

(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  
4. Oktober 2012 (04.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/129711 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
**G01L 21/12** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2012/000038

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Februar 2012 (10.02.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
577/11 30. März 2011 (30.03.2011) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **INFICON GMBH** [CH/CH]; Hintergasse 15b,  
CH-7310 Bad Ragaz (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WÄLCHLI, Urs**  
[CH/CH]; Scalettastrasse 44, CH-7000 Chur (CH).  
**BERGER, Bruno** [CH/CH]; Ringweg 7, CH-9469 Haag  
(CH). **VOGEL, Daniel** [CH/CH]; Falknisweg 4, CH-9477  
Trübbach (CH).

(74) Anwalt: **WEGMANN, Urs**; Saschela 3, CH-9479  
Oberschan (CH).

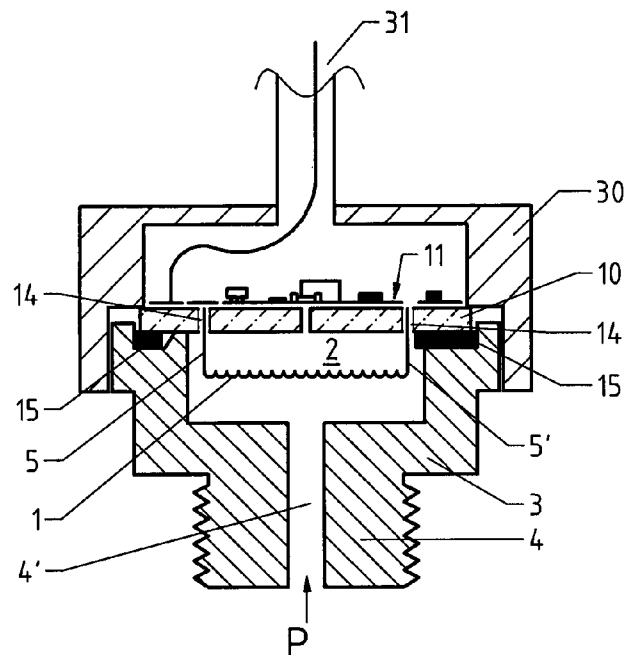
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,  
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
MD, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GAS PRESSURE MEASUREMENT CELL ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : GASDRUCKMESSZELLENANORDNUNG



**Fig. 5**

(57) Abstract: A gas pressure measurement cell arrangement comprises a heat conduction vacuum measurement cell according to Pirani (Pi), containing a measurement chamber housing (3), which encloses a measurement chamber (2) and having a measurement connection (4), which guides the gas pressure (P) to be measured into the measurement chamber (2). Arranged in the measurement chamber (2) is a heatable measurement filament (1), which is connected to a measurement electronic system (11), wherein the latter is arranged in thermal contact on one side of a ceramic support plate (10) and said support plate (10) forms, on the opposite side, part of the measurement chamber housing (3). The measurement filament (1) is supplied with current, in series with a measurement resistor (Rm), by the measurement electronic system (11) directly by way of feedback and the measurement electronic system (11) directly ascertains the resistance of the measurement filament (1).

(57) Zusammenfassung: Eine Gasdruckmesszellenanordnung umfasst eine Wärmeleitungsvakuummesszelle nach Pirani (Pi), enthaltend ein Messkammergehäuse

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

(3), welches eine Messkammer (2) umschliesst und mit einem Messanschluss (4) der den zu messenden Gasdruck (P) in die Messkammer (2) leitet. In der Messkammer (2) ist ein beheizbarer Messfaden (1) angeordnet, welcher mit einer Messelektronik (11) verbunden ist, wobei diese in thermischem Kontakt auf einer Seite einer keramischen Trägerplatte (10) angeordnet ist und diese Trägerplatte (10) auf der gegenüberliegenden Seite Teil des Messkammergehäuse (3) bildet. Der Messfaden (1) wird in Serie mit einem Messwiderstand ( $R_m$ ) von der Messelektronik (11) direkt in Rückkoppelung gespiesen und die Messelektronik ermittelt den Widerstand des Messfadens (1) direkt.

## Gasdruckmesszellenanordnung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Gasdruckmesszellenanordnung gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

5

Es ist bekannt Gasdruckmesszellen einzusetzen, die als Wärmeleitungsmesszelle z.B. nach Pirani ausgebildet sind. Bei derartigen Messzellen wird ein Heizelement, üblicherweise ein Messfaden oder Messdraht elektrisch geheizt und aus der Heizleistung über die druckabhängige Wärmeleitfähigkeit des Gases der Druck bestimmt. Auf diese Weise kann der Druck in einem Bereich zwischen etwa  $10^{-4}$  mbar und einigen 100 mbar gemessen werden. Oberhalb von einigen 10 mbar überwiegt jedoch die konvektive Wärmeübertragung, so dass dort die Messung von Gasströmung beeinflusst wird und stark lageabhängig ist. Ausserdem ist die Messung nach dieser Methode gasartabhängig. Die Auswertung des Messsignales mit einer Messelektronik ist relativ aufwendig wenn präzise Resultate über einen weiten Bereich erzielt werden sollen. Insbesondere auch gegen die höheren Drücke hin ab ca. 10 mbar, da dort die Messkurve Heizleistung zu Gasdruck abflacht bei konstant gehaltener Heizfadentemperatur. Dies u.a. auch, weil in diesem Druckbereich, wie zuvor erwähnt, der Einfluss des Strömungsregimes des Gases zunimmt. Die dazu verwendeten Messschaltungen werden in bekannter Weise mit einer Wheatstone – Brückenordnung realisiert, bei welcher einer der vier Brückenwiderstände durch den Messfaden bestimmt ist. Die Regelung der Messfadentemperatur und Auswertung der von der Brücke abgegebenen Signalspannung wird mit einer Messelektronik vorgenommen, üblicherweise in analoger Schaltungstechnik, die in bekannter Weise, beispielsweise Operationsverstärker und / oder Komperatoren enthält. Zusätzlich muss, wegen der hohen Temperaturempfindlichkeit der Messanordnung, die Temperatur der Messanordnung als Referenz erfasst und mit der Messelektronik berücksichtigt werden. Derartige Pirani – Gasdruckmesszellen sind empfindlich und deshalb relativ aufwendig in der Realisation, sind aber heute in der Praxis weit verbreitet. Ein Überblick über diese Messtechnik ist beispielsweise beschrieben in M. Wutz et al. "Theorie und Praxis der

25

30

Vakuumtechnik", F. Vieweg & Sohn , Braunschweig , 1982, 2. Auflage, Seite 366 bis 373.

Ein derartiges Produkt wird seit vielen Jahren sehr erfolgreich weltweit vertrieben von der Firma INFICON GmbH, FL-9496 Balzers, Liechtenstein unter der Produktebezeichnung PSG 50X - Serie.

Um den zu messenden Druckbereich zu erweitern, wurde auch vorgeschlagen eine derartige Pirani-Messzelle mit mindestens einem weiteren, anderen Messprinzip zu kombinieren. Hierdurch kann der zu messende Druckbereich sowohl nach unten, wie nach oben erweitert werden, so dass es beispielsweise möglich ist, eine Kombinationsmesszelle zu realisieren, die Drücke messen kann im Bereich von  $10^{-8}$  mbar bis einige bar. In der EP 0 658 755 B1 wird beispielsweise eine derartige Kombinationsmesszelle beschrieben, welche auf einem gemeinsamen Messkopf einen Pirani-Sensor mit einem Ionisations-Sensor vereint. Es wird dort auch beschrieben, wie die überlappenden Bereiche signaltechnisch gehandhabt werden können, um einen lückenlosen und linearen Übergang bei der Signalauswertung zu gewährleisten.

In der EP 1 097 361 B1 wird eine weitere Kombinationsmesszelle beschrieben, bei welcher ein Pirani-Sensor mit einem Kapazitiven Membran-Sensor (CDG) kombiniert wird. Auch werden dort Hinweise gegeben wie, die dem Pirani Messprinzip stets inhärenten Probleme der Temperaturbeherrschung durch Massnahmen am Sensorkopf verbessert werden können.

