

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Dezember 2020 (17.12.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/249457 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H04R 17/00 (2006.01) H04R 7/04 (2006.01)
H04R 31/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/065468

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juni 2020 (04.06.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 116 080.4
13. Juni 2019 (13.06.2019) DE

(71) Anmelder: **USOUND GMBH** [AT/AT]; Kratkystrasse 2,
8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: **RUSCONI CLERICI BELTRAMI, Andrea**;
Trauttmansdorffgasse 19/3, 1130 Wien (AT). **BOTTONI, Ferruccio**;
Muehlgasse 61, 8020 Graz (AT). **REN-AUD-BEZOT, Nick**;
Einsiedlergasse 28/18, 1050 Wien (AT).

(74) Anwalt: **BERGMEIER, Ulrich**; Canzler & Bergmeier Patentanwälte Partnerschaft mbB, Friedrich-Ebert-Strasse 84,
85055 Ingolstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,

(54) Title: MEMS TRANSDUCER HAVING A DIAPHRAGM MADE OF POLYMER

(54) Bezeichnung: MEMS-SCHALLWANDLER MIT EINER AUS POLYMER AUSGEBILDETEN MEMBRAN

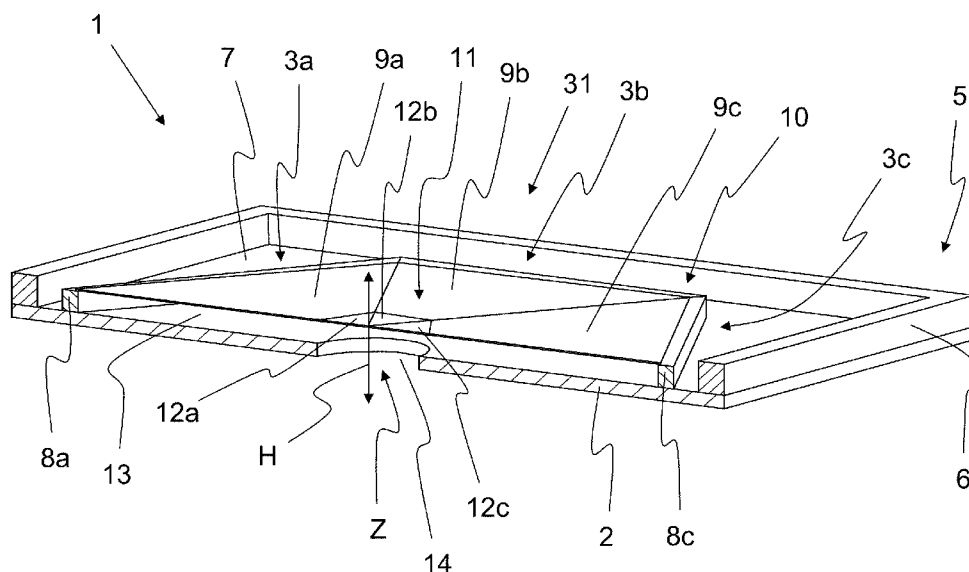


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a MEMS transducer (1) for generating and/or detecting sound waves in the audible wavelength range and/or in the ultrasonic range, in which method at least one piezoelectric element (3a-3c) is arranged on a support substrate (2) and a diaphragm is formed on the at least one piezoelectric element (3a-3c). According to the invention, in order to form the diaphragm, a flowable and curable polymer, which forms the diaphragm after curing, is cast at least partially around the at least one piezoelectric element (3a-3c). The invention further relates to the MEMS transducer (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines MEMS-Schallwandlers (1) zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenbereich und/oder im Ultraschallbereich, bei dem auf einem Trägersubstrat

NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(2) zumindest ein Piezoelement (3a-3c) angeordnet wird und eine Membran auf dem zumindest einen Piezoelement (3a-3c) ausgebildet wird. Erfindungsgemäß wird das zumindest eine Piezoelement (3a-3c) zur Ausbildung der Membran zumindest teilweise mit einem fließfähigen und aushärtbaren Polymer umgossen, welches nach dem Aushärten die Membran bildet. Ferner betrifft die Erfindung den MEMS-Schallwandler (1).

MEMS-Schallwandler mit einer aus Polymer ausgebildeten Membran

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines MEMS-
5 Schallwandlers zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenbereich und/oder im Ultraschallbereich, bei dem auf einem Trägersubstrat zumindest ein Piezoelement angeordnet wird und eine Membran auf dem zumindest einen Piezoelement ausgebildet wird.

10 Aus der DE 603 13 715 T2 ist ein Verfahren zum Herstellen eines MEMS-Wandlers bekannt. Dies erfolgt dadurch, dass eine Opferschicht auf ein Substrat aufgebracht wird. Danach wird aufeinanderfolgend eine Membranschicht, eine untere Elektrodenschicht, eine aktive Schicht und eine obere Elektrodenschicht aufgebracht.

15 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den Stand der Technik zu verbessern.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Herstellen eines MEMS-
20 Schallwandlers und den MEMS-Schallwandler mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche.

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Herstellen eines MEMS-Schallwandlers zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenbereich und/oder im Ultraschallbereich. Der MEMS-Schallwandler
25 kann somit beispielsweise dazu benutzt werden, Musik, Töne und/oder Sprache als Lautsprecher zu erzeugen und/oder als Mikrofon aufzunehmen.

Wenn Schallwellen im Ultraschallbereich erzeugt und/oder erfasst werden, können diese beispielsweise für technische Prüfgeräte oder in Ultraschallgeräten für Sonografie verwendet werden.
30

Bei dem Verfahren wird auf einem Trägersubstrat zumindest ein Piezoelement angeordnet. Auf dem Trägersubstrat ist somit das zumindest ein Piezoelement zum Erzeugen und/oder Erfassen der Schallwellen angeordnet. Das Piezoelement weist piezoelektrische Eigenschaften auf, so dass das Piezoelement ein elektrisches Signal bzw. eine elektrische Spannung in eine Verformung umwandeln kann, so dass dadurch die Schallwellen erzeugt werden können. Das Piezoelement kann aber auch Verformungen in ein elektrisches Signal bzw. eine elektrische Spannung umsetzen, so dass dadurch die Schallwellen erfasst werden können.

10

Des Weiteren wird eine Membran auf dem zumindest einen Piezoelement ausgebildet. Die Membran und das zumindest eine Piezoelement werden dadurch miteinander gekoppelt. Mittels der Kopplung können zum Erzeugen und/oder Erfassen der Schallwellen Schwingungen zwischen der Membran und dem zumindest einen Piezoelement ausgetauscht werden. Das Piezoelement kann beispielsweise zum Erzeugen der Schallwellen die Membran gemäß einem elektrischen Signal auslenken bzw. mit einer Schwingung beaufschlagen, so dass die Membran darüber angeordnete Luft ebenfalls zum schwingen anregt, was die Schallwellen sind. Dagegen kann die durch die Schallwellen schwingende Luft die Membran ebenfalls zum schwingen anregen, was wiederum auf das Piezoelement übertragen wird. Das Piezoelement setzt die Schwingungen in ein elektrisches Signal um.

Erfindungsgemäß wird das zumindest eine Piezoelement zur Ausbildung der Membran zumindest teilweise mit einem fließfähigen und aushärtbaren Polymer umgossen, welches nach dem Aushärten die Membran bildet. Das Polymer kann somit mittels eines Gießverfahrens eingegossen werden. Insbesondere wird die Membran mittels eines Gießverfahrens hergestellt. Das fließfähige Polymer passt sich somit, insbesondere von selbst, einer Kontur und/oder möglichen Unebenheiten an. Das Polymer kann beispielsweise eine derartige Viskosität aufweisen, dass es selbstständig das Piezoelement

30

- umfließt. Die Membran wird somit aus einem noch nicht ausgehärteten Polymer ausgebildet, so dass die Membran in einem einfachen Herstellungsschritt hergestellt werden kann. Das Polymer, welche die Membran bildet, ist somit noch flüssig und/oder fließfähig. Das zumindest eine Piezoelement
- 5 kann auch von dem flüssigen bzw. fließfähigen Polymer eingegossen werden, was ebenfalls auf einfache Weise durchgeführt werden kann. Das Polymer umhüllt das zumindest eine Piezoelement zumindest teilweise. Die Membran ist somit dadurch mit dem zumindest einen Piezoelement gekoppelt, indem das Piezoelement von der Membran überzogen ist. Die Membran
- 10 ist somit unmittelbar mit auf dem Piezoelement angeordnet und/oder unmittelbar mit dem Piezoelement verbunden. Das Polymer wird ferner um das Piezoelement gegossen, wenn dieses bereits auf dem Trägersubstrat angeordnet ist.
- 15 Vorteilhaft ist es, wenn das Trägersubstrat steif ist. Es weist insbesondere eine derart hohe Steifigkeit auf, dass das Trägersubstrat beim Betrieb des MEMS-Schallwandlers nicht oder lediglich unerheblich schwingt. Somit ist nicht das Trägersubstrat, sondern die auf das zumindest eine Piezoelement aufgegossene Membran zur Schallerzeugung und/oder zur Schallerfassung
- 20 ausgebildet. Insbesondere ist die Steifigkeit des Trägersubstrats höher als die Steifigkeit der Membran nach dem Aushärten. Insbesondere schwingt das zumindest eine Piezoelement und/oder die Membran gegenüber dem Trägersubstrat.
- 25 Ferner ist es von Vorteil, wenn zuerst das zumindest eine Piezoelement auf das Trägersubstrat angeordnet wird und anschließend das zumindest eine Piezoelement mit dem Polymer umgossen wird.

- Die Membran weist vorteilhafterweise nach dem Aushärten des Polymers
- 30 eine Flexibilität und/oder Elastizität auf.

Der Einfachheit halber kann anstatt von dem zumindest einen Piezoelement auch lediglich von dem Piezoelement gesprochen werden.

Des Weiteren kann der MEMS-Schallwandler zumindest ein Merkmal der nachfolgenden Beschreibung aufweisen. Insbesondere kann der MEMS-Schallwandler derart hergestellt werden, dass dieser zumindest ein Merkmal der nachfolgenden Beschreibung aufweist.

Die Membran weist nach dem Aushärten des Polymers, also das ausgehärtete Polymer, einen weiteren Vorteil auf. Die Membran aus dem ausgehärteten Polymer und das Piezoelement bilden einen Verbund. Das Piezoelement kann beispielsweise aus einer Keramik ausgebildet sein. Ferner ist es für das Schwingungsverhalten des Piezoelements besser, wenn das Piezoelement relativ dünn ist. Dadurch steigt jedoch die Gefahr, dass das Piezoelement bricht. Mit Hilfe der Membran aus dem ausgehärteten Polymer, welches auch nach dem Aushärten eine Elastizität und Flexibilität aufweist, kann das Piezoelement stabilisiert werden. Die Membran aus dem ausgehärteten Polymer und das Piezoelement bilden ein Verbundsystem, bei dem die Membran das Piezoelement stabilisiert.

20

Dadurch, dass die Membran zu Beginn des Herstellungsprozesses flüssig bzw. fließfähig ist, kann das Polymer das zumindest eine Piezoelement gut umschließen, umhüllen, überziehen, benetzen und/oder umfließen.

