

(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
3. Januar 2014 (03.01.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/000967 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G10K 9/122 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/060198

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Mai 2013 (16.05.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 211 011.9 27. Juni 2012 (27.06.2012) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **BARTYLLA, David**; Schmalzstrasse 2/1,
71229 Leonberg (DE). **KAISER, Frieder**; Markgräferstr.
20, 76133 Karlsruhe (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, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

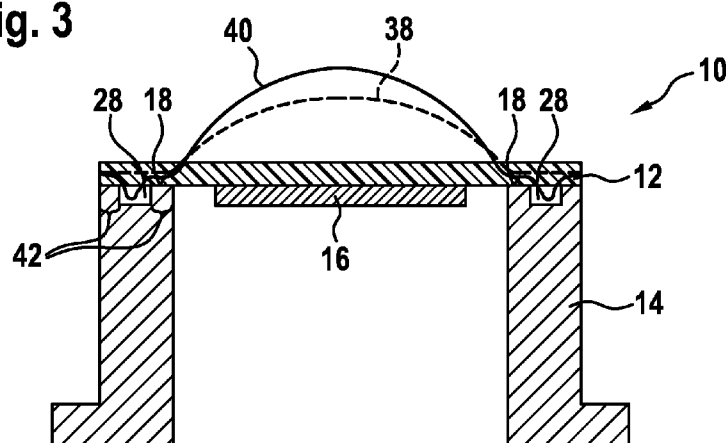
Veröffentlicht:

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

(54) Title: ACOUSTIC SENSOR WITH A DIAPHRAGM MADE OF A COMPOSITE FIBRE MATERIAL

(54) Bezeichnung : AKUSTISCHER SENSOR MIT EINER MEMBRAN AUS EINEM FASERVERBUNDWERKSTOFF

Fig. 3



(57) Abstract: The invention relates to an acoustic sensor (10) comprising a diaphragm (12) which can oscillate and which has a converter element (16) and comprising a sensor housing (14), wherein the diaphragm (12) is fabricated from a composite fibre material and is connected as a separate component to the sensor housing (14). The invention also relates to a use of the acoustic sensor (10) and to a method for manufacturing same.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen akustischen Sensor (10) umfassend eine schwingfähige Membran (12) mit einem Wanderelement (16) und ein Sensorgehäuse (14), wobei die Membran (12) aus einem Faserverbundwerkstoff gefertigt ist und als separate Komponente mit dem Sensorgehäuse (14) verbunden ist. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Verwendung des akustischen Sensors (10) sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.



WO 2014/000967 A2

Beschreibung

5 Titel

Akustischer Sensor mit einer Membran aus einem Faserverbundwerkstoff

Stand der Technik

10 Die Erfindung betrifft einen akustischen Sensor umfassend ein Sensorgehäuse und eine schwingfähige Membran mit Piezoaktor. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Verwendung eines derartigen Sensors sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Im Allgemeinen transformieren akustische Sensoren akustische Signale beziehungsweise
15 die dadurch hervorgerufenen Schallwechseldrücke in elektrische Signale, insbesondere elektrische Spannungen. In diesem Fall dient der akustische Sensor als Empfänger. Umgekehrt kann ein akustischer Sensor auch als Sender fungieren, der elektrische Signale in akustische Signale umwandelt. Zum Empfang von akustischen Signalen aus einem Raum oder zum Senden von akustischen Signalen in einen Raum, wird typischerweise eine
20 Kombination aus einer schwingfähigen Membran in Verbindung mit einem Piezoaktor eingesetzt, um eine elektromechanische Wechselwirkung herbeizuführen. Die Funktionsweise derartiger Sensoren beruht dabei auf dem direkten Zusammenhang zwischen der elastischen Verformung der Membran und der daraus resultierenden elektrischen Spannung in einem piezoelektrischen Material (Piezoeffekt).

25 In der Automobilindustrie werden akustische Sensoren dieser Art, insbesondere Ultraschallsensoren, als Abstandssensoren eingesetzt, um zum Beispiel Abstandsmessungen innerhalb eines Fahrassistenzsystems durchzuführen. Dazu wird ein Ultraschallsensor als Sender angesteuert, einen Ultraschallimpuls auszusenden, und einen
30 reflektierten Ultraschallimpuls durch einen als Empfänger fungierenden Ultraschallsensor zu detektieren. Hierbei können Ultraschallsensoren unterschiedlicher Ausgestaltung eingesetzt werden.

Aus DE 10 2010 044 995 A1 ist ein Ultraschallwandler für eine Fahrassistenzeinrichtung
35 bekannt, der zweiteilig in der Form eines Wandlertopfes ausgestaltet ist. Dabei weist die

Membran einen Boden aus einem ersten Material auf, der mit einem Hohlkörper aus einem zum ersten Material unterschiedlichen zweiten Material ausgebildet ist. Weiterhin wird die Membran aus einem metallischen Material durch eine Klebestelle mit dem Hohlkörper aus einem nicht-metallischen Material verbunden.

