



(10) **DE 10 2014 108 351 A1** 2015.12.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 108 351.2**

(22) Anmeldetag: **13.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **17.12.2015**

(51) Int Cl.: **G01F 15/18 (2006.01)**

B81B 1/00 (2006.01)

G01F 1/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Endress+Hauser Flowtec AG, Reinach, CH

(74) Vertreter:

**Winkler, Uwe, Dipl.-Chem. Diplôme d'ing. ECPM,
79098 Freiburg, DE**

(72) Erfinder:

**Reith, Patrick, Basel, CH; Feth, Hagen, 79106
Freiburg, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE 10 2011 119 472 B3

US 8 161 811 B2

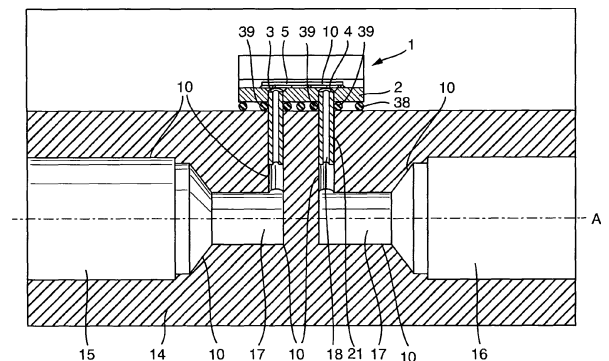
JP 2011- 252 834 A

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Messanordnung mit einem Trägerelement und einem mikromechanischen Sensor**

(57) Zusammenfassung: Eine Messanordnung umfassend
a) ein Trägerelement (14) mit einer Längsachse (A) auf oder an welchem ein mikromechanischer Sensor (1) zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids angeordnet ist, und
b) den mikromechanischen Sensor (1) zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids mit einem Sensorgrundkörper (2), welcher einen Fluidkanal (5) aufweist, welcher sich innerhalb des Sensors (1) von einem Fluideinlass bis zu einem Fluidauslass erstreckt, und
c) wobei das Trägerelement (14) einen Fluidzuführkanal (15) zur Zuführung des Fluids zum Sensor (1) und einen Fluidabführkanal (16) zur Abführung des Fluids vom Sensor (1) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidzuführkanal (15) des Trägerelements (14) zumindest bereichsweise eine anorganische Beschichtung (10) aufweist, welche sich über den Fluidkanal (5) des Sensors (1) bis in den Fluidabführkanal (16) des Trägerelements (14) erstreckt, sowie ein Verfahren zur Aufbringung einer anorganischen Schicht auf eine Messanordnung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Messanordnung umfassend ein Trägerelement und einen mikromechanischen Sensor nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Aufbringung einer anorganischen Schicht.

[0002] Eine gattungsgemäße Messanordnung eines Trägerelements mit einem mikromechanischen Sensor wird in der PCT/EP2013/071617 und in der DE 10 2013 017 317 A1 beschrieben. Innerhalb des Trägerelements ist zur besseren Anordnung des mikromechanischen Sensors ein Röhrchen aus Stahl oder Kunststoff angeordnet. Im Fall der Messung von aggressiven Medien kann allerdings das mediumsberührende Material des Sensors und/oder des Trägerelements angegriffen werden.

[0003] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung einen verbesserten Schutz des Sensors und/oder des Trägerelements und/oder der Verbindung dieser beiden Elemente bereitzustellen und/oder weitere Funktionalitäten im Fluidkanal zu ermöglichen.

[0004] Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe durch eine Messanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruch 10.

[0005] Eine erfindungsgemäße Messanordnung umfasst ein Trägerelement mit einer Längsachse A auf oder an welchem ein mikromechanischer Sensor zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids angeordnet ist. Die erfindungsgemäße Messanordnung umfasst zudem den besagten mikromechanischen Sensor zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids mit einem Sensorgrundkörper, welcher einen Fluidkanal aufweist, welcher sich innerhalb des Sensors von einem Fluideinlass bis zu einem Fluidauslass erstreckt. Das Trägerelement weist einen Fluidzuführkanal zur Zuführung des Fluids zum Sensor und einen Fluidabführkanal zur Abführung des Fluids vom Sensor auf.

[0006] Erfindungsgemäß weist der Fluidzuführkanal des Trägerelements eine anorganische Beschichtung auf, welche sich über den Fluidkanal des Sensors bis in den Fluidabführkanal des Trägerelements erstreckt.

[0007] Der mikromechanische Sensor kann in einer bevorzugten Ausführungsvariante als Durchflussmessgerät ausgebildet sein. Im Bereich der Durchflussmessgeräte sind zum Schutz eines Stützrohres oftmals sogenannte Liner aus Kunststoff eingebracht. Die üblichen Linermaterialien sind allerdings Gießharze oder Einschubelemente aus Gummi oder dergleichen. Aufgrund der geringen Nennweite des

Fluidkanals eines mikromechanischen Sensors sind allerdings alle oder zumindest der überwiegende Teil der Linermaterialien für den Einsatz in mikromechanischen Sensoren, insbesondere in MEMS-Sensoren, ungeeignet. Sie führen zu einer starken Verringerung der Nennweite, was eine große Messgenauigkeit des Sensors bewirkt. Eine anorganische Beschichtung hingegen ermöglicht einen effektiven Schutz des Fluidkanals im Trägerelement und im mikromechanischen Sensor. Die anorganische Beschichtung lässt sich in Schichtdicken von 10 µm oder geringer realisieren. Da die Abscheidung aus der Gasphase erfolgt, kann eine relativ einheitliche Schichtdicke der Beschichtung über den gesamten Fluidkanal der Messanordnung erzielt werden.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0009] Es ist von Vorteil, wenn die anorganische Beschichtung eine Schichtdicke von weniger als 5% der Nennweite des Innendurchmessers des Fluidkanals des mikromechanischen Sensors, vorzugsweise weniger als 2% der Nennweite des Innendurchmessers des Fluidkanals, aufweist. Sofern dieser Nennweitensprung einheitlich über den Verlauf des Fluidkanals des Sensors ist, so kann dieser Nennweitensprung bei der Auswertung berücksichtigt und rechnerisch kompensiert werden.

[0010] Die anorganische Beschichtung kann vorzugsweise eine keramische Beschichtung oder eine metallische Beschichtung sein.

[0011] Die anorganische Beschichtung besteht in vorteilhafter Weise im Wesentlichen aus einer oder mehreren oxidischen, nitridischen, sulfidischen, carbidischen, fluoridischen und/oder elementaren Metallverbindungen.

[0012] Insbesondere kann die anorganische Beschichtung aus Tantaloxid (Ta_2O_5) bestehen.

