

(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

1. Juni 2017 (01.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2017/089609 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
B06B 1/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/079005

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. November 2016 (28.11.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 015 900.3
26. November 2015 (26.11.2015) DE
10 2015 015 901.1
26. November 2015 (26.11.2015) DE
10 2015 015 903.8
26. November 2015 (26.11.2015) DE

(71) Anmelder: EL MOS SEMICONDUCTOR
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Heinrich-Hertz-
Straße 1, 44227 Dortmund (DE).

(72) Erfinder: FRIEMANN, Uwe; Dachstraße 8, 44359
Dortmund (DE).

(74) Anwalt: DOMPATENT VON KREISLER SELTING
WERNER - PARTNERSCHAFT VON
PATENTANWÄLTEN UND RECHTSANWÄLTEN
MBB; Deichmannhaus am Dom, Bahnhofsvorplatz 1,
50667 Köln (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, JP, KE, KG, 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, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OSCILLATING ELEMENT FOR A MULTIPLE RESONANT FREQUENCY ULTRASONIC TRANSDUCER

(54) Bezeichnung : SCHWINGEELEMENT FÜR EINEN ULTRASCHALL-TRANSDUCER MIT MEHRFACHRESONANZ

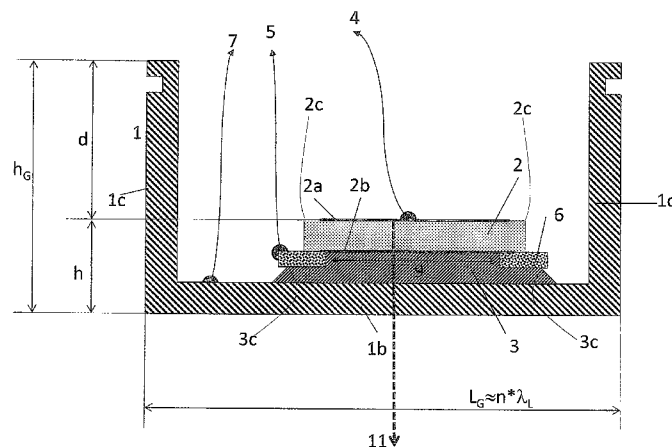


Fig. 6

(57) Abstract: The oscillating system of the invention consists of a mounting element (6e) as an oscillating member, and one piezoelectric oscillating element (2) per mounting element (6e) to initiate the oscillation of the oscillating member. Said oscillating system is to be used in an ultrasonic transducer (TR). The oscillating element (2) is mechanically connected to the mounting element (6e) in the form of a glued connection by means of an adhesive. The oscillating system consisting of the mounting element (6e) and the oscillating element (2) is mechanically connected to a housing (1, 1a, 1c) of an ultrasonic transducer (TR) by means of an elastic adhesive (3). The shortest connecting line (L) between the center of gravity of the oscillating element (2) and the housing (1) intersects the elastic adhesive (3). Unlike in the prior art, the oscillating system consisting of the mounting element (6e) and the oscillating element (2) has at least two or more different mechanical resonant frequencies when the oscillating element (2) is triggered by a triggering circuit, at least one of said resonant frequencies being different from the three prior art natural frequencies of the piezoelectric oscillating element (2) and the frequencies of the corresponding harmonics, the natural frequencies being natural frequencies of the oscillating element (2) without the mounted mounting element (6e). The mounting

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/089609 A2



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:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

element (6e) has at least one opening (9b) and/or recess and/or depression and/or protuberance. An example of a protuberance is an acoustic stub (10) which can be acoustically terminated or shorted by an additional adhesive (3b). The ratio of the magnitude of the second resonant frequency to the magnitude of the first resonant frequency depends on the diameter or the position of the opening (9b) and/or the recess and/or the depression and/or on the length of the protuberance (10) on the mounting element (6e).

(57) Zusammenfassung: Das erfindungsgemäße Schwingensystem besteht aus einem Montageelement (6e) als Schwingkörper und einem die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrischen Schwingelement (2) pro Montageelement (6e). Es ist für die Verwendung in einem Ultraschall-Transducer (TR) vorgesehen. Das Schwingelement (2) ist mit dem Montageelement (6e) mechanisch durch eine Klebung mittels eines Klebers verbunden. Das Schwingensystem, bestehend aus dem Montageelement (6e) und dem Schwingelement (2), ist mittels eines elastischen Klebers (3) mechanisch mit einem Gehäuse (1, 1a, 1c) eines Ultraschall-Transducers (TR) verbunden. Die kürzeste Verbindungslinie (L) von dem Schwerpunkt des Schwingelements (2) zu dem Gehäuse (1) schneidet den elastischen Kleber (3). Im Gegensatz zum Stand der Technik weist das Schwingensystem aus Montageelement (6e) und Schwingelement (2) bei Ansteuerung des Schwingelements (2) durch einen Ansteuerschaltkreis zumindest zwei oder mehr mechanische Resonanzfrequenzen, die voneinander verschieden sind, auf, wobei zumindest eine dieser Resonanzfrequenzen von den drei aus dem Stand der Technik bekannten Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements (2) und den Frequenzen der entsprechenden Oberwellen verschieden ist. Dabei beziehen sich die Eigenfrequenzen auf solche Eigenfrequenzen des Schwingelements (2) ohne anmontiertes Montageelement (6e). Das Montageelement (6e) weist mindestens eine Öffnung (9b) und/oder Aussparung und/oder Vertiefung und/oder Ausstülpung auf. Eine Ausstülpung kann beispielsweise eine akustische Stichleitung (10) sein, die wiederum durch eine weitere Klebung (3b) akustisch ab- oder kurzgeschlossen sein kann. Das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Resonanzfrequenz hängt dabei von einem Durchmesser oder der Lage der Öffnung (9b) und/oder Aussparung und/oder Vertiefung und/oder der Länge der Ausstülpung (10) auf dem Montageelement (6e) ab.

Schwingelement für einen Ultraschall-Transducer mit Mehrfachresonanz

Die vorliegende Patentanmeldung nimmt die Prioritäten der deutschen Patentanmeldungen 10 2015 015 900.3 vom 26. November 2015, 10 2015 015 901.1 vom 26. November 2015 und 10 2015 015 903.8 vom 26. November 2015 in Anspruch, deren Inhalte hiermit durch Bezugnahme zum Gegenstand
5 der vorliegenden Patentanmeldung gehören.

Einleitung

Die Erfindung betrifft ein Schwingsystem für einen Ultraschall-Transducer, ein
10 Montageelement für ein derartiges Schwingsystem, einen Ultraschall-Transducer mit einem derartigen Schwingsystem und eine Schaltung zur Ansteuerung eines derartigen Schwingsystems. Ferner betrifft die Erfindung ein Schwingelement für einen Ultraschall-Transducer mit Mehrfachresonanz, ein Schwingelement für einen Ultraschall-Transducer mit einer auf einem Translationsgitter
15 basierenden Mehrfachresonanz sowie ein Schwingelement für einen Ultraschall-Transducer mit einer auf einer Rotationsperiodizität basierenden Mehrfachresonanz.

Aus dem Stand der Technik sind verschiedene Ultraschall-Transducer bekannt.
20 Diese spielen beispielsweise im Zusammenhang mit der Abstandserkennung beim Einparken von Fahrzeugen eine wichtige Rolle. Bei diesem Vorgang wird eine Ultraschallwelle durch einen Ultraschall-Transducer ausgesandt, von einem Objekt im Fahrweg des Kfz reflektiert und typischerweise von demselben Ultraschall-Transducer wieder aufgefangen. Aus der Laufzeit und der
25 Amplitude kann zum einen auf das Vorhandensein eines Hindernisses im Fahrweg geschlossen werden und zum anderen auf dessen Abstand zum Ultra-

- 2 -

schall-Transducer. Der Ultraschall-Transducer arbeitet somit zumindest zeitweise als Ultraschallsender und zeitweise als Ultraschallempfänger.

Der Stand der Technik, zu dem US-A-4 283 649, US-A-4 413 629, US-A-5 423 319, US-A-5 434 827, US-A-2002/0156373, US-A-2004/0114467, US-A-2011/0042014, WO-A-2015/112452, EP-A-0 707 898, JP-A-H11 069491 und JP-U-S62 098394 zählen, wird anhand der Fign. 1 bis 4 erläutert.

Fig. 1 zeigt eine typische Schaltung aus dem Stand der Technik. An dieser Stelle wird nicht auf die Bedeutung aller Bauelemente der Schaltung eingegangen. Stattdessen findet hier eine Beschränkung auf die wichtigsten Teile der Schaltung statt. Die Bauelemente sind in der Bezugszeichenliste soweit benannt, dass ein Fachmann die Schaltung nacharbeiten kann. In dieser Schaltung wird der Transducer TR durch den Ansteuerschaltkreis US_{ctr} über die erste Leitung DRV1 und die zweite Leitung DRV2 zur differentiellen Ansteuerung seines piezoelektrischen Schwingelements (2, Fig. 2) zum Senden veranlasst. Dabei wird in dem Übertrager UE das Ausgangssignal des Ansteuerschaltkreises US_{ctr} hochgespannt, um eine optimale Anpassung des Ausgangs DRV1, DRV2 des Ansteuerschaltkreises an US_{ctr} an die Resonanzimpedanz des piezoelektrischen Schwingelements (2, Fig. 2) des Ultraschall-Transducers TR zu gewährleisten. Wird das piezoelektrische Schwingelement (2, Fig. 2) des Ultraschall-Transducers TR nicht angesteuert, so kann über ein im wesentlichen kapazitives Netzwerk $C_{TD1}, C_{AIN1}, C_{AIN2}, R_{AIN}$ im Zusammenwirken mit der Induktivität des Übertragers UE das durch das piezoelektrische Schwingelement (2, Fig. 2) erzeugte elektrische Signal des Ultraschall-Transducers TR durch den Ansteuerschaltkreis über ein erstes Eingangssignal AING und ein zweites Eingangssignal AINS empfangen und verarbeitet werden. Das Ergebnis der Auswertung wird dann typischerweise über einen Datenbus, beispielsweise einen LIN-Bus, an eine übergeordnete Instanz gemeldet.

Fig. 2 zeigt einen typischen Ultraschall-Transducer im Querschnitt.

Die Ultraschall-Transducer sind typischerweise nicht rotationssymmetrisch gefertigt. Am Gehäuse existieren typischerweise zwei gegenüberliegende Abflachungen, um eine definierte Montage zu gewährleisten. Die Abstrahlcharakteristik wird im Stand der Technik durch eine variierende Dicke der Gehäusewand moduliert. Typische Ultraschall-Transducer aus dem Stand der Technik zeigen diese variierende Gehäusedicke, um die Öffnungswinkel in x- und y-Richtung einstellen zu können. Dieses Verfahren zur Ausformung des Abstrahlwinkels ist relativ kompliziert, da es komplexe dreidimensionale Formen erfordert.

Der Gehäusedurchmesser variiert im Stand der Technik zwischen 14 und 18 mm, dies ist aber nicht exakt $n \cdot \lambda_L$, wobei n eine ganze Zahl und λ_L die Wellenlänge des Schalls in der Luft ist, sondern die verschiedenen Frequenzen sollen im jeweils gleichen Sensormodulgehäuse durch eine breitbandige Gehäuseresonanz abstrahlbar und empfangbar sein. Die Wellenlänge λ_L liegt bei einer typischen Schwingfrequenz von 58 kHz bei 5,9 mm in Luft bei Raumtemperatur, und bei 108 mm in Aluminium. Die Wellenlänge in Aluminium, aus dem das Gehäuse des Ultraschall-Transducers gefertigt ist, ist also typischerweise um einen Faktor 18,3 größer als die Wellenlänge in Luft.

Grundsätzlich ist ein Ultraschall-Transducer mit zwei und mehr Resonanzfrequenzen und unterschiedlichen Abstrahlcharakteristiken vorteilhaft, um diese verschiedenen Abstrahlcharakteristiken für verschiedene Messaufgaben nutzen zu können. Beispielhafte Eigenschaften des Ultraschall-Transducers bei diesen Resonanzfrequenzen wären ein breiter Öffnungswinkel der Schallkeule bei kurzer Reichweite und alternativ ein kleiner Öffnungswinkel der Schallkeule bei großer Reichweite (z.B. 6 bis 8 m). Dies würde beispielsweise eine Nahfeldererkennung für ultraschallbasierende Einparkhilfen in einer Kfz-Stoßstange ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund wäre ein einfaches Verfahren zur Einstellung dieser Resonanzfrequenzen sowie der Bandbreite und der Güte bei diesen Resonanz-

frequenzen in der Fertigung des Ultraschall-Transducers wünschenswert, um verschiedene Frequenzkonfigurationen schnell und einfach einstellen zu können.

- 5 Typischerweise ist der Ultraschall-Transducer symmetrisch zu einer 2-zähligen Achse 13 gefertigt. In diesem Beispiel verfügt er über ein Gehäuse 1 mit einem Gehäuseboden 1b und Gehäusewänden 1c. Typischerweise handelt es sich um eine zumindest annähernd zylindrische Gehäusewand 1c. Das Gehäuse 1 ist zumindest teilweise, vorzugsweise als Ganzes, elektrisch leitend, beispielsweise aus Aluminium ausgeführt und beispielsweise in einem Tiefziehprozess hergestellt. Ein piezoelektrisches Schwingelement 2 ist mittels eines elektrisch leitfähigen Klebers 8 in das Gehäuse 1 auf dessen Gehäuseboden 1b geklebt. Das piezoelektrische Schwingelement 2 weist einen zweiten elektrischen Kontakt 2b auf, der auf der Seite des piezoelektrischen Schwingelements 2 angebracht ist, die dem elektrisch leitenden Kleber 8 zugewandt ist. Der zweite elektrische Kontakt des piezoelektrischen Schwingelements 2 ist somit typischerweise elektrisch leitend mit dem elektrisch leitenden Kleber 8 verbunden. Der andere erste Kontakt 2a befindet sich typischerweise auf der anderen Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2, die der Oberfläche mit dem zweiten Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 gegenüberliegt. Der erste Kontakt 2a des piezoelektrischen Schwingelements 2 ist somit weitestgehend elektrisch von dem zweiten Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 - abgesehen von der kapazitiven Kopplung zwischen beiden - isoliert. Der elektrisch leitende Kleber 8 berührt bis zu einer äußeren Klebekante 3c das piezoelektrische Schwingelement 2. Dieses besitzt typischerweise eine Außenkante 2c, die typischerweise einen größeren Durchmesser als die besagte Klebekante 3c aufweist. Der erste elektrische Kontakt 2a des piezoelektrischen Schwingelements 2 ist typischerweise mittels einer ersten elektrischen Zuleitung 4 angeschlossen. Das Gehäuse 1 und damit auch der zweite elektrische Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 sind über eine zweite Zuleitung 5 angeschlossen. Wird zwischen der ersten und zweiten Zuleitung 4,5 eine Spannung angelegt, so kommt es aufgrund der

piezoelektrischen Eigenschaften des piezoelektrischen Schwingelements 2 zu einer Kontraktion oder Expansion desselben je nach Polarität der angelegten Spannung. Geschieht dies mit einer geeigneten Sendefrequenz, so gerät insbesondere der Gehäuseboden 1b und die Gehäusewand 1c in mechanische Resonanz und eine Schallwelle wird durch den Gehäuseboden 1b nach unten hin in die Luft abgestrahlt. Der Durchmesser des Gehäusebodens beträgt typischerweise ein ganzzahliges (n-faches) Vielfaches der Wellenlänge λ_L des Schalls in der Luft bei Sendefrequenz. In der Vergangenheit hat es sich als sinnvoll erwiesen, wenn der Durchmesser des Gehäusebodens das 6-fache der Schallwellenlänge λ_L in Luft betrug.

Fig. 3 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch das Ultraschallmodul SM. Eine gedruckte Schaltung PCB trägt typischerweise den Ansteuerschaltkreis (US_{ctr} , Fig. 1) und die peripheren Bauelemente (siehe Fig. 1). Diese gedruckte Schaltung PCB ist über einen Stecker Con mit der Außenwelt verbindbar. Der Ultraschall-Transducer TR befindet sich links von der gedruckten Schaltung um 90° gedreht mit dem Gehäuseboden (1c, Fig. 2) nach links zeigend. Typischerweise werden die Ultraschall-Transducer direkt in der Stoßstange eines Kfz montiert. Allenfalls eine Lackierung verhindert den direkten Kontakt mit elektrisch geladenen Gegenständen. Im Falle einer elektrostatischen Entladung – allgemein als ESD-Ereignis ESD bezeichnet – verhindert das kapazitive Netzwerk $C_{TD1}, C_{AIN1}, C_{AIN2}, R_{AIN}$ im Zusammenwirken mit der Induktivität des Übertragers UE, dass dieser ESD-Puls den Ansteuerschaltkreis US_{ctr} ungedämpft erreichen und somit beschädigen kann.

Der in Fig. 1 verwendete Übertrager ist jedoch relativ kostspielig. Daher besteht das Bedürfnis, auf diesen verzichten zu können. Fig. 4 zeigt eine Schaltung aus dem Stand der Technik ohne den Übertrager UE mit einem anderen Ansteuerschaltkreis US_{ctr} der für eine solche direkte Ansteuerung geeignet ist.

Der Ultraschall-Transducer TR wird in dem Beispiel der der Fig. 4 direkt mittels der ersten Leitung DRV1 und der zweiten Leitung DRV2 betrieben und angesteuert.

- 5 Die erste Leitung DRV1 und die zweite Leitung DRV2 des Treibers DRV sind Ausgänge. Dies erschwert einen wirksamen ESD-Schutz, weil über diese beiden Leitungen DRV1, DRV2 die Sendeenergie in den Wandler eingebracht werden muss und jedes ESD-Schutzelement in der Zuleitung den Treiberwirkungsgrad absenken würde.

10

- Über zwei Kapazitäten wird das Empfangssignal mittels eines ersten Eingangssignals AING für die Einkopplung des Empfangssignals des Transducers TR in den Ansteuerschaltkreis US_{ctr} das die Rolle einer Signalmasse spielt, und mittels eines zweiten Eingangssignals AINS für die Einkopplung des Empfangssignals des Transducers TR in den Ansteuerschaltkreis US_{ctr} , das die Rolle des Signals spielt, abgegriffen und der Verarbeitung zugeführt. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit nehmen wir hier beispielhaft an, dass die zweite Zuleitung (5, Fig. 2) mit der zweiten Leitung DRV2 und kapazitiv mit dem zweiten Eingangssignal (AING) verbunden ist. Analog nehmen wir an, dass die erste
- 15 Zuleitung (4, Fig. 2) mit der ersten Leitung DRV1 und kapazitiv mit dem ersten Eingangssignal AINS verbunden ist.
- 20

- Aus der JP-U-S61 29 596 ist eine Ultraschallsendevorrichtung bekannt, bei der ein piezoelektrisches Schwingelement (Bezugszeichen 12 der JP-U-S61 29
- 25 596) auf einem Montageelement (Bezugszeichen 11 der JP-U-S61 29 596) montiert wird. Die Montage geschieht dabei auf einer freigestanzten oder freigeätzten Montageinsel (Bezugszeichen 11-2 der JP-U-S61 29 596), die über vier kreuzförmig symmetrisch angeordnete Stege (Bezugszeichen 11-1 der JP S61- 29 596 U9 die mechanische Verbindung zu einem verbleibenden Rahmen,
- 30 der Teil des Montageelementes (Bezugszeichen 11 der JP-U-S61 29 596) ist, herstellen. Diese Anordnung aus Montageelement (Bezugszeichen 11 der JP-U-S61 29 596) und piezoelektrischem Schwingelement (Bezugszeichen 12 der

JP-U-S61 29 596) ist in ein Gehäuse (Bezugszeichen 13 der JP-U-S61 29 596) eingebaut. Die Stege (Bezugszeichen 11-1 der JP-U-S61 29 596) stellen mechanische Federn dar, die bei Anregung des piezoelektrischen Schwingelements (Bezugszeichen 12 der JP-U-S61 29 596) mit der Masse des Schwing-
5 systems bestehend aus Montageelement (Bezugszeichen 11 der JP-U-S61 29 596) und piezoelektrischem Schwingelement (Bezugszeichen 12 der JP-U-S61 29 596) ein resonanzfähiges Schwingungssystem bilden. Das System wird durch eine perforierte Abdeckplatte mit Schalldurchtrittsöffnungen (Bezugszeichen 10 der JP-U-S61 29 596) mechanisch vor dem Eindringen von Fremdkörpern
10 geschützt. Dieses System hat den Vorteil, dass mittels eines größeren piezoelektrischen Schwingkörpers (Bezugszeichen 12 der JP-U-S61 29 596) sehr hohe Schallpegelleistungen abgestrahlt werden können. Neben dem Nachteil der Materialermüdung der Federn (Bezugszeichen 11-1 der JP-U-S61 29 596) weist dieses System aber nur eine Hauptresonanzfrequenz auf und ist daher
15 für den erfindungsgemäßen Zweck alleine nicht geeignet.

Ein ähnliches System ist aus der JP-U-S60 111 199 bekannt. Hierbei weist das Montageelement (Bezugszeichen 3-2 der JP-U-S60 111 199) jedoch keine Durchbrüche auf. Das Montageelement bildet hier eine homogene rotations-
20 symmetrische Fläche und weist wie im Falle der JP-U-S61 29 596 nur eine Resonanzfrequenz auf.

Aus der US-A-2010 / 006 011 ist ein MEMS Oszillator bekannt, der mittels Durchbrüchen mehrere Resonanzfrequenzen aufweisen kann. (Fig. 4 und Ab-
25 schnitt [0064] der US-A-2010 / 006 011) Es ist bekannt, dass solche MEMS Oszillatoren derzeit keine ausreichende Schallabstrahlleistung erreichen, um beispielsweise eine Ultraschallmessvorrichtung für die Verwendung in einer Einparkhilfe für ein Kfz damit aufbauen zu können. Darüber hinaus sind solche MEMS-Vorrichtungen gegenüber den beiden vorausgehenden japanischen
30 Konstruktionen zu teuer.

Aus diesem Kostenaspekt heraus ist es auch notwendig, Übertrager zwischen dem piezoelektrischen Schwingelement und dem Ansteuerschaltkreis, wie beispielsweise aus der JP H03- 182 200 A bekannt, zu vermeiden. Eine solche direkte Ansteuerung führt aber bei ungeeigneter Konstruktion zu ESD-Problemen.

Aus der Literatur (z.B. John R. Vig, "Dual-mode Oscillators for Clocks and Sensors", 1999 IEEE Ultrasonics Symposium, Seiten 859 bis 868) ist bekannt, dass piezoelektrische Schwingelemente bei drei verschiedenen Resonanzgrundfrequenzen, bei einer quasi-longitudinalen Mode und bei einer schnellen Quasi-Scheer-Mode und bei einer langsamen Quasi-Scheer-Mode, und deren Oberwellen angeregt werden können. (Siehe John R. Vig, "Dual-mode Oscillators for Clocks and Sensors", 1999 IEEE Ultrasonics Symposium, Fig. 1) Diese Resonanzfrequenzen werden im Folgenden und in den Ansprüchen als Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements bezeichnet.

Aufgabe der Erfindung

Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung als Schwingssystem aus Montageelement und piezoelektrischem Schwingkörper für die Verwendung in einem Ultraschall-Transducer, zur Verwendung für ultraschallbasierende Abstandsmessvorrichtungen für Einparkhilfen im Kfz vorgesehen ist, bereitzustellen, der Schall bei mehreren Resonanzfrequenzen abstrahlen kann, die von den Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingkörpers verschieden sind.

Diese Aufgabe wird durch ein Schwingssystem nach einem der Ansprüche 1, 2, 3 oder 15 gelöst. Ferner dient zur Lösung der zuvor genannten Aufgabe ein Montageelement nach Anspruch 8, 9, 10, 11, 20, 21 und 22. Auch wird die Aufgabe gelöst durch eine Schaltung zur Ansteuerung des zuvor genannten Schwingsystems gemäß Anspruch 14 und 23 Schließlich dient zur Lösung der Aufgabe auch ein Ultraschall-Transducer gemäß Anspruch 12. Weitere einzelne Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Beschreibung der Erfindung

Nachfolgend werden bevorzugte Varianten der Erfindung beschrieben.

- 5 Die Erfindung betrifft einen Ultraschall-Transducer TR mit mindestens einem piezoelektrischen Schwingelement 2. Das besondere Merkmal dieses Ultraschall-Transducers ist, dass er über ein Gehäuse 1 verfügt, das zumindest teilweise elektrisch leitend ist, und dass das Gehäuse 1 über einen elektrisch leitfähigen, insbesondere metallischen, Gehäuseboden 1a und mindestens eine
- 10 zumindest teilweise elektrisch leitende, insbesondere metallische, Gehäusewand 1c verfügt. Entscheidender Unterschied zum Stand der Technik ist nun, dass das Gehäuse 1 gegenüber dem mindestens einem piezoelektrischen Schwingelement 2 elektrisch isoliert ist. Hierdurch kann das Gehäuse 1 separat geerdet werden und im Falle eines ESD-Ereignisses kann die Energie des ESD-
- 15 Pulses nicht mehr über das Schwingelement 2 an die Ein- und Ausgänge DRV1,DRV2,AING,AINS der Ansteuerschaltung gelangen.

- Eine typische Ausprägung des Ultraschall-Transducers zeichnet sich dadurch aus, dass das Gehäuse 1 des Ultraschall-Transducers mit mindestens einer
- 20 elektrisch isolierenden und akustisch geeignet dämpfenden Verguss- oder Füllmasse 12 gefüllt, insbesondere ausgegossen, ist. Dies ist insbesondere vorteilhaft, um die mechanische Integrität des Ultraschall-Transducers TR über seine Lebensdauer zu gewährleisten und um ein rasches Abschwingen des Gehäuses zu ermöglichen. Es hat sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn das
- 25 Gehäuse 1 mit einer elektrisch isolierenden und akustisch dämpfenden Verguss- oder Füllmasse 12 gefüllt, insbesondere ausgegossen, ist, die die Schwingungsamplitude des piezoelektrischen Schwingelements 2 des Ultraschall-Transducers pro Schwingungsperiode um mehr als 0,05% oder mehr als 0,1% oder mehr als 0,2% oder mehr als 0,5% oder mehr als 1% oder mehr
- 30 als 2% oder mehr als 5% oder mehr als 10% dämpft.

- 10 -

Im Sinne der vorliegenden Offenbarung bedeutet "akustisch dämpfend", dass dieses Material die Schwingungen in der Art dämpft, so dass nach Durchgang der akustischen Welle durch das betreffende akustisch dämpfende Material die Amplitude geringer ist. Die Vergussmasse ist daher in der Regel dämpfend ausgeführt, damit die Abstrahlung in das Sensorgehäuse selbst minimiert wird. Der Kleber sollte hingegen eine geringe akustische Dämpfung haben, damit Schalleistung und akustische Empfindlichkeit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gegenüber den Bauformen aus dem Stand der Technik möglichst gleichwertig sind.

Typischerweise wird das mindestens eine piezoelektrische Schwingelement 2 mittels mindestens eines elektrisch isolierenden Klebers 3 in dem elektrisch leitenden Gehäuse 1 mechanisch an dem Gehäuseboden 1b befestigt. Selbstverständlich sind auch andere Befestigungsmethoden denkbar. Es hat sich aber gezeigt, dass diese Befestigungsmethode die vorteilhafteste ist. Der sich ergebende Vorteil im Unterschied zum Stand der Technik ist, dass das mindestens eine piezoelektrische Schwingelement 2 elektrisch von diesem Gehäuse 1 isoliert ist und somit die besagten ESD-Ereignisse nicht mehr an die Anschlüsse DRV1, DRV2, AING, AINS des Ansteuerschaltkreises US_{ctr} gelangen können.

Somit ist es vorzugsweise so, dass das mindestens eine piezoelektrische Schwingelement 2 des Ultraschall-Transducers TR mindestens einen ersten elektrischen Kontakt 2a und mindestens einen zweiten elektrischen Kontakt 2b aufweist, wobei zumindest diese beiden Kontakte 2a, 2b des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2 von dem Gehäuse 1 und/oder von einem elektrischen Anschluss 7 des Gehäuses 1 elektrisch isoliert sind. Sind weitere Kontakte vorhanden, so sollten diese die Isolation des Ansteuerschaltkreises US_{ctr} gegenüber ESD-Ereignissen nicht schmälern.

Typischerweise befindet sich dabei mindestens ein erster Kontakt 2a auf der einer ersten Oberfläche des Schwingelements 2 und/oder mindestens ein

zweiter Kontakt 2b auf einer der ersten Oberfläche des Schwingelements 2 gegenüberliegenden, zweiten Oberfläche des Schwingelements 2.

