

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2009119581/28, 26.05.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.05.2009

(45) Опубликовано: 20.10.2010 Бюл. № 29

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 5844238 A, 01.12.1998. RU 2278446 C1,
20.06.2006. RU 2152138 C1, 27.06.2000. SU
271429 A, 26.08.1970.

Адрес для переписки:

124498, Москва, Зеленоград, пр-д 4806, 5,
МИЭТ, патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Золотарев Виталий Иосифович (RU),
Рудаков Григорий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

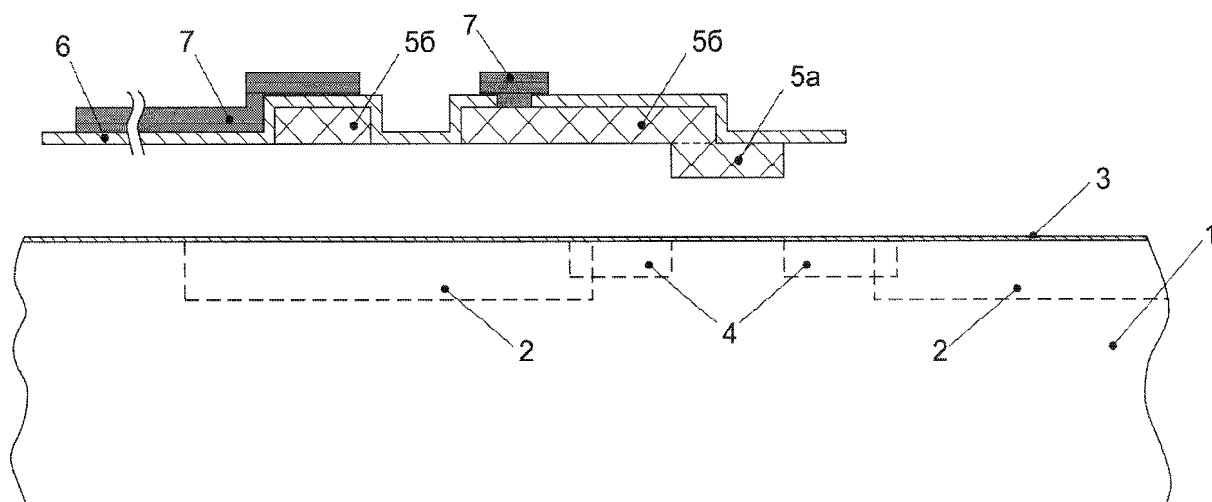
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Московский государственный
институт электронной техники (технический
университет) (RU),
Общество с ограниченной
ответственностью "ЭЛЕМ ИНФО" (RU)

(54) ПРИЕМНИК ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области создания приемников инфракрасного излучения. В приемнике биматериальная консоль формируется из пленок материалов с разными термическими коэффициентами расширения, поэтому при изменении температуры незакрепленная часть консоли смещается относительно подложки. Считывание этого смещения позволяет проводить визуализацию распределения температуры наблюдаемого объекта. В качестве элемента, считывающего смещение незакрепленной части консоли, применен МДП-транзистор, затвор которого

закреплен за консоль, а исток и сток размещены в подложке, за консоль также закреплены электроды для электростатического управления исходным положением консоли относительно подложки. Зазоры между затвором и подложкой и электродами электростатического управления и подложкой меньше, чем между консолью и подложкой. Техническим результатом изобретения является повышение чувствительности приемника и возможность уменьшения площади фоточувствительной ячейки. 1 з.п. ф-лы, 3 ил.



Конструкция приемника инфракрасного излучения.

Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2009119581/28, 26.05.2009**

(24) Effective date for property rights:
26.05.2009

(45) Date of publication: **20.10.2010 Bull. 29**

Mail address:

**124498, Moskva, Zelenograd, pr-d 4806, 5,
MIEhT, patentno-litsenzionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Zolotarev Vitalij Iosifovich (RU),
Rudakov Grigorij Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya
Moskovskij gosudarstvennyj institut ehlektronnoj
tekhniki (tekhnicheskij universitet) (RU),
Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"EhLEM INFO" (RU)**

(54) INFRARED RADIATION RECEIVER

(57) Abstract:

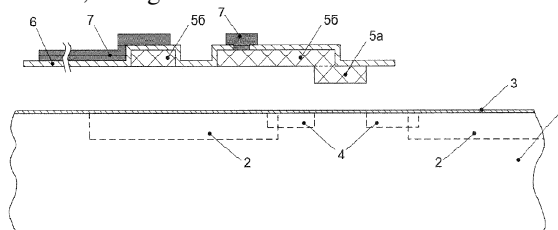
FIELD: physics.

SUBSTANCE: in the receiver, a bi-material cantilever is formed from films of materials with different coefficients of thermal expansion. Therefore the free part of the cantilever moves relative the substrate when temperature changes. Reading of this displacement enables imaging temperature distribution of the object under observation. The element used to read displacement of the free part of the cantilever is a MIS transistor whose gate is attached to the cantilever, while the source and drain lie in the substrate. Electrodes are also attached behind the cantilever for electrostatic control of the initial position of the cantilever relative the substrate. The gap

between the gate and the substrate and the electrostatic control electrodes and the substrate is smaller than that between the cantilever and the substrate.

EFFECT: increased sensitivity of the receiver and possibility of reducing area of the photosensitive cell.

2 cl, 3 dwg



Конструкция приемника инфракрасного излучения.
Фиг.1

Предлагаемое изобретение относится к области создания многоэлементных приемников инфракрасного (ИК) изображения, работающих при нормальной температуре и предназначенных для визуализации температурных распределений на промышленных и биологических объектах. Аппаратура с такими приемниками применима для охраны окружающей среды, в медицине, энергетике, в аппаратуре обнаружения и охраны.

Известно много разновидностей приемников ИК-излучения. Предлагаемое изобретение относится к типу приемников ИК-изображения, в которых используются свойства биматериальных консолей, состоящих из слоев материалов с отличающимися коэффициентами термического расширения (КТР). Как правило, материал с малым КТР - диэлектрик, а с большим КТР - металл. При нагревании такой консоли она изгибается в одну сторону, при охлаждении она изгибается в противоположном направлении. Изгиб консоли при поглощении тепла ИК-излучения используется при создании приемников такого излучения.

В одном из типов таких приемников преобразование падающего ИК-излучения от объекта в электрический сигнал организовано посредством оптического считывания изгиба консоли (См. пат. США №7184200). ИК-излучение наблюдаемого объекта направляется на одну сторону консоли, а на другую сторону, покрытую отражающим слоем, излучение от монохромного источника света видимого диапазона для регистрации величины отклонения от начального уровня. Отраженный свет приобретает неоднородную картину распределения, из-за разной степени отклонения падающего монохромного излучения на консолях, имеющих различные величины изгибов вследствие неоднородности ИК-излучения объекта. Отраженный свет направляется на фотоприемник видимого спектрального диапазона для визуализации объекта ИК-излучения (См. Meas. Sci. Technol. V.17, (2006), pp.1981-1986). Недостатком таких приемников является сложная система управления оптическими излучениями различных спектральных диапазонов. Конструкция таких приборов требует проведения сквозного травления кремниевой подложки для исключения в ней потери интенсивности ИК-излучения, что приводит к увеличению размеров фоточувствительной ячейки и снижению механической прочности кристалла.

Биматериальные термочувствительные консоли фоточувствительных ячеек многоэлементного матричного фотоприемника, выбранного в качестве прототипа, имеют емкостную связь с элементами, расположенными на подложке (См. пат. США №5844238). Изменение интенсивности падающего ИК-излучения приводит к изменению изгиба консоли, что приводит к изменению емкости между электродом, расположенным на консоли, и электродом, расположенным на подложке. Изменение емкости считывается электронной схемой, размещенной на этой же подложке. Такая конструкция не требует двусторонней оптической засветки. Размещение схемы считывания на одной пластине с фоточувствительной ячейкой делает ее монолитной, что улучшает потребительские параметры приемника.

