

(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
13. Juni 2019 (13.06.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/110540 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 7/52 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/083403

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Dezember 2018 (04.12.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 128 837.6
05. Dezember 2017 (05.12.2017) DE

(71) Anmelder: VALEO SCHALTER UND SENSOREN
GMBH [DE/DE]; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(72) Erfinder: HAFNER, Bastian; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). HAAG, Fabian; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE). BAICRY, Mathieu; Laiernstr. 12, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

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

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A FUNCTIONAL STATE OF AN ULTRASONIC SENSOR, WHEREIN A VOLTAGE IS SENSED, AND ULTRASONIC SENSOR DEVICE HAVING AN ULTRASONIC SENSOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES FUNKTIONSZUSTANDS EINES ULTRASCHALLSENSORS, WOBEI EINE SPANNUNG ERFASST WIRD SOWIE ULTRASCHALLSENSORVORRICHTUNG MIT EINEM ULTRASCHALLSENSOR

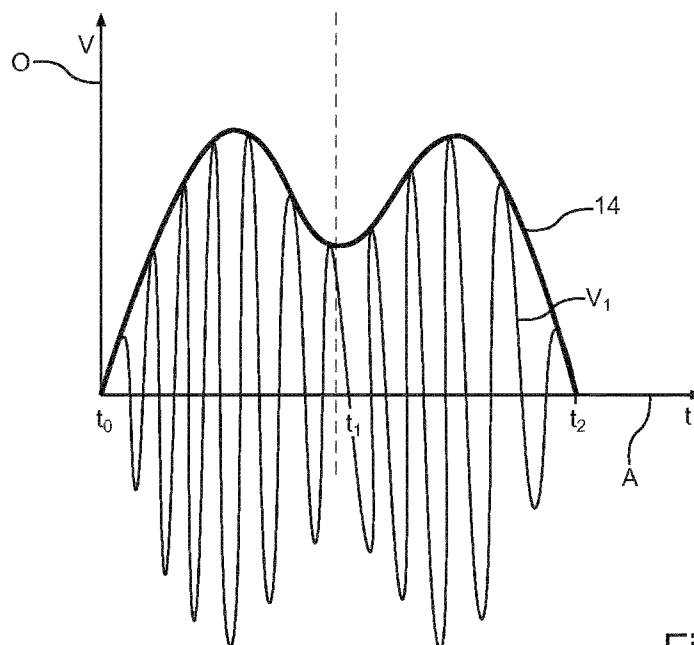


Fig.3

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a functional state of an ultrasonic sensor (5a) of an ultrasonic sensor device (5) for a motor vehicle (1). A sound transducer element (11) of the ultrasonic sensor (5a) is excited by means of an electrical test signal (P), the electrical test signal (P) being defined by an electrical current strength (I), a voltage (V) and a frequency (f), and the functional state is determined in dependence on an evaluation of the electrical test signal (P). The sound transducer element (11) is excited by means of an electrical test signal (P), which has a specified known electrical current strength (I) and is frequency-modulated,



WO 2019/110540 A1

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

and a voltage (V) at the sound transducer element (11) is sensed, which voltage is dependent on said electrical test signal (P), and at least one value of a parameter that electrically characterizes the ultrasonic sensor (5a) is determined in dependence on the sensed voltage (V), which value is compared with a value of a reference parameter that electrically characterizes a reference ultrasonic sensor and the functional state of the ultrasonic sensor (5a) is determined in dependence on the comparison. The invention further relates to an ultrasonic sensor device (5).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Funktionszustands eines Ultraschallsensors (5a) einer Ultraschallsensorvorrichtung (5) für ein Kraftfahrzeug (1), wobei ein Schallwandlerelement (11) des Ultraschallsensors (5a) mit einem elektrischen Prüfsignal (P) angeregt wird, wobei das elektrische Prüfsignal (P) durch eine elektrische Stromstärke (I), eine elektrische Spannung (V) und eine Frequenz (f) definiert ist, und der Funktionszustand abhängig von einem Auswerten des elektrischen Prüfsignals (P) bestimmt wird, wobei das Schallwandlerelement (11) mit einem elektrischem Prüfsignal (P) angeregt wird, welches eine vorgegebene bekannte elektrische Stromstärke (I) aufweist und welche frequenzmoduliert wird, und eine von diesem elektrischen Prüfsignal (P) abhängige elektrische Spannung (V) am Schallwandlerelement (11) erfasst wird und abhängig von der erfassten Spannung (V)) zumindest ein Wert eines den Ultraschallsensor (5a) elektrisch charakterisierender Parameters bestimmt wird, welcher mit einem Wert eines einen Referenzultraschallsensor elektrisch charakterisierenden Referenzparameters verglichen wird und abhängig von dem Vergleich der Funktionszustand des Ultraschallsensors (5a) bestimmt wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Ultraschallsensorvorrichtung (5).

Verfahren zum Bestimmen eines Funktionszustands eines Ultraschallsensors, wobei eine Spannung erfasst wird sowie Ultraschallsensorvorrichtung mit einem Ultraschallsensor

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Funktionszustands eines Ultraschallsensors einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug. Der Ultraschallsensor ist zum Aussenden eines Ultraschallsignals in eine Umgebung des Kraftfahrzeugs und/oder zum Empfangen eines Echosignals des Ultraschallsignals ausgebildet. Ein Schallwandlerelement des Ultraschallsensors wird mit einem elektrischen Prüfsignal angeregt, wobei das elektrische Prüfsignal durch eine elektrische Stromstärke, eine elektrische Spannung und eine Frequenz definiert ist. Der Funktionszustand wird abhängig von einem Auswerten des elektrischen Prüfsignals bestimmt. Ferner betrifft die Erfindung eine Ultraschallsensorvorrichtung mit zumindest einem Ultraschallsensor.

Ultraschallsensoren an Kraftfahrzeugen sind insbesondere zur Distanzmessung von Objekten ausgebildet. Bei Ultraschallsensoren findet insbesondere eine elektroakustische Energiewandlung statt. Unabhängig vom physikalischen Prinzip dieser Energiewandlung, das unter anderem mechanisch-induktiver, mechanisch-kapazitiver, mechanisch-restriktiver, magnetisch-restriktiver oder elektrostriktiver Natur sein kann, besteht bei jedem energiewandelnden Element die Möglichkeit, intern oder extern induzierten Veränderungen ausgesetzt zu sein, die je nach Stärke zu einer Verfälschung des Messergebnisses oder einem kompletten Sensor-Ausfall führen können. Im Stand der Technik wird ein solcher Sensor-Ausfall meist durch Plausibilitätsüberprüfungen von dem sensorbetriebenen System festgestellt. Sensor-Veränderungen dagegen werden nicht detektiert.

Die DE 10 2014 115 000 A1 offenbart ein Verfahren zum Betreiben einer Ultraschallsensorvorrichtung eines Kraftfahrzeugs, bei welchem in einem Messbetrieb zum Erfassen eines Objekts in einem Umgebungsbereich des Kraftfahrzeugs ein Wandler eines Ultraschallsensors zum Aussenden eines Ultraschallsignals mittels einer Sendestufe mit einem Sendesignal angeregt wird. Mittels einer Empfangsstufe wird anhand eines von dem Wandler erzeugten Signals ein Messsignal bereitgestellt. Während des Messbetriebs wird mittels einer Diagnoseeinrichtung eine Funktionsfähigkeit der Ultraschallsensorvorrichtung anhand des Sendesignals und/oder des Messsignals überprüft. Im Stand der Technik wird anhand des ausgesendeten Ultraschallsignals und des empfangenen Echosignals auf die Funktionsfähigkeit des Ultraschallsensors geschlossen. Nachteilig hierbei ist, dass insbesondere das

Ultraschallsignal und das Echosignal von Umwelteinflüssen abhängig sind, sodass eine genaue Diagnose des Ultraschallsensors auf Basis des ausgesendeten Ultraschallsignals und des empfangenen Echosignals mit Fehlern behaftet ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren sowie eine Ultraschallsensorvorrichtung, mittels welchem beziehungsweise mittels welcher zumindest ein Funktionszustand des Ultraschallsensors besser bestimmt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren, eine Ultraschallsensorvorrichtung sowie ein Kraftfahrzeug gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst.

Ein Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Funktionszustands eines Ultraschallsensors einer Ultraschallsensorvorrichtung für ein Kraftfahrzeug. Der Ultraschallsensor ist zum Aussenden eines Ultraschallsignals in eine Umgebung des Kraftfahrzeugs und/oder zum Empfangen eines Echosignals des Ultraschallsignals ausgebildet. Ein Schallwandlerelement des Ultraschallsensors wird mit einem elektrischen Prüfsignal angeregt. Das elektrische Prüfsignal wird durch eine elektrische Stromstärke, eine elektrische Spannung und eine Frequenz definiert. Der Funktionszustand wird abhängig von einem Auswerten des elektrischen Prüfsignals bestimmt.

