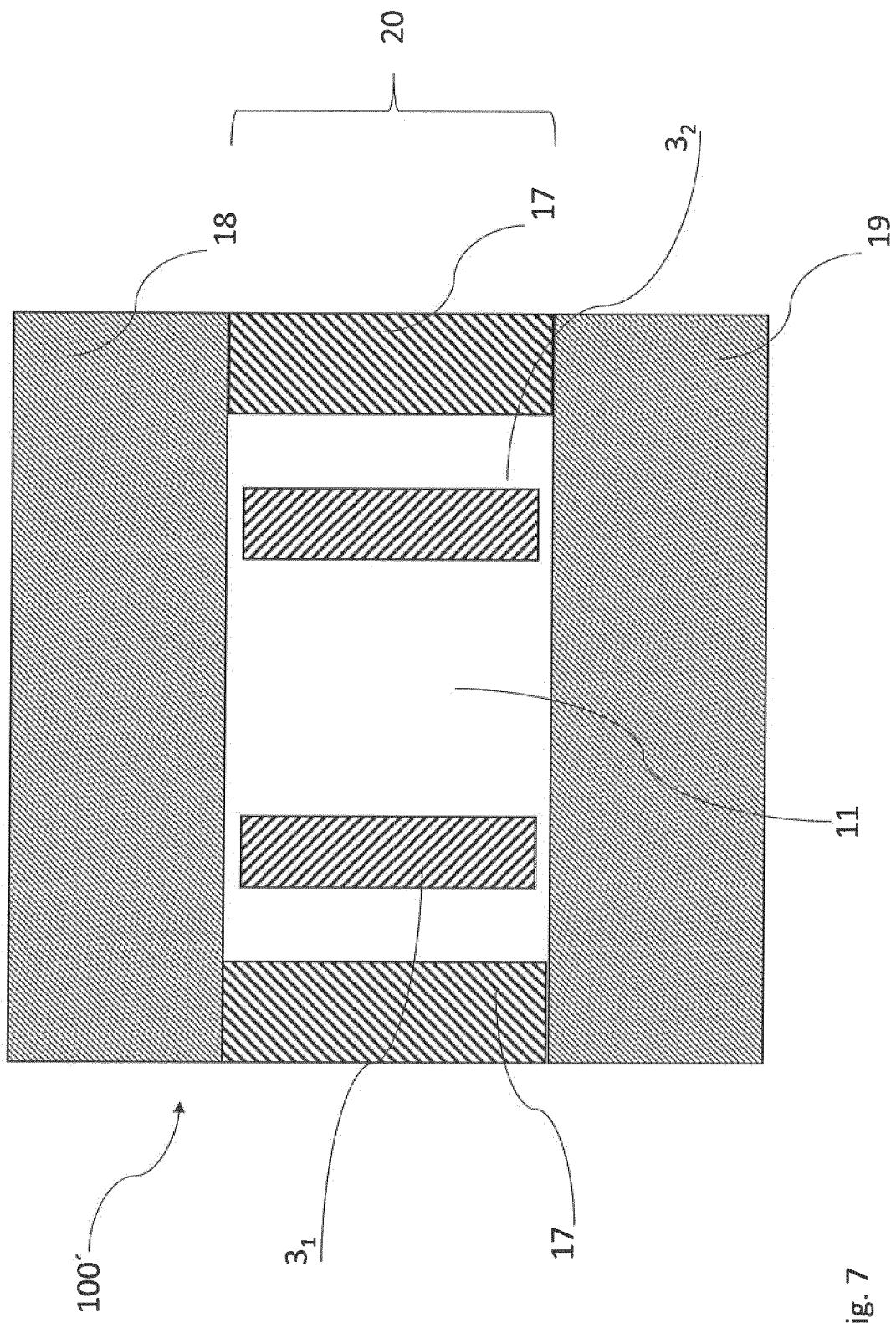


Fig. 7