25 Das Polymer kann beispielsweise auf Silikonbasis basieren. Das Polymer kann ein organisches oder anorganisches Polymer sein. Das Polymer kann ein Kunststoff sein.

Vorteilhaft ist es, wenn zwischen dem Piezoelement und der Membran Adhäsion ausgebildet ist. Die Membran ist somit mittels einer Klebung mit dem Piezoelement verbunden.

30

Von Vorteil ist es, wenn das zumindest eine Piezoelement in einem Aufnahme-
raum einer Dammanordnung angeordnet wird, so dass das Piezoelement
von der Dammanordnung vollständig umrandet ist. Der Aufnahme-
raum kann die Form eines Beckens bilden, welcher durch das Trägersubstrat, das zu-
5 mindest eine Piezoelement und die Dammanordnung begrenzt ist. In den
Aufnahmeraum bzw. das Becken kann während des Herstellungsverfahrens
des MEMS-Schallwandlers das noch nicht ausgehärtete, also das flüssige
bzw. fließfähige, Polymer eingefüllt bzw. eingegossen werden. Das Polymer
in dem Becken bzw. dem Aufnahme-
raum umschließt dann wenigstens das
10 zumindest eine Piezoelement und bildet nach dem Aushärten die Membran.
Die Dammanordnung und das zumindest eine Piezoelement sind dabei auf
derselben Seite, einer Oberseite, des Trägersubstrats angeordnet. Die Dam-
manordnung kann ferner ein Rahmen sein, welcher vollständig um das zu-
mindest eine Piezoelement angeordnet ist.

15 Dabei kann die Dammanordnung beispielsweise einteilig mit dem Trägersub-
strat ausgebildet sein oder werden. Der MEMS-Schallwandler kann beispiels-
weise auf einem Wafer ausgebildet werden. Das Trägersubstrat kann dann
ein Bereich des Wafers sein, wobei die Dammanordnung ebenfalls aus dem
20 Wafer ausgebildet wird.

Zusätzlich oder alternativ kann die Dammanordnung auch auf dem Trä-
gersubstrat angeordnet werden. Beispielsweise kann die Dammanordnung in
einem separaten Verfahren hergestellt und dann auf dem Trägersubstrat an-
25 geordnet werden. Weiterhin zusätzlich oder alternativ kann die Dammanord-
nung auch unmittelbar auf dem Trägersubstrat ausgebildet werden. Die
Dammanordnung kann beispielsweise mittels einem Abscheideverfahren auf
dem Trägersubstrat ausgebildet werden.

30 Das Trägersubstrat und/oder die Dammanordnung können beispielsweise
aus einem Siliziumwafer ausgebildet sein.

Außerdem kann zuerst der Aufnahmeraum ausgebildet werden und anschließend das Piezoelement in dem Aufnahmeraum angeordnet werden. Alternativ kann auch erst das Piezoelement auf dem Trägersubstrat angeordnet werden und anschließend der Aufnahmeraum ausgebildet werden.

5

Von Vorteil ist es, wenn das Polymer in den Aufnahmeraum gefüllt wird. Der Aufnahmeraum bildet somit einen Behälter für das Polymer. Das Polymer kann dabei in den Aufnahmeraum gefüllt werden, bis das zumindest eine Piezoelement vollständig mit dem Polymer bedeckt ist. Dadurch wird die

10 Membran vollständig über dem Piezoelement ausgebildet.

Vorteilhaft ist es, wenn die Dammanordnung zumindest teilweise aus zumindest einer Dammeinheit ausgebildet wird. Als Dammanordnung können beispielsweise Elemente dienen, welche ohnehin auf dem Trägersubstrat angeordnet sind. Ein derartiges Element kann beispielsweise ein ASIC sein, welcher zur Steuerung des MEMS-Schallwandlers auf dem Trägersubstrat angeordnet ist. Mit Hilfe der zumindest einen Dammeinheit kann die Dammanordnung ausgebildet werden, so dass das Piezoelement vollständig umrandet wird. Der ASIC bildet damit einen Teilabschnitt der Dammanordnung.

20

Von Vorteil ist es, wenn die Dammanordnung zumindest teilweise einteilig mit dem Trägersubstrat ausgebildet wird. Das Trägersubstrat kann beispielsweise eine Leiterplatte sein. Die Dammanordnung kann somit auch aus dem Material, beispielsweise einem Kunststoff, ausgebildet sein. Die Dammanordnung kann somit zusammen mit dem Trägersubstrat ausgebildet werden. Dabei können auch die Dammeinheiten einteilig mit dem Trägersubstrat ausgebildet werden.

Zusätzlich oder alternativ kann die Dammanordnung zumindest teilweise mit dem Trägersubstrat verbunden werden. Dadurch kann die Dammanordnung, nachdem das Piezoelement auf dem Trägersubstrat angeordnet ist, auf das

30

Trägersubstrat angeordnet werden, um auf die genaue Anordnung des zumindest einen Piezoelements eingehen zu können. Dabei kann die Dammanordnung beispielsweise mit dem Trägersubstrat verklebt werden. Zusätzlich oder alternativ kann auch das zumindest eine Piezoelement auf dem Trägersubstrat geklebt werden. Der Kleber, mit dem die Dammanordnung und/oder das Piezoelement auf dem Trägersubstrat angeordnet ist, kann beispielsweise elektrisch nicht leitfähig, d.h. isolierend, sein. Dabei kann auch die zumindest eine Dammeinheit mit dem Trägersubstrat verbunden bzw. auf die genannte Weise geklebt sein.

10

Vorteilhaft ist es, wenn der Aufnahmeraum vollständig mit dem Polymer befüllt wird. Dadurch kann sichergestellt werden, dass alle Elemente im Aufnahmeraum vom Polymer bedeckt und/oder umschlossen werden. Zusätzlich oder alternativ kann über der Dammanordnung angeordnetes Polymer abgestrichen und/oder abgezogen werden. Es kann vorkommen, insbesondere wenn der Aufnahmeraum vollständig mit Polymer befüllt wird, dass Polymer über die Dammanordnung ragt. Das überstehende Polymer kann dann beispielsweise mittels einer Abziehkante abgezogen und/oder abgestrichen werden. Dadurch wird das Polymer genau auf Höhe der Dammanordnung abgezogen. Die Dammanordnung und das Polymer sowie die anschließend gebildete Membran bilden somit eine bündige Ebene bzw. Fläche.

15
20

Von Vorteil ist es, wenn die Dammanordnung zusammen mit dem Trägersubstrat einteilig ausgebildet wird. Beispielsweise können Trägersubstrat und Dammanordnung mittels eines Abscheideverfahrens und/oder Ätzverfahrens ausgebildet werden.

25

Zusätzlich oder alternativ können die Dammanordnung und/oder das zumindest eine Piezoelement auf dem Trägersubstrat angeordnet werden. Dies kann beispielsweise mittels Kleben, Löten und/oder eutektischem Bonden erfolgen. Beim Kleben kann ein elektrisch isolierender, also ein elektrisch nicht-leitfähiger, Kleber benutzt werden.

30

Zusätzlich oder alternativ kann die Dammanordnung auch auf das Trägersubstrat aufgegossen werden.

- 5 Von Vorteil ist es, wenn auf das Trägersubstrat mehrere Piezoelemente angeordnet werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die Piezoelemente jeweils ein Fußelement und einen Kragarm aufweisen, wobei der Kragarm an einem ersten Ende mit dem
10 Fußelement verbunden ist und ein zweites Ende des Kragarms in Richtung einer Hubachse schwingen kann, wobei die Piezoelemente derart auf dem Trägersubstrat angeordnet werden, dass sich deren zweite Enden in einem Zentrum treffen. Die Piezoelemente können somit konzentrisch angeordnet sein. Die Piezoelemente können symmetrisch oder asymmetrisch konzentrisch
15 angeordnet sein.

Die Fußelemente können ferner gerade und/oder gebogen ausgebildet sein. Die Fußelemente können, wenn die Piezoelemente konzentrisch angeordnet sind, eine entsprechende Krümmung aufweisen, dass alle Fußelemente zusammen einen Kreis bilden. Alle Fußelemente können aber auch eine Ellipse
20 bilden und sind dementsprechend gebogen bzw. gekrümmt.

Von Vorteil ist es, wenn die mehreren Piezoelemente als eine Piezoeinheit ausgebildet werden. Dabei können die Fußelemente einteilig miteinander
25 ausgebildet werden, so dass die mehreren Piezoelemente zusammenhängen und die Piezoeinheit bilden. Dadurch können beim Herstellungsverfahren die mehreren Piezoelemente als Piezoeinheit in einem Schritt auf das Trägersubstrat angeordnet werden.

30 Zusätzlich oder alternativ können die Kragarme in einem Bereich an deren zweiten Enden, insbesondere im Zentrum, miteinander verbunden werden. Dadurch können die Kragarme als ein einziger Kragarm schwingen. Die

Kragarme sind dadurch gekoppelt. Vorteilhafterweise werden die Kragarme derart ausgebildet, dass diese bereits an den zweiten Enden verbunden sind.

Von Vorteil ist es, wenn die mehreren Piezoelemente als Polygon angeordnet werden. Dabei können die Piezoelemente auch als Hexagon ausgebildet werden. Es sind somit sechs Piezoelemente auf dem Trägersubstrat. Der MEMS-Schallwandler umfasst somit sechs Piezoelemente.

Vorteilhaft ist es, wenn das zumindest eine Piezoelement mit zumindest einer Leitung mit einer Anschlussstelle auf dem Trägersubstrat verbunden wird. Wenn das Trägersubstrat eine Leiterplatte ist, kann diese die Anschlussstelle aufweisen, über die elektrische Signale zwischen dem Piezoelement und einer Steuereinheit ausgetauscht werden können. Es kann dabei jedes Piezoelement mit einer zugeordneten Leitung mit einer Anschlussstelle verbunden werden. Die Leitungen können ebenfalls von dem Polymer umgossen werden, so dass die Leitungen fixiert und/oder geschützt sind.

Von Vorteil ist es, wenn in dem Trägersubstrat Akustiköffnungen und/oder eine Durchgangsöffnung angeordnet werden. Mit Hilfe der Akustiköffnungen oder der zumindest einen Akustiköffnung können akustische Eigenschaften des MEMS-Schallwandlers angepasst werden.

Die Durchgangsöffnung kann in einem in Richtung Hubachse vom Zentrum beabstandeten Bereich angeordnet werden. In die Durchgangsöffnung können sich die Piezoelemente beim Schwingen hineinerstrecken. Die Piezoelemente stoßen dadurch nicht am Trägersubstrat an.

Von Vorteil ist es, wenn das zumindest eine Piezoelement und/oder die Dammanordnung, insbesondere von einer Montageeinheit, aufgenommen und auf das Trägersubstrat aufgesetzt wird. Dadurch wird das Herstellungsverfahren vereinfacht. Ferner kann mit Hilfe der Montageeinheit das Piezoelement

und/oder die Dammanordnung mit einer hohen Genauigkeit auf dem Trägersubstrat platziert werden.