[0013] In einer vorteilhaften Ausgestaltungsvariante ist die anorganische Beschichtung eine mediumsberührende Beschichtung und auf der mediumsabgewandten Seite der Beschichtung ist eine weitere funktionale Schicht, insbesondere eine elektrisch-kontaktierende Schicht, angeordnet. Diese elektrisch-kontaktierende Schicht kann teilweise von der darüber angeordneten Beschichtung befreit sein, so dass die elektrisch-kontaktierende Schicht mit dem Medium, z.B. als Elektrode, kontaktiert.

[0014] Die anorganische Beschichtung wird vorzugsweise mittels eines sogenannten ALD-Verfahrens (atomic deposition layer) aufgebracht. Der besondere Vorteil dieses Verfahrens ist die äußerst geringe Schichtdickenvarianz über den Verlauf der Beschichtung, welche vorzugsweise geringer ist als 10

nm, vorzugsweise geringer als 4 nm. Dadurch wird ein Messfehler durch Unregelmäßigkeiten der Beschichtung verringert oder vollständig vermieden.

[0015] Das Trägerelement zur mechanischen Verbindung des Fluidzuführkanals und/oder des Fluidabführkanals des Trägerelements mit dem Fluidkanal des Sensors weist vorteilhaft eine Anbindungsschicht auf, die sich über einen Teilbereich einer Oberfläche des Trägerelements und über einen Teilbereich einer Oberfläche des Sensors erstreckt. Diese Anbindungsschicht ist nicht innerhalb des Fluidkanals sondern an einer zum Trägerelement hinzeigenden Außenfläche des Sensor angeordnet und verbindet das Trägerelement mit dem Sensor. Diese Anbindungsschicht kann insbesondere ein polyfluorierter Kunststoff, insbesondere Halar, und/oder ein Metall-Lot und/oder ein Kleber ist. Durch das ALD-Verfahren kann die Beschichtung auch schwerbeschichtbare Oberflächen wie fluoridierte Kunststoffe in guter Qualität realisiert werden.

[0016] Die Anbindungsschicht kann vorzugsweise ein Kleber, ein polyfluorierter Kunststoff, insbesondere Halar, und/oder ein Metalllot, insbesondere ein Gold-, Silber- und/oder Zinnlot sein. Anschlusselemente zwischen dem Sensor und dem Trägerelement, wie z.B. Metallröhrchen, können vorgesehen sein. Allerdings kann der Sensor auch in einer Art schwimmender Anpassung ausschließlich durch das Lot, den Kleber oder das Halar mit dem Trägerelement ohne zusätzliche Anschlusselemente verbunden sein. In diesem Fall können Fertigungstoleranzen durch das Lot als weniger starre Verbindung im Vergleich zu den Anschlusselementen ausgeglichen werden. Mögliche auftretende Totvolumina im Bereich der Anbindungsschicht werden dabei durch die anorganische Beschichtung verringert oder gänzlich verhindert.

[0017] In einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Aufbringung einer anorganischen Schicht in einer Messanordnung, insbesondere einer Messanordnung nach Anspruch 1, erfolgt die Bildung der anorganischen Schicht durch schrittweises Zuleiten zumindest zweier gasförmiger Ausgangsstoffe auf eine Oberfläche, insbesondere eine messmediumsberührende Oberfläche, der Messanordnung.

[0018] Durch das erfindungsgemäße Verfahren lassen sich Fluidkanäle mit sehr kleinen Nennweiten auskleiden und so das Material der Messanordnung vor dem Messmedium schützen.

[0019] Die anorganische Beschichtung kann vorteilhaft als eine mediumsberührende Beschichtung ist und auf der mediumsabgewandten Seite der Beschichtung kann eine weitere funktionale Schicht vorgesehen sein, insbesondere eine elektrisch-kontaktierende Schicht, eine Katalysatorschicht zur Kataly-

se von in der Messanordnung ablaufenden Gasreaktionen und/oder eine als Sensorelement ausgebildete Schicht, z.B. ein PT-100 Sensorelement, welches vorzugsweise durch ALD-Abscheidung realisiert wurde.

[0020] Die anorganische Beschichtung selbst kann auch alternativ oder zusätzlich zum Korrosionsschutzschicht eine Funktionalität aufweisen. Sie kann z.B. als eine Katalysatorschicht, eine elektrisch-kontaktierende Schicht und/oder eine als Sensorelement ausgebildete Schicht realisiert sein.

[0021] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0022] Es ist von Vorteil, wenn ein in der Messanordnung bestehender fluidleitender Kanal bei der Aufbringung der anorganischen Schicht als Reaktionskammer dient.

[0023] Es ist von Vorteil, wenn eine erste Verbindung beim Überleiten eines ersten der zumindest zwei gasförmigen Ausgangsstoffe auf der Oberfläche anlagert und dass sich diese erste Verbindung beim Überleiten einer zweiten der zumindest zwei gasförmigen Ausgangsstoffe durch eine Redoxreaktion in das Material der anorganischen Schicht umwandelt.

[0024] Das Verfahren kann insbesondere als ein ALD-Verfahren ausgeführt sein.

[0025] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsvarianten der Erfindung werden zudem nachfolgend beschrieben.

[0026] Sofern eine Lotverbindung als Anbindungsschicht gewählt wird, kann diese vorteilhaft durch Schmelzen eines Lotdrahtes oder besonders bevorzugt einer strukturierten Lotfolie oder einer elektrochemisch, oder durch Aufdampfen abgeschiedenen Lotbeschichtung hergestellt werden.

[0027] Besonders vorteilhaft ist zumindest eine Materialkomponente der Lotverbindung ein Edelmetall, insbesondere Gold, und/oder Zinn. Unter diese Definition fallen auch Legierungen, wie z.B. eine Gold/Zinn-Legierung.

[0028] Das Trägerelement und/oder das optionale Anschlusselement können vorteilhaft aus Metall, vorzugsweise aus Edelstahl, besonders bevorzugt aus Edelstahl der Sorte PH 17-4 oder Zirkonium bestehen. Gerade die letztgenannte spezielle Stahlsorte weist einen günstigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten gegenüber dem Material des mikromechanischen Sensors auf. Zirkonium ist besonders bevorzugt, da es noch korrosionsbeständiger ist als die vorgenannte Edelstahlsorte und ebenfalls einen zu an-

deren Metallen geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzt.

[0029] Der thermische Ausdehnungskoeffizient des Materials des Trägerelements kann vorteilhaft weniger als das 5-fache, vorzugsweise weniger als das 4-fache des thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Materials des Sensors betragen. Dadurch wird eine druckstabile und wechseltemperaturbeständige Verbindung zwischen Trägerelement und Sensor geschaffen.

[0030] Zur zusätzlichen Stabilisierung ist es von Vorteil, wenn zwischen dem Sensor und dem Trägerelement weitere stoffschlüssige Verbindungen angeordnet sind. Diese stoffschlüssigen Verbindungen können insbesondere Lotverbindungen, oder Klebeverbindungen sein.

