

(19)



(11)

EP 3 295 683 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.05.2022 Patentblatt 2022/18

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H04R 19/00 ^(2006.01) **H04R 1/24** ^(2006.01)
H04R 1/04 ^(2006.01) **H04R 17/00** ^(2006.01)
H04R 1/28 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16721805.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H04R 1/04; H04R 1/24; H04R 17/00; H04R 19/005;
H04R 1/2876; H04R 1/2884; H04R 2201/003

(22) Anmeldetag: **10.05.2016**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/060426

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/180820 (17.11.2016 Gazette 2016/46)

(54) **SCHALLWANDLERANORDNUNG MIT MEMS-SCHALLWANDLERN**

SOUND CONVERTER ARRANGEMENT WITH MEMS SOUND CONVERTERS

ENSEMBLE TRANSDUCTEUR ACOUSTIQUE COMPOSÉ DE TRANSDUCTEURS ACOUSTIQUES MEMS

(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

(74) Vertreter: **Canzler & Bergmeier Patentanwälte**
Partnerschaft mbB
Despag-Straße 6
85055 Ingolstadt (DE)

(30) Priorität: **13.05.2015 DE 102015107560**

(56) Entgegenhaltungen:

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.03.2018 Patentblatt 2018/12

EP-A1- 2 073 569	EP-A1- 2 544 461
EP-A2- 2 393 307	DE-A1-102011 086 722
DE-A1-102013 214 823	DE-A1-102014 100 238
DE-A1-102014 105 754	DE-A1-102014 203 881
DE-A1-102014 211 190	DE-A1-102014 214 153
US-A- 3 953 675	US-A1- 2003 000 768
US-A1- 2003 024 764	US-A1- 2005 018 864
US-A1- 2007 047 746	US-A1- 2010 206 658
US-A1- 2012 063 627	US-A1- 2012 087 521
US-A1- 2013 075 836	US-A1- 2013 193 533

(73) Patentinhaber: **Usound GmbH**
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
• **RUSCONI CLERICI BELTRAMI, Andrea**
1130 Wien (AT)
• **BOTTONI, Ferruccio**
8020 Graz (AT)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 295 683 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schallwandleranordnung mit einem ersten und einem zweiten MEMS-Schallwandler zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenspektrum, die jeweils eine Kavität umfassen, und mit einem mit dem ersten MEMS-Schallwandler elektrisch verbundenen ASIC. Derartige Schallwandleranordnungen können sehr klein dimensioniert sein und werden deshalb zum Beispiel in Hörgeräten, In-Ohr-Kopfhörern, Mobiltelefonen, Tablet-Computern und anderen elektronischen Geräten, die nur wenig Bauraum bieten, als Lautsprecher und/oder Mikrofon verbaut.

[0002] Die Bezeichnung MEMS steht für mikroelektromechanische Systeme. Ein MEMS-Schallwandler zur Schallerzeugung bzw. ein MEMS-Lautsprecher ist beispielsweise aus der DE 10 2012 220 819 A1 bekannt. Die Schallerzeugung erfolgt über eine schwingbar geladene Membran des MEMS-Lautsprechers. Derartige Schallwandleranordnungen sind gemäß den akustischen und sonstigen Anforderungen des jeweiligen Anwendungsbereichs spezifisch aufgebaut und bestehen aus einer Vielzahl unterschiedlicher Elemente. Ein wesentlicher Nachteil solcher Schallwandleranordnungen besteht darin, dass deren Herstellung entsprechend komplex, zeit- und kostenaufwendig ist.

[0003] Aus der US 2012/0087521 A1 und DE 10 2011 086 722 A1 ist jeweils eine Schallwandleranordnung bekannt, die ein Substrat aufweist, in das ein ASIC eingebettet ist.

[0004] Aus der EP 2 393 307 A2 ist eine Schallwandleranordnung bekannt, die ein erstes Substrat mit einem Schaltelement und ein zweites Substrat mit einem Mikrofonchip umfasst. Die beiden Substrate sind elektrisch leitend miteinander verbunden.

[0005] Aus der DE 10 2014 214 153 A1 ist ein oberflächenmontierbares Mikrofonpackage bekannt, das ein erstes Mikrofon und ein zweites Mikrofon umfasst. Des Weiteren umfasst das oberflächenmontierbare Mikrofonpackage eine erste Öffnung für das erste Mikrofon und eine zweite Öffnung für das zweite Mikrofon. Die erste Öffnung und die zweite Öffnung sind auf gegenüberliegenden Seiten des oberflächenmontierbaren Mikrofonpackages angeordnet.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Schallwandleranordnung zu schaffen, die einfach aufgebaut und herstellbar ist.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Schallwandleranordnung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1.

[0008] Vorgeschlagen wird eine Schallwandleranordnung mit einem ersten MEMS-Schallwandler, der eine erste Kavität umfasst, und mit einem mit dem ersten MEMS-Schallwandler elektrisch verbundenen ASIC. Der MEMS-Schallwandler ist ein mikroelektromechanisches System zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenspektrum. Vorzugswei-

se ist der MEMS-Schallwandler elektromechanisch, elektrostatisch und/oder piezoelektrisch angetrieben. Der ASIC ist ein elektronischer anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (englisch: application specific integrated circuit), der geeignet ist, den MEMS-Schallwandler zu betreiben. Unter der Begrifflichkeit "Kavität" ist ein Hohlraum zu verstehen, mittels dem der Schalldruck des MEMS-Schallwandlers verstärkt werden kann. Der ASIC ist in ein erstes Substrat eingebettet, während der erste MEMS-Schallwandler an einem zweiten Substrat angeordnet ist. Das erste Substrat mit dem integrierten ASIC und das zweite Substrat mit dem zumindest teilweise integrierten MEMS-Schallwandler stellen somit zwei separate, d.h. getrennt voneinander hergestellte, Bauteile dar. Das erste und das zweite Substrat sind miteinander verbunden. Sie weisen somit einen gemeinsamen Verbindungsbereich auf, in dem sie unmittelbar aneinander anliegen. Die Verbindung zwischen den beiden Substraten ist vorzugsweise über Stoffschluss hergestellt, wobei diese vorzugsweise miteinander verklebt sind. Zusätzlich oder alternativ kann die Verbindung aber auch mittels Formschluss und/oder Kraftschluss hergestellt sein. Die beiden Substrate sind derart miteinander verbunden, dass der ASIC und der erste MEMS-Schallwandler elektrisch leitend miteinander gekoppelt bzw. verbunden sind.

[0009] Bei der Herstellung von Schallwandleranordnungen tritt zwangsläufig ein gewisser Ausschuss auf. Mit der erfindungsgemäßen Schallwandleranordnung können die durch den Ausschuss entstehenden Zusatzkosten reduziert werden, indem die Substrate zunächst separat voneinander hergestellt werden. Danach wird die Funktionstüchtigkeit ihrer jeweiligen zumindest einen elektronischen Komponenten, d.h. des ASIC bzw. des MEMS-Schallwandlers, überprüft. Erst nach positiver Überprüfung ihrer Funktionsfähigkeit - d.h. wenn sichergestellt ist, dass der ASIC und/oder der MEMS-Schallwandler während des jeweiligen Integrations- bzw. Einbettungsprozesses keinen Schaden genommen haben - werden diese miteinander verbunden, insbesondere verklebt. Hierdurch kann gewährleistet werden, dass jeweils nur zwei funktionsfähige Substrate miteinander zu einer Schallwandleranordnung verbunden werden.

[0010] Die vorgeschlagene Schallwandleranordnung bietet viele Vorteile. Wenn der ASIC vollständig in das erste Substrat integriert ist und die erste Kavität zumindest teilweise im zweiten Substrat ausgebildet ist, kann die Schallwandleranordnung sehr bauraumsparend ausgebildet werden. Vorteilhaft ist es, wenn die erste Kavität zusätzlich im ersten Substrat ausgebildet ist.

[0011] Dank des modularen Aufbaus mit zumindest zwei separaten Substraten, von denen das erste Substrat den ASIC enthält und das zweite Substrat den MEMS-Schallwandler trägt, ist die Schallwandleranordnung wesentlich effizienter herstellbar.

[0012] Die einzelnen Module, welche entweder ein erstes Substrat und einen ASIC umfassen (nachfolgen kurz ASIC-Modul genannt) oder ein zweites Substrat und

einen MEMS-Schallwandler umfassen (nachfolgen kurz MEMS-Modul genannt), können unabhängig voneinander in jeweiligen Teilprozessen produziert, getestet und gegebenenfalls zwischengelagert werden. Dabei ist jeder dieser Teilprozesse spezifisch optimierbar. Auch das Design des ASIC-Moduls sowie des MEMS-Moduls ist spezifisch optimierbar.

[0013] Das Verbinden eines ASIC-Moduls und eines MEMS-Moduls kann in einer späten Phase des Herstellungsprozesses stattfinden. Dieses Verbinden kann insbesondere durch Löten, leitenden Klebstoff und/oder auf eine andere geeignete Weise erfolgen, so dass das erste und das zweite Substrat zumindest elektrisch und bevorzugt auch formschlüssig, kraftschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

[0014] Durch die Möglichkeit des separaten Produzierens der jeweiligen Module können die ASIC-Module und/oder die MEMS-Module auch in verschiedenen Varianten gefertigt und dann zu unterschiedlichen Schallwandleranordnungen kombiniert werden, indem zum Beispiel verschiedene MEMS-Modul-Varianten mit einer ASIC-Modul-Variante oder eine MEMS-Modul-Variante mit verschiedenen ASIC-Modul-Varianten kombiniert werden. Dies ermöglicht die flexible Gestaltung einer umfangreichen Produktfamilie unterschiedlicher Schallwandleranordnungen bei gleichzeitiger Ausnutzung von Skaleneffekten.

[0015] Durch die Möglichkeit des separaten Testens können einzelne fehlerhafte Module gezielt und frühzeitig erkannt und aussortiert werden, so dass einerseits nur zwei einwandfreie Module zu einer Schallwandleranordnung zusammenmontiert werden, und andererseits nur einzelne defekte Module entsorgt werden müssen. Dies reduziert die Ausschussmenge, spart wertvolle Ressourcen, schont die Umwelt und senkt die Kosten. Vorzugsweise ist zudem die Verbindung zwischen den beiden Modulen bzw. zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat lösbar ausgebildet, so dass auch später im Reparaturfall lediglich das defekte der beiden Module durch ein neues Modul ersetzt werden muss.

[0016] Die erste Kavität ist zumindest teilweise in dem zweiten Substrat ausgebildet. Hierdurch kann ein besonders großes Volumen der Kavität erzielt werden. Vorteilhaft ist es, wenn die erste Kavität zusätzlich im ersten Substrat ausgebildet ist.

[0017] An einem dritten Substrat ist ein zweiter MEMS-Schallwandler angeordnet. Dabei sind das erste Substrat und das dritte Substrat elektrisch miteinander verbunden. Demnach umfasst eine solche Schallwandleranordnung das erste Substrat mit dem ASIC, das zweite Substrat mit dem ersten MEMS-Schallwandler und das dritte Substrat mit dem zweiten MEMS-Schallwandler. Das erste Substrat ist zwischen dem zweiten Substrat und dem dritten Substrat angeordnet. Auch der zweite MEMS-Schallwandler umfasst eine Kavität, wobei diese zweite Kavität zumindest teilweise im dritten Substrat und vorteilhafterweise zusätzlich im ersten Substrat ausgebildet ist.

[0018] Der modulare Aufbau der Schallwandleranordnung ermöglicht also vorteilhafterweise das Verbinden des ASIC-Moduls mit einem weiteren MEMS-Modul, welches ein drittes Substrat und einen zweiten MEMS-Schallwandler umfasst. Auch dieses Verbinden kann insbesondere durch Löten, leitenden Klebstoff und/oder auf eine andere geeignete Weise erfolgen, so dass das erste und das zweite Substrat zumindest elektrisch und bevorzugt auch formschlüssig, kraftschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

[0019] Es versteht sich, dass die oben bezüglich des ASIC-Moduls und des MEMS-Moduls bereits genannten Merkmale und Vorteile im Wesentlichen ebenso bezüglich des weiteren MEMS-Moduls gelten.

[0020] Bei einer Schallwandleranordnung mit zwei MEMS-Modulen können die beiden MEMS-Module im Wesentlichen mit den gleichen oder unterschiedlichen charakteristischen Eigenschaften ausgebildet sein. In beiden Fällen weist die mit zwei MEMS-Modulen ausgestattete Schallwandleranordnung in der Regel eine bessere Leistungsfähigkeit auf, insbesondere in Form einer größeren Bandbreite und/oder eines größeren Schalldrucks, als wenn sie mit nur einem einzigen MEMS-Modul ausgestattet wäre.

[0021] Die beiden Kavitäten der MEMS-Schallwandler sind durch eine Zwischenwand des ersten Substrats voneinander getrennt, wobei die beiden Kavitäten sich somit gegenseitig nicht beeinflussen. Vorzugsweise weist die Zwischenwand zumindest eine sich von der ersten Kavität zur zweiten Kavität erstreckende Verbindungsöffnung auf, so dass eine Strömungsverbindung zwischen den beiden Kavitäten besteht und das Volumen der einen Kavität durch das Volumen der jeweils anderen Kavität vergrößert wird. Somit kann die Schallwandleranordnung sehr bauraumsparend mit einem dennoch relativ großen akustisch wirksamen Kavitätsvolumen ausgebildet werden.

[0022] Vorteilhaft ist es, wenn die Zwischenwand zumindest ein Versteifungselement, insbesondere in Form einer Rippe, aufweist, wodurch eine Stabilisierung der Zwischenwand erreicht und eine Verformung und/oder ein Mitschwingen der Zwischenwand somit verhindert, zumindest aber wesentlich reduziert werden kann.

[0023] Vorzugsweise weisen die beiden Kavitäten unterschiedlich große Volumen auf. Somit kann das Kavitätsvolumen eine charakteristische Eigenschaft sein, in der sich die MEMS-Module unterscheiden.

[0024] Die Substrate, nämlich das erste, zweite und dritte Substrat, sind jeweils als Leiterplatte bzw. PCB (printed circuit board) ausgebildet und/oder in PCB-Technologie hergestellt.

[0025] Das erste, zweite und dritte Substrat sind jeweils ein PCB-Substrat, das heißt eine Leiterplatte, die aus einer oder vorzugsweise mehreren Schichten aufgebaut ist, wobei die mehreren Schichten sandwichartig übereinander angeordnet und/oder miteinander, vorzugsweise stoffschlüssig, verbundenen sind. Insbesondere das erste Substrat kann zur integrativen Aufnahme

des ASIC eine Aussparung aufweisen, die zum Beispiel als ein Leiterplattenhohlraum mit einem ausreichend großen Volumen ausgebildet ist, dass der ASIC darin angeordnet bzw. eingebettet werden kann. Zusätzlich zu dem ASIC können auch weitere Komponenten, insbesondere passive Komponenten wie elektrische Widerstände und/oder E/A-Kontakte, in dem ersten Substrat eingebettet und/oder daran angeordnet sein. Bevorzugt bestehen das Gehäuseteil und/oder das Schallelement aus einem im Vergleich zum Substrat anderen Material, insbesondere einem Kunststoff und/oder Metall.

[0026] Vorteilhaft ist es, wenn die Substrate getrennt voneinander hergestellt sind. Hierbei wird der ASIC bei der Herstellung des ersten Substrates in dieses eingebettet bzw. eingekapselt. Der ASIC und/oder zusätzliche aktive und/oder passive elektronische Komponenten sind hierdurch in dem ersten Substrat vollständig integriert. Ferner ist es vorteilhaft, wenn das zweite Substrat zusammen mit dem MEMS-Schallwandler separat hergestellt ist. Hierbei kann der MEMS-Schallwandler beispielsweise auf einer Seite des zweiten Substrats, insbesondere stoffschlüssig, befestigt sein. Zusätzlich oder alternativ kann der MEMS-Schallwandler aber auch formschlüssig mit dem zweiten Substrat verbunden sein. Hierfür ist beispielsweise ein Rahmen des MEMS-Schallwandlers formschlüssig vom zweiten Substrat umgriffen. Die Membran kann jedoch frei schwingen. Nachdem jedes Modul - d.h. insbesondere das den ASIC und das erste Substrat umfassende erste Modul und/oder das den MEMS-Schallwandler und das zweite Substrat umfassende zweite Modul - in einem separaten Herstellungsschritt gefertigt wurden, werden diese in einem nachfolgenden Herstellungsschritt miteinander verbunden, insbesondere verklebt. Vorteilhafterweise kann somit die Funktionsfähigkeit der Modul vor deren endgültiger Verbindung geprüft werden, so dass der Ausschuss und infolgedessen die Herstellungskosten reduziert werden können.

