



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01T 1/244 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2018122963, 23.11.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.11.2016

Дата регистрации:
16.10.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
26.11.2015 EP 15196524.1

(43) Дата публикации заявки: 26.12.2019 Бюл. № 36

(45) Опубликовано: 16.10.2020 Бюл. № 29

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 26.06.2018

(86) Заявка РСТ:
EP 2016/078481 (23.11.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2017/089363 (01.06.2017)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

СТЕДМЭН БУКЕР Роджер (NL),
РЕССЛЬ Эвальд (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

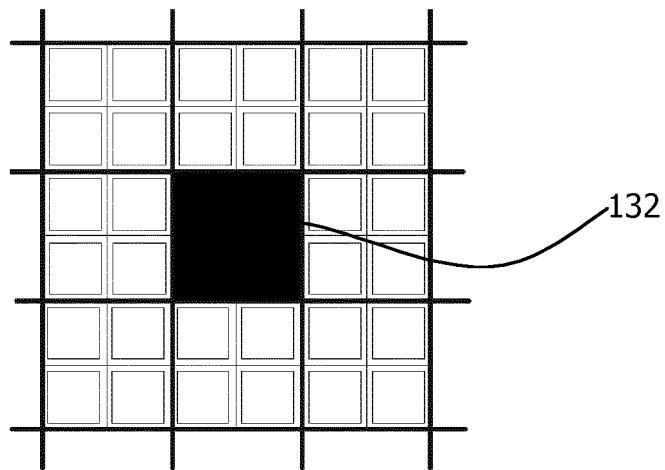
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 2011248175 A1, 13.10.2011. US
2008099689 A1, 01.05.2008. WO 2010007544 A1,
21.01.2010. US 2014014818 A1, 16.01.2014. RU
2411542 C2, 10.02.2011.

(54) КОМПЕНСАЦИЯ ТЕМНОВОГО ТОКА

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к детектору излучения со счетом фотонов, содержащему матрицу пикселей, содержащую множество пикселей обнаружения для обнаружения информации об изображении. По меньшей мере один пиксель матрицы пикселей экранирован от приема излучения. Темновой ток определяется из экранированного пикселя и используется для

компенсации темнового тока для других неэкранированных пикселей. Варианты осуществления относятся к интеграции пикселей, экранирующих в пределах антирассеивающей решетки или маски. Технический результат – компенсация нежелательных токов в пикселях детектора. 3 н. и 11 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ. 3С

RU 2734452 C2

RU 2734452 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01T 1/244 (2020.02)

(21)(22) Application: **2018122963, 23.11.2016**

(24) Effective date for property rights:
23.11.2016

Registration date:
16.10.2020

Priority:

(30) Convention priority:
26.11.2015 EP 15196524.1

(43) Application published: **26.12.2019 Bull. № 36**

(45) Date of publication: **16.10.2020 Bull. № 29**

(85) Commencement of national phase: **26.06.2018**

(86) PCT application:
EP 2016/078481 (23.11.2016)

(87) PCT publication:
WO 2017/089363 (01.06.2017)

Mail address:
**129090, Moskva, ul. B.Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i
Partnery"**

(72) Inventor(s):

**STEADMAN BOOKER Roger (NL),
ROESSL Ewald (NL)**

(73) Proprietor(s):

Koninklijke Philips N.V. (NL)

(54) **DARK CURRENT COMPENSATION**

(57) Abstract:

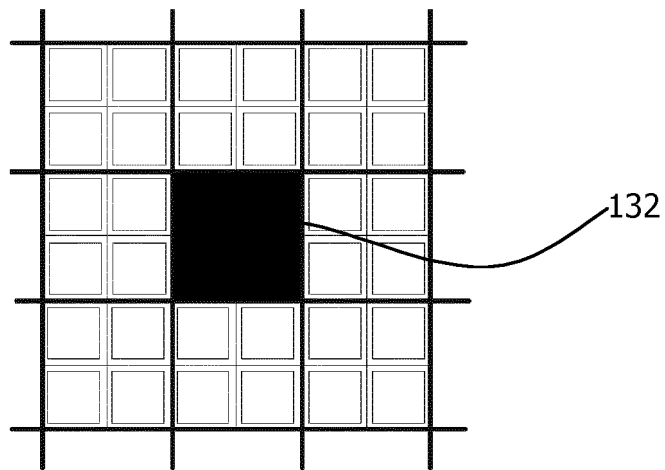
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: group of inventions relates to a photon radiation detector having a pixel array comprising a plurality of detection pixels for detecting information about an image. At least one pixel of the pixel array is shielded from reception of radiation. Dark current is determined from a shielded pixel and used to

compensate for dark current for other unshielded pixels. Versions of implementation relate to integration of pixels screening within anti-dispersive grid or mask.

EFFECT: technical result is compensation of undesirable currents in pixels of detector.

14 cl, 5 dwg



ФИГ. 3С

RU 2734452 C2

RU 2734452 C2

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Настоящее изобретение в целом относится к детектору излучения, содержащему матрицу пикселей, содержащую множество пикселей обнаружения для обнаружения информации об изображении. Настоящее изобретение также относится к способу обнаружения спектрального излучения и системе визуализации.

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Детекторы с энергетическим разрешением для счета фотонов основаны на материалах прямого преобразования, таких как теллурид кадмия-цинка (CdZnTe, также известный как CZT) или теллурид кадмия (CdTe). Материалы прямого преобразования представляют собой полупроводниковые соединения, которые часто имеют незначительные нежелательные явления, которые являются причиной ложной информации и/или увеличивают шум или потерю разрешения. Например, пиксель детектора может принимать некоторый заряд, предназначенный для соседнего пикселя (разделение заряда), или он может показывать ток, протекающий через полупроводниковый материал, даже когда излучение к полупроводнику (темновой ток) не испускается. Темновой ток изменяется от нескольких нА на пиксель до нескольких десятков нА на пиксель в зависимости от типа электродов (например, блокирующих или омических электродов) и удельного сопротивления датчика. Упомянутый темновой ток сильно зависит от температуры, преимущественно, как экспоненциальная функция, что в основном обусловлено увеличением тепловых равновесных плотностей электронов зоны проводимости и валентных зон с увеличением температуры.

В частности, CZT демонстрирует ряд нежелательных артефактов, вызываемых различными причинами, что в последние годы постоянно исправляется. Для решения проблем, связанных некоторыми из этих артефактов (например, усиления фотопроводимости), например, требуются схемы восстановления базового уровня (BLR). Такие схемы также компенсируют темновой ток и медленные колебания, вызванные изменениями температуры. Однако сами схемы BLR также вызывают ряд артефактов, связанных с высокоскоростными применениями. Как только CZT не демонстрирует избыточного тока, зависящего от каких-либо изменений (кроме фототока), использование BLR более не оправдано, учитывая дополнительные артефакты, которые он вызывает, и, в частности, учитывая, что обращение с такими несовершенствами схемы (чувствительности к индукции, наложению импульсов и т. д.) требует разработки значительно более сложных схем.