[0031] Besonders von Vorteil ist es, wenn die vorgenannten stoffschlüssigen Verbindungen möglichst gleichmäßig im Bereich zwischen dem Sensor und dem Trägerelement verteilt sind. Daher ist es von Vorteil, wenn die dem Trägerelement zugewandte Oberfläche des Sensors in zumindest drei gleichdimensionierte Sensorabschnitte einteilbar ist, wobei zumindest zwei der drei Sensorabschnitte zumindest jeweils eine der stoffschlüssigen Verbindungen aufweist.

[0032] Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0033] Fig. 1: Darstellung einer ersten Messanordnung mit einer anorganischen Beschichtung als innere Auskleidung;

[0034] Fig. 2: schematische Darstellung eines Teilausschnitts der Messanordnung; und

[0035] Fig. 3: Darstellung einer zweiten Messanordnung mit einer anorganischen Beschichtung als innere Auskleidung.

[0036] Die in Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Messanordnungen werden vorzugsweise in Messgeräten der Prozess- und Automatisierungstechnik eingesetzt.

[0037] Die vorliegende Erfindung betrifft die Auskleidung des Fluidkanals eines Sensors und eines erweiterten Fluidkanals der sich durch ein Trägerelement und den daran befestigten Sensor erstreckt. Der Sensor wird in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen als mikromechanischer Sensor beschrieben.

[0038] Die Grundfläche eines bevorzugten mikromechanischen Sensors kann in seiner größten Dimensionierung bevorzugt der maximalen Grundfläche eines Wafers entsprechen. Als Grundfläche ist dabei

die Fläche zu verstehen, mit welcher der Sensor mit dem Trägerelement verbunden werden kann. Der mikromechanische Sensor kann allerdings auch wesentlich kleiner ausgebildet sein und z.B. eine Dimensionierung im Bereich weniger Millimeter aufweisen.

[0039] Besonders bevorzugt ist zumindest eine Kantenlänge des Sensors kleiner oder gleich 10 cm. Ganz besonders bevorzugt sind alle Kantenlängen des Sensors kleiner oder gleich 10 cm.

[0040] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Sensors **1**, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel als ein Sensor für ein Coriolis-Massendurchflussmessgerät in mikromechanischer Bauweise (MEMS – Micro-Electro-Mechanical-System) ausgebildet ist. Der Sensor **1** umfasst einen Sensorkörper **2**, der aus Keramik oder Glas ausgebildet ist und eine Oberfläche mit einer ersten Anschlussöffnung **3** und einer zweiten Anschlussöffnung **4**, die jeweils einen Durchmesser von ca. 1mm umfassen, aufweist. Der Sensorkörper **2** ist quaderförmig und weist eine erste und eine zweite quadratförmige Seitenfläche auf, die jeweils typischerweise ca. 1 cm² groß sind. Die erste und die zweite Anschlussöffnung **3**, **4** sind an einer ersten Seitenfläche des Sensorkörpers **2** angeordnet und führen zu einem durchströmbaren Volumen, das im Inneren des Sensorkörpers angeordnet ist und mittels eines Metallkörpers, insbesondere ein Metallrohr gegen den Sensorkörper abgegrenzt ist. Die Anschlussöffnungen **3** und **4** münden in einen Fluidkanal **5**, welcher sich durch den mikromechanischen Sensor **1** erstreckt.

[0041] Fig. 1 zeigt zudem ein Trägerelement **14** mit einer Längsachse A, auf welchem ein Sensor zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids angeordnet werden kann. Das Trägerelement **14** weist einen Fluidkanal auf, welcher sich im vorliegenden Beispiel in einen Fluidzuführkanal **15** und einen Fluidabführkanal **16** zur Zu- und Abführung eines Fluids zum Sensor unterteilt. Es sind allerdings auch andere Trägerelement-Sensor Konstruktionen möglich, beispielsweise ein Drucksensor, bei welchem die Fluidzuführung und -abführung in einem Kanal zusammengefasst werden können.

[0042] In der Anordnung der Fig. 1 kann der Sensor auch in Form eines Coriolis-Durchflussmessgerätes zur Messung der Viskosität des Fluids genutzt werden. Der Sensor muss allerdings nicht zwingend als Coriolis-Durchflussmessgerät ausgebildet sein. Die Art des Sensors hängt von der zu ermittelnden Prozessgröße ab.

[0043] Diese Prozessgröße kann vorzugsweise die Dichte, die Viskosität, die Stoffzusammensetzung, die Temperatur, pH-Wert, die Leitfähigkeit, der Partikelgehalt, der Volumendurchfluss, der Massendurch-

fluss und/oder die Durchflussgeschwindigkeit eines Fluids sein.

[0044] Der Fluidzuführkanal weist in dem in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel ein erstes Kanalsegment **17** auf, welches im Wesentlichen parallel zur Längsachse A des Trägerelements **14** verläuft. Dieses Kanalsegment ist endständig mit einem Prozessanschluss einer Rohrleitung verbindbar. Der Fluidzuführkanal weist zudem ein zweites Kanalsegment **18** in welches das erste Kanalsegment **17** mündet. Dieses zweite Kanalsegment **18** ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel im Winkel von 90° zur Längsachse im Trägerelement **14** angeordnet. Dabei ist der Durchmesser des ersten Kanalsegments **17** größer, vorzugsweise zumindest doppelt so groß, wie der Durchmesser des zweiten Kanalsegments **18**. Das zweite Kanalsegment **18** weist eine Durchmesseraufweitung **19** zur Aufnahme eines Abschlusselements **21** auf. Dadurch erfolgt nach dem Einsetzen des Anschlusselements kein Nennweitensprung innerhalb des zweiten Kanalsegments **18**. Durch das zweite Kanalsegment **18** kann das Fluid radial zur Achse aus dem Trägerelement herausgeleitet werden.

[0045] In **Fig. 1** wird der gesamte Fluidstrom von einem Trägerelement **14** über das zweite Kanalsegment **18** durch den mikromechanischen Sensor **1** geleitet. Allerdings kann das Kanalsegment **18** auch lediglich als ein Bypass ausgebildet sein, während ein weiterer Fluidstrom, insbesondere die Hauptströmung durch einen zentralen Kanal **20** im Trägerelement **14** geführt wird. Diese Ausführungsvariante ist in **Fig. 3** dargestellt.

[0046] Das Trägerelement **14** weist zudem den Fluidabführkanal **16** als Teil des Fluidkanals auf, welcher im Wesentlichen baugleich zum Fluidzuführkanal **15** aufgebaut ist. Zwischen dem Fluidabführkanal und dem Fluidzuführkanal kann im Fall eines Bypasses optional ein Kanalverbindungssegment **20** angeordnet sein, welches im Trägerelement **14** parallel zur Längsachse A angeordnet ist und den Fluidzuführkanal und den Fluidabführkanal miteinander verbindet.

[0047] Der Fluidzuführkanal **15** und der Fluidabführkanal **16** des Trägerelementes **14** sind, ebenso wie der Fluidkanal **5** des Sensors **1**, mit einer anorganischen Schicht bzw. einer anorganischen Beschichtung **10** ausgekleidet.

