



(10) **DE 10 2008 000 128 B4** 2013.01.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 000 128.7**
(22) Anmeldetag: **22.01.2008**
(43) Offenlegungstag: **21.08.2008**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **03.01.2013**

(51) Int Cl.: **B81B 7/02 (2006.01)**
B81B 3/00 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)
G01L 9/04 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2007-019316 30.01.2007 JP
2007-031413 12.02.2007 JP

(73) Patentinhaber:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(74) Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS, KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354, Freising, DE

(72) Erfinder:
Yokura, Hisanori, Kariya, Aichi, JP; Isobe, Yoshihiko, Kariya, Aichi, JP; Kawasaki, Eishi, Kariya, Aichi, JP

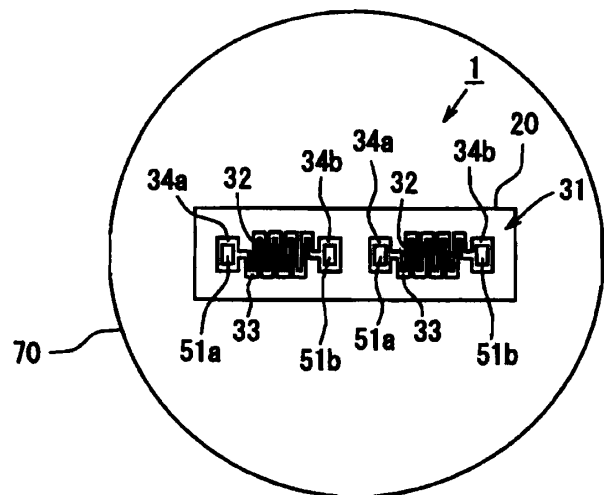
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	44 04 931	A1
DE	10 2005 027 463	A1
DE	693 18 957	T2
DE	697 00 021	T2
US	6 635 910	B1
US	4 840 067	A
EP	0 801 293	B1
JP	7 011 461	A
JP	5 343 705	A

(54) Bezeichnung: **Halbleitersensorvorrichtung und deren Herstellungsverfahren**

(57) Hauptanspruch: Halbleitersensorvorrichtung umfassend einen Halbleitersensor (1) und einen Körper (70), der einen Hohlrohrenabschnitt (70a) und einen Bodenabschnitt (70b) aufweist, wobei der Bodenabschnitt (70b) eine Öffnung des Hohlrohrenabschnitts (70a) bedeckt, wobei der Halbleitersensor (1) aufweist:

eine Halbleiterschicht (30), die mindestens einen Messbereich (31) aufweist, der dazu ausgelegt ist, in Übereinstimmung mit einer Höhe einer darauf ausgeübten physikalischen Größe deformiert zu werden, wobei der Messbereich (31) aus der Halbleiterschicht (30) durch Ätzen strukturiert ist, sodass gerade und gebogene Abschnitte (32, 33) und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b) entstehen und die geraden und gebogenen Abschnitte (32, 33) einen elektrischen Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b) bilden, der sich mit einer Änderung der Höhe der ausgeübten physikalischen Größe ändert, wobei die Halbleiterschicht (30) auf dem Bodenabschnitt (70b) angeordnet ist und diesen berührt und auf der dem Bodenabschnitt (70b) abgewandten Seite der Halbleiterschicht (30) ein isolierender Film (40) vorgesehen...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleitersensorvorrichtung und deren Herstellungsverfahren.

[0002] In einem Halbleiter-Drucksensor, der in der US 6 635 910 B1 offenbart ist, ist ein hoch dotierter Bereich, der als ein Messbereich dient, durch ein Ionenimplantationsverfahren, ein thermisches Diffusionsverfahren und dergleichen an einem Oberflächenabschnitt eines Halbleitersubstrats ausgebildet. Das Halbleitersubstrat des Halbleiter-Drucksensors ist an einem verdünnten Abschnitt eines zu erfassenden Objekts befestigt. Wenn ein Druck aufgenommen wird, wird der verdünnte Abschnitt des Objekts in Übereinstimmung mit einer Höhe des aufgenommenen Drucks deformiert. Das Halbleitersubstrat (das heißt der Messbereich), der an dem verdünnten Abschnitt befestigt ist, wird entsprechend deformiert. Ein elektrischer Widerstand des Messbereichs ändert sich in Übereinstimmung mit einem Deformationsgrad des Messbereichs. Deshalb kann der auf das Objekt ausgeübte Druck auf der Grundlage des elektrischen Widerstands des Messbereichs erfasst werden. Eine Dicke des Oberflächenabschnitts des Halbleitersubstrats, an dem der Messbereich ausgebildet ist, ist 2 Mikrometer bzw. μm und eine gesamte Dicke des Halbleitersubstrats ist zwischen 10 μm und 14 μm .

[0003] Es ist schwierig, eine Tiefe einzustellen, zu welcher Ionen implantiert werden, um den hoch dotierten Bereich auszubilden. Bei einem derartigen herkömmlichen Drucksensor wird deshalb, nachdem das Ionenimplantationsverfahren beendet worden ist, das thermische Diffusionsverfahren durchgeführt, um eine gleichmäßige Störstellenkonzentration des hoch dotierten Bereichs gleichmäßig zu erzielen.

[0004] Jedoch ist es schwierig, die Diffusion in dem Halbleitersubstrat zu steuern. Deshalb können auch dann, wenn das thermische Diffusionsverfahren durchgeführt wird, Änderungen des Störstellenprofils auftreten. Die Änderungen des Störstellenprofils führen zu Änderungen des elektrischen Widerstands des Messbereichs. Die Änderungen des elektrischen Widerstands des Messbereichs verursachen eine Verringerung einer Erfassungsgenauigkeit. Das gleiche Problem kann bei anderen Halbleitersensoren, wie zum Beispiel einem Halbleiter-Temperatursensor, welcher eine Volumenänderung aufgrund einer Temperaturänderung eines Objekts als eine Änderung eines elektrischen Widerstands eines Messbereichs erfasst, auftreten.

[0005] In einer Druck-Erfassungsvorrichtung, die in der US 4 840 067 A offenbart ist, die der JP-A-H7-11461 entspricht, ist ein derartiger Halbleiter-Drucksensor an einer Membran befestigt, die

durch ein Glas eines niedrigen Schmelzpunkts integral mit einem metallischen Sockel ausgebildet ist. Um eine Wärmebelastung zu verringern, ist es erforderlich, dass der metallische Sockel (das heißt, die Membran) aus einem Material besteht, das einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der in der Nähe eines Wärmeausdehnungskoeffizienten eines Halbleitersubstrats (das heißt, Silizium) des Halbleiter-Drucksensors ist. Daher besteht der metallische Sockel aus einem besonderen Material, wie zum Beispiel Kovar, welches teurer ist und eine geringere Bearbeitbarkeit als ein übliches Material, wie zum Beispiel rostfreier Stahl bzw. SUS, aufweist. Da ein Gehäuse zum Unterbringen des metallischen Sockels aus einem üblichen Material besteht, kann der Sockel nicht durch Schweißen an dem Gehäuse befestigt werden. Weiterhin wird das Glas eines niedrigen Schmelzpunkts während eines Verbindungsverfahrens geschmolzen, in welchem der Halbleiter-Drucksensor an der Membran des metallischen Sockels befestigt wird. Daher kann das Glas eines niedrigen Schmelzpunkts bezüglich der Membran nicht genau angeordnet werden. Als Ergebnis kann der Halbleiter-Drucksensor von einer richtigen Stelle auf der Membran verschoben sein. Die Verschiebung des Halbleiter-Drucksensors verursacht eine Verringerung einer Erfassungsgenauigkeit.

[0006] Die DE 10 2005 027 463 A1 offenbart einen Drucksensor mit einem Metallstab, welcher eine Membran und ein Halbleitersubstrat aufweist, in welchem eine Isolierschicht zwischen ersten und zweiten Halbleiterschichten eingesetzt ist. Dehnungsmesser sind auf einem vorbestimmten Bereich der ersten Halbleiterschicht des Halbleitersubstrats zum Umwandeln einer Krümmung der Membran in ein elektrisches Signal ausgebildet. In dem Drucksensor erstrecken sich die Dehnungsmesser von einer Oberfläche der ersten Halbleiterschicht aus bis zu der Isolierschicht. Des Weiteren besitzt die zweite Halbleiterschicht einen Aussparungsabschnitt, welcher von einer Oberfläche der zweiten Halbleiterschicht aus bis zu der Isolierschicht eine Aussparung bildet und an einer Position entsprechend dem vorbestimmten Bereich vorgesehen ist. Die Membran ist in den Aussparungsabschnitt eingesetzt, und die Isolierschicht ist an einer Oberfläche der Membran in dem Aussparungsabschnitt befestigt.

[0007] Die DE 693 18 957 T2 offenbart eine Druckerfassungsvorrichtung in Form eines linearen Hochdruckwandlers mit einem zylindrischen Metallgehäuse, das einen Druckdurchgang aufweist, der mit einer Druckeinlassöffnung zum Einbringen von Druck in den Druckdurchgang versehen ist. Ein Sockelabschnitt des Metallgehäuses nimmt eine Membran an einer ersten Seite und eine Öffnung an einer zweiten Seite auf, wobei der eingebrachte Druck durch die Öffnung auf eine hintere Oberfläche der Membran ausgeübt wird. Ein Sensorelement besitzt einen

Erfassungsbereich, eine vordere Oberfläche, die mit dem Erfassungsbereich versehen ist, und eine hintere Oberfläche, die direkt an einer vorderen Oberfläche der Membran befestigt ist.

[0008] Weitere relevante Druckmesser sind bekannt aus der EP 0 801 293 B1 und der DE 697.00 021 T2.

[0009] Im Hinblick auf das zuvor beschriebene Problem ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Halbleitersensorvorrichtung zum genauen Erfassen einer physikalischen Größe und ein Verfahren zum Herstellen der Halbleitersensorvorrichtung zu schaffen.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der nebengeordneten Ansprüche 1, 10, 12, 15 oder 17.

[0011] Vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung bilden den Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Gemäß einem Beispiel beinhaltet ein Halbleitersensor eine Isolierschicht, eine Halbleiterschicht, die auf der Isolierschicht angeordnet ist, und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen. Die Halbleiterschicht weist mindestens einen Messbereich auf, der dazu ausgelegt ist, in Übereinstimmung mit einer Höhe einer darauf ausgeübten physikalischen Größe deformiert zu werden. Die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen sind jeweils derart mit unterschiedlichen Positionen des Messbereichs verbunden, dass sich ein elektrischer Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen mit einer Änderung der Höhe der ausgeübten physikalischen Größe ändern kann. Ionen, die in die Halbleiterschicht implantiert sind, bleiben ohne Dringen durch die Isolierschicht in der Halbleiterschicht. Die Ionen, die in der Halbleiterschicht bleiben, können zum Beispiel durch ein thermisches Diffusionsverfahren gleichmäßig über die Halbleiterschicht diffundiert werden. Daher wird eine Störstellenkonzentration der Halbleiterschicht gleichmäßig.

[0013] Gemäß einem weiteren Beispiel beinhaltet ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleitersensors ein Vorbereiten eines Silizium-auf-Isolator- bzw. SOI-Substrats, das ein Trägersubstrat, eine eingebettete Isolierschicht, die auf dem Trägersubstrat angeordnet ist, und ein Halbleitersubstrat beinhaltet, das auf der Isolierschicht angeordnet ist. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein Ausbilden mindestens eines Messbereichs an der Halbleiterschicht auf eine derartige Weise, dass der Messbereich in Übereinstimmung mit einer Höhe einer darauf ausgeübten physikalischen Größe deformiert wird. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein Verbinden von ersten und zwei-

ten Kontaktierungsanschlussflächen mit unterschiedlichen Positionen des Messebereichs.

[0014] Gemäß einem weiteren Beispiel beinhaltet eine Druck-Erfassungsvorrichtung ein Gehäuse, einen metallischen Sockel und einen Sensorchip, der einen Erfassungsbereich beinhaltet. Das Gehäuse weist ein Druckdurchgang auf, der mit einer Druckeinlassöffnung zum Einbringen von Druck in den Druckdurchgang versehen ist. Der metallische Sockel weist eine Membran an einer ersten Seite und eine Öffnung an einer zweiten Seite auf. Der Sockel ist auf eine derartige Weise in dem Druckdurchgang angeordnet, dass der eingebrachte Druck durch die Öffnung auf eine hintere Oberfläche der Membran ausgeübt wird.

[0015] Gemäß einem weiteren Beispiel beinhaltet ein Verfahren zum Herstellen einer Druck-Erfassungsvorrichtung ein Vorbereiten eines Gehäuses, das einen Druckdurchgang aufweist, der mit einer Druckeinlassöffnung zum Einbringen von Druck in den Druckdurchgang versehen ist. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein Anordnen eines metallischen Sockels, welcher eine Membran an einer ersten Seite und eine Öffnung an einer zweiten Seite aufweist, auf eine derartige Weise in dem Druckdurchgang, dass der eingebrachte Druck durch die Öffnung auf eine hintere Oberfläche der Membran ausgeübt wird. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein Vorbereiten eines Sensorchips, welcher einen Erfassungsbereich beinhaltet und eine vordere Oberfläche aufweist, die mit dem Erfassungsbereich versehen ist. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein Aktivieren einer vorderen Oberfläche der Membran und einer hinteren Oberfläche des Sensorchips. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein Erzeugen einer elektrostatischen Anziehungskraft zwischen der vorderen Oberfläche der Membran und der hinteren Oberfläche des Sensorchips. Das Verfahren beinhaltet weiterhin ein direktes Verbinden der aktivierten hinteren Oberfläche des Sensorchips mit der aktivierten vorderen Oberfläche der Membran durch die elektrostatische Anziehungskraft.

[0016] Die vorliegende Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.

