

(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
02. April 2020 (02.04.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/064409 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 29/04 (2006.01) G01N 29/34 (2006.01)
B06B 1/06 (2006.01) H01L 41/083 (2006.01)
G01N 29/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/074764

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. September 2019 (17.09.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 216 444.4
26. September 2018 (26.09.2018) DE

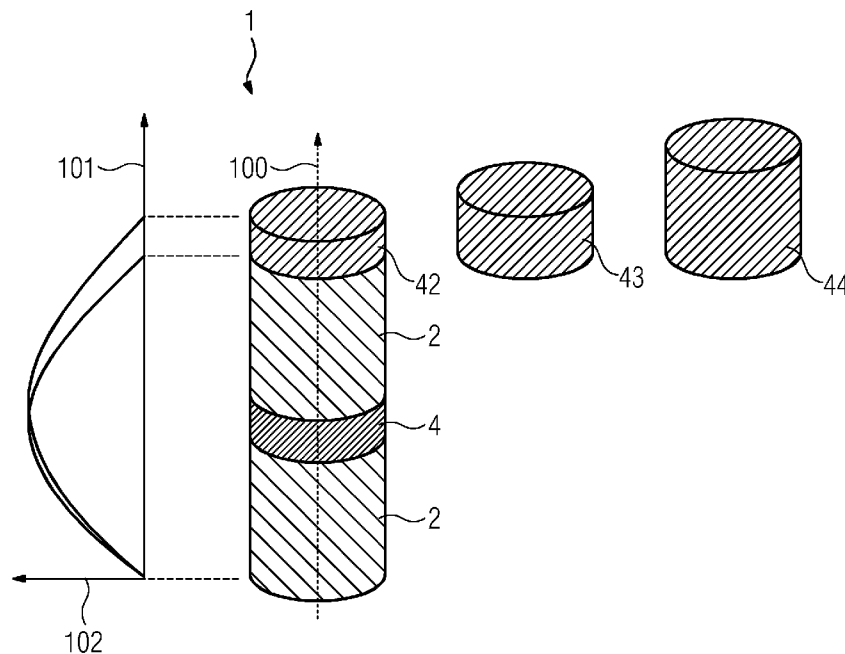
(71) Anmelder: SIEMENS MOBILITY GMBH [DE/DE]; Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München (DE).

(72) Erfinder: DUDECK, Sven Gerhard; Adlerweg 6, 85551 Kirchheim b. München (DE). GOLDAMMER, Matthias; Rapotostraße 10, 80687 München (DE). LOCH, Jörg; Hackelwiese 4, 38122 Braunschweig (DE). LOSADA MARTIN, Cesar; 1406 Everett Way, Roseville, 95747 (CA).

(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,

(54) Title: EXCITATION UNIT FOR AN ULTRASONIC TRANSMITTER AND METHOD FOR ULTRASONIC TESTING

(54) Bezeichnung: ANREGUNGSEINHEIT FÜR EINEN ULTRASCHALLSENDER UND VERFAHREN ZUR ULTRASCHALLPRÜFUNG



(57) Abstract: An excitation unit (1) for an ultrasonic transmitter is proposed, said excitation unit comprising a resonance body (2) for setting a fundamental frequency of the excitation unit (1), a piezo-element (4) for exciting the resonance body (2) and at least one adjustment element (42). According to the invention, the adjustment element (42) is nondestructively detachably disposed at the resonance body (2). Furthermore, the invention relates to a method for ultrasonic testing of a test object.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Anregungseinheit (1) für einen Ultraschallsender vorgeschlagen, die einen Resonanzkörper (2) zur Festlegung einer Grundfrequenz der Anregungseinheit (1), ein Piezoelement (4) zur Anregung des Resonanzkörpers (2) und wenigstens ein Einstellelement (42) umfasst. Erfindungsgemäß ist das Einstellelement (42) an dem Resonanzkörper (2) zerstörungsfrei

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, 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)

Beschreibung

Anregungseinheit für einen Ultraschallsender und Verfahren zur Ultraschallprüfung

5

Die Erfindung betrifft eine Anregungseinheit für einen Ultraschallsender gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Ultraschallprüfung eines Prüfobjektes, insbesondere eines Schienenabschnittes, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 12.

