

(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
21. Januar 2016 (21.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/008683 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 9/00 (2006.01) **B23K 1/00** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/064054
- (22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juni 2015 (23.06.2015)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2014 109 842.0 14. Juli 2014 (14.07.2014) DE
- (71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER GMBH+CO. KG**
[DE/DE]; Hauptstr. 1, 79689 Maulburg (DE).
- (72) Erfinder: **ROSSBERG, Andreas**; Albert-Gersbach-Allee
5, 79713 Bad Säckingen (DE). **SCHMIDT, Elke**; Albert-
Gersbach-Allee 5, 79713 Bad Säckingen (DE).
- (74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; Endress+Hauser
(Deutschland) AG+Co. KG, Colmarer Str. 6, 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.

(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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CERAMIC PRESSURE SENSOR WITH AN ACTIVE HARD SOLDERING AND METHOD FOR ACTIVE HARD
SOLDERING TWO COMPONENTS

(54) Bezeichnung : KERAMISCHER DRUCKSENSOR MIT EINER AKTIVHARTLÖTUNG UND VERFAHREN ZUR
AKTIVHARTLÖTUNG ZWEIER BAUTEILE

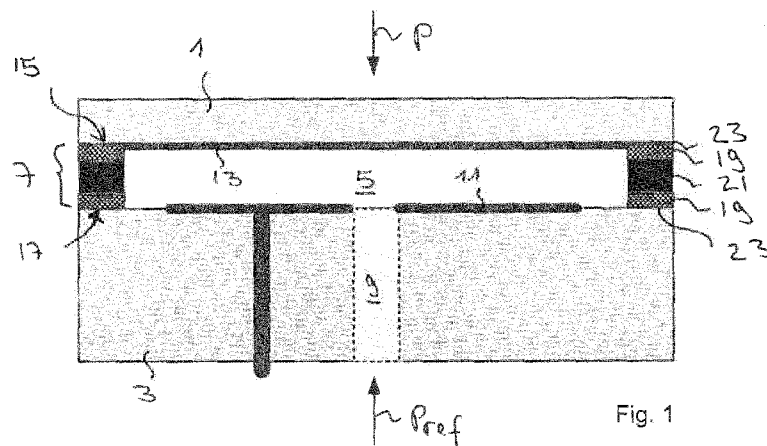


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a ceramic pressure sensor with a measuring membrane (1) to which a pressure (p, Δp) can be applied and which is elastically deformable on the basis of pressure, a ceramic main part (3), and an active hard soldering (7) which connects an outer edge of a first side of the measuring membrane (1) to an outer edge of a main part (3) end face facing the measuring membrane (1) while forming a pressure chamber (5) and which can be produced in an energy-efficient manner. The invention also relates to an active hard soldering method which can be carried out in an energy-efficient manner. The pressure sensor or the method is characterized in that the active hard soldering (7) is produced by means of an arrangement in which a reactive multilayer system (19, 19') is arranged on each of the joint surfaces (15, 17) to be joined, and a solder layer (21) made of an active hard solder is arranged between the two reactive multilayer systems (19, 19'). The active hard soldering is produced by an exothermic reaction of the two multilayer systems (19, 19') when the arrangement is pre-heated, and active hard solder adjoining the reacting multilayer systems (19, 19') is melted by the exothermic reaction and passes through each of the multilayer systems (19, 19') to the respective adjoining joint surface (15, 17).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/008683 A1

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Es ist ein keramischer Drucksensor mit einer mit einem Druck (p , Δp) beaufschlagbaren, druckabhängig elastisch verformbaren Messmembran (1), einem keramischen Grundkörper (3), und einer einen äußeren Rand einer ersten Seite der Messmembran (1) unter Einschluss einer Druckkammer (5) mit einem äußeren Rand einer der Messmembran (1) zugewandte Stirnseite des Grundkörpers (3) verbindenden, energieeffizient herstellbaren Aktivhartlötung (7), sowie ein energieeffizient ausführbares Aktivhartlötverfahren beschrieben, der bzw. das sich dadurch auszeichnet, dass die Aktivhartlötung (7) mittels einer Anordnung erzeugt wird, in der auf den zu fügenden Fügeflächen (15, 17) jeweils ein reaktives Mehrschichtsystem (19, 19') angeordnet ist, und zwischen den beiden reaktiven Mehrschichtsystemen (19, 19') eine Lotschicht (21) aus einem Aktivhartlot angeordnet ist, und die Aktivhartlötung bei vorgeheizter Anordnung durch eine exotherme Reaktion der beiden Mehrschichtsysteme (19, 19') bewirkt wird, durch die an die reagierenden Mehrschichtsysteme (19, 19') angrenzendes Aktivhartlot aufgeschmolzen wird, und durch das jeweilige Mehrschichtsystem (19, 19') zur jeweils daran angrenzenden Fügefläche (15, 17) hindurch tritt.

Keramischer Drucksensor mit einer Aktivhartlötung und Verfahren zur Aktivhartlötung zweier Bauteile

Die Erfindung betrifft einen keramischen Drucksensor mit einer mit einem Druck
5 beaufschlagbaren, druckabhängig elastisch verformbaren Messmembran, einem
keramischen Grundkörper, und einer einen äußeren Rand einer ersten Seite der
Messmembran unter Einschluss einer Druckkammer mit einem äußeren Rand einer der
Messmembran zugewandten Stirnseite des Grundkörpers verbindenden Aktivhartlötung,
sowie ein Verfahren zur Aktivhartlötung zweier Bauteile.

10

Keramische Drucksensoren umfassen Absolutdrucksensoren, die einen auf die
Messmembran einwirkenden Druck gegenüber Vakuum messen, Relativdrucksensoren,
die den auf die Messmembran einwirkenden Druck bezogen auf einen der Druckkammer
zugeführten Referenzdruck, z.B. einen Atmosphärendruck, messen, sowie
15 Differenzdrucksensoren, die eine Druckdifferenz zwischen einem auf eine erste Seite der
Messmembran einwirkenden ersten Druck und einem auf eine zweite Seite der
Messmembran einwirkenden zweiten Druck erfassen.

20

Keramische Drucksensoren der eingangs genannte Art finden heute weit gefächerte
Anwendung in nahezu allen Bereichen der industriellen Messtechnik.

25

In der EP 490 807 A1 ist ein keramischer Drucksensor beschrieben, mit
- einer mit einem Druck beaufschlagbaren, druckabhängig elastisch verformbaren
Messmembran,
- einem keramischen Grundkörper, und
- einer einen äußeren Rand einer ersten Seite der Messmembran unter Einschluss einer
Druckkammer mit einem äußeren Rand einer der Messmembran zugewandten Stirnseite
des Grundkörpers verbindenden Aktivhartlötung.

30

Messmembran und Grundkörper dieser Drucksensoren bestehen z.B. aus Aluminiumoxid
und sind mittels einer mit einem eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisenden ternären
Aktivhartlot ausgeführten Aktivhartlötung druckdicht gefügt. Beim Aktivhartlöten reagiert die
aktive Komponente des Aktivhartlots, hier Titan, mit der Keramik. Dabei wird durch
Reduktion der Keramik eine mechanisch hochfeste chemische Verbindung zwischen der
35 Keramik und dem Aktivhartlot bewirkt. In der EP 490 807 A1 ist die Aktivhartlötung mittels
eines ringförmigen Lotformteils beschrieben, dessen Höhe der Höhe der unter der
Messmembran eingeschlossenen Druckkammer entspricht.

40

Die Lötung erfolgt, in dem eine durch den Grundkörper, das Lotformteil und die
Messmembran gebildete Anordnung insgesamt auf eine oberhalb der Schmelztemperatur

des Lots liegende Löttemperatur aufgeheizt, und dort über einen längeren Zeitraum, insb. einen Zeitraum von 5 min bis 15 min, gehalten wird. In Verbindung mit den oben genannten eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisenden ternären Aktivhartloten sind hierzu regelmäßig Temperaturen oberhalb von 800°C, insb. Temperaturen im Bereich von 890°C bis 920°C, erforderlich. Das Löten ist somit ein zeit- und energieintensiver Prozess.

