РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **204 992**(13) **U1**

(51) МПК
G01L 9/04 (2006.01)
H01L 29/84 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01L 9/045 (2021.05); H01L 29/84 (2021.05)

(21)(22) Заявка: **2020140482, 09.12.2020**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.12.2020

Дата регистрации:
22.06.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **09.12.2020**

(45) Опубликовано: **22.06.2021** Бюл. № **18**

Адрес для переписки:
127055, Москва, Сущевская ул., 22, ФГУП "ВНИИА", Начальник подр. 0036

(72) Автор(ы):
Басов Михаил Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова" (ФГУП "ВНИИА") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2730890 C1, 26.08.2020. RU 2555190 C1, 10.07.2015. US 20180335359 A1, 22.11.2018.**

(54) Датчик давления с интегральным преобразователем температуры пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением

(57) Реферат:

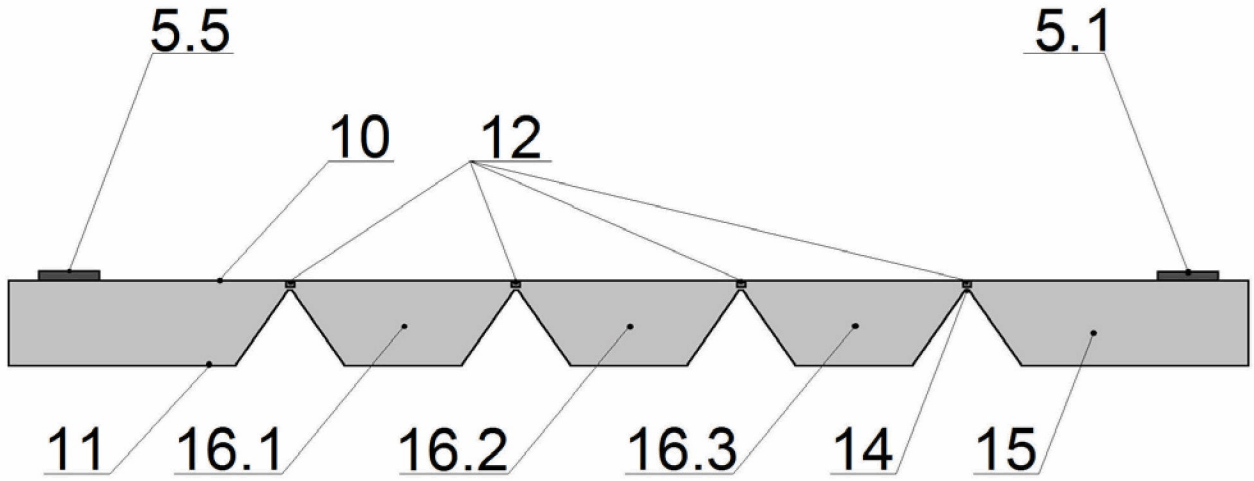
Полезная модель относится к области измерительной техники и автоматики, представляет собой датчик давления с интегральным преобразователем температуры и может быть использована в малогабаритных преобразователях давления и температуры в электрический сигнал.

Датчик давления с интегральным преобразователем температуры пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением содержит корпус с возможностью подачи дифференциального давления на чувствительный элемент давления и имеющий восемь выводов для подачи или снятия электрического сигнала с чувствительного элемента давления и интегрального преобразователя давления. Чувствительный элемент давления, способный измерять перепады давления при подаче с двух сторон элемента. Чувствительный элемент давления и интегральный преобразователь температуры в виде диода Шоттки соединены с корпусом с помощью высокотемпературного клея и их алюминиевые контактные площадки соединены алюминиевой проволокой с выводами корпуса, при этом катод диода Шоттки может быть объединен с интегральным преобразователем давления с потенциалом «земля» на едином выводе корпуса, т.к. благодаря измененной структуре из двух охранных колец p^+-типа проводимости анода интегрального преобразователя температуры пробивное обратное напряжение имеет сравнительно более высокое значение, что позволяет при увеличении температуры снизить показатели токов утечки интегрального преобразователя температуры, чтобы не оказывать влияние на характеристики чувствительного элемента давления. Работа диода Шоттки, как датчика температуры, основана на барьерном потенциале Шоттки, что позволяет снизить падение прямого напряжения или впоследствии затрачиваемое энергопотребление относительно показателей диодов p-n-переходами. Характеристика зависимости падения напряжения на диоде Шоттки при прямом смещении на

RU 204992 U1

RU 204992 U1

разных номинал тока от температуры является линейной в широком диапазоне исследований. 9 ил.



Фиг. 3

RU 2049992 U1

RU 2049992 U1

Полезная модель относится к области измерительной техники и автоматики и может быть использована в малогабаритных датчиках давления и температуры в электрический сигнал.

Известен датчик давления с интегральным преобразователем температуры пониженного энергопотребления, прототип (Датчик давления с интегральным преобразователем температуры пониженного энергопотребления. Патент РФ на изобретение №2730890, МПК H01L29/84, опубликован 26.08.2020), который содержит интегральный чувствительный элемент преобразователя давления, имеющий лицевую и оборотную механическую стороны, на оборотной механической стороне чувствительного элемента сформирована травлением квадратная кремниевая мембрана, толщина утоненной части мембраны составляет от 20 мкм до половины толщины чувствительного элемента, мембрана имеет утолщённую и утоненную часть и жесткий центр, места соединения которых являются местами концентрации напряжений, на лицевой стороне сформированы четыре параллельных друг другу тензорезистора p-типа проводимости, при этом тензорезисторы располагаются в местах концентрации механических напряжений, тензорезисторы объединены токоведущими областями p^+-типа проводимости и алюминиевыми металлизированными дорожками с алюминиевыми металлизированными контактными площадками в мостовую схему, и содержит температурный датчик, отличающийся тем, что датчик давления в корпусе с выводами, штуцером для подачи номинального давления со стороны оборотной части интегрального преобразователя давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента давления, и верхним отверстием в корпусе для подачи номинального давления со стороны лицевой части интегрального преобразователя давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента давления, содержит чувствительный элемент давления, соединенный с корпусом высокотемпературным клеем и алюминиевыми контактными площадками с выводами корпуса алюминиевой проволокой в следующей последовательности соединения: первая алюминиевая контактная площадка первой алюминиевой проволокой с первым выводом, вторая алюминиевая контактная площадка второй алюминиевой проволокой с первым выводом, третья алюминиевая контактная площадка третьей алюминиевой проволокой со вторым выводом, четвертая алюминиевая контактная площадка четвертой алюминиевой проволокой с третьим выводом, пятая алюминиевая контактная площадка пятой алюминиевой проволокой с четвертым выводом, шестая алюминиевая контактная площадка шестой алюминиевой проволокой с пятым выводом, седьмая алюминиевая контактная площадка седьмой алюминиевой проволокой с шестым выводом и восьмая алюминиевая контактная площадка восьмой алюминиевой проволокой с шестым выводом; датчик давления содержит интегральный преобразователь давления, состоящий из кремния n-типа проводимости и на лицевой стороне которого сформированы тензорезисторы p-типа проводимости, средства электрических соединений и алюминиевые контактные площадки, объединенные в мостовую схему, и на оборотной стороне которого сформирована механическая часть с тонкой гибкой симметрично выполненной квадратной кремниевой мембраной с утолщенной частью, утоненной частью и с тремя жесткими центрами кремниевой мембраны; прокладку чувствительного элемента давления, жестко связанную с утолщенной частью кремниевой мембраны интегрального преобразователя давления и с выполненной в нем полостью и сквозным отверстием для подвода давления измеряемой среды к утоненной части кремниевой мембраны; основание, имеющее отверстие для подвода давления измеряемой среды к утоненной части квадратной

кремниевой мембраны; где все элементы чувствительного элемента давления сформированы из кремния и соединены слоями легкоплавкого стекла в вакууме последовательно между основанием, прокладкой и интегральным преобразователем давления в областях контакта соединения; температурный датчик, выполненный в виде интегрального преобразователя температуры пониженного энергопотребления в виде диода Шоттки, созданного отдельным кристаллом, имеющем эпитаксиальный слой, выполненный из кремния n-типа проводимости и покрытый диэлектрическим слоем оксида кремния, и подложку, выполненную из кремния n^+-типа проводимости, с двумя алюминиевыми контактными площадками на лицевой стороне для катода со сформированной областью n^+-типа проводимости для омического контакта с подложкой n^+-типа проводимости и анода диода с структурой охранного кольца p^+-типа проводимости, расположенного по периметру области анода, где алюминиевая контактная площадка катода диода Шоттки соединена с алюминиевой контактной площадкой с потенциалом «земля» интегрального преобразователя давления алюминиевыми проволоками на выводе корпуса датчика давления; и соединенного оборотной стороной с корпусом высокотемпературным клеем и на лицевой стороне девятой алюминиевой контактной площадкой девятой алюминиевой проволокой с четвертым выводом и десятой алюминиевой контактной площадкой десятой алюминиевой проволокой с седьмым выводом.