Von Vorteil ist es, wenn auf dem Trägersubstrat mehrere MEMS-Schallwandler angeordnet werden, welche voneinander getrennt werden. Das Trägersubstrat kann ein Wafer sein, welcher bis zu 45 cm Durchmesser aufweisen kann. Darauf können mehrere MEMS-Schallwandler angeordnet werden, so dass in einem Herstellungsverfahren eine Vielzahl an MEMS-Schallwandlern ausgebildet werden. Dabei werden entsprechend viele Dammanordnungen und Piezoelemente auf dem Trägersubstrat angeordnet. Die Dammanordnung kann beispielsweise ein Gitter sein, das auf das Trägersubstrat angeordnet wird, wobei jedes Fenster des Gitters einen Aufnahmeraum bildet. Das Polymer kann dann flächig auf dem Trägersubstrat, beispielsweise den Wafer, gegossen werden, fließt in die Vielzahl an Aufnahmeräumen und umschließt die darin angeordneten Piezoelemente. In jedem Aufnahmeraum ist zumindest ein Piezoelement angeordnet. Das Polymer kann noch verstrichen bzw. verteilt und/oder abgezogen bzw. abgestreift werden.

Das Trägersubstrat, das zumindest eine Piezoelement sowie die Dammanordnung können schichtweise aufgebaut werden.

Auf das Trägersubstrat können auch mehrere MEMS-Schallwandler angeordnet werden. Die MEMS-Schallwandler können dann voneinander getrennt werden. Dazu kann das Trägersubstrat getrennt werden. Dadurch können in einem Herstellungsprozess mehrere MEMS-Schallwandler hergestellt werden.

Des Weiteren wird ein MEMS-Schallwandler zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenbereich und/oder im Ultraschallbereich vorgeschlagen.

Der MEMS-Schallwandler umfasst ein Trägersubstrat.

Ferner umfasst der MEMS-Schallwandler zumindest ein auf dem Trägersubstrat angeordnetes Piezoelement zum Erzeugen und/oder Erfassen der Schallwellen.

5

Außerdem umfasst der MEMS-Schallwandler eine Membran, die mit dem zumindest einen Piezoelement gekoppelt ist, so dass zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen Schwingungen zwischen der Membran und dem zumindest einen Piezoelement ausgetauscht werden können.

10

Erfindungsgemäß ist der MEMS-Schallwandler mittels zumindest einem Verfahrensmerkmal gemäß der vorangegangenen und/oder nachfolgenden Beschreibung ausgebildet.

15 Von Vorteil ist es, wenn das zumindest eine Piezoelement in einem Aufnahme-
raum einer Dammanordnung angeordnet ist, welche das zumindest eine
Piezoelement vollständig umrandet.

Zusätzlich oder alternativ kann die Dammanordnung zumindest teilweise aus
20 zumindest einer Dammeinheit ausgebildet sein. Mit Hilfe der Dammeinheit
kann die Dammanordnung nach Bedarf ausgebildet werden.

Zusätzlich oder alternativ kann die Dammanordnung, insbesondere die zu-
mindest eine Dammeinheit, einteilig mit dem Trägersubstrat ausgebildet
25 und/oder auf dem Trägersubstrat angeordnet sein.

Von Vorteil ist es, wenn das zumindest eine Piezoelement und die Damman-
ordnung in einer Querrichtung voneinander beabstandet sind. Die Querrich-
tung ist dabei quer zu einer Hubachse der Kragarme orientiert. Die Querrich-
30 tung ist ferner parallel zum Trägersubstrat orientiert. Durch den Abstand zwi-
schen der Dammanordnung und dem Piezoelement kann zwischen diesen

beiden das Polymer fließen. Dadurch können die Dammanordnung und das Piezoelement gegeneinander fixiert werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die Dammanordnung eine Dammhöhe über dem Trägersubstrat aufweist, die höher bzw. größer ist als eine Piezoelementhöhe des
5 zumindest einen Piezoelements über dem Trägersubstrat. Dadurch kann das noch nicht ausgehärtete Polymer in das durch die Dammanordnung gebildete Becken gefüllt werden. Das Becken kann das Polymer zumindest soweit aufnehmen, bis das zumindest eine Piezoelement vollständig bedeckt ist. Die
10 Dammhöhe kann beispielsweise einen Betrag aufweisen, der der Piezoelementhöhe plus einer Dicke der Membran entspricht. Das noch nicht ausgehärtete Polymer kann dadurch in das Becken gefüllt werden und anschließend abgestrichen werden, so dass die Dammanordnung mit dem Polymer eine Ebene bildet. Dadurch wird exakt die Membran mit der gewünschten Di-
15 cke ausgebildet. Die Membran ist dann mit der Dammanordnung bündig.

Vorteilhaft ist es, wenn das zumindest eine Piezoelement zumindest ein Fußelement und einen Kragarm umfasst, wobei der Kragarm mit einem ersten Ende mit dem Fußelement verbunden ist und ein vom Fußelement beab-
20 standenes zweites Ende des Kragarms in Richtung einer Hubachse schwingen kann. Beim Anlegen der elektrischen Spannung bzw. des elektrischen Signals kann der Kragarm dabei entlang der Hubachse schwingen, so dass das Piezoelement und mittels der Membran die Schallwellen erzeugt werden kann. Der Kragarm kann auch selbst durch die Membran in Schwingungen
25 versetzt werden, so dass dadurch die Schallwellen erfasst werden können. Das Piezoelement ist ferner mittels dem zumindest einen Fußelement auf dem Trägersubstrat angeordnet. Dabei kann der Kragarm vollständig von der Membran überzogen sein.

30 Von Vorteil ist es, wenn zwischen dem zumindest einen Piezoelement und dem Trägersubstrat ein Hohlraum angeordnet ist, welcher von dem Trägersubstrat und dem Piezoelement, insbesondere vom Fußelement und/oder

dem Kragarm, begrenzt ist. Der Hohlraum bildet einen Resonanzraum, mit welchem die akustischen Eigenschaften des MEMS-Schallwandlers verbessert werden können. Der Hohlraum ist auf der zur Membran gegenüberliegenden Seite des Piezoelements angeordnet. Ferner kann das zumindest
5 eine Piezoelement in den Hohlraum schwingen. Der Hohlraum ist somit in Richtung der Hubachse unter dem Piezoelement angeordnet.

Vorteilhaft ist es, wenn der MEMS-Schallwandler mehrere Piezoelemente umfasst. Dadurch kann die Akustikleistung erhöht werden. Beispielsweise
10 kann dadurch Musik mit einer höheren Leistung erzeugt werden. Wird der MEMS-Schallwandler dagegen als Mikrofon betrieben, können leisere Töne erfasst werden. Wenn mehrere Piezoelemente vorhanden sind, kann auch ein Teil als Lautsprecher und ein anderer Teil als Mikrofon betrieben werden.

15 Ferner ist es von Vorteil, wenn die mehreren Piezoelemente derart auf dem Trägersubstrat angeordnet sind, dass diese sich mit ihren jeweiligen zweiten Enden in einem Zentrum treffen. Dadurch können die mehreren Piezoelemente wie ein einziges, entsprechend größeres, Piezoelement wirken. Es kann einfacher sein, ein großes Piezoelement aus mehreren kleineren Piezo-
20 elementen zusammenzusetzen, als ein einziges großes Piezoelement herzustellen. Außerdem können die mehreren Piezoelemente zu verschiedenen Formen zusammengesetzt werden.

Vorteilhaft ist es, wenn die zweiten Enden der Piezoelemente miteinander im
25 Zentrum verbunden sind. Dadurch können die mehreren Piezoelemente besser als ein einziges großes Piezoelement betrieben werden.

Von Vorteil ist es, wenn die mehreren Piezoelemente polygonförmig, insbesondere hexagonal, um das Zentrum angeordnet sind. Zusätzlich oder alter-
30 nativ kann der Kragarm des zumindest einen Piezoelements dreieckig ausgebildet sein. Das erste Ende des Kragarms kann dabei die Grundseite des Dreiecks aufweisen bzw. bilden. Vorteilhafterweise ist am ersten Ende stets

eine Grundseite des Polygons angeordnet, so dass das erste Ende mit dem Fußelement verbunden ist und dadurch eine flächige Verbindung zwischen Kragarm und Fußelement ausgebildet werden kann. An dem zweiten Ende des Kragarms kann dann die Spitze des Dreiecks angeordnet sein. Die Spitzen mehrerer Kragarme bzw. Dreiecke können sich somit im Zentrum treffen.

Vorteilhaft ist es, wenn der Kragarm des zumindest einen Piezoelements im Bereich des zweiten Endes einen Federabschnitt aufweist. Zusätzlich oder alternativ kann der Kragarm am zweiten Ende auch ein Federelement aufweisen.

Des Weiteren ist es zusätzlich oder alternativ von Vorteil, wenn die Kragarme mittels den Federabschnitten und/oder den Federelementen miteinander verbunden sind. Dabei kann auch nur ein Teil der Piezoelemente einen Federabschnitt und/oder ein Federelement aufweisen. Beispielsweise kann, wenn sich zwei Piezoelemente gegenüberliegen, lediglich ein Piezoelement einen Federabschnitt und/oder ein Federelement aufweisen. Mit Hilfe des Federabschnitts und/oder des Federelements können die Piezoelemente bewegt werden, auch wenn diese miteinander im Zentrum verbunden sind. Die Federabschnitte und/oder die Federelemente dehnen sich, wenn die Piezoelemente ausgelenkt werden bzw. schwingen.

Von Vorteil ist es, wenn die mehreren Piezoelemente konzentrisch zueinander angeordnet sind.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn die jeweiligen Fußelemente der mehreren Piezoelemente einteilig miteinander ausgebildet sind. Infolgedessen sind die Piezoelemente miteinander verbunden und bilden somit eine Piezoeinheit aus mehreren Piezoelementen aus. Die Piezoeinheit kann dann als Bauteil auf das Trägersubstrat angeordnet werden.

Vorteilhaft ist es, wenn das Trägersubstrat eine Durchgangsöffnung aufweist, welche in Richtung der Hubachse unter dem Zentrum und/oder den Federabschnitten und/oder den Federelementen angeordnet ist. Dadurch kann sich das schwingbare zweite Ende des Kragarms des zumindest einen Piezoelements beim Schwingen in die Durchgangsöffnung hineinbewegen. Dadurch kann verhindert werden, dass der Kragarm beim Schwingen an dem Trägersubstrat anstößt.

Zusätzlich oder alternativ ist es von Vorteil, wenn das Trägersubstrat zumindest eine Akustiköffnung aufweist, welche im Bereich des Hohlraums angeordnet ist. Dadurch können die akustischen Eigenschaften des MEMS-Schallwandlers angepasst werden. Beispielsweise können dadurch Resonanzeigenschaften des Hohlraums angepasst werden.

Vorteilhaft ist es, wenn der Federabschnitt und/oder ein Bereich zwischen zwei benachbarten Piezoelementen derart ausgebildet ist, dass diese für das Polymer dicht sind. Die mehreren Piezoelemente und/oder der zumindest eine Federabschnitt weist somit eine Dichtigkeit für das Polymer auf. Dadurch kann verhindert werden, dass das noch nicht ausgehärtete Polymer in den Hohlraum fließen kann. Beispielsweise können die beiden benachbarten Piezoelemente einen derartigen Abstand zueinander aufweisen, dass das flüssige Polymer zurückgehalten wird. Der Abstand ist dabei abhängig von einer Viskosität des Polymers.