5

Aus DE 10 2008 040 905 A1 ist ein Ultraschallsensor mit einem Gehäuse bekannt, der einteilig als Topfwandler ausgestaltet ist. Hier umfasst der Ultraschallsensor eine Bodenfläche und eine diese ringförmig umgebende Seitenwand aus einem metallischen Werkstoff. Eine weitere Ausführungsform eines Ultraschallwandlers in Form eines

10 Topfwandlers ist aus EP 0 308 931 A1 bekannt. Dabei bildet die Membran den Boden des einteilig ausgeführten topfförmigen Wandlers und umfasst einen Faserverbundwerkstoff, an den weitere Bestandteile, wie eine Polyimidschicht in Verbindung mit einer Piezokeramik, angrenzen.

15 Akustische Sensoren der vorstehend beschriebenen Art sind dahingehend in ihrer Funktionsweise limitiert, dass für die Abstandsmessung nur eine geringe Bandbreite an Signalfrequenzen genutzt werden kann. Zusätzlich sind die Abschwingzeiten lang und limitieren die realisierbare Abtastfrequenz.

20 Für Anwendungen, wie die Umfelderkennung im Rahmen eines Fahrerassistenzsystems, werden jedoch hohe Anforderungen an die akustischen Sensor gestellt. Beispielsweise sollen sich die Sensoren und die zugehörigen Messparameter an das sich während der Fahrt ändernde Umfeld optimal anpassen können. Dadurch könnten je nach Situation etwa die Abtastrate und damit auch die Genauigkeit des Systems erhöht werden. Ein Problem stellt sich zum Beispiel bei bewegten Objekten, die bei der Reflektion die Frequenz verschieben. Ist ein Sensor schmalbandig, so kann das Echosignal mit der verschobenen Frequenz nicht
25 mehr ausreichend empfangen werden. Daher besteht ein anhaltendes Interesse daran, Sensoren so auszugestalten, dass auch über einen breiten Parameterbereich ein zuverlässiger Messbetrieb möglich ist.

30

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird ein akustischer Sensor, insbesondere ein Ultraschallsensor, vorgeschlagen, der ein Sensorgehäuse und eine schwingfähige Membran mit einem

35 Wandlerelement, insbesondere einem Piezoaktor, umfasst, wobei die Membran aus einem

Faserverbundwerkstoff gefertigt ist und als separate Komponente mit dem Sensorgehäuse verbunden ist.

Das Sensorgehäuse des erfindungsgemäßen akustischen Sensors kann aus einem
5 zumindest einseitig offenen Hohlkörper gebildet sein. Hierbei ist die schwingfähige Membran an der offenen Stirnseite des Hohlkörpers vorgesehen. Damit bildet die Membran den Boden des Sensorgehäuses, und der akustische Sensor ist als akustischer Topfwandler ausgebildet. Bevorzugt ist der Hohlkörper beidseitig offen ausgestaltet, um gegebenenfalls Mittel zum Betreiben des Sensors, insbesondere Steuerungs- und Regelungselektronik, über
10 die der Membran gegenüberliegenden Stirnseite anzubinden.

Die Seitenwand des Sensorgehäuses beziehungsweise des Hohlkörpers weist in einer zur Membran parallelen Ebene ein Profil auf, das eckig, rund oder elliptisch ausgestaltet sein kann. Weiterhin kann die Seitenwand mit einer konstanten Wanddicke oder einer
15 stufenweisen Innenkontur ausgeführt sein, wobei die stufenweise Innenkontur entlang des vollen Umfangs oder abschnittsweise am Umfang der Seitenwand ausgebildet ist. Stufenweise bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Seitenwand mindestens zwei Abschnitte unterschiedlicher Wanddicke umfasst. Beispielsweise kann ein unterer Seitenwandabschnitt, der an die Membran angrenzt, eine größere Wanddicke aufweisen als
20 ein oberer Seitenwandabschnitt. Dabei kann sich der obere Seitenwandabschnitt über mehr als 10 % und insbesondere weniger als 90% erstrecken. Weiterhin kann zwischen den Seitenwandabschnitten mindestens ein geneigter Abschnitt ausgebildet sein, der insbesondere um etwa 45° zur Seitenwand geneigt ist.

25 Als Materialien für das Sensorgehäuse beziehungsweise den Hohlkörper eignen insbesondere Aluminium, Keramik, Kunststoff oder Stahl. Weiterhin kann das Material des Sensorgehäuses dem der Membran entsprechen und ebenfalls einen Faserverbundwerkstoff umfassen. Dabei können Membran und Sensorgehäuse den gleichen oder unterschiedliche Faserverbundwerkstoffe umfassen. Bevorzugt wird das Sensorgehäuse beziehungsweise
30 der Hohlkörper aus Aluminium oder Keramik gefertigt.

In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Sensorgehäuse mindestens eine Auflagefläche für die Membran, in der mindestens ein Richtelement ausgebildet ist. Die Auflagefläche bezeichnet hierbei die stirnseitig am Hohlkörper angeordnete Fläche, mit der
35 die Membran des akustischen Sensors verbunden ist. Die Richtelemente in der

Auflagefläche sind dabei so ausgestaltet, dass die Richtcharakteristik des akustischen Sensors beeinflusst wird. Als Richtcharakteristik wird in der Akustik typischerweise die Winkelabhängigkeit der Stärke empfangener oder gesendeter Wellen bezeichnet, wobei die Stärke auf die Empfindlichkeit beziehungsweise auf die Intensität in Hauptrichtung, also die Membrannormale, bezogen ist. Neben den Richtelementen ist die Richtcharakteristik auch durch die Form der schwingfähigen Membran und deren Ausgestaltung bestimmt.

