

(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
30. Juni 2016 (30.06.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/102121 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 9/00 (2006.01) *G01L 13/02* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/076917
- (22) Internationales Anmeldedatum:
18. November 2015 (18.11.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
102014119407.1
22. Dezember 2014 (22.12.2014) DE
- (71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG**
[DE/DE]; Hauptstr. 1, 79689 Maulburg (DE).
- (72) Erfinder: **KOBER, Timo**; Am Steinberg 62, 63128
Dietzenbach (DE). **TEIPEN, Rafael**; Dietrich-Bonhoeffer-
Str. 12, 10407 Berlin (DE). **THAM, Anh Tuan**; Edmund-
Rumpler-Straße 45, 14089 Berlin (DE).

WERTHSCHÜTZKY, Roland; Ameisengasse 39, 14532
Kleinmachnow (DE).

(74) **Anwalt: ANDRES, Angelika**; Colmarer Str. 6,
Endress+Hauser (Deutschland) AG+Co. KG, 79576 Weil
am Rhein (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** DIFFERENTIAL PRESSURE SENSOR AND DIFFERENTIAL PRESSURE MEASUREMENT TRANSDUCER
HAVING SUCH A DIFFERENTIAL PRESSURE SENSOR

(54) **Bezeichnung :** DIFFERENZDRUCKSENSOR UND DIFFERENZDRUCKMESSAUFNEHMER MIT EINEM SOLCHEN
DIFFERENZDRUCKSENSOR

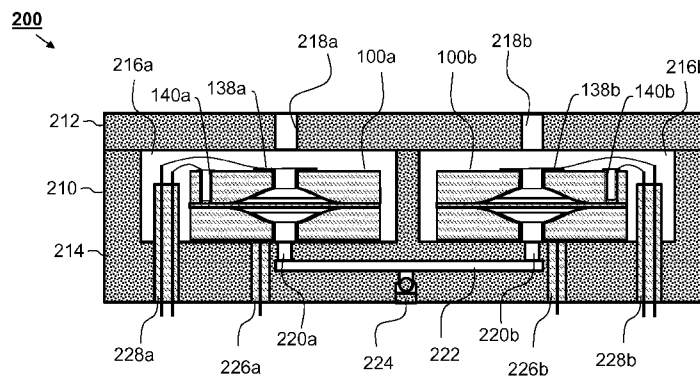


Fig. 2

(57) **Abstract:** A differential pressure sensor (200) comprises two differential pressure measurement cells (100a, 100b) which each have a measurement membrane between two support bodies, wherein the measurement membranes each separate two measurement chambers from one another; and a measurement cell housing (210) having a housing body (212, 214) with two measurement cell chambers (216a, 216b) between which there extends a coupling duct (222), wherein one differential pressure measurement cell (100a, 100b) is arranged in each of the two measurement cell chambers (216a, 216b) and is connected to the housing body (212, 214) by a join, wherein the measurement chambers of the two differential pressure measurement cells which face the join are hydraulically coupled to one another via the coupling duct (222), wherein the housing body has two pressure ports (218a, 218b) which each extend from an outer surface of the housing body into one of the measurement cell chambers (216a, 216b), wherein the surfaces of the differential pressure measurement cells (100a, 100b) which are outside the join communicate with a pressure port, and wherein each of the differential pressure measurement cell measurement chambers facing away from the joins communicates with the media pressure openings via a pressure duct. (Fig. 2)

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/102121 A1



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

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Ein Differenzdrucksensor (200), umfasst zwei Differenzdruckmesszellen (100a,100b), die jeweils eine Messmembran zwischen zwei Gegenkörpern aufweisen, wobei die Messmembranen jeweils zwei Messkammern voneinander trennen; und ein Messzellengehäuse (210), welches einen Gehäusekörper (212, 214) mit zwei Messzellenkammern (216a, 216b) aufweist, zwischen denen sich ein Koppelkanal (222) erstreckt, wobei jeweils eine Differenzdruckmesszelle (100a, 100b,) in einer der beiden Messzellenkammern (216a, 216b) angeordnet und mit dem Gehäusekörper (212, 214) mittels einer Fügestelle verbunden ist, wobei die Messkammern der beiden Differenzdruckmesszellen, welche der Fügestelle zugewandt sind über den Koppelkanal (222) miteinander hydraulisch gekoppelt sind, wobei der Gehäusekörper zwei Mediendrucköffnungen (218a, 218b) aufweist, die sich jeweils von einer äußeren Oberfläche des Gehäusekörpers in eine der Messzellenkammern (216a, 216b) erstrecken, wobei die außerhalb der Fügestelle gelegenen Oberflächen der Differenzdruckmesszellen (100a,100b) mit einer Mediendrucköffnung kommunizieren, und wobei jeweils eine den Fügstellen abgewandte Messkammer der Differenzdruckmesszellen über einen Druckkanal mit der Mediendrucköffnungen kommuniziert.

Differenzdrucksensor und Differenzdruckmessaufnehmer mit einem solchen Differenzdrucksensor

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Differenzdrucksensor, insbesondere einen Differenzdrucksensor zum Messen einer Druckdifferenz bei hohem statischen Druck.

5 Differenzdrucksensoren sind an sich bekannt, sie umfassen in einer ersten grundlegenden Variante im Wesentlichen eine Messmembran zwischen zwei Gegenkörpern, in denen jeweils stirnseitig eine Kavität für eine Messkammer ausgebildet ist, wobei die Kavitäten der beiden Gegenkörper einander zugewandt sind, und wobei die Messmembran mit beiden Gegenkörpern jeweils entlang einer umlaufenden Fügestelle druckdicht
10 verbunden ist, um die Kavitäten unter Bildung der Messkammern zu verschließen und voneinander zu trennen. Eine Auslenkung der Messmembran, welche von einer Differenz zwischen einem in die erste Messkammer eingeleiteten ersten Mediendruck und einem in die zweite Messkammer eingeleiteten zweiten Mediendruck abhängt, wird mittels eines oder mehrerer elektrischer Wandler erfasst. Beispiele hierfür sind u.a. beschrieben in
15 US 4 370 890, EP 1 128 172 B1, EP 1 373 852 B1, EP 1 883 797 B1, EP 2 516 979 A1, EP 2 691 754 A1.

Eine zweite Variante umfasst zwei Messmembranen und einen Gegenkörper, an dessen Oberflächen zwei Kavitäten für Messkammern ausgebildet sind, wobei die beiden Kavitäten jeweils mit einer der beiden Messmembranen entlang einer umlaufenden
20 Fügestelle unter Bildung jeweils einer Messkammer druckdicht verschlossen sind. Zwischen den beiden Messkammern erstreckt sich durch den Gegenkörper ein Kanal, wobei die Messkammern und der Kanal mit einer Übertragungsflüssigkeit gefüllt sind, um die Messmembranen zu koppeln. Die dem Gegenkörper abgewandten Außenseiten der Messmembranen sind jeweils mit einem ersten bzw. zweiten Mediendruck beaufschlagbar,
25 wobei die Auslenkung der Messmembranen von der Differenz zwischen den beiden Mediendrücken abhängt. Die Auslenkung der Messmembranen wird mittels eines oder mehrerer kapazitiver Wandler erfasst. Ein Beispiel für diese Variante ist beispielsweise in EP 0 420 105 B1 und DE 10 2008 019 054 A1 offenbart.

Die erste Variante ist zumindest bei moderaten statischen Drücken messtechnisch
30 vorteilhaft, da sie nur eine Messmembran aufweist, deren Auslenkung zu erfassen ist. Wenn jedoch die statischen Drücke ansteigen, deren Differenz zu erfassen ist werden die Gegenkörper verformt, was, einerseits einen erhöhten Kompensationsaufwand bedeutet und

andererseits, aufgrund hoher Kerbspannungen an der Fügestellen den Differenzdrucksensor beschädigen kann.

Die zweite Variante ist unempfindlicher gegenüber hohem statischen Druck, da bei gleichmäßiger Druckbeaufschlagung keine Kerbspannungen an den Fügestellen auftreten.

- 5 Auch bei Beaufschlagung mit einer Druckdifferenz sind die Kerbspannungen auf der Niederdruckseite dadurch begrenzt, dass die Messmembran auf der Hochdruckseite zur Anlage kommt. Nachteilig ist jedoch, dass die Übertragungsflüssigkeit ein veränderliches Volumen aufweist, das sowohl von der Temperatur als auch vom statischen Druck abhängt.