Недостатком прототипа является пониженное пробивное обратное напряжение интегрального преобразователя температуры в виде диода Шоттки, содержащегося в составе единой сборки в виде отдельного кристалла совместно с чувствительным элементом давления в корпусе датчика давления.

Диоды Шоттки, содержащие анод интегрального преобразователя температуры со структурой одного охранного кольца p^+-типа проводимости, расположенного по периметру области анода, имеют более низкие значения пробивного обратного напряжения, чем диоды Шоттки, содержащие анод интегрального преобразователя температуры со структурой из двух охранных колец p^+-типа проводимости, расположенных по периметру области анода и за его пределами с требуемым расстоянием между охранными кольцами, определяемым технологическим процессом и свойствами эпитаксиального слоя.

Полезная модель устраняет недостатки прототипа.

Техническим результатом полезной модели является повышение пробивного обратного напряжения интегрального преобразователя температуры в виде диода Шоттки, содержащегося в составе единой сборки в виде отдельного кристалла совместно с чувствительным элементом давления в корпусе датчика давления.

При этом интегральный преобразователь температуры в виде диода Шоттки выполнен с двумя охранными кольцами p^+-типа проводимости.

Интегральный преобразователь температуры в виде диода Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением содержится в составе единой сборки в виде отдельного кристалла совместно с чувствительным элементом давления в корпусе датчика давления, что позволяет производить измерение температуры непосредственно в малогабаритном корпусе датчика давления, а также использовать для интегрального преобразователя давления любую требуемую рабочую кремниевую структуру вне зависимости от требований структуры для интегрального преобразователя температуры.

Технический результат достигается тем, что датчик давления с интегральным

преобразователем температуры пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением содержит корпус с выводами, штуцером для подачи номинального давления с оборотной механической стороны интегрального преобразователя давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента давления, и верхним отверстием в корпусе для подачи номинального давления с лицевой стороны интегрального преобразователя давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента давления, содержит чувствительный элемент давления, соединенный с корпусом высокотемпературным клеем и алюминиевыми контактными площадками с выводами корпуса алюминиевой проволокой в следующей последовательности соединения: первая алюминиевая контактная площадка первой алюминиевой проволокой с первым выводом, вторая алюминиевая контактная площадка второй алюминиевой проволокой с первым выводом, третья алюминиевая контактная площадка третьей алюминиевой проволокой со вторым выводом, четвертая алюминиевая контактная площадка четвертой алюминиевой проволокой с третьим выводом, пятая алюминиевая контактная площадка пятой алюминиевой проволокой с четвертым выводом, шестая алюминиевая контактная площадка шестой алюминиевой проволокой с пятым выводом, седьмая алюминиевая контактная площадка седьмой алюминиевой проволокой с шестым выводом и восьмая алюминиевая контактная площадка восьмой алюминиевой проволокой с шестым выводом; датчик давления содержит интегральный преобразователь давления, состоящий из кремния n-типа проводимости и на лицевой стороне которого сформированы четыре параллельных друг другу тензорезистора p-типа проводимости, при этом тензорезисторы располагаются в местах концентрации механических напряжений, средства электрических соединений и алюминиевые контактные площадки, объединенные в мостовую схему, и на оборотной стороне которого сформирована травлением механическая часть с тонкой гибкой симметрично выполненной квадратной кремниевой мембраной с утолщенной частью, утоненной частью, где толщина утоненной части мембраны составляет от 20 мкм до половины толщины чувствительного элемента, и с тремя жесткими центрами кремниевой мембраны; прокладку чувствительного элемента давления, жестко связанную с утолщенной частью кремниевой мембраны интегрального преобразователя давления и с выполненной в нем полостью прокладки и сквозным отверстием прокладки для подвода давления измеряемой среды к утоненной части кремниевой мембраны; основание, имеющее отверстие основания для подвода давления измеряемой среды к утоненной части квадратной кремниевой мембраны; где все элементы чувствительного элемента давления сформированы из кремния и соединены слоями легкоплавкого стекла в вакууме последовательно между основанием, прокладкой и интегральным преобразователем давления в областях контакта соединения; температурный датчик, выполненный в виде интегрального преобразователя температуры в виде диода Шоттки, созданного отдельным кристаллом, имеющем эпитаксиальный слой, выполненный из кремния n-типа проводимости и покрытый диэлектрическим слоем оксида кремния, и подложку, выполненную из кремния n^+-типа проводимости, с двумя алюминиевыми контактными площадками на лицевой стороне для катода со сформированной областью n^+-типа проводимости для омического контакта с подложкой n^+-типа проводимости и анода диода с структурой первого охранного кольца p^+-типа проводимости, расположенного по периметру области анода, где алюминиевая контактная площадка катода диода Шоттки соединена с алюминиевой контактной площадкой с потенциалом «земля» интегрального преобразователя давления

алюминиевыми проволоками на выводе корпуса датчика давления; и соединенного оборотной стороной с корпусом высокотемпературным клеем и на лицевой стороне девятой алюминиевой контактной площадкой девятой алюминиевой проволокой с четвертым выводом и десятой алюминиевой контактной площадкой десятой алюминиевой проволокой с седьмым выводом, интегральный преобразователь температуры в виде диода Шоттки дополнительно содержит второе охранное кольцо p^+-типа проводимости, расположенное с первым охранным кольцом в одной плоскости, и имеющее одинаковую форму и площадь поперечного сечения с первым охранным кольцом p^+-типа проводимости, соосное первому охранному кольцу p^+-типа проводимости и расположенное вне области анода с расстоянием между кольцами равным сумме расстояний распространения областей пространственных зарядов каждого охранного кольца p^+-типа проводимости на половины расстояний между охранными кольцами p^+-типа проводимости при подаче потенциала близком к пробивному обратному напряжению каждого из охранного кольца p^+-типа проводимости в отдельности.

Сущность полезной модели поясняется чертежами фиг. 1-9.

На фиг. 1 представлен вид сбоку сборки датчика давления с интегральным преобразователем температуры в виде диода Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением в корпусе.

На фиг. 2 представлен вид сверху сборки датчика давления с интегральным преобразователем температуры в виде диода Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением в корпусе.

На фиг. 3 представлен вид сбоку интегрального преобразователя давления.

На фиг. 4 представлен вид сверху с интегрального преобразователя температуры в виде диода Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением.

На фиг. 5 представлен вид сбоку интегрального преобразователя температуры в виде диода Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением.

На фиг. 6 представлен график зависимости тока от напряжения при прямом смещении на диоде Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением в диапазоне тока от 0 до 10 мА.

На фиг. 7 представлен график зависимости тока от напряжения при прямом смещении на диоде с повышенным пробивным обратным напряжением в диапазоне тока от 10 мА до 1 А.

На фиг. 8 представлен график зависимости тока от напряжения при обратном смещении на диоде Шоттки структурами из одного и двух охранных колец p^+-типа проводимости.

На фиг. 9 представлен график зависимости напряжения от температуры при прямом смещении на диоде Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением для двух номиналов прямого тока 1 и 10 мА.