Da Grundkörper, Lotformteil und Messmembran insgesamt auf diese vergleichsweise hohe, über der Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende Temperatur gebracht werden müssen, dauert es entsprechend lange, bis sich die Fügung im Anschluss an den Lötvorgang abkühlt. Lange Abkühl dauern begünstigen die Ausbildung grobkörnigerer Strukturen durch Phasenauscheidungen innerhalb der Fügung. Dies kann zu Inhomogenitäten innerhalb der Fügung führen, die die Festigkeit der Fügung beeinträchtigen.

Bei kapazitiven keramischen Drucksensoren, die mindestens einen, durch eine auf die Messmembran aufgebrachte Elektrode und eine auf die der Messmembran zugewandte Stirnseite des Grundkörpers aufgebrachte Gegenelektrode gebildeten Kondensator mit einer von der druckabhängigen Durchbiegung der Messmembran abhängigen Kapazität aufweisen, hängt der Abstand zwischen Elektrode und Gegenelektrode regelmäßig von der Dicke der Messmembran und Grundkörper verbindenden Aktivhartlötung ab. Die in der EP 490 807 A1 beschriebenen Lotformteile weisen aufgrund des zu deren Herstellung verwendeten Melt-Spinning-Verfahrens eine Mindestdicke in der Größenordnung von 30 µm auf.

Eine geringere Mindestdicke der Messmembran und Grundkörper verbindenden Aktivhartlötung, und damit einhergehend ein zur Erzielung einer höheren Messgenauigkeit vorteilhafterer geringerer Elektrodenabstand kann gemäß einem in der DE 10 2010 043 119 A1 beschriebenen Verfahren erzielt werden. Dabei wird das für die Aktivhartlötung benötigte Aktivhartlot mittels Gasphasenabscheidung auf die Fügeflächen aufgebracht. Hierdurch können Fügestellen geringerer Bauhöhe, z.B. mit einer Dicke von 10 µm, hergestellt werden.

Um die Reaktion des Aktivhartlots mit den keramischen Fügeflächen zu erleichtern, ist in der DE 10 2010 043 119 A1 beschrieben, vor der Lötung eine Beschichtung aus einer aktiven Komponente des Aktivhartlots, z.B. eine Beschichtung mit einer Dicke in der Größenordnung von 100 nm, auf die keramischen Fügeflächen aufzubringen, auf die dann eine dickere Schicht des Aktivhartlots, z.B. eine Schicht mit einer Dicke von 5 µm – 10 µm, abgeschieden wird.

Auch bei diesen Aktivhartlötungen müssen die zu fügenden Bauteile über einen längeren Zeitraum auf einer Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots gehalten werden, so dass der Lötvorgang auch hier ein energieintensiver Prozess ist, und sich innerhalb der Fügung aufgrund der entsprechend langen Abkühldauer Inhomogenitäten ausbilden können, die die Festigkeit der Aktivhartlötung beeinträchtigen.

In der US 7,361,412 B2 sind sowohl Hartlötverfahren als auch Weichlötverfahren beschrieben, bei denen für die Lötung erforderliche Wärmeenergie durch reaktive, als Folie bereitgestellte Mehrschichtsysteme erzeugt wird. Reaktive Mehrschichtsysteme bestehen aus alternierend aufeinander abgeschiedenen dünnen Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner, wie z.B. Nickel und Aluminium. Ausgelöst durch eine lokale Aktivierung des Mehrschichtsystems bilden die Reaktionspartner intermetallische Phasen aus. Bei ausreichend hoher Reaktionsenthalpie der Phasenbildung führt die hierdurch lokal frei gesetzte Reaktionswärme dazu, dass sich die exotherme Reaktion selbsttätig entlang des Mehrschichtsystems fortsetzt. Dieser Prozess läuft umso schneller ab, je dünner die einzelnen Lagen sind. Je nach Dicke der Lagen werden Ausbreitungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung von 30 m/s erreicht. Die dabei frei gesetzte Wärmeenergie ist umso größer, je dicker das Mehrschichtsystem ist. Dabei werden kurzzeitig Temperaturen von über 1000 °C erreicht. Da die Wärmeenergie nur sehr kurzzeitig und sehr lokal zugeführt wird, kühlt die Fügestelle im Anschluss an den Lötprozess sehr schnell wieder ab. Aufgrund der schnelleren Abkühlung bilden sich feinkörnigere, homogenere und somit eine höhere Festigkeit aufweisende Fügungen aus.

Die in der US 7,361,412 B2 beschriebenen Lötverfahren folgen alle dem gleichen Grundprinzip, bei dem ein Mehrschichtsystem zwischen zwei zu verlötenden Bauteilen angeordnete wird, und auf beiden Seiten des Mehrschichtsystems jeweils mindestens eine Lotschicht zwischen dem Mehrschichtsystem und dem jeweiligen Bauteil angeordnet wird. Es wird also eine Anordnung mit der Stapelreihenfolge: Bauteil, Lot, Mehrschichtsystem, Lot, Bauteil gebildet. Die Fügung der beiden Bauteile erfolgt, in dem diese Anordnung bei Raumtemperatur mit Druck beaufschlagt wird, und die Reaktion des Mehrschichtsystems ausgelöst wird.

In der US 7,361,412 B2 sind Verfahren zur Verbindung eines keramischen Bauteils, z.B. aus SiC oder Al₂O₃, mit einem metallischen Bauteil, z.B. aus Titan oder Aluminium, beschrieben, bei denen die Fügeflächen der zu fügenden Bauteile vorab mit Hartlot, z.B. Incusil, beschichtet werden. Eines dieser Verfahren sieht vor, das Mehrschichtsystem unmittelbar zwischen den beiden vorbeschichteten Bauteilen anzuordnen. Ein weiteres Verfahren sieht vor zwischen den beiden vorbeschichteten Bauteilen ein beidseitig mit Incusil beschichtetes Mehrschichtsystem anzuordnen. Ein drittes Verfahren sieht vor zwischen den beiden vorbeschichteten Bauteilen ein beidseitig mit Incusil beschichtetes

Mehrschichtsystem anzuordnen und zusätzlich zu beiden Seiten des beschichteten Mehrschichtsystems zwischen dem Mehrschichtsystem und dem jeweiligen Bauteil eine Lotschicht, z.B. eine Hartlotschicht, vorzusehen.

- 5 Je nach Vorgehensweise gemäß der US 7,361,412 B2 sind zur Bereitstellung der erforderlichen Energiemenge zum Weichlöten Mehrschichtsysteme mit einer Dicke von mindestens 30 µm, zum Hartlöten sogar 150 µm und mehr, erforderlich. Das führt dazu, dass die Bauhöhe auf diese Weise gefertigter Fügestellen entsprechend hoch ist, so dass diese Verfahren zur Fügung von Messmembran und Grundkörper kapazitiver keramischer Drucksensoren regelmäßig ungeeignet sind.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen keramischen Drucksensor mit einer energieeffizient herstellbaren Aktivhartlötung von Messmembran und Grundkörper, sowie wie ein energieeffizient ausführbares Aktivhartlötverfahren anzugeben.

15

Hierzu umfasst die Erfindung einen keramischen Drucksensor, mit

- einer mit einem Druck beaufschlagbaren, druckabhängig elastisch verformbaren Messmembran,
- einem keramischen Grundkörper, und
- 20 - einer einen äußeren Rand einer ersten Seite der Messmembran unter Einschluss einer Druckkammer mit einem äußeren Rand einer der Messmembran zugewandten Stirnseite des Grundkörpers verbindenden Aktivhartlötung, der sich dadurch auszeichnet, dass
- die Aktivhartlötung eine mittels einer Anordnung erzeugte Aktivhartlötung ist, in der auf
- 25 einer Fügefläche der Messmembran und einer Fügefläche des Grundkörpers jeweils ein reaktives Mehrschichtsystem aus alternierend aufeinander abgeschiedenen Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner angeordnet ist, und zwischen den beiden reaktiven Mehrschichtsystemen eine Lotschicht aus einem Aktivhartlot angeordnet ist, und
- 30 - die Aktivhartlötung eine bei vorgeheizter Anordnung auf eine unterhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende, in Abhängigkeit von einer bei der exothermen Reaktion der Mehrschichtsysteme frei werdenden Energie und der Schmelztemperatur des Aktivhartlots vorgegebene Grundtemperatur durch die exothermen Reaktion der beiden reaktiven Mehrschichtsysteme bewirkte Aktivhartlötung
- 35 ist, bei der an die reagierenden Mehrschichtsysteme angrenzendes aufschmelzendes Aktivhartlot der Lotschicht durch das jeweilige Mehrschichtsystem zur jeweils daran angrenzenden Fügefläche hindurch tritt.

