

(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
14. Mai 2009 (14.05.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/060069 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 9/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/065137

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. November 2008 (07.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102007053859.8
9. November 2007 (09.11.2007) DE

(74) **Anwalt:** ANDRES, Angelika; c/o Endress+Hauser
(Deutschland) AG+Co. KG, PatServe, Colmarer Strasse
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, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, 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, PG, PH, PL, PT,
RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ENDRESS+HAUSER GMBH+CO.KG** [DE/DE];
Hauptstrasse 1, 79689 Maulburg (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **GETMAN, Igor**
[RU/DE]; Carl-Keller-Weg 17, 79539 Lörrach (DE).
STOLZE, Dieter [DE/DE]; Wildapfelweg 8, 14469 Pots-
dam (DE). **THAM, Anh Tuan** [DE/DE]; Rüdersdorfer
Strasse 45, 10243 Berlin (DE).

(54) **Title:** PRESSURE MEASURING DEVICE

(54) **Bezeichnung:** DRUCK-MESSEINRICHTUNG

(57) **Abstract:** The invention relates to a pressure measuring device comprising a base (13, 13'), an intermediate piece (15, 15') that is arranged on the base (13, 13') and connected thereto, comprising a semiconductor, and a semiconductor pressure sensor (17) that is arranged on the intermediate piece (15, 15') and connected thereto, comprising a carrier (19) and a measuring membrane (21). Said pressure measuring device can protect the sensitive measuring membrane (21) against mechanical strains in a reliable manner. The inside of the intermediate piece (15;15') comprises an annular-shaped peripheral recess (33) that surrounds a first cylindrical section (35) and a second cylindrical section (37) of the intermediate piece (15, 15') that is adjacent to first base-side thereof. The second cylindrical section (37) has a larger outer diameter than the first cylindrical section (35), and the recess is open towards the side of the intermediate piece (15, 15') that is oriented towards the base (13, 13'). The second cylindrical section (37) has a front surface that is oriented towards the base (13, 13'), that rests on an exposed front surface of the base (13, 13'), that forms a connection surface by means of which the intermediate piece (15, 15') can be mechanically connected in a rigid manner to the base (13, 13').

(57) **Zusammenfassung:** Es ist eine Druck-Messeinrichtung mit einem Sockel (13, 13'), einem auf dem Sockel (13, 13') angeordneten mit dem Sockel (13, 13') verbundenen Zwischenstück (15, 15') aus einem Halbleiter, und einem auf dem Zwischenstück (15, 15') angeordneten mit dem Zwischenstück (15, 15') verbundenen Halbleiter-Drucksensor (17) mit einem Träger (19) und einer Messmembran (21), beschrieben, die einen zuverlässigen Schutz der empfindlichen Messemembran (21) vor mechanischen Verspannungen bietet, bei dem im Zwischenstück (15;15') eine im Inneren des Zwischenstücks (15, 15') verlaufende ringförmig umlaufende Ausnehmung (33) vorgesehen ist, die einen ersten zylindrischen Abschnitt (35) und einen sockelseitig daran angrenzenden zweiten zylindrischen Abschnitt (37) des Zwischenstücks (15, 15') umschließt, wobei der zweite zylindrische Abschnitt (37) einen größeren Außendurchmesser aufweist als der erste zylindrische Abschnitt (35), und die zu einer dem Sockel (13, 13') zugewandten Seite des Zwischenstücks (15, 15') hin offen ist, und der zweite zylindrische Abschnitt (37) eine dem Sockel (13, 13') zugewandte auf einer freiliegenden Stirnfläche des Sockels (13, 13') aufliegende Stirnfläche aufweist, die eine Verbindungsfläche bildet über die das Zwischenstück (15, 15') mit dem Sockel (13, 13') mechanisch fest verbunden ist.

WO 2009/060069 A2

Beschreibung

Druck-Messeinrichtung

- [0001] Die Erfindung betrifft eine Druck-Messeinrichtung mit einem auf einem Sockel montierten Halbleiter-Drucksensor. Druck-Messeinrichtungen dienen zur Erfassung von Drücken, insb. von Absolutdrücken, Relativdrücken und Differenzdrücken, und werden in der industriellen Messtechnik verwendet.
- [0002] In der Druckmesstechnik werden gerne so genannte Halbleiter-Drucksensoren eingesetzt. Halbleiter-Sensoren werden heute regelmäßig auf Siliziumbasis, z.B. unter Verwendung von Silicon-on-Insulator (SOI) Technologie hergestellt. Sie werden als Drucksensor-Chip ausgebildet, der typischer Weise einen Träger und eine auf einem Träger angeordnete Messmembran aufweist. Im Messbetrieb wird ein erster Druck einer ersten Seite der Messmembran zugeführt.
- [0003] Zur Erfassung von Differenzdrücken wird einer der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite der Messmembran ein zweiter Druck zugeführt. Die bestehende Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck bewirkt eine vom zu messenden Differenzdruck abhängige Auslenkung der Messmembran.
- [0004] Zur Erfassung von Relativdrücken wird der zweiten Seite der Messmembran ein Referenzdruck, z.B. ein Umgebungsdruck, zugeführt. Die bestehende Druckdifferenz zwischen dem ersten Druck und dem Referenzdruck bewirkt eine vom zu messenden Relativdruck abhängige Auslenkung der Messmembran.
- [0005] Zur Erfassung von Absolutdrücken ist unter der Messmembran auf deren von der ersten Seite abgewandten zweiten Seite regelmäßig eine abgeschlossene evakuierte Kammer vorgesehen. Damit bewirkt der auf die erste Seite der Messmembran einwirkende erste Druck eine vom zu messenden Absolutdruck abhängige Auslenkung der Messmembran.
- [0006] Die resultierende Auslenkung der Messmembran wird in allen drei Fällen über auf der Messmembran angeordnete Sensorelemente, z.B. piezoresistive Widerstände, erfasst und in ein elektrisches Ausgangssignal umgewandelt, dass dann einer weiteren Verarbeitung und/oder

Auswertung zur Verfügung steht.

- [0007] Die Halbleiter-Drucksensoren sind sehr empfindlich und werden deshalb in ein Gehäuse eingesetzt, über das die Zufuhr der jeweiligen Drücke, die Ausgabe des Messergebnisses und die Montage der Druck-Messeinrichtung am Messort erfolgt.
- [0008] Dabei wird der Halbleiter-Drucksensor beispielsweise auf einen im Gehäuse befindlichen Sockel derart montiert, dass eine vom Sockel abgewandte erste Seite der Messmembran in eine erste im Gehäuse befindliche Messkammer weist, der der erste Druck zugeführt ist. Bei Differenz- bzw. Relativdrucksensoren wird zusätzlich der zweite Druck bzw. der Referenzdruck der zweiten Seite der Messmembran über eine im Inneren des Sockels verlaufende Bohrung zugeführt, die in einer unter der Messmembran von dem Messmembranträger eingeschlossenen zweiten Messkammer mündet. Bei Absolutdruck-Messeinrichtungen ist die unter der Messmembran befindliche Kammer abgeschlossen und evakuiert. Die Zufuhr des ersten und des zweiten Drucks erfolgt beispielsweise über in das Gehäuse integrierte oder diesem vorgeschaltete mit einer Druck übertragenden Flüssigkeit gefüllte Druckmittler. Die Zufuhr des Referenzdrucks erfolgt beispielsweise über eine in das Gehäuse integrierte Referenzdruckzufuhr.
- [0009] Der Sockel ist beispielsweise ein zylindrisches Ansatzstück oder ein Podest, das als integraler Bestandteil des Gehäuses oder als ein separates im Gehäuse befestigtes Bauteil ausgebildet ist.
- [0010] Um eine ausreichend hohe mechanische Stabilität zu gewährleisten bestehen Gehäuse und Sockel aus einem mechanisch stabilen Werkstoff, insb. aus Metall.
- [0011] Sockel und Halbleiter-Drucksensor bestehen damit zwangsläufig aus verschiedenen Materialien, die sehr unterschiedliche physikalische Eigenschaften, insb. unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten aufweisen. Aufgrund der mechanischen Verbindung zwischen dem Sockel und dem Halbleiter-Drucksensor können daher mechanische Spannungen auftreten, die sich auf die das Übertragungsverhalten der Messmembran auswirken, und damit die

erzielbare Messgenauigkeit und deren Reproduzierbarkeit verschlechtern. Dies gilt insb. für temperatur-abhängige Spannungen.