Цифрами на чертежах обозначены:

1 - корпус датчика давления;

2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 - выводы корпуса датчика давления;

3 - чувствительный элемент давления;

4.1, 4.2 - высокотемпературный клей;

5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10 - алюминиевые контактные площадки;

6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 - алюминиевая проволока;

7 - интегральный преобразователь давления чувствительного элемента давления из кремния n-типа проводимости;

8 - прокладка чувствительного элемента давления;

9 - основание чувствительного элемента давления;

10 - лицевая сторона интегрального преобразователя давления;

11 - оборотная механическая сторона интегрального преобразователя давления в виде квадратной кремниевой мембраны;

12 - тензорезисторы интегрального преобразователя давления p-типа проводимости;

13 - средства электрических соединений интегрального преобразователя давления;

14 - утоненная часть квадратной кремниевой мембраны интегрального преобразователя давления;

15 - утолщенная часть квадратной кремниевой мембраны интегрального преобразователя давления;

16.1, 16.2, 16.3 - жесткие центры квадратной кремниевой мембраны;

17 - полость прокладки чувствительного элемента давления;

18 - сквозное отверстие прокладки чувствительного элемента давления;

19 - отверстие основания чувствительного элемента давления;

20.1, 20.2 - слои легкоплавкого стекла;

21 - интегральный преобразователь температуры в виде диода Шоттки с повышенным пробивным обратным напряжением;

22 - оборотная сторона интегрального преобразователя температуры;

23 - лицевая сторона интегрального преобразователя температуры;

24 - анод интегрального преобразователя температуры;

25 - катод интегрального преобразователя температуры;

26 - эпитаксиальный слой n-типа проводимости интегрального преобразователя температуры;

27 - подложка n^+-типа проводимости интегрального преобразователя температуры;

28 - область для омического контакта n^+-типа проводимости с подложкой n^+-типа проводимости интегрального преобразователя температуры;

29.1, 29.2 - охранные кольца p^+-типа проводимости интегрального преобразователя температуры;

30 - диэлектрический слой оксида кремния;

31 - верхнее отверстие в корпусе датчика давления;

32 - штуцер в корпусе датчика давления.

Устройство содержит корпус 1 датчика давления, имеющий круглую или любую другую форму при рассмотрении вида сверху, с восемью выводами 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 корпуса 1, имеющими круглую или любую другую форму при рассмотрении вида сверху и высота выводов при рассмотрении вида сбоку не регламентирована, но является не больше высоты внутренней части корпуса 1 датчика давления, а также взаимное расположение которых также может быть любым и, в частности, симметричным; верхним отверстием 31 в корпусе 1 для подачи номинального давления на чувствительный элемент 3 давления с лицевой стороны 10 интегрального преобразователя 7 давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента 3 давления и имеющим любую форму и размеры, не превышающие ширины корпуса 1 датчика давления, и штуцером 32 в корпусе 1 для подачи номинального давления на чувствительный элемент 3 давления с оборотной стороны 11 интегрального преобразователя 7 давления, расположенным соосно относительно чувствительного

элемента 3 давления и имеющим любую форму и размеры, не превышающие ширины основания 9 чувствительного элемента 3 давления. Вывод 2.8 корпуса 1 датчика давления необходим для обозначения «ключа». В корпусе 1 датчика давления расположен чувствительный элемент 3 давления, соединенный с корпусом 1 высокотемпературным клеем 4.1 и алюминиевыми контактными площадками 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 с выводами 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 корпуса 1 алюминиевой проволокой 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, например, в следующей последовательности соединения: первая алюминиевая контактная площадка 5.1 первой алюминиевой проволокой 6.1 с первым выводом 2.1, вторая алюминиевая контактная площадка 5.2 второй алюминиевой проволокой 6.2 с первым выводом 2.1, третья алюминиевая контактная площадка 5.3 третьей алюминиевой проволокой 6.3 со вторым выводом 2.2, четвертая алюминиевая контактная площадка 5.4 четвертой алюминиевой проволокой 6.4 с третьим выводом 2.3, пятая алюминиевая контактная площадка 5.5 пятой алюминиевой проволокой 6.5 с четвертым выводом 2.4, шестая алюминиевая контактная площадка 5.6 шестой алюминиевой проволокой 6.6 с пятым выводом 2.5, седьмая алюминиевая контактная площадка 5.7 седьмой алюминиевой проволокой 6.7 с шестым выводом 2.6 и восьмая алюминиевая контактная площадка 5.8 восьмой алюминиевой проволокой 6.8 с шестым выводом 2.6; состоящий из интегрального преобразователя 7 давления квадратной формы любых размеров в пределах габаритных размеров корпуса 1 датчика давления (вид сверху), прокладки 8 квадратной формы с габаритами равными габаритным размерам интегрального преобразователя 7 давления (вид сверху) и основания 9 квадратной формы любых размеров меньших, чем размеры интегрального преобразователя 7 давления (вид сверху). Конструкция корпуса 1 датчика давления с всеми составляющими представлена на фиг. 1 и 2.

Интегральный преобразователь 7 давления, представленный на фиг. 2 и 3, состоит из кремния n-типа проводимости и содержит лицевую сторону 10, на которой сформирована по планарной технологии электрическая мостовая схема и оборотную механическую сторону 11 в виде квадратной кремниевой мембраны, способной деформироваться при подаче давления. Лицевая сторона 10 содержит совокупность электрически связанных компонентов, состоящих из тензорезисторов 12 p-типа проводимости, средств 13 электрических соединений и алюминиевых контактных площадок 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, изготовленных в едином технологическом процессе на единой полупроводниковой подложке, при этом тензорезисторы 12 являются плечами мостовой измерительной схемы, где, например, первое плечо расположено между третьей 5.3 и восьмой 5.8 алюминиевыми металлизированными контактными площадками, второе плечо расположено между третьей 5.3 и четвертой 5.4 алюминиевыми металлизированными контактными площадками, третье плечо расположено между шестой 5.6 и восьмой 5.8 алюминиевыми металлизированными контактными площадками и четвертое плечо расположено между пятой 5.5 и шестой 5.6 алюминиевыми металлизированными контактными площадками. Первое плечо соединяется с третьим плечом средствами 13 электрических соединений, проходящих через восьмую алюминиевую металлизированную контактную площадку 5.8, первое плечо соединяется со вторым плечом средствами электрических соединений 13, проходящих через третью алюминиевую металлизированную контактную площадку 5.3, третье плечо соединяется с четвертым плечом средствами электрических соединений 13, проходящих через шестую алюминиевую металлизированную контактную площадку 5.6, второе плечо и четвертое плечо не соединяются в корпусе 1 датчика давления и разъединены на четвертую 5.4 и пятую 5.5 алюминиевые металлизированные контактные

площадки, соответственно.

В пределах подачи номинального давления происходит деформация квадратной кремниевой мембраны 11 и, как следствие, меняется сопротивление тензорезисторов 12, расположенных на лицевой стороне 10 интегрального преобразователя 7 давления, приводящее к изменению электрического сигнала, снимаемого с алюминиевых контактных площадок 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 интегрального преобразователя 7 давления. Квадратная кремниевая мембрана имеет утоненную часть 14, утолщенную часть 15 и три жестких центра 16.1, 16.2, 16.3. Оборотная сторона 11 интегрального преобразователя 7 давления в виде квадратной кремниевой мембраны создается анизотропным травлением. Три жестких центра 16.1, 16.2, 16.3 квадратной кремниевой мембраны могут иметь как квадратное, так и другое сечение, любых геометрических размеров в зависимости от требований к элементу. Исходя из экспериментальных результатов, толщина утоненной части 14 квадратной кремниевой мембраны в зависимости от номинального преобразуемого давления может варьироваться от 20 мкм до значения, равного половине толщины интегрального преобразователя 7 давления. Чем выше номинальное преобразуемое давление, тем должна быть толще утоненная часть 14 квадратной кремниевой мембраны. Изготовление утоненной части 14 квадратной кремниевой мембраны толщиной менее 20 мкм приводит к ее разрушению, а при изготовлении очень толстой утоненной части 14 квадратной кремниевой мембраны существенно падает чувствительность интегрального преобразователя 7 давления. Три жестких центра 16.1, 16.2, 16.3 и утолщенная часть 15 квадратной кремниевой мембраны, грани пересечения трех жестких центров 16.1, 16.2, 16.3 и утолщенной части 15 квадратной кремниевой мембраны с утоненной частью 14 квадратной кремниевой мембраны, расположенные параллельно, образуют области механических напряжений. В областях механических напряжений с лицевой стороны 10 интегрального преобразователя 7 давления расположены тензорезисторы 12.