Gemäß einer Ausgestaltung weisen die Mehrschichtsysteme eine Dicke von kleiner gleich 40 5 µm, insb. kleiner gleich 3 µm, auf.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung weist die Lotschicht eine Dicke auf, die größer gleich einer Summe der Dicken der beiden Mehrschichtsysteme ist.

5
Gemäß einer Weiterbildung umfasst die Anordnung zwischen jeder Fügefläche und dem jeweils daran angrenzenden Mehrschichtsystem eine auf die jeweilige Fügefläche aufgebrauchte, insb. aufgesputterte, Beschichtung aus dem Aktivhartlot oder aus einer aktiven Komponente des Aktivhartlots.

10
Gemäß einer Ausgestaltung ist das Aktivhartlot ein eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisendes ternäres Aktivhartlot.

Gemäß einer Weiterbildung
- ist die Lotschicht aus einem vorgefertigten Lotformteil, insb. einem Lotring, gebildet, und
- die Mehrschichtsysteme sind auf die in der Anordnung der Messmembran und/oder dem
15 Grundkörper zugewandte Stirnseite des Lotformteils und/oder auf die Fügefläche der Messmembran und/oder die Fügefläche des Grundkörpers aufgebrauchte, insb. Lage für Lage aufgesputterte, Mehrschichtsysteme.

Ein weitere Weiterbildung sieht vor, dass
20 - die Mehrschichtsysteme auf die Fügefläche der Messmembran und die Fügefläche des Grundkörpers aufgebrauchte, insb. Lage für Lage aufgesputterte, Mehrschichtsysteme sind, und
- die Lotschicht eine auf eines der beiden Mehrschichtsysteme aufgebrauchte, insb. aufgesputterte, Lotschicht ist.

25
Weiter umfasst die Erfindung ein Aktivhartlötverfahren zur Aktivhartlötung eines eine Fügefläche aufweisenden ersten Bauteils, insb. eines ersten keramischen Bauteils, und eines eine Fügefläche aufweisenden zweiten Bauteils, insb. eines zweiten keramischen Bauteils, gemäß dem

30 - eine Anordnung erzeugt wird, in der auf der Fügefläche des ersten Bauteils und der Fügefläche des zweiten Bauteils jeweils ein reaktives Mehrschichtsystem aus alternierend aufeinander abgeschiedenen Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner angeordnet ist, und zwischen den beiden reaktiven Mehrschichtsystemen eine Lotschicht aus einem Aktivhartlot angeordnet ist,
35 - die Anordnung auf eine in Abhängigkeit von einer bei der exothermen Reaktion der Mehrschichtsysteme frei werdenden Energie und der Schmelztemperatur des Aktivhartlots vorgegebene, unterhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende Grundtemperatur aufgeheizt wird, und
- eine exotherme Reaktion der beiden reaktiven Mehrschichtsysteme ausgelöst wird, durch
40 die an das jeweilige Mehrschichtsystem angrenzendes Aktivhartlot der Lotschicht

aufgeschmolzen wird und durch das jeweilige Mehrschichtsystem zur jeweils daran angrenzenden Fügefläche hindurch tritt.

Eine Weiterbildung des Aktivhartlötverfahrens sieht vor, dass

- 5 - die Lotschicht in Form eines Lotformteils bereitgestellt wird, und
- die Mehrschichtsysteme auf die in der Anordnung der Fügefläche des ersten Bauteils und/oder der Fügefläche des zweiten Bauteils zugewandte Stirnseite des Lotformteils und/oder auf die Fügefläche des ersten Bauteils und/oder die Fügefläche des zweiten Bauteils aufgebracht, insb. Lage für Lage aufgesputtert, werden.

10

Eine weitere Weiterbildung sieht vor, dass

- die Mehrschichtsysteme auf die Fügeflächen der Bauteile aufgebracht, insb. Lage für Lage aufgesputtert werden, und
- die Lotschicht auf eines der beiden Mehrschichtsysteme aufgebracht, insb. aufgesputtert, wird.

15

Eine weitere Weiterbildung des Aktivhartlötverfahrens sieht vor, dass auf mindestens einer der Fügeflächen, insb. auf beiden Fügeflächen, eine Beschichtung aus dem Aktivhartlot oder aus einer aktiven Komponente des Aktivhartlots aufgebracht, insb. aufgesputtert wird, die sich in der Anordnung zwischen der jeweiligen Fügefläche und dem dieser Fügefläche zugewandten Mehrschichtsystem befindet.

20

Weitere Ausgestaltungen des Aktivhartlötverfahrens sehen vor,

- 25 - dass die Mehrschichtsysteme eine Dicke von kleiner gleich 5 μm , insb. kleiner gleich 3 μm , aufweisen,
- dass die Lotschicht eine Dicke aufweist, die größer gleich einer Summe der Dicken der beiden Mehrschichtsysteme ist, sowie
- dass das Aktivhartlot ein eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisendes ternäres Aktivhartlot ist.

30

Die erfindungsgemäßen Drucksensoren weisen den Vorteil auf, dass für die Aktivhartlötung von Messmembran und Grundkörper aufgrund der beiden exotherm reagierenden Mehrschichtsysteme deutlich weniger Zeit und Energie benötigt wird, als das bei heute zur Herstellung von Drucksensoren eingesetzten, ausschließlich durch Aufheizen der zu fügenden Bauteile und des zwischen den Bauteilen angeordneten Aktivhartlots bewirkten Aktivhartlötungen der Fall ist.

35

Da die exotherme Reaktion der Mehrschichtsysteme für die Lötung genutzte zusätzliche Energie genau dort liefert, wo sie benötigt wird, müssen Messmembran und Grundkörper für die Aktivhartlötung nicht mehr insgesamt über die Schmelztemperatur des Aktivhartlots

40

erwärmt werden. Dies führt dazu, dass die Aktivhartlötung im Anschluss an den Lötprozess schneller abkühlt. Hierdurch wird die Ausbildung grobkörnigerer Strukturen innerhalb der Fügung drastisch reduziert. Damit lassen sich feinkörnigere, und damit zwangsläufig homogenere und somit eine höhere Festigkeit aufweisende Fügungen erzielen.

5

Ein weiterer Vorteil der Erfindungen besteht darin, dass die Aktivhartlötungen mit vergleichsweise geringer Bauhöhe, insb. mit Bauhöhen größer gleich $4\mu\text{m}$ hergestellt werden können.

