



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 107 547.3**
(22) Anmeldetag: **11.07.2011**
(43) Offenlegungstag: **17.01.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.08.2015**

(51) Int Cl.: **G01F 1/32 (2006.01)**
G01L 7/08 (2006.01)
G01L 11/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Krohne Messtechnik GmbH, 47058 Duisburg, DE

(74) Vertreter:
**Gesthuysen Patent- und Rechtsanwälte, 45128
Essen, DE**

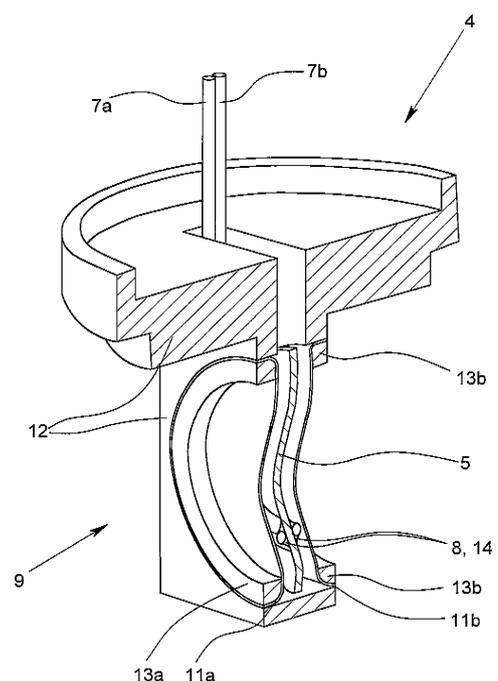
(72) Erfinder:
Fernandes, Neville C., Konark Residency, IN;
Krisch, Henrik, 47809 Krefeld, DE; Lau, Markus,
**47058 Duisburg, DE; Tournillon, Sylvain, 47051
Duisburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	29 37 511	A1
US	2011 / 0 048 136	A1
US	4 899 046	A
JP	S61- 47 517	A

(54) Bezeichnung: **Druckaufnehmer für ein Vortex-Durchflussmessgerät, Vortex-Durchflussmessgerät und Verfahren zur Herstellung eines solchen Druckaufnehmers**

(57) Hauptanspruch: Druckaufnehmer für ein Vortex-Durchflussmessgerät (1) mit einer auslenkbaren Messmembran (5), wobei die Auslenkung der Messmembran (5) messtechnisch zur Detektion des Drucks in dem der Messmembran (5) benachbarten Medium herangezogen wird, wobei zur Erfassung der Auslenkung der Messmembran (5) wenigstens eine optische Faser (7) auf und/oder in der Messmembran (5) angeordnet ist, wobei die optische Faser (7) in ihrem Verlauf auf und/oder in der Messmembran (5) zumindest teilweise mit der Messmembran (5) wirksam verbunden ist, so dass eine durch den Mediumdruck hervorgerufene Auslenkung der Messmembran (5) in dem wirksam verbundenen Bereich (8) zu einer Streckung und/oder Stauchung der optischen Faser (7) führt, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckaufnehmer (4) eine durch den Druck des Mediums auslenkbare Membrantasche (9) aufweist, die Membrantasche (9) die Messmembran (5) mit der optischen Faser (7) umgibt, so dass die Membrantasche (9) die Messmembran (5) vor dem Medium abschirmt und die Messmembran (5) zusammen mit der Membrantasche (9) ausgelenkt wird, dass die Membrantasche (9) mit einem zwischen der Membrantasche (9) und der Messmembran (5) vermittelnden Medium (10) gefüllt ist und dass das vermittelnde Medium Pulver enthält.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Druckaufnehmer nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 1, sowie ein Vortex-Durchflussmessgerät nach dem Oberbegriff von Patentanspruch 9. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Druckaufnehmers nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

[0002] Vortex-Durchflussmessgeräte sind seit langem bekannt, wobei das Messprinzip auf der Tatsache beruht, dass sich in einem flüssigen oder gasförmigen Medium hinter einem Staukörper, der von dem Medium umströmt wird, eine Wirbelstraße ausbilden kann, die durch sich mit der Strömung fortbewegende, sich vom Staukörper abgelöste Wirbel gebildet ist. Die Frequenz, mit der sich Wirbel von dem Staukörper ablösen, ist von der Strömungsgeschwindigkeit abhängig, wobei dieser Zusammenhang unter gewissen Voraussetzungen nahezu linear ist. Jedenfalls stellt die Messung der Wirbelfrequenz ein geeignetes Mittel zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit des Medium dar, weshalb indirekt – unter zusätzlicher Berücksichtigung von beispielsweise Druck und Temperatur – eine Bestimmung des Volumen- und Massedurchflusses durch die Wirbelfrequenzmessung möglich ist. Die in einer Wirbelstraße auftretenden Wirbel des Mediums führen zu lokalen Druckschwankungen, die von Druckaufnehmern detektiert werden können. Ein solcher Druckaufnehmer kann eine im Wesentlichen eben ausgestaltete Messmembran aufweisen und muss so in der Wirbelstraße angeordnet sein, dass die von dem Staukörper erzeugten Wirbel – zumindest mittelbar – an der Messmembran des Druckaufnehmers vorbeiziehen und damit detektierbar sind. Dazu kann der Druckaufnehmer stromabwärts hinter dem Staukörper vorgesehen sein, er kann in dem Staukörper selbst ausgebildet sein oder beispielsweise über dem Staukörper angeordnet sein, wenn der Druckaufnehmer z. B. über Kanäle im Gehäuse des Durchflussmessgeräts die Druckschwanken der Wirbelstraße mittelbar erfasst.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind ganz unterschiedliche Methoden bekannt, um die Auslenkung der Messmembran des Druckaufnehmers zu erfassen, es werden häufig kapazitive oder induktive Effekte genutzt, teilweise wird auch mit Piezokeramiken gearbeitet. Auch ist aus dem Stand der Technik bekannt, optische Fasern zur Erfassung der Messmembranbewegung einzusetzen, wobei hier beispielsweise Konstruktionen bekannt sind, bei denen die optische Faser praktisch senkrecht vor der Messmembran des Druckaufnehmers steht und stirnseitig die Membran mit Licht beaufschlagt, das von der Messmembran reflektiert und nachfolgend zur Bewegungsdetektion verwendet wird. Aus dem Stand der Technik sind ebenfalls solche Vortex-Durchfluss-

messgeräte bekannt, bei denen an der Messmembran anliegend eine optische Faser angeordnet ist, wobei die optische Faser mit der Messmembran ausgelenkt wird, wenn diese einem Druck bzw. Differenzdruck ausgesetzt wird, mit dem Ergebnis, dass die optische Faser gestreckt und/oder gestaucht wird, die optische Faser also eine Längenänderung erfährt. Eine solche Längenänderung ist bekanntlich mit hoher Präzision optisch auswertbar, beispielsweise durch an sich bekannte Verfahren, die auf der Interferenz elektromagnetischer Wellen beruhen. Mit diesen Verfahren ist es ohne weiteres möglich, Längenänderungen sicher zu detektieren, die im Bereich der Wellenlänge der verwendeten elektromagnetischen Wellen liegen (z. B. DE 10 2009 039 659 A1).

