



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**(21)(22) Заявка: **2008123480/28**, **09.06.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**09.06.2008**

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
**02.07.2007 FR 0756217**(43) Дата публикации заявки: **20.12.2009** Бюл. № 35(45) Опубликовано: **10.09.2012** Бюл. № 25(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 5952659 A**, **14.09.1999**. **EP 1117250 A2**, **18.07.2001**. **US 5442176 A**, **15.08.1995**. **SU 402753 A**, **19.10.1973**.

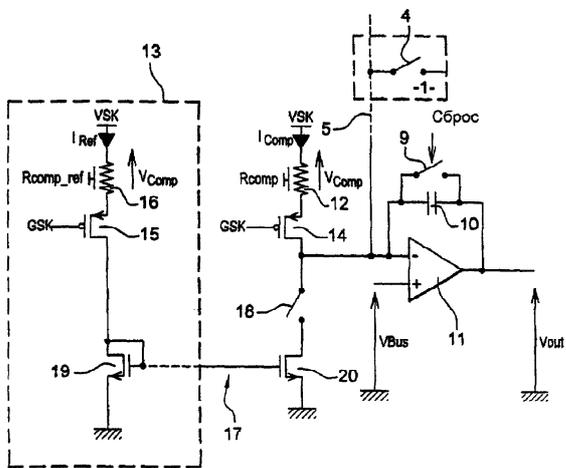
Документ находится в Патентном отделе

**ОКБ АСТРОН**140081, Московская область, г.Лыткарино,  
ул.Парковая, д.1**(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, В ОСОБЕННОСТИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

(57) Реферат:

Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, содержит матрицу элементарных болометров, которые чувствительны к падающему излучению и называются «активными» болометрами, и дополнительную строку болометров (12), которые по существу нечувствительны к излучению и называются «слепыми», причем активные и слепые болометры сформированы на подложке, в которой сформирована считывающая схема для последовательного обращения к каждой из строк матрицы и строке слепых болометров. Считывающая

схема также содержит источник для выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) на основе дополнительного слепого болометра (16), который также сформирован на подложке, и средство копирования опорного тока ( $I_{ref}$ ) в каждый из столбцов матрицы, состоящее из токового зеркала (17). Каждый из столбцов матрицы содержит компенсационную структуру, содержащую слепой болометр (12), связанный с интегратором (9, 10, 11) тока, способным интегрировать разность между током, текущим через активный болометр строки, которая считывается в данный момент, и током компенсации, выдаваемым слепым болометром (12). 2 н. и 9 з.п. ф-лы, 7 ил.



ФИГ. 4



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2008123480/28, 09.06.2008**

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

Priority:

(30) Convention priority:  
**02.07.2007 FR 0756217**

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

(45) Date of publication: **10.09.2012 Bull. 25**

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

(54) **DEVICE FOR DETECTING ELECTROMAGNETIC RADIATION, ESPECIALLY INFRARED RADIATION**

(57) Abstract:

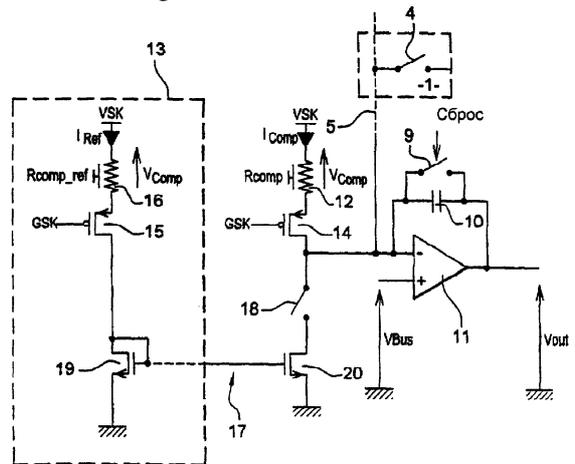
FIELD: physics.

SUBSTANCE: device for detecting electromagnetic radiation, especially infrared radiation, has an array of elementary bolometers which are sensitive to the incident radiation and are referred to as "active" bolometers and an additional row of bolometers (12) which are essentially insensitive to the radiation and are referred to as "blind" bolometers. The active and blind bolometers are formed on a substrate in which a read circuit is formed for sequential addressing of each of the rows of the array and the row of blind bolometers. The read circuit also includes a source for producing a reference current ( $I_{ref}$ ) based on an additional blind bolometer (16) which is also formed on the substrate and means of copying the reference current ( $I_{ref}$ ) to each of the columns of the array consisting of a current mirror (17). Each of the columns of the array has a compensation structure having a blind bolometer (12) connected to an integrator capable of

integrating the difference between the current flowing through the active bolometer of the row which is currently being read and a compensation current output by the blind bolometer.

EFFECT: improved device.

11 cl, 7 dwg



ФИГ. 4

RU 2 460 977 C2

RU 2 460 977 C2

Область техники, к которой относится изобретение

Настоящее изобретение относится к устройству для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, в котором используются болометрические детекторы. Областью применения изобретения является, в частности, формирование изображения 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 включает 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. Термин «считывание» обозначает формирование электрического сигнала на основании состояния воспринимающих элементов.

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 той или иной 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

сопротивлений.

Конструктивно необходимое наличие определенного 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 всего лишь изменениями, подлежащими учету с точки зрения сигнала, подлежащего регистрации. Остаточные флуктуации температуры подложки при нормальных условиях термостабилизации, в особенности, если детектор не снабжен такой системой термостабилизации, что все чаще имеет место для такого типа детекторов из соображений стоимости, 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, в частности, пренебрежимо малое 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 предпочтительно, поскольку компенсационные структуры находятся по существу при той же температуре, что и считывающая схема, а, следовательно, фокальная плоскость, это фактически позволяет избавиться 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.

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 Таким образом, для формирования единичного изображения (кадра), одновременно производится обращение ко всем болометрам в первой строке (на них подается смещение), и их ток компенсируется с использованием слепой компенсационной структуры, находящейся в конце столбца. Полученный «строчный» сигнал  
10 обрабатывается и поступает на выход, в то время как производится обращение ко второй строке, и этот процесс повторяется, пока не будет достигнута последняя строка для завершения кадра, после чего возобновляется идентично для следующего кадра (см. схему на фиг. 2). Очевидно, что низкочастотные изменения тока  
15 компенсации, которые первоначально одинаково влияют на все элементы в каждом столбце, по-разному от столбца к столбцу, создают легкую, медленно изменяющуюся столбчатую контрастность, что негативно влияет на качество изображения. Помимо конструкционных и технологических усилий, предпринимаемых для снижения фиксированной изменчивости и низкочастотного шума, нужно разработать и  
20 использовать алгоритмы компенсации для снижения этих эффектов до минимального уровня.