Bevorzugt sind die Richtelemente durch mindestens eine Aussparung innerhalb der Auflagefläche ausgebildet. Die Richtelemente können dabei Aussparungen mit unterschiedlichen Abmessungen umfassen, die zum Beispiel durch Sputtern, Ätzen, Fräsen oder durch Einbringen von Kerben mit speziellen Formen, beispielsweise V-förmig oder U-förmig, in die Auflagefläche eingebracht werden. Beispielsweise können die Aussparungen abschnittsweise oder umlaufend in der Auflagefläche verlaufen. Weiterhin können die Aussparungen unterschiedliche Tiefen und Breiten aufweisen. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird genau eine Aussparung umlaufend und mittig innerhalb der Auflagefläche vorgesehen. Die explizite Ausführung der Richtelemente kann jedoch verschiedene Formen annehmen, die die Richtcharakteristik jeweils unterschiedlich beeinflussen. Die Richtelemente führen dabei zu einer Veränderung der Schwingform, wobei sich insbesondere die Membran weiter auslenken kann. So ist es möglich, die Richtelemente an die zu verwirklichende Richtcharakteristik anzupassen.

Im Rahmen der Erfindung ist die Membran aus einem Faserverbundwerkstoff gefertigt und als separate Komponente mit dem Sensorgehäuse verbunden. Die Membran ist dabei als flexible Membran mit einer Dicke von einigen μm bis einige hundert μm ausgestaltet und zur elektromechanischen Energieumwandlung mit einem Wanderelement, etwa einem Piezoaktor, verbunden. Bevorzugt ist die Membran aus einem anderen Material als das Sensorgehäuse gefertigt. Die Membran ist somit als eigenes Teil gefertigt und bildet in Verbindung mit etwa einer offenen Stirnseite des Sensorgehäuses den akustischen Sensor. Typischerweise kann die Membran auf das Sensorgehäuse stoffschlüssig durch Aufkleben, Klemmen oder Anschweißen befestigt sein.

Der Faserverbundwerkstoff umfasst typischerweise mindestens ein Matrixmaterial mit eingebetteten Fasern. Als Fasern eignen sich unter anderem synthetische Fasern, wie Polyethylen-Fasern, Glasfasern, Kohlenstofffasern, Keramikfasern, Aramidfasern, Mineralfasern, etwa Basaltfasern oder beliebige Kombination einer oder mehrerer dieser

Fasern. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst der Faserverbundwerkstoff der Membran einen kohlenstofffaserverstärktes Material aus einem Matrixmaterial mit eingebetteten Kohlenstofffasern.

- 5 Das Matrixmaterial kann aus einer Keramik oder mindestens einem Kunststoff hergestellt sein, wobei der Kunststoff ein oder mehrere Komponenten ausgewählt aus der Gruppe aus Polyamid (PA), Polyimid (PI), Polypropylen (PP), thermoplastisches Polyurethan (TPU), Polyphenylsulfid (PPS), Polyethylenterephthalat (PET), biaxial orientiertes PET, Polysulfon (PSu), Polyacrylnitril, ein per- oder teilfluoriertes Polymer, ein teilkristallines Polymer,
- 10 beispielsweise Polyvinylfluorid (PVF) oder ein Copolymer von Vinylfluorid mit Tetrafluorethylen oder Trifluorethylen, Epoxidharz (EP), Phenolharz, Polyesterharz oder Vinylesterharz umfasst. In einer bevorzugten Ausführungsform wird Epoxidharz als Matrixmaterial gewählt.
- 15 Alternative Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Sensors können auch mehrschichtige Verbundwerkstoffe umfassen, die zusätzlich mindestens eine metallische Schicht aufweisen können. Die Wahl des Faserverbundwerkstoffes hängt dabei im Wesentlichen von dem Kennwert ρ^3/E ab, wobei ρ die Dichte und E den Elastizitätsmodul der Membran darstellen. Bevorzugt liegt die Dichte des Faserverbundwerkstoffes zwischen 0,3
- 20 und 10 g/cm³, besonders bevorzugt zwischen 0,5 und 5 g/cm³, ganz besonders bevorzugt zwischen 1 und 3 g/cm³. So ist etwa die Dichte von einem kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoff mit etwa 1,5 g/cm³ geringer als etwa die von Aluminium mit etwa 2,7 g/cm³. Bevorzugt liegt der Elastizitätsmodul des Faserverbundwerkstoffes zwischen 0,1 und 10.000 GPa, besonders bevorzugt zwischen 1 und 1000 GPa, ganz besonders bevorzugt
- 25 zwischen 10 und 100 GPa. Ist der Elastizitätsmodul wie im Fall der vorstehend genannten Beispiele vergleichbar, ergibt sich somit ein kleinerer Kennwert für den Faserverbundwerkstoff, und es resultiert eine größere Bandbreite für den akustischen Sensor. Mit dem Kennwert von Aluminium als Richtwert liegt der Kennwert des Faserverbundwerkstoffes vorzugsweise zwischen 0,1 bis 0,95 mal dem Kennwert von
- 30 Aluminium. Bevorzugt beträgt der Kennwert des Faserverbundwerkstoffes weniger als 0,8 mal dem Kennwert von Aluminium, besonders bevorzugt weniger als 0,6 mal dem Kennwert von Aluminium. Im oben genannten Beispiel beträgt der Kennwert eines kohlenstofffaserverstärkten Verbundwerkstoffes ungefähr 0,55.