[0027] Weitere Vorteile der Erfindung sind in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigt:

FIG. 1 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes erstes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 2 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte erste Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 3 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte erste Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer anderen seitlichen Schnittansicht,

FIG. 4 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes zweites Ausführungsbeispiel

der Schallwandleranordnung mit einem Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 5 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte zweite Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuseteil in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 6 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte zweite Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer anderen seitlichen Schnittansicht,

FIG. 7 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes drittes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 8 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte dritte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung in einer perspektivischen Explosionsansicht,

FIG. 9 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte dritte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuse in einer perspektivischen Gesamtansicht,

FIG. 10 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes viertes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuse und mit porösem Material gefüllter Kavität in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 11 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes fünftes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuse und mit porösem Material gefüllter Kavität in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 12 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes sechstes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuse in einer schematisch dargestellten seitlichen Schnittansicht,

FIG. 13 ein siebtes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuse jedoch mit zwei MEMS-Schallwandlern in einer schematisch dargestellten seitlichen Schnittansicht,

FIG. 14 ein achttes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuse und zwei MEMS-Schallwandlern in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 15 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung

abgedecktes neuntes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 16 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte neunte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 17 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte neunte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer anderen seitlichen Schnittansicht,

FIG. 18 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes zehntes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit einem Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 19 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte zehnte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuseteil in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 20 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte zehnte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer anderen seitlichen Schnittansicht,

FIG. 21 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes elftes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 22 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte elfte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 23 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte elfte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer anderen seitlichen Schnittansicht,

FIG. 24 ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes zwölftes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit einem Gehäuseteil in einer perspektivischen Schnittansicht,

FIG. 25 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte zwölfte Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung mit Gehäuseteil in einer seitlichen Schnittansicht,

FIG. 26 das nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedeckte zwölfte Ausführungsbeispiel der

Schallwandleranordnung ohne Gehäuseteil in einer anderen seitlichen Schnittansicht.

[0028] Bei der nachfolgenden Figurenbeschreibung werden, um die Beziehungen zwischen den verschiedenen Elementen zu definieren, bezugnehmend auf die jeweils in den Figuren dargestellte Lage der Objekte relative Begriffe, wie beispielsweise oberhalb, unterhalb, oben, unten, darüber, darunter, links, rechts, vertikal und horizontal, verwendet. Es versteht sich von selbst, dass sich diese Begrifflichkeiten bei einer Abweichung von der in den Figuren dargestellten Lage der Vorrichtungen und/oder Elemente verändern können. Demnach würde beispielsweise bei einer in Bezug auf die Figuren dargestellten invertierten Orientierung der Vorrichtungen und/oder Elemente ein in der nachfolgenden Figurenbeschreibung als oberhalb spezifiziertes Merkmal nunmehr unterhalb angeordnet sein. Die verwendeten Relativbegriffe dienen somit lediglich zur einfacheren Beschreibung der relativen Beziehungen zwischen den einzelnen im nachfolgenden beschriebenen Vorrichtungen und/oder Elemente.

[0029] Die Figuren 1 bis 3 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes erstes Ausführungsbeispiel einer Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Die Schallwandleranordnung 1 umfasst im Wesentlichen ein als Leiterplatte ausgebildetes erstes Substrat 10 mit einem ASIC 11 sowie ein als Leiterplatte ausgebildetes zweites Substrat 20 mit einem MEMS-Schallwandler 21. Der MEMS-Schallwandler 21 ist mit in den Figuren nicht weiter im Detail dargestellten elektrischen Kontakten mit dem ASIC 11 verbunden. Der MEMS-Schallwandler 21 kann somit über den ASIC 11 angesteuert bzw. betrieben werden. Die Schallwandleranordnung 1 hat eine im Wesentlichen rechteckige Grundform. Eine rechteckige Grundform aufweisend ist die Schallwandleranordnung einfach und kostengünstig herstellbar und für zahlreiche Anwendungszwecke geeignet. Alternativ kann die Schallwandleranordnung aber grundsätzlich auch eine andere, insbesondere eine runde, Grundform aufweisen.

[0030] Der MEMS-Schallwandler 21 ist derart ausgebildet, dass dieser Schallwellen im hörbaren Wellenlängenspektrum erzeugen und/oder erfassen kann. Hierfür umfasst der MEMS-Schallwandler 21 neben einem MEMS-Aktuator 22 als weitere, insbesondere akustische, Komponenten eine Membran 23, eine Membranplatte 24 sowie einen Membranrahmen 25. Die Membran 23, welche zum Beispiel aus Kautschuk gefertigt ist, ist in ihrem Randbereich fest mit dem Membranrahmen 25 verbunden, während sie, insbesondere in ihrem mittleren Bereich, fest mit der Membranplatte 24 verbunden ist, wobei die Membranplatte 24 selbst nicht mit dem Membranrahmen 25 verbunden ist. Die Membran 23 überspannt somit den Membranrahmen 25 und wird insbesondere in ihrem mittleren Bereich durch die Membranplatte 24 versteift. Wenn der MEMS-Schallwandler 21 zum Beispiel als Lautsprecher fungieren soll, kann er

über den ASIC 11 derart angeregt werden, dass durch den MEMS-Aktuator 22 die Membran 23 zur Erzeugung von Schallenergie gegenüber dem Membranrahmen 25 in Schwingung versetzt wird.

[0031] Das zweite Substrat 20 trägt den MEMS-Aktuator 22 sowie den Membranrahmen 25 mit der daran befestigten Membran 23, wobei der MEMS-Aktuator 22 unterhalb der Membran 23 angeordnet ist, und wobei das zweite Substrat 20 unterhalb der Membran 23 und des MEMS-Aktuators 22 einen Hohlraum 29 aufweist. Der Hohlraum 29 ist seitlich durch Wände 27 des zweiten Substrats 20 umgeben bzw. begrenzt, während er nach oben durch die Membran 23 verschlossen ist. Nach unten ist der Hohlraum 29 durch das erste Substrat 10 verschlossen, mit dem das zweite Substrat 20 verbunden ist. Der Hohlraum 29 bildet somit die Kavität 41 des MEMS-Schallwandlers 21 aus, welche insbesondere dazu dient, den Schalldruck des MEMS-Schallwandlers 21 zu erhöhen.

[0032] Wie aus den Figuren 1 bis 3 zu erkennen ist, weist der Membranrahmen 25 im Wesentlichen den gleichen Außendurchmesser auf wie das zweite Substrat 20, während der MEMS-Aktuator 22 einen kleineren Außendurchmesser als das Substrat 20 besitzt. Wie aus den Figuren 1 und 2 im Vergleich zur Figur 3 zu erkennen ist, sind die sich im Wesentlichen gegenüberstehenden Wandabschnitte 27a des zweiten Substrats 20 dicker ausgebildet als die Wandabschnitte 27b des zweiten Substrats 20, wobei die dickeren Wandabschnitte 27a gegenüber den Wandabschnitten 27b in den Hohlraum 29 vorspringen. Nur auf den von den Wandabschnitten 27a gebildeten Vorsprüngen 28 liegt der MEMS-Aktuator 22 auf, während der Membranrahmen 25 sowohl auf den Wandabschnitten 27a als auch 27b, insbesondere vollumfänglich, aufliegt. Somit ist der MEMS-Aktuator 22 seitlich von dem Membranrahmen 25 umgeben.

[0033] Der MEMS-Schallwandler 21 und insbesondere der MEMS-Aktuator 22 und/oder der Membranrahmen 25 kann mit dem zweiten Substrat 20 verklebt sein. Ferner kann das zweite Substrat 20 mit dem ersten Substrat 10 verklebt sein.

[0034] Um beim Schwingen der Membran 23 einen Druckausgleich zwischen der Kavität 41 und der Umgebung gewährleisten zu können, weist die Schallwandleranordnung 1 zumindest einen Druckausgleichskanal 70 auf, der in diesem Ausführungsbeispiel eine Ausgleichsöffnung 26 umfasst, die vorzugsweise nicht an einem der dicken Wandabschnitte 27, sondern an einem der dünnen Wandabschnitte 27 des zweiten Substrats 20 angeordnet ist. Zum Druckausgleich kann somit beim Senken der Membran 23 Luft aus der durch den Hohlraum 29 gebildeten Kavität 41 durch den Druckausgleichskanal 70 ausströmen. In analoger Art und Weise kann aber auch beim Heben der Membran 23 Luft über den Druckausgleichskanal 70 in die Kavität 41 einströmen.

[0035] Das erste Substrat 10 weist einen Hohlraum 13a auf, der im Wesentlichen vollständig geschlossen

ist. In dem Hohlraum 13a ist der ASIC 11 angeordnet. Der ASIC 11 ist somit vollständig in dem ersten Substrat 10 eingebettet. Zusätzlich zum ASIC 11 weist die Schallwandleranordnung 1 elektrische, insbesondere passive, Zusatzkomponenten 12a, 12b, wie zum Beispiel elektrische Widerstände und/oder E/A-Kontakte, auf. Diese Zusatzkomponenten 12a, 12b sind ebenfalls in das erste Substrat 10 eingebettet, wobei sie in dem weiteren Hohlraum 13b des Substrats 10, welcher ebenfalls im Wesentlichen vollständig verschlossen ist, angeordnet sind. Alternativ könnten die elektronischen Zusatzkomponenten 12a, 12b aber auch zusammen mit dem ASIC 11 in dem Hohlraum 13a angeordnet sein.

[0036] In den Figuren 4 bis 26 sind weitere Ausführungsformen der Schallwandleranordnung 1 gezeigt, wobei jeweils im Wesentlichen auf die Unterschiede in Bezug auf die bereits beschriebene erste Ausführungsform eingegangen wird. So werden bei der nachfolgenden Beschreibung der weiteren Ausführungsformen für gleiche Merkmale gleiche Bezugszeichen verwendet. Sofern diese nicht nochmals detailliert erläutert werden, entspricht deren Ausgestaltung und Wirkweise den vorstehend bereits beschriebenen Merkmalen. Die nachfolgend beschriebenen Unterschiede können mit den Merkmalen der jeweils vorstehenden und nachfolgenden Ausführungsbeispiele kombiniert werden.

[0037] Die Figuren 4 bis 6 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes zweites Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist bei dem zweiten Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 zusätzlich ein Gehäuseteil 50 vorgesehen. Dieses Gehäuseteil 50 bietet insbesondere einen Schutz für den MEMS-Schallwandler 21. Das Gehäuseteil 50 weist einen Hohlraum 53 auf, in dem das zweite Substrat 20 und der MEMS-Schallwandler 21 im Wesentlichen vollständig aufgenommen sind, und der nach unten von dem ersten Substrat 10 verschlossen ist, mit dem das Gehäuseteil 50 verbunden ist.

[0038] Das Gehäuseteil 50 weist zudem eine akustische Ein-/Austrittsöffnung 51 auf, welche seitlich an der Außenfläche 55 des Gehäuseteils und damit auch der Schallwandleranordnung angeordnet ist. Außerdem ist das Gehäuseteil 50 mit dem ersten Substrat 10 derart verbunden und insbesondere auch derart dimensioniert, dass zwischen dem Gehäuseteil 50 und dem zweiten Substrat 20 mit dem MEMS-Schallwandler 21 zumindest ein erster Abschnitt 62 eines Schalleitkanals 61 ausgebildet ist. Ein zweiter Abschnitt 63 des Schalleitkanals 61 ist im Gehäuseteil 50 selbst ausgebildet. Hierzu weist das Gehäuseteil 50 im Bereich der akustischen Ein-/Austrittsöffnung 51 eine rohrartige Auskrugung 52 auf. Hierdurch sind zur Ausbildung des Schalleitkanals 61 keine zusätzlichen Komponenten notwendig. Mit anderen Worten ausgedrückt wird der Schalleitkanal 61 zumindest teilweise dadurch gebildet, dass der Hohlraum 53 des Gehäuseteils 50 nicht vollständig von dem zweiten Substrat 20 und dem MEMS-Schallwandler 21 ausgefüllt

wird.

[0039] Mittels des Schalleitkanals 61 kann Schall von dem MEMS-Schallwandler 21 zur akustischen Ein-/Austrittsöffnung 51 und/oder umgekehrt gelenkt und/oder verstärkt werden. Dank des Schalleitkanals 61 kann die akustische Ein-/Austrittsöffnung 51 dabei im Wesentlichen beliebig an der Außenfläche 55 oder einer anderen Außenfläche der Schallwandleranordnung 1, insbesondere zu einer einbauorientierten Oberseite und/oder zu einer Seitenfläche, positioniert sein.

[0040] Das Gehäuseteil 50 weist ferner eine akustische Ausgleichsöffnung 56 auf, welche seitlich an der Außenfläche 58 des Gehäuseteils 50 angeordnet ist. Die Ausgleichsöffnung 56 korrespondiert dabei mit der Ausgleichsöffnung 26 und gehört wie diese zum Druckausgleichskanal 70 der Schallwandleranordnung 1. Die Ausgleichsöffnung 56 besitzt in diesem Beispiel einen größeren Durchmesser als die Ausgleichsöffnung 26. Damit durch den Druckausgleichskanal 70 kein Schmutz und/oder keine Flüssigkeit in die Kavität 41 gelangen können, ist die Ausgleichsöffnung 56 in diesem Beispiel mit einem elastischen Verschlusselement 57 abgedeckt. Die Druckausgleichsfunktionalität ist dennoch gewährleistet, da sich das elastische Verschlusselement 57 gemäß dem in der Kavität 41 herrschenden Druck verformen kann.

[0041] Die Figuren 7 bis 9 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes drittes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Als wesentlicher Unterschied gegenüber dem ersten und zweiten Ausführungsbeispiel ist bei dem dritten Ausführungsbeispiel die Kavität 41 jeweils zum Teil durch einen Hohlraum des ersten und des zweiten Substrats 10, 20 ausgebildet.

[0042] Wie insbesondere aus den Figuren 7 und 8 zu erkennen ist, weist der Membranrahmen 25 im Wesentlichen den gleichen Außendurchmesser auf wie der MEMS-Aktuator 22, wobei diese Außendurchmesser kleiner sind als der Außendurchmesser des zweiten Substrats 20. Allerdings weisen die Wände 27 des zweiten Substrats 20, welche den Hohlraum 29 des zweiten Substrats seitlich begrenzen, an ihrem oberen Bereich jeweils in den Hohlraum 29 vorspringende Wandabschnitte 27b auf, die eine vorzugsweise vollumfängliche Auflage 28 für den MEMS-Aktuator 22 bereitstellen, wobei auf dem äußeren Randbereich des MEMS-Aktuators 22 ferner der Membranrahmen 25 aufliegt. Somit trägt auch in diesem Beispiel das zweite Substrat 20 den MEMS-Aktuator 22 sowie den Membranrahmen 25 mit der daran befestigten Membran 23, wobei der MEMS-Aktuator 22 unterhalb der Membran 23 angeordnet ist und wobei das zweite Substrat 20 unterhalb der Membran 23 und des MEMS-Aktuators 22 den Hohlraum 29 aufweist, der nach oben durch die Membran 23 verschlossen ist.

[0043] Nach unten ist der Hohlraum 29 des zweiten Substrats 20 offen und grenzt an den nach oben offenen Hohlraum 15 des ersten Substrats 10. Der Hohlraum 15

ist seitlich durch Wände 16 des ersten Substrats begrenzt und nach unten durch das erste Substrat 10 verschlossen. Die Hohlräume 15 und 29 weisen den gleichen Durchmesser auf und die unteren freien Enden der Wände 27 korrespondieren mit den oberen freien Enden der Wände 16. Im montierten Zustand der Schallwandleranordnung 1 sind die Wände 16 des ersten Substrats 10 mit den Wänden 27 des zweiten Substrats 20 verbunden und insbesondere verklebt, wobei der Hohlraum 15 des ersten Substrats und der Hohlraum 29 des zweiten Substrats übereinander angeordnet sind und dann gemeinsam die Kavität 41 für den MEMS-Schallwandler 21 bilden.

[0044] Ein Druckausgleichskanal 70 ist für dieses Beispiel in den Figuren nicht dargestellt, kann aber vorzugsweise vorgesehen sein.

[0045] Das Gehäuseteil 50 ist in diesem Beispiel sehr sparsam ausgebildet und weist neben der Außenfläche 55, an welcher die akustische Ein-/Austrittsöffnung 51 mit der rohrartigen Auskrugung 52 angeordnet ist, im Wesentlichen nur mehr die eine weitere Außenfläche 54 auf, welche insbesondere einen Schutz für den MEMS-Schallwandler 21 bietet.

