



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2008123479/28**, **09.06.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**09.06.2008**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**02.07.2007 FR 0756214**(43) Дата публикации заявки: **20.12.2009** Бюл. № 35(45) Опубликовано: **27.06.2012** Бюл. № 18(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: EP 1117250 A2, 18.07.2001. US 2007120059  
A1, 31.05.2007. US 7148481 B2, 12.12.2006. US  
7030453 B1, 18.04.2006.

Документ находится в Патентном отделе

**ОКБ АСТРОН**140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ БОЛОМЕТРИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ**

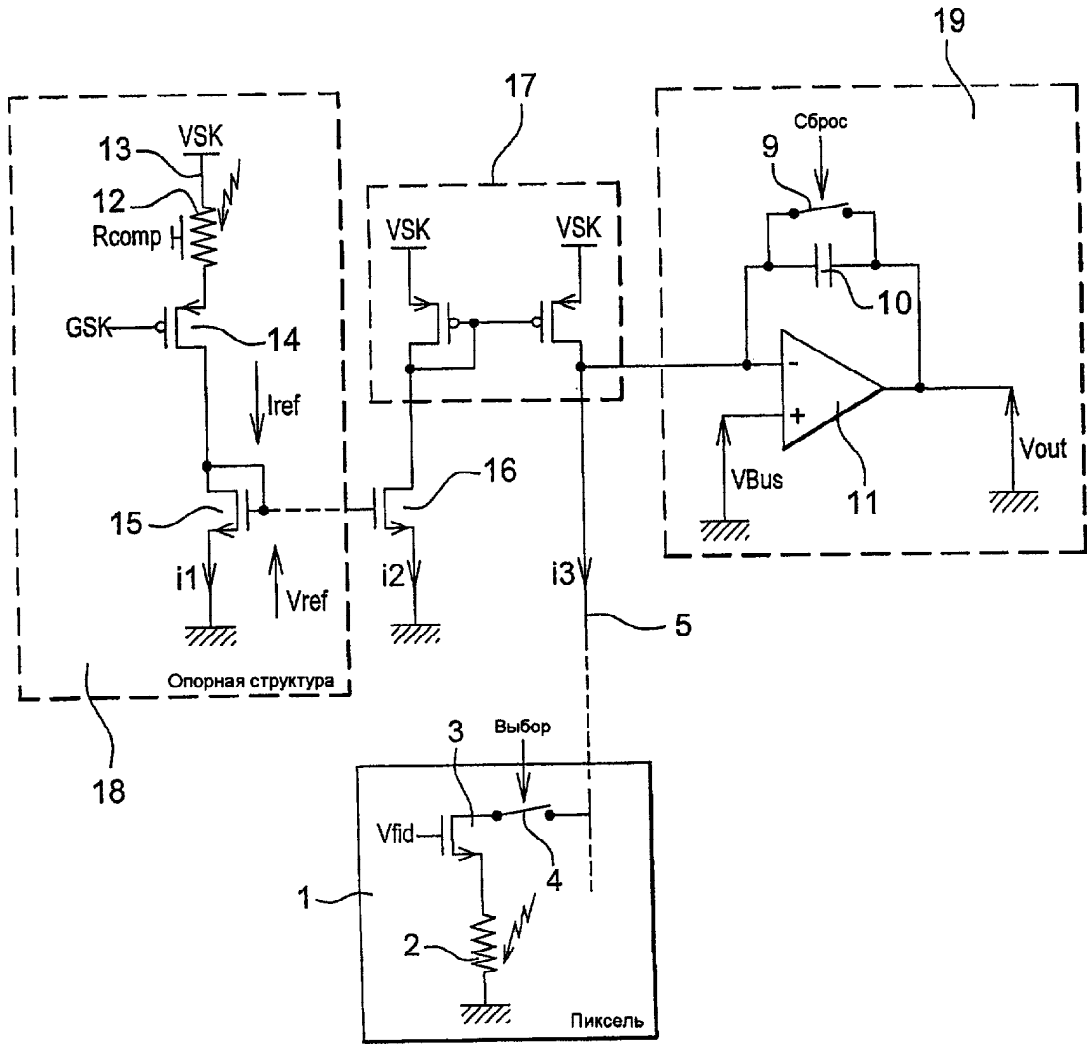
(57) Реферат:

Изобретение относится к области регистрации инфракрасного излучения. Устройство содержит матрицу болометрических детекторов (2), которые чувствительны к падающему излучению и называются «активными», и болометр (12), который нечувствителен к излучению и называется «слепым», сформированные на подложке, в которой сформирована считывающая схема для последовательного обращения к каждой из строк детекторов матрицы, причем каждый из активных болометров в одной строке получает смещение

одновременно. Считывающая схема также содержит средство выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) на основе слепого болометра (12); средство одновременного копирования опорного тока ( $I_{ref}$ ) для каждого столбца матрицы; совокупность интеграторов (19) тока, каждый из которых связан с одним столбцом матрицы и способен интегрировать разность между током, текущим через активный болометр строки, которая считывается в данный момент, и скопированным таким образом указанным опорным током. Технический результат заключается в повышении точности. 4 з.п. ф-лы, 3 ил.