Ein Ultraschallsender umfasst zur Erzeugung von Ultraschall eine Anregungseinheit. Hierbei umfasst die Anregungseinheit, insbesondere im Frequenzbereich bis 100 Kilohertz, typischerweise ein Piezoelement, das heißt ein Element mit piezoelektrischen Eigenschaften.

Für Frequenzen bis 100 Kilohertz ist die entsprechende Wellenlänge des Ultraschalls vergleichbar zu den räumlichen Dimensionen der Anregungseinheit. Dadurch bilden sich typischerweise eine Mehrzahl von scharfen und getrennten Resonanzen aus, deren Frequenzen (Resonanzfrequenzen) ein harmonisches Vielfaches einer Grundfrequenz (Grundresonanzfrequenz) sind. Für diese Resonanzfrequenzen weist der erzeugte Ultraschall die größte Amplitude (Resonanzamplitude) auf, wobei die zur Grundresonanzfrequenz zugehörige Amplitude typischerweise die Größte ist. Allerdings ergibt sich aufgrund der Schärfe der Resonanzen eine geringe Bandbreite, da die Bandbreite des Ultraschalls auf die Breite der jeweiligen Resonanz beschränkt ist. Die Breite einer Resonanz und somit die Bandbreite des erzeugten Ultraschalls kann durch eine Dämpfung der Resonanz vergrößert werden. Nachteilig hieran ist, dass durch die Dämpfung die Amplitude der Resonanz verringert wird.

Zum Erreichen hoher Amplituden werden somit schmalbandige Anregungseinheiten verwendet, deren spektraler Arbeitsbereich

auf einen kleinen Bereich um die festgelegte Resonanzfrequenz beschränkt ist. Eine Anpassung der Frequenz ist bei solchen Anregungseinheiten nicht möglich. Ist eine andere Frequenz des Ultraschalls erforderlich, so muss die gesamte Anregungs-
5 einheit beziehungsweise der Ultraschallsender getauscht werden. Eine feine und aufgelöste Kontrolle über die Frequenz des Ultraschalls ist hierbei nur schwer möglich.

Typischerweise werden zur Ultraschallprüfung größer ausge-
10 dehnter Prüfobjekte, insbesondere Schienenabschnitte, niedrige Frequenzen, beispielsweise bis 100 Kilohertz, verwendet. Insbesondere zur Ultraschallprüfung von Schienenabschnitten sind weiterhin hohe Amplituden erforderlich, damit ein ausreichendes Signal-Rausch-Verhältnis über die großen Messdis-
15 tanzen sichergestellt ist. Hierbei können die vom Ultraschall zurückgelegten Distanzen im Bereich von Kilometern liegen.

Durch Änderungen in der Amplitude des eingeschallten Ultraschalls kann auf Defekte innerhalb des geprüften Schienenabschnittes geschlossen werden. Hierbei werden aufgrund der er-
20 forderlichen hohen Amplituden wiederum schmalbandige Ultraschallsender verwendet. Stimmt die Frequenz des durch die Anregungseinheit erzeugten Ultraschalls nicht mit der für den Schienenabschnitt charakteristischen Frequenz überein, so
25 muss eine weitere von der verwendeten Anregungseinheit verschiedene Anregungseinheit verwendet werden. Dies ist zeitaufwendig und umständlich. Insbesondere wird sich die charakteristische Frequenz mit den Umgebungsbedingungen, beispielsweise mit der Temperatur, ändern, sodass die Frequenz des
30 Ultraschalls kaum auf die charakteristische Frequenz des Schienenabschnittes abstimmbare ist. Dadurch wird nachteiligerweise die maximal mögliche Amplitude selten erreicht.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine
35 Anregungseinheit für einen Ultraschallsender bereitzustellen, die eine verbesserte Einstellung der Frequenz des erzeugten Ultraschalls ermöglicht.

Die Aufgabe wird durch eine Anregungseinheit mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 12 gelöst. In den abhängigen Patentansprüchen sind vorteilhafte
5 Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

Die erfindungsgemäße Anregungseinheit für einen Ultraschall-sender umfasst einen Resonanzkörper zur Festlegung einer Grundfrequenz der Anregungseinheit, ein Piezoelement zur An-
10 regung des Resonanzkörpers und wenigstens ein Einstellelement. Erfindungsgemäß ist das Einstellelement an dem Resonanzkörper zerstörungsfrei lösbar angeordnet.

