

(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
18. Juli 2024 (18.07.2024)



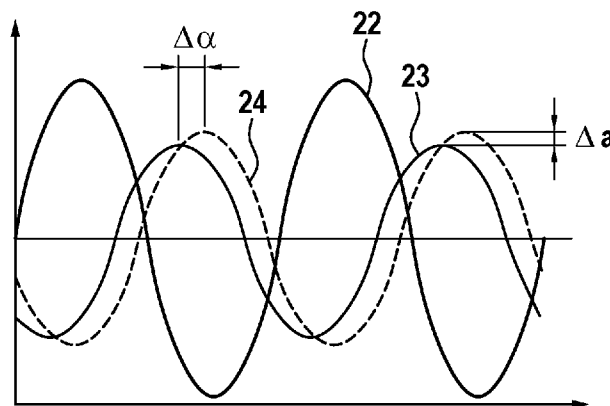
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/149643 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: *G01S 7/52* (2006.01) *G01S 15/931* (2020.01)
- (72) Erfinder: **BOECKER, Matthias**; Unterer Jennerweg 43, 66113 Saarbrücken (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/050058
- (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (22) Internationales Anmeldedatum: 03. Januar 2024 (03.01.2024)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2023 200 158.6
11. Januar 2023 (11.01.2023) DE
- (71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN ELECTROACOUSTIC CONVERTER DEVICE, AND SYSTEM FOR CARRYING OUT THE METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ELEKTROAKUSTISCHEN WANDLERVORRICHTUNG UND SYSTEM ZUM DURCHFÜHREN DES VERFAHRENS

Fig. 6



(57) Abstract: The invention relates to an electroacoustic converter device (1), having at least one first converter element (2) and a second converter element (3). Each of the converter elements (2, 3) is designed to generate acoustic signals by means of electric excitation and/or to detect acoustic signals by means of acoustic excitation. The first converter element (2) is excited by an electric excitation signal (22), and a first crosstalk signal (23) occurring as a result of an electric and/or mechanical coupling of the first and second converter element (2, 3) is detected on the second converter element (3) while the first converter element (2) is being excited. The second converter element (3) is excited by the electric excitation signal (22), and a second crosstalk signal (24) occurring as a result of the electric and/or mechanical coupling of the first and second converter element (2, 3) is detected on the first converter element (2) while the second converter element (3) is being excited. The phase displacement $\Delta\alpha$ between the first crosstalk signal (23) and the second crosstalk signal (24) is ascertained. The first converter element (2) is actuated using a first control signal, and the second converter element (3) is actuated using a second control signal. The first control signal and the second control signal have a phase offset which corresponds to the ascertained phase displacement $\Delta\alpha$.



WO 2024/149643 A1

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Eine elektroakustische Wandlervorrichtung (1) weist zumindest ein erstes Wandlerelement (2) und ein zweites Wandlerelement (3) auf. Die Wandlerelemente (2, 3) sind jeweils dazu ausgebildet, akustische Signale durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren. Das erste Wandlerelement (2) wird mittels eines elektrischen Erregersignals (22) angeregt. Ein infolge einer elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlerelements (2, 3) auftretendes erstes Übersprechsignal (23) wird am zweiten Wandlerelement (3) detektiert, während das erste Wandlerelement (2) angeregt wird. Das zweite Wandlerelement (3) wird mittels des elektrischen Erregersignals (22) angeregt. Ein infolge der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlerelements (2, 3) auftretendes zweites Übersprechsignal (24) wird am ersten Wandlerelement (2) detektiert, während das zweite Wandlerelement (3) angeregt wird. Es wird eine Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen dem ersten Übersprechsignal (23) und dem zweiten Übersprechsignal (24) ermittelt. Das erste Wandlerelement (2) wird mittels eines ersten Steuersignals und das zweite Wandlerelement (3) wird mittels eines zweiten Steuersignals angesteuert. Das erste Steuersignal und das zweite Steuersignal weisen einen der ermittelten Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ entsprechenden Phasenversatz auf.

5 Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung und System zum Durchführen des Verfahrens

10 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung und ein System zum Durchführen des Verfahrens.

Sensorbasierte Systeme, welche aus sogenannten Phased-Arrays aufgebaut sind, sind aus verschiedenen Anwendungsgebieten bekannt. So weisen beispielsweise Radarsysteme und Ultraschallsysteme in der medizinischen Diagnostik oder bei der Materialprüfung in vielen Fällen solche Arrays auf. Allen Phased-Array Sensor-Systemen ist gemeinsam, dass ein auf Wellenbasis bestehendes Erregersignal von einer Mehrzahl von Elementen ausgesendet wird und die an Objekten rückgestreuten Wellen wieder vom Sensor-System detektiert werden. In den meisten Fällen werden die Elemente sowohl zum Erregen als auch zum Detektieren verwendet. Aufgrund der Laufzeitunterschiede (ToF: Time of Flight) der rückgestreuten Wellen können Rückschlüsse auf die Entfernung der Objekte, an welchen die Wellen reflektiert wurden, gewonnen werden. Ein Vorteil von Array basierten Sensor-Systemen ist, dass die einzelnen Detektionselemente nicht gleichzeitig von den rückgestreuten Wellen getroffen werden, wie dies bei Einzelsensoren der Fall ist. Aus diesen Zeitunterschieden lassen sich weitere Informationen bezüglich der genauen Objektposition und Größe treffen (z.B. Objektklassifizierung).

30 Neben den Vorteilen von ToF-Messungen haben Array Systeme noch einen weiteren Vorteil einer veränderbaren Richtcharakteristik eines emittierten Strahls (beam steering), der sich durch Interferenz der jeweils von den Einzelelementen des Arrays emittierten Wellen ergibt. Die einzelnen Elemente des Arrays können phasenversetzt angesteuert werden, wodurch die Schallkeule in verschiedene Richtungen gelenkt bzw. geneigt werden kann. Bei auf Schall basierenden

35

Systemen hängt die Form der entstehenden Schallkeule stark von der Größe der Elemente ab, an welchen der Schall erzeugt wird. Bei Einzelsensoren sind die Wirkzusammenhänge so, dass mit kleiner werdender Emissionsfläche die Schallkeule immer größer wird, jedoch die Schallamplitude immer weiter abnimmt. Typische Abmessungen eines auf Schall, bzw. auf Ultraschall basierenden Schallwandlers liegen im Bereich von einigen mm bis cm, was der Größenordnung der verwendeten Wellenlänge entspricht.

Bei einem elektroakustischen Wandlerelement, beispielsweise einem Ultraschallsensor, wird typischerweise ein Piezomaterial verwendet, um eine Membran zu Schwingungen anzuregen. Ein an eine piezoelektrische Kapazität des Wandlerelements angelegtes elektrisches Spannungsfeld muss sich innerhalb der piezoelektrischen Kapazität zunächst aufbauen. Dies kann bewirken, dass aufgrund von bauartbedingten Unterschieden die Ansteuerung der Elemente, welche die Bewegung der schallemittierenden Elemente ermöglichen, nicht in Phase erfolgen. Bei einem einzelnen Wandlerelement sind solche Verschiebungen der Phase nicht von besonderer Relevanz. In einem Ultraschall Array und insbesondere beim beam steering ist es jedoch zwingend erforderlich, dass die einzelnen Elemente phasengleich oder mit einem definiertem Phasenunterschied zueinander schwingen.

Ein Problem besteht darin, dass bauartbedingte Phasenunterschiede und ihre Ursachen bekannte sein müssen, um sie kompensieren zu können. Diese sind ggf. bei der Herstellung der einzelnen Arrays zu erfassen und zu berücksichtigen, hat aber die Nachteile, dass ggf. Alterungseffekte, welche einen Einfluss auf die Phasenlagestabilität haben, nicht ausreichend gut vorhergesagt werden können, oder, dass über den kompletten thermischen Arbeitsbereich entsprechende Aussagen anhand einer Werkskalibrierung nur unzureichend sind, oder auch, dass der Kalibrieraufwand sehr hoch wird, wenn z.B. bei der Kalibrierung auch Temperaturkurven angesteuert werden müssen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung anzugeben und ein System zum Durchführen des Verfahrens bereitzustellen. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung

und ein System zum Durchführen des Verfahrens mit den Merkmalen der jeweils unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in abhängigen Ansprüchen angegeben.