Недостатками прототипа являются следующие свойства конструкции.

- Незначительное относительное изменение переменной емкости, образованной электродами консоли и подложки под действием ИК-излучения вследствие большого исходного расстояния между электродами образуемого переменного конденсатора. В технической литературе необходимость поддержания большого исходного расстояния порядка 2 мкм между указанными электродами объясняется необходимостью уменьшения тепловой связи подложки и консоли, которая в основном обеспечивается межэлектродной газовой атмосферой. Поэтому для обеспечения приемлемой

чувствительности требуется иметь большую исходную межэлектродную емкость и поддерживать для этого значительную площадь фоточувствительной ячейки.

- Отсутствие управления исходным положением консоли. Технологический процесс и физика материалов не позволяют гарантировать одинаковую горизонтальность
5 исходного состояния электродов переменного конденсатора, а это состояние оптимально для получения максимальной чувствительности.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение чувствительности приемника ИК-излучения с использованием биматериальной термочувствительной
10 консоли, возможность уменьшения площади фоточувствительной ячейки.

Это достигается тем, что в качестве элемента, считывающего перемещение консоли, применен МДП-транзистор, затвор которого закреплен за консоль, а исток и сток размещены в подложке, при этом исходная величина диэлектрического зазора между
15 затвором и подложкой регулируется электростатически с помощью электродов, расположенных на консоли и подложке. Дополнительным отличием является то, что нижние границы затвора и элементов управления исходным положением консоли расположены ниже плоскости консоли. Часть консоли, поглощающая ИК-излучение, биматериальные области, сформированные из материалов с отличающимися КТР,
20 могут не отличаться существенно от прототипа.

Выбор в качестве считывающего элемента МДП-транзистора вместо конденсатора обеспечивает существенное сокращение площади считывающего элемента. Емкость конденсатора пропорциональна его площади и обратно пропорциональна
25 расстоянию между его электродами. Невозможность уменьшения межэлектродного расстояния, а следовательно, и площади чувствительного элемента уже пояснялась.

Крутизна МДП-транзистора g , то есть способность управления током между его истоком и стоком изменением потенциала затвора, обратно пропорциональна величине диэлектрического зазора между затвором и подложкой T_d и величине
30 расстояния между истоком и стоком L_{s-d}

$$g \sim 1/T_d * L_{s-d} \dots (1)$$

Таким образом, чем уже активная часть транзистора, то есть меньше расстояние между областями стока и истока, тем выше его чувствительность. При уменьшении
35 площади элемента, управляющего считыванием перемещения консоли, каким и является затвор МДП-транзистора, снижается тепловой обмен между консолью и подложкой, что позволяет без увеличения тепловых потерь уменьшить зазор между подложкой и затвором. Возможность уменьшения этого зазора обеспечивает увеличение температурной чувствительности приемника за счет большего
40 относительного изменения величины зазора, при применении более близкого начального положения считывающего элемента. При считывании перемещения за счет изменения емкости электродов, расположенных на консоли и подложке, начальная величина диэлектрического зазора имеет порядок величины 2 мкм. По данным
45 технических публикаций (см., например, Journ. of Physics: Conference Series 34, 2006, pp.350-355) изменение на 10 К температуры консоли приводит к ее смещению на 0.15 мкм, что соответствует изменению межэлектродной емкости на величину порядка 7%. В случае использования для считывания перемещения консоли МДП транзистора можно исходное значение диэлектрического зазора между затвором и подложкой
50 уменьшить, как минимум, вдвое, что приведет при том же смещении консоли к пропорциональному увеличению чувствительности.