Die erfindungsgemäße Anregungseinheit ist somit zur Erzeugung
15 von Ultraschall ausgebildet. Hierbei wird angenommen, dass die Grundfrequenz im Wesentlichen durch den Resonanzkörper festgelegt ist. Allerdings kann das Piezoelement ebenfalls die Grundfrequenz, typischerweise geringfügig, beeinflussen. Die Grundfrequenz der Anregungseinheit ist somit die Grundresonanzfrequenz der Anregungseinheit, ohne dass das Einstel-
20 lelement am Resonanzkörper angeordnet ist.

Erfindungsgemäß ermöglicht die Anordnung des Einstellelementes eine Verschiebung oder Änderung der durch den Resonanzkörper festgelegten Grundfrequenz. Das ist deshalb der Fall,
25 da das Einstellelement am Resonanzkörper angeordnet ist. Dadurch bildet sich ein effektiver Resonanzkörper (Resonanzkörper und Einstellelement) mit einer verschiedenen Geometrie und Masse aus, der eine von der durch den Resonanzkörper
30 festgelegten Grundfrequenz verschiedene neue Grundfrequenz aufweist. Mittels der Geometrie und Masse des Einstellelementes kann die Verschiebung gegenüber der durch den Resonanzkörper festgelegten Grundfrequenz eingestellt oder festgelegt werden. Dadurch kann vorteilhafterweise auf andere Prüfobjekte
35 te oder geänderte Umgebungsbedingungen reagiert werden.

Ein wesentlicher Grundgedanke der vorliegenden Erfindung ist, dass das Einstellelement zerstörungsfrei lösbar am Resonanz-

körper angeordnet ist. Mit anderen Worten kann das Einstellelement vom Resonanzkörper, ohne das Einstellelement und/oder den Resonanzkörper zu beschädigen oder zu zerstören, entfernt oder gelöst werden. Dadurch wird eine Einstellung
5 der Frequenz des mittels der erfindungsgemäßen Anregungseinheit erzeugten Ultraschalls ermöglicht. Weiterhin kann zwischen der Grundfrequenz ohne dem angeordneten Einstellelement oder einer neuen Grundfrequenz mit angeordneten Einstellelement beliebig gewechselt werden. Da für beide Grundfrequenzen
10 eine Resonanz vorliegt, ist die Amplitude vorteilhafterweise dennoch größtmöglich.

Die erfindungsgemäße Anregungseinheit stellt somit eine Einstellung der Frequenz des erzeugten Ultraschalls ohne Einbu-
15 ßen bei seiner Amplitude bereit. Die vorliegende Erfindung löst somit den Konflikt zwischen einer einstellbaren Frequenz und einer möglichst großen Amplitude des erzeugten Ultraschalls auf.

20 Weiterhin kann die Frequenz des erzeugten Ultraschalls ohne eine Werkstatt und direkt im Feld, beispielsweise bei einer Ultraschallprüfung eines Schienenabschnittes, auf die dortigen Randbedingungen, Umgebungsbedingungen und Gegebenheiten eingestellt beziehungsweise abgestimmt werden. Dadurch werden
25 vorteilhafterweise Kosten reduziert.

Weiterhin wird vorteilhafterweise ein Einstellen oder Abstimmen der Bandbreite des erzeugten Ultraschalls ermöglicht.

30 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Ultraschallprüfung eines Prüfobjektes, insbesondere eines Schienenabschnittes, wird Ultraschall in das Objekt mittels eines Ultraschallsenders eingeschallt. Erfindungsgemäß wird der Ultraschall mittels einer Anregungseinheit gemäß der vorliegenden Erfindung
35 und/oder einer ihrer Ausgestaltungen erzeugt.

Ein Ultraschallsender gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst somit wenigstens eine erfindungsgemäße Anregungseinheit.

5 Es ergeben sich zur erfindungsgemäßen Anregungseinheit gleichartige und gleichwertige Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens.

10 Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Einstellelement zerstörungsfrei durch ein weiteres Einstellelement austauschbar.

Vorteilhafterweise kann dadurch die Frequenz des erzeugten Ultraschalls verbessert eingestellt werden. Die erfindungsgemäße zerstörungsfrei lösbare Anordnung des Einstellelementes beziehungsweise der Einstellelemente ermöglicht einen Wechsel der Einstellelemente. Das weitere Einstellelement kann wiederum zerstörungsfrei lösbar am Resonanzkörper angeordnet werden. Dadurch ist das weitere Einstellelement ebenfalls austauschbar. Insbesondere weisen das Einstellelement und das weitere Einstellelement eine verschiedene Geometrie oder Masse auf. Dadurch kann vorteilhafterweise eine größere Variation in der Frequenz des erzeugten Ultraschalls bereitgestellt werden.