[0046] Das Gehäuseteil 50 ist mit dem ersten Substrat 10 und dem zweiten Substrat 20 dennoch derart verbunden, dass zwischen dem Gehäuseteil 50 und dem zweiten Substrat 20 mit dem MEMS-Schallwandler 21 sowie dem ersten Substrat 10 zumindest ein erster Abschnitt 62 eines Schalleitkanals 61 ausgebildet ist. Der zweite Abschnitt 63 des Schalleitkanals 61 ist auch in diesem Beispiel im Gehäuseteil 50 selbst und insbesondere durch die rohrartige Auskrugung 52 ausgebildet.

[0047] Zur weiteren Verbesserung der Schallleitung, sowie insbesondere zur Bündelung des Schalls, ist in diesem Beispiel das Schalleitelement 64 mit einer konkaven Schalleitkante 65 vorgesehen, welches zwischen dem Gehäuseteil 50 und dem ersten und zweiten Substrat innerhalb des Schalleitkanals 61 angeordnet ist. Genauer gesagt ist das Schalleitelement 64 im Übergangsbereich zwischen dem ersten und zweiten Abschnitt 62, 63 des Schalleitkanals 61 angeordnet. Das Schalleitelement ist hier als einzelne Komponente ausgebildet. Alternativ kann es aber auch am Gehäuseteil 50 und/oder an einem Substrat angeformt sein.

[0048] Das Schalleitelement 64 ist insbesondere in den Figuren 8 und 9 gut zu erkennen. Die Figur 8 zeigt die Schallwandleranordnung 1 des dritten Ausführungsbeispiels in einer Explosionsansicht. Dadurch sind neben dem Schalleitelement 64 mit der konkaven Schalleitkante 65 auch die anderen Komponenten der Schallwandleranordnung 1 wie zum Beispiel der ASIC 11, die Substrate 10 und 20 sowie vor allem der MEMS-Aktuator 22, die Membran 23 an dem Membranrahmen 25 und die Membranplatte 24 sehr gut erkennbar. In der Figur 9 ist das Gehäuseteil 50 halbtransparent dargestellt, so dass die geschützt dahinter befindlichen Komponenten der Schallwandleranordnung 1 noch gut erkennbar sind.

[0049] Die Figur 10 zeigt ein nicht durch die bean-

spruchte Erfindung abgedecktes viertes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1. Im Unterschied zu dem dritten Ausführungsbeispiel ist bei dem vierten Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 die Kavität 41 mit einem porösem Material 5 zumindest annähernd vollständig ausgefüllt.

[0050] Die Figur 11 zeigt ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes fünftes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1. Im Unterschied zu dem zweiten Ausführungsbeispiel ist bei dem fünften Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 die Kavität 41 mit einem porösem Material 5 zumindest annähernd vollständig ausgefüllt.

[0051] Das Füllen der Kavität 41 des MEMS-Schallwandlers 21 bewirkt eine effektive Vergrößerung der Oberfläche innerhalb der Kavität und eine virtuelle Vergrößerung des Kavitätsvolumens, wodurch ein größerer Schalldruck und eine bessere Tieftonwiedergabe erreichbar sind.

[0052] Die Figur 12 zeigt ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes sechstes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1. Hierbei handelt es sich um eine rein schematische Darstellung der Schallwandleranordnung 1, welche ein erstes Substrat 10 mit einem ASIC 11 und ein zweites Substrat 20 mit einem MEMS-Schallwandler 21 umfasst, jedoch kein Gehäuse aufweist. Von dem MEMS-Schallwandler 21 ist hier nur der MEMS-Aktuator 22 gezeigt.

[0053] Sowohl das erste Substrat 10 als auch das zweite Substrat 20 weisen Leiterbahnen 7 zur elektrischen Verbindung der einzelnen Komponenten, wie insbesondere ASIC 11 und MEMS-Aktuator 21, auf. Die Leiterbahnen 7 des ersten Substrats 10 sind mit den Leiterbahnen 7 des zweiten Substrats 20 mittels Lötverbindungen 8 oder elektrisch leitfähigem Klebstoff 8 verbunden. Zusätzlich zu diesen elektrisch leitenden Verbindungen 8 können die beiden Substrate 10, 20 noch auf andere Weise formschlüssig, kraftschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sein.

[0054] Das zweite Substrat 20 weist einen Hohlraum 29 auf, der seitlich durch Wände 27 des zweiten Substrats 20 umgeben bzw. begrenzt und nach unten durch das erste Substrat 10 verschlossen ist. Die Wände 27 weisen in den Hohlraum 29 vorspringende Wandabschnitte 27a auf, die eine Auflage 28 für den MEMS-Aktuator 22, welcher einen kleineren Außendurchmesser als das zweite Substrat 20 besitzt, bereitstellen. Durch die zu dem MEMS-Aktuator 22 gehörenden, jedoch hier nicht gezeigten, weiteren akustischen Komponenten des MEMS-Schallwandlers ist der Hohlraum 29 nach oben verschlossen. Der Hohlraum 29 bildet somit die Kavität 41 des MEMS-Schallwandlers aus.

[0055] Die Figur 13 zeigt ein siebtes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1. Hierbei handelt es sich wiederum um eine rein schematische Darstellung der Schallwandleranordnung 1. Im Unterschied zu der sechsten Ausführungsform umfasst die Schallwandleranordnung 1 dieses siebten Ausführungsbeispiels zusätz-

lich ein drittes Substrat 30 mit einem zweiten MEMS-Schallwandler, von dem hier nur der MEMS-Aktuator 32 gezeigt ist.

[0056] Das erste Substrat 10 ist dabei zwischen dem zweiten Substrat 20 und dem dritten Substrat 30 angeordnet. Das dritte Substrat 30 mit dem zweiten MEMS-Aktuator 32 ist im Wesentlichen wie das zweite Substrat 20 mit dem ersten MEMS-Aktuator 22 aufgebaut, jedoch ist das dritte Substrat 30 im Vergleich zum zweiten Substrat 20 um 180° gewendet angeordnet.

[0057] Es weist also auch das dritte Substrat 30 Leiterbahnen 7 zur elektrischen Verbindung der einzelnen Komponenten auf. Die Leiterbahnen 7 des dritten Substrats 30 sind ebenfalls mit den Leiterbahnen 7 des ersten Substrats 10 mittels Lötverbindungen 8 oder elektrisch leitfähigem Klebstoff 8 verbunden. Zusätzlich zu diesen elektrisch leitenden Verbindungen 8, können auch die beiden Substrate 10, 30 noch auf andere Weise formschlüssig, kraftschlüssig und/oder stoffschlüssig miteinander verbunden sein.

[0058] Das dritte Substrat 30 weist einen Hohlraum 39 auf, der seitlich durch die Wände 37 des dritten Substrats 30 umgeben bzw. begrenzt und nach oben durch das erste Substrat 10 verschlossen ist. Durch die zu dem zweiten MEMS-Aktuator 32 gehörenden, jedoch hier nicht gezeigten, weiteren akustischen Komponenten des zweiten MEMS-Schallwandlers 31 ist der Hohlraum 39 nach unten verschlossen. Der Hohlraum 39 bildet somit die zweite Kavität 42 des zweiten MEMS-Schallwandlers aus.

[0059] Bei diesem siebten Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 sind die erste und die zweite Kavität 41, 42 zwar separat, jedoch im Wesentlichen mit den gleichen charakteristischen Eigenschaften wie beispielsweise Abmaße und Volumen ausgebildet. Dabei sind die beiden Kavitäten 41, 42 durch eine Zwischenwand 17 voneinander getrennt, die durch das erste Substrat 10 bereitgestellt wird, so dass die beiden Kavitäten 41, 42 sich gegenseitig nicht beeinflussen. Optional kann die Zwischenwand aber auch zumindest eine sich von der ersten Kavität 41 zur zweiten Kavität 42 erstreckende Verbindungsöffnung aufweisen, welche hier jedoch nicht gezeigt ist. Diese Verbindungsöffnung ermöglicht dann eine Strömungsverbindung zwischen den beiden Kavitäten, so dass das Volumen der einen Kavität durch das Volumen der jeweils anderen Kavität vergrößert wird.

[0060] Die Figur 14 zeigt ein achttes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1. Im Unterschied zu dem dritten Ausführungsbeispiel umfasst die Schallwandleranordnung 1 dieses achten Ausführungsbeispiels zusätzlich ein drittes Substrat 30 mit einem zweiten MEMS-Schallwandler 31.

[0061] Das erste Substrat 10 ist dabei zwischen dem zweiten Substrat 20 und dem dritten Substrat 30 angeordnet. Das dritte Substrat 30 mit dem zweiten MEMS-Schallwandler 31 ist im Wesentlichen wie das zweite Substrat 20 mit dem ersten MEMS-Schallwandler 21 aufgebaut, jedoch ist das dritte Substrat 30 im Vergleich

zum zweiten Substrat 20 um 180° gewendet angeordnet. Analog zu dem Hohlraum 15 an seiner Oberseite weist das erste Substrat 10 an seiner Unterseite einen Hohlraum 18 auf, der seitlich durch Wände 19 des ersten Substrats begrenzt und nach oben durch das erste Substrat 10 verschlossen ist. Nach unten ist der Hohlraum 18 offen und grenzt an den nach oben offenen Hohlraum 39 des dritten Substrats 30. Der Hohlraum 39 ist seitlich durch die Wände 37 des dritten Substrats 30 umgeben bzw. begrenzt und nach unten durch die Membran 33 des zweiten MEMS-Schallwandlers 31 verschlossen. Die Hohlräume 18 und 39 weisen den gleichen Durchmesser auf und die unteren freien Enden der Wände 19 korrespondieren mit den oberen freien Enden der Wände 37. Im montierten Zustand der Schallwandleranordnung 1 sind die Wände 19 des ersten Substrats 10 mit den Wänden 37 des dritten Substrats 30 verbunden und insbesondere verklebt, wobei der Hohlraum 18 des ersten Substrats und der Hohlraum 39 des dritten Substrats übereinander angeordnet sind und dann gemeinsam die Kavität 42 für den MEMS-Schallwandler 31 bilden.

[0062] Im Unterschied zu dem siebten Ausführungsbeispiel weisen die erste und die zweite Kavität 41, 42 bei diesem achten Ausführungsbeispiel unterschiedliche charakteristische Eigenschaften und insbesondere unterschiedliche Abmaße sowie unterschiedliche Kavitätsvolumen auf. Dies ist im Wesentlichen allein dadurch bedingt, dass die Wände 16 an der Oberseite des ersten Substrats 10 höher ausgebildet sind als die Wände 19 an der Unterseite des ersten Substrats 10.

[0063] Der erste und der zweite MEMS-Schallwandler 21, 31 werden bereits aufgrund der unterschiedlich ausgebildeten Kavitäten 41, 42, auch bei ansonsten gleichen Bedingungen, ein unterschiedliches Klangverhalten erkennen lassen. Alternativ oder ergänzend lässt sich das Klangverhalten der beiden MEMS-Schallwandler zum Beispiel auch durch spezifische Ausgestaltung der Membranen 23, 33 und/oder der MEMS-Aktuatoren 22, 32 gezielt beeinflussen. Somit kann zum Beispiel einer der MEMS-Schallwandler als Tieftöner und der andere MEMS-Schallwandler als Hochtöner fungieren, so dass eine derart ausgestattete Schallwandleranordnung Schall in einer größeren Bandweite erzeugen kann als etwa eine Schallwandleranordnung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

[0064] Die durch das erste Substrat 10 bereitgestellte Zwischenwand 17, welche die beiden Kavitäten 41, 42 voneinander trennt, weist vier Versteifungselemente 14 auf, die als Rippen ausgebildet sind und der Stabilisierung der Zwischenwand 17 dienen. Eine Verformung und/oder ein Mitschwingen der Zwischenwand 17, insbesondere während des Betriebs der Schallwandleranordnung 1, kann dadurch wesentlich reduziert oder sogar verhindert werden. Die Zwischenwand 17 weist gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel zumindest eine Verbindungsöffnung 90 auf. Die Verbindungsöffnung 90 verbindet die beiden Kavitäten 41, 42 miteinander.

[0065] Das Gehäuseteil 50 ist in diesem Beispiel ähn-

lich wie in dem dritten Ausführungsbeispiel sehr sparsam ausgebildet und weist neben der Außenfläche 55, an welcher die akustische Ein-/Austrittsöffnung 51 mit der rohrartigen Auskrugung 52 angeordnet ist, im Wesentlichen nur mehr die weiteren Außenflächen 54a und 54b auf, welche insbesondere einen Schutz für den ersten MEMS-Schallwandler 21 und den zweiten MEMS-Schallwandler 31 bieten.

[0066] Das Gehäuseteil 50 ist mit dem ersten Substrat 10, dem zweiten Substrat 20 und dem dritten Substrat 30 ferner jedoch derart verbunden, dass ein erster und ein zweiter Schalleitkanal 61, 67 ausgebildet sind. Dabei ist zwischen dem Gehäuseteil 50 und insbesondere dem zweiten Substrat 20 mit dem MEMS-Schallwandler 21 zumindest ein erster Abschnitt 62 des ersten Schalleitkanals 61 und zwischen dem Gehäuseteil 50 und insbesondere dem dritten Substrat 30 mit dem MEMS-Schallwandler 31 zumindest ein erster Abschnitt 68 des zweiten Schalleitkanals 67 ausgebildet.

[0067] Insbesondere zur Bauraumeinsparung ist auch bei dieser Schallwandleranordnung 1 nur eine akustische Ein-/Austrittsöffnung 51 vorgesehen. Der zweite Abschnitt 63 des ersten Schalleitkanals 61 und der zweite Abschnitt 69 des zweiten Schalleitkanals 67 sind daher als gemeinsamer Abschnitt ausgebildet, der auch in diesem Beispiel im Gehäuseteil 50 selbst und insbesondere durch die rohrartige Auskrugung 52 im Bereich der akustischen Ein-/Austrittsöffnung 51 ausgebildet ist.

[0068] Zur weiteren Verbesserung der Schallleitung sowie insbesondere zur Bündelung des Schalls ist auch in diesem Beispiel das Schalleitelement 64 vorgesehen. Dabei ist das Schalleitelement 64 derart ausgebildet und angeordnet, dass es den ersten Abschnitt 62 des ersten Schalleitkanals 61 vom ersten Abschnitt 68 des zweiten Schalleitkanals 67 trennt. Hierzu weist das Schalleitelement 64 einen in den gemeinsamen zweiten Abschnitt ragenden Fortsatz 66 auf. Zudem weist das Schalleitelement 64 in diesem Beispiel zwei konkave Schalleitkanten 65a und 65b auf, wobei die Schalleitkante 65a dem ersten Schalleitkanal 61 und die Schalleitkante 65b dem zweiten Schalleitkanal 67 zugeordnet ist.

[0069] Die Figuren 15 bis 17 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes neuntes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel ist bei dem neunten Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 ein zusätzliches Substrat 80 vorgesehen.

[0070] Auch in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel weist der Membranrahmen 25 im Wesentlichen den gleichen Außendurchmesser auf wie das zweite Substrat 20, während der MEMS-Aktuator 22 einen kleineren Außendurchmesser als das Substrat 20 besitzt. Die Wände 27 des zweiten Substrats 20, welche den Hohlraum 29 des zweiten Substrats 20 seitlich begrenzen, weisen jedoch keinerlei in den Hohlraum 29 vorspringende Wandabschnitte auf, die als Auflage für den MEMS-Aktuator 22 dienen könnten. Auf den Wänden 27 des zwei-

ten Substrats 20 liegt daher, insbesondere vollumfänglich, das zusätzliche Substrat 80 auf, das im Wesentlichen den gleichen Außendurchmesser wie das zweite Substrat 20 aufweist.

[0071] Das zusätzliche Substrat 80 weist einen Hohlraum 89 auf, der von Wänden 87 des Substrats 80 seitlich begrenzt wird, wobei die Wände 87 eine wesentlich geringere Höhe als die Wände 27 des zweiten Substrats 20 aufweisen. Die sich im Wesentlichen gegenüberstehenden Wandabschnitte 87a des Substrats 80 sind dicker ausgebildet als die Wandabschnitte 87b des Substrats 80, wobei die dickeren Wandabschnitte 87a gegenüber den Wandabschnitten 87b in den Hohlraum 89 vorspringen. Auf den von den Wandabschnitten 87a gebildeten Vorsprüngen 88 liegt dann der MEMS-Aktuator 22 auf, während der Membranrahmen 25 sowohl auf den Wandabschnitten 87a als auch 87b, insbesondere vollumfänglich, aufliegt. Somit ist der MEMS-Aktuator 22 unterhalb der Membran 23 angeordnet und seitlich von dem Membranrahmen 25 umgeben.