5 Bei einem Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung weist diese zumindest ein erstes Wandlerelement und ein zweites Wandlerelement auf. Die Wandlerelemente sind jeweils dazu ausgebildet, akustische Signale durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren. Das Verfahren umfasst folgende Verfahrensschritte. Das
10 erste Wandlerelement wird mittels eines elektrischen Erregersignals angeregt. Ein infolge einer elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlerelements auftretendes erstes Übersprechsignal wird am zweiten Wandlerelement detektiert, während das erste Wandlerelement angeregt wird. Das zweite Wandlerelement wird mittels des elektrischen Erregersignals
15 angeregt. Ein infolge der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlerelements auftretendes zweites Übersprechsignal wird am ersten Wandlerelement detektiert, während das zweite Wandlerelement angeregt wird. Es wird eine Phasenverschiebung zwischen dem ersten Übersprechsignal und dem zweiten Übersprechsignal ermittelt. Das erste Wandlerelement
20 wird mittels eines ersten Steuersignals und das zweite Wandlerelement wird mittels eines zweiten Steuersignals angesteuert. Das erste Steuersignal und das zweite Steuersignal weisen einen der ermittelten Phasenverschiebung entsprechenden Phasenversatz auf.

25 Die elektroakustische Wandlervorrichtung kann auch als eine elektroakustische Sensoranordnung bzw. als ein Sensor-Array bezeichnet werden, das durch die zumindest zwei Wandlerelemente gebildet wird. In einer Ausführungsform sind die Wandlerelemente der elektroakustischen Wandlervorrichtung baugleich ausgebildet. Obwohl die Wandlerelemente baugleich ausgebildet sind, können sie
30 eine bauartbedingte Phasenverschiebung aufweisen, da beim Herstellen der elektroakustischen Wandlervorrichtung Fertigungstoleranzen zu Abweichungen und Variationen im Aufbau führen können.

35 Vorteilhafterweise ermöglicht es das Verfahren, die eigentlich unerwünschten Übersprechsignale gezielt dazu zu verwenden, eine bauartbedingte und

unerwünschte Phasenverschiebung bei der elektrischen Anregung der Wandler-
elemente zu berücksichtigen und zu kompensieren, d.h. die einzelnen Wand-
lerelemente derart aufeinander abzustimmen, dass diese im Normalbetrieb mit
5 einem definierten Phasenunterschied zueinander schwingen können. Durch die
Abstimmung der Wandlerelemente aufeinander kann vorteilhafterweise eine ge-
zielte Strahlableitung (beam steering) ermöglicht werden. Vorteilhafterweise
kann die Phasenverschiebung kompensiert werden, ohne eine genaue Kenntnis
darüber zu haben, worin genau die bauartbedingten Unterschiede der Wand-
lerelemente bestehen.

10 Beim Verfahren wird das zweite Wandlerelement zeitlich versetzt zum ersten
Wandlerelement elektrisch angeregt. Das zweite Wandlerelement kann angeregt
werden, wenn eine Schwingung des ersten Wandlerelements vollständig oder
zumindest teilweise abgeklungen ist, etwa, wenn am zweiten Wandlerelement
15 kein erstes Übersprechsignal durch die Anregung des ersten Wandlerelements
mehr detektiert werden kann.

In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren die folgenden zusätzlichen Ver-
fahrensschritte. Es wird ein Amplitudenverhältnis zwischen dem ersten Über-
sprechsignal und dem zweiten Übersprechsignal ermittelt. Die Steuersignale wer-
den auf Basis des ermittelten Amplitudenverhältnisses angepasst. Die Wand-
lerelemente werden mittels der angepassten Steuersignale angesteuert.

25 Vorteilhafterweise ermöglicht dies eine bauartbedingt Amplitudendifferenz bei der
elektrischen Anregung der Wandlerelemente zu berücksichtigen und zu kompen-
sieren, d.h. die einzelnen Wandlerelemente derart aufeinander abzustimmen,
dass diese im Normalbetrieb beispielsweise mit gleicher Amplitude schwingen
können. Auch dadurch wird eine gezielte Strahlableitung ermöglicht. Alternativ
kann anstatt des Amplitudenverhältnisses auch die Amplitudendifferenz zwischen
30 den Übersprechsignalen ermittelt werden, um die Steuersignale auf Basis der
Amplitudendifferenz anzupassen.

In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren die folgenden zusätzlichen Ver-
fahrensschritte. Die ermittelte Phasenverschiebung und/oder das ermittelte
35 Amplitudenverhältnis wird mit einer Datenhistorie aufweisend Informationen über

5 zuvor ermittelte Phasenverschiebungen und/oder Amplitudenverhältnisse verglichen. Es wird geprüft, ob die ermittelte Phasenverschiebung und/oder das ermittelte Amplitudenverhältnis Veränderungen unterworfen ist. Die Veränderungen werden beim Ansteuern der Wandlerelemente berücksichtigt, d.h., dass die Steuersignale auf Basis der Veränderungen angepasst werden und die Wandlerelemente auf Basis der angepassten Steuersignale angesteuert werden, um sicherzustellen, dass das erste Steuersignal und das zweite Steuersignal einen der ermittelten Phasenverschiebung entsprechenden Phasenversatz aufweisen.

10 Die ermittelte Phasenverschiebung und/oder das ermittelte Amplitudenverhältnis der Übersprechsignale können jeweils aufgrund von Temperaturschwankungen und/oder Alterungseffekten selbst Schwankungen unterliegen, was einen merklichen Einfluss auf die Wandlerelemente und das Generieren und/oder Detektieren von akustischen Signalen haben kann. In dieser Ausführungsform wird die Datenhistorie herangezogen, um zu evaluieren, ob die Wandlerelemente sich in einen einwandfreien Zustand befinden, oder ob sie Veränderungen unterworfen sind. So kann es zum Beispiel sein, dass durch teilweise oder ganzflächige Benetzung der Wandlerelemente mit beispielsweise Flüssigkeiten und/oder Eis und/oder Verunreinigungen, oder auch durch eine Beschädigung eine deutliche Variation der Phasenverschiebung und/oder des Amplitudenverhältnisses der Übersprechsignale bewirkt wird.

25 In diesem Fall kann beispielsweise ein Warnhinweis ausgegeben werden. Dies ist beispielsweise dann zweckmäßig, wenn die elektroakustische Wandlervorrichtung in einer Ausführungsform Bestandteil eines Kraftfahrzeugs ist. In diesem Fall kann die elektroakustische Wandlervorrichtung beispielsweise als ein Einparksensor des Kraftfahrzeugs ausgebildet sein und zur Assistenz beim Einparken des Kraftfahrzeugs dienen. Das Kraftfahrzeug kann dabei insbesondere als ein zumindest teilweise automatisiertes Kraftfahrzeug ausgebildet sein. Typischerweise kann die elektroakustische Wandlervorrichtung dabei in einer Ausführungsform als eine Ultraschallsensor-Anordnung ausgebildet sein, wobei die Wandlerelemente jeweils dazu ausgebildet sind, Ultraschall durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren. Die elektroakustische Wandlervorrichtung kann jedoch auch unabhängig davon, ob

sie Bestandteil des Kraftfahrzeugs ist oder nicht, als eine Ultraschall-Sensoranordnung ausgebildet sein.

5 Ein weiterer Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass es sehr schnell durchgeführt werden kann, beispielsweise innerhalb nur weniger Millisekunden, beispielsweise innerhalb 1 ms, was einer Schallwegstrecke von ca. 30 cm in Luft entspricht. Im Wesentlichen ist eine zum Durchführen des Verfahrens erforderliche Zeitdauer lediglich von einer Zeitspanne eines Abklingens der zu Schwingungen
10 angeregten Wandlerelemente abhängig und begrenzt. Insgesamt ist die Zeitdauer, innerhalb derer das Verfahren erfolgt, weitestgehend zu vernachlässigen. Aufgrund des geringen zeitlichen Aufwandes ist es aber anzuraten in einer Ausführungsform das Verfahren bei jeder Verwendung der elektroakustischen Wandlervorrichtung oder nach jedem Start des Kraftfahrzeugs durchzuführen.