Durch die Isolation des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2 vom Gehäuse 1 entsteht nun das Problem der elektrischen Kontaktierung des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2, die bisher im Stand der Technik von der Rückseite mittels eines elektrisch leitfähigen Klebers 8 erfolgte und nun so nicht mehr möglich ist. Ein Ziel der Erfindung ist nämlich auch, die Komponenten aus dem Stand der Technik nicht verändern zu müssen. Dieses Kontaktierungsproblem wird durch mindestens ein elektrisch leitendes Montageelement, beispielsweise einen Montagering 6, gelöst, auf dem das mindestens eine piezoelektrische Schwingelement 2 elektrisch leitend mit mindestens einem zweiten Kontakt 2b mechanisch befestigt wird. Dieser zweite Kontakt 2b des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2 ist somit mit mindestens einem elektrisch leitenden und/oder halbleitenden Montageelement 6, 6b, 6c, 6d, 6e, insbesondere einem elektrisch leitenden Montagering 6, elektrisch und mechanisch verbunden, wobei die elektrische Verbindung beispielsweise durch mindestens einen elektrisch leitenden Kleber und/oder Lötung und/oder Schweißung erfolgt oder erfolgen kann.

Theoretisch möglich, aber nicht zweckmäßig, ist eine rein mechanische Verbindung beispielsweise mit elektrisch isolierendem Kleber, da dann der elektrische Kontakt separat hergestellt werden müsste.

Durch die Form und die Art der mechanischen Verbindung des Montageelements 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j können die Schwingungseigenschaften und die Schallabstrahlung sowie die Empfangseigenschaften modifiziert werden. Dies ist der Kern der Erfindung.

Das erfindungsgemäße Schwingssystem besteht in erster Linie aus einem Montageelement 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j als Schwingkörper und mindestens einem die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrische

Schwingelement 2 pro Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j. Es ist typischerweise für die Verwendung in einem Ultraschall-Transducer TR für die Verwendung in einem Kfz vorgesehen. Das piezoelektrische Schwingelement 2 des Schwingensystems ist mit dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j mechanisch verbunden. Typischerweise wird die mechanische Verbindung zwischen piezoelektrischem Schwingelement 2 des Schwingensystems und dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j durch eine Klebung mittels eines Klebers und/oder eine Lötung und/oder Schweißung hergestellt. Das Schwingensystem wird typischerweise mittels eines elastischen Klebers 3 mechanisch mit einem Gehäuse 1,1a,1c eines Ultraschall-Transducers TR verbunden. Dabei bedeutet elastisch, dass der Betrag des E-Moduls des Klebers geringer ist als der Betrag des E-Moduls des piezoelektrischen Schwingelements und als der Betrag des E-Moduls des Gehäusebodens 1a des Gehäuses. Andere Montagemethoden wie beispielsweise Schweißen, Löte und Einpressen und andere bekannte Verbindungsformen sind denkbar. Im Gegensatz zum Stand der Technik erfolgt die mechanische Verbindung zwischen dem Schwingensystem, bestehend aus dem Schwingelement 2 und dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j im Bereich des Schwingelements 2 so, dass die kürzeste Verbindungslinie von dem Schwerpunkt des piezoelektrischen Schwingelements 2 zu dem Gehäuse 1,1a,1c, in das das Schwingensystem montiert werden soll, den elastischen Kleber 3 schneidet. Ohne diese Elastizität des Klebers wäre das System nicht schwingfähig. Der Kleber weist dabei Verluste in Form einer Schalldämpfung auf, die vorzugsweise so gestaltet werden, dass das Schwingensystem such Schallabstrahlung und Kleberdämpfung asymptotisch schnell ausschwingt, wenn das Schwingelement nicht mehr betrieben wird. Der Kleber und seine Positionierung unterhalb des Schwingelements sind also kritisch für eine gute Empfangsperformance, um eine Schallreflektion auch bei kurzen Abständen gut erfassen zu können. Das erfindungsgemäße Schwingensystem des Ultraschall-Transducers bestehend aus Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und piezoelektrische Schwingelement 2 zeichnet sich nun im Gegensatz zum Stand der Technik dadurch aus, dass bei einer Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2 durch einen Ansteuerschaltkreis US_{ctr} zumindest zwei oder

mehr mechanische Resonanzfrequenzen, eine erste Resonanzfrequenz und eine zweite Resonanzfrequenz und gegebenenfalls weitere Resonanzfrequenzen, angeregt werden können, die voneinander verschieden sind. Insbesondere ist dabei zumindest eine dieser Resonanzfrequenzen von den drei
5 Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements 2 und den Frequenzen der entsprechenden Oberwellen verschieden. Hierbei beziehen sich diese Frequenzen auf die Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements ohne anmontiertes Montageelement. Die Grundidee der Erfindung ist also, Eigenschwingungen eines Montageelementes mit einem diskreten größeren
10 Schwingelement anzuregen. Um mehrere Eigenfrequenzen des Montageelementes, oder besser des Schwingsystems bestehend aus Montageelement und piezoelektrischem Schwingelement zu ermöglichen, wird die Struktur des Montageelementes geeignet modifiziert. Hierzu verfügt das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j typischerweise über mindestens eine Öffnung 9,9b,9c,9d
15 und/oder Aussparung und/oder Vertiefung, die mehrere Eigenmoden des Montageelementes ermöglicht. Eine solche Aussparung kann auch eine Aus- oder Einbuchtung der Kante des Montageelementes sein. Das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Resonanzfrequenz hängt dann von einem Durchmesser und/oder der
20 Lage dieser Öffnung 9,9b,9c,9d und/oder Aus- und/oder Einbuchtung und/oder Aussparung und/oder Vertiefung auf dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j ab.

Eine verfeinerte Ausführung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet
25 sich dadurch aus, dass das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j mindestens ein Muster von Öffnungen 10 auf einer Oberfläche des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und/oder Vertiefungen auf einer Oberfläche des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und/oder Erhöhungen 10b auf einer Oberfläche des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j aufweist, das bei translatorischer
30 Verschiebung längs einer Oberfläche des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j um zumindest einen ersten Abstand $n_1 \cdot a_1$ und/oder einen zweiten Abstand $m_1 \cdot a_2$, wobei n_1 und m_1 ganze Zahlen sind, zumindest teil-

weise wieder auf sich selbst abgebildet wird, also insbesondere ein ein- oder zweidimensionales Gitter auf einer Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j bildet. Dabei hängt das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Resonanzfrequenz von dem ersten Abstand a_1 und typischerweise von dem ersten Abstand a_2 sowie dem Winkel zwischen den zugehörigen Richtungen dieser Abstände a_1 , a_2 ab.

Analog kann das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j mindestens ein Muster von Öffnungen 10 auf einer Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und/oder Vertiefungen auf einer Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und/oder Erhöhungen 10b auf einer Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j aufweisen, das bei rotatorischer Verschiebung um eine Symmetrieachse längs einer Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j um zumindest einen ersten Winkel $n_3 \cdot \vartheta_1$, wobei n_3 eine ganze Zahl ist, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet wird. Es bildet also ebenfalls typischerweise ein ein- oder zweidimensionales rotatorisches Gitter auf einer Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j. In diesem Fall hängt nun das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Resonanzfrequenz von dem ersten Winkel ϑ_1 ab.

Das Schwingssystem des Ultraschal-Transducers und damit der der Ultraschall-Transducer selbst weist typischerweise zumindest zwei voneinander verschiedene Güten oder Resonanzbandbreiten, eine erste Güte oder erste Resonanzbandbreite bei der ersten Resonanzfrequenz auf der einen Seite und eine zweite Güte oder zweite Resonanzbandbreite bei der zweiten Resonanzfrequenz auf der anderen Seite, aufweist. Dies kann beispielsweise durch geeignete Anordnung von Klebestellen zwischen Montageelement und Gehäuse erreicht werden.

Auf ähnliche Weise kann der Ultraschall-Transducer zwei und mehr voneinander verschiedene Abstrahlcharakteristiken, eine erste Abstrahlcharakteristik bei der ersten Resonanzfrequenz und eine zweite Abstrahlcharakteristiken bei der zweiten Resonanzfrequenz, aufweisen. Dabei ist Abstrahlcharakteristik so zu verstehen, dass die durch das Schwingssystem abgestrahlte Schallamplitude pro Steradian in den Raum hinein von dem Winkel zwischen der Verbindungsachse vom dem Punkt, an dem die Schallamplitude erfasst wird, zu einem Aufpunkt der zur Flächennormale 14 zur Oberfläche 2a auf der einen Seite und der entsprechenden Flächennormale 14 zur Oberfläche 2a des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j auf der anderen Seite abhängt.

Wie bereits erwähnt kann die Fläche des Montageelementes variiert werden, um die geeigneten akustischen Eigenschaften hervorzurufen. Insbesondere kann eine erste ebene Querschnittsfläche eines Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere des Montagerings 6, die senkrecht zur Flächennormale einer Oberfläche des Montageelementes 6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere des Montagerings 6, ist, eine andere Form haben als eine zweite ebene Querschnittsfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2, die ebenfalls senkrecht zur Flächennormale einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 ist. Hierbei ist es besonders sinnvoll, wenn das Montageelement mit akustischen Stichleitungen versehen ist, die vorzugsweise jede für sich einen Resonator für die gewünschte Resonanzfrequenz darstellt. In besonderen Ausprägungen der Erfindung wird somit der Flächenschwerpunkt der Oberfläche des Montageelementes 6b,6c,6d,6e,6i,6j gegenüber dem Flächenschwerpunkt einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 versetzt angeordnet.

Bei einer geeigneten Kombination von solchen akustischen Leitungen und Dämpfungselementen in Form eines geeigneten, nur lokal angebrachten Klebers 10 kann erreicht werden, dass die Schallabstrahlachse 11 Schwingensystems des Ultraschall-Transducers TR nicht parallel zur die Oberflächennormalen 14,15 der ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwing-

elements 2 ist. Dies aus der Literatur (z.B. US-A-4 413 629) nur bei Verwendung mehrerer Schwingsysteme bekannt.

Ganzbevorzugt wird das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j mit mindestens
5 einer Öffnung 9,9b,9c,9d und/oder Aussparung und/oder Vertiefung unterhalb
des Schwingelements 2 versehen, um die Biegesteifigkeit des
Montageelements anzupassen. Dies hat den Zweck die Akustische Impedanz
des Montageelementes als akustische Schalleitung im Bereich des
Schwingelements an die akustische Impedanz des Schwingelements
10 anzupassen und ist so in dieser Funktion aus der Literatur nicht bekannt. Es ist
somit die Funktion dieser Öffnung, die Energieeinkopplung vom
piezoelektrischen Schwingelement in das Montageelement zu verbessern.

Ganz bevorzugt weist das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j das besagte
15 Gitter auf. Vorzugsweise wird die Gitterstruktur hexagonal oder quadratisch
ausgeführt. Die Gittersymmetrie also vorzugsweise vier- oder sechszählig.

Vorzugsweise weist das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j oder ein Teil des-
selben, z.B. eine akustische Stichleitung, mindestens ein Längenmaß auf, das
20 ein ganzzahliges (k -faches) Vielfaches der mittleren Schallwellenlänge λ) im
Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j geteilt durch vier ist $k*\lambda/4$)

Ein wesentliches Element eines solchen akustischen Montageelementes
6,6b,6c,6d,6e,6i,6j kann sein, dass es eine akustische Abzweigleitung, z.B. als
25 akustische Stichleitung, aufweist. Eine solche Stichleitung kann frei im Raum
enden oder durch einen geeigneten Kleber am Ende fixiert sein. Dieser akusti-
sche Abschluss kann durch die Wahl des Klebers und die Prozessierung des
Klebevorgangs geeignet angepasst werden. Hierdurch können beispielsweise
 $\lambda/2$ und $\lambda/4$ Resonatoren erzeugt werden.

30 Neben dem Montageelement selbst kann auch das Gehäuse geeignet struktu-
riert werden. Beispielsweise kann der Ultraschall-Transducer TR zumindest

eine weitere Struktur im Gehäuseboden aufweisen, die ein Muster von Vertiefungen 17 und/oder Erhöhungen 17 und/oder Öffnungen aufweist, das bei translatorischer Verschiebung längs einer Oberfläche des Gehäusebodens 1b um zumindest einen ersten Abstand $n_2 \cdot a_3$ und/oder einen zweiten Abstand $m_2 \cdot a_4$, wobei n_2 und m_2 ganze Zahlen sind, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet wird, also insbesondere ein ein- oder zwei- oder dreidimensionales Gitter bildet.

Von besonderer Bedeutung ist dabei eine Schaltung zur Ansteuerung eines erfindungsgemäßen Schwingsystems die eine Ansteuerschaltung US_{ctr} zumindest als Teilschaltung aufweist, wobei die Ansteuerschaltung US_{ctr} über eine erste elektrische Leitung DRV1 und eine zweite elektrische Leitung DRV2 direkt und vor allem übertragerlos mit dem piezoelektrischen Schwingelement 2 des Schwingsystems elektrisch verbunden ist. Die Ansteuerschaltung US_{ctr} kann dabei ein elektrisches spannungsmoduliertes Sendesignal mit einer Sendefrequenz über die erste Leitung DRV1 und die zweite Leitung DRV2 an das piezoelektrischen Schwingelement 2 des Schwingsystems anlegen. Die Ansteuerschaltung US_{ctr} umfasst dabei mindestens einem ersten Inverter bestehend aus mindestens einem ersten Transistor T1, der mit einem ersten Sendesignal Φ_{1a} angesteuert wird, und mindestens einem zweiten Transistor T3, der mit einem komplementären ersten Sendesignal Φ_{1b} angesteuert wird. Dabei treibt der erste Inverter die zweite Leitung DRV2 zur direkten übertragerlosen differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2. Die Ansteuerschaltung US_{ctr} umfasst mindestens einen zweiten Inverter bestehend aus mindestens einem zweiten Transistor T2, der mit einem zweiten Sendesignal Φ_{2a} , das insbesondere gegenläufig zum ersten Sendesignal Φ_{1a} sein kann, angesteuert wird, und mindestens einem vierten Transistor T4, der mit einem komplementären zweiten Sendesignal Φ_{2b} , das insbesondere gegenläufig zum komplementären ersten Sendesignal Φ_{1b} sein kann, angesteuert wird. Der zweite Inverter treibt die erste Leitung DRV1 zur direkten übertragerlosen differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2. Die Ansteuerschaltung US_{ctr} schaltet typischerweise während des Empfangs die Sen-

designale $\Phi_{1a}, \Phi_{1b}, \Phi_{2a}, \Phi_{2b}$ und damit die Transistoren T1, T2, T3, T4 zumindest zeitweise ab. Vorzugsweise kann die Ansteuerschaltung US_{ctr} mindestens eine erste Sendefrequenz erzeugen, mit der die Spannungsdifferenz zwischen der ersten Leitung DRV1 und der zweiten Leitung DRV2 moduliert wird und die die erste Resonanzfrequenz des Schwingensystems anregt. Darüber hinaus kann bevorzugt die Ansteuerschaltung US_{ctr} mindestens eine zweite Sendefrequenz gegebenenfalls auch gleichzeitig zur ersten Sendefrequenz erzeugen, mit der die Spannungsdifferenz zwischen der ersten Leitung DRV1 und der zweiten Leitung DRV2 moduliert wird und die die zweite Resonanzfrequenz des Schwingensystems anregt.

Der erfindungsgemäße Ultraschall-Transducer kann somit durch eine geeignete Wahl und Gestaltung des Montageelements 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j nicht nur eine, sondern zwei oder drei oder auch mehr Resonanzfrequenzen, insbesondere eine erste Resonanzfrequenz und eine zweite Resonanzfrequenz und gegebenenfalls eine dritte Resonanzfrequenz und gegebenenfalls weitere Resonanzfrequenzen aufweisen, die voneinander verschieden sind. Dabei werden die Montageelemente 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j und die Aufbautechnik mit Klebungen 3, b so gestaltet, dass die Güte der jeweiligen Resonanzschwingung bei jeder Resonanzfrequenz für sich eigenen frequenzspezifischen Anforderungen genügt. Der erfindungsgemäße Ultraschall-Transducer weist daher zumindest zwei voneinander verschiedene Güten oder Resonanzbandbreiten, eine erste Güte oder erste Resonanzbandbreite bei einer ersten Resonanzfrequenz auf der einen Seite und eine zweite Güte oder zweite Resonanzbandbreite bei einer zweiten Resonanzfrequenz auf der anderen Seite, auf. Diese stellen ein Mittel dazu dar, die Abstrahlcharakteristiken mittels frequenzspezifischer Anregungen durch einen Ansteuerschaltkreis US_{ctr} im Betrieb je nach anfallender Messaufgabe ohne Konstruktionsänderung durch einfache Frequenzumschaltung umschalten zu können. Der erfindungsgemäße Ultraschall-Transducer TR weist daher zumindest zwei voneinander verschiedene Abstrahlcharakteristiken, eine erste Abstrahlcharakteristiken bei einer ersten Resonanzfrequenz und eine zweite Abstrahlcharakteristiken bei einer zweiten Resonanzfrequenz,

auf. Diese wiederum sind ein Mittel, um zwischen zumindest zwei Messaufgaben, beispielsweise Nahbereichsabstandsmessung beim Einparken mit einem Kfz und Fernbereichsabstandsmessung beim Suchen einer Parklücke umschalten zu können, was das letztendliche Ziel ist.

5

Es ist daher möglich, dass es abhängig von der Anwendung sinnvoll ist, wenn zumindest eine erste ebene Querschnittsfläche zumindest eines Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere des Montagerings 6, die senkrecht zur Flächennormale einer Oberfläche des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere eines Montagerings 6, ist, eine andere Form hat als zumindest eine zweite ebene Querschnittsfläche zumindest eines piezoelektrischen Schwingelements 2, die ebenfalls senkrecht zur Flächennormale einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 ist. Oder kürzer gesagt: Es ist sinnvoll, wenn die Form des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j vom dem des piezoelektrischen Schwingelements 2 abweicht. Diese Form, insbesondere die Außenkante zumindest eines Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j kann relativ frei gewählt werden, hat jedoch immer Einfluss auf die akustischen Eigenschaften des Ultraschall-Transducers TR. Dies ist insbesondere bei der Fertigung kleiner Stückzahlen von Ultraschall-Transducern TR von Vorteil, da die Montageelemente 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j beispielsweise durch fotolithografisches Ätzen und/oder Laserschneiden in kleinen Stückzahlen schnell und kostengünstig hergestellt werden können. Auf diese Weise ist eine einfache und kostengünstige Anpassung der Eigenschaften des Ultraschall-Transducers an spezifische Aufgaben möglich. Diese Flexibilität der akustischen Eigenschaften der Ultraschall-Transducer TR in der Produktion derselben ist somit ein Nebenprodukt der zuvor skizzierten ESD-Robustheit.

Durch diese Modifikationen und/oder beispielsweise den verkippten Einbau zumindest eines Pakets aus piezoelektrischem Schwingelement 2 und Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j kann erreicht werden, dass die Schallabstrahlachse 11 des Ultraschall-Transducers TR nicht parallel zur einer Oberflächennormalen 14,15 einer ersten oder zweiten Oberfläche des betreffenden piezo-

30

elektrischen Schwingelements 2 ist. Dabei wird die Oberfläche als erste Oberfläche des betreffenden piezoelektrischen Schwingelements 2 bezeichnet, die den ersten Kontakt 2a des betreffenden piezoelektrischen Schwingelements 2 trägt. Alternativ kann die Schallabstrahlachse 11 des Ultraschall-Transducers

5 TR auch nicht parallel zu einer Gehäuseachse 13 und/oder einer Symmetrieachse des Gehäuses 1c und/oder der Gehäusewände 1c und/oder zu einer Flächennormale einer inneren oder äußeren Oberfläche des Gehäusebodens 1b des Gehäuses 1 sein.

10 Was für die Schallabstrahlachse 11 gilt, kann auch für die Oberflächennormale 14,15 einer Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 erreicht werden. Auch diese kann nicht parallel zu einer Gehäuseachse 13 und/oder einer Symmetrieachse des Gehäuses 1c und/oder der Gehäusewände 1c und/oder zu einer Flächennormale einer inneren oder äußeren Oberfläche des Gehäuse-

15 bodens 1b des Gehäuses 1 angeordnet werden.

Typischerweise wird das Gehäuse 1 des Ultraschall-Transducers becherförmig ausgeführt. Dabei ist die Aufbauhöhe h aus Kleber 3 und optionalem Montageelement oder optionalem Montagering 6 und Schwingelement 2 kleiner als die

20 Höhe h_G des Gehäuses 1.

Gleichzeitig ist typischerweise der Abstand d zwischen der ersten Oberfläche des Schwingelements 2 und der Oberkante des becherförmigen Gehäuses 1 größer als die Aufbauhöhe h.

25

Die Montageelemente 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j können relativ frei gestaltet werden. Eine besonders einfache und erfahrungsgemäß vorzugsweise Form ist die eines elektrisch leitenden Blechringes. In diesem Fall weist das Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j für den erfindungsgemäßen Ultraschall-Transducer

30 TR mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem mindestens eine Öffnung 9,9b,9c,9d und/oder Aussparung und/oder Vertiefung auf, die die mechanischen Eigenschaften des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j an einer Stelle

- des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j modifizieren. Hierdurch kann beispielsweise lokal das mittlere E-Modul geändert werden. Hierbei erfolgt die Mittelung über die Öffnung hinweg. Ein Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j kann einzelne oder auch mehrere Öffnungen 9,9b,9c,9d,10,20 und/oder einzelne oder auch mehrere Aussparungen und/oder einzelne oder auch mehrere Vertiefungen aufweisen. Einzelne oder mehrere Öffnungen 9,9b,9c,9d,10,20 können komplett oder auch nur teilweise unter dem piezoelektrischen Schwingelement 2 angeordnet sein. Einzelne oder mehrere Öffnungen 9,9b,9c,9d,10,20 können komplett über oder auch nur teilweise über dem elektrisch isolierenden Kleber 3 angeordnet sein. Einzelne oder mehrere Öffnungen 9,9b,9c,9d,10,20 können komplett über oder auch nur teilweise in einem Bereich eines Überhangs 6g,L des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, der später näher erläutert wird, angeordnet sein.
- 15 Einzelne oder mehrere Öffnungen 9,9b,9c,9d,10,20 können beispielsweise zylinderförmige Durchbrüche oder Schlitz- oder Öffnungen anderer Form in dem jeweiligen Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j sein. Es kann sich aber auch nur um einzelne oder auch mehrere Sacklöcher, einzelne oder auch mehrere Kerben oder einzelne oder auch mehrere andere Vertiefungen von der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des jeweiligen Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j her handeln.
- 20 Es ist es denkbar, dass ein Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j statt der einzelnen oder auch mehreren Öffnungen oder einzelnen oder auch mehreren Vertiefungen und/oder einzelnen oder auch mehreren Aussparungen oder auch gleichzeitig mit diesen, in umgekehrter Weise auch einzelne oder auch mehrere Erhöhungen aufweist. Diese einzelnen oder auch mehreren Erhöhungen können beispielsweise einzelne oder auch mehrere abstehende Zylinder oder einzelne oder auch mehrere Nuten oder einzelne oder auch mehrere Ausstülpungen anderer Form an dem jeweiligen Montageelement an der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des jeweiligen Montageelementes sein.
- 25
30

Einige dieser einzelne oder auch mehrere Öffnungen können beispielsweise in einem zwei- oder eindimensionalem Gitter mit einer Elementarzelle angeordnet werden. Dabei wiederholt sich die Anordnung der Strukturen – z.B. Öffnungen und Erhöhungen – der Elementarzelle bei Verschiebung längs einer Oberfläche des jeweiligen Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j um mindestens einen Gittervektor in mindestens eine Gitterrichtung. Eine besondere Ausprägung eines erfindungsgemäßen Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j weist daher mindestens ein Muster – die besagte Elementarzelle – von Öffnungen 10 und/oder Erhöhungen 10b auf, das bei translatorischer Verschiebung längs einer Oberfläche des besagten Montageelements um zumindest einen ersten Abstand $n_1 \cdot a_1$ und/oder einen zweiten Abstand $m_1 \cdot a_2$, wobei n_1 und m_1 ganze Zahlen sind, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet wird, also insbesondere ein ein- oder zwei- oder dreidimensionales Gitter bildet.

Besonders geeignete Muster lassen sich mittels der Anordnung in einem quadratischen hexagonalen Gitter erzeugen. In diesem Fall ist dann die Gitterstruktur des zweidimensionalen Gitters hexagonal oder quadratisch. Die Gittersymmetrie ist dann vier oder sechszählig. Natürlich sind auch rechteckige und/oder rhombische Gitter denkbar.

Diese Strukturen können grundsätzlich auch in den Gehäuseboden 1b eingebracht werden. Eine Ausprägung des erfindungsgemäßen Ultraschall-Transducers zeichnet sich somit unter anderem dadurch aus, dass der Ultraschall-Transducer zumindest eine weitere Struktur im Gehäuseboden aufweist, die in ähnlicher Weise zum Montageelement ein Muster von Vertiefungen 17 und/oder Erhöhungen 17 und/oder Öffnungen – die besagte Elementarzelle – aufweist, das bei translatorischer Verschiebung um zumindest einen ersten Abstand $n_2 \cdot a_3$ und/oder einen zweiten Abstand $m_2 \cdot a_4$, wobei n_2 und m_2 ganze Zahlen sind, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet wird, also insbesondere ein ein- oder zwei- oder dreidimensionales Gitter bildet.

Hierbei kann die Dreidimensionalität dadurch erreicht werden, dass zumindest der Gehäuseboden aus mehreren Schichten mit einem jeweils zweidimensionalen Gitter zusammenlaminiert wird.

- 5 Durch diese Methodik wird prinzipiell auch eine Optimierung in der Hinsicht ermöglicht, dass der Transducer TR mehr als eine Resonanzfrequenz aufweisen kann und dabei eine unterschiedliche Güte aufweisen kann. Ist eine Ansteuerschaltung US_{ctr} nicht mehr so frequenzselektiv, kann ein Anwender bei den Strukturen des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j bzw. im Gehäusebo-
- 10 den 1b die Absicht verwirklichen, bei einer ersten Frequenz eine Resonanz geringerer Güte der Resonanz und damit eine größere Frequenzbandbreite des Sensors zu erreichen, um insbesondere die Ausschwingzeit nach dem Aussenden des Sendepulses und damit den "toten" Bereich, in dem ein auf dem Ultraschall-Transducer basierender Abstandssensor, beispielsweise ein Ein-
- 15 parksensor eines Kfz, aufgrund dieses eigenen Ausschwingens noch keine Hindernisse wahrnehmen kann, zu minimieren und bei einer anderen, zweiten Frequenz im Gegensatz dazu eine Resonanz bessere Güte der Resonanz zu erreichen, um durch den längeren Sendeimpuls eine bessere Reichweite zu erreichen.

20

- Dementsprechend kann die Ansteuerschaltung US_{ctr} so ausgebildet werden, dass sie je nach gerade gewünschter Messaufgabe beispielsweise für eine erste Messaufgabe, beispielsweise eine Abstandsmessung in Nahbereich mit kurzer Ausschwingzeit, ein Sendesignal auf der ersten Leitung DRV1 und der
- 25 zweiten Leitung DRV2 nutzt, das eine erste Sendesignalfrequenz hat, die zu einer Resonanz des Ultraschall-Transducers TR in einer ersten Resonanzfrequenz des Ultraschall-Transducers TR mit einer ersten Güte und einer ersten Abstrahlcharakteristik führt, und für eine zweite Messaufgabe, beispielsweise eine Abstandsmessung in Fernbereich mit langer Ausschwingzeit, ein Sende-
- 30 signal auf der ersten Leitung DRV1 und der zweiten Leitung DRV2 nutzt, das eine zweite Sendesignalfrequenz hat, die zu einer Resonanz des Ultraschall-Transducers TR in einer zweiten Resonanzfrequenz des Ultraschall-Transducers

TR mit einer zweiten Güte und einer zweiten Abstrahlcharakteristik führt. Natürlich ist es denkbar, mehr als zwei Messaufgaben mit gegebenenfalls mehr als zwei Sendefrequenzen und mit gegebenenfalls mehr als zwei Resonanzfrequenzen und gegebenenfalls mehr als zwei Güten und gegebenenfalls mehr als
5 zwei Abstrahlcharakteristiken vorzusehen.