Прокладка 8 чувствительного элемента 3 давления квадратной формы с габаритами равными габаритным размерам интегрального преобразователя 7 давления (вид сверху) имеет полость 17 квадратной формы с габаритами меньшими, чем габариты интегрального преобразователя 7 давления (вид сверху) и отверстие 18 для подвода давления измеряемой среды с оборотной стороны 11 интегрального преобразователя 7 давления, имеющее, например, квадратную форму с габаритами меньшими, чем габариты полости 17 прокладки 8 (вид сверху). Отверстие 18 прокладки 8 может иметь также и иную форму (вид сверху Отверстие 18 прокладки 8 и полость 17 прокладки 8 могут иметь любую глубину, но каждая не больше, чем толщина прокладки 8. Основание 9 имеет отверстие 19, например, круглой формы с диаметром равным длине стороны сквозного отверстия 18 прокладки 8 для подвода давления измеряемой среды с оборотной стороны 11 интегрального преобразователя 7 давления. Отверстие 19 основания 9 может иметь также и иную форму (вид сверху).

Все элементы чувствительного элемента 3 давления, высота которого при рассмотрении вида сбоку не регламентирована, но является не больше высоты внутренней части корпуса 1 датчика давления, изготовлены из единого материала, в качестве которого используется кремний, соосны и жестко связаны слоями 20.1, 20.2 легкоплавкого стекла в вакууме последовательно между основанием 9 чувствительного элемента 3 давления и прокладкой 8 чувствительного элемента 3 давления в области контакта соединения и между прокладкой 8 чувствительного элемента 3 давления и интегральным преобразователем 7 давления чувствительного элемента 3 давления в области утолщенной части 15 квадратной кремниевой мембраны интегрального

преобразователя 7 давления.

Температурный датчик или интегральный преобразователь 21 температуры, представленный на фиг. 4 и 5 и выполненный в виде отдельного кристалла диода Шоттки пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением, соединен оборотной стороной 22 с корпусом 1 высокотемпературным клеем 4.2 и на лицевой стороне 23 алюминиевыми контактными площадками 5.9, 5.10 для катода 25 и анода 24 диода Шоттки с выводами 2.4, 2.7 корпуса алюминиевой проволокой 6.9, 6.10, соответственно. Интегральный преобразователь 21 температуры в виде отдельного кристалла диода Шоттки может иметь любое расположение на корпусе 1 датчика давления и, в частности, в предлагаемой области размещения между выводами 2.5 и 2.6 корпуса 1. Высота интегрального преобразователя 21 температуры не регламентирована.

Интегральный преобразователь 21 температуры имеет актуальное применение совместно с чувствительным элементом 3 давления в едином корпусе 1, поскольку данные элементы расположены непосредственно рядом друг с другом и интегральный преобразователь 21 температуры может предоставлять данные о температуре, как в качестве датчика температуры, так и в качестве источника информации о температуре для более прецизионной компенсации температурной погрешности чувствительного элемента 3 давления внешней схемой обработки выходного сигнала. Интегральный преобразователь 21 температуры в виде диода Шоттки содержит измененную структуру из первого 29.1 охранного кольца p^+-типа проводимости, расположенного по периметру области анода 24, и второго 29.2 охранного кольца p^+-типа проводимости, соосное первому охранному кольцу 29.1 p^+-типа проводимости и расположенное вне области анода 24 с определенным расстоянием между охранными кольцами 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры. Расстояние между охранными кольцами 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости определяется технологическим процессом и свойствами эпитаксиального слоя 26, выполненного из кремния n-типа проводимости, и составляет в данном случае 6 мкм. Сочетание двух параллельно расположенных охранных колец 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости способно значительно повысить пробивное обратное напряжение интегрального преобразователя 21 температуры.

Интегральный преобразователь 21 температуры, сформирован на кристалле, имеющем эпитаксиальный слой 26, выполненный из кремния n-типа проводимости и покрытый диэлектрическим слоем 30 оксида кремния, и подложку 27, выполненную из кремния n^+-типа проводимости. На лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры с помощью диффузионных процессов дополнительно создаются две области. Для создания катода 25 на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры формируется область 28 для омического контакта n^+-типа проводимости с подложкой 27 n^+-типа проводимости, где поверх области 28 для омического контакта n^+-типа проводимости с подложкой 27 n^+-типа проводимости напыляется алюминий для создания девятой алюминиевой контактной площадки 5.9. Область 28 для омического контакта n^+-типа проводимости с подложкой 27 n^+-типа проводимости окружает область контакта к аноду 24 интегрального преобразователя 21 температуры с равным зазором между ними, чтобы создать эквипотенциальное состояние для протекающего заряда. Для создания анода 24 на лицевой стороне 23

интегрального преобразователя 21 температуры формируется область для контакта в виде барьера Шоттки между эпитаксиальным слоем 26 n-типа проводимости и напыленным алюминием для анода 24 интегрального преобразователя 21 температуры. Для достижения преимущественных характеристик интегрального преобразователя 21 температуры по повышению пробивного обратного напряжения, представленных на фиг. 8, в момент формирования с помощью фотолитографии и диффузионных процессов областей p^+-типа проводимости на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя температуры проецируется структура соосно расположенных первого охранного кольца 29.1 p^+-типа проводимости, расположенного по периметру области анода 24, и второго охранного кольца 29.2 p^+-типа проводимости, расположенного за пределами области анода 24 на определенно требуемом расстоянии; при этом охранные кольца 29.1 и 29.2 p^+-типа проводимости расположены в одной плсокости и имеют одинаковую форму и площадь поперечного сечения. Данное расстояние учитывает все основные возможные технологические погрешности, связанные с фотолитографическими и диффузионными процессами, такими как: уход легируемой примеси в основной плоскости кремниевой пластины (боковая диффузия); погрешность, связанная с клином травления диэлектрического слоя 30 оксида кремния; погрешность, связанная с рассовмещением группы слоев по фотолитографии. Два охранных кольца 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости расположены на расстоянии распространения области пространственного заряда в половину расстояния между охранными кольцами 29.1, 29.2 при потенциале близком к пробивному обратному напряжению каждого из охранного кольца 29.1, 29.2 в отдельности, то есть расстояние между охранными кольцами 29.1, 29.2 равно сумме расстояний распространения областей пространственных зарядов каждого охранного кольца 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости на половины расстояний между охранными кольцами 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости при подаче потенциала, близкого к пробивному обратному напряжению каждого из охранного кольца 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости в отдельности. Область контакта к аноду 24, охранные кольца 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости и десятая алюминиевая контактная площадка 5.10 интегрального преобразователя 21 температуры имеют форму прямоугольника с закругленными углами, что также необходимо для повышения пробивного обратного напряжения. Девятая алюминиевая контактная площадка 5.9 катода 25 интегрального преобразователя 21 температуры соединена, например, с пятой алюминиевой контактной площадкой 5.5 с потенциалом «земля» интегрального преобразователя 7 давления через пятую 6.5 и девятую 6.9 алюминиевые проволоки, соединенные с четвертым выводом 2.4 корпуса 1 датчика давления. Десятая алюминиевая контактная площадка 5.10 анода 24 интегрального преобразователя 21 температуры соединена, например, через десятую алюминиевую проволоку 6.10 с седьмым выводом 2.7 корпуса 1 датчика давления.

Устройство работает следующим образом.

Датчик давления, содержащий в корпусе 1 чувствительный элемент 3 давления и интегральный преобразователь 21 температуры в виде диода Шоттки пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением, способен одновременно измерять дифференциальное давление и температуру исследуемой среды.