15 In einer Ausführungsform weist die mikroelektroakustische Wandlervorrichtung eine Mehrzahl von elektrisch und/oder mechanisch gekoppelten Wandlerelementen, d.h. insbesondere mehr als zwei Wandlerelemente auf. Die Wandlerelemente werden sukzessive mittels des Erregersignals angeregt und es werden jeweils Übersprechsignale an den Wandlerelementen detektiert, um für alle Wandlerelemente eine Phasenverschiebung zwischen ihren Übersprechsignalen zu ermitteln. Die Wandlerelemente werden jeweils mittels eines separaten Steuersignals angesteuert. Die Steuersignale weisen jeweils einen der ermittelten Phasenverschiebungen entsprechenden Phasenversatz auf.
20

25 Vorteilhafterweise kann für jedes Wandlerelement eine bauartbedingte Phasenverschiebung ermittelt und beim Ansteuern der Wandlerelemente kompensiert werden. Es kann beispielsweise für alle Wandlerelemente eine Phasenverschiebung in Bezug auf ein ausgewähltes Wandlerelement, das als Masterelement bezeichnet werden kann, ermittelt werden, wodurch ein phasengleiches Emittieren von Schall und eine Strahlablenkung ermöglicht wird. Die Phasenverschiebungen
30 können beispielsweise auch für alle Wandlerelemente paarweise ermittelt und beim Ansteuern derart berücksichtigt werden, dass paarweise Phasenversätze minimiert sind.

In einer anderen Ausführungsform kann zusätzlich auch das Amplitudenverhältnis bzw. die Amplitudendifferenz für jedes Paar von Wandler-elementen ermittelt werden, um die jeweiligen Steuersignale auf Basis der Amplitudenverhältnisse anzupassen.

5

Zudem ist es im Gegensatz zu anderen Messmethoden, bei welchen die Sensoren seriell und nicht parallel betrieben werden, möglich, einen Abgleich einer Mehrzahl von elektroakustischen Wandlervorrichtungen zeitgleich durchzuführen. Hierbei ist es von Vorteil, wenn alle Wandlervorrichtungen möglichst nah aneinander angeordnet sind, beispielsweise dadurch, dass alle Wandlervorrichtungen in einer Stoßstange integriert sind. Ein maximaler Abstand zwischen zwei Nachbarsensoren bzw. Wandlervorrichtungen kann beispielsweise, jedoch nicht hierauf beschränkt, 50 cm betragen. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, dass eine Wandlervorrichtung als eine emittierende Wandlervorrichtung verwendet und betrieben wird, während alle übrigen Wandlervorrichtungen als detektierende Wandlervorrichtungen verwendet und betrieben werden. Dadurch kann eine horizontale Zuordnung im Rahmen einer Objekterkennung erfolgen.

Ein System zum Durchführen eines Verfahrens gemäß einer der Ausführungsformen weist einen Frequenzgenerator, eine Auswerteeinrichtung und zwei Schalter auf. Der Frequenzgenerator ist dazu ausgebildet, das elektrische Erregersignal zu generieren. Die Auswerteeinrichtung ist dazu ausgebildet, die infolge der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung der Wandler-elemente auftretenden Übersprechsignale an den Wandler-elemente zu detektieren und die Phasenverschiebung zwischen den Übersprechsignalen zu ermitteln. Die Schalter sind jeweils mit dem Frequenzgenerator und der Auswerteeinrichtung verbindbar ausgebildet. Ein erster Schalter ist mit dem ersten Wandler-element und ein zweiter Schalter mit dem zweiten Wandler-element verbindbar. Der Frequenzgenerator ist dazu ausgebildet, die Steuersignale auf Grundlage der ermittelten Phasenverschiebung zu generieren. Die Schalter sind dazu vorgesehen, das Erregersignal und die Steuersignale des Frequenzgenerators auf die Wandler-elemente und die Übersprechsignale auf die Auswerteeinrichtung zu schalten.

In einer Ausführungsform ist die Auswerteeinrichtung dazu ausgebildet, ein Amplitudenverhältnis der Übersprechsignale zu ermitteln. Der Frequenzgenerator

35

ist dazu ausgebildet, die Steuersignale auf Basis des Amplitudenverhältnisses anzupassen.

Das Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung und das System zum Durchführen des Verfahrens werden im Folgenden im Zusammenhang mit schematischen Zeichnungen im Detail beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: eine elektroakustische Wandlervorrichtung mit zwei Wandlerelementen in einer Draufsicht;

Fig. 2: ein elektromechanisches Ersatzschaltbild eines Wandlerelements der elektroakustischen Wandlervorrichtung der Fig. 1;

Fig. 3: ein Kraftfahrzeug mit einer elektroakustischen Wandlervorrichtung gemäß Fig. 1 in einer Seitenansicht und das Prinzip der Strahlablenkung beim beam steering;

Fig. 4: ein elektromechanisches Ersatzschaltbild der elektroakustischen Wandlervorrichtung der Fig. 1;

Fig. 5: ein erstes Amplitudensignal eines angeregten ersten Wandlerelements und ein zweites Amplitudensignal eines mit dem ersten Wandlerelement elektrisch und/oder mechanisch gekoppelten zweiten Wandlerelements;

Fig. 6: ein im Rahmen des Verfahrens an das erste und zweite Wandlerelement angelegtes Erregersignal, ein erstes Übersprechsignal am zweiten Wandlerelement und ein zweites Übersprechsignal am ersten Wandlerelement; und

Fig. 7: das System zum Durchführen des Verfahrens zum Betreiben der elektroakustischen Wandlervorrichtung der Fig. 1.

Fig. 1 zeigt schematisch eine elektroakustische Wandlervorrichtung 1 in einer Draufsicht. Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 kann beispielsweise Bestandteil eines Kraftfahrzeugs, insbesondere eines zumindest teilweise

automatisierten Kraftfahrzeugs sein. Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 muss jedoch nicht notwendigerweise Bestandteil eines Kraftfahrzeugs sein.

5 Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 weist zumindest ein erstes Wandlerelement 2 und ein zweites Wandlerelemente 3 auf. Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 kann jedoch eine beliebige Anzahl von Wandlerelementen 2, 3 aufweisen. Beispielsweise kann die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 insgesamt vier Wandlerelemente 2, 3 aufweisen. Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 kann auch als eine Anordnung von Wandlerelementen 2, 3 bzw. als
10 ein Array von Wandlerelementen 2, 3 bezeichnet werden. Die Wandlerelemente 2, 3 können dabei beispielsweise in einem quadratischen Gitter angeordnet sein, wobei jedoch auch andere zweckmäßige Anordnungen der Wandlerelemente 2, 3 möglich sind.

15 Fig. 1 zeigt einen einfachen Aufbau, bei dem die Wandlerelemente 2, 3 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 baugleich ausgebildet sind. Die Wandlerelemente 2, 3 weisen also insbesondere dieselbe Form und dieselbe Größe auf. Die Wandlerelemente 2, 3 müssen jedoch nicht zwingenderweise baugleich ausgebildet sein und können auch verschiedene Formen und Größen aufweisen.

20 Die Wandlerelemente 2, 3 sind jeweils dazu ausgebildet, akustische Signale durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren. Ein Abstand 4 zwischen den Wandlerelementen 2, 3 kann derart gewählt sein, dass eine bestmögliche Strahlablenkung gewährleistet werden
25 kann. Hierzu sollte der Abstand 4 etwa im Bereich einer halben Wellenlänge des zu erzeugenden bzw. zu detektierenden Schalls gewählt werden.

30 Die Wandlerelemente 2, 3 können jeweils beispielsweise dazu ausgebildet sein, Ultraschall durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren. Hierzu weist jedes Wandlerelement 2, 3 eine Membran auf, die elektrisch zu Schwingungen anregbar sind. Werden die Membranen akustisch angeregt, kann ein elektrisches Signal ausgelesen werden, wodurch eine auf die Membranen auftreffende Schallwelle detektiert werden kann.