[0004] Aus der US 4,899,046 A ist ein optischer Sensor zur Messung einer physikalischen Größe, insbesondere eines Differenzdrucks, bekannt. Der Drucksensor umfasst eine verformbare Membran. Auf der Membran ist ein Lichtleiter angeordnet. Der Lichtleiter verformt sich bei unterschiedlichen Drücken in einer ersten Messkammer und in einer zweiten Messkammer zusammen mit der Membran, so dass der Differenzdruck durch Auswertung mit einem optoelektrischen Signalumformer erfolgen kann.

[0005] Die JP 61 047 517 A offenbart ein Vortex-Durchflussmessgerät mit einem Sensor zur Messung eines Differenzdrucks. Durch den Differenzdruck auf beiden Seiten des Sensors wird eine Membran ausgelenkt, wodurch ein die Membran umgebendes Öl durch einen Kommunikationskanal in verschiedene, rechts und links nahe des Sensors angeordnete Kammern fließt. Durch die Bewegung des Öls wird ein Fähnchen bewegt, an dem ein Spiegel befestigt ist. Durch die Vibration des Spiegels wird Licht frequenzabhängig in die Stirnfläche eines Lichtleiters zurückreflektiert, wodurch eine Auswertung der Vortex-Frequenz erfolgen kann.

[0006] Die US 2011/0048136 A1 offenbart eine Anordnung für einen Drucksensor, die ein Gehäuse und mit einer flexiblen Gehäusewand umfasst, wobei die Gehäusewand derart ausgebildet ist, dass sie sich infolge eines Differenzdrucks nach innen oder nach außen wölbt. Ein erster Lichtleiter ist mit der flexiblen Wand verbunden, so dass sich der Lichtleiter zusammen mit der Wand verformt. Ein weiterer Lichtleiter ist mit einem thermischen Referenzkörper verbunden, um Einflüsse einer Temperaturänderung zu erfassen.

[0007] Die DE 29 37 511 A1 offenbart eine optische Vorrichtung zum Messen geringer Druckdifferenzen mittels Lichtintensitätsänderung. In einem Messkörper ist eine verspiegelte Membran angeordnet, die von einer Schutzkappe überdeckt ist. Eine durch Druck hervorgerufene Bewegung oder Verschiebung der Membran wird mittels einer Gradientenlinse, die an eine Lichtleiter angeschlossen ist, er-

fasst. Nachteilig bei den aus dem Stande der Technik bekannten Vortex-Durchflussmessgeräten bzw. Druckaufnehmern für Vortex-Durchflussmessgeräte mit mindestens einer auf einer auslenkbaren Messmembran angeordneten optischen Faser ist, dass die optische Faser und auch die Messmembran unmittelbar dem Medium ausgesetzt sind, so dass die optische Faser bei chemisch aggressiven Medien einer Korrosion ausgesetzt ist bzw. bei Anordnung des Druckaufnehmers im Messrohr und damit im strömenden Medium auch eine mechanische Beanspruchung der empfindlichen optischen Faser und/oder der Messmembran droht.

[0008] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Vortex-Durchflussmessgerät der vorgenannten Art und einen Druckaufnehmer für ein solches Vortex-Durchflussmessgerät anzugeben, die auch bei rauen Umgebungsbedingungen einsetzbar sind.

[0009] Die zuvor hergeleitete und dargestellte Aufgabe ist zunächst bei dem Vortex-Durchflussmessgerät und bei dem Druckaufnehmer, von denen die vorliegende Erfindung ausgeht, dadurch gelöst, dass der Druckaufnehmer eine durch den Druck des Mediums auslenkbare Membrantasche aufweist, die Membrantasche die Messmembran mit der optischen Faser umgibt, so dass die Membrantasche die Messmembran vor dem Medium abschirmt und die Messmembran zusammen mit der Membrantasche ausgelenkt wird, dass die Membrantasche mit einem zwischen der Membrantasche und der Messmembran vermittelnden Medium gefüllt ist und dass das vermittelnde Medium Pulver enthält.

[0010] Wenn es heißt, dass "die Messmembran zusammen mit der Membrantasche ausgelenkt wird", dann ist damit gemeint, dass bei Beaufschlagung der Membrantasche mit einem Druck bzw. mit einem Differenzdruck die dadurch verursachte Auslenkung der Membrantasche auch eine Auslenkung der an sich ja für die Erfassung einer Auslenkung vorgesehenen Messmembran bewirkt. Die von der Membrantasche umgebene Messmembran steht demnach in mechanischem Wirkzusammenhang mit der Membrantasche. Dadurch, dass die Membrantasche die Messmembran umgibt, wird ein direkter Kontakt zwischen der Messmembran und der auf ihr angeordneten optischen Faser mit dem strömenden Medium verhindert, so dass das strömende Medium weder direkt mit der optischen Faser in Berührung kommen kann, noch in dem strömenden Medium mitgeführte Teilchen mit der optischen Faser in Berührung kommen können. Das erfindungsgemäße Vortex-Durchflussmessgerät bzw. der erfindungsgemäße Druckaufnehmer für ein solches Vortex-Durchflussmessgerät sind demnach auch für den Einsatz unter rauen Prozessbedingungen geeignet.

[0011] Die Membrantasche ist mit einem zwischen der Membrantasche und der Messmembran vermittelnden Medium gefüllt, so dass die Wandungen der Membrantasche praktisch geringfügig beabstandet sein können von der Messmembran und noch immer der stets erforderliche mechanische Wirkzusammenhang zwischen der Membrantasche und der Messmembran hergestellt ist. Dies bewirkt und unterstützt ein direkteres Ansprechen von Druckschwankungen im Medium auf die Messmembran, wobei gleichzeitig Fertigungstoleranzen nicht mehr so deutlich ins Gewicht fallen wie bei Realisierungen ohne das vermittelnde Medium zwischen Membrantasche und Messmembran.

[0012] Als besonders vorteilhaft haben sich solche vermittelnden Medien erwiesen, die einer Auslenkung der Membrantasche aufgrund einer Druckbeaufschlagung nicht seitlich – also senkrecht zur Auslenkungsrichtung – ausweichen, so dass die Auslenkung der Membrantasche möglichst unmittelbar an die Messmembran weitergegeben wird und nicht durch Verdrängungseffekte beim vermittelnden Medium gedämpft wird. Viele Medien, die diese Bedingung erfüllen, versteifen leider auch die Anordnung der in der Membrantasche gehaltenen Messmembran, so dass die Empfindlichkeit des Druckaufnehmers leidet.

[0013] Als vermittelndes Medium wird ein Medium verwendet, das Pulver enthält oder gänzlich aus einem solchen Pulver bestehen. Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass solche Pulver besonders vorteilhaft sind, deren Partikel eine möglichst einheitliche Partikelgröße aufweisen, deren Partikel also eine möglichst geringe Varianz in der Partikelgröße zeigen. Bevorzugt werden solche Pulver verwendet, die eine Partikelgröße im Bereich von 2 µm bis 8 µm aufweisen, die vorzugsweise eine Partikelgröße im Bereich von 4 µm bis 6 µm aufweisen, wobei besonders vorteilhaft Pulver mit einer Partikelgröße von im wesentlichen 5 µm sind.

