(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. Januar 2025 (02.01.2025)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/002736 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 23/296 (2022.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/065355

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Juni 2024 (04.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 117 143.7
29. Juni 2023 (29.06.2023) DE

(71) Anmelder: **VEGA GRIESHABER KG** [DE/DE]; Hauptstr. 5, 77709 Wolfach (DE).

(72) Erfinder: **HAAS, Maximilian**; Hagenwinkel 19, 78733 Aichhalden (Rötenberg) (DE). **SCHÄTZLE, Benjamin**; Herrenmatt 13, 77978 Schuttertal (DE).

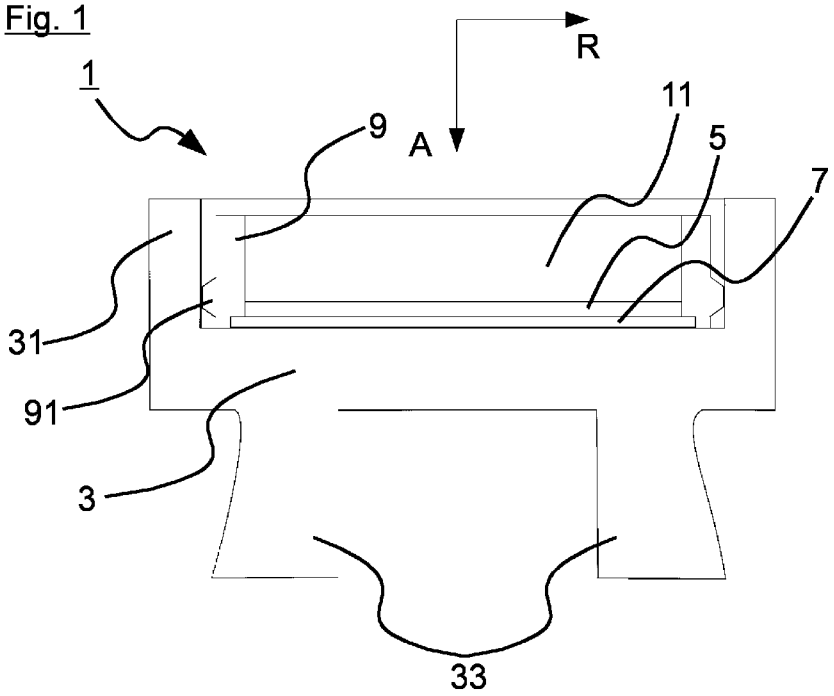
(74) Anwalt: **PATENTANWÄLTE BAUER VORBERG KAYSER**; Goltsteinstraße 87, 50968 Köln (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) **Title:** VIBRATION SENSOR

(54) **Bezeichnung:** VIBRATIONSSENSOR

Fig. 1



(57) **Abstract:** The present invention relates to a vibration sensor (1) having a membrane (3) which can be induced to oscillate, and having a piezo element (5) which is operatively connected to the membrane (3) and is designed and arranged such that oscillations of the piezo element (5) are transferred to the membrane (3) and oscillations of the membrane (3) are transferred to the piezo element (5), wherein the piezo element (5) is glued to the membrane (3), or to an adaptation ceramic (7) glued to the membrane (3), characterised in that the piezo element (5) consists of a lead-free piezoceramic.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Vibrationssensor (1) mit einer in Schwingung versetzbaren Membran (3) und einem mit der Membran (3) derart in Wirkverbindung stehenden Piezoelement (5), das derart ausgebildet und angeordnet ist, dass

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2025/002736 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

Schwingungen des Piezoelements (5) auf die Membran (3) und Schwingungen der Membran (3) auf das Piezoelement (5) übertragen werden, wobei das Piezoelement (5) mit der Membran (3), oder mit einer mit der Membran (3) verklebten Anpassungskeramik (7), verklebt ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Piezoelement (5) aus einer bleifreien Piezokeramik besteht.

Vibrationssensor

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Vibrationssensor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In der Prozess- und Fabrikautomation werden zur Überwachung und zur Steuerung von Prozessen, elektronische Sensoren eingesetzt. Solche Sensoren können beispielsweise zur Detektion von Füllständen, Grenzständen oder zur Überwachung von Prozessparametern eingesetzt werden.

Eine weit verbreitete Gattung solcher Sensoren stellen vibronische Sensoren, nachfolgend auch als Vibrationssensoren bezeichnet, dar. Vibrationssensoren zur Detektion von Füllständen oder Grenzständen arbeiten durch das Anregen einer mechanischen Schwingungseinheit mit deren Resonanzfrequenz. Das Bedecken des Schwingelements durch eine Flüssigkeit oder ein Schüttgut ändert dessen Resonanzfrequenz. Durch Überschreiten eines vorgegebenen Wertes dieser Änderung wird ein Schaltbefehl generiert.

