

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 19241

(13) С1

(46) 2015.06.30

(51) МПК

G 01N 27/12 (2006.01)

(54)

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ГАЗОВЫЙ СЕНСОР

(21) Номер заявки: а 20121308

(22) 2012.09.17

(43) 2014.04.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(72) Авторы: Врублевский Игорь Альфонсович; Чернякова Екатерина Викторовна; Паркун Владимир Михайлович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники" (ВУ)

(56) RU 2054664 С1, 1998.

ВУ 6451 С1, 2004.

RU 2093821 С1, 1997.

RU 2143678 С1, 1999.

SU 1797027 А1, 1993.

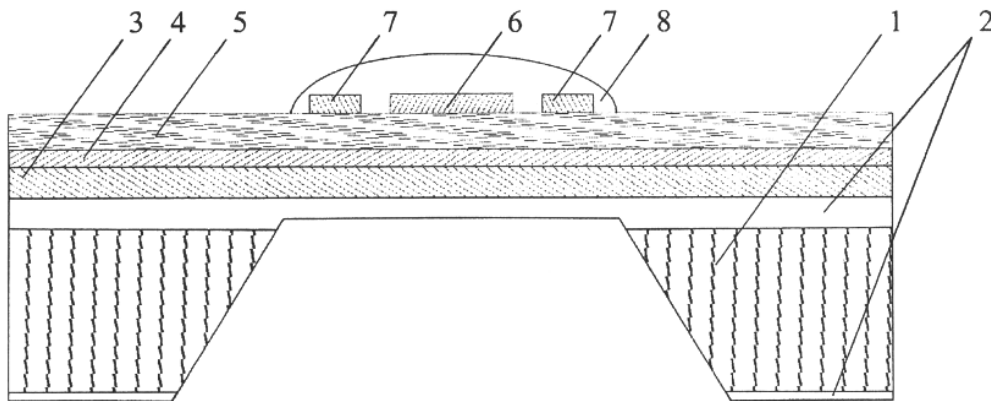
JP 2011/232176 А.

TW 2012/02691 А.

(57)

1. Полупроводниковый газовый сенсор, содержащий кремниевую подложку с выполненной на ней мембраной на основе нитрида кремния, над которыми расположен тонкий подслоя анодного оксида тантала, сформированного под пористым слоем анодного оксида алюминия, на котором последовательно сформированы пленочный нагревательный элемент, пленочные электроды и газочувствительный слой, причем толщина подслоя анодного оксида тантала составляет от 0,02 до 0,05 мкм.

2. Сенсор по п. 1, отличающийся тем, что пленочный нагревательный элемент и пленочные электроды для газочувствительного слоя выполнены из платины.



ВУ 19241 С1 2015.06.30

Изобретение относится к области микроэлектроники, в частности к изготовлению полупроводниковых структур, являющихся элементной базой функциональной микроэлектроники, и может быть использовано при изготовлении газовых сенсоров с тонкой диэлектрической мембраной. Существуют различные конструкции полупроводниковых газовых сенсоров на кремниевых подложках, изготовленных с использованием микроэлектронной технологии.

Известна конструкция полупроводникового газового сенсора [1], содержащая подложку из кремния с слоем диоксида кремния, на поверхности которого расположены пленочный нагревательный элемент, пленочный термодатчик и пленочные электроды, выполненные из платины с подслоем титана, и газочувствительный слой из металлооксидного полупроводника. Недостатком данной конструкции газового сенсора является высокая потребляемая мощность, обусловленная низкой теплопроводностью кремния и большой толщиной подложки под нагревательным элементом. Попадание в зону нагрева контактных площадок пленочных элементов также приводит к повышению потребляемой мощности. Кроме того, отмечается снижение надежности сенсора из-за уменьшения адгезии и возможного отслаивания платиновых электродов при термообработке при 450-500 °С в результате процесса диффузионного рассеивания тонкой пленки титана в платину или ее полного окисления.

Известна конструкция полупроводникового газового сенсора с диэлектрической мембраной [2]. От описанной выше конструкции ее отличает наличие мембраны из нитрида кремния, которая обеспечивает теплоизоляцию нагретых частей сенсора (нагреватель и полупроводниковый чувствительный слой) от холодной рамки. Такая конструкция позволяет снизить мощность потребления при той же рабочей температуре. Недостатком данной конструкции является низкая надежность из-за проблем адгезии пленки платины (материала термодатчика, нагревателя и электродов) и материала чувствительного слоя к мембране из оксида/нитрида кремния. Использование для платины адгезионных слоев металлов (титан, хром или ванадий) не приводит к решению проблемы. При рабочей температуре сенсора 400-500 °С или температуре вжигания чувствительного слоя 700-750 °С слой платины резко теряет свои адгезионные свойства, что приводит к отслаиванию пленки.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому изобретению является сенсор газа с диэлектрической мембраной, описанный в [3]. Сенсор содержит кремниевую подложку с диэлектрической мембраной из диоксида кремния, на которой последовательно сформированы слой резистивного нагревателя, слой изолирующего диэлектрика и пленка газочувствительного материала. Использование слоя изолирующего диэлектрика (например, из оксида алюминия) на поверхности мембраны позволяет значительно улучшить адгезию пленки газочувствительного материала. В то же время данная конструкция сенсора газов имеет низкую надежность из-за значительного ухудшения изоляционных свойств тонкого слоя изолирующего диэлектрика при высоких температурах и возникновения электрической связи между элементами сенсора, расположенными в различных слоях. Кроме того, не решена проблема адгезии пленки нагревателя (платины) к поверхности мембраны из оксида кремния, что также приводит к снижению надежности сенсора.