[0017] Es zeigt:

[0018] [Fig. 1](#) eine Darstellung einer Draufsicht eines Halbleiter-Drucksensors, welcher an einem Sockel befestigt ist, gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0019] [Fig. 2](#) eine Darstellung eines Querschnitts von [Fig. 1](#);

[0020] **Fig. 3** eine Darstellung einer vergrößerten Querschnittsansicht des Halbleiter-Drucksensors von **Fig. 1**;

[0021] **Fig. 4A** bis **Fig. 4F** Darstellungen eines Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Drucksensors von **Fig. 1**;

[0022] **Fig. 5** eine **Fig. 4F** entsprechende Darstellung eines weiteren Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Drucksensors von **Fig. 1**;

[0023] **Fig. 6** eine Darstellung eines weiteren Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Drucksensors von **Fig. 1**;

[0024] **Fig. 7** eine **Fig. 3** entsprechende Darstellung einer Querschnittsansicht eines Halbleiter-Drucksensors gemäß einer Ausgestaltung des ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0025] **Fig. 8** eine Darstellung einer Draufsicht eines Messbereichs eines Halbleiter-Drucksensors gemäß einer weiteren Ausgestaltung des ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0026] **Fig. 9A** und **Fig. 9B** Darstellungen eines weiteren Herstellungsverfahrens des Halbleiter-Drucksensors von **Fig. 1**;

[0027] **Fig. 10** eine Darstellung einer Querschnittsansicht einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0028] **Fig. 11** eine Darstellung einer vergrößerten Teilansicht eines eingekreisten Abschnitts von **Fig. 10**;

[0029] **Fig. 12** eine Darstellung einer Explosionsansicht von **Fig. 10**;

[0030] **Fig. 13** eine Darstellung eines Verbindungsverfahrens, in welchem ein Sensorchip direkt mit einem Sockel der Druck-Erfassungsvorrichtung von **Fig. 10** verbunden wird;

[0031] **Fig. 14** eine **Fig. 11** entsprechende Darstellung einer Querschnittsansicht eines Sensorchips und eines Sockels einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0032] **Fig. 15** eine Darstellung einer Querschnittsansicht eines Sensorchips einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0033] **Fig. 16** eine Darstellung einer Querschnittsansicht eines Sensorchips einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einer Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

vorrichtung gemäß einer Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0034] **Fig. 17** eine **Fig. 11** entsprechende Darstellung einer Querschnittsansicht eines Sensorchips und eines Sockels einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0035] **Fig. 18** eine **Fig. 11** entsprechende Darstellung einer Querschnittsansicht eines Sensorchips und eines Sockels einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0036] **Fig. 19** eine **Fig. 11** entsprechende Darstellung einer Querschnittsansicht eines Sensorchips und eines Sockels einer Druck-Erfassungsvorrichtung gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0037] Es wird auf die **Fig. 1** bis **Fig. 3** verwiesen. Ein Halbleitersensor **1** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist im Wesentlichen in der Mitte einer Außenoberfläche einer oberen Wand eines hohlen zylindrischen Sockels **70** befestigt, der aus einem metallischen Material, wie zum Beispiel Aluminium bzw. Al, einer Aluminiumlegierung oder dergleichen, besteht. Der Halbleitersensor **1** beinhaltet einen Messbereich **31**, der an einer Halbleiterschicht auf einer eingebetteten Isolierschicht **20** eines Silizium-auf-Isolator- bzw. SOI-Substrats ausgebildet ist. Obgleich die **Fig. 2** und **Fig. 3** einen Messbereich darstellen, beinhaltet der Halbleitersensor **1** in der Praxis zwei Messbereiche **31**, die in Reihe angeordnet sind, um eine Halbbrückenschaltung auszubilden, wie es in **Fig. 1** gezeigt ist.

[0038] Der Messbereich **31** ist dünn und weist zum Beispiel eine Dicke von 1 Mikrometer bzw. um auf. Der Messbereich **31** weist einen Zickzack-Abschnitt und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** auf. Der Zickzack-Abschnitt weist eine Mehrzahl von geraden und gebogenen Abschnitten **32**, **33** auf, die miteinander verbunden sind, um eine Zickzack-Form auszubilden. Die Zickzack-Form lässt zu, dass ein elektrischer Widerstand des Messbereichs **31** auf einen Soll-Wert festgelegt wird, ohne die Abmessung des Messbereichs bezüglich eines verdünnten Abschnitts **70b** des Sockels **70** zu erhöhen. Daher kann die Abmessung des Halbleitersensors klein gemacht werden.

[0039] Der Zickzack-Abschnitt weist ein erstes Ende, das mit der ersten Kontaktierungsanschlussfläche **34a** verbunden ist, und ein zweites Ende auf, das mit der zweiten Kontaktierungsanschlussfläche **34b** verbunden ist. Der Halbleitersensor **1** kann über

die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** elektrisch mit einer externen Vorrichtung verbunden sein. Die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** sind mit ersten bzw. zweiten Elektroden **51a**, **51b** versehen, die aus einem metallischen Material, wie zum Beispiel Aluminium bzw. Al, einer Aluminiumlegierung oder dergleichen, bestehen.

[0040] Der Sockel **70** beinhaltet einen Röhrenabschnitt **70a** und einen verdünnten Abschnitt **70b**. Der Röhrenabschnitt **70a** weist eine Dicke auf, die ausreicht, um als ein Haltefuß zu dienen. Der verdünnte Abschnitt **70b** ist integral mit dem Röhrenabschnitt **70a** ausgebildet, um einen Hohlraum des Röhrenabschnitts **70a** zu bedecken. Der verdünnte Abschnitt **70b** ist dünn genug, um in Übereinstimmung mit einer Änderung des Drucks in Umgebungsatmosphäre deformiert zu werden.

[0041] Der Messbereich **31** ist auf der Isolierschicht **20** ausgebildet, welche über ein Klebeelement **80**, wie zum Beispiel ein Glas eines niedrigen Schmelzpunkts, an einer Außenoberfläche des verdünnten Abschnitts **70b** des Sockels **70** befestigt ist. Zum Beispiel weist die Isolierschicht **20** eine Dicke von 1 µm auf und besteht aus Siliziumoxid bzw. SiO₂. Der Messbereich **31** ist durch die Isolierschicht **20** elektrisch von dem verdünnten Abschnitt **70b** des Sockels **70** isoliert.

[0042] Wie es in [Fig. 3](#) gezeigt ist, ist der Messbereich **31** mit einem Isolierfilm **40** bedeckt, um die elektrische Isolation des Messbereichs **31** zu verbessern. Genauer gesagt bedeckt der Isolierfilm **40** die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b**, die geraden und gebogenen Abschnitte **32**, **33** und einen Raum zwischen angrenzenden geraden Abschnitten **32**. Der Isolierfilm **40** weist erste und zweite Durchgangslöcher **40a**, **40b** auf, die jeweils in entsprechenden Positionen zu den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** ausgebildet sind. Die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** liegen über den ersten und zweiten Durchgangslöchern **40a**, **40b** mindestens teilweise nach außerhalb des Isolierfilms **40** frei. Die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** sind über die ersten und zweiten Durchgangslöcher **40a**, **40b** jeweils auf den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen ausgebildet und elektrisch mit diesen verbunden. Daher kann der Messbereich **31** über die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** elektrisch mit der externen Vorrichtung verbunden sein, so dass der Halbleitersensor **1** ein Sensorsignal, das einen erfassten Druck anzeigt, zu der externen Vorrichtung ausgeben kann.

[0043] Weiterhin beinhaltet der Halbleitersensor **1**, wie es in [Fig. 3](#) gezeigt ist, einen Schutzfilm **60**. Der Schutzfilm **60** ist auf dem Isolierfilm **40** ange-

ordnet, um den Halbleitersensor **1** zu schützen. Zum Beispiel weist der Schutzfilm **60** eine Dicke von 50 µm auf und besteht aus Polyimid. Der Schutzfilm **60** weist erste und zweite Durchgangslöcher **60a**, **60b** auf, die jeweils in entsprechenden Positionen zu den ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** ausgebildet sind. Die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** liegen über die ersten und zweiten Durchgangslöcher **60a**, **60b** mindestens teilweise nach außerhalb des Schutzfilms **60** frei, so dass der Halbleitersensor **1** elektrisch mit der externen Vorrichtung verbunden sein kann.

[0044] Der Schutzfilm **60** schützt den Messbereich **31** vor einer externen Kraft, die auf den Halbleitersensor **1** ausgeübt wird. Weiterhin kann der Halbleitersensor **1** durch Halten des Schutzfilms **60** an dem verdünnten Abschnitt **70b** des Sockels **70** befestigt sein. Daher wird die auf den Messbereich **31** ausgeübte Haltekraft durch den Schutzfilm derart verringert, dass der Messbereich **31** vor einer großen Haltekraft geschützt werden kann. Obgleich der Schutzfilm **60** eine große Dicke von 50 µm aufweist, kann eine Deformierbarkeit des Halbleitersensors **1** aufgrund der Tatsache sichergestellt werden, dass der Schutzfilm **60** aus einem weichen Material, wie zum Beispiel Polyimid, besteht.

[0045] In der Praxis beinhaltet der Halbleitersensor **1** zwei Messbereiche **31**, die in Reihe angeordnet sind, um eine Halbbrückenschaltung anzuordnen, wie es in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Da die zwei Messbereiche **31** auf einem einzigen SOI-Substrat ausgebildet sind, können die zwei Messbereiche einfach genau bezüglich einander angeordnet sein. Daher kann eine genaue Halbbrückenschaltung derart ausgebildet werden, dass der Halbleitersensor **1** eine hohe Erfassungsgenauigkeit aufweisen kann.

[0046] Wenn sich ein Druck in der Umgebungsatmosphäre des Halbleitersensors **1** erhöht, erhöht sich ein auf eine Innenoberfläche des verdünnten Abschnitts **70b** ausgeübter Druck. Als Ergebnis wird der verdünnte Abschnitt **70b** stark deformiert. Demgemäß wird der Halbleitersensor **1** (genauer gesagt der Messbereich **31**) stark deformiert. Wenn der Messbereich **31** stark deformiert wird, ändert sich der elektrische Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** stark.

[0047] Wenn sich der Druck in der Umgebungsatmosphäre des Halbleitersensors **1** verringert, verringert sich der Druck, der auf die Innenoberfläche des verdünnten Abschnitts **70b** ausgeübt wird. Als Ergebnis wird der verdünnte Abschnitt **70b** sehr wenig deformiert, das heißt er kehrt zu im Wesentlichen seiner Ursprungsform zurück. Demgemäß kehrt der Halbleitersensor **1** (genauer gesagt der Messbereich **31**) zu im Wesentlichen seiner Ursprungsform zurück. Wenn der Messbereich **31** zu im Wesentlichen sei-

ner Ursprungsform zurückkehrt, ändert sich der elektrische Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** sehr wenig, das heißt er kehrt zu im Wesentlichen seinem Anfangs-Widerstandswert zurück.

[0048] Daher kann der Druck in der Umgebungsumgebung des Halbleitersensors **1** auf der Grundlage der Änderung des elektrischen Widerstands zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** erfasst werden.

[0049] Wie es zuvor erwähnt worden ist, ist der Messbereich **31** an der Halbleiterschicht **30** des SOI-Substrats ausgebildet. Aufgrund von Faktoren, die sich aus Herstellungsverfahren eines SOI-Substrats ergeben, ist es wahrscheinlich, dass eine Störstellenkonzentration einer Halbleiterschicht **30** des SOI-Substrats aus den folgenden Gründen im Wesentlichen gleichmäßig ist.

[0050] Ein typisches SOI-Substrat wird auf eine derartige Weise ausgebildet, dass ein erster Silizium-Wafer, der einen darin ausgebildeten eingebetteten Isolierfilm aufweist, durch ein Wärmekompressionsverfahren mit einem zweiten Silizium-Wafer verbunden wird und dann der zweite Silizium-Wafer teilweise gemasert oder poliert wird. Ein Siliziumbarren für die Silizium-Wafer wird unter Verwendung eines bekannten Czochralski-Verfahrens ausgebildet. In dem Czochralski-Verfahren wird ein Stück (das heißt ein Keim) eines Silizium-Einkristalls, der an einem Klavier- bzw. Stahldraht aufgehängt ist, in eine Siliziumschmelze eingetaucht und wird dann der Klavierdraht allmählich hochgehoben. Der Siliziumkeim wächst über eine lange Zeitdauer zu dem Siliziumbarren und ein Dotieren mit Störstellen wird während des Wachstums des Kristallkeims wiederholt in gegebenen Intervallen durchgeführt. Daher werden die dotierten Störstellen gleichmäßig in den Siliziumbarren diffundiert und weist der Siliziumbarren eine gleichmäßige Störstellenkonzentration auf.

[0051] Daher können, da die Störstellenkonzentration der Halbleiterschicht **30** des SOI-Substrats im Wesentlichen gleichmäßig ist, Änderungen eines Störstellenprofils der Halbleiterschicht **30** verringert werden. Als Ergebnis können Änderungen des elektrischen Widerstands des Messbereichs **31**, der an der Halbleiterschicht **30** ausgebildet ist, derart verringert werden, dass Änderungen einer Druck-Erfassungsgenauigkeit verringert werden können. Daher kann der Halbleitersensor **1** einen Druck genau erfassen.

[0052] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Dicke der Halbleiterschicht **30** (das heißt des Messbereichs **31**) auf $1\ \mu\text{m}$ festgelegt, um eine Steifheit des Messbereichs **31** zu verringern. Weiterhin ist ein Trägersubstrat des SOI-Substrats beseitigt, um eine Steifheit des Halbleiter-

sensors **1** zu verringern. Bei einem derartigen Ansatz kann der Messbereich **31** in Übereinstimmung mit der Deformation des verdünnten Abschnitts **70b** des Sockels **70** genau deformiert werden. Daher kann der Halbleitersensor **1** einen Druck genau erfassen.

[0053] Ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiter-Drucksensors, der den Halbleitersensor **1** aufweist, wird nachstehend unter weiterer Bezugnahme auf die [Fig. 4A](#) bis [Fig. 4F](#) beschrieben. Als Erstes wird, wie es in [Fig. 4A](#) gezeigt ist, ein SOI-Substrat vorbereitet. Das SOI-Substrat weist eine eingebettete Isolierschicht auf, die auf einer Oberfläche eines zum Beispiel aus Silizium bestehenden Träger-substrats **10** ausgebildet ist. Die Isolierschicht **20** besteht aus Siliziumoxid bzw. SiO_2 . Das SOI-Substrat wird durch das bekannte Czochralski-Verfahren und Störstellen-Dotierverfahren ausgebildet, die zuvor erwähnt worden sind. Das SOI-Substrat weist eine Dicke von ungefähr $8\ \mu\text{m}$ auf und eine auf der Isolierschicht **20** des SOI-Substrats ausgebildete Halbleiterschicht weist eine Dicke von ungefähr $1\ \mu\text{m}$ auf. Zum Beispiel weist die Halbleiterschicht **30** eine gleichmäßige Störstellenkonzentration von ungefähr zwischen 1×10^{19} pro Kubikzentimeter bzw. cm^{-3} und $1 \times 10^{20}\ \text{cm}^{-3}$ auf. Wenn die Störstellenkonzentration der Halbleiterschicht **30** in dem Bereich zwischen $1 \times 10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ und $1 \times 10^{20}\ \text{cm}^{-3}$ festgelegt ist, ändert sich ein elektrischer Widerstand des Messbereichs **31** stark mit einer Deformation des Messbereichs **31** und ändert sich eine elektrische Charakteristik des Messbereichs **31** wenig mit einer Temperaturänderung des Messbereichs **31**.

[0054] Nachdem das SOI-Substrat vorbereitet worden ist, wird, wie es in [Fig. 4B](#) gezeigt ist, die Halbleiterschicht **30** des SOI-Substrats zum Beispiel durch ein Ätzverfahren gemustert. Genauer gesagt werden nicht erforderliche Abschnitte der Halbleiterschicht **30** durch das Ätzverfahren beseitigt, um den Messbereich **31** (das heißt gerade und gebogene Abschnitte **32**, **33** und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b**) auszubilden. Wie es zuvor erwähnt worden ist, beinhaltet der Halbleitersensor **1** zwei Messbereiche **31**, die in Reihe angeordnet sind, um eine Halbbrückenschaltung auszubilden. Daher wird, wie es in [Fig. 4B](#) gezeigt ist, die Halbleiterschicht **30** gemustert, um ein Paar von Messbereichen **31** auszubilden.