- [0012] Zur Reduzierung der auftretenden Spannungen ist üblicher Weise zwischen dem Sockel und dem Halbleiter-Drucksensor ein Zwischenstück eingefügt, das aus dem gleichen Material besteht, wie der Halbleiter-Drucksensor. Auch dann treten jedoch noch durch die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Sockel und Zwischenstück verursachte, insb. temperatur-abhängige, mechanische Verspannungen auf, die sich auf das Übertragungsverhalten der Messmembran auswirken.
- [0013] In der DE- 34 36 440 ist eine Lösung dieses Problems beschrieben, die eine Reduzierung der nachteiligen Auswirkungen der mechanischen Spannungen ermöglicht. Eine solche Messeinrichtung ist in Fig. 1 dargestellt. Sie umfasst einen Halbleiter-Drucksensor 1 mit einer von einem Träger 3 getragenen Messmembran 5. Der Träger 3 ist auf einem Zwischenstück 7 montiert, dass auf einem metallischen Sockel 9 angeordnet ist. Es ist eine Bohrung vorgesehen, die durch den Sockel 9 und das Zwischenstück 7 hindurch in eine unter der Messmembran 5 eingeschlossene Messkammer führt. Das Zwischenstück 7 ist kreisscheibenförmig und weist einen an den Außendurchmesser des Halbleiter-Drucksensors 1 angepassten Außendurchmesser auf. Der Sockel 9 ist hohlzylindrisch und weist einen deutlich geringeren Außendurchmesser auf. Zur Reduzierung von mechanischen Spannungen ist auf der dem Sockel 9 zugewandten Unterseite des Zwischenstücks 7 eine ringförmig umlaufende Nut 11 vorgesehen, die unmittelbar an den Sockel 9 angrenzt. Die Nut 11 dient dazu, durch die Verbindung zwischen Sockel 9 und Zwischenstück 7 verursachte mechanische Spannungen aufzunehmen und deren Rückwirkung auf die Messmembran 5 zu vermeiden.
- [0014] Diese Messeinrichtung weist jedoch den Nachteil auf, dass die mechanische Stabilität der Messeinrichtung durch die Haftfestigkeit der Verbindung zwischen dem Sockel 9 und dem Zwischenstück 7 begrenzt ist.

- [0015] Insb. ist dadurch bei Differenzdruck-Messeinrichtungen der maximale Druck, der durch den Sockel hindurch der Messmembran zugeführt werden kann, begrenzt.
- [0016] Aus Sicherheitsgründen muss diese Verbindung gewährleisten, dass der Halbleiter-Drucksensor auch dann auf dem Sockel verbleibt, wenn über den Sockel ein Überdruck zugeführt wird.
- [0017] Die Haftfestigkeit der Verbindung zwischen dem Sockel und dem Zwischenträger könnte theoretisch dadurch verbessert werden, dass die zur Verfügung stehende Verbindungsfläche zwischen dem Sockel und dem Zwischenstück vergrößert wird. Dies führt jedoch dazu, dass die Wanddicke zwischen der Bohrung und der Ringnut ansteigt, und die Lage der Ringnut radial nach außen verschoben wird. Dadurch verliert die Ringnut jedoch ihre Wirkung als mechanische Entkopplung. Dieser Effekt ist besonders stark ausgeprägt bei Druck-Messeinrichtungen, die für höhere Druck-Messbereiche ausgelegt sind, da diese typischer Weise Halbleiter-Drucksensoren mit Messmembranen mit geringerem Durchmesser aufweisen.
- [0018] Alternativ oder zusätzlich könnte die Dicke des Zwischenstücks erhöht und/oder die Tiefe der Nut vergrößert werden. Eine tiefere Nut führt jedoch zu einer reduzierten Bruchsicherheit. Die Erhöhung der Dicke des Zwischenstücks führt wiederum zu einer Erhöhung der Herstellungskosten, insb. dann, wenn das Zwischenstück aus Silizium besteht.
- [0019] Es ist eine Aufgabe der Erfindung eine Druck-Messeinrichtung mit einem auf einem Sockel montierten Halbleiter-Drucksensor anzugeben, die einen zuverlässigen Schutz der empfindlichen Messmembran vor mechanischen Verspannungen bietet.
- [0020] Hierzu besteht die Erfindung in einer Druck-Messeinrichtung, mit
- einem Sockel,
 - einem auf dem Sockel angeordneten mit dem Sockel verbundenen Zwischenstück aus einem Halbleiter, und
 - einem auf dem Zwischenstück angeordneten mit dem Zwischenstück verbundenen Halbleiter-Drucksensor mit

- einem Träger und einer Messmembran, bei dem
- im Zwischenstück eine im Inneren des Zwischenstücks verlaufende ringförmig umlaufende Ausnehmung vorgesehen ist,
- die einen ersten zylindrischen Abschnitt und einen sockelseitig daran angrenzenden zweiten zylindrischen Abschnitt des Zwischenstücks umschließt, wobei der zweite zylindrische Abschnitt einen größeren Außendurchmesser aufweist als der erste zylindrische Abschnitt, und
- die zu einer dem Sockel zugewandten Seite des Zwischenstücks hin offen ist, und
- der zweite zylindrische Abschnitt eine dem Sockel zugewandte auf einer freiliegenden Stirnfläche des Sockels aufliegende Stirnfläche aufweist, die eine Verbindungsfläche bildet über die das Zwischenstück mit dem Sockel mechanisch fest verbunden ist.

- [0021] Gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung dient die Druck-Messeinrichtung zur Erfassung von Differenzdrücken oder Relativdrücken, wobei
- im Zwischenstück eine mittig angeordnete parallel zu dessen Längsachse verlaufende sockelseitig mündende Bohrung vorgesehen ist,
 - die Bohrung durch das Zwischenstück hindurch führt und in einer unter der Messmembran von der Messmembran, deren Träger und dem Zwischenstück eingeschlossenen Druckmesskammer mündet,
 - im Sockel eine mittig angeordnete parallel zu dessen Längsachse verlaufenden weitere Bohrung vorgesehen ist, die in die Bohrung im Zwischenstück mündet, und
 - die Bohrung im Zwischenstück und die damit verbundene Bohrung im Sockel eine Druckzufuhrleitung bilden.
- [0022] Gemäß einer zweiten Ausgestaltung der Erfindung dient die Druck-Messeinrichtung zur Erfassung von Absolutdrücken. Sie weist unter der Messmembran eine von der Messmembran, deren Träger und dem

Zwischenstück vollständig abgeschlossene evakuierte Kammer auf.
Zusätzlich ist im Zwischenstück eine parallel zu dessen Längsachse verlaufende sockelseitig mündende Sacklochbohrung vorgesehen.

