

УДК 621.383:535-15

ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИЗОБРАЖЕНИЙ**И.С. Гибин¹, В.П. Котенко², В.Л. Шурман²**¹*Институт автоматики и электрометрии СО РАН*²*Филиал «Урал-СибНИИОС» Уральского оптико-механического завода*

Рассмотрены вопросы разработки и создания плоских твердотельных преобразователей изображений из инфракрасной области спектра в видимую. Такие преобразователи могут применяться в приборах наблюдения в условиях слабой освещенности для визуализации объектов, излучающих или отражающих излучение в ближней инфракрасной области спектра. Известны высокоэффективные устройства, применяемые в технике ночного видения – это электронно-оптические преобразователи (ЭОП). Они отличаются чрезвычайно высокой чувствительностью и относительной простотой. Однако принцип их действия основан на применении внешнего фотоэффекта, что резко ограничивает спектральную область их использования. Они чувствительны в основном в видимой области спектра и требуют наличия обязательной внешней подсветки. В данной работе предпринята попытка разработки и создания приборов непосредственного наблюдения изображений, работающих в инфракрасной области спектра. Рассмотрены вопросы выбора полупроводниковых материалов, конструкции приборов, технологии их изготовления. Приведены результаты их исследования и испытаний. Изготовлены действующие образцы твердотельных преобразователей изображений инфракрасного диапазона

Ключевые слова: инфракрасное видение, электронно-оптические преобразователи, внутренний фотоэффект, монокристаллические и пленочные слои, электролюминофор, внешний фотоэффект, спектральный диапазон, ИК-излучение, тепловизор.

Введение

В приборах наблюдения часто используют электронно-оптические преобразователи (ЭОП). ЭОП обладают достаточно высокими характеристиками усиления и преобразования изображений. В ЭОП используют внешний фотоэффект в вакуумированном объеме, требуется электростатическая или магнитная фокусировка электронного пучка, специальная форма поверхности фотокатода, которые усложняют конструкцию и тем не менее не устраняют полностью геометрических искажений изображения (дисторсию) и потерь разрешения в периферийной зоне экранов ЭОП. Существенным недостатком ЭОП является также необходимость применения высоковольтного (более $10^3 \dots 10^4$ В) питания [1].

Разработка преобразователей, использующих внутренний фотоэффект, не имеющих вакуумированного объема, не требующих системы переноса электронного изображения, расширяющих спектральный диапазон чувствительности в ближней инфракрасной области, имеющих пониженное напряжение питания, видится целесообразной даже для функциональной замены лишь простейших однокамерных ЭОП. Существует множество типов преобразователей изображений, использующих в качестве фоточувствительной (приемной, входной) части монокристаллические и пленочные полупроводниковые слои; а в качестве выходной – различные поли- или монокристаллические, полимерные, жидкокристаллические и другие электрооптические материалы (ЭОМ) [2–4]. Большинство таких устройств являются оптически управляемыми пространственно-временными модуляторами и требуют внешнего источника считывающего излучения. Применение в качестве ЭОМ электролюминофоров [5, 6] исключает необходимость использования внешнего источника света.

Известны попытки создания твердотельных преобразователей инфракрасных изображений. Так в [7, 8] предложены преобразователи, содержащие антистоксовые преобразователи частоты, выполненные в виде набора активных световодов, отличающихся необходимостью приложения дополнительного источника накачки, что существенно усложняет конструкцию, в [9] рассмотрен преобразователь, использующий в качестве источника жидкокристаллический модулятор и требующий дополнительной внешней подсветки.

Нами разработан более простой полностью твердотельный полупроводниковый преобразователь с применением в качестве индикатора электролюминофорного экрана.

1. Разработка составляющих элементов конструкции преобразователя изображений

Так как практически все электрооптические материалы (ЭОМ) – высокоомные ($\rho \approx 10^9 \dots 10^{11}$ Ом/см), то для изготовления фотоприемной части устройства считалось необходимым применять высокоомные фотопроводники типа A_2B_6 , аморфные полупроводники, германо- и силикосиллениты и т. п. с большой шириной запрещенной зоны и, соответственно, коротковолновой областью фоточувствительности (0,3...0,6 мкм). Решение проблемы смещения чувствительности в ближнюю инфракрасную (ИК) область спектра состоит в применении узкозонных и примесных полупроводников (Si, Ge, GaAs, InSb < PbS, ...), а согласование электрооптических параметров приемной и выводящей частей ПИ решается применением металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) структур.