Современные компоненты формирования изображения используют алгоритмические процессы для коррекции остаточных дрейфов выходного сигнала, которые связаны с флуктуациями температуры фокальной плоскости. Этот подход  
25 направлен на то, чтобы избавиться от устройств терморегулирования ("термоэлектрических" модулей на основе эффекта Пельтье), которые дороги в отношении самого фактического компонента и связанных с ним средств его применения. Эти упрощенные компоненты в целом именуется «TECless» (TEC  
30 означает термоэлектрический охладитель). Эффективность этих процессов в значительной степени зависит от правильной и точной оценки изменчивости этих компенсационных структур в диапазоне изменения температуры фокальной плоскости, допустимом в рассматриваемом применении.

Считывающие схемы для резистивных болометрических детекторов, в которых  
35 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;  
- "*320x240 uncooled microbolometer 2D array for radiometric and process control applications*" B. FIEQUE et al; Optical Systems Design Conference, SPIE 5251, Sept 29;  
40 - "*Low cost amorphous silicon based 160 x 120 uncooled microbolometer 2D array for high volume applications*" C. TROUILLEAU et al; Optical Systems Design Conference SPIE 5251-16.

Электронные структуры, описанные в связи с уровнем техники, предназначены, в основном, для считывания болометров в активной матрице, но их также можно  
45 использовать для считывания слепых болометров, если временные диаграммы считывания адаптированы. Но эти случаи очень схематично проиллюстрированы на фиг. 2.

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

50 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

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. Этот ток  $I_{comp}$  определяется выражением:

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

где:

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

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;
- $V_{ac}$  обозначает напряжение между выводами активного болометра 2;
- $R_{ac}$  обозначает сопротивление активного болометра.

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:

$$V_{out} = V_{BUS}$$

Таким образом, столбец 5 считывания, 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 к появлению видимой столбчатой контрастности, что влияет на доступный сигнал.

Традиционную считывающую схему для активных болометров можно использовать для считывания слепых компенсационных болометров. Для этого, в конце кадра (т.е. после считывания последней строки), осуществляется первый этап сброса емкости. Опять же:

$$V_{out} = V_{bus}$$

Затем переключатель 9 «сброс» размыкается, но переключатель 4 «выбор» остается разомкнутым для измерения значения сопротивления самого слепого болометра 7. Таким образом, весь ток, который течет в плече компенсации, интегрируется по времени  $T_{int}$  емкостью  $C_{int}$  10. В этом случае, выходное напряжение  $V_{out}$  системы выражается следующим образом:

$$V_{out} = V_{bus} - \frac{T_{int}}{C_{int}} \times I_{comp} = V_{bus} - \frac{T_{int}}{C_{int}} \cdot \frac{V_{comp}}{R_{comp}}$$

Таким образом, традиционная считывающая схема позволяет осуществлять доступ к значению сопротивления слепых болометров через выходное напряжение системы.

$$R_{comp} = \frac{C_{int}}{T_{int} \times V_{comp}} \times (V_{bus} - V_{out})$$

Этот тип схемы, связанный с этой конкретной реализацией, имеет преимущество, состоящее в обеспечении прямого доступа для каждого кадра к значению сопротивления слепого компенсационного болометра и таким образом в принципе обеспечивает необходимые данные для алгоритма коррекции (устранение столбчатой помехи в изображении). Тем не менее, он имеет определенные ограничения.

Во-первых, система интегрирует весь ток смещения болометра. Этот ток обычно в 20-50 раз больше тока, который обычно интегрируется при считывании активного болометра в стандартном режиме компенсации. Поэтому время интегрирования нужно сократить по сравнению со считыванием строки активных болометров во избежание насыщения интегрирующей емкости  $C_{int}$  задолго до окончания времени интегрирования. Это усложняет реализацию считывания с точки зрения управления распределением стимулов по времени.

Кроме того, этот цикл создает тепловое возмущение компенсационных болометров (которые обычно имеют очень низкое тепловое сопротивление, которое, однако, не равно нулю) и, следовательно, их сопротивления. При считывании активных строк компенсационные болометры периодически получают смещение (в зависимости от частоты строк) в течение постоянного промежутка времени. Эффект Джоуля, связанный с протеканием тока компенсации через эти болометры, выравнивает их температуры в начале каждого цикла интегрирования (для каждой строки) или, точнее, подвергает их тепловому воздействию точно повторяющегося профиля в течение каждого цикла интегрирования, пока не будет считана последняя строка. Затем, при считывании строки слепых компенсационных болометров, этот цикл испытывает возмущение, поскольку приходится применять время интегрирования  $T_{int}$ , которое гораздо короче (с коэффициентом от 20 до 50, как объяснено выше). Это приводит к временному тепловому возмущению, что создаст

сдвиг непрерывного уровня и, следовательно, для любой сцены, возмущение изображения в начале следующего кадра.

Помеха того же происхождения также возникает при сканировании кадра в течение времени, которое меньше времени обновления изображения. Между  
5 последовательными считываниями кадра, т.е. между концом одного считыванием кадра и началом следующего считывания кадра, существует время задержки, которое может быть значительным.

Эту проблему можно решить, например, путем усложнения считывающей схемы  
10 для поддержания температуры компенсационных болометров по существу постоянной или, по меньшей мере, поддержания периодичности профиля распределения температуры по времени по всем строкам кадра. С этой целью ток "предварительного нагрева" или "замещения", аналогичный среднему току, который  
15 течет через слепые болометры на протяжении времени интегрирования, можно инжектировать с использованием особого устройства для поддержания температуры слепых болометров в течение интервалов, когда периоды интегрирования отсутствуют. Это устройство обычно содержит дополнительный источник фиксированного тока, снабженный системой повторяющего переключения, активное  
20 плечо которой возбуждается таким образом, чтобы исключить разрывы между периодами. Это переключение тока замещения активируется между двумя считываниями строки, а также в интервале времени между считыванием последней строки (слепой в этом случае) и возвратом к первой строке следующего кадра. Поэтому температура и, следовательно, сопротивление компенсационных болометров  
25 по существу не изменяются с течением времени: больше не существует никакого переходного теплового возмущения.

Также возникает проблема, если температура компонента изменяется и отсутствует устройство стабилизации температуры (часто так и бывает). В классическом случае,  
30 номинальный диапазон рабочей температуры детекторов составляет от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ . Затем источник тока предварительного нагрева настраивается для обеспечения средней рабочей точки, например  $30^{\circ}\text{C}$ . При этой температуре ток замещения регулируется так, чтобы он представлял средний ток активного плеча. Эта регулировка становится неадекватной, если температура фокальной плоскости  
35 значительно отличается от этой точки, и опять возникают по меньшей мере некоторые из дефектов теплового изменения, которые влияют на слепые болометры в интервале времени считывания от кадра к кадру. Эта проблема также решается посредством изобретения, описанного ниже.