- 10 Der vorliegenden Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, einen einfach herzustellenden, verbesserten Differenzdrucksensor für hohen statischen Druck bereitzustellen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Differenzdrucksensor gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 und durch den Differenzdruckmessaufnehmer gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 10.

- 15 Der erfindungsgemäße Differenzdrucksensor umfasst eine erste Differenzdruckmesszelle, die eine erste Messmembran und zwei Gegenkörper aufweist, wobei die erste Messmembran zwischen den beiden Gegenkörpern angeordnet und mit beiden Gegenkörpern druckdicht verbunden ist, wobei zwischen den beiden Gegenkörpern und der ersten Messmembran jeweils eine Messkammer gebildet ist, wobei die beiden
- 20 Messkammern durch die erste Messmembran voneinander getrennt sind, wobei sich durch die beiden Gegenkörper jeweils ein Druckkanal von einer äußeren Oberfläche in die Messkammer erstreckt, über den die Messkammer mit einem Druck beaufschlagbar ist, so dass die erste Messmembran in Abhängigkeit von einer Differenz zwischen den in den beiden Messkammern herrschenden Druckwerten auslenkbar ist, wobei die beiden Gegen-
- 25 körper jeweils ein Membranbett aufweisen, um die Auslenkung der ersten Messmembran zu begrenzen, und die erste Messmembran im Falle einer einseitigen Überlast abzustützen, wobei die erste Differenzdruckmesszelle mindestens einen ersten elektrischen Wandler zum Bereitstellen eines von einer Auslenkung der ersten Messmembran abhängigen ersten elektrischen Signals aufweist;

- 30 eine zweite Differenzdruckmesszelle, die eine zweite Messmembran und zwei Gegenkörper aufweist, wobei die zweite Messmembran zwischen den beiden Gegenkörpern angeordnet und mit beiden Gegenkörpern druckdicht verbunden ist, wobei zwischen den beiden Gegenkörpern und der zweiten Messmembran jeweils eine Messkammer gebildet ist,

wobei die beiden Messkammern durch die zweite Messmembran voneinander getrennt sind, wobei sich durch die beiden Gegenkörper jeweils ein Druckkanal von einer äußeren Oberfläche in die Messkammer erstreckt, über den die Messkammer mit einem Druck beaufschlagbar ist, so dass die zweite Messmembran in Abhängigkeit von einer Differenz
5 zwischen den in den beiden Messkammern herrschenden Druckwerten auslenkbar ist, wobei die beiden Gegenkörper jeweils ein Membranbett aufweisen, um die Auslenkung der zweiten Messmembran zu begrenzen, und die zweite Messmembran im Falle einer einseitigen Überlast abzustützen wobei die zweite Differenzdruckmesszelle mindestens einen zweiten elektrischen Wandler zum Bereitstellen eines von einer Auslenkung der zweiten
10 Messmembran abhängigen ersten elektrischen Signals aufweist; und

ein Messzellengehäuse, welches einen Gehäusekörper mit einer ersten Messzellenkammer und einer zweiten Messzellenkammer aufweist, wobei sich zwischen der ersten Messzellenkammer und der zweiten Messzellenkammer ein Koppelkanal erstreckt,

wobei die erste Differenzdruckmesszelle in der ersten Messzellenkammer angeordnet
15 und mit dem Gehäusekörper mittels einer ersten Fügestelle drucktragend verbunden ist,

wobei ein erster Druckkanal der ersten Differenzdruckmesszelle mit dem Koppelkanal durch eine erste Öffnung in der ersten Fügestelle hydraulisch kommuniziert, wobei die erste Öffnung von der ersten Fügestelle druckdicht umgeben ist,

wobei die zweite Differenzdruckmesszelle in der zweiten Messzellenkammer angeordnet und mit dem Gehäusekörper mittels einer zweiten Fügestelle drucktragend verbunden
20 ist,

wobei ein zweiter Druckkanal der zweiten Differenzdruckmesszelle mit dem Koppelkanal durch eine zweite Öffnung in der zweiten Fügestelle hydraulisch kommuniziert, wobei die zweite Öffnung von der zweiten Fügestelle druckdicht umgeben ist, so dass eine
25 erste Messkammer der ersten Differenzdruckmesszelle über den ersten Druckkanal, den Koppelkanal und den zweiten Druckkanal mit einer zweiten Messkammer der zweiten Differenzdruckmesszelle hydraulisch gekoppelt ist,

wobei der Gehäusekörper eine erste Mediendrucköffnung aufweist, die sich von einer äußeren Oberfläche des Gehäusekörpers in die erste Messzellenkammer erstreckt, wobei
30 außerhalb der ersten Fügestelle gelegene Oberflächen der Gegenkörper der ersten Differenzdruckmesszelle mit der ersten Mediendrucköffnung hydraulisch kommunizieren, und wobei eine dritte der Messkammern, die in der ersten Differenzdruckmesszelle

ausgebildet und von der ersten Messkammer durch die erste Messmembran getrennt ist, über einen dritten der Druckkanäle mit der ersten Mediendrucköffnung hydraulisch kommuniziert,

5 wobei der Gehäusekörper eine zweite Mediendrucköffnung aufweist, die sich von einer äußeren Oberfläche des Gehäusekörpers in die zweite Messzellenkammer erstreckt, wobei außerhalb der zweiten Fügestelle gelegene Oberflächen der Gegenkörper der zweiten Differenzdruckmesszelle mit der zweiten Mediendrucköffnung kommunizieren, und wobei eine vierte der Messkammern, die in der zweiten Differenzdruckmesszelle ausgebildet und von der zweiten Messkammer durch die zweite Messmembran getrennt ist, über einen
10 dritten der Druckkanäle mit der zweiten Mediendrucköffnung kommuniziert.

In einer Weiterbildung der Erfindung sind die erste Mediendrucköffnung und die zweite Mediendrucköffnung koplanar zueinander angeordnet, insbesondere an einer, bezogen auf die Differenzdruckmesszellen, den Fügstellen abgewandten Seite der Messzellenkammern.

In einer Weiterbildung der Erfindung weisen die Gegenkörper Glas oder Silizium auf.

15 In einer Weiterbildung der Erfindung weist der Gehäusekörper einen metallischen Werkstoff, insbesondere Kovar, einen keramischen Werkstoff, insbesondere einen LTCC-Werkstoff, Glas oder Silizium auf. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn der Werkstoff des Gehäusekörpers einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der um nicht mehr als 5 ppm/K vorzugsweise nicht mehr als 2 ppm/K vom Wärmeausdehnungskoeffizienten des
20 Werkstoffs der Gegenkörper abweicht.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist die erste Fügestelle und/oder die zweite Fügestelle einen Kleber, ein Lot ein Aktivlot oder nanoreaktives Material auf.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist der Koppelkanal einen Füllkörper und/oder eine Drossel auf.

25 In einer Weiterbildung der Erfindung weisen die erste Differenzdruckmesszelle und die zweite Differenzdruckmesszelle jeweils mindestens zwei kapazitive Wandler mit entgegengesetzter Abhängigkeit von der Differenz zwischen einem ersten Druck und einem zweiten Druck auf.

30 In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Differenzdrucksensor weiterhin mindestens einen Temperatursensor dessen Messwert von der Temperatur einer

hydraulischen Übertragungsflüssigkeit abhängt, mit welcher die erste Messmembran mit der zweiten Messmembran über den Koppelkanal gekoppelt ist.

Der erfindungsgemäße Differenzdruckmessaufnehmer umfasst einen Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche; ein Messaufnehmergehäuse mit einem Messaufnehmergehäusekörper, welcher eine vorzugsweise im Wesentlichen ebene Anschlussfläche aufweist, und welcher in seinem Innern eine Sensorkammer aufweist, worin der Differenzdrucksensor angeordnet ist, wobei sich von der Anschlussfläche ein erster Mediendruckkanal und ein zweiter Mediendruckkanal in die Sensorkammer erstrecken, wobei die erste Mediendrucköffnung mit dem ersten Mediendruckkanal druckdicht hydraulisch gekoppelt ist, und wobei die zweite Mediendrucköffnung mit dem zweiten Mediendruckkanal druckdicht hydraulisch gekoppelt ist; und eine Betriebsschaltung zum Betreiben der elektrischen Wandler, und zum Bereitstellen mindestens eines Messwerts, der von der Differenz zwischen einem in der ersten Messzellenkammer herrschenden ersten Druck und einem in der zweiten Messzellenkammer herrschenden zweiten Druck abhängt.