- [0023] Gemäß einer Weiterbildung ist der Außendurchmesser des durch die Ausnehmung freiliegenden ersten zylindrischen Abschnitts geringer als der Außendurchmesser der Messmembran.
- [0024] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist der Halbleiter-Drucksensor ein Sensor auf Siliziumbasis. Das Zwischenstück besteht aus Silizium, und der Sockel besteht aus Metall oder aus Keramik.
- [0025] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung sind das Zwischenstück und der Sockel miteinander durch eine Klebung oder eine Lötung mechanisch fest verbunden.
- [0026] Des Weiteren besteht die Erfindung in einem Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Druck-Messeinrichtung, bei dem das Zwischenstück aus einer ersten, einer zweiten und einer dritten Siliziumscheibe hergestellt wird, in dem
- die erste und die zweite Siliziumscheibe bündig aufeinander gesetzt und durch Bonden miteinander verbunden werden,
 - ein konzentrisch zur Scheibenmitte angeordneter ringscheibenförmiger Bereich der zweiten Siliziumschicht weggeätzt wird,
 - wobei dieser Bereich einen Außendurchmesser aufweist, der gleiche dem Außendurchmesser der Ausnehmung ist, und einen Innendurchmesser aufweist, der gleich dem Außendurchmesser des ersten zylindrischen Abschnitts des Zwischenstücks ist,
 - eine dritte Siliziumscheibe auf die zweite Siliziumscheibe bündig aufgesetzt und mit dieser durch Bonden verbunden wird,
 - ein konzentrisch zur Scheibenmitte angeordneter hohlzylindrischer Bereich der dritten Siliziumschicht weggeätzt wird,
 - wobei dieser Bereich einen Außendurchmesser aufweist, der gleiche dem Außendurchmesser der Ausnehmung ist, und einen Innendurchmesser

aufweist, der gleich dem Außendurchmesser des zweiten zylindrischen Abschnitts des Zwischenstücks ist, und

- der Halbleiter-Drucksensor auf einer von der zweiten Siliziumschicht abgewandten Seite der ersten Siliziumschicht befestigt wird.

[0027] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens weist die erste und/oder die zweite Siliziumscheibe auf einer oder auf beiden Außenflächen eine Oxidschicht auf, und die erste und die zweite Siliziumscheibe werden miteinander durch Hochtemperatur-Waferbonden verbunden, wobei sich mindestens eine der Oxidschichten zwischen der ersten und der zweiten Siliziumscheibe befindet. Ebenso weist die zweite und/oder die dritte Siliziumscheibe auf einer oder auf beiden Außenflächen eine Oxidschicht auf, und die zweite und die dritte Siliziumscheibe werden miteinander durch Hochtemperatur-Waferbonden verbunden, wobei sich mindestens eine der Oxidschichten zwischen der zweiten und der dritten Siliziumscheibe befindet.

[0028] Gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens erfolgt die Befestigung des Halbleiter-Drucksensors derart, dass

- die von der zweiten Siliziumschicht abgewandten Seite der ersten Siliziumschicht, insb. mittels einer isotropen Ätzung, chemisch poliert wird, und

- der Halbleiter-Drucksensor mittels Niedertemperatur-Siliziumdirektbonden auf der polierten Oberfläche befestigt wird.

[0029] Gemäß einer ersten Variante des Verfahrens wird

- die die von der zweiten Siliziumschicht abgewandten Seite der dritten Siliziumschicht, insb. mittels einer isotropen Ätzung, chemisch poliert, und

- das Zwischenstück auf den Sockel mittels eines Silikonkautschuks aufgeklebt.

[0030] Gemäß einer zweiten Variante des Verfahrens wird das Zwischenstück auf den Sockel mittels eines Epoxidharzklebers aufgeklebt.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Ausnehmung ist eine zuverlässige mechanische Entkopplung der Messmembran gewährleistet.

Insb. werden Auswirkungen von durch die Verbindung zwischen dem Sockel und dem Zwischenstück verursachten mechanischen Verspannungen auf die Messeigenschaften der Messmembran weitgehend vermieden.

- [0031] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Druck-Messeinrichtung besteht darin, dass sie eine hohe mechanische Stabilität gewährleistet. Durch die erfindungsgemäße Unterteilung der Ausnehmung im Zwischenstück in eine den dünnen ersten zylindrischen Abschnitt umschließende Ausnehmung und eine sockelseitig daran angrenzende den dickeren zweiten zylindrischen Abschnitt umschließende Nut, steht sockelseitig eine große Verbindungsfläche für die mechanische Befestigung des Zwischenstücks auf dem Sockel zur Verfügung. Gleichzeitig besteht durch die sockelseitige Öffnung der Ausnehmung und den vergleichsweise dünnen ersten zylindrischen Abschnitt eine zuverlässige Entkopplung der Messmembran. Mechanische Verspannungen, die durch die Verbindung zwischen dem Sockel und dem Zwischenstück verursacht werden, haben damit praktisch keine Auswirkungen mehr auf das Übertragungsverhalten und die Messeigenschaften der Messmembran. Dementsprechend ist die erzielbare Messgenauigkeit mit einer hohen Langzeitstabilität und großer Reproduzierbarkeit gewährleistet.
- [0032] 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 den gleichen Bezugszeichen versehen.
- [0033] Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch eine aus dem Stand der Technik bekannt Druckmesseinrichtung;
Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Druck-Messeinrichtung zur Erfassung von Relativ- oder Differenzdrücken;
Fig. 3 zeigt eine zur Herstellung der erfindungsgemäßen Druck-Messeinrichtung verwendete beidseitig oxidierte Siliziumscheibe mit einer Mittelbohrung;

Fig. 4 zeigt eine erste und eine damit verbundene zweite Siliziumscheibe;
Fig. 5 zeigt den in Fig. 4 dargestellten Verbund, bei dem in der zweiten Siliziumscheibe eine Ausnehmung eingeätzt wurde;
Fig. 6 zeigt den Verbund von Fig. 5 mit einer darauf aufgebrachten dritten Siliziumscheibe;
Fig. 7 zeigt den Verbund von Fig. 6 mit einer in der dritten Siliziumscheibe eingeätzten Nut;
Fig. 8 zeigt den Verbund von Fig. 7, bei dem die äußeren beiden Oxidschichten entfernt wurden;
Fig. 9 zeigt das Zwischenstück der in Fig. 2 dargestellten Druck-Messeinrichtung mit dem darauf montierten Halbleiter-Drucksensor;
Fig. 10 zeigt eine erfindungsgemäße Druck-Messeinrichtung zur Erfassung von Absolutdrücken; und
Fig. 11 zeigt das Zwischenstück der Druck-Messeinrichtung von Fig. 10 zusammen mit dem darauf montierten Halbleiter-Drucksensor.

- [0034] Fig. 2 zeigt einen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäße Druck-Messeinrichtung. Die hier dargestellte Variante der Erfindung ist für die Erfassung von Differenzdrücken sowie für die Erfassung von Relativdrücken geeignet. Sie umfasst einen metallischen Sockel 13, ein auf dem Sockel 13 angeordnetes mit dem Sockel 13 verbundenes Zwischenstück 15 aus einem Halbleiter, und einen auf dem Zwischenstück 15 angeordneten mit dem Zwischenstück 15 verbundenen Halbleiter-Drucksensor 17. Das Zwischenstück 15 besteht vorzugsweise aus dem gleichen Werkstoff, der auch für die Herstellung des Halbleiter-Drucksensors 17 verwendet wird, insb. aus Silizium.
- [0035] Der Sockel 13 besteht beispielsweise aus Metall oder aus Keramik und dient dazu, den Halbleiter-Drucksensor 17 in einem nur Ausschnittweise dargestellten Gehäuse 18 zu montieren. Der Sockel 13 ist beispielsweise ein zylindrisches Ansatzstück oder ein Podest, das als integraler Bestandteil des Gehäuses 18 oder als ein separates im Gehäuse 18 befestigtes Bauteil ausgebildet sein kann.