RU 2 4 5 4 7 5 2 C 2

RU 2 4 5 4 7 5 2 C 2



Фиг. 2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01L 27/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2008123479/28, 09.06.2008**

(24) Effective date for property rights:  
**09.06.2008**

Priority:

(30) Convention priority:  
**02.07.2007 FR 0756214**

(43) Application published: **20.12.2009 Bull. 35**

(45) Date of publication: **27.06.2012 Bull. 18**

Документ находится в Патентном отделе  
**ОКБ АСТРОН**  
140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1

(54) **APPARATUS FOR DETECTING INFRARED RADIATION BASED ON BOLOMETRIC DETECTORS**

(57) Abstract:

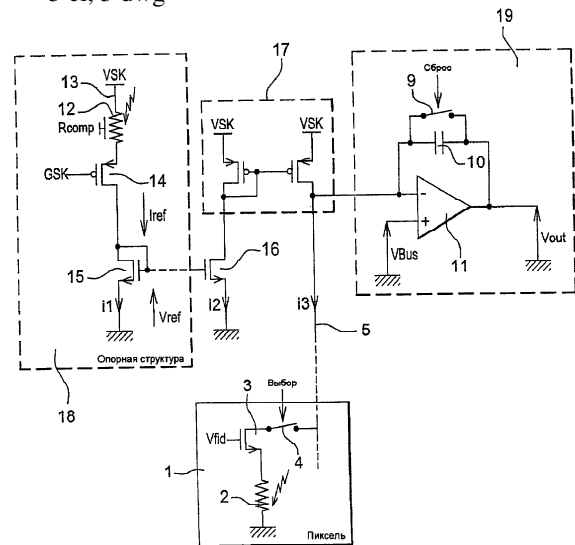
FIELD: physics.

SUBSTANCE: apparatus has an array of bolometric detectors (2) which are sensitive to incident radiation and are called 'active', a bolometer (12) which is not sensitive to radiation and is called 'blind', formed on a substrate in which a reading circuit is formed for successive access to each row of detectors in the array, wherein each of the active bolometers in one row receives bias at the same time. The reading circuit also includes: means of generating reference current ( $I_{ref}$ ) based on the blind bolometer (12); means for simultaneous copying of the reference current ( $I_{ref}$ ) for each column of the array; multiple current integrators (19), each connected to one column of the array and capable of integrating the difference between current flowing through the active bolometer of the row which is read at that moment, and said reference

current copies in the same way.

EFFECT: high accuracy.

5 cl, 3 dwg



Фиг. 2

RU 2 4 5 4 7 5 2 C 2

RU 2 4 5 4 7 5 2 C 2

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройству для регистрации инфракрасного излучения, в котором используются болометрические детекторы. Областью применения изобретения является, в частности, формирование изображений в инфракрасном спектре.

Уровень техники

В области техники, связанной с инфракрасными детекторами, известно применение устройств, выполненных в виде матрицы, которые способны работать при температуре окружающей среды, т.е. не требуют охлаждения до очень низких температур, и этим они отличаются от регистрирующих устройств, именуемых «квантовыми детекторами», которые могут работать только при очень низкой температуре, обычно при температуре жидкого азота.

Эти неохлаждаемые детекторы традиционно используют изменение некоторой физической величины соответствующего материала как функцию температуры около 300 К. В случае болометрических детекторов, этой физической величиной является электрическое сопротивление.

Такой неохлаждаемый детектор в общем случае содержит:

- средство поглощения инфракрасного излучения и преобразования его в тепло;
- средство теплоизоляции детектора, чтобы его температура могла расти вследствие воздействия инфракрасного излучения, подлежащего регистрации;
- термометрическое средство, которое применительно к болометрическому детектору использует резистивный элемент и
- средство считывания электрических сигналов, обеспечиваемых термометрическим средством.

Детекторы, предназначенные для построения изображения в инфракрасном свете, традиционно имеют вид одно- или двухмерной матрицы элементарных детекторов, причем матрица «монолитно» сформирована или смонтирована на подложке, выполненной в общем случае из кремния и включающей в себя средство последовательного обращения к элементарным детекторам и средство электрического возбуждения (стимуляции) и предварительной обработки электрических сигналов, генерируемых этими элементарными детекторами. Эти средства последовательного обращения, электрического возбуждения и предварительной обработки сформированы на подложке и образуют считывающую схему.

Для получения сцены с использованием этого детектора сцена проецируется через соответствующее оптическое устройство на матрицу элементарных детекторов, каждый из которых составляет точку изображения или пиксель, и тактированные электрические стимулы подаются через считывающую схему на каждый из элементарных детекторов или на каждую строку таких детекторов для получения электрического сигнала, который является изображением температуры, которой достиг каждый из элементарных детекторов. Затем этот сигнал обрабатывается в большей или меньшей степени считывающей схемой, после чего, если применимо, внешним электронным устройством, для генерации теплового изображения наблюдаемой сцены.