[0055] Dann wird, wie es in [Fig. 4C](#) gezeigt ist, ein Isolierfilm **40** auf dem Messbereich **31** ausgebildet, um den Messbereich **31** zu bedecken. Der Isolierfilm **40** weist eine Dicke von $1\ \mu\text{m}$ auf und besteht zum Beispiel aus Siliziumoxid bzw. SiO_2 . Genauer gesagt bedeckt der Isolierfilm **40** die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b**, die geraden und gebogenen Abschnitte **32**, **33** und einen Raum zwischen angrenzenden geraden Abschnitten **32**. Weiterhin werden erste und zweite Durchgangs-

löcher **40a**, **40b** jeweils in dem Isolierfilm **40** an Positionen ausgebildet, die Mitten der ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** entsprechen, so dass die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** mindestens teilweise nach außerhalb des Isolierfilms **40** freiliegen können. Der Isolierfilm **40** verringert elektromagnetisches Rauschen, das von dem Messbereich **31** übertragen wird.

[0056] Dann werden, wie es in [Fig. 4D](#) gezeigt ist, erste und zweite Elektroden **51a**, **51b** über die ersten und zweiten Durchgangslöcher **40a**, **40b** jeweils auf den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** ausgebildet und elektrisch mit diesen verbunden. Zum Beispiel bestehen die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** aus einem metallischen Material, wie zum Beispiel Aluminium, einer Aluminiumlegierung oder dergleichen. Alternativ können die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** aus einem Halbleitermaterial, wie zum Beispiel Polysilizium, bestehen. Die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** können durch ein herkömmliches Verfahren, wie zum Beispiel ein Musterungsverfahren unter Verwendung einer Fotomaske, ein Plattierverfahren, ein Tintenstrahlverfahren, ein Maskenabscheidungsverfahren oder dergleichen, ausgebildet werden.

[0057] Nachdem die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** ausgebildet worden sind, wird ein Schutzfilm **60** auf dem Isolierfilm **40** und den ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** ausgebildet, wie es in [Fig. 4E](#) gezeigt ist. Der Schutzfilm **60** weist eine Dicke von 50 µm auf und besteht zum Beispiel aus Polyimid. Weiterhin werden die ersten und zweiten Durchgangslöcher **60a**, **60b** jeweils in dem Schutzfilm **60** an Positionen ausgebildet, die den ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** entsprechen, so dass die ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** mindestens teilweise nach außerhalb des Schutzfilms **60** freiliegen können. Der Schutzfilm **60** schützt den Messbereich **31** vor einer externen Kraft, die auf den Halbleitersensor **1** ausgeübt wird. Weiterhin kann der Halbleitersensor **1** durch Halten des Schutzfilms **60** an dem verdünnten Abschnitt **70b** befestigt werden. Daher wird die auf den Messbereich **31** ausgeübte Haltekraft durch den Schutzfilm **60** derart verringert, dass der Messbereich **31** vor einer großen Haltekraft geschützt werden kann.

[0058] Dann wird, wie es in [Fig. 4F](#) gezeigt ist, das Trägersubstrat **10** des SOI-Substrats allmählich durch mechanisches Polieren des SOI-Substrats von seiner Rückseite beseitigt. Daher ist der Halbleitersensor **1** fertig gestellt, der in [Fig. 3](#) gezeigt ist.

[0059] Nach dem Fertigstellen des Halbleitersensors **1**, wird der Halbleitersensor **1** über das Klebeteil **80**, wie zum Beispiel das Glas eines niedrigen Schmelzpunkts, mit im Wesentlichen der Mitte des

verdünnten Abschnitts **70b** des Sockels **70** verbunden. Daher ist der Halbleiter-Drucksensor fertig gestellt, der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt ist.

Ausgestaltungen des ersten Ausführungsbeispiels

[0060] Das zuvor beschriebene erste Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann auf verschiedene Weisen abgeändert werden. Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung besteht der Sockel **70** aus einem metallischen Material. Alternativ kann der Sockel **70** aus einem anderen Material als einem metallischen Material bestehen. Zum Beispiel kann der Sockel **70** aus einem Harzmaterial, wie zum Beispiel eine hohe Elastizität aufweisendes Gummi, bestehen. Kurz gesagt kann der Sockel **70** aus irgendeinem Material bestehen, das in Übereinstimmung mit einer Änderung eines Drucks einer Umgebungsatmosphäre des Halbleitersensors **1** deformiert werden kann.

[0061] Da der Sockel **70** aus einem metallischen Material besteht, wird die Isolierschicht **20** belassen, um eine elektrische Isolation zwischen dem Messbereich **31** und dem Sockel **70** vorzusehen. Alternativ kann, wenn die elektrische Isolation zwischen dem Messbereich **31** und dem Sockel **70** ohne die Isolierschicht **20** sichergestellt ist, die Isolierschicht **20** beseitigt sein, wie es in [Fig. 5](#) dargestellt ist, welche [Fig. 4F](#) entspricht. Zum Beispiel kann die Isolierschicht **20** durch mechanisches Polieren des SOI-Substrats von seiner Rückseite allmählich beseitigt werden.

[0062] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beinhaltet der Halbleitersensor **1** zwei Messbereiche **31**, welche an einem einzigen SOI-Substrat ausgebildet sind und in Reihe angeordnet sind, um eine Halbbrückenschaltung auszubilden. Daher kann der Halbleitersensor **1** eine hohe Erfassungsgenauigkeit aufweisen. Alternativ kann der Halbleitersensor **1** vier Messbereiche **31** aufweisen, welche an einem einzigen SOI-Substrat ausgebildet sind und in einer Vollbrückenordnung angeordnet sind. Bei einem derartigen Ansatz kann der Halbleitersensor **1** eine höhere Erfassungsgenauigkeit aufweisen. Wenn eine erforderliche Erfassungsgenauigkeit verhältnismäßig niedrig ist, kann der Halbleitersensor **1** einen Messbereich **31** aufweisen, der an einem einzigen SOI-Substrat ausgebildet ist. In diesem Fall kann, wie es in [Fig. 6](#) gezeigt ist, eine Mehrzahl von Messbereichen **31** an einem einzigen SOI-Substrat ausgebildet sein und durch Schneiden des SOI-Substrats mit einer Trennsäge **90** voneinander getrennt sein.

[0063] Wie es in [Fig. 7](#) dargestellt ist, die [Fig. 3](#) entspricht, kann ein zusätzlicher Schutzfilm **41** zwischen dem Isolierfilm **40** und dem Schutzfilm **60** ausgebildet sein. In diesem Fall ist ein Verfahren zum Ausbilden des zusätzlichen Schutzfilms **41** zwischen die Verfah-

ren eingefügt, die durch die [Fig. 4D](#), [Fig. 4E](#) dargestellt sind. Der zusätzliche Schutzfilm **41** wird ausgebildet, um den Isolierfilm **40** und obere und Seitenflächen der ersten und zweiten Elektroden **51a**, **51b** durch zum Beispiel ein chemisches Dampfphasenabscheidungsverfahren mit Plasma bzw. Plasma-CVD-Verfahren zu bedecken. Der zusätzliche Schutzfilm **41** kann zum Beispiel aus Siliziumnitrid bzw. SiN bestehen. Wenn der Messbereich **31** Wasser ausgesetzt wird, fließt ein unerwünschter Strom durch Wasser in den Messbereich **31**. Als Ergebnis treten Änderungen des elektrischen Widerstands des Messbereichs **31** auf und wird die Messgenauigkeit des Halbleitersensors **1** verringert. Der zusätzliche Schutzfilm **41** verhindert sicher, dass der Messbereich **31** Wasser ausgesetzt wird. Daher kann die Messgenauigkeit des Halbleitersensors **1** durch den zusätzlichen Schutzfilm **41** sichergestellt werden.

[0064] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Messbereich **31** mit dem Isolierfilm **40** bedeckt, der eine Fähigkeit einer elektrischen Isolation aufweist, um das elektromagnetische Rauschen zu verringern, das zu dem Messbereich **31** übertragen wird. Alternativ kann der Isolierfilm **40** von dem Halbleitersensor **1** beseitigt sein, wenn die Erfassungsgenauigkeit des Halbleitersensors **1** unberücksichtigt des elektrischen Rauschens, das zu dem Messbereich **31** übertragen wird, sichergestellt werden kann, oder wenn es unwahrscheinlich ist, dass das elektrische Rauschen zu dem Messbereich **31** übertragen wird. Ebenso kann der Schutzfilm **60** aus dem Halbleitersensor **1** beseitigt sein.

[0065] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist der Messbereich **31** eine Zickzack-Form auf, die durch gerade und gebogene Abschnitte **32**, **33** ausgebildet ist. Alternativ kann der Messbereich **31** eine andere Form als eine Zickzack-Form aufweisen. Zum Beispiel kann der Messbereich **31** eine gerade Form oder eine Spiralförmigkeit aufweisen, die in [Fig. 8](#) dargestellt ist. Kurz gesagt kann der Messbereich **31** irgendeine Form aufweisen, die zulässt, dass ein elektrischer Widerstand des Messbereichs **31** auf einen Soll-Wert festgelegt ist.

[0066] Gemäß der Ausgestaltung des ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung wird der Isolierfilm **40** durch mechanisches Polieren des SOI-Substrats von seiner Rückseite beseitigt. Alternativ kann die Isolierschicht **40** durch Nassätzen von der Vorderseite des SOI-Substrats beseitigt werden. Genauer gesagt werden, wie es in [Fig. 9A](#) gezeigt ist, mehrere Löcher **60c**, die die Isolierschicht **40** erreichen, von der Vorderseite des SOI-Substrats ausgebildet. Die Löcher **60c** werden ausgebildet, um die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen **34a**, **34b** und die geraden und gebogenen Abschnitte **32**, **33** zu vermeiden. Dann wird eine Ätzlösung

in die Löcher **60c** gefüllt. Als Ergebnis wird die Isolierschicht **40**, die sich direkt unter dem Messbereich **31** befindet, allmählich aufgelöst. Daher kann der Isolierfilm **20** durch Nassätzen von der Vorderseite des SOI-Substrats beseitigt werden.

[0067] In [Fig. 9A](#) ist die Isolierschicht **20** teilweise beseitigt, das heißt teilweise belassen. Bei einem derartigen Ansatz können, wie es in [Fig. 9](#) gezeigt ist, die Messbereiche **31** durch Schneiden des SOI-Substrats mit einer Trennsäge **90** voneinander getrennt werden. Alternativ kann die Isolierschicht **20** vollständig beseitigt werden, um das Trägersubstrat **10** zu beseitigen.

[0068] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Dicke der Halbleiterschicht **20** ungefähr $1\ \mu\text{m}$ und ist die gesamte Dicke des SOI-Substrats ungefähr $8\ \mu\text{m}$. Alternativ kann die Dicke der Halbleiterschicht **20** gleich oder größer als $1\ \mu\text{m}$ und gleich oder kleiner als $2\ \mu\text{m}$ sein und kann die gesamte Dicke des SOI-Substrats gleich oder kleiner als $10\ \mu\text{m}$ sein.

[0069] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist die Halbleiterschicht **30** eine gleichmäßige Störstellenkonzentration in einem Bereich von ungefähr zwischen $1 \times 10^{19}\ \text{cm}^{-3}$ und $1 \times 10^{20}\ \text{cm}^{-3}$ auf. Die Störstellenkonzentration der Halbleiterschicht **30** kann den Bereich überschreiten, solange die Störstellenkonzentration über die Halbleiterschicht **30** gleichmäßig ist.

[0070] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist die Halbleiterschicht **30** aufgrund von Faktoren, die sich aus Herstellungsverfahren des SOI-Substrats ergeben, eine gleichmäßige Störstellenkonzentration auf. Alternativ kann die Störstellenkonzentration der Halbleiterschicht **30** durch Ionenimplantations- und Thermodiffusionsverfahren, die an der Halbleiterschicht **30** ausgeübt werden, gleichmäßig werden. Genauer gesagt bleiben Ionen, die in die Halbleiterschicht **30** implantiert werden, in der Halbleiterschicht **30**, ohne das Trägersubstrat **10** über die eingebettete Isolierschicht **20** zu erreichen. Die Ionen, die in der Halbleiterschicht **30** bleiben, werden durch das Thermodiffusionsverfahren gleichmäßig über die Halbleiterschicht **30** diffundiert. Daher kann die Konzentration der Halbleiterschicht **30** gleichmäßig werden.

[0071] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Halbleitersensor **1** als ein Drucksensor ausgelegt, um einen Druck zu erfassen. Alternativ kann der Halbleitersensor **1** dazu ausgelegt sein, eine andere physikalische Größe als einen Druck zu erfassen, solange der Messbereich **31** in Übereinstimmung mit der physikalischen Größe derart deformiert werden kann, dass der Widerstand des Messbereichs **31** in Übereinstimmung mit der

physikalischen Größe geändert werden kann. Zum Beispiel kann der Halbleitersensor **1** als ein Lastsensor ausgelegt sein, um eine auf den Messbereich **31** ausgeübte Last zu erfassen. Wenn der Halbleitersensor **1** als ein Temperatursensor ausgelegt ist, ist es bevorzugt, dass die Halbleiterschicht **30** eine gleichmäßige Störstellenkonzentration in einem Bereich von ungefähr $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ und $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ aufweist. Bei einem derartigen Ansatz können Temperaturcharakteristiken des Halbleitersensors **1** stabilisiert werden.

[0072] Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann das Klebeteil **80**, über welches der Halbleitersensor **1** mit dem verdünnten Abschnitt **70b** des Sockels **70** verbunden ist, ein anderes als ein Glas eines niedrigen Schmelzpunkts sein. Zum Beispiel kann das Klebeteil **80** ein organischer Klebstoff, ein Polyimidharz, eine Silberpaste oder dergleichen sein. Wenn der Sockel **70** aus einem metallischen Material besteht, kann der Halbleitersensor **1** ohne das Klebeteil **80** auf eine nachstehend beschriebene Weise direkt mit dem Sockel **70** verbunden sein.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0073] Eine Druck-Erfassungsvorrichtung **200** gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) beschrieben. Zum Beispiel ist die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** in eine Kraftstoffleitung (nicht gezeigt) eines Kraftstoff-Einspritzsystems (zum Beispiel ein System mit einer gemeinsamen Kraftstoffleitung bzw. Common-Rail-System) eines Fahrzeugs eingebaut und wird verwendet, um einen Druck von Kraftstoff in der Kraftstoffleitung zu erfassen.

[0074] Wie es in [Fig. 10](#) gezeigt ist, beinhaltet die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** ein Gehäuse **110**, das eine Außenoberfläche mit einem Schraubengewinde **111** aufweist. Das Gehäuse **110** ist mittels des Schraubengewindes **111** direkt an der Kraftstoffleitung befestigt. Ein Druckdurchgang **112** ist in dem Gehäuse **110** ausgebildet. Der Druckdurchgang **112** weist eine erste Seite (das heißt eine Unterseite von [Fig. 10](#)), die mit einer Druckeinlassöffnung zum Einbringen des Drucks in den Druckdurchgang **112** versehen ist, und eine zweite Seite (das heißt einer Oberseite von [Fig. 10](#)) auf, die mit einem Sockelraum **114** versehen ist. Wenn das Gehäuse **110** an der Kraftstoffleitung befestigt ist, steht der Druckdurchgang **112** mit einem Inneren der Kraftstoffleitung in Verbindung, so dass der Kraftstoffdruck von der Kraftstoffleitung über die Druckeinlassöffnung in den Druckdurchgang **112** eingebracht wird.