- [0036] Der Halbleiter-Drucksensor 17 ist ein Drucksensor-Chip auf Siliziumbasis, und weist einen Träger 19 und eine von dem Träger 19 getragene Messmembran 21 auf. Der Träger 19 weist eine ringscheibenförmige Stirnfläche auf, die auf einem formgleichen äußeren Rand des Zwischenstück 15 aufliegt und mit diesem fest verbunden ist.
- [0037] Im Messbetrieb wird ein erster Druck p_1 einer ersten Seite der Messmembran 21 zugeführt. Ein zweiter Druck p_2 wird der dieser gegenüberliegenden zweiten Seite der Messmembran 21 zugeführt. Bei einer Relativdruckmessung entspricht der erste Druck p_1 dem zu messenden Druck und der zweite Druck p_2 dem Referenzdruck, auf den der zu messende Druck zu beziehen ist. Bei einer Differenzdruckmessung sind der erste und der zweite Druck p_1 , p_2 , die beiden Drücke, deren Druckdifferenz gemessen werden soll. Die zwischen dem ersten und dem zweiten Druck p_1 , p_2 bestehende Druckdifferenz $\Delta p := p_1 - p_2$ bewirkt eine vom zu messenden Differenzdruck bzw. vom zu messenden Relativdruck abhängige Auslenkung der Messmembran 21, die über auf der Messmembran 21 angeordnete Sensorelemente 23, z.B. piezoresistive Widerstände, erfasst und in ein elektrisches Ausgangssignal umgewandelt wird. Das Ausgangssignal steht dann über an die Sensorelemente 21 angeschlossene Anschlussleitungen 25 einer weiteren Verarbeitung und/oder Auswertung zur Verfügung.
- [0038] Der erste Druck p_1 wird der ersten Seite der Messmembran 21 von außen zugeführt. Dies kann auf vielfältige Weise geschehen. In dem dargestellten Beispiel ist der Halbleiter-Drucksensor 17 derart auf den im Gehäuse 18 befindlichen Sockel 13 montiert, dass die vom Sockel 13 abgewandte erste Seite der Messmembran 21 in einem im Gehäuse 18 befindlichen Innenraum 27 weist, dem der erste Druck p_1 zugeführt ist.
- [0039] Der zweite Druck p_2 wird der zweiten Seite der Messmembran 21 über eine Druckzuleitung 28 zugeführt, die durch den Sockel 13 und das Zwischenstück 15 hindurch führt und in einer unter der Messmembran 21 eingeschlossenen von dem Träger 19 und dem Zwischenstück 15 abgeschlossenen Druckmesskammer 31 mündet. Die Druckzuleitung 28 ist durch eine Bohrung 29 im Zwischenstück 15 und eine daran

anschließende weitere Bohrung 30 im Sockel 13 gebildet. Die Bohrung 29 ist mittig im Zwischenstück 15 angeordnet. Sie verläuft parallel zu dessen Längsachse L und mündet sockelseitig. Die Bohrung 29 führt durch das Zwischenstück 15 hindurch und mündet in der unter der Messmembran 21 eingeschlossenen von dem Träger 19 und dem Zwischenstück 15 abgeschlossenen Druckmesskammer 31. Die weitere Bohrung 30 führt durch den Sockel 13 hindurch. Sie ist mittig im Sockel 13 angeordnet, verläuft parallel zu dessen Längsachse L, und mündet in die Bohrung 29 im Zwischenstück 15. Beide Bohrungen 29, 30 verlaufen entlang der Längsachse L des jeweiligen Bauteils, die mit der Längsachse L der Messeinrichtung zusammen fällt und vorzugsweise durch die Mitte der Messmembran 21 führt.

[0040] Erfindungsgemäß weist das Zwischenstück 15 eine im Inneren des Zwischenstücks 15 verlaufende ringförmig umlaufende Ausnehmung 33 auf, die zu einer dem Sockel 13 zugewandten Seite des Zwischenstücks 15 hin offen ist. Fig. 8 zeigt das Zwischenstück 15 des in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiels im Detail. Die Ausnehmung 33 ist derart ausgebildet, dass durch sie im Inneren der Ausnehmung 33 ein erster zylindrischer Abschnitt 35 des Zwischenstücks 15 und ein sockelseitig daran angrenzender zweiter zylindrischer Abschnitt 37 entsteht. Der zweite zylindrische Abschnitt 37 weist einen größeren Außendurchmesser auf als der erste zylindrische Abschnitt 35. Die Ausnehmung 33 umschließt den dünneren ersten zylindrischen Abschnitt 35 und den sockelseitig daran angrenzenden dickeren zweiten zylindrischen Abschnitt 37. Hierzu besteht die Ausnehmung 33 aus einer die Bohrung 29 konzentrisch umgebenden zylindrischen Nut 39 an die auf deren vom Sockel 13 abgewandten Seite eine hohlzylinderförmige Ausnehmung 41 angrenzt, deren Außendurchmesser gleich dem Außendurchmesser der Nut 39 ist, und deren Innendurchmesser geringer als der Innendurchmesser der Nut 39 ist. Entsprechend ist der Außendurchmesser des durch die Ausnehmung 33 freiliegenden ersten Abschnitts 35 geringer als der Außendurchmesser des durch die Ausnehmung 33 freiliegenden zweiten zylindrischen Abschnitts 37.

- [0041] Der zweite Abschnitt 37 weist eine dem Sockel 13 zugewandte kreisringscheibenförmige auf einer freiliegenden formgleichen Stirnfläche des Sockels 13 aufliegende Stirnfläche 43 auf, die eine Verbindungsfläche bildet über die das Zwischenstück 15 mit dem Sockel 13 mechanisch fest verbunden ist. Die Verbindung erfolgt vorzugsweise durch eine Klebung oder eine Lötung. Dabei ist der Außendurchmesser des Sockels 13 vorzugsweise gleich dem Außendurchmesser des zweiten Abschnitts 37, so dass die Ausnehmung 33 über die sockelseitige Mündung der Nut 39 nach unten geöffnet ist. Durch die Ausnehmung 33 ist ein äußerer sockelseitig frei liegender Teilabschnitt 40 von dem ersten und dem zweiten Abschnitt 35, 37 abgetrennt.
- [0042] Durch die erfindungsgemäße Form der Ausnehmung 33 wird erreicht, dass der Außendurchmesser des sockelseitigen zweiten Abschnitts 37 unabhängig von dem Außendurchmesser des ersten Abschnitts 35 dimensioniert werden kann. Dabei bewirkt der dünnere erste Abschnitt 35 zusammen mit der sockelseitigen Öffnung der Ausnehmung 33 eine zuverlässige Entkopplung der Messmembran 21 von durch die mechanische Verbindung des Zwischenstücks 15 mit dem Sockel 13 verursachten mechanischen Spannungen. Vorzugsweise ist der Außendurchmesser des ersten Abschnitts 35 geringer als der Außendurchmesser der Messmembran 21.
- [0043] Die größere Außendurchmesser des zweiten Abschnitts 37 gewährleistet, dass eine große Verbindungsfläche für die mechanische Verbindung zwischen dem Sockel 13 und dem Zwischenstück 15 zur Verfügung steht.
- [0044] Die Herstellung der erfindungsgemäßen Druck-Messeinrichtungen erfolgt vorzugsweise unter Verwendung von in der MEMS Technologie verwendeten Prozessen. Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren ist hier zunächst anhand der in Fig. 2 dargestellten Druck-Messeinrichtung zur Messung von Differenz- oder Relativdrücken näher erläutert.
- [0045] Zentrales Element ist dabei die Herstellung des Zwischenstücks 15. Das Zwischenstück 15 wird vorzugsweise aus drei formgleichen Siliziumscheiben 45, 47, 49 aufgebaut. Die Grundfläche der Siliziumscheiben 45, 47, 49 ist die an die Geometrie des

Halbleiter-Drucksensors 17 angepasst. D.h., in Verbindung mit einem Halbleiter-Drucksensor 17 mit rechteckiger Grundfläche werden Siliziumscheiben 45, 47, 49 mit rechteckiger Grundfläche eingesetzt, in Verbindung mit einem Halbleiter-Drucksensor 17 mit kreisförmiger Grundfläche entsprechend solche mit kreisförmiger Grundfläche. Die Siliziumscheiben 45, 47, 49 weisen beispielsweise einen Durchmesser bzw. eine Seitenlänge von ca. 100 mm und eine Dicke von ca. 500 µm auf.