При подаче номинального давления на чувствительный элемент 3 давления, размещенного в корпусе 1 с восьмью выводами 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 корпуса 1 и соединенного с корпусом 1 высокотемпературным клеем 4.1 и алюминиевыми

контактными площадками 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 с выводами 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 корпуса 1 алюминиевой проволокой 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, с оборотной механической стороны 11 интегрального преобразователя 7 давления через штуцер 32 в корпусе 1 датчика давления для подвода давления, жестко связанного высокотемпературным клеем 4.1 между корпусом 1 и чувствительным элементом 3 давления датчика давления, отверстие 19 для подвода давления в основании 9 чувствительного элемента 3 давления, жестко связанного слоями легкоплавкого стекла 20.2 между основанием 9 и прокладкой 8 чувствительного элемента 3 давления в области контакта соединения, а также отверстие 18 для подвода давления на прокладке 8 чувствительного элемента 3 давления, жестко связанного слоями легкоплавкого стекла 20.1 в области утолщенной части 15 квадратной кремниевой мембраны интегрального преобразователя 7 давления, состоящего из кремния n-типа проводимости, происходит перемещение утоненной части 14 и трёх жестких центров 16.1, 16.2, 16.3 квадратной кремниевой мембраны в полости 17 прокладки 8 чувствительного элемента 3 давления, приводящие к изменению сопротивления тензорезисторов 12 p-типа проводимости, объединенных в мостовую схему средствами 13 электрических соединений и алюминиевыми контактными площадками 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 интегрального преобразователя 7 давления, сформированных на лицевой стороне 10 интегрального преобразователя 7 давления. При подаче номинального давления на чувствительный элемент 3 давления с лицевой стороны 10 интегрального преобразователя 7 давления через верхнее отверстие 31 в корпусе 1 датчика давления для подвода давления происходит перемещение утоненной части 14 и трёх жестких центров 16.1, 16.2, 16.3 квадратной кремниевой мембраны в полости 17 прокладки 8 чувствительного элемента 3 давления, приводящие к изменению сопротивления тензорезисторов 12, объединенных в мостовую схему средствами 13 электрических соединений и алюминиевыми контактными площадками 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 интегрального преобразователя 7 давления, сформированных на лицевой стороне 10 интегрального преобразователя 7 давления. Подача напряжения питания и снятие выходного сигнала с чувствительного элемента 3 давления происходит через алюминиевые контактные площадки 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, соединенными с выводами 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 корпуса 1 алюминиевой проволокой 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8.

При измерении температуры среды интегральным преобразователем 21 температуры пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением, созданного в виде отдельного кристалла диода Шоттки со структурой из двух охранных колец 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости, расположенных по периметру области анода 24 и за его пределами с требуемым расстоянием между охранными кольцами 29.1, 29.2 на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры, имеющем эпитаксиальный слой 26, выполненный из кремния n-типа проводимости и покрытый диэлектрическим слоем 30 оксида кремния, и подложку 27, выполненную из кремния n^+-типа проводимости, и размещенного в корпусе 1 с восьмью выводами 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 корпуса 1 и соединенного оборотной стороной 22 интегрального преобразователя 21 температуры с корпусом 1 высокотемпературным клеем 4.2 и алюминиевыми контактными площадками 5.9, 5.10 на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры с выводами 2.4, 2.7 корпуса 1 алюминиевой проволокой 6.9, 6.10, на алюминиевую контактную площадку 5.9 катода 25 интегрального преобразователя 21 температуры подается потенциал «земля», как и на алюминиевую контактную площадку 5.5 интегрального преобразователя 7 давления, с помощью вывода 2.4 корпуса 1 датчика давления и алюминиевой проволоки 6.9 и на алюминиевую

контактную площадку 5.10 анода 24 интегрального преобразователя 21 температуры подается постоянный ток с помощью вывода 2.7 корпуса 1 датчика давления и алюминиевой проволоки 6.10. Номинал значения подаваемого постоянного тока может варьироваться от 0,1 мА до 1,0 А. Зависимости падения напряжения при прямом смещении от тока на интегральном преобразователе 21 температуры представлены на фиг. 6 и 7.

При подаче постоянного тока между десятой алюминиевой контактной площадкой 5.10 анода 24 интегрального преобразователя 21 температуры, структура которого сформирована на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры из области для контакта в виде барьера Шоттки между эпитаксиальным слоем 26 n-типа проводимости и напыленным алюминием, являющегося также десятой алюминиевой контактной площадкой 5.10, где по периметру области контакта к аноду 24 интегрального преобразователя 21 температуры формируется структура из первого охранного кольца 29.1 p^+-типа проводимости и второго охранного кольца 29.2 p^+-типа проводимости с определенной равной между собой толщиной охранных колец 29.1, 29.2 существенно меньше толщины эпитаксиального слоя 26; и девятой алюминиевой контактной площадкой 5.9 катода 25 интегрального преобразователя 21 температуры, структура которого сформирована на лицевой стороне 23 интегрального преобразователя 21 температуры из области 28 для омического контакта n^+-типа проводимости с подложкой 27 n^+-типа проводимости, где поверх области 28 для омического контакта n^+-типа проводимости с подложкой 27 n^+-типа проводимости напыляется алюминий для создания девятой алюминиевой контактной площадки 5.9, при прямом смещении происходит определенное падение напряжения, являющееся по номиналу ниже, чем падение напряжения при прямом смещении у структур диодов с p-n-переходом, что позволяет использовать интегральный преобразователь 21 температуры при меньшем энергопотреблении датчика давления в целом. При обратном смещении расстояние между первым и вторым охранными кольцами 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости связано с наличием возможных технологических погрешностей по фотолитографическим и диффузионным процессам. Два охранных кольца 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости расположены на расстоянии распространения области пространственного заряда в половину расстояния между охранными кольцами 29.1, 29.2 при потенциале близком к пробивному обратному напряжению каждого из охранного кольца 29.1, 29.2 в отдельности. Как следствие, смыкание двух областей пространственного заряда между двумя охранными кольцами 29.1, 29.2 p^+-типа проводимости позволяет увеличить диапазон пробивного обратного напряжения диода Шоттки. Добавление третьего охранного кольца в данной выбранной структуре эпитаксиального слоя 26 n-типа проводимости со сравнительно низким удельным сопротивлением приведет к сокращению показателя пробивного обратного напряжения интегрального преобразователя 21 температуры.

Благодаря повышенному значению пробивного обратного напряжения интегрального преобразователя 21 температуры, характеристика которого представлена на фиг. 8, девятая алюминиевая контактная площадка 5.9 катода 25 интегрального преобразователя 21 температуры может быть соединена с пятой алюминиевой контактной площадкой 5.5 с потенциалом «земля» интегрального преобразователя 7 давления через пятую 6.5 и девятую 6.9 алюминиевые проволоки, соединенные с четвертым выводом 2.4 корпуса 1 датчика давления. Увеличение пробивного обратного

напряжения интегрального преобразователя 21 температуры снижает показатели токов утечки интегрального преобразователя 21 температуры при увеличении температуры. В диапазоне тока от 1 мкА до 1 мА увеличенное значение пробивного обратного напряжения интегрального преобразователя 21 температуры с диапазона от 74,8 В до 80,4 В до диапазона от 90,4 В до 94,4 В, как представлено на фиг. 8, позволяет улучшить линейность характеристики по измерению температуры среды датчиком температуры при повышенных положительных температурах до 120°С.

При подаче постоянного тока между десятой алюминиевой контактной площадкой 5.10 анода 24 и девятой алюминиевой контактной площадкой 5.9 катода 25 интегрального преобразователя 21 температуры и изменении температуры происходит линейное изменение падения напряжения при прямом смещении, характеристика которого представлена на фиг. 9.