Das Schallwandlerelement wird mit einem elektrischen Prüfsignal angeregt, welches eine vorgegebene bekannte elektrische Stromstärke aufweist und welches frequenzmoduliert wird. Eine von diesem elektrischen Prüfsignal abhängige elektrische Spannung wird am Schallwandlerelement erfasst und abhängig von der erfassten Spannung zumindest ein Wert eines den Ultraschallsensor elektrisch charakterisierender Parameters bestimmt wird, welcher mit einem Wert eines Referenzultraschallsensor elektrisch charakterisierenden Referenzparameterwert verglichen wird und abhängig von dem Vergleich der Funktionszustand des Ultraschallsensors bestimmt.

Dazu wird ein elektrisches Prüfsignal erzeugt, welches an den Ultraschallsensor angelegt wird, wobei zumindest eine durch das elektrische Prüfsignal beeinflusste Spannung des Ultraschallsensors ausgewertet wird. Abhängig von dieser Auswertung wird ein den Ultraschallsensor elektrisch charakterisierender Parameterwert des Ultraschallsensors bestimmt, die mit einem Referenzultraschallsensor elektrisch charakterisierenden Referenzparameterwert verglichen wird. Abhängig von dem Vergleich wird der Funktionszustand des Ultraschallsensors bestimmt. Die bekannte Stromstärke kann variabel sein, jedoch vorzugsweise konstant.

Insbesondere kann dadurch der Funktionszustand des Ultraschallsensors direkt und somit nicht, durch beispielsweise Umwelteinflüsse verfälscht, bestimmt werden.

Insbesondere ist es dadurch möglich, eine genauere Bestimmung des Funktionszustands des Ultraschallsensors durchzuführen, so dass der Ultraschallsensor nicht nur auf Ausfall beziehungsweise Funktionstüchtigkeit überprüft werden kann, sondern auch weitere Funktionszustände wie beispielsweise ein Verschmutzungsgrad beziehungsweise ein Vereisungsgrad des Ultraschallsensors bestimmt werden kann.

Die Bestimmung des Funktionszustands wird somit sensorintern durchgeführt, was auch bedeutet, dass für diese Funktionsprüfung kein auszuwertendes Echosignal empfangen werden muss.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass für die Ultraschallsensorvorrichtung ein Funktionszustandsbestimmungsmodell bereitgestellt wird.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass nach einer Bestimmung eines Funktionszustands eine entsprechende Maßnahme durchgeführt wird. Beispielsweise kann bei einem Defekt des Ultraschallsensors ein Warnhinweis erzeugt werden, so dass eine Person im Kraftfahrzeug darauf hingewiesen wird, dass der Ultraschallsensor zumindest in seiner Funktionalität eingeschränkt ist. Ebenfalls möglich ist, dass bei einer erkannten Vereisung des Ultraschallsensors beispielsweise ein Heizelement des Ultraschallsensors angesteuert wird, um die Vereisung zu entfernen. Sollte, beispielsweise aufgrund von Alterung einer Keramik eines Piezo-Ultraschallwandlers, nicht mehr der erforderliche Schalldruck bei einer bestimmten Leistung erbracht werden können, so kann durch eine Steuerungseinrichtung des Ultraschallwandlers beispielsweise die Leistung entsprechend erhöht werden, so dass ein zuverlässiger Weiterbetrieb des Ultraschallsensors dennoch realisiert werden kann.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Stromstärke des elektrischen Prüfsignals gemessen wird und auf einen Sollwert eingestellt beziehungsweise geregelt wird. Es findet dann zeitgleich die Erfassung der Spannung am Schallwandlerelement statt. Die Spannung kann dann insbesondere an eine Auswerteeinheit übertragen werden, die zur Bestimmung des Funktionszustands des Schallwandlerelements, beispielsweise durch Extraktion der elektrischen Parameter, verwendet wird. Alternativ kann dies aber auch von der sensorinternen Signalverarbeitung mittels einer sensorinternen

Auswerteeinrichtung durchgeführt werden. Bei dem Schallwandlerelement kann es sich insbesondere um ein Piezoelement handeln.

Aus den extrahierten Parametern kann nun auf den Zustand der elektrischen Schaltung und des Schallwandlerelements geschlossen werden. So können zum Beispiel Einflüsse wie Temperatur, Verschmutzung, Vereisung, Blindheit, Einbaufehler, Alterung oder andere Beeinträchtigungen von der Ultraschallsensoreinrichtung beziehungsweise auch der ultraschallsensorinternen Elektronik erkannt werden und dementsprechend Kompensationsmaßnahmen an den Parametern, wie beispielsweise Sendestrom, der Empfangsverstärkung, der Sendefrequenz, Empfangsfilter, Anregepulsdauer etc. mit oder ohne Information für den Fahrer der Systemdegeneration eingeleitet werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass eine Information zumindest eines weiteren Sensors, wie beispielsweise eines Temperatursensors und/oder eines Luftfeuchtigkeitssensors und/oder weitere Sensordaten mit bei der Funktionszustandsbestimmung berücksichtigt werden. Der zumindest eine weitere Sensor kann Teil des Ultraschallsensors und/oder der Ultraschallsensorvorrichtung und/oder des Kraftfahrzeugs sein.

Bevorzugt kann vorgesehen sein, wenn das Verfahren bei einer Mehrzahl von Betriebsarten des Kraftfahrzeugs, insbesondere bei dem Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs durchgeführt werden kann. Somit kann realisiert werden, dass die Bestimmung des Funktionszustands bei mehreren Betriebsarten des Kraftfahrzeugs durchgeführt werden kann. Somit kann insbesondere der Ultraschallsensor zuverlässig und funktionssicher auch im Fahrbetrieb und weiteren Betriebsarten betrieben werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltungsform wird durch den elektrisch charakterisierenden Parameter eine Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors definiert. Die Ultraschallsensor-Übertragungsfunktion beschreibt insbesondere die mathematische Beziehung zwischen dem Ein- und dem Ausgangssignal des Ultraschallsensors. Insbesondere werden somit die elektro-mechanischen Eigenschaften des Ultraschallsensors beschrieben. Mittels der Übertragungsfunktion kann für ein beliebig frequenzmoduliertes Eingangssignal das entsprechende Ausgangssignal, das heißt die Reaktion des Ultraschallsensors auf das frequenzmodulierte Eingangssignal, bestimmt werden. Da insbesondere die Ultraschallsensoren im Resonanzbetrieb betrieben werden, ist die Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors in der Nähe der Resonanzfrequenz von besonderer Bedeutung.

Weiterhin bevorzugt ist, wenn durch den Referenzultraschallsensor charakterisierenden Referenzparameter eine Referenz-Übertragungsfunktion definiert wird und/oder Parameterwerte eines die Referenz-Übertragungsfunktion ergebenden Referenz-Ultraschallsensors für eine Mehrzahl an potentiellen Funktionszuständen auf einem Speichermedium der Ultraschallsensorvorrichtung abgespeichert werden. Mittels dieser Ausgestaltungsform kann eine hohe Genauigkeit der Funktionszustandsbestimmung realisiert werden. Insbesondere können dann unterschiedliche Umwelteinflüsse, Alterungseinflüsse beziehungsweise Sensoreinflüsse beziehungsweise die Veränderung der Übertragungsfunktion aufgrund dieser Einflüsse mit auf dem Speichermedium abgespeichert werden, sodass für eine Vielzahl von potentiellen Situationen im Alltag der Funktionszustand des Ultraschallsensors präzise bestimmt werden kann. Dadurch lässt sich insbesondere der Ultraschallsensor sicher und zuverlässig betreiben.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsform kann ein elektrisches Modell beziehungsweise ein Ersatzschaltbild des Ultraschallsensors mit einer Mehrzahl von elektrischen Bauelementen erzeugt werden, wobei das elektrische Modell den mechanischen Ultraschallsensors elektrisch beschreibt, wobei Parameterwerte des elektrischen Modells durch der den Ultraschallsensor (5a) elektrisch charakterisierender Parameterwert charakterisiert werden. Insbesondere kann dann durch einen Vergleich der Mehrzahl von elektrischen Bauelementen mit einer Mehrzahl von elektrischen Bauelementen, die den Referenzultraschallwandler elektrisch beschreiben, der Funktionszustand des Ultraschallsensors bestimmt werden. Dadurch kann auf einfache und genaue Weise eine Quantifizierung des Funktionszustands des Ultraschallsensors auf Basis von elektrischen Bauelementen durchgeführt werden.