25

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Resonanzkörper wenigstens ein Kopplungselement auf, mittels welchem das Einstellelement am Resonanzkörper angeordnet ist, und mittels welchem das Einstellelement zerstörungsfrei vom Resonanzkörper lösbar ist.

30

Ein solches vorteilhaftes Kopplungselement umfasst beispielsweise ein oder mehrere Bolzen, eine oder mehrere Klemmen, eine oder mehrere Klickverbindungen und/oder eine oder mehrere Schraubverbindungen.

35

Besonders bevorzugt ist das Einstellelement magnetisch am Resonanzkörper angeordnet.

Hierzu sind der Resonanzkörper und das Einstellelement wenigstens teilweise magnetisch ausgebildet. Bevorzugt sind der Resonanzkörper und das Einstellelement ferromagnetisch. Die magnetische Anordnung des Einstellelementes am Resonanzkörper kann mittels Dauermagneten, insbesondere Neodym-Eisen-Bor-Dauermagneten, und/oder elektromagnetisch erfolgen. Ein weiterer Vorteil der magnetischen Anordnung des Einstellelementes ist, dass diese vorteilhafterweise eine besonders feste kraftschlüssige zerstörungsfrei lösbare Verbindung zwischen dem Einstellelement und dem Resonanzkörper ausbildet. Dadurch bildet der Resonanzkörper mit dem Einstellelement weiterhin eine schmalbandige Resonanz aus.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind der Resonanzkörper und das Einstellelement aus dem gleichen Material.

Dadurch wird die Ausbildung einer schmalbandigen und eindeutigen Resonanz weiter verbessert.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind der Resonanzkörper und das Einstellelement zylinderförmig ausgebildet, wobei der Resonanzkörper und das Einstellelement den gleichen Radius aufweisen, und der Resonanzkörper und das Einstellelement konzentrisch entlang einer Zylinderachse der Anregungseinheit angeordnet sind.

Dadurch wird ebenfalls die Ausbildung einer schmalbandigen und eindeutigen Resonanz weiter verbessert. Insbesondere ergibt sich eine deterministische Kontrolle über die Änderung der Grundfrequenz des Resonanzkörpers.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Einstellelement an einer der Grundflächen des Resonanzkörpers angeordnet.

Mit anderen Worten bilden der zylinderförmige Resonanzkörper und das Einstellelement einen Stapel aus. Dadurch kann die geänderte Grundfrequenz, das heißt die Grundfrequenz der Anregungseinheit mit dem angeordneten Einstellelement, weiter
5 verbessert eingestellt werden.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Resonanzkörper zweiteilig ausgebildet, wobei die zwei Teile des Resonanzkörpers mittels des Piezoelementes zueinander be-
10 abstandet angeordnet sind.

Mit anderen Worten ist das Piezoelement teilweise oder vollständig zwischen den zwei Teilen des Resonanzkörpers angeordnet. Das Piezoelement ist hierbei zur Anregung der zwei Teile
15 des Resonanzkörpers ausgebildet. Weisen die zwei Teile des Resonanzkörpers die gleiche Geometrie und Masse auf, so bildet sich eine besonders bevorzugte symmetrische Anregungseinheit aus.

20 Bevorzugt umfasst die Anregungseinheit ein weiteres Einstellelement.

Hierbei ist das weitere Einstellelement ebenfalls am Resonanzkörper angeordnet.
25

Besonders bevorzugt ist das Einstellelement an einem der Teile des Resonanzkörpers angeordnet und das weitere Einstellelement an dem anderen Teil des Resonanzkörpers angeordnet.

30 Dadurch kann die Frequenz der Anregungseinheit verbessert eingestellt werden.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind das Einstellelement und das weitere Einstellelement als
35 Scheiben unterschiedlicher Dicke ausgebildet.