[0014] Obwohl das zwischen der Membrantasche und der Messmembran vermittelnde Medium eine direkte Berührung zwischen der Membrantasche und der Messmembran gewollt überflüssig macht, sind die Wandungen der Membrantasche und die Messmembran bevorzugt unmittelbar benachbart zueinander angeordnet, damit die Konstruktion insgesamt eine hohe Empfindlichkeit aufweist. Dies macht deutlich, dass die Zwischenräume zwischen der Membrantasche und der Messmembran vorzugsweise nur äußerst gering sind, im Idealfall in ihrer Erstreckung von Membran zu Membran nur Bruchteile eines Millimeters aufweisen.

[0015] Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist das vermittelnde Medium ein Sediment aus dem zuvor genannten Pulver, was natürlich voraussetzt,

dass das Pulver in Form eines heterogenen Stoffgemisches in einer Flüssigkeit als Suspension vorgelegt hat und sich dann in der Membrantasche abgesetzt hat, und zwar zwischen Membrantasche und der Messmembran. Bei einer anderen Ausgestaltung der Erfindung wird das vermittelnde Medium auf trockenem Wege durch Absetzen des Pulvers in der Membrantasche erhalten.

[0016] Insgesamt wirkt es sich bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Vortex-Durchflussmessgeräts bzw. des Druckaufnehmers vorteilhaft aus, wenn das vermittelnde Medium durch Einschleudern des Pulvers in die Membrantasche verdichtet wird, wobei dies auch auf trockenem Wege geschehen kann, bevorzugt jedoch geschieht durch Einschleudern des in einer Suspension enthaltenen Pulvers. Es werden dadurch sehr dichte und direkt ansprechende vermittelnde Medien zwischen den Wandungen der Membrantasche und der Messmembran erhalten.

[0017] Bei einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird ein für Druckschwankungen besonders empfindliches aber gleichwohl robustes Vortex-Durchflussmessgerät bzw. ein solcher Druckaufnehmer dadurch erzielt, dass die Membrantasche eine erste Taschenmembran und eine zweite Taschenmembran aufweist, die Membrantasche also aus membranartigen, dünnen Wandungen besteht, wobei die erste Taschenmembran und die zweite Taschenmembran über ein Gehäuse des Druckaufnehmers zu der Membrantasche miteinander verbunden sind. Die beiden Taschenmembranen können also quasi in das Gehäuse des Druckaufnehmers eingesetzt werden und bilden so den Hohlraum, in den die Messmembran eingesetzt ist. Im Montagezustand des Druckaufnehmers stehen sich die Innenseite der ersten Taschenmembran und die erste Seite der Messmembran gegenüber und stehen sich die Innenseite der zweiten Taschenmembran und die zweite Seite der Messmembran ebenfalls gegenüber, so dass die erste Taschenmembran und die zweite Taschenmembran sowie die Messmembran praktisch parallel zueinander ausgerichtet sind.

[0018] Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Vortex-Durchflussmessgeräts bzw. des erfindungsgemäßen Druckaufnehmers ist auf der einen Seite der Messmembran eine erste optische Faser angeordnet und ist auf der anderen Seite der Messmembran eine zweite optische Faser angeordnet, wobei jede der beiden optischen Fasern beispielsweise einen Messpfad für eine interferometrische Auswertung realisieren, also beispielsweise für eine interferometrische Auswertung nach Michelson oder nach Mach-Zehnder. Durch Verlegen der optischen Fasern auf beiden Seiten der Messmembran können bei Auslenkung der Membran gegenläufige Effekte auf den beiden Seiten der Membran

genutzt werden, Dehnung der einen optischen Faser auf der einen Seite der Messmembran, Stauchung der anderen optischen Faser auf der anderen Seite der Messmembran, was die Anordnung grundsätzlich empfindlicher macht, als wenn nur eine Faser auf einer Seite der Messmembran verwendet würde.

[0019] Bevorzugt werden die erste optische Faser und die zweite optische Faser unterschiedlich lang gewählt, so dass der Arbeitspunkt der Anordnung durch Variation der Wellenlänge des kohärenten Lichts eingestellt werden kann, insbesondere ein Einstellen des Nullpunktes bei unausgelenkter Messmembran möglich ist, bevorzugt sind die erste und die zweite optische Faser über unterschiedlich lange Bereiche mit der jeweiligen Seite der Messmembran verbunden.

[0020] Die eingangs aufgezeigte Aufgabe ist ferner durch ein Verfahren zur Herstellung des zuvor beschriebenen Druckaufnehmers mit einer Membrantasche gelöst, der ein vermittelndes Medium zwischen der Membrantasche und der Messmembran aufweist, wobei dieses vermittelnde Medium ein Pulver enthält. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass das Pulver in einer Flüssigkeit suspendiert wird, insbesondere in Wasser, und die Suspension in die Membrantasche eingeschleudert wird. Der Druckaufnehmer wird dabei so ausgerichtet, dass die Fliehkraft in die Membrantasche gerichtet ist, so dass die Suspension die Membrantasche unter Einwirkung der Fliehkraft ausfüllt.

[0021] Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn die Suspension verhältnismäßig dünnflüssig ist, nämlich zu über 90 Masseprozent aus einem flüssigen Medium besteht, vorzugsweise sogar aus über 95 Masseprozent aus einem flüssigen Medium besteht. Dann ist gewährleistet, dass die Partikel des Pulvers auch enge Bereiche des Hohlraums in der Membrantasche überwinden können, beispielsweise im Bereich der optischen Faser. Besonders gut geeignete Suspensionen bestehen zu dem beschriebenen Anteil aus Wasser und dem restlichen Anteil aus Magnesiumoxid-Pulver oder aus Aluminiumoxid-Pulver mit einer Partikelgröße von etwa 5 µm.

[0022] Das Einschleudern geschieht in einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens derart, dass in der Membrantasche ein Überdruck gegenüber dem Umgebungsdruck von etwa einem Bar erzeugt wird, wobei das Einschleudern insbesondere so lange fortgesetzt wird, bis die Membrantasche mit sedimentiertem Pulver verfüllt ist. Hintergrund für diese Vorgehensweise ist die Überlegung, dass der Druckaufnehmer auch bei Umgebungsunterdruck – also relativ zum Druck in der Membrantasche – optimal funktionieren soll, ein solcher Unterdruck also nicht dazu führen darf, dass sich die Taschenmembranen von dem sedimentierten Pulver abheben. Unter norma-

len Einsatzbedingungen ist ein Unterdruck von mehr als einem Bar nicht möglich, so dass höhere Drücke beim Einschleudern nicht erforderlich sind, gleichwohl können auch höhere Drücke verwendet werden; es ist insgesamt darauf zu achten, dass der Druckaufnehmer insbesondere im Bereich der Membrantasche mechanisch nicht überlastet wird. Der Druck in der Membrantasche kann beim Einschleudern eingestellt werden durch Wahl der Umdrehungszahl und/oder der radialen Erstreckung der Flüssigkeitssäule über der Membrantasche. Für den Druck in der Membrantasche gilt beim Einschleudern

$$p_M = \int_{r_1}^{r_2} \omega^2 \cdot \rho \cdot r \, dr = \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} (r_2^2 - r_1^2),$$

wobei r_1 und r_2 die Grenzen der radialen Erstreckung der Flüssigkeitssäule über der Membrantasche sind, ω die Kreisfrequenz der Schleuderbewegung und ρ die Dichte des Mediums.