In einer Weiterbildung der Erfindung sind die beiden Mediendrucköffnungen jeweils über ein Kapillarrohr mit dem jeweiligen Mediendruckkanal gekoppelt.

In einer Weiterbildung der Erfindung umfasst der Differenzdruckmessaufnehmer weiterhin mindestens eine erste Trennmembran, welche die Mündung des ersten Mediendruckkanals in der Anschlussfläche überdeckt und entlang einer umlaufenden Fugestelle unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer druckdicht mit dem Messaufnehmergehäusekörper verbunden ist, wobei vorzugsweise weiterhin eine zweite Trennmembran die Mündung des zweiten Mediendruckkanals in der Anschlussfläche überdeckt und entlang einer umlaufenden Fugestelle unter Bildung einer zweiten Trennmembrankammer druckdicht mit dem Gehäusekörper verbunden ist.

Die Erfindung wird nun anhand des in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1: einen schematischen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer Differenzdruckmesszelle, wie sie im erfindungsgemäßen Differenzdrucksensor verwendet wird;

Fig. 2: einen schematischen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors mit zwei Differenzdruckmesszellen aus Fig. 1;

Fig. 3: einen schematischen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Differenzdruckmessaufnehmers mit dem Differenzdrucksensor aus Fig. 2; und

Fig. 4: ein schematisches Diagramm mit Übertragungsfunktionen für verschiedene Beschaltungen des erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors.

Differenzdruckmesszellen mit Gegenkörpern aus Glas für erfindungsgemäße Differenzdrucksensoren sind beispielsweise in den Offenlegungsschriften DE 10 2009 046 229 A1, DE 10 2011 084 457 A1, und in der noch unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2013 113 594.3 (EH1356) beschrieben. Differenzdruckmesszellen mit Gegenkörpern aus Silizium sind beispielsweise in den Offenlegungsschriften DE 10 2010 028 773 A1 (EH1086) und DE 10 2012 109 587 A1 (EH1267) beschrieben. Diese Differenzdruckmesszellen weisen eine Messmembran zwischen zwei Gegenkörpern mit asphärischen Membranbetten auf, welche die Messmembran im Falle einer einseitigen Überlast abstützen.

Ein Beispiel einer solchen Differenzdruckmesszelle 100 ist nun in Fig. 1 gezeigt, welche eine Messmembran 110 zwischen einem ersten Gegenkörper 120 und einen zweiten Gegenkörper 130 aufweist, die beiden Gegenkörper 120,130 weisen jeweils ein Membranbett zum Abstützen der Messmembran 110 im Falle einer einseitigen Überlast auf. Insbesondere weist der erste Gegenkörper ein erstes Membranbett 124 auf, von dem sich ein Druckkanal 125 zur Rückseite des ersten Gegenkörpers 120 erstreckt. Gleichermäßen weist der zweite Gegenkörper ein zweites Membranbett 134 auf, von dem sich ein zweiter Druckkanal 135 zur Rückseite des zweiten Gegenkörpers erstreckt. Die Gegenkörper sind beim vorliegenden Ausführungsbeispiel aus Glas gefertigt. Sie weisen jeweils eine metallische Beschichtung auf, die einen äußeren Bereich 126,136 umfasst, welcher jeweils in einer Übergangszone zwischen dem Membranbett und einem das Membranbett umgebenden planaren Randbereich angeordnet ist. Die metallische Beschichtung umfasst weiterhin einen inneren Bereich 127,137, welcher von dem äußeren Bereich jeweils durch einen Isolationsbereich 129,139 getrennt ist. Die metallische Beschichtung erstreckt sich weiterhin jeweils von dem inneren Bereich über die Wand des Druckkanals 125,135 zur Rückseite des Gegenkörpers, um dort eine Kontaktfläche 128,138 zu bilden. Die metallische Beschichtung umfasst im äußeren Bereich 126, 136 einen Haftvermittler, beispielsweise 20

nm Chrom und eine Kupferschicht in einer Stärke von etwa 80-100 nm, welches auf dem zuvor deponierten Chrom abgeschieden ist. Der restliche Teil der metallischen Beschichtung, welcher jeweils den inneren Bereich 127,137, die Wand des Druckkanals 125,135 und die Kontaktfläche 128,138 auf der Rückseite des Gegenkörpers umfasst, weist
5 weiterhin eine Nickelschicht in einer Stärke von beispielsweise 100-150 nm auf, welche auf der Kupferschicht galvanisch abgeschieden ist. Der äußere Bereich ist frei von der Nickelschicht.

Die Messmembran 110 weist insbesondere hoch dotiertes Silizium auf und ist sowohl mit dem ersten Gegenkörper 120 als auch mit dem zweiten Gegenkörper 130 jeweils entlang
10 einer umlaufenden Fugestelle durch anodisches Bonden druckdicht gefügt. Hierbei erstrecken sich die Fugestellen jeweils bis zum äußeren Rand des äußeren Bereichs 126,136. Da sich der äußere Bereich 126,136 jeweils bis in den planaren Randbereich der Oberfläche des Gegenkörpers hinein erstreckt, wird auf diese Weise die Fugestelle definiert im planaren Bereich begrenzt, so dass die Messmembran 110 eine definierte mechanische
15 Einspannung zwischen den Gegenkörpern 120,130 aufweist.

Zwischen der Messmembran 110 und dem ersten Gegenkörper 120 ist also eine erste Messkammer 112 gebildet, sowie zwischen der Messmembran 110, und dem zweiten Gegenkörper 130 eine zweite Messkammer 113.

Die erste Messkammer 112 und die der ersten Messkammer zugewandte Seite der
20 Messmembran 110 sind durch den ersten Druckkanal 125 mit einem ersten Druck beaufschlagbar. Die zweite Messkammer 113 und die der zweiten Messkammer zugewandte Seite der Messmembran 110 sind durch den zweiten Druckkanal 135 mit einem zweiten Druck beaufschlagbar, wobei der erste Druck dem zweiten Druck entgegenwirkt, und die Messmembran in Abhängigkeit einer Differenz zwischen dem ersten Druck und dem zweiten
25 Druck auslenkbar ist. Der innere Bereich 127 der ersten metallischen Beschichtung des ersten Gegenkörpers 120 bildet zusammen mit der Messmembran 110 einen ersten kapazitiven Wandler zum Erfassen einer Auslenkung der Messmembran 110. Gleichermäßen bildet der innere Bereich 137 der zweiten metallischen Beschichtung des zweiten Gegenkörpers 130 zusammen mit der Messmembran 110 einen zweiten kapazitiven
30 Wandler zum Erfassen einer Auslenkung der Messmembran 110.

Der erste kapazitive Wandler und der zweite kapazitive Wandler werden in Differenzdruckmessaufnehmern, die nur eine Differenzdruckmesszelle aufweisen als Differentialkondensator geschaltet, um die Differenz zwischen dem ersten Druck und dem

zweiten Druck zu ermitteln. Diese Schaltung wird vorzugsweise auch beim erfindungsgemäßen Differenzdrucksensor beibehalten, wobei zur Bestimmung des Differenzdrucks die Differentialkondensatoren beider Differenzdruckmesszellen heranzuziehen sind, wie weiter unten im Zusammenhang mit Fig. 4. näher erläutert wird.

5 Die inneren Bereiche der metallischen Beschichtungen, welche jeweils erste bzw. zweite Elektroden des ersten bzw. zweiten kapazitiven Wandler bilden, sind über die Kontaktflächen 128, 138 auf der Rückseite des ersten bzw. zweiten Gegenkörpers kontaktierbar. Um die Messmembran 110 kontaktieren zu können, ist eine metallisierte Bohrung 140 mit einer metallischen Kontaktfläche an der Rückseite des Gegenkörpers
10 vorgesehen, welche sich von der Rückseite eines Gegenkörpers bis zur Messmembran 110 erstreckt.

Das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 200 umfasst ein Gehäuse 210 mit einem zweiteiligen Gehäusekörper, wobei ein erstes Gehäusekörperteil 212, mit einem zweiten Gehäusekörperteil 214 durch
15 Löten oder Kleben druckdicht miteinander gefügt sind. In dem zweiten Gehäusekörperteil 214, sind Vertiefungen für eine erste Messzellenkammer 216a und eine zweite Messzellenkammer 216b angeordnet. Die beiden Messzellenkammern 216a, 216b sind mittels des ersten Gehäusekörperteils 212 druckdicht verschlossen und über jeweils eine erste bzw. zweite Mediendrucköffnung 218a, 218b die sich durch das erste
20 Gehäusekörperteil 212 erstrecken, mit einem Mediendruck beaufschlagbar.