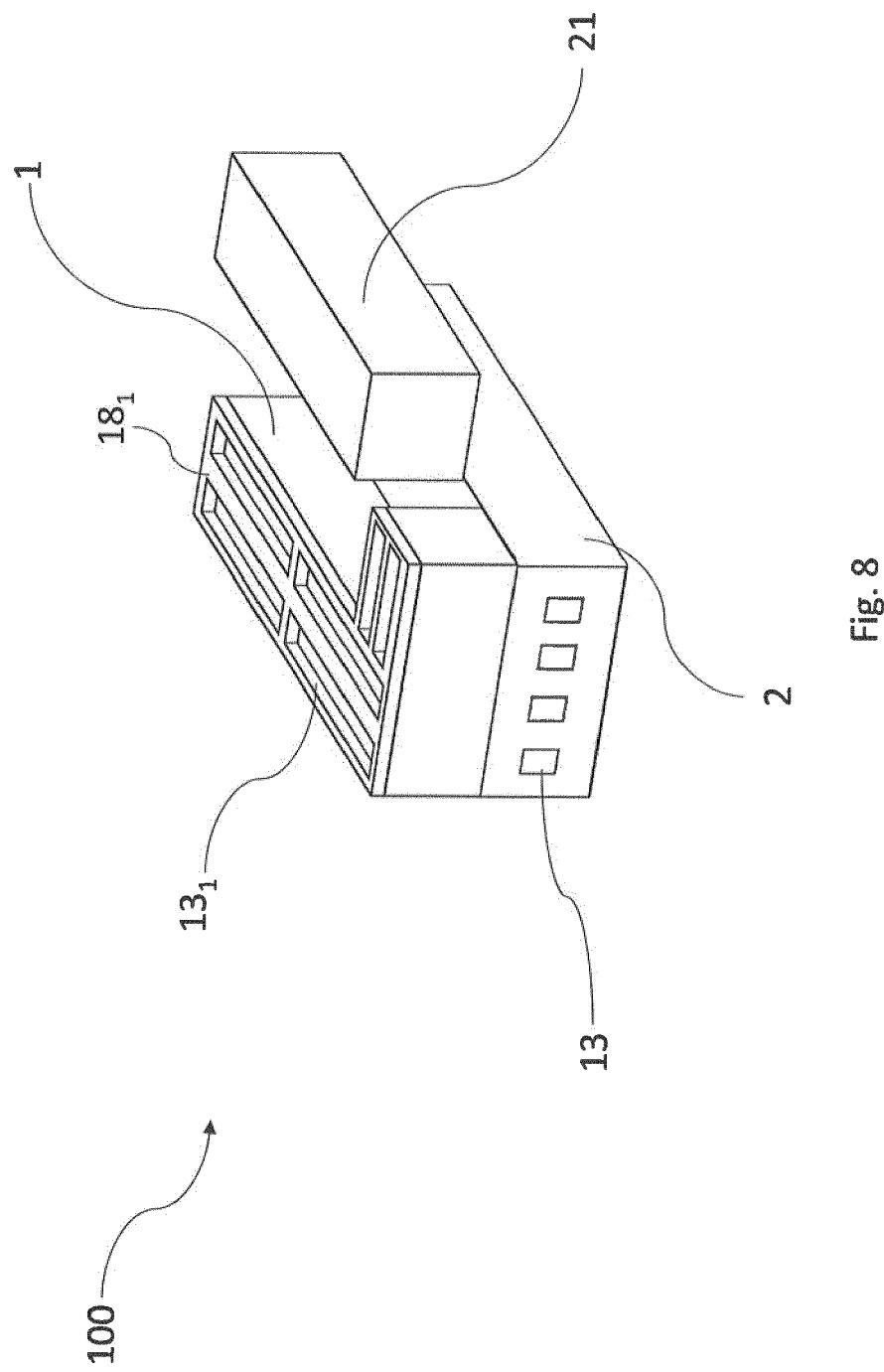
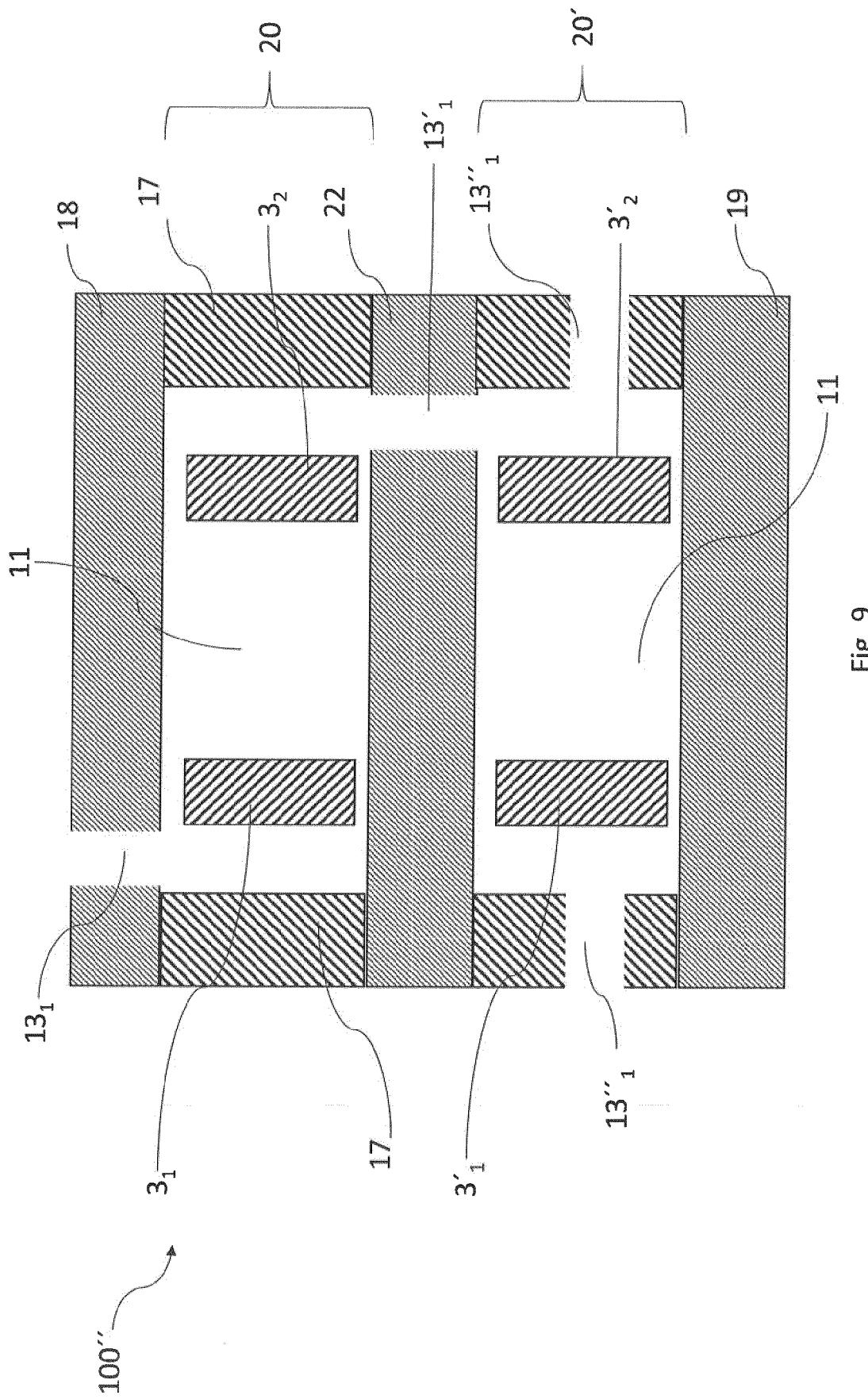