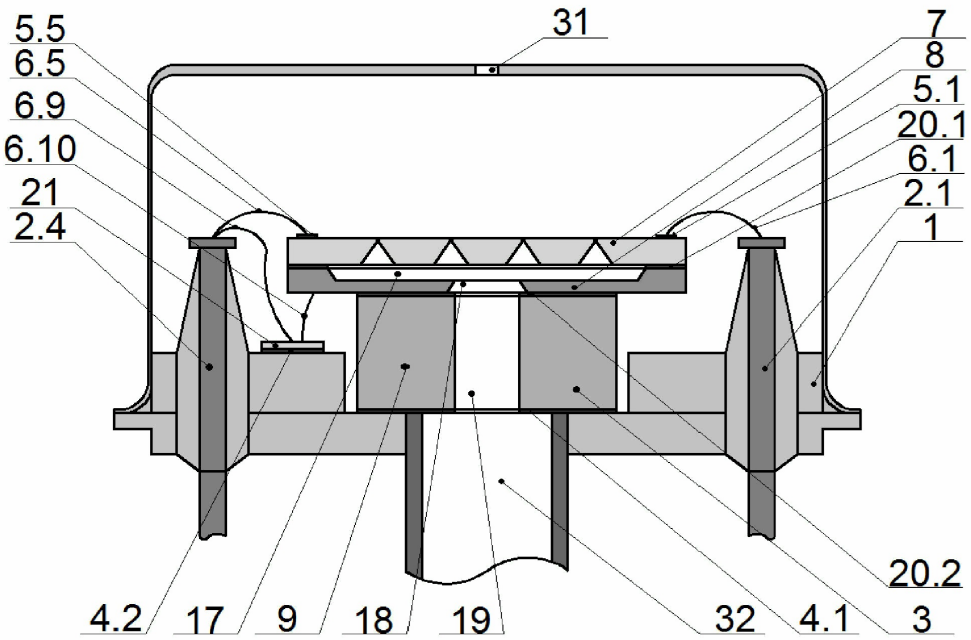
Таким образом, достигается указанный технический результат, а именно повышение пробивного обратного напряжения интегрального преобразователя 21 температуры в виде диода Шоттки, содержащегося в составе единой сборки в виде отдельного кристалла совместно с чувствительным элементом 3 давления в корпусе 1 датчика давления.

(57) Формула полезной модели

Датчик давления с интегральным преобразователем температуры пониженного энергопотребления и с повышенным пробивным обратным напряжением содержит корпус с выводами, штуцером для подачи номинального давления с оборотной механической стороны интегрального преобразователя давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента давления, и верхним отверстием в корпусе для подачи номинального давления с лицевой стороны интегрального преобразователя давления, расположенным соосно относительно чувствительного элемента давления, содержит чувствительный элемент давления, соединенный с корпусом высокотемпературным клеем и алюминиевыми контактными площадками с выводами корпуса алюминиевой проволокой в следующей последовательности соединения: первая алюминиевая контактная площадка первой алюминиевой проволокой с первым выводом, вторая алюминиевая контактная площадка второй алюминиевой проволокой с первым выводом, третья алюминиевая контактная площадка третьей алюминиевой проволокой со вторым выводом, четвертая алюминиевая контактная площадка четвертой алюминиевой проволокой с третьим выводом, пятая алюминиевая контактная площадка пятой алюминиевой проволокой с четвертым выводом, шестая алюминиевая контактная площадка шестой алюминиевой проволокой с пятым выводом, седьмая алюминиевая контактная площадка седьмой алюминиевой проволокой с шестым выводом и восьмая алюминиевая контактная площадка восьмой алюминиевой проволокой с шестым выводом; датчик давления содержит интегральный преобразователь давления, состоящий из кремния n-типа проводимости и на лицевой стороне которого сформированы четыре параллельных друг другу тензорезистора p-типа проводимости, при этом тензорезисторы располагаются в местах концентрации механических напряжений, средства электрических соединений и алюминиевые контактные площадки, объединенные в мостовую схему, и на оборотной стороне которого сформирована травлением механическая часть с тонкой гибкой симметрично выполненной квадратной кремниевой мембраной с утолщенной частью, утоненной частью, где толщина утоненной части мембраны составляет от 20 мкм до значения, равного половине толщины интегрального преобразователя давления, и с тремя

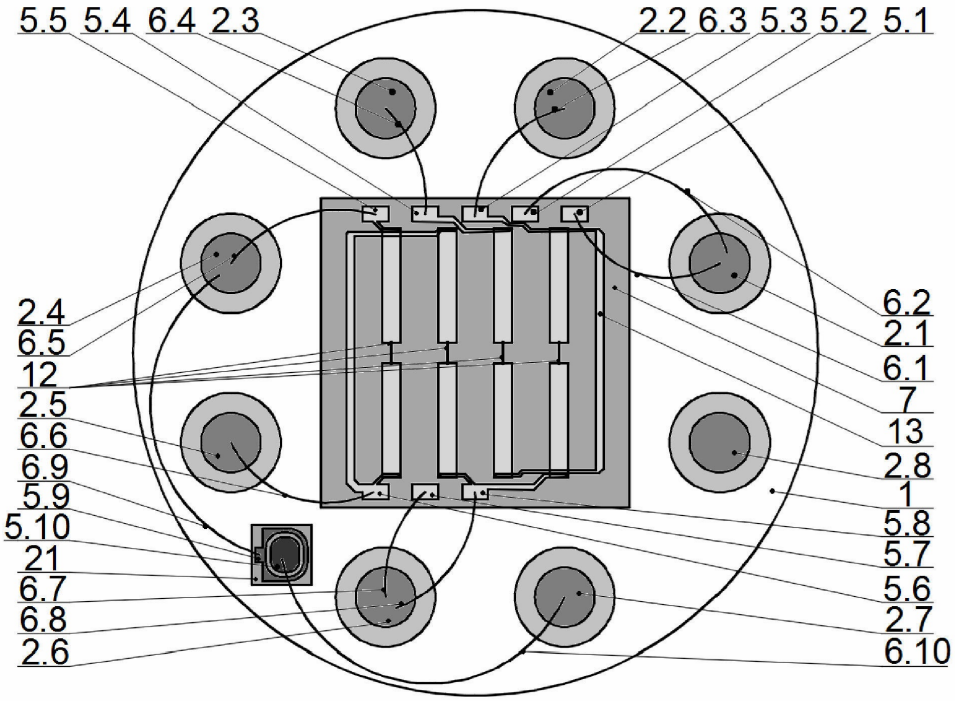
жесткими центрами кремниевой мембраны; прокладку чувствительного элемента давления, жестко связанную с утолщенной частью кремниевой мембраны интегрального преобразователя давления и с выполненной в нем полостью прокладки и сквозным отверстием прокладки для подвода давления измеряемой среды к утоненной части кремниевой мембраны; основание, имеющее отверстие основания для подвода давления измеряемой среды к утоненной части квадратной кремниевой мембраны; где все элементы чувствительного элемента давления сформированы из кремния и соединены слоями легкоплавкого стекла в вакууме последовательно между основанием, прокладкой и интегральным преобразователем давления в областях контакта соединения; температурный датчик, выполненный в виде интегрального преобразователя температуры в виде диода Шоттки, созданного отдельным кристаллом, имеющим эпитаксиальный слой, выполненный из кремния n-типа проводимости и покрытый диэлектрическим слоем оксида кремния, и подложку, выполненную из кремния n^+-типа проводимости, с двумя алюминиевыми контактными площадками на лицевой стороне для катода со сформированной областью n^+-типа проводимости для омического контакта с подложкой n^+-типа проводимости и анода диода со структурой первого охранного кольца p^+-типа проводимости, расположенного по периметру области анода, где алюминиевая контактная площадка катода диода Шоттки соединена с алюминиевой контактной площадкой с потенциалом «земля» интегрального преобразователя давления алюминиевыми проволоками на выводе корпуса датчика давления; и соединенного оборотной стороной с корпусом высокотемпературным клеем и на лицевой стороне девятой алюминиевой контактной площадкой девятой алюминиевой проволокой с четвертым выводом и десятой алюминиевой контактной площадкой десятой алюминиевой проволокой с седьмым выводом, отличающийся тем, что интегральный преобразователь температуры в виде диода Шоттки дополнительно содержит второе охранное кольцо p^+-типа проводимости, расположенное с первым охранным кольцом в одной плоскости и имеющее одинаковую форму и площадь поперечного сечения с первым охранным кольцом p^+-типа проводимости, соосное первому охранному кольцу p^+-типа проводимости и расположенное вне области анода с расстоянием между кольцами, равным сумме расстояний распространения областей пространственных зарядов каждого охранного кольца p^+-типа проводимости на половины расстояний между охранными кольцами p^+-типа проводимости при подаче потенциала, близком к пробивному обратному напряжению каждого из охранного кольца p^+-типа проводимости в отдельности; при этом область контакта к аноду, охранные кольца p^+-типа проводимости и десятая алюминиевая контактная площадка интегрального преобразователя температуры имеют форму прямоугольника с закругленными углами.