10

Die Erfindung und deren Vorteile werden nun anhand der Figuren der Zeichnung, in denen zwei Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher erläutert. Gleiche Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt: einen erfindungsgemäßen keramischen Drucksensor;

15

Fig. 2 zeigt: einen erfindungsgemäßen keramischen Differenzdrucksensor;

Fig. 3 zeigt: eine Explosionsdarstellung einer Anordnung zur Herstellung einer Aktivhartlötung;

20

Fig. 4a zeigt: eine Anordnung gemäß Fig. 3, bei der die beiden Mehrschichtsysteme auf gegenüberliegende Stirnseiten der Lotschicht aufgebracht sind;

Fig. 4b zeigt: eine Anordnung gemäß Fig. 3, bei der die beiden Mehrschichtsysteme auf die Fügeflächen aufgebracht sind;

25

Fig. 4c zeigt: eine Anordnung gemäß Fig. 3, bei der sowohl auf die beiden Fügeflächen, als auch auf die diesen gegenüberliegenden Stirnseiten der Lotschicht jeweils ein Teilsystem eines Mehrschichtsystems aufgebracht ist;

30

Fig. 4d zeigt: eine Anordnung gemäß Fig. 3, bei der die beiden Mehrschichtsysteme auf die Fügeflächen aufgebracht sind, und die Lotschicht auf dem auf dem Grundkörper aufgetragenen Mehrschichtsystem aufgebracht ist; und

35

Fig. 4e zeigt: eine Anordnung gemäß Fig. 3, bei der die beiden Mehrschichtsysteme auf die Fügeflächen aufgebracht sind, und die Lotschicht auf dem auf der Messmembran aufgetragenen Mehrschichtsystem aufgebracht ist.

40

Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen keramischen Drucksensors. Dieser umfasst eine mit einem Druck p beaufschlagbare und

druckabhängig elastisch verformbare Messmembran 1, die auf einem keramischen Grundkörper 3 angeordnet ist. Messmembran 1 und Grundkörper 3 bestehen aus Keramik, z.B. aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) oder aus Zirkoniumoxid (ZrO_2), und sind miteinander unter Einschluss einer Druckkammer 5 druckdicht verbunden. Hierzu ist ein äußerer Rand einer dem Grundkörper 3 zugewandten Seite der Messmembran 1 unter Einschluss der Druckkammer 5 mittels einer Aktivhartlötung 7 mit einem äußeren Rand einer der Messmembran 1 zugewandte Stirnseite des Grundkörpers 3 verbunden.

Der dargestellte Drucksensor kann als Absolutdrucksensor ausgebildet sein. In dem Fall ist die unter der Messmembran 1 eingeschlossene Druckkammer 5 evakuiert. Alternativ kann er als Relativdrucksensor ausgebildet werden, indem der Druckkammer 5 über eine durch den Grundkörper 3 hindurch führende, in Fig. 1 gestrichelt eingezeichnete Bohrung 9 ein Referenzdruck p_{ref} , z.B. ein Atmosphärendruck zugeführt wird, bezogen auf den der auf die Messmembran 1 einwirkende Druck p erfasst werden soll.

Der Drucksensor umfasst einen elektromechanischen Wandler, der dazu dient, eine druckabhängige Verformung der Messmembran 1 messtechnisch zu erfassen. In den hier dargestellten Ausführungsbeispielen ist hierzu ein kapazitiver Wandler vorgesehen, der mindestens einen Kondensator mit einer sich in Abhängigkeit von der druckbedingten Auslenkung der Messmembran 1 verändernden Kapazität aufweist. Ein solcher Kondensator umfasst eine auf einer dem Grundkörper 3 zugewandten Seite der Messmembran 1 aufgebrachte Messelektrode 11 und eine auf einer der Messmembran 1 zugewandten Stirnseite des Grundkörpers 3 aufgebrachte Gegenelektrode 13. Die druckabhängige Kapazität dieses Kondensators bzw. deren Änderungen werden über eine an die Elektrode 11 und die Gegenelektrode 13 angeschlossene, hier nicht dargestellte Messelektronik erfasst, und in ein druck-abhängiges Messsignal umgewandelt, das dann zur Anzeige, zur weiteren Verarbeitung und/oder Auswertung zur Verfügung steht.

Alternativ können die erfindungsgemäßen Drucksensoren auch als Differenzdrucksensoren ausgebildet sein, die eine Druckdifferenz Δp zwischen einem ersten Druck p_1 und einem zweiten Druck p_2 messen. Ein Ausführungsbeispiel hierzu ist in Fig. 2 dargestellt. Es unterscheidet sich von dem in Fig. 1 dargestellten Referenzdrucksensor dadurch, dass auf der vom Grundkörper 3 des Relativdrucksensors von Fig. 1 abgewandten zweite Seite der Messmembran 1 ein zweiter Grundkörper 3 vorgesehen ist, der vorzugsweise identisch zu dem mit der ersten Seite der Messmembran 3 verbundenen Grundkörper 3 ist. Der zweite Grundkörper 3 ist vorzugsweise über eine identisch zu der ersten Aktivhartlötung 7 ausgeführte Aktivhartlötung 7 unter Einschluss einer zweiten Druckkammer 5 druckdicht mit der zweiten Seite der Messmembran 1 verbunden.

Im Messbetrieb wird die erste Seite der Messmembran 1 über die Bohrung 9 im ersten Grundkörper 3 mit einem ersten Druck p_1 , und die zweite Seite der Messmembran 1 über die Bohrung 9 im zweiten Grundkörper 3 mit einem zweiten Druck p_2 beaufschlagt. Dies bewirkt eine von der Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck p_1 , p_2 abhängige Auslenkung der Messmembran 1, die z.B. mittels eines kapazitiven elektromechanischen Wandlers messtechnisch erfasst, und in einem entsprechenden Differenzdruckmesssignal umgewandelt wird.

Erfindungsgemäß sind die Aktivhartlötungen 7 jeweils mittels eines erfindungsgemäßen Aktivhartlötverfahrens zur Fügung eines eine Fügefläche 15 aufweisenden ersten Bauteils A, insb. eines ersten keramischen Bauteils, und eines eine Fügefläche 17 aufweisenden zweiten Bauteils B, insb. eines zweiten keramischen Bauteils, hergestellte Aktivhartlötungen.

Auch wenn die Erfindung nachfolgend am Beispiel von Aktivhartlötungen von zwei keramischen Bauteilen beschrieben ist, kann sie völlig analog auch zur Aktivhartlötung von Bauteilen aus anderen aktivhartlötbaren Materialien eingesetzt werden. Entsprechend müssen Messmembran 1 und Grundkörper 3 der erfindungsgemäßen Drucksensoren nicht zwingend beide aus Keramik bestehen. Insb. kann z.B. die Messmembran 1 aus einem anderen, z.B. metallischen, aktivhartlötbaren Material bestehen.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Anordnung hergestellt, in der auf der Fügefläche 15 des ersten Bauteils A und der Fügefläche 17 des zweiten Bauteils B jeweils ein reaktives Mehrschichtsystem 19 aus alternierend aufeinander abgeschiedenen Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner angeordnet ist, und zwischen den beiden reaktiven Mehrschichtsystemen 19 eine Lotschicht 21 aus einem Aktivhartlot angeordnet ist.

Als Aktivhartlot eignet sich insb. ein eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisendes ternäres Aktivhartlot, wie es beispielsweise aus der eingangs genannten EP 490 807 A2 bekannt ist. Eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisende ternäre Aktivhartlote weisen den Vorteil auf, dass sie einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, der sehr gut an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Keramik angepasst werden kann. Hierdurch werden temperaturabhängige Verspannungen zwischen der Aktivhartlötung und den damit gefügten keramischen Bauteilen minimiert oder sogar ganz vermieden.

Als reaktive Mehrschichtsystem 19 können aus dem Stand der Technik bekannte Mehrschichtsysteme aus alternierend aufeinander aufgetragenen Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner, wie z.B. Aluminium und Nickel, eingesetzt werden.

Alternativ können Mehrschichtsystem aus anderen Reaktionspartnerkombinationen wie z.B.

- Aluminium in Kombination mit CuO_x , Fe_2O_3 , Pd, Pt oder Zr,

- Titan in Kombination mit B oder Si, Zr,

5 - Nickel oder Palladium in Kombination mit Si, oder

- Palladium oder Platin in Kombination mit Sn oder Zn,

oder auch Mehrschichtsysteme mit mehr als zwei exotherm miteinander reagierenden Reaktionspartnern eingesetzt werden.

10 Jedes der Mehrschichtsysteme 19 umfasst eine Vielzahl alternierend auf einander aufgebracht Lagen, und die einzelnen Lagen weisen vorzugsweise eine Dicke im Bereich weniger Nanometer auf.