Bekannt ist auch der Einsatz von Piezo-resistiven Drucksensoren auf Halbleiterbasis zur Erfassung von Drücken, insbesondere im Bereich von 1.0 mbar bis 1.0 bar oder gar einige bar bis etwa 3.0 bar. Derartige Drucksensoren sind geeignet für den höheren Druckbereich. Ein derartiger Sensor wird beispielsweise beschrieben in M. Wutz et al. "Theorie und Praxis der Vakuumtechnik", F. Vieweg & Sohn , Braunschweig , 2010, 10. Auflage, Seite 513 bis 514. Bei derartigen Sensoren werden beispielsweise auf eine Halbleitermembran dotierte, niederohmige Leiterbahnen aufgebracht, die Widerstände bilden. Die Widerstände werden derart beschaltet, dass sie eine Brücke bilden. Die Brückenanschlüsse werden zur Aus-

lesung des Signals nach aussen geführt. Die Änderung des Gasdruckes an der Membrane bewirkt eine Verformung der Halbleitermembran und aus der dadurch erfolgten Widerstandsänderung eine Verstimmung der Brücke. Als Halbleitermaterial ist Silizium besonders geeignet, da dieses sehr biegsam ist. Bei derartigen Halbleiterwiderständen bewirkt eine Druckänderung im Material eine Widerstandsänderung, die als Druckmass ausgewertet wird. Halbleitermaterialien sind besonders geeignet, da bei diesen sich nicht nur der Widerstand durch die Veränderung der geometrischen Abmessung ändert, sondern zusätzlich auch dessen spezifischer Widerstand, wodurch zusätzlich auch der piezo-resistive Effekt verstärkt ist. Zusätzlich können die, üblicherweise vier, Widerstände derart an der Membrane angeordnet werden, dass alle eine in die gewünschte Richtung erfolgende Signaländerung bei der Membrandurchbiegung bewirken. Dies führt zu guten Signalpegeln. Diese Anordnung ermöglicht auch zusätzlich, nach Wunsch, direkt weitere aktive Bauteile, wie Verstärker oder digitale Elemente, zu integrieren. Geeignete Piezoresistive Drucksensoren auf Siliziumbasis werden beispielsweise von der Firma: Measurement Specialities, 1000 Lucas Way Hampton, VA 23666, USA vertrieben.

Die Nachteile des bisherigen Stands der Technik in Bezug auf eine Piranimessezelle und von Kombinationsmesszellen liegen bei der praktischen Realisierung in der Komplexität der Anordnung mit den vielen notwendigen Teilen. Eine derartige Messzelle benötigt eine Vakuumdurchführung, die das Vakuum mit dem Sensor sauber und langfristig mit hoher Qualität bei unterschiedlichen Einsätzen und Temperaturverhältnissen gegenüber Atmosphäre zur Messelektronik hin trennt. Derartige Vakuumdurchführungen stellen stets eine Temperaturbarriere dar, welche die notwendigen Massnahmen für Temperaturmessung und Temperaturkompensationen behindern und somit kompliziert machen. Hierdurch wird auch die Baugrösse ungünstig beeinflusst und kleinere Messzellen sind nur noch bedingt realisierbar und die Herstellkosten können nicht weiter reduziert werden.

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen. Insbesondere stellt sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe, den

Aufbau einer Pirani – Gasdruckmesszellenanordnung wesentlich zu vereinfachen und gleichzeitig eine geringere Baugrösse zu erzielen bei Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Herstellung. Dies soll erreicht werden ohne die Messqualität gegenüber bekannten Messzellen zu verringern. Diese soll vorzugsweise auch weiter verbessert werden. Eine zusätzliche Aufgabe besteht darin, dass es ohne grossen Zusatzaufwand ermöglicht werden soll, den Messbereich der Pirani – Messzelle zu erweitern.

Die Aufgabe wird bei der gattungsgemässen Gasdruckmesszellenanordnung gemäss den kennzeichnenden Merkmalen der Patentansprüche 1 gelöst. Die abhängigen Patentansprüche beziehen sich auf vorteilhafte weitere Ausgestaltungen der Erfindung.

Die erfindungsgemässe Gasdruckmesszellenanordnung umfasst eine Wärmeleitungsvakuummesszelle nach Pirani, enthaltend ein Messkammergehäuse, welches eine Messkammer umschliesst und mit einem Messanschluss der den zu messenden Gasdruck in die Messkammer leitet. In der Messkammer ist ein beheizbarer Messfaden angeordnet, welcher mit einer Messelektronik verbunden ist, wobei die Messelektronik in thermischem Kontakt auf einer Seite einer isolierenden Trägerplatte, vorzugsweise aus Keramik, angeordnet ist und diese Trägerplatte auf der gegenüberliegenden Seite Teil des Messkammergehäuses ist. Der Messfaden wird in Serie mit einem Messwiderstand von der Messelektronik direkt in Rückkoppelung gespiesen und die Messelektronik ermittelt den Widerstand des Messfadens direkt.

Für die Messung der dazu notwendigen Spannungen werden diese einem Analog Digital Konverter ADC zugeführt und einem digitalen Prozessor zur Verarbeitung nach vorgegebenem Algorithmus verarbeitet. Der Prozessor wiederum führt notwendige Signale heraus über einen Digital Analog Konverter DAC zur Ansteuerung und Heizung des Messfadens der Piranianordnung, wodurch der Regelkreis geschlossen ist. Ausserdem wird das aufgearbeitete Signal vom Prozessor über eine I/O – Schnittstelle herausgeführt zur weiteren Verwendung. Diese Schnitt-

stelle ist bevorzugt als serielle Schnittstelle ausgeführt. Sofern der Wunsch besteht andere Arten von Signalen zur Verfügung zu stellen, wie parallel oder gar analog, ist dies einfach möglich mit zusätzlicher Elektronik integriert auf der Trägerplatte. Das Weglassen der konventionellen Durchführung und der Einsatz der Vorerwähnten isolierenden Trägerplatte, vorzugsweise aus Keramik, als Substrat bringt überraschende Vorteile im Gesamttemperaturverhalten der Gasdruckmesszellenanordnung und auch überraschend neue Montagemöglichkeiten für weitere Bauteile.

Zur Erweiterung des messbaren Druckbereiches ist es nun besonders vorteilhaft, unmittelbar in die Messelektronik auf der Trägerplatte, einen piezo-resistiven Halbleiter-Drucksensor einzubinden, der dadurch auch direkt thermisch mit der Trägerplatte gekoppelt ist. Die vorliegende Bauweise ermöglicht es auch auf einfache Art den Piezo-resistiven Drucksensor direkt über eine kleine Öffnung in der Trägerplatte mit der Messkammer kommunizierend zu verbinden in welcher auch der Messfaden angeordnet ist. Ein solcher piezo-resistiver Drucksensor kann vorteilhaft nicht nur zur Druckmessung alleine herangezogen werden, sondern auch gleichzeitig zur Temperaturmessung.

Die prozessorbasierte Elektronik bringt auch den wichtigen Vorteil mit, dass mit kleineren Gesamtspannungen gearbeitet werden kann, weil es keine Brückenschaltung mehr geben muss. Der Messwiderstand muss auch nicht in der gleichen Dimension gewählt werden wie der Messfaden. Die Speisespannung kann nun im tiefen Bereich von etwa 2.0 bis 5.0 Volt gewählt werden und es kann sogar pulsfrei gearbeitet werden. Die Temperatur des Messfadens kann in diesem Falle nun in weiten Bereichen gewählt werden und auch Druckabhängig verändert eingestellt sein, um beispielsweise verschmutzungsempfindliche Regionen gezielt zu umgehen, bzw. besser zu beherrschen. Diese kombinierte Gasdruckmesszellenanordnung ist sehr einfach und kostengünstig realisierbar bei hoher Messgenauigkeit und Lebensdauer. Der damit mögliche und vorteilhaft realisierbare zu überstreichende Messbereich geht von Vakuum bis Atmosphäre, von  $10^{-4}$  mbar bis 3.000 bar, vorzugsweise von  $10^{-3}$  mbar bis 2.000 bar, bei einer Auflösung von besser

30%, vorzugsweise besser 15%, wie insbesondere besser 5.0 %, des jeweils gemessenen Messwertes.

Die Erfindung wird nun anhand von Figuren schematisch und beispielsweise beschrieben.