In den beiden Messzellenkammern 216a, 216b ist jeweils eine Differenzdruckmesszelle 100a, 100b der anhand von Fig. 1 weiter oben beschriebenen Art angeordnet, wobei die Differenzdruckmesszellen 100a, 100b, jeweils mit einer ihrer Messmembran abgewandten Rückseite eines bodenseitigen Gegenkörpers mit einer ebenen Gegenfläche des zweiten
25 Gehäusekörperteils 214, welche einen Boden der Messzellenkammer 216a, 216b bildet, mittels einer metallischen Fügung, einem Glaslot oder einer Epoxidharzfügung druckdicht und drucktragend befestigt. Durch das zweite Gehäusekörperteil 214 erstrecken sich zwei elektrische Durchführungen 226a, 226b die jeweils eine der metallischen Fügungen zwischen den Differenzdruckmesszellen 100a, 100b und dem Boden der
30 Messzellenkammern kontaktieren, worüber jeweils ein elektrischer Kontakt zu den Gegenkörperelektroden der bodenseitigen Gegenkörper hergestellt ist.

Zwei weitere elektrische Durchführungen 228a, 228b mit jeweils zwei Leitern kontaktieren über Bonddrähte jeweils zwei Kontaktpads an der Rückseite des anderen,

bodenfernen Gegenkörpers der jeweiligen Differenzdruckmesszelle 100a, 100b in der Messzellenkammer 216a, 216b. Wobei die Kontaktpads 138a, 138b einerseits zur Kontaktierung der Gegenkörperelektroden der bodenfernen Gegenkörper und andererseits zur Kontaktierung der Messmembran über eine Bohrung 140a, 140b, durch den bodenfernen
5 Gegenkörper dienen.

Die Messkammern der bodennahen Gegenkörper der beiden Differenzdruckmesszellen 100a, 100b kommunizieren über einen hydraulischen Pfad, der jeweils eine Sacklochbohrung 220a, 220b im Boden der Messzellenkammern 216a, 216b sowie einen Koppelkanal 222 zwischen den Sacklochbohrungen umfasst. Der Koppelkanal weist eine
10 Befüllöffnung auf, die mit einem Verschlusselement 224 druckdicht verschließbar ist.

Das Volumen des Koppelkanals 222 und der Sacklochbohrungen 220a, 220b ist möglichst gering zu halten, da die thermische Volumenausdehnung einer in den beiden bodennahen Messkammern, im Koppelkanal 222 und in den Sacklochbohrungen 220a, 220b eingeschlossenen Übertragungsflüssigkeit durch Auslenkungen bzw. Volumenhub der
15 beiden Messmembranen aufgenommen werden muss. Der hierfür verbrauchte Volumenhub steht nicht mehr zur Messung des Differenzdrucks zur Verfügung.

Bei einem Volumenausdehnungskoeffizienten von etwa 700 ppm/K für Übertragungsflüssigkeiten und einem Temperaturänderungsbereich von 140 K ergibt sich eine Volumenänderung von etwa 10%. Hierzu ein Zahlenbeispiel:

20 Wenn beispielsweise der auslenkbare Bereich einer Messmembran einen Radius von 5 mm und einen Hub von 5 μm hat, bevor er am Membranbett zur Anlage kommt, dann entspricht dies einem Volumenhub von $125 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3$. Geht man nun davon aus, dass der Koppelkanal eine Länge von 25 mm und einen Durchmesser von 60 μm hat, so ergibt sich ein Koppelkanalvolumen von etwa $70 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3$. Setzt man für die beiden Sacklöcher
25 zusammen noch einmal ein Volumen von $80 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3$ an, so ergibt sich ein Gesamtvolumen von $400 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3$, das zwischen den beiden Messmembranen eingeschlossen ist, und dessen thermische Volumenausdehnung von den Messmembranen aufzunehmen ist. Nach der obigen Annahme einer 10%-igen Volumenausdehnung müsste jede Messmembran dann etwa $20 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3$ aufnehmen, was 16% des Volumenhubes bis zur
30 Anlage am Membranbett entspricht. Geht man weiter davon aus, dass gewöhnlich die Hälfte des Volumenhubes der Messmembran für den Differenzdruckmessbereich zur Verfügung steht, dann ist ein Drittel dieses Bereichs durch thermische Volumenausdehnung verbraucht. Dies ist eine vertretbare Einschränkung.

Die Befüllmenge der Übertragungsflüssigkeit in den beiden bodennahen Messkammern und des sie koppelnden hydraulischen Pfades sollte so gewählt sein, dass die Messmembranen bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur des Differenzdrucksensors und einer symmetrischen Druckbeaufschlagung der bodenabgewandten Messkammern mit
5 Atmosphärendruck (1013 mbar), im wesentlichen ihre Ruhelage einnehmen. Bei einer einseitigen Überlast, welche eine hochdruckseitige Messmembran in das Membranbett des bodennahen hochdruckseitigen Gegenkörpers drückt, wird selbst bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur die niederdruckseitige Messmembran nicht weiter ausgelenkt als gerade bis zur Anlage am Membranbett des niederdruckseitigen bodenabgewandten Membranbetts,
10 wenn das obige Befüllungskriterium eingehalten wird. Bei niedrigeren Betriebstemperaturen kommt die niederdruckseitige Messmembran nicht zur Anlage.

Um dies zu erreichen, kann die Befüllung beispielsweise bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur durchgeführt werden.

Insofern, als die Differenzdruckmesszellen, abgesehen von dem Bereich der Fügung
15 am Boden der Messzellenkammern, jeweils isostatisch von dem in die Messzellenkammern eingeleiteten Mediendruck umgeben sind, und die Druckbeaufschlagung der niederdruckseitigen Differenzdruckmesszelle über den Koppelkanal durch die Anlage der Messmembran der hochdruckseitigen Differenzdruckmesszelle am bodennahen Membranbett begrenzt ist, können in den Differenzdruckmesszellen keine zerstörerischen
20 Überdrücke mehr auftreten.

Die temperaturabhängige Variation des zwischen den Messmembranen eingeschlossenen Volumens der Übertragungsflüssigkeit, führt dazu, dass die Ruhelagen der beiden Messmembranen für einen Differenzdruck von Null veränderlich sind. Die isolierte Auswertung der Kapazitätssignale nur einer Differenzdruckmesszelle ohne
25 Zusatzinformationen ist damit nicht zur Differenzdruckbestimmung geeignet. Vorzugsweise werden die Kapazitätssignale beider Differenzdruckmesszellen herangezogen, um den Differenzdruck zu bestimmen.

In dem beschriebenen Aufbau des Differenzdrucksensors wirkt der Koppelkanal zugleich als Drossel gegen schnelle Überlastspitzen, verbunden mit dem Nachteil, dass die
30 Zeitkonstante des Sensors hoch ist. Die genaue Dimensionierung des Koppelkanals kann den Erfordernissen der Dynamik angepasst werden.

Kürzere Verbindungskanäle lassen sich insbesondere dadurch realisieren, dass die Messzellenkammern coaxial zueinander angeordnet sind, wobei die Böden der beiden

Messzellenkammern durch eine Trennwand zwischen den Messzellenkammern gebildet werden, an welcher die bodennahen Gegenkörper jeweils drucktragend und druckdicht mittels einer Fügestelle befestigt sind. Die Länge des Koppelkanals entspricht dann im Wesentlichen der Wandstärke der Trennwand.

- 5 In Fig. 2 sind die bodenseitigen Gegenkörper jeweils mit einer vollflächigen Verbindung mit dem Boden der Messzellenkammern dargestellt. Selbstverständlich kann hier eine reduzierte Verbindungsfläche vorgesehen sein, um insbesondere thermomechanische Wechselwirkungen zwischen den Differenzdruckmesszellen und dem Gehäuse zu minimieren. Hierzu können die Böden der Messzellenkammern beispielsweise jeweils einen
- 10 in die Messzellenkammer hervorstehenden Sockel mit reduzierter Querschnittsfläche aufweisen, der entweder monolithisch mit dem Gehäusekörper ausgebildet oder an dem Gehäusekörper mittels einer metallischen Fügung, einem Glaslot oder einer Epoxidharzfügung druckdicht und drucktragend befestigt ist. Die Differenzdruckmesszellen sind dann entsprechend mit den Sockeln verbunden. Die Sockel weisen jeweils eine axiale
- 15 Bohrung auf, durch welche die bodenseitigen Messkammern mit dem Koppelkanal 222 hydraulisch gekoppelt sind. Die elektrische Kontaktierung einer bodenseitigen Gegenkörperelektrode kann ebenfalls über den Sockel erfolgen.