Приемлемое решение для вышеупомянутой зависимости темнового тока от температуры было бы весьма желательно. Изменение темнового тока вызывает смещение базовой линии, которое, в свою очередь, вызывает ошибку в оценке энергии. Хотя температура детектора обычно регулируется, диапазон изменения температуры менее $\pm 1^\circ\text{C}$ может не обеспечиваться. В зависимости от реализации это может привести к смещению энергии, превышающему 2 кэВ.

К текущим решениям относятся, например, взятие замеров с переключением по решетке: синхронизация взятия замеров смещения базовой линии в короткий период, когда рентгеновские лучи отключены, с распределением по всей области сканирования, как это известно, например, из US 2013/0284940 A1. Это решение требует специальных усовершенствованной функциональности рентгеновской трубки и генератора.

Другим решением может быть взятие замеров при предварительном сканировании: перед началом сканирования производится взятие замеров базовой линии и компенсируется темновой ток. Однако при длительном сканировании температура

может отклониться, что вызывает ошибку оценки энергии.

Третьим потенциальным решением является связь по переменному току: это полностью исключает изменения достаточно низкой частоты. Однако для этого требуется большой развязывающий конденсатор и входной резистор смещения, несовместимый с необходимым высоким уровнем монолитной интеграции. Это также требует, чтобы BLR или держатель (BLH) базовой линии повторно установил опорный сигнал.

В US 2011/0248175 A1 раскрыта схема компенсации температуры для детекторов ядерных излучений, которые включают в себя опорные усовершенствованные детекторы, размещенные на поверхности детектора вместе с пикселями датчика.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей настоящего изобретения является компенсация нежелательных токов в пикселях детектора.

Варианты осуществления в соответствии с настоящим изобретением направлены на детектор излучения со счетом фотонов, содержащий матрицу пикселей, содержащую множество пикселей обнаружения для обнаружения информации об изображении. По меньшей мере один пиксель матрицы пикселей экранирован от приема излучения. Это позволяет использовать экранированный пиксель в качестве эталонного пикселя, откуда можно одновременно определить различные свойства пикселей, которые принимают излучение, но без учета влияния излучения. Это можно затем использовать, например, для установки базовой линии или правильных свойств облученных пикселей.

В предпочтительном варианте осуществления пиксели обнаружения являются пикселями обнаружения прямого преобразования, предпочтительно, пикселями обнаружения на основе теллурида кадмия-цинка.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления упомянутый по меньшей мере один экранированный пиксель экранирован от входящего излучения поглощающим излучение покрытием, предпочтительно, поглощающим излучение покрытием или поглощающей излучение структурой.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления детектор излучения со счетом фотонов дополнительно содержит по меньшей мере одну область компенсации, которая содержит упомянутый по меньшей мере один экранированный пиксель; определитель темнового тока, который соединен с областью компенсации и выполнен с возможностью измерения тока из области компенсации и определения значения темнового тока из тока, измеренного для упомянутой по меньшей мере одной области компенсации; и компенсатор темнового тока, который выполнен с возможностью применения компенсации темнового тока к обнаруженной информации об изображении на основе определенного значения темнового тока. Таким образом, измеряется ток от области компенсации, которая составлена из одного или более экранированных пикселей, и, следовательно, любой генерируемый в ней ток не может быть результатом воздействия излучения. Поэтому значение темнового тока может быть определено по измеренному току и использовано для компенсации темнового тока для других облучаемых пикселей.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления антирассеивающая решетка установлена над матрицей пикселей, причем каждая из упомянутой по меньшей мере одной области компенсации окружена стенками антирассеивающей решетки. ASG решетка особенно подходит для разделения анодной поверхности детектора на секции, содержащие один или более пикселей, которые затем можно эффективно экранировать. Конструкция экранированных областей особенно удобна при использовании секций

ASG. Предпочтительно, зона компенсации охватывает один или четыре пикселя обнаружения, это небольшая секция. Один пиксель может обеспечить хорошую индикацию темнового тока на пиксель, но соседние пиксели могут влиять на экранированный пиксель в любом случае, а конструкция ASG становится более сложной при меньших размерах. Использование большего количества пикселей преодолевает это по меньшей мере частично, но за счет увеличения сложности считывающей и компенсирующей электроники. Четыре пикселя обеспечивают особенно хороший компромисс между конструкцией ASG и сложностью электроники.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления компенсатор темнового тока выполнен с возможностью применения компенсации темнового тока путем подачи тока компенсации, предпочтительно, с величиной тока компенсации, которая является обратным значением определенного значения темнового тока, на пиксели обнаружения, предпочтительно, на все пиксели обнаружения. Это позволяет осуществлять прямую компенсацию во время сканирования.

В альтернативном дополнительном предпочтительном варианте осуществления компенсатор темнового тока выполнен с возможностью выдачи значения компенсации темнового тока, которое используется для компенсации обнаруженной информации об изображении во время реконструкции изображения. Это позволяет уменьшить количество электроники, поскольку вся компенсация выполняется в цифровом виде, и физически присутствует только определитель темнового тока. Определенное значение темнового тока затем используется как дополнительный ввод для обработки данных изображения, такой как алгоритмы реконструкции изображения.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления определитель темнового тока выполнен с возможностью определения значения темнового тока при более низкой частоте дискретизации, чем частота дискретизации информации об изображении. Это уменьшает объем обработки без существенного ухудшения качества.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления область компенсации окружена средством предотвращения разделения заряда, предпочтительно, защитным кольцом. Это уменьшает влияние на область компенсации окружающих пикселей.

В еще одном предпочтительном варианте осуществления маска излучения экранирует множество пикселей матрицы пикселей. Маска - это удобный способ экранирования одного или более пикселей, формирующий одну или более областей компенсации. Кроме того, он предоставляет дополнительный вариант осуществления, причем маска излучения экранирует множество пикселей в виде регулярного рисунка, предпочтительно шахматного рисунка, более предпочтительно, покрывающего каждый второй пиксель матрицы пикселей. Это позволяет, в частности, создать детектор со сверхвысоким энергетическим разрешением (UHER).

Другой вариант осуществления настоящего изобретения относится к соответствующему способу обнаружения спектрального излучения, включающему в себя этапы облучения детектора излучения со счетом фотонов, содержащего матрицу пикселей, содержащую множество пикселей обнаружения для обнаружения информации об изображении и по меньшей мере один пиксель, который экранирован от входящего излучения и который выполнен с возможностью определения значения темнового тока; и применения компенсации темнового тока к обнаруженной информации об изображении на основе определенного значения темнового тока.

Еще один вариант осуществления настоящего изобретения относится к соответствующему способу обнаружения спектрального излучения, включающему в себя облучение детектора излучения со счетом фотонов, содержащего матрицу пикселей,

содержащую множество пикселей обнаружения для обнаружения информации об изображении и по меньшей мере один пиксель, который экранирован от входящего излучения, причем множество экранированных пикселей экранировано от излучения с помощью маски излучения, предпочтительно в виде регулярного рисунка, более

5 предпочтительно, в виде шахматного рисунка.

Еще один вариант осуществления настоящего изобретения направлен на систему визуализации, содержащую детектор излучения со счетом фотонов согласно настоящему изобретению. В предпочтительном варианте осуществления детектором излучения является детектор рентгеновского излучения, предпочтительно, детектор рентгеновского

10 излучения компьютерной томографии.