Еще одно, более проблематичное, ограничение, связанное с этой комбинацией  
40 схемы/реализации, связано с программной (алгоритмической) коррекцией столбчатой структуры изображения. Фактически, соответствующая точка в отношении алгоритмической коррекции является не абсолютным значением сопротивления слепого болометра, а показателем его изменчивости, т.е. его распределения от столбца  
45 к столбцу. При наличии в точности нулевого изменения, столбчатости не существует независимо от значения столбца сопротивлений компенсации. С этой точки зрения, вышеописанная система для считывания слепых болометров согласно уровню техники непригодна для точного оценивания различий между сопротивлениями.  
50 Интересующая чувствительность выходного напряжения как функция изменения сопротивления слепого болометра задается следующим соотношением:

$$\frac{\delta V_{out}}{\delta R_{comp}} = \frac{T_{int}}{C_{int}} \times \frac{V_{comp}}{R_{comp}^2}$$

С учетом значений сопротивления слепых болометров и ограничения, наложенного на время интегрирования, рассмотренных выше, значение чувствительности оказывается сравнительно малым. В порядке численного примера:

- $C_{int}=6$  пкФ
- $T_{int}=3$  мкс
- $V_{comp}=3$  В
- $R_{comp}=1,6$  МОм
- Размах выходного напряжения = 3 В

$$\frac{\delta V_{out}}{\delta R_{comp}} = 586e^{-9V} / \Omega$$

Коэффициент усиления (этот термин эквивалентен «чувствительности») структуры сравнительно мал, и тем труднее анализировать полезный сигнал (анализ теряет точность). Изменение сопротивления 3 кОм фактически представляет полезный сигнал 2 мВ. Для специалистов в данной области техники, предполагая 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который охватывает весь динамический диапазон (обычно 3 В) детектора, полезный сигнал представляет 2,7 младших битов (LSB), т.е. менее чем 2 бита, которые фактически можно использовать, и это обычно совершенно неадекватно для обеспечения эффективной алгоритмической коррекции.

Изобретение предусматривает способ точного оценивания изменения (распределения) сопротивления этих компенсационных болометров и любого их дрейфа во времени. Основным достоинством является снабжение разработчиков алгоритмов более точными данными, чем те, которые обеспечивают подходы, отвечающие уровню техники и, следовательно, обеспечение улучшенного, скорректированного качества изображения.

Раскрытие изобретения

Это устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности, инфракрасного излучения, содержит матрицу элементарных болометров, которые чувствительны к падающему излучению и называются «активными» болометрами, и дополнительную строку болометров (12), которые по существу нечувствительны к излучению и называются «слепыми», причем активные и слепые болометры сформированы на подложке, в которой сформирована считывающая схема для последовательного обращения к каждой из строк матрицы и строке слепых болометров, причем каждый из болометров в одной и той же строке получает смещение одновременно.

Согласно изобретению:

- считывающая схема также содержит источник для выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) на основе дополнительного слепого болометра, который также сформирован на подложке, и средство копирования опорного тока ( $I_{ref}$ ) в каждый из столбцов матрицы, состоящее из токового зеркала;

- каждый из столбцов матрицы содержит компенсационную структуру, способную шунтировать большую часть фоновое электрического тока или тока общего уровня, содержащую слепой болометр дополнительной строки, связанный с интегратором тока, способным интегрировать разность между током, текущим через активный болометр строки, которая считывается в данный момент, и током компенсации, выдаваемым слепым болометром;

- на стадии формирования сигнала или считывания дополнительной строки копия опорного тока ( $I_{ref}$ ) выводится из тока, выдаваемого слепым болометром.

переключатель.

Иными словами, изобретение предусматривает использование компенсационных структур для обеспечения компенсации, когда вышеупомянутый переключатель замкнут, т.е. на стадии считывания компенсационных болометров, для обеспечения возможности точного определения изменения сопротивления слепых болометров, которые образуют компенсационную структуру, а также любого дрейфа, который может влиять на них в течение времени, что позволяет устанавливать надлежащий алгоритм обработки компенсации.

Согласно изобретению, компенсационная структура содержит:

- так называемый компенсационный болометр, имеющий сопротивление  $R_{comp}$ ;
- линию питания (VSK), подключенную к одному из выводов сопротивления  $R_{comp}$ ;
- инжекционный транзистор, подключенный, во-первых, к другому выводу сопротивления для обеспечения тока компенсации ( $I_{comp}$ ) через сопротивление  $R_{comp}$  посредством напряжения (GSK) на своем затворе и подключенный, во-вторых, к отрицательному выводу интегратора.

Согласно изобретению, источник для выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) содержит:

- дополнительный слепой болометр, имеющий сопротивление  $R_{comp-ref}$ ;
- инжекционный транзистор, подключенный к одному из выводов сопротивления  $R_{comp-ref}$ , который обеспечивает подачу смещения на сопротивление;
- линию питания, подключенную к другому выводу сопротивления  $R_{comp-ref}$ ;
- токовое зеркало, подключенное к другому выводу транзистора.

Согласно изобретению, каждый из слепых болометров содержит один или несколько элементарных слепых болометров, соединенных друг с другом и совместно имеющих пренебрежимо малое тепловое сопротивление относительно подложки.

Используемое токовое зеркало содержит:

- первый опорный транзистор, расположенный вблизи источника опорного тока ( $I_{ref}$ ), исток которого подключен к заземлению системы, и сток и затвор которого подключены к истоку инжекционного транзистора источника опорного тока;
- транзистор копирования столбцов, затвор которого соединен (изопотенциален) с затвором первого опорного транзистора, исток которого заземлен, и сток которого подключен к переключателю, который соединяет систему для считывания слепых болометров с отрицательным входом интегратора.

Транзисторы, которые образуют токовое зеркало, могут представлять собой МОП-транзисторы n- или p-канального типа.

Использование такого токового зеркала создает, как известно, паразитный шум, который желательно подавлять в возможно большей степени. С этой целью, один преимущественный вариант выполнения изобретения предусматривает связывание компонента, пригодного для обеспечения омического падения напряжения, в особенности, длинного резистора или транзистора, с двумя транзисторами, которые образуют зеркало.

Термин «длинный транзистор» хорошо известен специалистам в данной области техники и обозначает транзистор, длина которого, т.е. расстояние между его стоком и истоком, значительно больше его ширины.

Кроме того, точность копирования токового зеркала может ухудшиться за счет изменения, присущего транзисторам токового зеркала. Для ослабления этого эффекта, другая преимущественная версия изобретения предусматривает использование каскодного зеркала, в котором два транзистора одного типа соединены последовательно и истоки крайних транзисторов заземлены.

Согласно изобретению, переключатель, через который опорный ток  $I_{ref}$  поступает на вход интегратора, остается замкнутым, когда все переключатели выбора активных пикселей разомкнуты. Иными словами, устройство содержит логическую схему, способную поддерживать переключатель в замкнутом положении в то время, когда ни  
 5 одна строка не выбрана для считывания, т.е., когда все переключатели обращения к строке разомкнуты.