- Fig. 3 zeigt schließlich ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen
- 20 Differenzdruckmessaufnehmers 300, welcher einen erfindungsgemäßen Differenzdrucksensor 200 aufweist, wie er anhand von Fig. 2 diskutiert wurde. Der Differenzdruckmessaufnehmer 200 umfasst weiterhin eine Betriebs- und Auswerteschaltung 310, welche an die elektrische Durchführungen des Differenzdrucksensors 200 angeschlossen ist, um die Kapazitäten der Kondensatoren der Messzellen 100a, 100b zu
- 25 ermitteln und Messwerte bereitzustellen, welche von den ermittelten Kapazitäten abhängig sind. Die Messwerte werden insbesondere in digitaler Form bereitgestellt.

- Der Differenzdruckmessaufnehmer 300 umfasst weiterhin ein metallisches Gehäuse 320, welches insbesondere Edelstahl aufweist, vorzugsweise der Zündschutzart Ex-d genügt, und in seinem Innern eine Sensorkammer 322 aufweist, in welcher der
- 30 Differenzdrucksensor 200 und die Betriebs- und Auswerteschaltung 310 angeordnet sind. Das Gehäuse 320 hat insbesondere einen zumindest abschnittsweise zylindrischen Aufbau und umfasst an einer ersten Stirnseite eine Muffe 324, welche eine Glasdurchführung 326 mit metallischen Kontaktstiften aufweist. Die Betriebs- und Auswerteschaltung 310 ist insbe-

sondere über ein Flex-Leiterband an die metallischen Kontakte der Durchführung angeschlossen, um über die Durchführung gespeist zu werden und die Messwerte auszugeben.

Der Differenzdruckmessaufnehmer 300 umfasst weiterhin einen Prozessanschlussflansch 330, mit dem das Gehäuse 320 an seiner der ersten Stirnseite abgewandten Basis hermetisch dicht verschweißt ist. Der Prozessanschlussflansch 330 weist an seiner dem Gehäuse 320 abgewandten Prozessanschlussfläche zwei metallische Trennmembranen 340a, 340b auf, welche jeweils eine Trennmembrankammer 342a, 342b verschließen, die als Vertiefungen in der Prozessanschlussfläche ausgebildet sind. Die Trennmembrankammern 342a, 342b sind jeweils mit einer Messzellenkammer des Differenzdrucksensors hydraulisch gekoppelt, um die in den Messzellenkammern enthaltenen Differenzdruckmesszellen 100a, 100b jeweils mit einem Mediendruck zu beaufschlagen. Die hydraulische Kopplung erfolgt jeweils über eine Bohrung 344a, 344b, die sich durch den Prozessanschlussflansch 330 erstreckt, und ein an die Bohrung 344a, 344b anschließendes Kapillarröhrchen 346a, 346b, das an einem ersten Ende mit dem Prozessanschlussflansch 330 drucktragend und druckdicht gefügt ist, und das an einem zweiten Ende, jeweils mit einer Mediendrucköffnung des Gehäusekörpers des Differenzdrucksensors 200 fluchtend, drucktragend und druckdicht mit dem Gehäusekörper des Differenzdrucksensors 200 gefügt ist.

Ein vorteilhafter Gesichtspunkt betrifft die Verwendung von gewöhnlichen Differenzdruckmesszellen, die für moderate statische Drücke von beispielsweise nicht mehr als 100 bar bzw. 150 bar geeignet sind, zur Realisierung eines Differenzdrucksensors, für den Einsatz bei statischen Drücken von 250 bar oder mehr. Diese wird dadurch erreicht, dass die Differenzdruckmesszellen, mediendruckseitig isostatisch gelagert und nur auf Druck belastet werden, so dass in den Messkammern der Differenzdruckmesszellen übermäßige Kerbspannungen vermieden werden. Voraussetzung hierfür ist, wie oben diskutiert, eine rückseitige hydraulische Kopplung mit einer definierten Menge an Übertragungsflüssigkeit die bewirkt, dass praktisch bei allen Temperaturen, der Nullpunkt des Differenzdrucks ($p_1 - p_2 = 0$) nicht mit der Gleichgewichtslage der Messmembranen zusammenfällt. Damit scheidet eine hinreichend genaue die Bestimmung des Differenzdrucks mit nur einer Differenzdruckmesszelle aus. Es sind also die Kapazitäten beider Differenzdruckmesszellen heranzuziehen, für deren Auswertung zwei Alternativen anhand von Fig. 4 vorgestellt werden.

Zur Bestimmung eines Differenzdrucks Δp hat es sich bewährt zwei Kapazitäten C1, C2 mit gegenläufiger Differenzdruckabhängigkeit als Differentialkondensator zu beschalten,

wobei die Kapazitäten vorzugsweise bei $\Delta p=0$ den gleichen Kapazitätswert aufweisen. Für den Differenzdruck Δp gilt dann

$$\Delta p = dp(F(C1(\Delta p), C2(\Delta p))),$$

wobei $C1$, $C2$ die ermittelten gegenläufigen Kapazitäten sind und

5
$$F(C1, C2) = 2 \cdot (C1 - C2) / (C1 + C2).$$

Die Kurven in Fig. 4 zeigen schematisch die Übertragungsfunktionen $F(C1, C2)$ für die vier möglichen Kombinationen der Kapazitäten der beiden Differenzdruckmesszellen zu Differentialkondensatoren, wobei in diese Übertragungsfunktionen eine Nullpunktverschiebung der Messmembranen um 16% des Gleichgewichtsabstands zum

10 Membranbett bzw. um 30% des Differenzdruckmessbereichs aufgrund einer Volumenreduzierung der Übertragungsflüssigkeit im Koppelkanal und den damit kommunizierenden bodennahen Messkammern eingegangen ist. Die Kurven Z1 und Z2 zeigen Übertragungsfunktionen, bei denen jeweils die Kapazitäten einer Differenzdruckmesszelle gegeneinander ausgewertet sind. Hier sind die Steigungen $dF/d\Delta p$ für beide Funktionen Z1, Z2 gleich, aber

15 die Nullpunkte sind gegeneinander verschoben. Die Korrekte Übertragungsfunktion Z ergibt sich als arithmetisches Mittel, also $Z = (Z1 + Z2) / 2$. Hier ist zudem ein Ansatz gegeben den statischen Druck zu ermitteln, denn die halbe Differenz der Übertragungsfunktionen ermöglicht eine Ermittlung der Nullpunktverschiebung $N(T, p)$, in welche die Temperatur T der koppelnden Übertragungsflüssigkeit und der statische Druck p_{stat} eingehen, also

20 $N(T, p_{stat}) = (Z1 - Z2) / 2$. Bei Kenntnis der Temperatur der koppelnden Übertragungsflüssigkeit, die mit einem geeignet positionierten Temperatursensor zu gewinnen ist, kann dann der statische Druck zumindest näherungsweise ermittelt werden.

Die Kurven P und B in Fig. 4 zeigen Übertragungsfunktionen wenn die prozessseitigen Kapazitäten (P) bzw. die bodennahen Kapazitäten (B) der beiden Differenzdruckmesszellen

25 gegeneinander ausgewertet werden. Insofern als sich hier die Nullpunktverschiebung der Messmembranen auf die ausgewerteten Kapazitäten gleichartig auswirkt, wird hier der Nullpunkt der Übertragungsfunktion nicht verfälscht, jedoch wird die Steigung gegenläufig verändert. Eine geeignetere Übertragungsfunktion F lässt sich als arithmetisches bzw. geometrisches Mittel bestimmen, also $F = (B + P) / 2$ oder $F = (B \cdot P)^{1/2}$. Die Bestimmung

30 des statischen Drucks kann bei Kenntnis der Temperatur wiederum anhand der Differenz der Übertragungsfunktionen unter Berücksichtigung des aktuellen Differenzdruckwerts erfolgen, jedoch ist dies problematisch, je kleiner der jeweilige Differenzdruck gerade ist.

Das Maß der Aufspreizung der Übertragungsfunktionen hängt von der Nullpunktverschiebung der Trennmembranen ab. Für den Fall, dass keine Nullpunktverschiebung der Messmembranen vorliegt, was hier nur bei der spezifizierten Maximaltemperatur gegeben ist, fallen die vier Kurven Z1, Z2, P und B zusammen, sofern
5 nicht hohe statische Drücke eine Nullpunktverschiebung bewirken.