Mit Hilfe eines somit elektrisch gegenüber dem Gehäuse 1 isolierten piezoelektrischen Schwingelements 2 kann nun eine elektrische Schaltung aufgebaut werden. Diese Schaltung zur Ansteuerung eines Ultraschall-Transducers
10 TR mit einem erfindungsgemäßen Schwingelement umfasst mindestens ein piezoelektrisches Schwingelement 2 des Ultraschall-Transducers TR und die Ansteuerschaltung DRV Diese wiederum umfasst als Teil der Schaltung mindestens einen ersten Inverter bestehend aus mindestens einem ersten Transistor T1 und mindestens einem zweiten Transistor T3. Der erste Transistor T1
15 wird mit einem ersten Sendesignal Φ_{1a} angesteuert. Der zweite Transistor T3 wird mit einem dazu komplementären ersten Sendesignal Φ_{1b} angesteuert. Diese Transistoren T1,T3 treiben eine zweite Leitung DRV2 zur direkten differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2. Des Weiteren umfasst die Schaltung mindestens einen zweiten Inverter bestehend aus
20 mindestens einem zweiten Transistor T2, der mit einem zweiten Sendesignal Φ_{2a} , das insbesondere gegenläufig zum ersten Sendesignal Φ_{1a} sein kann, angesteuert wird. Darüber hinaus umfasst die Schaltung mindestens einem vierten Transistor T4, der mit einem komplementären zweiten Sendesignal Φ_{2b} , das insbesondere gegenläufig zum komplementären ersten Sendesignal Φ_{1ab}
25 sein kann, angesteuert wird. Die beiden Transistoren T2,T4 treiben eine erste Leitung DRV1 zur direkten differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2. Da die Sendesignale den Empfang stören würden, schalten die Sendesignale $\Phi_{1a}, \Phi_{1b}, \Phi_{2a}, \Phi_{2b}$ während des Empfangs die Transistoren T1,T2,T3,T4 zumindest zeitweise ab. Damit dies funktioniert, ist mindestens
30 ein piezoelektrisches Schwingelement 2 vorzugsweise in einem zumindest becherförmig ausgeführten Faraday'schen Käfig, einem Gehäuse 1, montiert. Dieses Gehäuse 1 ist bevorzugt von der ersten Leitung DRV1 und der zweiten

Leitung DRV2 und dem piezoelektrischen Schwingelement 2 elektrisch isoliert und durch einen Anschluss ESD_GND auf ein gegenüber den anderen Teilen der Schaltung definiertes Potenzial, vorzugsweise eine ESD-Masse, gelegt.

- 5 Um den Einfluss des Gehäuses 1 durch kapazitive Kopplung und dergleichen auf den Rest der Schaltung zu minimieren, ist es vorteilhaft, wenn dass das Gehäuse 1 des Ultraschall-Transducers TR mit einer niederohmigen Spannungsquelle oder mit einer Kapazität beispielsweise gegen Signalmasse oder mit dem Anschluss an eine Versorgungsspannungsleitung oder eine Masselei-
- 10 tung als ESD-Erdung verbunden ist.

Damit ein piezoelektrische Schwingelement 2 Anschwingen kann, ist es vorteilhaft, wenn das betreffende piezoelektrische Schwingelement 2 isoliert von der ESD-Erdung über zwei Leitungen DRV1,DRV2 angesteuert werden kann

15 und ein geeignetes Ansteuersignal als Spannung zwischen diesen beiden Leitungen DRV2,DRV1 angelegt wird, das mindesten eine Flanke und/oder Polaritätswechsel vorzugsweise in digitaler Form aufweist. In dem Fall kann ein solches piezoelektrisches Schwingelement 2 mit einem digitalen Signal angeregt werden.

20 Neben dem Ultraschall-Transducer TR, den Montageelementen 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und der zugehörigen Ansteuerschaltung umfasst die Erfindung auch ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Ultraschall-Transducers TR.

- 25 Dieses umfasst in einer ersten Ausprägung die Schritte:
- Bereitstellen eines Gehäuses 1,
 - Einbringen mindestens einer elektrisch isolierenden Klebmasse 3 in das Gehäuse 1,
 - 30 - mechanisches Verbinden mindestens eines elektrisch leitenden Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere eines Montagerings 6, mit der mindestens einen elektrisch isolierenden Klebmasse 3,

- 26 -

- Einbringen mindestens eines piezoelektrischen Schwingelements 2 in das Gehäuse 1,
- mechanisches Verbinden des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2, das mindestens einen ersten elektrischen Kontakt 2a und mindestens einen zweiten Kontakt 2b aufweist, mit der mindestens elektrisch isolierenden Klebmasse 3,
- mechanisches und elektrisches Verbinden des mindestens einen Schwingelements 2 mittels mindestens eines zweiten Kontakts 2b mit dem mindestens einen elektrisch leitenden Montageelement 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j, insbesondere dem Montagering 6,
- elektrisches Verbinden mindestens einer ersten elektrischen Zuleitung 4 mit dem mindestens einen ersten elektrischen Kontakt 2a des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2,
- elektrisches Verbinden mindestens einer zweiten elektrischen Zuleitung 5 mit dem mindestens einen zweiten elektrischen Kontakt 2b des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2 und/oder mit dem mindestens einen elektrisch leitenden Montageelement 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j, insbesondere dem elektrisch leitenden Montagering 6,
- gegebenenfalls elektrisches Verbinden mindestens einer dritten elektrischen Zuleitung 7 mit dem Gehäuse 1.

Hierbei werden die Schritte vorzugsweise in der oben angegebenen Reihenfolge durchgeführt.

- 25 Allerdings kann auch mindestens ein piezoelektrisches Schwingelement 2 mit mindestens einem Montageelement 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j zuerst verbunden werden und dann in das Gehäuse 1 eingesetzt werden. Das zugehörige Verfahren umfasst dann die Schritte:
- Bereitstellen eines Gehäuses 1,
 - Einbringen mindestens einer elektrisch isolierenden Klebmasse 3, 3b in das Gehäuse 1,

- 27 -

- mechanisches und elektrisches Verbinden mindestens eines Schwingelements 2, das mindestens einen ersten elektrischen Kontakt 2a und mindestens einen zweiten Kontakt 2b aufweist, mittels mindestens eines zweiten Kontakts 2b mit mindestens einem elektrisch leitenden Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere dem Montagering 6, 5
- Einbringen des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2 und des mindestens einen Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e in das Gehäuse 1,
- mechanisches Verbinden des mindestens einen elektrisch leitenden Montageelements 6,6b,6c,6d,6e, insbesondere eines Montagerings 6, mit der 10 mindestens einen elektrisch isolierenden Klebmasse 3,3b und mechanisches Verbinden des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2 mit der mindestens einen elektrisch isolierenden Klebmasse 3,3b,
- 15 - elektrisches Verbinden mindesten einer ersten elektrischen Zuleitung 4 mit dem mindestens einen ersten Kontakt 2a des mindestens einen piezoelektrischen Schwingelements 2,
- elektrisches Verbinden mindestens einer zweiten elektrischen Zuleitung 5 mit dem mindestens einen zweiten Kontakt 2b des mindestens einen 20 piezoelektrischen Schwingelements 2 und/oder mit dem mindestens einen elektrisch leitenden Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere dem elektrisch leitenden Montagering 6,
- gegebenenfalls elektrisches Verbinden mindestens einer dritten elektrischen Zuleitung 7 mit dem Gehäuse 1.

25

Auch hier folgt der Prozess der Herstellung vorzugsweise der oben angegebenen Sequenz.

30 Zusätzlich kann mindestens ein Zwischenraum zwischen mindestens einem Überhang 6g mindestens eines Montageelementes 6e und dem Gehäuseboden 1b noch mit mindestens einer speziellen Masse 18 verfüllt werden. Dies geschieht üblicherweise vor dem Einbringen des betreffenden Montageelementes

6e in das Gehäuse 1. Die Masse kann aber auch nach diesem Einbringen gegebenenfalls durch Öffnungen 17,10 in den betreffenden Zwischenraum eingespritzt werden. Beide zuvor beschriebenen Grundvarianten des Prozesses können daher um den Schritt

5

- Einbringen mindestens einer Masse 18 oder mindestens eines Medium 18, die schließlich sich zwischen mindestens einem Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b befindet,

10 ergänzt werden. Wobei dieser Schritt an verschiedenen Stellen des jeweiligen Prozesses durchgeführt werden kann.

Zusätzlich kann das Gehäuse 1 auch noch mit mindestens einer Vergussmasse 12 vergossen werden. Alternativ können auch andere Füllstoffe eingebracht
15 werden. Beide zuvor beschriebenen Grundvarianten des Prozesses können daher um den Schritt

- Ausfüllen des Gehäuses 1 mit mindestens einer Vergussmasse oder mindestens einer Füllmasse 12

20

ergänzt werden. Wobei dieser Schritt typischerweise als letzter Schritt des Prozesses durchgeführt wird.

Das erfindungsgemäße Schwingssystem weist ein Montageelement 6e als
25 Schwingkörper und ein die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrischen Schwingelement 2 pro Montageelement 6e auf. Es ist für die Verwendung in einem Ultraschall-Transducer TR vorgesehen. Das Schwingelement 2 ist mit dem Montageelement 6e mechanisch durch eine Klebung mittels eines Klebers verbunden. Das Schwingssystem, bestehend aus dem
30 Montageelement 6e und dem Schwingelement 2, ist mittels eines elastischen Klebers 3 mechanisch mit einem Gehäuse 1,1a,1c eines Ultraschall-Transducers TR verbunden. Die kürzeste Verbindungslinie L von dem Schwerpunkt des

Schwingelements 2 zu dem Gehäuse 1 schneidet den elastischen Kleber 3. Im Gegensatz zum Stand der Technik weist das Schwingsystem aus Montageelement 6e und Schwingelement 2 bei Ansteuerung des Schwingelements 2 durch einen Ansteuerschaltkreis zumindest zwei oder mehr mechanische Resonanzfrequenzen, die voneinander verschieden sind, auf, wobei zumindest eine dieser Resonanzfrequenzen von den drei aus dem Stand der Technik bekannten Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements 2 und den Frequenzen der entsprechenden Oberwellen verschieden ist. Dabei beziehen sich die Eigenfrequenzen auf solche Eigenfrequenzen des Schwingelements 2 ohne anmontiertes Montageelement 6e. Das Montageelement 6e weist mindestens eine Öffnung 9b und/oder Aussparung und/oder Vertiefung und/oder Ausstülpung auf. Eine Ausstülpung kann beispielsweise eine akustische Stichleitung 10 sein, die wiederum durch eine weitere Klebung 3b akustisch ab- oder kurzgeschlossen sein kann. Das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Resonanzfrequenz hängt dabei von einem Durchmesser oder der Lage der Öffnung 9b und/oder Aussparung und/oder Vertiefung und/oder der Länge der Ausstülpung 10 auf dem Montageelement 6e ab.

Das erfindungsgemäße Schwingsystem weist ein Montageelement 6k und ein Schwingelement 2c auf. Das Schwingelement 2c ist mit dem Montageelement 6k verklebt. Dieses wiederum ist in das Gehäuse eines Ultraschall-Transducers TR mittels eines Klebers 3c,3d eingeklebt, wobei die kürzeste Verbindungslinie von dem Schwerpunkt des Schwingelements 2c zu dem Gehäuse den elastischen Kleber 3 schneidet. Im Gegensatz zum Stand der Technik weist das Schwingsystem bei elektrischer Ansteuerung des Schwingelements 2c zumindest zwei oder mehr mechanische Resonanzfrequenzen auf, die voneinander verschieden sind. Diese Resonanzfrequenzen sind von den Eigenfrequenzen des Schwingelements 2c ohne anmontiertes Montageelement 6k verschieden. Das Montageelement 6k weist zur Einstellung dieser Resonanzfrequenzen ein gitterförmiges Muster von Öffnungen 10 auf einer Oberfläche des Montageelements 6k auf. Dabei hängt das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten

Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Resonanzfrequenz von der Gitterkonstanten a_1 ab.

Das erfindungsgemäße Schwingssystem weist einem Montageelement 6e und ein Schwingelement auf. Das Schwingelement ist mit dem Montageelement 6j verklebt. Dieses wiederum ist in das Gehäuse eines Ultraschall-Transducers TR mittels eines Klebers 3c,3d eingeklebt, wobei die kürzeste Verbindungslinie von dem Schwerpunkt des Schwingelements zu dem Gehäuse den elastischen Kleber 3c schneidet. Im Gegensatz zum Stand der Technik weist das Schwing-
system bei elektrischer Ansteuerung des Schwingelements zumindest zwei oder mehr mechanische Resonanzfrequenzen auf, die voneinander verschieden sind. Diese Resonanzfrequenzen sind von den Eigenfrequenzen des Schwing-
elements ohne anmontiertes Montageelement verschieden. Das weist Monta-
geelement 6j weist zur Einstellung dieser Resonanzfrequenzen ein rotations-
symmetrisches, periodisches Muster von Öffnungen 20 auf einer Oberfläche des Montageelements 6j auf. Dabei hängt das Frequenzverhältnis des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz dividiert durch den Betrag der ersten Reso-
nanzfrequenz von der Gitterkonstanten g_1 der Rotationssymmetrie ab.

Beschreibung der Figuren

Im Folgenden wird die Erfindung vertieft anhand der Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Ansteuerschaltung mit einem Übertrager für einen Ultra-
schall- Transducer entsprechend dem Stand der Technik.

Fig. 2 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Trans-
ducer entsprechend dem Stand der Technik.

Fig. 3 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch ein Sensormodul ent-
sprechend dem Stand der Technik.

- Fig. 4 zeigt eine Ansteuerschaltung ohne einen Übertrager für einen Ultraschall-Transducer entsprechend dem Stand der Technik.
- Fig. 5 zeigt eine Treiberstufe des Ansteuerschaltkreises.
- 5 Fig. 6 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem.
- Fig. 7 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem, der vergossen ist.
- 10 Fig. 8 zeigt eine erfindungsgemäße Ansteuerschaltung ohne einen Übertrager für einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem.
- 15 Fig. 9 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem mit Gehäusesymmetrieachse.
- 20 Fig. 10 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem und mit Gehäusesymmetrieachse, der vergossen ist.
- 25 Fig. 11 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem und mit Gehäusesymmetrieachse, wobei das piezoelektrische Schwingelement verkippt ist.
- 30 Fig. 12 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen vergossenen, Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem und

mit Gehäusesymmetrieachse, wobei das piezoelektrische Schwingelement verkippt ist.

Fig. 13 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingssystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und die Öffnung im Montageelement asymmetrisch und verkleinert ist.

Fig. 14 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen vergossenen, Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingssystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und die Öffnung im Montageelement asymmetrisch und verkleinert ist.

Fig. 15 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingssystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und die Öffnung im Montageelement asymmetrisch und verkleinert ist und wobei das piezoelektrische Schwingelement verkippt ist.

Fig. 16 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen vergossenen, Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingssystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und die Öffnung im Montageelement asymmetrisch und verkleinert ist und wobei das piezoelektrische Schwingelement verkippt ist.

Fig. 17a zeigt ein beispielhaftes Montageelement der Fign. 7, 9, 10, 11, 12 in der Aufsicht.

Fig. 17b zeigt ein beispielhaftes Montageelement der Fign. 13, 14, 15, 16 in der Aufsicht.

Fig. 18a zeigt ein beispielhaftes Montageelement bei dem nur die Öffnung verkleinert und asymmetrisch ist in der Aufsicht.

5 Fig. 18b zeigt ein beispielhaftes elliptisches Montageelement mit verkleinerter asymmetrisch platzierter Öffnung und einem Überhang mit einem zweidimensionalen Loch-Gitter (zweidimensionaler Kristall) in der Aufsicht.

10 Fig. 19 zeigt ein beispielhaftes rundes Montageelement mit einem beidseitig aufliegendem Überhang und zwei beispielhaften Bereichen mit einem beispielhaften zweidimensionalen Lochgitter in der Aufsicht.

15 Fig. 20 zeigt ein beispielhaftes rundes Montageelement mit einem beidseitig aufliegendem Überhang und vier beispielhaften Öffnungen 20 im Bereich dieses Überhangs in der Aufsicht.

20 Fig. 21 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingsystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und der Überhang beidseitig auf Kleber aufliegt und wobei sich im Bereich des Überhangs ein Lochgitter befindet.

25 Fig. 22 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen vergossenen, Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingsystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und der Überhang beidseitig auf Kleber aufliegt und wobei sich im Bereich des Überhangs ein Lochgitter befindet.

30 Fig. 23 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßem Schwingsystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und der Überhang beidseitig auf Kleber aufliegt und wobei sich im Bereich des Überhangs ein Lochgitter be-

findet und unterhalb des Überhangs im Gehäuseboden sich ein Einlegeelement befindet.

Fig. 24 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen vergossenen, Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und der Überhang beidseitig auf Kleber aufliegt und wobei sich im Bereich des Überhangs ein Lochgitter befindet und unterhalb des Überhangs im Gehäuseboden sich Strukturelemente (hier Sacklöcher) befindet.

Fig. 25 zeigt einen vereinfachten Querschnitt durch einen Ultraschall-Transducer mit erfindungsgemäßigem Schwingsystem, wobei das Montageelement einseitig übersteht und der Überhang beidseitig auf Kleber aufliegt und wobei sich im Bereich des Überhangs ein Gitter aus Erhöhungen befindet.

Fig. 26 zeigt eine Erweiterung von Fig. 19 um zwei akustische Stichleitungen SL1 und SL2 zur Erzeugung mindestens zweier weiterer Resonanzfrequenzen.

Die weitere Beschreibung der Erfindung in ihren verschiedenen konkreten Ausprägungen erfolgt nun an Hand der Fign. 5 bis 25. Der beanspruchte Umfang ergibt sich dabei aus den Ansprüchen.

Fig. 5 zeigt eine typische Treiberschaltung DRV zur Ansteuerung der ersten Leitung DRV1 und der zweiten Leitung DRV2. Die Treiberschaltung DRV wird durch eine Versorgungsspannung VDRV mit elektrischer Energie versorgt, die typischerweise innerhalb des Ansteuerschaltkreises US_{ctr} aus der externen Versorgung (VSUP_LINE, Fig. 4) erzeugt wird. Ein erster Transistor T1, der typischerweise ein p-Kanal-MOS-Transistor ist, wird mit einem ersten Signal Φ_{1a} angesteuert und zieht die erste Leitung DRV1, die typischerweise mit dem ersten Kontakt 2a des piezoelektrischen Schwingelements 2 verbunden ist, auf

ein positives Potenzial, wenn der erste Transistor T1 einschaltet. Ein dritter Transistor T3, der typischerweise ein n-Kanal-MOS-Transistor ist, wird mit einem ersten komplementären Signal Φ_{1b} angesteuert und zieht die erste Leitung DRV1, auf ein Massepotenzial, wenn der dritte Transistor T3 einschaltet.

- 5 Eine nicht gezeichnete Blockierschaltung verhindert das gleichzeitige Einschalten des ersten und dritten Transistors T1,T3. Während des Empfangs sind der erste und dritte Transistor T1,T3 ausgeschaltet.

Ein zweiter Transistor T2, der typischerweise ein p-Kanal-MOS-Transistor ist,
10 wird mit einem zweiten Signal Φ_{2a} angesteuert und zieht die zweite Leitung DRV2, die typischerweise mit dem zweiten Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 verbunden ist, auf ein positives Potenzial, wenn der zweite Transistor T2 einschaltet. Ein vierter Transistor T4, der typischerweise ein n-Kanal-MOS-Transistor ist, wird mit einem zweiten komplementären Signal Φ_{2b}
15 angesteuert und zieht die zweite Leitung DRV2, auf ein Massepotenzial, wenn der vierte Transistor T4 einschaltet. Eine nicht gezeichnete Blockierschaltung verhindert das gleichzeitige Einschalten des zweiten und vierten Transistors T2,T3. Während des Empfangs sind der zweite und vierte Transistor T2,T4 ebenfalls ausgeschaltet. Typischerweise sind das erste und zweite Signal zu-
20 einander komplementär, so dass der Pegel der Wechsellspannung zwischen der ersten und zweiten Leitung in etwa das Doppelte des Pegels der Versorgungsspannung VDRV beträgt.

Während des Empfangs sind alle vier Transistoren T1,T2,T3,T4 typischerweise
25 ausgestellt. Die Schaltung DRV hat dann einen hochohmigen Ausgangswiderstand an ihren Ausgängen DRV1,DRV2.

Um nun das ESD-Problem zu lösen, sieht die Vorrichtung mit erfindungsgemäßem Schwingensystem eine elektrische Isolation des piezoelektrischen Schwing-
30 elements 2 gegenüber dem Gehäuse 1 vor. Dies ist in Fig. 6 dargestellt. Eine elektrische Kontaktierung des zweiten Kontakts 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 muss aber weiterhin möglich sein. Fig. 6 zeigt die ent-

sprechende Lösung schematisch. Zu diesem Zweck wird zusätzlich ein Montageelement 6 in den Ultraschall-Transducer TR eingebracht. Dieses ist vorzugsweise zumindest teilweise elektrisch leitend, sodass das piezoelektrische Schwingelement 2 mit diesem elektrisch leitend mechanisch verbunden werden kann. Die elektrische Verbindung findet dabei über den zweiten Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 statt. Die elektrisch leitende mechanische Verbindung zwischen zweitem Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2 und dem Montageelement 6 kann beispielsweise durch elektrisch leitende Klebung und/oder durch Löten und/oder Schweißen hergestellt werden. Das Montageelement 6 wird mit der zweiten elektrischen Zuleitung 5 elektrisch leitend verbunden, die nun statt des Gehäuses 1 mit der zweiten Leitung DRV2 elektrisch leitend verbunden werden kann.

Das piezoelektrische Schwingelement 2 und das Montageelement 6 werden durch einen elektrisch isolierenden Kleber 3 in dem Gehäuse 1 typischerweise am Gehäuseboden 1b befestigt. Das Gehäuse 1 selbst wird über einen speziellen elektrischen Anschluss 7 des Gehäuses 1 angeschlossen, der mit einer speziellen ESD-Erdung ESD_GND verbunden wird. Bei einem ESD-Ereignis, wird somit die Energie des ESD-Pulses nicht in die Ansteuerschaltung US_{ctr} , sondern in einen ESD-Masseanschluss ESD-GND geleitet. In der Praxis wird empfohlen, die Konstruktion mit geeigneten EMV-Simulationswerkzeugen zu entwickeln, da trotz dieser Ableitung kapazitive und induktive Kopplungen immer noch zu Störungen führen können, die aber gegenüber der Situation im Stand der Technik massiv abgeschwächt sind.

Wie bereits oben erwähnt, hat es sich als günstig erwiesen, wenn der Durchmesser L_G des typischerweise runden Gehäuses 1 ein ganzzahliges Vielfaches (n-faches) der Wellenlänge des Schalls in Luft λ_L ist. Hierdurch kommt es zu einer gewissen Richtwirkung des abgestrahlten Schalls des Ultraschall-Transducers TR. Die Schallabstrahlrichtung 11 ist hier mit dem Bezugszeichen 11 angedeutet.

In dem Beispiel der Fig. 6 besitzt das Montageelement 6 eine symmetrische Öffnung 9, die hier beispielhaft vom elektrisch isolierenden Kleber 3 gefüllt ist. Es handelt sich bei dem Montageelement 6 also eher um einen Montagering 6. Dessen Außenkannte besitzt in diesem Beispiel einen Radius, der größer als
5 der Radius der Außenkannte 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 ist. Ebenso ist der Radius der Außenkannte des Montageelements größer als der Radius des Kreises der Klebekante 3c. Das bedeutet, dass der Montagering 6 in diesem Beispiel ein wenig über das piezoelektrische Schwingelement 2 und die Klebekante 3c hinaussteht.

10 Der Montagering bzw. das Montageelement 6 verändert natürlich die Schwing-
eigenschaften des piezoelektrischen Schwingelements 2. Ein wichtiger bean-
spruchter Nebeneffekt der erfindungsgemäßen Konstruktion ist daher, dass
durch geeignete Formgebung des Montageelementes 6 und geeignete Anbrin-
15 gung des Paktes aus piezoelektrischem Schwingelement 2 und Montageele-
ment 6, also des Schwingystems, die Schwingungs- und Abstrahleigenschaf-
ten des Ultraschall-Transducers TR gezielt modifiziert werden können. Dies ist
insbesondere deshalb vorteilhaft, weil nur die Formgebung des Montageele-
ments 6 angepasst werden muss, während alle anderen Komponenten des
20 Ultraschall-Transducers TR in ihrer Konstruktion belassen werden können.
Wird das Montageelement 6 beispielsweise durch fotolithografisches Ätzen
und/oder Laserschneiden hergestellt, so ist es möglich, auch geringste Stück-
zahlen spezieller Ultraschall-Transducer TR kostengünstig herzustellen, ohne
dass das Gehäuse 1 oder die äußere Kristallform des piezoelektrischen
25 Schwingungselements 2 verändert werden muss.

Das Gehäuse 1 wird mit den angedeuteten Kerben dann in eine Halterung ein-
geklemt. Die Halterungen dienen dann typischerweise als Festlager, die
einen rotatorischen Freiheitsgrad zulassen und somit die Torsionsschwingung
30 des Gehäuses 1 um diese typischerweise ringförmige Achse zulassen.

In vielen Fällen ist es sinnvoll, wenn das Gehäuse 1 mit einer Vergussmasse 12 oder einem anderen geeigneten Stoff gefüllt wird. Diese Vergussmasse 12 ist in Fig. 10 beispielhaft eingezeichnet. Auswahl und Konsistenz dieser Vergussmasse sollten sich an den Anforderungen der jeweiligen Aufgabe orientieren. Hierzu sollten FEM –Simulationen des Ultraschall-Transducers in der Konstruktionsphase durchgeführt werden.

Fig. 9 und Fig. 10 zeigen darüber hinaus noch eine Gehäuseachse 13. Statt der Gehäuseachse 13 kann auch eine Flächennormale des Gehäusebodens 1b bezüglich der im Folgenden erwähnten Nutzungen dieser Gehäuseachse 13 verwendet werden, wenn dieser eben ist.

Durch Verkippen des Pakets aus dem piezoelektrischen Schwingelement 2 und dem Montageelement 6 gegenüber dem Gehäuseboden 1b um einen Verkippwinkel β kann die Schallabstrahlrichtung 11 gegenüber der Gehäuseachse 13 um einen Abstrahlwinkel α gekippt werden. Fig. 11 zeigt diesen Fall. Hierbei bezieht sich in diesem Beispiel der Verkippwinkel β in einer Ausprägung auf den Winkel zwischen einer Parallelen 16 zur Gehäuseachse 13 und einer Normalen 14 zu einer ersten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2. Die erste Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 soll dabei die Oberfläche desselben sein, die den ersten elektrischen Kontakt 2a trägt. Statt der Normalen 14 zu einer ersten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 kann auch die Normalen zu einer zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 verwendet werden. Die zweite Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 soll dabei die Oberfläche desselben sein, die den zweiten elektrischen Kontakt 2b trägt.

Statt der Normalen 14 zu einer ersten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 kann auch die Normalen zu einer Oberfläche des Montageelements 6 genutzt werden.

Statt der Parallelen 16 zur Gehäuseachse 13 kann auch eine Parallele 16 zu einer Normalen einer Oberfläche des Gehäusebodens für die Definition des Verkippwinkels β oder des Abstrahlwinkels α verwendet werden.

5 Fig. 12 zeigt die Vorrichtung aus Fig. 11 mit einer Füllmasse 12.

Fig. 13 stellt den Ultraschall-Transducer TR aus Fig. 9 mit einem modifizierten Montageelement 6b dar. Dieses verfügt über eine nicht zentrische Öffnung 9b, die hier zudem kleiner als die Öffnung 9 der Fig. 9 ist. Gleichzeitig führt die
10 Form des Montageelements 6b zu einem einseitig aufliegenden Überhang 6g, der über die Klebekante 3c weiter als im Fall der Fig. 9 hinausragt. Die Asymmetrie der Lage der Öffnung 9b, deren Größe und der einseitig aufliegende Überhang 6g führen zu einer Veränderung der Schwingungseigenschaften des Ultraschall-Transducers TR und zu einer Verzerrung des Schallfeldes,
15 das von diesem beim Senden erzeugt wird. Insbesondere kommt es zu einer geänderten Wechselwirkung zwischen dem Montageelement 6b, dem Gehäuseboden 1b und der Gehäusewand 1c im Bereich und Umfeld des einseitig aufliegenden Überhangs 6g. Typischerweise wird hierdurch die Richtung und der Betrag der Schallabstrahlrichtung 11 sowie die Form der Schallabstrahlkeule beeinflusst.
20

Auch ändern sich gegebenenfalls die Resonanzfrequenzen und das Dämpfungsverhalten. All dies wird der Fachmann beim Entwurf typischerweise mit Hilfe einer FEM-Simulation während der Konstruktionsphase optimieren. Fig.
25 14 zeigt wieder Fig. 13 mit einer geeigneten Füllung 12.

Diese Asymmetrie der Fign. 12 und 13 kann natürlich mit der Verkippung der Fign. 10 und 11 kombiniert werden. Fig. 15 zeigt die Kombination der Verkippung mit der Asymmetrie des Montageelements 6b und Fig. 16 diese mit einer
30 Füllung 12.

Die Fig. 17 bis 20 zeigen einige beispielhafte Montageelemente 6, 6b, 6c, 6d, 6i, 6j in der Aufsicht für ein rotationssymmetrisches piezoelektrisches Schwingelement 2.

- 5 Fig. 17a zeigt das Montageelement 6 der Fig. 9, 10, 11, 12 in der Aufsicht. Die spätere Lage der Klebekante 3c sowie die spätere Lage der Außenkante des piezoelektrischen Schwingelements sind beispielhaft markiert. Das Montageelement 6 weist die bereits beschriebene Öffnung 9 auf. Es handelt sich also um einen Montagering.