Vibrationssensoren zur Bestimmung und/oder Überwachung des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter oder zur Ermittlung der Dichte eines Mediums im Behälter, weisen ein Gehäuse, eine Membran, eine mechanische Schwingungseinheit, eine Antriebs-/Empfangseinheit, im Folgenden auch kurz als Antrieb bezeichnet, und eine Regel-/Auswerteeinheit, im Folgenden auch kurz als Sensorelektronik bezeichnet, auf. Die Membran verschließt ein stirnseitiges Ende des Gehäuses und die mechanische Schwingungseinheit ist an der Membran angeordnet, wobei der Antrieb im Inneren des Gehäuses so angeordnet ist, dass er die Membran und die mechanische Schwingungseinheit in Schwingungen versetzt und deren Schwingungen erfasst und die Sensorelektronik aus den erfassten Schwingungen das Erreichen des vorgegebenen Füllstandes oder die Dichte des Mediums feststellt.

Solche Vibrationssensoren sind in den verschiedensten Ausführungen bekannt. Die mechanische Schwingungseinheit ist mindestens ein Schwingstab, der - wie bereits erwähnt - direkt an einer Membran befestigt ist. Die Membran wird über den Antrieb, einen elektromechanischen Wandler, z. B. ein piezoelektrisches Element, in Schwingung versetzt. Aufgrund der Schwingungen der Membran führt die an

der Membran befestigte mechanische Schwingungseinheit ebenfalls Schwingungen aus.

Die schwingfähige Membran, der einerseits der Membran angeordnete Antrieb und die andererseits der Membran angeordnete mechanischen Schwingungseinheit bilden damit ein schwingfähiges System, das durch den Antrieb in Schwingungen versetzbar ist und dessen Schwingungen durch den Antrieb erfassbar sind.

Als Füllstandmessgeräte ausgeführte Schwingungsdetektoren machen sich den Effekt zunutze, dass die Schwingungsfrequenz und die Schwingungsamplitude vom jeweiligen Bedeckungsgrad der schwingfähigen Einheit abhängig sind: Während die mechanische Schwingungseinheit in Luft ihre Schwingungen frei und ungedämpft ausführen kann, erfährt sie eine Frequenz- und Amplitudenänderung, sobald sie teilweise oder ganz in das Füllgut eintaucht. Aus einer vorbestimmten Frequenzänderung (typischerweise wird nicht die Amplitude, sondern die Frequenz gemessen) lässt sich somit eindeutig ableiten, ob ein vorbestimmter Füllstand eines Produktes im Behälter erreicht ist. Füllstandmessgeräte dieser Art werden darüber hinaus vor allem als Mittel zur Sicherung gegen Überfüllung oder zur Verhinderung des Leerlaufs einer Pumpe eingesetzt.

Darüber hinaus wird die Dämpfung der Schwingung des schwingfähigen Elements auch von der Dichte des jeweiligen Produkts beeinflusst. Bei konstantem Überdeckungsgrad des mindestens einen schwingfähigen Elements besteht ein Zusammenhang mit der Dichte des Produktes, so dass sich Schwingungsdetektoren sowohl für die Erfassung eines vorgegebenen Grenzzustandes als auch für die Erfassung der Dichte hervorragend eignen.

In der Praxis werden zur Überwachung und Detektion des Füllstandes bzw. der Dichte des Produktes im Behälter die Schwingungen der Membran aufgenommen und in elektrische Empfangssignale umgewandelt. Dazu wird typischerweise wenigstens ein piezoelektrisches Element verwendet. Die elektrischen Empfangssignale werden dann von einer Auswerteelektronik ausgewertet. Bei der Füllstandbestimmung überwacht die Auswerteelektronik die Schwingungsfrequenz und/oder die Schwingungsamplitude der schwingfähigen Einheit und signalisiert den Zustand "Sensor bedeckt" oder "Sensor unbedeckt", sobald die Messwerte einen vorgegebenen Referenzwert unter- oder überschreiten. Dies kann dem

Bedienpersonal entsprechend visuell und/oder akustisch gemeldet werden. Alternativ oder zusätzlich wird ein Schaltvorgang ausgelöst und z.B. ein Zu- oder Abflussventil am Behälter geöffnet oder geschlossen.

Als elektromechanische Wandler der Antriebseinheit eines solchen Sensors kommen überwiegend piezokeramische Elemente zum Einsatz. Hierzu sind unterschiedliche Konzepte bekannt. Weit verbreitet sind geschraubte Stapelantriebe, bei denen die Piezoaktoren durch eine geschraubte Befestigung fixiert werden. Ein weiteres Konzept besteht darin, den Piezoaktor durch eine Klebung zu fixieren. Dieses Konzept findet immer häufiger Verwendung, da so eine verbesserte Performance, geringere Herstellkosten und eine höhere Automatisierbarkeit zu erreichen sind.

Aufgrund guter Materialeigenschaften hinsichtlich Performance und Temperaturbeständigkeit, kommen speziell bei hohen Temperaturen zwischen 150°C und 300°C, Piezoelemente aus der Materialklasse der Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) zum Einsatz.