Dadurch weist die Anregungseinheit einen Satz von unterschiedlich dicken Einstellelementen auf, die als Scheiben

ausgebildet sind. Gewissermaßen liegt ein System oder ein Kit aus einer Grundanregungseinheit (Anregungseinheit ohne Einstellelemente) und den Einstellelementen vor, wobei die Einstellelemente durch die zerstörungsfrei lösbare Verbindung, vergleichbar zu einem Bohrersatz, an der Anregungseinheit angeordnet und wieder von dieser gelöst werden können. Dadurch ergibt sich sinnbildlich einen Satz von möglichen Frequenzen des erzeugbaren Ultraschalls. Da die Einstellelemente vorteilhafterweise als Scheiben ausgebildet sind, können diese effizient und im Feld, beispielsweise bei einer Ultraschallprüfung eines Schienenabschnittes, getauscht werden. Weiterhin ist die Herstellung der Einstellelemente dadurch kosteneffizient.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus dem im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnung. Dabei zeigt die einzige Figur eine schematische Darstellung einer Anregungseinheit gemäß einer Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung.

Gleichartige, gleichwertige und/oder gleichwirkende Elemente können in der Figur mit denselben Bezugszeichen versehen sein.

Die Figur zeigt schematisch die Anregungseinheit 1. Die Anregungseinheit 1 umfasst einen Resonanzkörper 2 und ein Piezoelement 4. Der Resonanzkörper 2 ist zweiteilig ausgebildet. Mit anderen Worten weist dieser einen ersten und zweiten Teil auf, die in der Figur mit demselben Bezugszeichen 2 gekennzeichnet sind. Das Piezoelement 4 ist zwischen den zwei Teilen des Resonanzkörpers 2 angeordnet und beabstandet die zwei Teile des Resonanzkörpers 2.

Weiterhin umfasst die Anregungseinheit 1 ein Einstellelement 42 sowie zwei weitere Einstellelemente 43, 44. Das Einstellelement 42 ist, insbesondere magnetisch, zerstörungsfrei lösbar an einem Teil des zweiteiligen Resonanzkörpers 2 angeordnet. Durch die zerstörungsfrei lösbare Anordnung des Ein-

stellelementes 42 kann dieses durch die weiteren Einstellelemente 43, 44 ausgetauscht werden. Hierbei weisen die Einstellelemente 42, 43, 44 eine verschiedene geometrische Form auf.

5 Die Einstellelement 42, 43, 43 sind als Scheiben oder Zylinder ausgebildet und weisen eine unterschiedliche Dicke auf. Weiterhin ist der Resonanzkörper 2 beziehungsweise sind seine zwei Teile ebenfalls als Zylinder ausgebildet. Das Einstellelement 42 ist hierbei an einer Grundfläche des einen Teil
10 des Resonanzkörpers 2 zerstörungsfrei lösbar angeordnet.

Das Piezoelement 4 ist zur Anregung des Resonanzkörpers 2 ausgebildet. Mit anderen Worten wird mittels des Piezoelements 4 eine Schwingung des Resonanzkörpers 2 induziert, die
15 zur Aussendung oder Erzeugung von Ultraschall führt. Die Anregungseinheit 1 ohne eine Anordnung eines der Einstellelemente 42, 43, 44 weist eine Grundfrequenz auf. Mit anderen Worten würde eine Anregungseinheit 1 ohne eines der Einstellelemente 42, 43, 44 Ultraschall mit der Grundfrequenz
20 und/oder mit harmonischen Vielfachen dieser Grundfrequenz erzeugen. Da das Einstellelement 42 an dem Resonanzkörper 2 angeordnet ist, wird diese Grundfrequenz zu einer neuen Grundfrequenz verstimmt. Die Größe dieser Frequenzverschiebung ist im Wesentlichen von der geometrischen Form, der Masse und dem
25 Material des Einstellelementes 42 abhängig. Wird das Einstellelement 42 daher durch eines der weiteren Einstellelemente 43, 44 getauscht, so bildet sich eine andere Frequenzverschiebung und somit eine neue Frequenz des erzeugten Ultraschalls aus. Mit anderen Worten kann die Frequenz des mittels
30 der Anregungseinheit 1 erzeugten Ultraschalls durch die Anordnung der verschiedenen Einstellelemente 42, 43, 44 eingestellt werden. Diese Einstellung der Frequenz wird durch die erfindungsgemäße zerstörungsfrei lösbare Anordnung des Einstellelementes 42 beziehungsweise der Einstellelemente 42,
35 43, 44 ermöglicht.