Ebenfalls vorteilhaft ist, wenn das elektrische Modell des Ultraschallsensors und/oder des Referenzultraschallsensors durch einen ersten Kondensator, einen zum ersten Kondensator separaten zweiten Kondensator, einer ersten Induktivität, einer zu ersten Induktivität separaten zweiten Induktivität, einen ersten ohmschen Widerstand und einen zum ersten ohmschen Widerstand separaten zweiten ohmschen Widerstand gebildet wird, wobei der erste Kondensator, die erste Induktivität und der erste ohmsche Widerstand in Serie verschaltet werden und der zweite Kondensator, die zweite Induktivität und der zweite ohmsche Widerstand jeweilig parallel zu der Serienschaltung geschaltet werden. Dadurch ist mittels eines einfachen Ersatzschaltbilds der Ultraschallsensor ausreichend genau beschrieben. Bei den elektrischen Bauelementen dieses Ersatzschaltbilds handelt es sich um einfache elektrische Bauelemente, deren Werte einfach bestimmt werden können, wodurch auf den Funktionszustand des

Ultraschallsensors einfach Rückschluss gezogen werden kann. Dadurch, dass sich jedes der elektrischen Bauelemente elektrisch unterschiedlich verhält, kann somit eine Vielzahl von Funktionszuständen, welche abhängig ist von einer Vielzahl von Einflüssen, des Ultraschallsensors abgebildet werden, so dass eine präzise Bestimmung des aktuellen Funktionszustands des Ultraschallsensors realisiert werden kann. Ebenfalls kann durch das vorliegende Modell eine Überprüfung der Steuerungselektronik, welche beispielsweise zum Auswerten der gesendeten und empfangenen Ultraschallsignale ausgebildet ist und beispielsweise auf einer Leiterplatte des Ultraschallsensors angeordnet sein kann, durchgeführt werden.

Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn eine physikalische Kapazität des Ultraschallsensors mittels des zweiten Kondensators, eine mechanische Nachgiebigkeit einer Membran des Ultraschallsensors mittels des ersten Kondensators, eine bewegende Masse der Membran durch die erste Induktivität und eine Dämpfung des Schallsignals mittels des ohmschen Widerstands beschrieben werden. Insbesondere kann mittels der physikalischen Kapazität, der mechanischen Nachgiebigkeit, der bewegenden Masse und der Dämpfung der zumindest eine Funktionszustand des Ultraschallsensors bestimmt werden. Beispielsweise kann mittels einer Änderung des zweiten Kondensators, sprich der physikalischen Kapazität, ein Defekt der Piezo-Keramik bestimmt werden. Beispielsweise bei der Verringerung der zweiten Kapazität des zweiten Kondensators kann ein solcher Defekt vorliegen.

Insbesondere beschreiben der erste Kondensator, die erste Induktivität und der erste ohmsche Widerstand das elektro-akustische Modell der Schallwandlung des Ultraschallsensors. Bei einer Veränderung der Kapazität des ersten Kondensators, mit anderen Worten der mechanischen Nachgiebigkeit bzw. dem Reziprokwert der Steifigkeit, kann beispielsweise auf eine Vereisung des Ultraschallsensors geschlossen werden, da die Nachgiebigkeit nachlässt, sobald Eis auf einer Membran des Ultraschallsensors ist. Insbesondere bei Eis auf der Membran ändert sich ebenfalls die sich bewegende Masse der Membran, welche durch die erste Induktivität dargestellt ist, sodass insbesondere bei Eis sich auch die erste Induktivität ändert. Ebenfalls möglich ist, dass bei Verschmutzung des Ultraschallsensors, mit anderen Worten ist Schmutz auf der Membran des Ultraschallsensors, eine zusätzliche Masse auf der Membran des Ultraschallsensors angeordnet ist, sodass sich hier ebenfalls die erste Induktivität verändert. Durch den ersten ohmschen Widerstand ist insbesondere die Dämpfung des Ultraschallsignals in der Umgebung erfassbar, wobei die Dämpfung insbesondere durch eine

Luftschalldämpfung stattfindet, welche insbesondere abhängig von einer Außentemperatur und einer Luftfeuchtigkeit ist.

Bevorzugt können jeweilige Parameterwerte der ersten Kapazität, der zweiten Kapazität, der ersten Induktivität, der zweiten Induktivität, des ersten ohmschen Widerstands und des zweiten ohmschen Widerstands des Ultraschallsensors mittels einer Parameterwertanpassung, insbesondere mittels einer numerischen Optimierung, derart bestimmt werden, dass sich mit diesen angepassten Parameterwerten eine Übertragungsfunktion modellmäßig ergibt. Insbesondere mittels eines Parameterfits, welches die Parameteranpassung ist, in Form der numerischen Optimierung des Parameterfits ist es sehr einfach möglich, die Parameterwerte der entsprechenden elektrischen Bauelemente zu bestimmen, wodurch sich schnell und einfach der Funktionszustand des Ultraschallsensors bestimmen lässt.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltungsform kann das Schallwandlerelement mittels eines positiven Frequenzchirps als elektrisches Prüfsignal angeregt werden. Bei einem positiven Frequenzchirp handelt es sich um ein frequenzmoduliertes Signal, welches insbesondere von einer niedrigen Frequenz auf eine hohe Frequenz zeitlich moduliert wird. Durch den Einsatz des positiven Frequenzchirps als elektrisches Prüfsignal kann somit ein zuverlässiges Prüfsignal bereitgestellt werden, sodass die abhängigen Spannungen zuverlässig bei mehreren Frequenzen überprüft werden kann und somit auf den Funktionszustand des Ultraschallsensors zuverlässig ein Rückschluss gezogen werden kann.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn das Anregen mit dem positiven Frequenzchirp durch Frequenzen eines gleichen Frequenzbands durchgeführt wird. Das Frequenzband ist insbesondere durch vorgegebene Grenzen definiert. Insbesondere weist das Frequenzband eine untere Grenze und eine obere Grenze auf. Da insbesondere der Ultraschallsensor innerhalb eines Frequenzbands betrieben wird, ist es somit vorteilhaft, lediglich in diesem Frequenzband die Spannung zu prüfen, um so den Funktionszustand insbesondere um die Resonanzfrequenz herum, bestimmen zu können.

Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn das Anregen mit dem positiven Frequenzchirp durch Frequenzen von zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt wird. Dadurch kann realisiert werden, dass der Ultraschallsensor auch über die Arbeitsfrequenzen hinweg, insbesondere über die

Resonanzfrequenz hinweg, überprüft werden kann. Somit kann ein umfänglicheres Gesamtbild des Funktionszustands des Ultraschallsensors realisiert werden.

Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Schallwandlerelement mittels eines negativen Frequenzchirps als elektrisches Prüfsignal angeregt wird. Beim negativen Frequenzchirp handelt es sich um ein frequenzmoduliertes Signal, dessen Frequenz von einer hohen Frequenz auf eine niedrigere Frequenz über die Zeit hinweg moduliert wird. Somit kann über einen größeren Frequenzbereich der Ultraschallsensor zu seinem Funktionszustand überprüft werden. Des Weiteren können somit unterschiedliche Spannungen zu unterschiedlichen Frequenzen bestimmt werden, sodass zuverlässig der Funktionszustand bestimmt werden kann.

Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn das Anregen mit dem negativen Frequenzchirp durch Frequenzen eines gleichen Frequenzbands durchgeführt wird. Das Frequenzband ist insbesondere durch vorgegebene Grenzen definiert. Insbesondere weist das Frequenzband eine untere Grenze und eine obere Grenze auf. Da insbesondere der Ultraschallsensor innerhalb eines Frequenzbands betrieben wird, ist es somit vorteilhaft, lediglich in diesem Frequenzband die Spannung zu prüfen, um so den Funktionszustand insbesondere um die Resonanzfrequenz herum, bestimmen zu können.