An dieser Materialklasse wird es als nachteilig angesehen, dass Blei als Bestandteil des Piezomaterials zum Einsatz kommt. Neben Umwelt-, Gesundheits- und Arbeitssicherheitsaspekten spielt hier auch die Materialverfügbarkeit eine Rolle.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Alternative zu Vibrationssensoren mit einem Antrieb auf PTZ-Basis zur Verfügung zu stellen. Es ist eine weitere Aufgabe, den alternativen Antrieb so auszugestalten, dass dieser eine vergleichbare Performance zu den aus dem Stand der Technik bekannten Antrieben aufweist.

Diese Aufgabe wird durch einen Vibrationssensor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Varianten der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Die in den Unteransprüchen einzeln aufgeführten Merkmale können sowohl in beliebiger, technisch sinnvoller Weise miteinander als auch mit den in der nachfolgenden Beschreibung näher erläuterten Merkmale kombiniert werden und andere vorteilhafte Ausführungsvarianten der Erfindung darstellen.

Bei oben genannten geklebten Antrieben behindert das Trägergehäuse die Schwingung des Antriebs. Beim Stand der Technik werden für dieses Gehäuse vor allen Materialien eingesetzt, die eine hohe Kristallinität aufweisen. Der E-Modul des Trägergehäuses liegt in einem hohen Bereich, wodurch das Material die Schwingung hemmt. Das Trägergehäuse ist aus diesem Grund geschlitzt und kann nicht als Becher für den Verguss benutzt werden.

Ein erfindungsgemäßer Vibrationssensor mit einer in Schwingung versetzbaren Membran und einem mit der Membran derart in Wirkverbindung stehenden Piezoelement, das derart ausgebildet und angeordnet ist, dass Schwingungen des Piezoelements auf die Membran und Schwingungen der Membran auf das Piezoelement übertragen werden, wobei das Piezoelement mit der Membran, oder mit einer mit der Membran verklebten Anpassungskeramik, verklebt ist, zeichnet sich dadurch aus, dass das Piezoelement aus einer bleifreien Piezokeramik besteht.

Durch die Verwendung einer bleifreien Piezokeramik können die mit dem Element Blei als Bestandteil der Piezokeramik verbundenen Nachteile vermieden werden.

Das Piezoelement ist kreisscheibenförmig ausgebildet, d.h. es weist in Draufsicht eine kreisrunde Außenkontur auf.

Für eine erleichterte Montage sowie als Aufnahme für einen etwaig zu verwendenden Verguss kann das Piezoelement in einem ringförmigen Träger angeordnet sein. Ein solcher Träger erleichtert das Handling des Piezoelements sowie die Montage und Positionierung des Piezoelements relativ zu der Membran.

Der Träger ist vorzugsweise ungeschlitzt ausgebildet. Ungeschlitzt bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der ringförmige Träger ohne Schlitze oder Einkerbungen ausgebildet ist. Im Stand der Technik werden solche Schlitze oder Einkerbungen benötigt, um eine Flexiblität des Trägers zu erhöhen und damit eine Dämpfung auf die Membran zu reduzieren. Durch ein geeignetes Design des Trägers ist es möglich, auf Schlitze zur Erhöhung der Flexibilität des Trägers zu verzichten.

In einer bevorzugten Ausgestaltungsform ist in dem Träger ein Verguss angeordnet, der zumindest eine Oberfläche des Piezoelements vollständig bedeckt. Auf diese Weise ist es möglich, den Vibrationssensor auch in explosionsgeschützten

Bereichen einzusetzen. Gleichzeitig ist der Piezoantrieb, insbesondere eine elektrische Kontaktierung des Piezoelements durch den Verguss gegen Korrosion durch Feuchtigkeit geschützt.

Eine Oberfläche des Piezoelements meint dabei zumindest eine von der Membran abgewandte Seite des Piezoelements.

Eine Umfangsfläche des Piezoelements ist mit dem Träger in Kontakt. Da der Träger aus Kunststoff und elektrisch nichtleitend ist, ist das Piezoelement auch an seiner Umfangsfläche und damit in Radialrichtung elektrisch isoliert.

Der Verguss ist in einer bevorzugten Ausgestaltungsform als Silikonverguss ausgebildet. Durch einen Silikonverguss ist es möglich, den Verguss in dem Träger besonders dünn auszugestalten, sodass möglichst wenig zusätzliche Masse in das schwingende System eingebracht wird. Durch eine Reduktion der Masse wird die Dämpfung des Systems reduziert, sodass auch mit einem weniger performanten Piezoelement ein Betrieb des Vibrationssensors möglich ist.