Изобретение также относится к системе построения изображения, в которой используется вышеописанное инфракрасное регистрирующее устройство. Эта система  
 10 включает в себя алгоритмическую функцию для коррекции выходных сигналов каждой строки каждого кадра как функцию конкретного «строчного» сигнала, полученного при замыкании переключателя, через который опорный ток  $I_{ref}$  поступает на вход интегратора при считывании строки слепых болометров.

#### Краткое описание чертежей

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

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

Фиг. 2 - цикл считывания болометрической матрицы, снабженной строкой слепых болометров согласно уровню техники.

25 Фиг. 3а - временная диаграмма считывания активных строк болометрической матрицы, и фиг. 3б - временная диаграмма считывания строки слепых болометров, опять же, согласно уровню техники.

Фиг. 4 - схема, аналогичная фиг. 1, но демонстрирующая общий принцип изобретения с использованием МОП-транзисторов n-канального типа в токовом  
 30 зеркале.

Фиг. 5 - схема, аналогичная фиг. 4, в которой МОП-транзисторы n-канального типа токового зеркала заменены МОП-транзисторами p-канального типа.

Фиг. 6 - схема более совершенного варианта выполнения изобретения для так называемого «малозумного» применения, способного подавлять шум,  
 35 генерируемый токовым зеркалом.

Фиг. 7 - схема варианта выполнения изобретения, которая также усовершенствована для так называемого «малосмещаемого» применения, способного подавлять изменения, присущие токовому зеркалу.

#### Осуществление изобретения

40 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 в области своих активных структур, т.е. строго  
 45 под областями, образующими болометрический материал, обычно покрыта отражающим металлическим слоем. Этот слой призван известным образом отражать любое излучение, которое не испытывает поглощение.

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

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

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 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).

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. 4. Фактически, каждый из столбцов матрицы содержит такую компенсационную структуру, которая образует так называемую «слепую» строку, поскольку она состоит из слепых болометров, причем строка считывается считывающей схемой таким же образом, как активные строки.

Согласно одному аспекту изобретения, эта компенсационная структура, связанная с каждым из столбцов, содержит слепой компенсационный болометр 12 с сопротивлением  $R_{comp}$ , состоящий из одного или нескольких элементарных болометров, соединенных друг с другом. Один из выводов сопротивления  $R_{comp}$  заземлен. Другой вывод резистора подключен к стоку инжекционного транзистора 14 для подачи напряжения  $V_{comp}$  между выводами сопротивления  $R_{comp}$  компенсационного болометра 12 посредством напряжения затвора (GSK), подаваемого на затвор транзистора, что обеспечивает подачу смещения на сопротивление. Исток инжекционного транзистора 14 подключен к интегрирующей структуре, содержащей:

- операционный усилитель 11, смонтированный как интегратор;
- интегрирующую емкость  $10 C_{int}$ , подключенную между выходом усилителя и отрицательным входом усилителя, которая интегрирует входящий полезный ток на отрицательном входе усилителя;
- переключатель 9 сброса, подключенный между выходом усилителя и отрицательным входом усилителя, который обеспечивает сброс заряда, накопленного в интегрирующей емкости 10;
- опорное напряжение  $V_{bus}$ , подаваемое на положительный вход усилителя 11 для задания рабочей точки структуры.

Согласно изобретению, описанная компенсационная структура связана с единым опорным током для всей матрицы, находящимся вне матрицы. Этот опорный ток 13 представлен на фиг. 4-7 пунктирной линией.

Он содержит слепой болометр 16  $R_{comp-ref}$ , на который постоянно подается смещение посредством инжекционного транзистора 15, регулируемое напряжением затвора GSK. Это напряжение затвора такое же, как у инжекционных транзисторов 14, которые находятся в компенсационных структурах каждого из столбцов. Затем опорный ток  $I_{ref}$  копируется во все столбцы с использованием токового зеркала 17, которое может переключаться благодаря переключателю 18.

Токовые зеркала хорошо известны специалистам в данной области техники.

поэтому не нуждаются в более подробном описании. Мы просто напоминаем читателю, что такое токовое зеркало это особая схема, состоящая из двух транзисторов 19, 20, которая позволяет отражать опорный ток  $I_{ref}$  в качестве выходного тока, который в идеальном случае равен, но в любом случае пропорционален опорному току независимо от нагрузки, подключенной к выходному току, в случае данного описанного выше интегратора.

В описанном примере токовое зеркало 17 создано с использованием двух n-канальных МОП-транзисторов 19, 20. Очевидно, нужно обращать внимание на размеры транзисторов, чтобы минимизировать изменение порогового напряжения транзисторов, которое может создавать помеху при измерении изменения слепого сопротивления 12 за счет внесения ошибок копирования.

В данном случае исток первого опорного транзистора 19 подключен к заземлению системы. Его сток и затвор подключены к истоку инжекционного транзистора 15 источника опорного тока.

Таким образом, токовое зеркало содержит транзистор копирования столбцов 20. Затвор этого транзистора соединен с затвором первого опорного транзистора 19, и его исток также заземлен. Его сток подключен к переключателю 18 Лес, который соединяет систему считывания слепых болометров 12 с отрицательным входом вышеупомянутого усилителя 11.

В примере, показанном на фиг. 4, транзисторы 19, 20 токового зеркала являются МОП-транзисторами n-канального типа. На фиг. 5 показан другой вариант осуществления изобретения, в котором зеркало создано с использованием p-канальных МОП-транзисторов.

Когда нужно считывать слепые болометры 12  $R_{comp}$  компенсационной структуры, переключатель 9 сброса первоначально замыкается (как при считывании каждой активной строки) для сброса заряда, накопленного в интегрирующей емкости 10  $C_{int}$ . После этого переключатель 9 сброса размыкается, и переключатель 18, который соединяет токовое зеркало 17 с компенсационной структурой одновременно по всем столбцам, замыкается.

Если сопротивления компенсационных болометров 12 не претерпевают изменения, через все компенсационные структуры течет одинаковый ток. Поэтому опорный ток  $I_{ref}$  равен току, который течет в компенсационной структуре каждого столбца. Ток интегрирования в емкости 10 также равен нулю; для каждого столбца справедливо следующее:

$$V_{out} = V_{bus}$$

С другой стороны, если сопротивление слепых болометров 12 изменяется от столбца к столбцу, что в общем случае имеет место, ток  $I_{comp}$  компенсационной структуры будет немного отличаться от тока токового зеркала 17. Для каждого столбца дифференциальный ток интегрируется:

$$dI_{comp} = I_{comp} - I_{ref}$$

Следует понимать, что ток  $I_{comp}$  слегка различается от столбца к столбцу.

Непрерывный выходной уровень НС линии «сигнала», соответствующий слепым компенсационным болометрам, ниже обозначенный как  $NC_{comp}$ , удовлетворяет вышеприведенному соотношению, отвечающему уровню техники, при считывании активных болометров, а именно:

$$NC_{comp} = V_{bus} - \frac{T_{int}}{C_{int}} dI_{comp}$$

Поэтому распределение выходных уровней  $NC_{comp}$  непосредственно представляет распределение сопротивлений компенсационных болометров 12 (с центром в точке покоя  $V_{bus}$ ), а не абсолютное сопротивление болометров, поскольку точно вычтена составляющая общего уровня.

