



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 652829

(61) Дополнительное к авт. свид-ву -

(22) Заявлено 03.08.76 (21) 2393556/18-25

с присоединением заявки № -

(23) Приоритет -

Опубликовано 15.03.80. Бюллетень № 10

Дата опубликования описания 18.03.80

(51) М. Кл.²

H 01 L 31/04

(53) УДК 621.382.
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

К. Ф. Берковская, Н. В. Кириллова, Б. Г. Подласкин
и К. А. Чертков

(71) Заявитель

Ордена Ленина физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе

(54) ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

1

Изобретение относится к области полупроводниковой электроники, в частности к безвакуумным фотоэлектрическим устройствам, осуществляющим сканирование и автоматический контроль параметров, поступающих на вход устройства в виде пространственного распределения освещенности.

Известны полупроводниковые устройства, осуществляющие преобразование пространственного распределения освещенности в электрический сигнал [1].

Из известных устройств полупроводниковых преобразователей энергии светового излучения в электрический сигнал наиболее близким по технической сущности является устройство, выполненное на основе полупроводниковой структуры, имеющей общий слой, снабженный токоотводящей шиной, делительный слой типа проводимости общего слоя, снабженный двумя омическими контактами, и анизотропно проводящий базовый слой противоположного типа проводимости, содержащий гене-

2

ратор пилообразного напряжения, источник постоянного смещения, подключенный параллельно делительному слою, и усилитель считывания [2].

При работе этого устройства сигнал, выделенный дифференциальным усилителем считывания, пропорционален освещенности той области линейки фоточувствительных элементов базового слоя, где в данный момент времени находится нулевая эквипотенциаль, положение которой задается генератором пилообразного напряжения.

Основные недостатки данного устройства следующие: узкий диапазон изменения скоростей сканирования и невозможность работы в статическом режиме и режиме медленного сканирования, а также низкая пороговая чувствительность и разрешающая способность; жестко заданная апертура сканирования, определенная формой вольтамперной характеристики элементарной ячейки устройства, содержащей два встречно включен-

ных диода, что ограничивает возможность функциональной обработки оптического сигнала; ограниченная скорость сканирования и низкая чувствительность в данной волновой области спектра светового излучения.

Целью изобретения является расширение диапазона изменения скорости считывания сигнала, улучшение пороговой чувствительности и разрешающей способности полупроводникового преобразователя энергии светового излучения в электрический сигнал.

Для достижения этой цели в полупроводниковом преобразователе энергии светового излучения в электрический сигнал на основе полупроводниковой структуры, имеющей общий слой, снабженный токоотводящей шиной, делительный слой типа проводимости общего слоя, снабженный двумя омическими контактами, и анизотропно проводящий базовый слой противоположного типа проводимости, содержащий генератор пилообразного напряжения, источник постоянного смещения, подключенный параллельно делительному слою, и усилитель считывания, полупроводниковая структура дополнительно содержит второй делительный слой типа проводимости общего слоя, к контактам которого подключен генератор пилообразного напряжения последовательно с усилителем считывания, а второй генератор пилообразного напряжения последовательно с вторым усилителем считывания подключен к контактам другого делительного слоя, причем оба усилителя считывания подсоединены к входу сумматора, а общий слой изолированно расположен между делительными слоями, и его токоотводящая шина соединена с областью того же типа проводимости дополнительно включенного диода.

С целью расширения возможностей функциональной обработки оптического сигнала последовательно с каждым генератором пилообразного напряжения включен генератор управления.

С целью повышения скорости сканирования и расширения области спектральной чувствительности между участками базового слоя и общим слоем включен i -слой, а делительные слои выполнены из материала, время жизни носителей в которых ниже, чем время жизни в общем слое.

На фиг. 1 показана блок-схема предлагаемого полупроводникового преобразователя энергии светового излучения в

электрический сигнал; на фиг. 2 — часть электрической схемы преобразователя.