Существенная трудность, возникающая при использовании болометрических детекторов, состоит в чрезвычайно малом относительном изменении их электрического сопротивления, которое соответствует локальным изменениям температуры в наблюдаемой сцене относительно среднего значения этих сопротивлений.

Конструктивно необходимое наличие определённого теплового сопротивления между болометром и подложкой означает, что температура болометра в значительно большей степени зависит от температуры подложки, чем от изменений температуры, обусловленных падающим потоком, которые являются единственными изменениями, которые следует принимать во внимание с точки зрения сигнала, подлежащего регистрации. Остаточные флуктуации температуры подложки при нормальных условиях термостабилизации, в особенности, если детектор не снабжен такой системой термостабилизации, что во все большем числе случаев относится к такому типу детекторов из соображений снижения стоимости, неизбежно приводят к возникновению нежелательной составляющей в сигнале, полученном от болометра, которая оказывает негативное влияние на качество сигнала. Традиционно предусмотрена терморегуляция подложки для предотвращения или, по меньшей мере, ограничения этого эффекта.

Кроме того, для минимизации влияния температуры фокальной плоскости на характеристику детектора используются «компенсационные» структуры. Эти структуры, которые обычно представляют собой так называемые «слепые болометры», т.е. болометры, нечувствительные к падающему потоку оптического излучения, но чувствительные к температуре подложки, используются для генерации так называемого тока компенсации, который вычитается из тока, полученного от болометров для построения изображения, т.е. регистрационных болометров, в соответствии с конфигурацией электронной схемы.

Эти компенсационные структуры обычно построены так, что они имеют очень низкое тепловое сопротивление относительно подложки, в отличие от болометров для построения изображения.

Таким образом, ток, именуемый «ток общего уровня», т.е. ток, который не представляет информацию о сцене, подлежащей регистрации, по большей части устраняется.

Дополнительно и преимущественно, поскольку компенсационные структуры находятся при, по существу, той же температуре, что и считывающая схема, а следовательно, фокальная плоскость, это фактически позволяет избавиться практически от любых флуктуаций температуры фокальной плоскости. «Идентичное» и периодическое размещение этих компенсационных структур в каждом столбце матрицы для снижения сложности и размеров схемы в целом является известной тактикой.

Каждый столбец болометра последовательно компенсируется одной и той же компенсационной структурой при построчном электронном сканировании изображения. Однако компенсационные структуры по природе своей демонстрируют пространственные изменения сопротивления по причине технологических процессов, используемых при их изготовлении (которые обычно происходят из полупроводниковой промышленности).

Кроме того, слепые болометры, наподобие болометров для построения изображения, а также определенные функции считывающей схемы подвержены шумовым явлениям в целом и так называемому шуму «1/f» в частности. Шум 1/f обычно создает низкочастотный дрейф, в особенности дрейф на очень низких частотах, выходного уровня датчиков, что оказывает негативное влияние на качество изображения. Столбчатое размещение компенсационных структур оказывает негативное влияние на качество изображения ввиду низкочастотных изменений скомпенсированного сигнала, которые асинхронны от столбца к столбцу. Помимо

каких-либо особых мер в отношении конструкции и реализации, принимаемых для снижения этой изменчивости, алгоритмы компенсации должны, в целом, разрабатываться и применяться на выходе устройства построения изображения для повышения качества изображения.

5 Считывающие схемы для резистивных болометрических детекторов, в которых используются слепые болометры, описаны, например, в следующих статьях:

- «*Uncooled amorphous silicon technology enhancement for 25 μm pixel pitch achievement*», E. Mottin et al; Infrared Technology and Applications XXVIII, SPIE Vol. 4820;

10 - "*320 × 240 uncooled microbolometer 2D array for radiometric and process control applications*" B. Fieque et al; Optical Systems Design Conference, SPIE 5251, Sept 29;

- "*Low cost amorphous silicon based 160 × 120 uncooled microbolometer 2D array for high volume applications*" C. Trouilleau et al; Optical Systems Design Conference SPIE 5251-16.

15 Принцип считывания активной болометрической матрицы схематически описан со ссылкой на Фиг.1.

Пиксель 1 (термин «пиксель» используется здесь, в широком смысле, для обозначения всех структур, расположенных так, что они находятся под влиянием одной элементарной точки регистрации) содержит активный болометр 2, инжекционный n-канальный транзистор 3 структуры «металл-оксид-проводник» (МОП-транзистор) и переключатель 4, который соединяет пиксель 1 со столбцом 5 считывания, который представлен здесь пунктирной линией. Компенсационная структура 6, которая также называется «ограничителем снизу», в терминологии, используемой в данной области техники, содержит слепой болометр 7, подключенный к источнику питания VSK и инжекционному p-канальному МОП-транзистору 8. В ходе нормальной работы p-канальный МОП-транзистор находится в режиме насыщения. Его ток  $I_{comp}$ , который течет в плече компенсации, задается выражением

$$30 \quad I_{comp} = \frac{V_{comp}}{R_{comp}}$$

где  $V_{comp}$  обозначает напряжение между выводами компенсационного болометра 7;  $R_{comp}$  обозначает сопротивление компенсационного болометра.