[0075] Zum Beispiel kann das Gehäuse **110** aus rostfreiem Stahl (zum Beispiel SUS430, SUS304

oder SUS630) bestehen, welches eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit aufweist. Alternativ kann das Gehäuse **110** aus einem anderen Material als einem rostfreien Stahl bestehen. Zum Beispiel kann das Gehäuse **110** aus einem unlegierten Stahl (zum Beispiel S150), der eine hohe Festigkeit und eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit aufweist, einem mit Zink plattiertem unlegierten Stahl, der eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit aufweist, oder SUSXM7 bestehen, der eine hervorragende Korrosionsbeständigkeit aufweist.

[0076] Ein hohler zylindrischer metallischer Sockel **120** ist in dem Sockelraum **114** des Druckdurchgangs **112** aufgenommen. Der metallische Sockel **120** weist eine Öffnung **112** auf einer ersten Seite (das heißt einer Unterseite von [Fig. 10](#)) und eine Wand auf einer zweiten Seite (das heißt einer Oberseite von [Fig. 10](#)) auf. Die Wand ist verdünnt, um eine Membran **121** auszubilden, die zum Erfassen eines Drucks verwendet wird. Der Druck wird von dem Druckdurchgang über die Öffnung **112** in die Membran **121** eingebracht. Der metallische Sockel **120** weist einen Erweiterungsabschnitt **123** auf seiner Außenoberfläche auf. Der Erweiterungsabschnitt **123** bewirkt, dass der metallische Sockel **120** eine Konusform aufweist, so dass ein Außendurchmesser des metallischen Sockels **120** auf der Oberseite von [Fig. 10](#) kleiner als auf der Unterseite von [Fig. 10](#) ist.

[0077] Der Sockelraum **114** des Druckdurchgangs **112** ist entsprechend einer Außenform des metallischen Sockels **120** derart ausgebildet, dass der metallische Sockel **120** in dem Sockelraum **114** befestigt werden kann. Der Sockelraum **114** weist einen Anschlagsabschnitt **113** auf seiner Innenoberfläche auf. Der Anschlagsabschnitt **113** bewirkt, dass der Sockelraum **114** auf der Oberseite von [Fig. 10](#) kleiner als an der Unterseite von [Fig. 10](#) ist.

[0078] Wenn der metallische Sockel **120** in dem Sockelraum **114** des Druckdurchgangs **112** aufgenommen wird, ist eine Kante des metallischen Sockels **120** zu einer Kante **114a** des Sockelraums ausgerichtet. Die Kante des Sockelraums **120** ist durch ein Schweißteil **115** an die Kante **114a** des Sockelraums **114** geschweißt, so dass der metallische Sockel **120** an dem Sockelraum **114** des Druckdurchgangs **112** befestigt ist, wobei der Erweiterungsabschnitt **123** des metallischen Sockels **120** gegen den Anschlagsabschnitt **113** des Sockelraums **114** des Druckdurchgangs **112** gedrückt wird.

[0079] Bei einem derartigen Ansatz sind der Erweiterungsabschnitt **123** und der Anschlagsabschnitt **113** in einem engen Kontakt miteinander, um einen Dichtungsabschnitt **K** auszubilden. Der Dichtungsabschnitt **K** dichtet zwischen dem Gehäuse **110** und dem metallischen Sockel **120**, genauer gesagt zwischen der Innenoberfläche des Sockelraums **114** des

Druckdurchgangs **112** und der Außenoberfläche des metallischen Sockels **120**, ab. Die Dichtung zwischen dem Gehäuse **110** und dem metallischen Sockel **120** wird durch eine Druckkraft erzielt, die durch den Erweiterungsabschnitt **123** auf den Anschlagsabschnitt **113** ausgeübt wird. Eine Richtung der Druckkraft ist von der Unterseite zu der Oberseite von **Fig. 10**. Wenn der zu erfassende Druck in den Druckdurchgang eingebracht wird, nimmt der metallische Sockel **120** eine Kraft von dem eingebrachten Druck auf. Ähnlich der Druckkraft ist eine Richtung der Kraft des eingebrachten Drucks von der Unterseite zu der Oberseite von **Fig. 10**. Daher wird, wenn der Druck gemessen wird, die Druckkraft, die durch den Erweiterungsabschnitt **123** auf den Anschlagsabschnitt **113** ausgeübt wird, durch die eingebrachte Druckkraft derart erhöht, dass die Dichtung zwischen dem Gehäuse **110** und dem metallischen Sockel **120** sichergestellt werden kann. Wenn der eingebrachte Druck größer wird, wird die Dichtung zwischen dem Gehäuse **110** und dem metallischen Sockel **120** verbessert.

[0080] Ein Sensorchip **130**, der hauptsächlich aus monokristallinem Silizium bzw. Si besteht, ist direkt mit der Membran **121** verbunden. Da das Hauptmaterial des Sensorchips **130** Silizium ist, muss der metallische Sockel **120** aus einem Material sein, das ein Elastizitätsmodul aufweist, der nahe einem Elastizitätsmodul von Silizium ist. Weiterhin muss der metallische Sockel **120**, da der metallische Sockel **120** einem hohen Druck ausgesetzt wird, aus einem Material bestehen, das eine hohe Festigkeit aufweist. Weiterhin muss der metallische Sockel **120**, da der metallische Sockel **120** an das Gehäuse **110** geschweißt wird, aus dem gleichen Material wie das Gehäuse **110** bestehen. Weiterhin muss der metallische Sockel **120**, da der metallische Sockel **120** die zylindrische Form ausweist, ein Material aufweisen, das eine gute Bearbeitbarkeit aufweist. In dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung besteht daher der metallische Sockel **120** aus dem gleichen Material wie das Gehäuse **110** und kann zum Beispiel aus einem rostfreien Stahl bestehen.

[0081] Der Sensorchip **130** dient als ein Dehnungsmessstreifen und erfasst eine Dehnung, wenn die Membran **121** durch den Druck deformiert wird, der über die Öffnung **112** zu der Membran **121** eingebracht wird.

[0082] Wie es in **Fig. 11** dargestellt ist, beinhaltet der Sensorchip **130** ein Substrat **131** aus monokristallinem Silizium, einen Dehnungsmessstreifen **132**, einen Isolierfilm **133**, ein Verdrahtungsteil **134** und einen Schutzfilm **135**. Das Substrat **131** aus monokristallinem Silizium weist eine vordere Oberfläche und eine hintere Oberfläche auf. Der Dehnungsmessstreifen **132** ist an einem Oberflächenabschnitt der vorderen Oberfläche des Substrats **131** aus monokristallinem Silizium ausgebildet und zum

Beispiel aus Störstellenschichten aufgebaut, die an dem Oberflächenabschnitt ausgebildet sind, und in einer Anordnung einer Wheatstone-Brücke angeordnet. Der Isolierfilm **133** ist auf der vorderen Oberfläche des Substrats **131** aus monokristallinem Silizium angeordnet, um die vordere Oberfläche des Substrats **131** aus monokristallinem Silizium zu bedecken. Der Isolierfilm **133** weist Kontaktlöcher **133a** auf, durch welche vorbestimmte Abschnitte des Dehnungsmessstreifens **132** nach außerhalb des Isolierfilms **133** freiliegen. Das Verdrahtungsteil **134** ist über die Kontaktlöcher **133a** elektrisch mit den freiliegenden Abschnitten des Dehnungsmessstreifens **132** verbunden. Der Schutzfilm **135** ist auf dem Verdrahtungsteil **134** angeordnet, um das Verdrahtungsteil **134** zu bedecken. Der Schutzfilm **135** weist Durchgangslöcher auf, durch welche elektrische Kontaktierungsanschlussflächen des Verdrahtungsteils **134** nach außerhalb des Schutzfilms **135** freiliegen. Die hintere Oberfläche des Substrats **131** aus monokristallinem Silizium ist direkt mit der vorderen Oberfläche der Membran **121** des metallischen Sockels **120** verbunden.

[0083] Es wird zurück auf **Fig. 10** verwiesen. Die Membran **121** steht von der Innenoberfläche des Gehäuses **110** auf der Oberseite von **Fig. 10** hervor. Eine keramische Leiterplatte **150** ist an dem Gehäuse **110** befestigt, um die Membran **121** zu umgeben.

[0084] Zum Beispiel ist die keramische Leiterplatte **150** durch einen Klebstoff mit der Innenoberfläche des Gehäuses **110** verbunden. Ein IC-Chip bzw. ein Chip einer integrierten Schaltung **152**, der eine Verstärkerschaltung zum Verstärken eines Ausgangssignals des Sensorchips **130**, eine Charakteristik-Kompensationsschaltung und dergleichen aufweist, ist durch einen Klebstoff an der keramischen Leiterplatte **150** befestigt.

[0085] Der IC-Chip **152** ist durch einen Aluminiumkontaktierungsdraht **154** an einen Leiterabschnitt der keramischen Leiterplatte drahtkontaktiert. Ein Stift **156** ist mit Silber an den Leiterabschnitt der keramischen Leiterplatte **150** hartgelötet.

[0086] Die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** beinhaltet einen Verbinderaufbau **169**, der einen Verbinderausanschluss **162**, der aus einem elektrisch leitenden Material besteht, und einen Verbinderkörper aufweist, der aus Harz besteht. Der Verbinderausanschluss **162** ist mit dem Verbinderkörper **164** hinterspritzt bzw. mittels einer Hinterspritz- bzw. Insert-Mold-Verfahrens ausgebildet. Der Verbinderausanschluss **162** ist mittels eines Lasers an den Stift **156** geschweißt. Daher ist die keramische Leiterplatte **150** durch den Stift **156** elektrisch mit dem Verbinderausanschluss **162** verbunden und ist die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** durch den Verbinderausanschluss **162** elektrisch mit einer externen Vorrichtung, wie zum Beispiel ei-

ner elektronischen Steuereinheit eines Fahrzeugs bzw. Fahrzeug-ECU, verbindbar. Der Verbinderaufbau **160** ist zwischen einem Verbindergehäuse **170** und dem Gehäuse **110** befestigt und wird von diesen gehalten.

[0087] Das Verbindergehäuse **170** sieht eine äußere Form des Verbinderaufbaus **160** vor. Das Verbindergehäuse **170** ist durch einen O-Ring **180** integral mit dem Gehäuse **170** verbunden. Daher sind das Gehäuse **110** und das Verbindergehäuse **170** in ein Sensorgehäuse integriert, so dass die elektrischen Komponenten (zum Beispiel der Sensorchip **130**), die in dem Sensorgehäuse angeordnet sind, vor Feuchtigkeit, externer mechanischer Kraft und dergleichen geschützt werden können. Das Verbindergehäuse **170** kann zum Beispiel aus Polyphenylensulfid bzw. PPS bestehen, welches eine hohe Hydrolysebeständigkeit aufweist.

[0088] Ein Verfahren zum Herstellen der Druck-Erfassungsvorrichtung **200** wird nachstehend unter Bezugnahme auf die [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) beschrieben. Als Erstes wird der Sensorchip **130** in einer Vakuumkammer **201** direkt mit dem metallischen Sockel **120** verbunden. Genauer gesagt wird der Sensorchip **130** durch einen Haltearm **202** in der Vakuumkammer **201** gehalten, nachdem die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121** des metallischen Sockels **120** gereinigt worden sind, wenn es erforderlich ist. Dann wird die Vakuumkammer **201** durch eine Vakuumpumpe **203** auf einen vorbestimmten Vakuumpegel evakuiert. Nachdem das Evakuieren der Vakuumkammer beendet worden ist, wird ein schneller Argonstrahl unter Verwendung eines Strahl-Bestrahlers **114** auf die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121** aufgebracht. Das Aufbringen des schnellen Argonstrahls aktiviert die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121**, so dass die aktivierten Oberflächen einfach eine chemische Bindung mit anderen Atomen ausbilden können. Dann wird die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** durch Betätigen des Haltearms **202** mit der vorderen Oberfläche der Membran **121** des metallischen Sockels **120** verbunden.

[0089] Unter normalen Zuständen werden auch dann, wenn die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121** aktiviert werden, die aktivierten Oberflächen mit einem Molekül, wie zum Beispiel einem Wassermolekül, bedeckt. Daher können der Sensorchip **130** und die Membran **121** nicht stark miteinander verbunden werden.

[0090] Da ein derartiges Molekül, das die aktivierten Oberflächen bedeckt, nicht in der Vakuumkammer vorhanden ist, die an dem vorbestimmten Vaku-

umpegel gehalten wird, können die aktivierten Oberflächen einfach eine chemische Bindung mit anderen Atomen in der Vakuumkammer **201** ausbilden. Daher können der Sensorchip **130** und die Membran **121** in der Vakuumkammer **201** stark miteinander verbunden werden. In diesem Fall gibt es kein Erfordernis, eine Temperatur in der Vakuumkammer **201** zu erhöhen. Zum Beispiel können der Sensorchip **130** und die Membran **121** bei Raumtemperatur stark miteinander verbunden werden.

[0091] Das Aktivieren der hinteren Oberfläche des Sensorchips **130** und der vorderen Oberfläche der Membran **121** des metallischen Sockels **120** wird durch Beseitigen von Oberflächenabschnitten der hinteren Oberfläche des Sensorchips **130** und der vorderen Oberfläche der Membran **121** erzielt. Daher können die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121** anders als durch den schnellen Argonstrahl aktiviert werden. Zum Beispiel können die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121** unter Verwendung eines Ionenstrahls anstatt Argon aktiviert werden. Alternativ können die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** und die vordere Oberfläche der Membran **121** durch eine Zerstäubungs- bzw. Sputter-Ätzverfahren unter Verwendung von Plasma, zum Beispiel O₂-Plasma oder N₂-Plasma, aktiviert werden.

[0092] Nachdem der Sensorchip **130** auf die zuvor beschriebene Weise direkt mit der Membran **121** des metallischen Sockels **120** verbunden worden ist, wird der metallische Sockel **120** auf eine derartige Weise durch die Druckeinlassöffnung des Druckdurchgangs **112** eingeführt, dass die Membran **121** zuerst eingeführt wird. Wenn der metallische Sockel **120** in dem Sockelraum **114** des Druckdurchgangs aufgenommen worden ist, werden die Kante **114a** des Sockelraums **114** und die Kante des metallischen Sockels **120** durch das Schweißteil **115** durch einen Laser miteinander verschweißt, wobei der Erweiterungsabschnitt **123** des metallischen Sockels **120** gegen den Anschlagsabschnitt **113** des Sockelraums **114** gedrückt wird.