Получается ряд сигналов  $NC_{comp}$ , которые можно использовать с высокой точностью для получения алгоритмической коррекции каждого кадра.

Структура, отвечающая изобретению, позволяет более точно считывать изменчивость слепых компенсационных болометров. Справедливо следующее соотношение:

$$\frac{\delta V_{out}}{\delta R_{comp}} = \frac{T_{int}}{C_{int}} \times \frac{V_{bolo}}{R_{comp}^2}$$

Однако, согласно изобретению нет необходимости уменьшать время интегрирования, поскольку ток, подлежащий интегрированию, имеет такой же порядок величины, как при считывании активного болометра. В качестве примера приведем некоторые цифры:

- $C_{int} = 6 \text{ пкФ}$
- $T_{int} = 60 \text{ мкс}$
- $V_{bolo} = 3 \text{ В}$
- $R_{bolo} = 1.6 \text{ МОм}$
- Размах выходного напряжения = 3 В

$$\frac{\delta V_{out}}{\delta R_{comp}} = 11.718e - 6 \text{ В} / \Omega$$

В этом случае имеется двадцатикратный выигрыш в точности (отношение используемых значений времени интегрирования) по сравнению с уровнем техники. Это повышение точности представляет 4,3 дополнительных битов коррекции, что в итоге эквивалентно 7 битам коррекции, что является весьма удовлетворительным уровнем в отношении качества возможной алгоритмической коррекции.

Такая алгоритмическая коррекция обычно предусматривает применение следующего процесса, исходя из того, что чувствительная матрица имеет  $N$  столбцов и  $M$  строк:

- получение  $N$  уровней  $V_{out}[1-N]$  из  $M$  активированных строк кадра (т.е. получение необработанного изображения);
- получение  $N$  уровней  $NC_{comp}[1-N]$  согласно вышеописанному методу, эквивалентное считыванию компенсационной строки;
- коррекция  $N$  выходных уровней каждой строки, применяемая последовательно к  $M$  строкам, путем вычисления следующего типа:

$$V_{corr}[1-N] = V_{out}[1-N] - NC_{comp}[1-N] + \overline{NC_{comp}},$$

где  $\overline{NC_{comp}}$  представляет среднее значение  $N$  значений  $NC_{comp}[1-N]$ .

Очевидно, это вычисление применяется в цифровом режиме после того, как потоки данных  $V_{out}$  и  $NC_{comp}$  подвергаются аналого-цифровому преобразованию.

Таким образом, описанная структура позволяет упростить управляющую электронику болометрических датчиков. Фактически, с точки зрения пользователя, слепая строка ничем не отличается от активных строк. Поэтому нет нужды специально изменять время интегрирования для считывания строки слепых болометров. Сигналы управления одинаковы.

Кроме того, тепловой цикл больше не нарушается за счет обращения к строке слепых болометров, поскольку они выделяют одну и ту же энергию вследствие

эффекта Джоуля независимо от того, подключены ли они в режиме «компенсации» или в режиме «считывания». Больше не существует возмущения при считывании строки вслед за считыванием слепых болометров.

5 Наконец, изобретение позволяет радикально и элегантно решить проблему «тепловой регулировки» слепых болометров. Фактически, когда слепые болометры 12 не используются, т.е. когда они не подключены к интегратору, достаточно подключить токовое зеркало 17 считывания вместо источника фиксированного тока, используемого в схемах, отвечающих уровню техники. Согласно изобретению, 10 источник опорного тока создан с использованием опорного слепого болометра 16  $R_{\text{comp-ref}}$ . При этом опорный ток автоматически отслеживает, согласно конструктивным особенностям, температуру считывающей схемы, чтобы выдавать идеальный ток «замещения» для поддержания температуры компенсационных болометров постоянной, строка за строкой, независимо от кадра и временной 15 диаграммы температуры подложки.

С точки зрения схемы переключатель 18 замыкается и остается замкнутым все время, за исключением случаев, когда замыкается какой-либо из переключателей 4 20 выбора строки. Таким образом, скопированный ток  $I_{\text{ref}}$  постоянно течет через каждый компенсационный болометр.

Известным образом, токовое зеркало привносит дополнительный шум при считывании слепых болометров. Фактически, ввиду использования множественных МОП-структур, схема, созданная согласно фиг. 4, может иметь ограничения, обусловленные геометрической и технологической изменчивостью используемых 25 множественных МОП-структур.

Для снижения шума во времени, присущего токовым зеркалам, можно использовать более совершенную конфигурацию варианта осуществления изобретения, показанного на фиг. 4, которая представлена на фиг. 6. В этом случае 30 предлагаемая конфигурация предусматривает «вырождение» (специальный термин) токового зеркала с использованием двух сопротивлений R1 и R2, обозначенных 21 и 22 на фиг. 6, подключенных к соответствующим стокам транзисторов 19 и 20. Сопротивления 21, 22 используются для вырождения токового зеркала 17 способом, известным специалистам в данной области техники. Точность копирования тока 35 повышается за счет омического падения напряжения между выводами сопротивлений 21, 22.

Благодаря этому, шум, создаваемый зеркалом, сформированным из n-канальных МОП-транзисторов 19, 20, снижается, и точность копирования повышается.

40 С той же целью, сопротивления 21, 22 можно заменить длинными n-канальными МОП-транзисторами.

Согласно другому преимущественному варианту осуществления изобретения, показанному на фиг. 7, предпринимаются попытки ослабить эффект изменчивости используемых транзисторов, который наверняка влияет на пространственную 45 точность копирования токового зеркала.

С этой целью, используется "каскадное" зеркало, в котором стоки двух n-канальных МОП-транзисторов 19, 20 в базовой конфигурации, показанной на фиг. 4, 50 подключены, соответственно, к истокам двух n-канальных МОП-транзисторов 23, 24, стоки которых заземлены.

Очевидно, характеристики транзисторов, которые образуют токовое зеркало, выбраны так, чтобы схема была нечувствительной к геометрическим изменениям.

Вышеописанная каскадная структура позволяет ограничить влияние

пороговых напряжений  $V_t$  на точность копирования. Этот вариант осуществления является особенно предпочтительным, поскольку он также позволяет оценить, и, следовательно, скорректировать в цифровом режиме (с использованием соответствующего алгоритма), изменчивость инжекционного р-канального МОП-транзистора 14 слепого болометра 12 на основании результата считывания слепых болометров (значений  $NC_{comp}$ ). Фактически, при использовании системы, показанной на фиг. 7, изменение  $V_t$  п-канального МОП-транзистора 20 токового зеркала 17 имеет тот же порядок величины, что и изменение  $V_t$  инжекционного р-канального МОП-транзистора 14, но его влияние на изменение тока  $I_{comp}$  гораздо меньше, чем влияние изменения  $V_t$  р-канального МОП-транзистора 14.