Weiterhin vorteilhaft ist, wenn das Anregen mit dem negativen Frequenzchirp durch Frequenzen von zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt wird. Dadurch kann realisiert werden, dass der Ultraschallsensor auch über die Arbeitsfrequenzen hinweg, insbesondere über die Resonanzfrequenz hinweg, überprüft werden kann. Somit kann ein umfänglicheres Gesamtbild des Funktionszustands des Ultraschallsensors realisiert werden.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsform kann das Schallwandlerelement mittels zweier elektrischer Prüfsignale angeregt werden, wobei ein erstes elektrisches Prüfsignal unterschiedlich frequenzmoduliert ist als das zweite elektrische Prüfsignal. Insbesondere kann es sich beispielsweise bei dem ersten elektrischen Prüfsignal um einen positiven Frequenzchirp und beispielsweise bei dem zweiten ersten elektrischen Prüfsignal um einen negativen Frequenzchirp handeln. Es ist jedoch auch möglich, dass es sich bei den beiden elektrischen Prüfsignalen um zwei positive oder zwei negative Frequenzchirps handelt. Die zwei unterschiedlichen elektrischen Prüfsignale müssen lediglich unterschiedlich frequenzmoduliert sein. Dadurch kann eine genauere Bestimmung des Funktionszustands realisiert werden.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn ein Übertragungselement des Schallwandlerelements an einer primären Seite des Übertragungselements mit dem elektrischen Prüfsignal angeregt wird. Bei dem Übertragungselement kann es sich beispielsweise um ein Transformatorelement handeln. Dadurch ist es möglich, dass ohne vorheriger zusätzlicher Stromstärkenerfassung, das Schallwandlerelement mit dem elektrischen Prüfsignal angeregt wird. Dadurch kann bauteilreduziert, insbesondere, da ein zusätzlicher Shunt-Widerstand sekundärseitig entfällt, die Spannung bei vorgegebener Stromstärke erfasst werden.

Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, wenn ein Übertragungselement des Schallwandlerelements an einer sekundären Seite des Übertragungselements mit dem elektrischen Prüfsignal angeregt wird. Dadurch können Energieverluste innerhalb des Übertragungselements verhindert werden, so dass das Schallwandlerelement mit einem energiereduzierten elektrischen Prüfsignal angeregt werden kann.

Alternativ kann das elektrische Prüfsignal auch bei Ultraschallsensorvorrichtungen angewendet werden, bei denen das Schallwandlerelement direkt, also ohne Übertrager/ Transformator, angesteuert wird.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltungsform kann ein zeitlicher Verlauf oder ein Betrag oder ein Realteil der elektrischen Spannung oder eine Einhüllende des Spannungsverlaufs der Spannung erfasst werden und abhängig davon der Wert des den Ultraschallsensor elektrisch charakterisierende Parameters Übertragungsfunktion bestimmt wird. Insbesondere können durch unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften der erfassten Spannung die Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors und damit der Funktionszustand des Ultraschallsensors zuverlässig bestimmt werden.

Ferner betrifft die Erfindung eine Ultraschallsensorvorrichtung mit zumindest einem Ultraschallsensor für ein Kraftfahrzeug, mit einer Sendeeinrichtung zum Senden von Ultraschallsignalen, mit einer Empfangseinrichtung zum Empfangen eines Echsignals der Ultraschallsignale und mit einer Steuerungseinrichtung des Ultraschallsensors, welche dazu ausgebildet ist, ein zuvor beschriebenes Verfahren beziehungsweise eine vorteilhafte Ausführungsform davon durchzuführen.

Dazu kann die Ultraschallsensorvorrichtung eine Auswerteeinrichtung aufweisen, mittels welcher die Auswertung durchgeführt werden kann. Die Auswerteeinheit kann dazu ultraschallsensorextern oder ultraschallsensorintern angeordnet sein.

Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Kraftfahrzeug mit einer Ultraschallsensorvorrichtung. Das Kraftfahrzeug ist dabei insbesondere als Personenkraftwagen ausgebildet.

Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens sind als vorteilhafte Ausführungsformen der Ultraschallsensorvorrichtung und des Kraftfahrzeugs anzusehen, wobei die Ultraschallsensorvorrichtung und das Kraftfahrzeug dazu gegenständliche Merkmalen aufweisen, die eine Durchführung des Verfahrens oder eine vorteilhafte Ausführungsform davon ermöglichen.

Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur der jeweils angegebenen Kombination sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Es sind somit auch Ausführungen von der Erfindung als umfasst und offenbart anzusehen, die in den Figuren nicht explizit gezeigt und erläutert sind, jedoch aus den separierten Merkmalskombinationen aus den erläuterten Ausführungen hervorgehen und erzeugbar sind. Es sind auch Ausführungen und Merkmalskombinationen als offenbart anzusehen, die somit nicht alle Merkmale eines ursprünglich formulierten unabhängigen Anspruchs aufweisen. Es sind darüber hinaus Ausführungen und Merkmalskombinationen, insbesondere durch die oben dargelegten Ausführungsformen als offenbart anzusehen, die über die in den Rückbezügen der Ansprüche dargelegten Merkmalskombinationen hinausgehen oder abweichen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel eines Kraftfahrzeugs mit einer Ausführungsform einer Ultraschallsensorvorrichtung;

- Fig. 2 ein schematisches Zeit-Frequenz-Diagramm einer Ausführungsform eines elektrischen Prüfsignals;
- Fig. 3 ein schematisches Zeit-Spannungs-Diagramm einer erfassten Spannung bei einer Ausführungsform des elektrischen Prüfsignals; und
- Fig. 4 ein schematisches Ersatzschaltbild einer Ausführungsform eines Ultraschallsensors.

In den Figuren werden gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Kraftfahrzeug 1 ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel als Personenkraftwagen ausgebildet. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst ein Fahrerassistenzsystem 2. Mit dem Fahrerassistenzsystem 2 kann beispielsweise ein Objekt 3, welches sich in der Umgebung 4 des Kraftfahrzeugs 1 befindet erfasst werden. Insbesondere kann mittels des Fahrerassistenzsystems 2 ein Abstand zwischen dem Kraftfahrzeug 1 und dem Objekt 3 bestimmt werden.

Das Fahrerassistenzsystem 2 umfasst zumindest eine Ultraschallsensorvorrichtung 5. Die Ultraschallsensorvorrichtung 5 wiederum weist zumindest einen Ultraschallsensor 5a auf. Der Ultraschallsensor 5a umfasst eine Sendeeinrichtung 6, mittels welcher zumindest ein Ultraschallsignal 8, insbesondere mehrere Ultraschallsignale 8, ausgesendet werden kann/können. Vorliegend ist rein beispielhaft eine Ultraschallsensorvorrichtung 5 mit einem Ultraschallsensor 5a in einem Frontbereich des Kraftfahrzeugs 1 ausgebildet. Des Weiteren ist vorliegend rein beispielhaft eine weitere Ultraschallsensorvorrichtung 5 an einem Heckbereich des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet. Die Ultraschallsensorvorrichtung 5 am Heckbereich weist rein beispielhaft vier Ultraschallsensoren 5a auf.

Mit der Sendeeinrichtung 6 können die Ultraschallsignale 8 innerhalb eines vorbestimmten Erfassungsbereichs E bzw. eines vorbestimmten Winkelbereichs, mittels einer Membran, ausgesendet werden. Die Membran ist insbesondere an ein Schallwandlerelement 11 gekoppelt, mittels welchem beim Sendevorgang elektrische Signale in Ultraschallsignale 8 und beim Empfangsvorgang die Echosignale 9 in

elektrische Signale umwandelbar sind. Beispielsweise kann es sich bei dem Schallwandlerelement 11 um ein Piezoelement handeln.

Darüber hinaus umfasst die Ultraschallsensorvorrichtung 5 eine Empfangseinrichtung 7, mittels welcher reflektierte Ultraschallsignale als Echosignale 9, welche vom Objekt 3 reflektiert wurden, insbesondere über die Membran empfangen werden können. Mit der Empfangseinrichtung 7 können also von dem Objekt 3 reflektierte Ultraschallsignale 9 als Empfangssignal empfangen werden. Ferner kann die Ultraschallsensorvorrichtung 5 eine Steuerungseinrichtung S aufweisen, die beispielsweise durch ein Mikrocontroller und/oder ein digitalen Signalprozessor gebildet sein kann. Das Fahrerassistenzsystem 2 umfasst ferner eine Steuerungseinrichtung 10, die beispielsweise durch ein elektronisches Steuergerät (ECU-electronic control Unit) des Kraftfahrzeugs 1 gebildet sein kann. Die Steuerungseinrichtung 10 ist zur Datenübertragung mit der Ultraschallsensorvorrichtung 5 verbunden. Die Datenübertragung kann beispielsweise über den Datenbus des Kraftfahrzeugs 1 erfolgen.

Fig. 2 zeigt schematisch ein Zeit-Frequenz-Diagramm. Auf der Abszisse A ist insbesondere die Zeit t aufgetragen und auf der Ordinate O ist insbesondere die Frequenz f aufgetragen. Insbesondere zeigt die Fig. 1, wie ein elektrisches Prüfsignal P an das Schallwandlerelement 11 angelegt wird. Das elektrische Prüfsignal P regt das Schallwandlerelement 11 an, wobei das elektrische Prüfsignal P eine vorgegebene bekannte elektrische Stromstärke I (Fig. 4) aufweist und welches frequenzmoduliert ist.