[0093] Daher sind der Erweiterungsabschnitt **123** und der Anschlagsabschnitt **113** in festen Kontakt miteinander, um den Dichtungsabschnitt **K** auszubilden. Der metallische Sockel **120** wird durch das Schweißteil **115** auf eine derartige Weise an dem Gehäuse **110** befestigt, dass die Dichtung zwischen dem Gehäuse **110** und dem metallischen Sockel **120** sichergestellt ist, so dass der Druck, der in den Druckdurchgang **112** des Gehäuses **110** eingebracht wird, ohne Lecken auf die Membran **121** des metallischen Sockels **120** ausgeübt werden kann.

[0094] Dann wird die keramische Leiterplatte **150**, auf welcher der IC-Chip **152** und der Stift **156** be-

festigt sind, durch einen Klebstoff an der Innenoberfläche des Gehäuses **110** befestigt, um die Membran **121** des metallischen Sockels **120** zu umgeben. Daher kann der Sensorchip **130** ungefähr auf dem gleichen Niveau wie die keramische Leiterplatte **150** sein. Dann werden der Sensorchip **130** und die keramische Leiterplatte **150** durch den Aluminiumkontaktierungsdraht **154** miteinander drahtkontaktiert.

[0095] Dann werden der Verbinderausanschluss **162** des Verbinderaufbaus **160** und der Stift **156**, der an der keramischen Leiterplatte **150** befestigt ist, zum Beispiel durch YAG-Laser-Schweißen laserver-schweißt. Das Verbindergehäuse **170** ist durch einen O-Ring **180** an dem Gehäuse **110** befestigt und durch Biegen eines Hakens **119** des Gehäuses **110**, um in das Verbindergehäuse **170** einzurasten, an dem Gehäuse **110** befestigt. Daher ist die in [Fig. 10](#) dargestellte Druck-Erfassungsvorrichtung **200** fertig gestellt.

[0096] Die Druck-Erfassungsvorrichtung **200**, ist durch Einführen des Schraubengewindes **111** des Gehäuses **110** in ein Schraubenloch (nicht gezeigt) der Kraftstoffleitung an der Kraftstoffleitung befestigt. Der Kraftstoffdruck in der Kraftstoffleitung wird in den Druckdurchgang **112** des Gehäuses **110** eingebracht und dann durch die Öffnung **112** des metallischen Sockels **120** auf die Membran **121** des metallischen Sockels ausgeübt. Die Membran **121** wird durch den Druck deformiert.

[0097] Die Deformation der Membran **121** wird durch den Sensorchip **130** zu einem elektrischen Signal gewandelt. Das elektrische Signal wird durch eine Verarbeitungsschaltung der keramischen Leiterplatte **150** derart verarbeitet, dass der Druck erfasst werden kann. Die Fahrzeug-ECU (nicht gezeigt) steuert ein Einspritzen von Kraftstoff auf der Grundlage des erfassten Drucks. Die Verarbeitungsschaltung kann anstatt der keramischen Leiterplatte **150** in dem Sensorchip **130** integriert sein. Bei einem derartigen Ansatz kann die keramische Leiterplatte **150** beseitigt sein, so dass die Anzahl von Teilen der Druck-Erfassungsvorrichtung **200** verringert sein. Die Herstellungskosten und die Abmessung der Druck-Erfassungsvorrichtung **200** können demgemäß verringert sein.

[0098] Wie es zuvor beschrieben worden ist, ist gemäß der Druck-Erfassungsvorrichtung **200** die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** direkt mit der vorderen Oberfläche der Membran **121** verbunden. Daher kann, da der Sensorchip **130** ohne ein Glas eines niedrigen Schmelzpunkts mit der Membran **121** verbunden ist, der metallische Sockel **120** aus einem anderen Material als Kovar bestehen, welches teurer ist und eine geringe Bearbeitbarkeit aufweist. Zum Beispiel kann der metallische Sockel **120** aus rostfreiem Stahl bzw. SUS bestehen, welches verglichen mit Kovar billig ist und eine hohe Bearbeitbarkeit auf-

weist. Da das Gehäuse **110** und der metallische Sockel **120** aus dem gleichen Material bestehen können, kann der metallische Sockel **120** durch Schweißen an dem Gehäuse **110** befestigt werden.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0099] Das dritte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 14](#) beschrieben. Ein Unterschied zwischen dem zweiten und dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist wie folgt. Gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist eine Dicke L1 der Membran **121** gleich einer Dicke **12** des Sensorchips **130** festgelegt. Genauer gesagt wird, nachdem der Dehnungsmessstreifen **132** und der Isolierfilm **133** an der vorderen Oberfläche des Siliziumsubstrats **131** ausgebildet worden sind, die hintere Oberfläche des Siliziumsubstrats **131** geschliffen oder poliert, bis die Dicke L1 der Membran **121** gleich der Dicke **12** des Sensorchips **130** wird.

[0100] Der Sensorchip **130** und die Membran **121** werden thermisch ausgedehnt und geschrumpft, wenn die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** hergestellt wird und Druck aufnimmt. Als Ergebnis nimmt, während eines des Sensorchips **130** und der Membran **121** eine Dehnbeanspruchung aufnimmt, das andere des Sensorchips **130** und der Membran **121** eine Zugbeanspruchung auf. Der Sensorchip **130** und die Membran **121** weisen einen ähnlichen Elastizitätsmodul auf. Genauer gesagt ist ein Wert des Elastizitätsmoduls des Sensorchips **130** (das heißt von Silizium) **170** GPa und ist ein Wert des Elastizitätsmoduls der Membran **121** (das heißt von rostfreiem Stahl) **190** GPa. Daher kann die auf die Grenzfläche zwischen dem Sensorchip **130** und der Membran **121** ausgeübte Beanspruchung durch Festlegen der Dicke L1 der Membran **121** gleich der Dicke **12** des Sensorchips **130** verringert werden. Daher können der Sensorchip **130** und die Membran **121** für eine lange Zeitdauer zuverlässig miteinander verbunden werden.

Viertes Ausführungsbeispiel

[0101] Das vierte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 15](#) beschrieben. Ein Unterschied zwischen dem zweiten und vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist wie folgt. Gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist der Sensorchip **130** mit einem Silizium-auf-Isolator- bzw. SOI-Substrat **136** anstatt eines Substrats **131** aus monokristallinem Silizium aufgebaut. Wie es in [Fig. 15](#) gezeigt ist, sind der Dehnungsmessstreifen **132**, der Isolierfilm **133**, das Verdrahtungsteil **134** und der Schutzfilm **135** an dem SOI-Substrat **136** ausgebildet. Das SOI-Substrat **136** ist auf eine derartige Weise aufgebaut, dass eine Siliziumschicht **136a**

durch eine Isolierschicht **136c** mit einem Trägersubstrat **136b** verbunden ist. Zum Beispiel wird das SOI-Substrat **136** wie folgt ausgebildet.

[0102] In einem Verfahren zum Ausbilden des SOI-Substrats **136** wird ein Siliziumsubstrat mit dem Trägersubstrat **136b** verbunden und wird dann das Siliziumsubstrat poliert oder geschliffen, um die Siliziumschicht **136a** auszubilden. In einem weiteren Verfahren zum Ausbilden des SOI-Substrats **136** wird ein Silizium-Dünnschicht auf das Trägersubstrat aufgedampft, in Festphase aufgewachsen und durch Laserglühen kristallisiert, um die Siliziumschicht **136a** auszubilden. Der Dehnungsmessstreifen **132** wird an der Siliziumschicht **136a** ausgebildet und von einem Isolierfilm **136d** umgeben, so dass angrenzende Dehnungsmessstreifen **132** elektrisch voneinander getrennt werden können.

[0103] Da der Sensorchip **130** mit dem SOI-Substrat **136** aufgebaut wird, kann der Dehnungsmessstreifen **132** des Sensorchips **130** auch bei einer hohen Temperatur arbeiten. Daher kann die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** in einer Umgebung einer hohen Temperatur, wie zum Beispiel einer Fahrzeug-Brennkammer, verwendet werden, um einen Verbrennungsdruck zu erfassen.

Erste Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels

[0104] Die erste Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 16](#) beschrieben. Gemäß der ersten Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung wird der Dehnungsmessstreifen **132** durch Beseitigen der Siliziumschicht **136a** auf eine derartige Weise, dass lediglich der Dehnungsmessstreifen belassen wird, in einer Mesa-Struktur ausgebildet. Wenn die angrenzenden Dehnungsmessstreifen **132** elektrisch voneinander getrennt sind, kann der Dehnungsmessstreifen **132** in der Mesa-Struktur ausgebildet werden.

Zweite Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels

[0105] Die zweite Ausgestaltung des vierten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung wird nachstehend beschrieben. Obgleich das Trägersubstrat **136b** aus verschiedenen Materialtypen bestehen kann, ist es bevorzugt, dass das Trägersubstrat **136b** aus einem Material besteht, das einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der zwischen einem Wärmeausdehnungskoeffizienten (ungefähr $33 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$) von Silizium und einem Wärmeausdehnungskoeffizienten eines Materials des metallischen Sockels **120** ist. Zum Beispiel ist es, wenn der metallische Sockel **120** aus SUS **304** besteht, welches ei-

nen Wärmeausdehnungskoeffizienten von ungefähr $170 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$ aufweist, aus den folgenden Gründen bevorzugt, dass das Trägersubstrat **136b** aus einem Material besteht, das einen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen $33 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$ und $170 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$ aufweist.

[0106] Wie es zuvor erwähnt worden ist, werden der Sensorchip **130** und die Membran **121** thermisch ausgedehnt und geschrumpft, wenn die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** hergestellt wird und Druck aufnimmt. Da der Sensorchip **130** und die Membran **121** bei Raumtemperaturen direkt miteinander verbunden werden können, kann die auf die Grenzfläche zwischen dem Sensorchip **130** und der Membran **121** ausgeübte Beanspruchung während eines Herstellens der Druck-Erfassungsvorrichtung **200** auf null verringert werden. Jedoch tritt während eines Verwendens der Druck-Erfassungseinrichtung **200** eine Temperaturänderung auf und die Beanspruchung aufgrund der Temperaturänderung wird auf die Grenzfläche zwischen dem Sensorchip **130** und der Membran **121** ausgeübt.

[0107] In dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung hängt, da das Substrat **131** aus monokristallinem Silizium ohne das Trägersubstrat **136b** direkt mit der Membran **121** verbunden ist, die Beanspruchung, die auf die Grenzfläche zwischen dem Siliziumsubstrat **131** und der Membran **121** ausgeübt wird, von einer Differenz eines Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Siliziumsubstrat **131** und der Membran **121** ab. Daher kann eine große Beanspruchung an der Grenzfläche ausgeübt werden.

[0108] In dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Siliziumschicht **136a** durch das Trägersubstrat **136b** mit der Membran **121** verbunden. Daher kann, wenn das Trägersubstrat **136b** aus einem Material besteht, das einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der zwischen einem Wärmeausdehnungskoeffizienten von Silizium und einem Wärmeausdehnungskoeffizienten eines Materials des metallischen Sockels **120** ist, die Beanspruchung, die auf die Grenzfläche zwischen dem Sensorchip **130** und die Membran **121** ausgeübt wird, zwischen einer ersten Grenzfläche zwischen der Membran **121** und dem Trägersubstrat **136b** und einer zweiten Grenzfläche zwischen dem Trägersubstrat **136b** und der Siliziumschicht **136a** verteilt werden. Daher können der Sensorchip **130** und die Membran **121** für eine lange Zeitdauer zuverlässig miteinander verbunden werden. Zum Beispiel kann das Trägersubstrat **136b** aus Glas des Typs Corning 7059, das einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von ungefähr $46 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$ aufweist, oder Aluminiumoxid bestehen, das einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von ungefähr $70 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}$ aufweist.

Fünftes Ausführungsbeispiel

[0109] Das fünfte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 17](#) beschrieben. Ein Unterschied zwischen dem zweiten und fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist wie folgt. Gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind vier Kanten des Sensorchips **130** derart geschnitten, dass jede Ecke der hinteren Oberfläche des Sensorchips **130** einen stumpfen Winkel aufweist.

[0110] Es ist wahrscheinlich, dass eine Beanspruchung, die auf die Grenzfläche zwischen der Membran **121** und dem Sensorchip **130** ausgeübt wird, auf Ecken der Grenzfläche, das heißt Ecken der hinteren Oberfläche des Sensorchips **130**, konzentriert wird. Die Konzentration der Beanspruchung kann durch Erhöhen von Winkeln von Ecken der hinteren Oberfläche des Sensorchips **130** verringert werden. Daher kann, wenn jede Ecke der hinteren Oberfläche des Sensorchips **130** einen stumpfen Winkel aufweist, die Beanspruchung derart verringert werden, dass der Sensorchip **130** und die Membran **121** für eine lange Zeitdauer zuverlässig miteinander verbunden werden können.

Sechstes Ausführungsbeispiel

[0111] Das sechste Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 18](#) beschrieben. Ein Unterschied zwischen dem zweiten und sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist wie folgt. Gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die hintere Oberfläche des Sensorchips **130** (das heißt die hintere Oberfläche des Substrats **131** aus monokristallinem Silizium) mit einem Isolierfilm **137** versehen. Daher kann eine elektrostatische Anziehungskraft zwischen dem Siliziumsubstrat **131** und dem metallischen Sockel **120** durch Anlegen einer Spannung durch das Verdrahtungsteil **134** an das Siliziumsubstrat **131** erzeugt werden. Der Sensorchip **130** und die Membran **121** können unter Verwendung der elektrostatischen Anziehungskraft genau miteinander verbunden werden. Daher wird eine Verbindungsausbeute des Sensorchips **130** bezüglich der Membran **121** erhöht.

Siebtes Ausführungsbeispiel

[0112] Das siebte Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 19](#) beschrieben. Ein Unterschied zwischen dem zweiten und siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist wie folgt. Gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die vordere Oberfläche der Membran **121** mit einem Isolierfilm **124** versehen. Daher

kann ähnlich dem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine elektrostatische Anziehungskraft zwischen dem Siliziumsubstrat **131** und dem metallischen Sockel **120** durch Anlegen einer Spannung durch das Verdrahtungsteil **134** an das Siliziumsubstrat **131** erzeugt werden. Der Sensorchip **130** und die Membran **121** können unter Verwendung der elektrostatischen Anziehungskraft genau miteinander verbunden werden. Daher wird eine Verbindungsausbeute des Sensorchips **130** bezüglich der Membran **121** erhöht.

Ausgestaltungen

[0113] Die zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung könne auf verschiedene Weisen ausgestaltet werden. Zum Beispiel kann der Sensorchip **130** durch ein anderes Verfahren als das Aktivieren der Oberflächen des metallischen Sockels **120** und des Sensorchips **130** direkt mit dem metallischen Sockel **120** verbunden werden. Die Druck-Erfassungsvorrichtung **200** kann dazu ausgelegt sein, einen anderen Druck als den Kraftstoffdruck in der Kraftstoffleitung des Kraftstoff-Einspritzsystems eines Fahrzeugs zu erfassen.

[0114] Derartige Änderungen und Ausgestaltungen verstehen sich als innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung, wie er in den beiliegenden Ansprüchen definiert ist.