1



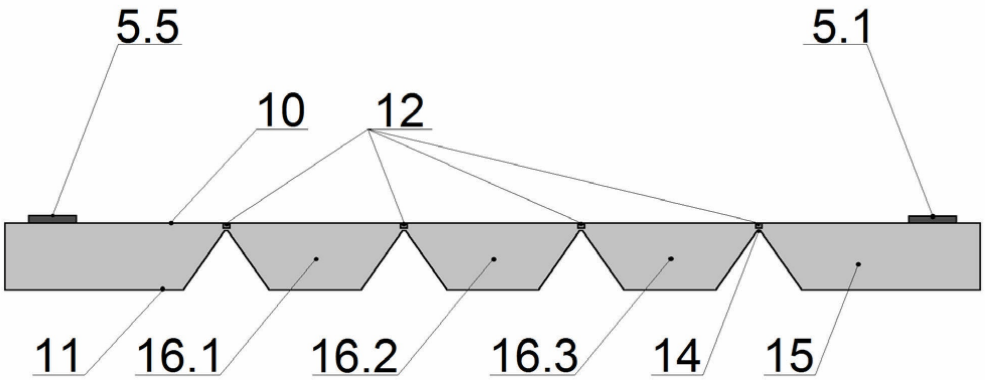
Фиг. 1

2


5.5 5.4 6.4 2.3
2.2 6.3 5.3 5.2 5.1
2.4
6.5
12
2.5
6.6
6.9
5.9
5.10
21
6.7
6.8
2.6
6.2
2.1
6.1
7
13
2.8
1
5.8
5.7
5.6
2.7
6.10