2. Конструкция преобразователя изображений

Конструктивное исполнение структуры МДП-ЭОМ с излучающим ЭОМ состоит в следующем: между электродами, прозрачными в области спектра адресуемого (преобразуемого) и преобразованного (выводимого) изображения, заключены слои фоточувствительного полупроводника и ЭОМ, отделенные друг от друга и от электродов прозрачными слоями диэлектрика. Эти слои установлены на одной подложке или заключены между двумя несущими прозрачными подложками, изготовленными, например, из кварца (рис. 1).

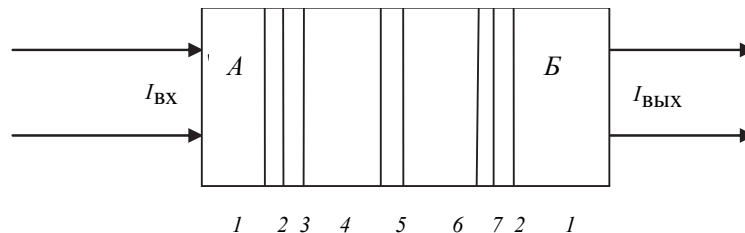


Рис. 1. Структура МДП-ЭОМ с излучающим ЭОМ:

1 – подложка; 2 – прозрачные электроды; 3, 5, 7 – диэлектрические слои;
4 – фоточувствительный слой; 6 – излучающий слой (электролюминофор).

Элементы структуры могут быть реализованы различными путями. В качестве фотополупроводника могут использоваться монокристаллическая пластина, например из арсенида галлия, или напыленные слои PbS , $As_2Se_3 - As_2Te_3$ и т. д. Электролюминофором может служить либо диспергированный в диэлектрическом компаунде порошок, легированный медью, марганцем, фтористым тербием и т. п. сульфид цинка или он же, нанесенный сублимацией в вакууме.

Диэлектрические слои – из оксидов кремния, алюминия, иттрия и др., нанесенные, например, катодным распылением, электrolучевым испарением, либо тонкие клеевые слои.

Конструктивный эскиз собранного преобразователя изображений приведен на рис. 2. Внешний вид разработанного преобразователя показан на рис. 3.

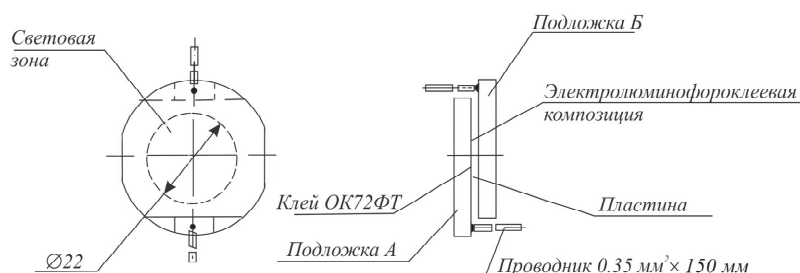


Рис. 2. Конструктивный эскиз собранного преобразователя изображений



Рис. 3. Внешний вид твердотельного преобразователя изображений

3. Исследование параметров преобразователя изображений

Исследование параметров преобразователя изображений проводилось по схеме на рис. 4.

Облученность на фоточувствительной площадке преобразователя изображений создается осветителем, состоящим из лампы накаливания РН8-20-1 1 и диффузного отражателя 2, размещенных в корпусе 4. Электропитание лампы осуществляется от источника постоянного тока РРЕ-3323 8, ток питания контролируется цифровым измерительным прибором АВМ-4305 7. К выходу осветителя присоединяются сменные диафрагмы 5 для регулирования облученности преобразователя изображений и сменные оптические фильтры 6 для выделения диапазона спектра, в котором производится измерение спектральной чувствительности. Преобразователь изображений закреплен в держателе, расположенном на подвижном столике 12, который может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлениях и по высоте, что обеспечивает позиционирование преобразователя изображений на оптической оси измерительного стенда. Питание преобразователя изображений производится от источника переменного тока – генератора импульсов ГЗ-123 14, напряжение питания контролируется цифровым вольтметром АВМ-4305 15. Измерение яркости экрана произ-

водится яркомером *LS-100* 16, 17, 18, расположенным на подвижном столике (12), который может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных горизонтальных направлениях и по высоте, в режиме измерения разрешающей способности преобразователя изображений к выходу осветителя присоединяется блок проекционной оптики 9, состоящий из миры 10 100 %-го контраста и проекционного объектива (11). Изображение элементов миры на экране преобразователя изображений наблюдается в микроскоп 19. Микроскоп располагается на подвижном столике 12, с которого предварительно снимается яркомер *LS-100*.