[0023] Bei Verwendung der zuvor geschilderten wässrigen Suspension ist ein etwa dreiminütiges Einschleudern unter den angegebenen Druckverhältnissen ausreichend, damit sich das suspendierte Pulver kompakt in der Membrantasche absetzt. Durch den Sedimentationsprozess ist zwar ein Großteil der Flüssigkeit aus der Membrantasche verdrängt worden, jedoch lässt sich das Verfahren noch weiter verbessern, indem der Druckaufnehmer mit dem eingeschleuderten und sedimentierten Pulver einer Wärmebehandlung zur Verdampfung der restlichen Flüssigkeit unterzogen wird, wobei sich im Zusammenhang mit den zuvor beschriebenen detaillierten Parametern eine mehrstündige Erhitzung auf 60 °C bis zu 80 °C bewährt hat.

[0024] Im Einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, das erfindungsgemäße Vortex-Durchflussmessgerät und den erfindungsgemäßen Druckaufnehmer auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 10 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die folgende Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen

[0025] Fig. 1 eine schematische Übersichtsdarstellung eines aus dem Stand der Technik bekannten Vortex-Durchflussmessgeräts mit Druckaufnehmer, teilweise in Schnittdarstellung,

[0026] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Druckaufnehmers in perspektivischer Darstellung,

[0027] Fig. 3 eine perspektivische Darstellung des in Fig. 2 dargestellten Druckaufnehmers in Teilschnitt,

[0028] Fig. 4 den Druckaufnehmer gemäß Fig. 3 mit ungeschnittener Messmembran und mit vermittelndem Medium und

[0029] Fig. 5 eine Messmembran mit auf ihr angeordneten und befestigten optischen Fasern.

[0030] In Fig. 1 ist in einer Schnittdarstellung schematisch ein Vortex-Durchflussmessgerät 1 dargestellt mit einem Messrohr 2, das von einem nicht weiter dargestellten Medium durchströmbar ist und in der Anwendung von einem solchen Medium durchströmt wird. In dem Messrohr 2 ist ein Staukörper 3 vorgesehen, der von dem Medium angeströmt wird und durch den stromabwärts Wirbel in dem Medium erzeugt werden, die sich vom Staukörper stromabwärts ablösen und mit dem strömenden Medium davongetragen werden und eine Wirbelstraße ausbilden. Die Frequenz, mit der sich Wirbel ablösen, ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit innerhalb des Messrohres 2.

[0031] Im Wirkungsbereich des Staukörpers 3 ist ferner ein Druckaufnehmer 4 vorgesehen, wobei der Druckaufnehmer 4 eine auslenkbare Messmembran 5 aufweist und die Auslenkung der Messmembran 5 messtechnisch zur Detektion des Drucks in dem der Messmembran 5 benachbarten Medium herangezogen werden kann. Wenn davon die Rede ist, dass "im Wirkungsbereich des Staukörpers 3" ein Druckaufnehmer 4 vorgesehen ist, dann ist damit gemeint, dass der Druckaufnehmer 4 – durch welche konstruktiven Maßnahmen auch immer – so angeordnet ist, dass er die von dem Staukörper 3 hervorgerufenen Wirbel und die durch diese Wirbel hervorgerufenen Druckschwankungen erfassen kann. Dazu kann der Druckaufnehmer tatsächlich stromabwärts hinter dem Staukörper angeordnet sein, der Druckaufnehmer 4 kann aber auch, wie in Fig. 1 dargestellt, im Wesentlichen oberhalb des Staukörpers 3 angeordnet sein, wobei die durch die Wirbel hervorgerufenen Druckschwankungen durch in dem Messrohr 2 vorgesehene Kanäle 6 zu der Messmembran 5 gelangen.

[0032] Gemeinsam ist den in allen Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen, das zur Erfassung der Auslenkung der Messmembran 5 eine optische Faser 7 auf der Messmembran 5 angeordnet ist, wobei die optische Faser 7 in ihrem Verlauf auf der Messmembran 5 zumindest teilweise mit der Messmembran 5 wirksam verbunden ist, so dass eine durch den Mediumdruck hervorgerufene Auslenkung der Messmembran 5 in dem wirksam verbundenen Bereich 8 zu einer Streckung und/oder Stauchung der optischen Faser 7 führt.

[0033] In Fig. 1 ist ferner zu erkennen, dass bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Vortex-Durchflussmessgerät 1 bzw. bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Druckaufnehmer 4 die optische

Faser 7 direkt auf die Messmembran 5 aufgesetzt ist und damit in direktem Kontakt mit dem Medium steht. Bei anderen Ausführungsbeispielen ist er Druckaufnehmer 4 nicht außerhalb des Messrohres 2 angeordnet, sondern direkt hinter dem Staukörper 3 im Mediumstrom, so dass hier eine Verletzung der optischen Faser 7 und/oder der Messmembran 5 droht.

[0034] In den Fig. 2 bis Fig. 4 ist ein erfindungsgemäßer Druckaufnehmer 4 für ein erfindungsgemäßes Vortex-Durchflussmessgerät dargestellt, wobei die Figuren unterschiedliche Details des Druckaufnehmers 4 erkennen lassen.

[0035] Fig. 2 macht zunächst deutlich, dass die Messmembran als solche verdeckt ist, nämlich zusammen mit den dort vorgesehenen zwei optischen Fasern 7a, 7b umgeben ist von einer Membrantasche 9, die ebenfalls durch den Druck des Mediums auslenkbar ist. Die Membrantasche 9 schirmt die Messmembran 5 zusammen mit den optischen Fasern 7a, 7b von dem Medium ab. In den Fig. 2 bis Fig. 5 ist der Druckaufnehmer 4 bzw. die Messmembran 5 jeweils im druckbeaufschlagten Zustand dargestellt, in dem sowohl die Membrantasche 9 und mit der Membrantasche 9 auch die Messmembran 5 ausgelenkt sind; im nicht druckbeaufschlagten Zustand sind sowohl die Messmembran 5 als auch die Membrantasche 9 eben.

[0036] In den Fig. 3 und Fig. 4 wird deutlich, wie die Messmembran 5 in die Membrantasche 9 eingesetzt ist und von dieser schützend umgeben wird. Die optischen Fasern 7a, 7b ragen aus dem Druckaufnehmer 4 heraus und werden zu einer nicht im Einzelnen dargestellten interferometrischen Auswerteeinheit weitergeführt.