Технической задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является упрощение конструкции и повышение надежности газового сенсора с диэлектрической мембраной.

Поставленная задача достигается тем, что в газовый сенсор содержит кремниевую подложку с выполненной на ней мембраной на основе нитрида кремния, над которыми расположен тонкий подслой анодного оксида тантала, сформированного под пористым слоем анодного оксида алюминия, на котором последовательно сформированы пленочный нагревательный элемент и пленочные электроды, выполненные из платины, и газочувствительный слой, причем толщина подслоя анодного оксида тантала составляет от 0,02 до 0,05 мкм.

Выбор диапазона толщин анодного оксида тантала основан на следующих основаниях. Если исходная тонкая пленка тантала имеет островковую структуру, то методом электрохимического анодирования невозможно получить сплошной слой анодного оксида тантала из такой пленки. Поэтому при толщине анодного оксида тантала меньше 0,02 мкм могут возникать проблемы с адгезией пленки пористого анодного оксида алюминия к кремниевой подложке. Толщина пленки анодного оксида тантала больше 0,05 мкм не может быть получена методом электрохимического окисления пленки алюминия с подслоем тантала в процессе формирования пористого анодного оксида алюминия.

Сущность изобретения заключается в том, что конструкция газового сенсора содержит диэлектрическую мембрану, нагревательный элемент, электроды и газочувствительный слой, но при этом благодаря слою пористого анодного оксида алюминия поверхность мембраны имеет развитый рельеф, что обеспечивает высокую адгезию газочувствительного слоя и платины к мембране. Поэтому появляется возможность изготовить нагревательный элемент и электроды из одного термостойкого и коррозионно-стойкого материала - платины и разместить их в одном слое на поверхности мембраны. Исключение адгезионного слоя металла (титана, хрома) для платины улучшает стабильность нагревателя, работающего при высокой температуре. С целью повышения надежности сенсора при длительной работе при высоких температурах в качестве адгезионного и изолирующего слоя между пористым анодным оксидом алюминия и нитридом (оксидом) кремния мембраны использован тонкий слой анодного оксида тантала, отличающийся высокой химической и термической стабильностью.

Структура газового сенсора с мембраной представлена на фигуре. Позиции на фигуре обозначают: подложка из кремния 1; изолирующий слой диоксида кремния 2; изолирующий слой нитрида кремния 3, тонкий слой анодного оксида тантала 4, слой пористого анодного оксида алюминия 5, нагреватель из платины 6; электроды чувствительного элемента из платины 7, чувствительный слой 8. Газовый сенсор представляет собой кристалл кремния с мембранной из нитрида кремния и тонкого слоя анодного оксида тантала, лежащего под слоем пористого анодного оксида алюминия, на котором скомпонованы элементы сенсора по стандартной планарной технологии. При этом нагреватель и электроды сенсора размещены в области мембраны.

Газовый сенсор с диэлектрической мембраной может быть изготовлен следующим образом: на двух сторонах кремневой пластины формируют тонкий слой оксида кремния; на рабочую поверхность наносят слой нитрида кремния толщиной 1 мкм; методом вакуумного осаждения последовательно получают пленку тантала толщиной 0,03 мкм и пленку алюминия толщиной 1,2 мкм; с помощью сквозного электрохимического анодирования алюминия в водном растворе 4 %-ной фосфорной кислоты в потенциостатическом режиме при 80 В формируют слой пористого анодного оксида алюминия. При этом на заключительной стадии сквозного анодирования алюминия тонкий слой тантала полностью окисляется до анодного оксида тантала через поры анодного оксида алюминия. На рабочую поверхность сенсора наносят слой платины толщиной 0,3 мкм и с применением процессов фотолитографии формируют нагреватель и электроды сенсора. Диэлектрическую мембрану сенсора получают путем анизотропного селективного травления кремния под рабочей областью нагревателя, до диэлектрического слоя мембраны, являющегося стопором от дальнейшего травления. В результате образуется диэлектрическая мембрана и внешняя кремневая рамка по краю кристалла. Золь-гель методом наносят в область мембраны слой оксида олова. Проводят разделение пластины на кристаллы, посадку кристалла в корпус и разварку выводов.

Использование пористого анодного оксида алюминия (подслой анодного оксида тантала) на поверхности мембраны из нитрида кремния (оксида кремния) позволяет за счет развитой поверхности обеспечить хорошую адгезию как чувствительного материала сенсора газа, так и платины. Высокая адгезия платины к оксиду алюминия дает возможность

# BY 19241 C1 2015.06.30

отказаться от применения адгезионных слоев металлов для платины. Исключение адгезионных слоев уменьшает дрейф сопротивления нагревателя из платины, работающего при высокой температуре, и приводит к улучшению долговременной стабильности характеристик нагревателя. Устройство работает следующим образом. Перед началом работы чувствительный элемент сенсора 8 нагревают до рабочей температуры, соответствующей максимальной адсорбции выбранного газа. Нагрев осуществляется путем подачи заданного напряжения (3-6 В) на нагреватель 6. Производится регистрация исходного сопротивления газочувствительного слоя 8 и контролируется его рабочая температура по сопротивлению нагревателя из платины 6. Затем сенсор помещается в анализируемую газовую смесь. Адсорбция газа приводит к изменению сопротивления пленки газочувствительного слоя на основе металлооксидного полупроводника. Регистрация изменения величины сопротивления газочувствительного слоя позволяет судить о концентрации газа в анализируемой бинарной смеси.

## Источники информации:

1. Патент RU 2114422, МПК G 01N 27/12, 1998.
2. Патент RU 2449412, МПК H 01L 21/306, 2012.
3. Патент RU 2054664, МПК G 01N 27/12, 1996 (прототип).