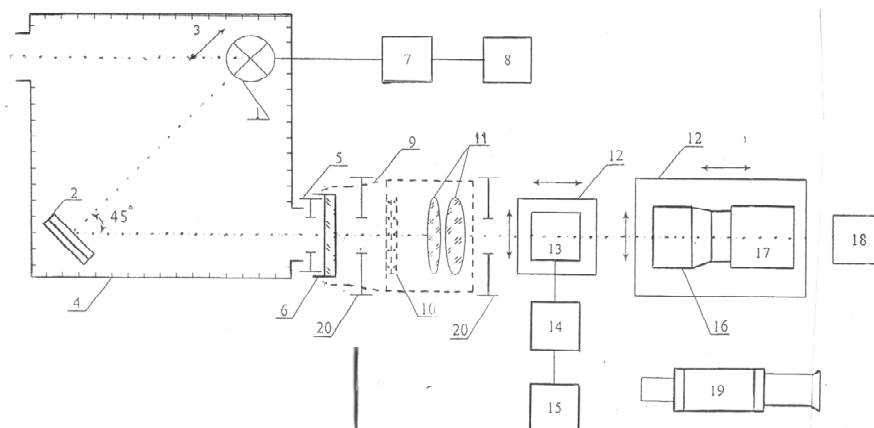


Рис. 4. Структурная схема исследования параметров преобразователя изображений:

1 – эталонная лампа накаливания; 2 – диффузный рассеиватель; 3 – подвижка лампы накаливания; 4 – корпус осветителя; 5 – набор сменных диафрагм; 6 – набор сменных светофильтров; 7 – амперметр; 8 – источник постоянного тока; 9 – съемная оправа проекционной оптики; 10 – миры; 11 – проекционный объектив; 12 – двухкоординатный столик; 13 – держатель ПИ; 14 – источник переменного тока; 15 – цифровой вольтметр; 16 – объектив яркомера; 17 – фотоприемная головка измерителя ночной освещенности ИНО-1Ц; 18 – измерительный блок ИНО-1Ц; 19 – микроскоп; 20 – светозащитный экран

В таблице приведены параметры преобразователя изображений. Увеличение разрешающей способности преобразователя изображений возможно при изменении толщины фотополупроводниковой пластины и слоя электролюминифора, а увеличение интегральной фоточувствительности – при оптическом согласовании слоев, составляющих преобразователь изображений.

Параметры преобразователя изображений

№	Наименование характеристик	Получено при измерениях
1	Область спектральной чувствительности, мкм	0,7...1,8
2	Предельная интегральная чувствительность, Вт/см	$\sim 10^{-6}$
3	Входной диаметр чувствительной площадки, мм	20
4	Разрешающая способность, мм ⁻¹	≥ 22
5	Питающее напряжение при частоте $f = 25 \dots 8 \cdot 10^3$ кГц, В	190
6	Яркость выходной плоскости, кд/м ²	1,5
7	Неравномерность яркости по полю зрения, %	15
8	Габаритные размеры, мм	0,35×12,5
9	Масса, г	85

4. Предварительный расчет чувствительности и разрешающей способности на примере арсенида галлия

Предварительный расчет параметров преобразователя изображений проводился на примере фотопроводящей пластины из арсенида галлия.