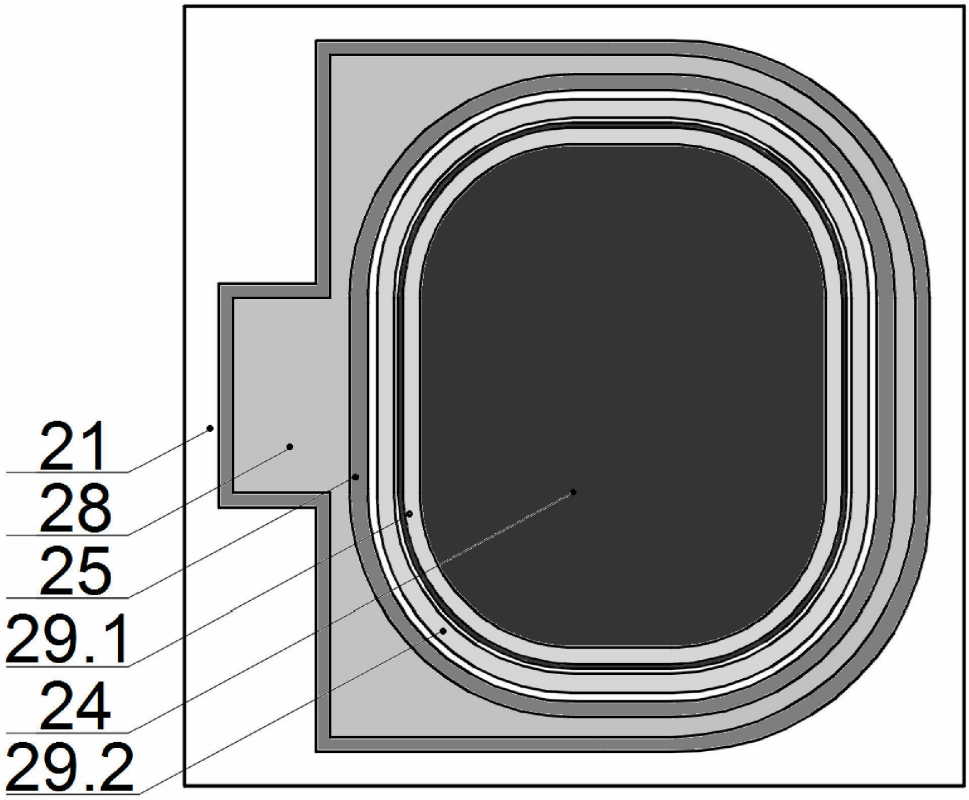
Фиг. 2

3

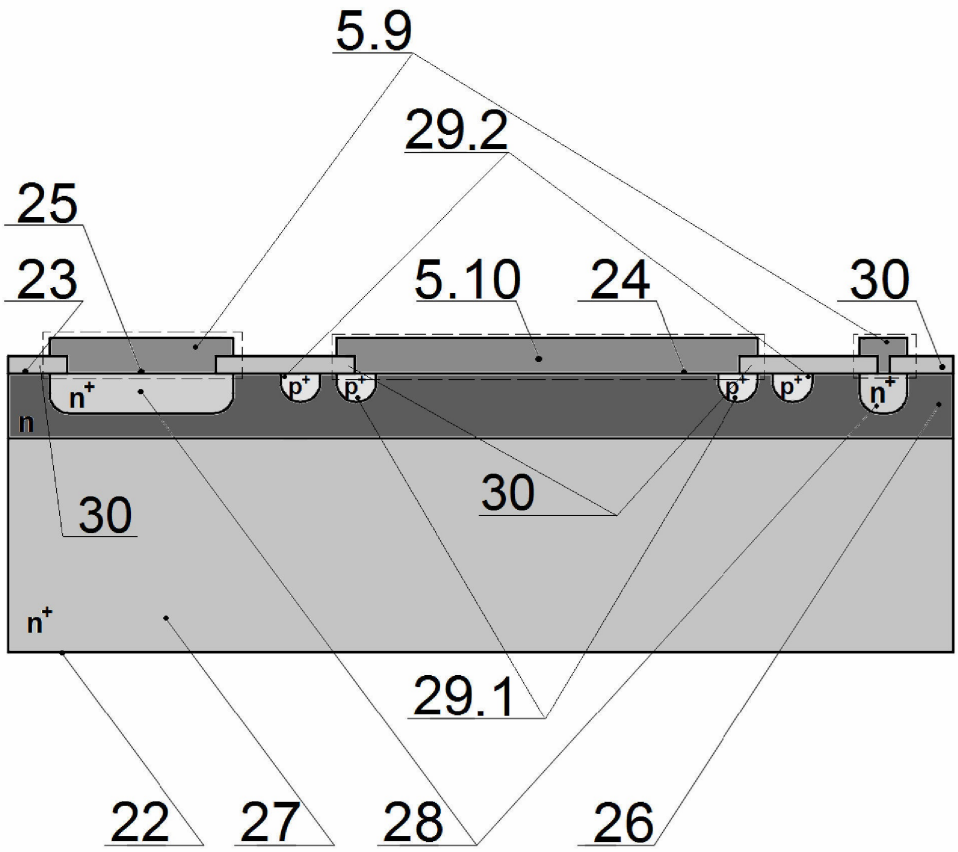


Фиг. 3

4

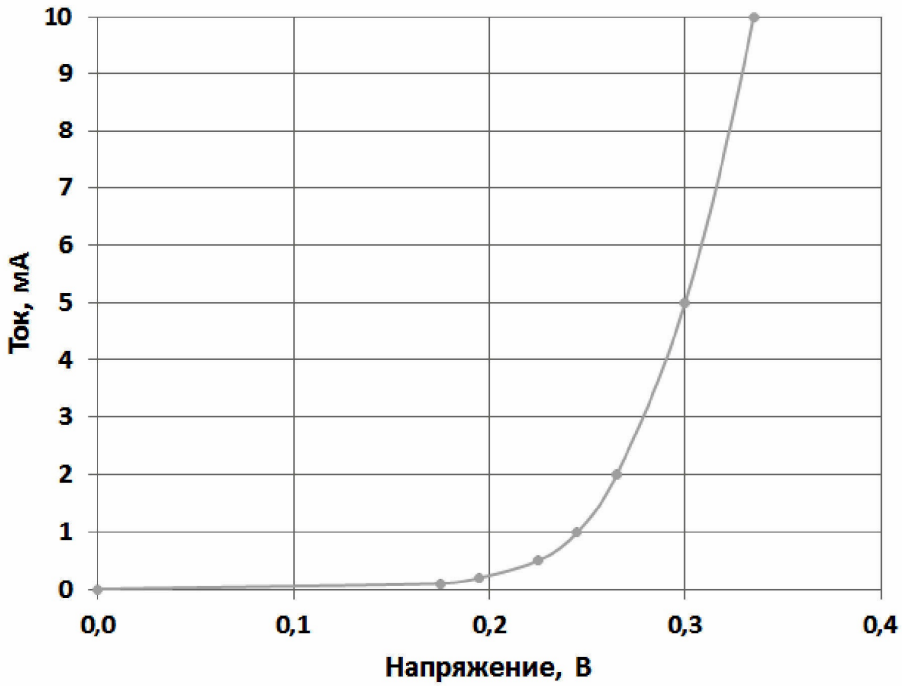


Фиг. 4



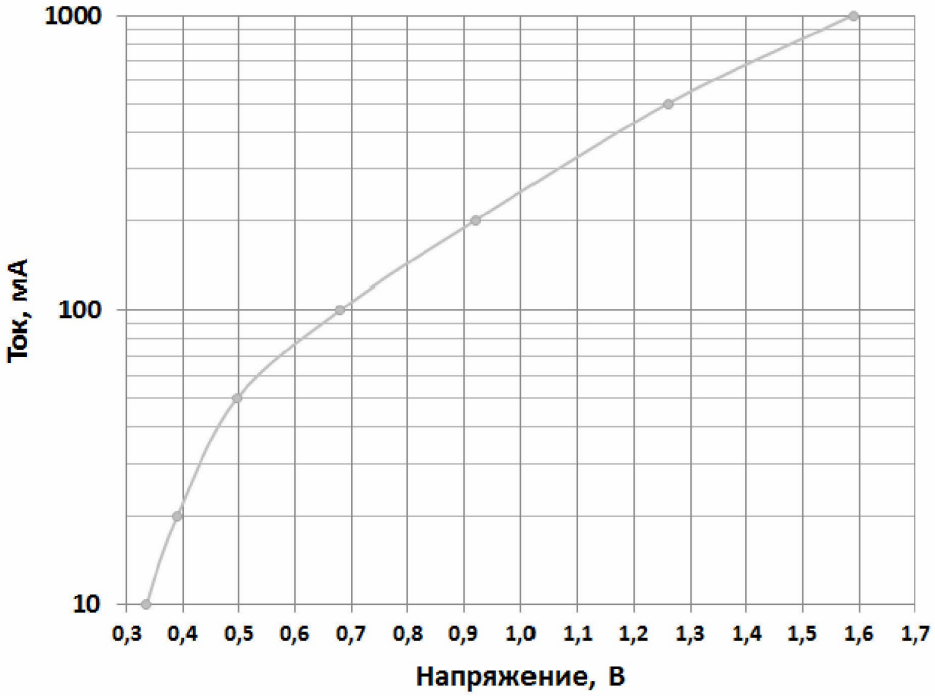
Фиг. 5

6



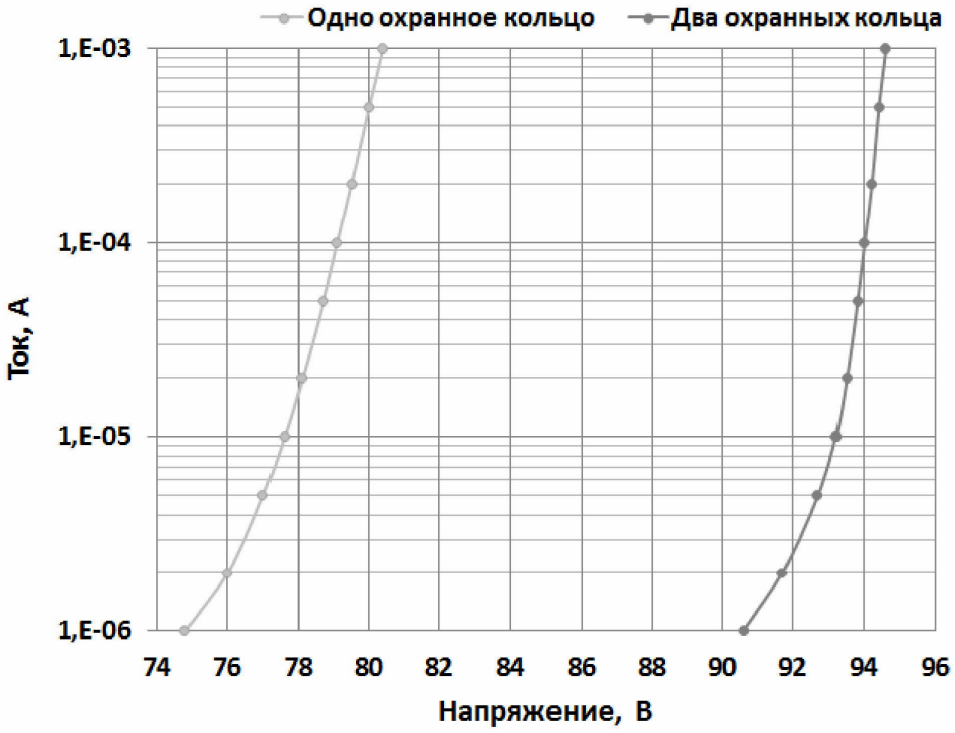
Фиг. 6

7


1000
100
10
Ток, мА
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
Напряжение, В

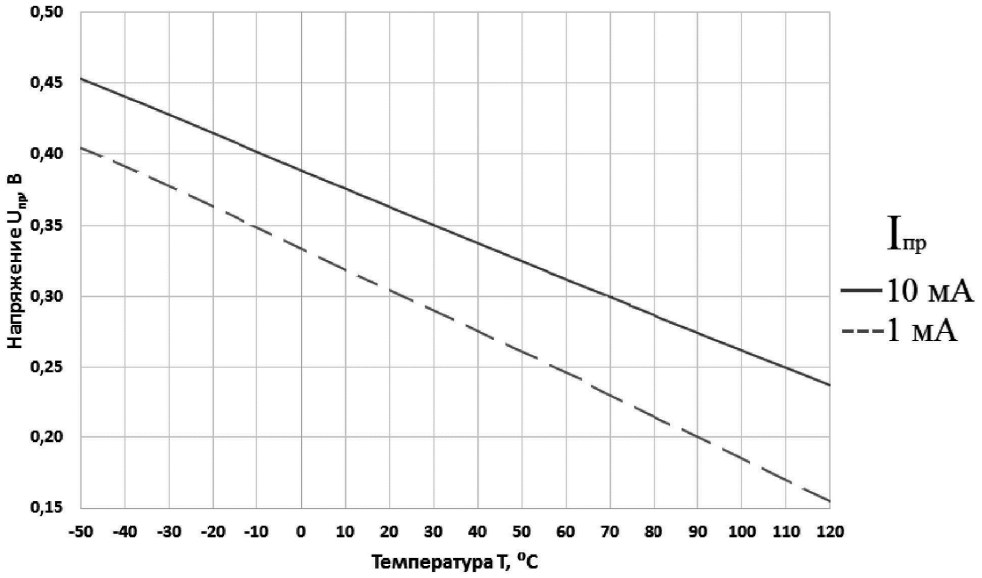
Фиг. 7

8


Одно охранное кольцо
Два охранных кольца
1,E-03
1,E-04
1,E-05
1,E-06
Ток, А
74
76
78
80
82
84
86
88
90
92
94
96
Напряжение, В

Фиг. 8

9


0,50
0,45
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
Напряжение $U_{пр}$, В
-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120
Температура Т, °С
$I_{пр}$
10 мА
1 мА

Фиг. 9