5 Es zeigen:

Fig. 1a schematisch und im Querschnitt eine Gasdruckmesszellenanordnung vom Typ Wärmeleitungsvakuummeter nach Pirani gemäss Stand der Technik;

Fig. 1b schematisch und im Querschnitt ein vergrößerter Ausschnitt A eines Teils der Messzelle nach Figur 1a;

10 Fig. 2 die elektrische Schaltung im Prinzip für eine Pirani – Messzelle wie sie beispielsweise in den Figuren 1a und 1b gezeigt ist;

Fig. 3 schematisch und im Querschnitt ein Beispiel für einen piezoresistiven Halbleiter - Drucksensor;

15

Fig. 4 das prinzipielle elektrische Schaltbild des piezoresistiven Drucksensors gemäss der Ausführung nach Figur 3;

20

Fig. 5 schematisch und im Querschnitt eine Gasdruckmesszellenanordnung entsprechend der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 im Querschnitt eine Detaildarstellung aus der Figur 5 mit Darstellung der Messkammer und daran angeordneter Trägerplatte;

25

Fig. 7 schematisch und im Querschnitt eine Weiterbildung der Gasdruckmesszellenanordnung entsprechend der vorliegenden Erfindung zusätzlich in Kombination mit einem piezoresistiven Drucksensor;



Fig. 8 Schaltungsanordnung mit Pirani – Messzelle entsprechend der vorliegenden Erfindung;

Fig. 9 Schaltungsanordnung mit Pirani – Messzelle gemäss Figur 8, zusätzlich in Kombination mit einem piezoresistiven Drucksensor entsprechend der vorliegenden Erfindung;

Fig. 10 Schaltungsanordnung gemäss Figur 9 mit Referenztemperaturmessung über den piezoresistiven Drucksensor;

Fig. 11 Schaltungsanordnung gemäss Figur 9 mit Referenztemperaturmessung über die interne Diode des piezoresistiven Drucksensors.

Eine bekannte Messzellenanordnung vom Typ Wärmeleitungsvakuummesszelle nach Pirani ist schematisch und im Querschnitt in Fig. 1a dargestellt. Eine Messkammer 2 beinhaltet einen Messfaden 1, der über eine Durchführung 6, 5 elektrisch isoliert und vakuumtechnisch dicht aufgehängt ist. Der Messfaden 1 wird beispielsweise von zwei Tragstiften 5, 5' gehalten, welche durch den isolierenden Körper der Durchführung 6 elektrisch hindurch führen zur, ausserhalb der Messkammer 2 angeordneten, Messelektronik. Die elektronische Schaltung der Messelektronik ist in bekannter Weise auf einer Platine PCB angeordnet. Die Messkammer 2 wird vom Messkammergehäuse 3 umschlossen und bildet die Kammerwand. Auf der einen Seite ist die Messkammer 2 offen zugänglich und kann nach Wunsch mit dem Vakuumvolumen und dem dort zu messenden Vakuumdruck P verbunden werden, beispielsweise über einen flanschartig ausgebildeten Teil des Messkammergehäuse 3, der somit den Messanschluss 4 mit der Messöffnung 4' bildet. Ein Gehäuse 30 umschliesst die Messelektronik PCB welche über elektrische Anschlüsse, wie ein Kabel oder einen Stecker 31 mit den peripheren Auswerteeinheiten und / oder Steuerungen verbunden ist. Eine derartige Gasdruckmesszellenanordnung bildet somit eine modular einsetzbare Messzelle.

Mit der auf der gedruckten Schaltung PCB angeordneten Messelektronik wird das Pirani – Messprinzip betrieben. In diesem Falle wird der Messfaden 1 als Teil einer

Wheatstone – Brücke  $R_1'$ ,  $R_2'$ , PTC, auf einer konstanten Temperatur gehalten, wie dies in der Figur 2 schematisch in einem Schaltschema dargestellt ist. Die Leistung, die für das Konstanthalten der Temperatur aufgebracht werden muss, ist dann ein Mass für den, den Faden umgebenden, Messgasdruck P. Die Messspannung wird durch einen Operationsverstärker oder Komperator OP an einer Diagonalen der Wheatstone – Brücke abgegriffen und das Ausgangssignal ist als Brückenbetriebsspannung rückgekoppelt, beispielsweise über T1, an die zweite Brückendiagonale gelegt. Eine ähnliche Schaltung ist beispielsweise in M. Wutz et al. "Theorie und Praxis der Vakuumtechnik", F. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1982, 2. Auflage, auf Seite 369 beschrieben. Es kann, je nach Ausbildung der Schaltung, in bekannter Weise mit konstanter Drahttemperatur des Messfaden 1 oder mit konstanter Heizleistung gearbeitet werden.

In einem Zweig der Wheatstone – Brücke ist in bekannter Weise ein Temperatursensor eingebaut, wie beispielsweise ein PTC oder NTC, um die Umgebungstemperatur zu erfassen und zu referenzieren. Die Messanordnung ist sehr temperaturempfindlich und sich ändernde Umgebungstemperaturen beeinflussen die Messung und würden Messfehler erzeugen, wenn dies nicht kompensiert würde. Eine gute Temperaturmessung und Kompensation ist deshalb bei den Pirani – Wärmeleitungsmesszellen sehr wichtig. Der Temperatursensor muss deshalb auch an einem geeigneten Ort untergebracht werden, um die massgebenden Temperaturänderungen möglichst gut erfassen zu können. Eine praktische Anordnung eines derartigen Temperatursensors 32 ist in der Figur 1b gezeigt, welche einen vergrößerten Ausschnitt A der Figur 1a dargestellt. Der Temperatursensor 32, beispielsweise ein PTC – Widerstand, wird hier am oberen Endbereich des Messkammergehäuse 3, in der Nähe der Durchführung 6, von aussen an dessen Wandung mit einem Federelement 33 angedrückt, derart dass dort, zwischen Messkammergehäuse 3 und dem Temperatursensor 32, ein guter Wärmekontakt erzielt wird. Das Federelement kann beispielsweise aus dem PCB – Material selbst gebildet sein, wenn diese gedruckte Schaltung PCB selbst als Flexprintmaterial ausgebildet ist. Damit ist die Verbindung lösbar und durch den Flexprint elektrisch isoliert. Der Temperatursensor 32 mit dem Federelement 33 ist bei dem gezeigten Beispiel zwischen dem übergestülpten Schutzgehäuse 30 und dem Messkammer-

gehäuse 3 angeordnet, derart dass beim Abziehen des Schutzgehäuses die Verbindung einfach gelöst wird. Diese Art der Kontaktierung ist relativ aufwändig, weil sie elektrisch isolierend und im günstigsten Fall, beispielsweise für einen Sensortausch, lösbar sein muss.

5

Für die Messung von höheren Gasdrücken im Vakuumbereich von ca. 1.0 mbar bis 1.0 bar sind auch Messsensoren 20 bekannt geworden, die nach dem piezoresistiven Prinzip arbeiten, wie dies zuvor schon erläutert worden ist. Ein derartiger Sensor ist beispielsweise schematisch und im Querschnitt in der Figur 3 dargestellt. Aus einem Halbleiterwafer 23, vorzugsweise Silizium, ist an einer Zone eine Vertiefung herausgearbeitet, die dünn genug ist und dadurch eine Membrane bildet, welche sich entsprechend dem angelegten und zu messenden Druck P verbiegen kann. An dieser Membrane sind dotierte, niederohmige Leiterbahnen angebracht, welche die Messwiderstände bilden, deren Werte sich bei Verbiegen verändern. Die elektrischen Anschlüsse 28 dieser Messwiderstände R1 bis R4 ermöglichen die Signalverarbeitung durch eine Messelektronik. Dieses Siliziumteil 23 bildet zusammen mit der Membrane 24 den Siliziumdrucksensor 23, 24 und ist auf einer Grundplatte 21 als Träger montiert, welcher eine Zugangsöffnung 22 aufweist, die den zu messenden Messgasdruck P an die Membrane 24 führt. Auf der Rückseite des Siliziumdrucksensors 23, 24 ist zum Schutz eine Deckplatte 25 mit einem Hohlraum über der Membrane 24 angeordnet. Die Grundplatte 21 und die Deckplatte 25 bestehen, vorzugsweise aus Glas. In der Figur 4 ist prinzipiell das elektrische Schaltschema dargestellt. Die Messwiderstände R1 bis R4 sind in Brücke geschaltet und deren Anschlüsse b bis e herausgeführt. Es ist auch dargestellt, dass die interne Diode D1, welche der Halbleiter durch die Dotierung bildet separat elektrisch herausgeführt werden kann beim Anschluss a.