[0115] Wie es zuvor beschrieben worden ist, beinhaltet eine Halbleiter-Druckerkfassungsvorrichtung einen metallischen Sockel, der eine Membran und einen Halbleitersensor aufweist, der an der Membran befestigt ist. Der Halbleitersensor beinhaltet einen Messbereich und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen. Der Messbereich ist dazu ausgelegt, in Übereinstimmung mit einer Deformation der Membran deformiert zu werden. Die ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen sind jeweils derart mit unterschiedlichen Positionen des Messbereichs verbunden, dass ein elektrischer Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen mit einer Änderung der Deformation der Membran geändert werden kann. Der Messbereich ist auf einer Halbleiterschicht eines Silizium-auf-Isolator-Substrats ausgebildet. Der Halbleitersensor ist durch Aktivieren von Kontaktoberflächen zwischen dem Halbleitersensor und der Membran direkt mit der Membran verbunden.

Patentansprüche

1. Halbleitersensorvorrichtung umfassend einen Halbleitersensor (**1**) und einen Körper (**70**), der einen Hohlrohrenabschnitt (**70a**) und einen Bodenabschnitt (**70b**) aufweist, wobei der Bodenabschnitt (**70b**) eine Öffnung des Hohlrohrenabschnitts (**70a**) bedeckt, wobei der Halbleitersensor (**1**) aufweist:

eine Halbleiterschicht (30), die mindestens einen Messbereich (31) aufweist, der dazu ausgelegt ist, in Übereinstimmung mit einer Höhe einer darauf ausgeübten physikalischen Größe deformiert zu werden, wobei

der Messbereich (31) aus der Halbleiterschicht (30) durch Ätzen strukturiert ist, sodass gerade und gebogene Abschnitte (32, 33) und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b) entstehen und die geraden und gebogenen Abschnitte (32, 33) einen elektrischen Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b) bilden, der sich mit einer Änderung der Höhe der ausgeübten physikalischen Größe ändert, wobei die Halbleiterschicht (30) auf dem Bodenabschnitt (70b) angeordnet ist und diesen berührt und auf der dem Bodenabschnitt (70b) abgewandten Seite der Halbleiterschicht (30) ein isolierender Film (40) vorgesehen ist.

2. Halbleitersensorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Halbleiterschicht (30) eine Störstellenkonzentration zwischen 1×10^{19} pro Kubikzentimeter und 1×10^{21} pro Kubikzentimeter aufweist.

3. Halbleitersensorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Halbleiterschicht (30) eine Dicke zwischen 1 Mikrometer und 2 Mikrometer aufweist.

4. Halbleitersensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die gebogenen Abschnitte (32, 33) miteinander verbunden sind, um eine Zickzack-Form auszubilden.

5. Halbleitersensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, mit einem ersten Schutzfilm (60), der auf dem isolierenden Film (40) angeordnet ist, um den Halbleitersensor (1) zu schützen.

6. Halbleitersensorvorrichtung nach Anspruch 5, mit einem zweiten Schutzfilm (41), der zwischen dem isolierenden Film (40) und dem ersten Schutzfilm (60) angeordnet ist, um den Messbereich (31) zu schützen.

7. Halbleitersensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Halbleiterschicht (30) eine Mehrzahl von Messbereichen (31) aufweist, die in Reihe angeordnet sind.

8. Halbleitersensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die physikalische Größe der Druck ist.

9. Halbleitersensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die physikalische Größe die Temperatur ist.

10. Verfahren zum Herstellen einer Halbleitersensorvorrichtung umfassend einen Halbleitersensor (1)

und einen Körper (70), der einen Hohlrohrenabschnitt (70a) und einen Bodenabschnitt (70b) aufweist, wobei der Bodenabschnitt (70b) eine Öffnung des Hohlrohrenabschnitts (70a) bedeckt, mit den Schritten:

Vorbereiten eines Silizium-auf-Isolator-Substrats, das ein Trägersubstrat (10), eine eingebettete Isolierschicht (20), die auf dem Trägersubstrat (10) angeordnet ist, und eine Halbleiterschicht (30), die auf der Isolierschicht (20) angeordnet ist, aufweist;

Ausbilden eines Messbereichs (31), der in Übereinstimmung mit einer Höhe einer darauf aufgebracht physikalischen Größe verformbar ist, durch Ätzen der Halbleiterschicht (30), sodass gerade und gebogene Abschnitte (32, 33) und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b) entstehen und die geraden und gebogenen Abschnitte (32, 33) einen elektrischen Widerstand zwischen den ersten und zweiten Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b) bilden, der sich mit einer Änderung der Höhe der ausgeübten physikalischen Größe ändert,

Bedecken des Messbereichs (31) mit einem elektrisch isolierenden Film (40);

Beseitigen des Trägersubstrats (10) und der eingebetteten Isolierschicht (20) des Silizium-auf-Isolator-Substrats, sodass der Halbleitersensor (1) fertiggestellt ist;

Aufbringen des Halbleitersensors (1) auf den Bodenabschnitt (70b).

11. Verfahren nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch Ausbilden eines ersten Schutzfilms (60) auf dem isolierenden Film (40), um den Messbereich (31) zu schützen;

Beseitigen des Trägersubstrats (10) und der eingebetteten Isolierschicht (20) durch die Schritte: Ausbilden einer Mehrzahl von Durchgangslöchern (60c), die sich von einer oberen Oberfläche des ersten Schutzfilms (60) zu einer oberen Oberfläche der eingebetteten Isolierschicht (20) ausdehnen;

Nassätzen der eingebetteten Isolierschicht (20) durch die Mehrzahl von Durchgangslöchern (60c), um die eingebettete Isolierschicht (20) vollständig zu entfernen.

12. Verfahren zum Herstellen eines Halbleitersensors (1) mit den Schritten:

Vorbereiten eines Silizium-auf-Isolator-Substrats, das ein Trägersubstrat (10), eine eingebettete Isolierschicht (20), die auf dem Trägersubstrat (10) angeordnet ist, und eine Halbleiterschicht (30), die auf der Isolierschicht (20) angeordnet ist, aufweist;

Ausbilden eines Messbereichs (31) durch Ätzen der Halbleiterschicht (30), wobei der Messbereich (31) einen Erfassungsbereich (32, 33), der dazu ausgelegt ist, in Übereinstimmung mit einer Höhe einer diesen beaufschlagenden physikalischen Größe verformt zu werden, und erste und zweite Kontaktierungsanschlussflächen (34a, 34b), die mit verschiedenen Positionen des Erfassungsbereichs (32, 33) verbunden sind, aufweist;

Bedecken des Messbereichs (31) mit einem elektrisch isolierenden Film (40);

Ausbilden eines ersten Schutzfilms (60) auf dem isolierenden Film (40), um den Messbereich (31) zu schützen;

Ausbilden einer Mehrzahl von Durchgangslöchern (60c), die sich von einer oberen Oberfläche des ersten Schutzfilms (60) zu einer oberen Oberfläche der eingebetteten Isolierschicht (20) ausdehnen;

Nassätzen der eingebetteten Isolierschicht (20) durch die Mehrzahl von Durchgangslöchern (60c), um die eingebettete Isolierschicht (20) teilweise zu entfernen; und

Beseitigen des Rests der eingebetteten Isolierschicht (20) und des Trägersubstrats (10) unter Verwendung einer Trennsäge (90).

13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 12 mit dem Schritt des Ausbildens eines ersten Schutzfilms (60) auf dem isolierenden Film (40), um den Halbleitersensor (1) zu schützen.

14. Verfahren nach Anspruch 13 mit dem Schritt des Ausbildens eines zweiten Schutzfilms (41) zwischen dem isolierenden Film (40) und dem ersten Schutzfilm (60), um den Messbereich (31) zu schützen.

15. Druck-Erfassungsvorrichtung, die aufweist: ein Gehäuse (110), das einen Druckdurchgang (112) aufweist, der mit einer Druckeinlassöffnung zum Einbringen von Druck in den Druckdurchgang (112) versehen ist;

einen metallischen Sockel (120), der eine Membran (121) an einer ersten Seite und eine Öffnung (122) an einer zweiten Seite aufweist, wobei der Sockel (120) auf eine derartige Weise in dem Druckdurchgang (112) angeordnet ist, dass der eingebrachte Druck durch die Öffnung (122) auf eine hintere Oberfläche der Membran (121) ausgeübt wird; und

einen Sensorchip (130) mit einem monokristallinen Siliziumsubstrat (131), wobei an einer vorderen Oberfläche des Siliziumsubstrats (131) ein Erfassungsbereich vorgesehen ist und das Siliziumsubstrat (131) mit seiner hinteren Oberfläche direkt an einer vorderen Oberfläche der Membran (121) befestigt ist, wobei

die vordere Oberfläche der Membran (121) und die hintere Oberfläche des Siliziumsubstrats (131) aktiviert werden, um direkt miteinander verbunden zu werden,

der metallische Sockel (120) aus einem Material hergestellt ist, das einen Elastizitätsmodul nahezu gleich dem Elastizitätsmodul des Siliziumsubstrats (131) hat, und

eine Dicke (L1) der Membran (121) gleich einer Dicke (L2) des monokristallinen Siliziumsubstrats (131) des Sensorchips (130) ist.

16. Druck-Erfassungsvorrichtung nach Anspruch 15, wobei jede Ecke der hinteren Oberfläche des Siliziumsubstrats (131) einen stumpfen Winkel aufweist.

17. Verfahren zum Herstellen einer Druck-Erfassungsvorrichtung mit den Schritten:

Vorbereiten eines Gehäuses (110), das einen Druckdurchgang (112) aufweist, der mit einer Druckeinlassöffnung zum Einbringen von Druck in den Druckdurchgang (112) versehen ist;

Bereitstellen eines metallischen Sockels (120), der aus einem Material mit einem Elastizitätsmodul nahezu gleich dem Elastizitätsmodul von monokristallinem Silizium hergestellt ist und der eine Membran (121) an einer ersten Seite und eine Öffnung (122) an einer zweiten Seite aufweist,

Anordnen des Sockels (120) in dem Druckdurchgang (112) derart, dass der eingebrachte Druck durch die Öffnung (122) auf eine hintere Oberfläche der Membran (121) ausgeübt wird; und

Bereitstellen eines Sensorchips (130) mit einem monokristallinen Siliziumsubstrat (131), wobei an einer vorderen Oberfläche des Siliziumsubstrats (131) ein Erfassungsbereich (132) vorgesehen ist;

Festlegen der Dicke (L2) des Siliziumsubstrats (131) durch Schleifen oder Polieren gleich der Dicke (L1) der Membran (121); und

direktes Verbinden des Siliziumsubstrats (131) mit seiner hinteren Oberfläche an einer vorderen Oberfläche der Membran (121).

18. Verfahren nach Anspruch 17, gekennzeichnet durch die Schritte:

Aktivieren einer vorderen Oberfläche der Membran (121) und einer hinteren Oberfläche des Siliziumsubstrats (131);

Erzeugen einer elektrostatischen Anziehungskraft zwischen der vorderen Oberfläche der Membran (121) und der hinteren Oberfläche des Siliziumsubstrats (131); und

direktes Verbinden der aktivierten hinteren Oberfläche des Siliziumsubstrats (131) mit der aktivierten vorderen Oberfläche der Membran (121) durch die elektrostatische Anziehungskraft.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