[0072] Der Hohlraum 89 ist somit nach oben durch die Membran 23 verschlossen. Nach unten ist der Hohlraum 89 offen und grenzt an den nach unten offenen Hohlraum 29 des zweiten Substrats 20, der nach unten von dem ersten Substrat 10 verschlossen ist. Die übereinander angeordneten Hohlräume 29 und 89 bilden dann gemeinsam die Kavität 41 für den MEMS-Schallwandler 21. Da die Wände 27 des zweiten Substrats 20 keine in den Hohlraum 29 vorspringenden Wandabschnitte besitzen, trägt dies zur Vergrößerung der durch den Hohlraum 29 mit ausgebildeten Kavität 41 bei.

[0073] Die Figuren 18 bis 20 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes zehntes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Im Unterschied zu dem neunten Ausführungsbeispiel ist bei dem zehnten Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 zusätzlich ein Gehäuse 50 vorgesehen, welches im Wesentlichen wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ausgebildet ist. Im Unterschied zu dem zweiten Ausführungsbeispiel ist bei dem zehnten Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in dem Hohlraum 53 des Gehäuses 50 auch das zusätzliche Substrat 80 aufgenommen.

[0074] Die Figuren 21 bis 23 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes elftes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel weisen bei dem elften Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 das zweite Substrat 20, der MEMS-Aktuator 22 und der Membranrahmen 25 des ersten MEMS-Schallwandlers 21 jeweils den gleichen Außendurchmesser auf.

[0075] Die Wände 27 des zweiten Substrats 20, welche den Hohlraum 29 des zweiten Substrats 20 seitlich begrenzen, weisen keinerlei in den Hohlraum 29 vorspringende Wandabschnitte auf, die als Auflage für den MEMS-Aktuator 22 dienen müssten. Vielmehr liegt der

MEMS-Aktuator 22 vorzugsweise vollumfänglich auf den Wänden 27 des zweiten Substrats 20 auf, wobei auf dem äußeren Randbereich des MEMS-Aktuators 22 ferner der Membranrahmen 25 aufliegt.

[0076] Somit trägt auch in diesem Beispiel das zweite Substrat 20 den MEMS-Aktuator 22 sowie den Membranrahmen 25 mit der daran befestigten Membran 23, wobei der MEMS-Aktuator 22 unterhalb der Membran 23 angeordnet ist, und wobei das zweite Substrat 20 unterhalb der Membran 23 und des MEMS-Aktuators 22 den Hohlraum 29 aufweist, der nach oben durch die Membran 23 verschlossen ist.

[0077] Nach unten ist der Hohlraum 29 des zweiten Substrats 20 von dem ersten Substrat 10 verschlossen.

[0078] Auch bei diesem Ausführungsbeispiel konnte die durch den Hohlraum 29 gebildete Kavität 41 des MEMS-Schallwandlers 21 effektiv und gleichzeitig sehr bauraumsparend vergrößert werden.

[0079] Die Figuren 24 bis 26 zeigen ein nicht durch die beanspruchte Erfindung abgedecktes zwölftes Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 in verschiedenen Ansichten. Im Unterschied zu dem elften Ausführungsbeispiel ist bei dem zwölften Ausführungsbeispiel der Schallwandleranordnung 1 zusätzlich ein Gehäuseteil 50 vorgesehen, welches im Wesentlichen wie bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ausgebildet ist.

Patentansprüche

1. Schallwandleranordnung (1)

mit einem ersten Substrat (10),
mit einem ersten und zweiten MEMS-Schallwandler (21, 31) zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenspektrum, die jeweils eine Kavität (41, 42) umfassen, und
mit einem mit dem ersten MEMS-Schallwandler (21) elektrisch verbundenen ASIC (11),
wobei die beiden Kavitäten (41, 42) der MEMS-Schallwandler (21, 31) durch eine Zwischenwand (17) des ersten Substrats (10) voneinander getrennt sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass der ASIC (11) in das erste Substrat (10) eingebettet ist;

dass der erste MEMS-Schallwandler (21) derart an einem zweiten Substrat (20) angeordnet ist, dass die Kavität (41) des ersten MEMS-Schallwandlers (21) zumindest teilweise im zweiten Substrat (20) ausgebildet ist, wobei ein diese Kavität (41) ausbildender Hohlraum (29) des zweiten Substrats (20) seitlich durch Wände (27) des zweiten Substrats (20) umgeben bzw. begrenzt ist, während er nach oben durch eine Membran (23) des ersten MEMS-Schallwandlers (21) verschlossen ist;

- dass** das erste Substrat (10) und das zweite Substrat (20) derart miteinander verbunden sind, dass der ASIC (11) des ersten Substrats (10) und der erste MEMS-Schallwandler (21) des zweiten Substrats (20) elektrisch miteinander gekoppelt sind;
- dass** der zweite MEMS-Schallwandler (31) derart an einem dritten Substrat (30) angeordnet ist, dass die Kavität (42) des zweiten MEMS-Schallwandlers (31) zumindest teilweise im dritten Substrat (30) ausgebildet ist, wobei diese Kavität (42) ausbildender Hohlraum (39) des dritten Substrats (30) seitlich durch Wände (37) des dritten Substrats (30) umgeben bzw. begrenzt und nach unten durch eine Membran (33) des zweiten MEMS-Schallwandlers (31) verschlossen ist;
- dass** das erste Substrat (10) und das dritte Substrat (30) elektrisch leitend miteinander verbunden sind;
- dass** das erste Substrat (10) zwischen dem zweiten Substrat (20) und dem dritten Substrat (30) angeordnet ist; und
- dass** die Substrate (10, 20, 30) jeweils als Leiterplatte bzw. PCB (printed circuit board) ausgebildet sind.
2. Schallwandleranordnung nach dem vorherigen Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Kavität (41, 42) des ersten und/oder zweiten MEMS-Schallwandlers (21, 31) zusätzlich im ersten Substrat (10) ausgebildet ist.
3. Schallwandleranordnung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Zwischenwand (17) zumindest eine sich von der Kavität (41) des ersten MEMS-Schallwandlers (21) zur Kavität (42) des zweiten MEMS-Schallwandlers (31) erstreckende Verbindungsöffnung (90) und/oder Verbindungskanal aufweist.
4. Schallwandleranordnung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Zwischenwand (17) zumindest ein Versteifungselement (14), insbesondere eine Rippe, aufweist.
5. Schallwandleranordnung nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die beiden Kavitäten (41, 42) der Schallwandleranordnung (1) unterschiedlich große Volumen aufweisen.

Claims

1. Sound transducer assembly (1)

with a first substrate (10),
a first and second MEMS sound transducer (21, 31) for generating and/or detecting sound waves in the audible wavelength spectrum, which each comprises a cavity (41, 42), and
an ASIC (11) electrically connected to the first MEMS sound transducer (21),
wherein the two cavities (41, 42) of the MEMS sound transducers (21, 31) are separated from one another by an intermediate wall (17) of the first substrate (10),

characterized in that

the ASIC (11) is embedded in the first substrate (10);

the first MEMS sound transducer (21) is arranged on a second substrate (20) such that the cavity (41) of the first MEMS sound transducer (21) is at least partially formed in the second substrate (20), wherein a hollow space (29) of the second substrate (20) forming said cavity (41) is laterally surrounded or delimited by walls (27) of the second substrate (20) while being closed upwardly by a membrane (23) of the first MEMS sound transducer (21); ,

the first substrate (10) and the second substrate (20) are connected to one another in such a manner that the ASIC (11) of the first substrate (10) and the first MEMS sound transducer (21) of the second substrate (20) are electrically coupled to one another;

the second MEMS sound transducer (31) is arranged on a third substrate (30), that the cavity (42) of the second MEMS sound transducer (31) is formed at least partially in the third substrate (30), wherein a hollow space (39) of the third substrate (30) forming said cavity (42) is laterally surrounded or delimited by walls (37) of the third substrate (30) and being closed downwardly by a membrane (33) of the second MEMS sound transducer (31); the first substrate (10) and the third substrate (30) are connected to one another in an electrically conductive manner;

the first substrate (10) is arranged between the second substrate (20) and the third substrate (30), and

the substrates (10, 20, 30) are each in the form of a circuit board or PCB (printed circuit board).

2. The transducer assembly according to the preceding claim 1, **characterized in that** the cavity (41, 42) of the first and/or second MEMS sound transducer (21, 31) is additionally formed in the first substrate (10).

3. Sound transducer assembly according to one or

more of the previous claims, **characterized in that** the intermediate wall (17) features at least one connection opening (90) and/or a connection channel extending from the first cavity (41) of the first MEMS sound transducer (21) to the second cavity (42) of the second MEMS sound transducer (31).

4. Sound transducer assembly according to one or more of the previous claims, **characterized in that** the intermediate wall (17) features at least one stiffening element (14), in particular a rib.
5. Sound transducer assembly according to one or more of the previous two claims, **characterized in that** the two cavities (41, 42) of the sound transducer assembly (1) feature volumes of different sizes.

Revendications

1. Ensemble de transducteur acoustique (1),

avec un premier substrat (10),
avec un premier et un deuxième transducteurs acoustiques MEMS (21, 31) destinés à générer et/ou à détecter des ondes acoustiques dans le spectre de longueurs d'onde audibles, qui comprennent chacun une cavité (41, 42), et
avec un circuit intégré à application spécifique (ASIC) (11) électriquement relié avec le premier transducteur acoustique MEMS (21), dans lequel les deux cavités (41, 42) des transducteurs acoustiques MEMS (21, 31) sont séparées l'une de l'autre par une paroi intermédiaire (17) du premier substrat (10),

caractérisé en ce que

l'ASIC (11) est incorporé dans le premier substrat (10) ;

le premier transducteur acoustique MEMS (21) est disposé sur un deuxième substrat (20) de sorte que la cavité (41) du premier transducteur acoustique MEMS (21) est formée au moins partiellement dans le deuxième substrat (20), un espace creux (29) du deuxième substrat (20), formant cette cavité (41), étant entouré ou limité latéralement par des parois (27) du deuxième substrat (20), tandis qu'il est fermé vers le haut par une membrane (23) du premier transducteur acoustique MEMS (21) ;

le premier substrat (10) et le deuxième substrat (20) sont reliés l'un à l'autre sorte que l'ASIC (11) du premier substrat (10) et le premier transducteur acoustique MEMS (21) du deuxième substrat (20) sont couplés électriquement l'un à l'autre ;

le deuxième transducteur acoustique MEMS (31) est disposé sur un troisième substrat (30)

de sorte que la cavité (42) du deuxième transducteur acoustique MEMS (31) est formée au moins partiellement dans le troisième substrat (30), un espace creux (39) du troisième substrat (30), formant cette cavité (42), étant entouré ou limité latéralement par des parois (37) du troisième substrat (30) et étant fermé vers le bas par une membrane (33) du deuxième transducteur acoustique MEMS (31) ;

le premier substrat (10) et le troisième substrat (30) sont reliés l'un à l'autre de manière électroconductrice ;

le premier substrat (10) est disposé entre le deuxième substrat (20) et le troisième substrat (30) ; et

les substrats (10, 20, 30) sont réalisés chacun sous forme de carte imprimé ou PCB (carte de circuits imprimés).

2. Ensemble de transducteur acoustique selon la revendication 1 précédente, **caractérisé en ce que** la cavité (41, 42) du premier et/ou du deuxième transducteur acoustique MEMS (21, 31) est formée de surcroît dans le premier substrat (10).

3. Ensemble de transducteur acoustique selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la paroi intermédiaire (17) présente au moins une ouverture de communication (90) et/ou un canal de communication s'étendant de la cavité (41) du premier transducteur acoustique MEMS (21) à la cavité (42) du deuxième transducteur acoustique MEMS (31).

4. Ensemble de transducteur acoustique selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la paroi intermédiaire (17) présente au moins un élément raidisseur (14), en particulier une nervure.

5. Ensemble de transducteur acoustique selon l'une quelconque ou plusieurs des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les deux cavités (41, 42) de l'ensemble de transducteur acoustique (1) présentent des volumes différents.