Bei der Erzeugung von Ultraschallquellen werden in der Regel piezoelektrische Materialien (im Folgenden auch kurz als „Piezo-Material“ bezeichnet), wie zum Beispiel PZT (Blei-Zirkonat-Titanat), oder im Bereich der Dünnschichttechnologien neben PZT auch AlN (Aluminiumnitrid) oder andere Piezo-Materialien verwendet. Diese Piezo-Materialien werden mit einem Spannungssignal angesteuert. Durch den (inversen) piezoelektrischen Effekt verformt sich das Piezo-Material. Die Piezo-Materialien sind dabei an andere Materialien angebracht, z.B. geklebt, oder auch direkt durch verschiedene Verfahren aufgebracht, sodass sich durch die Bewegung des Piezo-Materials auch dieses Material verformt. Im Bereich der Ultraschallgenerierung werden die Dimensionen der einzelnen Komponenten so ausgelegt, dass bei Ansteuerung im gewollten Frequenzbereich, der beispielsweise, jedoch nicht hierauf beschränkt, etwa im Bereich von 48kHz für eine Einparkunterstützung des Kraftfahrzeugs liegt, eine Resonanz aus elektronischer und/oder mechanischer Kopplung erfolgt. Entsprechende Kopplungen können durch ein elektrisches Ersatzmodell eines Wandlerelements 2, 3 beschrieben werden.

Die Wandlerelemente 2, 3 können dazu ausgebildet sein, eine Membranschwingung und/oder eine kolbenförmige Bewegung (englisch piston) zu vollführen, wobei das elektroakustische Wandlervorrichtung 1 über ihre gesamte Fläche als gleichmäßige Schallquellen ausgebildet ist, wenn lediglich Membranschwingungen oder lediglich kolbenförmige Schwingungen zugelassen werden.

Fig. 2 zeigt schematisch ein elektromechanisches Ersatzschaltbild 5 eines Wandlerelements 2, 3 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 der Fig. 1.

Im elektromechanischen Ersatzschaltbild 5 weisen die Wandlerelemente 2, 3 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 jeweils einen elektrischen Bereich 6, der die elektrischen Eigenschaften der Wandlerelemente 2, 3 repräsentiert, mit einem kapazitiven Anteil 7 und einem ohmschen Anteil 8 auf, wobei der kapazitive Anteil 7 und der ohmsche Anteil 8 in Reihe geschaltet sind und der elektrische Bereich 6 maßgeblich durch den kapazitiven Anteil 7 des Piezo-Materials dominiert ist. Außerdem weisen die Wandlerelemente 2, 3 im Ersatzschaltbild 5 einen mechanischen Bereich 9 auf, der die Schwingungseigenschaften repräsentiert. Der mechanische Bereich 9 umfasst einen induktiven Anteil 10, der einen

Massenteil repräsentiert, einen ohmschen Anteil 11, der eine Dämpfung repräsentiert, und einen kapazitiven Anteil 12, der eine Steifigkeit repräsentiert, auf. Der induktive Anteil 10, der ohmsche Anteil 11 und der kapazitive Anteil 12 des mechanischen Bereichs 9 sind in Reihe geschaltet. Der elektrische Bereich 6 und der mechanische Bereich 9 sind parallel zueinander geschaltet. Die im Ersatzschaltbild 5 dargestellten Elemente repräsentieren also Größen, die das Gesamtsystem eines Wandlerelements 2, 3 und seine Gesamtleistung beschreiben. So haben alle Bauteiltoleranzen einen direkten Einfluss auf die Funktionalität eines Wandlerelements 2, 3.

Typischer Weise wird ein entsprechendes Ultraschallsignal mithilfe einer Signalquelle 13 erstellt, die mit dem elektrischen Bereich 6 und dem mechanischen Bereich 9 verbunden ist. Die Form dieses Signals kann z.B. sinusförmig sein, jedoch sind auch andere Signalformen denkbar, welche in der Regel aber durch den Gesamtaufbau derart verändert werden kann, dass letztendlich wieder eine sinusförmige Schwingung der Membranen der Wandlerelemente 2, 3 erfolgt. Aus diesem Grund kann angenommen werden, dass die Wandlerelemente 2, 3 mit Wechselspannung betrieben werden.

In einer typischen Anordnung eines Ultraschallsystems ist der kapazitive Anteil 7 des Piezo-Materials sehr hoch, sodass in einem Wechselstrom-Zeigerdiagramm eine starke Verschiebung hin zu negativen Phasen erfolgt, da sich ein Spannungsfeld innerhalb der piezoelektrischen Kapazität, also in diesem Fall des Piezo-Materials, beim Anlegen der Wechselspannung aufbauen muss. Durch bauartbedingte Unterschiede kann dieses nun aber dazu führen, dass diese Phase nicht für alle Wandlerelemente 2, 3 genau gleich ist, sondern von Wandlerelement 2, 3 zu Wandlerelement 2, 3 leicht schwanken kann.

Fig. 3 zeigt schematisch ein Kraftfahrzeug 14 mit einer elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 gemäß Fig. 1 in einer Seitenansicht und veranschaulicht das Prinzip der Strahlablenkung anhand zweier Szenarien. Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 ist beispielhaft in einer Stoßstange der Kraftfahrzeugs 14 integriert, was nicht zwingend erforderlich ist. Das Kraftfahrzeug 14 kann eine beliebige Anzahl von elektroakustischen Wandlervorrichtungen 1 aufweisen.

Beispielsweise können vier elektroakustische Wandlervorrichtung 1 vorgesehen sein.

5 In einem ersten Szenario würden bei einer gleichzeitigen Ansteuerung der einzelnen Wandler Elemente 2, 3 beide zusammen in Phase schwingen und eine Schallkeule 15 erzeugen, welche nicht geneigt ist. Ein sich auf einer Fahrbahn befindliches Objekt 16 wird in dem beispielhaften ersten Szenario gut von der Schallkeule 15 erfasst und würde ein entsprechendes Echo zurückstreuen. Real weisen die Wandler Elemente 2, 3 jedoch in der Regel, wie oben beschrieben, Bauteiltoleranz auf, sodass die entstehende Schallkeule 15 in vertikaler Richtung geneigt sein kann. Aufgrund der Bauteiltoleranzen liegt daher bereits eine ungewollte und in der Regel auch unbekannte Strahlablenkung vor. Diese ist in Fig. 3 in einem zweiten Szenario gezeigt. Das Objekt 16 kann in diesem beispielhaften Fall aufgrund der ungewollten Strahlablenkung nicht detektiert werden, da die
10 Schallkeule 15 derart in vertikaler Richtung abgelenkt ist, dass das Objekt 16 von der Schallkeule 15 nicht erfasst wird und aus diesem Grund kein ausreichendes Echo erzeugt.

Aus diesem Grund ist es bei der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 von
20 Bedeutung, dass eine Phasenverschiebung zwischen den einzelnen schwingenden Wandler Elementen 2, 3 bekannt ist und kompensiert werden kann. Im Folgenden wird ein Verfahren zum Betreiben der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 der Fig. 1 beschrieben, welches einen solchen Abgleich der Wandler Elemente 2, 3 ermöglicht. Hierbei wird der Effekt des sogenannten Übersprechens (engl. cross-talk) verwendet. Dieser soll zunächst kurz erläutert werden.
25

Beim Anregen eines Wandler Elements 2, 3 wird viel Energie im mechanischen Bereich 9 des Ersatzmodells 5 benötigt, um die Membran eines Wandler Elements 2, 3 in Schwingung und die die Membran umgebende Luft in Bewegung zu versetzen und Schall, insbesondere Ultraschall, zu generieren. Eine energetische
30 Effektivität ist hierbei aber vergleichsweise gering und neben der Schallgenerierung wird zusätzlich Wärme erzeugt. Außerdem werden auch Schallwellen innerhalb der Wandler Elements 2, 3 erzeugt, was auch als Körperschall bezeichnet werden kann. Der Körperschall kann sich durch die gesamte elektroakustische
35 Wandlervorrichtung 1 ausbreiten. Dies hat zur Folge, dass, wenn das erste

Wandlerelement 2 betrieben wird, durch den Körperschall auch das zweite Wandlerelement 3 angeregt wird, auch wenn dieses selbst nicht aktiv angetrieben wird.

5 Fig. 4 zeigt schematisch ein elektromechanisches Ersatzschaltbild 17 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 der Fig. 1. Da die beispielhafte elektroakustische Wandlervorrichtung 1 insgesamt zwei Wandlerelemente 2, 3 aufweist, entspricht das elektromechanische Ersatzschaltbild 17 der elektroakustischen
10 Wandlervorrichtung 1 zwei gekoppelten elektromechanischen Ersatzschaltbildern 5 gemäß Fig. 2. Identische Elemente werden in Fig. 4 mit den Bezugszeichen der Fig. 2 versehen.