Кроме того, дополнительные аспекты и варианты осуществления настоящего изобретения будут понятны специалистам в данной области после прочтения и восприняты из следующего подробного описания. Многочисленные дополнительные преимущества и выгоды станут очевидными для специалистов в данной области после

15 прочтения приведенного ниже подробного описания предпочтительных вариантов осуществления.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Настоящее изобретение иллюстрируется чертежами, на которых

на Фиг. 1 показано схематическое изображение поперечного сечения детектора

20 излучения со счетом фотонов.

На Фиг. 2 показано схематическое изображение антирассеивающей решетки поверх детектора излучения с одной областью, заблокированной от излучения.

На Фиг. 3 показаны схематические изображения вида сверху матрицы пикселей детектора, в которой никакие пиксели не блокируются от излучения (Фиг. 3А, 3В),

25 матрицы пикселей детектора с заблокированными пикселями, образующими зону компенсации в соответствии с настоящим изобретением (Фиг. 3С).

На фиг. 4 показана электрическая реализация измерения темнового тока и выдачи тока компенсации в соответствии с настоящим изобретением, где Фиг. 4А представляет собой схематическое изображение основных компонентов, а на Фиг. 4В, 4С и 4Д

30 показаны примеры того, как это может быть реализовано в электрическом контуре.

На Фиг. 5А изображена матрица пикселей, которые в виде регулярного рисунка блокируются от излучения. На Фиг. 5В показана структура маски, которая может использоваться для получения регулярного рисунка для блокировки пикселей детектора.

Изобретение может принимать форму в виде различных компонентов и расположений

35 компонентов, а также в виде различных операций процесса и схем операций процесса. Чертежи приведены только с целью иллюстрации предпочтительных вариантов осуществления и не должны толковаться как ограничивающие данное изобретение.

Чтобы лучше визуализировать некоторые признаки могут быть опущены или размеры могут не быть не в масштабе.

40 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Детекторы излучения используются для получения информации об изображении объекта (например, человека), который облучается посредством источника излучения. Все неослабленное излучение проходит объект для входа в детектор излучения, где излучение преобразуется в информацию об изображении. Можно использовать

45 альтернативные детекторы излучения, например, в астрономии или фотографии, где входящее излучение обнаруживается для выдачи информации об объекте или его изображения.

Настоящее изобретение относится к компенсации дрейфа темнового тока в детекторах

для счета фотонов, таких как, например, используемых для визуализации спектрального излучения. Часто эти детекторы основаны на принципе прямого преобразования излучения. На Фиг. 1 показано очень схематичное изображение детектора прямого преобразования 10 для счета фотонов в поперечном сечении.

5 Объем детектора 1 прямого преобразования фотонов для счета фотонов образуется слоем 11 материала прямого преобразования. Слой 11 материала прямого преобразования может состоять из монокристаллического полупроводникового материала, который является материалом с собственной электропроводностью или имеет полностью обедненную p-i-n структуру. CZT является подходящим
10 полупроводниковым материалом в свете вариантов осуществления настоящего изобретения, но другие материалы прямого преобразования, известные специалисту в данной области, также выиграют от преимуществ настоящего изобретения (например, CdTe, Si, GaAs и т. д.). Слой 11 прямого преобразования помещается между катодом 12 детектора и анодом 13 детектора. Катод детектора удерживается с отрицательным
15 потенциалом смещения, в то время как анод детектора удерживается с меньшим отталкивающим (обычно притягивающим положительным) потенциалом. Катод 12 детектора образует сплошной слой на слое 11 прямого преобразования и, как правило, прозрачен (или имеет незначительное поглощение) для фотонов с уровнем энергии, которые должны быть обнаружены детектором прямого преобразования для счета
20 фотонов. Анод 13 детектора находится на противоположной стороне слоя 11 прямого преобразования и образован из матрицы 13 пикселей 131 детектора.

Когда фотон x проходит катод 12 детектора и проникает в слой 11 материала прямого преобразования, фотон взаимодействует с материалом прямого преобразования, чтобы генерировать многочисленные электронно-дырочные пары. Положительно заряженные
25 дырки дрейфуют к сильно отрицательно заряженному катоду 12 детектора, а отрицательно заряженные электроны дрейфуют к более положительно заряженному аноду 13 детектора. Когда электроны приближаются к аноду 13 детектора, каждый пиксель 131 детектора индуцирует сигнал (как правило, ток), который после сбора указывает на заряд электронного облака, которое приближается к этому конкретному
30 пикселю 131 электрода. Затем генерируемый сигнал дополнительно обрабатывается блоками обработки (не показаны), подсчитывается генерируемая оценка энергии падающего фотона (ов) внутри множества так называемых энергетических интервалов. В конечном итоге информация отображается на блоке (не показан) дисплея пользователю в виде письменной информации или в виде восстановленного изображения
35 (части) исследуемого объекта.

В некоторых случаях фотоны могут не подсчитываться исправным пикселем, например, в силу помех или фотонов, падающих в объеме над зазором двух соседних анодов или под углами, сильно отклоняющимися от нормали. Существуют различные способы решения этой проблемы. Одним особенно часто используемым решением
40 является использование антирассеивающей решетки (ASG) 14, которая представляет собой структуру, размещенную на детекторе 10, со стенками, выполненными из поглощающего излучение материала, такого как вольфрам, выступающую практически перпендикулярно от поверхности детектора к источнику излучения. Фотоны, входящие под слишком большим углом, отклоняющимся от нормали, поглощаются или отводятся
45 стенками 14. На Фиг. 2 показано трехмерное изображение ASG 14, помещенной на детекторе 10. Стенки 14 ASG разделяют верхнюю поверхность на отдельные участки, обычно охватывающий один пиксель 131 или группу пикселей 131 (например, 2 на 2 пикселя).

Как уже упоминалось ранее, даже когда пиксели 131 прямого преобразования не облучаются, они по-прежнему генерируют небольшой ток, так называемый темновой ток, который обычно вызывается изменениями температуры или зависит от них.

Необходимо скорректировать результирующее смещение базовой линии. Настоящее изобретение основано на понимании того, что пиксель 132, не облучаемый во время процедуры обнаружения излучения, генерирует только сигнал темнового тока в тех же условиях, что и другие облученные пиксели 131 («пиксели детектора») в матрице пикселей 13 анода. Это может быть достигнуто путем создания зоны 132 компенсации, состоящей из одного или более пикселей, которые экранированы от излучения. Когда измеряется ток от области 132 компенсации, это приводит к характерному значению темнового тока. Это значение темнового тока может затем использоваться для компенсации измеренного значения тока пикселей 131 обнаружения, например, путем простого вычитания текущего значения, измеренного из области 132 компенсации (скорректированного на количество пикселей в области 132 компенсации) из измеренного текущего значения каждого из пикселей 131 обнаружения.