Для управления исходным положением затвора МДП транзистора относительно подложки, то есть исходным зазором, на консоли размещены потенциальные

электроды, электростатически связанные с потенциальной шиной в подложке. При подаче на указанные электроды потенциала, совпадающего по знаку с потенциалом шины, зазор будет увеличиваться, а при подаче потенциала противоположного знака зазор будет уменьшаться. Сила электростатического притяжения F электродов,

$$F \sim U^2 / T^2 \dots (2)$$

где U - разность потенциалов электродов, а T - диэлектрическое расстояние между ними. Поэтому уменьшение исходного зазора между электродами позволяет снизить величину управляющего напряжения. Регулировка потенциала электродов позволяет оптимизировать начальное положение затвора считывающего транзистора для получения максимальной чувствительности.

Сущность конструкции предлагаемого изобретения поясняется чертежами, где первые три составляющие конструкции сформированы в технологическом маршруте изготовления ИС считывания и обработки информации, а остальные формируются при изготовлении термочувствительной ячейки. На всех прилагаемых чертежах для одинаковых конструктивных элементов применены одинаковые обозначения.

На Фиг.1 представлена конструкция фоточувствительной ячейки приемника инфракрасного излучения, где:

1 - Кремниевая подложка, например, р-типа проводимости.

2 - Области n^+ проводимости, потенциальные шины ИС.

3 - Диэлектрическое покрытие подложки в области формирования термочувствительной консоли.

4 - Исток и сток считывающего МДП-транзистора.

5а - Подвижный поликремниевый затвор считывающего МДП-транзистора.

5б - Проводящий поликремниевый слой.

6 - Диэлектрический слой консоли с малым КТР.

7 - Проводник.

На Фиг.2 показано взаимное расположение элементов фоточувствительной ячейки в плане, на Фиг.3 - сечения конструкции в осях, показанных на Фиг.2, где:

5в - Электроды, управляющие положением консоли относительно подложки.

8 - Проводящий слой биматериальной консоли с большим КТР.

В качестве подложки 1 используется кремниевая пластина, например, р-типа, с изготовленной ИС для считывания, обработки и вывода информации от ИК-фоточувствительных элементов, образованных МДП-транзисторами с затворами, закрепленными за термочувствительные консоли. Область формирования термочувствительной консоли с затвором считывающего транзистора выделена и покрыта защитным диэлектрическим покрытием 3, например слоем SiO_2 и Si_3N_4 . Под защитным покрытием проходят электропроводящие шины n^+ -типа проводимости 2, изготовленные в процессе изготовления ИС управления считыванием. Затвор считывающего транзистора 5а закреплен за край термочувствительной консоли, причем его нижняя плоскость находится ниже плоскости диэлектрического слоя консоли 6 (плоскость консоли на Фиг.1 и в сечении А-А Фиг.3, относящемся к области затвора, показана штриховой линией, т.к. не входит в сечение, но важна для представления пониженного расположения затвора относительно консоли). На сечении В-В Фиг.3 показан потенциальный вывод затвора. Края затвора совмещены с областями n^+ -типа 4, являющимися истоком и стоком считывающего МДП-транзистора. Области 4 электрически связаны с шинами 2. Аналогичным образом к

мембране закреплены электроды 5в (Фиг.2, 3 сечение С-С), управляющие положением консоли относительно подложки, т.е. величиной зазора затвор - подложка. На консоли размещены проводящие слои 5б и 7. Консоль к подложке крепится с помощью узких диэлектрических полос из материала мембраны (см. сечение D-D), с

 5 расположенными на них, например, проводящими слоями с большим КТР 8 и проводниками 7, связывающими элементы, закрепленные на мембране с элементами ИС, размещенными в подложке. На Фиг 1, 2 и 3 представлены конструктивные элементы и их взаимное расположение, которые обеспечивают новые

 10 функциональные возможности и значительное увеличение чувствительности приемника. Это обеспечивается применением в качестве чувствительного элемента МДП-транзистора. Транзистор позволяет считывать ток, а в последовательной цепочке с нагрузкой напряжение, которые без сложных преобразований считываются КМОП ИС. Считывание изменения емкости осуществляется путем предварительного

 15 преобразования тока или напряжения, что нельзя сделать без некоторых потерь. Представленная конструкция обеспечивает подстройку зазора затвор - подложка. Близкое расположение затвора к подложке (то есть к области канала МДП-транзистора) обеспечивает высокую чувствительность считывающего транзистора к

 20 изменению положения края консоли под действием поглощенного ИК-излучения. Близкое расположение электродов, управляющих положением консоли, позволяет использовать для этого низкие управляющие напряжения.