Полупроводниковый преобразователь содержит полупроводниковую структуру, выполненную на подложке, в качестве которой может быть взят исходный монокристалл, например $n-Si$ с большим временем жизни. На данной подложке созданы общий слой 1, делительные слои 2 и 3, разделяющие области 4 и 5. В общем слое 1 сохранено время жизни исходного монокристалла, а в делительных слоях 2 и 3 время жизни специально снижено. Линейка фоточувствительных элементов образована участками базового слоя 6, противоположного типа проводимости общего слоя 1, и материала общего слоя 1. К контактам 7-8 и 9-10 делительных слоев 2 и 3 параллельно подключены источники 11, 12 постоянного смещения. К контактам 7 и 9 последовательно подключены генераторы 13 и 14 пилообразного напряжения и усилители 15 и 16 считывания. В случае оперативного управления апертурой сканирования последовательно с блоками 13 и 14, 15 и 16 включены генераторы 17 и 18 управления апертурой (фиг. 2). Усилители 15 и 16 считывания по отдельности подключены ко входу сумматора 19. Общая токоотводящая шина 20 подключена к n -области диода 21. В случае использования $p-i-n$ диодов i -область включена между дискретными участками базового слоя 6 и общей n -областью 1.

Полупроводниковый преобразователь работает следующим образом.

В исходный момент времени ($t = t_0$) на участки дискретной базовой области 6, например по линии $A-A'$, спроецировано регистрируемое линейное распределение освещенности. Источники 11 и 12 постоянного смещения создают линейное падение напряжения E^I и E^{II} , причем, например, на левом конце структуры $E^I = E^{II} = 0$,

а на правом

$$E^I = -E^{II}, E^I = NE_1^I, E^{II} = NE_1^{II}, |E_1^I| = |E_1^{II}|,$$

где N — число элементов линейки, а E_1^I и E_1^{II} — соответственно, падения напряжения на верхнем и нижнем концах базового участка первого элемента линейки. При $t = t_0$ напряжение на выходах генераторов 13 и 14 равно нулю.

Поскольку дискретные участки базового слоя 6 образуют с делительными

слоями 2 и 3 р-и-переходы, падение напряжения, например, на р-областях фотодиодов линейки — U_g оказывается только положительным. Таким образом, все фотодиоды линейки оказываются смещенными в обратном направлении, и фототок через каждый фотодиод пропорционален освещенности этого элемента.

В первый момент времени ($t=t_1$) начинается электрическое сканирование элементов линейки. Значения напряжения на выходе генератора 13 пилообразного напряжения устанавливается отрицательным и равным

$$U_1^I / t=t_1 = -E_1^I,$$

а на выходе генератора 14 положительным и равным

$$U_1^{II} / t=t_1 = +E_1^{II}$$

В результате на первом фоточувствительном элементе устанавливается нулевое падение напряжения

$$U_{g1} = -U_1^I + E_1^I - U_1^{II} + E_1^{II} = 0,$$

а на всех последующих элементах устанавливается положительное смещение.

В результате ток через первый элемент оказывается равным нулю, ибо вольт-амперная характеристика первого элемента с учетом встречно включенного диода 21 дает нулевое значение тока при нулевом смещении на ячейке. Таким образом, в цепи делительного слоя 2 ток будет равен нулю, а ток в цепи делительного слоя 3 будет равен сумме токов через все элементы линейки, кроме первого, и этот ток будет регистрироваться сумматором 19.

В n -й момент времени ($t=t_n$) значение падения напряжения на выходе генератора 13 установится равным

$$U_1^I / t=t_n = nU_1^I = -nE_1^I,$$

а на выходе генератора 14

$$U_1^{II} / t=t_n = nU_1^{II} = nE_1^{II}$$

Таким образом на n -й ячейке устанавливается нулевое падение напряжения, а на всех последующих и предыдущих ячейках устанавливается положительное смещение, соответственно ток в цепи делительного слоя 2 будет равен сумме

токов через все предыдущие элементы линейки, а ток в цепи делительного слоя 3 будет равен сумме токов через все последующие элементы линейки (при этом ток через n -й элемент равен нулю, а через остальные элементы линейки пропорционален их освещенности).

Дальнейшее изменение U^I и U^{II} по времени приводит к сканированию по всей длине структуры. Видеосигнал формируется в сумматоре 19 в виде модуляции постоянной составляющей, равной интегральному току через всю линейку. Сканирование эквивалентно последовательному перемещению "невидящей" точки по всей линейке. Постоянная составляющая формируется с момента времени $t=t_0$.

При необходимости оперативно управлять апертурой устройство работает следующим образом.