Пиксель может быть экранирован от излучения путем использования поглощающего излучения, которое препятствует излучению достичь лежащего ниже пикселя. Это может быть реализовано путем использования полностью поглощающего материала в виде, например, поглощающего покрытия или поглощающей структуры, такой как блок или пластина, которые наносятся или помещаются на или выше пикселя, который должен быть экранирован. Экранирование также может быть реализовано с использованием комбинации покрытия и структуры. Преимущество использования покрытия состоит в том, что его относительно легко наносить на пиксель во время изготовления, например, путем печати. Однако полностью поглощающие покрытия могут быть труднодоступными для получения, особенно в случае тонких покрытий и/или излучения большой энергии. Структуры могут быть внедрены на стадии производства различными способами, например, их объединение с ASG или местом, литье или печать их на пикселе или над ним. Более толстые структуры более эффективны для блокирования излучения, но точное размещение имеет решающее значение. Экранирование также может быть выполнено вне детектора 10 излучения, например, посредством фильтра, расположенного между катодом 12 детектора и ASG 14 или, альтернативно, между источником излучения и детектором 10 излучения, хотя точное выставление может быть довольно сложным в этой ситуации.

Альтернативно, для ASG структур, полученных лазерным спеканием, блокирующий элемент может быть сформирован на том же самом этапе процесса, что и сама ASG, что устраняет любое смещение или механическое перемещение. Однако это может привести к увеличению стоимости, обусловленному временем изготовления и материалом.

Примерный вариант осуществления, показанный на Фиг. 2, имеет матрицу 13 ASG с центральной областью, образующей область 132 компенсации, для которой полностью блокируются падающие рентгеновские лучи. Область 132 компенсации обеспечивается путем добавления высокопоглощающего материала и охватывает все пиксели детектора ниже. Обычно один или четыре пикселя в зависимости от субпикселирования детектора. На фигуре центральная область экранирована. Местоположение экранированной области может находиться в любом другом месте матрицы, но предпочтительно не на краю матрицы, так как изменения темнового тока могут не указывать на изменения тока в объеме CZT. Кроме того, матрица 13 и ASG 14 могут быть оснащены 1 или более из упомянутых областей 132 компенсации.

На Фиг. 3А показано концептуальное представление известных анодов CZT, выставленных по отношению к ASG 14. В этом примере каждая секция ASG ограничивает 2×2 пикселей детектора. Пиксели в центральной секции ASG полностью поглощают рентгеновское излучение. На Фиг. 3В показан альтернативный вариант осуществления с другой геометрией анода с одиночным пикселем 131 в одной секции ASG, окруженным защитным кольцом 133, чтобы обеспечить надлежащее распределение электрического поля. Преимущество структуры, показанной на Фиг. 3В, состоит в том, что анод удерживается намеренно вдали от всех соседей, поэтому полностью устраняются ложные события, вызванные разделением заряда и/или k-уходом.

На Фиг. 3С область 132 компенсации образована путем экранирования 2×2 пикселей 131 в центральной секции ASG, показанной на Фиг. 3А, или одиночного пикселя 131 с защитным кольцом 133, показанным на Фиг. 3В, с материалом для защиты от излучения. Пиксель(-и) внизу не принимают никаких падающих фотонов, и единственным сигналом, присутствующим в соответствующих анодах, является их темновой ток. Упомянутый темновой ток измеряется и используется для выдачи тока компенсации для всех других пикселей 131 внутри матрицы 13. Это может быть сделано в предположении, что темновой ток, измеренный в заблокированной секции ASG, является показателем для темнового тока в разных местах объема. Степень, в которой это предположение будет выполняться, увеличивается с однородностью датчика и оправдывается тем фактом, что температурные дрейфы, вероятно, будут однородными на одном кристалле CZT, формирующемся на плитке детектора, соединенном с одним ASIC. Преимущество использования 2×2 экранированных пикселей 131 (как на Фиг. 3А) заключается в том, что получены четыре разных темновых измерения, которые могут быть усреднены, или выбросы могут быть проигнорированы, чтобы иметь меньшую зависимость от качества одного пикселя или (незначительной) разницы в размерах между пикселями. Преимущество использования одиночного пикселя 131 с защитным кольцом 134 (как на Фиг. 3В) заключается в том, что получается центральное измерение внутри секции ASG и минимизируются побочные эффекты, такие как разделение заряда, от окружающих пикселей.

На очень схематичном изображении Фиг. 4А показан определитель 41 темнового тока, который определяет значение I1 темнового тока от экранированного пикселя (пикселей) области 132 компенсации. Это значение темнового тока I1 затем используется как ввод для компенсатора 42 темнового тока, который обеспечивает компенсацию I2 темнового тока, которая используется для коррекции измеренного значения тока пикселей 131 обнаружения. Наиболее простой способ состоит в том, чтобы определить компенсацию темнового тока I2 как величину, противоположную определенному значению темнового тока I1 ($I2 = -I1$). Другие способы компенсации, в которых для компенсации используется больший или меньший ток, также предусмотрены в настоящем изобретении.

Определение темнового тока из области 132 компенсации и компенсация темнового тока в пикселях 131 обнаружения могут осуществляться различными способами. Один иллюстративный вариант осуществления электрической схемы под областью 132 компенсации, содержащей четыре экранированных пикселя, показана на Фиг. 4В. Определитель 41 темнового тока содержит простой управляемый током усилитель напряжения, который используется, например, для генерации напряжения, пропорционального темновому току, присутствующему в четырех одиночных пикселях. Затем генерируется ток, соответствующий тому же темновому току (или любой величине, представляющей темновой ток). В компенсаторе 42 темнового тока этот ток

инвертируется по знаку (положительный на отрицательный или наоборот) с использованием двух регулируемых токовых зеркал. Один выходной ток компенсации на пиксель затем распределяется по всей матрице. Токовые зеркала, показанные на Фиг. 4В, известны из US 20110168892 A1, но также возможны и рассматриваются другие известные топологии зеркал. Выходной ток этой схемы, который равен темновому току и имеет надлежащий знак, должен быть подан во все пиксели 131 обнаружения (пиксель N, пиксель N+1, пиксель N+2 и т. д.), незащищенные от излучения в матрице. Эффективно, чтобы все пиксели 131 обнаружения в матрице компенсировались. Знаки тока и необходимость одного или двух токовых зеркал будут зависеть от реализации управляемого током усилителя напряжения и управляемого напряжением источника. В примере, показанном на Фиг. 4В, где для определения темнового тока используются четыре пикселя, выходной ток на пиксель предпочтительно составляет четверть полученного темнового тока. Этот коэффициент усиления может быть реализован на управляемом напряжением токе или путем простого доведения до нужных размеров транзисторов, образующих токовые зеркала.

Компенсация идеальна для случая, когда вся матрица 13 имеет одну и ту же температуру. Даже если точный темновой ток может различаться по всей матрице 13, компенсация гарантирует, что дрейф, вызванный температурой, не повлияет на оценку энергии, т. е. некоторое количество темнового тока может все еще присутствовать, но со временем не будет колебаться. Только тогда, когда температура в матрице 13 имеет значительный градиент по всей матрице (например, 2 градуса Цельсия), размер компенсации может быть недостаточным, но, тем не менее, она будет минимизировать дрейфы базовой линии.

В качестве расширения варианта осуществления, показанного на Фиг. 4В, несколько областей 132 компенсации охватывают, например, четыре отдельных экранированных пикселя или четыре группы из 2×2 экранированных пикселей, каждый из которых вблизи, но не в четырех углах кристалла CZT. Таким образом, может быть получена лучшая выборка темнового тока, а также градиентов темнового тока на датчике в обоих направлениях. Однако для реализации интерполяции (или экстраполяции к периферийным областям датчика) темновых токов, которые нужно вычесть, требуется более сложная электроника.