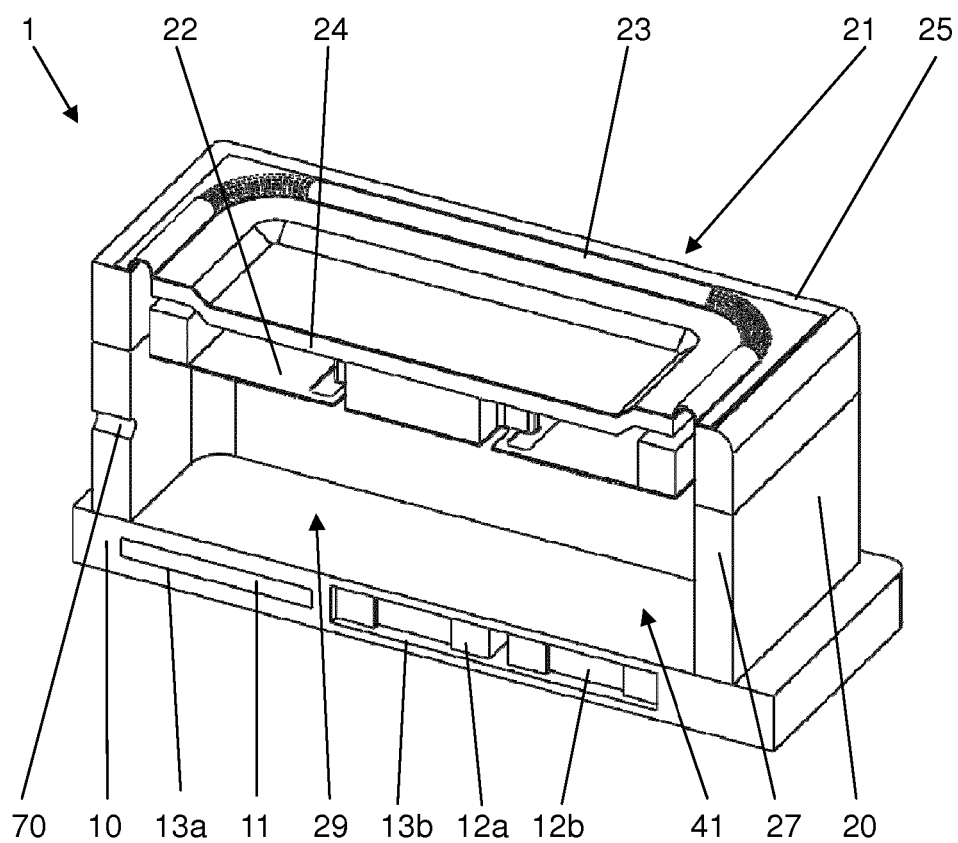


FIG. 1

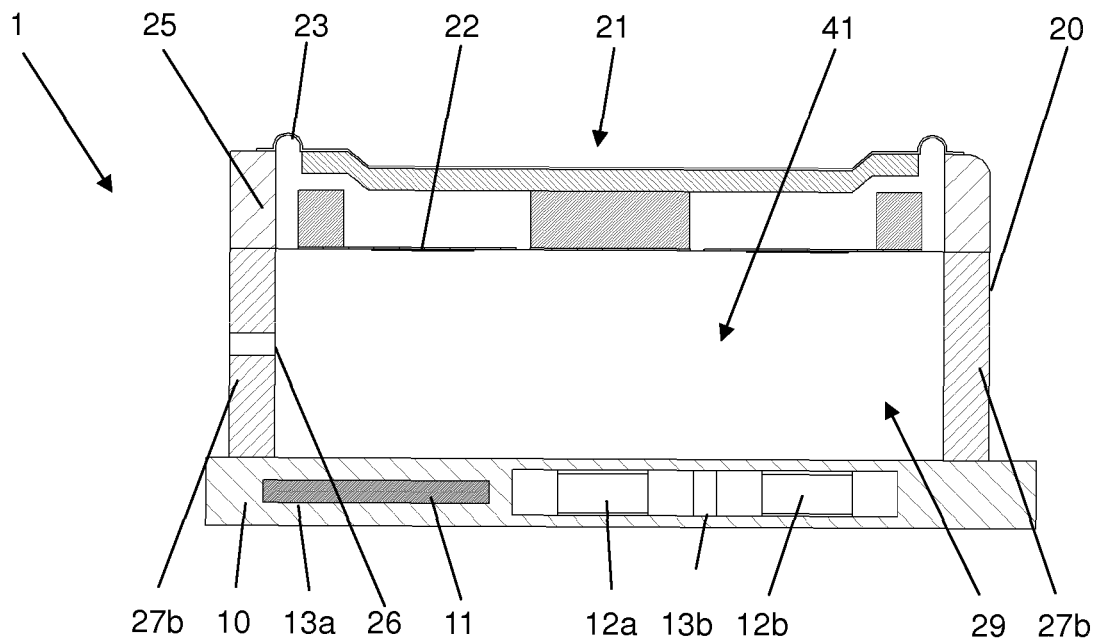


FIG. 2

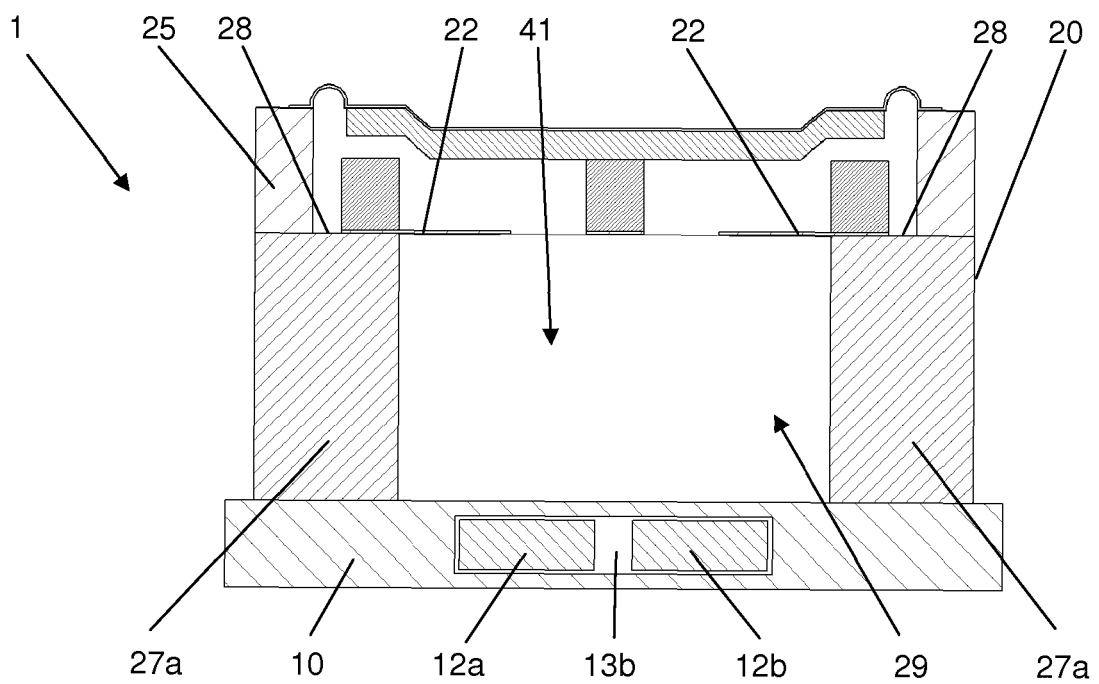


FIG. 3

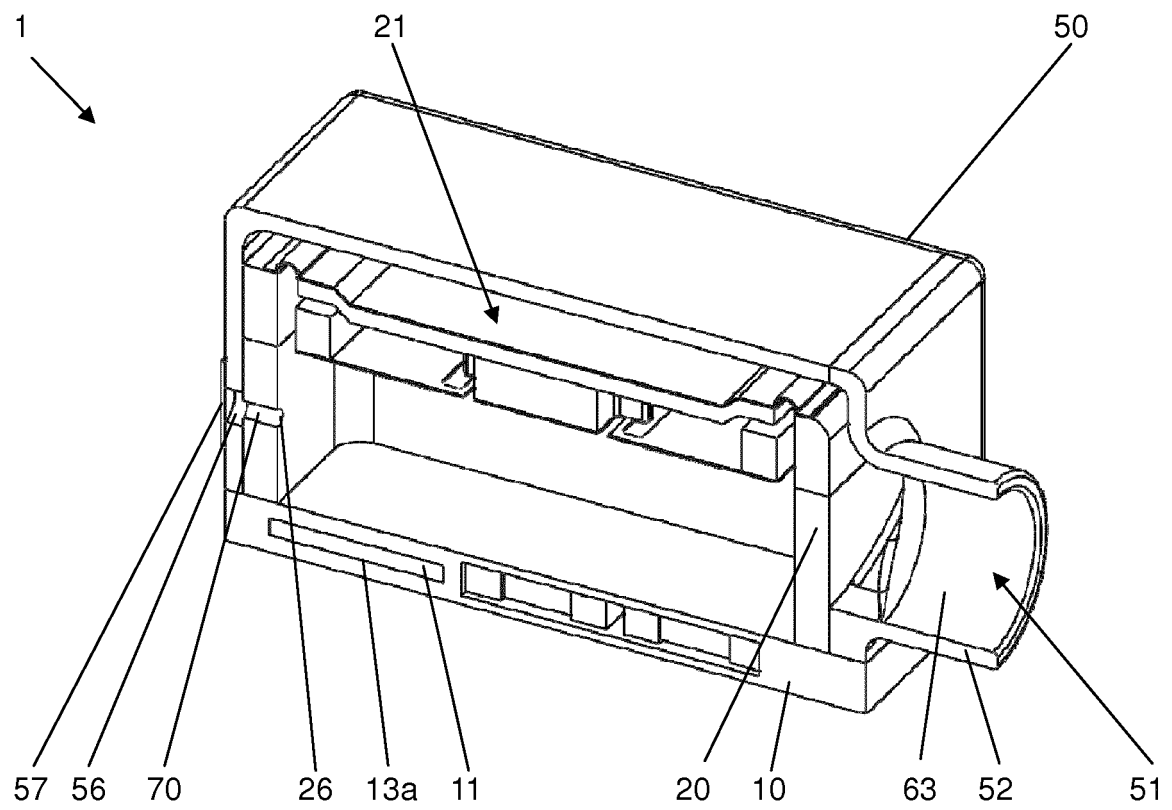


FIG. 4

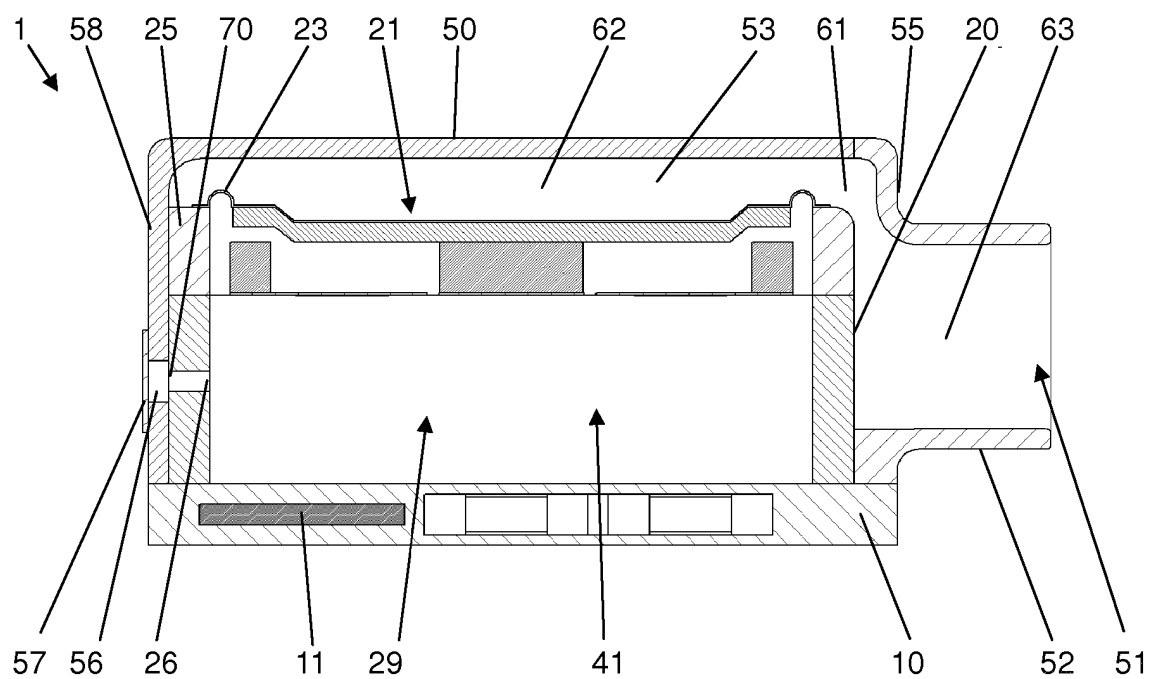


FIG. 5

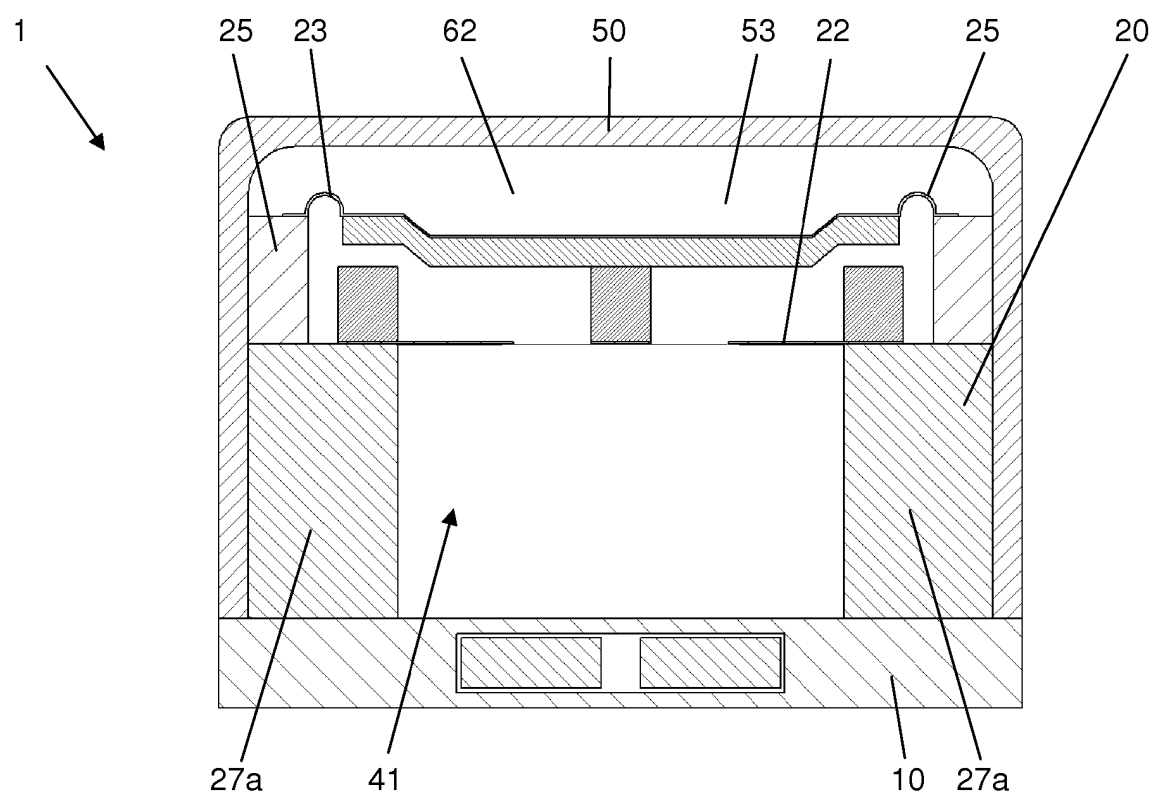


FIG. 6

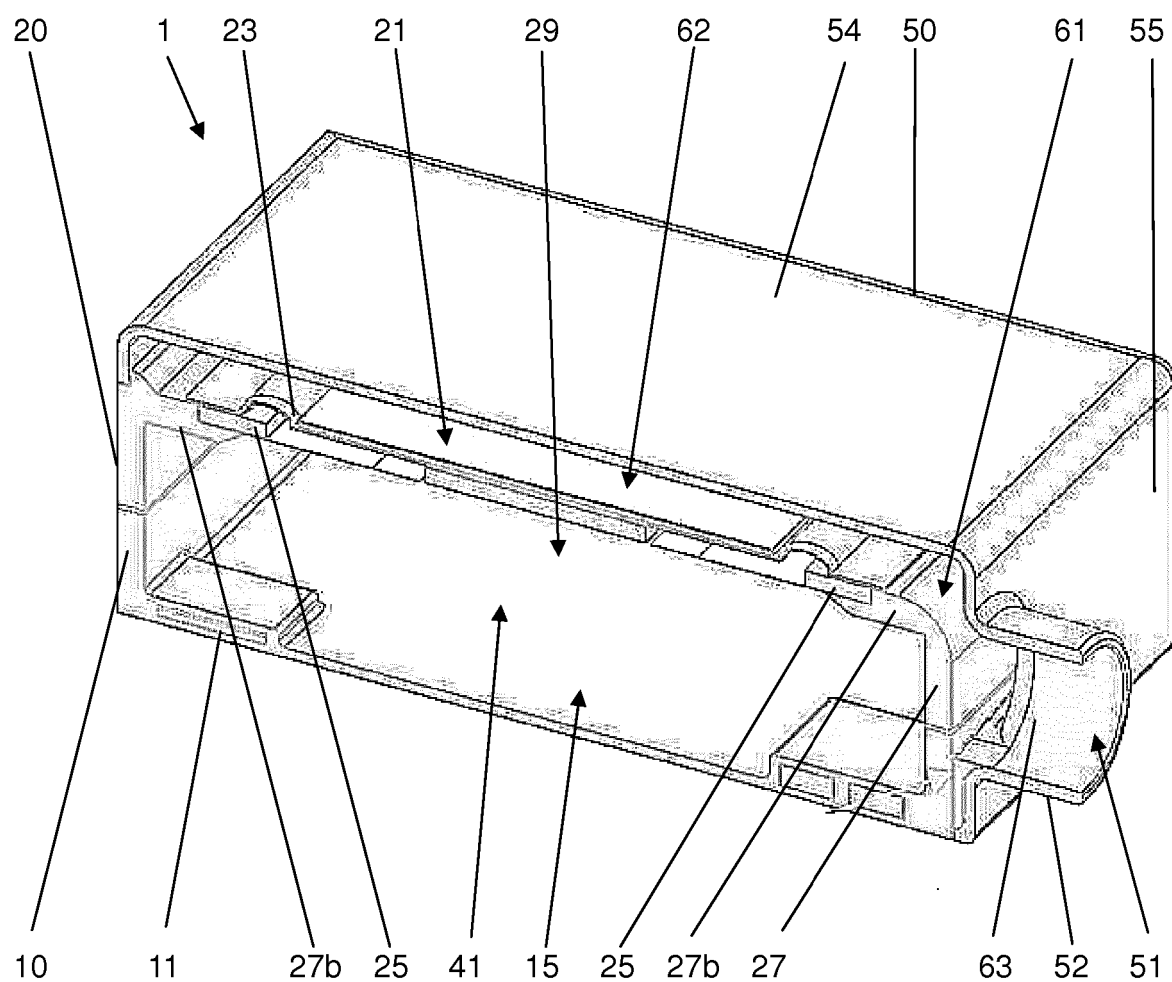


FIG. 7

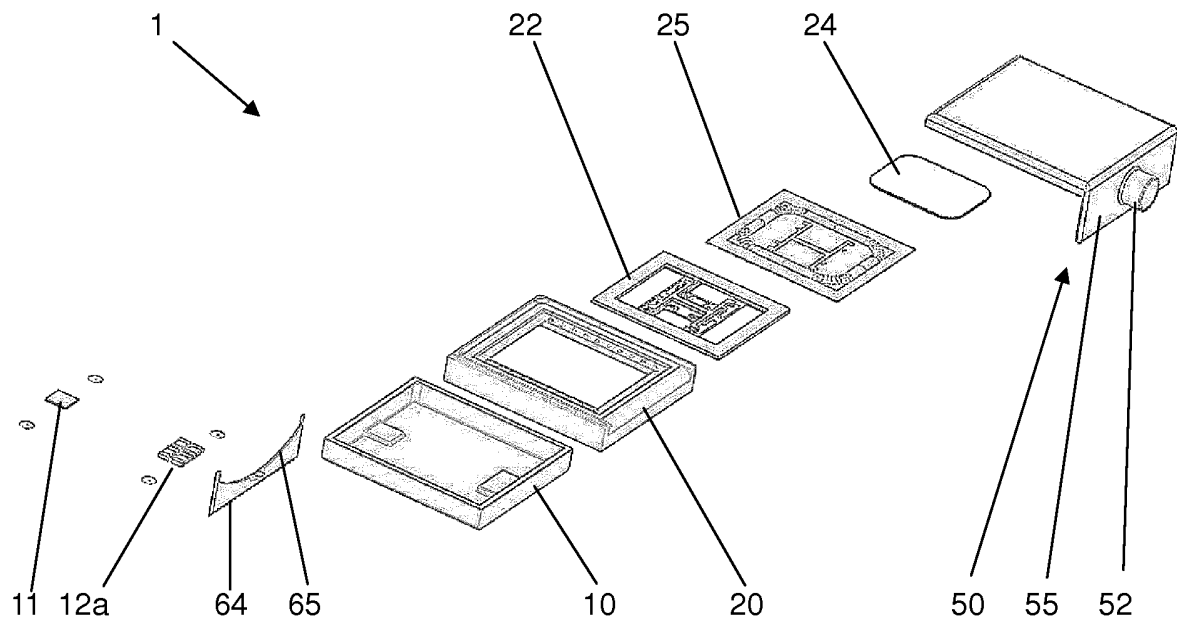


