



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 066 856** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК⁶ **G 01 L 9/08**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93033307/28, 28.06.1993

(46) Дата публикации: 20.09.1996

(56) Ссылки: 1. "Sensors and Act." 4/1983/
р.357-362. 2. "IEEE, El, Dev. Let.", N 10,
1987, V.EDL-8 - прототип.

(71) Заявитель:

Государственный научно-исследовательский
институт физических проблем им.Ф.В.Лукина

(72) Изобретатель: Мишачев В.И.,

Лиховид С.В., Корсаков В.С., Трутнев
Н.Ф., Самсонов Н.С., Васенков А.А., Мазуренко
С.Н., Акулова Г.В., Семенихина Л.А.

(73) Патентообладатель:

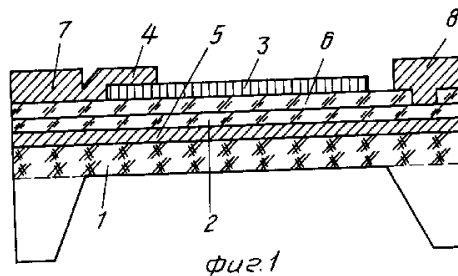
Государственный научно-исследовательский
институт физических проблем им.Ф.В.Лукина

(54) ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Использование: в пьезоэлектрических, электроакустических преобразователях, для измерения шумов. Сущность изобретения: датчик содержит мембрану 1, на планарной стороне которой расположена компенсирующая пленка 2, а над ней пленка 3 пьезоэлектрического материала с двумя электродами 4, 5, первый из которых расположен на ее внешней поверхности. Мембрана 1 выполнена из кремния, компенсирующая пленка 2 - из термически окисленной двуокиси кремния, при этом на пленке расположен второй электрод 5, а между ним и пленкой 3 пьезоэлектрического материала расположена введенная изолирующая пленка 6 из двуокиси кремния, а толщина мембраны выбрана из условия 0,5 - 5,0 мкм, толщина компенсирующей пленки

составляет 0,1 - 0,3 мкм, толщина пленки пьезоэлектрического материала равна 1,0 - 1,5 мкм. Кроме того, для ряда применений указанного датчика использована кремниевая мембрана, легированная бором до концентрации не менее $7 \cdot 10^{19}$ см⁻³. 2 с. и 1 з.п. ф-лы, 2 ил.



RU 2 066 856 C1

RU 2 066 856 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 066 856** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁶ **G 01 L 9/08**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93033307/28, 28.06.1993

(46) Date of publication: 20.09.1996

(71) Applicant:
 Gosudarstvennyj nauchno-issledovatel'skij
 institut fizicheskikh problem im.F.V.Lukina

(72) Inventor: Mishachev V.I.,
 Likhovid S.V., Korsakov V.S., Trutnev
 N.F., Samsonov N.S., Vasenkov A.A., Mazurenko
 S.N., Akulova G.V., Semenikhina L.A.

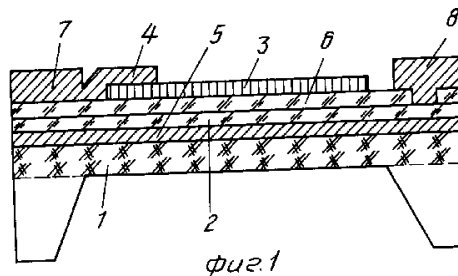
(73) Proprietor:
 Gosudarstvennyj nauchno-issledovatel'skij
 institut fizicheskikh problem im.F.V.Lukina

(54) **PIEZOELECTRIC PRESSURE TRANSDUCER**

(57) Abstract:

FIELD: measurement technology.
 SUBSTANCE: invention is used in piezoelectric and electroacoustic converters to measure noises. Piezoelectric pressure transducer has membrane 1 on which planes side compensating film 2 is placed, film 3 of piezoelectric material with two electrodes 4, 5 is located above it. First electrode is placed on to outer surface of film. Membrane 1 is made of silicon, compensating film 2 - of silicon dioxide oxidizer thermally. Second electrode 5 is put of film. Film 6 produced from silicon dioxide is located between electrode 5 and film 3 of piezoelectric material. Thickness of membrane is chosen 0.5-5.0 μm , thickness of compensating film equal 0.1-0.3 μm Thickness

of film of piezoelectric material equals 1.0-1.5 μm . For some usage of specified transducer there is used silicon membrane doped with boron up to concentration 10^{19} cm^{-3} . EFFECT: enhanced operational reliability and stability. 4 cl, 2 dwg



RU 2 066 856 C1

RU 2 066 856 C1

Изобретение относится к пьезоэлектрическим преобразователям давления в электрический сигнал, в частности к пьезоэлектрическим электроакустическим преобразователям.