10

- Fig. 17b zeigt das Montageelement 6b der Fig. 13, 14, 15, 16 in der Aufsicht. Die spätere Lage der Klebekante 3c sowie die spätere Lage der Außenkante des piezoelektrischen Schwingelements sind beispielhaft markiert. Das Montageelement 6b weist die bereits beschriebene, verkleinerte und asymmetrisch
- 15 liegende kreisrunde Öffnung 9b auf. Beispielhaft ist auch hier die asymmetrische Montage des piezoelektrischen Schwingelements 2 vorgesehen, dessen Lage hier durch seine Außenkante 2c angedeutet ist. Auch die Klebekante 3c soll asymmetrisch liegen. In diesem Beispiel ist die Klebekante 3c symmetrisch zur Außenkante 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 angeordnet.
- 20 net. Dies ist zwar vorteilhaft, aber nicht zwingend erforderlich. Es mag Anwendungen geben, in den auch hier eine weitere Asymmetrie sinnvoll ist. Es handelt sich also um einen asymmetrischen Montagering.

- Fig. 17a zeigt einen beispielhaften Montagering 6c, der ohne Überhang 6g montiert werden soll, bzw. dessen Überhang nur sehr klein ist. Die Klebekante 3c und die Außenkante 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 sollen in diesem Beispiel symmetrisch zur Außenkante des Montageelements 6c angeordnet werden. Lediglich die Öffnung 9c ist asymmetrisch angeordnet.

- 30 Fig. 17b zeigt ein weiteres beispielhaftes Montageelement 6d mit einer elliptischen Außenkante. Die Öffnung 9d ist verkleinert und azentrisch angeordnet. Die vorgesehenen Lagen der Klebekante 3c und der Außenkante 2c des

piezoelektrischen Schwingelements 2 sind ebenfalls azentrisch und asymmetrisch zur Öffnung 9d angeordnet. Der Bereich des einseitig aufliegenden Überhangs 6g ist zusätzlich mit einem Gitter aus Öffnungen 10 versehen. Diese bilden in diesem Beispiel ein zweidimensionales Gitter (einen zweidimensionalen Kristall), der die mittleren mechanischen Eigenschaften des Montageelements 6d, wie beispielsweise das mittlere E-Modul in diesem Bereich ändert. Hierdurch kann die Schall- und/oder Schwingungsausbreitung bestimmende flächige Eigenschaftsverteilung des Montageelements 6d durch einfache mechanische Strukturierung lokal modifiziert werden. In dem Beispiel weist das zweidimensionale Gitter eine erste Gitterkonstante a_1 und eine zweite Gitterkonstante a_2 auf. Natürlich ist es denkbar, andere Elementarzellen für das zwei- oder eindimensionale Gitter bestehend aus mehr als nur einer Öffnung 10 zu verwenden. Auch ist es denkbar, verschiedene Bereiche der Oberflächen der Montageelemente 6d mit unterschiedlichen zweidimensionalen Gittern zu belegen, die sich durch Ausrichtung der Gitter, Gitterkonstanten, Elementarzellen und Elementen (Öffnungen, Erhöhungen, Vertiefungen) der Elementarzellen unterscheiden. In dem Beispiel der Fig. 18b ist die Elementarzelle zur Vereinfachten Darstellung eine einzelne Öffnung 10. Die Öffnungen 10 können beispielsweise zylinderförmige Durchbrüche oder Schlitz- oder Öffnungen anderer Form in dem jeweiligen Montageelement 6d sein. Es kann sich aber auch nur um Sacklöcher, Kerben oder andere Vertiefungen von der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j her handeln. Statt solcher Ausbuchtungen ist aber auch der umgekehrte Fall denkbar. Es kann sich statt der Öffnungen 10 somit auch um Erhöhungen eines ein- oder zweidimensionalen Gitters handeln. Die Erhöhungen des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j können beispielsweise abstehende Zylinder oder Nuten oder Ausstülpungen anderer Form an dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j an der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des Montageelementes 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j sein.

In dem Beispiel der Fig. 18b sind die Gitterlinien gerade. Stattdessen ist es aber auch denkbar, dass die Gitterlinien auf gekrümmten Linien liegen. In die-

sem Fall ist aber zumindest eine Gitterkonstante typischerweise nicht konstant, was die Berechnung der mechanischen Eigenschaften erschwert.

Fig. 19 zeigt ein Beispiel für ein Montageelement 6i, das nach der Montage in
5 das Gehäuse 1 einen beidseitig aufliegenden Überhang L aufweisen soll. Zur Vereinfachung entspricht die Öffnung der Öffnung 9 der Fig. 9, 10, 11 und 12. Die Außenkannte des Montageelements 6i ist kreisförmig. Die beabsichtigte Platzierung der Klebekante 3c, der Außenkannte 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 und der Öffnung 9 sind symmetrisch und zentrisch
10 bezüglich der Außenkannte des Montageelements 6i. Im Gegensatz zu den zuvor besprochenen Montageelementen ist es hier vorgesehen, das Montageelement 6i bei seiner Montage im Gehäuse 1 an der Außenkannte ebenfalls zu verkleben. Hierbei entsteht eine zweite Klebekante 3d, die ebenfalls hinsichtlich ihrer geplanten Lage gestrichelt eingezeichnet ist. Im Bereich des beidseitig
15 eingespannten Überhangs L befinden sich zwei zweidimensionale Gitter, die hier durch Öffnungen 10 erzeugt werden. Das Montageelement 6i weist eine erste Symmetrieachse Sym_1 auf und eine zweite Symmetrieachse Sym_2 die in diesem Beispiel senkrecht zur ersten Symmetrieachse Sym_1 ist. Durch diese Strukturierung strahlt der Ultraschall-Transducer zumindest teilweise ein Multi-
20 polschallfeld aus.

Fig. 20 zeigt ein weiteres Beispiel eines denkbaren Montageelements 6j mit vier weiteren Öffnungen 20. Auch solche Öffnungen 20 können eine lokale Modifikation der mechanischen und akustischen Eigenschaften eines Montageelementes 6j herbeiführen. Eine Symmetrie ist oft sinnvoll, aber nicht zwingend
25 erforderlich. Auch muss die Form und Größe der Öffnungen 20 nicht übereinstimmen.

Die Öffnungen 20 können beispielsweise Durchbrüche oder Schlitzte oder Öffnungen anderer Form in dem jeweiligen Montageelement sein. Es kann sich
30 aber auch nur um Sacklöcher, Kerben oder andere Vertiefungen von der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des Montageelementes 6j her handeln.

Statt solcher Ausbuchtungen ist aber hier der umgekehrte Fall denkbar. Es kann sich statt der Öffnungen 20 somit auch um Erhöhungen eines ein- oder zweidimensionalen Gitters handeln. Die Erhöhungen des Montageelements 6j können beispielsweise abstehende Zylinder oder Nuten oder Ausstülpungen anderer Form an dem Montageelement 6j an der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des Montageelementes 6j sein. Alle Formen können auf einem Montageelement 6j gemischt werden. Dies erhöht allerdings die Kosten der Herstellung, weshalb dies nur in besonderen Fällen zum Tragen kommen wird.

Fig. 21 zeigt einen Ultraschall-Transducer mit einem Montageelement 6e im Querschnitt, der einen beidseitig aufliegenden Überhang L aufweist. Das Montageelement 6e ist mit einem ersten elektrisch isolierenden Kleber 3 an dem Gehäuse 1 befestigt. Eine zweite Menge elektrisch isolierenden Klebers 3b befestigt das Montageelement 6e auf der anderen Seite des beidseitig aufliegenden Überhangs L. Hierdurch ergibt sich eine weitere Klebekante 3d. In dem Beispiel besitzt das Montageelement eine erste Dicke d1. Der Zwischenraum, der sich zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b bildet, habe eine zweite Dicke d2. Das Montageelement sei in diesem Bereich mit einem zweidimensionalen Gitter von Bohrungen (Öffnungen 10) versehen. Ist das Gehäuse 1 mit Luft gefüllt, so interagiert das Luftvolumen zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b mit der Luft. Durch geeignete Auswahl der Maße der Gitterabstände a_1, a_2, a und/oder der Größe der Öffnungen 10 und/oder des zweiten Abstands d2 und oder der Dicke d1 des Montageelements 6e etc. kann die Interaktion eingestellt werden.

Insbesondere kann eine zeitliche Phasenverschiebung zwischen einer Auslenkung des Gehäusebodens 1b im Bereich des piezoelektrischen Schwingelements 2 und einer Auslenkung im Bereich der zweiten Klebestelle 3b erzielt werden. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn die zusätzliche Klebestelle 3b nicht, wie in Fig. 19 gezeichnet, das gesamte Montageelement 6e umfasst, sondern beispielsweise auf den Bereich der zweiten Symmetrieachse Sym2 beschränkt bleibt.

Es sollte an dieser Stelle unbedingt erwähnt werden, dass es denkbar ist, dass die Öffnungen 9,20 sich sowohl vollständig unter dem piezoelektrischen Schwingelement 2, als auch vollständig im Bereich eines Überhangs 6g,L als auch teilweise unter dem piezoelektrischen Schwingelement 2 und/oder als
5 auch teilweise und insbesondere gleichzeitig teilweise im Bereich eines Überhangs 6g,L befinden können. Auch ist es nicht zwingend notwendig, dass die Außenform des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e stets rund oder elliptisch ist. Im Prinzip sind beliebige Formen denkbar, wobei die Außenkannte auch unter dem piezoelektrischen Schwingelement und innerhalb der Klebekante 3c ver-
10 laufen kann.

Fig. 22 zeigt wieder Fig. 21 mit einer Vergussmasse 12. Dabei kann der Zwischenraum zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b mit der Vergussmasse 12, einer anderen Masse oder mit einem Gas, insbesondere Luft,
15 gefüllt sein.

Fig. 23 zeigt die Fig. 21, wobei unter dem Überhang L ein strukturiertes Formelement 6f eingelegt und befestigt ist, das die Eigenschaften des Zwischenraumes zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b modifiziert und
20 die mechanischen Eigenschaften des Gehäusebodens 1b verändert. Das Formelement 6f kann beispielsweise in den Gehäuseboden 1b eingeklebt sein. In dem Beispiel weist das Formelement 6f Vertiefungen 17 auf, die seine mechanischen und akustischen Eigenschaften verändern. Bei diesen Vertiefungen 17 und/oder Erhöhungen des Gehäusebodens 1b oder dieses sich im Gehäusebo-
25 den 1b befindenden Einlegeelements 6f, die insbesondere ein ein- oder zweidimensionales Gitter bilden können handelt es sich um Modifikationen der mechanischen Eigenschaften des Gehäusebodens 1b. Als Vertiefungen können diese beispielsweise zylinderförmige Sacklöcher oder Schlitze oder Vertiefungen anderer Form in dem Formelement 6f oder in dem Gehäuseboden 1b von
30 der Ober – oder Unterseite des Gehäusebodens 1b her sein. Als Erhöhungen können diese beispielsweise abstehende Zylinder oder Nuten oder Ausstülpun-

gen anderer Form in dem Formelement 6f oder in dem Gehäuseboden 1b von der Ober – oder Unterseite des Gehäusebodens her sein.

Fig. 24 zeigt den Ultraschall-Transducer TR der Fig. 23 mit dem Unterschied, dass dieser mit einer Vergussmasse 12 gefüllt ist. Zwischen dem beidseitig aufliegenden Überhang L des Montageelements 6e und dem Gehäuseboden 1b befindet sich eine Masse oder eine Medium 18 zur Modifikation der mechanischen und/oder akustischen Eigenschaften. Die Öffnungen 10 im Montageelement 6e sind in diesem Beispiel mit der Masse 18 gefüllt. Öffnungen 17 im Gehäuseboden 1b von dessen Unter- und Oberseite modifizieren lokal die mechanischen und/oder akustischen Eigenschaften. Auch diese sind mit der Masse 18 beispielhaft gefüllt.

Fig. 25 zeigt einen Ultraschall-Transducer TR aus Fig. 21 wieder mit einem Montageelement 6e im Querschnitt, der einen beidseitig aufliegenden Überhang L aufweist. Das Montageelement 6e ist wieder mit einem ersten elektrisch isolierenden Kleber 3 an dem Gehäuse 1 befestigt. Eine zweite Menge elektrisch isolierenden Klebers 3b befestigt das Montageelement 6e auf der anderen Seite des beidseitig aufliegenden Überhangs L. Hierdurch ergibt sich eine weitere Klebekante 3d. In dem Beispiel besitzt das Montageelement eine erste Dicke d1. Der Zwischenraum, der sich zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b bildet, habe eine zweite Dicke d2. Das Montageelement sei in diesem Bereich mit einem zweidimensionalen Gitter von Ausbuchtungen (Erhöhungen 10b) versehen. Ist das Gehäuse 1 mit Luft gefüllt, so interagiert das Luftvolumen zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b mit der Luft. Durch geeignete Auswahl der Maße der Gitterabstände a_1, a_2, a und/oder der Größe der Erhöhungen 10b und/oder des zweiten Abstands d2 und oder der Dicke d1 des Montageelements 6e etc. kann die Interaktion und die mechanischen Eigenschaften des Überhangs L eingestellt werden.

Insbesondere kann wieder eine zeitliche Phasenverschiebung zwischen einer Auslenkung des Gehäusebodens 1b im Bereich des piezoelektrischen Schwing-

elements 2 und einer Auslenkung im Bereich der zweiten Klebestelle 3b erzielt werden. Hierbei ist es besonders vorteilhaft, wenn die zusätzliche Klebestelle 3b nicht, wie in Fig. 19 gezeichnet, das gesamte Montageelement 6e umfasst, sondern beispielsweise auf den Bereich der zweiten Symmetrieachse Sym2
5 beschränkt bleibt.

Es sollte an dieser Stelle unbedingt erwähnt werden, dass es denkbar ist, dass die Erhebungen 10b sich sowohl vollständig unter dem piezoelektrischen Schwingelement 2, als auch vollständig im Bereich eines Überhangs 6g,L als
10 auch teilweise unter dem piezoelektrischen Schwingelement 2 und/oder als auch teilweise und insbesondere gleichzeitig teilweise im Bereich eines Überhangs 6g,L befinden können. Auch ist es nicht zwingend notwendig, dass die Außenform des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e stets rund oder elliptisch ist. Im Prinzip sind beliebige Formen denkbar, wobei die Außenkannte wieder auch
15 unter dem piezoelektrischen Schwingelement und innerhalb der Klebekante 3c verlaufen kann.

Mit solchen Gitterstrukturen aus Öffnungen 10 und/oder Vertiefungen allgemein oder Erhöhungen 10b, wie sie in dieser Offenbarung beschrieben sind,
20 kann insbesondere

- i. eine Änderung der Güte und/oder Bandbreite
- ii. eine Änderung der Richtcharakteristik (akustisches Abstrahlverhalten)
- iii. eine Änderung des Frequenzverhaltens (weitere Resonanzen auf unter-
25 schiedlichen Frequenzen)

erreicht werden. Weitere Mittel zum modifizieren dieser drei Punkte i bis iii sind die Anzahl, Größe, Form und Positionierung von weiteren Öffnungen 9,9b,9c,9d in dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, die Anzahl, Größe,
30 Form und Positionierung des Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j und/oder weiterer Montageelemente 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, insbesondere die Form der Außenkannte der Montageelemente 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j in der Aufsicht, und

deren jeweilige Dicke d_1 des jeweiligen Montageelements 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j, der Abstand d_2 zwischen den jeweiligen Montageelementen 6e und der jeweiligen Innenseite des Gehäusebodens 1b im Bereich eines einseitig aufliegenden Überhangs 6g des jeweiligen Montageelements 6e oder im Bereich eines beidseitig aufliegender Überhangs L des jeweiligen Montageelements 6e, sowie die Anordnung der Montageelemente 6,6b,6c,6d,6e,6i,6j zueinander, sowie die Anzahl, Größe, Position und mechanischen und akustischen Eigenschaften der jeweiligen Kleber Stützpunkte 3,3b, die Form der jeweiligen Klebekante 3c,3d sowie die Anordnung dieser zueinander und die geometrischen, mechanischen und akustischen Eigenschaften von Füllmaterialien 12,18 und Massen oder Medien zwischen dem jeweiligen Montageelement 6e und dem Gehäuseboden 1b.

Fig. 26 zeigt ein Beispiel basierend auf dem Beispiel der Fig. 19 für ein Montageelement 6k, das nach der Montage in das Gehäuse 1 einen nun jedoch einseitig aufliegenden Überhang L aufweisen soll. Zur Vereinfachung entspricht die Öffnung der Öffnung 9 der Fign. 9, 10, 11 und 12. Die Außenkante des Montageelements 6k ist nur noch weitestgehend kreisförmig. Die beabsichtigte Platzierung der Klebekante 3c, der Außenkante 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 und der Öffnung 9 sind symmetrisch und zentrisch bezüglich der Außenkante des Montageelements 6k. Im Gegensatz zu den zuvor besprochenen Montageelementen ist es hier vorgesehen, das Montageelement 6k bei seiner Montage im Gehäuse 1 an der Außenkante an der linken Seite ebenfalls zu verkleben. Hierbei entsteht eine zweite Klebekante 3d, die ebenfalls hinsichtlich ihrer geplanten Lage gestrichelt eingezeichnet ist. Die zweite Klebekante 3d umfasst aber nun nur noch einen Teil des Montageelementes 6k. Im Bereich des einseitig eingespannten Überhangs L befinden sich zwei zweidimensionale Gitter, die hier durch Öffnungen 10 erzeugt werden. Das Montageelement 6k weist bezüglich des Hauptkörpers eine erste Symmetrieachse Sym_1 auf und eine zweite Symmetrieachse Sym_2 , die in diesem Beispiel senkrecht zur ersten Symmetrieachse Sym_1 ist. Durch diese Strukturierung strahlt der Ultraschall-Transducer zumindest teilweise ein Multipol-

schallfeld aus. Darüber hinaus ist das beispielhafte Montageelement 6k mit zwei akustischen Stichleitungen SL1 und SL2 versehen, die an deren Ende eine dritte Klebung 3e aufweisen. Diese dritte Klebung führt zu einem Schallknoten in diesem Bereich und zur Schallreflektion zum Hauptkörper des Montageelementes zurück. Zusammen mit diesem ergeben sich dann unterschiedliche Resonanzfrequenzen. Dabei ist die Anbindung der ersten akustischen Stichleitung SL1 durch die Perforation des Montageelementes im Bereiche der Anbindung anders als für die zweite akustische Stichleitung. Dies führt zu einer Modifikation von Resonanzfrequenz und Resonanzgüte.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 elektrisch leitendes becherförmiges Gehäuse;
- 1a Boden des Gehäuses 1. Der Boden 1a des Gehäuses stellt typischerweise die Schallmembrane dar und strahlt nach unten hin den Ultraschall ab;
- 1c Gehäusewand;
- 2 piezoelektrisches Schwingelement;
- 2a erster elektrischer Kontakt des piezoelektrischen Schwingelements 2;
- 2b zweiter elektrischer Kontakt des piezoelektrischen Schwingelements 2;
- 2c Außenkante des piezoelektrischen Schwingelements 2;
- 3 elektrisch isolierender Kleber oder erster Stützpunkt eines elektrisch isolierenden Klebers, der zur Übertragung der Schwingungen des piezoelektrischen Schwingelements 2 in der Lage ist und gegebenenfalls genügend Elastizität aufweist, um die Schwingungen des piezoelektrischen Schwingelements 2 zuzulassen und gleichzeitig eine zuverlässige mechanische Verbindung mit dem Gehäuseboden 1a und eine ausreichende elektrische Isolation über die Lebensdauer des Ultraschall-Transducers TR sicherzustellen.
- 3b zweiter Stützpunkt des elektrisch isolierenden Klebers 3. Dieser bildet das Widerlager oder einen Stützpunkt für den beidseitig aufliegenden Überhangs L des Montageelements 6e zwischen den Klebekanten 3c, 3d des elektrisch isolierenden Klebers 3, 3b.
- 3c Klebekante des elektrisch isolierenden Klebers 3 bzw. des ersten Stützpunkts des elektrisch isolierenden Klebers 3;
- 3d Klebekante des zweiten Stützpunkts des elektrisch isolierenden Klebers 3b;
- 3e dritter Stützpunkt für die Abstützung der akustischen Stichleitungen durch einen Kleber, der vorzugsweise ebenfalls elektrisch iso-

- lierend ist. Die Position, Größe, Dicke und die Art des Klebers beeinflussen die Resonanzfrequenz und die Resonanzgüte der jeweiligen akustischen Stichleitung SL1,SL2;
- 4 erste elektrische Zuleitung , elektrischer Anschluss des ersten Kontakts 2a;
- 5 zweite elektrische Zuleitung, elektrischer Anschluss des piezoelektrischen Schwingelements 2 über den zweiten elektrischen Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2;
- 6 elektrisch leitender, beispielhaft kreisförmiger Montagering mit einer symmetrisch angeordneten Öffnung 9 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2;
- 6b elektrisch leitender, beispielhaft kreisförmiger Montagering, der gegenüber der Außenkannte 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 versetzt und der Art vergrößert ist, dass sich nach der Montage der Überhang 6g ergibt. Er weist eine beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung 9b unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf.
- 6c elektrisch leitender, beispielhaft kreisförmiger Montagering, der gegenüber der Außenkannte 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 symmetrisch angeordnet ist. Er weist eine beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung 9c unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 6 auf.
- 6d elektrisch leitender, beispielhaft kreisförmiger Montagering, der gegenüber der Außenkannte 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 versetzt und der Art vergrößert ist, dass sich nach der Montage ein Überhang 6g ergibt. Er weist eine beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung 9d unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf. Außerdem weist er ein zweidimensionales Gitter von Öffnungen 10 mit einem ersten Gitterabstand a_1 in einer ersten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelementes und einem zweiten Gitterabstand a_2 in einer

- zweiten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelementes auf, wobei die erste und zweite Richtung nicht parallel sind.
- 6e elektrisch leitender, beispielhafter Montagering, der gegenüber der Außenkannte 2c des piezoelektrischen Schwingelements 2 versetzt und der Art vergrößert ist, dass sich nach der Montage ein beidseitig aufliegender Überhang L ergibt. Er weist eine beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung 9b unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf. Außerdem weist er ein ein- oder zweidimensionales Gitter von Öffnungen 10 mit einem Gitterabstand a in einer ersten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelementes auf.
- 6f Einlegeelement im Gehäuseboden 1b mit Vertiefungen 17 oder entsprechenden Erhöhungen, die insbesondere auch ein ein- oder zweidimensionales Gitter bilden können;
- 6g Bereich des einseitig aufliegenden Überhangs (6g) des Montageelements (6b) über die Oberkante (3c) des elektrisch isolierenden Klebers (3);
- 6i elektrisch leitender, beispielhafter symmetrischer Montagering, der hinsichtlich seines Radius gegenüber dem Montagering 6 (Fig. 17a) der Art vergrößert ist, dass sich nach der Montage ein ringsum gleich breiter, beidseitig aufliegender Überhang L ergibt. Er weist eine beispielhafte, zentrische Öffnung 9 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf. Außerdem weist er zwei Bereiche mit je einem beispielhaften zweidimensionalen Gitter von Öffnungen 10 mit einem Gitterabstand a in einer ersten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelementes auf. Der Montagering besitzt eine erste Symmetrieachse Sym_1 und eine zweite Symmetrieachse Sym_2 .
- 6j elektrisch leitender, beispielhafter symmetrischer Montagering, der hinsichtlich seines Radius gegenüber dem Montagering 6 (Fig. 17a) der Art vergrößert ist, dass sich nach der Montage ein ringsum gleich breiter, beidseitig aufliegender Überhang L ergibt.

Er weist eine beispielhafte, zentrische Öffnung 9 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf. Außerdem weist er beispielhaft vier Öffnungen 20 im Bereich des Überhangs L auf. Der Montagering besitzt eine erste Symmetrieachse Sym_1 und eine zweite Symmetrieachse Sym_2 .

- 6k elektrisch leitender, beispielhafter symmetrischer Montagering mit zwei akustischen Stichleitungen SL1 und SL2, der hinsichtlich seines Radius gegenüber dem Montagering 6 (Fig. 17a) der Art vergrößert ist, dass sich nach der Montage ein ringsum gleich breiter, beidseitig aufliegender Überhang L ergibt. Er weist eine beispielhafte, zentrische Öffnung 9 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf. Außerdem weist er zwei Bereiche mit je einem beispielhaften zweidimensionalen Gitter von Öffnungen 10 mit einem Gitterabstand a in einer ersten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelementes auf. Der Montagering besitzt ohne die akustischen Stichleitungen SL1 und SL2 eine erste Symmetrieachse Sym_1 und eine zweite Symmetrieachse Sym_2 .
- 7 elektrischer Anschluss des Gehäuses 1, der isoliert vom piezoelektrischen Schwingelement 2 ist;
- 8 elektrisch leitfähiger Kleber, der zur Übertragung der Schwingungen des piezoelektrischen Schwingelements 2 in der Lage ist und gegebenenfalls genügend Elastizität aufweist, um die Schwingungen des piezoelektrischen Schwingelements 2 zuzulassen und gleichzeitig eine zuverlässige mechanische und elektrische Verbindung mit dem Gehäuseboden 1a über die Lebensdauer des Ultraschall-Transducers TR sicherzustellen.
- 9 Öffnung im elektrisch leitenden Montagering 6 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 6. Typischerweise ist die Öffnung nach der Montage mit dem elektrisch isolierenden Kleber 3 gefüllt.
- 9b beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung im elektrisch leitenden Montagering 6 unterhalb des piezoelektrischen

- Schwingelements 6. Typischerweise ist die Öffnung nach der Montage mit dem elektrisch isolierenden Kleber 3 gefüllt.
- 9c beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung im elektrisch leitenden Montagering 6 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 6. Typischerweise ist die Öffnung nach der Montage mit dem elektrisch isolierenden Kleber 3 gefüllt.
- 9d beispielhafte, nicht zentrische und verkleinerte Öffnung im elektrisch leitenden Montagering 6 unterhalb des piezoelektrischen Schwingelements 6. Typischerweise ist die Öffnung nach der Montage mit dem elektrisch isolierenden Kleber 3 gefüllt.
- 10 Öffnung eines ein- oder zweidimensionalen Gitters. Die Öffnungen können beispielsweise zylinderförmige Durchbrüche oder Schlitz- oder Öffnungen anderer Form in dem Montageelement sein. Es kann sich aber auch nur um Sacklöcher, Kerben oder andere Vertiefungen von der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des Montageelementes her handeln.
- 10b Erhöhungen eines ein- oder zweidimensionalen Gitters. Die Erhöhungen können beispielsweise abstehende Zylinder oder Nuten oder Ausstülpungen anderer Form in dem Montageelement von der oberen oder unteren Oberfläche (Seite) des Montageelementes her handeln.
- 11 Schallabstrahlrichtung
- 12 Vergussmasse oder Füllmasse
- 13 Gehäuseachse (Symmetrieachse) des Gehäuses/der Gehäusewände 1c oder Flächennormale des Gehäusebodens 1b
- 14 Flächennormale der ersten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 (trägt den ersten elektrischen Kontakt 2a des piezoelektrischen Schwingelements 2)
- 15 Flächennormale der zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 (trägt den zweiten elektrischen Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2)

- 16 parallelverschobene Gehäuseachse 13 (Symmetrieachse) des Gehäuses/ der Gehäusewände 1c oder parallelverschobene Flächennormale des Gehäusebodens 1b
- 17 Vertiefungen und/oder Erhöhungen des Gehäusebodens 1b oder eines sich im Gehäuseboden befindenden Einlegeelements 6f, die insbesondere ein ein- oder zweidimensionales Gitter bilden können. Als Vertiefungen können diese beispielsweise zylinderförmige Sacklöcher oder Schlitze oder Vertiefungen anderer Form in dem Gehäuseboden 1b von der Ober – oder Unterseite des Gehäusebodens her sein. Als Erhöhungen können diese beispielsweise abstehende Zylinder oder Nuten oder Ausstülpungen anderer Form in dem Gehäuseboden 1b von der Ober – oder Unterseite des Gehäusebodens her sein. Es kann sich auch um solche Strukturen in oder an einem Einlegeelement 6f im Gehäuseboden 1b handeln.
- 18 Masse oder Medium zwischen Montageelement 6e und Gehäuseboden 1b.
- 19 dritte elektrische Zuleitung, elektrischer Anschluss des Gehäuses 1 und des piezoelektrischen Schwingelements 2 über den elektrisch leitenden Kleber 3 und den zweiten elektrischen Kontakt 2b des piezoelektrischen Schwingelements 2
- 20 Öffnung im Bereich des Überhangs L im runden Montagering 6j
- α Abstrahlwinkel der Schallwellen gegenüber der Flächennormalen des Gehäusebodens 1a bzw. gegenüber der Gehäuseachse 13
- β Verkippwinkel der Flächennormalen 14,15 einer ersten oder zweiten Oberfläche oder einer Querschnittsfläche des piezoelektrischen Schwingelements 2 oder Verkippwinkel einer Symmetrieachse des piezoelektrischen Schwingelements 2 auf der einen Seite gegenüber der Flächennormalen 13 des Gehäusebodens 1a bzw. gegenüber der Gehäuseachse 13 auf der anderen Seite
- λ_L Wellenlänge der abgestrahlten Schallwellen in Luft
- a beispielhafter Gitterabstand für die Wiederholung der Anordnung von Öffnungen 10 in einer beispielhaften Richtung parallel zur

Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6f zur Bildung des Musters eines ein- oder zweidimensionalen Gitters in dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6f). Beispielsweise können der erste und die zweite Gitterabstand a_1 , a_2 gleich der Wurzel von a sein und die erste und zweite Richtung senkrecht aufeinander stehen. Dies ist in Fig. 18 dargestellt.