In einer Ausgestaltungsform des Vibrationssensors besteht der Träger aus einem Material mit einem E-Modul von weniger als 4000 MPa, vorzugsweise weniger als 3500 MPa, besonders bevorzugt als 3200 MPa oder weniger. Durch eine Reduktion des Elastizitätsmoduls des Materials des Trägers wird sichergestellt, dass der Träger weniger steif ist und somit das schwingende System weniger bedämpft. Dadurch wird es möglich, auch mit einem Piezoelement, das eine geringere Ladungskonstante aufweist, genügend Energie in das schwingende System einzubringen.

Der Elastizitätsmodul wird nach ISO527 bei Normklima, d. h. bei einer Temperatur von 23 +/- 2 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 +/- 10 % bestimmt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Träger derart ausgebildet, dass er eine radiale Steifigkeit von weniger als 3000 N/mm, bevorzugt 2500 N/mm oder weniger aufweist. Eine Reduktion der radialen Steifigkeit kann insbesondere durch eine geeignete Materialwahl mit einem reduzierten Elastizitätsmodul und eine geeignete geometrische Ausgestaltung des Trägers erreicht werden.

Um eine Einsatzfähigkeit des Vibrationssensors bei den gewünschten Temperaturen von -50°C bis zu +150°C zu gewährleisten ist es ferner notwendig, dass der gewählte Kunststoff eine ausreichende Temperaturbeständigkeit aufweist. Insbesondere ist es notwendig, dass der Träger weder bei niedrigen Temperaturen versprödet noch bei hohen Temperaturen schmilzt.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung besteht der Träger aus Polyetherimid oder Polyetheretherketon. Die beiden vorgenannten Materialien erfüllen in besonders guter Weise die Anforderungen an einen Kunststoff, wie er für den Träger benötigt wird. Insbesondere sind sie in dem o.g. Temperaturbereich einsetzbar, weisen ausreichende mechanische Stabilität auf, um den Träger mit möglichst wenig eingesetztem Material herstellen zu können und sind gleichzeitig so elastisch, dass das schwingende System des Vibrationssensors nicht zu stark bedämpft wird.

Um eine radiale Steifigkeit des ringförmigen Trägers zu reduzieren, ist es sinnvoll, wenn dieser in Radialrichtung eine Wandstärke von weniger als 1 mm, vorzugweise weniger als 0,8 mm, weiter bevorzugt 0,4 mm oder weniger aufweist. Durch eine Reduktion der Wandstärke des Trägers wird erreicht, dass dieser insgesamt flexibler ist und damit weniger dämpfenden Einfluss auf das schwingende System des Vibrationssensors hat.

Vorzugweise weist der ringförmige Träger eine Erstreckung in Axialrichtung von weniger als 5 mm, vorzugsweise 4 mm oder weniger auf. Auch durch eine Reduktion der Erstreckung in Axialrichtung wird eine Verringerung der Masse und der Steifigkeit des Trägers erreicht, wodurch ein Einfluss auf das schwingende System des Vibrationssensors ebenfalls reduziert wird.

In einer Ausgestaltungsform des Vibrationssensors weist der Träger radial außenseitig wenigstens drei, vorzugsweise vier oder fünf Anformungen auf, die als Abstandhalter ausgebildet sind und den Träger relativ zu der Membran ausrichten. Die Membran weist häufig einen sich in Axialrichtung erstreckenden, umlaufenden Rand auf, der als Halterung für die Membran und als Ansatz für einen Prozessanschluss und/oder ein Gehäuse, das den Antrieb und eine Elektronik des Vibrationssensors umschließt, dient. Dieser Rand kann in Zusammenwirkung mit den Anformungen an dem Träger genutzt werden, um bei einer Montage des

Vibrationssensors, insbesondere bei einer manuellen Montage, den Träger relativ zu der Membran auszurichten und damit zu zentrieren. Durch eine Ausrichtung des Trägers wird gleichzeitig das in dem Träger gehalterte Piezoelement relativ zur Membran ausgerichtet und vorzugsweise konzentrisch zu dieser ausgerichtet.

In einer bevorzugten Ausgestaltungsvariante ist der Antrieb des Vibrationssensors aus Piezoelementen aus Bismut-Natrium-Titanat oder Kalium-Natrium-Niobat gebildet.

Die Piezoelemente können als Mulitlayer Piezoelemente mit mehreren Piezoschichten ausgebildet sein. Bei solchen Mulitlayer Piezoelementen ist eine Piezoeinheit aus mehreren Piezoschichten gebildet, die zusammen mit zwischen den Piezoschichten angeordneten Elektrodenschichten zu einer Piezoeinheit verbunden sind. Die Piezoschichten und die Elektrodenschichten können bspw. durch einen Sinterprozess dauerhaft miteinander verbunden sein. Dadurch, dass mehrere Schichten miteinander verbunden werden, ist es möglich, dass die einzelnen Piezoschichten dünner ausgeführt werden können, als dies bei reinen Piezoelementen der Fall wäre. Das reine Piezomaterial hat den Nachteil, dass es bei geringer Schichtdicke sehr leicht bricht. Durch die herstellerseitige Verbindung mehrerer Piezoschichten kann dieser Nachteil vermieden werden. Durch die geringere Schichtdicke der einzelnen Piezoschichten können bei gleicher anliegender Spannung höhere Feldstärken und damit eine bessere Umsetzung elektrischer in mechanische Energie erreicht werden.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren eingehend erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Vibrationssensors gemäß der vorliegenden Anmeldung.