Von Vorteil ist es, wenn das Trägersubstrat als Leiterplatte ausgebildet ist. Das Trägersubstrat kann auch Anschlussstellen aufweisen. Dadurch kann mit Hilfe des Trägersubstrats das elektrische Signal bzw. die elektrische Spannung zum zumindest einen Piezoelement geführt und/oder von diesem weggeführt werden.

30

Zusätzlich oder alternativ kann das zumindest eine Piezoelement mit einer Leitung mit einer Anschlussstelle elektrisch verbunden sein. Dabei kann die

Leitung in das Polymer eingegossen sein. Beim Herstellungsverfahren umfließt somit das flüssige Polymer auch die Leitung. Die Leitung kann dadurch vor Beschädigung geschützt werden.

- 5 Weitere Vorteile der Erfindung sind in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Schnittansicht eines schematischen
MEMS-Schallwandlers mit einem auf einem Trägersubstrat an-
geordneten Piezoelement,

Figur 2 eine Draufsicht auf den MEMS-Schallwandler mit sechs Piezo-
elementen,

15 **Figur 3** eine Schnittansicht des MEMS-Schallwandlers mit einer Memb-
ran und

Figur 4 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen des
MEMS-Schallwandlers.

20

Figur 1 zeigt eine perspektivische Schnittansicht eines schematischen
MEMS-Schallwandlers 1 mit zumindest einem auf einem Trägersubstrat 2
angeordneten Piezoelement 3a – 3c. Der hier gezeigte MEMS-Schallwandler
1 ist dabei lediglich zur Hälfte gezeigt. Der Einfachheit halber kann im folgen-
den lediglich von einem Piezoelement 3 gesprochen werden. Wenn es für die
25 Beschreibung von Vorteil ist, kann von mehreren Piezoelementen 3a – 3c
gesprochen werden. Der Übersichtlichkeit halber können auch Merkmale erst
in einer folgenden Figur beschrieben und mit einem Bezugszeichen versehen
sein.

30

Mit Hilfe des zumindest einen Piezoelements 3 können Schallwellen erfasst
und/oder erzeugt werden. Mit Hilfe des zumindest einen Piezoelements 3

kann der MEMS-Schallwandler 1 somit als Lautsprecher und/oder als Mikrofon betrieben werden.

Das Piezoelement 3 ist mit einer hier nicht gezeigten Membran 4 gekoppelt
5 (die Membran 4 ist erst in einer der folgenden Figuren gezeigt). Mit Hilfe der Membran 4 kann eine darüber angeordnete Luft in Schwingung versetzt werden, so dass die Schallwellen ausgebildet werden. Die Membran 4 wird in Schwingung versetzt, indem das Piezoelement 3 mit einem elektrischen Signal beaufschlagt wird, so dass sich das Piezoelement 3 gemäß dem Signal
10 auslenkt. Dagegen kann die schwingende Luft die Membran 4 selbst zum Schwingen anregen, wobei das Piezoelement 3 mitschwingt. Das Piezoelement 3 setzt die eigenen Schwingungen in ein elektrisches Signal um, so dass die Schallwellen erfasst sind.

15 Die Membran 4 ist aus einem ausgehärteten Polymer 17 ausgebildet, mit welchem das zumindest eine Piezoelement 3 zumindest teilweise umgossen ist (das Polymer 17 ist ebenfalls in einer folgenden Figur gezeigt). Das Piezoelement 3 kann vom ausgehärteten Polymer 17 auch umgossen sein. Das Polymer 17 war somit beim Herstellungsprozess flüssig bzw. fließfähig und
20 aushärtbar, so dass das Piezoelement 3 auf einfache Weise überzogen, insbesondere umgossen, werden kann. Nach dem Aushärten des Polymers 17 ist die Membran 4 gebildet.

Das ausgehärtete Polymer 17 weist auch nach Aushärten eine Flexibilität
25 und Weichheit auf, so dass die darauf gebildete Membran 4 eine Elastizität aufweist. Die Elastizität der Membran 4 hängt dabei auch von ihrer Dicke D, insbesondere über dem in Figur 1 gezeigten Piezoelement 3, ab.

Die Dicke D der Membran 4 auf dem zumindest einem Piezoelement 3 kann
30 beispielsweise zwischen 0,05 mm und 0,2 mm betragen. Die Dicke D der Membran 4 kann aber auch 0,1 mm betragen. Die Dicke der Membran 4 ist

dabei in Richtung der Hubachse H gemessen. Die Dicke D der Membran 4 ist in Figur 3 mit einem Bezugszeichen versehen.

Die Membran 4 auf dem Piezoelement 3 bilden zusammen ein Verbundsystem. Das Piezoelement 3 aus einem Piezomaterial weist eine hohe Steifheit auf, so dass das Piezoelement 3 alleine bei Verformung brechen kann. Mit Hilfe des Überzugs aus dem ausgehärteten Polymers 17, welches zugleich die Membran 4 bildet und eine Elastizität aufweist. Die Membran 4 hält das Piezoelement 3 zusammen. Das Brechen des Piezoelements 3 kann
10 dadurch verhindert werden.

Auf dem Trägersubstrat 2 ist in diesem Ausführungsbeispiel eine Dammanordnung 5 angeordnet. Die Dammanordnung 5 kann zusätzlich oder alternativ auch einteilig mit dem Trägersubstrat 2 ausgebildet sein bzw. werden. Die
15 Dammanordnung 5 umrandet vorteilhafterweise das Piezoelement 3 vollständig. Durch die Dammanordnung 5 und das Trägersubstrat 2 ist ein Aufnahme-
raum 7 gebildet. Beim Herstellungsverfahren kann in den Aufnahme-
raum 7 das flüssige bzw. fließfähige Polymer 17 gefüllt werden, so dass das Piezo-
element 3 von dem Polymer 17 umgossen bzw. umschlossen wird. Anschlie-
20 ßend kann das Polymer 17 aushärten, wobei sich die Membran 4 bildet. Die
Dammanordnung 5, das Trägersubstrat 2 und/oder das zumindest eine Piezo-
element 3 bilden den Aufnahme-
raum 7 oder ein Becken, in den das flüssige
bzw. fließfähige Polymer 17 eingefüllt werden kann.

25 Die Dammanordnung 5 kann aus zumindest einer Dammeinheit 6 ausgebildet sein. Die Dammeinheit 6 und/oder die Dammanordnung 5 ist in diesem
Ausführungsbeispiel als ein Rahmen ausgebildet, der das zumindest eine
Piezoelement 3 umrandet. Die zumindest eine Dammeinheit 6 kann auch aus
mehreren einzelnen Elementen ausgebildet sein, die derart auf dem Trä-
30 gersubstrat 2 angeordnet sind/werden, so dass die Dammanordnung 5 das
zumindest eine Piezoelement 3 vollständig umranden. Als Dammanordnung

5 können auch bereits vorhandene Elemente auf dem Trägersubstrat 2 dienen. Beispielsweise kann eine auf dem Trägersubstrat 2 angeordnete Steuereinheit, beispielsweise in Form eines ASICs, als Teil der Dammanordnung 5 dienen. Die Dammeinheit 6 kann dann derart ausgebildet sein, dass die
5 Dammeinheit 6 und der ASIC die Dammanordnung 5 bilden.

Die Dammanordnung 5, insbesondere die hier gezeigte zumindest eine Dammeinheit 6, ist gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel mit dem Trägersubstrat 2 verbunden. Die Dammanordnung 5 kann beispielsweise auf
10 das Trägersubstrat 2 aufgeklebt sein. Als Kleber kann beispielsweise ein elektrisch nicht leitfähiger, also ein elektrisch isolierender, Kleber verwendet werden. Alternativ kann die Dammanordnung 5 auch einteilig mit dem Trägersubstrat 2 ausgebildet sein. Dadurch kann beispielsweise der Herstellungsprozess des MEMS-Schallwandlers 1 vereinfacht werden.

15 Das zumindest eine Piezoelement 3 weist in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ein Fußelement 8 und einen Kragarm 9 auf. Die hier gezeigten drei Piezoelemente 3a – 3c weisen jeweils ein Fußelement 8a – 8c und jeweils einen Kragarm 9a – 9c auf. Das Fußelement 8b ist hier nicht zu sehen.
20 Es ist vom Kragarm 9b verdeckt. Der Einfachheit halber wird wieder lediglich von einem Fußelement 8 und einem Kragarm 9 gesprochen.

Der Kragarm 9 weist ein erstes Ende 10 und ein davon beabstandetes zweites Ende 11 auf. Der Übersichtlichkeit halber ist das erste und das zweite
25 Ende 10, 11 lediglich am Kragarm 9c mit einem Bezugszeichen versehen. Die beiden Enden 10, 11 sind bei allen Piezoelementen 3 bzw. Kragarmen 9 gleich.

Der Kragarm 9 ist am ersten Ende 10 mit dem Fußelement 8 verbunden. Das
30 zweite Ende 11 ist vom Fußelement 8 beabstandet. Der Kragarm 9 ist somit mit dem ersten Ende 10 am Fußelement 8 festgelegt. Das zweite Ende 11

kann gegenüber dem ersten Ende 10 frei schwingen. Das zweite Ende 11 kann in Richtung der Hubachse H schwingen.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das zumindest eine Piezoelement 3
5 dreieckig ausgebildet. Hier sind alle Piezoelemente 3 dreieckig. Eine Grund-
seite des Dreiecks ist mit dem Fußelement 8 verbunden. Dadurch wird ein
Verbindungsbereich zwischen Kragarm 9 und dem Fußelement 8 vergrößert.
Eine Spitze des Dreiecks ist am zweiten Ende 11 angeordnet. Insbesondere
10 treffen sich alle Spitzen aller Piezoelemente 3 im Zentrum Z. In der vorliegen-
den halben Schnittansicht sind drei dreieckige Piezoelemente 3 gezeigt. Der
vollständige MEMS-Schallwandler 1 weist somit sechs dreieckige Piezoele-
mente 3 auf, welche derart angeordnet sind, dass sich ein, insbesondere re-
gelmäßiges, Hexagon bildet.

15 Die zweiten Enden 11 der jeweiligen Kragarme 9 treffen sich in einem Zent-
rum Z. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Zentrum Z
mittig zwischen den jeweiligen Piezoelementen 3 angeordnet. Die Piezoele-
mente 3, insbesondere die zweiten Enden 11 der jeweiligen Kragarme 9,
können im Zentrum Z miteinander verbunden sein. Infolgedessen können die
20 mehreren Piezoelemente 3 wie ein einziges, entsprechend größeres, Piezoele-
ment 3 schwingen. Dadurch kann eine Leistung, insbesondere eine Laut-
sprecherleistung und/oder eine Mikrofonleistung, des MEMS-Schallwandlers
1 erhöht werden.