15 Fig. 3 zeigt eine Explosionsdarstellung einer solchen Anordnung, wobei das erste Bauteil A in dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Messmembran 1 des keramischen Drucksensors von Fig. 1 und das zweite Bauteil B der Grundkörper 3 des keramischen Drucksensors von Fig. 1 ist.

20 Die Herstellung dieser Anordnung kann beispielsweise derart erfolgen, dass die Lotschicht 21 als vorgefertigtes Lotformteil, hier als Lotring, bereitgestellt wird. Derartige Lotformteile aus den oben genannten eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisenden ternären Aktivhartloten sind mit einer Mindestdicke in der Größenordnung von 30 μm herstellbar. In dem Fall werden die Mehrschichtsysteme 19 vorzugsweise auf die dem jeweiligen Bauteil A zugewandte Stirnseite des Lotformteils und/oder die Fügefläche 15, 17 des jeweiligen Bauteils A, B aufgebracht, insb. Lage für Lage aufgesputtert, oder auf andere Weise
25 abgeschieden.

30 Fig. 4a zeigt hierzu eine Variante, bei der die beiden Mehrschichtsysteme 19 auf die beiden, den Fügeflächen 15, 17 zugewandten Stirnseiten der Lotschicht 21 aufgebracht sind. Fig. 4b zeigt ein alternative Variante, bei der die Mehrschichtsysteme 19 auf die Fügeflächen 15, 17 aufgebracht sind. Alternativ kann natürlich auch eines der Mehrschichtsysteme 19 auf eine der Fügeflächen 15 oder 17, und das andere Mehrschichtsystem 19 auf die der jeweils anderen Fügefläche 17 bzw. 15 zugewandte Stirnseite der Lotschicht 21 aufgebracht werden.

35 Fig. 4c zeigt eine weitere Alternative, bei der die beiden Mehrschichtsysteme 19' jeweils aus zwei Teilsystemen 19a, 19b bestehen, von denen eins auf die jeweilige Fügeflächen 15, 17 und das andere auf die der jeweiligen Fügefläche 15, 17 zugewandte Stirnseiten der Lotschicht 21 aufgebracht ist.

Das schichtweise Aufbringen der Mehrschichtsysteme 19, 19' auf die Stirnseiten des Lotformteils und/oder die Fügeflächen 15, 17 bietet den Vorteil, dass hierdurch Mehrschichtsysteme hergestellt werden können, die dünner sind als im Handel als Folien erhältliche vorgefertigte Mehrschichtsysteme. Hierdurch können insb. Mehrschichtsysteme 19, 19' mit einer Dicke in der Größenordnung von 1 µm hergestellt werden. Das gilt auch für aus zwei Teilsystemen 19a, 19b gebildeten Mehrschichtsystemen 19', deren Dicke durch der Summe der Dicken der beiden Teilsysteme 19a, 19b gegeben ist.

Eine weitere Alternative besteht darin, die Mehrschichtsysteme 19 auf die Fügeflächen 15, 17 der beiden Bauteile A, B aufzubringen, insb. Lage für Lage aufzusputtern, oder auf andere Weise abzuschneiden, und die Lotschicht 21 aus Aktivhartlot entweder - wie in Fig. 4d dargestellt - auf das auf dem Bauteil B aufgebrachte Mehrschichtsystem 19 aufzubringen, insb. aufzusputtern, oder - wie in Fig. 4e dargestellt - auf das auf dem Bauteil A aufgebrachte Mehrschichtsystem 19 aufzubringen, insb. aufzusputtern.

Durch das Aufspalten des Aktivhartlots können im Vergleich zu den oben genannten Lotformteilen deutlich dünnere Lotschichten 21, insb. Lotschichten 21 mit einer Dicke in der Größenordnung von 2 µm bis 10 µm hergestellt werden.

In einem ersten Verfahrensschritt wird die auf diese Weise gebildete Anordnung in einem Ofen auf eine in Abhängigkeit von einer bei der exothermen Reaktion der Mehrschichtsysteme 19, 19' frei werdenden Energie und einer Schmelztemperatur des Aktivhartlots vorgegebene, unterhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende, Grundtemperatur aufgeheizt. Das Aufheizen erfolgt vorzugsweise unter Vakuum oder unter Schutzgasatmosphäre.

Anschließend werden die reaktiven Mehrschichtsysteme 19, 19' bei aufgeheizter Anordnung zur Reaktion gebracht. Diese Reaktionen können z.B. elektrisch, thermisch, elektromagnetisch oder mittels Laserimpulsen ausgelöst werden. Entsprechende Verfahren zur Auslösung dieser Reaktionen sind aus dem Stand der Technik bekannt, und daher hier nicht im Detail beschrieben.

Durch die bei aufgeheizter Anordnung durch diese exothermen Reaktionen zusätzlich zugeführte Energie wird an das jeweilige Mehrschichtsystem 19, 19' angrenzendes Aktivhartlot der Lotschicht 21 aufgeschmolzen. Dabei tritt aufgeschmolzenes Aktivhartlot durch das jeweilige reagierende Mehrschichtsystem 19, 19' hindurch zu der an das jeweilige Mehrschichtsystem 19, 19' angrenzenden Fügefläche 15, 17.

Im Unterschied zum Reaktionsschweißen mittels reaktiver Mehrschichtsysteme, bei dem die Fügeflächen zu fügender Bauteile durch von unmittelbar daran angrenzenden Mehrschichtsystemen frei gesetzte Reaktionswärme aufgeschmolzen werden, bewirkt das erfindungsgemäße Verfahren eine Aktivhartlötung. Dabei bewirkt die aktive Komponente des durch das jeweilige reagierende Mehrschichtsystem 19, 19' zur jeweiligen Fügefläche 15, 17 hindurch tretenden Aktivhartlots die für die Aktivhartlötung charakteristische chemische Reduktion der jeweiligen Fügefläche 15, 17.

Zur Erzielung einer vollständigen Benetzung der Fügeflächen 15, 17 mit dem aufgeschmolzenen Aktivhartlot ist es von Vorteil, wenn die Mehrschichtsysteme 19, 19' eine geringe Dicke aufweisen. Die Mehrschichtsysteme 19, 19' weisen daher vorzugsweise eine Dicke von kleiner gleich 5 μm , vorzugsweise sogar kleiner gleich 3 μm auf. Dabei ist die Dicke der Lotschicht 21 vorzugsweise größer gleich der Summe der Dicken der beiden Mehrschichtsysteme 19, 19'.

Zur Unterstützung und zur Beschleunigung der Benetzung der Fügeflächen 15, 17 ist auf den Fügeflächen 15, 17 vorzugsweise eine Beschichtung 23 aus dem Aktivhartlot oder aus einer aktiven Komponente des Aktivhartlots vorgesehen. In Verbindung mit einer Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisenden ternären Aktivhartloten kann auf den Fügeflächen 15, 17 hierzu jeweils eine Beschichtung 23 aus einer Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisenden ternären Aktivhartlot oder eine Beschichtung 23 aus Titan oder aus Zirkonium aufgebracht werden. Die Beschichtungen 23 weisen vorzugsweise eine Dicke im Nanometerbereich, z.B. eine Dicke in der Größenordnung von 100 nm, auf, und werden vorzugsweise unmittelbar auf die Fügeflächen 15, 17 abgeschieden, z.B. aufgesputtert. Die Beschichtungen 23 befinden sich somit in der Anordnung zwischen der jeweiligen Fügefläche 15 bzw. 19 und dem jeweils daran angrenzenden Mehrschichtsystem 19, 19'.

Je geringer die Dicke der Mehrschichtsysteme 19, 19' ist, umso geringer ist auch die durch deren exotherme Reaktion freigesetzte Energie. Entsprechend ist die Grundtemperatur, auf die die Anordnung vorgeheizt wird, umso höher anzusetzen, je geringer die Dicke der Mehrschichtsysteme 19, 19' ist. Je höher die Grundtemperatur ist, umso höher ist natürlich auch der zum Aufheizen der Anordnung auf die Grundtemperatur benötigte Energiebedarf. Mit dem erfindungsgemäßen Aktivhartlötverfahren ist bereits mit Mehrschichtsystemen 19, 19' mit einer geringen Dicke von nur 1 μm eine deutliche Energieeinsparung gegenüber ausschließlich durch Aufheizen der zu fügenden Bauteile und des zwischen den Bauteilen angeordneten Aktivhartlots bewirkten Aktivhartlötungen erzielbar.