[0048] Wie bereits erörtert muss nicht der gesamte Fluidstrom durch den Sensor geleitet werden, sondern nur ein Teil des Fluids. Die Nennweite des Kanalverbindungssegments weist dabei einen kleineren Durchmesser, vorzugsweise zumindest einen doppelt so kleinen Durchmesser auf wie das erste Kanalsegment **17**.

[0049] Mikroelektromechanische Sensoren, wie sie im vorliegenden Beispiel eingesetzt werden können, sind an sich bekannt. Die im vorliegenden Beispiel eingesetzten Sensoren können als Coriolis-Durchflussmessgerät, als magnetisch-induktives Durchflussmessgerät, als thermisches Durchflussmessgerät, als Druckmessgerät, als Viskositätsmessgerät, spektroskopische Messgeräte, Ultraschallmessgeräte, insbesondere Ultraschall-Durchflussmessgerät, Dichtemessgeräte ausgebildet sein und Prozessgrößen wie Viskosität, Dichte, Druck, Stoffzusammensetzung, Temperatur, Viskosität, der pH-Wert, die Leitfähigkeit, der Partikelgehalt und/oder ggf. auch Durchfluss ermittelt. Unter Sensoren sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch chromatographische Analysatoren (LC- oder GC-Analysatoren) zu verstehen. Diese sind ebenfalls in mikroelektromechanischer Bauweise realisierbar.

[0050] Der mikroelektromechanische Sensor ist vorzugsweise aus einem Glas oder Siliziummaterial gefertigt. Typischerweise beträgt der Temperaturausdehnungskoeffizient bei diesen Materialien etwa $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

[0051] Alternativ sind auch Sensoren aus keramischen Materialien oder Metall im Rahmen der vorliegenden Erfindung für diesen Einsatzzweck verwendbar.

[0052] Die optionalen Anschlusselemente **21** sind entweder als gesonderte Bauteile in Form von Röhrchen ausgebildet oder integral ausgeformt. Sie bestehen vorzugsweise aus Edelstahl – vorzugsweise der Sorte PH 17-4. Ebenso besteht das Trägerelement **14** aus Edelstahl, besonders bevorzugt der Sorte PH 17-4 oder Zirkonium. Andere Materialien, beispielsweise aus Kunststoffmaterialien, sind allerdings ebenfalls denkbar. Gerade bei besonders heißen oder kalten Fluiden ist es jedoch von Vorteil, wenn der thermische Ausdehnungskoeffizient des Materials des Sensors und des Anschlusselements um nicht mehr als das 5-fache voneinander abweichen. Andernfalls kann es zu Undichtigkeiten bei höheren Drücken oder sogar zu einem Ablösen des Sensors kommen. Edelstahl der Sorte PH 17-4 erfüllt diese Anforderungen bezüglich eines Siliziummaterials und/oder Glasmaterials (incl. Borsilikat). Sofern die Anschlusselemente integral mit dem Trägerelement ausgebildet sind, sollte das Material des Trägerelements naturgemäß dem Material der Anschlusselemente entsprechen. Sofern jedoch die Anschlusselemente **21** als gesonderte Bauteile im Trägerelement **14** vorgesehen sind, so kann das Material des Trägerelements vorzugsweise aus einem kostengünstigeren Material, beispielsweise Edelstahl der Sorte 316 L ausgewählt werden. Alternativ kann auch anderes Material, insbesondere Titan, Aluminium, Zirkonium, Tantal, Silizium oder leitendes Keramikmaterial für

das Trägerelement und/oder das Anschlusselement eingesetzt werden.

[0053] Zusätzlich oder alternativ zu einer metallischen Anbindungsschicht **30** kann auch eine Kunststoffschicht als Anbindungsschicht vorgesehen sein. Dabei kann es sich bevorzugt um ein Copolymer handeln.

[0054] In einer besonderen Ausführungsvariante besteht die Anbindungsschicht **30** aus einem Kunststoff ausgewählt aus folgenden Stoffen: PE, PEEK, PFA, PTFE, PBT und/oder PEK. Hier muss allerdings im Falle der Herstellung einer galvanischen Beschichtung zunächst eine elektrisch leitfähige Schicht in Form von Sputtern, Metallisieren oder Aufdampfen aufgebracht werden.

[0055] Zusätzlich oder alternativ können auch wärmeleitfähigen Materialien, welche die Wärmeleitfähigkeit der metallischen Anbindungsschicht **30** erhöhen, in den diese Anbindungsschicht eingebunden werden um eine thermische Kontaktierung zwischen dem Trägerelement und dem Sensor zu ermöglichen.

[0056] Zusätzlich oder alternativ können auch magnetische Substanzen in den Kunststoff eingebunden werden, um die magnetische Kontaktierung zwischen Sensor und Trägerelement zu ermöglichen. Entsprechende magnetische Substanzen kann z.B. Partikel aus Magneteisenstein sein.

[0057] Auch metallische Elemente, beispielsweise Leiterbahnen, welche die elektrische Leitfähigkeit verbessern können in der metallischen Anbindungsschicht enthalten sein.

[0058] Zwischen dem Trägerelement und dem Anschlusselement und dem Trägerelement und dem Sensor kann zudem vorteilhaft eine Vordichtung in Form einer Membranstruktur oder einer Dichtlippe angeordnet sein, so dass die Lotverbindung mechanisch oder chemisch nicht übermäßig beansprucht wird.

[0059] Sofern eine vorgenannte Lotverbindung geschaffen wird, empfiehlt es sich zuvor die zu verbindenden Oberflächen zu behandeln, um ein besseres Anhaften zu ermöglichen. Dies kann chemisch durch Anätzen erfolgen oder durch Coronabestrahlen oder Lasern oder durch abrasive Verfahren wie z.B. Sandstrahlen. Die behandelten Oberflächen können sodann durch das Lot besser benetzt werden. Zudem wird die Haftfestigkeit einer Klebeverbindung und/oder Halarverbindung verbessert. Um das Lot benetzen zu lassen, kann die Oberfläche mit einer Goldschicht (Galvanik, Aufdampfen oder Sputtern) versehen werden. Dies erfolgt vorzugsweise sowohl auf der Seite des Trägerelements als auch auf der Seite des Sensors.

[0060] Die Anschlusselemente **21** ermöglichen insbesondere einen strömungstechnischen Anschluss zwischen mikromechanischem Sensor **1** und dem Trägerelement **14**. Allerdings empfiehlt sich, insbesondere bei höheren Drücken, eine zusätzliche mechanische Anbindung des mikroelektromechanischen Sensors **1**.

[0061] Die mechanische Anbindung des mikromechanischen Sensors **1**, insbesondere des mikroelektromechanischen Sensors, erfolgt im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** mittels einer Lotverbindung. Diese Lotverbindung kann in Form von Lotdrähten **38** und/oder Lotringen **39** auf das Trägerelement **32** aufgebracht sein. Durch die Lotringe **39** wird eine mechanische und zugleich druckstabile und mediumsichte Verbindung der Anschlusselemente **21** mit dem Trägerelement **14** erreicht.