Beispielsweise kann das Schallwandlerelement 11 mittels eines positiven Frequenzchirps 12 als elektrisches Prüfsignal P angeregt werden. Bei dem positiven Frequenzchirp 12 handelt es sich insbesondere um ein frequenzmoduliertes Signal, dessen Frequenz über die Zeit t steigt. Mit anderen Worten wird der positive Frequenzchirp 12 zum Zeitpunkt t_0 beispielsweise mit einer Frequenz f_1 ausgesendet und wird über die Zeit t derart moduliert, dass dieser zu einem Zeitpunkt t_2 eine zur ersten Frequenz f_1 höhere Frequenz f_2 aufweist. Das Anregen mit dem positiven Frequenzchirp 12 kann dabei durch Frequenzen eines gleichen Frequenzbands durchgeführt werden. Es ist alternativ auch möglich, dass das Anregen mit dem positiven Frequenzchirp 12 durch Frequenzen von zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt wird.

Ferner ist es möglich, dass das Schallwandlerelement 11 mittels eines negativen Frequenzchirps 13 als elektrisches Prüfsignal P angeregt wird. Beim negativen Frequenzchirp 13 kann es sich insbesondere um ein frequenzmoduliertes Signal handeln,

dessen Frequenz über die Zeit t abnimmt. Beispielsweise kann zum Zeitpunkt t_0 der negative Frequenzchirp 13 mit einer Frequenz f_2 ausgesendet werden und über die Zeit t hinweg abnehmen, sodass er beispielsweise zum Zeitpunkt t_2 eine zur Frequenz f_2 unterschiedliche niedrigere Frequenz f_1 aufweist. Das Anregen mit dem negativen Frequenzchirp 13 kann dabei durch Frequenzen eines gleichen Frequenzbands durchgeführt werden, es ist alternativ auch möglich, dass das Anregen mit dem negativen Frequenzchirp 13 durch Frequenzen von zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt wird.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Schallwandlerelement 11 mittels zwei elektrischen Prüfsignalen P angeregt wird, wobei ein erstes elektrisches Prüfsignal P unterschiedlich frequenzmoduliert ist als das zweite elektrische Prüfsignal P . Beispielsweise kann hierzu das erste elektrische Prüfsignal P als positiver Frequenzchirp 12 ausgebildet sein und das zweite elektrische Prüfsignal P kann als negativer Frequenzchirp 13 ausgebildet sein. Insbesondere wird das elektrische Prüfsignal P derart frequenzmoduliert, dass zumindest eine Resonanzfrequenz f_{res} mit der Frequenz des elektrischen Prüfsignals P umfasst ist. Da insbesondere der Funktionszustand um die Resonanzfrequenz herum von Bedeutung ist, hat dies den Vorteil, dass insbesondere um diese Frequenz herum der Funktionszustand überprüft werden kann. Im vorliegenden Beispiel kann beispielsweise zum Zeitpunkt t_1 die Resonanzfrequenz f_{res} erreicht werden.

Fig. 3 zeigt schematisch ein Zeit-Spannungs-Diagramm. Auf der Abszisse A ist insbesondere die Zeit t aufgetragen und auf der Ordinate O ist insbesondere die Spannung V aufgetragen. Das elektrische Prüfsignal P , welches eine vorgegebene bekannte elektrische Stromstärke I aufweist und welches frequenzmoduliert wird, wird an das Schallwandlerelement 11 angelegt. Ein von diesem elektrischen Prüfsignal P abhängiger elektrischer Spannungsverlauf V_1 wird erfasst und zumindest ein Wert eines den Ultraschallsensor 5a charakterisierender Parameters, insbesondere eine Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors 5a, dadurch bestimmt. Dieser Parameter, insbesondere diese Übertragungsfunktion, wird mit einem Wert eines Referenzultraschallsensor elektrisch charakterisierenden Referenzparameters, insbesondere einer Referenz-Übertragungsfunktion, verglichen und abhängig von dem Vergleich wird der Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt.

Die Fig. 3 zeigt insbesondere den Spannungsverlauf V_1 vom Zeitpunkt t_0 bis Zeitpunkt t_2 aus Fig. 2. Insbesondere wird zum Zeitpunkt t_0 das Schallwandlerelement 11 mit dem frequenzmodulierten elektrischen Prüfsignal P angeregt und der Spannungsverlauf V_1 bis

zum Zeitpunkt t_2 , an dem das elektrische Prüfsignal P beendet ist, erfasst. Anhand der gemessenen Spannungen V kann dann der Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt werden. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein zeitlicher Verlauf oder ein Betrag oder ein Realteil der elektrischen Spannungen V oder eine Einhüllende 14 des Spannungsverlaufs V_1 der Spannung V erfasst wird und abhängig davon die Übertragungsfunktion bestimmt wird. Zum Zeitpunkt t_1 , an welchem das elektrische Prüfsignal P die Resonanzfrequenz f_{res} erreicht, weist insbesondere die Einhüllende 14 eine niedrige Spannung auf, da hier der Ultraschallsensor 5a besonders effizient betrieben werden kann.

Mittels der Übertragungsfunktion kann insbesondere das akustische elektrische Verhalten des Ultraschallsensors 5a dargestellt werden. Insbesondere weist bauartbedingt jeder Ultraschallsensor 5a eine spezifische Übertragungsfunktion auf. Durch äußere Einflüsse, wie beispielsweise Umwelteinflüsse, Alterung oder sensorbedingte Einflüsse, kann es dazu kommen, dass der Ultraschallsensor 5a eine abweichende Übertragungsfunktion gegenüber einer Referenz-Übertragungsfunktion eines Referenzultraschallsensors aufweist. Insbesondere ist die Übertragungsfunktion unterschiedlich zur Referenz-Übertragungsfunktion. Anhand der Übertragungsfunktion gegenüber der Referenz-Übertragungsfunktion kann dann insbesondere ein Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt werden. Beispielsweise kann bestimmt werden, ob der Ultraschallsensor 5a verschmutzt beziehungsweise vereist ist. Die Übertragungsfunktion wird abhängig von dem elektrischen Prüfsignal P bestimmt, wobei der Ultraschallsensor 5a mit dem elektrischen Prüfsignal P angeregt wird. Die Spannung V_1 wird ausgewertet und abhängig davon die Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors 5a bestimmt. Die Übertragungsfunktion wird mit der Referenz-Übertragungsfunktion verglichen und abhängig von dem Vergleich kann dann der Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt werden.

Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass die Bestimmung des Funktionszustands des Ultraschallsensors 5a bei einer Mehrzahl von Betriebsarten des Kraftfahrzeugs 1, insbesondere bei einem Fahrbetrieb des Kraftfahrzeugs 1, durchgeführt werden kann. Somit kann aktuell der Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt werden.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Ersatzschaltbild einer Ausführungsform des Ultraschallsensors 5a als ein elektrisches Modell 15 des Ultraschallsensors 5a. Insbesondere beschreibt das elektrische Modell 15 den mechanischen Ultraschallwandler

5a elektrisch. Insbesondere weist das elektrische Modell 15 eine Mehrzahl an Bauelementen 16 auf.

Insbesondere weist das elektrische Modell 15 einen ersten Kondensator 17, einen zweiten Kondensator 20, eine erste Induktivität 18, eine zweite Induktivität 21, einen ersten ohmschen Widerstand 19 und einen zweiten ohmschen Widerstand 22 auf. Insbesondere sind Parameterwerte der Bauelemente 16 derart ausgebildet, dass sie durch die Übertragungsfunktion charakterisiert werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass im elektrischen Modell 15 der erste Kondensator 17, die erste Induktivität 18 und der erste ohmsche Widerstand 19 in Serie geschaltet sind und parallel zu dieser Serienschaltung jeweilig der zweite Kondensator 20, die zweite Induktivität 21 und der zweite ohmsche Widerstand geschaltet ist.

Insbesondere bilden der zweite Kondensator 20, die zweite Induktivität 21 und der zweite ohmsche Widerstand die elektrischen, insbesondere parasitären, Eigenschaften der Bauteile des Ultraschallsensors 5a ab. Diese Eigenschaften werden in dem elektrischen Modell 15 mit berücksichtigt. Mittels des ersten Kondensators 17 kann beispielsweise eine mechanische Nachgiebigkeit, welche dem Reziprokwert der Steifigkeit entspricht, einer Membran des Ultraschallsensors 5a beschrieben werden. Mittels der ersten Induktivität 18 kann insbesondere eine bewegende Masse der Membran beschrieben werden. Mittels des ersten ohmschen Widerstands 19 kann insbesondere eine Dämpfung des Ultraschallsignals 8 beschrieben werden. Insbesondere kann mittels der physikalischen Kapazität, der mechanischen Nachgiebigkeit der bewegenden Masse und der Dämpfung der zumindest eine Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt werden.