35 Ток, который течет через активное плечо, которое содержит инжекционный n-канальный МОП-транзистор 3, выражается соотношением

$$I_{ac} = \frac{V_{ac}}{R_{ac}}$$

где  $I_{ac}$  обозначает ток активного плеча;

40  $V_{ac}$  обозначает напряжение между выводами активного болометра 2;

$R_{ac}$  обозначает сопротивление активного болометра.

45 Напряжения смещения инжекционных МОП-транзисторов выбираются так, чтобы в отсутствие какого-либо падающего светового потока сцены, т.е., например, когда система оптически закрыта, разность токов  $dI = I_{comp} - I_{ac}$  между активным плечом и слепым плечом компенсации, по существу, равна нулю.

Считывание активного болометра является двухэтапной операцией. Первый этап предусматривает активацию переключателя 9 «сброс», который закорачивает интегрирующую емкость 10 операционного усилителя 11. В результате:

$$50 \quad V_{out} = V_{BUS}$$

Таким образом, столбец считывания 5, показанный пунктирной линией 5, доводится до потенциала  $V_{BUS}$ . Затем переключатель 9 «сброс» размыкается, и переключатель 4 «выбор» замыкается для соединения пикселя 1 со столбцом 5 считывания. Разность

токов  $dI$  интегрируется емкостью  $10 C_{int}$  в течение конечного времени интегрирования  $T_{int}$ . Интегрирование создает уровень выходного напряжения, именуемый "непрерывным уровнем" или  $NC$  в опорном случае, когда наблюдается однородная температурная сцена, это обычно выявляет изменчивость матрицы построения изображения. Это стандартный способ построения характеристики считывания активных болометров

$$NC = V_{Bus} - \frac{T_{int}}{C_{int}} dI$$

На болометры подается такое смещение, которое гарантирует как динамическую характеристику выходного сигнала, так и эффективную компенсацию.

Более точное выражение можно получить, рассмотрев для последнего понятия интеграл функции  $dI(t)$  по  $T_{int}$ , поскольку токи  $I_{ac}$  и  $I_{comp}$  не являются постоянными. Однако, для ясности, вышеприведенного выражения достаточно для объяснения рассматриваемых параметров.

Эта система считывания имеет определенные ограничения, связанные с тем, каким образом столбчатый шаблон компенсации воспроизводится на считывающей схеме. Фактически, каждый столбец имеет компенсационный болометр и инжекционный р-канальный МОП-транзистор. Несовершенное воспроизведение этих различных элементов от столбца к столбцу, которое свойственно внутренней пространственной изменчивости используемых технологий изготовления, приводит к неоднородной эффективности компенсации. Эта статистическая изменчивость приводит к неоднородности тока компенсации от столбца к столбцу и приводит к появлению видимой столбчатой контрастности, что влияет на доступный сигнал.

Изменение  $\Delta R_{comp}$  сопротивления  $R_{comp}$  приводит к изменению тока в следующем виде:

$$\frac{\partial I_{comp}}{\partial R_{comp}} = \frac{V_{comp}}{R_{comp}^2} \Rightarrow \Delta I_{bolo} = -\frac{V_{comp}}{R_{comp}^2} \cdot \Delta R_{comp}$$

Ток компенсации также можно выразить как функцию уравнения тока в инжекционном канальном полевом униполярном МОП-транзисторе согласно следующему выражению:

$$I_{comp} = \frac{\mu_p C_{ox}}{2} \cdot \frac{W_p}{L_p} (V_{SGP} - V_{thp})^2$$

где  $\mu_p$  обозначает подвижность положительных носителей;

$C_{ox}$  обозначает емкость оксидного затвора;

$W_p$  обозначает ширину канала р-канального МОП-транзистора;

$L_p$  обозначает длину канала р-канального МОП-транзистора;

$V_{SGP}$  обозначает напряжение затвора р-канального МОП-транзистора;

$V_{thp}$  обозначает пороговое напряжение р-канального МОП-транзистора.

Многие параметры в этом уравнении могут изменяться, тем самым создавая столбчатую неоднородность тока компенсации. Очевидно, литографические параметры  $W_p$  и  $L_p$  от столбца к столбцу обеспечивают различия в токе. Флуктуация длины канала является лишь одной возможной причиной этой неоднородности. Специалистам в данной области техники хорошо известны методы ограничения этих изменений.