Während die gesamte Anordnung bei ausschließlich durch Aufheizen von zwischen den Fügepartnern angeordnetem Aktivhartlot bewirkten Aktivhartlötungen über mehrere Minuten auf einer Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots, in der

Regel also deutlich oberhalb von 800°C gehalten werden muss, genügt es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, wenn die Anordnung über den für die Reaktion der Mehrschichtsysteme 19, 19' benötigten Zeitraum auf der unterhalb der Schmelztemperatur liegenden Grundtemperatur gehalten wird.

5

In Verbindung mit einem eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisenden ternären Aktivhartlot mit einem Schmelzpunkt von 890°C, und zwei reaktiven Aluminium-Nickel-Mehrschichtsystemen 19, 19' mit einer Dicke von 1 µm genügt hierzu eine Grundtemperatur in der Größenordnung von 600°C. Da die Reaktion der Mehrschichtsysteme 19, 19' extrem schnell, in der Regel innerhalb weniger Millisekunden, abläuft, ist die Dauer, während der die Anordnung auf der Grundtemperatur gehalten werden muss, ebenfalls entsprechend kurz.

10

Das bewirkt eine deutliche Zeit- und Energieeinsparung bei der Herstellung der Aktivlötungen 7.

15

Aufgrund der geringen Dicke der Mehrschichtsysteme 19, 19' und den entsprechend dünn realisierbaren Dicken der Lotschicht 21 können mit dem erfindungsgemäßen Aktivhartlötverfahren Aktivhartlötungen 7 mit entsprechend geringer Bauhöhe hergestellt werden. So kann zum Beispiel bei einer Dicke der Mehrschichtsysteme 19, 19' von 1 µm und einer entsprechenden Dicke der Lotschicht 21 von 2 µm eine Aktivhartlötung 7 mit einer Bauhöhe von 4 µm hergestellt werden. Derartig dünne Aktivhartlötungen 7 kapazitiver Drucksensoren bieten den Vorteil eines entsprechend geringen Elektrodenabstands. Ein geringer Elektrodenabstand bewirkt eine entsprechend hohe Grundkapazität der Kondensatoren der kapazitiven Wandler und erhöht somit die mit dem Drucksensor erzielbare Messgenauigkeit.

20

25

Da die zu fügenden Bauteile A und B, insb. Messmembran 1 und Grundkörper 3 der erfindungsgemäßen Drucksensoren, nur noch auf die deutlich unterhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende Grundtemperatur erwärmt werden müssen, kühlt die Aktivhartlötung 7 im Anschluss an den Lötprozess entsprechend schneller ab. Hierdurch wird die Ausbildung grobkörnigerer Strukturen innerhalb der Fügung drastisch reduziert. Damit lassen sich feinkörnigere und damit zwangsläufig homogenere und somit eine höhere Festigkeit aufweisende Fügungen erzielen.

30

35

Darüber hinaus bietet die Erfindung insb. in Verbindung mit dickeren Lotschichten 21 den Vorteil, dass nur das unmittelbar an die Mehrschichtsysteme 19, 19' angrenzende Aktivhartlot aufgeschmolzen wird, und das aufschmelzende Aktivhartlot durch die beiden reaktiven Mehrschichtsysteme 19, 19' gebunden wird. Während bei herkömmlichen ausschließlich durch Aufheizen von Messmembran, Grundkörper und einem dazwischen

40

angeordnete Lotformteil bewirkten Aktivhartlötungen die Gefahr besteht, dass aufschmelzendes Lot in die Druckkammer 5 fließt, und damit die Bauhöhe der Aktivhartlötung verändert, wird ein Eindringen von Aktivhartlot in Richtung der Druckkammer 5 bei der erfindungsgemäßen Aktivhartlötung vermieden.

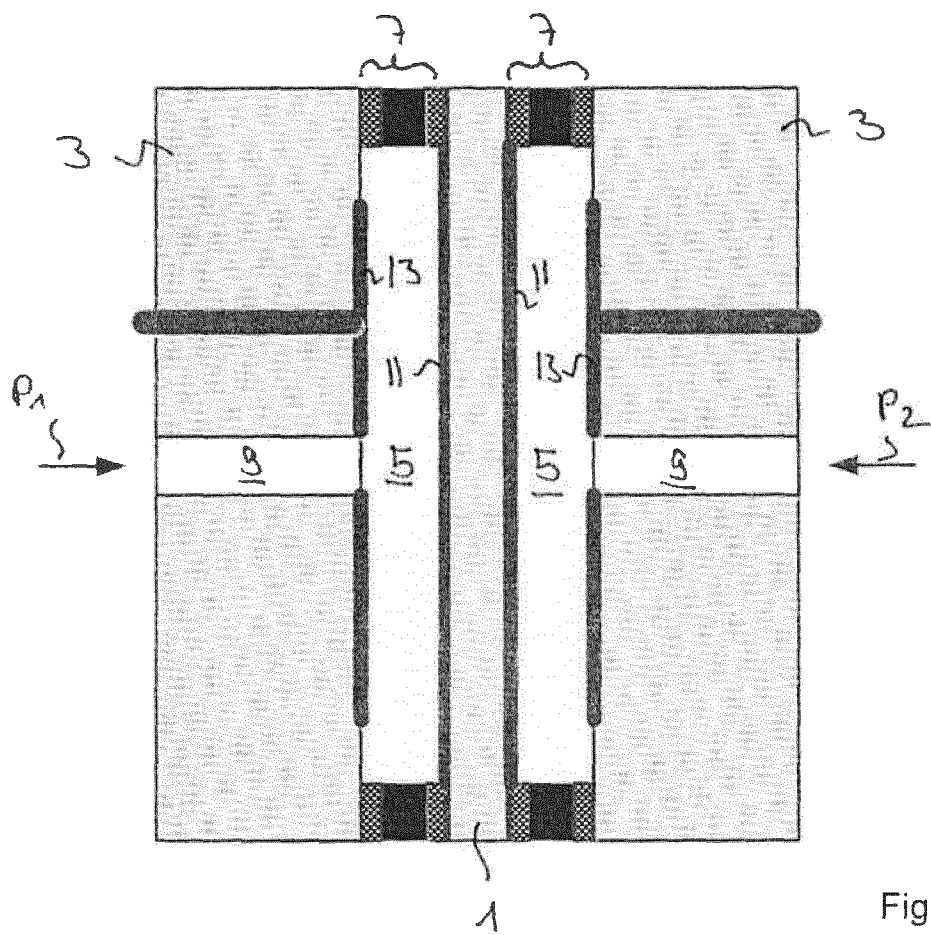
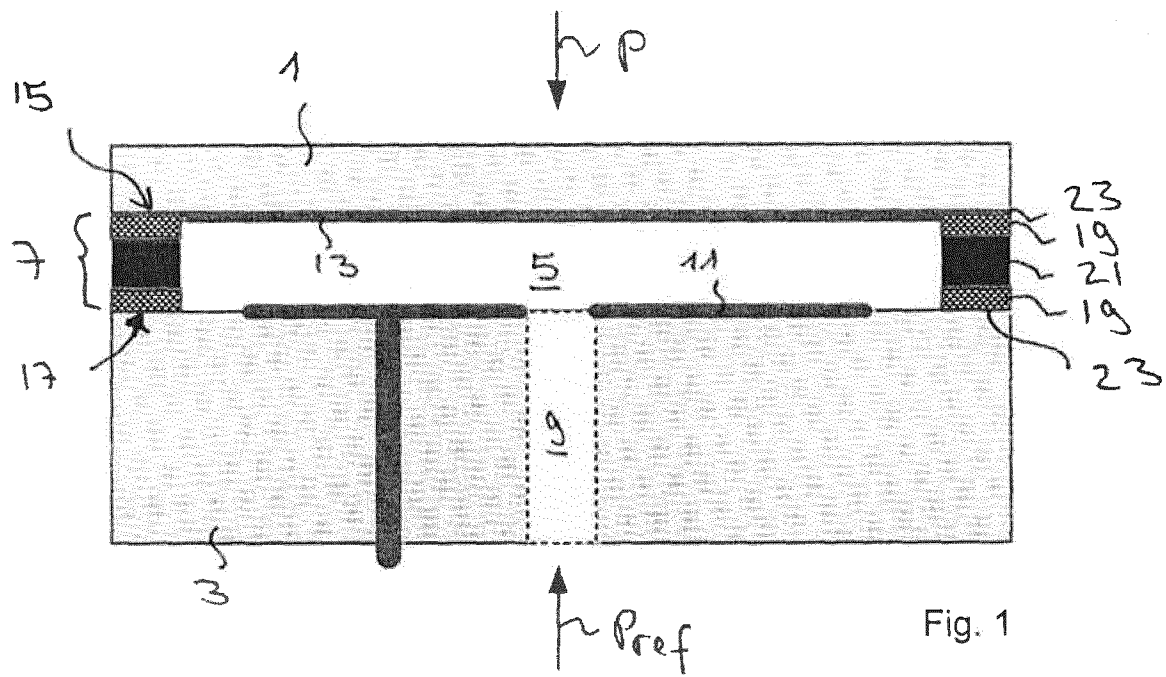
	1	Messmembran
	3	Grundkörper
	5	Druckkammer
	7	Aktivhartlötung
5	9	Bohrung
	11	Messelektrode
	13	Gegenelektrode
	15	Fügefläche
	17	Fügefläche
10	19	reaktives Mehrschichtsystem
	19'	reaktives Mehrschichtsystem
	21	Lotschicht aus Aktivhartlot
	23	Beschichtung aus einer aktiven Komponente des Aktivhartlots