Beispielsweise kann sich bei einer defekten Keramik die Kapazität des zweiten Kondensators 20 verringern, sodass durch eine Verringerung der zweiten Kapazität auf einen Defekt der Keramik schließen lässt. Sollte beispielsweise Eis auf der Membran des Ultraschallsensors 5a sein, so kann sich beispielsweise die mechanische Nachgiebigkeit und die bewegende Masse verändern, sodass im elektrischen Modell 15 eine Veränderung des ersten Kondensators 17, bzw. eine Veränderung der ersten Kapazität des ersten Kondensators 17, und eine Veränderung der ersten Induktivität 18 zu verzeichnen ist. Anhand der Parameterwertänderungen kann dann auf den Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a Rückschluss gezogen werden.

Insbesondere ist vorgesehen, dass die Parameterwerte der Bauelemente 16 mittels einer Parameterwertanpassung, insbesondere mittels einer numerischen Optimierung, derart bestimmt werden, dass sie sich mit diesen angepassten Parameterwerten die Übertragungsfunktion modellmäßig ergibt.

Insbesondere können dann die Referenz-Übertragungsfunktion und/oder Parameterwerte eines die Referenz-Übertragungsfunktion ergebenden Referenzultraschallsensors für eine Mehrzahl von potentiellen Funktionszuständen auf einem Speichermedium der Ultraschallsensorvorrichtung 5 abgespeichert werden. Somit können dann die einzelnen Parameterwerte der Bauelemente 16 mit den Parameterwerten der Bauelemente des Referenzultraschallsensors verglichen werden und dadurch auf den im Speicher abgespeicherten Informationen Rückschlüsse auf die Umweltbedingungen, die Sensorbedingungen bzw. die Alterung des Ultraschallsensors 5a gezogen werden.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass eine Information zumindest eines weiteren Sensors, wie beispielsweise eines Temperatursensors und/oder eines Luftfeuchtigkeitssensors und/oder weiterer Sensorarten, bei der Funktionszustandsbestimmung mit berücksichtigt wird. Der zumindest eine weitere Sensor kann Teil des Ultraschallsensors 5a und/oder der Ultraschallsensorvorrichtung 5 und/oder des Kraftfahrzeugs 1 sein.

Insbesondere ist vorgesehen, dass somit die Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors 5a direkt und somit sensorintern - ohne ausgesendete Ultraschallsignale und empfangene Echosignale zu senden und auszuwerten - gemessen wird und anhand der Übertragungsfunktion der Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a bestimmt wird. Dazu wird der Ultraschallsensor 5a mittels des elektrischen Prüfsignals P angeregt. Mittels des elektrischen Prüfsignals P wird dann die Spannung V des Ultraschallsensors 5a beeinflusst und durch den Ultraschallsensor 5a ausgewertet. Abhängig von der vom elektrischen Prüfsignal P abhängigen erfassten Spannung wird die Übertragungsfunktion bestimmt. Das bereitgestellte elektrische Modell 15 mit seinen Bauelementen 16 wird durch Parameterwertanpassung an die bestimmte Übertragungsfunktion angepasst, so dass die Bauelemente 16 die Übertragungsfunktion charakterisieren. Die angepassten Parameterwerte werden dann mit Referenzparameterwerten eines Referenzultraschallsensors verglichen und auf Basis des Vergleichs werden dann Rückschlüsse auf den Funktionszustand des Ultraschallsensors 5a gezogen.

Ferner kann vorgesehen sein, dass ein Übertragungselement 23 des Schallwandlerelements 11 an einer primären Seite 23a des Übertragungselements 23 mit dem elektrischen Prüfsignal P angeregt wird. Ferner kann vorgesehen sein, dass das elektrische Prüfsignal P an einer sekundären Seite 23b des Übertragungselements 23 angeregt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Funktionszustands eines Ultraschallsensors (5a) einer Ultraschallsensorvorrichtung (5) für ein Kraftfahrzeug (1), welche zum Aussenden eines Ultraschallsignals (8) in eine Umgebung (4) des Kraftfahrzeugs (1) und/oder zum Empfangen eines Echosignals (9) des Ultraschallsignals (8) ausgebildet ist, wobei ein Schallwandlerelement (11) des Ultraschallsensors (5a) mit einem elektrischen Prüfsignal (P) angeregt wird, wobei das elektrische Prüfsignal (P) durch eine elektrische Stromstärke (I), eine elektrische Spannung (V) und eine Frequenz (f) definiert ist, und der Funktionszustand abhängig von einem Auswerten des elektrischen Prüfsignals (P) bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass das Schallwandlerelement (11) mit einem elektrischem Prüfsignal (P) angeregt wird, welches eine vorgegebene bekannte elektrische Stromstärke (I) aufweist und welches frequenzmoduliert wird, und eine von diesem elektrischen Prüfsignal (P) abhängige elektrische Spannung (V) am Schallwandlerelement (11) erfasst wird und abhängig von der erfassten Spannung (V) zumindest ein Wert eines den Ultraschallsensor (5a) elektrisch charakterisierender Parameters bestimmt wird, welcher mit einem Wert eines Referenzultraschallsensor elektrisch charakterisierenden Referenzparameters verglichen wird und abhängig von dem Vergleich der Funktionszustand des Ultraschallsensors (5a) bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch den zumindest einen charakterisierenden Parameter eine Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors (5a) definiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrisches Modell (15) des Ultraschallsensors (5a) mit einer Mehrzahl von elektrischen Bauelementen (16) erzeugt wird, wobei das elektrische Modell (15) den mechanischen Ultraschallsensor (5a) elektrisch beschreibt, wobei Parameterwerte des elektrischen Modells (15) durch die Übertragungsfunktion des Ultraschallsensors (5a) bestimmt werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schallwandlerelement (11) mittels eines positiven Frequenzchirps (12) als elektrisches Prüfsignal (P) angeregt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Anregen mit dem positiven Frequenzchirp (12) durch Frequenzen eines gleichen Frequenzbands durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Anregen mit dem positiven Frequenzchirp (12) durch Frequenzen von zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Schallwandlerelement (11) mittels eines negativen Frequenzchirps (13) als elektrisches Prüfsignal (P) angeregt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anregen mit dem negativen Frequenzchirp (13) durch Frequenzen eines gleichen Frequenzbands durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anregen mit dem negativen Frequenzchirp (13) durch Frequenzen von zumindest zwei unterschiedlichen Frequenzbändern durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

das Schallwandlerelement (11) mittels zwei elektrischen Prüfsignalen (P) angeregt wird, wobei ein erstes elektrisches Prüfsignal (P) unterschiedlich frequenzmoduliert ist als das zweite elektrische Prüfsignal (P).

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übertragungselement (23) des Schallwandlerelements (11) an einer primären Seite (23a) des Übertragungselements (23) mit dem elektrischen Prüfsignal (P) angeregt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übertragungselement (23) des Schallwandlerelements (11) an einer sekundären Seite (23b) des Übertragungselements (23) mit dem elektrischen Prüfsignal (P) angeregt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein zeitlicher Verlauf oder ein Betrag oder ein Realteil der elektrischen Spannung (V) oder eine Einhüllende (14) des Spanungsverlaufs (V_1) der Spannung (V) erfasst wird und abhängig davon der den Ultraschallsensor (5a) elektrisch charakterisierende Parameter bestimmt wird.
14. Ultraschallsensorvorrichtung (5) mit zumindest einem Ultraschallsensor (5a) für ein Kraftfahrzeug (1) mit einer Sendeeinrichtung (6) zum Senden von Ultraschallsignalen (8), mit einer Empfangseinrichtung (7) zum Empfangen eines Echosignals (9) der Ultraschallsignale (8) und mit einer Steuerungseinrichtung (S) des Ultraschallsensors (5a), welche dazu ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen.