Напротив, изменение порогового напряжения  $V_{thp}$  создает проблему. Обозначив изменение порогового напряжения  $\delta V_{th}$ , можно выразить столбчатое изменение тока следующим образом:

$$\delta I_{comp} = \frac{\mu_p C_{ox}}{2} \cdot \frac{W_p}{L_p} \delta V_{thp} \left( 2 \sqrt{\frac{I_{comp}}{\frac{\mu_p C_{ox}}{2} \cdot \frac{W_p}{L_p}}} + \delta V_{thp} \right)$$

Помимо этого статического изменения, схема, показанная на Фиг.1, также чувствительна к низкочастотным флуктуациям, связанным с шумом 1/f. Мощность шума 1/f, заключенного между двумя частотами  $f_{min}$  и  $f_{max}$ , выражается путем интегрирования спектральной плотности шума между этими двумя границами согласно соотношению

$$I_{comp}^2 = \int_{f_{min}}^{f_{max}} \frac{4k_B T}{R} \frac{R \cdot V_{comp}^2}{R \cdot f} df = \frac{4k_B T}{R} \frac{K_F \cdot R \cdot V_{comp}^2}{R} \ln \left( \frac{f_{max}}{f_{min}} \right)$$

где  $k_B$  - постоянная Больцмана;

$K_F$  обозначает коэффициент шума 1/f материала.

Мощность шума, добавляемого компенсационной структурой, выражаемая вышеприведенным соотношением, возрастает с постоянным приращением для каждой дополнительной частотной декады, включенной между двумя границами интегрирования  $f_{min}$  и  $f_{max}$ . Компенсационные болометры постоянно получают смещение и поэтому нижнюю частотную границу  $f_{min}$  интегрирования можно считать очень низкой до тех пор, пока компонент остается возбужденным в течение удлиненного периода после активации детектора. Столбчатая помеха (аналитически выражаемая специалистами в данной области техники как вышеописанная мощность шума) проявляется как смещение, которое в первом приближении является неизменным от изображения к изображению, если рассматривать частоты ниже частоты кадров, но является переменным в течение более длинного периода времени, если камера, в которой применяется такой детектор, работает несколько минут.

Помимо этого ограничения, ориентация рынка на болометрические датчики с увеличенным количеством пикселей означает, что компенсационные болометры каждого столбца, которые эффективны в малых устройствах построения изображения в качестве опорной абсолютной температуры, действуют как «локальные» опорные температуры с точки зрения активных болометров, которые наиболее удалены. Таким образом, если источник тепла какой бы то ни было природы, например схемные элементы, которые локально излучают больше или меньше тепла, может влиять на все или некоторые из компенсационных болометров, последние будут подвергаться влиянию в соответствии с их расстоянием от источника помехи и таким образом воспроизводить распределение тока компенсации, которое не соответствует изменению температуры подложки, воспринимаемому чувствительными болометрами, которые не рассматриваются, или, в целом, подвергаться влиянию источника тепла по-разному.

Настоящее изобретение относится к регистрирующему устройству, которое использует единую компенсационную структуру и позволяет преодолеть ограничения качества изображения, в особенности связанные с различиями в столбчатой контрастности.

#### Раскрытие изобретения

Это устройство для регистрации инфракрасного излучения содержит матрицу болометрических детекторов, которые чувствительны к падающему излучению и называются «активными», и болометр, который нечувствителен к излучению и



называется «слепым», сформированные на подложке, в которой предусмотрена считывающая схема для последовательного обращения к каждой из строк детекторов матрицы, причем каждый из активных болометров в одной строке получает смещение одновременно.

5 Согласно изобретению считывающая схема также содержит:  
средство выработки опорного тока на основе слепого болометра;  
средство одновременного копирования опорного тока для каждого столбца матрицы;

10 совокупность интеграторов тока, каждый из которых связан с одним столбцом матрицы и способен интегрировать разность между током, текущим через активный болометр строки, которая считывается в данный момент, и скопированным таким образом опорным током.

15 Иными словами, вся болометрическая матрица компенсируется единой структурой, что таким образом позволяет подавлять столбчатую контрастность, которая наблюдается при использовании детекторов согласно уровню техники.

Согласно изобретению средство выработки опорного тока содержит:  
линию питания, подключенную к одному из выводов слепого болометра;  
20 инжекционный транзистор, подключенный к другому выводу слепого болометра, для выработки опорного тока через напряжение, подаваемое на его затвор;  
преобразователь ток-напряжение, который преобразует опорный ток в опорное напряжение.

25 Согласно изобретению слепой болометр может состоять из одного или нескольких элементарных слепых болометров, соединенных друг с другом. Этот слепой болометр или эти слепые болометры сформированы аналогично активным болометрам, но имеют пренебрежимо малое тепловое сопротивление относительно подложки.

30 Согласно изобретению средство одновременного копирования опорного тока для каждого столбца матрицы состоит из токовых зеркал, расположенных в каждом из столбцов, причем каждое из зеркал содержит преобразователь напряжение-ток.