[0062] Die Anbindung zwischen den mikroelektromechanischen Sensor und dem Trägerelement kann alternativ oder zusätzlich zu einer Lotverbindung auch durch ein Klebsystem, z.B. mittels eines Epoxiharzes erfolgen. Die Lotverbindung ist allerdings besonders stabil gegenüber Säuren und Laugen.

[0063] Zusätzlich zu den Lotringen **39** sind auch Lotdrähte auf dem Trägerelement **14** aufgebracht, welche eine direkte Verbindung mit dem mikromechanischen Sensor **1** ermöglichen.

[0064] Als Lotmaterial eignet sich besonders bevorzugt ein Edelmetall, z.B. Silber oder Gold oder Legierungen daraus. Es ist beispielsweise auch möglich eutektische Gemische aus Silber oder Gold und Zinn einzusetzen. Die Schrumpfung dieser Materialien beträgt dabei vorzugsweise weniger als 1 Vol. %.

[0065] Alternativ oder zusätzlich zu den Lötlingen und Lötdrähten können auch strukturierte Metallfolien, insbesondere Gold und/oder Zinnfolien, und/oder eine elektrochemisch oder durch Aufdampfen abgeschiedene Schicht oder Schichten, insbesondere eine Goldschicht, für eine sichere Anbindung sorgen. Das Lot kann zudem mittels einer Schablone auf das Trägermaterial aufgebracht werden.

[0066] Das Lotmaterial kann durch elektrochemische Abscheidung auf dem Trägerelement **14** oder dem Sensor **1** erfolgen. Dadurch kann eine gezielte Auftragung der Schicht als ein Teil der Oberfläche des Trägerelements **32** maskiert werden. Dies garantiert eine definierte Höhe des Lotes und damit ein definiertes Volumen des Lotes.

[0067] Alternativ zum Goldmaterial kann auch Zinnmaterial oder Legierungen aus beiden Materialien für die Ausbildung der Lotverbindungen genutzt werden. Sowohl Gold als auch Zinn weisen eine gute chemische Beständigkeit gegenüber den meisten Fluiden

auf. Die Schrumpfung dieser Materialien beträgt dabei vorzugsweise weniger als 1 Vol. %.

[0068] Dabei ist es von Vorteil, wenn die Lotschicht geringer als 1/5 mm, vorzugsweise geringer als 1/10 mm ist.

[0069] Eine elektrochemische Abscheidung einer metallischen Schicht, kann mittels einer galvanischen Abscheidung erfolgen.

[0070] Alternativ kann eine mehrschichtige elektrochemische Abscheidung erfolgen, wobei die Goldschicht und/oder Zinnschicht lediglich die zum Sensor hin oberste Schicht ist.

[0071] Im Falle einer galvanischen Abscheidung einer metallischen Anbindungsschicht auf dem Sensor, dem Trägerelement und/oder den optionalen Anschlusselementen kann zur Verbesserung der Abscheidungsrate und der Anhaftung ein Leitlack, vorzugsweise ein Silber- oder Graphitleitlack, eingesetzt werden.

[0072] Analog zur Verbindung zwischen dem Trägerelement **14** und einem der Anschlusselemente **21** kann auch eine Verbindung zwischen dem mikroelektromechanischen Sensor **1** und einem der Anschlusselemente **21** erreicht werden.

[0073] Besonders wegen ihrer mechanischen Stabilität ist dabei eine einheitliche metallische Anbindungsschicht, welche sich vom Trägerelement **14** über das Anschlusselement **21** bis zum mikroelektromechanischen Sensor **1** erstreckt.

[0074] Eine bevorzugte Schichtdicke der Anbindungsschicht beträgt weniger als 1 mm, vorzugsweise weniger als 200 µm und besonders bevorzugt weniger als 100 µm. Eine besonders bevorzugte Schichtdicke der mechanischen Anbindungsschicht liegt im Bereich zwischen 100 nm und 100 µm.

[0075] Die derart geschaffene Anbindung eines Sensors, welcher beispielsweise in mikroelektromechanischer Bauweise ausgeführt ist, an das Trägerelement ist vorzugsweise druckstabil bis zu einem Druck von mehr als 20 bar, vorzugsweise mehr als 80 bar.

[0076] Verbindungen, welche die elektrische, thermische und/oder magnetische Leitfähigkeit der Anbindungsschicht verbessern können der metallischen Anbindungsschicht zugesetzt werden. Alternativ oder zusätzlich können auch Verbindungen, welche eine bessere Wärmeausdehnungsanpassung zwischen den Materialien des Trägerelements und des Sensors ermöglichen dem Metall der Anbindungsschicht zugesetzt werden.

[0077] Verbindungen zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit sind bevorzugt lötlfähige und zugleich leitfähige Verbindungen, wie die bereits zuvor genannten Verbindungen,

[0078] Verbindungen welche die thermische Leitfähigkeit verbessern können beispielsweise Siliziumcarbid und/oder Aluminiumnitrid sein.

[0079] Verbindungen, welche eine bessere Wärmeausdehnungsanpassung ermöglichen können vorzugsweise Korund und/oder Aluminiumoxid sein.

[0080] Verbindungen welche die magnetische Leitfähigkeit verbessern können beispielsweise Magnetisenstein oder magnetisierbare Metalle oder Metalllegierungen sein.

[0081] Der Fluidkanal **5** des Sensors **1** als auch der Fluidzuführkanal und -abführkanal **15** und **16** des Trägerelements **14** weist eine anorganische Beschichtung **10** auf. Diese ist vorzugsweise über den gesamten fluidkontaktierenden Bereich der Messanordnung verteilt. Die Beschichtung ist besonders bevorzugt nahtlos.

[0082] Die anorganische Beschichtung kann allerdings in einer weiteren Ausführungsvariante nur im Bypass bzw. im zweiten Kanalsegment **18** des Trägerelements **14** und im Fluidkanal **5** des Sensors **1** angeordnet sein.

[0083] Der Auftrag der anorganischen Beschichtung **10** kann in der Gasphase erfolgen mittels eines ALD-Verfahrens erfolgen.

[0084] Dieses soll anhand der Abscheidung einer Aluminiumoxid-Schicht näher erläutert werden. Zunächst wird Trimethylaluminium auf einem Substrat, z.B. dem Fluidkanal **5**, abgeschieden. Dabei wird das $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ als Gas in dem Messkanal bzw. Fluidkanal der Messanordnung geleitet, wo sich die Aluminiumspezies als einlagige Schicht anlagert. Ein mehrlagiger Aufbau wird durch die am Aluminium gebundenen Methylgruppen verhindert. Anschließend wird die oberflächengebundene Aluminiumspezies mittels Wasserdampf unter Abspaltung von Methan aufoxidiert und es bildet sich eine einlagige Aluminiumoxidschicht aus. Auf dieser Lage können sich erneut Trimethylaluminium-Moleküle anlagern unter Ausbildung von Al-O-Al-Bindungen.