FIG. 8

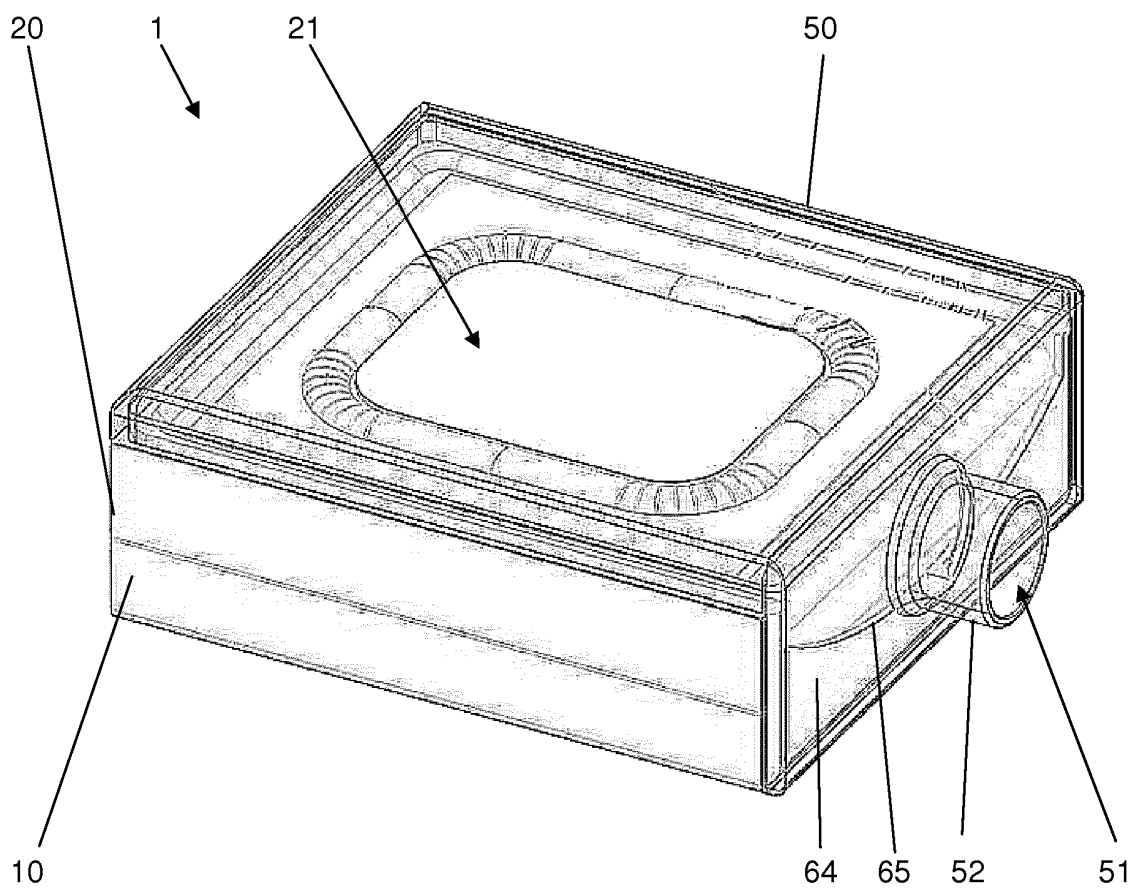


FIG. 9

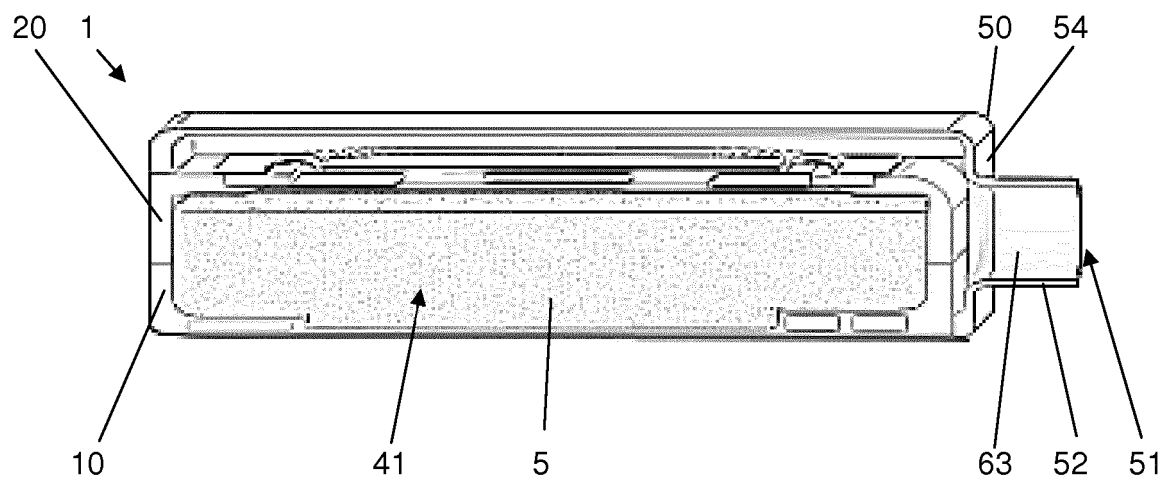


FIG. 10

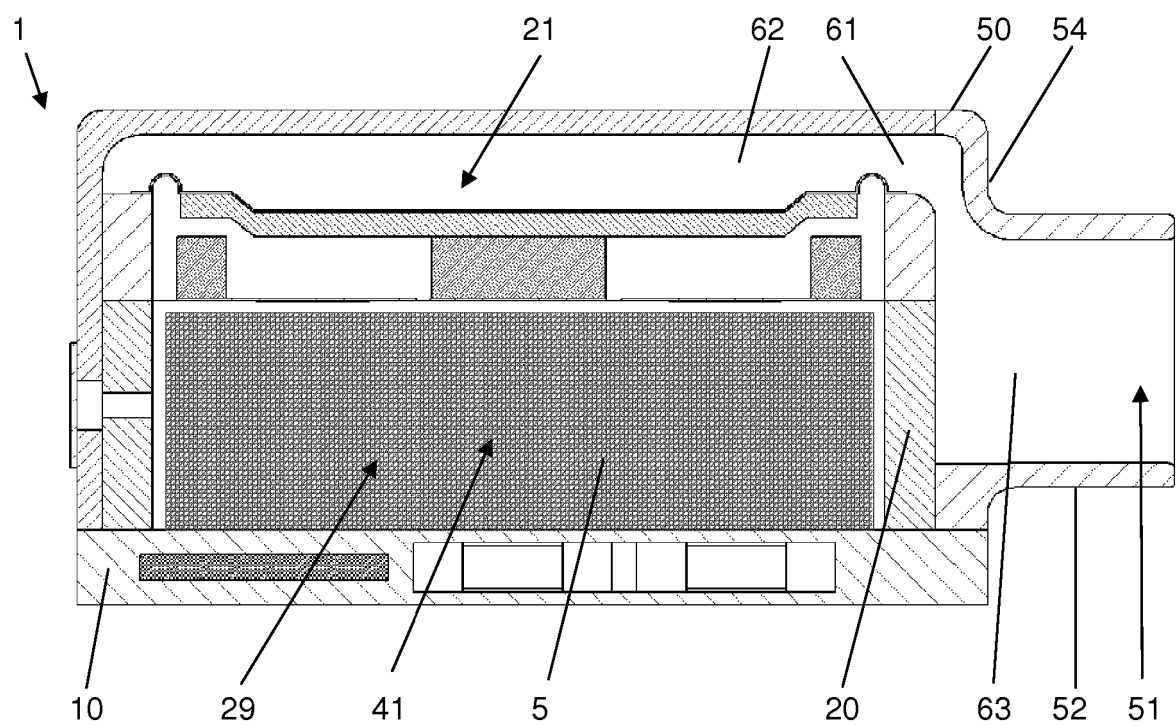


FIG. 11

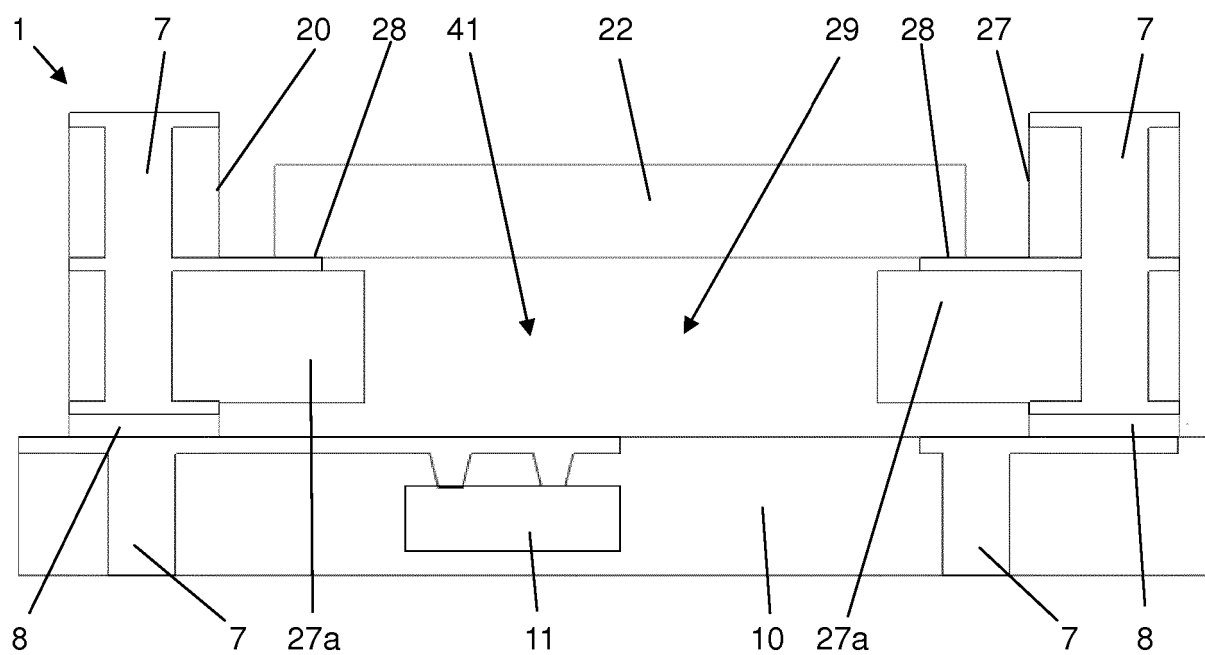


FIG. 12

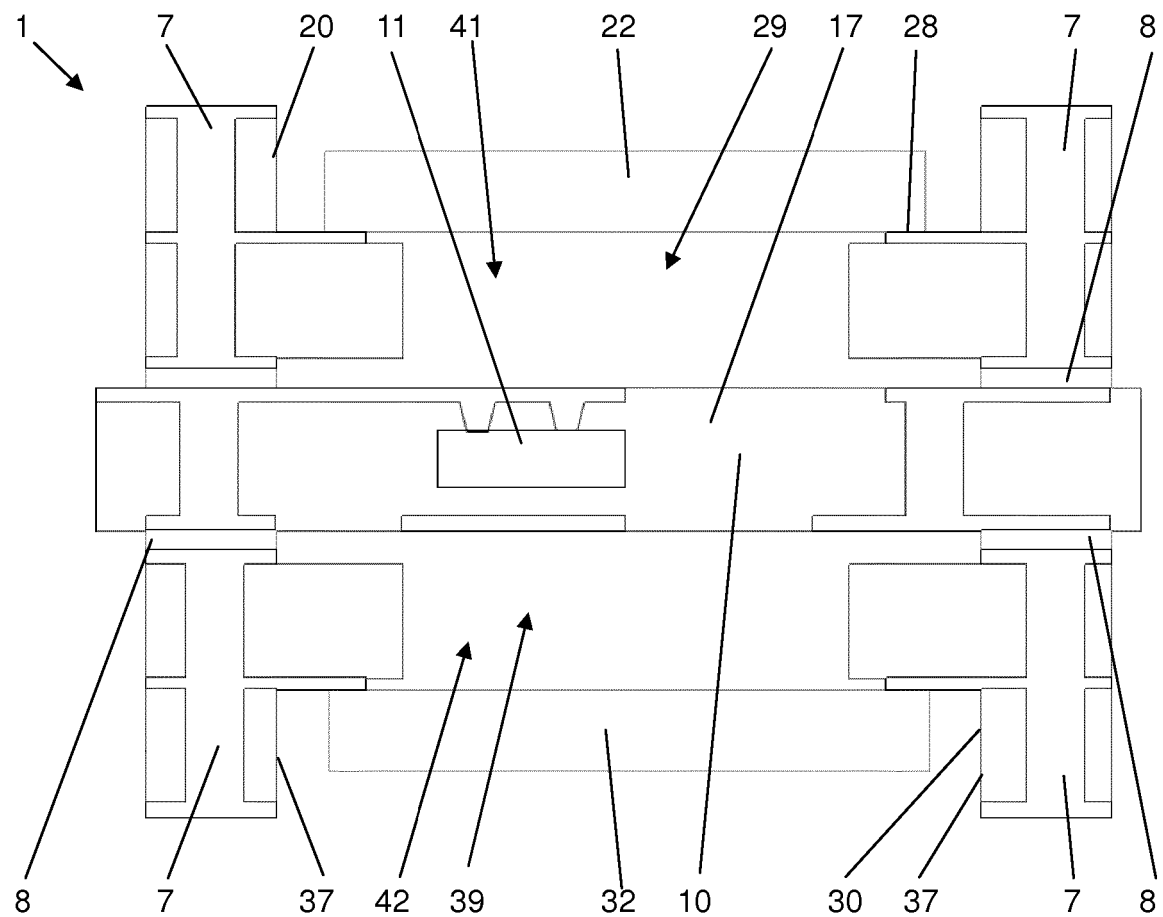


FIG. 13

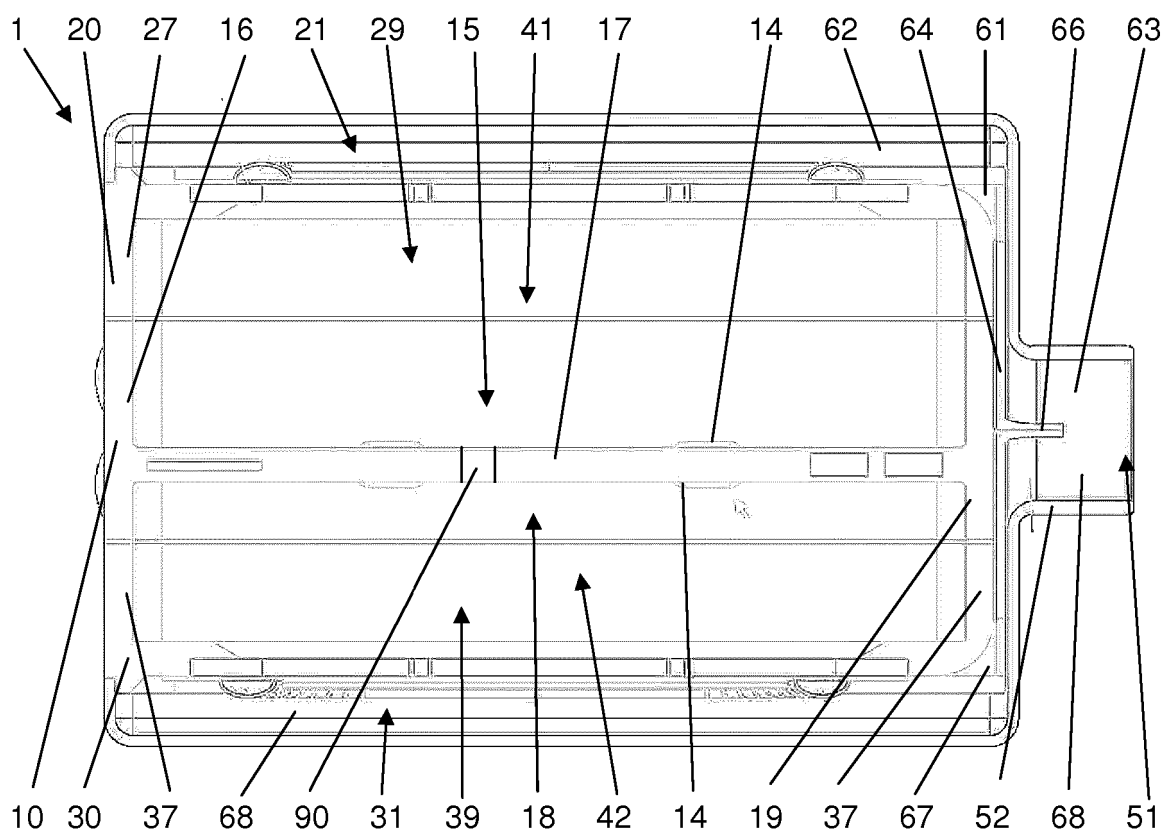


FIG. 14

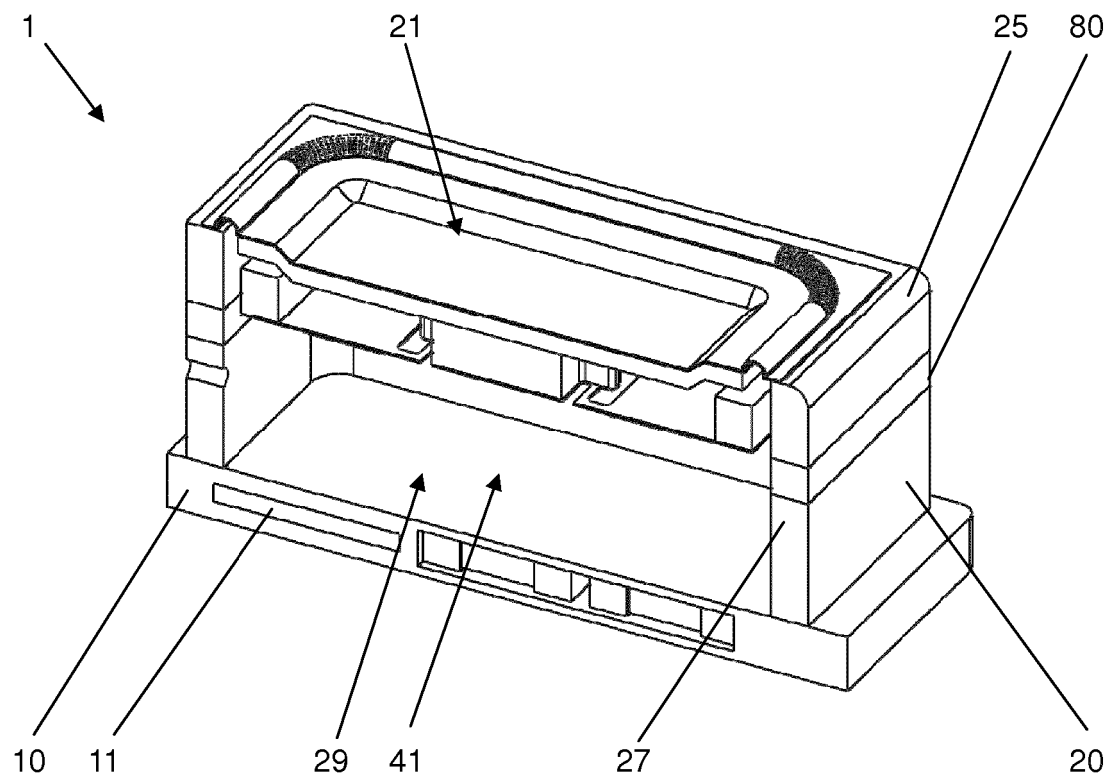


FIG. 15