Im elektromechanischen Ersatzschaltbild 17 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 sind die Wandlerelemente 2, 3 über einen Kondensator 18 miteinander
15 verbunden. Der Kondensator 18 verbindet dabei die mechanischen Bereiche 9 miteinander. Lediglich beispielhaft verbindet der Kondensator 18 die mechanischen Bereiche 9 derart, dass er jeweils zwischen den induktiven Anteilen 10 und den ohmschen Anteilen 11 mit den mechanischen Bereichen 9 verbunden ist. Der Kondensator 18 repräsentiert eine steife Verbindung der Wandlerelemente 2, 3, wodurch diese gekoppelt sind. Dies hat zur Folge, dass die Wandlerelemente 2, 3 nicht unabhängig voneinander betrieben werden können. Kopplungen können aber auch aufgrund von anderen Wechselwirkungen herrühren, wenn zum Beispiel keine reine Massenunabhängigkeit (induktive Kopplung im Ersatzschaltbild 17 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1) vorliegt, oder
20 auch Dämpfungseigenschaften der Wandlerelemente 2, 3 nicht komplett unabhängig sind (ohmsche Kopplung im Ersatzschaltbild 17 der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1), was in Fig. 4 der Einfachheit halber nicht gezeigt ist.

In der beispielhaften Darstellung der Fig. 4 ist das erste Wandlerelement 2 mit
30 der Signalquelle 13 verbunden, um elektrisch angeregt zu werden. Das zweite Wandlerelement 3 ist mit Abgriffkontakten 19 verbunden, die mit dem elektrischen Bereich 6 und dem mechanischen Bereich 9 verbunden sind. Umgekehrt kann das zweite Wandlerelement 3 mit der Signalquelle 13 verbunden sein, um es anzuregen, während das erste Wandlerelement 2 mit den Abgriffkontakten 19
35 verbunden sein kann. Durch die elektrische und/oder mechanische Kopplung der

Wandlerelemente 2, 3 wird bewirkt, dass beim Anregen des ersten Wandlerelement 2 an den Abgriffkontakten 19 am zweiten Wandlerelement 3 ein messbares erstes Übersprechsignal detektiert werden kann. Umgekehrt kann beim Anregen des zweiten Wandlerelement 3 an den Abgriffkontakten 19 am ersten Wandlerelement 2 ein messbares zweites Übersprechsignal detektiert werden.

Fig. 5 zeigt schematisch und beispielhaft ein erstes Amplitudensignal 20 des angeregten ersten Wandlerelements 2 und ein zweites Amplitudensignal 21 des mit dem ersten Wandlerelement 2 gekoppelten zweiten Wandlerelements 3. Hierbei sind die jeweiligen Amplituden gegen eine Zeit aufgetragen.

Fig. 5 zeigt, dass das erste Wandlerelement 2 mit einer wesentlich höheren Amplitude schwingt als das zweite Wandlerelement 3, da das zweite Wandlerelement 2 aktiv elektrisch angeregt wird. Außerdem weisen die Amplitudensignale 20, 21 eine Phasenverschiebung α auf. Das zweite Amplitudensignal 21 repräsentiert hierbei das erste Übersprechsignal am zweiten Wandlerelement 3 infolge der Anregung des ersten Wandlerelements 2 und der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlerelements 2, 3. Insbesondere bei Wandlerelementen 2, 3, die auf einen Resonanzbetrieb ausgelegt sind, führt das Übersprechen jedoch dazu, dass eine resonante Anregung erfolgt, wodurch das Übersprechen besonders stark ausgeprägt sein kann. In diesem Fall weist das zweite Amplitudensignal 21 eine höhere Amplitude auf, als es in Fig. 5 gezeigt ist.

Im Folgenden wird das Verfahren zum Betreiben der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 der Fig. 1 beschrieben, welches den Abgleich einer bauartbedingten Phasenverschiebung zwischen den Wandlerelementen 2, 3 ermöglicht. Das Verfahren umfasst folgende Verfahrensschritte. Zunächst wird das erste Wandlerelement 2 mittels eines elektrischen Erregersignals 22 angeregt. Anschließend wird das infolge der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlerelements 2, 3 auftretende erste Übersprechsignal 23 am zweiten Wandlerelement 3 detektiert, während das erste Wandlerelement 2 angeregt wird. Dann wird das zweite Wandlerelement 3 mittels des elektrischen Erregersignals 22 angeregt und das zweite Übersprechsignal 24 am

ersten Wandlerelement 2 detektiert, während das zweite Wandlerelement 3 angeregt wird.

5 Fig. 6 zeigt schematisch das Erregersignal 22, das erste Übersprechsignal 23 und das zweite Übersprechsignal 24. Die jeweiligen Amplituden sind erneut gegen die Zeit aufgetragen. Das Erregersignal 22 entspricht in Fig. 5 dem ersten Amplitudensignal 20. Das erste Übersprechsignal 23 entspricht in Fig. 5 dem zweiten Amplitudensignal 21. Zusätzlich ist das zweite Übersprechsignal 24 ge-
10 zeigt. Die Übersprechsignale 23, 24 weisen jeweils kleinere Amplituden auf als das Erregersignal 22, wobei jedoch das Erregersignal im Vergleich zu Fig. 5 skaliert ist. Die Übersprechsignale 23, 24 sind im Vergleich zum Erregersignal 22 wie in Fig. 5 phasenverschoben.

15 Zusätzlich weisen die Übersprechsignale 23, 24 eine Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ auf. Die Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen dem ersten Übersprechsignal 23 und dem zweiten Übersprechsignal 24 wird im Rahmen des Verfahrens ermittelt. Die elektroakustische Wandlervorrichtung 1 wird dann derart angetrieben, dass das erste Wandlerelement 2 mittels eines ersten Steuersignals angesteuert wird und das zweite Wandlerelement 3 mittels eines zweiten Steuersignals angesteuert
20 wird. Das erste Steuersignal und das zweite Steuersignal weisen dabei einen der ermittelten Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ entsprechenden Phasenversatz auf. Dadurch wird die bauartbedingte Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ beim Ansteuern der Wandlerelemente 2, 3 kompensiert. Auf diese Weise kann eine präzise Strahl-
25 ablenkung einer Schallkeule 15 erfolgen.

Optional kann im Rahmen des Verfahrens zusätzlich auch ein Amplitudenverhältnis zwischen dem ersten Übersprechsignal 23 und dem zweiten Übersprechsignal 24 ermittelt werden. In diesem Fall werden die Steuersignale auf Basis des ermittelten Amplitudenverhältnisses angepasst und das Ansteuern der Wand-
30 lerelemente erfolgt mittels der angepassten Steuersignale. In Fig. 6 ist beispielhaft gezeigt, dass anstatt des Amplitudenverhältnisses eine Amplitudendifferenz Δa zwischen dem ersten und dem zweiten Übersprechsignal 23, 24 ermittelt und verwendet wurde, um die Steuersignale anzupassen.

In einem Beispiel kann es also sein, dass bei einem Normalbetrieb der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1, wobei zunächst keine Strahlablenkung erfolgen soll, das zweite Wandlerelement 3 in Bezug zum ersten Wandlerelement 2 mit einem Phasenversatz von 10° angesteuert wird und gleichzeitig noch eine verringerte Ansteuerspannung von 5 V verwendet wird, damit beide Wandlerelemente 2, 3 in Phase und mit gleicher Amplitude schwingen und somit eine ideale Richtcharakteristik aufweisen. Das Ermitteln des Amplitudenverhältnisses bzw. der Amplitudendifferenz Δa und das Anpassen der Steuersignale können jedoch auch entfallen. In diesem Fall werden die Wandlerelemente 2, 3 lediglich mit einem Phasenversatz von 10° angesteuert, wobei die bauartbedingte Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ kompensiert wird, sodass die Wandlerelemente 2, 3 in Phase schwingen.

Die ermittelte Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ und/oder das ermittelte Amplitudenverhältnis Δa kann zusätzlich mit einer Datenhistorie mit Informationen über zuvor ermittelte Phasenverschiebungen $\Delta\alpha$ und/oder Amplitudenverhältnissen bzw. Amplitudendifferenzen Δa verglichen werden. Dadurch kann geprüft werden, ob die ermittelte Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ und/oder das ermittelte Amplitudenverhältnis bzw. die ermittelte Amplitudendifferenz Δa Veränderungen unterworfen ist.