Das Einstellen der Frequenz beziehungsweise die Änderung der Grundfrequenz ist schematisch im bezüglich der Anregungsein-

heit 1 nebenstehenden Diagramm verdeutlicht. Die Abszisse 101 des Diagramms verdeutlicht hierbei die Längenskala entlang einer Zylinderachse 100 der Anregungseinheit 1 in beliebigen Einheiten. An der Ordinate 102 des Diagramms ist die Amplitude des erzeugten Ultraschalls in beliebigen Einheiten symbolisch aufgetragen.

Bei einer - wie dargestellt - zylinderförmigen Ausbildung der Anregungseinheit 1, das heißt, dass die Anregungseinheit die Zylinderachse (Symmetrieachse) 100 aufweist, ist die Grundfrequenz der Anregungseinheit 1 ohne eines der Einstellelemente 42, 43, 44 im Wesentlichen durch die axiale Ausdehnung der Anregungseinheit 1 entlang der Zylinderachse festgelegt. Dieses vereinfachte Bild gilt, falls das an der Anregungseinheit 1 angeordnete Einstellelement 42 und der Resonanzkörper 2 bevorzugt aus dem gleichen Material sind und für Grundfrequenzen unterhalb von 100 Kilohertz. Das Diagramm zeigt jeweils einen Wellenbauch des erzeugten Ultraschalls. Dadurch wird deutlich, dass sich die Grundfrequenz durch die Anordnung des Einstellelementes 42 ändert. Mit anderen Worten wird die Frequenz des erzeugten Ultraschalls mit größer werdender Dicke des an der Anregungseinheit angeordneten Einstellelementes 42, 43, 44 verringert.

Die Einstellelemente 42, 43, 44 bilden somit einen Satz von Einstellelementen aus, mittels welchem die Frequenz des mittels der Anregungseinheit 1 erzeugten Ultraschalls veränderbar, einstellbar, verschiebbar und/oder anpassbar ist.

Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt oder andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

	1	Anregungseinheit
	2	Resonanzkörper
5	4	Piezoelement
	42	Einstellelement
	43	weiteres Einstellelement
	44	weiteres Einstellelement
	100	Zylinderachse
10	101	Abzisse
	102	Ordinate

Patentansprüche

1. Anregungseinheit (1) für einen Ultraschallsender, umfassend einen Resonanzkörper (2) zur Festlegung einer Grundfrequenz der Anregungseinheit (1), ein Piezoelement (4) zur Anregung des Resonanzkörpers (2) und wenigstens ein Einstellelement (42), dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellelement (42) an dem Resonanzkörper (2) zerstörungsfrei lösbar angeordnet ist.
2. Anregungseinheit (1) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellelement (42) zerstörungsfrei durch ein weiteres Einstellelement (43, 44) austauschbar ist.
3. Anregungseinheit (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonanzkörper (2) wenigstens ein Kopplungselement aufweist, mittels welchem das Einstellelement (42) am Resonanzkörper (2) angeordnet ist, und mittels welchem das Einstellelement (42) zerstörungsfrei vom Resonanzkörper (2) lösbar ist.
4. Anregungseinheit (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellelement (42) magnetisch am Resonanzkörper (2) angeordnet ist.
5. Anregungseinheit (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonanzkörper (2) und das Einstellelement (42) aus dem gleichen Material sind.
6. Anregungseinheit (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonanzkörper (2) und das Einstellelement (42) zylinderförmig ausgebildet sind, wobei der Resonanzkörper (2) und das Einstellelement (42) den gleichen Radius aufweisen, und der Resonanzkörper (2) und das Einstellelement (42) konzentrisch entlang einer Zylinderachse (100) der Anregungseinheit (1) angeordnet sind.

7. Anregungseinheit (1) gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellelement (42) an einer der Grundflächen des Resonanzkörpers (2) angeordnet ist.

5 8. Anregungseinheit (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Resonanzkörper (2) zweiteilig ausgebildet ist, wobei die zwei Teile des Resonanzkörpers (2) mittels des Piezoelementes (4) zueinander beabstandet angeordnet sind.

10

9. Anregungseinheit (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anregungseinheit (1) ein weiteres Einstellelement umfasst.

15 10. Anregungseinheit (1) gemäß Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass an jedem Teil des Resonanzkörpers (2) eines der Einstellelemente angeordnet ist.