На Фиг. 4С схематически показан вариант осуществления, который позволяет распределять ток компенсации по пикселям. Этот конкретный вариант осуществления требует маршрутизации стольких из сигналов, сколько пикселей 131, которые присутствуют в матрице 13. Более практичная реализация заключается в перемещении выхода ветви токового зеркала на каждый пиксель. Таким образом, должно быть распределено только напряжение управления, которое является общим для всех пикселей 131, то есть область 132 компенсации (центральная секция изображенной схемы) имеет только одиночный выход, который затем направляется на пиксели 131 обнаружения. В еще одной альтернативе токовое зеркало может оставаться внутри центрального пикселя, но распространяется только на один пиксель. Затем может использоваться схема регенерации тока на каждом пикселе для перераспределения на соседа и так далее и так далее. Такая схема регенерации, например, известна из US 20110168892 A1.

Схема, показанная на Фиг. 4В, работает непрерывно. Поэтому конструкция управляемого током усилителя напряжения является критичной с точки зрения шума, и коррекция будет сильно зависеть от усилителя, имеющего очень небольшое входное смещение. Следовательно, более адекватная реализация может состоять из этапа интегратора, за которым следует этап взятия замера и удержания. Таким образом,

компенсация может обновляться с заданными временными интервалами (например, одна на кадр). Поскольку изменения темнового тока в основном проявляются как низкочастотные компоненты, может быть достаточным обновление с временными интервалами один раз на один или более кадров. Примерный вариант осуществления для реализации этого показан на Фиг. 4D. Интегратор значительно улучшает шумовые характеристики и позволяет реализовать метод двойной коррелированной выборки (ДКВ) для устранения влияния шума ненулевого смещения входного сигнала и розового шума, например, как известно из R. Steadman и др. «A CMOS Photodiode Array with In-Pixel Data Acquisition System for Computed tomography», IEEE JSSC 2004, том 39).

В еще одном варианте осуществления настоящего изобретения предлагается воздерживаться от компенсации темнового тока с помощью аппаратного обеспечения. В качестве альтернативы, показания темнового тока периодически замеряются во время работы детектора, но с частотой выборки, как правило, намного ниже частоты выборки самого детектора ввиду очень медленных изменений температуры, ожидаемых во время сканирования. Выбранные значения оцифровываются и отправляются вместе с данными визуализации для реконструкции. Во время реконструкции изображения изменения темнового тока во времени переводятся в изменения сдвигов энергетических порогов, основанных на усилении зарядочувствительного усилителя. Пока сдвиги, вызванные изменениями температуры, остаются ниже нескольких кВ для зарегистрированной энергии, отсутствие их компенсации в аппаратных средствах, не будет нести значительную потерю спектральных характеристик.

На Фиг. 5A показан еще один вариант осуществления, в котором каждый второй пиксель 131 в матрице 13 экранирован от формирующего излучения рисунка областей 132 компенсации. В этом примере показан обычный рисунок шахматной доски, покрывающий каждый второй пиксель в шахматном порядке. Помимо ранее описанных преимуществ, этот вариант осуществления предлагает еще больше преимуществ, помимо тех, которые были упомянуты ранее, в частности для визуализации с подсчетом фотонов сверхвысокой энергии (UHR).

ASG 14 уже способствует минимизации разделения заряда, несмотря на то, что они обычно расположены с большим шагом, чем пиксели самого детектора. ASG с более мелким шагом улучшают энергетический отклик за счет более высокой сложности и стоимости изготовления. Для большого количества применений это может и не понадобиться. При экранировании каждого второго пикселя от излучения низкоэнергетический остаток избирательно уменьшается, тем самым значительно улучшая энергетическое разрешение для ограниченного числа конкретных протоколов.

Этот вариант осуществления можно рассматривать как получение режима со сверхвысоким энергетическим разрешением (UHER), который особенно подходит для конкретного приложения для получения изображений с использованием счета фотонов, которые выигрывают от более высокого энергетического разрешения. Аналогично сверхвысокому разрешению UHR снижается эффективная облученная область детектора. Однако в этом случае достигается не только лучшее пространственное разрешение, но также обеспечивается то, что экспонированные пиксели дают наилучший энергетический отклик, в значительной степени не влияющий на разделение заряда от соседних пикселей. В варианте осуществления, показанном на Фиг. 5B, в отличие от обычного UHR, экранирующая маска 15 не состоит из одиночных прорезей (вдоль оси вращения), а скорее, выполнена как рисунок шахматной доски с отверстиями 151 и экранирующими секциями 152 на половине шага ASG.

Экранирующие секции 152 предпочтительно выполнены из материала, поглощающего

рентгеновское излучение, например, вольфрама, тантала, молибдена или подобного материала достаточной толщины (например, 100-200 мкм). Экранирующие области 152 и отверстия 151 имеют тот же размер, что и пиксели детектора, и их необходимо полностью выставить для оптимального использования преимуществ.

5 Для шага ASG, например, приблизительно 1 квадратный миллиметр, предполагается, что детектор будет демонстрировать субпикселирование 1:4, то есть каждая секция ASG, образованная областью, заключенной в стенках ASG 14, выставлена и ограничивает детектор в 2×2 пикселя. Таким образом, вышеупомянутый шахматный рисунок гарантирует, что для каждой секции ASG облучаются только два пикселя
10 детектора (по диагонали). Это значительно снижает вероятность разделения заряда. Только ASG уже низкоэнергетический конец наполовину (вызванный разделением заряда). Дополнительная UHER решетка 15 еще уменьшит оставшийся конец на 90%, что даст почти идеальный спектральный отклик.

Преимущества настоящего изобретения не ограничиваются геометрией и количеством
15 пикселей, изображенных в вариантах осуществления. Другие геометрии, пропорции, количество экранированных пикселей (например, 1×2, 3×3, ...) и/или реализация схемы могут быть реализованы для всех вариантов осуществления. Схемы, показанные на Фиг. 4А, В и С, требуют адаптации, которую квалифицированный специалист должен знать, как реализовать, чтобы соответствовать варианту одного пикселя, показанному
20 на Фиг. 3В или Фиг. 5А.

Настоящее изобретение относится к детекторам излучения, в частности к детекторам рентгеновского излучения, которые используются для обеспечения безопасности или медицинской визуализации, такие как, например, формирователи изображений компьютерной томографии.

25 Хотя изобретение было проиллюстрировано и подробно описано на чертежах и предшествующем описании, такие иллюстрации и описание должны рассматриваться как иллюстративные или приведенные в качестве примера, а не ограничивающие; изобретение не ограничивается описанными вариантами осуществления.

Изучив чертежи, раскрытие и приложенную формулу изобретения, специалисты в
30 данной области смогут понять и осуществить при практической реализации заявленного изобретения другие вариации показанных вариантов осуществления. В формуле изобретения слово «содержит» не исключает других элементов или этапов, а упоминание элемента в единственном числе не исключают множества таких элементов. Один процессор или другой блок может выполнить функции нескольких пунктов,
35 перечисленных в формуле изобретения. Сам факт того, что определенные меры перечислены во взаимно отличных зависимых пунктах формулы изобретения, не указывает на то, что сочетание этих мер нельзя использовать с пользой.