Die Fasern, insbesondere die Kohlenstofffasern, können als Kurzfasern mit einer Länge von 0,1 bis 1 mm, Langfasern mit einer Länge von 1 mm bis 50 mm und/oder Endlosfasern ausgebildet sein. Die Fasern können ungeordnet, multidirektional, bidirektional oder unidirektional in dem Matrixmaterial angeordnet sein. Dabei bezeichnet multidirektional einen Faserverlauf in mindestens drei unterschiedlichen Richtungen, bevorzugt 0° bzw. 90° und 45° bezogen auf eine Referenzlinie in der Membranebene. Ein bidirektionaler Faserverlauf zeichnet sich dadurch aus, dass die Fasern in zwei Richtungen, vorzugsweise im Winkel von 0° und 90° bezogen auf eine Referenzlinie in der Membranebene verlaufen. Eine unidirektionale Anordnung liegt vor, wenn die Fasern nur in einer Richtung in der Membranebene verlaufen. Bei typischen Faserverbundwerkstoffen sind die Fasern im Wesentlichen in einer Ebene angeordnet, wobei diese üblicherweise der Membranebene entspricht.

Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Herstellung eines akustischen Sensors wie vorstehend beschrieben vorgeschlagen, das folgende Schritte umfasst:

- a) Bereitstellen einer Membran aus einem Faserverbundwerkstoff, die mit einem Wandlerelement verbindbar ist,
- b) Bereitstellen eines Sensorgehäuses, und
- c) Verbinden der Membran mit dem Sensorgehäuse.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird eine Membran bereitgestellt, die einen kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff aus einem Matrixmaterial mit eingebetteten Kohlenstofffasern umfasst. Dieser kann wie vorstehend beschrieben ausgebildet sein.

Das bereitgestellte Sensorgehäuse kann aus einem Metall, wie Aluminium oder Stahl, Keramik oder Kunststoff gefertigt werden. Alternativ kann das Material des Sensorgehäuses dem der Membran entsprechen und ebenfalls einen Faserverbundwerkstoff umfassen. Dabei können Membran und Sensorgehäuse den gleichen oder unterschiedliche Faserverbundwerkstoffe umfassen. Weiterhin ist das Sensorgehäuse aus einem zumindest einseitig offenstehenden Hohlkörper gebildet, mit dem die Membran verbunden werden

kann. Bevorzugt kann die Membran durch Kleben, Klemmen oder Schweißen mit dem Sensorgehäuse verbunden werden.

In einer weiteren Ausführungsform umfasst das bereitgestellte Sensorgehäuse in der Auflagefläche Richtelemente, die die Richtcharakteristik des Sensors beeinflussen. Diese Elemente können wie vorstehend beschrieben ausgestaltet sein. So können Aussparungen in der Auflagefläche des Sensorgehäuses vorgesehen werden, die beispielsweise durch Kerben, Ätzen oder schon bei der Herstellung des Sensorgehäuses mit einer entsprechenden Form eingebracht werden können.

Weiterer Gegenstand der Erfindung ist die Verwendung des vorstehend beschriebenen akustischen Sensors zur Umfelderkennung und insbesondere zu Abstandsmessung in einem Fahrassistenzsystem.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung ermöglicht es, einen akustischen Sensor bereitzustellen, der einfach herzustellen ist und in unterschiedlichen Anwendungen über einen breiten Parameterbereich, insbesondere über eine größere Bandbreite, betrieben werden kann. So werden die Membran und das Sensorgehäuse als separate Teile gefertigt. Dadurch können beide Einzelteile, also Membran und Sensorgehäuse, jeweils so ausgeführt werden, dass der akustische Sensor für die vorgesehene Anwendung einen optimalen Betriebsbereich aufweist. Gleichzeitig können die Herstellungs- und Materialkosten gering gehalten werden, da die zweiteilige Ausführung des akustischen Sensors zum einen einfach zu realisieren ist und zum anderen die nötige konstruktive Flexibilität auch innerhalb des Herstellungsprozesses liefert.

So kann insbesondere die Membran aus einem Faserverbundwerkstoff gefertigt sein, wobei Faserverbundwerkstoffe in unterschiedlichen Ausführungen vorliegen können, die sich ebenfalls auf das Sendespektrum des erfindungsgemäßen Sensors auswirken. Insbesondere wirkt sich dies gegenüber metallischen Membranen positiv auf die Bandbreite und die Abschwingzeiten des akustischen Sensors aus.