[0037] In den Fig. 2 und Fig. 4 ist zu erkennen, dass die Membrantasche 9 mit einem zwischen der Membrantasche 9 und der Messmembran 5 vermittelnden Medium 10 gefüllt ist, das eine großflächige, direkte Wechselwirkung zwischen der Membrantasche 9 und der Messmembran 5 ermöglicht. Das vermittelnde Medium 10 besteht nahezu vollständig aus Pulver, dessen Partikel eine Partikelgröße von im Wesentlichen 5 µm aufweisen mit nur geringen Abweichungen hin zu kleineren und größeren Partikeln. Es hat sich herausgestellt, dass Pulver mit einer möglichst einheitlichen Partikelgröße besonders gut fließfähig sind und Zwischenräume zwischen der Messmembran 5 und der Membrantasche 9 zuverlässig ausfüllen, insbesondere dann, wenn sie – wie in dem dargestellten Ausführungsbeispiel – zuvor in einer Flüssigkeit zu einer dünnflüssigen Suspension aufgeschlämmt worden sind und in die Membrantasche 9 eingeschleudert worden sind. Das so gewonnene vermittelnde Medium 10 ist damit praktisch ein Sediment, das eine feste, druck- und auslenkungsvermittelnde Konsistenz hat und bei einer Auslenkung der Membranta-

sche 9 nicht seitlich verdrängt wird, sondern die Auslenkung zuverlässig auf die Messmembran 5 überträgt.

[0038] In den Fig. 3 und Fig. 4 ist gut zu erkennen, dass die Membrantasche 9 gebildet wird durch eine erste dünne Taschenmembran 11a und eine zweite dünne Taschenmembran 11b, wobei die erste Taschenmembran 11a und die zweite Taschenmembran 11b über ein Gehäuse 12 des Druckaufnehmers 4 zu der Membrantasche 9 miteinander verbunden sind. Im zusammengefügte Zustand dieser verschiedenen Elemente der Membrantasche 9 stehen sich die Innenseite der ersten Taschenmembran 11a und die erste Seite der Messmembran 5 gegenüber und stehen sich die Innenseite der zweiten Taschenmembran 11b und die zweite Seite der Messmembran 5 ebenfalls gegenüber.

[0039] Die Taschenmembran 11a, 11b bestehen vorliegend aus Edelstahl, genauso wie das Gehäuse 12 des Druckaufnehmers 4, und haben eine Wandstärke von 50 µm. Die Wandstärken der Taschenmembranen 11a, 11b und der Messmembran 5 sind hier nicht maßstabsgerecht, sind vielmehr zur Verdeutlichung des Aufbaus stärker dargestellt; Entsprechendes gilt für die optischen Fasern 7a, 7b.

[0040] Die Taschenmembranen 11a, 11b sind über Ringelemente 13a, 13b in das Gehäuse 12 des Druckaufnehmers 4 eingepresst, wobei zur Erhöhung der Dichtigkeit auch noch der nach außen weisende Übergang zwischen den Ringelementen 12a, 12b, den Taschenmembranen 11a, 11b und dem Gehäuse 12 verschweißt werden können.

[0041] In anderen hier nicht dargestellten Ausführungsbeispielen, ist die Membrantasche 9 einstückig in und mit dem Gehäuse 12 des Druckaufnehmers 4 ausgebildet, indem der Hohlraum in der Membrantasche durch elektrochemische Korrosion oder Funkenerosion hergestellt ist.

[0042] Die optischen Fasern 7a, 7b sind in dem Bereich, in dem sie mit der Messmembran 5 verbunden sind, metallisiert, im vorliegenden Fall mit Kupfer, wobei die Messmembran 5 ebenfalls aus Kupfer gefertigt ist und die Verbindung zwischen den optischen Fasern 7a, 7b und der Messmembran 5 jeweils durch eine Verlötlung 14 hergestellt sind (Fig. 5).

[0043] Der in den Fig. 2 bis Fig. 4 dargestellte Druckaufnehmer ist hergestellt worden, indem eine Suspension aus 95 Masseprozent Wasser und 5 Masseprozent Aluminiumoxidpulver (Al_2O_3) mit einer Korngröße von etwa 5 µm hergestellt und in die Membrantasche 9 bei etwa einem Bar Überdruck über mehrere Minuten eingeschleudert worden ist, so dass sich ein kompaktes Sediment der Aluminiumoxid-Teilchen bilden konnte. Nachfolgend ist die Restfeuchte durch

eine mehrstündige thermische Nachbehandlung des Druckaufnehmers **4** praktisch vollständig beseitigt worden.

Patentansprüche

1. Druckaufnehmer für ein Vortex-Durchflussmessgerät (**1**) mit einer auslenkbaren Messmembran (**5**), wobei die Auslenkung der Messmembran (**5**) messtechnisch zur Detektion des Drucks in dem der Messmembran (**5**) benachbarten Medium herangezogen wird, wobei zur Erfassung der Auslenkung der Messmembran (**5**) wenigstens eine optische Faser (**7**) auf und/oder in der Messmembran (**5**) angeordnet ist, wobei die optische Faser (**7**) in ihrem Verlauf auf und/oder in der Messmembran (**5**) zumindest teilweise mit der Messmembran (**5**) wirksam verbunden ist, so dass eine durch den Mediumdruck hervorgerufene Auslenkung der Messmembran (**5**) in dem wirksam verbundenen Bereich (**8**) zu einer Streckung und/oder Stauchung der optischen Faser (**7**) führt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckaufnehmer (**4**) eine durch den Druck des Mediums auslenkbare Membrantasche (**9**) aufweist, die Membrantasche (**9**) die Messmembran (**5**) mit der optischen Faser (**7**) umgibt, so dass die Membrantasche (**9**) die Messmembran (**5**) vor dem Medium abschirmt und die Messmembran (**5**) zusammen mit der Membrantasche (**9**) ausgelenkt wird, dass die Membrantasche (**9**) mit einem zwischen der Membrantasche (**9**) und der Messmembran (**5**) vermittelnden Medium (**10**) gefüllt ist und dass das vermittelnde Medium Pulver enthält.

2. Druckaufnehmer (**4**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vermittelnde Medium (**10**) ein Sediment aus dem Pulver ist.

3. Druckaufnehmer (**4**) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das vermittelnde Medium (**10**), insbesondere in Form des Sediments, erhalten worden ist durch Einschleudern des Pulvers in die Membrantasche (**9**), insbesondere durch Einschleudern des in einer Suspension enthaltenen Pulvers.

4. Druckaufnehmer (**4**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Membrantasche (**9**) eine erste Taschenmembran (**11a**) und eine zweite Taschenmembran (**11b**) aufweist, wobei die erste Taschenmembran (**11a**) und die zweite Taschenmembran (**11b**) über ein Gehäuse (**12**) des Druckaufnehmers (**4**) miteinander verbunden sind, wobei sich im Montagezustand des Druckaufnehmers (**4**) die Innenseite der ersten Taschenmembran (**11a**) und die erste Seite der Messmembran (**5**) gegenüberstehen und sich im Montagezustand des Druckaufnehmers die Innenseite der zweiten Taschenmembran (**11b**) und die zweite Seite der Messmembran (**5**) gegenüberstehen.

5. Druckaufnehmer (**4**) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Taschenmembranen (**11a**, **11b**) aus Edelstahl bestehen, die Taschenmembranen insbesondere eine Wandstärke von 40 µm bis 60 µm aufweisen, bevorzugt eine Wandstärke von 50 µm aufweisen.