- [0046] In dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel werden alle Siliziumscheiben 45, 47, 49 beidseitig oxidiert, so dass sie auf deren beiden scheibenförmigen Außenseiten jeweils eine Oxidschicht 51 aufweisen. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich.
- [0047] Anschließend wird jede Siliziumscheibe 45, 47, 49 mit einer Mittelbohrung 53 versehen. Dieser Zustand ist in Fig. 3 dargestellt. Die Mittelbohrungen 53 können mechanisch erzeugt werden. Vorzugsweise werden sie jedoch durch einen trockenchemischen Ätzvorgang hergestellt.
- [0048] Nachfolgend werden zwei der Siliziumscheiben, hier die erste Siliziumscheibe 45 und die zweite Siliziumscheibe 47 bündig aufeinander gesetzt und miteinander durch Bonden verbunden. Dies ist in Fig. 4 dargestellt. Die Ausrichtung (Alignment) der beiden Siliziumscheiben 45, 47 erfolgt dabei vorzugsweise über die Mittelbohrungen 53 der beiden Siliziumscheiben 45, 47.
- [0049] Die Bondverbindung erfolgt vorzugsweise mittels Waferdirektbonden bei hoher Temperatur, insb. bei einer Temperatur von 1000°C bis 1100° C, wobei sich mindestens eine Oxidschicht 51 zwischen der ersten und der zweiten Siliziumscheibe 45, 47 befindet.
- [0050] In einem nachfolgenden Arbeitsgang wird ein konzentrisch zur Scheibenmitte angeordneter ringscheibenförmiger Bereich 55 der zweiten Siliziumschicht 47 weggeätzt. Der Bereich 55 ist in Fig. 4 gestrichelt dargestellt. Er weist einen Außendurchmesser auf, der gleiche dem Außendurchmesser der Ausnehmung 33 ist, und er weist einen Innendurchmesser auf, der gleich dem Außendurchmesser des dünneren ersten zylindrischen Abschnitts 35 des Zwischenstücks 15 ist.

- [0051] Zur Entfernung des Bereichs 55 wird vorzugsweise die auf der von der ersten Siliziumschicht 45 abgewandten Seite der zweiten Siliziumschicht 47 vorhandene äußere Oxidschicht 51 mittels Lithographie strukturiert und der Bereich 55 mittels einer trocken chemischen Tiefenätzung entfernt. Dies bietet den Vorteil, dass die äußere Oxidschicht 51 als Maske für die nachfolgende Trockentiefenätzung zur Verfügung steht. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die zwischen der ersten und der zweiten Siliziumschicht 45, 47 eingeschlossenen Oxidschichten 51 aufgrund der hohen Ätzselektivität zwischen Silizium und Siliziumoxid einen wirksamen Ätzstopp bilden.
- [0052] Durch die Entfernung des Bereichs 55 entsteht die in Fig. 5 dargestellte ringscheibenförmige Ausnehmung 41, die im Endzustand den ersten zylindrischen Abschnitt 35 umgibt.
- [0053] Anschließend wird die dritte Siliziumscheibe 49 auf die zweite Siliziumscheibe 47, wie in Fig. 6 dargestellt, bündig aufgesetzt. Die dritte Siliziumscheibe 49 liegt dann auf der von der ersten Siliziumscheibe 45 abgewandten Seite der zweiten Siliziumscheibe 47 auf. Die Ausrichtung (Alignment) der dritten Siliziumscheibe 49 gegenüber dem Verbund der beiden anderen Siliziumscheiben 45, 47 erfolgt dabei vorzugsweise über die Mittelbohrungen 53 der Siliziumscheiben 45, 47, 49. Die dritte Siliziumscheibe 49 wird nun mit der zweiten Siliziumscheibe 47 durch Bonden verbunden werden. Die Bondverbindung erfolgt auch hier vorzugsweise mittels Waferdirektbonden bei hoher Temperatur, insb. bei einer Temperatur von 1000°C bis 1100° C, wobei sich mindestens Oxidschicht 51 zwischen der zweiten und der dritten Siliziumscheibe 47, 49 befindet. Die Gesamtdicke des auf diese Weise gebildeten Waferverbundes beträgt nun beispielsweise ca. 1,5 mm.
- [0054] In einem nachfolgenden Arbeitsgang wird ein konzentrisch zur Scheibenmitte angeordneter hohlzylindrischer Bereich 57 der dritten Siliziumschicht 49 weggeätzt. Der Bereich 57 ist in Fig. 6 gestrichelt dargestellt. Er weist einen Außendurchmesser auf, der gleiche dem Außendurchmesser der Ausnehmung 33 ist, und er weist einen Innendurchmesser auf, der gleich dem Außendurchmesser des zweiten

zylindrischen Abschnitts 37 ist.

- [0055] Zur Entfernung des Bereichs 57 wird vorzugsweise die auf der von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandten Seite der dritten Siliziumschicht 49 vorhandene äußere Oxidschicht 51 mittels Lithographie strukturiert und der Bereich 57 mittels einer trocken chemischen Tiefenätzung entfernt. Dies bietet den Vorteil, dass die äußere Oxidschicht 51 als Maske für die nachfolgende Trockentiefenätzung zur Verfügung steht.
- [0056] Durch die Entfernung des Bereichs 57 entsteht die in Fig. 7 dargestellte zylindrische Nut 39, die im Endzustand den zweiten zylindrischen Abschnitt 37 des Zwischenstücks 15 umgibt. Die zylindrische Nut 39 bildet zusammen mit der daran angrenzenden ringscheibenförmigen Ausnehmung 41 die Ausnehmung 33.
- [0057] Die Bohrung 29 wird durch die im Endzustand aneinander angrenzenden Mittelbohrungen 53 der Siliziumscheiben 45, 47, 49 gebildet. Der Durchmesser der Bohrung 29 beträgt vorzugsweise mindestens 0,8 mm und die Wandstärken der die Bohrung 29 umgebenden ersten und zweiten zylindrischen Abschnitts 35, 37 betragen vorzugsweise mindestens 2 mm.
- [0058] Anschließend wird der Halbleiter-Differenzdrucksensor 17 auf einer von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandten Seite der ersten Siliziumschicht 45 befestigt. Hierzu wird vorzugsweise ein Bondverfahren eingesetzt. Die Wahl des Verfahrens ist dabei abhängig von der Temperaturbeständigkeit des Halbleiter-Drucksensors 17. Ist der Halbleiter-Drucksensor 17 in diesem Herstellungsstadium ein bereits vollständig strukturierter und metallisierter Chip, so erfolgt die Verbindung vorzugsweise mittels Niedertemperatur-Siliziumdirektbonds. Hierzu wird die auf der von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandten Seite der ersten Siliziumschicht 45 befindliche Oxidschicht 51 entfernt und die von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandte Seite der ersten Siliziumschicht 45 chemisch poliert. Dies geschieht vorzugsweise mittels einer sukzessiven isotropen nass- oder trockenchemischen Ätzung.
- [0059] Anschließend wird der Halbleiter-Drucksensor 17 auf der polierten Oberfläche mittels Niedertemperatur-Siliziumdirektbonds bei Temperaturen unterhalb von 400°C befestigt.

- [0060] Kann der Halbleiter-Drucksensor 17 dagegen auch nach dessen Befestigung auf dem Zwischenstück 15 strukturiert und metallisiert werden, so erfolgt die Verbindung vorzugsweise mittels Hochtemperatur-Waferbonden, wobei hierzu auf der dem Halbleiter-Drucksensor 17 zugewandten Seite der ersten Siliziumscheibe 45 die Oxidschicht 51 vorzusehen ist. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, dass die Fügeflächen nicht die hohen für das Direktbonden erforderlichen Anforderungen zu erfüllen haben, und dass eine festere Bindung erzielt wird.
- [0061] Abschließend wird das Zwischenstück 15 auf den Sockel 13 aufgeklebt oder aufgelötet.
- Die Klebung kann beispielsweise mittels eines Epoxidharzklebers erfolgen. Hierzu wird die auf der von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandten Seite der dritten Siliziumschicht 47 gegebenenfalls befindliche Oxidschicht 51 entfernt, und das Zwischenstück 15 auf den Sockel 13 mit Epoxidharz aufgeklebt. Die Oxidschicht 51 kann beispielsweise mittels eines Ätzvorganges entfernt werden. Dabei wird vorzugsweise ein Ätzverfahren gewählt, dass eine raue Oberfläche erzeugt, da Epoxidharzkleber auf rauen Oberflächen besser haftet.
- [0062] Die Klebung kann aber auch mittels eines Silikonkautschuks erfolgen. Hierzu wird die auf der von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandten Seite der dritten Siliziumschicht 49 gegebenenfalls befindliche Oxidschicht 51 entfernt, und die von der zweiten Siliziumschicht 47 abgewandten Seite der dritten Siliziumschicht 49 chemisch poliert. Beide Vorgänge werden vorzugsweise in einem einzigen Arbeitsgang mittels einer sukzessiven nass- oder trockenchemischen isotropen Ätzung ausgeführt. Abschließend wird das Zwischenstück 15 auf den Sockel 13 mit Silikonkautschuk aufgeklebt.
- [0063] Silikonkautschuk wird vorzugsweise für Druck-Messeinrichtungen zur Erfassung von Drücken von weniger als 100 mbar verwendet. Epoxidharzkleber ist dagegen auch für höhere Druckmessbereiche einsetzbar.
- [0064] Wenn auf beiden Außenseiten des in Fig. 7 dargestellten Verbundes nun zu entfernende Oxidschichten 51 vorgesehen sind, so empfiehlt es sich,