Weist die mikroelektroakustische Wandlervorrichtung 1 mehr als zwei elektrisch und/oder mechanisch gekoppelte Wandlerelementen 2, 3 auf, können die Wandlerelemente 2, 3 sukzessive mittels des Erregersignals 22 angeregt und jeweils Übersprechsignale 23, 24 an den Wandlerelementen 2, 3 detektiert werden, um für alle Wandlerelemente 2, 3 eine Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen ihren Übersprechsignalen 23, 24 zu ermitteln. Die Wandlerelemente 2, 3 werden jeweils mittels eines separaten Steuersignals angesteuert. Die Steuersignale weisen dabei jeweils einen der ermittelten Phasenverschiebungen $\Delta\alpha$ entsprechenden Phasenversatz auf.

Fig. 7 zeigt schematisch ein System 25 zum Durchführen des Verfahrens zum Betreiben der elektroakustischen Wandlervorrichtung 1 der Fig. 1.

Das System 25 weist einen Frequenzgenerator 26, eine Auswerteeinrichtung 27 und zwei Schalter 28, 29 auf. Die Schalter 28, 29 können beispielsweise in einer

anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (engl. application-specific integrated circuit, ASIC) implementiert sein, aber auch als diskrete ansteuerbare Komponenten auf einer Leiterplatte (engl. printed circuit board, PCB) vorgesehen sein. Der Frequenzgenerator 26 ist mit der Auswerteeinrichtung 27 verbunden und dazu ausgebildet, eine Phasenverschiebung zu ermitteln.

Der Frequenzgenerator 26 ist dazu ausgebildet, das elektrische Erregersignal 22 zu generieren. Die Auswerteeinrichtung 27 ist dazu ausgebildet, die infolge der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung der Wandler Elemente 2, 3 auftretenden Übersprechsignale an den Wandler Elementen 2, 3 zu detektieren und die Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen den Übersprechsignalen 23, 24 zu ermitteln. Die Schalter 28, 29 sind jeweils mit dem Frequenzgenerator 26 und der Auswerteeinrichtung 27 verbindbar. Ein erster Schalter 28 ist mit dem ersten Wandler Element 2 und ein zweiter Schalter 29 ist mit dem zweiten Wandler Element 3 verbindbar. Dadurch sind die Schalter 28, 29 dazu vorgesehen, das Erregersignal 22 des Frequenzgenerators 26 auf die Wandler Elemente 2, 3 und die Übersprechsignale 23, 24 auf die Auswerteeinrichtung 27 zu schalten. Der Frequenzgenerator 26 ist dazu ausgebildet, die Steuersignale auf Grundlage der ermittelten Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zu generieren. Die Schalter 28, 29 sind dazu vorgesehen, die Steuersignale des Frequenzgenerators 26 auf die Wandler Elemente 2, 3 zu schalten. Um die Phasenverschiebung zu kompensieren, weist das System 25 für jedes Wandler Element 2, 3 einen mit dem Frequenzgenerator 26 verbundenen Phasenshifter auf, was in Fig. 7 nicht gezeigt ist. Alternativ kann auch für jedes Wandler Element 2, 3 ein separater Frequenzgenerator 26 vorgesehen sein. In diesem Fall können die Phasenshifter auch entfallen.

Die Auswerteeinrichtung 27 kann zusätzlich dazu ausgebildet sein, das Amplitudenverhältnis der Übersprechsignale 23, 24 bzw. die Amplitudendifferenz Δa zu ermitteln. Der Frequenzgenerator 26 ist in diesem Fall dazu ausgebildet, die Steuersignale auf Basis des Amplitudenverhältnisses bzw. der Amplitudendifferenz Δa anzupassen.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer elektroakustischen Wandlervorrichtung (1), wobei die elektroakustische Wandlervorrichtung (1) zumindest ein erstes Wandlererelement (2) und ein zweites Wandlererelement (3) aufweist,
- 10 wobei die Wandlererelemente (2, 3) jeweils dazu ausgebildet sind, akustische Signale durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren,
- wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte umfasst:
- 15 - Anregen des ersten Wandlererelements (2) mittels eines elektrischen Erregersignals (22),
 - Detektieren eines infolge einer elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlererelements (2, 3) auftretenden ersten Übersprechsignals (23) am zweiten Wandlererelement (3), während das erste Wandlererelement (2) angeregt wird,
 - 20 - Anregen des zweiten Wandlererelements (3) mittels des elektrischen Erregersignals (22),
 - Detektieren eines infolge der elektrischen und/oder mechanischen Kopplung des ersten und des zweiten Wandlererelements (2, 3) auftretenden zweiten Übersprechsignals (24) am ersten Wandlererelement (2), während das zweite Wandlererelement (3) angeregt wird,
 - 25 -Ermitteln einer Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen dem ersten Übersprechsignal (23) und dem zweiten Übersprechsignal (24),
 - Ansteuern des ersten Wandlererelements (2) mittels eines ersten Steuersignals und Ansteuern des zweiten Wandlererelements (3) mittels eines zweiten Steuersignals,
 - 30 wobei das erste Steuersignal und das zweite Steuersignal einen der ermittelten Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ entsprechenden Phasenversatz aufweisen.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1 mit folgenden zusätzlichen Verfahrensschritten:

- Ermitteln eines Amplitudenverhältnisses zwischen dem ersten Übersprechsignal (23) und dem zweiten Übersprechsignal (24),
- Anpassen der Steuersignale auf Basis des ermittelten Amplitudenverhältnisses,
- Ansteuern der Wandler Elemente (2, 3) mittels der angepassten Steuersignale.

5

3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche mit folgenden zusätzlichen Verfahrensschritten:

- Vergleichen der ermittelten Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ und/oder das ermittelte Amplitudenverhältnis mit einer Datenhistorie aufweisend Informationen über zuvor ermittelte Phasenverschiebungen und/oder Amplitudenverhältnisse,
- Prüfen, ob die ermittelte Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ und/oder das ermittelte Amplitudenverhältnis Veränderungen unterworfen ist,
- Berücksichtigen der Veränderungen beim Ansteuern der Wandler Elemente (2, 3).

15

4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mikroelektroakustische Wandlervorrichtung (1) eine Mehrzahl von elektrisch und/oder mechanisch gekoppelten Wandler Elementen (2, 3) aufweist, wobei die Wandler Elemente (2, 3) sukzessive mittels des Erregersignals (22) angeregt und jeweils Übersprechsignale (23, 24) an den Wandler Elementen (2, 3) detektiert werden, um für alle Wandler Elemente (2, 3) eine Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen ihren Übersprechsignalen (23, 24) zu ermitteln, wobei die Wandler Elemente (2, 3) jeweils mittels eines separaten Steuersignals angesteuert werden,

20

wobei die Steuersignale jeweils einen der ermittelten Phasenverschiebungen $\Delta\alpha$ entsprechenden Phasenversatz aufweisen.

25

5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wandler Elemente (2, 3) der elektroakustischen Wandlervorrichtung (1) baugleich ausgebildet sind.

30

6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Wandler Elemente (2, 3) jeweils dazu ausgebildet sind, Ultraschall durch elektrische Anregung zu generieren und/oder durch akustische Anregung zu detektieren.

35

7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die elektroakustische Wandlervorrichtung (1) Bestandteil eines Kraftfahr-
zeugs (14) ist.

5

8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Verfahren vor jeder Verwendung der elektroakustischen Wandlervor-
richtung (1) oder nach jedem Start des Kraftfahrzeugs (15) durchgeführt wird.