Любые ссылочные позиции в формуле изобретения не должны рассматриваться в качестве ограничения объема.

40

(57) Формула изобретения

1. Детектор (10) излучения со счетом фотонов, содержащий матрицу (13) пикселей, содержащую множество пикселей (131) обнаружения прямого преобразования для обнаружения информации об изображении, причем по меньшей мере один пиксель
45 матрицы пикселей экранирован от приема излучения, содержащий
 - по меньшей мере одну область (132) компенсации, которая содержит упомянутый по меньшей мере один экранированный пиксель;
 - определитель (41) темнового тока, который соединен с областью компенсации и

который выполнен с возможностью измерения тока от области компенсации и определения значения темнового тока из тока, измеренного от упомянутой по меньшей мере одной области компенсации;

5 - компенсатор (42) темнового тока, который выполнен с возможностью применения компенсации темнового тока к обнаруженной информации об изображении на основе определенного значения темнового тока; антирассеивающую решетку (14), которая установлена над матрицей (13) пикселей, причем каждая из упомянутой по меньшей мере одной области (132) компенсации окружена стенками антирассеивающей решетки, предпочтительно, зона компенсации охватывает один или четыре пикселя (131)
10 обнаружения.

2. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по п. 1, причем пиксели (131) обнаружения прямого преобразования являются пикселями обнаружения на основе теллурида кадмия-цинка или теллурида кадмия.

3. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по любому из предыдущих пунктов, 15 причем упомянутый по меньшей мере один экранированный пиксель экранирован от входящего излучения поглощающим излучение покрытием, предпочтительно, поглощающим излучение покрытием или поглощающей излучение структурой.

4. Детектор (10) излучения по п. 1, причем компенсатор (42) темнового тока выполнен с возможностью применения компенсации темнового тока путем подачи тока 20 компенсации, предпочтительно с величиной тока компенсации, которая является обратным значением определенного значения темнового тока, на пиксели (131) обнаружения, предпочтительно, на все пиксели обнаружения.

5. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по п. 1, причем компенсатор (42) темнового тока выполнен с возможностью выдачи значения компенсации темнового 25 тока, которое используется для компенсации обнаруженной информации об изображении во время реконструкции изображения.

6. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по любому из предыдущих пунктов, причем определитель (42) темнового тока выполнен с возможностью определения значения темнового тока при более низкой частоте дискретизации, чем частота 30 дискретизации информации об изображении.

7. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по любому из предыдущих пунктов, причем область (132) компенсации окружена средством (133) предотвращения разделения заряда, предпочтительно, защитным кольцом.

8. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по любому из пп. 1-3, в котором маска 35 (15) излучения экранирует множество пикселей матрицы пикселей.

9. Детектор (10) излучения со счетом фотонов по п. 8, причем маска (15) излучения экранирует упомянутое множество пикселей в виде регулярного рисунка, предпочтительно шахматного рисунка, более предпочтительно, покрывающего каждый 40 второй пиксель матрицы пикселей.

10. Способ обнаружения спектрального излучения, содержащий этап облучения детектора (10) излучения со счетом фотонов по п. 1.

11. Способ обнаружения спектрального излучения по п. 10, дополнительно содержащий этапы:

45 - определения значения темнового тока от упомянутого по меньшей мере одного экранированного пикселя; и

- применения компенсации темнового тока к обнаруженной информации об изображении на основе определенного значения темнового тока.

12. Способ обнаружения спектрального излучения по п. 10 или 11, причем множество

экранированных пикселей экранируют от излучения с помощью маски (15) излучения, предпочтительно, в виде регулярного рисунка, более предпочтительно в виде шахматного рисунка.

13. Система визуализации, содержащая детектор излучения по любому из пп. 1-9.

5 14. Система визуализации по п. 13, причем детектором излучения является детектор рентгеновского излучения, предпочтительно детектор рентгеновского излучения компьютерной томографии.