25 Das Piezoelement 3 weist im Bereich des zweiten Endes 11 des Kragarms 9
einen Federabschnitt 12 auf. Der Einfachheit halber wird wieder lediglich von
einem Federabschnitt 12 gesprochen. Wenn es für die Erfindung nötig ist,
wird von den Federabschnitten 12 gesprochen.

30 Die Federabschnitte 12a – 12c können sich dehnen, wenn die Piezoele-
mente 3 in Richtung der Hubachse H schwingen. Dadurch kann verhindert

werden, dass die Piezoelemente 3 reißen oder brechen, wenn sie schwingen und im Zentrum Z miteinander verbunden sind.

Ferner können die Piezoelemente 3, insbesondere lediglich, mit den Feder-
5 abschnitten 12 miteinander verbunden sein.

Der MEMS-Schallwandler 1 weist außerdem einen Hohlraum 13 auf. Der Hohlraum 13 ist in Richtung der Hubachse H zwischen dem zumindest einen Piezoelement 3 und dem Trägersubstrat 2 angeordnet. Der Hohlraum 13 ist
10 auf der dem Aufnahmeraum 7 abgewandten Seite des zumindest einen Piezoelements 3 angeordnet. Das zumindest eine Piezoelement 3 trennt den Aufnahmeraum 7 vom Hohlraum 13. In den Hohlraum 13 kann das Piezoelement 3 schwingen. Der Hohlraum 13 kann ferner ein Resonanzraum sein. Der Hohlraum 13 ist in Richtung der Hubachse H unter dem Piezoelement 3
15 angeordnet. Das Piezoelement 3 kann somit in den Hohlraum 13 schwingen.

Des Weiteren ist im Trägersubstrat 2 des vorliegenden Ausführungsbeispiels eine Durchgangsöffnung 14 angeordnet. Hier ist die Durchgangsöffnung 14 in Richtung der Hubachse H unter dem Zentrum Z angeordnet. Die Durch-
20 gangsöffnung 14 kann eine Schallaustritts- und/oder Schalleintrittsöffnung sein. Zusätzlich oder alternativ können die zweiten Enden 11 in die Durchgangsöffnung 14 schwingen.

Figur 2 zeigt den MEMS-Schallwandler 1 mit sechs Piezoelementen 3a – 3f.
25 Der Einfachheit halber werden Merkmale, die in der vorangegangenen Figur bereits beschrieben sind und welche im Wesentlichen die gleiche Wirkung aufweisen, hier nicht nochmals beschrieben. Außerdem werden für im Vergleich zur vorangegangenen Figur gleiche Merkmale mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der Übersichtlichkeit halber können auch Merkmale erst in
30 einer folgenden Figur beschrieben werden.

Gemäß dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel sind die sechs Piezoelemente 3a – 3f in einem, insbesondere regelmäßigen, Hexagon angeordnet. Die Piezoelemente 3 können regelmäßig angeordnet sein, auch wenn weniger oder mehr als sechs Piezoelemente 3 auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet sind. Beispielsweise können auch vier Piezoelemente 3 in einem Viereck oder acht Piezoelemente 3 in einem Achteck angeordnet sein.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Piezoelemente 3 als regelmäßige Dreiecke ausgebildet. Das heißt, jeder Winkel im Dreieck beträgt 60°.

Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist jedes Piezoelement 3 mittels einer Leitung 15 mit einer Anschlussstelle 16 auf dem Trägersubstrat 2 elektrisch verbunden. Wenn das Trägersubstrat 2 als eine Leiterplatte ausgebildet ist, sind die Anschlussstellen 16 mit der Leiterplatte elektrisch verbunden bzw. sind Teil der Leiterplatte. Der Einfachheit und Übersichtlichkeit halber ist lediglich eine Leitung 15 und eine Anschlussstelle 16 mit einem Bezugszeichen versehen.

Des Weiteren sind gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Fußelemente 8a – 8f einteilig miteinander ausgebildet. Alternativ können auch zumindest ein Teil der Fußelemente 8a – 8f einzeln ausgebildet sein. Die Fußelemente 8a – 8f grenzen jedoch vorteilhafterweise aneinander an bzw. stoßen aneinander an, so dass das flüssige bzw. fließfähige Polymer 17 nicht zwischen den Fußelementen 8a – 8f hindurchfließen kann.

Figur 3 zeigt einen Schnitt des MEMS-Schallwandlers 1 mit Membran 4 aus ausgehärteten Polymer 17. Der Einfachheit halber werden Merkmale, die in der vorangegangenen Figur bereits beschrieben sind und welche im Wesentlichen die gleiche Wirkung aufweisen, hier nicht nochmals beschrieben. Außerdem werden für im Vergleich zu den vorangegangenen Figuren gleiche Merkmale mit gleichen Bezugszeichen versehen. Der Übersichtlichkeit halber können auch Merkmale erst in einer folgenden Figur beschrieben werden.

Der Übersichtlichkeit halber ist der MEMS-Schallwandler 1 dicker ausgebildet, als er sein kann. Die Größenverhältnisse, insbesondere in Richtung der Hubachse H, sind zur besseren Erkennbarkeit vergrößert.

- 5 Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Aufnahmeraum 7 mit dem Polymer 17 ausgefüllt. Das Polymer 17 kann auch die Leitungen 15a, 15b umschließen, so dass eine Beschädigung verhindert werden kann.

Das Polymer 17 ist ebenfalls auf dem zumindest einem Piezoelement 3 angeordnet, so dass es die Membran 4 bildet. Mit Hilfe der Membran 4 können
10 die Schallwellen erfasst und/oder erzeugt werden. Die Membran 4 weist aber noch eine Elastizität auf und bildet mit dem Piezoelement 3 ein Verbundsystem, wobei die Membran 4 verhindert, dass das Piezoelement 3 bricht. Die Membran 4 ist dabei unmittelbar auf dem Piezoelement 3, insbesondere dem
15 Kragarm 9, angeordnet. Beispielsweise kann zwischen der Membran 4 und dem Piezoelement 3, insbesondere dem Kragarm 9, Adhäsion ausgebildet sein. Diese entsteht, wenn das flüssige bzw. fließfähige Polymer 17 aushärtet. Das Polymer 17 bzw. die Membran 4 kann mit dem Piezoelement 3, insbesondere dem Kragarm 9, verklebt sein.

20

Des Weiteren ist das zumindest eine Piezoelement 3 dicht gegenüber dem flüssigen bzw. fließfähigen Polymer 17. Dadurch wird verhindert, dass das Polymer 17 in den Hohlraum 13 fließt. Wenn mehrere Piezoelemente 3 auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet sind, weisen die Stellen, an denen die Pie-
25 zoelemente 3 aneinander angrenzen die Dichtigkeit auf, so dass auch dort das Polymer 17 nicht in den Hohlraum 13 fließen kann.

Außerdem weist der Federabschnitt 12 eine Dichtigkeit auf, so dass das flüssige bzw. fließfähige Polymer nicht durch den Federabschnitt 12 fließen
30 kann.

Die besagten Dichtigkeiten hängen natürlich von einer Viskosität des flüssigen bzw. fließfähigen Polymers 17 ab. Die Viskosität des Polymers 17 ist dabei derart, dass es sich selbstständig im Aufnahmeraum 7 verteilt und beispielsweise auch um die Leitungen 15 fließt.

5

Ferner weist die Dammanordnung 5, insbesondere die zumindest eine Dammeinheit 6, eine Dammhöhe H_d auf. Das zumindest eine Piezoelement 3 weist eine Piezoelementhöhe H_p auf. Vorteilhafterweise ist die Dammhöhe H_d größer als die Piezoelementhöhe H_p . Dadurch kann der Aufnahmeraum 7
10 vollständig mit dem Polymer 17 befüllt werden, so dass das Polymer 17 auch das zumindest eine Piezoelement 3, insbesondere den Kragarm 9, bedeckt und die Membran 4 ausbilden kann. Aus der Differenz zwischen Dammhöhe H_d und Piezoelementhöhe H_p kann sich die Dicke D der Membran 4 ergeben. Die Membran 4 ist dann bündig mit der Dammanordnung 5.

15

Die Dammhöhe H_d kann beispielsweise zwischen 0,3 mm und 2 mm liegen. Die Dammhöhe H_d kann auch 0,55 mm sein. Die Piezoelementhöhe H_p kann zwischen 0,2 und 1,5 mm liegen. Die Piezoelementhöhe H_p kann auch 0,45 mm sein. Eine hier nicht eingezeichnete Dicke des Trägersubstrats 2
20 kann 0,25 mm sein. Die Dicke des Trägersubstrats 2 kann aber auch zwischen 0,1 mm und 1,5 mm liegen.

Ferner weist der MEMS-Schallwandler 1 eine Querrichtung Q auf. Die Querrichtung Q ist quer zur Hubachse H orientiert. Die Querrichtung Q ist parallel
25 zur Ebene des Trägersubstrats 2 orientiert.

Des Weiteren ist das zumindest eine Piezoelement 3 von der Dammanordnung 5 in Querrichtung Q beabstandet. Zwischen der Dammanordnung 5 und dem Piezoelement 3 ist ein Abstand A angeordnet.

30

Wie in Figur 3 gezeigt ist, ist der Abstand A zwischen der Dammanordnung 5 und den Piezoelementen 3 nicht konstant. Je nach Anordnung kann sich der Abstand A ändern.

5 Figur 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Herstellen des MEMS-Schallwandlers 1. Der MEMS-Schallwandler 1 kann dabei zumindest ein Merkmal der vorangegangenen Beschreibung, insbesondere der Figuren 1 – 3, aufweisen. Der MEMS-Schallwandler 1 kann ferner gemäß zumindest einem Merkmal der vorangegangenen Beschreibung, insbesondere der Figuren 1 – 3, ausgebildet werden. Insbesondere werden hier für die körperlichen Merkmale die Bezugszeichen der vorangegangenen Figuren verwendet. Der Einfachheit halber werden die Merkmale nicht nochmals erläutert, wenn diese die gleichen oder zumindest ähnlichen Eigenschaften aufweisen, wie in den vorangegangenen Figuren.

15

In einem ersten Schritt 18 kann das Trägersubstrat 2 bereitgestellt werden. Das Trägersubstrat 2 kann beispielsweise eine Leiterplatte sein, die entsprechend hergestellt ist. Das Trägersubstrat 2 kann auch ein Wafer sein, welcher mittels Abscheide- und/oder Ätzverfahren behandelt werden kann oder wird.

20

In einem folgenden Schritt 23 wird das Trägersubstrat 2 bestückt. Beispielsweise kann ein ASIC bzw. eine Steuereinheit auf das Trägersubstrat 2 angeordnet werden. Es können aber auch Leiterbahnen oder beispielsweise die Anschlussstellen 16 angeordnet werden.

25

In einem nächsten Schritt 19 wird ein Kleber bereitgestellt. Der Kleber kann beispielsweise ein elektrisch isolierender, d.h. ein nicht leitfähiger, Kleber sein. Mit Hilfe des Klebers können weitere Elemente, wie beispielsweise die Dammanordnung 5, die Dammeinheit 6 und/oder das Piezoelement 3, auf das Trägersubstrat 2 aufgeklebt werden.