6. Druckaufnehmer (**4**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optische Faser (**7a**, **7b**) im Bereich der Messmembran (**5**) metallisiert ist, insbesondere mit dem Metall bzw. der Legierung metallisiert ist, aus der auch die Messmembran (**5**) besteht, insbesondere mit Kupfer, Bronze oder Edelstahl.

7. Druckaufnehmer (**4**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der einen Seite der Messmembran (**5**) eine erste optische Faser (**7a**) angeordnet ist, auf der anderen Seite der Messmembran (**5**) eine zweite optische Faser (**7b**) angeordnet ist, insbesondere wobei die erste optische Faser (**7a**) und die zweite optische Faser (**7b**) unterschiedlich lang sind, vorzugsweise über unterschiedliche lange Verbindungsbereiche mit der jeweiligen Seite der Messmembran verbunden sind.

8. Vortex-Durchflussmessgerät (**1**) mit einem von einem Medium durchströmbar messrohr (**2**), einem in dem Messrohr (**2**) vorgesehenen Staukörper (**3**) und einem im Wirkungsbereich des Staukörpers (**3**) vorgesehenen Druckaufnehmer (**4**), wobei der Druckaufnehmer (**4**) eine auslenkbare Messmembran (**5**) aufweist, und die Auslenkung der Messmembran (**5**) messtechnisch zur Detektion des Drucks in dem der Messmembran (**5**) benachbarten Medium herangezogen wird, wobei zur Erfassung der Auslenkung der Messmembran (**5**) wenigstens eine optische Faser (**7**) auf und/oder in der Messmembran (**5**) angeordnet ist, wobei die optische Faser (**7**) in ihrem Verlauf auf und/oder in der Messmembran (**5**) zumindest teilweise mit der Messmembran (**5**) wirksam verbunden ist, so dass eine durch den Mediumdruck hervorgerufene Auslenkung der Messmembran (**5**) in dem wirksam verbundenen Bereich (**8**) zu einer Streckung und/oder Stauchung der optischen Faser (**7**) führt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckaufnehmer (**4**) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

9. Verfahren zur Herstellung eines Druckaufnehmers (**4**) mit einer Membrantasche (**9**) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Membrantasche (**9**) mit einem zwischen der Membrantasche (**9**) und der Messmembran (**5**) vermittelnden Medium (**10**) gefüllt ist, und wobei das vermittelnde Medium Pulver enthält, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Pulver in einer Flüssigkeit suspendiert wird, insbesondere in Wasser, und die Suspension in die Membrantasche (**9**) eingeschleudert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Suspension aus über 90 Masseprozent flüssigem Medium, vorzugsweise aus über 95 Masseprozent flüssigem Medium verwendet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Einschleudern derart erfolgt, dass in der Membrantasche (9) ein Überdruck gegenüber dem Umgebungsdruck von etwa einem Bar erzeugt wird, wobei das Einschleudern insbesondere so lange fortgesetzt wird, bis die Membrantasche (9) mit sedimentiertem Pulver verfüllt ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckaufnehmer (4) mit dem eingeschleuderten und sedimentierten Pulver einer Wärmebehandlung zur Verdampfung der Flüssigkeit unterzogen wird, insbesondere einer mehrstündigen Erhitzung auf 60°C bis 80°C.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

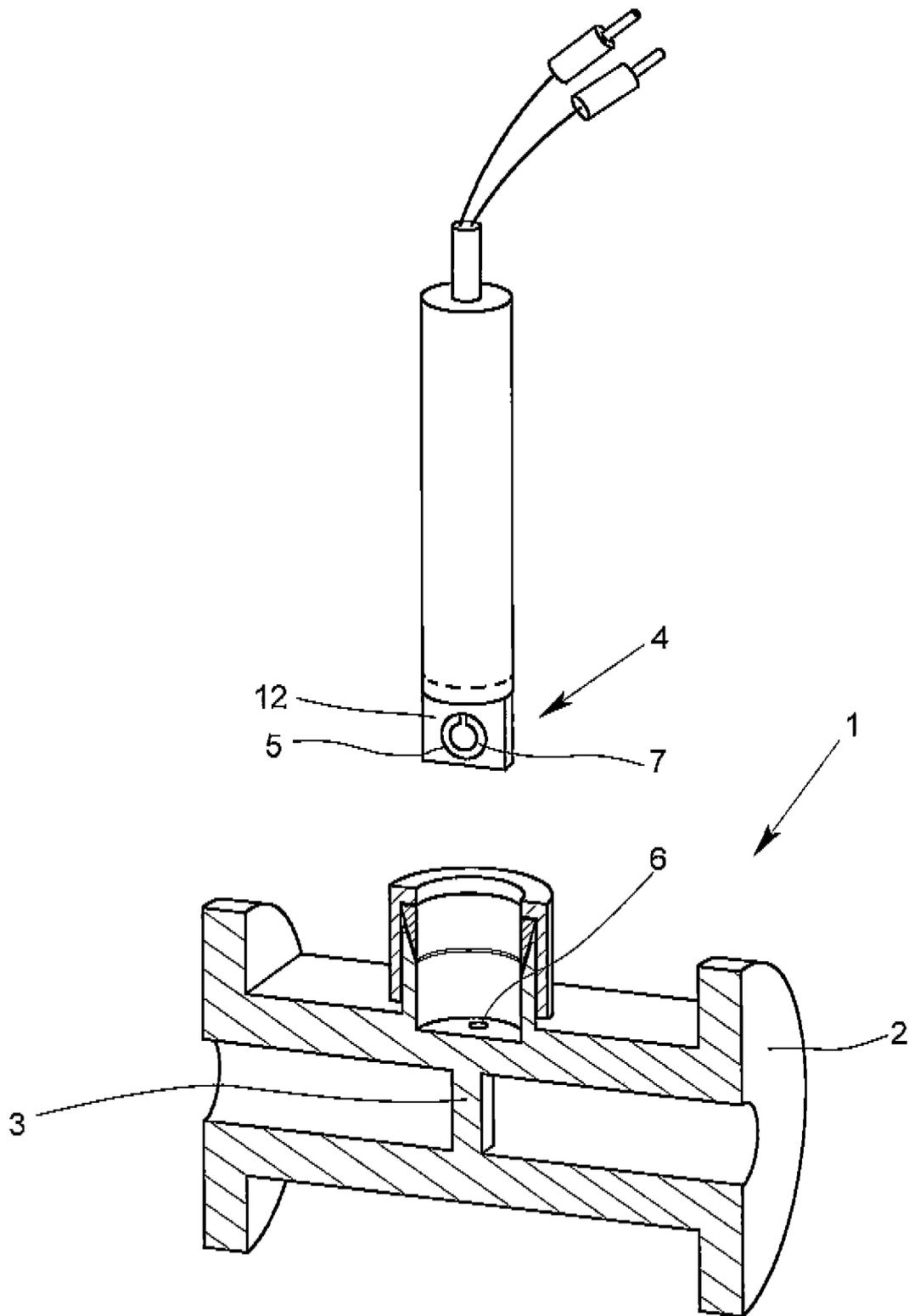


Fig. 1
(Stand der Technik)