Figur 2 eine perspektivische Darstellung des Trägers aus Figur 1.

In den Figuren bezeichnen – soweit nicht anders angegeben – gleiche Bezugszeichen gleiche oder einander entsprechende Komponenten mit gleicher Funktion.

Figur 1 zeigt eine ausschnittsweise Darstellung eines Vibrationssensors 1 gemäß der vorliegenden Anmeldung in einem Längsschnitt in Axialrichtung A.

Der Vibrationssensor 1 weist eine schwingfähig ausgebildete Membran 3 auf, an der einerseits eine mechanische Schwingungseinheit 31, die vorliegend in Form einer Stimmgabel ausgebildet ist, und andererseits ein Antrieb zum Versetzen der Membran 3 in Schwingung angeordnet ist. Der Antrieb ist vorliegend als Piezoelement 5 ausgebildet, dass unter Zwischenschaltung einer Anpassungskeramik 7 zum Ausgleich unterschiedlicher thermischer Ausdehnungskoeffizienten zwischen Membran 3 und Piezoelement 5, mit der Membran 3 verklebt ist.

Das Piezoelement 5 ist in einem ringförmig ausgebildeten Träger 9 angeordnet, der eine Handhabung des Piezoelements 5 und eine Positionierung relativ zur Membran 3 erleichtert. Der Träger 9 weist zur Positionierung relativ zur Membran 3 außenseitig an dem Träger 9 angeordnete Anformungen 91 auf, die den Träger 9 zu einem Rand 31 der Membran 3 der sich in Axialrichtung rückseitig erstreckt, beabstandet halten und den Träger 9 mit dem Piezoelement 5 damit der relativ zur Membran 3 ausrichten und zentriert positionieren. Durch die Anformungen 91 die als Abstandshalter zu dem Rand 31 wirken wird es ermöglicht, den Träger 9 mit einer geringeren Wandstärke auszubilden und somit eine Masse des Trägers 9 zu reduzieren.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist der Träger 9 stirnseitig innenliegend eine Stufe auf, in der die Anpassungskeramik 7 sitzt. Es ist somit möglich, den Träger 9 bereits mit der Anpassungskeramik 7 und dem Piezoelement 5 zu bestücken und diese dann als gemeinsame Baueinheit mit der Membran 3 und der daran angeordneten mechanischen Schwingungseinheit 33 zu verbinden. Das Piezoelement 5 ist über vorliegend nicht dargestellte Kontakte elektrische kontaktiert, sodass durch Anlegen einer Spannung eine mechanische Verformung des Piezoelements hervorgerufen werden kann, die die Membran 3 zu Schwingungen anregt.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Piezoelement 5 rückseitig, d. h. an einer von dem vorderseitig des Piezoelements 5 angeordneten Ausgleichskeramik 7 wegweisenden Oberfläche mit einem Verguss 11 bedeckt. Der Verguss 11 ist innerhalb des Trägers 9 angeordnet, sodass der Träger 9 in dem gezeigten Ausführungsbeispiel gleichzeitig als Halterung für das Piezoelement 5 und als

Begrenzung für den Verguss 11 dient. Der Verguss 11 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Silikonverguss ausgebildet und weist eine Dicke, d. h. eine Erstreckung in Axialrichtung A von 3,3 mm auf. Durch eine Ausgestaltung des Vergusses 11 als Silikonverguss und eine Reduktion der Dicke auf 3,3 mm wird eine Masse des verwendeten Vergusses 11 im Vergleich zum Stand der Technik um einen Faktor 9 reduziert, sodass der Verguss 11 gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine deutlich reduzierte Dämpfungswirkung auf die schwingfähige Einheit des Vibrationssensors 1 aufweist.

Der Träger 9 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus Polyimid gebildet und weist eine Wandstärke b_T von 0,4 mm und und eine Erstreckung h_T in Axialrichtung A von 4 mm auf. Durch die Auswahl von Polyimid als Material des Trägers 9 und die vorgeschriebene mechanische Ausgestaltung wird eine radiale Steifigkeit von 2500 N/mm erreicht, sodass durch die Reduktion der Masse des Trägers 9 einerseits und die reduzierte radiale Steifigkeit des Trägers 9 andererseits ein negativer dämpfender Einfluss des Trägers 9 auf das schwingende System des Vibrationssensors 1 minimiert wird.

Durch die vorgenannten Maßnahmen wird es möglich, dass der Vibrationssensor 1 mit einem Piezoelement 5 aus Bismut-Natrium-Titanat oder Kalium-Natrium-Niobat betrieben werden kann.