30

In einem folgenden Schritt 24 wird der Kleber auf dem Trägersubstrat 2 verteilt bzw. angeordnet.

In einem hier nicht gezeigten und folgenden Schritt kann auch die Dammanordnung 5, insbesondere die zumindest eine Dammeinheit 6, auf das Trägersubstrat 2 angeordnet werden. Die Dammanordnung 5, insbesondere die zumindest eine Dammeinheit 6, kann dabei ebenfalls mittels des Klebers auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet werden. Die Dammanordnung 5 kann jedoch auch erst in einem späteren Schritt auf das Trägersubstrat 2 angeordnet werden.

In einem nächsten Schritt 20 wird das zumindest eine Piezoelement 3 bereitgestellt. Wenn mehrere Piezoelemente 3 auf das Trägersubstrat 2 angeordnet werden, werden natürlich mehrere Piezoelemente 3 bereitgestellt. Die mehreren Piezoelemente 3 können auch zu einer Piezoeinheit 31 zusammengefasst und/oder miteinander verbunden sein. Dadurch können die mehreren Piezoelemente 3 als Piezoeinheit 31 auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet werden.

In einem folgenden Schritt 25 wird das zumindest eine Piezoelement 3 auf das Trägersubstrat 2 angeordnet. Dies kann mittels sogenanntem „pick and place“ erfolgen. Es kann beispielsweise eine Montageeinheit, insbesondere ein Montageroboter, das zumindest eine Piezoelement 3 von einer Bevorratungseinheit greifen und auf das Trägersubstrat 2 setzen. Dabei können nacheinander und/oder gleichzeitig mehrere Piezoelemente 3 auf das Trägersubstrat 2 angeordnet werden. Dabei können die mehreren Piezoelemente 3 in Form eines Polygons, insbesondere eines Hexagons gemäß Figur 2, angeordnet werden. Es kann auch die Piezoeinheit 31 angeordnet werden. Die Dammanordnung 5 kann auch erst auf das Trägersubstrat 2 angeordnet werden, wenn das Piezoelement 3 bereits auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet ist.

Die mehreren Piezoelemente 3 können auch zu einer Piezoeinheit 31 zusammengefasst sein. Beispielsweise können die Piezoelemente 3 zusammen hergestellt werden und zusammen die Piezoeinheit 31 bilden. Beispielsweise können die Fußelemente 8 der Piezoelemente 3 einteilig miteinander
5 ausgebildet werden, so dass die Piezoelemente 3 zusammenhängen und die Piezoeinheit 31 bilden. Es wird dann die Piezoeinheit 31 auf das Trägersubstrat 2 angeordnet.

In einem hier nicht gezeigten Schritt kann, wenn alle Bauteile auf das Trägersubstrat 2 angeordnet sind, ein Aushärtungsschritt für den Kleber ausgeführt werden. Beispielsweise kann der Kleber mittels Wärmezufuhr ausgehärtet werden.
10

In einem folgenden Schritt 21 wird eine Leitung 15 bereitgestellt. Dabei werden natürlich mehrere Leitungen 15 bereitgestellt, wenn mehrere Piezoelemente 3 mit einer Leitung 15 versehen werden sollen. Ein Piezoelement 3 kann auch mit mehreren Leitungen 15 versehen werden.
15

In einem nächsten Schritt 26 wird die zumindest eine Leitung 15 mit dem zumindest einen Piezoelement 3 und/oder der Anschlussstelle 16 verbunden. Die Leitung 15 kann beispielsweise festgelötet werden.
20

In einem folgenden Schritt 22 wird das fließfähige bzw. flüssige Polymer 17 bereitgestellt. Das Polymer 17 kann beispielsweise in diesem Schritt 22 erst verflüssigt bzw. in einen fließfähigen Zustand gebracht werden. Beispielsweise kann das, zu Beginn feste, Polymer 17 erwärmt werden, so dass es fließfähig bzw. flüssig wird. Das Polymer 17 kann aber auch angemischt werden. Das Polymer 17 kann beispielsweise zumindest eine Zwei-Komponenten-Mischung sein, wobei eine Komponente ein Härter ist. Es können auch
25 mehrere Komponenten gemischt werden. Vorzugsweise basiert das Polymer 17 auf einer Silikonbasis. Das Polymer 17 kann sich beispielsweise selbst aushärten, d.h. ohne äußeren Einfluss.
30

In einem nächsten Schritt 27 wird das fließfähige bzw. flüssige Polymer 17 um das zumindest eine Piezoelement 3 gegossen. Dabei kann das Polymer 17 über das Piezoelement 3 gegossen werden, bis es vollständig bedeckt ist.

5 Einen Vorteil bringt es mit sich, wenn die Dammanordnung 5 auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet ist. Mit der Dammanordnung 5 bildet sich der Aufnahme-
raum 7 aus. Die Dammanordnung 5, das Trägersubstrat 2 und/oder
das Piezoelement 3 bilden dann die Form eines Beckens aus. In den Aufnahme-
raum 7 bzw. zwischen die Dammanordnung 5 kann das fließfähige Poly-
10 mer 17 eingefüllt werden. Dadurch kann das Piezoelement 3 auf einfache
Weise umgossen werden. Das Polymer 17 kann dabei soweit eingegossen
werden, bis das Piezoelement 3 bedeckt ist. Alternativ kann der Aufnahme-
raum 7 auch vollständig befüllt werden. Die Dammanordnung 5 ragt dabei
über das Piezoelement 3 hinweg. Wie in Figur 3 gezeigt ist, kann die Damm-
15 höhe H_d größer sein als die Piezoelementhöhe H_p . Vorteilhafterweise ist
auch die Leitung 15 in dem Aufnahme-
raum 7 angeordnet, so dass diese
ebenfalls eingegossen werden.

In einem weiteren, hier nicht gezeigten Schritt, kann das Polymer 17, wenn
20 es im Aufnahme-
raum 7 und zwischen der Dammanordnung 5 angeordnet ist,
abgestriffen werden. Beispielsweise bildet gemäß Figur 1 die Dammanord-
nung 5 eine Ebene, welche über dem Piezoelement 3 angeordnet ist. Mit ei-
ner Abziehkante kann so überschüssiges Polymer 17 abgezogen werden. In-
folgedessen sind das Polymer 17 und die Dammanordnung 5 bündig zuei-
25 nander (wie beispielsweise in Figur 3 gezeigt ist). Das Abziehen kann auch
als Abstreifen bezeichnet werden.

In einem folgenden, hier nicht gezeigten Schritt, kann das Polymer 17 ausge-
härtet werden, so dass sich die Membran 4 bildet. Das Polymer 17 kann
30 dazu beispielsweise mit Wärme behandelt werden.

In einem darauffolgenden Schritt 28 können, wenn auf dem Trägersubstrat 2 mehrere MEMS-Schallwandler 1 angeordnet sind, die entsprechenden MEMS-Schallwandler 1 vereinzelt werden. Auf dem Trägersubstrat 2 können mehrere MEMS-Schallwandler 1 angeordnet werden, um in einem Verfahren
5 mehrere MEMS-Schallwandler 1 auszubilden. Es können somit mehrere Dammanordnungen 5 auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet werden, wobei in den Dammanordnungen 5 die Piezoelemente 3 angeordnet werden. Alternativ können auch erst die Vielzahl an Piezoelementen 3 auf dem Trägersubstrat 2 und im Anschluss die Dammanordnungen 5 angeordnet werden.

10

Wenn mehrere MEMS-Schallwandler 1 auf dem Trägersubstrat 2 angeordnet sind, kann das fließfähige Polymer 17 gleichzeitig in alle Aufnahmeräume 7 gefüllt werden. Daraufhin kann das Polymer 17 abgezogen und/oder abgestrichen werden, so dass in einem einzigen Verfahrensschritt mehrere Memb-
15 ranen 4 ausgebildet werden können.

In einem folgenden Schritt 29 kann der MEMS-Schallwandler 1 geprüft werden.

20 In einem darauffolgenden Schritt 20 kann der MEMS-Schallwandler 1 fertiggestellt werden. Er kann beispielsweise in einem Gehäuse verbaut werden.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten und beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Abwandlungen im Rahmen der Patentan-
25 sprüche sind ebenso möglich wie eine Kombination der Merkmale, auch wenn diese in unterschiedlichen Ausführungsbeispielen dargestellt und beschrieben sind.

Bezugszeichenliste

	1	MEMS-Schallwandler
	2	Trägersubstrat
5	3	Piezoelement
	4	Membran
	5	Dammanordnung
	6	Dammeinheit
	7	Aufnahmeraum
10	8	Fußelement
	9	Kragarm
	10	erstes Ende
	11	zweites Ende
	12	Federabschnitt
15	13	Hohlraum
	14	Durchgangsöffnung
	15	Leitung
	16	Anschlussstelle
	17	Polymer
20	18	Bereitstellen des Trägersubstrats
	19	Bereitstellen des Klebers
	20	Bereitstellen der Piezoeinheit
	21	Bereitstellen der Leitung
	22	Bereitstellen des Polymers
25	23	Bestückung des Trägersubstrats
	24	Auftragen des Klebers
	25	Anordnen des Piezoelements
	26	Anordnen der Leitung
	27	Vergießen des Polymers
30	28	Vereinzelung
	29	Prüfen
	30	Fertigstellung