So weisen Faserverbundwerkstoffe zum einen eine geringe Steifigkeit und zum anderen eine geringe Masse auf. Dies führt dazu, dass die Bandbreite des akustischen Sensors erhöht

wird. Hierbei beschreibt die Steifigkeit den Widerstand der Membran gegen Verformungen. Diese hängt sowohl von dem Werkstoff als auch der Geometrie und der Belastungsart, zum Beispiel Biege-, Dehn- oder Torsionssteifigkeit, ab. Durch die Reduktion der schwingenden Masse muss beim Abschwingen weniger kinetische Energie vernichtet werden und das System schwingt schneller aus. Damit kann zum Beispiel bei der Abstandsmessung der messbare Mindestabstand des akustischen Sensors reduziert werden. Somit verfügen akustische Sensoren mit einer Membran aus Faserverbundwerkstoff gegenüber metallischen Systemen über eine größere Bandbreiten und kürzere Abschwingzeiten.

Weiterhin können durch die vielfältigen Variationen in der Ausgestaltung des Faserverbundwerkstoffes zusätzliche Parameter, wie etwa die Richtcharakteristik des akustischen Sensors, verbessert werden. So können neben dem verwendeten Matrixmaterial auch die Anordnung der Fasern und deren Ausgestaltung einen Einfluss auf das Sendespektrum des akustischen Sensors haben. Unter anderem kann etwa die Richtcharakteristik des akustischen Sensors an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Diese Wirkung wird maßgeblich durch die Anisotropie der Fasern erreicht, wobei die Membran längs der einzelnen Fasern steifer ist. Quer zu den einzelnen Fasern ergibt sich dagegen eine ähnliche Zug- und/oder Druckfestigkeit wie die der weiteren Komponenten der Membran.

Durch die Verwendung eines Faserverbundwerkstoffes wird somit eine weitere konstruktive Komponente bereitgestellt, über deren Eigenschaften der akustische Sensor optimal an die gewünschte Anwendung, etwa zur Abstandsmessung in einem Fahrassistenzsystem, angepasst werden kann.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Gestaltung des Sensorgehäuses. Insbesondere ermöglicht die separate Fertigung des Sensorgehäuses ohne Membran, dass das Sensorgehäuse aus günstigeren Materialien hergestellt werden kann, die zusätzlich einfach zu verarbeiten sind. Durch die zweiteilige Ausführung des Sensorgehäuses und der Membran sowie deren Materialwahl kann weiterhin die Lage der Nebenmoden günstig beeinflusst werden. Auch das Vorsehen von zusätzlichen Elementen in dem Sensorgehäuse kann das Sendespektrum des akustischen Sensors beeinflussen. So kann durch Richtelemente in der Auflagefläche des Sensorgehäuses die Richtcharakteristik des Sensors angepasst werden. Eine stufenweise Ausführung des Sensorgehäuses erlaubt es weiterhin, ungewollte Nebenmoden zu unterdrücken.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

10

Figur 1 eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen akustischen Sensors mit einer separat gefertigten Membran aus Faserverbundwerkstoff;

15

Figur 2 ein Spektrum des akustischen Sensors gemäß Figur 1 im Vergleich mit dem Spektrum eines akustischen Sensors mit einer Aluminiummembran;

Figur 3 eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Sensors mit zusätzlichen Elementen in den Auflageflächen des Sensorgehäuses;

20

Figur 4 ein Flussdiagramm, das den Ablauf des Verfahrens zur Herstellung des erfindungsgemäßen Sensors illustriert.

Ausführungsformen der Erfindung

25

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau eines akustischen Sensors 10, der als Topfwandler ausgestaltet ist. Dieser umfasste eine Membran 12, die aus einem Faserverbundwerkstoff, etwa einem kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff, gefertigt ist. Die Membran 12 ist mit einem Piezoaktor 16 verbunden, der als Wandlerelement die elektromechanische Wechselwirkung des akustischen Sensors 10 überträgt. Weiterhin ist der Piezoaktor 16 über die Öffnung 13 mit elektronischen Regelungs- und Steuerungselementen verbunden, die in Figur 1 nicht dargestellt sind.

30

Zur Ausbildung des Topfwandlers 10 ist das Sensorgehäuse 14 als Hohlkörper geformt, der an beiden Stirnseiten 13, 15 offen ist. Eine Stirnseite 15 des Hohlkörpers 14 ist dabei mit der Membran 12 verbunden. Beispielsweise kann die Membran 12 an der Auflagefläche 18 des

35

Sensorgehäuses beziehungsweise des Hohlkörpers 14 angeklebt sein. Weiterhin umfasst die umlaufende Seitenwand 17 des Sensorgehäuses 14 zwei Wandabschnitte 20, 22, die eine stufenweise Innenkontur aufweisen. Die Innenkontur ist dabei abschnittsweise am Umfang der Seitenwand 17 ausgeführt. Dadurch wird die Schwingungscharakteristik des akustischen Sensors 10 beeinflusst, indem insbesondere Nebenmoden stärker gedämpft werden. Dies ermöglicht insbesondere bei der Abstandsmessung in einem Fahrassistenzsystem eine verbesserte Nahmessfähigkeit.