Согласно одному преимущественному аспекту изобретения токовое зеркало, используемое в каждом из столбцов, является дифференциальным токовым зеркалом.

#### Краткое описание чертежей

35 Реализация изобретения и его соответствующие преимущества будут более понятны из нижеследующего описания, приведенного исключительно в порядке примера, со ссылками на прилагаемые чертежи.

40 Фиг.1 - описанная выше схема, поясняющая принцип считывания матрицы активных болометров.

Фиг.2 - схема, аналогичная Фиг.1, но демонстрирующая общий принцип изобретения.

45 Фиг.3 - схема, аналогичная Фиг.2, демонстрирующая другой вариант осуществления изобретения, где показаны источник тока и дифференциальное токовое зеркало опорной структуры, и дифференциальное зеркало структуры для каждого столбца.

#### Осуществление изобретения

50 В оставшейся части этого описания одна и та же позиция используется для обозначения элементов, которые идентичны или принадлежат одному и тому же функциональному типу, если применимо.

В целом, и согласно вышеприведенному описанию, матрица болометрических детекторов сформирована на кремниевой подложке, в которой образована

считывающая схема. Эта подложка традиционно покрыта в области своих активных структур, т.е. строго под оптически чувствительной областью, отражающим металлическим слоем. Этот слой призван известным образом формировать четвертьволновую полость между подложкой и поглощающими частями детектора.

5 Оптически активные области «вымощены» взвешенными мембранами, которые содержат над считывающей схемой болометрический материал. Эти мембраны поддерживаются посредством структур, которые, по существу, вертикальны и проводят электрический ток. Эти структуры, выполненные из металлического

10 материала, также способны направлять потенциалы возбуждения, генерируемые считывающей схемой, на проводящие, также именуемые «электродами», детали мембраны каждого элементарного болометрического детектора через удлиненные структуры, которые также проводят электрический ток, но не проводят тепло.

15 Это тепловое сопротивление, которое также называется «теплоизоляцией», предназначено для того, чтобы температура болометра могла расти вследствие воздействия инфракрасного излучения, подлежащего регистрации.

Считывающая схема последовательно подает электрический ток, который течет через взвешенную структуру. Этот ток течет через материал, сопротивление которого

20 изменяется с температурой, и который называется «болометрическим материалом». Наиболее широко используемыми материалами для этого применения являются оксид ванадия (общая формула  $VO_x$ ) и аморфный кремний (a-Si).

25 Эта матрица снабжена компенсационной структурой, способной, по большей части, шунтировать ток общего уровня, который течет через каждый из болометрических детекторов, которые образуют матрицу, принцип которой описан со ссылкой на Фиг.2.

Эта компенсационная структура уникальна для всей матрицы.

Согласно одному аспекту изобретения эта единая компенсационная структура 18 содержит слепой компенсационный болометр 12, точнее, нечувствительный к

30 инфракрасному излучению, с сопротивлением  $R_{comp}$ , состоящий из одного или нескольких элементарных болометров, соединенных друг с другом. Линия 13 питания (VSK) подключена к одному из выводов сопротивления  $R_{comp}$ . Другой вывод резистора подключен к инжекционному транзистору 14 для создания опорного тока ( $I_{ref}$ ) через сопротивление  $R_{comp}$  компенсационного болометра 12 посредством

35 напряжения затвора (GSK), подаваемого на затвор транзистора. Таким образом, слепой болометр 12 постоянно получает смещение посредством инжекционного транзистора 14, которое регулируется напряжением затвора (GSK).

40 Преобразователь 15 ток-напряжение преобразует опорный ток ( $I_{ref}$ ) в опорное напряжение ( $V_{ref}$ ).

Этот опорный ток ( $I_{ref}$ ) дублируется для каждого из столбцов посредством токового зеркала 16, расположенного в столбцах 5, каждый из которых содержит преобразователь напряжения ( $V_{ref}$ ) в ток ( $I_{ref}$ ).

45 Токовые зеркала хорошо известны специалистам в данной области техники и поэтому не нуждаются в более подробном описании. Мы просто напоминаем читателю, что такое токовое зеркало - это особая схема, состоящая из транзисторов, которая позволяет отражать (дублировать) опорный ток  $I_{ref}$  в качестве выходного тока, который в идеальном случае равен, но в любом случае пропорционален

50 опорному току независимо от нагрузки, подключенной к выходному току, в этом случае, описанного ниже интегратора.

Фактически, интегратор 19 тока, образованный усилителем 11 и емкостью 10, связан с каждым из столбцов 5 матрицы. Этот интегратор способен интегрировать,

разность между током, текущим через активный болометр 2 строки, которая считывается в данный момент, и опорным током ( $I_{ref}$ ) из токового зеркала.