	31	Piezoeinheit
	H	Hubachse
	Z	Zentrum
5	Hd	Dammhöhe
	Hp	Piezoelementhöhe
	D	Dicke
	Q	Querrichtung
	A	Abstand

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zum Herstellen eines MEMS-Schallwandlers (1) zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenbereich und/oder im Ultraschallbereich, bei dem auf einem Trägersubstrat (2) zumindest ein Piezoelement (3) angeordnet wird und eine Membran (4) auf dem zumindest einen Piezoelement (3) ausgebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Piezoelement (3) zur Ausbildung der Membran (4) zumindest teilweise mit einem fließfähigen und aushärtbaren Polymer (17) umgossen wird, welches nach dem Aushärten die Membran (4) bildet.
2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Piezoelement (3) in einem Aufnahmeraum (7) einer Dammanordnung (5) angeordnet wird, so dass das Piezoelement (3) von der Dammanordnung (5) vollständig umrandet ist.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer (17) in den Aufnahmeraum (7) gefüllt wird, insbesondere bis das zumindest eine Piezoelement (3) vollständig mit dem Polymer (17) bedeckt ist.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Aufnahmeraum (7) vollständig mit dem Polymer (17) befüllt wird und/oder dass über die Dammanordnung (5) angeordnetes Polymer (17) abgestreift und/oder abgezogen wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dammanordnung (5) zusammen mit dem Trägersubstrat (2) einteilig ausgebildet wird und/oder dass die Dammanordnung (5) und/oder das zumindest eine Piezoelement (3) auf dem Trägersubstrat (2) angeordnet, insbesondere, vorzugsweise mittels eines elektrisch isolierenden Klebers, aufgeklebt, aufgelötet und/oder eutektisch gebonded, wird und/oder dass die Dammanordnung (5) auf das Trägersubstrat (2) aufgegossen wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf das Trägersubstrat (2) mehrere Piezoelemente (3) angeordnet werden.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezoelemente (3) jeweils ein Fußelement (8) und einen Kragarm (9) aufweisen, wobei der Kragarm (9) an einem ersten Ende (10) mit dem Fußelement (8) verbunden ist und ein zweites Ende (11) des Kragarms (9) in Richtung einer Hubachse (H) schwingen kann, wobei die Piezoelemente (3) derart auf dem Trägersubstrat (2) angeordnet werden, dass sich deren zweite Enden (11) in einem Zentrum (Z) treffen.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Piezoelemente (3) als eine Piezoeinheit (31) ausgebildet werden, wobei die Fußelemente (8) einteilig miteinander ausgebildet werden, und/oder die Kragarme (9) in einem Bereich an deren zweiten Enden (11), insbesondere im Zentrum (Z), miteinander verbunden, insbesondere hergestellt, werden.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Piezoelement (3) mit zumindest einer Leitung (15) mit einer Anschlussstelle (16) auf dem Trägersubstrat (2) verbunden wird, wobei vorzugsweise die Leitung (15) von dem Polymer (17) umgossen wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Trägersubstrat (2) Akustiköffnungen und/oder eine Durchgangsöffnung (14) angeordnet werden, wobei die Durchgangsöffnung (14) vorzugsweise in einem in Richtung Hubachse (H) vom Zentrum (Z) beabstandeten Bereich angeordnet wird.
11. MEMS-Schallwandler (1) zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen im hörbaren Wellenlängenbereich und/oder im Ultraschallbereich mit einem Trägersubstrat (2), mit zumindest einem auf dem Trägersubstrat (2) angeordneten Piezoelement (3) zum Erzeugen und/oder Erfassen der Schallwellen und mit einer Membran (4), die mit dem zumindest einen Piezoelement (3) gekoppelt ist, so dass zum Erzeugen und/oder Erfassen von Schallwellen Schwingungen zwischen der Membran (4) und dem zumindest einen Piezoelement (3) ausgetauscht werden können, dadurch gekennzeichnet, dass der MEMS-Schallwandler (1) mittels eines Verfahrens gemäß einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche ausgebildet ist.
12. MEMS-Schallwandler nach dem vorherigen Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Piezoelement (3) in einem Aufnahmeraum (7) einer Dammanordnung (5) angeordnet ist, welche das zumindest eine Piezoelement (3) vollständig umrandet, und/oder

dass die Dammanordnung (5) zumindest teilweise aus zumindest einer Dammeinheit (6) ausgebildet ist und/oder

dass die Dammanordnung (5), insbesondere die zumindest eine Dammeinheit (6), einteilig mit dem Trägersubstrat (2) ausgebildet und/oder auf dem Trägersubstrat (2) angeordnet ist.

13. MEMS-Schallwandler nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Piezoelement (3) und die Dammanordnung in einer Querrichtung voneinander beabstandet sind.
14. MEMS-Schallwandler nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Dammanordnung (5) eine Dammhöhe (H_d) über dem Trägersubstrat (2) aufweist, die höher ist als eine Piezoelementhöhe (H_p) des zumindest einen Piezoelements (3) über dem Trägersubstrat (2).
15. MEMS-Schallwandler nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Piezoelement (3) zumindest ein Fußelement (8) und einen Kragarm (9) umfasst, wobei der Kragarm (9) mit einem ersten Ende (10) mit dem Fußelement (8) verbunden ist und ein vom Fußelement (8) beabstandetes zweites Ende (11) des Kragarms (9) in Richtung einer Hubachse (H) schwingen kann, wobei das Piezoelement (3) mit dem zumindest einen Fußelement (8) auf dem Trägersubstrat (2) angeordnet ist und wobei vorzugsweise der Kragarm (9) vollständig von der Membran (4) überzogen ist.
16. MEMS-Schallwandler nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kragarm (9) des zumindest einen Piezoelements (3) im Bereich des zweiten Endes (11) einen Federabschnitt (12) und/oder ein Federelement aufweist und/oder

dass der MEMS-Schallwandler (1) mehrere Piezoelemente aufweist und/oder

dass wenigstens zwei Kragarme (9) mittels den Federabschnitten (12) und/oder den Federelementen miteinander verbunden sind und/oder

dass die Piezoelemente voneinander getrennt sind, wobei die Piezoelemente mittelbar über die Membran miteinander verbunden sind.

17. MEMS-Schallwandler nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fußelemente (8) der Piezoelemente (3) miteinander verbunden, insbesondere einteilig, ausgebildet sind, so dass die Piezoelemente eine Piezoeinheit (31) ausbilden.
18. MEMS-Schallwandler nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Federabschnitt (12) und/oder ein Bereich zwischen zwei benachbarten Piezoelementen (3) derart ausgebildet ist, dass diese für das fließfähige Polymer (17) dicht sind.