Eine weitere Möglichkeit das Sendespektrum des akustischen Sensors 10 zu beeinflussen, wird durch zusätzliche Richtelemente 28 bereitgestellt, die im Sensorgehäuse 14 vorgesehen sind. In der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform ist eine Aussparung 28 in der Auflagefläche 18 vorgesehen, die mittig in die Auflagefläche 18 des Sensorgehäuses 14 eingebracht ist. Die Membran 12 ist damit nicht über die vollständige Fläche mit der Auflagefläche 18 verbunden, sondern lediglich mit dem nicht ausgesparten Teil. Dadurch ist die Membran 12 auch im Bereich der Auflagefläche 18 schwingungsfähig, wodurch die Schwingform der Membran verändert wird und sich diese weiter auslenken kann.

Figur 2 zeigt eine graphische Darstellung, die das Verhalten der maximalen Geschwindigkeit 30 der Membranmitte in Abhängigkeit von der Frequenz 32 verdeutlicht. Dabei ist die maximale Geschwindigkeit 30 der Membranmitte in mm/s und die Frequenz 32 in Hz angegeben. Die durchgezogene Linie zeigt den Verlauf der maximalen Geschwindigkeit 30 der Membranmitte für eine Aluminiummembran. Diese weist eine 6 dB-Bandbreite von etwa 7 kHz auf.

Im Vergleich dazu zeigt die gestrichelte Linie den Verlauf der maximalen Geschwindigkeit 30 der Membranmitte für eine kohlenstoffaserverstärkte Membran 12. In diesem Fall ergibt sich die 6 dB-Bandbreite zu 10 kHz und ist damit größer als die Bandbreite für eine Aluminiummembran. Demzufolge ergibt sich für den akustischen Sensor 10 mit kohlenstoffaserverstärkter Membran 12 aufgrund der geringeren Steifigkeit und der geringeren Masse eine größere Bandbreite als für einen Sensor mit Aluminiummembran. Gleichzeitig reduziert sich durch die geringere Masse die kinetische Energie, die beim Abschwngen dissipiert werden muss, was wiederum in einer verringerten Abschwingzeit resultiert.

Die Wahl des Faserverbundwerkstoffes hängt hierbei im Wesentlichen von dem Kennwert ρ^3/E ab, wobei ρ die Dichte und E den Elastizitätsmodul der Membran darstellen. Im gezeigten Beispiel ist die Dichte des kohlenstofffaserverstärkten Werkstoffes mit etwa 1,5 g/cm³ geringer als die von Aluminium mit etwa 2,7 g/cm³. Der Elastizitätsmodul dieser beiden Werkstoffe ist hingegen vergleichbar. Dies führt dazu, dass eine Membran aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff um den Faktor 2 leichter ist, was zu einer Verbesserung der 6 dB-Bandbreite von etwa 7 kHz auf 10 kHz führt. In der Anwendung als Abstandssensor ist der erfindungsgemäße akustische Sensor somit flexibler einsetzbar, da zum einen das Frequenzband um die Eigenfrequenz breiter ist und zum anderen der messbare Mindestabstand reduziert ist.

In Figur 3 ist schematisch eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen akustischen Sensors 10 dargestellt. Auch hier ist die Membran 12 aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff gefertigt und als separates Teil auf dem Sensorgehäuse 14 angebracht. Das Sensorgehäuse 14 umfasst im Unterschied zu dem in Figur 1 gezeigten akustischen Sensor 10 keine stufenweise Innenkontur und ist mit einem konstanten Profil ausgestattet. Weiterhin ist die Membran 12 mit einem Piezoaktor 16 verbunden, der Schallenergie in elektrische Signale und umgekehrt elektrische Signale in Schallenergie umwandelt.

Das Sensorgehäuse 14 weist zusätzlich Elemente 28 auf, die die Richtcharakteristik des akustischen Sensors 10 beeinflussen. So ist in der Auflagefläche 18 eine Aussparung 28 vorgesehen, die mittig in die Auflagefläche 18 des Sensorgehäuses 14 eingebracht ist. Die Membran 12 ist damit nicht über die vollständige Fläche mit der Auflagefläche 18 verbunden, sondern lediglich mit dem nicht ausgesparten Teil.

In Figur 3 ist weiterhin beispielhaft die Auslenkung 38, 40 der Membran 12 ohne Aussparung 28 bzw. mit Aussparung 28 dargestellt. Ist keine Aussparung 28 in dem Sensorgehäuse 14 vorgesehen ist, ist die Membran 12 über die volle Auflagefläche 18 mit dem Sensorgehäuse 14 verbunden. Beim Auslenken der Membran 12 sind diese Bereiche daher fixiert und die Auslenkung gehemmt. Im Gegensatz dazu ermöglicht die Aussparung 28 in der Auflagefläche 18 des Sensorgehäuses 14, dass die Membran 12 auch im Bereich 42, in dem sie mit dem Sensorgehäuse 14 verbunden ist, beweglich bleibt. Dies wirkt sich auf die Auslenkung der Membran 12 so aus, dass eine größere Flexibilität an den Rändern der

Membran 12 gegeben ist und damit Spannungen mit den Verbindungsstellen 42 am Gehäuse 14 vermieden werden können.