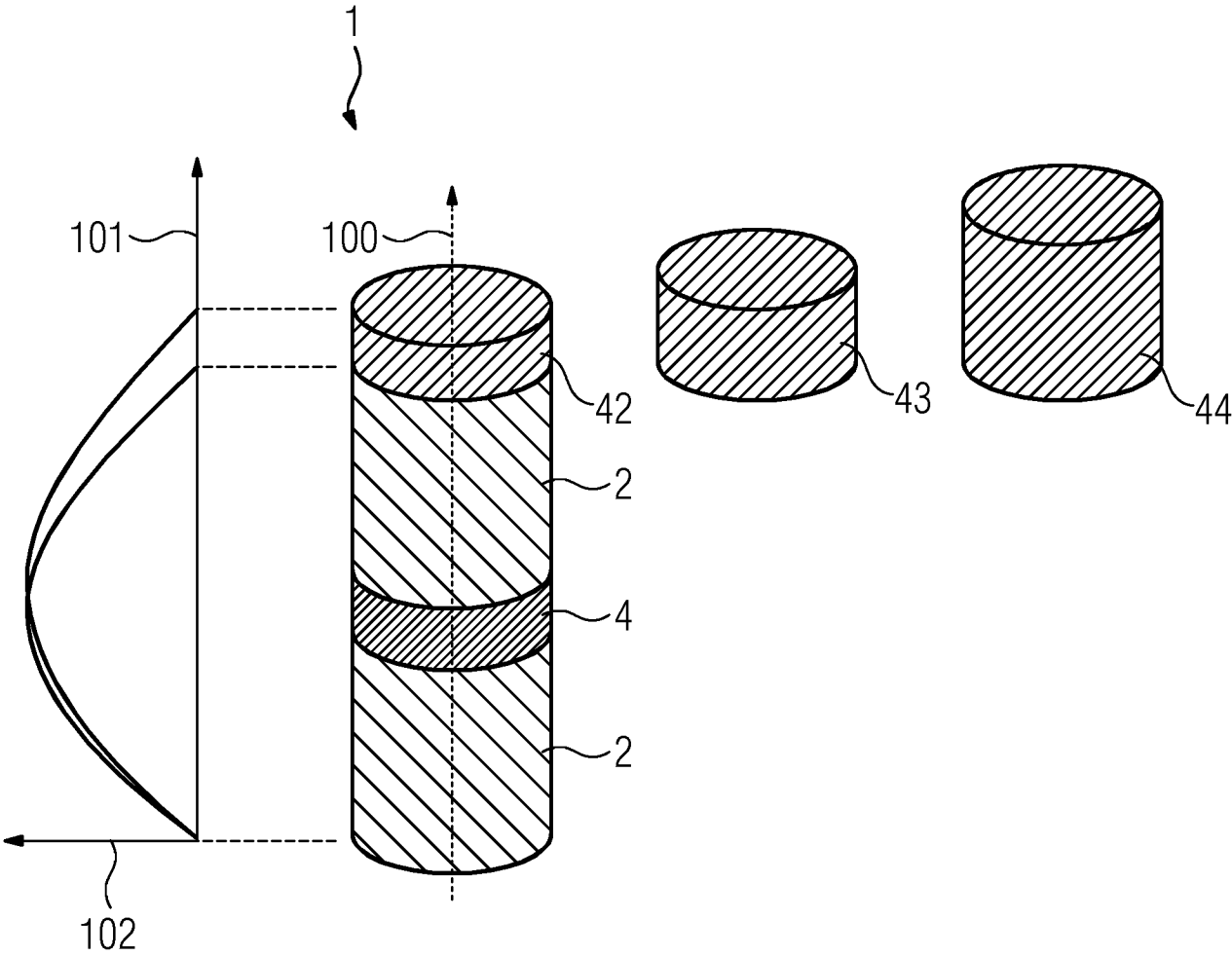
20 11. Anregungseinheit (1) gemäß Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellelement (42) und das weitere Einstellelement als Scheiben unterschiedlicher Dicke ausgebildet sind.

25 12. Verfahren zur Ultraschallprüfung eines Prüfobjektes, insbesondere eines Schienenabschnittes, bei dem Ultraschall in das Objekt mittels eines Ultraschallsenders eingeschallt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschall mittels einer Anregungseinheit (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche erzeugt wird.

30

13. Verfahren gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellelement (42) durch ein weiteres Einstellelement (42, 43) ausgetauscht wird.