Fig. 8



6  
正



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 19 17 4497

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	Y WO 2010/133782 A1 (DIDSON [FR]; GAUDRIOT DIDIER [FR]; GAUDRIOT LIONEL [FR]) 25. November 2010 (2010-11-25) * Seite 1, Zeile 26 - Zeile 30 * * Seite 3, Zeile 25 - Seite 4, Zeile 31; Abbildung 1 * * Seite 9, Zeile 11 - Zeile 16 * -----	1-15	INV. H04R19/00 H04R17/02
15	Y EP 3 279 622 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 7. Februar 2018 (2018-02-07) * Absatz [0122]; Ansprüche 1, 2 * -----	1-7, 9, 12-15	
20	Y DE 10 2015 210919 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [D]) 15. Dezember 2016 (2016-12-15) * Absatz [0070] * -----	8	
25	Y EP 2 986 024 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 17. Februar 2016 (2016-02-17) * Abbildungen 1, 3 * -----	10	
30	Y WO 00/41432 A2 (SARNOFF CORP [US]) 13. Juli 2000 (2000-07-13) * Abbildung 4 * -----	11	H04R RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			
40			
45			
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 26. September 2019	Prüfer De Haan, Aldert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 17 4497

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

26-09-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2010133782 A1	25-11-2010	EP ES FR US WO	2432600 A1 2524332 T3 2945890 A1 2012061173 A1 2010133782 A1	28-03-2012 05-12-2014 26-11-2010 15-03-2012 25-11-2010
20	EP 3279622 A1	07-02-2018	CN EP JP KR US	107688119 A 3279622 A1 2018023103 A 20180015482 A 2018038901 A1	13-02-2018 07-02-2018 08-02-2018 13-02-2018 08-02-2018
25	DE 102015210919 A1	15-12-2016	CN DE EP JP KR US WO	107925825 A 102015210919 A1 3308555 A2 2018521576 A 20180030784 A 2018179048 A1 2016202790 A2	17-04-2018 15-12-2016 18-04-2018 02-08-2018 26-03-2018 28-06-2018 22-12-2016
30	EP 2986024 A1	17-02-2016	CN EP KR US US	106034276 A 2986024 A1 20160020287 A 2016050506 A1 2017006385 A1	19-10-2016 17-02-2016 23-02-2016 18-02-2016 05-01-2017
35	WO 0041432 A2	13-07-2000	EP JP TW US US US WO	1142442 A2 2002534933 A 440446 B 6366678 B1 2002090102 A1 2006177083 A1 2007121967 A1 0041432 A2	10-10-2001 15-10-2002 16-06-2001 02-04-2002 11-07-2002 10-08-2006 31-05-2007 13-07-2000
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2012095185 A1 [0002] [0080]
- WO 2016202790 A2 [0002]
- DE 102015206774 A1 [0002]
- DE 102017114008 A1 [0005]
- DE 102017108594 A1 [0006]
- DE 19612481 A1 [0007]