Eine Gasdruckmesszellenanordnung mit einer Wärmeleitungsvakuummesszelle nach Pirani ist gemäss der vorliegenden Erfindung schematisch und Querschnitt in der Figur 5 dargestellt. Das Messkammergehäuse 3, umschliesst eine Messkammer 2 und weist einen Messanschluss 4 mit einer Öffnung 4' auf, die den zu messenden Gasdruck P in die Messkammer 2 führt. Innerhalb der Messkammer 2 ist

30

ein beheizbarer Messfaden 1, vorzugsweise bestehend aus einem Metall, wie Wolfram, angeordnet, welcher mit einer Messelektronik 11 verbunden ist. Die Messelektronik 11 ist in thermischem Kontakt auf einer Seite einer keramischen Trägerplatte 10 angeordnet. Auf der gegenüberliegenden Seite der Messelektronik 11 bildet die Trägerplatte 10 Teil des Messkammergehäuse 3. Die Trägerplatte 10 schliesst somit die Messkammer 2 vakuumdicht ab. Der Messfaden 1 ist in Serie mit einem Messwiderstand  $R_m$  geschaltet und wird von der Messelektronik direkt in Rückkoppelung, vorzugsweise innerhalb eines Regelkreises, gespiesen, wobei die Messelektronik 11 den Widerstand des Messfadens 1 unmittelbar und direkt ermittelt. Die Trägerplatte 10 besteht aus einem isolierenden Material wie Keramik, vorzugsweise aus einer Aluminiumoxid – Keramik. Diese Keramik weist eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf als z.B. Glas. Dies ist wichtig, um das Temperaturverhalten der Anordnung gut beherrschen zu können. Ein typisches Durchführungsglas weist beispielsweise eine Wärmeleitfähigkeit von nur ca.  $1 \text{ W/(mK)}$  auf, wo hingegen die erwähnte Aluminiumoxidkeramik ca.  $25 \text{ W/(mK)}$  aufweist. Die Temperaturmessung für die Ermittlung der Referenztemperatur kann nun direkt an der Trägerplatte 10 selbst erfolgen bzw. ist Teil der elektronischen Schaltung, die auf die Trägerplatte 10 aufgebracht ist. Es können dazu separate Temperatursensoren, wie Halbleitersensoren oder andere Arten, an der Trägerplatte innerhalb der elektronischen Schaltung vorgesehen werden oder gar geeignete Schaltungselemente der Messelektronik selbst dazu verwendet werden. Die Trägerplatte 10 kann mit Vorteil als separates Bauteil ausgebildet werden und mit einer Dichtung 15, 15' vakuumdicht am Messkammergehäuse 3 montiert werden. Diese Dichtung kann beispielsweise eine Elastomerdichtung sein und als O-Ring 15 oder als Flachdichtung 15' ausgebildet sein, oder sie kann auch als Metalledichtung ausgebildet sein. Sie kann aber in gewissen Fällen auch fest an das Messkammergehäuse 3 montiert sein, beispielsweise durch sintern, löten etc. Besonders vorteilhaft ist es aber, wenn die Trägerplatte 10 einfach vakuumdicht an das Messkammergehäuse 3 geklebt wird. Die vorliegende neue Konstruktion gemäss der Erfindung ermöglicht nun die Verwendung von harten ausgasungsarmen Klebern, da die beteiligten Teile nun ähnliche Temperaturkoeffizienten aufweisen, wodurch keine Spannungsmikrorisse mehr entstehen.

Die Trägerplatte 10 ist mit Vorteil scheibenförmig ausgebildet. Durch die erwähnte Anordnung wird nun die Durchführung und die Sensorhalterung (Messfaden) in einem einzigen Element zusammengefasst und gleichzeitig die Messelektronik mit integriert.

- 5 Der Messfaden 1 weist an beiden Enden tragstiftartige Filamentanschlüsse 5, 5' auf. An der Trägerplatte sind zwei Zuleitungsöffnungen 14, 14' vorgesehen, welche die Tragstifte 5, 5' aufnehmen und mit der elektronischen Schaltung 11, auf der anderen Seite der Trägerplatte 10, verbunden sind. Dazu sind die Zuleitungsöffnungen 14, 14' mit Vorteil durchkontaktiert, ähnlich wie dies bei Leiterplatten bekannt ist. Allerdings muss diese Art Durchkontaktierung auch höheren  
10 Temperaturen widerstehen und vakuumtauglich und somit dicht sein. Dies erfordert einen Sinterprozess bei der Herstellung. Die Anordnung kann sehr kompakt aufgebaut werden. Hierbei ist es günstig, wenn der Messfaden etwa parallel zur Oberfläche der Trägerplatte 10 angeordnet ist, wie dies im Beispiel der Figuren 5 und 6 gezeigt ist. Bei dieser Anordnung genügt es beispielsweise, wenn im Messkammergehäuse 3 eine einfache rinnenförmige Ausnehmung ausgebildet ist, die die Messkammer 2 bildet zur Aufnahme des Messfaden 1. Das Messkammergehäuse 3 besteht mit Vorteil aus einem Metall, wie insbesondere aus Inox. Der Bereich der Trägerplatte 10 mit der Messelektronik 11 kann mit einem Schutzgehäuse  
15 20 geschützt werden und es können zum elektrischen Anschluss der Messzelle, wie üblich Kabel 31 und / oder Stecker vorgesehen werden.

- Die Messelektronik ist unmittelbar auf der isolierenden Trägerplatte 10 aufgebracht. Die Leiterbahnen sind in direktem Kontakt mit der Oberfläche der Trägerplatte 10 woran auch die elektronischen Komponenten 13 integriert und / oder  
25 angeordnet sind. Die Anordnung der Leiterbahnen 12 mit den elektronischen Komponenten 13 erfolgt mit an sich bekannten Techniken wie diese beispielsweise für gedruckte Schaltungen (PCB – Printed Circuit Board), Dünnschichtschaltungen oder Dickfilmschaltungen eingesetzt werden. Hierbei ist die Dickfilmschaltungs – Technik besonders geeignet. Diese ist auch gut kompatibel mit dem bevorzugten Keramik als Trägerplatte 10. Es ist auch von Vorteil, wenn die Oberflächenrauheit der  
30 Trägerplatte kleiner  $0.6\ \mu\text{m}$  ist. Bei der Dickfilm – Technik werden beispielsweise

die Leiterbahnen 12 und allfällige Isolationsschichten mit Siebdruck aufgebracht und anschliessend eingebrannt bzw. gesintert. Anschliessend werden die elektronischen Bauteile montiert, beispielsweise mit löten oder bonden. Die Schaltung kann auch in bekannter Art als Hybridschaltung ausgebildet sein. Bei derartigen Schaltungen werden beispielsweise Widerstände als Teil der Leiterbahn 12 ausgebildet und weitere Bauelemente 13, wie aktive Bauelement, an den Leiterbahnen 12 montiert. Die an den Leiterbahnen 12 montierten Bauelemente 13 sind vorzugsweise und mindestens zum Teil in SMD – Technik (Surface Mounted Device) ausgeführt.

Die Trägerplatte 10 kann eine Dicke aufweisen im Bereich von 0.5 bis 5.0 mm, vorzugsweise im Bereich von 0.6 bis 2.0 mm. Dies ist insbesondere vorteilhaft bei Aluminiumoxid – Keramik als Trägermaterial. Der Durchmesser der Trägerplatte 10 liegt hierbei innerhalb von 10.0 mm bis 50.0 mm, vorzugsweise innerhalb von 15 mm bis 35 mm. Der Messfaden 1 ist als Metallwendel ausgebildet, vorzugsweise aus Wolfram oder Nickel und weist eine Fadenlänge, von Stift 5 zu Stift 5', innerhalb des Bereiches von 10.0 mm bis 40.0 mm, vorzugsweise innerhalb des Bereiches von 12.0 mm bis 25 mm auf.

Die gesamte Messzelle kann somit sehr klein gebaut werden und hat einen Durchmesser im Bereich von nur 14 mm bis 54 mm, vorzugsweise 19 mm bis 39 mm, wobei die Höhe, ohne Kabelabgang, im Bereich liegt von 15 mm bis 40 mm. Der Anschlussflansch kann beispielsweise als Gewinde ausgeführt werden, wie beispielsweise mit 1/8" Gewinde.