Опорный ток ( $I_{ref}$ ) таким образом копируется согласно току  $I_2$  во все столбцы матрицы посредством токового зеркала 16. Каждый из столбцов имеет  
5 дополнительное токовое зеркало 17 для обращения направления тока  $I_2$  в ток компенсации  $I_3$  для того, чтобы сделать опорный ток ( $I_{ref}$ ) совместимым с интегрирующей структурой, которая традиционно используется.

Таким образом, не нужно иметь компенсационные болометры в каждом из  
10 столбцов, а нужно иметь лишь один компенсационный болометр для всей матрицы.

Отметим, что токовое зеркало 17 необходимо только если активный болометр 2 привязан к заземлению детектора, причем это условие не является необходимым для функционирования детектора. Таким образом можно привязать активный болометр 2  
15 к напряжению VSK или любому другому потенциалу, превышающему  $V_{BUS}$ , чтобы токовое зеркало 17 напрямую не соединяло транзистор токового зеркала 16 со столбцом 5.

Конкретное устройство, отвечающее изобретению, позволяет преодолеть различие, связанное с распределенными компенсационными болометрами. Очевидно, что один  
20 из источников столбчатого изменения устраняется, причем это различие является одним из недостатков регистрационных матриц, отвечающих уровню техники.

Кроме того, исключение таких компенсационных болометров, которые традиционно связаны с каждым столбцом, позволяет значительно экономить место в  
25 смысле используемой площади поверхности подложки. Следует помнить, что эти компенсационные структуры должны иметь как можно более низкий уровень низкочастотного шума, чтобы не ухудшать общие характеристики устройства формирования изображения. Для этого необходимо использовать сравнительно большой объем чувствительного материала для создания малошумных  
30 компенсационных структур и, следовательно, требуется значительная площадь поверхности, поскольку эти структуры традиционно создаются с использованием тонких слоев.

Вариант осуществления изобретения, показанный на Фиг.2, может иметь  
35 ограничения, связанные с геометрической и технологической изменчивостью множественных используемых МОП-структур. Токовое зеркало, используемое для распределения тока на каждый столбец, нельзя спаривать с использованием подходов ближней конструкции, которые хорошо известны специалистам в данной области техники, поскольку расстояние между двумя плечами токового зеркала легко может  
40 достигать нескольких миллиметров в широко распространенных применениях. Кроме того, применительно к использованию зеркальной структуры для распределения тока невозможно использовать известные подходы обратной связи, поскольку опорное плечо является общим для всех зеркал.

Для преодоления этих ограничений изобретение предусматривает согласно одному  
45 преимущественному варианту осуществления, показанному на Фиг.3, использование токового зеркала с низкой дисперсией и с этой целью применение дифференциального зеркала.

В этой связи два ближних транзистора можно спаривать благодаря известным  
50 конструкционным решениям и тщательному подбору размеров транзисторов.

В этом случае, опорная компенсационная структура 18 сохраняется. Она образует источник опорного тока  $i_1 = I_{ref}$ . Она связана с дифференциальным преобразователем ток-напряжение 22, который содержит известным образом, по меньшей мере, одно

токовое зеркало и генераторы тока.

В частности, этот преобразователь содержит:

источник 24 тока общего уровня  $I_{com}$ ;

сумматор 25 тока, который осуществляет операцию  $I_{com} + I_{ref}/2$ ;

вычитатель 26 тока, который осуществляет операцию  $I_{com} - I_{ref}/2$ .

Этот преобразователь обеспечивает преобразование тока в напряжение для задания следующих параметров:

- опорное напряжение  $V_{cmd+}$ , эквивалентное току  $I_{com} + I_{ref}/2$ ;

- опорное напряжение  $V_{cmd-}$ , эквивалентное току  $I_{com} - I_{ref}/2$ ,

причем эти два опорных напряжения распределены по всем столбцам детектора.

Поэтому он образует единую структуру, общую для всего детектора и обозначенную позицией 20.

Каждый из столбцов содержит преобразователь 23 напряжение-ток, содержащий: два преобразователя 27, 28 напряжение-ток, которые соответственно обеспечивают преобразование опорного напряжения  $V_{cmd+}$  в ток  $I_1 = I_{com} + I_{ref}/2$  и преобразование опорного напряжения  $V_{cmd-}$  в ток  $I_2 = I_{com} - I_{ref}/2$ ;

вычитатель 29 тока, который осуществляет операцию  $I_1 - I_2$ .

Детали и преимущества конструкции, свойственные дифференциальным токовым зеркалам, хорошо известны специалистам в данной области техники и поэтому не нуждаются в более подробном описании применительно к настоящему изобретению.

Ток, полученный из этого преобразователя 23 напряжение-ток, дублируется для каждого из столбцов посредством токового зеркала 16, которое также располагается в каждом из столбцов 5. При этом опорный ток ( $I_{ref}$ ) копируется согласно току  $i_1$  во все столбцы матрицы посредством токового зеркала 16. Каждый из столбцов имеет дополнительное токовое зеркало 17 для обращения направления тока  $i_1$  в ток компенсации для того, чтобы сделать опорный ток ( $I_{ref}$ ) совместимым с вышеописанной интегрирующей структурой 19.