- a_1 erster Gitterabstand für die Wiederholung der Anordnung von Öffnungen 10 und/ oder Vertiefungen 10 und/oder Erhöhungen 10b in einer ersten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6f zur Bildung des Musters eines zweidimensionalen Gitters in dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6f. Die erste und die zweite Richtung sind dabei nicht parallel zueinander.
- a_2 zweiter Gitterabstand für die Wiederholung der Anordnung von Öffnungen 10 und/ oder Vertiefungen 10 und/oder Erhöhungen 10b in einer zweiten Richtung parallel zur Oberfläche des Montageelements 6,6b,6c,6d,6f zur Bildung des Musters eines zweidimensionalen Gitters in dem Montageelement 6,6b,6c,6d,6f. Die erste und die zweite Richtung sind dabei nicht parallel zueinander.
- a_3 dritter Gitterabstand für die Wiederholung der Anordnung von Vertiefungen 17 und/oder Erhöhungen 17 und/oder Öffnungen in einer ersten Richtung parallel zu einer Oberfläche des Gehäusebodens 1b zur Bildung des Musters eines zweidimensionalen Gitters in der Oberfläche des Gehäusebodens 1b. Die dritte und die vierte Richtung sind dabei nicht parallel zueinander.
- a_4 vierter Gitterabstand für die Wiederholung der für die Wiederholung der Anordnung von Vertiefungen 17 und/oder Erhöhungen 17 und/oder Öffnungen in einer vierten Richtung parallel zu einer Oberfläche des Gehäusebodens 1b zur Bildung des Musters eines zweidimensionalen Gitters in der Oberfläche des Gehäusebodens 1b. Die dritte und die vierte Richtung sind dabei nicht parallel zueinander.

AING	erstes Eingangssignal für die Einkopplung des Empfangssignals des Transducers TR in den Ansteuerschaltkreis US _{ctr} . (Signalmasse)
AINS	zweites Eingangssignal für die Einkopplung des Empfangssignals des Transducers TR in den Ansteuerschaltkreis US _{ctr} . (Signal)
BUS_M	Anschluss der Bus-Masse LIN_M an den Ansteuerschaltkreis US _{ctr}
BUS_S	Anschluss des Bus-Signals LIN_S an den Ansteuerschaltkreis US _{ctr}
C _{AIN1}	erster Auskoppelkondensator für den Transducer entsprechend dem Stand der Technik
C _{AIN2}	zweiter Auskoppelkondensator für den Transducer entsprechend dem Stand der Technik
C _{BUS}	Siebkondensator für die Masse des Datenbusses LIN_M, LIN_S
C _{VDDA}	Siebkondensator der internen analogen Versorgungsspannung VDDA des Ansteuerschaltkreises US _{ctr} .
C _{VDDD}	Siebkondensator der internen digitalen Versorgungsspannung VDDD des Ansteuerschaltkreises US _{ctr} .
C _{SUP1}	erster Siebkondensator in der Versorgung
C _{SUP2}	zweiter Siebkondensator in der Versorgung
C _{SUP_TD}	Kapazität in der Siebung des Bezugsknotens des Übertragers UE
C _{TD1}	Koppelkondensator und Anpassung für den Transducer entsprechend dem Stand der Technik
d	Abstand zwischen der Oberfläche des Schwingelements 2 und der Oberkante des becherförmigen Gehäuses 1
d1	Dicke des Montageelementes 6, 6b, 6c, 6d, 6e, 6i, 6j
d2	Abstand zwischen Montageelement 6e und der Innenseite des Gehäusebodens 1b im Bereich des einseitig aufliegenden Überhangs 6g des Montageelements 6e oder im Bereich des beidseitig aufliegenden Überhangs L des Montageelements 6e
DATA	Daten-Pin am Stecker Con des Ultraschallmoduls SM
DRV	Treiberschaltung zur direkten Ansteuerung des Transducers TR
DRV1	erste Leitung zur differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2

DRV2	zweite Leitung zur differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements 2
D _{SUP}	Diode als Verpolungsschutz
ESD	beispielhafter Angriffspunkt eines ESD-Ereignisses an dem Ultraschallmodul SM
ESD_GND	ESD-Masseanschluss des Gehäuses 1
GND	Masse-Pin am Stecker Con
GNDA	interne analoge Versorgungsmasse des Ansteuerschaltkreises US _{ctr} .
GNDB	Anschluss der Systemmasse an den Ansteuerschaltkreis US _{ctr}
GNDD	interne digitale Versorgungsmasse des Ansteuerschaltkreises US _{ctr} .
GNDP	Versorgungsmasse der Ansteuerschaltung US _{ctr} nach Siebung und Verpolungsschutz
h	Aufbauhöhe aus Kleber 3,3b,8 und Montageelement oder Montagering 6 und Schwingelement 2
h _G	Höhe des Gehäuses
L	Bereich des beidseitig aufliegender Überhangs des Montageelements 6e über die Oberkante 3c des elektrisch isolierenden Klebers 3,3b.
L _G	Durchmesser des typischerweise runden Gehäuses (Andere Gehäuseformen sind natürlich möglich.)
LIN_M	Masseleitung des Datenbusses
LIN_S	Signalleitung des Datenbusses
n	vorzugsweise ganzzahliger, positiver Faktor zwischen der Wellenlänge λ_L der abgestrahlten Schallwellen in Luft und dem Durchmesser L _G des typischerweise runden Gehäuses 1 bzw. Gehäusebodens 1a.
PCB	Platine innerhalb des Ultraschallmoduls SM. Diese trägt typischerweise die Auswerteschaltung US _{ctr} und ihre externen Komponenten (siehe Fig. 1). Sie ist in dem Gehäuse des Ultraschallmoduls

	mit dem Transducer TR und dem Stecker Con elektrisch und mechanisch verbunden.
R_{AIN}	Auskoppelwiderstand für den Ultraschall-Transducer TR entsprechend dem Stand der Technik
R_{SUP}	Vorwiderstand in der Versorgungsleitung, der der Tiefpassfilterung der Versorgung dient
R_{SUP_TD}	Vorwiderstand in der Siebung des Bezugsknotens des Übertragers UE
R_{TD1}	Dämpfungswiderstand und Anpassung für den Ultraschall-Transducer TR entsprechend dem Stand der Technik
SL1	erste akustische Stichleitung oder Abzweigleitung
SL2	zweite akustische Stichleitung oder Abzweigleitung
SM	Ultraschallmodul. Das Ultraschallmodul beinhaltet typischerweise das PCB mit dem Auswerteschaltkreis US_{ctr} und dessen Peripherie, den Stecker Con zum Anschluss des Ultraschallmoduls, und den Ultraschall-Transducer TR. Der Gehäuseboden 1a, des Gehäuses 1 zeigt in Fig. 3 nach links. Diese Schallabstrahlung erfolgt daher in dem Beispiel nach links.
Sym_1	erste Symmetrieachse des beispielhaften runden Montagerings 6i,6j. Eine Spiegelung an dieser Symmetrieachse bildet den linken Teil der Geometrie des Montagerings 6i auf den rechten Teil ab.
Sym_2	zweite Symmetrieachse des beispielhaften, runden Montagerings 6i,6j. Eine Spiegelung an dieser Symmetrieachse bildet den oberen Teil der Geometrie des Montagerings 6i auf den unteren Teil ab.
T1	erster Transistor der Treiberschaltung DRV zur direkten Ansteuerung des Ultraschall-Transducers TR
T2	zweiter Transistor der Treiberschaltung DRV zur direkten Ansteuerung des Ultraschall-Transducers TR
T3	dritter Transistor der Treiberschaltung DRV zur direkten Ansteuerung des Ultraschall-Transducers TR

T4	vierter Transistor der Treiberschaltung DRV zur direkten Ansteuerung des Ultraschall-Transducers TR
TR	Transducer
UE	Übertrager entsprechend dem Stand der Technik
US _{ctr}	Ansteuerschaltkreis des Ultraschall-Transducers TR
VBAT	ungefilterte Versorgungsspannung, vorzugsweise die DC-Versorgungsspannung eines Kfz. Diese ist typischerweise mit Störsignalen belastet.
VDDA	interne analoge Versorgungsspannung des Ansteuerschaltkreises US _{ctr} .
VDDD	interne digitale Versorgungsspannung des Ansteuerschaltkreises US _{ctr} .
VDRV	Betriebsspannung der Treiberschaltung DRV bzw. Anschluss für einen Siebkondensator zur Stabilisierung der Betriebsspannung der Treiberschaltung DRV.
V _{SUP}	Versorgungsspannung der Ansteuerschaltung US _{ctr} nach Siebung und Verpolungsschutz
VSUP	Versorgungsspannung der Ansteuerschaltung US _{ctr} nach Siebung und Verpolungsschutz
VSUP_LINE	Versorgungsspannungs-Pin am Stecker Con des Ultraschallmoduls SM

ANSPRÜCHE

1. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR), mit
 - einem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Schwingkörper und
 - mindestens einem die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrische Schwingelement (2) pro Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k),
 - wobei das piezoelektrische Schwingelement (2) mit dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mechanisch verbunden ist,
 - wobei die mechanische Verbindung zwischen dem piezoelektrischen Schwingelement (2) und dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Klebung mittels eines Klebers und/oder als Lötung und/oder als Schweißung ausgebildet ist, und
 - wobei das Schwingelement (2) dazu vorgesehen ist, mittels eines elastischen Klebers (3) mechanisch mit einem Gehäuse (1,1a,1c) eines Ultraschall-Transducers (TR) verbunden zu werden, wobei die kürzeste Verbindungslinie zwischen dem Schwerpunkt des piezoelektrischen Schwingelements (2) zu dem Gehäuse (1,1a,1c) durch den elastischen Kleber (3) verläuft,

g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h ,

 - dass das Schwingssystem bei Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) durch einen Ansteuerschaltkreis zumindest zwei oder mehr voneinander verschiedene mechanische Resonanzfrequenzen, eine erste Resonanzfrequenz und eine zweite Resonanzfrequenz und gegebenenfalls weitere Resonanzfrequenzen, die voneinander verschieden sind, aufweist,
 - dass zumindest eine dieser Resonanzfrequenzen von der oder den Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements (2) ohne mit diesem verbundenes Montageelement und den Frequenzen von Oberwellen dieser Eigenfrequenz oder Eigenfrequenzen verschieden ist,

- 61 -

- dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens eine Öffnung (9,9b,9c,9d) und/oder Aussparung und/oder Vertiefung und/oder Ausstülpung (SL1,SL2) aufweist und
- dass das Frequenzverhältnis definiert als Quotient des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz und des Betrags der ersten Resonanzfrequenz von der Form und/oder der Größe und/oder der Lage der Öffnung (9,9b,9c,9d) und/oder der Aussparung und/oder der Form und/oder der Größe und/oder der Tiefe der Vertiefung und/oder der Form und/oder der Größe und/oder der Höhe der Ausstülpung (SL1, SL2) auf dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) abhängt.

2. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR), mit

- einem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Schwingkörper und
- mindestens einem die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrische Schwingelement (2) pro Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k),
- wobei das piezoelektrische Schwingelement (2) mit dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mechanisch verbunden ist,
- wobei die mechanische Verbindung zwischen dem piezoelektrischen Schwingelement (2) und dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Klebung mittels eines Klebers und/oder als Lötung und/oder als Schweißung ausgebildet ist, und
- wobei das Schwingelement (2) dazu vorgesehen ist, mittels eines elastischen Klebers (3) mechanisch mit einem Gehäuse (1,1a,1c) eines Ultraschall-Transducers (TR) verbunden zu werden, wobei die kürzeste Verbindungslinie zwischen dem Schwerpunkt des piezoelektrischen Schwingelements (2) zu dem Gehäuse (1,1a,1c) durch den elastischen Kleber (3) verläuft,

g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h ,

- dass das Schwingssystem bei Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) durch einen Ansteuerschaltkreis (US_{ctr}) zumin-

- 62 -

dest zwei oder mehr voneinander verschiedenen mechanische Resonanzfrequenzen, eine erste Resonanzfrequenz und eine zweite Resonanzfrequenz und gegebenenfalls weitere Resonanzfrequenzen, die voneinander verschieden sind, aufweist,

- dass zumindest eine dieser Resonanzfrequenzen von der oder den Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements (2) ohne mit diesem verbundenes Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) und den Frequenzen von Oberwellen der Eigenfrequenz oder Eigenfrequenzen verschieden ist,
- dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens eine Öffnung (9,9b,9c,9d) und/oder Aussparung und/oder Vertiefung und/oder Ausstülpung unterhalb des Schwingelements (2) aufweist, die die akustische Impedanz des Schwingelements (2) an die akustische Impedanz des Montageelementes (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) anpasst, und
- dass das Frequenzverhältnis definiert als Quotient des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz und des Betrags der ersten Resonanzfrequenz von der Form und/oder der Größe und/oder der Lage der Öffnung (9,9b,9c,9d) und/oder der Aussparung und/oder der Form und/oder der Größe und/oder der Tiefe der Vertiefung und/oder der Form und/oder der Größe und/oder der Höhe der Ausstülpung (SL1, SL2) auf dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) abhängt.

3. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR), mit

- einem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Schwingkörper und
- mindestens einem die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrische Schwingelement (2) pro Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für die Verwendung in einem Ultraschall-Transducer (TR),

- 63 -

- wobei das piezoelektrische Schwingelement (2) mit dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mechanisch verbunden ist,
- wobei die mechanische Verbindung zwischen dem piezoelektrischen Schwingelement (2) und dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Klebung mittels eines Klebers und/oder als Lötung und/oder als Schweißung ausgebildet ist, und
- wobei das Schwingelement (2) dazu vorgesehen ist, mittels eines elastischen Klebers (3) mechanisch mit einem Gehäuse (1,1a,1c) eines Ultraschall-Transducers (TR) verbunden zu werden, wobei die kürzeste Verbindungslinie zwischen dem Schwerpunkt des piezoelektrischen Schwingelements (2) zu dem Gehäuse (1,1a,1c) durch den elastischen Kleber (3) verläuft,

g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h ,

- dass das Schwingensystem bei Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) durch einen Ansteuerschaltkreis (US_{ctr}) zumindest zwei oder mehr voneinander verschiedene mechanische Resonanzfrequenzen, eine erste Resonanzfrequenz und eine zweite Resonanzfrequenz und gegebenenfalls weitere Resonanzfrequenzen, die voneinander verschieden sind, aufweist,
- dass zumindest eine dieser Resonanzfrequenzen von den Eigenfrequenzen des piezoelektrischen Schwingelements (2) ohne mit diesem verbundenes Montageelement verschieden ist,
- dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens ein Muster von Öffnungen (10) auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) und/oder Vertiefungen auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) und/oder Erhöhungen (10b) und/oder Ausstülpungen (SL1,SL2) auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) aufweist, das bei translatorischer Verschiebung längs einer Oberfläche des Montageelementes (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) um zumindest einen n_1 -fachen ersten Abstand a_1 und/oder einen m_1 -fachen zweiten Abstand a_2 , wobei n_1 und m_1 ganze Zahlen sind, zumindest teilweise wieder

auf sich selbst abgebildet ist, also insbesondere ein ein- oder zweidimensionales Gitter auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) bildet und

- dass das Frequenzverhältnis definiert als Quotient des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz und des Betrags der ersten Resonanzfrequenz von dem ersten Abstand a_1 und/oder dem zweiten Abstand a_2 abhängt.

4. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR) nach Anspruch 3, gekennzeichnet dadurch, dass der Ultraschall-Transducer zumindest zwei voneinander verschiedene Güten oder Resonanzbandbreiten, eine erste Güte oder erste Resonanzbandbreite bei der ersten Resonanzfrequenz einerseits und eine zweite Güte oder zweite Resonanzbandbreite bei der zweiten Resonanzfrequenz andererseits, aufweist.
5. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR) nach Anspruch 3 oder 4, gekennzeichnet dadurch, dass der Ultraschall-Transducer zumindest zwei voneinander verschiedene Abstrahlcharakteristiken, eine erste Abstrahlcharakteristik bei der ersten Resonanzfrequenz und eine zweite Abstrahlcharakteristiken bei der zweiten Resonanzfrequenz, aufweist, wobei Abstrahlcharakteristik bedeutet, dass die durch das Schwingssystem abgestrahlte Schallamplitude pro Steradian von dem Winkel zwischen der Verbindungsachse (11) zwischen einem Punkt, an dem die Schallamplitude erfasst wird, zu einem Aufpunkt der Flächennormale (14) zur Oberfläche (2a) einerseits und der entsprechenden Flächennormale (14) zur Oberfläche (2a) des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) andererseits abhängt.
6. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, gekennzeichnet dadurch,
 - dass eine erste ebene Querschnittsfläche eines Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k), das insbesondere als Montagering (6) aus-

gebildet ist, die senkrecht zur Flächennormale einer Oberfläche des Montageelementes (6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) ist, eine andere Form hat als eine zweite ebene Querschnittsfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2), die ebenfalls senkrecht zur Flächennormale einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2) ist und

- dass der Flächenschwerpunkt der Oberfläche des Montageelementes (6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) gegenüber dem Flächenschwerpunkt einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2) versetzt ist.

7. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer nach einem der Ansprüche 3 bis 6, gekennzeichnet dadurch, dass die Schallabstrahlachse (11) des Schwingsystems nicht parallel zur die Oberflächennormalen (14,15) der ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2) ist.
8. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens eine Öffnung (9,9b,9c,9d) und/oder Aussparung und/oder Vertiefung unterhalb des Schwingelements (2) aufweist.
9. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, dass die Gitterstruktur hexagonal oder quadratisch ist, die Gittersymmetrie also vier oder sechszählig ist.
10. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens ein Längenmaß aufweist, das ein ganzzahliges (k-faches) Vielfaches der mittleren Schallwel-

- 66 -

lenlänge (λ) im Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) geteilt durch vier ist ($k \cdot \lambda / 4$).

11. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens eine akustische Abzwegleitung und/oder einer akustische Stichleitung (SL1,SL2) aufweist.
12. Ultraschall-Transducer mit einem Schwingsystem einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschall-Transducer (TR) zumindest eine weitere Struktur im Gehäuseboden aufweist, die ein Muster von Vertiefungen (17) und/oder Erhöhungen (17) und/oder Öffnungen aufweist, das bei translatorischer Verschiebung längs einer Oberfläche des Gehäusebodens (1b) um zumindest einen n_2 -fachen ersten Abstand a_3 und/oder einen m_2 -fachen zweiten Abstand a_4 , wobei n_2 und m_2 ganze Zahlen sind, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet ist, also insbesondere ein ein- oder zwei- oder dreidimensionales Gitter bildet.
13. Ultraschall-Transducer mit einem Schwingsystem einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschall-Transducer (TR) zumindest eine weitere Struktur im Gehäuseboden aufweist, die ein Muster von Vertiefungen (17) und/oder Erhöhungen (17) und/oder Öffnungen aufweist, das bei rotatorischer Verschiebung längs einer Oberfläche des Gehäusebodens (1b) um zumindest einen n_3 -fachen zweiten Winkel ϑ_3 , wobei n_3 eine ganz Zahl ist, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet wird, also insbesondere ein ein- oder zwei- oder dreidimensionales Gitter bildet.
14. Schaltung zur Ansteuerung eines Schwingsystems einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch,
 - dass die Schaltung eine Ansteuerschaltung (US_{ctr}) zumindest als Teilschaltung aufweist,

- 67 -

- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) über eine erste elektrische Leitung (DRV1) und eine zweite elektrische Leitung (DRV2) direkt und übertragerlos mit dem piezoelektrischen Schwingelement (2) des Schwingensystems elektrisch verbunden ist,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) ein elektrisches spannungsmoduliertes Sendesignal mit einer Sendefrequenz über die erste Leitung (DRV1) und die zweite Leitung (DRV2) an das piezoelektrischen Schwingelement (2) des Schwingensystems anlegen kann,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens einen ersten Inverter bestehend aus mindestens einem ersten Transistor (T1) umfasst, der mit einem ersten Sendesignal (Φ_{1a}) angesteuert wird, und mindestens einem zweiten Transistor (T3) umfasst, der mit einem komplementären ersten Sendesignal (Φ_{1b}) angesteuert wird,
- wobei der erste Inverter die zweite Leitung (DRV2) zur direkten übertragerlosen differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) treibt,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens einen zweiten Inverter bestehend aus mindestens einem zweiten Transistor (T2) umfasst, der mit einem zweiten Sendesignal (Φ_{2a}), das insbesondere gegenläufig zum ersten Sendesignal (Φ_{1a}) sein kann, angesteuert wird, und mindestens einem vierten Transistor (T4) umfasst, der mit einem komplementären zweiten Sendesignal (Φ_{2b}), das insbesondere gegenläufig zum komplementären ersten Sendesignal (Φ_{1b}) sein kann, angesteuert wird,
- wobei der zweite Inverter die erste Leitung (DRV1) zur direkten übertragerlosen differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) treibt,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) die Sendesignale ($\Phi_{1a}, \Phi_{1b}, \Phi_{2a}, \Phi_{2b}$) während des Empfangs die Transistoren (T1, T2, T3, T4) zumindest zeitweise abschaltet,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens eine erste Sendefrequenz erzeugen kann, mit der die Spannungsdifferenz zwischen der

- 68 -

- ersten Leitung (DRV1) und der zweiten Leitung (DRV2) moduliert wird und die die erste Resonanzfrequenz des Schwingensystems anregt, und
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens eine zweite Sendefrequenz gegebenfalls auch gleichzeitig zur ersten Sendefrequenz erzeugen kann, mit der die Spannungsdifferenz zwischen der ersten Leitung (DRV1) und der zweiten Leitung (DRV2) moduliert wird und die die zweite Resonanzfrequenz des Schwingensystems anregt.

15. Schwingensystem für einen Ultraschall-Transducer (TR), mit

- einem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Schwingkörper und
- mindestens einem die Schwingung dieses Schwingkörpers antreibenden piezoelektrische Schwingelement (2) pro Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für die Verwendung in einem Ultraschall-Transducer (TR),
- wobei das piezoelektrische Schwingelement (2) mit dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mechanisch verbunden ist,
- wobei die mechanische Verbindung zwischen dem piezoelektrischen Schwingelement (2) des Schwingensystems und dem Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) als Klebung mittels eines Klebers und/oder als Lötung und/oder als Schweißung ausgebildet ist, und
- wobei das Schwingelement (2) dazu vorgesehen ist, mittels eines elastischen Klebers (3) mechanisch mit einem Gehäuse (1,1a,1c) eines Ultraschall-Transducers (TR) verbunden zu werden, wobei die kürzeste Verbindungslinie zwischen dem Schwerpunkt des piezoelektrischen Schwingelements (2) zu dem Gehäuse (1,1a,1c) durch den elastischen Kleber (3) verläuft,

g e k e n n z e i c h n e t d a d u r c h ,

- dass das Schwingensystem bei Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) durch einen Ansteuerschaltkreis zumindest zwei oder mehr voneinander verschiedene mechanische Resonanzfrequenzen, eine erste Resonanzfrequenz und eine zweite Resonanzfre-

- quenz und gegebenenfalls weitere Resonanzfrequenzen, die voneinander verschieden sind, aufweist,
- dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens ein Muster von Öffnungen (10) auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) und/oder Vertiefungen auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) und/oder Erhöhungen (10b) auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) aufweist, das bei rotatorischer Verschiebung um eine Symmetrieachse längs einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) um zumindest einen n_4 -fachen ersten Winkel $n_4 \cdot \vartheta_1$, wobei n_4 eine ganze Zahl ist, zumindest teilweise wieder auf sich selbst abgebildet ist, also insbesondere ein ein- oder zweidimensionales rotatorisches Gitter auf einer Oberfläche des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) bildet, und
 - dass das Frequenzverhältnis definiert als Quotient des Betrags der zweiten Resonanzfrequenz und des Betrags der ersten Resonanzfrequenz von dem ersten Winkel ϑ_1 abhängt.
16. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder nach Anspruch 15, gekennzeichnet dadurch, dass der Ultraschall-Transducer zumindest zwei voneinander verschiedene Güten oder Resonanzbandbreiten, eine erste Güte oder erste Resonanzbandbreite bei der ersten Resonanzfrequenz einerseits und eine zweite Güte oder zweite Resonanzbandbreite bei der zweiten Resonanzfrequenz andererseits, aufweist.
17. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder nach Anspruch 15 oder 16, gekennzeichnet dadurch, dass der Ultraschall-Transducer zumindest zwei voneinander verschiedene Abstrahlcharakteristiken, eine erste Abstrahlcharakteristiken bei der ersten Resonanzfrequenz und eine zweite Abstrahlcharakteristiken bei der zweiten Resonanzfrequenz, aufweist, wobei Abstrahlcharakteristik be-

deutet, dass die durch das Schwingssystem abgestrahlte Schallamplitude pro Steradian von dem Winkel zwischen der Verbindungsachse zwischen einem Punkt, an dem die Schallamplitude erfasst wird, zu einem Aufpunkt der zur Flächennormale (14) zur Oberfläche (2a) auf der einen Seite und der entsprechenden Flächennormale (14) zur Oberfläche (2a) des Montageelements (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) auf der anderen Seite abhängt.

18. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer (TR) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder nach einem der Ansprüche 15 bis 17, gekennzeichnet dadurch,
 - dass eine erste ebene Querschnittsfläche eines Montageelements (6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k), das insbesondere als Montagering (6) ausgebildet ist, die senkrecht zur Flächennormale einer Oberfläche des Montageelementes (6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k), insbesondere des Montagerings (6), ist, eine andere Form hat als eine zweite ebene Querschnittsfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2), die ebenfalls senkrecht zur Flächennormale einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2) ist und
 - dass der Flächenschwerpunkt der Oberfläche des Montageelementes (6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) gegenüber dem Flächenschwerpunkt einer ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2) versetzt ist.
19. Schwingssystem für einen Ultraschall-Transducer nach einem der Ansprüche 1 bis 7 oder nach einem der Ansprüche 15 bis 18, gekennzeichnet dadurch, dass die Schallabstrahlachse (11) des Schwingsystems nicht parallel zur die Oberflächennormalen (14,15) der ersten oder zweiten Oberfläche des piezoelektrischen Schwingelements (2) ist.
20. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens eine Öffnung (9,

9b, 9c, 9d) und/oder Aussparung und/oder Vertiefung unterhalb des Schwingelements (2) aufweist.

21. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens ein Längenmaß aufweist, das ein ganzzahliges (k -faches) Vielfaches der mittleren Schallwellenlänge (λ) im Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) geteilt durch vier ist ($k \cdot \lambda / 4$).
22. Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) für ein Schwingssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch, dass das Montageelement (6,6b,6c,6d,6e,6i,6j,6k) mindestens eine akustische Abzwegleitung und/oder einer akustische Stichleitung (SL1, SL2) aufweist.
23. Schaltung zur Ansteuerung eines Schwingsystems nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet dadurch,
 - dass die Schaltung eine Ansteuerschaltung (US_{ctr}) zumindest als Teilschaltung aufweist ,
 - dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) über eine erste elektrische Leitung (DRV1) und eine zweite elektrische Leitung (DRV2) direkt und übertragerlos mit dem piezoelektrischen Schwingelement (2) des Schwingsystems elektrisch verbunden ist,
 - dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) ein elektrisches spannungsmoduliertes Sendesignal mit einer Sendefrequenz über die erste Leitung (DRV1) und die zweite Leitung (DRV2) an das piezoelektrischen Schwingelement (2) des Schwingsystems anlegen kann,
 - dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens einen ersten Inverter bestehend aus mindestens einem ersten Transistor (T1) umfasst, der mit einem ersten Sendesignal (Φ_{1a}) angesteuert wird, und mindestens einem zweiten Transistor (T3) umfasst, der mit einem komplementären ersten Sendesignal (Φ_{1b}) angesteuert wird,

- 72 -

- wobei der erste Inverter die zweite Leitung (DRV2) zur direkten übertragerlosen differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) treibt,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens einen zweiten Inverter bestehend aus mindestens einem zweiten Transistor (T2) umfasst, der mit einem zweiten Sendesignal (Φ_{2a}), das insbesondere gegenläufig zum ersten Sendesignal (Φ_{1a}) sein kann, angesteuert wird, und mindestens einem vierten Transistor (T4) umfasst, der mit einem komplementären zweiten Sendesignal (Φ_{2b}), das insbesondere gegenläufig zum komplementären ersten Sendesignal (Φ_{1b}) sein kann, angesteuert wird,
- wobei der zweite Inverter die erste Leitung (DRV1) zur direkten übertragerlosen differentiellen Ansteuerung des piezoelektrischen Schwingelements (2) treibt,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) die Sendesignale ($\Phi_{1a}, \Phi_{1b}, \Phi_{2a}, \Phi_{2b}$) während des Empfangs die Transistoren (T1, T2, T3, T4) zumindest zeitweise abschaltet,
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens eine erste Sendefrequenz erzeugen kann, mit der die Spannungsdifferenz zwischen der ersten Leitung (DRV1) und der zweiten Leitung (DRV2) moduliert wird und die die erste Resonanzfrequenz des Schwingensystems anregt, und
- dass die Ansteuerschaltung (US_{ctr}) mindestens eine zweite Sendefrequenz gegebenenfalls auch gleichzeitig zur ersten Sendefrequenz erzeugen kann, mit der die Spannungsdifferenz zwischen der ersten Leitung (DRV1) und der zweiten Leitung (DRV2) moduliert wird und die die zweite Resonanzfrequenz des Schwingensystems anregt.