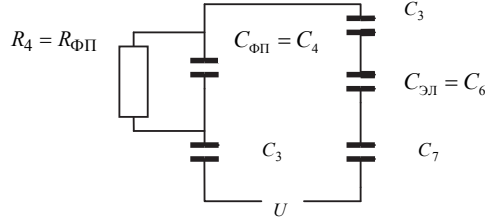


Рис. 5. Эквивалентная схема преобразователя изображений (индексы соответствуют номерам слоев на рис. 1)

Для оценки фоточувствительности преобразователя рассмотрим его эквивалентную схему (рис. 5). Элементы $C_5 C_{ЭЛ} C_7$ являются электролюминесцентным конденсатором; $C_3 R_{ФП} C_{ФП}$ – фоточувствительная МДП-структура. Так как толщины диэлектрических слоев много меньше толщин фотополупроводникового и электролюминофорного слоев, а их диэлектрические проницаемости близки по величине ($\epsilon_d \sim \epsilon_{ФП} \sim \epsilon_{ЭЛ}$), емкости диэлектрических слоев много меньше емкостей фотопроводника и электролюминофора. Это дает возможность пренебречь при оценочных расчетах этими слоями. Амплитуда и длительность импульса питающего напряжения выбирается из условий работы структуры в режиме обеднения фоточувствительного слоя носителями тока, что обуславливает большую величину $R_{ФП}$ и возможность не учитывать его в оценках.

Таким образом, следуя [3], приложенное к структуре импульсное напряжение U и электрические поля в фотопроводнике и электролюминофоре распределяются так, что

$$U = E_{ФП} L_{ФП} + E_{ЭЛ} L_{ЭЛ}; \quad (1)$$

$$\epsilon_{ФП} \epsilon_0 E_{ФП} = q\sigma + \epsilon_{ЭЛ} \epsilon_0 E_{ЭЛ}, \quad (2)$$

где $E_{ЭЛ}$, $E_{ФП}$, $L_{ЭЛ}$, $L_{ФП}$, $\epsilon_{ЭЛ}$, $\epsilon_{ФП}$ – электрические поля в фотопроводнике и электролюминофоре, их толщины и относительные диэлектрические проницаемости, σ – поверхностная плотность заряда на границе фотопроводник-диэлектрик, q – заряд носителя тока электрона. Поверхностный заряд образуется в результате оттягивания полем свободных носителей тока, образуемых в результате термогенерации и фотоионизации. Изменение напряжения на слое электролюминофора в результате фотоионизации при засветке структуры

$$\Delta U = q' \Delta \sigma / (\epsilon_{ФП} \epsilon_0 / L_{ФП} + \epsilon_{ЭЛ} \epsilon_0 / L_{ЭЛ}), \quad (3)$$

где $\Delta \sigma$ – изменение плотности поверхностного заряда при непрерывной засветке, время накопления заряда определяется длительностью импульсов напряжения питания t_H и плотностью мощности засветки $J_{св}$.

$$\Delta \sigma = \gamma (J_{св} t_H / h\nu), \quad (4)$$

где $h\nu$ – энергия светового кванта; γ – квантовый выход,

$$J_{\text{св}} = \Delta U_{\text{ЭЛ}} (h\nu \varepsilon_0 / q\gamma t_n) (\varepsilon_{\text{ФП}} / L_{\text{ФП}} + \varepsilon_{\text{ЭЛ}} / L_{\text{ЭЛ}}). \quad (5)$$

При условии, что напряжение на электролюминесцентном слое в темновом состоянии вблизи (ниже) порогового, необходимого для люминесценции ΔU 20 В,

$$\gamma \approx 1, \quad \varepsilon_{\text{ЭЛ}} \sim \varepsilon_{\text{ФП}} \sim 10, \quad h\nu = (0,8 \dots 1,5 \text{ эВ}) = (1,3 \dots 2,5) \cdot 10^{-12} \text{ Дж},$$

$$L_{\text{ФП}} \sim 100, \quad L_{\text{ЭЛ}} \sim 20, \quad t \sim 10^4$$

принимая для арсенида галлия чувствительность структуры получается равной $J_{\text{св}} \sim 10^{-6} \cdot 10^{-7} \text{ Вт/см}^2$. При этом разрешение МДП части структуры определяется толщиной фотопроводника $L_{\text{ФП}} = 10^{-2} \text{ см}$ и длиной диффузии $i_d \sim \sqrt{Dt}$, где $D \sim 35 \text{ см}^2/\text{с}$ – коэффициент диффузии в арсениде галлия, t – время существования неравновесных носителей в объеме фотопроводника, равное времени дрейфа $t_{\text{др}} = L_{\text{ФП}} / (\mu E_{\text{ФП}})$, здесь $\mu \sim 10^3 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ – подвижность носителей, $E_{\text{ФП}} = U_{\text{ФП}} / L_{\text{ФП}}$, $U_{\text{ФП}} \sim 100 \text{ В}$ – напряжение, распределенное на фотопроводнике. Длина диффузии оказывается $\sim 10^{-4} \text{ см}$, и, следовательно, разрешение ограничивается для МДП части ее толщиной $\sim 10^{-2} \text{ см}$. (В расчете использованы характеристики арсенида галлия.)