Im Ergebnis haben die bodenabgewandten Gegenkörper bei entsprechender Befüllung des Koppelkanals kaum noch eine Stützfunktion für die Messmembran, jedoch sind sie als Träger von Messkondensatoren für eine genaue Messung des Differenzdrucks und zu einer Ermittlung des statischen Drucks von Vorteil.

Patentansprüche

1. Differenzdrucksensor (200), umfassend:

eine erste Differenzdruckmesszelle (100a), die eine erste Messmembran und zwei
Gegenkörper aufweist, wobei die erste Messmembran zwischen den beiden Gegenkörpern
5 angeordnet und mit beiden Gegenkörpern druckdicht verbunden ist, wobei zwischen den
beiden Gegenkörpern und der ersten Messmembran jeweils eine Messkammer gebildet ist,
wobei die beiden Messkammern durch die erste Messmembran voneinander getrennt sind,
wobei sich durch die beiden Gegenkörper jeweils ein Druckkanal von einer äußeren
Oberfläche in die Messkammer erstreckt, über den die Messkammer mit einem Druck
10 beaufschlagbar ist, so dass die erste Messmembran in Abhängigkeit von einer Differenz
zwischen den in den beiden Messkammern herrschenden Druckwerten auslenkbar ist, wobei
die beiden Gegenkörper jeweils ein Membranbett aufweisen, um die Auslenkung der ersten
Messmembran zu begrenzen, und die erste Messmembran im Falle einer einseitigen
Überlast abzustützen, wobei die erste Differenzdruckmesszelle mindestens einen ersten
15 elektrischen Wandler zum Bereitstellen eines von einer Auslenkung der ersten
Messmembran abhängigen ersten elektrischen Signals aufweist;

eine zweite Differenzdruckmesszelle (100b), die eine zweite Messmembran und zwei
Gegenkörper aufweist, wobei die zweite Messmembran zwischen den beiden Gegenkörpern
angeordnet und mit beiden Gegenkörpern druckdicht verbunden ist, wobei zwischen den
20 beiden Gegenkörpern und der zweiten Messmembran jeweils eine Messkammer gebildet ist,
wobei die beiden Messkammern durch die zweite Messmembran voneinander getrennt sind,
wobei sich durch die beiden Gegenkörper jeweils ein Druckkanal von einer äußeren
Oberfläche in die Messkammer zweitreckt, über den die Messkammer mit einem Druck
beaufschlagbar ist, so dass die zweite Messmembran in Abhängigkeit von einer Differenz
25 zwischen den in den beiden Messkammern herrschenden Drücken auslenkbar ist, wobei die
beiden Gegenkörper jeweils ein Membranbett aufweisen, um die Auslenkung der zweiten
Messmembran zu begrenzen, und die zweite Messmembran im Falle einer einseitigen
Überlast abzustützen, wobei die zweite Differenzdruckmesszelle mindestens einen zweiten
elektrischen Wandler zum Bereitstellen eines von einer Auslenkung der zweiten
30 Messmembran abhängigen zweiten elektrischen Signals aufweist; und

ein Messzellengehäuse (210), welches einen Gehäusekörper (212, 214) mit einer
ersten Messzellenkammer (216a) und einer zweiten Messzellenkammer (216b) aufweist,

wobei sich zwischen der ersten Messzellenkammer und der zweiten Messzellenkammer ein Koppelkanal (222) erstreckt,

wobei die erste Differenzdruckmesszelle (100a) in der ersten Messzellenkammer (216a) angeordnet und mit dem Gehäusekörper (212, 214) mittels einer ersten Fügestelle
5 drucktragend verbunden ist,

wobei ein erster Druckkanal der ersten Differenzdruckmesszelle (100a) mit dem Koppelkanal (222) durch eine erste Öffnung in der ersten Fügestelle kommuniziert, wobei die erste Öffnung von der ersten Fügestelle druckdicht umgeben ist,

wobei die zweite Differenzdruckmesszelle (100b) in der zweiten Messzellenkammer
10 (216b) angeordnet und mit dem Gehäusekörper (212, 214) mittels einer zweiten Fügestelle drucktragend verbunden ist,

wobei ein zweiter Druckkanal der zweiten Differenzdruckmesszelle mit dem Koppelkanal (222) durch eine zweite Öffnung in der zweiten Fügestelle kommuniziert, wobei die zweite Öffnung von der zweiten Fügestelle druckdicht umgeben ist, so dass eine erste
15 Messkammer der ersten Differenzdruckmesszelle (100a) über den ersten Druckkanal, den Koppelkanal und den zweiten Druckkanal mit einer zweiten Messkammer der zweiten Differenzdruckmesszelle (100b) hydraulisch gekoppelt ist,

wobei der Gehäusekörper eine erste Mediendrucköffnung (218a) aufweist, die sich von einer äußeren Oberfläche des Gehäusekörpers in die erste Messzellenkammer (216a)
20 erstreckt, wobei außerhalb der ersten Fügestelle gelegene Oberflächen der Gegenkörper der ersten Differenzdruckmesszelle (100a) mit der ersten Mediendrucköffnung kommunizieren, und wobei eine dritte der Messkammern, die in der ersten Differenzdruckmesszelle ausgebildet und von der ersten Messkammer durch die erste Messmembran getrennt ist, über einen dritten der Druckkanäle mit der ersten Mediendrucköffnung (218a) kommuniziert,

wobei der Gehäusekörper eine zweite Mediendrucköffnung (218b) aufweist, die sich von einer äußeren Oberfläche des Gehäusekörpers (212, 214) in die zweite Messzellenkammer (216b) erstreckt, wobei außerhalb der zweiten Fügestelle gelegene Oberflächen der
25 Gegenkörper der zweiten Differenzdruckmesszelle mit der zweiten Mediendrucköffnung kommunizieren, und wobei eine vierte der Messkammern, die in der zweiten Differenzdruck-
30 messzelle ausgebildet und von der zweiten Messkammer durch die zweite Messmembran getrennt ist, über einen dritten der Druckkanäle mit der zweiten Mediendrucköffnung hydraulisch kommuniziert.

2. Differenzdrucksensor nach Anspruch 1,

wobei die erste Differenzdruckmesszelle und die zweite Differenzdruckmesszelle koplanar zueinander angeordnet sind.

5 3. Differenzdrucksensor nach Anspruch 2,

wobei die erste Mediendrucköffnung und die zweite Mediendrucköffnung koplanar zueinander angeordnet sind, insbesondere an einer, bezogen auf die Differenzdruckmesszellen, den Fügestellen abgewandten Seite der Messzellenkammern.

10 4. Differenzdrucksensor nach Anspruch 1, 2 oder 3,

wobei die Gegenkörper Glas oder Silizium aufweisen.

5. Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

15 wobei der Gehäusekörper einen metallischen Werkstoff, insbesondere Kovar, einen keramischen Werkstoff, Glas oder Silizium aufweist.

6. Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die erste Fügestelle und/oder die zweite Fügestelle einen Kleber, ein Lot, ein Aktivlot oder nanoreaktives Material aufweist.

20 7. Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei der Koppelkanal einen Füllkörper und/oder eine Drossel aufweist.

8. Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die erste Differenzdruckmesszelle und die zweite Differenzdruckmesszelle jeweils mindestens zwei kapazitive mit entgegengesetzter Abhängigkeit von der Differenz zwischen einem ersten Druck und einem zweiten Druck aufweisen.

5 9. Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

weiterhin umfassend einen Temperatursensor dessen Messwert von der Temperatur einer hydraulischen Übertragungsflüssigkeit abhängt, mit welcher die erste Messmembran mit der zweiten Messmembran über den Koppelkanal hydraulisch gekoppelt sind.

10 10. Differenzdruckmessaufnehmer, umfassend:

einen Differenzdrucksensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche;

15 ein Messaufnehmergehäuse mit einem Gehäusekörper, welcher eine vorzugsweise im Wesentlichen ebene Anschlussfläche aufweist, und welcher in seinem Innern eine Sensorkammer aufweist, worin der Differenzdrucksensor angeordnet ist, wobei sich von der Anschlussfläche ein erster Mediendruckkanal und ein zweiter Mediendruckkanal in die Sensorkammer erstrecken, wobei die erste Mediendrucköffnung mit dem ersten Mediendruckkanal druckdicht hydraulisch gekoppelt ist, und wobei die zweite Mediendrucköffnung mit dem zweiten Mediendruckkanal druckdicht hydraulisch gekoppelt ist; und

20 eine Betriebsschaltung zum Betreiben der elektrischen Wandler, und zum Bereitstellen mindestens eines Messwerts, der von der Differenz zwischen einem in der ersten Messzellenkammer herrschenden ersten Druck und einem in der zweiten Messzellenkammer herrschenden zweiten Druck abhängt.