[0085] Durch das schrittweise Zuleiten des ersten und des zweiten gasförmigen Ausgangsstoffes, hier Trimethylaluminium und Wasserdampf, können einlagige Schichten realisiert werden. Bei Wiederholung dieses schrittweisen Zuleitens sind Beschichtungen mit definierten Schichtdicken realisierbar im Fluidkanal der Messanordnung, also in den Kanalsegmenten des Trägerelements **14** und im Fluidkanal **5** des

Sensors **1**, realisierbar. Schichtdickenvarianzen treten nicht oder nur in sehr geringem Maße auf. Die Schicht ist insbesondere durch sein Verfahren bedingt perfekt und frei von Poren oder Fehlstellen.

[0086] Das vorgenannte Beispiel ist allerdings nur eine von vielen Varianten für in Frage kommende Materialien. Bei elementaren Metallschichten z.B. wird die eingebrachte Spezies durch ein zugeleitetes gasförmiges Reduktionsmittel reduziert und nicht oxidiert.

[0087] Die Schichtdicke der anorganischen Schicht beträgt vorzugsweise weniger als 5% der Nennweite des Innendurchmessers des Fluidkanals aufweist, vorzugsweise weniger als 2% der Nennweite des Innendurchmessers des Fluidkanals **5** des Sensors **1**. Typische Schichtdicken der anorganischen Schicht **10** liegen beispielsweise bei 10 µm oder weniger, vorzugsweise zwischen 40nm bis 100nm.

[0088] Die anorganische Schicht (**10**) ermöglicht die Verbesserung der chemischen Resistenz im Allgemeinen und der Korrosionsfestigkeit des Fluidkanals im Besonderen. Dabei wird u.a. die Korrosionsfestigkeit im Bereich des Fluidzuführkanals und des Fluidabführkanals **15** und **16** verbessert. Die anorganische Schicht kann chemisch an das Material der Messanordnung gebunden vorliegen, so dass ein Ablösen der Schicht, wie z.B. bei Kunststoffen, hier nicht möglich ist.

[0089] Die anorganische Beschichtung (**10**) kann insbesondere eine keramische Beschichtung oder eine metallische Beschichtung sein. In einer bevorzugten Ausführungsvariante kann anorganische Beschichtung (**10**) im Wesentlichen aus einer oder mehreren oxidischen, nitridischen, sulfidischen, carbidischen, fluoridischen und/oder elementaren Metallverbindungen bestehen. Metallverbindungen sind in diesem Zusammenhang auch Erdalkali- und Alkalimetallverbindungen und Legierungen.

[0090] Eine besonders gute anorganische Beschichtung ist eine Tantaloxidbeschichtung.

[0091] Die anorganische Beschichtung kann als eine mediumsberührende Beschichtung ausgebildet sein. Zusätzlich dazu können auch noch eine oder mehrere weitere funktionale Schichten unterhalb dieser Beschichtung, also zum Sensormaterial hin, angeordnet sein. Diese funktionale Schicht kann analog mit dem ALD-Verfahren realisiert werden. So kann die weitere funktionale Schicht oder die anorganische Beschichtung (**10**) z.B. eine elektrisch-kontaktierende Schicht zur Erdung sein. Die weitere funktionale Schicht oder die anorganische Beschichtung (**10**) müssen auch nicht vollflächig ausgebildet sein, sondern können durch Maskieren einzelner Fluidkanalbereiche in Form von Leiterbahnen oder dergleichen realisiert werden. So können z.B. auch Mess-

elektroden eines magnetisch-induktiven Durchflussmessers oder Platinmesswiderstände, so z.B. PT100 oder PT1000-Messwiderstände und ggf. auch beheizbare Sensorelemente, als Temperatursensoren oder für ein thermisches Durchflussmessgerät realisiert werden. Alternativ kann auch eine gegenüber der anorganischen Beschichtung härtere Schicht realisiert. Die funktionale Schicht ist dabei ebenfalls eine anorganische Schicht, jedoch aus einem zur anorganischen Beschichtung (**10**) differenten Material.

[0092] Die ALD-Schicht bzw. die anorganische Beschichtung (**10**) oder die zusätzliche funktionale Schicht kann zudem als Katalysatorschicht für im Prozess ablaufende chemische Reaktionen vorgesehen sein. Das Material hängt von der gewünschten Reaktion ab. Typische Materialien für die ALD-Schicht die als Katalysator in Frage kommen sind z.B. Raney-Nickel, Rhodium, Palladium, Cereisen, Vanadiumpentoxid oder Platin. Diese oder andere Gas-Festkörper-Interaktionen können auch durch die Schicht detektiert werden und diese somit selbst als Sensor fungieren.

[0093] Durch das ALD-Verfahren sind insbesondere die Schichtdickenvarianzen über den Verlauf der Beschichtung (**10**) von weniger als 1 nm, vorzugsweise geringer als 0.4 nm realisierbar.

[0094] Die Messanordnung ist insgesamt für ein breites Spektrum an Anwendungen geeignet.

[0095] Fig. 2 zeigt in schematischer Weise nochmals den Aufbau der Messanordnung mit einem mikromechanischen Sensor und einem Trägerelement **14**. Man erkennt den mikromechanischen Sensor, welcher sowohl ein erstes Sensorkörperelement **22**, welches aus Silizium bestehen kann, als auch eine zum Trägerelement **14** gerichtete Schicht **6**, welche z.B. aus Borsilikat besteht. Diese Schicht **6** dient u.a. der besseren Anbindung an das Trägerelement **14** und dem thermischen Ausgleich zwischen dem Sensorkörperelement **22** und dem Trägerelement **14**. Wie daher in Fig. 2 dargestellt, kann der mikromechanische Sensor mehrschichtig ausgebildet sein.

[0096] Die eigentliche mechanische Anbindung erfolgt durch die Anbindungsschicht **39** z.B. durch ein Gold/Zinn Lot, eine Halar-Verbindung und/oder einen Kleber. Das Trägerelement **14** wiederum ist ein Metallkörper.

[0097] In Fig. 2 ist zudem der Fluidkanal dargestellt, welcher sich in die zweiten Kabelsegmente **18** und einen im Sensorkörper **2** angeordneten Fluidkanal **5** unterteilt. In diesen Fluidkanal wird nach dem vorgenannten Auftragsverfahren die anorganische Beschichtung **10** aufgebracht.