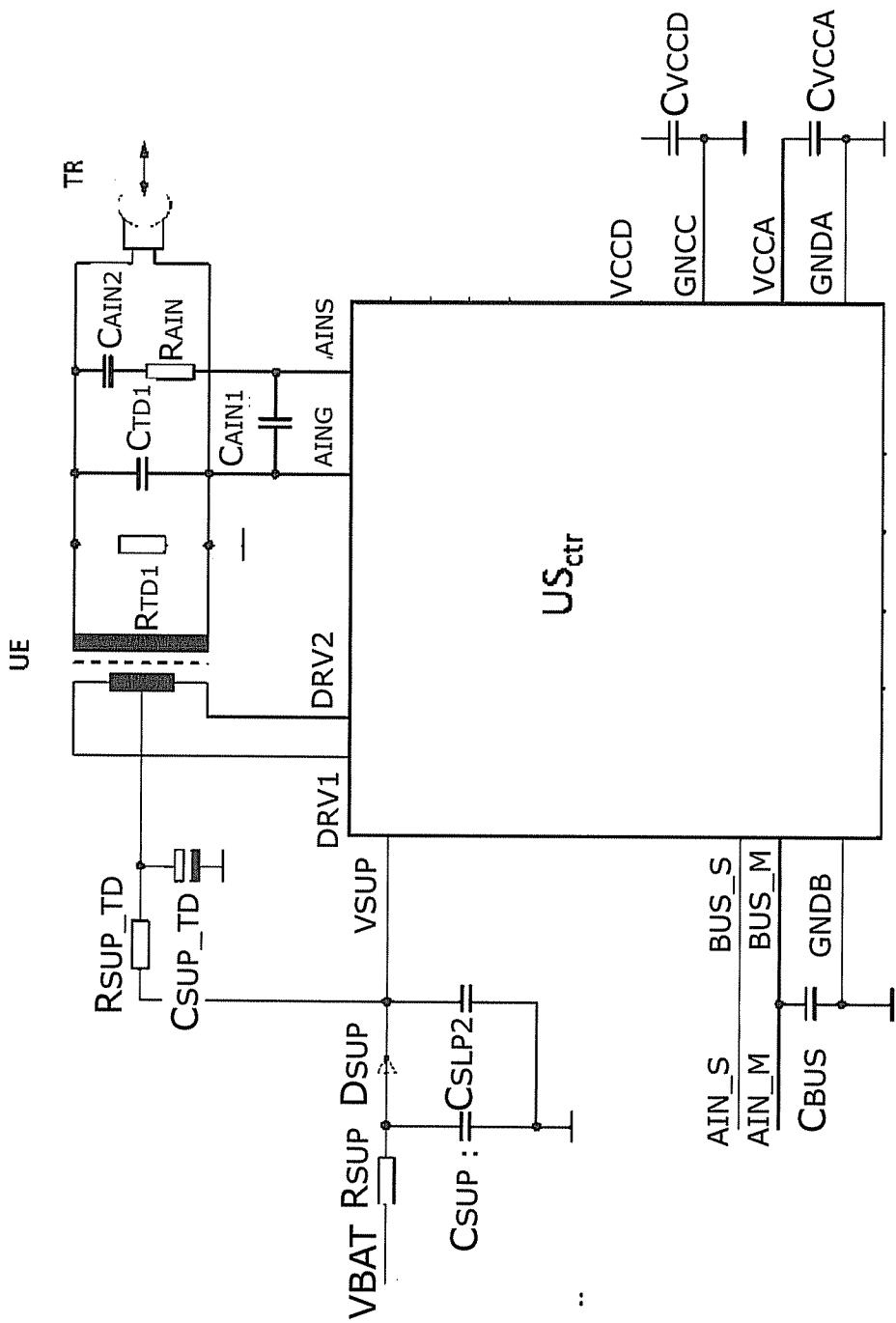


Fig. 1

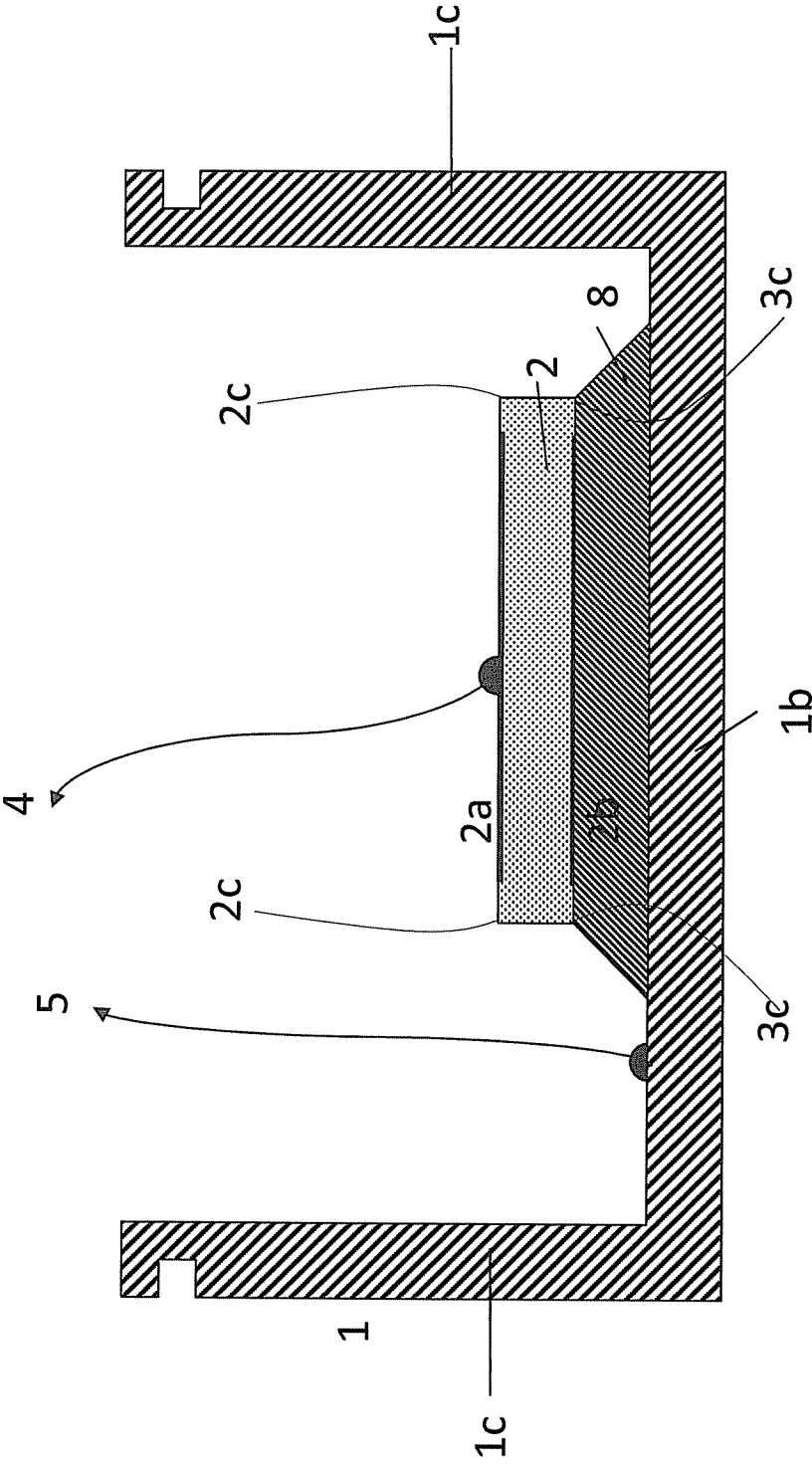


Fig. 2

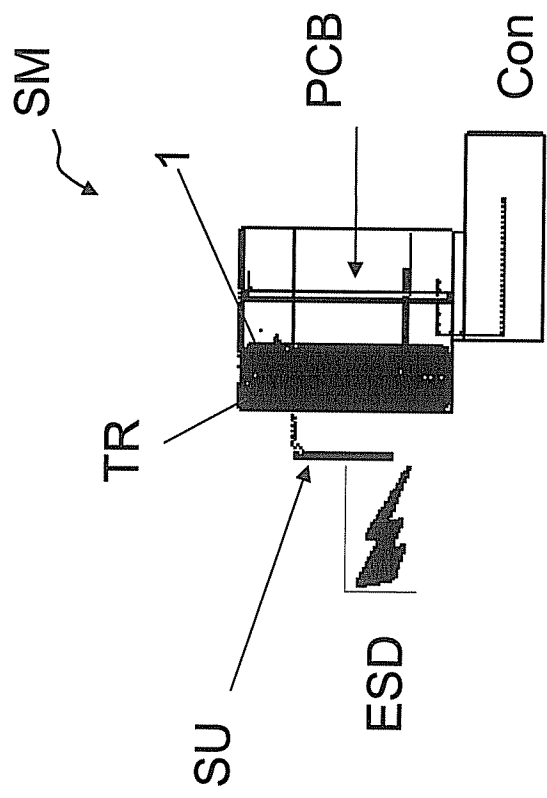


Fig. 3

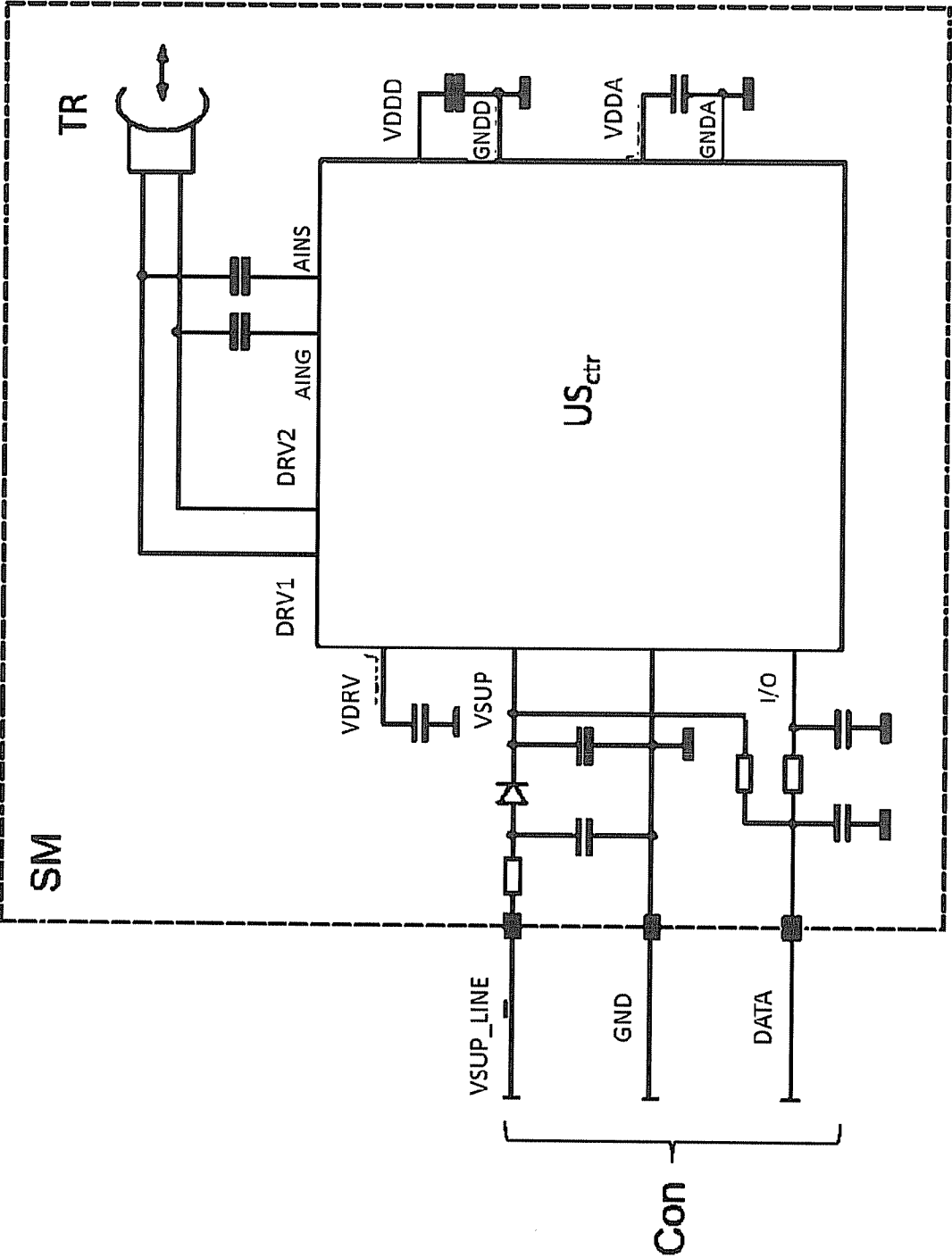
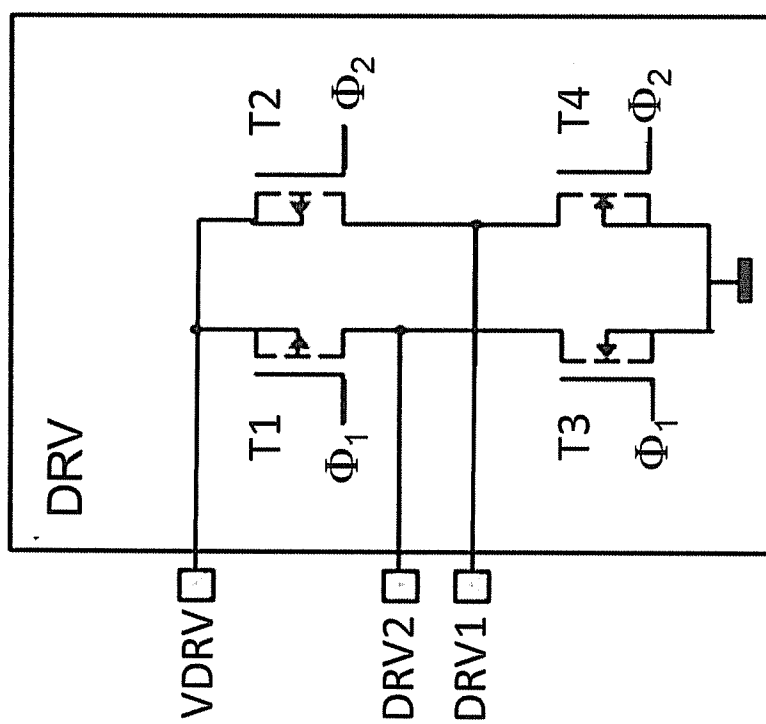


Fig. 4

-5/26-

[illegible]