Известен пьезоэлектрический (акустический) датчик структуры ZnO-Si (1). В данной конструкции на кремниевой мембране толщиной 30 мкм сформирована текстурированная пленка окиси цинка толщиной 3 мкм. Пленка окиси цинка с обеих сторон имеет алюминиевые электроды. Пленка окиси цинка имеет гексагональную кристаллическую решетку, состоит из групп кристаллов кристаллитов. Кристаллиты имеют преимущественную ориентацию ориентированы в текстуру. Чувствительность описанного датчика 0,25 мВ/Па на частоте 1 кГц. Недостатком датчика является то, что в нем использована достаточно толстая (30 мкм) кремниевая мембрана, вследствие чего гибкость структуры низкая, что приводит к уменьшению чувствительности.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому является пьезоэлектрический датчик давления (2), содержащий кремниевую подложку с окном, на поверхности которой расположен слой, образующий в окне композитную структуру, состоящую из следующих слоев, последовательно расположенных друг над другом: пиролизически выращенный слой двуокиси кремния толщиной 0,2 мкм, слой нитрида кремния толщиной 2,0 мкм. Пленка окиси цинка, осажденная на эту сложную композитную структуру, имеет толщину 0,3 мкм и находится в капсуле из слоев пиролизической двуокиси кремния толщиной 0,2 мкм (двуокись кремния сформирована при 450°C CVD-методом). Ось C текстуры пленки окиси цинка ориентирована перпендикулярно плоскости подложки. Верхний электрод выполнен из алюминия толщиной 0,5 мкм, нижний из поликремния. Мембрана формируется методом анизотропного травления подложки с обратной стороны. Чувствительность датчика 0,5 мВ/Па (на частоте 1 кГц), резонансная частота 7,8 кГц.

В данной конструкции уменьшена общая толщина композитной структуры, а соотношение толщин ZnO-Si₃N₄ выбиралось из условия получения минимально возможных температурных напряжений.

Недостатком датчика является то, что пленки окиси цинка толщиной менее 1 мкм имеют большой тангенс угла потерь, что ведет к большим собственным шумам преобразователя. Пленки ZnO толщиной менее 1 мкм (в данном случае используется пленка толщиной 0,3 мкм) обладают низким коэффициентом электромеханической связи, следовательно, устройство имеет низкую чувствительность (0,5 мВ/Па).

Для того, чтобы повысить чувствительность пьезоэлектрического датчика давления, содержащего мембрану, на планарной стороне которой расположена компенсирующая пленка, а над ней пленка пьезоэлектрического материала с двумя электродами, первый из которых расположен на ее внешней поверхности, предложено выполнять мембрану из кремния, компенсирующую пленку из термически окисленной двуокиси кремния, при этом на последней расположен второй электрод

пленки пьезоэлектрического материала, а между ним и пленкой пьезоэлектрического материала расположена введенная изолирующая пленка из двуокиси кремния, а толщина мембраны выбрана из условия: 0,5 5,0 мкм, толщина компенсирующей пленки составляет 0,1 0,3 мкм, толщина пленки пьезоэлектрического материала равна 1,0 1,5 мкм.

Кроме того, для ряда применений указанного датчика использована кремниевая мембрана, легированная бором до концентрации не менее $7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

Для повышения чувствительности и упрощения конструкции датчика давления, содержащего мембрану, на планарной стороне которой расположена компенсирующая пленка, а над ней пленка пьезоэлектрического материала с электродом, расположенным на ее внешней поверхности, и электрические контакты, предложено выполнять мембрану из кремния, легированного бором до концентрации не менее $7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, при этом пленка пьезоэлектрического материала расположена на компенсирующей пленке, выполненной из термически окисленной двуокиси кремния, мембрана непосредственно соединена с одним из электрических контактов, а ее толщина равна 0,5 5,0 мкм, при этом толщина компенсирующей пленки составляет 0,1 0,3 мкм, толщина пленки пьезоэлектрического материала выбрана из условия 1,0 1,5 мкм.

Указанные верхний и нижний пределы толщин композитной структуры определяются технологическими ограничениями.

Соотношения толщин из указанных диапазонов для конкретной композитной структуры выбираются, исходя из минимума внутренних механических напряжений посредством расчета и эксперимента. В результате проведенных исследований установлено, что минимальными температурными напряжениями обладает предлагаемая структура: пленки окиси цинка толщиной $(1,0 \pm 0,1) \text{ мкм}$ слой термической двуокиси кремния толщиной $(0,24 \pm 0,03) \text{ мкм}$ слой легированного бором кремния толщиной $(1,4 \pm 0,2) \text{ мкм}$. Допуск на толщины слоев определяется технологическим разбросом температур формирования слоев. При создании мембраны методом стоп-травления степень легирования кремния составляет не менее $7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.

При толщине пленки окиси цинка 1 мкм уменьшаются резистивные потери в пленке, т. е. уменьшается тангенс угла потерь, а значит, уменьшаются собственные шумы датчика. Чувствительность датчика увеличивается до 0,8 мВ/Па (на частоте 1 кГц).

На рис. 1, 2 изображена конструкция датчика давления согласно формуле изобретения.

Условные обозначения:

1 Si-мембрана,
2 пленка SiO₂ компенсирующая,

3 пленка ZnO,
4 верхний электрод,
5 нижний электрод,
6 пленка SiO₂ изолирующая,
7,8 электрические контакты.

Предлагаемый датчик может быть

изготовлен по стандартной Si-технологии.

Пример изготовления.