Наконец, по той же причине, эта схема позволяет измерять низкочастотный дрейф сопротивлений болометров и инжекционных р-канальных МОП-транзисторов 12, связанных с шумом  $1/f$ . Это позволяет компенсировать, программными средствами, не только остаточное смещение (фиксированный эффект столбчатости), но также шум очень низкой частоты, происходящий из явления переменной остаточной столбчатости в наблюдаемом сигнале, что составляет проблему в случае применений, не имеющих механических затворов.

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 и носящим общее название «TECless».

Кроме того, характерная хорошая характеристика низкочастотного шума по столбцам благодаря высокоточному алгоритму коррекции 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 и сборки таких камер, а также упростить их эксплуатацию для пользователя.

### Формула изобретения

1. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, содержащее матрицу элементарных болометров, которые чувствительны к падающему излучению и называются «активными» болометрами, и дополнительную строку болометров (12), которые по существу нечувствительны к излучению и называются «слепыми», причем активные и слепые болометры сформированы на подложке, в которой сформирована считывающая схема для последовательного обращения к каждой из строк матрицы и строке слепых болометров, причем каждый из болометров в одной и той же строке получает смещение одновременно, причем упомянутое устройство отличается тем, что

- считывающая схема также содержит источник для выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) на основе дополнительного слепого болометра (16), который также сформирован на подложке, и средство копирования опорного тока ( $I_{ref}$ ) в каждый из столбцов матрицы, состоящее из токового зеркала (17), каждый из столбцов матрицы содержит компенсационную структуру, способную шунтировать большую часть

электрического тока или тока общего уровня, содержащую слепой болометр (12) указанной дополнительной строки, связанный с интегратором (9, 10, 11) тока, способным интегрировать разность между током, текущим через активный болометр строки, которая считывается в данный момент, и током компенсации, выдаваемым слепым болометром (12);

- на стадии формирования сигнала или считывания указанной дополнительной строки копия опорного тока ( $I_{ref}$ ) выводится из тока, выдаваемого слепым болометром (12) через переключатель (18).

2. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по п.1, отличающееся тем, что компенсационная структура содержит:

- компенсационный болометр (12), имеющий сопротивление  $R_{comp}$ ,  
 - линию питания (VSK), подключенную к одному из выводов сопротивления  $R_{comp}$ ,  
 - инжекционный транзистор (14), подключенный, во-первых, к другому выводу сопротивления для обеспечения тока компенсации ( $I_{comp}$ ) через сопротивление  $R_{comp}$  посредством напряжения (GSK) на своем затворе и подключенный, во-вторых, к отрицательному выводу интегратора (9, 10, 11).

3. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что источник для выработки опорного тока ( $I_{ref}$ ) состоит из

- дополнительного слепого болометра (16), имеющего сопротивление  $R_{comp-ref}$ ,  
 - инжекционного транзистора (15), подключенного к одному из выводов указанного сопротивления  $R_{comp-ref}$ , который обеспечивает подачу смещения на указанное сопротивление,

- линии питания (VSK), подключенной к другому выводу указанного сопротивления  $R_{comp-ref}$

- токового зеркала, подключенного к другому выводу транзистора.

4. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по п.2, отличающееся тем, что каждый из слепых болометров (12) состоит из одного или нескольких элементарных слепых болометров, соединенных друг с другом и совместно имеющих пренебрежимо малое тепловое сопротивление относительно подложки.

5. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по п.1, отличающееся тем, что токовое зеркало (17) содержит

- первый опорный транзистор (19), расположенный вблизи источника опорного тока, исток которого подключен к заземлению системы, и сток и затвор которого подключены к истоку инжекционного транзистора (15) указанного источника опорного тока,

- транзистор (20) копирования столбцов, затвор которого соединен (изопотенциален) с затвором первого опорного транзистора (19), исток которого заземлен, и сток которого подключен к переключателю (18), который соединяет систему для считывания слепых болометров с входом интегратора.

6. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по п.5, отличающееся тем, что транзисторы, которые образуют токовое зеркало (17), могут быть типа n-канального МОП или типа p-канального МОП.

7. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности

инфракрасного излучения, по любому из пп.5 и 6, отличающееся тем, что компонент, пригодный для обеспечения омического падения напряжения, связан с каждым из двух транзисторов (19, 20), которые образуют токовое зеркало (17).

5 8. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по п.7, отличающееся тем, что компонент, который обеспечивает омическое падение напряжения, состоит из сопротивления (21, 22) или длинного транзистора.

10 9. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по любому из пп.5 и 6, отличающееся тем, что используется токовое зеркало каскадного типа, причем каждое из плеч (19, 20) токового зеркала (17) содержит дополнительный транзистор (23, 24), сток которого подключен к затвору и истоку транзисторов (19, 20), соответственно, и исток которого подключен к заземлению схемы.

15 10. Устройство для регистрации электромагнитного излучения, в особенности инфракрасного излучения, по любому из пп.4 и 5, отличающееся тем, что дополнительно содержит переключатели (4) выбора, причем переключатель (18), через который опорный ток  $I_{ref}$  поступает на вход интегратора, остается замкнутым, когда  
20 все переключатели (4) выбора разомкнуты.

11. Система построения изображения, которая включает в себя устройство для регистрации инфракрасного излучения по любому из пп.5-9 и использует алгоритмическую функцию для коррекции выходных сигналов каждой строки  
каждого кадра как функцию конкретного «строчного» сигнала, полученного при  
25 замыкании переключателя (18), через который опорный ток  $I_{ref}$  поступает на вход интегратора при считывании строки слепых болометров.