35



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/074764**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01N 29/04**(2006.01)i; **B06B 1/06**(2006.01)i; **G01N 29/24**(2006.01)i; **G01N 29/34**(2006.01)i; **H01L 41/083**(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)

G01N; B06B; H02N; H01L; B01B

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5998908 A (GOODSON J MICHAEL [US]) 07 December 1999 (1999-12-07) column 2, lines 38-65; figures 1,4 column 4, lines 23-56	1,3-6,8-10,12
X	EP 2862635 A2 (ROLLS ROYCE MECHANICAL TEST OPERATIONS CT GMBH [DE]) 22 April 2015 (2015-04-22) paragraphs [0002], [0018], [0035], [0048], [0056]; figures 1,2	1-13
X	US 2012240687 A1 (MIYAKOZAWA TOMOKAZU [GB] ET AL) 27 September 2012 (2012-09-27) paragraphs [0003], [0007], [0014]; figures 1a,1b	1-3,5,8,12,13
X	DE 19623035 C1 (STN ATLAS ELEKTRONIK GMBH [DE]) 07 May 1997 (1997-05-07) abstract; figure 1 column 1, lines 19-32 column 2, lines 23-54	1,3,5,8

☐ 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

22 November 2019

Date of mailing of the international search report

02 December 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

Filipas, Alin

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/074764

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	5998908	A	07 December 1999	AT	556543 T	15 May 2012
				AU	732733 B2	26 April 2001
				CA	2226724 A1	13 November 1997
				CN	1196862 A	21 October 1998
				EP	0843952 A1	27 May 1998
				JP	2001526006 A	11 December 2001
				KR	19990028923 A	15 April 1999
				US	5998908 A	07 December 1999
				WO	9742790 A1	13 November 1997
EP	2862635	A2	22 April 2015	DE	102013221096 A1	23 April 2015
				EP	2862635 A2	22 April 2015
				US	2015130324 A1	14 May 2015
US	2012240687	A1	27 September 2012	EP	2503317 A1	26 September 2012
				GB	2489263 A	26 September 2012
				SG	184635 A1	30 October 2012
				US	2012240687 A1	27 September 2012
DE	19623035	C1	07 May 1997	NONE		

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N29/04 B06B1/06 G01N29/24 G01N29/34 H01L41/083
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01N B06B H02N H01L B01B

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

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

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 998 908 A (GOODSON J MICHAEL [US]) 7. Dezember 1999 (1999-12-07) Spalte 2, Zeilen 38-65; Abbildungen 1,4 Spalte 4, Zeilen 23-56 -----	1,3-6, 8-10,12
X	EP 2 862 635 A2 (ROLLS ROYCE MECHANICAL TEST OPERATIONS CT GMBH [DE]) 22. April 2015 (2015-04-22) Absätze [0002], [0018], [0035], [0048], [0056]; Abbildungen 1,2 -----	1-13
X	US 2012/240687 A1 (MIYAKOZAWA TOMOKAZU [GB] ET AL) 27. September 2012 (2012-09-27) Absätze [0003], [0007], [0014]; Abbildungen 1a,1b ----- -/-	1-3,5,8, 12,13



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

22. November 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/12/2019

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

Filipas, Alin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 23 035 C1 (STN ATLAS ELEKTRONIK GMBH [DE]) 7. Mai 1997 (1997-05-07) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 1, Zeilen 19-32 Spalte 2, Zeilen 23-54 -----	1,3,5,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/074764

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5998908	A	07-12-1999	AT 556543 T 15-05-2012
		AU 732733 B2 26-04-2001	
		CA 2226724 A1 13-11-1997	
		CN 1196862 A 21-10-1998	
		EP 0843952 A1 27-05-1998	
		JP 2001526006 A 11-12-2001	
		KR 19990028923 A 15-04-1999	
		US 5998908 A 07-12-1999	
		WO 9742790 A1 13-11-1997	
EP 2862635	A2	22-04-2015	DE 102013221096 A1 23-04-2015
			EP 2862635 A2 22-04-2015
			US 2015130324 A1 14-05-2015
US 2012240687	A1	27-09-2012	EP 2503317 A1 26-09-2012
			GB 2489263 A 26-09-2012
			SG 184635 A1 30-10-2012
			US 2012240687 A1 27-09-2012
DE 19623035	C1	07-05-1997	KEINE