В кремниевую подложку диаметром 76 мм (100) проводится двухсторонняя диффузия бора на глубину 1,4 мкм с концентрацией бора 10^{20} см⁻³. Затем осуществляют локальное травление кремния с обратной стороны подложки. Площадь локального травления равна площади мембраны. Проводят травление легированного бором кремния в кислотном травителе состава HF:HNO₃:CH₃COOH в соотношении 1:2:2 в течение 1 5 минут для вскрытия кремния и дальнейшего его травления с обратной стороны подложки в анизотропном травителе. Травят кремний в анизотропном травителе: этилендиамида 70% 200 мл, пирокатехина 75 г, воды 200 мл при 106°C для получения окон в подложке и формирования мембраны.

На лицевой стороне подложки образуют слой двуокиси кремния толщиной 0,24 мкм методом термического окисления при температуре 450°C. Поверх слоя SiO₂ наносят пленку ZnO толщиной 1,0 мкм методом вакуумного ВЧ-магнетронного распыления при температуре 650 °С.

Контроль внутреннего напряжения композитной мембраны осуществляют на установке ЭМ-679 по методике, основанной на оптическом контроле изменения кривизны подложки в зависимости от внутренних напряжений наносимых покрытий. Далее проводят напыление алюминия толщиной 0,1 мкм на установке УРМ.

Пример использования и полученные результаты.

В результате изготовления структуры получили датчик со следующими параметрами (контроль параметров проводился на измерительном стенде, укомплектованном оборудованием фирмы Брюль и Кьер (Дания):

Статическая емкость (100 300) пФ.

Тангенс угла потерь (.05 -.01).

Собственные шумы в полосе (0,50 12 кГц) (1,5 2,0) мкВ.

Чувствительность на частоте 1 кГц 0,8 мВ/Па.

Резонансная частота 4,5 кГц.

Данное устройство может быть использовано:

в качестве акустического датчика для

измерения шумов окружающей среды в полосе (0,1 3) кГц;

в качестве акустического индикатора для определения акустических сигналов фиксированной частоты (f 4,5 кГц, 6,5 кГц);
в качестве излучателя (зуммера).

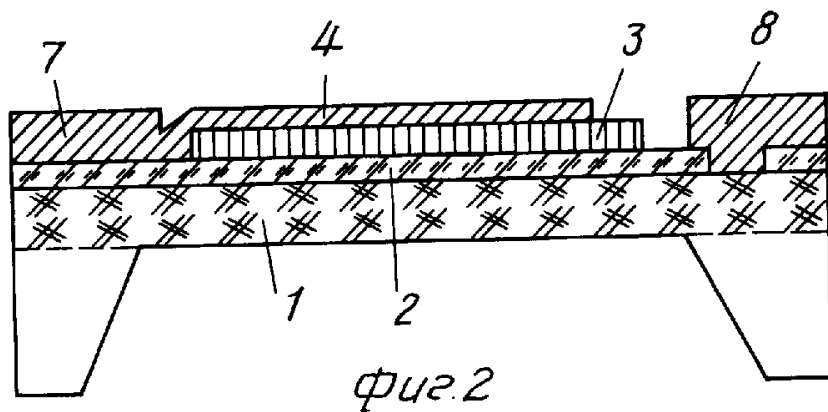
Формула изобретения:

1. Пьезоэлектрический датчик давления, содержащий мембрану, на планарной стороне которой расположена компенсирующая пленка, а над ней пленка пьезоэлектрического материала с двумя электродами, первый из которых расположен на ее внешней поверхности, отличающийся тем, что в нем мембрана выполнена из кремния, компенсирующая пленка выполнена из термически окисленной двуокиси кремния, на ней расположен второй электрод пленки пьезоэлектрического материала, а между ним и пленкой пьезоэлектрического материала расположена введенная изолирующая пленка из двуокиси кремния, при этом толщина мембраны выбрана из условия: 0,5 5,0 мкм, толщина компенсирующей пленки из термически окисленной двуокиси кремния составляет 0,1 0,3 мкм, а толщина пленки пьезоэлектрического материала равна 1,0 1,5 мкм.

2. Датчик давления по п.1, отличающийся тем, что в нем кремниевая мембрана легирована бором до концентрации не менее $7 \cdot 10^{19}$ см⁻³.

3. Датчик давления, содержащий мембрану, на планарной стороне которой расположена компенсирующая пленка, а над ней пленка пьезоэлектрического материала с электродом, расположенным на ее внешней поверхности, и электрические контакты, отличающийся тем, что в нем мембрана выполнена из кремния, пленка пьезоэлектрического материала расположена на компенсирующей пленке, выполненной из термически окисленной двуокиси кремния, мембрана непосредственно соединена с одним из электрических контактов и легирована бором до концентрации не менее $7 \cdot 10^{19}$ см⁻³, а ее толщина равна 0,5 5,0 мкм, при этом толщина компенсирующей пленки из термически окисленной двуокиси кремния составляет 0,1 0,3 мкм, толщина пленки пьезоэлектрического материала выбрана из условия 1,0 1,5 мкм.

RU 2066856 C1



RU 2066856 C1