Figur 2 zeigt den Träger 9 wie in dem Ausführungsbeispiel aus Figur 1 zum Einsatz kommt in Alleinstellung in einer perspektivischen Darstellung.

Aus der in Figur 2 gezeigten Darstellung ist die Erstreckung h_T des Trägers 9 in Axialrichtung und die Wandstärke b_T in Radialrichtung R deutlich zu erkennen. Ferner sind in der in Figur 2 gezeigten Darstellung die über einen Umfang des ringförmig ausgebildeten Trägers 9 gleichmäßig verteilt angeordneten Anformungen 91, die als Abstandshalter dienen, zu erkennen.

Bezugszeichenliste

1	Vibrationssensor
3	Membran
5	Piezoelement
7	Anpassungskeramik
9	Träger
11	Verguss
31	Rand
33	mech. Schwingungseinheit
91	Anformung
R	Radialrichtung
A	Axialrichtung
b_T	Wandstärke
h_T	Erstreckung

Patentansprüche

1. Vibrationssensor (1) mit einer in Schwingung versetzbaren Membran (3) und einem mit der Membran (3) derart in Wirkverbindung stehenden Piezoelement (5), das derart ausgebildet und angeordnet ist, dass Schwingungen des Piezoelements (5) auf die Membran (3) und Schwingungen der Membran (3) auf das Piezoelement (5) übertragen werden, wobei das Piezoelement (5) mit der Membran (3), oder mit einer mit der Membran (3) verklebten Anpassungskeramik (7), verklebt ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Piezoelement (5) aus einer bleifreien Piezokeramik besteht.

2. Vibrationssensor (1) gemäß Patentanspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Piezoelement (5) in einem ringförmigen Träger (9) angeordnet ist.

3. Vibrationssensor (1) gemäß Patentanspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (9) ungeschlitzt ausgebildet ist.

4. Vibrationssensor (1) gemäß Patentanspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
in dem Träger (9) ein Verguss (11) angeordnet ist, der zumindest eine Oberfläche des Piezoelements (5) vollständig bedeckt.

5. Vibrationssensor (1) gemäß Patentanspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Verguss (11) als Silikonverguss ausgebildet ist.

6. Vibrationssensor (1) gemäß einem der Patentansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (9) aus einem Material mit einen E-Modul von weniger als 4000 MPa, vorzugsweise weniger als 3500 MPa, besonders bevorzugt 3200 MPa oder weniger besteht.

7. Vibrationssensor (1) gemäß Patentanspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (9) derart ausgebildet ist, dass er eine radiale Steifigkeit von weniger als 3000 N/mm, bevorzugt 2500 N/mm oder weniger aufweist.

8. Vibrationssensor (1) gemäß einem der Patentansprüche 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (9) aus Polyetherimid oder Polyetheretherketon besteht.

9. Vibrationssensor (1) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
der ringförmige Träger (9) in Radialrichtung R eine Wandstärke von weniger als 1 mm, vorzugweise weniger als 0,8 mm, weiter bevorzugt 0,4 mm oder weniger aufweist.

10. Vibrationssensor (1) gemäß einem der Patentansprüche 2 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
der ringförmige Träger eine Erstreckung h_T in Axialrichgtung A von weniger als 5 mm, vorzugsweise 4 mm oder weniger aufweist.

11. Vibrationssensor (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Träger (9) radial außenseitig wenigstens drei, vorzugsweise 4 oder 5 Anformungen (91) aufweist, die als Abstandhalter ausgebildet sind und den Träger (9) relativ zu der Membran (3) ausrichten.

12. Vibrationssensor (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Piezoelement (5) aus Bismut-Natrium-Titanat oder Kalium-Natrium-Niobat besteht.