- Figur 4 illustriert in Form eines Flussdiagramms 100 eine Variante zum Herstellen des
- 5 erfindungsgemäß vorgeschlagenen akustischen Sensors 10. Dazu wird in Schritt 102 eine Membran 12 bereitgestellt, die aus einem Faserverbundwerkstoff separat gefertigt ist und mit einem Wandlerelement 16, etwa einem Piezoaktor verbindbar ist. In Schritt 102 wird ein Sensorgehäuse 14 bereitgestellt. Dieses kann weitere Elemente umfassen, wie etwa eine umlaufende Aussparung in der Auflagefläche 18 oder eine stufenweise Innenkontur in den
- 10 Wandabschnitten 20, 22, die mit üblichen Bearbeitungsverfahren ausgebildet werden können. Anschließend werden das Sensorgehäuse 14 und die Membran 12 in Schritt 106 durch beispielsweise Verkleben oder Verschweißen stoffschlüssig miteinander verbunden werden.
- 15 Der erfindungsgemäße Sensor stellt durch die separat gefertigter Membran 12 aus einem Faserverbundwerkstoff, insbesondere einem kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff, eine verbesserte Sende- und Empfangscharakteristik bereit. So ergibt sich zum einen aus den Variationsmöglichkeiten für den Faserverbundwerkstoff eine große Flexibilität in Fertigung der Membran 12. Dies wird zusätzlich dadurch vereinfacht, dass das Sensorgehäuse 14 und
- 20 die Membran 12 als separate Teile gefertigt werden und anschließend miteinander verbunden werden. Auch die Ausgestaltung des Sensorgehäuses 14 ermöglicht eine einfache und kostengünstige Herstellung. Letztlich kann auch die Ausführung des Sensorgehäuses 14, insbesondere mit einer Aussparung 28, vorteilhaft auf die Richtcharakteristik des akustischen Sensors 10 auswirken.
- 25

Ansprüche

- 5 1. Akustischer Sensor (10) umfassend eine schwingfähige Membran (12) mit einem Wandlerelement (16) und ein Sensorgehäuse (14), dadurch gekennzeichnet, dass die Membran (12) aus einem Faserverbundwerkstoff gefertigt ist und als separate Komponente mit dem Sensorgehäuse (14) verbunden ist.
- 10 2. Akustischer Sensor (10) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der akustische Sensor (10) als Topfwandler ausgebildet ist.
3. Akustischer Sensor (10) gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorgehäuse (14) aus Metall, Kunststoff oder Keramik
15 gefertigt ist.
4. Akustischer Sensor (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorgehäuse (14) mindestens eine Auflagefläche (18) für die Membran (12) umfasst, in der mindestens ein Richtelement (28) ausgebildet ist.
20
5. Akustischer Sensor (10) gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Richtelement (28) durch mindestens eine Aussparung (28) innerhalb der Auflagefläche (26) gebildet ist.
- 25 6. Akustischer Sensor (10) gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Aussparung (28) mittig innerhalb der Auflagefläche (18) vorgesehen ist.
7. Akustischer Sensor (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Faserverbundwerkstoff einen kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff aus einem
30 Matrixmaterial mit eingebetteten Kohlenstofffasern umfasst.
8. Akustischer Sensor (10) gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kohlenstofffasern ungeordnet, multidirektional, bidirektional oder unidirektional angeordnet sind.
35

9. Akustischer Sensor (10) gemäß einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Matrixmaterial mindestens einen Kunststoff ausgewählt aus der Gruppe aus Polyamid (PA), Polyimid (PI), Polypropylen (PP), thermoplastisches Polyurethan (TPU), Polyphenylensulfid (PPS), Polyethylenterephthalat (PET), Polysulfon (PSu), Polyacrylnitril, ein per- oder teilfluoriertes Polymer oder ein Copolymer von Vinylfluorid mit Tetrafluorethylen oder Trifluorethylen, Epoxidharz (EP), Phenolharz, Polyesterharz oder Vinylesterharz umfasst.
10. Verwendung des akustischen Sensors (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 zur Umfelderkennung in einem Fahrerassistenzsystem.
11. Verfahren zur Herstellung eines akustischen Sensors (10) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 umfassend folgende Schritte:
- a) Bereitstellen (100) einer Membran (12) aus einem Faserverbundwerkstoff, die mit einem Wandlerelement (16) verbindbar ist;
- b) Bereitstellen eines Sensorgehäuses (14); und
- c) Verbinden der Membran (12) mit dem Sensorgehäuse (14).