Die Messelektronik enthält einen Prozessor ( $\mu C$ ) zur digitalen Verarbeitung der gemessenen Signale und Steuerung des Messfadens 1 wie dies im Schaltschema der Figur 8 dargestellt ist. Über einen Digital Analog Konverter (DAC1) wird der Messfaden 1 der Pirani – Messzelle Pi gesteuert gespeist, wobei für die Leistungsanpassung beispielsweise ein Treiber vorgesehen wird, wie beispielsweise ein Transistor T1 oder eine integrierte Schaltung.

Der Messwiderstand  $R_m$  ist mit dem Messfaden 1 in Serie geschaltet und ist zwischen dem Treiber T1 und dem Messfaden 1 angeordnet. Das am Messwider-

stand  $R_m$  und am Messfaden 1 anliegende Signal wird abgegriffen und über je einem Analog Digital Konverter (ADC1, 2) dem Prozessor ( $\mu C$ ) zugeführt zur weiteren Verarbeitung. Hierdurch wird der Rückkoppelungskreis gebildet über den die Heizleistung entsprechend den programmierten Vorgaben gesteuert und / oder geregelt wird. Nach den programmierten vorgegebenen Algorithmen wird mit dem Prozessor der zu messende Gasdruck bestimmt und der I/O Schnittstelle zur weiteren Auswertung oder Verarbeitung an die Peripherie weiter gegeben. Zusätzlich wird mit einem Temperatursensor  $T_r$ , der in der Schaltungsanordnung auf der Trägerplatte 10 angeordnet ist, dort die Referenztemperatur ermittelt und dessen Signal ebenfalls über einen Analog Digital Konverter (ADC3) dem Prozessor zugeführt, so dass der programmierte Prozessor die geeigneten Korrekturmassnahmen bestimmen und einbeziehen kann. Die Anordnung mit der direkten Messung und Regelung über einen Prozessor ermöglicht auch, dass die Temperatur des Messfadens 1 als Funktion der gemessenen Zustände nun frei wählbar und einstellbar ist.

Das vorstehende Konzept kann ohne weiteres mit weiteren zusätzlichen elektronischen Komponenten bestückt werden, sofern dies erforderlich und gewünscht ist. Beispielsweise ist es besonders vorteilhaft, wenn die Schaltungsanordnung auf der Trägerplatte um eine weitere Elektronikkomponente ergänzt wird, nämlich um einen piezo-resistiven Drucksensor 20 auf Halbleiterbasis, wie dies in der Figur 7 schematisch und im Querschnitt dargestellt ist. Diese Art Drucksensor weist eine sehr kleine Baugrösse auf, beispielsweise von etwa 1.0 bis 2.0 mm<sup>2</sup>, wodurch dieser einfach im vorliegenden Konzept der Schaltungsanordnung auf der Trägerplatte 10 eingebunden werden kann, ähnlich wie ein SMD – Bauteil. Dadurch wird auch die geometrische Abmessung der Messzellenanordnung kaum beeinflusst. Der piezo-resistive Drucksensor 20 wird mit Vorteil durch vakuumdichtes Kleben an der Trägerplatte 10 auf der Leiterbahnseite angeordnet und dessen Elektrischen Anschlüsse 28 (a - d) dort elektrisch mit den zugeordneten Leiterbahnen verbunden. Der Klebstoff ist mit Vorteil ein Silikonklebstoff.

Der piezo-resistive Halbleiter - Drucksensor 20 weist vorzugsweise eine Siliziummembrane 24 auf. In der Trägerplatte 10 ist eine Öffnung als Verbindungsleitung

26 vorgesehen, die die Messkammer 2 mit dem piezoresistiven Drucksensor 20 kommunizierend verbindet. Der piezo-resistive- Drucksensor 20 ist folglich derart an der Trägerplatte ausgerichtet, dass dessen Zugangsöffnung 22 als Messöffnung direkt mit der Verbindungsleitung 26, die in der Trägerplatte 10 liegt, kommunizierend verbunden ist und dadurch die Verbindung zur Messkammer 2 hergestellt ist in welcher auch der Messfaden 1 angeordnet ist. Der Signalausgang des piezoresistiven Drucksensors 20 ist über einen weiteren ADC (ADC4) mit dem Prozessor verbunden zu dessen direkten Signalauswertung, wie dies in den Schaltschemas in den Figuren 9 bis 11 gezeigt ist. Die Anschlüsse c und e am piezo-resistiven Drucksensor greifen das Drucksignal  $U_d$  des piezo-resistiven Brücke ab und dieses wird über einen ADC (ADC4) zum Prozessor geführt und über die Anschlüsse b und d wird diese elektrisch gespiesen über  $V^+$  und Gnd. Mit  $V^+$  ist jeweils, in bekannter Weise, die Speisespannung angegeben und mit Gnd der "Ground" bzw. der Masseanschluss. In der Figur 9 ist, wie in Figur 8 dargestellt, ebenfalls ein Temperatursensor gezeigt, der Teil der Schaltungsanordnung auf der Trägerplatte 10 sein kann, um die Referenztemperatur zu erfassen und dem Prozessor als Signal über einen ADC (ADC3) zuzuführen.

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit die Referenztemperatur zu erfassen besteht darin den Temperaturkoeffizient des piezo-resistiven Drucksensors 20 direkt zu messen und beispielsweise über einen Widerstand R5 zu erfassen, der zwischen Anschluss d der Brücke und Gnd geschaltet ist, wie dies in der Figur 10 beispielsweise dargestellt ist. Das am Widerstand R5 abgegriffene Temperatursignal wird dann wiederum über einen ADC (ADC4) zum Prozessor geführt und dort verarbeitet. Auf einen separaten Temperatursensor  $T_r$  kann in diesem Fall verzichtet werden.

Eine weitere noch vorteilhaftere Möglichkeit der Referenztemperaturmessung besteht darin, den Temperaturkoeffizienten der internen Diode D1 des Halbleiterüberganges des piezo-resistiven Drucksensors 20 zu verwenden. Der Anschluss der Diode D1 ist am Punkt a herausgeführt und über einen Widerstand R6 mit Gnd verbunden wie dies beispielsweise in der Figur 11 dargestellt ist. Das am Wider-



stand R6 abgegriffene Temperatursignal wird dann wiederum über einen ADC (ADC4) zum Prozessor geführt und dort verarbeitet. Auf einen separaten Temperatursensor Tr kann in diesem Fall ebenfalls verzichtet werden. Diese Art der Temperaturmessung ist besonders einfach und genau. Ausserdem liegt der Messort direkt im Halbleitermaterial des piezo-resistiven Drucksensors 20.

Mit der vorgestellten kombinierten Gasdruckmesszellenanordnung, gemäss vorliegender Erfindung, werden nun die zwei Messprinzipien, ein Pirani – Wärmeleitungsmanometer und ein piezo-resistiver Drucksensor, optimal miteinander kombiniert. Die Messbereiche der beiden Messprinzipien überlappen sich und es kann mit der vorgestellten elektronischen Signalauswertung ein grosser zu messender Druckbereich für Gasdrucke lückenlos und bei hoher Messpräzision überstrichen werden. Die Pirani – Anordnung Pi kann vorzugsweise einen Bereich von  $10^{-3}$  mbar bis einige 100 mbar abdecken und der piezo-resistive Drucksensor 20 einen Bereich von 1 mbar bis 2.0 bar. Somit liegt der gesamte bevorzugt überstreichbare Messbereich bei Gasdrücken im Bereich von  $10^{-3}$  mbar bis 2.0 bar bei hinreichend hoher Genauigkeit. In gewissen Fällen ist es auch möglich piezo-resistive Drucksensoren zu verwenden die den Bereich weiter erweiterten bis etwa drei bar. In einem solchen Fall kann mit einer einzelnen Gasdruckmesszellenanordnung ein Bereich von Vakuum bis zu einem Überdruck von einigen Bar abgedeckt werden. Ein weiterer Vorteil der vorgestellten Gasdruckmesszellenanordnung liegt in der Kalibrierung. Beide Sensorarten müssen kalibriert werden und das geht bei der vorliegenden Anordnung einfacher, da das Temperaturverhalten bei vorliegenden Anordnung hohe Gleichlaufeigenschaften der beteiligten Teile aufweist und die Anordnung kompakt ist. Aus diesem Grunde ist nun auch möglich eine permanente Feldkalibrierung zu realisieren, beispielsweise durch das Erfassen von Druck –Temperatur Wertesätzen, die dann automatisch verglichen werden können.