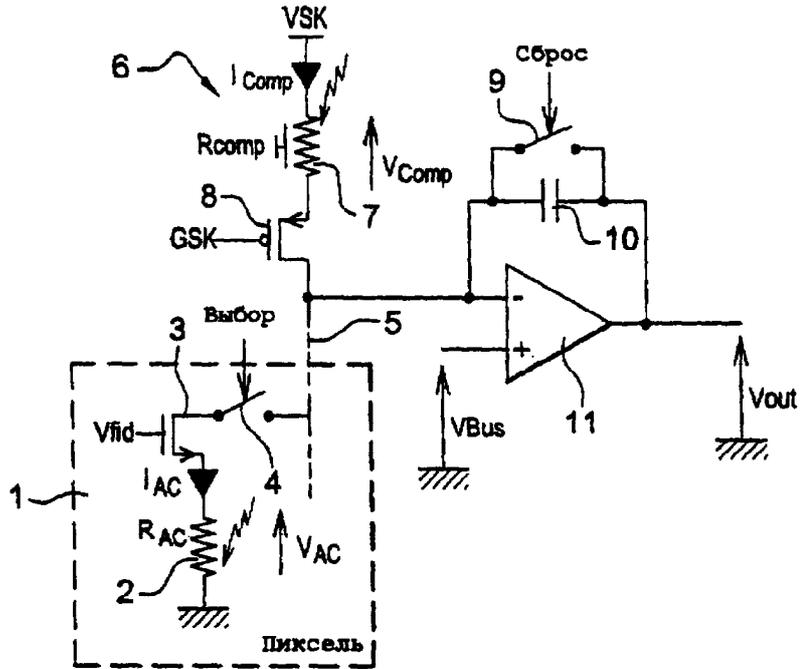
30

35

40

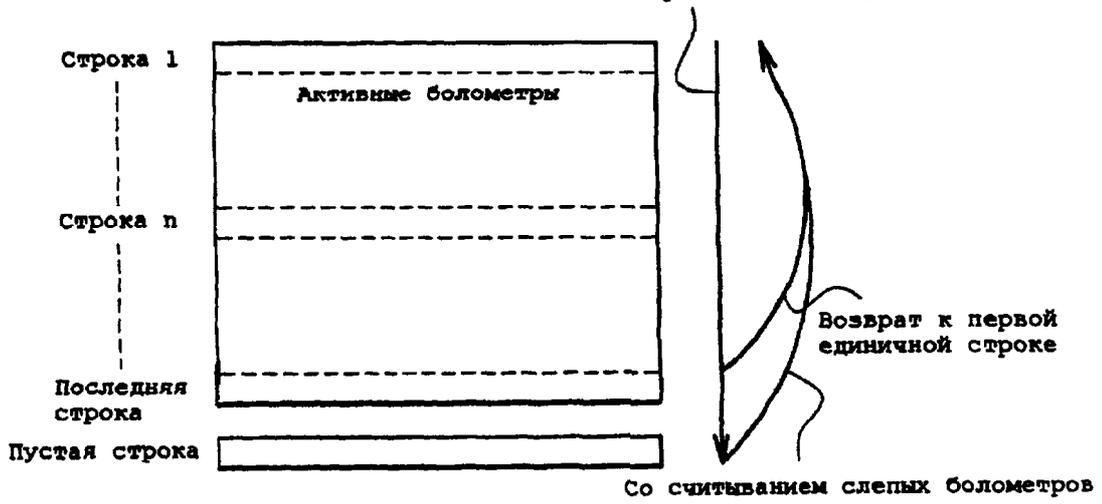
45

50

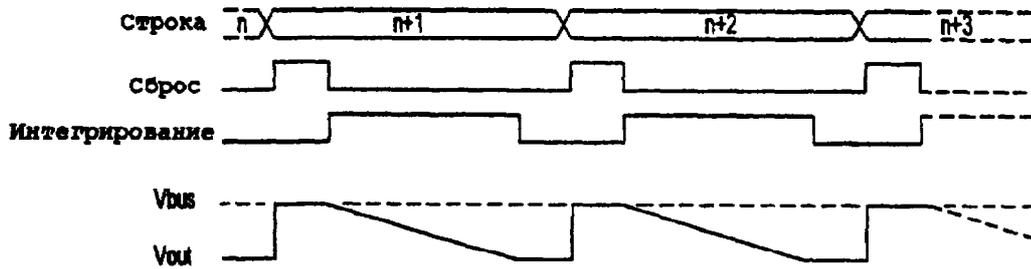


ФИГ. 1

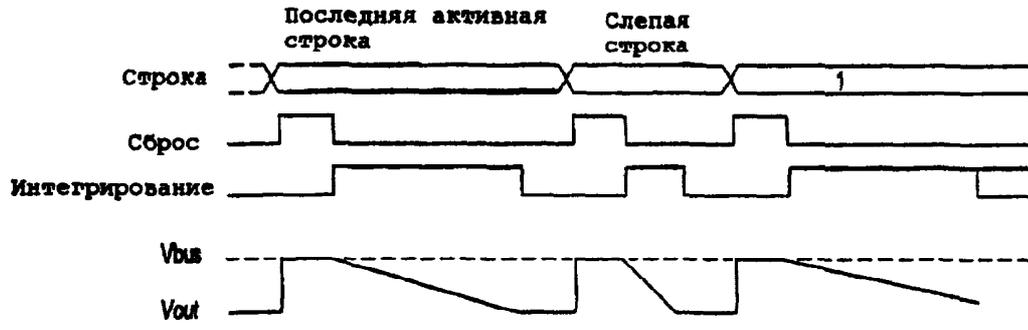
Направление сканирования