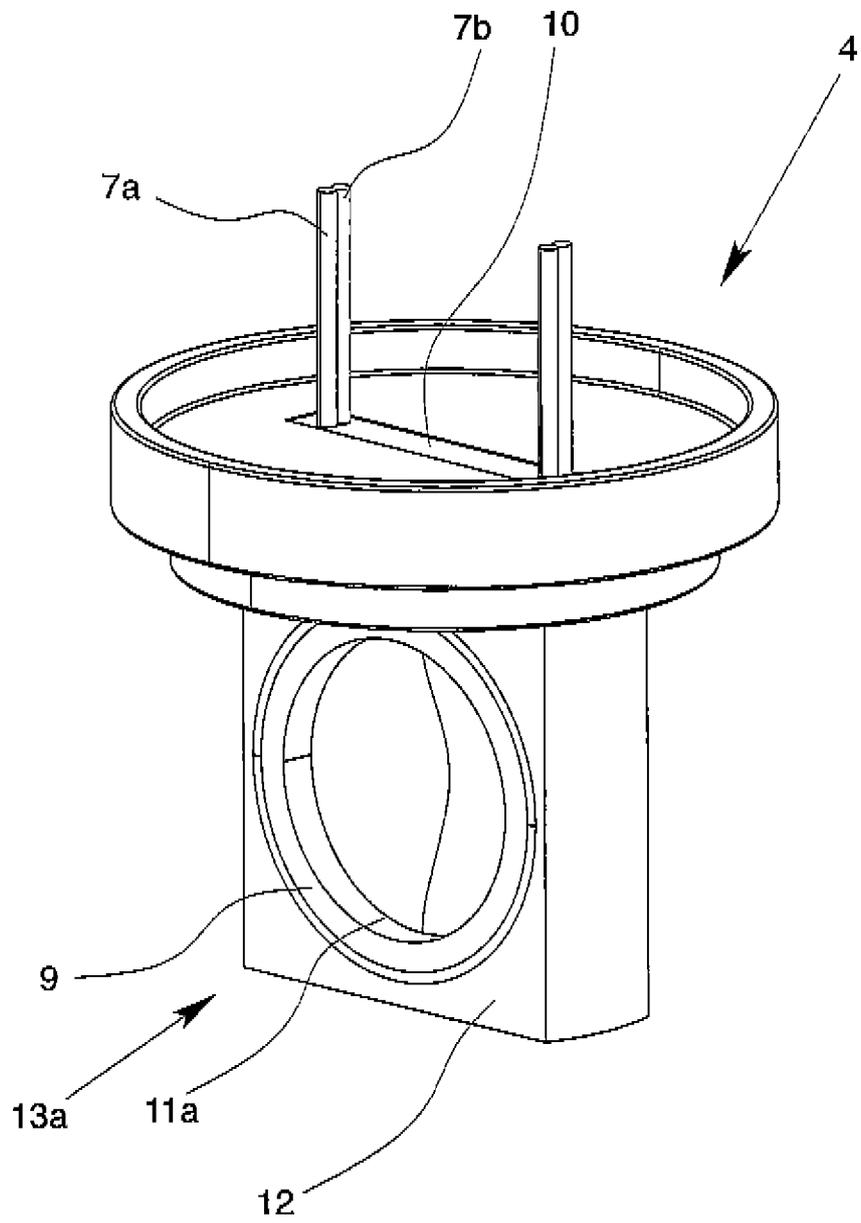


Fig. 2

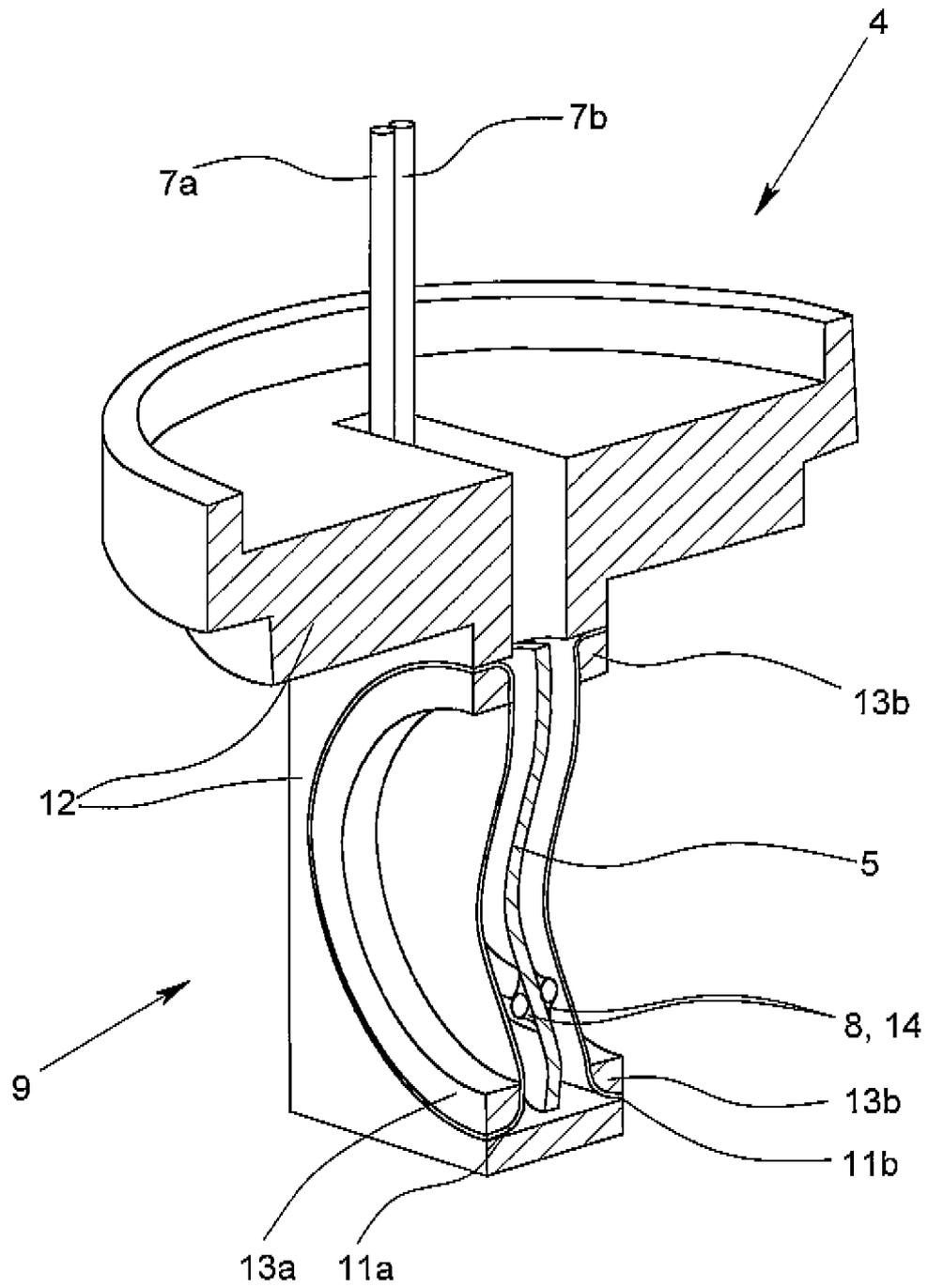


Fig. 3