Пусть необходимо расширить апертуру сканирования в момент опроса n -го и $n+1$ -го элементов. Тогда в n -й момент времени ($t=t_n$) начинают формироваться напряжения F^I и F^{II} на выходах двух дополнительных генераторов 17 и 18 управления апертурой, включенных последовательно с генераторами пилообразного напряжения U^I и U^{II} . В моменты времени t_n и t_{n+1} изменяются постоянные составляющие сигналов U^I и U^{II} за счет суммирования этих сигналов с сигналами F^I и F^{II} . Суммарный сигнал обеспечивает такое распределение потенциалов по линейке фотодиодов U_g , что на ячейках номера n и $n+1$ $U_g = 0$. Соответственно, фототок через эти ячейки равен нулю, а токи через все остальные ячейки пропорциональны их освещенности. Число ячеек, находящихся под нулевым напряжением, зависит от амплитуды управляющего импульса, и может изменяться каждый такт работы устройства. Таким образом, осуществляется оперативное управление апертурой сканирования без перестройки устройства.

В случае использования р-и-и фотодиодов устройство работает следующим образом. В исходном состоянии регистрируемое распределение освещенности создает электронно-дырочные пары. Положительное смещение на линейке достаточно для того, чтобы область объемного заряда распространилась на всю базовую область, электронно-дырочные пары дрейфуют в этом поле объемного заряда к р-и-переходу и разделяются им.

За счет дрейфового перемещения носителей увеличивается собирание носителей, созданных длинноволновым, т. е. глубоко проникающим светом, чем достигается расширение области спектральной чувствительности в длинноволновую сторону. За счет дрейфового перемещения носителей ускоряется разделение пар, созданных светом, $p-n$ - переходом, т. е. увеличивается быстродействие устройства. Переключение ключевых элементов осуществляется за время, лимитируемое временем жизни носителей в делительных областях, где оно специально снижено.

Данное устройство полупроводникового преобразователя энергии светового излучения в электрический сигнал обладает следующими преимуществами перед соответствующими известными устройствами.

Этот полупроводниковый преобразователь позволяет расширить диапазон изменения скоростей считывания как в сторону малых скоростей, включая статический режим работы, так и в сторону высоких скоростей, за счет изменения механизма формирования видеосигнала. В известных устройствах видеосигнал формируется как разностный сигнал двух положений сканирующей апертуры. Теперь видеосигнал формируется одним положением сканирующей апертуры непосредственно как значение фототока, протекающего через сумматор. Усилители 15 и 16 считывания теперь не должны быть дифференцирующими. Следовательно, снимаются ограничения на изменения скорости сканирования как в сторону больших, так и в сторону малых скоростей, включая и статический режим работы устройства.

Данное устройство полупроводникового преобразователя имеет более высокую чувствительность, чем соответствующие известные устройства. Действительно, использование исходного p -материала с большим временем жизни для построения линейки фоточувствительных элементов позволяет поднять квантовую эффективность преобразования световой энергии в электрический сигнал.

Кроме того, предлагаемое устройство имеет более высокую разрешающую способность чем соответствующие известные устройства; за счет использования только положительных и нулевого значений смещения на структуре фоточувствительной линейки без отрицательных значений удается уменьшить апертуру сканирования

от двух до четырех раз и, следовательно, повысить разрешающую способность в два-четыре раза.

Кроме того, предлагаемый полупроводниковый преобразователь позволяет расширить возможности функциональной обработки оптического сигнала управления размерами сканирующей апертуры за счет дополнительного включения в цепи делительных слоев генераторов управления апертурой.

Управление апертурой может осуществляться оперативно по результатам предыдущего цикла сканирования. Апертура может быть изменена за период одного сканирования линейки несколько раз, и каждый раз могут опрашиваться новые группы элементов и новое количество элементов.

Кроме того, это устройство полупроводникового преобразователя позволяет расширить область спектральной чувствительности и повысить быстродействие прибора за счет использования $p-i-n$ фотодиодов в качестве чувствительных элементов линейки и быстродействующих ключевых, образованных делительными слоями с пониженным временем жизни и участками базового слоя.

Действительно, $p-i-n$ фотодиоды обеспечивают собирание носителей заряда, созданных светом, с глубин $\sim 30-80$ мкм, что перекрывает практически всю длинноволновую область чувствительности кремния. Дрейфовое перемещение зарядов вместо диффузионного позволяет ускорить получение фотоответа, а снижение времени жизни носителей в делительных слоях — ускорить процесс коммутации линейки.