Основные этапы технологии изготовления представленной конструкции включают в себя следующие процедуры.

25 - Нанесение жертвенного слоя, например SiO_2 толщиной порядка 2 мкм, формирование в этом слое анизотропным травлением канавки с вертикальными стенками и сохранением слоя SiO_2 толщиной порядка 0,5 мкм под дном канавки. Внешний периметр жертвенного слоя травится изотропно для крепления консоли к

 30 подложке без резких изгибов.

- Осаждение слоя поликремния толщиной более глубины канавки в жертвенном слое SiO_2 для ее полного заполнения канавки, нанесение фоторезистивной маски поликремниевых затворов, электродов электростатического управления исходным

 35 положением консоли и проводников, травление поликремния до поверхности жертвенного слоя, удаление фоторезиста.

- Осаждения слоя диэлектрического материала, например Si_3N_4 , из которого в дальнейшем будет сформирована несущая часть консоли. Формирование фоторезистивной маски, определяющей размер и положение областей истока и стока

 40 считывающего транзистора, анизотропное травление диэлектрического слоя консоли, жертвенного слоя окиси кремния, ионная имплантация донорной примеси, например фосфора, для образования истоков и стоков МДП-транзисторов.

После проведения технологических операций нанесения проводящего слоя с большим КТР, защитных и проводящих слоев, вытравливания необходимой

 45 конфигурации мембраны проводится удаление жертвенного слоя SiO_2 с образованием конструкции, показанной на Фиг.1, 2 и 3.

В составе матричного приемника ИК-изображения сигнал с чувствительной ячейки считывается в форме тока, определяемого положением затвора МДП-транзистора.

 50 Для этого исток транзистора подсоединяется к шине питания, а сток через ключ выборки - к шине считывания. На затворы считывающих транзисторов подается постоянное напряжение, обеспечивающее оптимальное значение чувствительности в пределах перемещений консоли вследствие поглощения ИК-излучения.

Приемник настраивается и работает следующим образом.