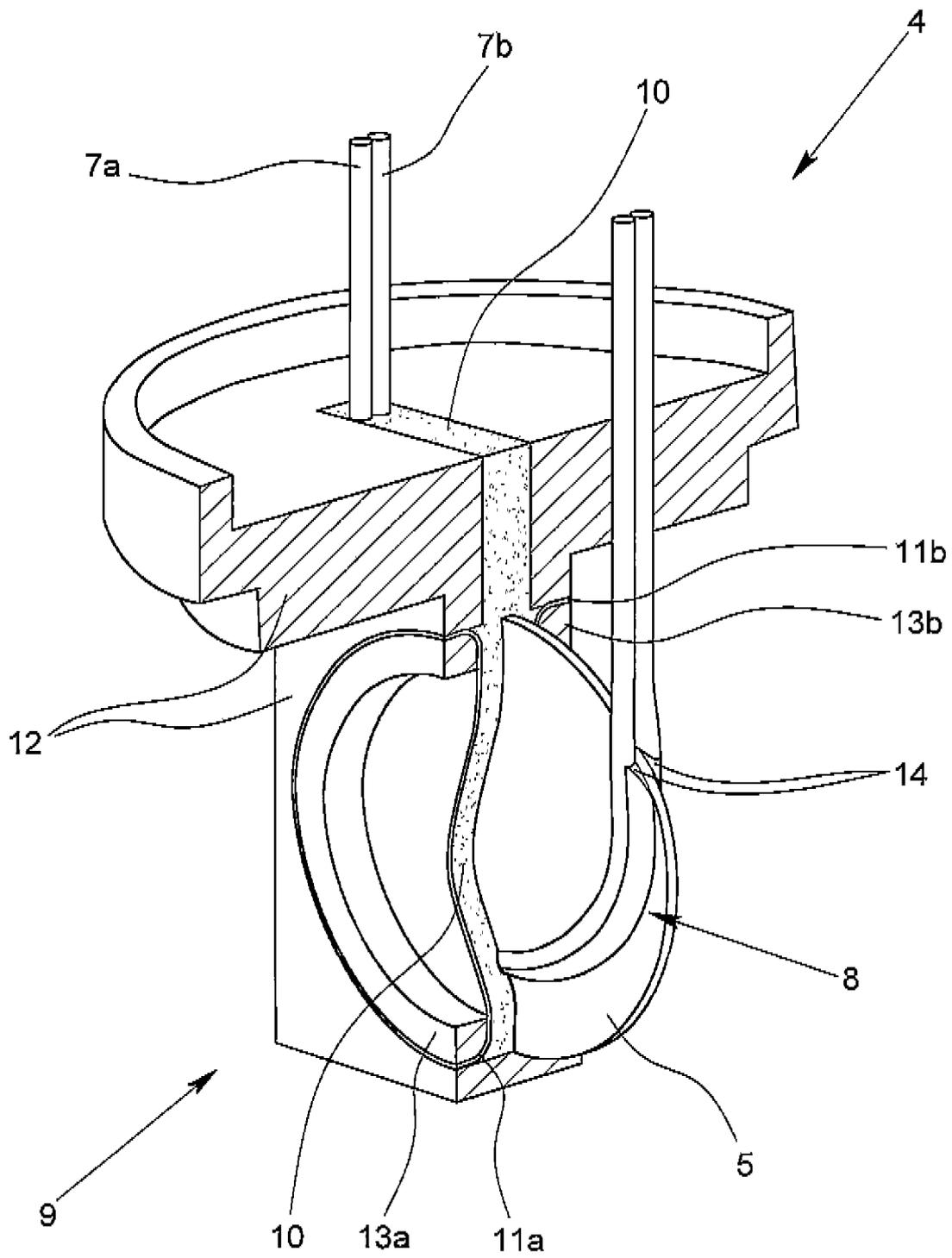


Fig. 4

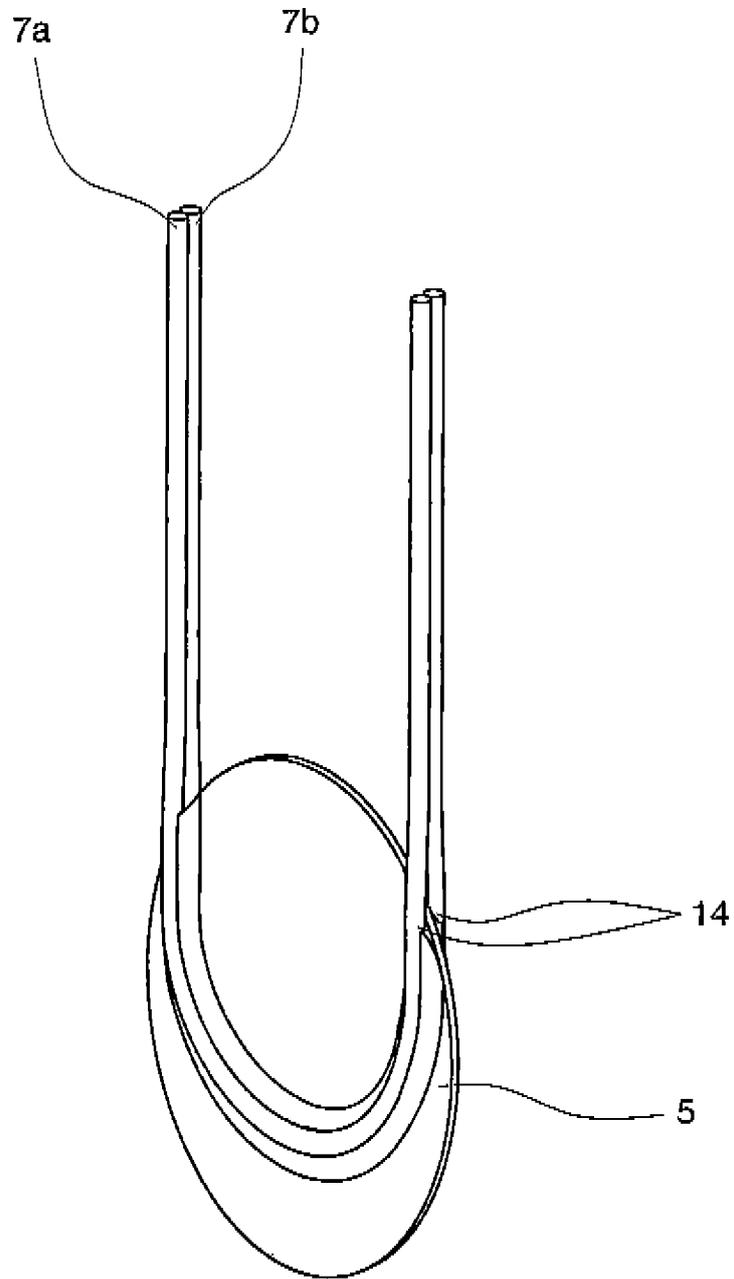


Fig. 5