10

15

20

25

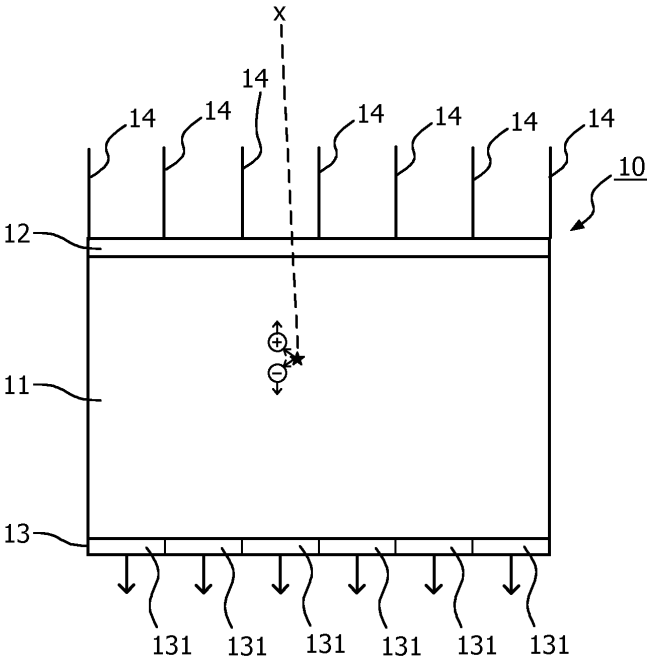
30

35

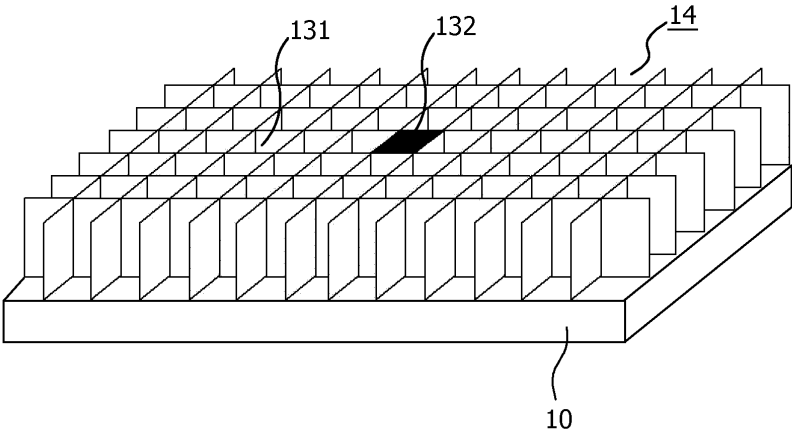
40

45

1/6

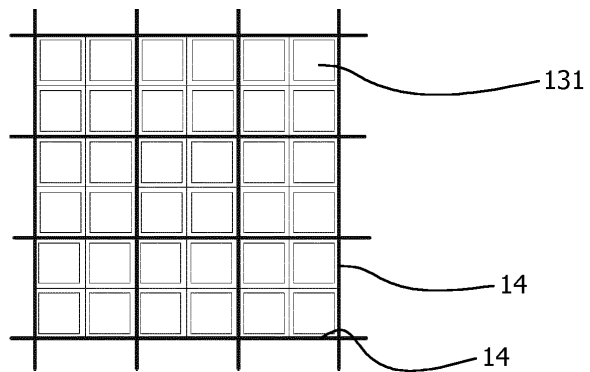


ФИГ. 1

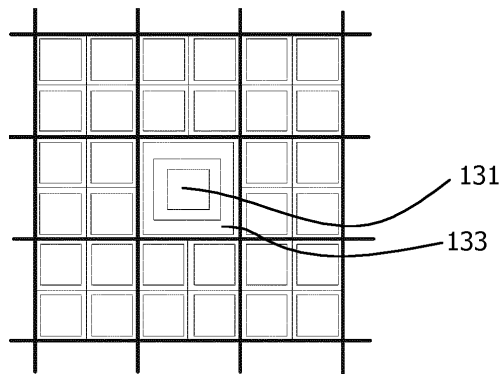


ФИГ. 2

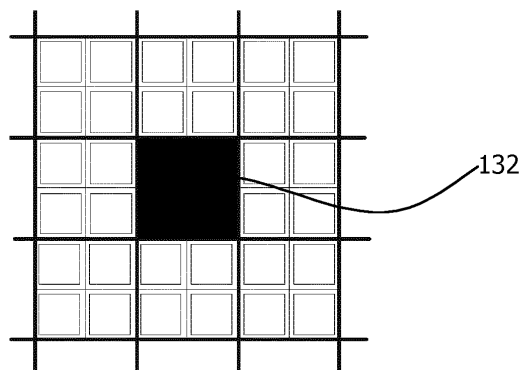
2/6