Fig. 1

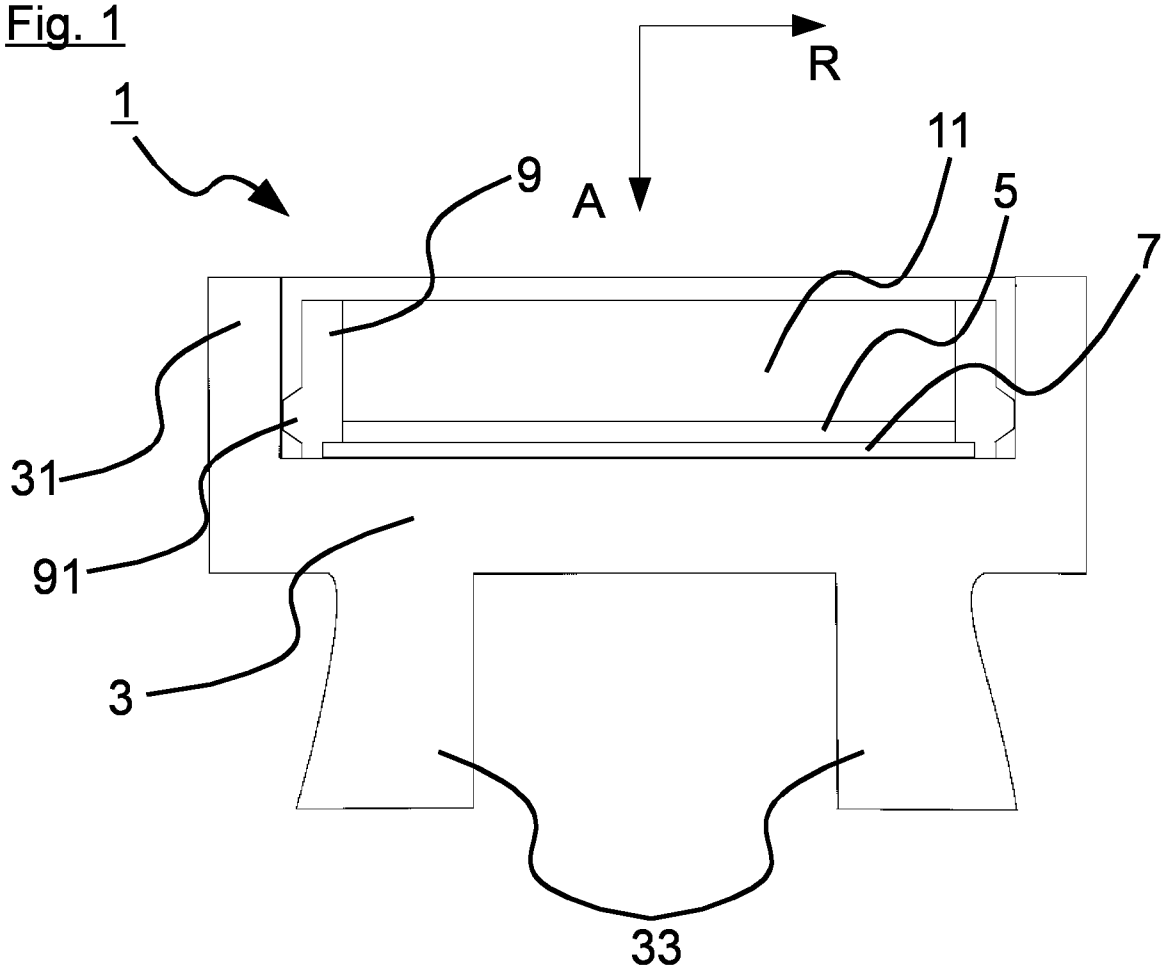
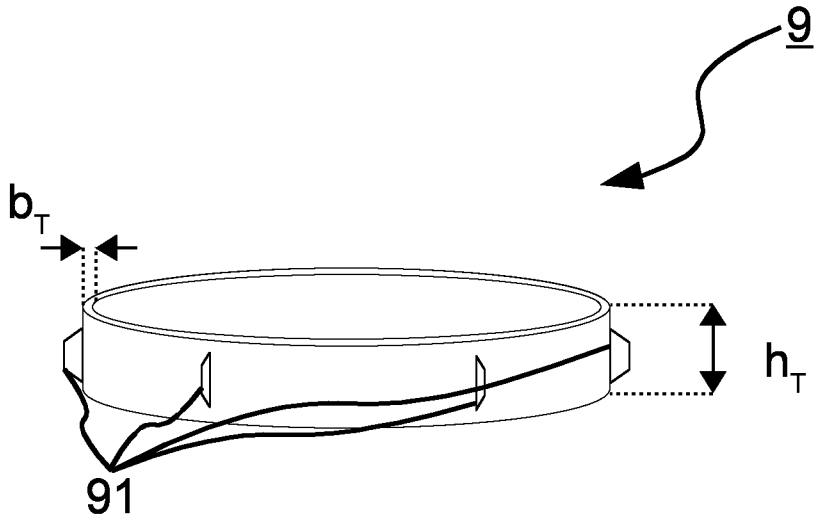


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/065355

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F 23/296(2022.01)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)

G01F

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10163165 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG [DE]) 03 July 2003 (2003-07-03) figures 1, 2 paragraph [0037] paragraph [0034]	1-12
A	EP 3030536 B1 (PI CERAM GMBH [DE]) 23 May 2018 (2018-05-23) paragraph [0001] - paragraph [0002]	1-12
A	DE 102007046450 A1 (SIEMENS AG [DE]) 02 April 2009 (2009-04-02) paragraph [0001] - paragraph [0002]	1-12
A	DE 102012205168 B4 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 31 October 2013 (2013-10-31) paragraph [0018] paragraph [0045] figure 2	1-12
A	DE 102020131563 A1 (FLOWTEC AG [CH]) 02 June 2022 (2022-06-02) paragraph [0031]	1-12