die die Entfernung beider Oxidschichten 51 in einem Arbeitsgang vorzunehmen, bevor der Halbleiter-Drucksensor 17 aufgebracht wird. Das Ergebnis ist in Fig. 8 dargestellt.

- [0065] Die Erfindung ist nicht auf Druck-Messeinrichtungen zur Erfassung von Differenzdrücken oder von Relativdrücken beschränkt. Sie ist in analoger Weise auch in Druck-Messeinrichtungen zur Erfassung von Absolutdrücken einsetzbar. Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Druck-Messeinrichtung zur Erfassung von Absolutdrücken. Aufgrund der großen Übereinstimmung mit dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel werden nachfolgend lediglich die bestehenden Unterschiede näher erläutert.
- [0066] Der grundsätzliche Aufbau ist identisch zu dem in Fig. 2 dargestellten. Dementsprechend umfasst die in Fig. 10 dargestellte Druck-Messeinrichtung zur Erfassung von Absolutdrücken einen Sockel 13', ein auf dem Sockel 13' angeordnetes mit dem Sockel 13' verbundenes Zwischenstück 15' aus einem Halbleiter, und einen auf dem Zwischenstück 15' angeordneten mit dem Zwischenstück 15' verbundenen Halbleiter-Drucksensor 17 mit dem Träger 19 und der Messmembran 21.
- [0067] Im Unterschied zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel wird der Messmembran 21 nur der zu messende Druck p , zugeführt. Dies erfolgt auf die gleiche Weise, wie die Zufuhr des Druckes p_1 im vorherigen Ausführungsbeispiel. Dementsprechend ist eine durchgängig durch den Sockel 13' und das Zwischenstück 15' hindurchführende in einer Druckmesskammer 31 mündende Druckzufuhrleitung 28 nicht erforderlich. Stattdessen befindet sich unter der Messmembran 21 eine von der Messmembran 21, deren Träger 19 und dem Zwischenstück 15' vollständig abgeschlossene evakuierte Kammer 61. Eine Bohrung im Zwischenstück 15' ist für die Druckzufuhr nicht erforderlich. Da die Bohrung jedoch die mechanische Entkopplung verstärkt, kann auch bei Absolutdruck-Messeinrichtungen eine Bohrung im Zwischenstück 15' vorgesehen werden. Im Unterschied zur Bohrung 29 ist diese Bohrung hier eine sockelseitig mündende Sacklochbohrung 59.
- [0068] Zur mechanischen Entkopplung der Messmembran 21 von

temperatur-abhängigen Verspannungen, wie sie durch die mechanische Verbindung zwischen dem Sockel 13' und dem Zwischenstück 15' hervorgerufen werden können, ist auch hier erfindungsgemäß im Zwischenstück 15' eine im Inneren des Zwischenstücks 15' verlaufende ringförmig umlaufende Ausnehmung 33 vorgesehen, die derart geformt ist, das ein dünner erster zylindrischer Abschnitt 35 und ein sockelseitig daran angrenzender dickerer zweiter zylindrischer Abschnitt 37 entsteht. Die Ausnehmung 33 umschließt die beiden Abschnitte 35, 37, und ist zu einer dem Sockel 13' zugewandten Seite des Zwischenstücks 15' hin offen. Sockel 13' und Zwischenstück 15' sind auf die zuvor bereits anhand der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiels beschriebene Weise mechanisch fest miteinander verbunden. Im Unterschied zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel kann die im vorherigen Ausführungsbeispiel vorgesehene Bohrung 30 im Sockel 13' entfallen.

[0069] Das Herstellungsverfahren erfolgt analog zu dem zuvor beschriebenen Herstellungsverfahren für den in Fig. 2 dargestellten Druck-Messaufnehmer. Der einzige Unterschied besteht darin, dass anstelle der ersten Siliziumscheibe 45 eine beidseitig eine Oxidschicht 51 aufweisende erste Siliziumscheibe 45' verwendet wird, die keine Mittelbohrung 53 aufweist. Diese Siliziumscheibe 45' bildet die Rückwand der Sacklochbohrung 59 im Zwischenstück 15' und schließt die Kammer 61 sockelseitig vollständig ab. Der resultierende das Zwischenstück 15' bildende Schichtenverbund ist in Fig. 11 zusammen mit dem darauf angeordneten Halbleiter-Drucksensor 17 dargestellt.

Tabelle 1

1	Halbleiter-Drucksensor
3	Träger
5	Messmembran
7	Zwischenstück
9	Sockel
11	Ringnut
13, 13'	Sockel

15, 15'	Zwischenstück
17	Halbleiter-Drucksensor
18	Gehäuse
19	Träger
21	Messmembran
23	Sensorelemente
25	Anschlussleitungen
27	Innenraum
28	Druckzuleitung
29	Bohrung
30	Bohrung
31	Druckmesskammer
33	Ausnehmung
35	erster zylindrischer Abschnitt
37	zweiter zylindrischer Abschnitt
39	Nut
40	hohlzylindrischer frei liegender Teilabschnitt des Zwischenstücks
41	hohlzylinderförmige Ausnehmung
43	Stirnfläche
45, 45'	erste Siliziumscheibe
47	zweite Siliziumscheibe
49	dritte Siliziumscheibe
51	Oxidschicht
53	Mittelbohrung
55	Bereich der zweiten Siliziumschicht
57	Bereich der dritten Siliziumschicht
59	Sacklochbohrung
61	evakuierte Kammer

Ansprüche

1. 1. Druck-Messeinrichtung, mit
 - einem Sockel (13, 13'),
 - einem auf dem Sockel (13, 13') angeordneten mit dem Sockel (13, 13') verbundenen Zwischenstück (15, 15') aus einem Halbleiter, und
 - einem auf dem Zwischenstück (15, 15') angeordneten mit dem Zwischenstück (15, 15') verbundenen Halbleiter-Drucksensor (17) mit
 - einem Träger (19) und einer Messmembran (21), bei dem
 - im Zwischenstück (15;15') eine im Inneren des Zwischenstücks (15, 15') verlaufende ringförmig umlaufende Ausnehmung (33) vorgesehen ist,
 - die einen ersten zylindrischen Abschnitt (35) und einen sockelseitig daran angrenzenden zweiten zylindrischen Abschnitt (37) des Zwischenstücks (15, 15') umschließt, wobei der zweite zylindrische Abschnitt (37) einen größeren Außendurchmesser aufweist als der erste zylindrische Abschnitt (35), und
 - die zu einer dem Sockel (13, 13') zugewandten Seite des Zwischenstücks (15, 15') hin offen ist, und
 - der zweite zylindrische Abschnitt (37) eine dem Sockel (13, 13') zugewandte auf einer freiliegenden Stirnfläche des Sockels (13, 13') aufliegende Stirnfläche aufweist, die eine Verbindungsfläche bildet über die das Zwischenstück (15, 15') mit dem Sockel (13, 13') mechanisch fest verbunden ist.
2. 2. Druck-Messeinrichtung nach Anspruch 1, zur Erfassung von Differenzdrücken oder Relativdrücken, bei dem
 - im Zwischenstück (15) eine mittig angeordnete parallel zu dessen Längsachse (L) verlaufende sockelseitig mündende Bohrung (29) vorgesehen ist,
 - die Bohrung (29) durch das Zwischenstück (15) hindurch führt und in einer unter der Messmembran (21) von der Messmembran (21), deren Träger (19) und dem Zwischenstück (15) eingeschlossenen Druckmesskammer (31) mündet,
 - im Sockel (13) eine mittig angeordnete parallel zu dessen Längsachse (L) verlaufenden weitere Bohrung (30) vorgesehen ist, die in die Bohrung