## Patentansprüche

1. Gasdruckmesszellenanordnung mit einer Wärmeleitungsvakuummesszelle nach Pirani (Pi), enthaltend ein Messkammergehäuse (3), welches eine Messkammer (2) umschliesst und mit einem Messanschluss (4) der den zu messenden Gasdruck P in die Messkammer (2) leitet, wobei in der Messkammer (2) ein beheizbarer Messfaden (1) angeordnet ist welcher mit einer Messelektronik (11) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messelektronik (11) in thermischem Kontakt auf einer Seite einer isolierenden Trägerplatte (10) angeordnet ist und die Trägerplatte (10) auf der gegenüberliegenden Seite Teil des Messkammergehäuse (3) bildet, wobei der Messfaden (1) in Serie mit einem Messwiderstand (Rm) von der Messelektronik direkt in Rückkoppelung gespiesen wird und wobei die Messelektronik (11) den Widerstand des Messfadens (1) direkt ermittelt.
2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messelektronik einen Prozessor enthält und dass der Prozessor ( $\mu$ C) über einen Digital Analog Konverter (DAC1) den Messfaden (1) speist und dass der Messwiderstand (Rm) und der Messfaden (1) jeder über einen Analog Digital Konverter (ADC1, 2) kommunizierend mit dem Prozessor ( $\mu$ C) verbunden ist, wodurch ein Rückkoppelungskreis gebildet ist und der zu messende Gasdruck bestimmt wird.
3. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Messfadens (1) als Funktion der gemessenen Zustände frei einstellbar ist.
4. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerplatte (10) ein Keramik ist, vorzugsweise ein Aluminiumoxid – Keramik.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messelektronik unmittelbar auf der Trägerplatte (10) aufgebracht ist in Form einer Dünnschichtschaltung, einer gedruckten Schaltung, vorzugsweise als Dickfilmschaltung.

5

6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltung als Hybridschaltung ausgebildet ist weitere Bauelemente aufnehmen kann, wie SMD.

10

7. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Messelektronik auf der Trägerplatte (10) und in thermischen Kontakt mit dieser ein Temperatursensor (Tr) zur Erfassung einer Referenztemperatur vorgesehen ist welcher über einen ADC (ADC3) mit dem Prozessor verbunden ist.

15

8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf der Trägerplatte (10), im Bereich der Messelektronik, ein piezo-resistiver Halbleiter - Drucksensor (20), vorzugsweise eine Siliziummembrane (24) enthaltend, dichtend angebracht ist und dass in der Trägerplatte (10) eine Öffnung als Verbindungsleitung (26) vorgesehen ist, die die Messkammer (2) mit dem piezoresistiven Drucksensor (20) kommunizierend verbindet, wobei der Signalausgang des piezoresistiven Drucksensors (20) über einen weiteren ADC (ADC4) mit dem Prozessor verbunden ist zu dessen direkten Signalauswertung.

20

25

9. Anordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Widerstandswerte des piezoresistiven Halbleiter-Drucksensor (20) vom Prozessor zusätzlich als Temperatursensor ausgewertet sind zur Messung der Temperatur der Trägerplatte (10).

30

10. Anordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die integrierte Diode (D1) des piezoresistiven Halbleiter-Drucksensor (20) vom Prozessor

als Temperatursensor ausgewertet sind zur Messung der Temperatur der Trägerplatte (10).

- 5 11. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerplatte (10), eine Dicke aufweist im Bereich von 0.5 bis 5.0 mm, vorzugsweise im Bereich von 0.6 bis 2.0 mm.
- 10 12. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägerplatte (10), einen Durchmesser aufweist im Bereich von 10.0 mm bis 50.0 mm, vorzugsweise im Bereich von 15 mm bis 35 mm.
- 15 13. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messfaden (1) als Metallwendel, vorzugsweise aus Wolfram oder Nickel, ausgebildet ist und eine Fadenlänge aufweist im Bereich von 10.0 mm bis 40.0 mm, vorzugsweise im Bereich von 12.0 mm bis 25 mm.