Чувствительность прибора может быть повышена на 40%, а разрешающая способность, связанная с уменьшением величины апертуры сканирующей области, соответственно в 2,5 раза.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Полупроводниковый преобразователь энергии светового излучения в электрический сигнал на основе полупроводниковой структуры, имеющей общий слой, снабженный токоотводящей шиной, делительный слой типа проводимости общего слоя, снабженный двумя омическими контактами, и анизотропно проводящий ба-

зовый слой противоположного типа проводимости, содержащий генератор пилообразного напряжения, источник постоянного смещения, подключенный параллельно делительному слою, и усилитель считывания, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона изменения скорости считывания сигнала, улучшения пороговой чувствительности и разрешающей способности, полупроводниковая структура дополнительно содержит второй делительный слой типа проводимости общего слоя, к контактам которого подключен генератор пилообразного напряжения последовательно с усилителем считывания, а второй генератор пилообразного напряжения последовательно с вторым усилителем считывания подключен к контактам другого делительного слоя, причем оба усилителя считывания подсоединены к входу сумматора, а общий слой изолированно расположен между делительными слоями, и его токоотводящая шина соединена с областью того же типа проводимости дополнительно включенного диода.

2. Преобразователь по п. 1, отличающийся тем, что, с целью расширения возможностей функциональной обработки оптического сигнала, последовательно с каждым генератором пилообразного напряжения включен генератор управления апертурой.

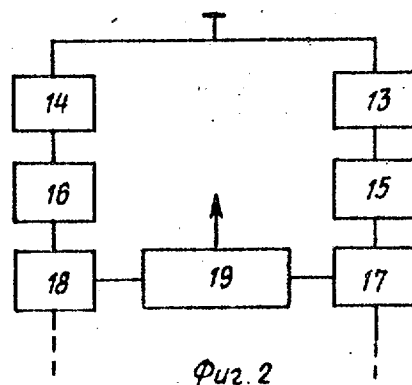
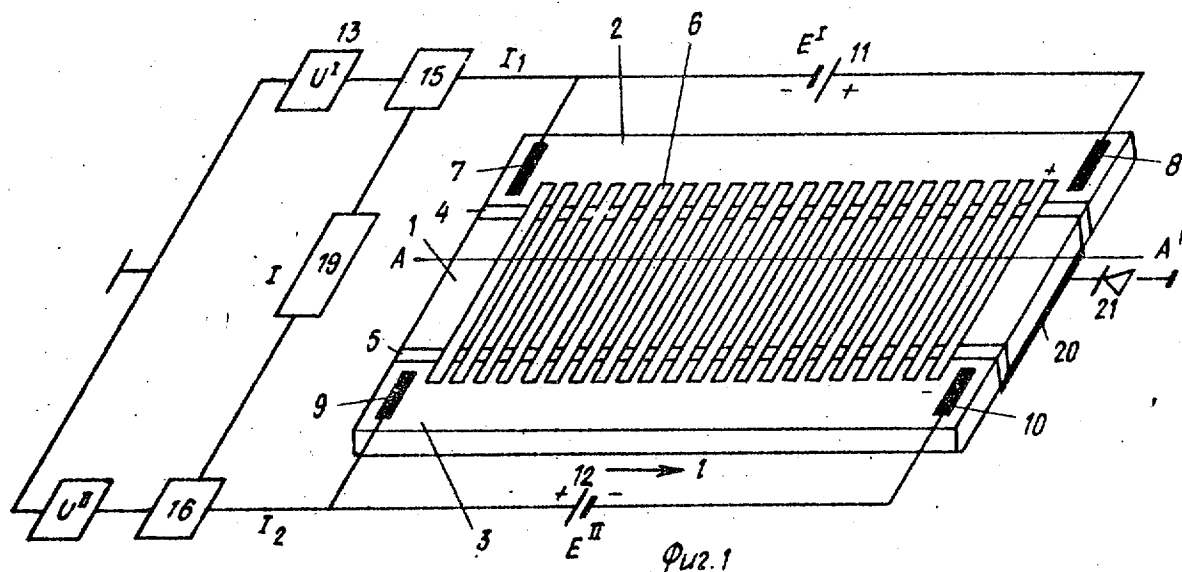
3. Преобразователь по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что, с целью повышения скорости сканирования и расширения области спектральной чувствительности, между участками базового слоя и общим слоем включен i -слой, а делительные слои выполнены из материала, время жизни носителей в которых ниже, чем время жизни в общем слое.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Патент США № 3668408, кл. 250/219 D, опублик. 06.06.72.

2. Берковская К. Ф. Безвакуумный телевизионный преобразователь изображения - сканистор. Полупроводниковые приборы и их применение. Под ред. Я. И. Федотова, М., "Сов. радио", 1968, вып. 20.



ЦНИИПИ Заказ 1120/50

Тираж 844 Подписное

Филиал ГПП "Патент",
г. Ужгород, ул. Проектная, 4