Bezugszeichenliste

1	Sensor
2	Sensorkörper
3	Erste Anschlussöffnung
4	Zweite Anschlussöffnung
5	Fluidkanal
6	Schicht
10	Anorganische Beschichtung
14	Trägerelement
15	Fluidzuführkanal
16	Fluidabführkanal
17	erstes Kanalsegment
18	zweites Kanalsegment
20	Kanalverbindungssegment
21	Anschlusselement
22	Sensorkörperelement
38	Lotdrähte
39	Lotringe

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2013/071617 [0002]
- DE 102013017317 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Messanordnung umfassend

a) ein Trägerelement (14) mit einer Längsachse (A) auf oder an welchem ein mikromechanischer Sensor (1) zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids angeordnet ist, und
 b) den mikromechanischer Sensor (1) zur Ermittlung einer Prozessgröße eines gasförmigen oder flüssigen Fluids mit einem Sensorgrundkörper (2), welcher einen Fluidkanal (5) aufweist, welcher sich innerhalb des Sensors (1) von einem Fluideinlass bis zu einem Fluidauslass erstreckt, und
 c) wobei das Trägerelement (14) einen Fluidzuführkanal (15) zur Zuführung des Fluids zum Sensor (1) und einen Fluidabführkanal (16) zur Abführung des Fluids vom Sensor (1) aufweist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidzuführkanal (15) des Trägerelements (14) zumindest bereichsweise eine anorganische Beschichtung (10) aufweist, welche sich über den Fluidkanal (5) des Sensors (1) bis in den Fluidabführkanal (16) des Trägerelements (14) erstreckt.

2. Messanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganische Beschichtung (10) eine Schichtdicke von weniger als 5% der Nennweite des Innendurchmessers des Fluidkanals (5) des Sensors (1) aufweist, vorzugsweise weniger als 2% der Nennweite des Innendurchmessers des Fluidkanals (5).

3. Messanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganische Beschichtung (10) eine keramische Beschichtung oder eine metallische Beschichtung ist.

4. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganische Beschichtung (10) im Wesentlichen aus einer oder mehreren oxidischen, nitridischen, sulfidischen, carbidischen, fluoridischen und/oder elementaren Metallverbindung besteht.

5. Messanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganische Beschichtung aus Tantalnitrid besteht.

6. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganische Beschichtung (10) eine mediumsberührende Beschichtung ist und dass auf der mediumsabgewandten Seite der Beschichtung (10) eine weitere funktionale Schicht, insbesondere eine elektrisch-kontaktierende Schicht, eine Katalysatorschicht und/oder eine als Sensorelement ausgebildete Schicht, aufweist.

7. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die

anorganische Beschichtung (10) als eine Korrosionsschutzschicht, eine Katalysatorschicht, eine elektrisch-kontaktierende Schicht und/oder eine als Sensorelement ausgebildete Schicht ausgebildet ist.

8. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schichtdickenvarianz über den Verlauf der Beschichtung (10) geringer ist als 10 nm, vorzugsweise geringer als 4 nm.

9. Messanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Trägerelement (14) zur mechanischen Verbindung des Fluidzuführkanals (15) und/oder des Fluidabführkanals (16) des Trägerelements (14) mit dem Fluidkanal (5) des Sensors (1) eine Anbindungsschicht (30) aufweist, die sich über einen Teilbereich einer Oberfläche des Trägerelements (14) und über einen Teilbereich einer Oberfläche des Sensors (1) erstreckt.

10. Messanordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anbindungsschicht (30) ein polyfluorierter Kunststoff, insbesondere Halar, und/oder ein Metall-Lot und/oder ein Kleber ist.

11. Verfahren zur Aufbringung einer anorganischen Schicht (10) in einer Messanordnung, insbesondere einer Messanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bildung der anorganischen Schicht (10) durch schrittweises Zuleiten zumindest zweiter gasförmiger Ausgangsstoffe auf eine Oberfläche, insbesondere eine messmediumsberührende Oberfläche, der Messanordnung erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein in der Messanordnung bestehender fluidleitender Kanal bei der Aufbringung der Polymerschicht als Reaktionskammer dient.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste Verbindung beim Überleiten eines ersten der zumindest zwei gasförmigen Ausgangsstoffe auf der Oberfläche anlagert und dass sich diese erste Verbindung beim Überleiten einer zweiten der zumindest zwei gasförmigen Ausgangsstoffe durch eine Redoxreaktion in das Material der anorganischen Schicht (10) umwandelt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die anorganische Schicht (10) durch ein ALD-Verfahren (atomic layer deposition) gebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