20

25

30

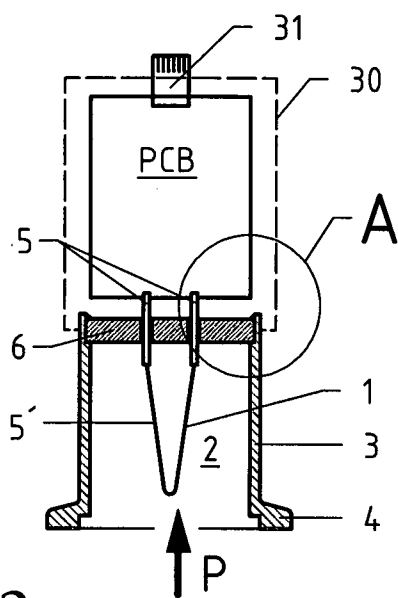


Fig. 1a

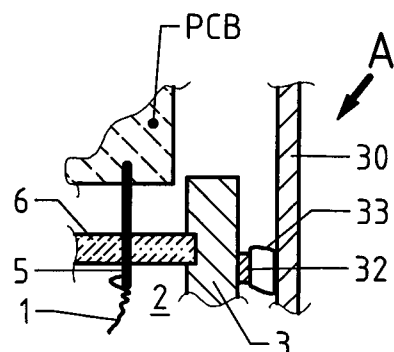


Fig. 1b

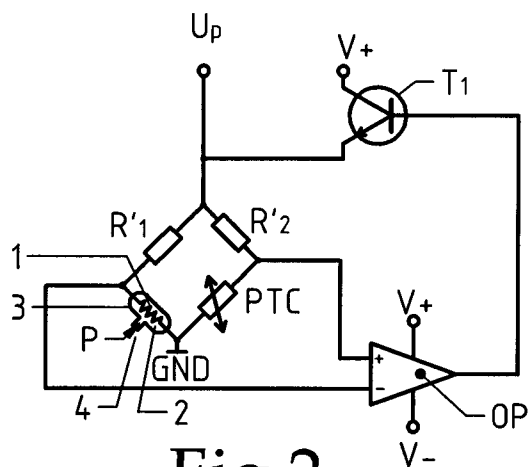


Fig. 2

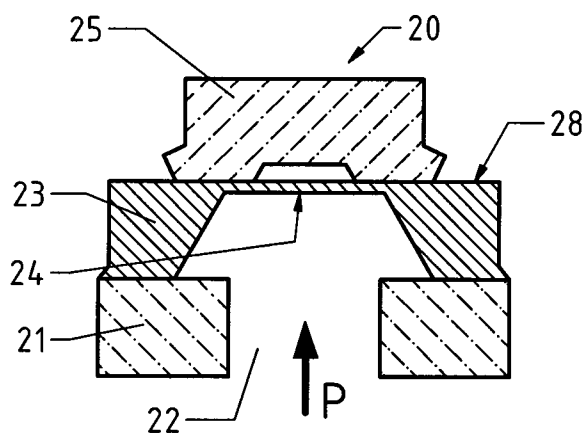


Fig. 3

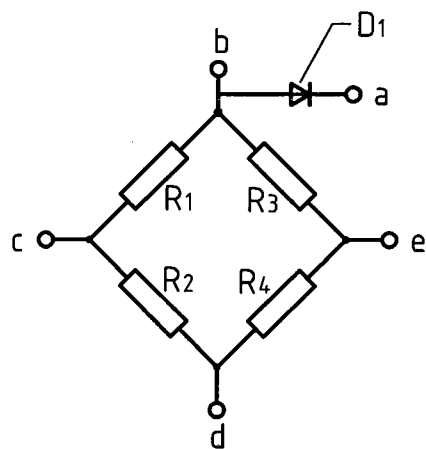


Fig. 4

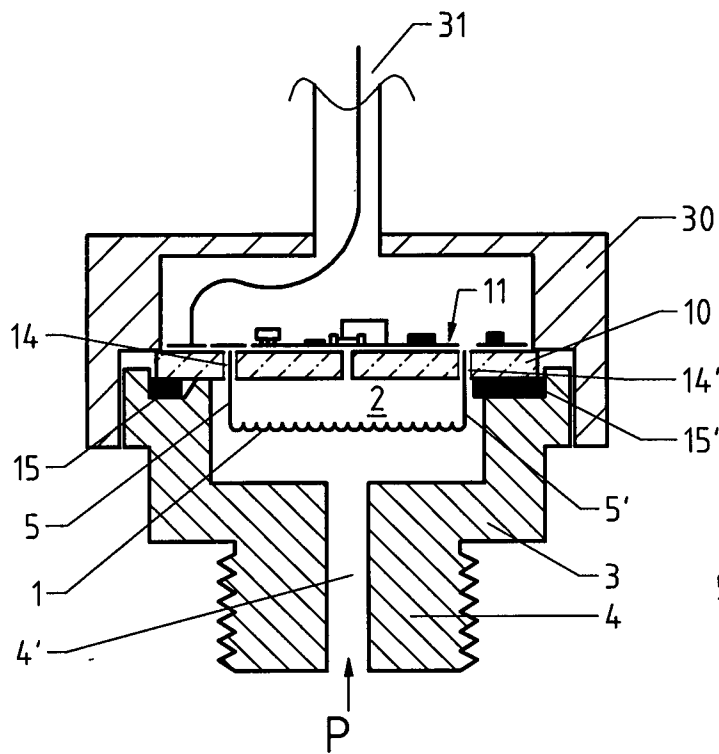


Fig. 5

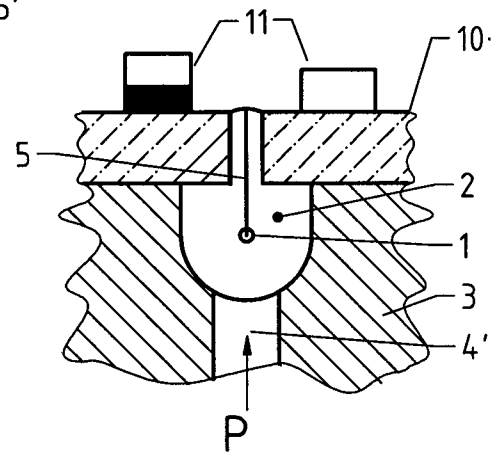


Fig. 6

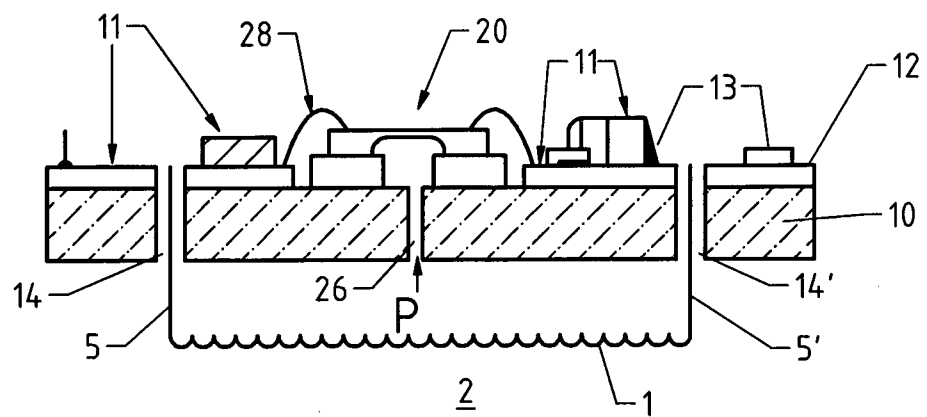


Fig. 7

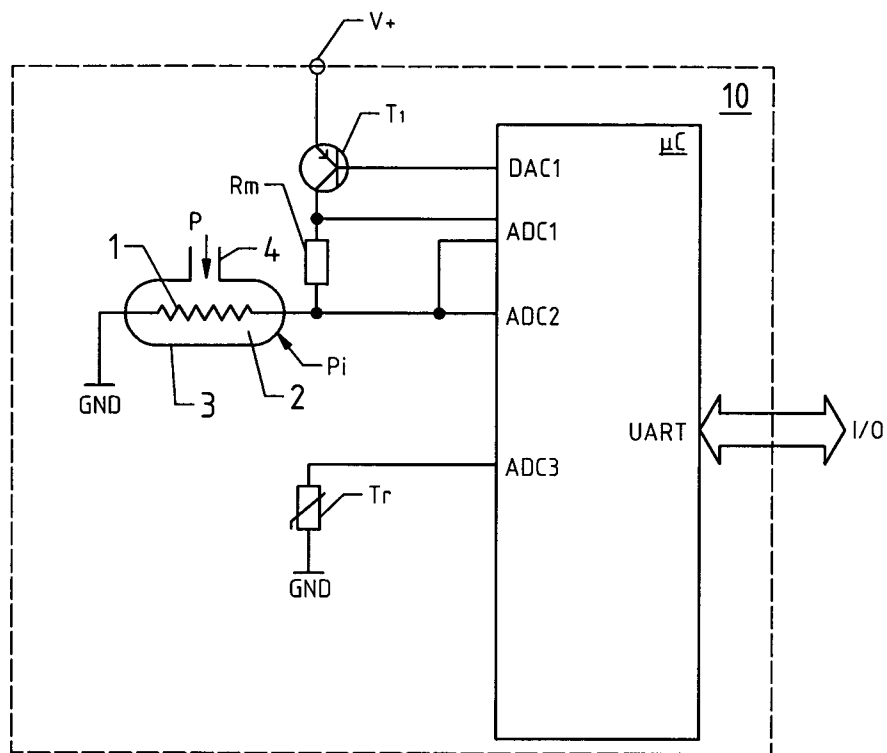
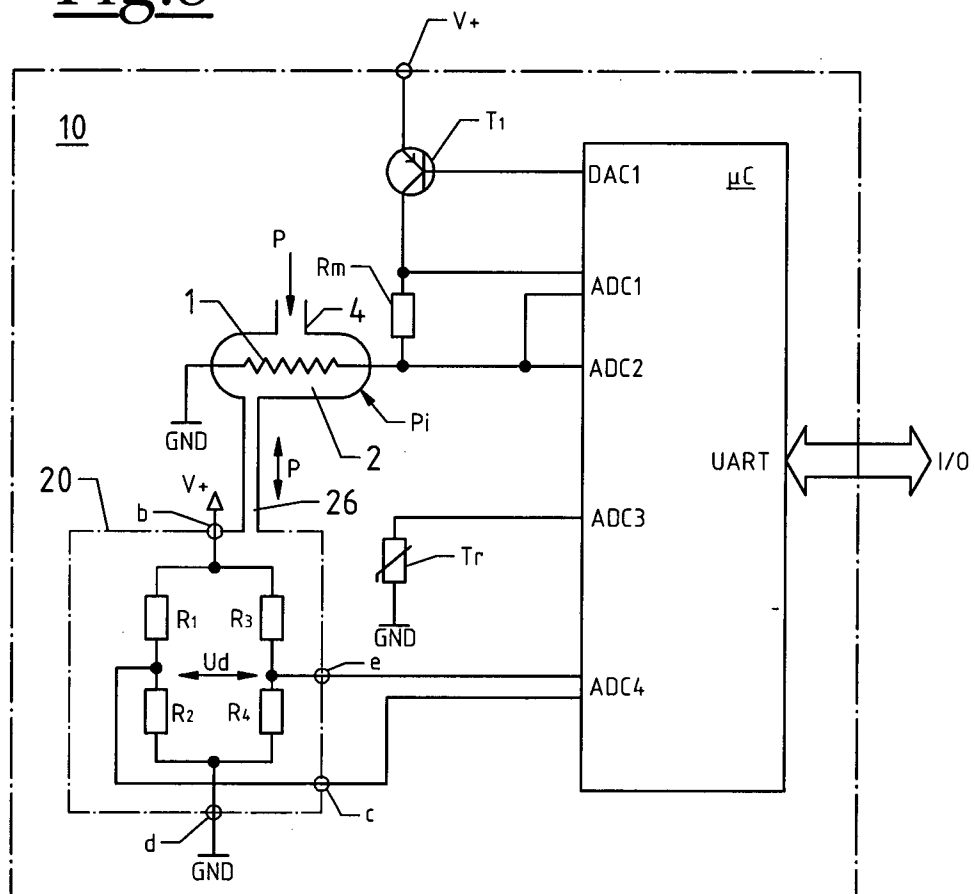