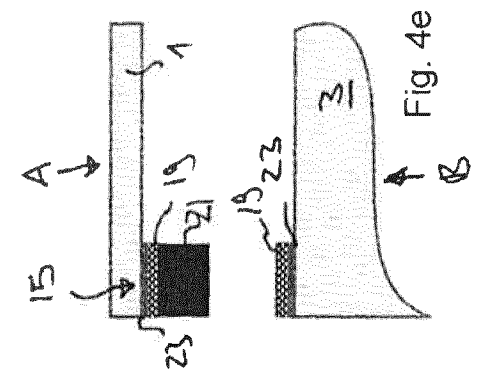
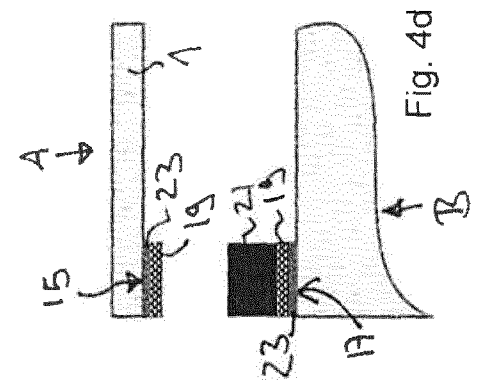
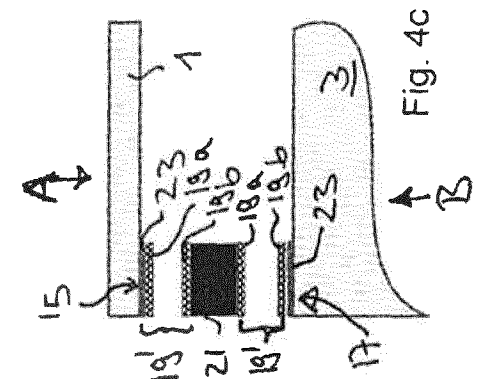
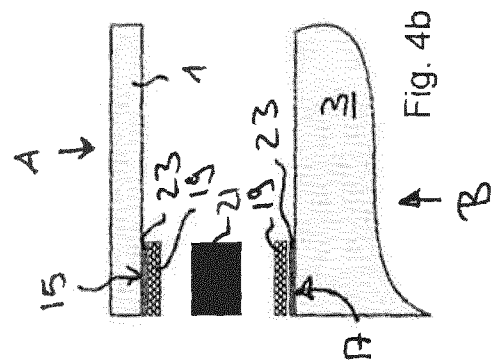
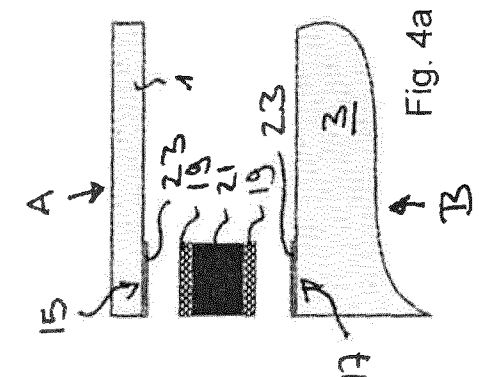
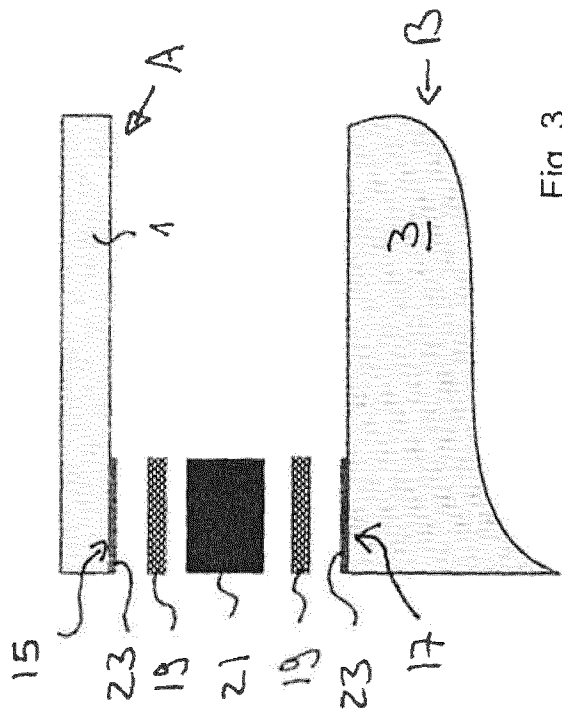
Patentansprüche

1. Keramischer Drucksensor, mit
- einer mit einem Druck (p , Δp) beaufschlagbaren, druckabhängig elastisch
 - 5 verformbaren Messmembran (1),
 - einem keramischen Grundkörper (3), und
 - einer einen äußeren Rand einer ersten Seite der Messmembran (1) unter Einschluss einer Druckkammer (5) mit einem äußeren Rand einer der Messmembran (1) zugewandten Stirnseite des Grundkörpers (3) verbindenden Aktivhartlötung (7),
 - 10 dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Aktivhartlötung (7) eine mittels einer Anordnung erzeugte Aktivhartlötung ist, in der auf einer Fügefläche (15) der Messmembran (1) und einer Fügefläche (17) des Grundkörpers (3) jeweils ein reaktives Mehrschichtsystem (19, 19') aus alternierend
 - 15 aufeinander abgedruckten Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner angeordnet ist, und zwischen den beiden reaktiven Mehrschichtsystemen (19, 19') eine Lotschicht (21) aus einem Aktivhartlot angeordnet ist, und
 - die Aktivhartlötung eine bei vorgeheizter Anordnung auf eine unterhalb der
 - 20 Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende, in Abhängigkeit von einer bei der exothermen Reaktion der Mehrschichtsysteme (19, 19') frei werdenden Energie und der Schmelztemperatur des Aktivhartlots vorgegebene Grundtemperatur durch die exothermen Reaktion der beiden reaktiven Mehrschichtsysteme (19, 19') bewirkte Aktivhartlötung ist, bei der an die reagierenden Mehrschichtsysteme (19, 19') angrenzendes aufschmelzendes Aktivhartlot der Lotschicht (21) durch das jeweilige
 - 25 Mehrschichtsystem (19, 19') zur jeweils daran angrenzenden Fügefläche (15, 17) hindurch tritt.
2. Keramischer Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
- 30 Mehrschichtsysteme (19, 19') eine Dicke von kleiner gleich $5\text{ }\mu\text{m}$, insb. kleiner gleich $3\text{ }\mu\text{m}$, aufweisen.
3. Keramischer Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
- 35 Lotschicht (21) eine Dicke aufweist, die größer gleich einer Summe der Dicken der beiden Mehrschichtsysteme (19, 19') ist.
4. Keramischer Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die
- 40 Anordnung zwischen jeder Fügefläche (15, 17) und dem jeweils daran angrenzenden Mehrschichtsystem (19, 19') eine auf die jeweilige Fügefläche (15, 17) aufgebrachte, insb. aufgesputterte, Beschichtung (23) aus dem Aktivhartlot oder einer aktiven Komponente des Aktivhartlots umfasst.