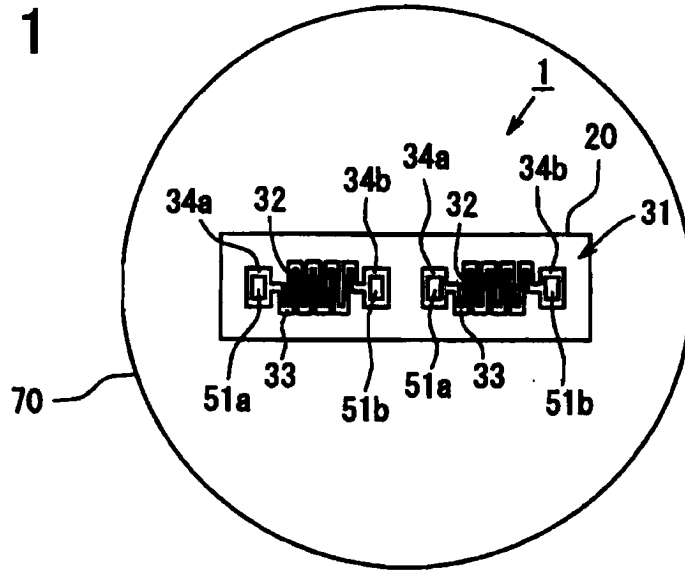


FIG. 2

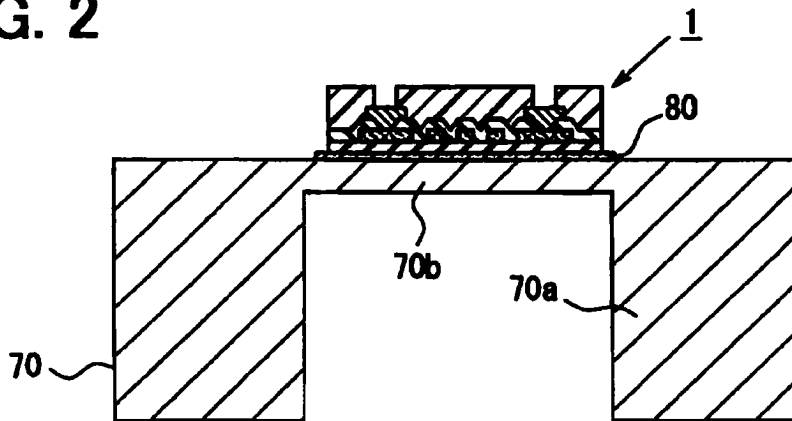


FIG. 3

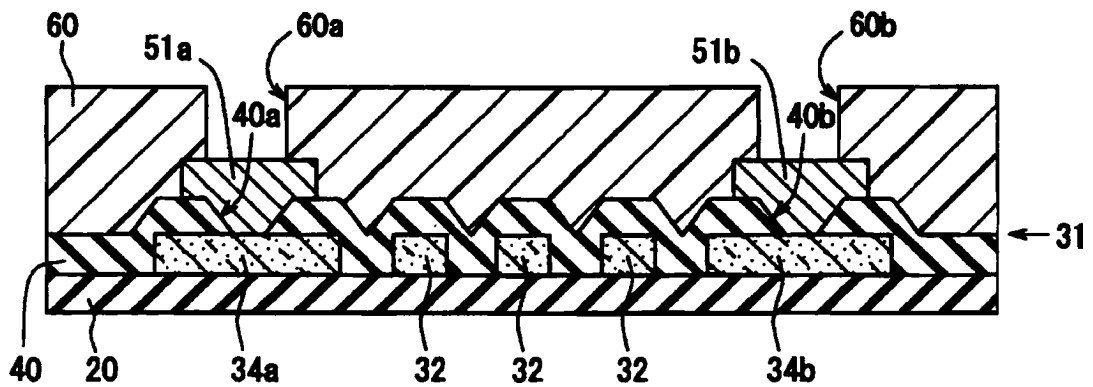


FIG. 4A

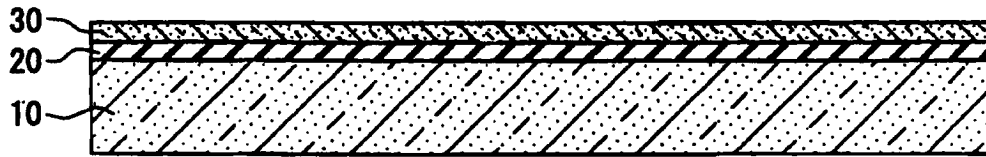


FIG. 4B

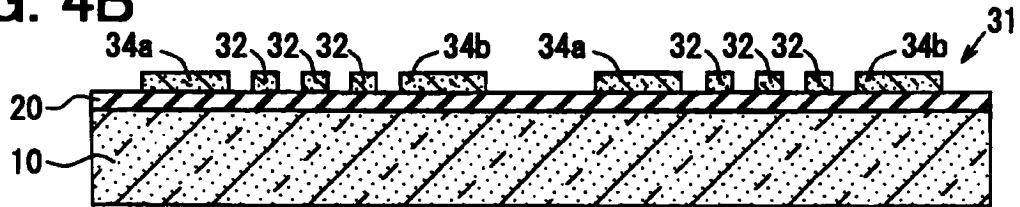


FIG. 4C

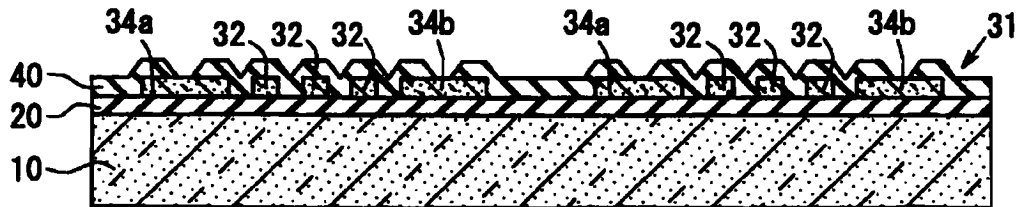


FIG. 4D

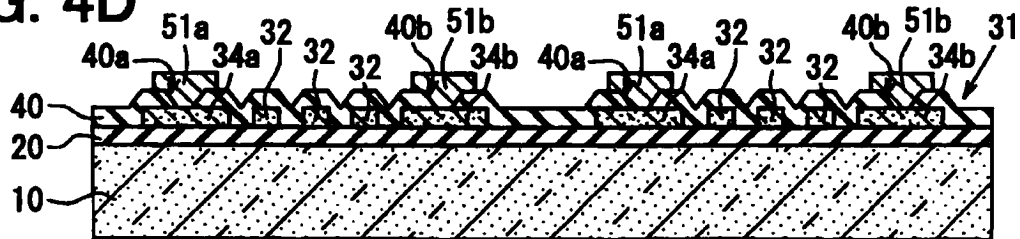


FIG. 4E

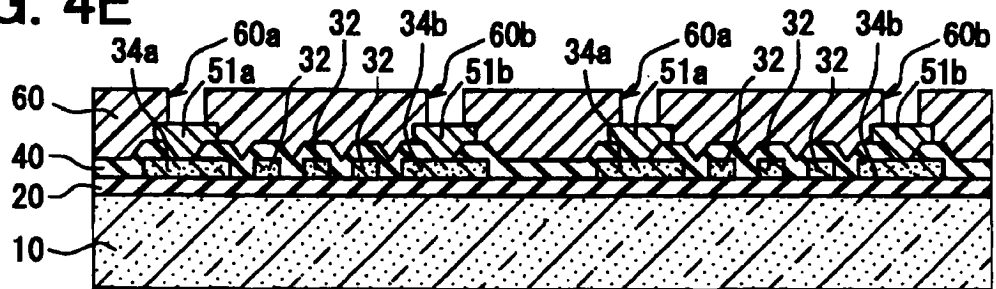


FIG. 4F

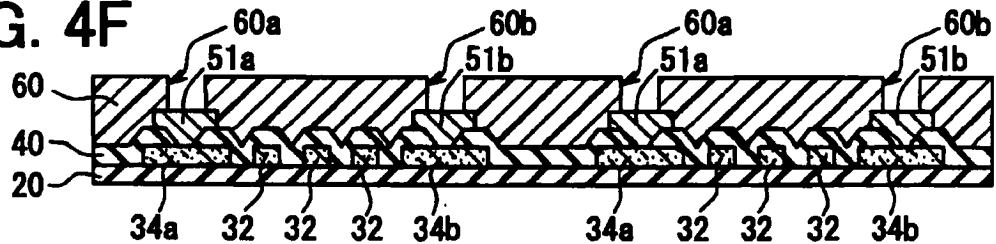


FIG. 5

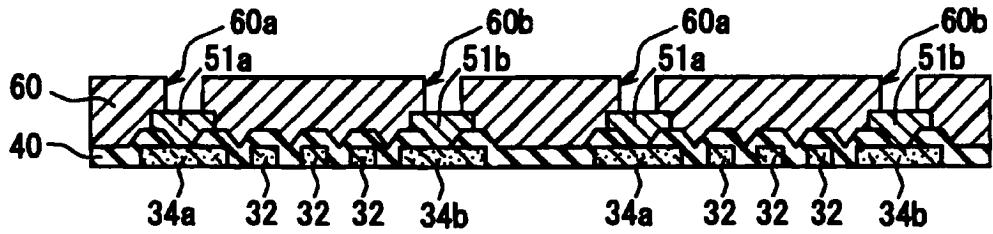


FIG. 6

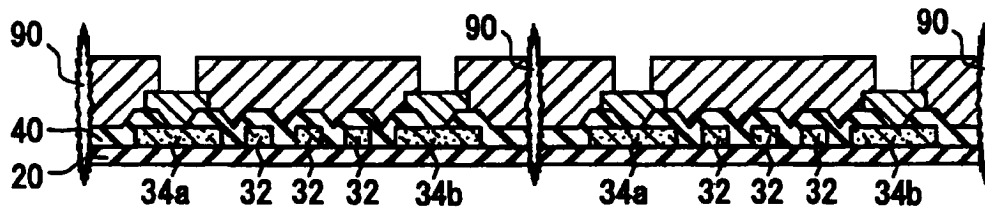


FIG. 7

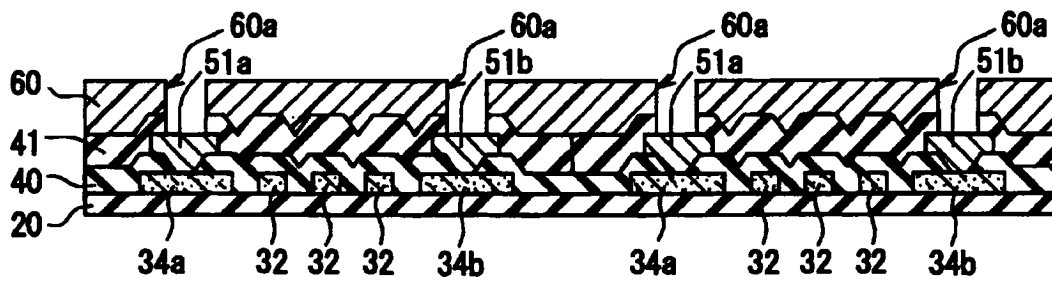


FIG. 8