Fig.8



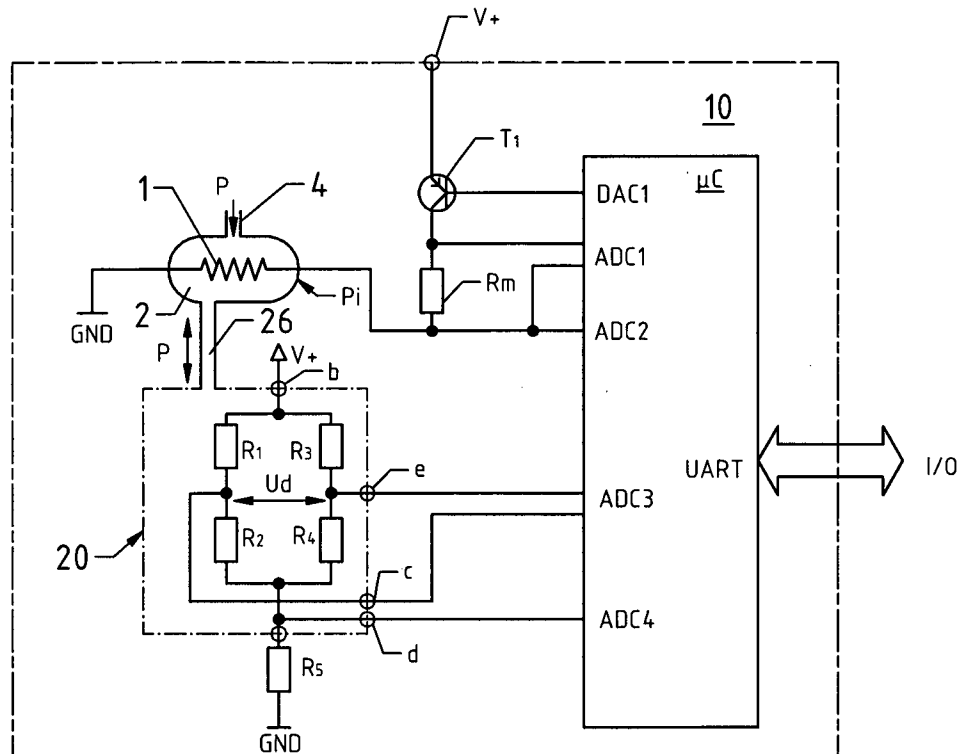


Fig.10

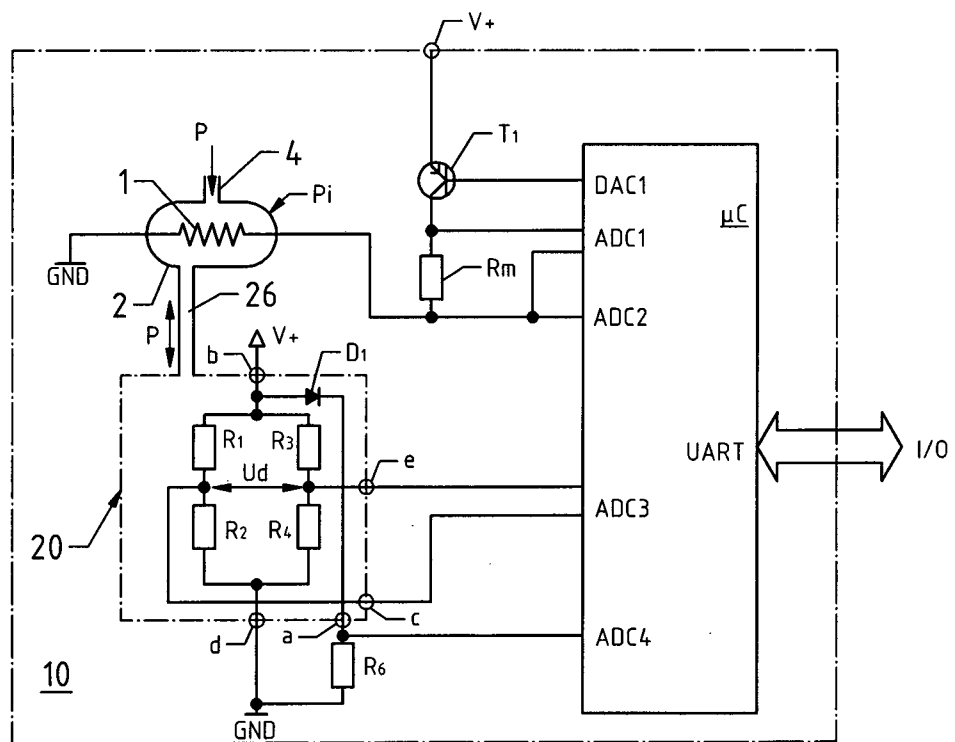


Fig.11



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/CH2012/000038

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01L21/12  
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, COMPENDEX, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                        | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | US 5 475 623 A (STOCKER RUDOLF [CH])<br>12 December 1995 (1995-12-12)<br>figure 5                         | 1-13                  |
| X         | -----<br>JP 2010 151622 A (CANON ANELVA CORP)<br>8 July 2010 (2010-07-08)<br>figure 2                     | 1                     |
| A         | -----<br>US 4 995 264 A (STOCKER RUDOLF [CH] ET AL)<br>26 February 1991 (1991-02-26)<br>figure 2<br>----- | 1-13                  |



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

4 July 2012

Date of mailing of the international search report

18/07/2012

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

Vytlacilová, Lenka

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/CH2012/000038

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date       |
|-------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| US 5475623                                | A                   | 12-12-1995                 | CH 684805 A5 30-12-1994   |
|                                           |                     |                            | DE 4324119 A1 27-01-1994  |
|                                           |                     |                            | FR 2693814 A1 21-01-1994  |
|                                           |                     |                            | IT 1265164 B1 31-10-1996  |
|                                           |                     |                            | JP 3213125 B2 02-10-2001  |
|                                           |                     |                            | JP 6160226 A 07-06-1994   |
|                                           |                     |                            | US 5475623 A 12-12-1995   |
| -----                                     |                     |                            |                           |
| JP 2010151622                             | A                   | 08-07-2010                 | NONE                      |
| -----                                     |                     |                            |                           |
| US 4995264                                | A                   | 26-02-1991                 | DE 58905634 D1 21-10-1993 |
|                                           |                     |                            | EP 0379841 A2 01-08-1990  |
|                                           |                     |                            | JP 2266243 A 31-10-1990   |
|                                           |                     |                            | JP 2731009 B2 25-03-1998  |
|                                           |                     |                            | US 4995264 A 26-02-1991   |
| -----                                     |                     |                            |                           |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. G01L21/12  
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, COMPENDEX, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| X          | US 5 475 623 A (STOCKER RUDOLF [CH])<br>12. Dezember 1995 (1995-12-12)<br>Abbildung 5              | 1-13               |
| X          | JP 2010 151622 A (CANON ANELVA CORP)<br>8. Juli 2010 (2010-07-08)<br>Abbildung 2                   | 1                  |
| A          | US 4 995 264 A (STOCKER RUDOLF [CH] ET AL)<br>26. Februar 1991 (1991-02-26)<br>Abbildung 2         | 1-13               |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/07/2012

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

Vytlacilová, Lenka

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2012/000038

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |   | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |             | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------|
| US 5475623                                         | A | 12-12-1995                    | CH                                | 684805 A5   | 30-12-1994                    |
|                                                    |   |                               | DE                                | 4324119 A1  | 27-01-1994                    |
|                                                    |   |                               | FR                                | 2693814 A1  | 21-01-1994                    |
|                                                    |   |                               | IT                                | 1265164 B1  | 31-10-1996                    |
|                                                    |   |                               | JP                                | 3213125 B2  | 02-10-2001                    |
|                                                    |   |                               | JP                                | 6160226 A   | 07-06-1994                    |
|                                                    |   |                               | US                                | 5475623 A   | 12-12-1995                    |
| -----                                              |   |                               |                                   |             |                               |
| JP 2010151622                                      | A | 08-07-2010                    | KEINE                             |             |                               |
| -----                                              |   |                               |                                   |             |                               |
| US 4995264                                         | A | 26-02-1991                    | DE                                | 58905634 D1 | 21-10-1993                    |
|                                                    |   |                               | EP                                | 0379841 A2  | 01-08-1990                    |
|                                                    |   |                               | JP                                | 2266243 A   | 31-10-1990                    |
|                                                    |   |                               | JP                                | 2731009 B2  | 25-03-1998                    |
|                                                    |   |                               | US                                | 4995264 A   | 26-02-1991                    |
| -----                                              |   |                               |                                   |             |                               |