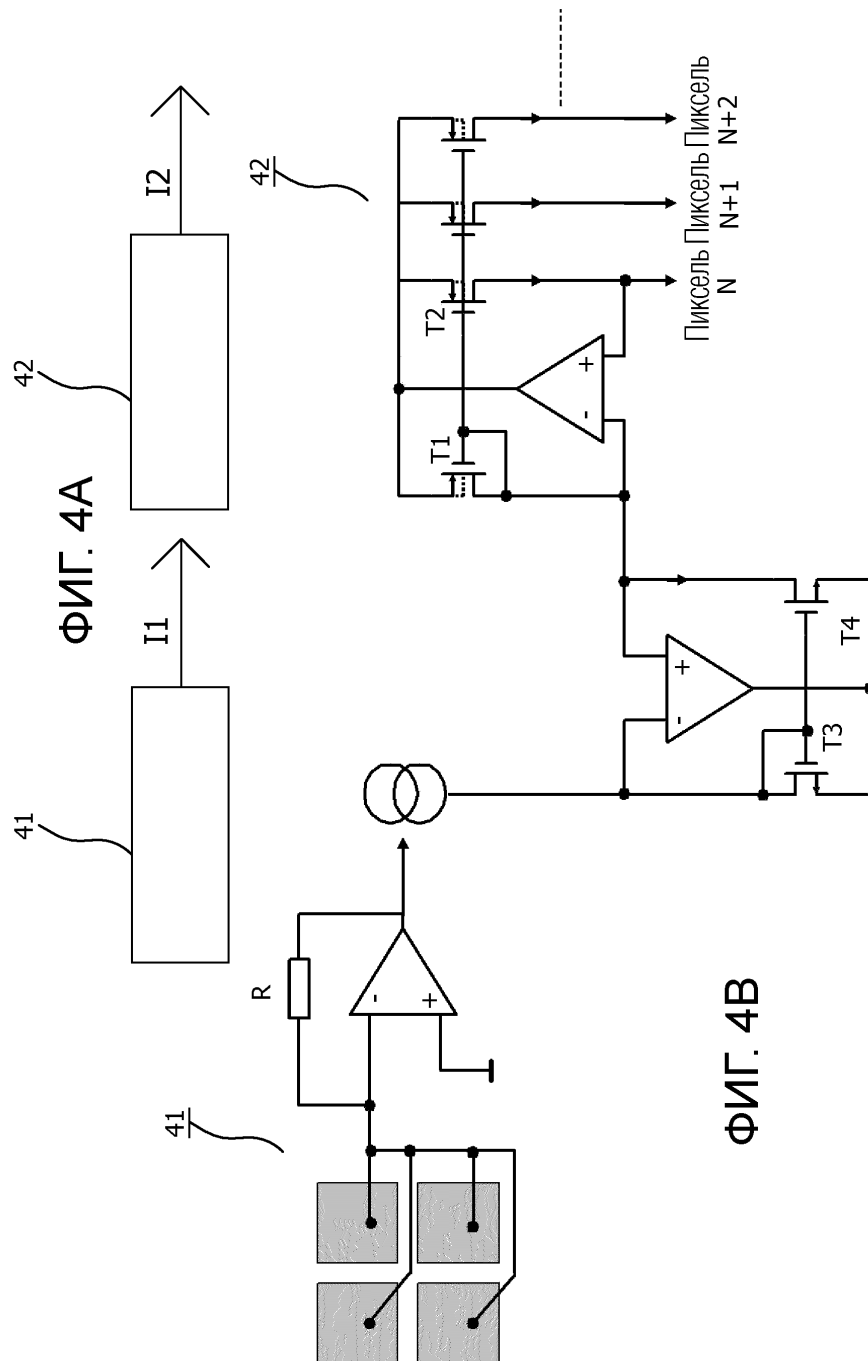
ФИГ. 3А

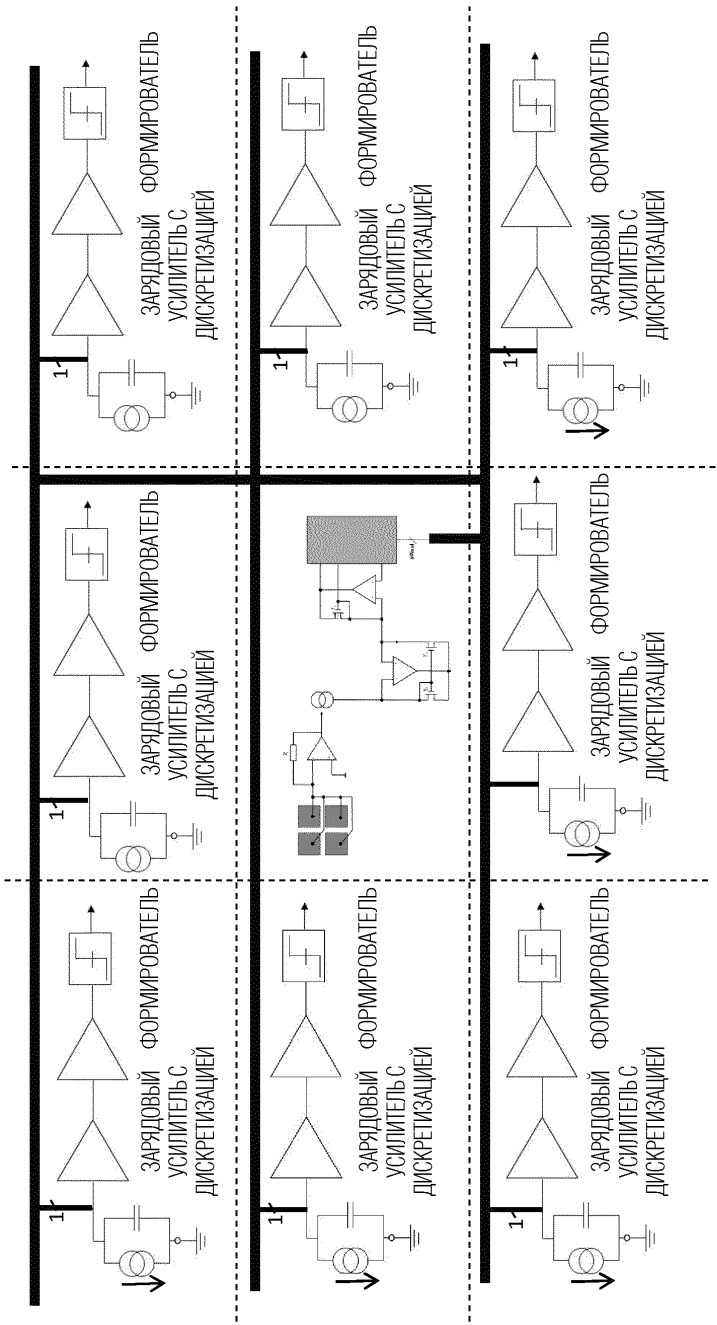


ФИГ. 3В

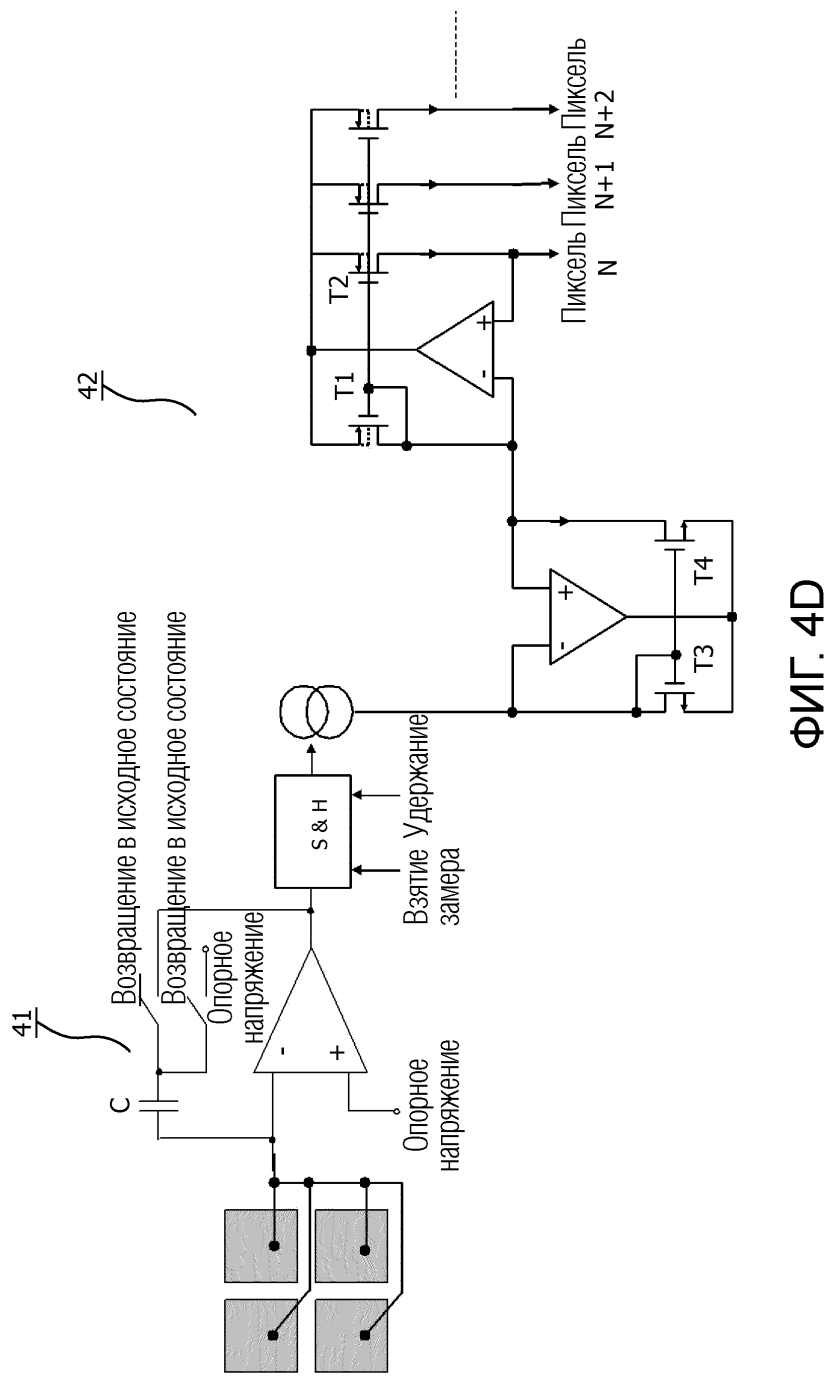


ФИГ. 3С



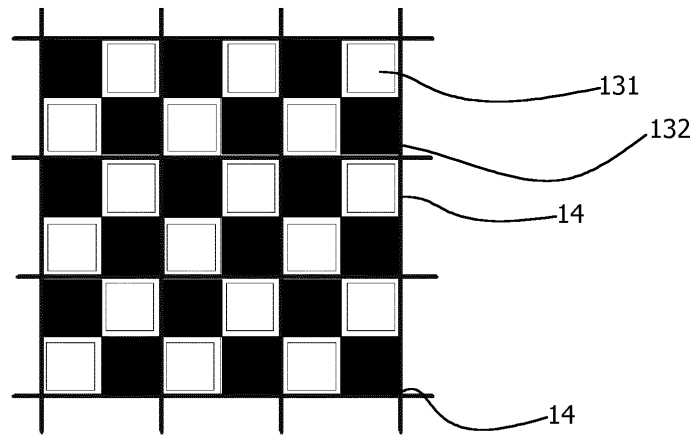


ФИГ. 4С

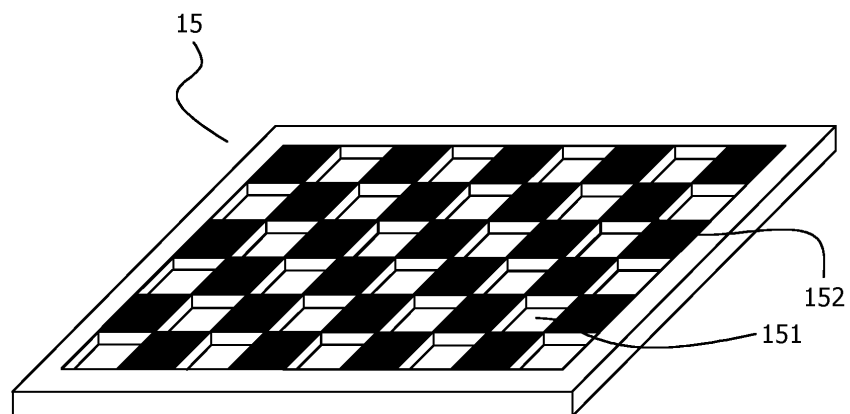


ФИГ. 4D

6/6



ФИГ. 5А



ФИГ. 5В