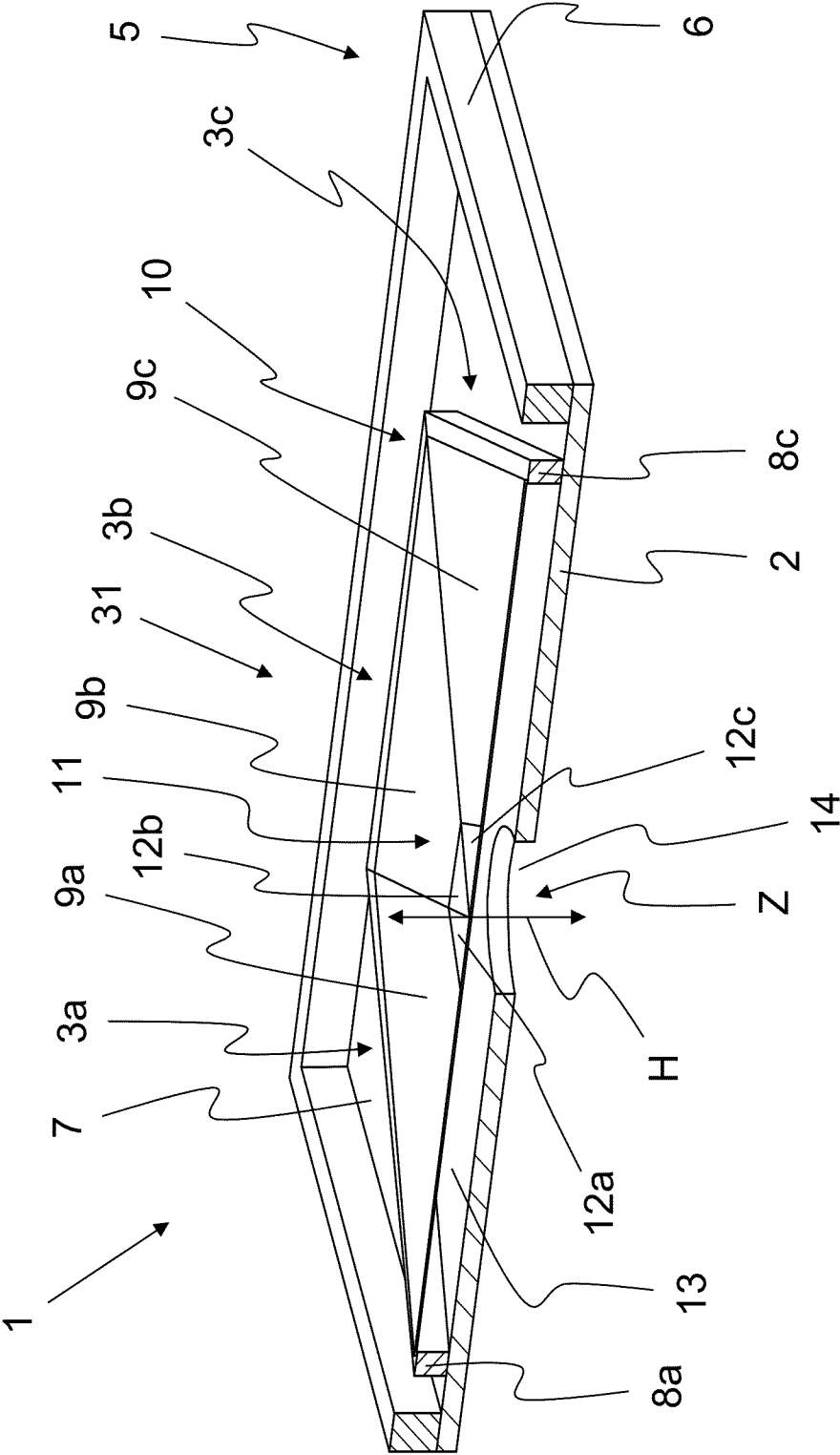


Fig. 1

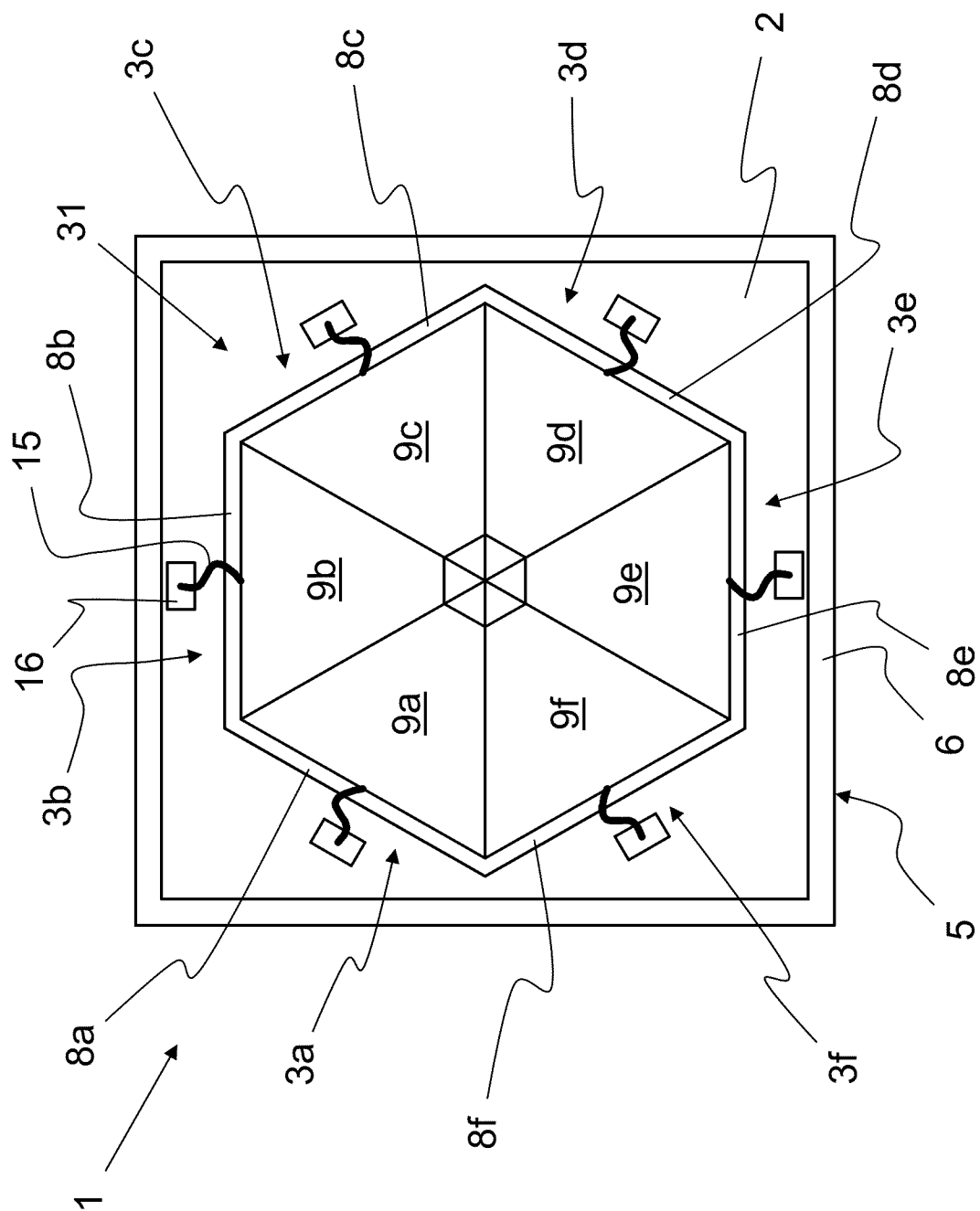


Fig. 2

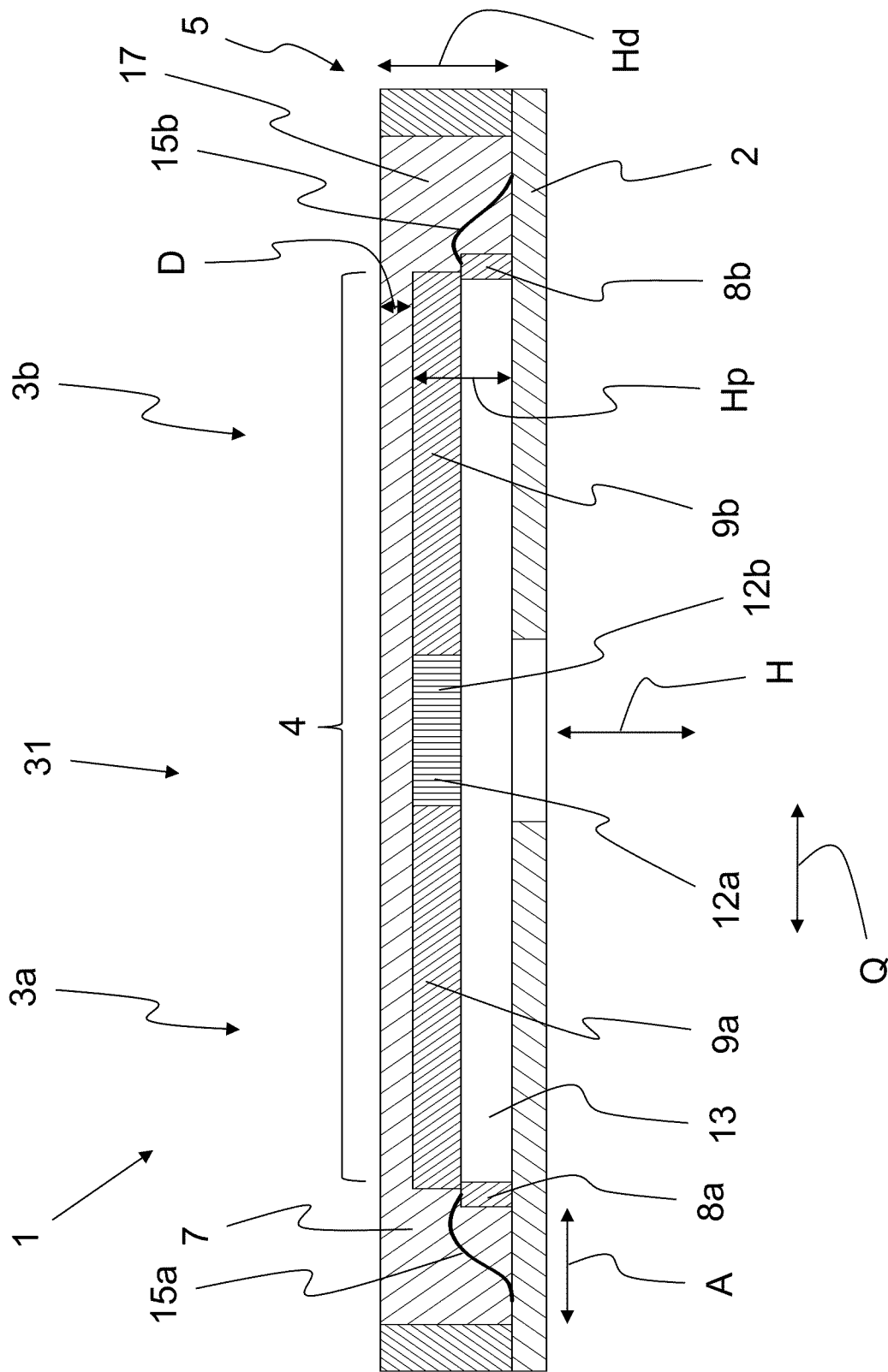


Fig. 3

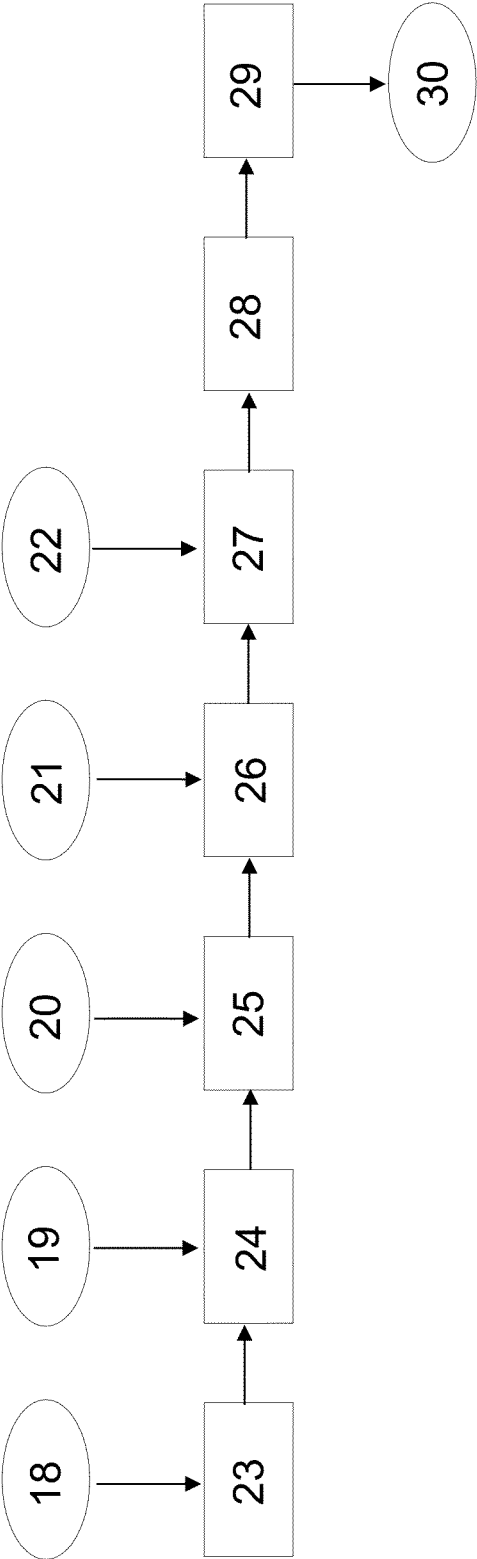


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/065468

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04R 17/00**(2006.01)i; **H04R 31/00**(2006.01)i; **H04R 7/04**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04R; B81B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2011077919 A (MURATA MANUFACTURING CO) 14 April 2011 (2011-04-14) paragraphs [0021] - [0026], [0029]; figures 3, 4	1-5,9-15 6-8,16-18
A	EP 2362686 A2 (FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN EV) 31 August 2011 (2011-08-31) paragraphs [0062] - [0065]; figures 2A-2C, 3A, 3B	1-18
A	DE 102017200111 B3 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15 March 2018 (2018-03-15) paragraphs [0021] - [0029]; figures 1a-1d	1-18
A	DE 60313715 T2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 24 January 2008 (2008-01-24) cited in the application the whole document	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 July 2020

Date of mailing of the international search report

07 August 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Fobel, Oliver

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/065468

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
JP	2011077919	A	14 April 2011	JP	5423295 B2	19 February 2014
				JP	2011077919 A	14 April 2011
EP	2362686	A2	31 August 2011	DE	102010009453 A1	01 September 2011
				DK	2362686 T3	05 December 2016
				EP	2362686 A2	31 August 2011
				US	2012053393 A1	01 March 2012
				US	2017094417 A1	30 March 2017
DE	102017200111	B3	15 March 2018	CN	108282730 A	13 July 2018
				DE	102017200111 B3	15 March 2018
				US	2018192204 A1	05 July 2018
DE	60313715	T2	24 January 2008	CN	1517295 A	04 August 2004
				DE	60313715 T2	24 January 2008
				EP	1403214 A2	31 March 2004
				JP	4126004 B2	30 July 2008
				JP	2004120764 A	15 April 2004
				KR	20040026758 A	01 April 2004
				US	2004147132 A1	29 July 2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H04R17/00 H04R31/00

ADD. H04R7/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H04R B81B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2011 077919 A (MURATA MANUFACTURING CO) 14. April 2011 (2011-04-14)	1-5, 9-15
A	Absätze [0021] - [0026], [0029]; Abbildungen 3, 4	6-8, 16-18
A	EP 2 362 686 A2 (FRAUNHOFER GES FOERDERUNG ANGEWANDTEN EV) 31. August 2011 (2011-08-31) Absätze [0062] - [0065]; Abbildungen 2A-2C, 3A, 3B	1-18
A	DE 10 2017 200111 B3 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. März 2018 (2018-03-15) Absätze [0021] - [0029]; Abbildungen 1a-1d	1-18
A	DE 603 13 715 T2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 24. Januar 2008 (2008-01-24) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-18



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach
dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Juli 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/08/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fobel, Oliver

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/065468

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2011077919 A	14-04-2011	JP 5423295 B2	19-02-2014
		JP 2011077919 A	14-04-2011

EP 2362686 A2	31-08-2011	DE 102010009453 A1	01-09-2011
		DK 2362686 T3	05-12-2016
		EP 2362686 A2	31-08-2011
		US 2012053393 A1	01-03-2012
		US 2017094417 A1	30-03-2017

DE 102017200111 B3	15-03-2018	CN 108282730 A	13-07-2018
		DE 102017200111 B3	15-03-2018
		US 2018192204 A1	05-07-2018

DE 60313715 T2	24-01-2008	CN 1517295 A	04-08-2004
		DE 60313715 T2	24-01-2008
		EP 1403214 A2	31-03-2004
		JP 4126004 B2	30-07-2008
		JP 2004120764 A	15-04-2004
		KR 20040026758 A	01-04-2004
		US 2004147132 A1	29-07-2004