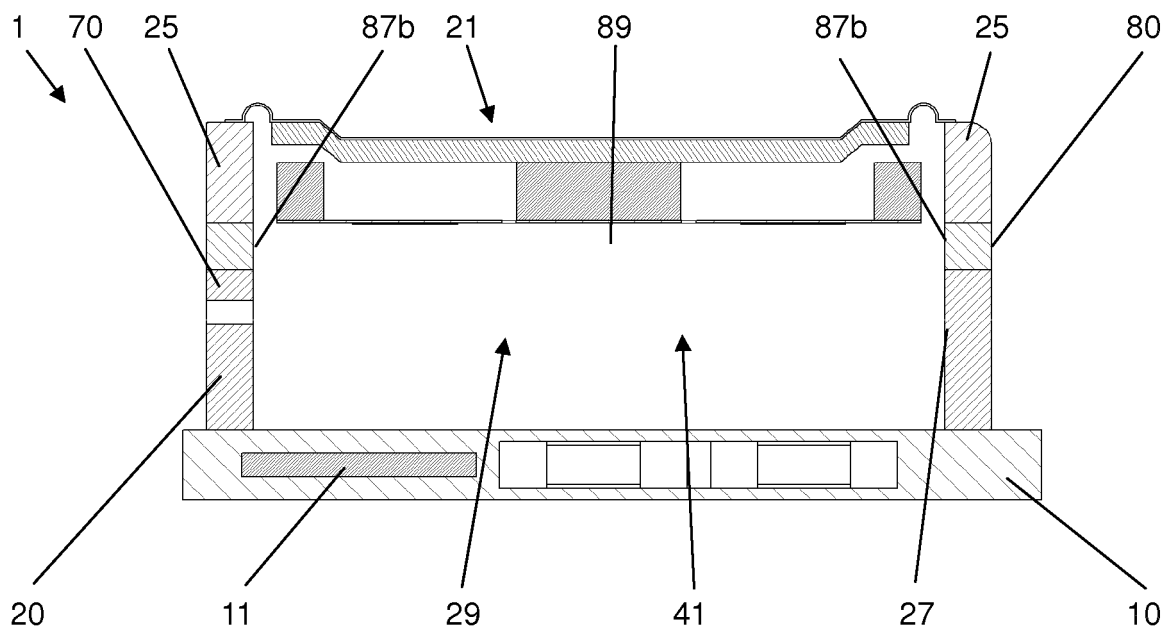


FIG. 16

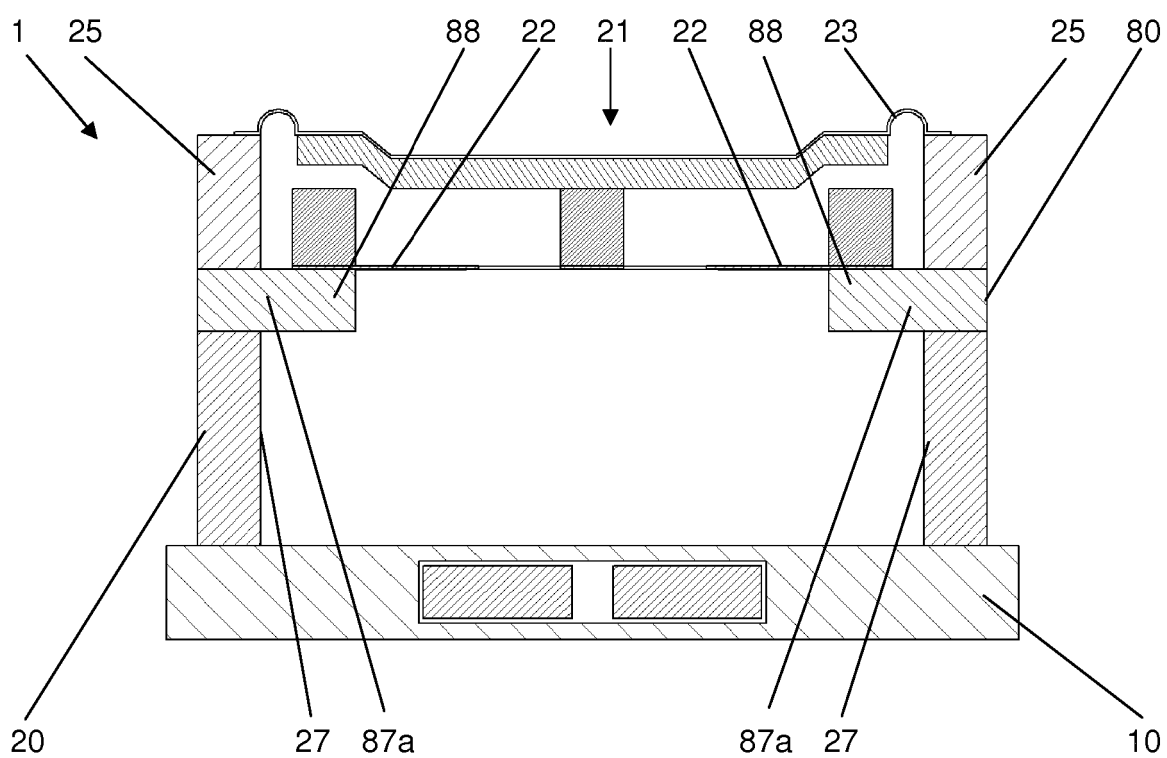


FIG. 17

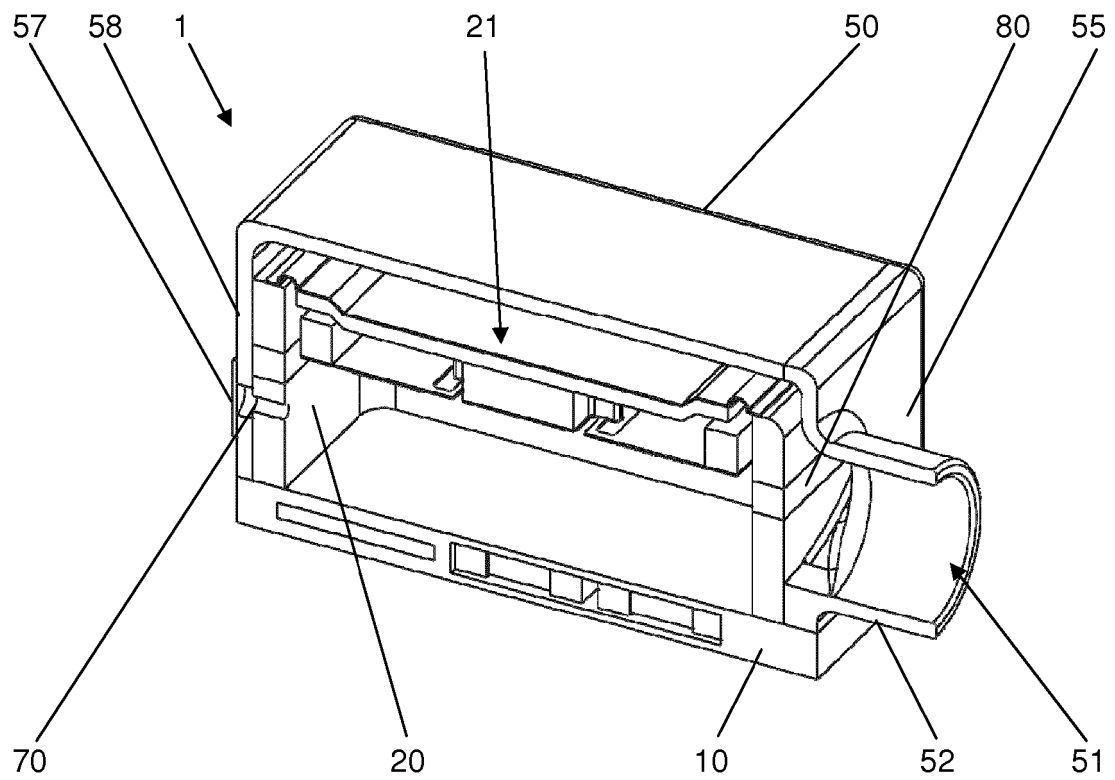


FIG. 18

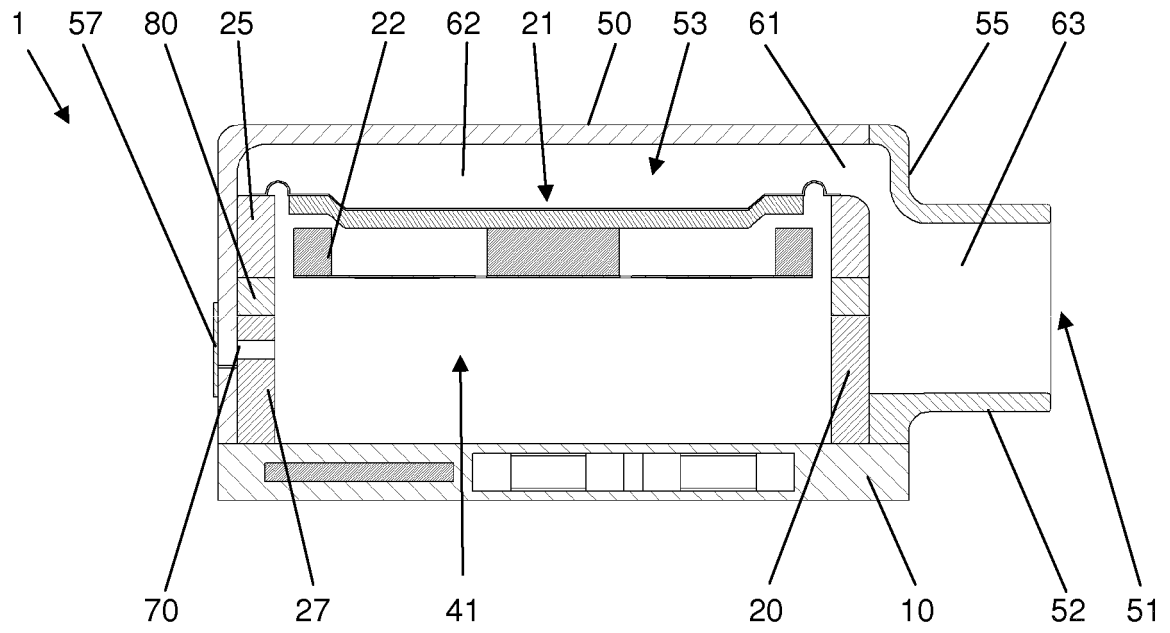


FIG. 19

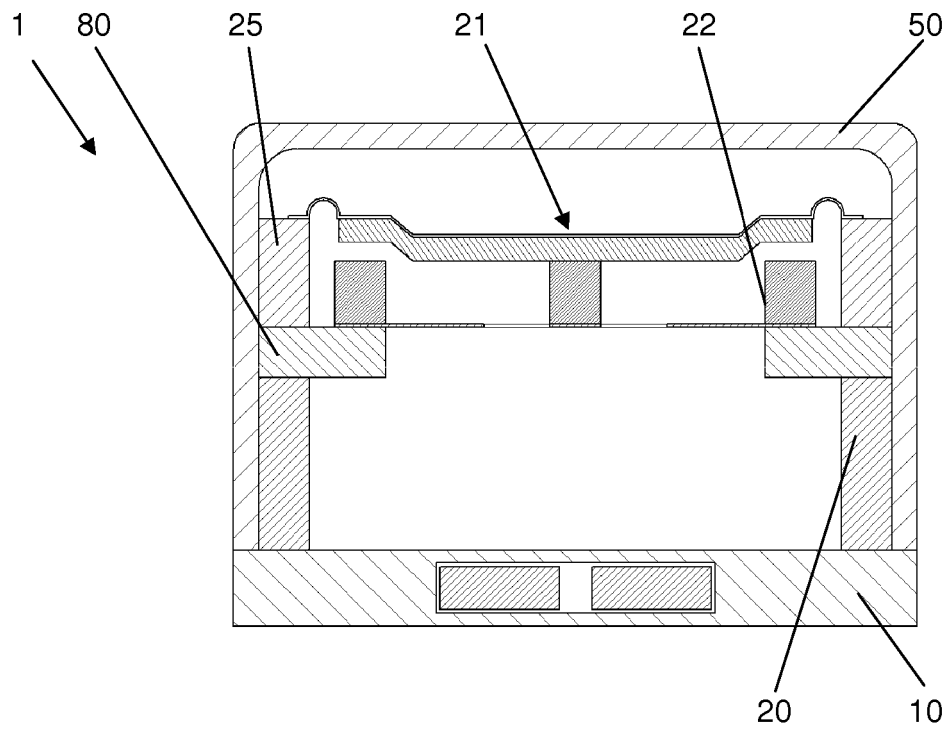


FIG. 20

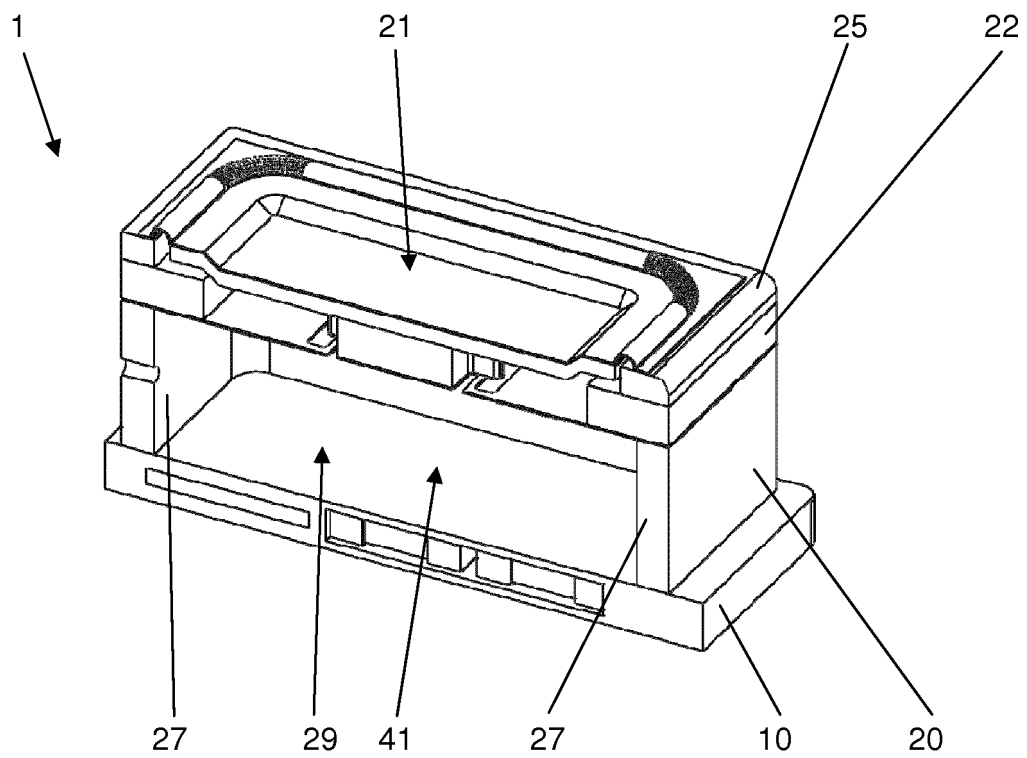


FIG. 21

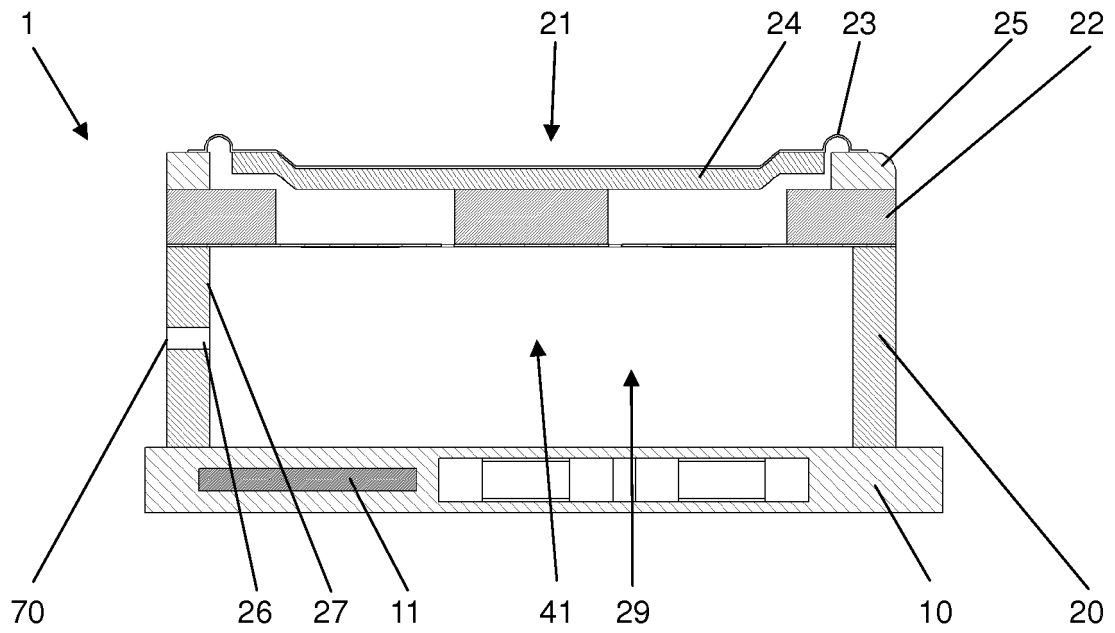


FIG. 22

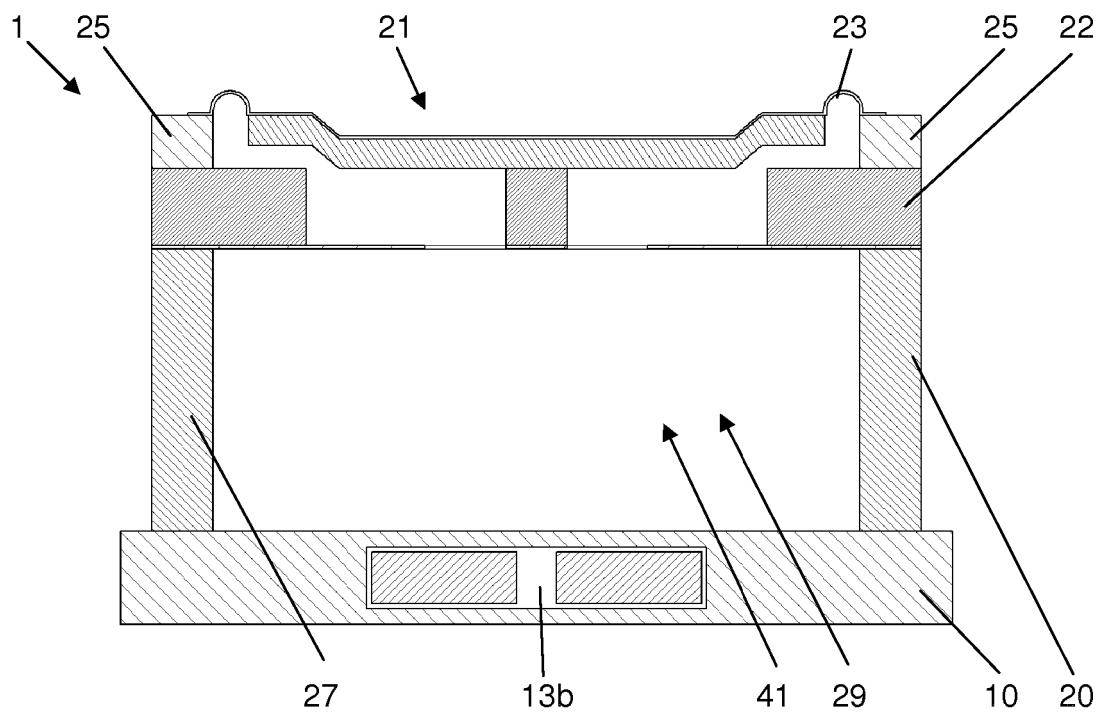