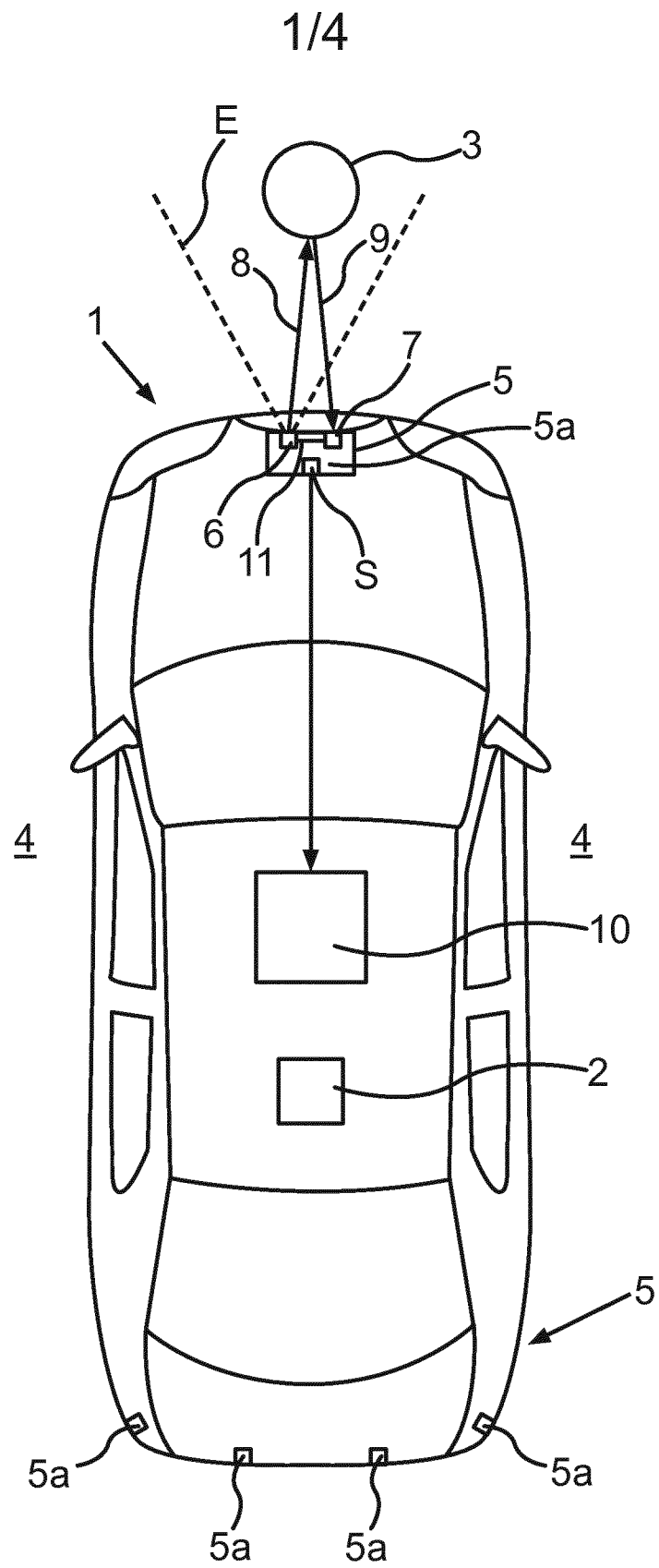


Fig.1

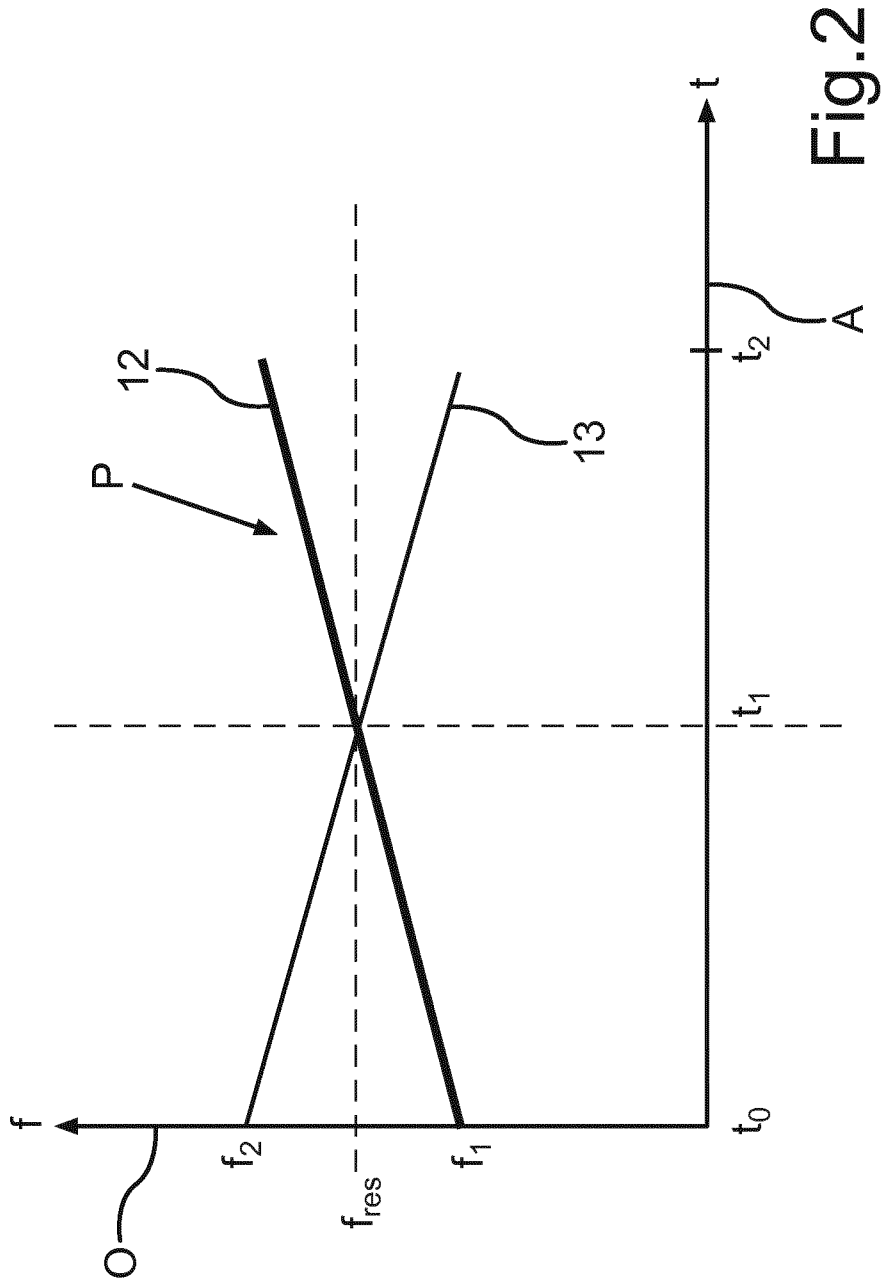


Fig.2

3/4

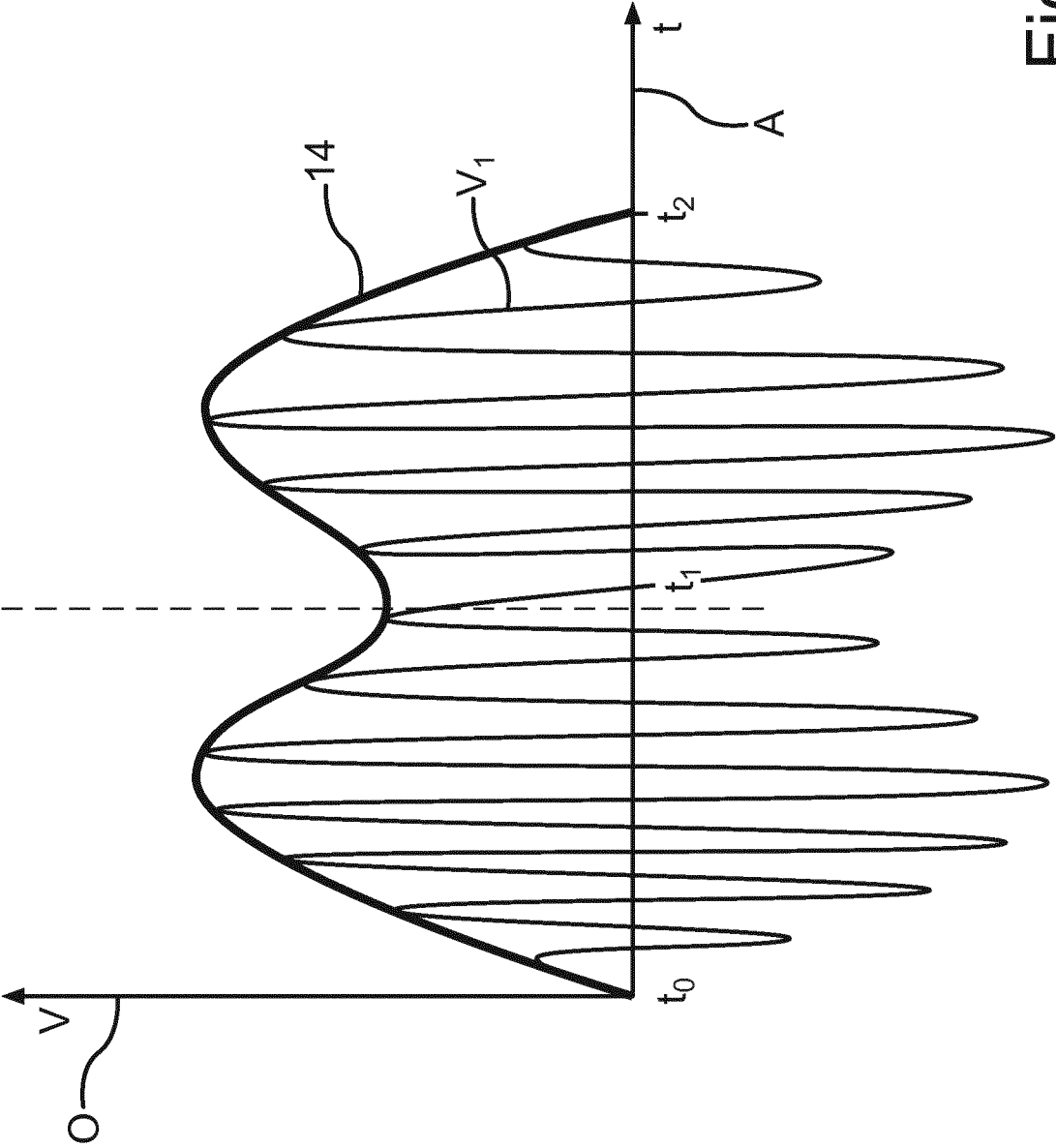


Fig.3

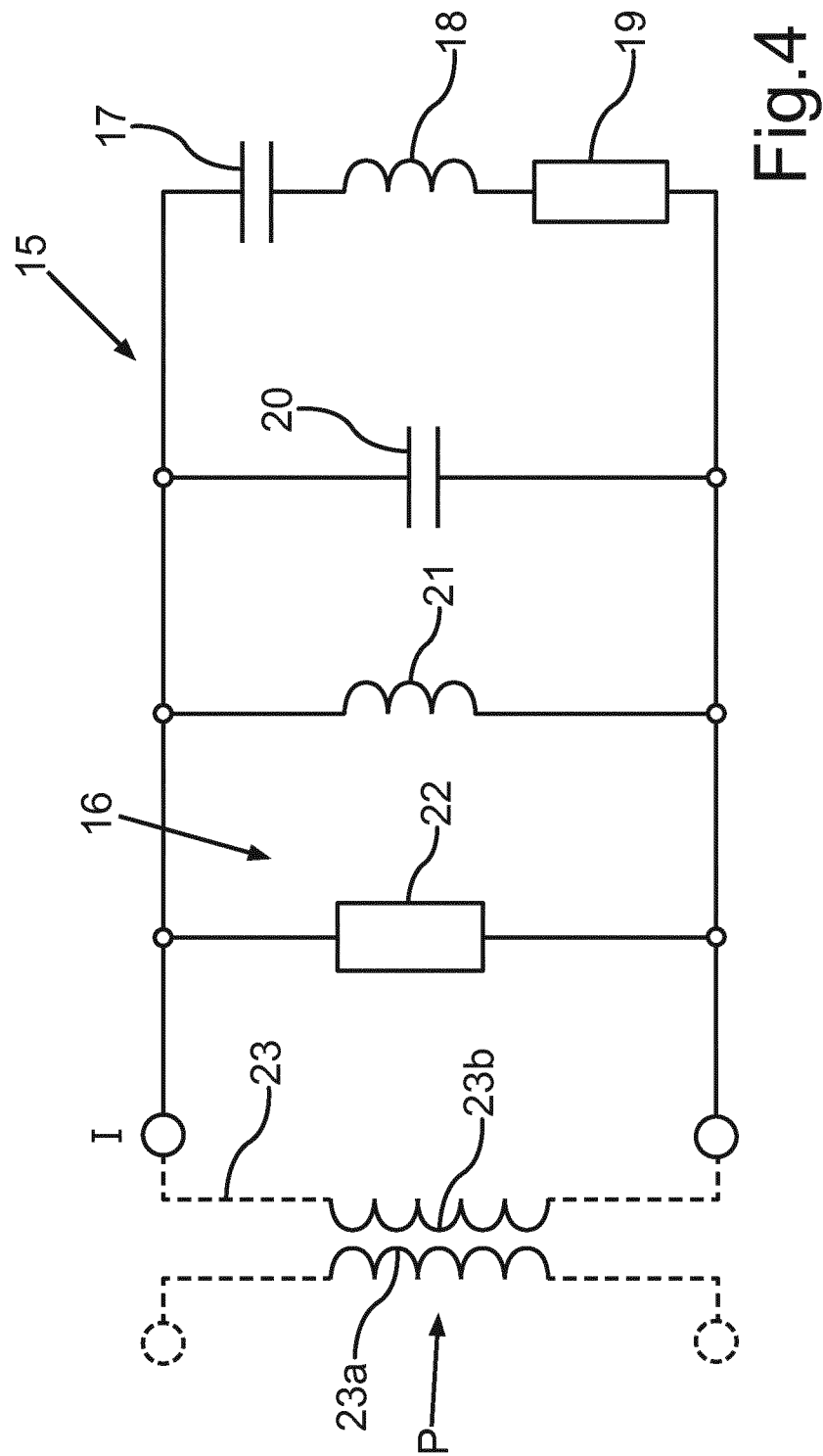


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/083403**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01S 7/52**(2006.01)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.
X	DE 102014201482 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30 July 2015 (2015-07-30)	1,4-10,13,14
Y	paragraphs [0003], [0010], [0017], [0018], [0020], [0043], [0044], [0049] - [0050], [0057] - [0065], [0070], [0071]; claims 1,2,7; figures 1-2	2,3,11,12
Y	DE 102008042820 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15 April 2010 (2010-04-15)	2,3,11,12
	paragraphs [0001], [0002], [0006], [0009], [0022], [0023], [0025], [0026], [0028], [0030]; claims 1,2; figures 1-3	
X	DE 102014213122 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 07 January 2016 (2016-01-07)	1,14
A	paragraphs [0004], [0022], [0031], [0007], [0032], [0043], [0010], [0011], [0045], [0002], [0036], [0014]; figures 1,6,3a,3b	2-13

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 March 2019

Date of mailing of the international search report

14 March 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

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

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

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

Authorized officer

Metz, Carsten

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/083403

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102014201482	A1	30 July 2015	CN	104808195	A	29 July 2015
				DE	102014201482	A1	30 July 2015
				EP	2899563	A1	29 July 2015
DE	102008042820	A1	15 April 2010	DE	102008042820	A1	15 April 2010
				EP	2347231	A1	27 July 2011
				RU	2011119221	A	27 November 2012