5. Keramischer Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Aktivhartlot ein eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisendes ternäres Aktivhartlot ist.
6. Keramischer Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 - die Lotschicht (21) aus einem vorgefertigten Lotformteil, insb. einem Lotring, gebildet ist, und
- die Mehrschichtsysteme (19, 19') auf die in der Anordnung der Messmembran (1) und/oder dem Grundkörper (3) zugewandte Stirnseite des Lotformteils und/oder auf die Fügefläche (15) der Messmembran (1) und/oder die Fügefläche (17) des
- 10 Grundkörpers (3) aufgebrachte, insb. Lage für Lage aufgesputterte, Mehrschichtsysteme (19, 19') sind.
7. Keramischer Drucksensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Mehrschichtsysteme (19) auf die Fügefläche (15) der Messmembran (1) und die
- 15 Fügefläche (17) des Grundkörpers (3) aufgebrachte, insb. Lage für Lage aufgesputterte, Mehrschichtsysteme (19) sind, und
- die Lotschicht (21) eine auf eines der beiden Mehrschichtsysteme (19) aufgebrachte, insb. aufgesputterte, Lotschicht (21) ist.
8. Aktivhartlötverfahren zur Aktivhartlötung eines eine Fügefläche (15) aufweisenden ersten Bauteils (A), insb. eines ersten keramischen Bauteils (A), und eines eine Fügefläche (17) aufweisenden zweiten Bauteils (B), insb. eines zweiten keramischen Bauteils (B), dadurch gekennzeichnet, dass
- eine Anordnung erzeugt wird, in der auf der Fügefläche (15) des ersten Bauteils (A) und der Fügefläche (17) des zweiten Bauteils (B) jeweils ein reaktives
- 25 Mehrschichtsystem (19, 19') aus alternierend aufeinander abgeschiedenen Lagen miteinander exotherm reagierender Reaktionspartner angeordnet ist, und zwischen den beiden reaktiven Mehrschichtsystemen (19, 19') eine Lotschicht (21) aus einem Aktivhartlot angeordnet ist,
- die Anordnung auf eine in Abhängigkeit von einer bei der exothermen Reaktion der Mehrschichtsysteme (19, 19') frei werdenden Energie und der Schmelztemperatur des Aktivhartlots vorgegebene, unterhalb der Schmelztemperatur des Aktivhartlots liegende Grundtemperatur aufgeheizt wird, und
- 30 - eine exotherme Reaktion der beiden reaktiven Mehrschichtsysteme (19, 19') ausgelöst wird, durch die an das jeweilige Mehrschichtsystem (19, 19') angrenzendes Aktivhartlot der Lotschicht (21) aufgeschmolzen wird und durch das jeweilige Mehrschichtsystem (19, 19') zur jeweils daran angrenzenden Fügefläche (15, 17) hindurch tritt.
- 35
9. Aktivhartlötverfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass
- 40

- die Lotschicht (21) in Form eines Lotformteils bereitgestellt wird, und
 - die Mehrschichtsysteme (19, 19') auf die in der Anordnung der Fügefläche (15) des ersten Bauteils (A) und/oder der Fügefläche (17) des zweiten Bauteils (B) zugewandte Stirnseite des Lotformteils und/oder auf die Fügefläche (15) des ersten Bauteils (A) und/oder die Fügefläche (17) des zweiten Bauteils (B) aufgebracht, insb. Lage für Lage aufgesputtert, werden.
- 5
10. Aktivhartlötverfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass
- die Mehrschichtsysteme (19) auf die Fügeflächen (15, 17) der Bauteile (A, B) aufgebracht, insb. Lage für Lage aufgesputtert werden, und
 - die Lotschicht (21) auf eines der beiden Mehrschichtsysteme (19) aufgebracht, insb. aufgesputtert, wird.
- 10
11. Aktivhartlötverfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass
- 15
- auf mindestens einer der Fügeflächen (15, 17), insb. auf beiden Fügeflächen (15, 17), eine Beschichtung (23) aus dem Aktivhartlot oder aus einer aktiven Komponente des Aktivhartlots aufgebracht, insb. aufgesputtert wird, die sich in der Anordnung zwischen der jeweiligen Fügefläche (15, 17) und dem dieser Fügefläche (15, 17) zugewandten Mehrschichtsystem (19, 19') befindet.
- 20
12. Aktivhartlötverfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrschichtsysteme (19, 19') eine Dicke von kleiner gleich 5 µm, insb. kleiner gleich 3 µm, aufweisen.
- 25
13. Aktivhartlötverfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lotschicht (21) eine Dicke aufweist, die größer gleich einer Summe der Dicken der beiden Mehrschichtsysteme (19, 19') ist.
- 30
14. Aktivhartlötverfahren gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Aktivhartlot ein eine Zr-Ni-Legierung und Titan aufweisendes ternäres Aktivhartlot ist.





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2015/064054A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L9/00 B23K1/00
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 B23K

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.
X	EP 0 490 807 A2 (ENDRESS HAUSER GMBH CO [DE]) 17 June 1992 (1992-06-17) the whole document	1-14
A	DE 10 2012 110549 A1 (FRAUNHOFER GES ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [DE]) 12 June 2014 (2014-06-12) the whole document	1,8



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

2 September 2015

Date of mailing of the international search report

21/09/2015

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

Kister, Clemens

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2015/064054

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0490807	A2	17-06-1992	CA 2054784 A1 14-05-1992
			DE 4129414 A1 11-03-1993
			DE 59107158 D1 08-02-1996
			DK 0490807 T3 04-03-1996
			EP 0490807 A2 17-06-1992
			ES 2081461 T3 01-03-1996
			JP 2695327 B2 24-12-1997
			JP 3374022 B2 04-02-2003
			JP H04321572 A 11-11-1992
			JP H09118571 A 06-05-1997
			US 5334344 A 02-08-1994
			US 5351938 A 04-10-1994

DE 102012110549 A1	12-06-2014	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01L9/00 B23K1/00
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01L B23K

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.
X	EP 0 490 807 A2 (ENDRESS HAUSER GMBH CO [DE]) 17. Juni 1992 (1992-06-17) das ganze Dokument	1-14
A	DE 10 2012 110549 A1 (FRAUNHOFER GES ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [DE]) 12. Juni 2014 (2014-06-12) das ganze Dokument	1,8



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

2. September 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/09/2015

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

Kister, Clemens

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/064054

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0490807	A2	17-06-1992	CA 2054784 A1 14-05-1992
			DE 4129414 A1 11-03-1993
			DE 59107158 D1 08-02-1996
			DK 0490807 T3 04-03-1996
			EP 0490807 A2 17-06-1992
			ES 2081461 T3 01-03-1996
			JP 2695327 B2 24-12-1997
			JP 3374022 B2 04-02-2003
			JP H04321572 A 11-11-1992
			JP H09118571 A 06-05-1997
			US 5334344 A 02-08-1994
			US 5351938 A 04-10-1994

DE 102012110549 A1	12-06-2014	KEINE	