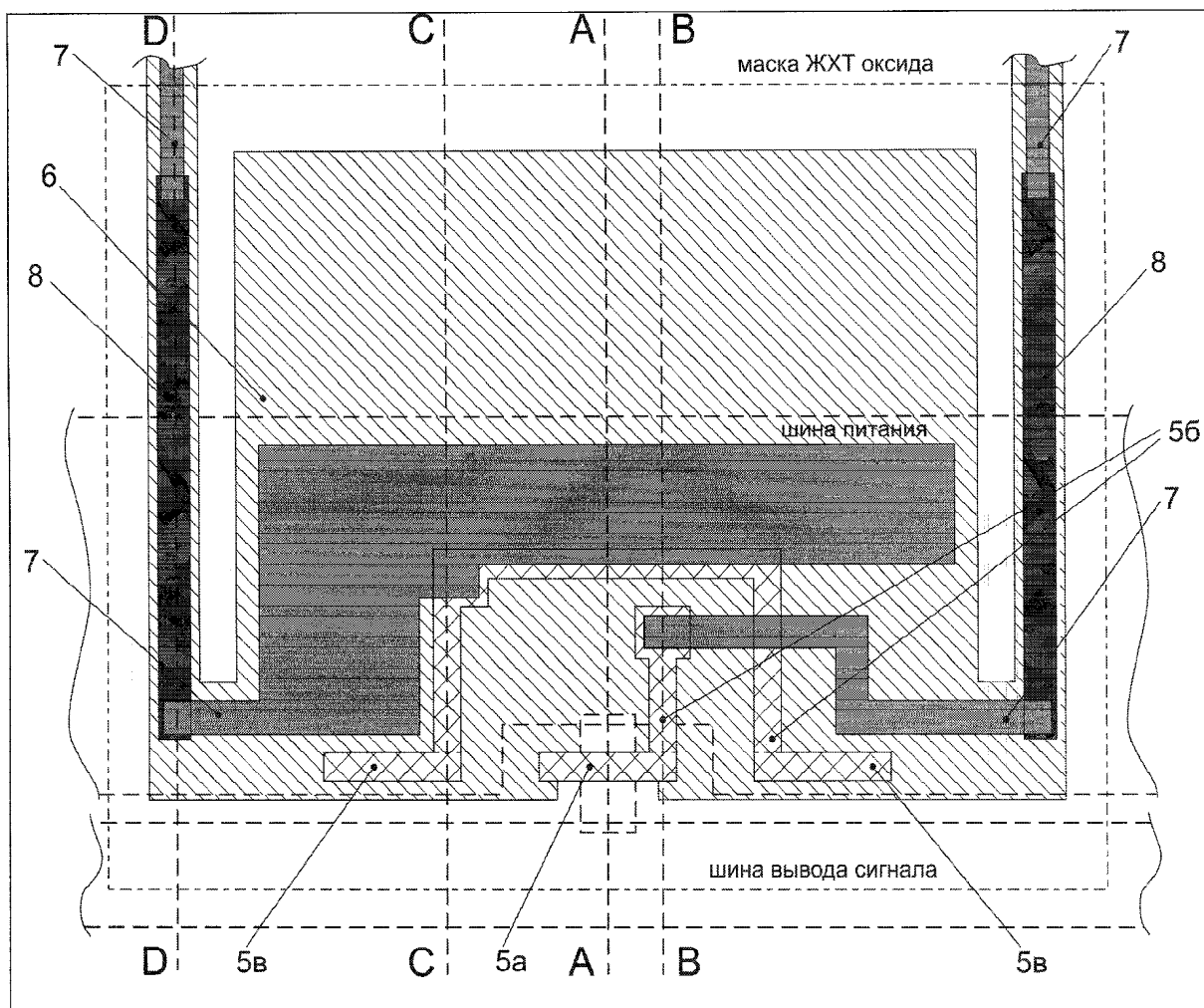
Как правило, материал с большим КТР размещается на верхней поверхности консоли. При попадании на консоль ИК-излучения происходит ее нагрев, затвор МДП-транзистора смещается вниз, что вызывает изменения тока в цепи считывания.

При опускании затвора до диэлектрического покрытия подложки, например при слишком ярком свечении объекта, прекращается изменение тока считывающего транзистора, то есть приемник переходит в режим насыщения, с потерей видеоинформации. При большом исходном зазоре между затвором и подложкой чувствительность требуется его минимизировать до величины перемещения консоли вследствие ее нагрева. Поэтому наличие электростатического управления положением консоли позволяет минимизировать начальное положение затвора и обеспечить максимальную чувствительность приемника. Считывание ИК-излучения матричным фотоприемником производится стандартным путем с помощью сдвиговых регистров строчной и поэлементной выборки.