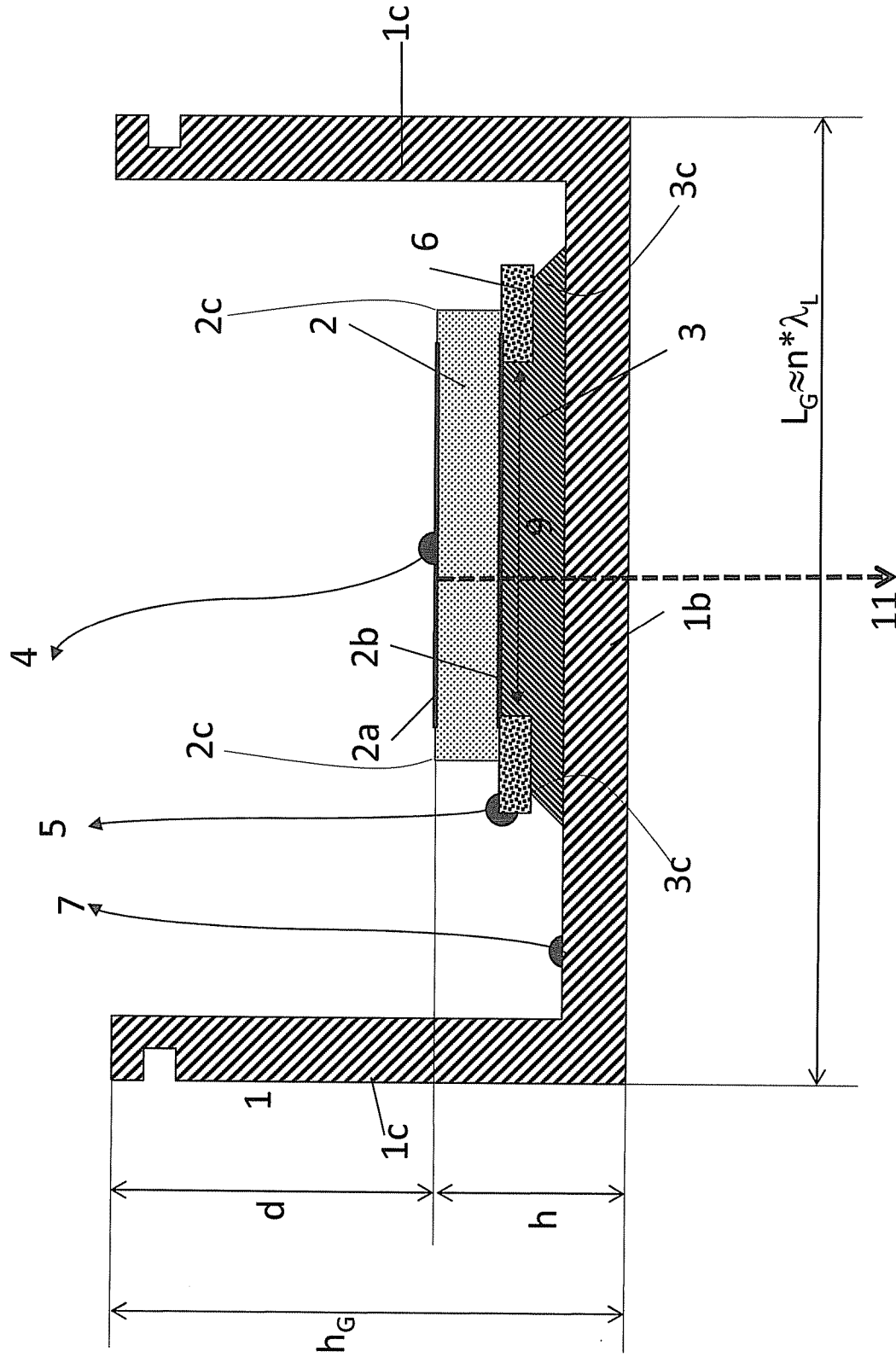


Fig. 6

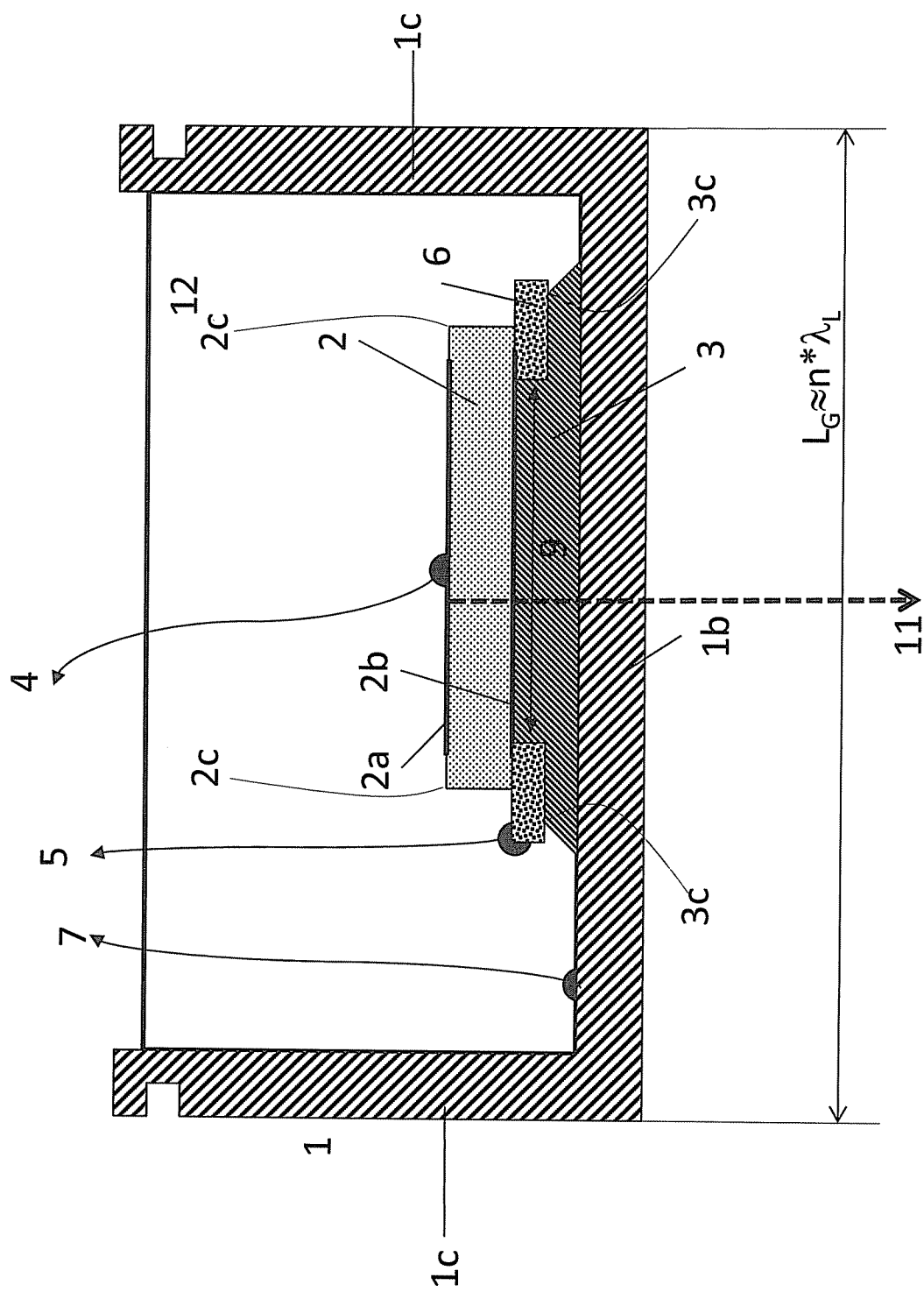


Fig. 7

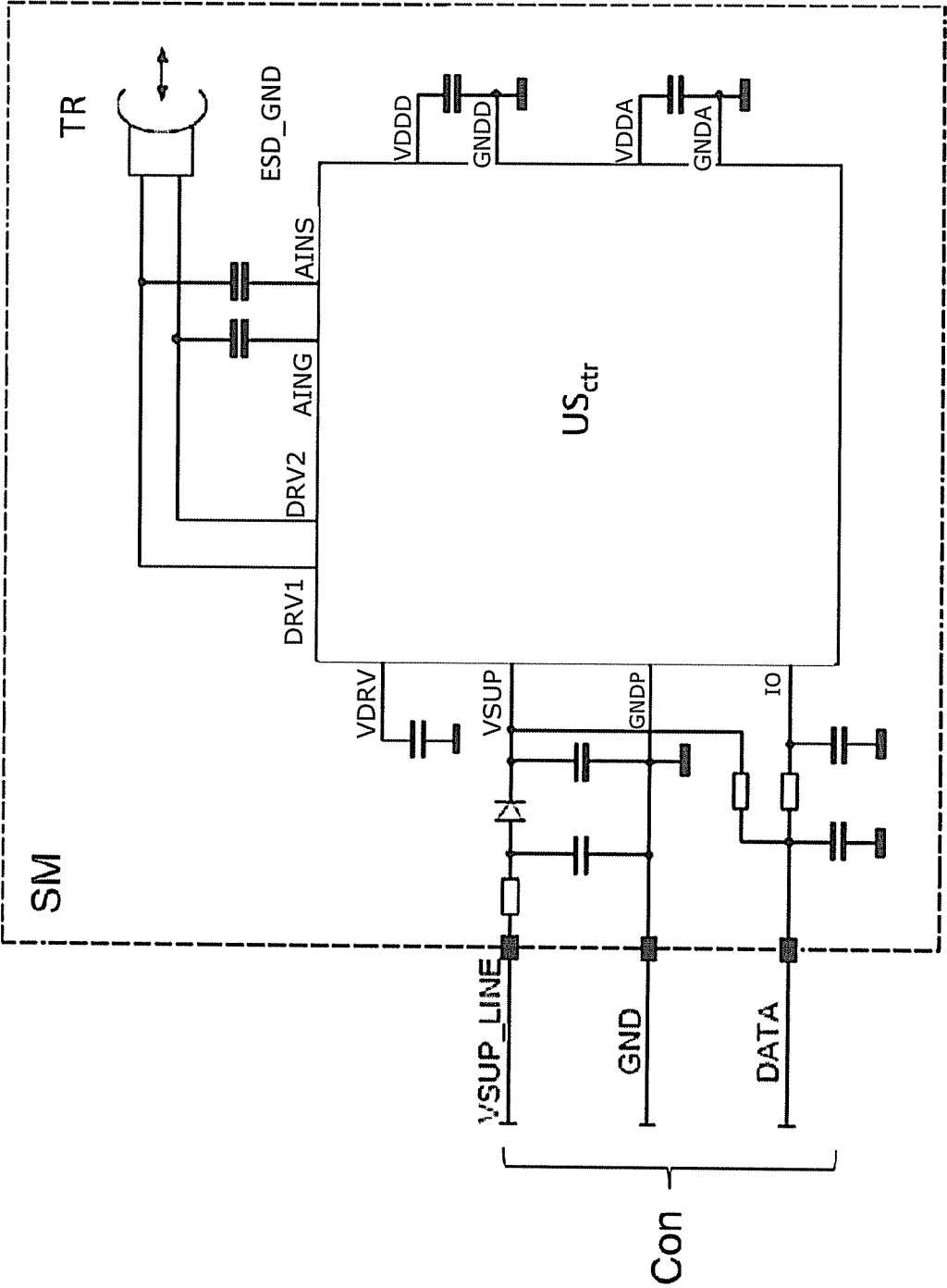


Fig. 8

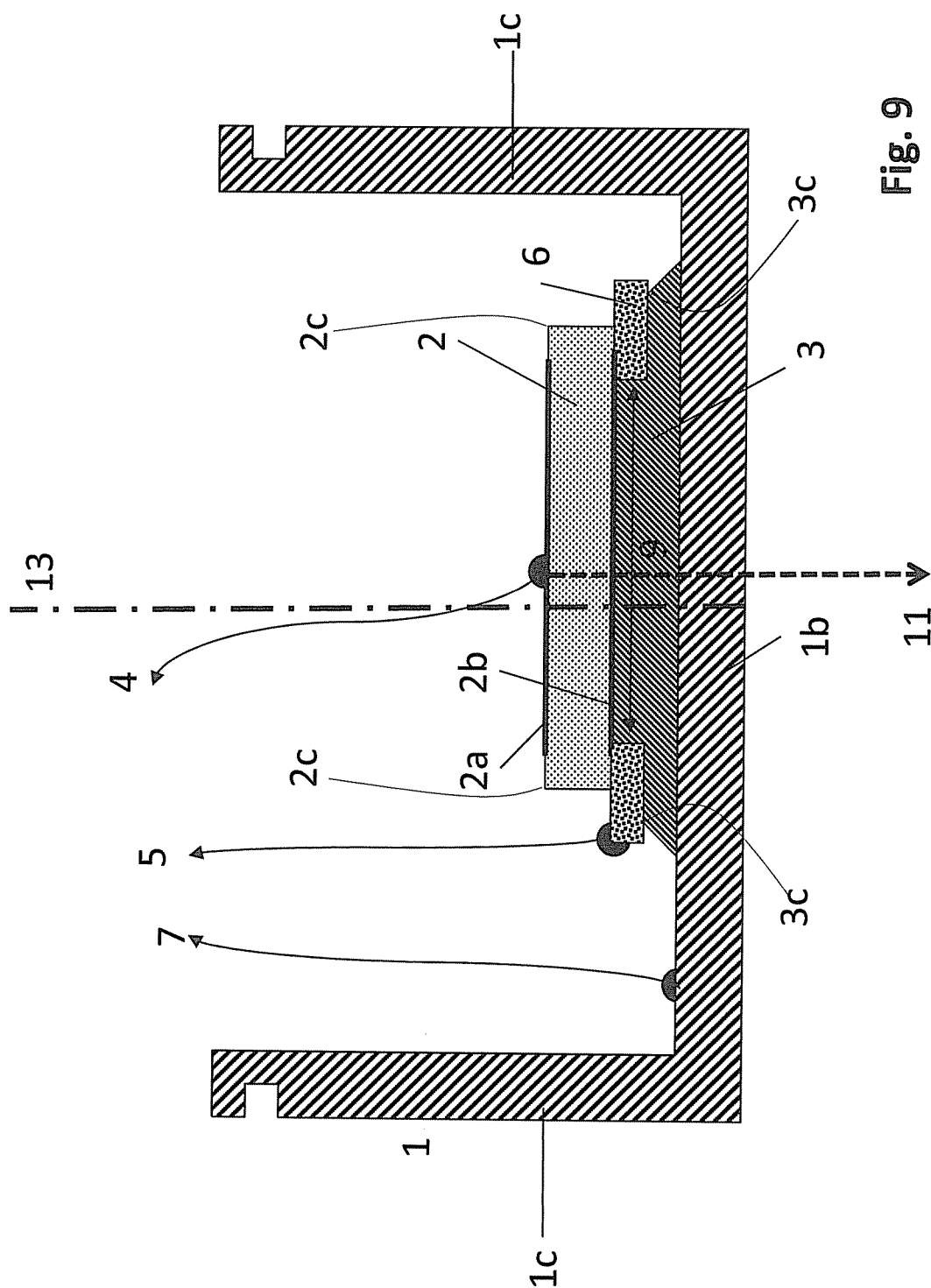


Fig. 9

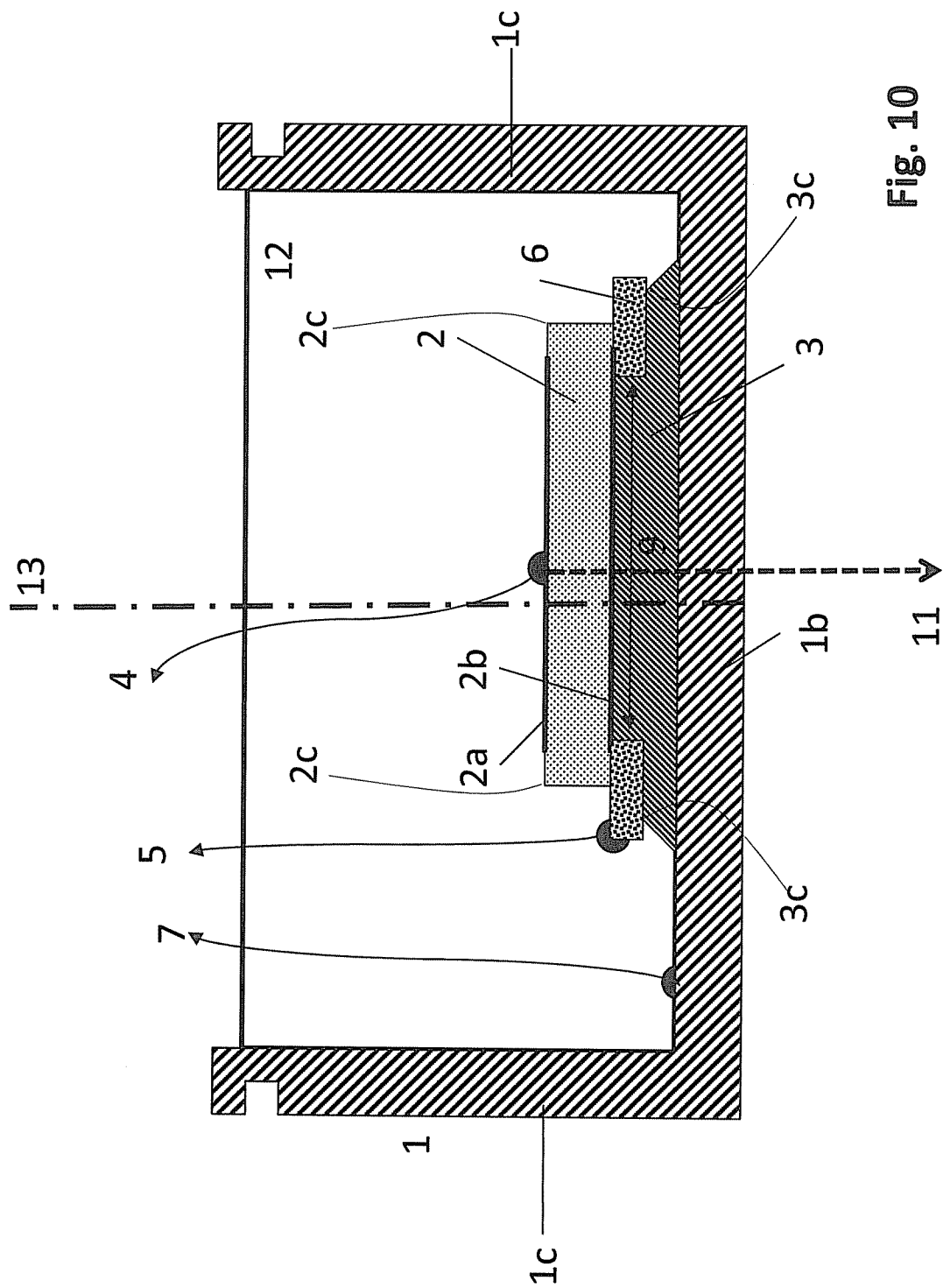


Fig. 10

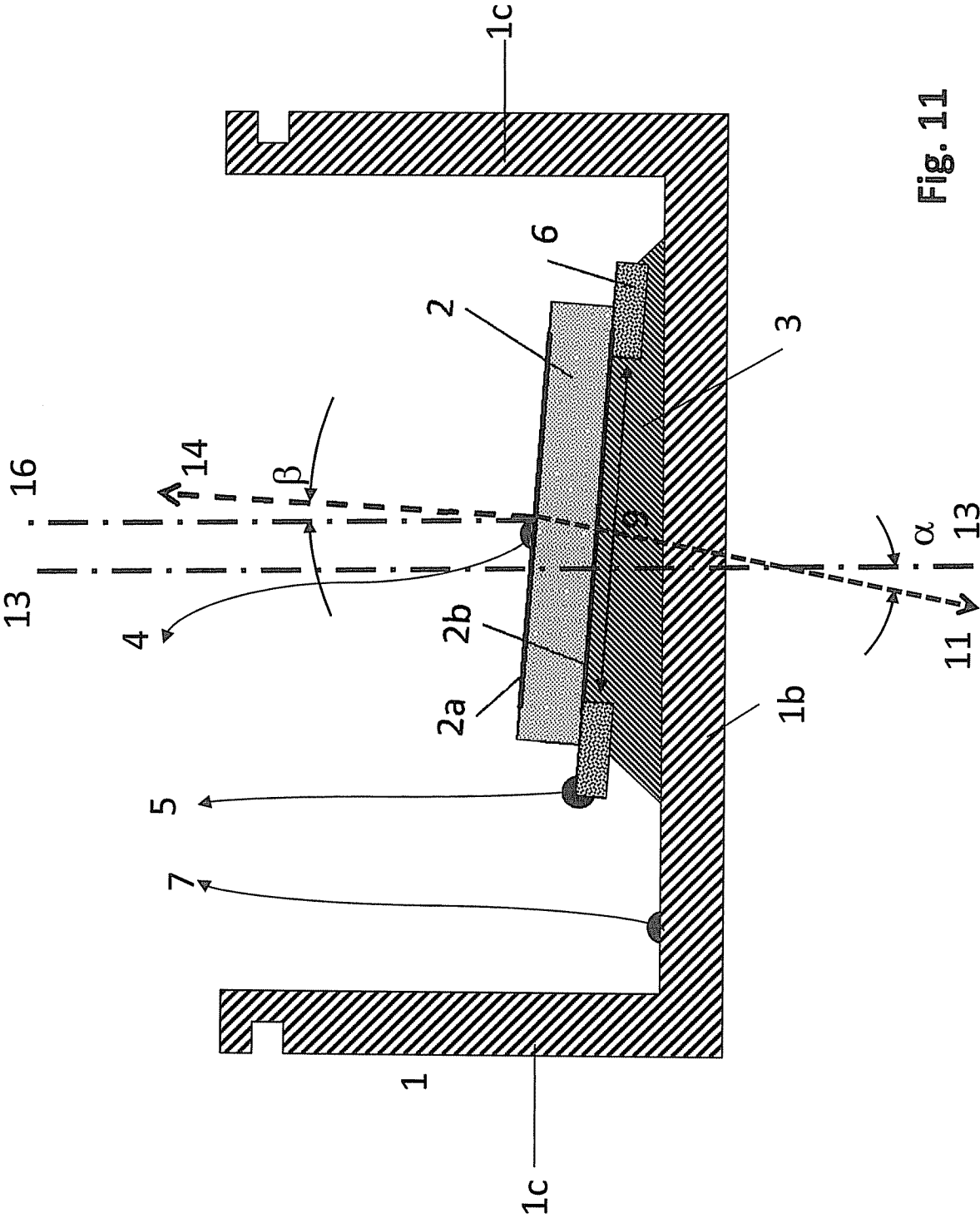
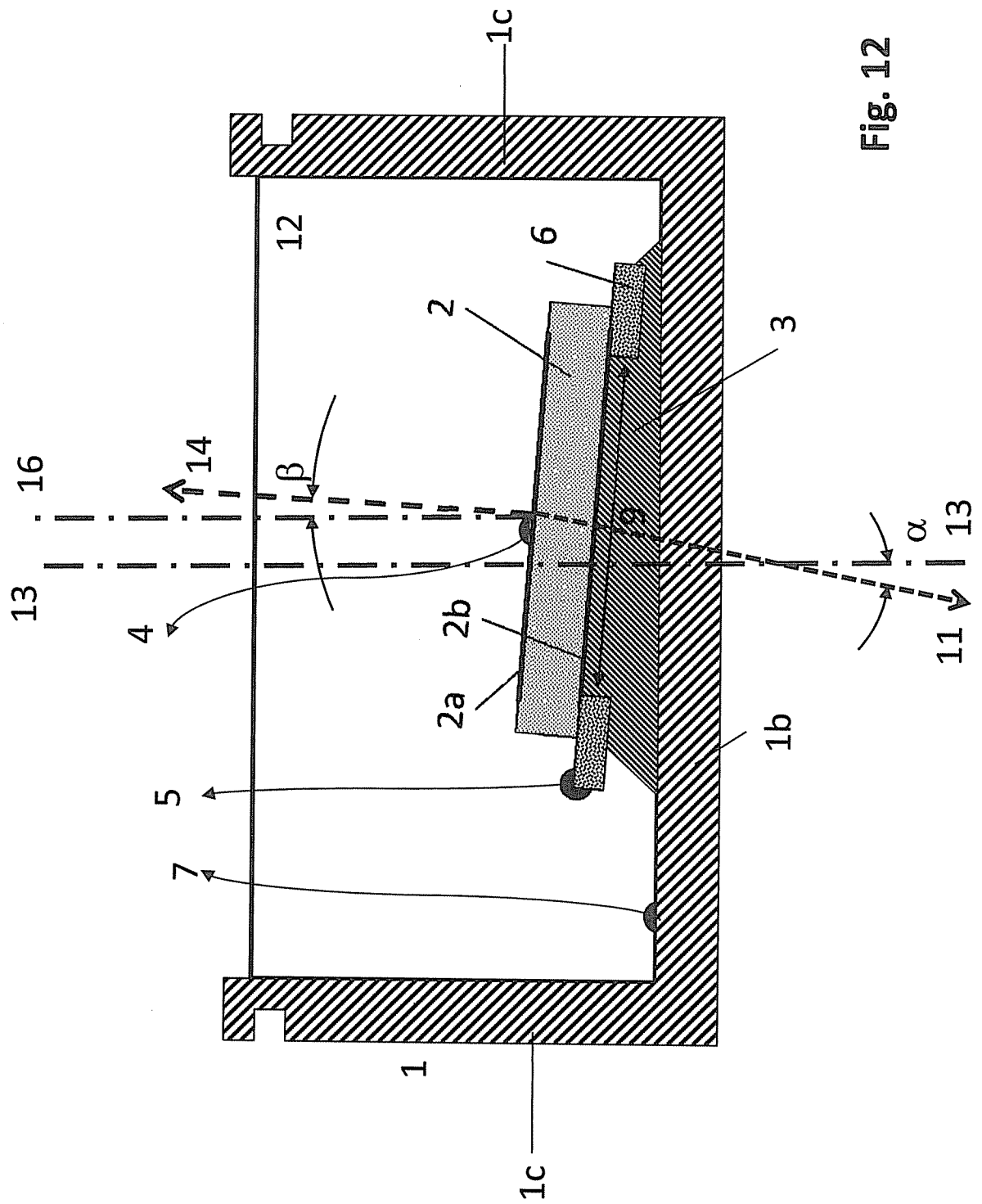


Fig. 11

-12/26-



12.5.