- (29) im Zwischenstück (15) mündet, und
- die Bohrung (29) im Zwischenstück (15) und die damit verbundene Bohrung (30) im Sockel (13) eine Druckzufuhrleitung (28) bilden.
3. 3. Druck-Messeinrichtung nach Anspruch 1 zur Erfassung von Absolutdrücken, mit
- einer unter Messmembran (21) von der Messmembran (21), deren Träger (19) und dem Zwischenstück (15') vollständig abgeschlossenen evakuierten Kammer (61), und
 - einer im Zwischenstück (15') vorgesehenen parallel zu dessen Längsachse (L) verlaufenden eine sockelseitig mündenden Sacklochbohrung.
4. 4. Druck-Messeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Außendurchmesser des durch die Ausnehmung freiliegenden ersten zylindrischen Abschnitts (35) geringer als der Außendurchmesser der Messmembran (21) ist.
5. 5. Druck-Messeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem
- der Halbleiter-Drucksensor (17) ein Sensor auf Siliziumbasis ist,
 - das Zwischenstück (15, 15') aus Silizium besteht, und
 - der Sockel (13, 13') aus Metall oder aus Keramik besteht.
6. 6. Druck-Messeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Zwischenstück (15, 15') und der Sockel (13, 13') miteinander durch eine Klebung oder eine Lötung mechanisch fest verbunden sind.
7. 7. Verfahren zur Herstellung einer Druck-Messeinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Zwischenstück aus einer ersten, einer zweiten und einer dritten Siliziumscheibe (45, 45', 47, 49) hergestellt wird, in dem
- die erste und die zweite Siliziumscheibe (45, 45', 47) bündig aufeinander gesetzt und durch Bonden miteinander verbunden werden,
 - ein konzentrisch zur Scheibenmitte angeordneter ringscheibenförmiger Bereich (55) der zweiten Siliziumschicht (47) weggeätzt wird,
 - wobei dieser Bereich (55) einen Außendurchmesser aufweist, der gleiche dem Außendurchmesser der Ausnehmung (33) ist und ein Innendurchmesser aufweist, der gleich dem Außendurchmesser des ersten zylindrischen Abschnitts (35) ist,

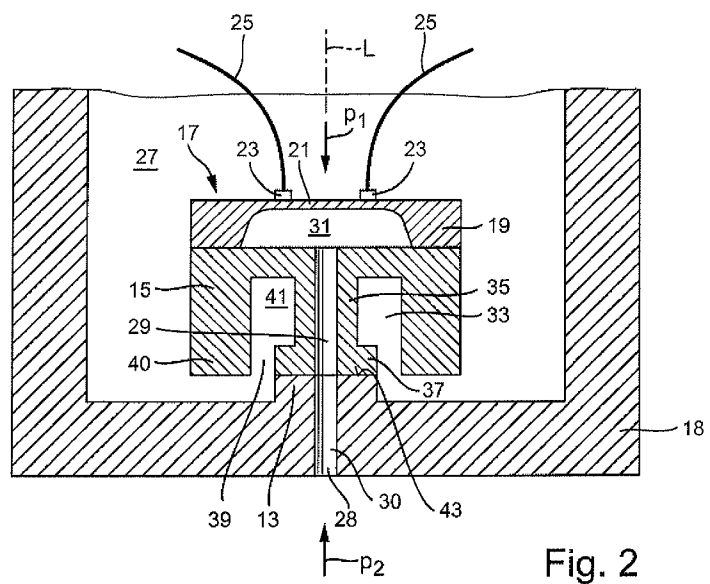
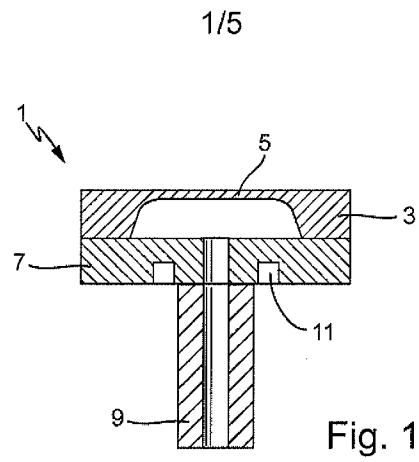
- eine dritte Siliziumscheibe (49) auf die zweite Siliziumscheibe (47) bündig aufgesetzt und mit dieser durch Bonden verbunden wird,
 - ein konzentrisch zur Scheibenmitte angeordneter hohlzylindrischer Bereich (57) der dritten Siliziumschicht (49) weggeätzt wird,
 - wobei dieser Bereich (57) einen Außendurchmesser aufweist, der gleich dem Außendurchmesser der Ausnehmung (33) ist, und einen Innendurchmesser aufweist, der gleich dem Außendurchmesser des zweiten zylindrischen Abschnitts (37) ist, und
 - der Halbleiter-Drucksensor (17) auf einer von der zweiten Siliziumschicht (47) abgewandten Seite der ersten Siliziumschicht (45) befestigt wird.
8. 8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem
- die erste und/oder die zweite Siliziumscheibe (45, 47) auf einer oder auf beiden Außenflächen eine Oxidschicht (51) aufweist, und die erste und die zweite Siliziumscheibe (45, 47) miteinander durch Hochtemperatur-Waferbonden verbunden, wobei sich mindestens eine der Oxidschichten (51) zwischen der ersten und der zweiten Siliziumscheibe (45, 47) befindet, und
 - die zweite und/oder die dritte Siliziumscheibe (47, 49) auf einer oder auf beiden Außenflächen eine Oxidschicht (51) aufweist, und die zweite und die dritte Siliziumscheibe (47, 49) miteinander durch Hochtemperatur-Waferbonden verbunden werden, wobei sich mindestens eine der Oxidschichten (51) zwischen der zweiten und der dritten Siliziumscheibe (47, 49) befindet.
9. 9. Verfahren zur Herstellung einer Druck-Messeinrichtung nach Anspruch 7, bei dem die Befestigung des Halbleiter-Drucksensors (17) derart erfolgt, dass
- die von der zweiten Siliziumschicht (47) abgewandten Seite der ersten Siliziumschicht (45, 45'), insb. mittels einer isotropen Ätzung, chemisch poliert wird, und
 - der Halbleiter-Drucksensor (17) mittels Niedertemperatur-Siliziumdirektbonden auf der polierten Oberfläche befestigt wird.
10. 10. Verfahren zur Herstellung einer Druck-Messeinrichtung nach

Anspruch 7, bei dem

- die von der zweiten Siliziumschicht (47) abgewandten Seite der dritten Siliziumschicht (49), insb. mittels einer isotropen Ätzung, chemisch poliert wird, und
- das Zwischenstück (15, 15') auf den Sockel (13, 13') mittels eines Silikonkautschuks aufgeklebt wird.

11. 11. Verfahren zur Herstellung einer Druck-Messeinrichtung nach Anspruch 7, bei dem das Zwischenstück (15, 15') auf dem Sockel (13, 13') mittels eines Epoxidharzklebers aufgeklebt wird.