25 11. Differenzdruckmessaufnehmer nach Anspruch 10,

wobei die beiden Mediendrucköffnungen jeweils über ein Kapillarrohr mit dem jeweiligen Mediendruckkanal gekoppelt sind.

12. Differenzdruckmessaufnehmer, nach Anspruch 10 oder 11,

- weiterhin umfassend mindestens eine erste Trennmembran, welche die Mündung des ersten Mediendruckkanals in der Anschlussfläche überdeckt und entlang einer umlaufenden Fügestelle unter Bildung einer ersten Trennmembrankammer druckdicht mit dem
- 5 Gehäusekörper verbunden ist, wobei vorzugsweise weiterhin eine zweite Trennmembran die Mündung des zweiten Mediendruckkanals in der Anschlussfläche überdeckt und entlang einer umlaufenden Fügestelle unter Bildung einer zweiten Trennmembrankammer druckdicht mit dem Gehäusekörper verbunden ist.

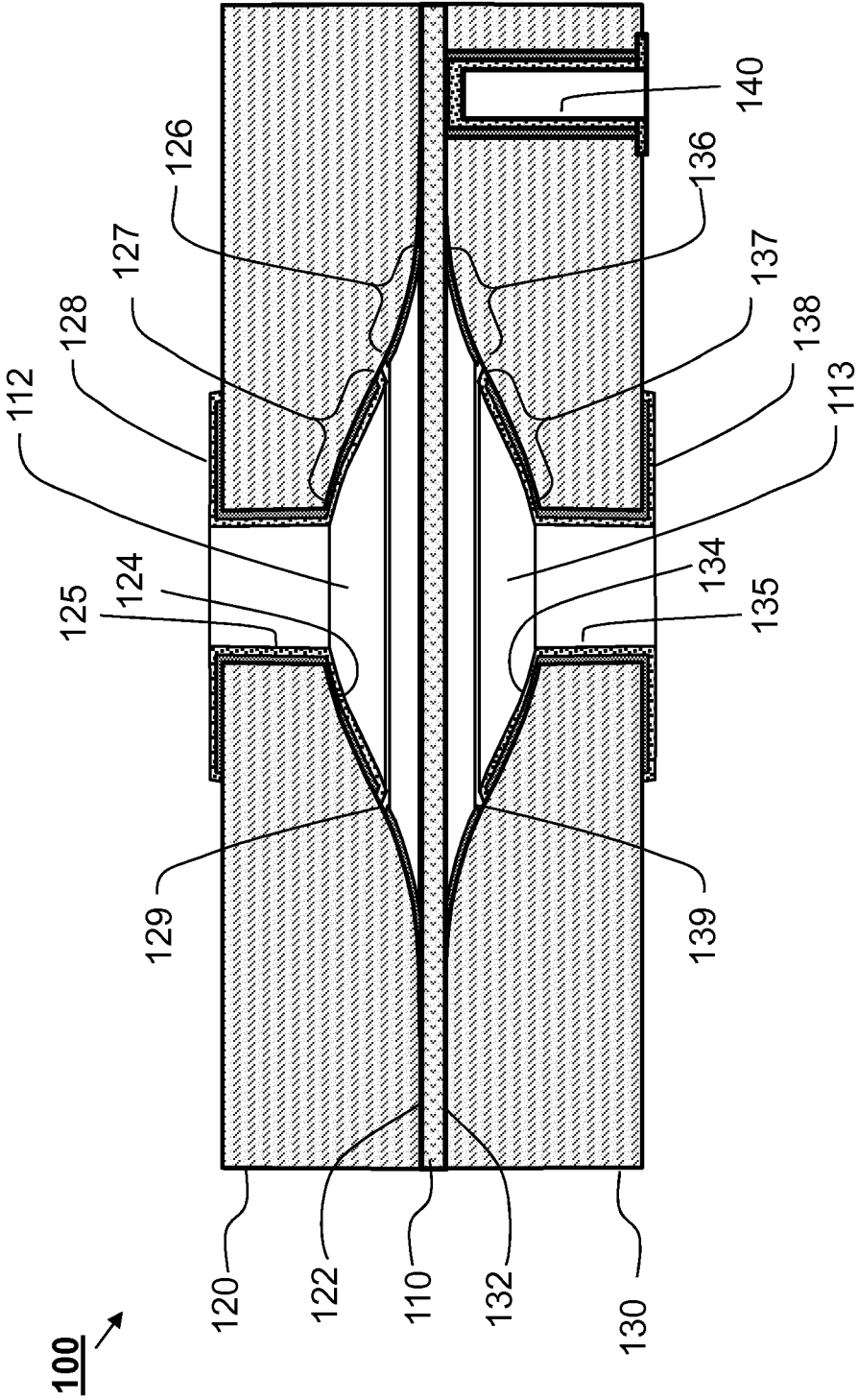


Fig. 1

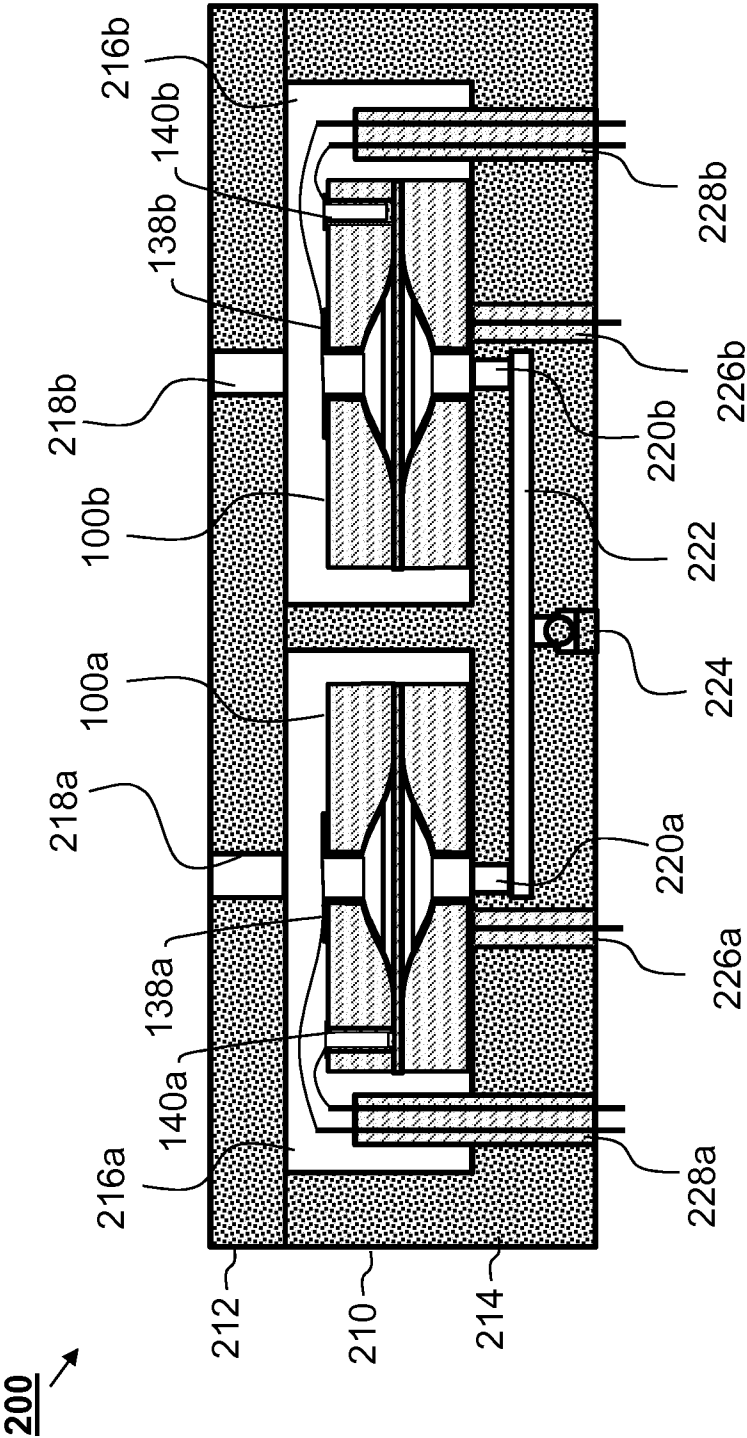


Fig. 2

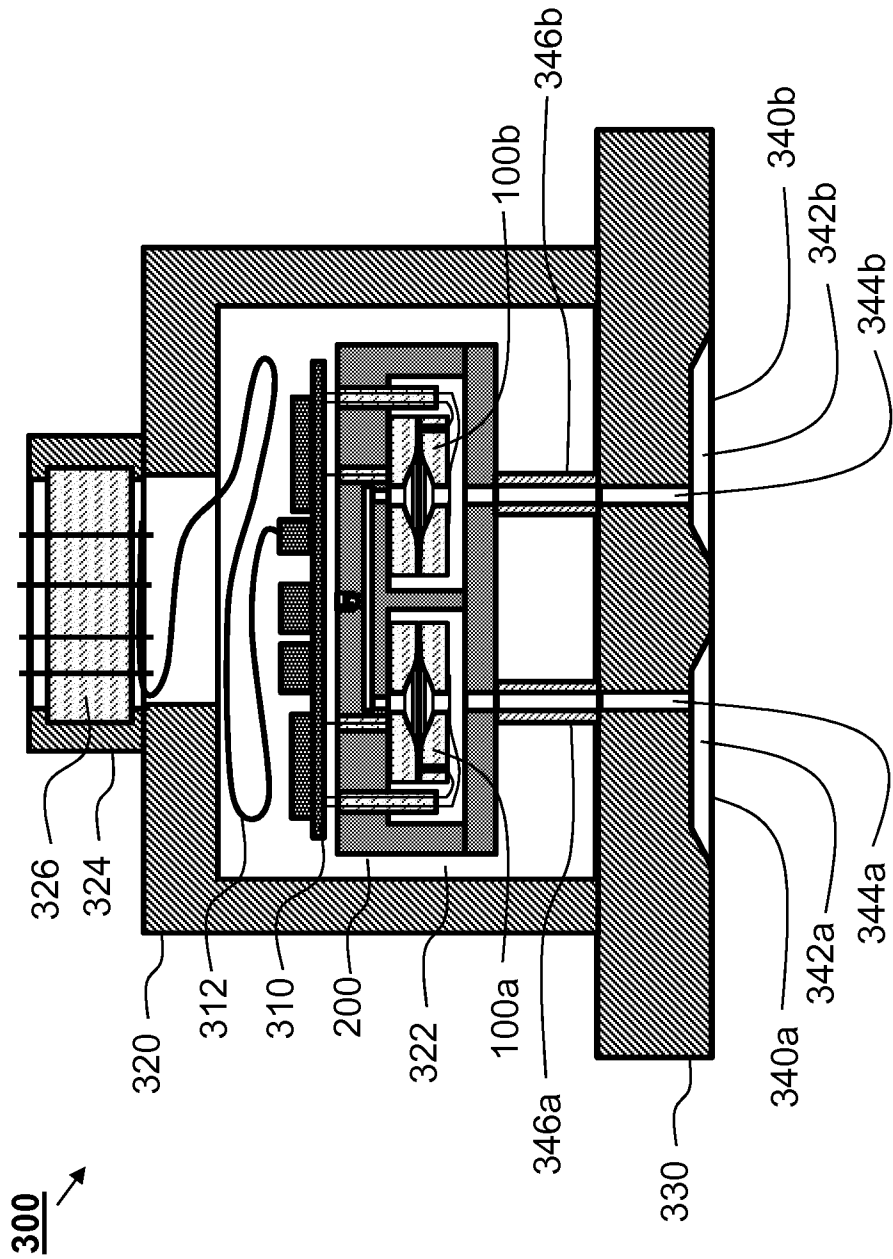


Fig. 3

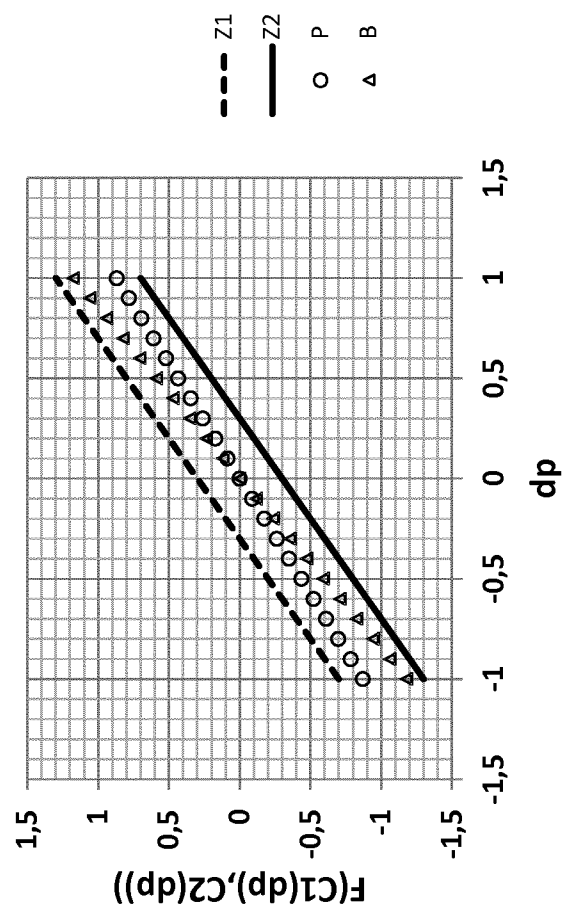


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2015/076917

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01L9/00 G01L13/02
ADD.

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)

G01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CH 688 745 A5 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 13 February 1998 (1998-02-13) the whole document	1-12
Y	US 2007/245829 A1 (SITTLER FRED CHARLES [US] ET AL) 25 October 2007 (2007-10-25) abstract; figures paragraphs [0013], [0017]	1-12
Y	US 6 029 524 A (KLAUDER PHILIP R [US] ET AL) 29 February 2000 (2000-02-29) the whole document	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

5 February 2016

Date of mailing of the international search report

17/02/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Stavrulidis, Stefanos

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/076917

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CH 688745	A5	13-02-1998	CH 688745 A5 13-02-1998