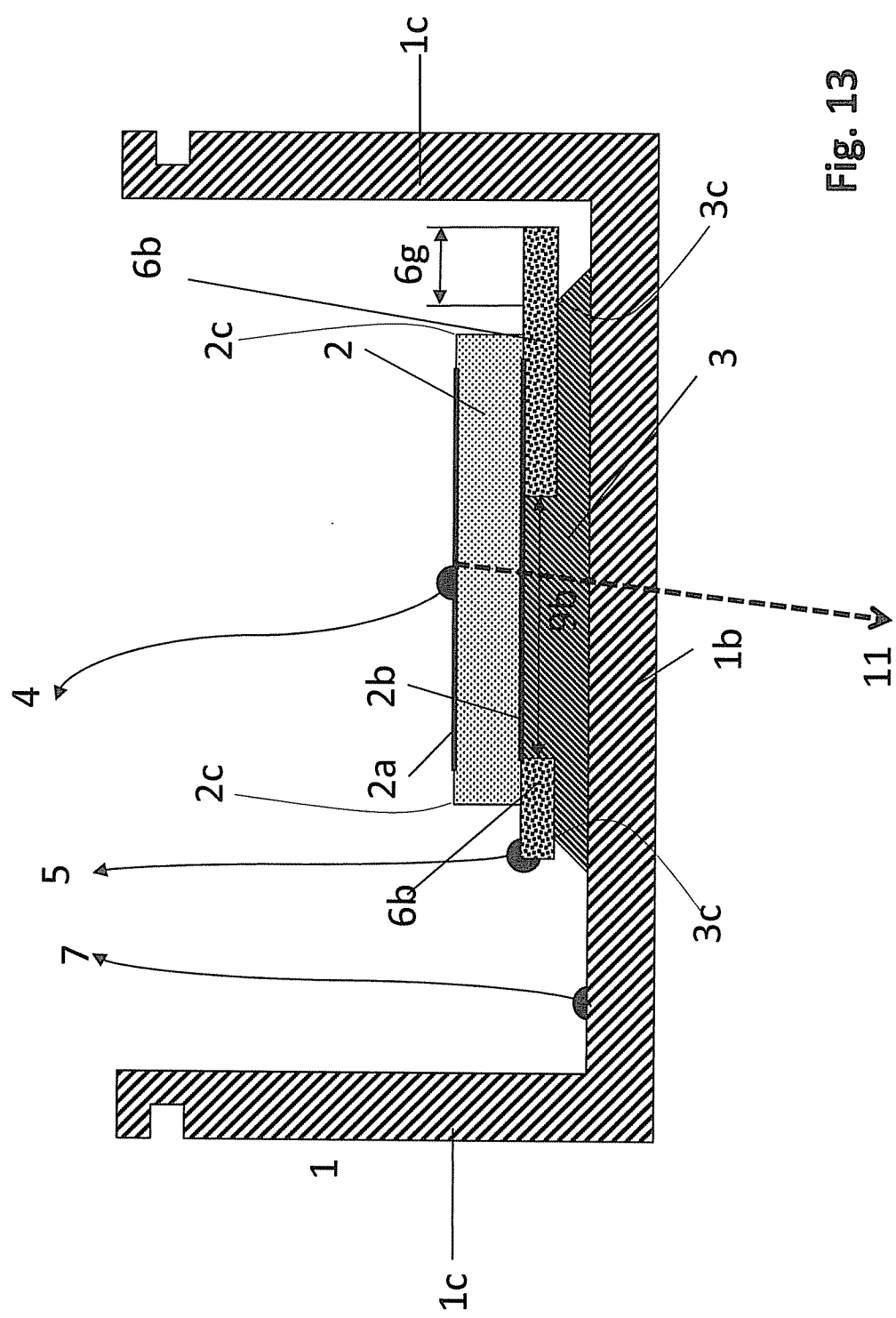


Fig. 13

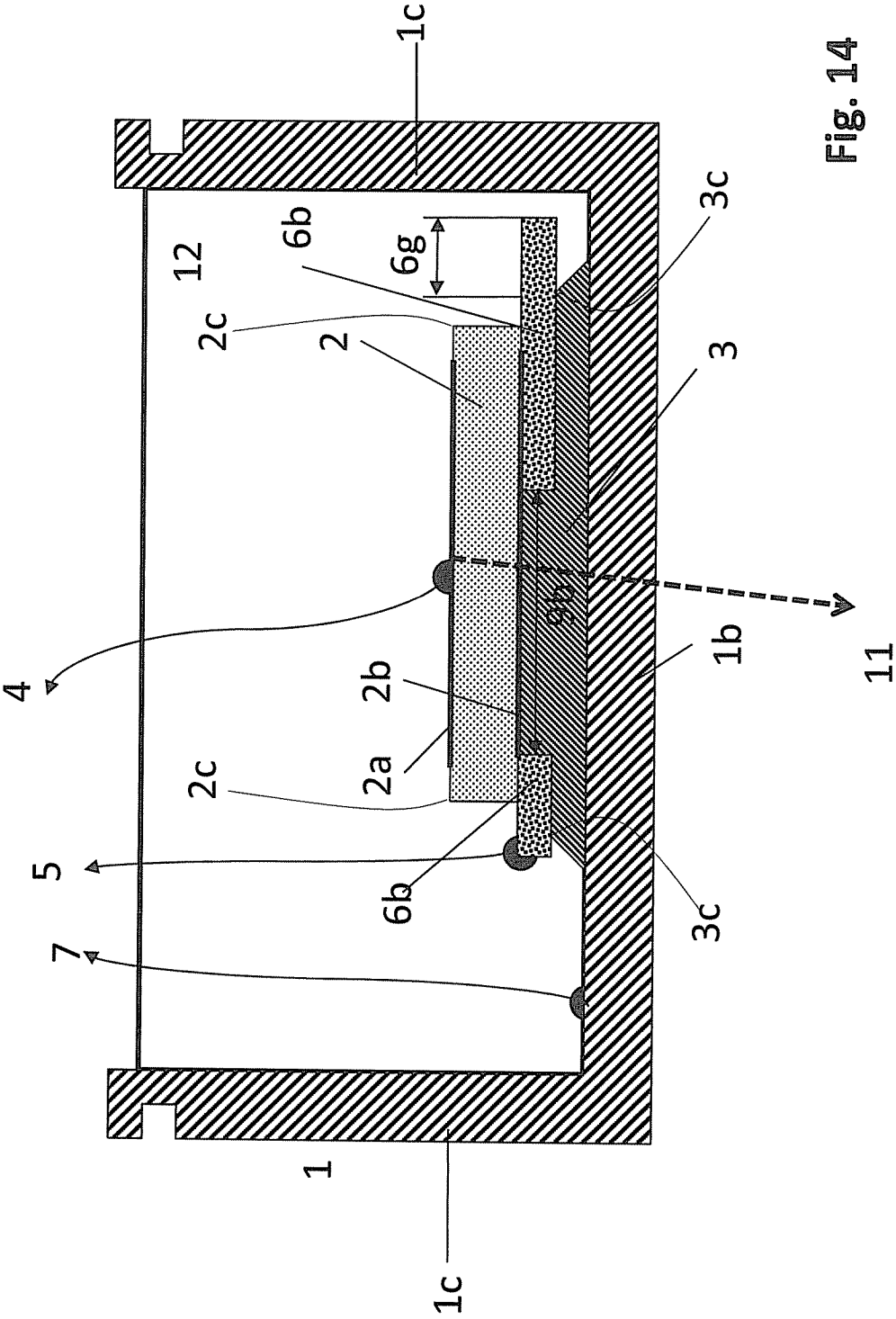


Fig. 14

-15/26-

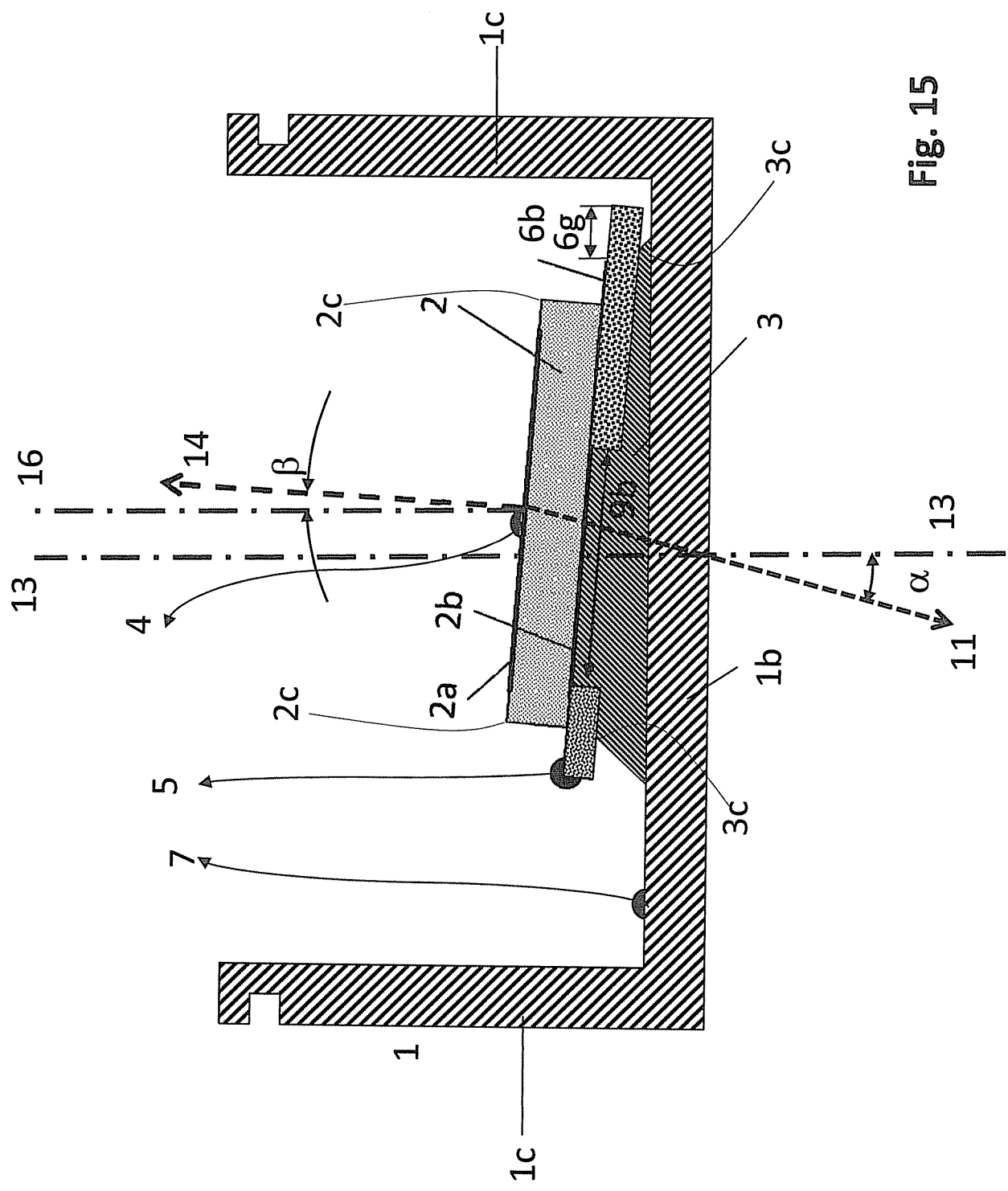


Fig. 15

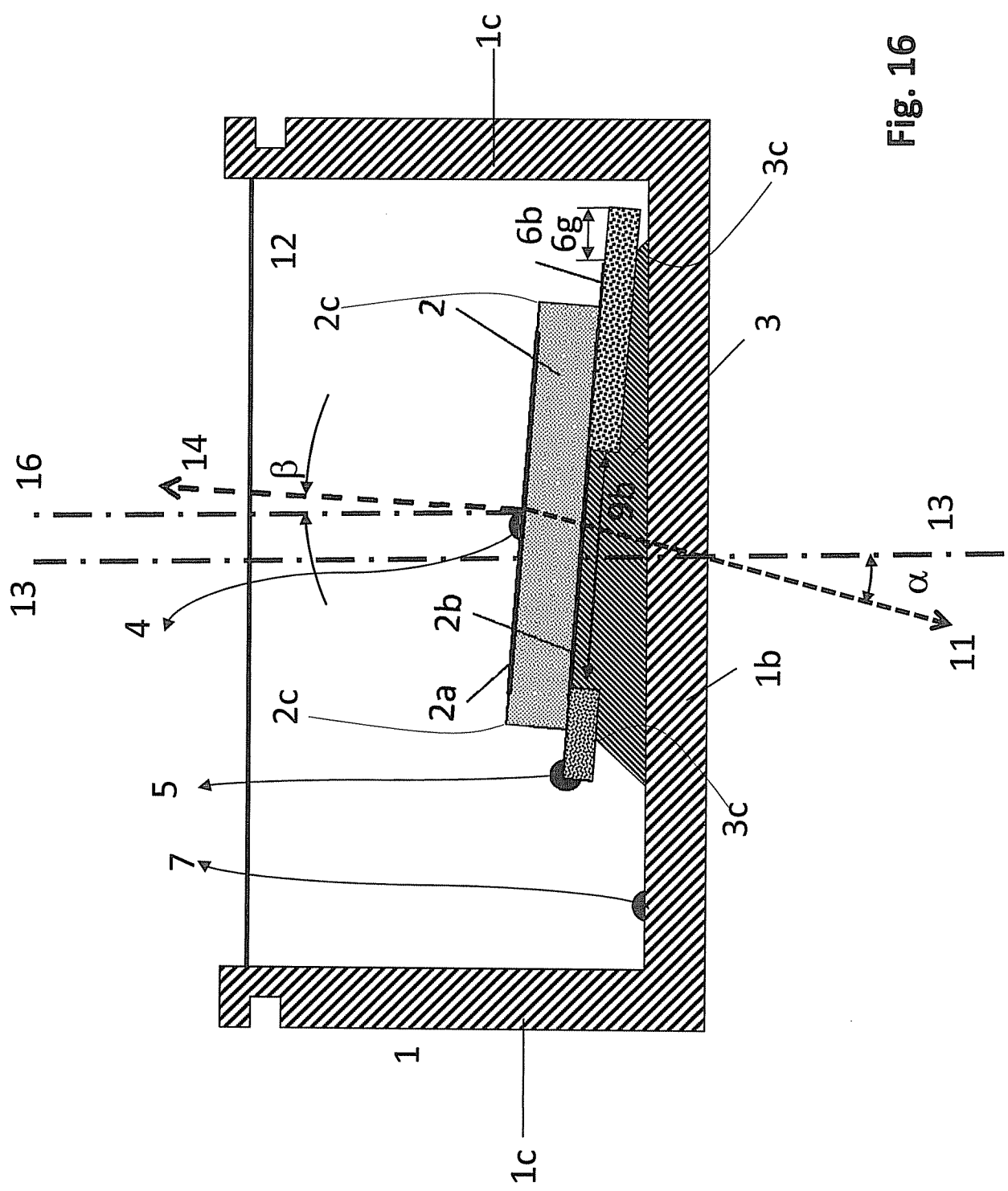


Fig. 16

-17/26-

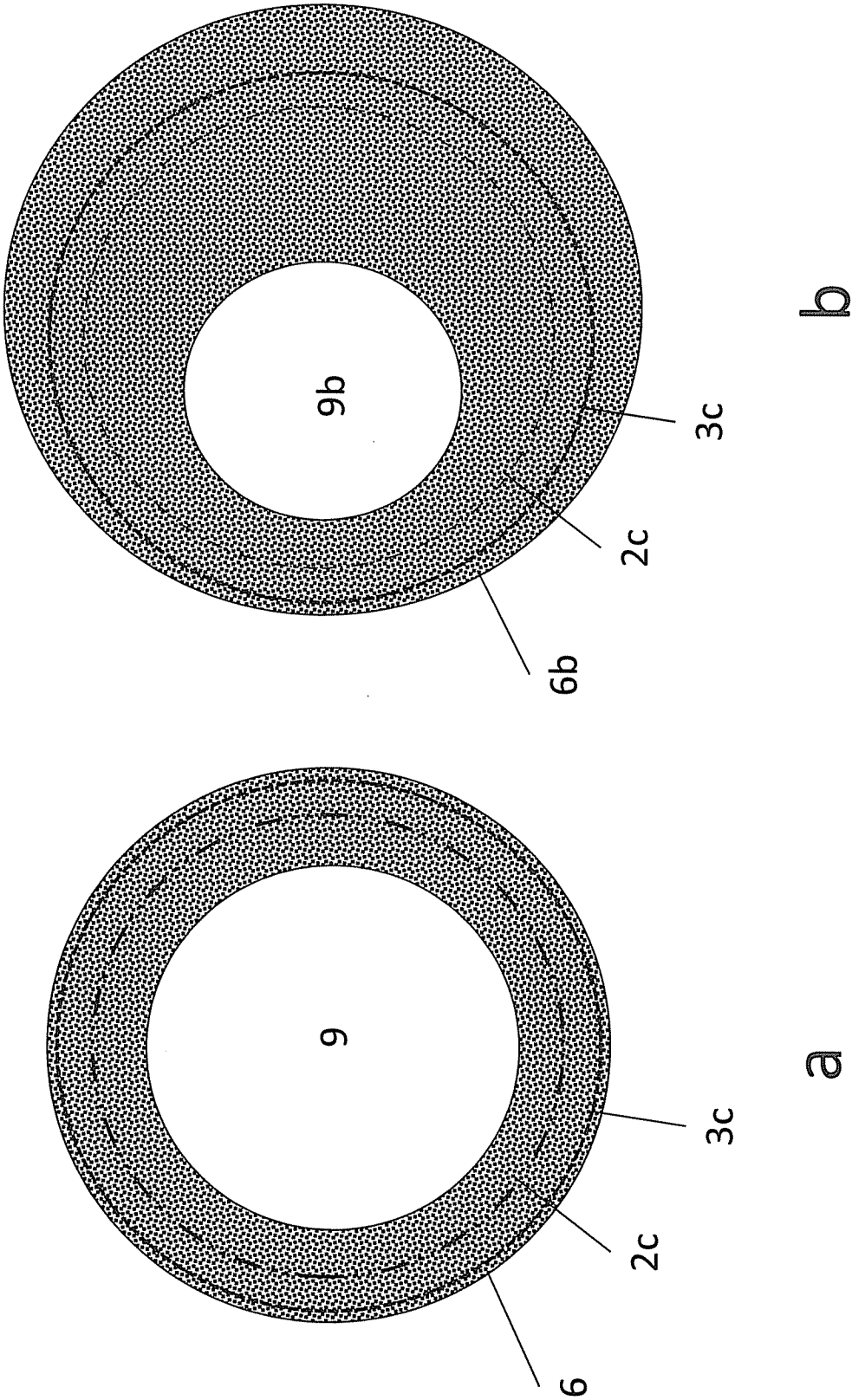


Fig. 17

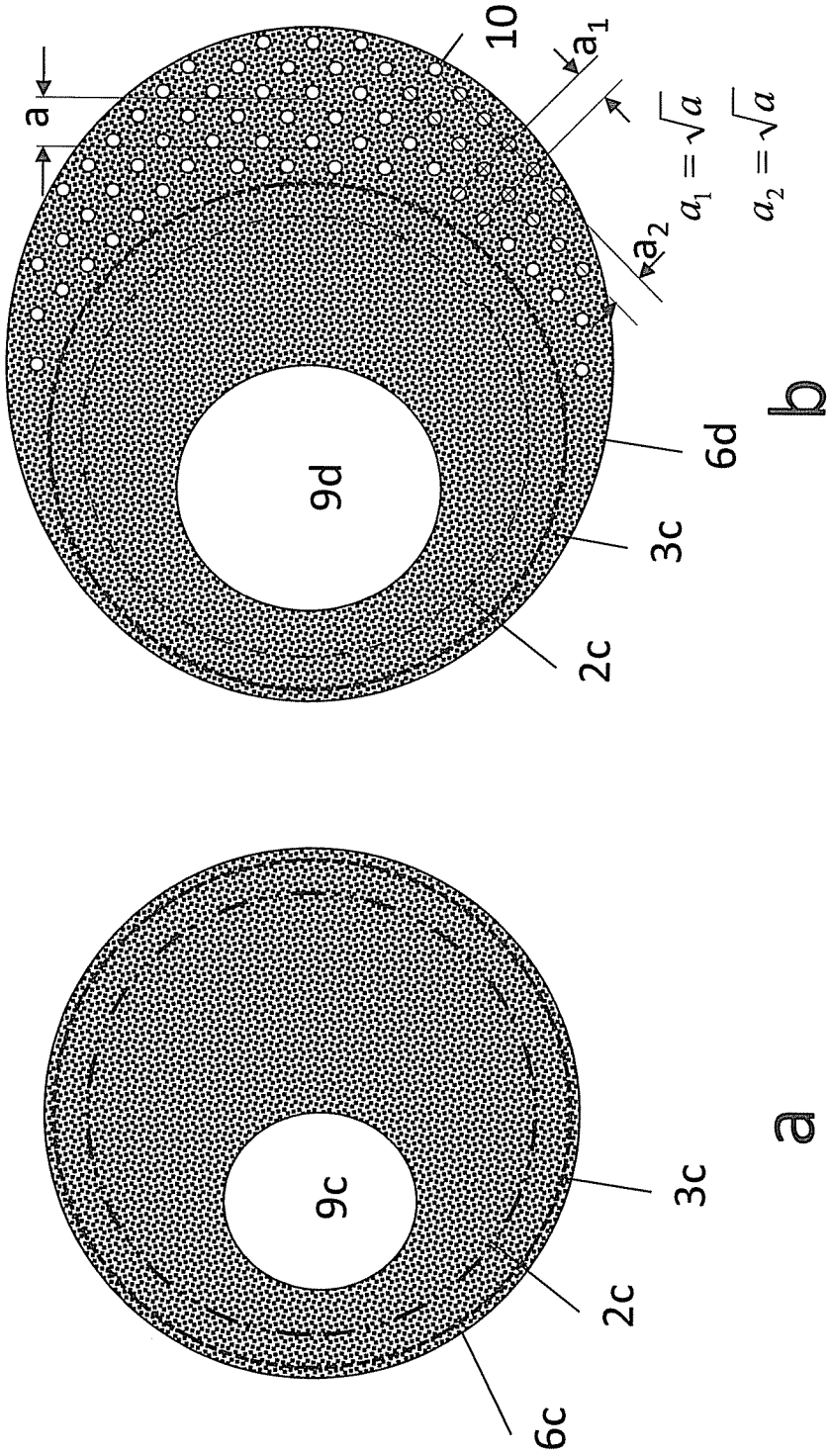
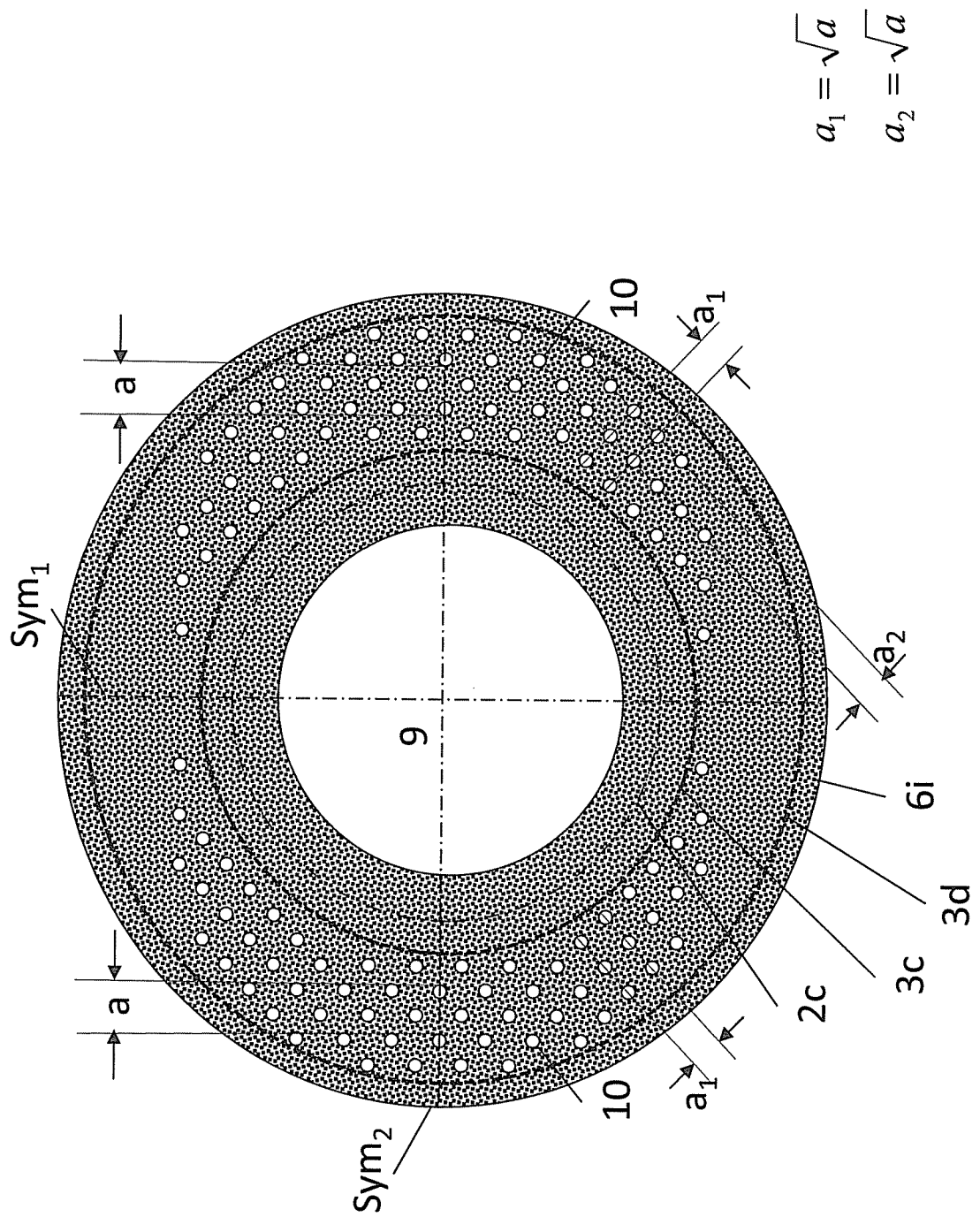


Fig. 18

-19/26-



எம். பி. லி.

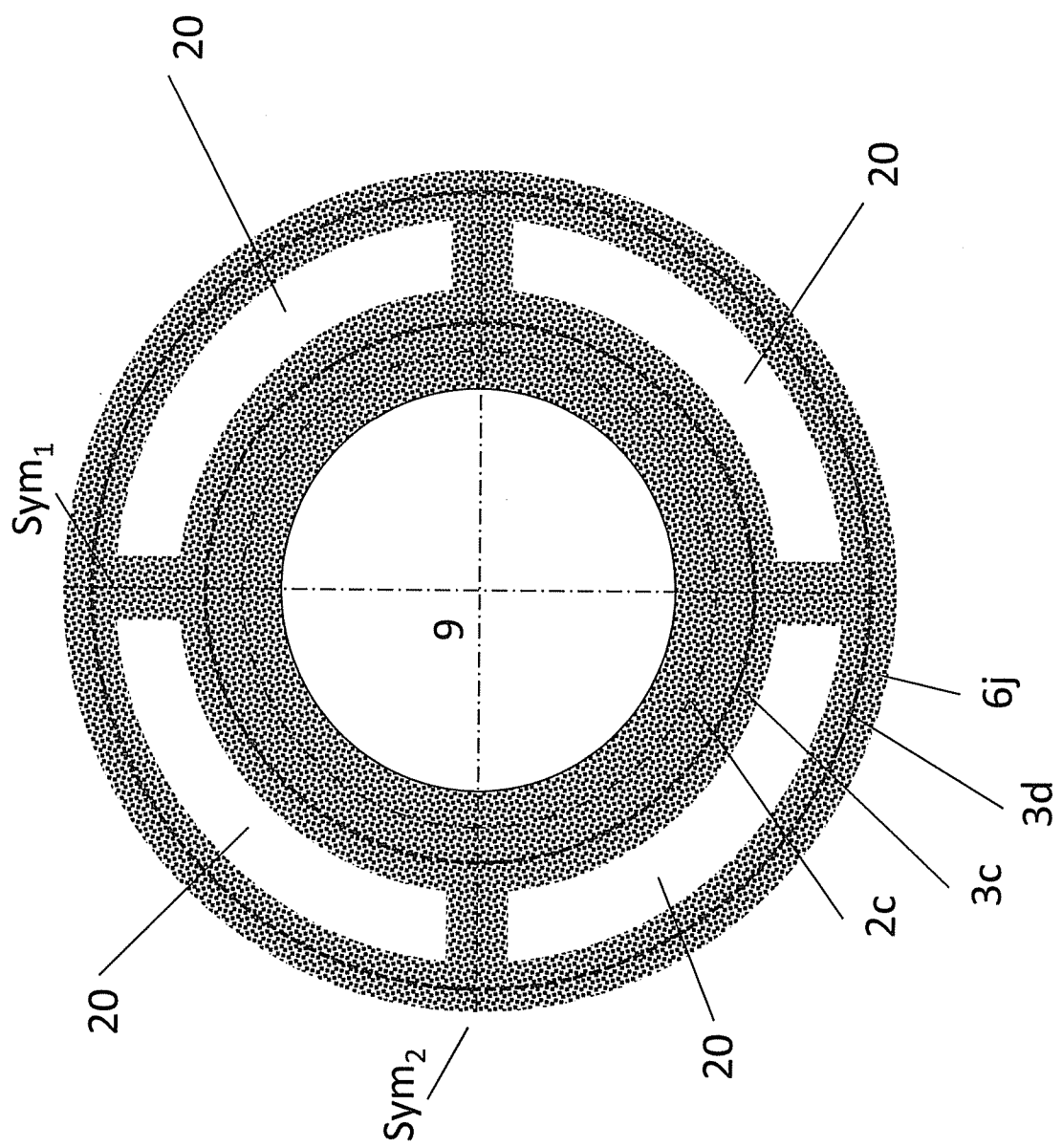
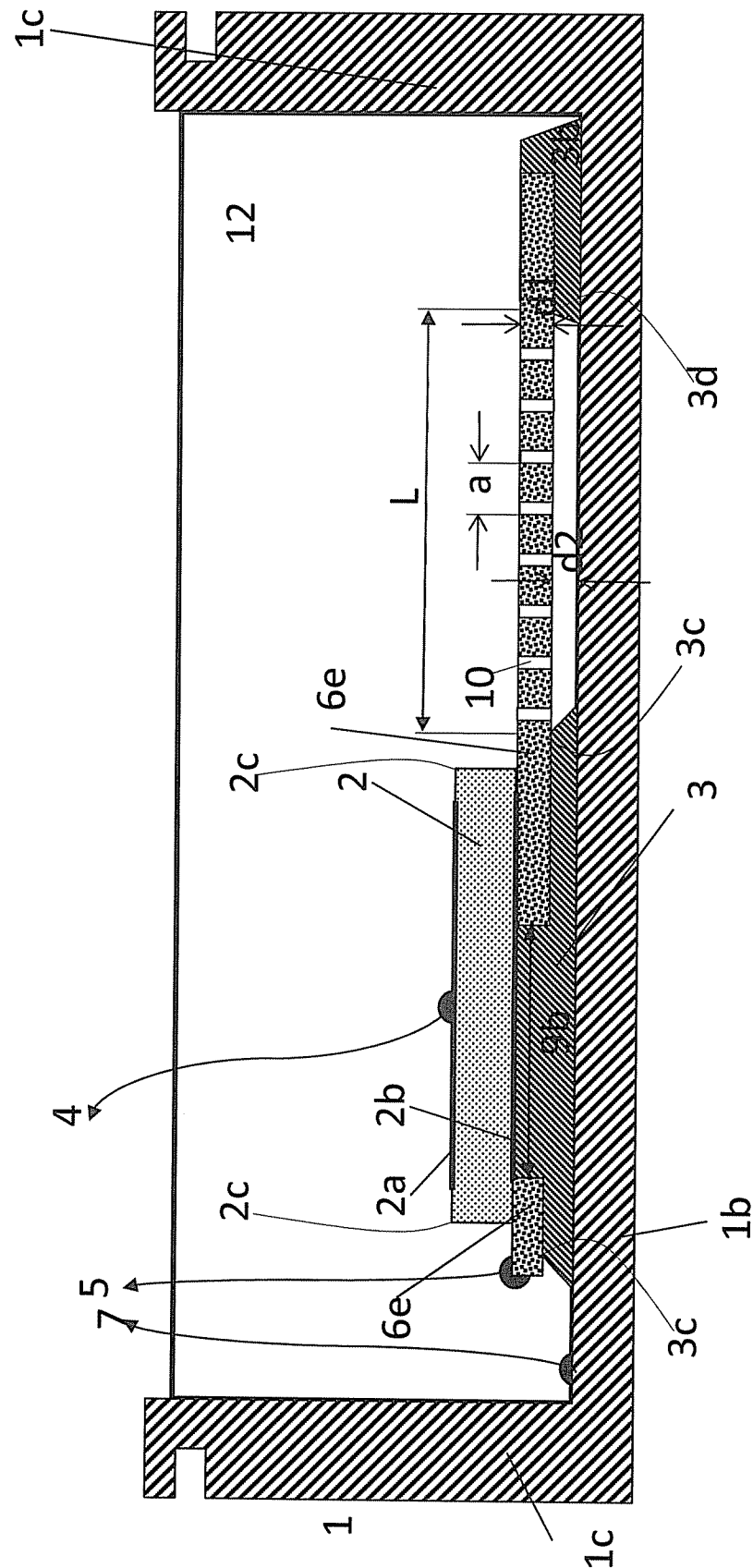


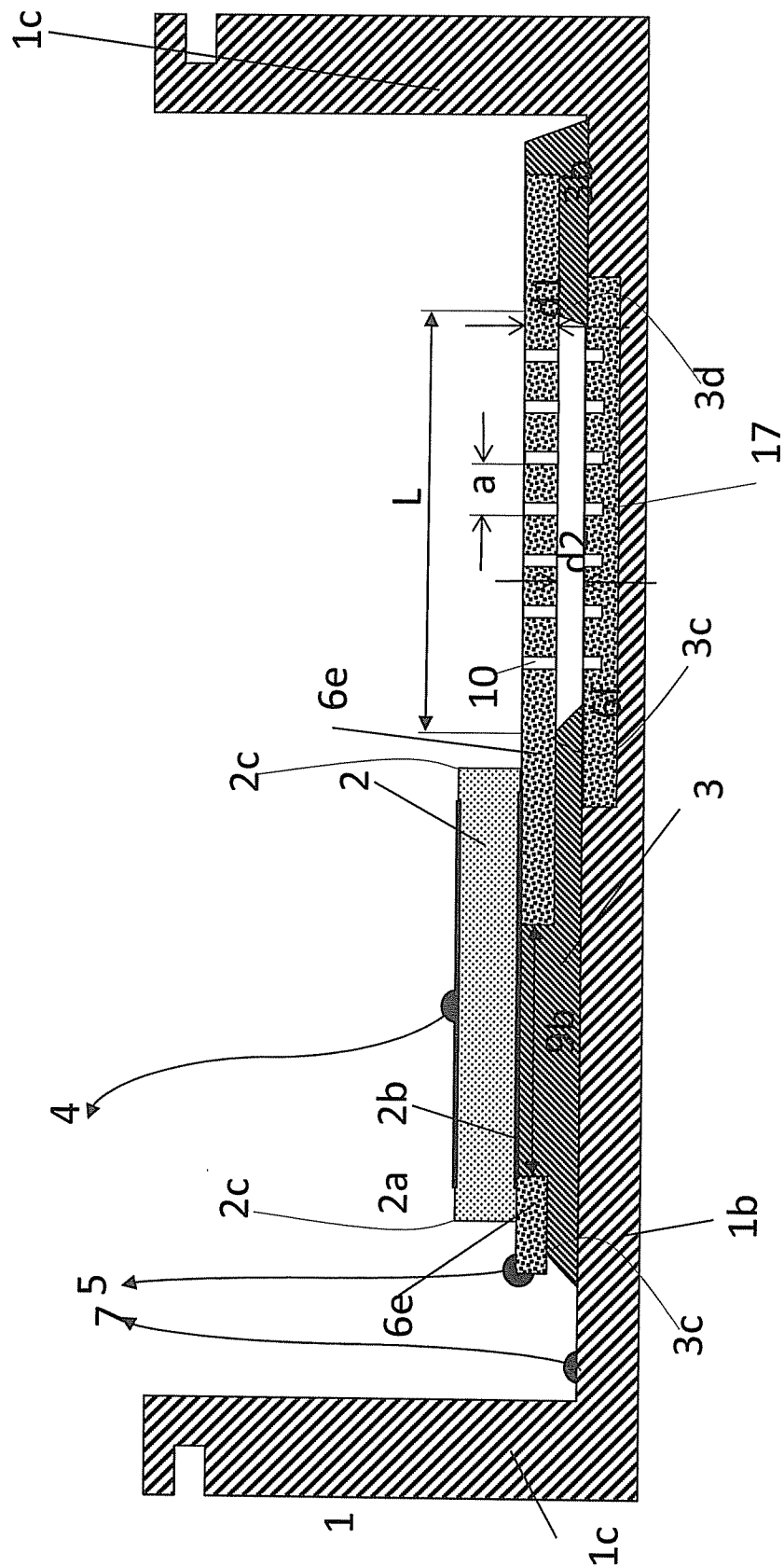
Fig. 20

-22/26-



Fi. 22

-23/26-



Fi. 23

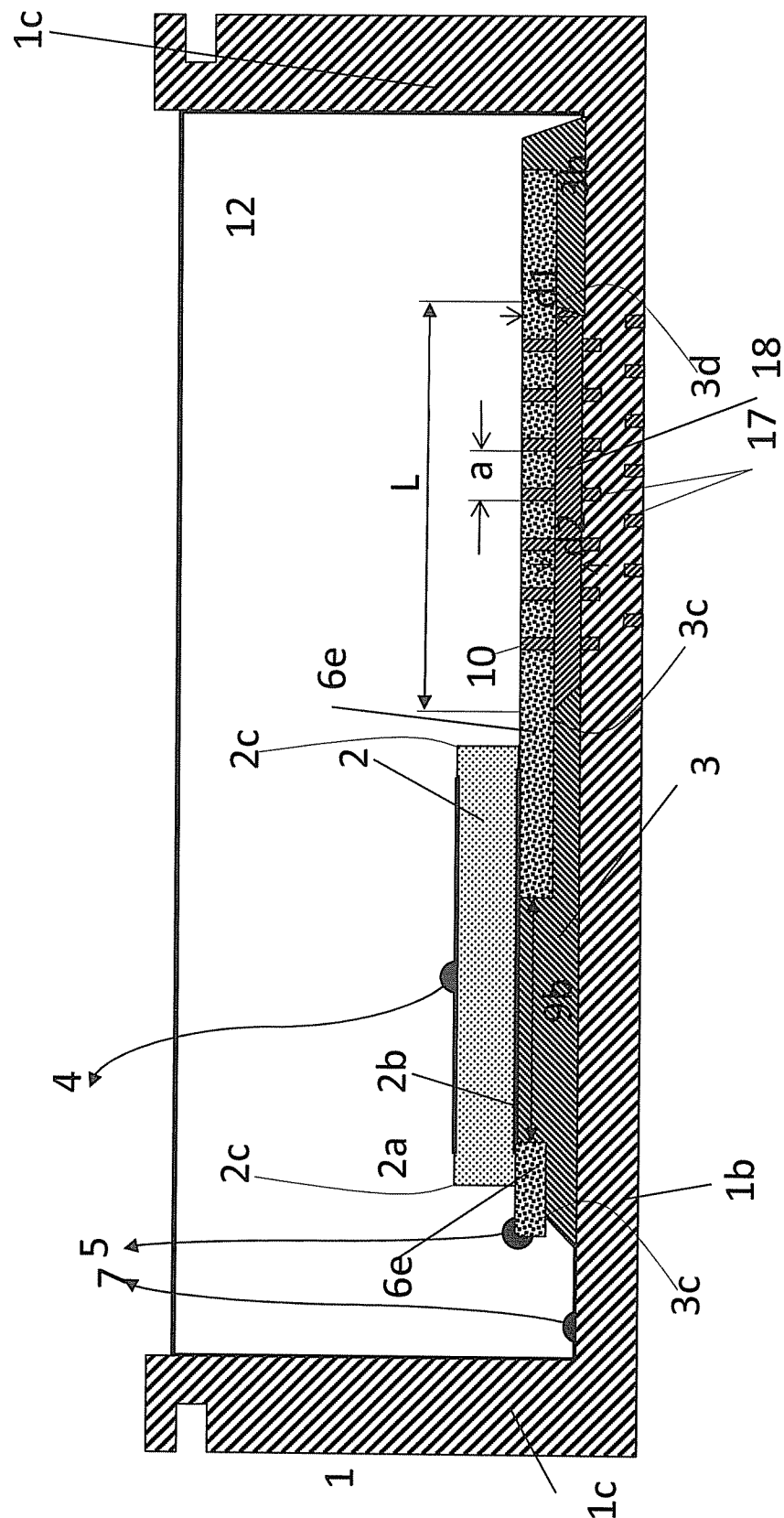


Fig. 24

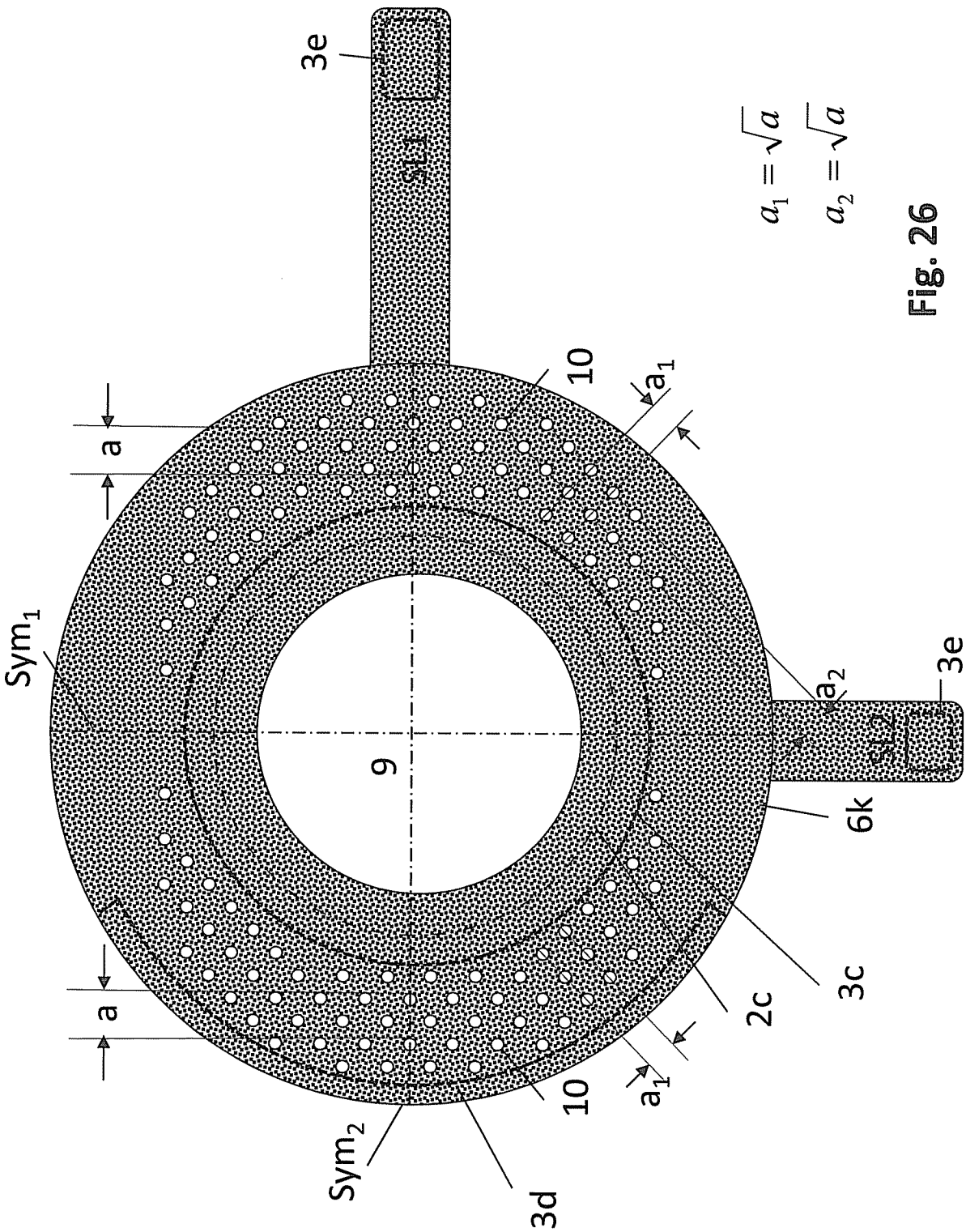


Fig. 26