☑ 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	Date of mailing of the international search report
06 August 2024	**20 August 2024**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands (Kingdom of the)** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Régert, Tamás** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2024/065355

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102005030891 A1 (SEIKO EPSON CORP [JP]) 26 January 2006 (2006-01-26) paragraph [0098]	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/065355

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 10163165 A1	03 July 2003	AU 2002352236 A1	09 July 2003
		DE 10163165 A1	03 July 2003
		WO 03054492 A1	03 July 2003
EP 3030536 B1	23 May 2018	CN 105555735 A	04 May 2016
		CN 112898016 A	04 June 2021
		CN 114085078 A	25 February 2022
		DE 102014211465 A1	12 February 2015
		DK 3030536 T3	03 September 2018
		EP 3030536 A1	15 June 2016
		EP 3366657 A1	29 August 2018
		JP 6475719 B2	27 February 2019
		JP 2016531073 A	06 October 2016
		US 2016194249 A1	07 July 2016
		US 2019322589 A1	24 October 2019
		WO 2015018558 A1	12 February 2015
DE 102007046450 A1	02 April 2009	DE 102007046450 A1	02 April 2009
		WO 2009043652 A1	09 April 2009
DE 102012205168 B4	31 October 2013	NONE	
DE 102020131563 A1	02 June 2022	CN 116635705 A	22 August 2023
		DE 102020131563 A1	02 June 2022
		EP 4251956 A1	04 October 2023
		US 2024003726 A1	04 January 2024
		WO 2022112482 A1	02 June 2022
DE 102005030891 A1	26 January 2006	AR 049704 A1	30 August 2006
		AT E480405 T1	15 September 2010
		CN 1976812 A	06 June 2007
		CN 2853413 Y	03 January 2007
		DE 102005030891 A1	26 January 2006
		EP 1776234 A2	25 April 2007
		GB 2415662 A	04 January 2006
		GB 2430179 A	21 March 2007
		KR 20070032730 A	22 March 2007
		TW I286518 B	11 September 2007
		US 2006007259 A1	12 January 2006
		WO 2006004198 A2	12 January 2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/065355

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01F23/296
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01F

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 101 63 165 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG [DE]) 3. Juli 2003 (2003-07-03) Abbildungen 1, 2 Absatz [0037] Absatz [0034]	1-12
A	EP 3 030 536 B1 (PI CERAM GMBH [DE]) 23. Mai 2018 (2018-05-23) Absatz [0001] - Absatz [0002]	1-12
A	DE 10 2007 046450 A1 (SIEMENS AG [DE]) 2. April 2009 (2009-04-02) Absatz [0001] - Absatz [0002]	1-12

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. August 2024	20/08/2024

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

1

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/065355

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2012 205168 B4 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 31. Oktober 2013 (2013-10-31) Absatz [0018] Absatz [0045] Abbildung 2	1-12
A	DE 10 2020 131563 A1 (FLOWTEC AG [CH]) 2. Juni 2022 (2022-06-02) Absatz [0031]	1-12
A	DE 10 2005 030891 A1 (SEIKO EPSON CORP [JP]) 26. Januar 2006 (2006-01-26) Absatz [0098]	1-12

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2024/065355

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10163165 A1	03-07-2003	AU 2002352236 A1	09-07-2003
		DE 10163165 A1	03-07-2003
		WO 03054492 A1	03-07-2003
EP 3030536 B1	23-05-2018	CN 105555735 A	04-05-2016
		CN 112898016 A	04-06-2021
		CN 114085078 A	25-02-2022
		DE 102014211465 A1	12-02-2015
		DK 3030536 T3	03-09-2018
		EP 3030536 A1	15-06-2016
		EP 3366657 A1	29-08-2018
		JP 6475719 B2	27-02-2019
		JP 2016531073 A	06-10-2016
		US 2016194249 A1	07-07-2016
		US 2019322589 A1	24-10-2019
		WO 2015018558 A1	12-02-2015
DE 102007046450 A1	02-04-2009	DE 102007046450 A1	02-04-2009
		WO 2009043652 A1	09-04-2009
DE 102012205168 B4	31-10-2013	KEINE	
DE 102020131563 A1	02-06-2022	CN 116635705 A	22-08-2023
		DE 102020131563 A1	02-06-2022
		EP 4251956 A1	04-10-2023
		US 2024003726 A1	04-01-2024
		WO 2022112482 A1	02-06-2022
DE 102005030891 A1	26-01-2006	AR 049704 A1	30-08-2006
		AT E480405 T1	15-09-2010
		CN 1976812 A	06-06-2007
		CN 2853413 Y	03-01-2007
		DE 102005030891 A1	26-01-2006
		EP 1776234 A2	25-04-2007
		GB 2415662 A	04-01-2006
		GB 2430179 A	21-03-2007
		KR 20070032730 A	22-03-2007
		TW I286518 B	11-09-2007
		US 2006007259 A1	12-01-2006
		WO 2006004198 A2	12-01-2006