			EP 0639761 A1 22-02-1995
			FI 943048 A 26-12-1994
			JP H0727646 A 31-01-1995
			NO 942410 A 27-12-1994

US 2007245829	A1	25-10-2007	CN 101479586 A 08-07-2009
			EP 2018533 A2 28-01-2009
			JP 5676100 B2 25-02-2015
			JP 2009535622 A 01-10-2009
			RU 2008146134 A 27-05-2010
			US 2007245829 A1 25-10-2007
			WO 2007127170 A2 08-11-2007

US 6029524	A	29-02-2000	CA 2197897 A1 12-12-1997
			EP 0813047 A2 17-12-1997
			US 5672808 A 30-09-1997
			US 5804736 A 08-09-1998
			US 6029524 A 29-02-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01L9/00 G01L13/02

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	CH 688 745 A5 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 13. Februar 1998 (1998-02-13) das ganze Dokument	1-12
Y	US 2007/245829 A1 (SITTLER FRED CHARLES [US] ET AL) 25. Oktober 2007 (2007-10-25) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0013], [0017]	1-12
Y	US 6 029 524 A (KLAUDER PHILIP R [US] ET AL) 29. Februar 2000 (2000-02-29) das ganze Dokument	1-12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. Februar 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/02/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Stavroulis, Stefanos

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/076917

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CH 688745	A5	13-02-1998	CH 688745 A5 13-02-1998
			EP 0639761 A1 22-02-1995
			FI 943048 A 26-12-1994
			JP H0727646 A 31-01-1995
			NO 942410 A 27-12-1994

US 2007245829	A1	25-10-2007	CN 101479586 A 08-07-2009
			EP 2018533 A2 28-01-2009
			JP 5676100 B2 25-02-2015
			JP 2009535622 A 01-10-2009
			RU 2008146134 A 27-05-2010
			US 2007245829 A1 25-10-2007
			WO 2007127170 A2 08-11-2007

US 6029524	A	29-02-2000	CA 2197897 A1 12-12-1997
			EP 0813047 A2 17-12-1997
			US 5672808 A 30-09-1997
			US 5804736 A 08-09-1998
			US 6029524 A 29-02-2000