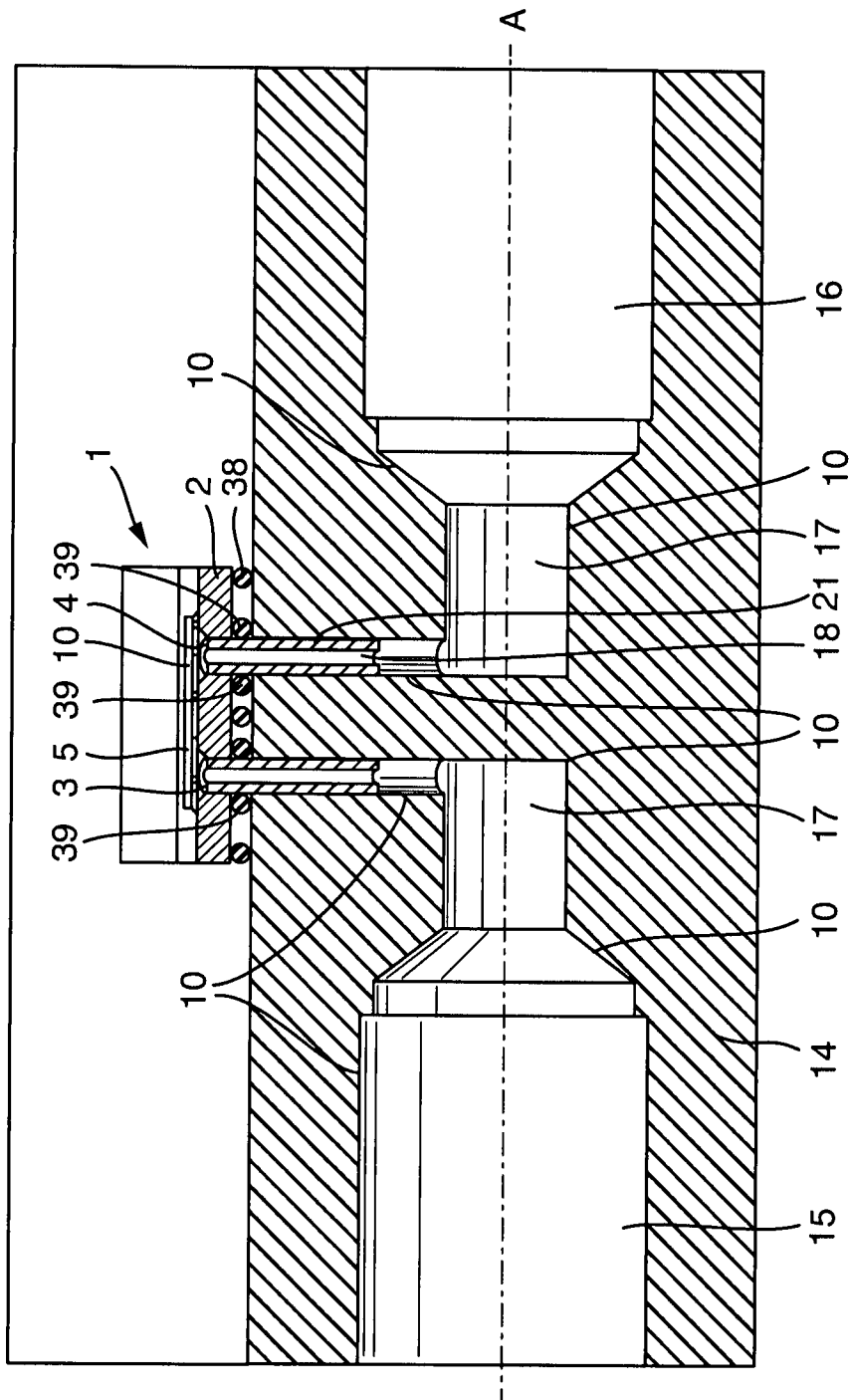


Fig. 1

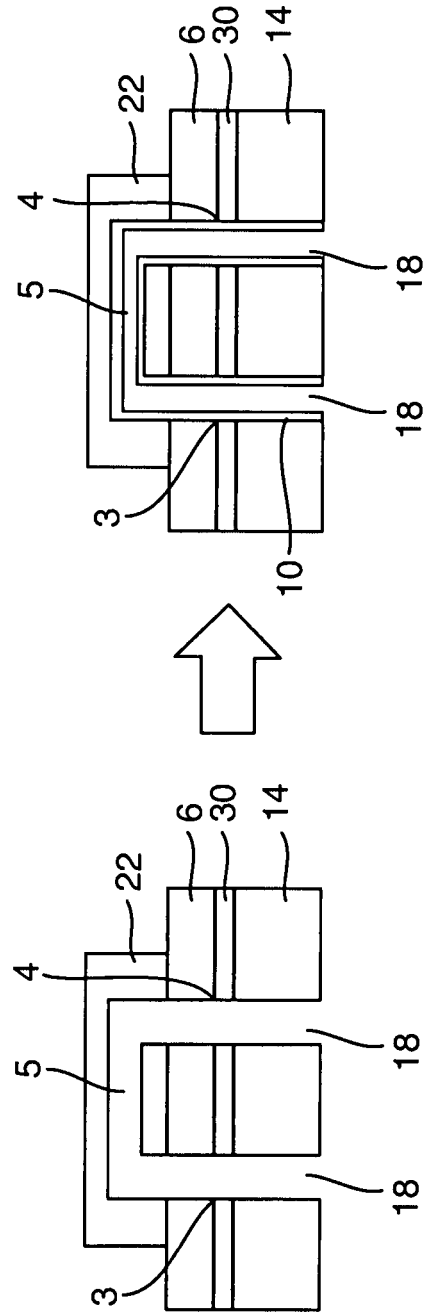


Fig. 2

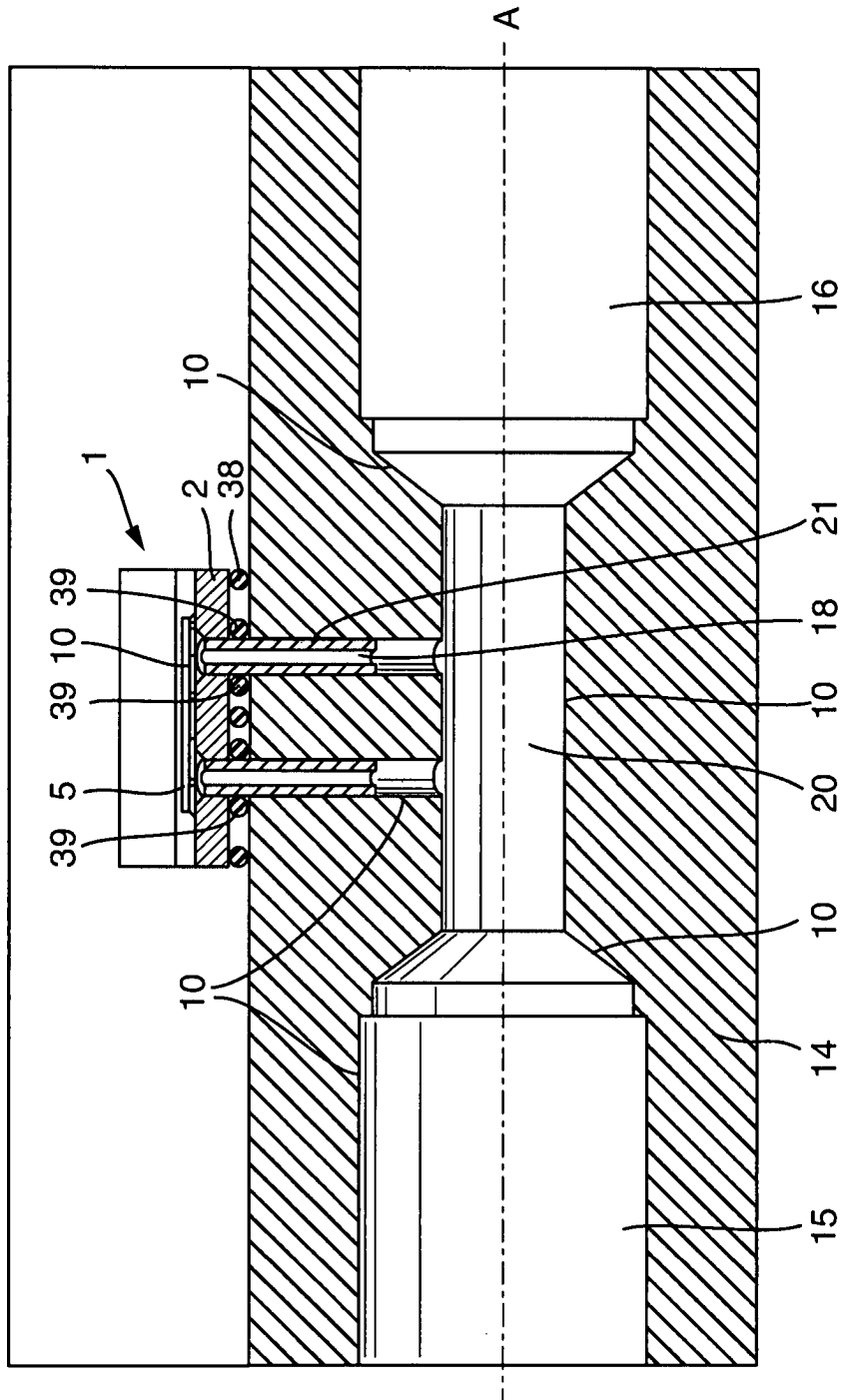


Fig. 3