1 / 2

Fig. 1

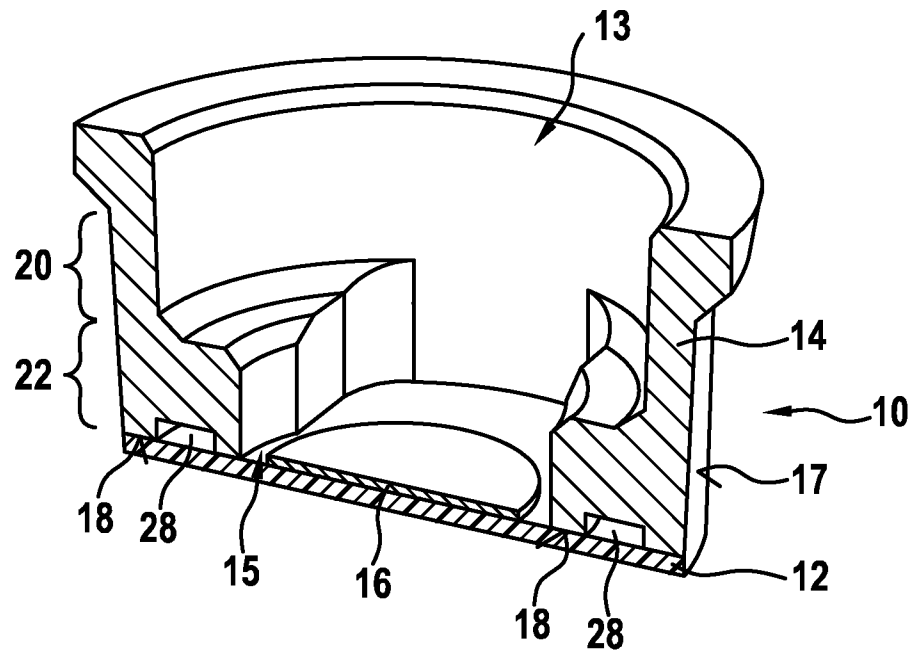
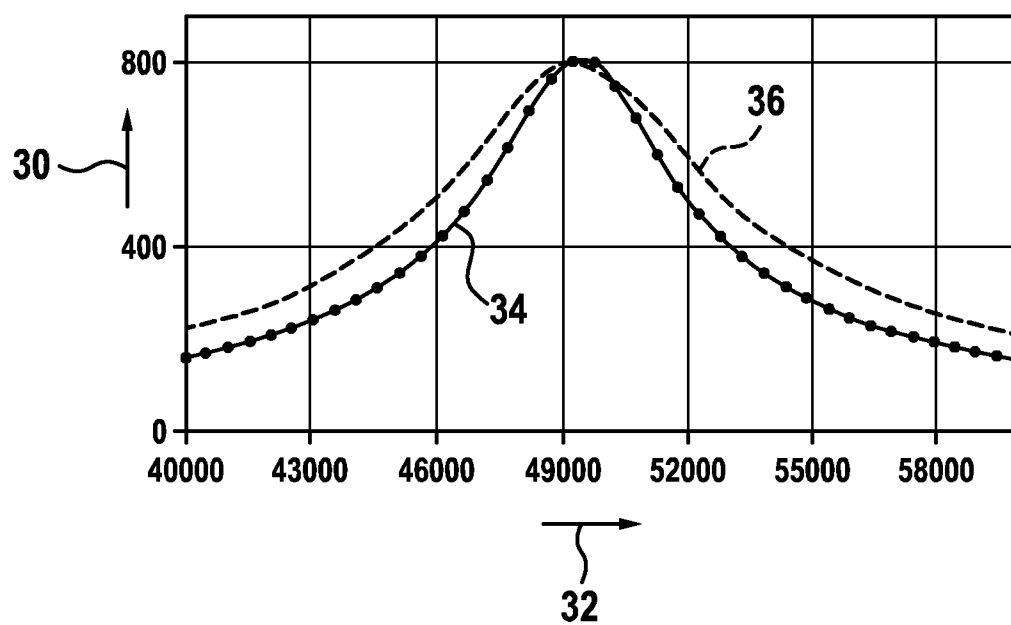


Fig. 2



2 / 2

Fig. 3

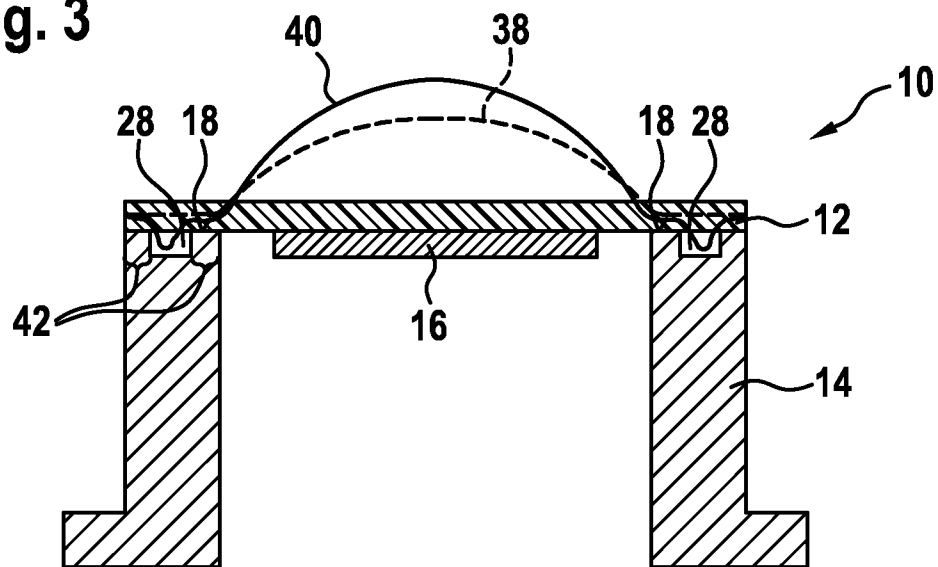


Fig. 4