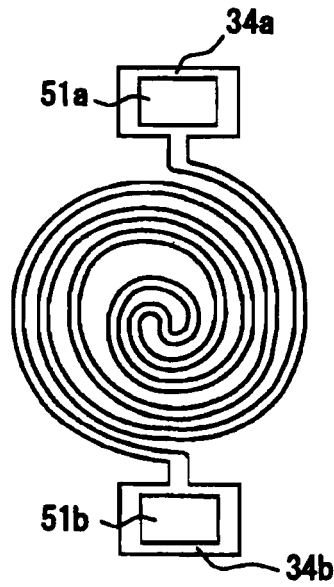


FIG. 9A

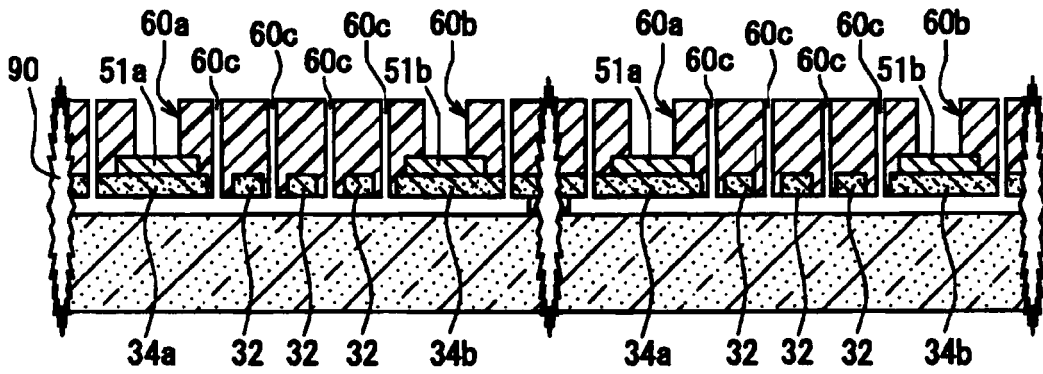


FIG. 9B

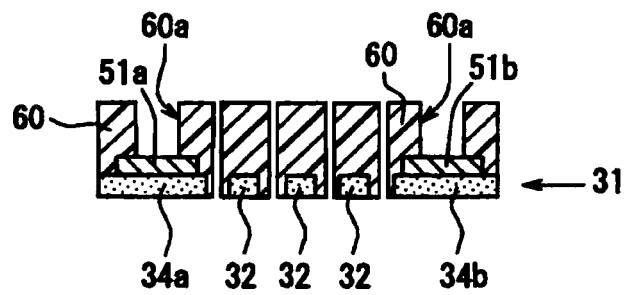


FIG. 10

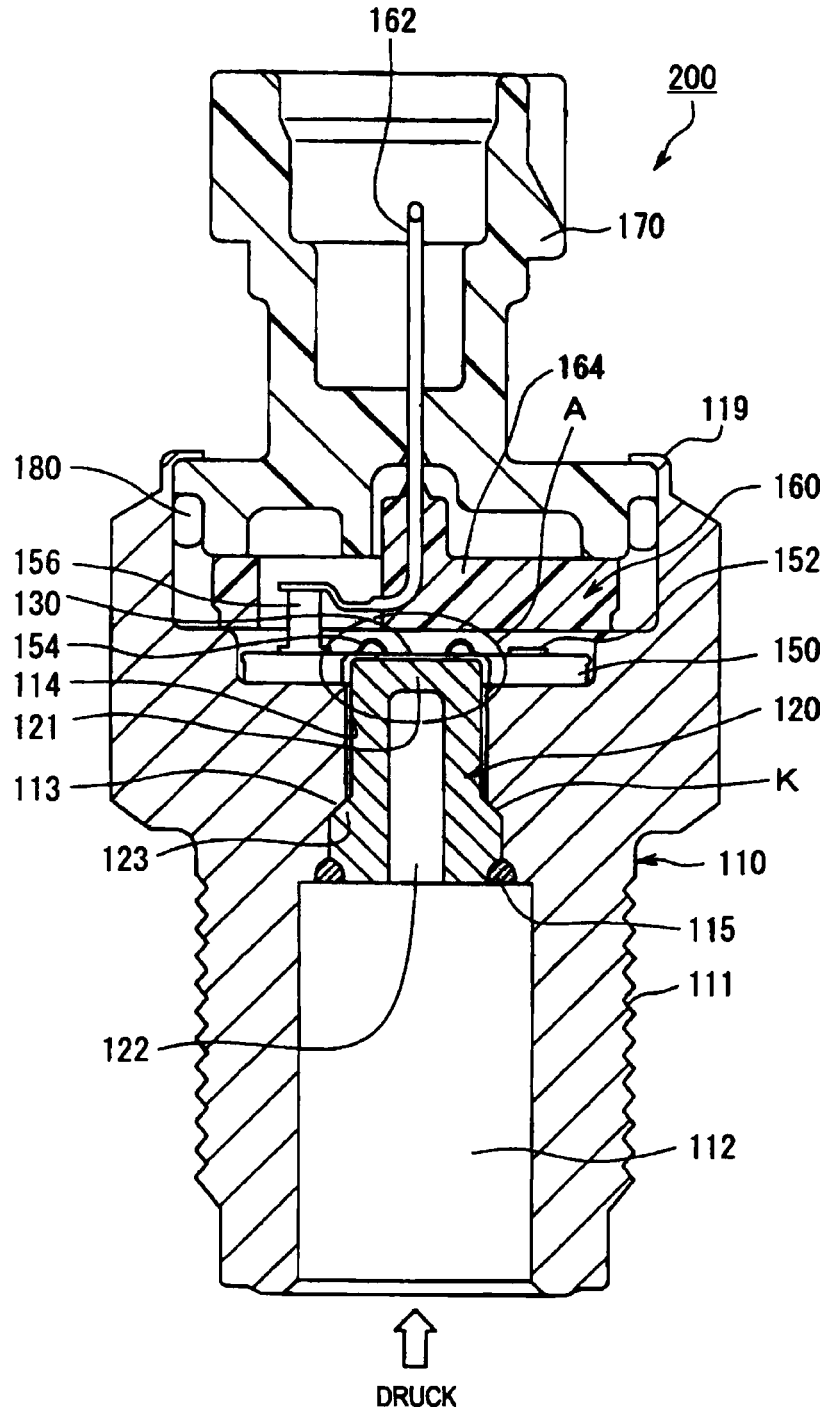


FIG. 11

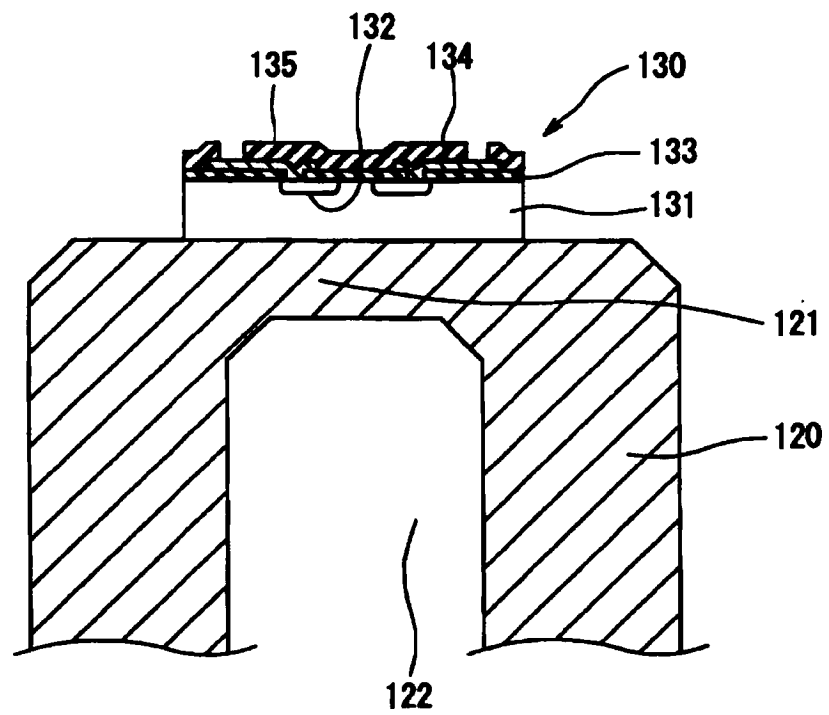


FIG. 12

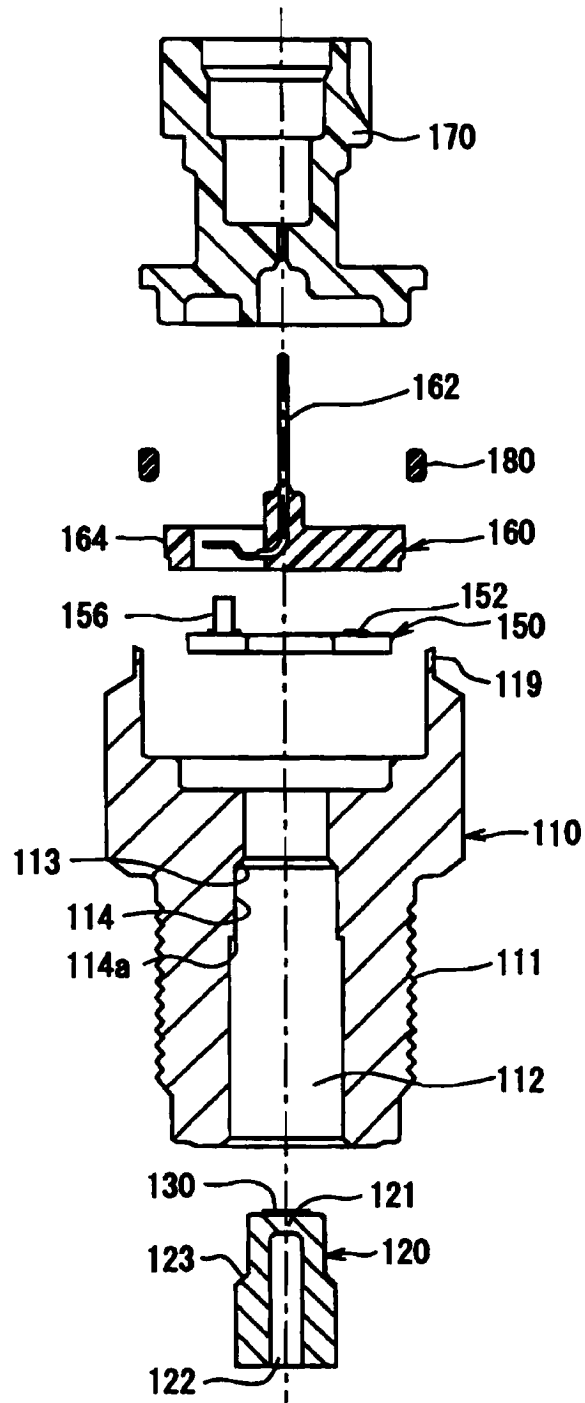


FIG. 13

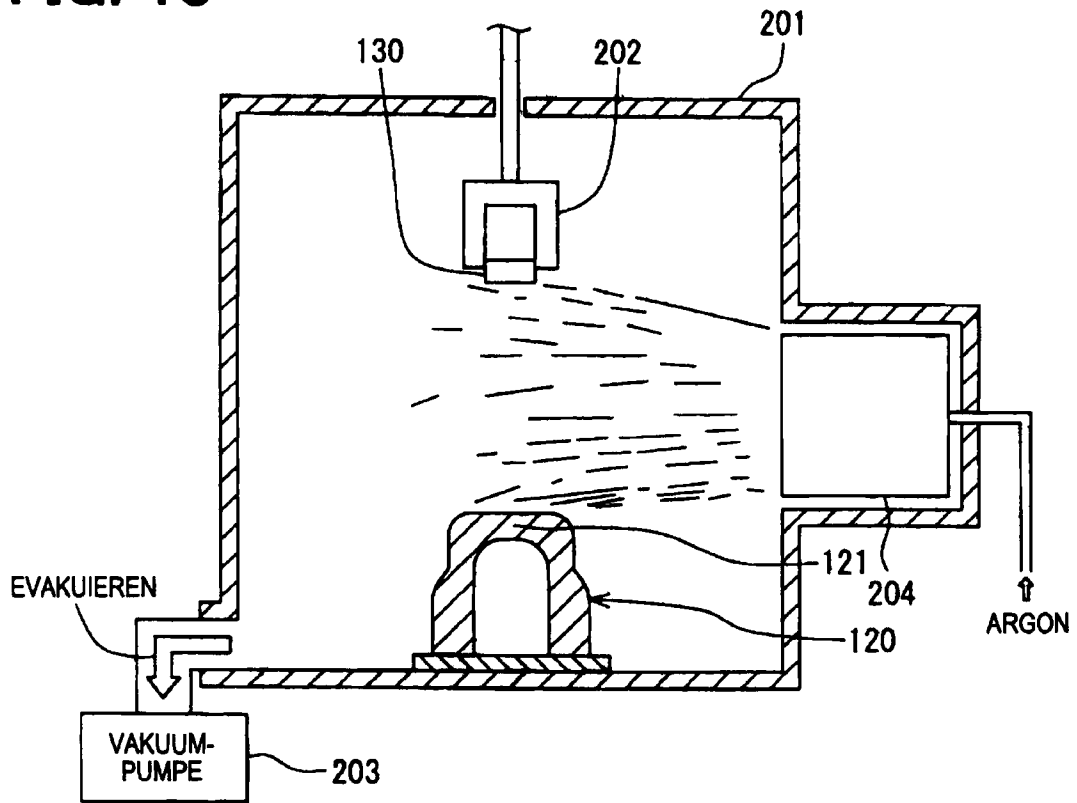


FIG. 14

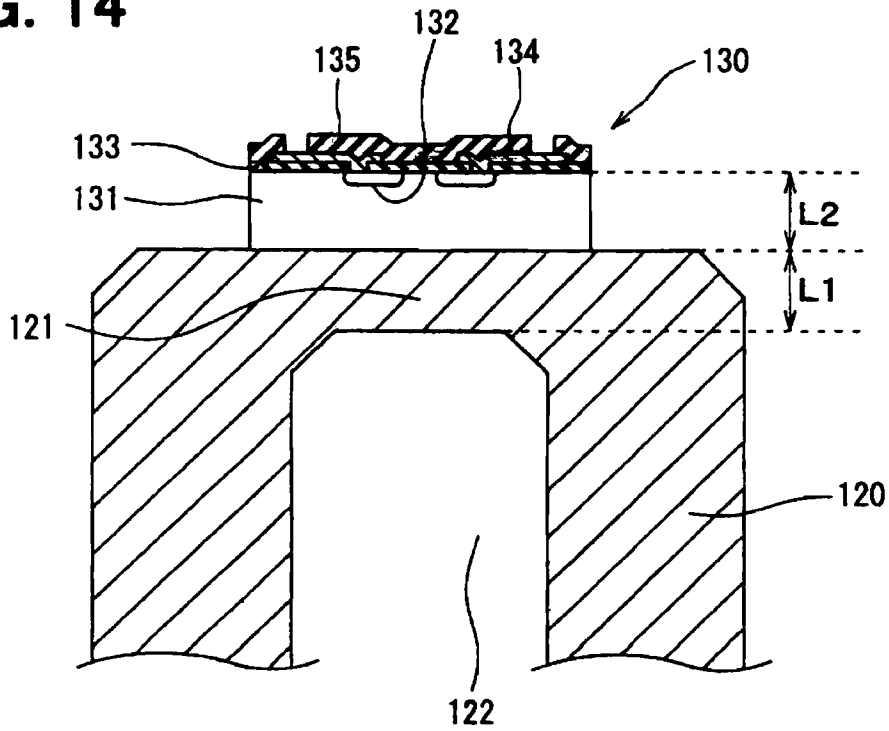


FIG. 15

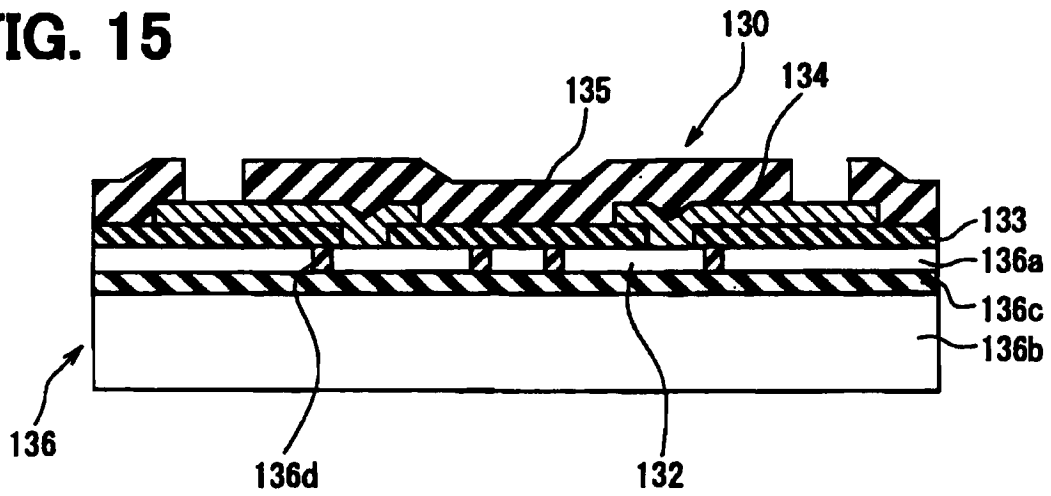


FIG. 16

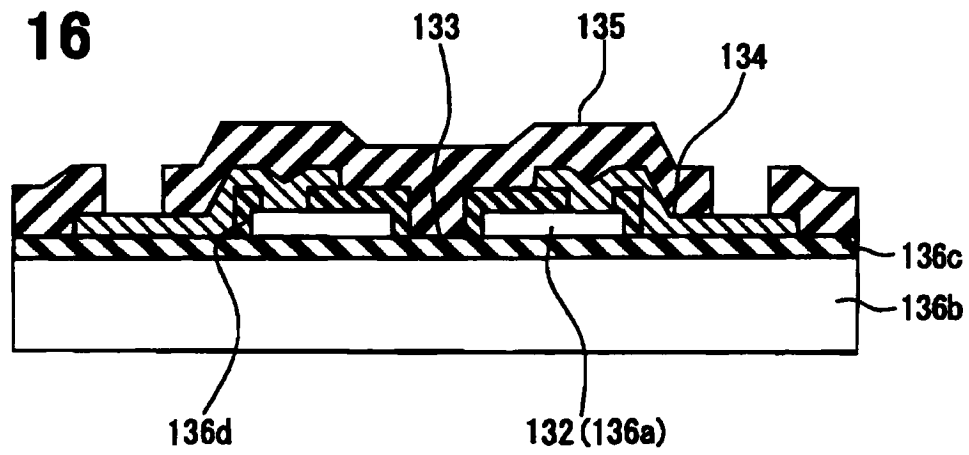


FIG. 17

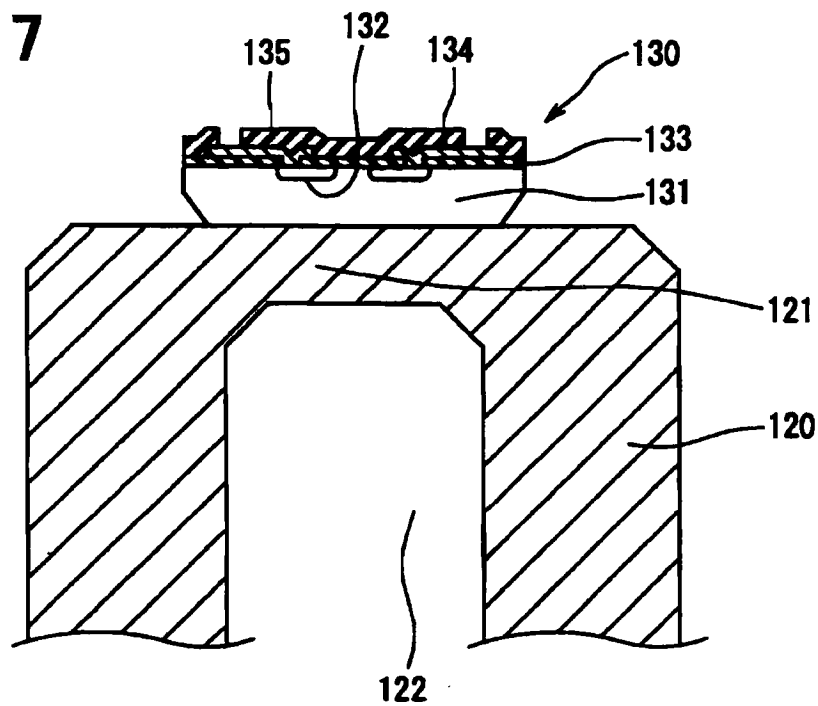


FIG. 18

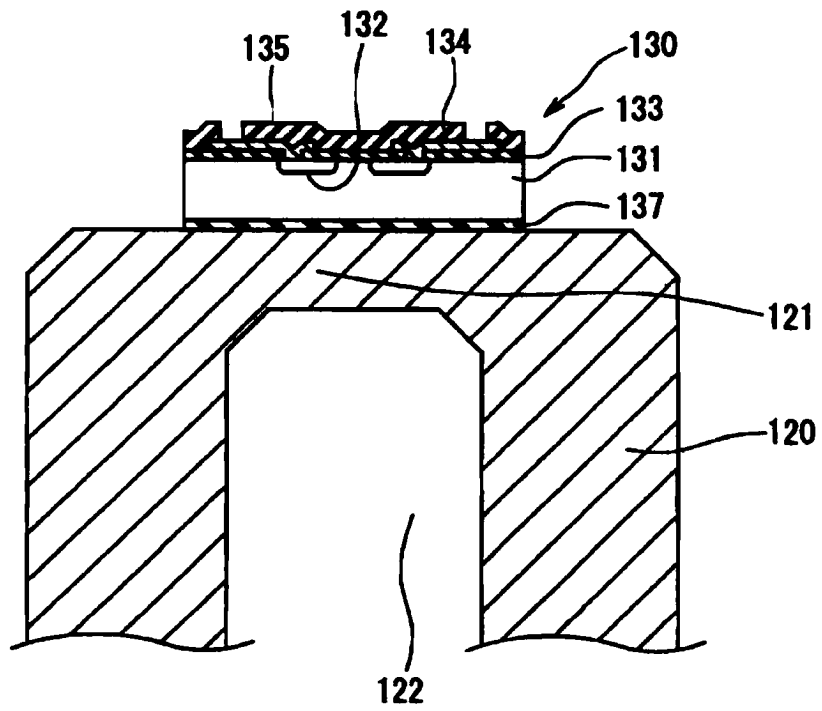


FIG. 19