10

9. System (25) zum Durchführen des Verfahrens gemäß einem der vorhergehen-
den Ansprüche,
mit einem Frequenzgenerator (26), einer Auswerteeinrichtung (27) und zwei
Schaltern (28, 29),

15

wobei der Frequenzgenerator (26) dazu ausgebildet ist, das elektrische Erreger-
signal (22) zu generieren,

20

wobei die Auswerteeinrichtung (27) dazu ausgebildet ist, die infolge der elektri-
schen und/oder mechanischen Kopplung der Wandlerelemente (2, 3) auftreten-
den Übersprechsignale (23, 24) an den Wandlerelemente (2, 3) zu detektieren
und die Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zwischen den Übersprechsignalen (23, 24) zu
ermitteln,

25

wobei die Schalter (28, 29) jeweils mit dem Frequenzgenerator (26) und der Aus-
werteeinrichtung (27) verbindbar sind,

wobei ein erster Schalter (28) mit dem ersten Wandlerelement (2) und ein zweiter
Schalter (29) mit dem zweiten Wandlerelement (3) verbindbar ist,

wobei der Frequenzgenerator (26) dazu ausgebildet ist, die Steuersignale auf
Grundlage der ermittelten Phasenverschiebung $\Delta\alpha$ zu generieren,

wobei die Schalter (28, 29) dazu vorgesehen sind, das Erregersignal (22) und die
Steuersignale des Frequenzgenerators (26) auf die Wandlerelemente (2, 3) und
die Übersprechsignale (23, 24) auf die Auswerteeinrichtung (27) zu schalten.

30

10. System (25) gemäß Anspruch 9,

wobei die Auswerteeinrichtung (27) dazu ausgebildet ist, ein Amplitudenverhält-
nis der Übersprechsignale (23, 24) zu ermitteln,

35

wobei der Frequenzgenerator (26) dazu ausgebildet ist, die Steuersignale auf
Basis des Amplitudenverhältnisses anzupassen.