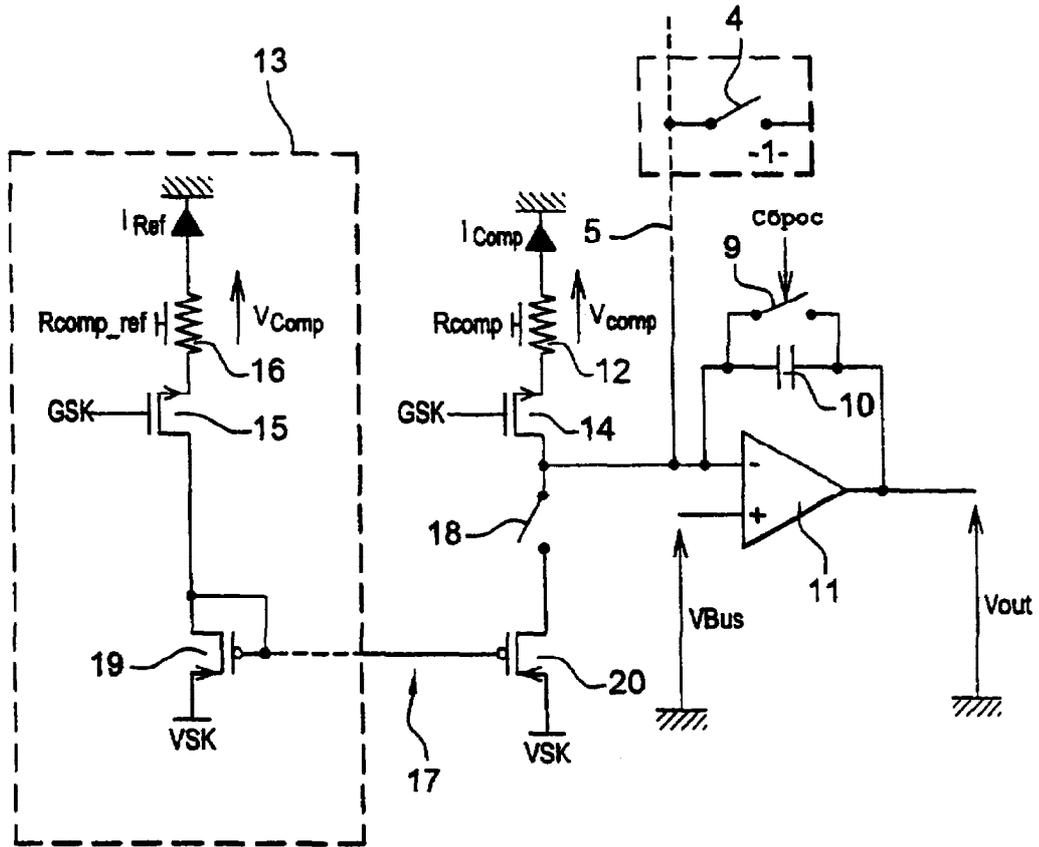
ФИГ. 2



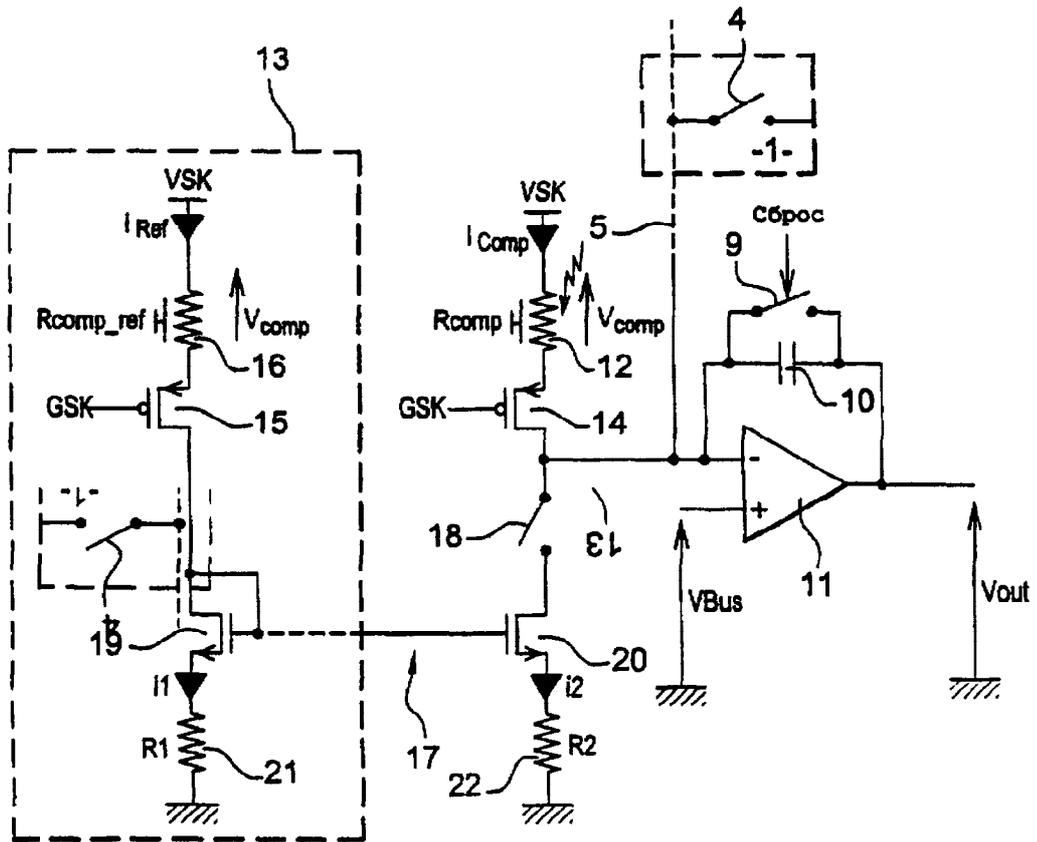
ФИГ. 3а



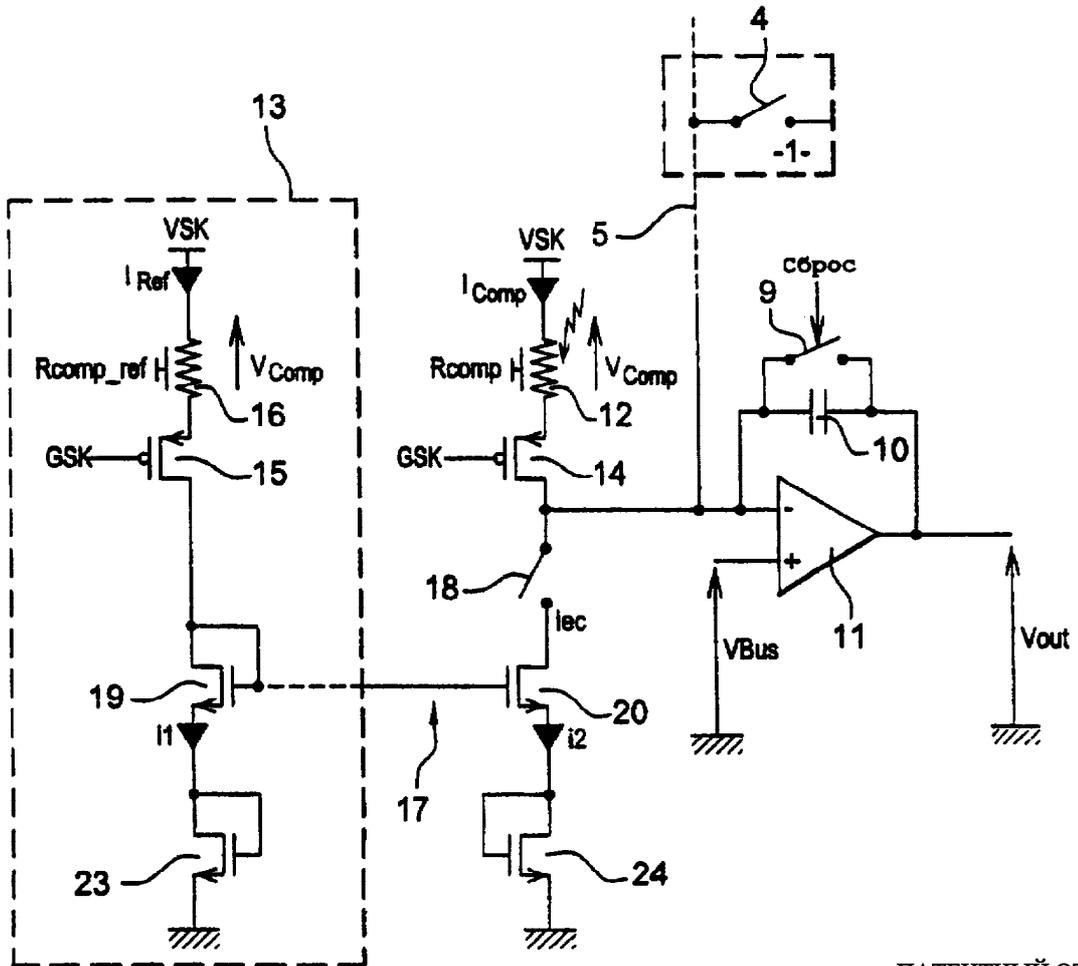
ФИГ. 3b



ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7