Формула изобретения

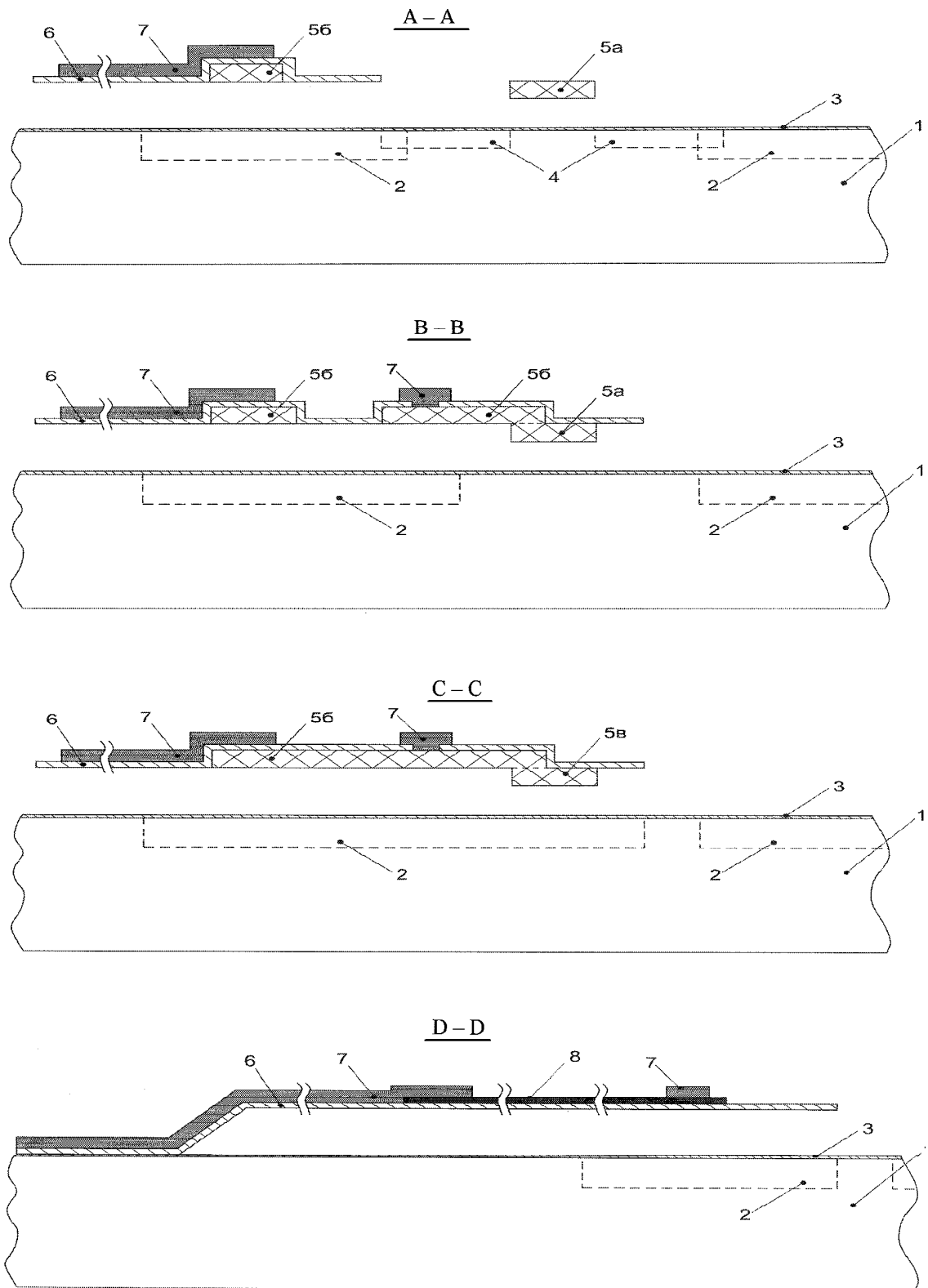
1. Приемник инфракрасного излучения, содержащий полупроводниковую подложку, на диэлектрическом покрытии которой размещена термочувствительная биматериальная консоль с диэлектрическими и проводящими слоями с разными коэффициентами термического расширения, отличающийся тем, что в качестве считывающего перемещение консоли элемента применен МДП-транзистор, затвор которого закреплен за консоль, а исток и сток размещены в подложке, за консоль также закреплены электроды для электростатического управления исходным положением консоли относительно подложки.

2. Приемник по п.1, отличающийся тем, что зазоры между затвором и подложкой и электродами электростатического управления и подложкой меньше, чем между консолью и подложкой.



Взаимное расположение элементов приемника инфракрасного излучения.

Фиг. 2



Сечения чувствительной ячейки приемника инфракрасного излучения

Фиг. 3