1/5



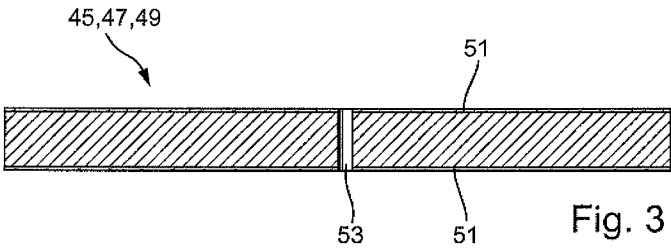


Fig. 3

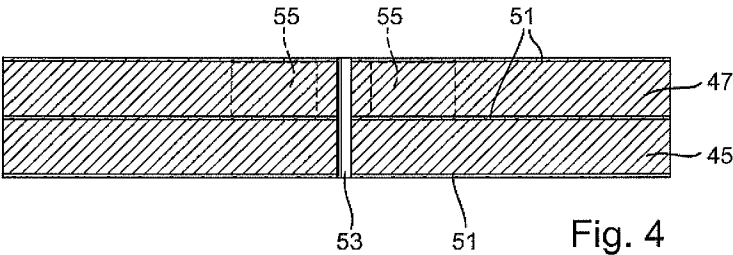


Fig. 4

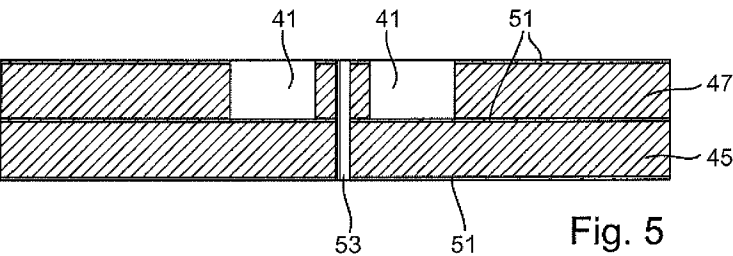
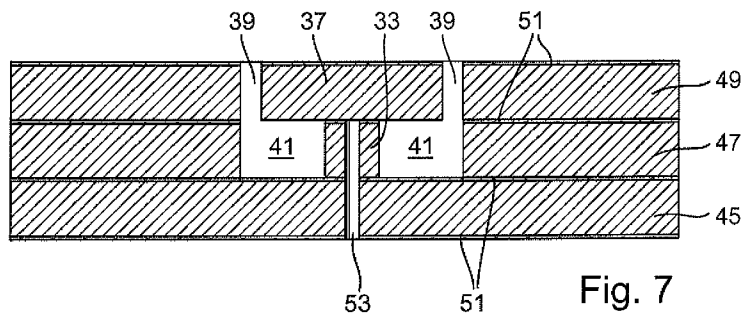
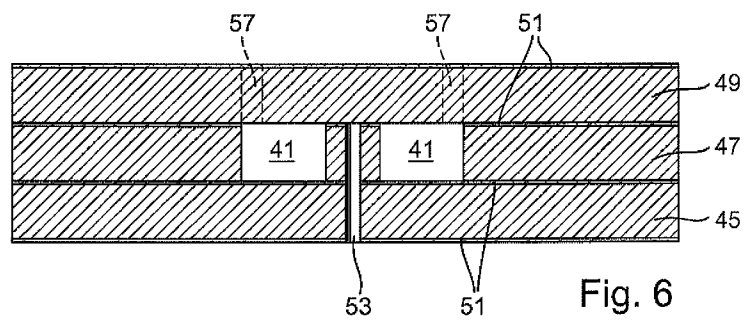


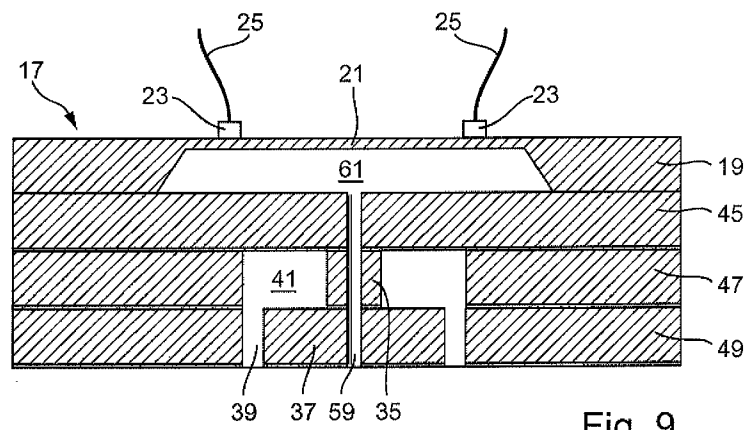
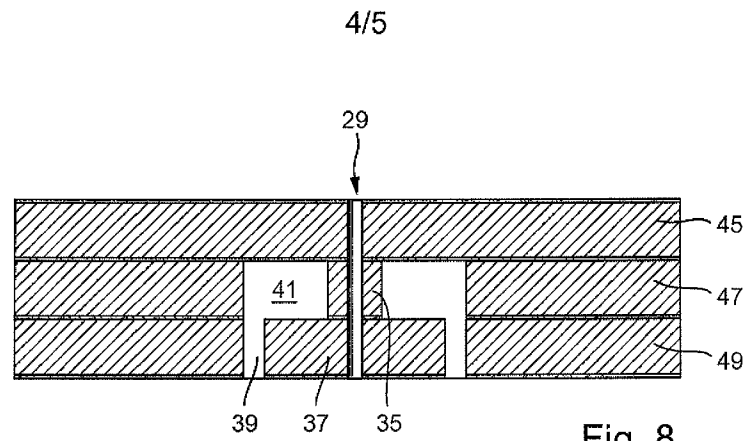
Fig. 5

3/5

3/5



4/5



5/5

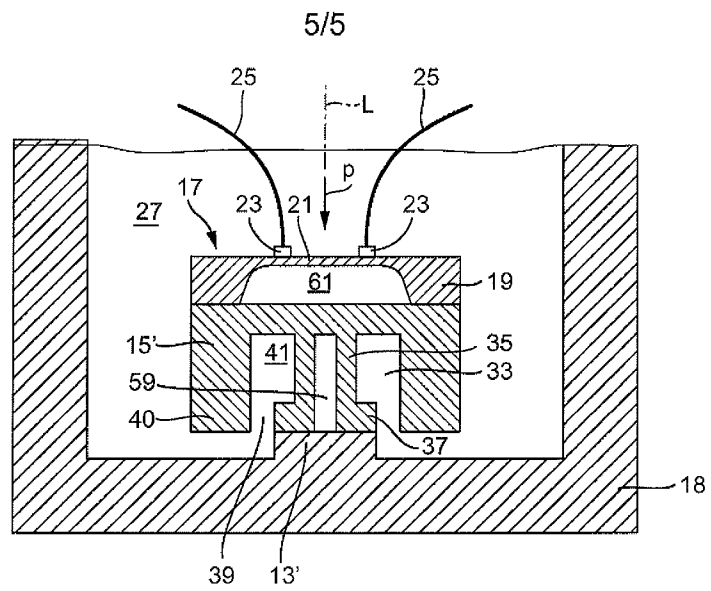


Fig. 10

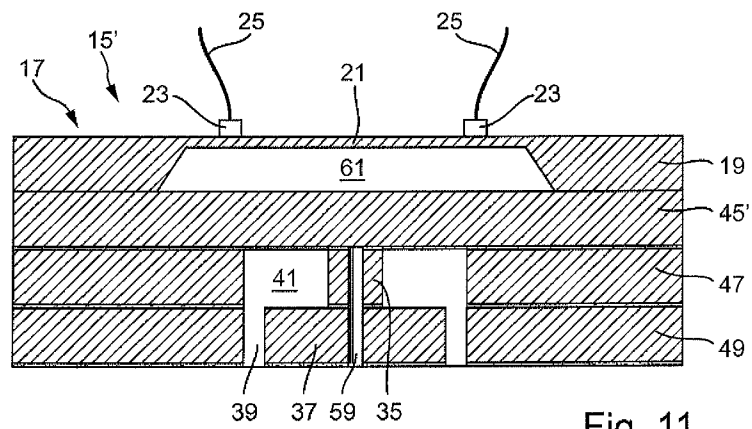


Fig. 11