Очевидно, что согласно этому конкретному варианту осуществления изобретения транзисторы, составляющие единую компенсационную структуру 20, располагаются очень близко друг от друга, что позволяет легко их спаривать. Аналогично, транзисторы 27 и 28 располагаются в каждом столбце и потому их также легко спаривать. Напротив, последние нельзя спаривать с транзисторами структуры 20. Работа с двойным дифференциальным напряжением  $V_{cmd+}/V_{cmd-}$ , а не с одним напряжением  $V_{ref}$  позволяет, по существу, ограничивать эффект пространственного изменения элементарной электронной структуры (МОП), распределенной в каждом столбце, в особенности в отношении изменения порогового напряжения. При этом достигается более высокая точность по сравнению с вариантом осуществления, показанным на Фиг.2, в том отношении, что в последнем случае невозможно спаривать транзисторы 15 и 16, поскольку они распределены по столбцу.

Независимо от выбранного варианта осуществления изобретения, не требуется иметь компенсационный болометр в каждом столбце. Это также устраняет шум  $1/f$ , генерируемый в традиционных регистрационных структурах, например, показанных со ссылкой на Фиг.1.

Конечно, шум  $1/f$  все же присутствует в ходе работы единичного компенсационного болометра, используемого согласно изобретению, но этот шум легко снизить до пренебрежимо малой величины с использованием достаточно большого объема болометрического материала за счет площади поверхности подложки, которая очень мала по сравнению с полной площадью поверхности устройства формирования

изображения.

Кроме того, используемая площадь поверхности чрезвычайно мала по сравнению с площадью, необходимой слепым болометрическим компенсационным структурам, расположенным в каждом столбце в структурах, отвечающих уровню техники, показанных на Фиг.1.

Кроме того, этот эффект применяется ко всем пикселям матрицы, а не некоррелированным образом от столбца к столбцу, причем любой остаточный эффект гораздо менее вреден.

Наконец, шум  $1/f$ , вносимый токовыми зеркалами, можно минимизировать методами, которые хорошо известны специалистам в данной области техники.

Изобретение имеет конкретные применения в области датчиков изображения, в которых используется болометрическая регистрация, независимо от оптического диапазона регистрации и типа используемого болометрического датчика (в частности, но без ограничения, на основе аморфного кремния (a-Si), оксидов ванадия ( $VO_x$ ) и металлов (Ti)).

Кроме того, благодаря возможности адаптации к различным рабочим температурам изобретение также применимо к терморегулируемым датчикам, а также к датчикам, работающим при переменной температуре фокальной плоскости.

Кроме того, характерная хорошая характеристика низкочастотного шума по столбцам позволяет интегрировать детекторы, созданные согласно изобретению, в камерах без затвора.

Очевидно, что изобретение также хорошо совместимо с традиционными камерами, имеющими затвор. Это позволяет значительно снизить стоимость изготовления таких камер, а также упростить их эксплуатацию для пользователя.

#### Формула изобретения

1. Устройство для регистрации инфракрасного излучения, содержащее матрицу болометрических детекторов (2), которые чувствительны к падающему излучению и называются «активными», и болометр (12), который нечувствителен к излучению и называется «слепым», сформированные на подложке, в которой сформирована считывающая схема для последовательного обращения к каждой из строк детекторов матрицы, причем каждый из активных болометров в одной строке получает смещение одновременно, отличающееся тем, что считывающая схема также содержит: средство выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) на основе слепого болометра (12), средство одновременного копирования опорного тока ( $I_{ref}$ ) для каждого столбца матрицы, совокупность интеграторов тока (19), каждый из которых связан с одним столбцом матрицы и способен интегрировать разность между током, текущим через активный болометр строки, которая считывается в данный момент, и скопированным таким образом опорным током.

2. Устройство для регистрации инфракрасного излучения по п.1, отличающееся тем, что средство выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) содержит линию (13) питания, подключенную к одному из выводов слепого болометра (12), инжекционный транзистор (14), подключенный к другому выводу слепого болометра (12) для выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) через напряжение, подаваемое на его затвор, преобразователь (15) ток-напряжение, который преобразует указанный опорный ток ( $I_{ref}$ ) в опорное напряжение.

3. Устройство для регистрации инфракрасного излучения по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что слепой болометр (12) состоит из одного или нескольких

элементарных слепых болометров, соединенных друг с другом.

4. Устройство для регистрации инфракрасного излучения по п.1, отличающееся тем, что средство одновременного копирования опорного тока ( $I_{ref}$ ) для каждого столбца матрицы состоит из токовых зеркал (16), расположенных в каждом из столбцов, причем каждое из зеркал содержит преобразователь напряжение-ток.

5. Устройство для регистрации инфракрасного излучения по п.4, отличающееся тем, что токовое зеркало, используемое в каждом из столбцов, является дифференциальным токовым зеркалом.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