FIG. 23

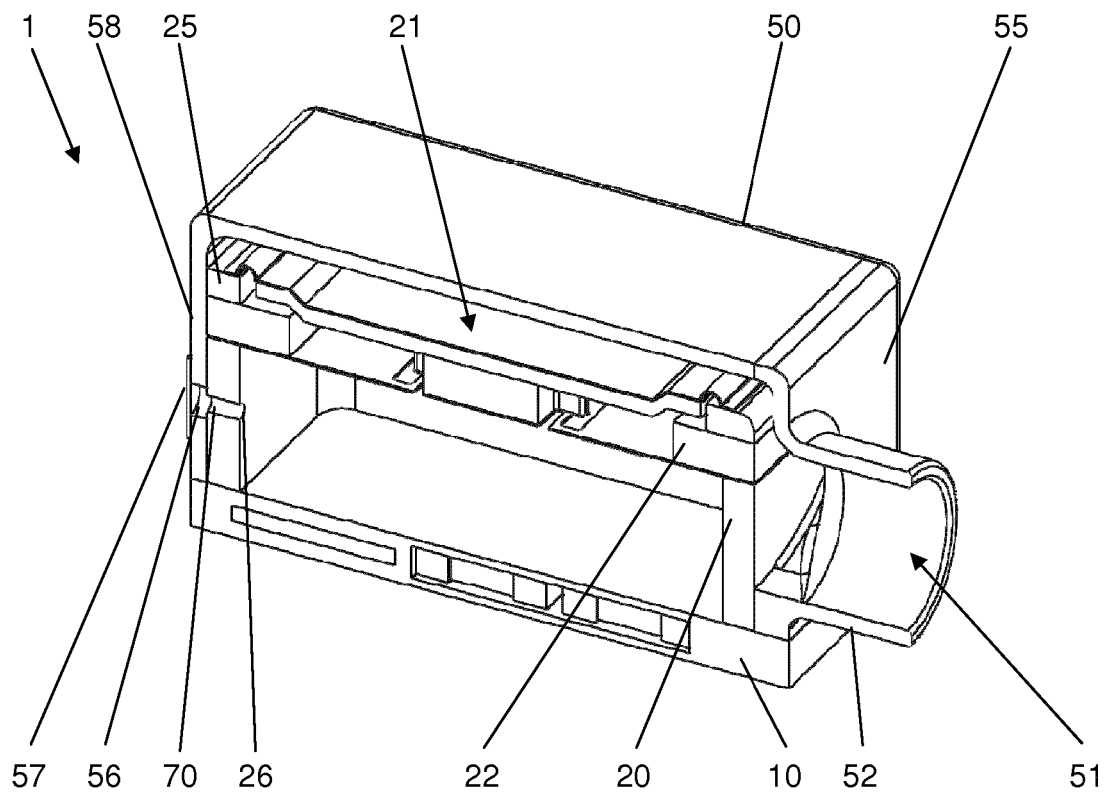


FIG. 24

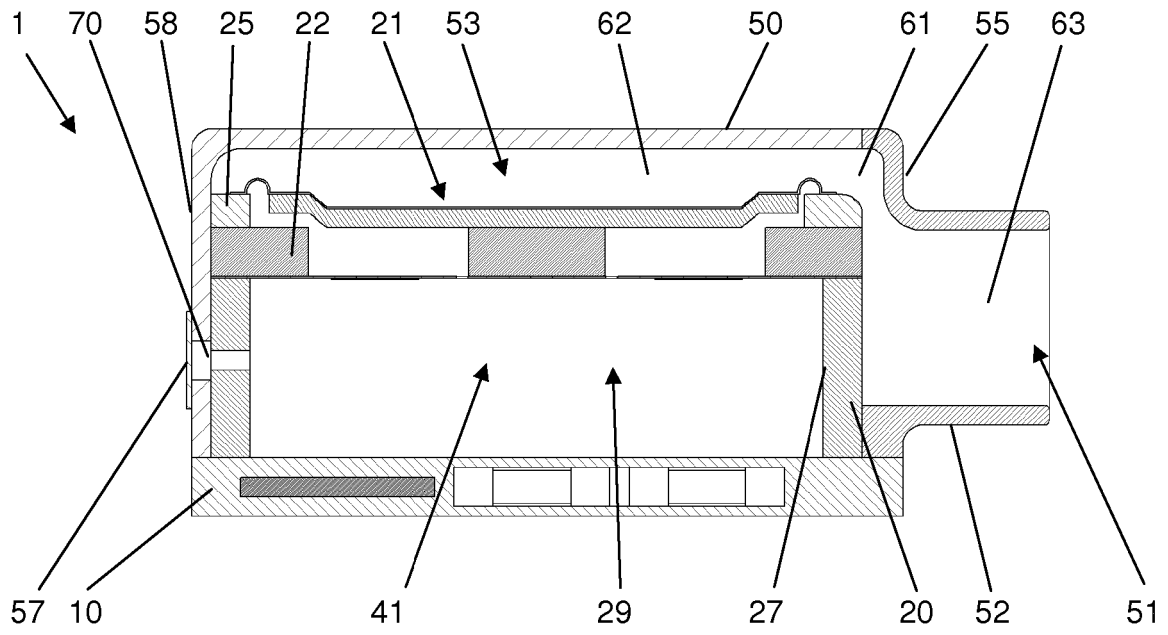


FIG. 25

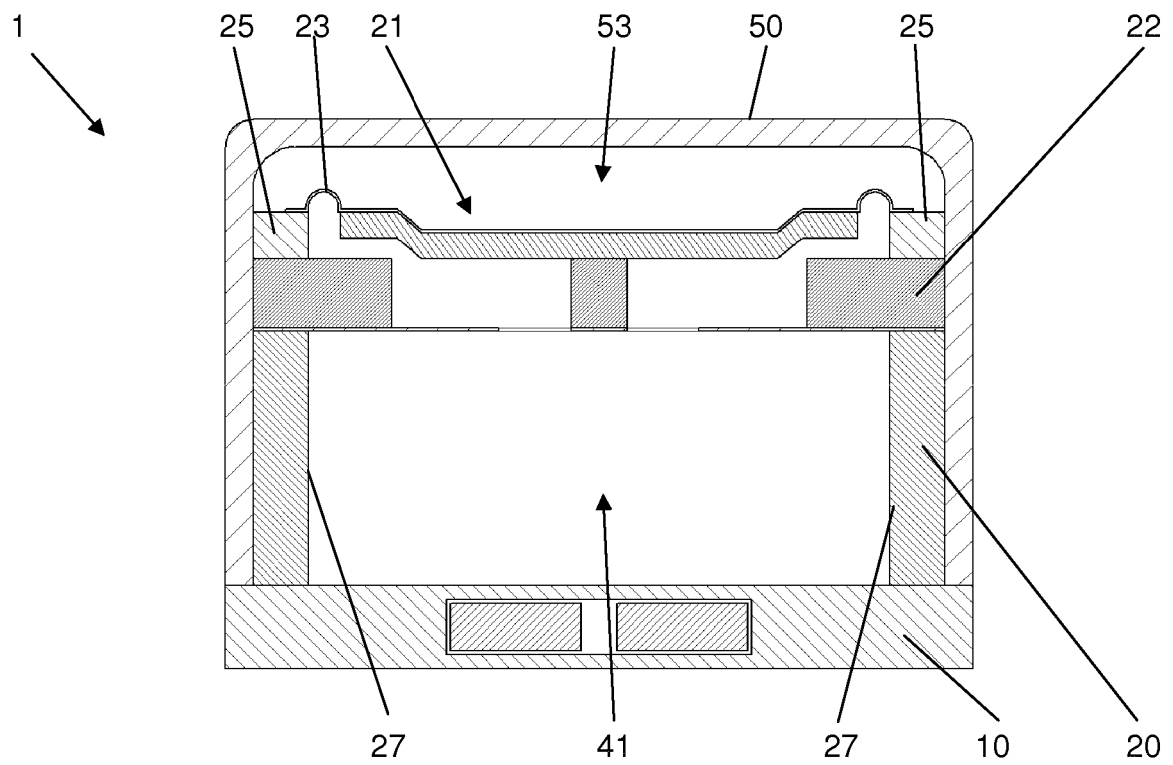


FIG. 26

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

- DE 102012220819 A1 **[0002]**
- US 20120087521 A1 **[0003]**
- DE 102011086722 A1 **[0003]**
- EP 2393307 A2 **[0004]**
- DE 102014214153 A1 **[0005]**