				US	2012017684	A1	26 January 2012
				WO	2010043438	A1	22 April 2010
DE	102014213122	A1	07 January 2016	DE	102014213122	A1	07 January 2016
				FR	3023622	A1	15 January 2016
				GB	2530374	A	23 March 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01S7/52

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.
X	DE 10 2014 201482 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 30. Juli 2015 (2015-07-30)	1,4-10,
Y	Absätze [0003], [0010], [0017], [0018], [0020], [0043], [0044], [0049] - [0050], [0057] - [0065], [0070], [0071]; Ansprüche 1,2,7; Abbildungen 1-2	13,14 2,3,11, 12
Y	DE 10 2008 042820 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 15. April 2010 (2010-04-15) Absätze [0001], [0002], [0006], [0009], [0022], [0023], [0025], [0026], [0028], [0030]; Ansprüche 1,2; Abbildungen 1-3	2,3,11, 12
	----- -/-	



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

4. März 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/03/2019

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

Metz, Carsten

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2014 213122 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 7. Januar 2016 (2016-01-07)	1,14
A	Absätze [0004], [0022], [0031], [0007], [0032], [0043], [0010], [0011], [0045], [0002], [0036], [0014]; Abbildungen 1,6,3a,3b -----	2-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/083403

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014201482 A1	30-07-2015	CN 104808195 A	29-07-2015
		DE 102014201482 A1	30-07-2015
		EP 2899563 A1	29-07-2015

DE 102008042820 A1	15-04-2010	DE 102008042820 A1	15-04-2010
		EP 2347231 A1	27-07-2011
		RU 2011119221 A	27-11-2012
		US 2012017684 A1	26-01-2012
		WO 2010043438 A1	22-04-2010

DE 102014213122 A1	07-01-2016	DE 102014213122 A1	07-01-2016
		FR 3023622 A1	15-01-2016
		GB 2530374 A	23-03-2016