1 / 4

Fig. 1

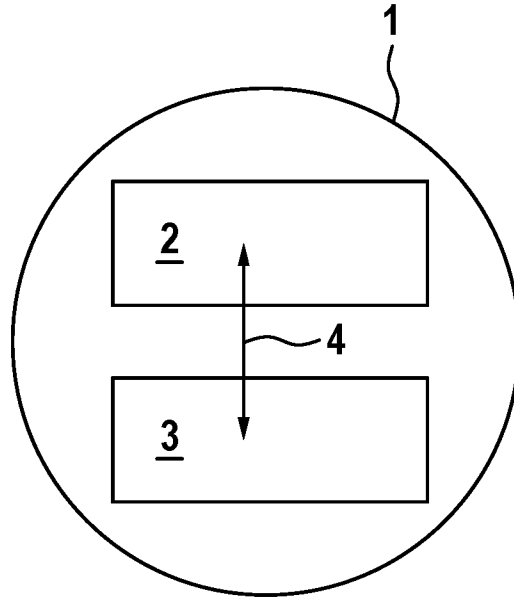


Fig. 2

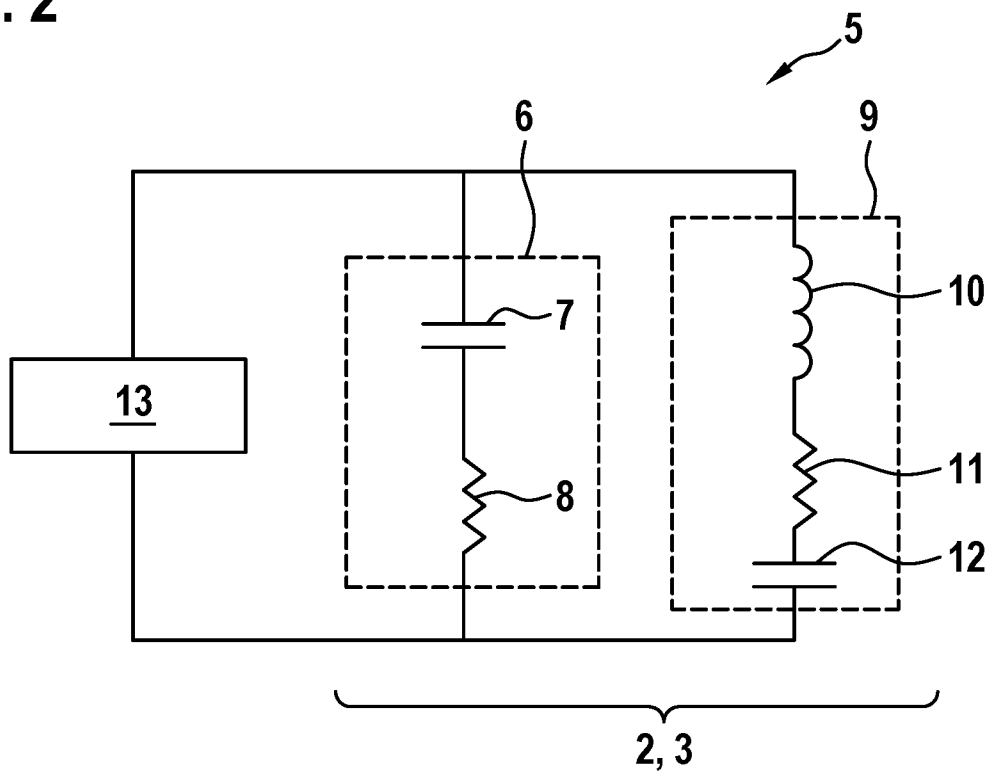


Fig. 3

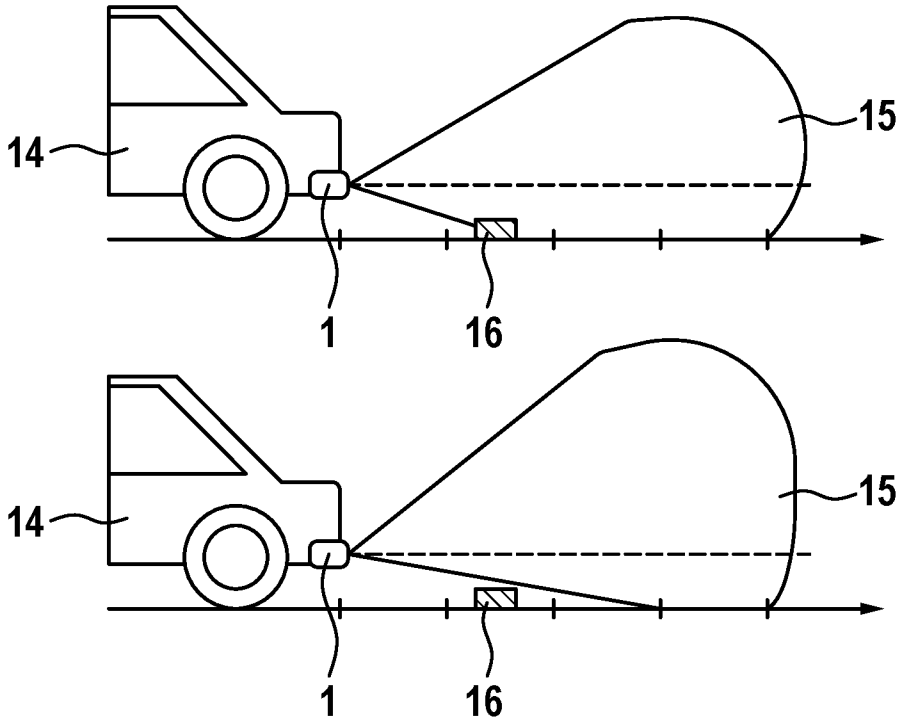


Fig. 4

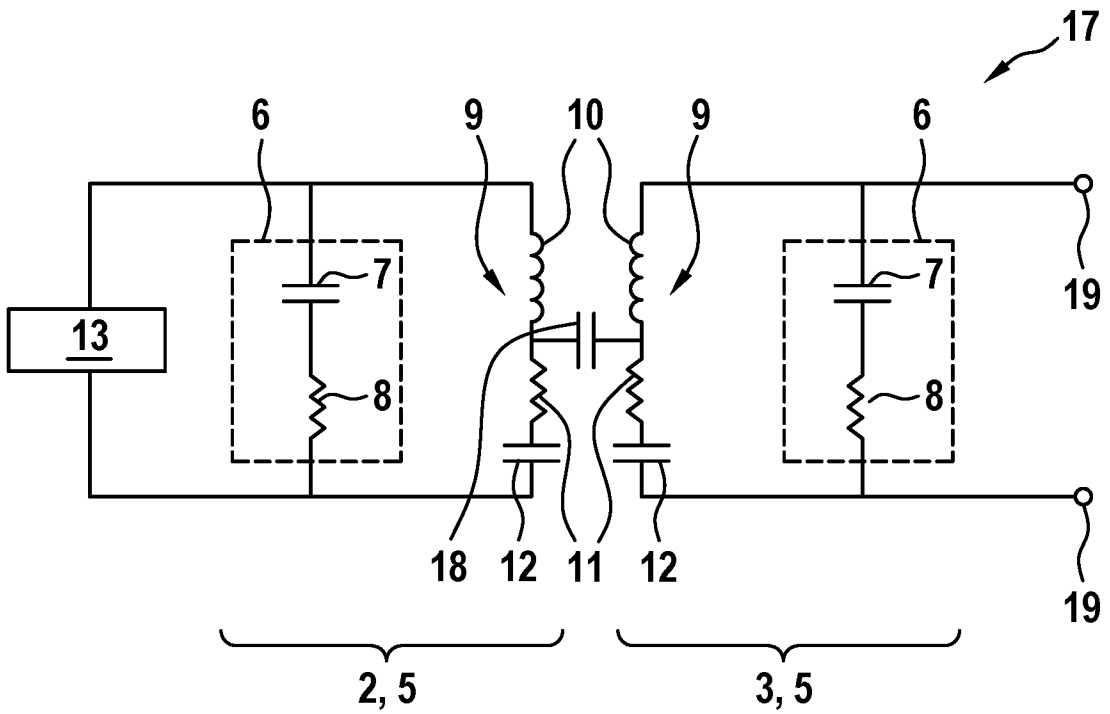


Fig. 5

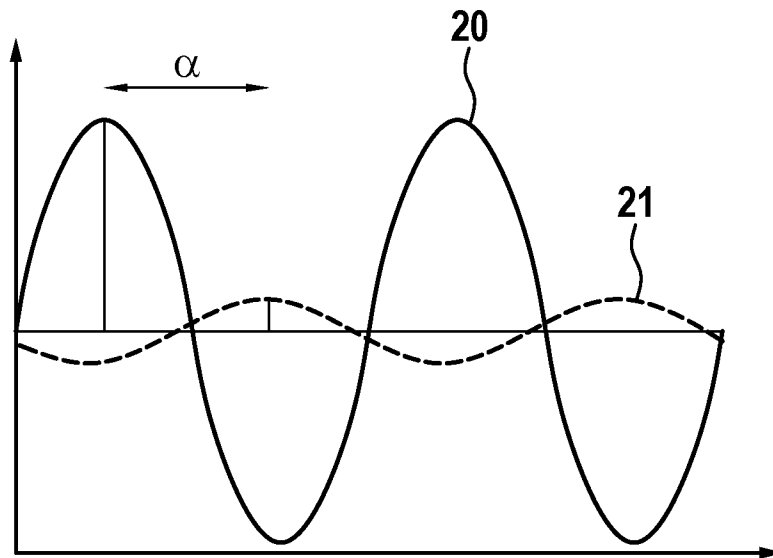


Fig. 6

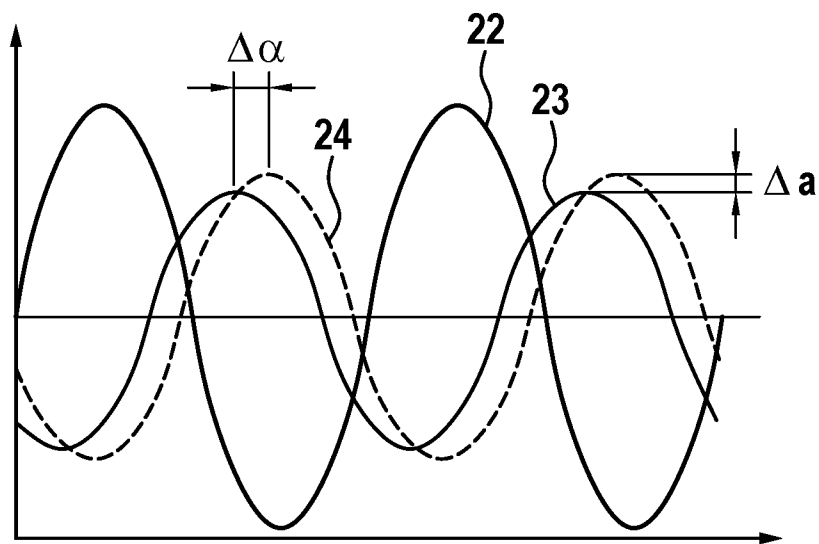
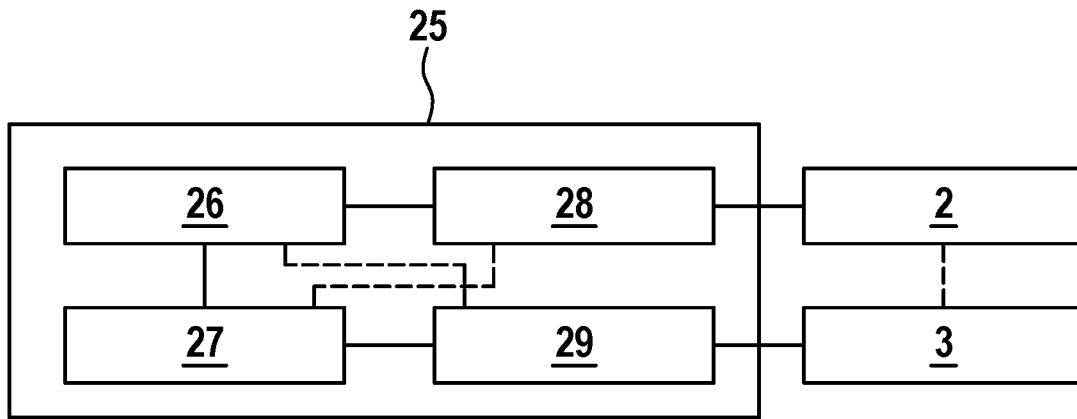


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/050058

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01S 7/52</i> (2006.01)i; <i>G01S 15/931</i> (2020.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 10871555 B1 (ROGERS GREGORY E [US] ET AL) 22 December 2020 (2020-12-22) column 3, line 34 - column 4, line 18 figures 1a,1b	1-10
A	DE 19924755 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30 November 2000 (2000-11-30) column 3, line 39 - column 4, line 34 figure 5	1-10
A	WO 2022101150 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 19 May 2022 (2022-05-19) page 9, line 31 - page 11, line 8 figures 1, 2	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 08 March 2024		Date of mailing of the international search report 20 March 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Unterberger, Michael Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/EP2024/050058

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	10871555	B1	22 December 2020	NONE	
<hr/>					
DE	19924755	A1	30 November 2000	DE 19924755 A1	30 November 2000
				EP 1058126 A2	06 December 2000
				ES 2251334 T3	01 May 2006
				US 6765491 B1	20 July 2004
<hr/>					
WO	2022101150	A1	19 May 2022	CN 116457697 A	18 July 2023
				DE 102020129666 A1	30 June 2022
				EP 4244654 A1	20 September 2023
				JP 2023548908 A	21 November 2023
				KR 20230107303 A	14 July 2023
				US 2023408661 A1	21 December 2023
				WO 2022101150 A1	19 May 2022
<hr/>					

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/050058

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01S7/52 G01S15/931

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01S

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

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 10 871 555 B1 (ROGERS GREGORY E [US] ET AL) 22. Dezember 2020 (2020-12-22) Spalte 3, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 18 Abbildungen 1a,1b -----	1-10
A	DE 199 24 755 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30. November 2000 (2000-11-30) Spalte 3, Zeile 39 - Spalte 4, Zeile 34 Abbildung 5 -----	1-10
A	WO 2022/101150 A1 (VALEO SCHALTER & SENSOREN GMBH [DE]) 19. Mai 2022 (2022-05-19) Seite 9, Zeile 31 - Seite 11, Zeile 8 Abbildungen 1,2 -----	1-10

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. März 2024

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20/03/2024

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Unterberger, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/050058

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 10871555	B1	22-12-2020	KEINE

DE 19924755	A1	30-11-2000	DE 19924755 A1 30-11-2000
			EP 1058126 A2 06-12-2000
			ES 2251334 T3 01-05-2006
			US 6765491 B1 20-07-2004

WO 2022101150	A1	19-05-2022	CN 116457697 A 18-07-2023
			DE 102020129666 A1 30-06-2022
			EP 4244654 A1 20-09-2023
			JP 2023548908 A 21-11-2023
			KR 20230107303 A 14-07-2023
			US 2023408661 A1 21-12-2023
			WO 2022101150 A1 19-05-2022