На разрешение оказывает влияние также излучающая часть структуры: ее толщина и размер люминофора $(2 \dots 3) \cdot 10^{-4}$.

Таким образом, предварительные оценки дают значение пороговой чувствительности преобразователя $J_{\text{св}} \sim 10^{-6} \dots 10^{-7} \text{ Вт/см}^2$ и разрешающей способности $\geq 30 \text{ мм}^{-1}$.

При оптимальном подборе электрофизических параметров (концентрация носителей, подвижность, время жизни и т. д.) фотополупроводящего слоя возможно достичь интегральную чувствительность $10^{-8} \dots 10^{-9} \text{ Вт/см}^2$.

5. Выбор и описание материалов для возможности создания ПИ, чувствительного в области 3...5, 8...12 мкм

Для создания преобразователей изображения, чувствительных в спектральной области 3...5 мкм, выбраны следующие материалы: сульфид свинца (PbS) – область фоточувствительности 1,1...4,5 мкм и антимонид индия JnSb – область фоточувствительности 2,5...7 мкм, теллурид кадмия, селенид свинца, арсенид индия.

Сульфид свинца интересен возможностью получения пленочных фотополупроводниковых слоев различной толщины методом терморезистивного испарения в вакууме или химическим осаждением.

Фотополупроводники на основе сульфида свинца можно использовать при комнатной температуре, они малоинерционные и могут быть использованы при больших частотах модуляции принимаемого излучения. Известно, что многие характеристики фотополупроводников зависят от их состава. Так, чувствительность и величина квантового выхода фотополупроводника зависят от коэффициента поглощения света (K) в материале фотополупроводника, K напрямую связан с технологией синтеза этого материала и содержанием примесей в нем. Много-

численные исследования сульфида свинца показывают, что концентрация носителей в фотополупроводнике на основе сульфида свинца обуславливается фоновыми примесями и отклонением состава от стехиометрии. В зависимости от того, что преобладает, сера или свинец, по-разному идет процесс окисления и отжига пленок сульфида свинца, что влияет на технологию изготовления фотополупроводника: при избытке серы на поверхности сульфида свинца образуется 4PbSO_4 , и эта пленка сдерживает процесс окисления. Так как сульфид свинца имеет узкую область гомогенности, то большое значение имеет методика подготовки шихты для синтеза сульфида свинца. Кроме того, в паровой фазе над сульфидом свинца обнаружены PbS , S_2 , Pb (в перегретом паре), а в насыщенном паре – те же и Pb_2S_2 , что заставляет обратить пристальное внимание на процесс синтеза и охлаждения сульфида свинца. Для уменьшения влияния примесей на характеристики фотополупроводника сульфид свинца необходимо получать максимально чистым. Если управлять свойствами сульфида свинца с помощью легирования, то исходный сульфид свинца для этих целей так же должен быть максимально чистым.

Сульфид свинца выбран из-за широкой спектральной области фоточувствительности и возможности изменения максимума фоточувствительности в зависимости от режимов испарения пленочных слоев.

Антимонид индия, теллурид кадмия, селенид свинца, арсенид индия выбраны из-за возможности выращивания монокристаллов диаметром до 50 мм с заданными электрофизическими характеристиками и возможностью изготовления пластин толщиной от 70 мкм, что позволяет создать преобразователи по разработанным технологиям.

А в качестве материала для входной подложки *A* с нанесенными слоями контактного и прозрачного проводящего электродами и диэлектрическим (барьерным) слоем можно использовать полированные пластины из керамики оптической, например [10, 11].

Для рассмотрения возможности создания преобразователей изображений чувствительных в спектральной области 8...12 мкм предварительно выбраны материалы типа кадмий-ртуть-теллур КРТ (CdHgTe) и свинец-олово-теллур (PbSnTe). Из этих материалов возможно изготовление чувствительных слоев толщиной до 200 мкм и диаметром до 50 мм методами жидкофазной эпитаксии и молекулярно-лучевой эпитаксии с варьированием состава получаемых слоев для получения нужных электрофизических характеристик.

Таким образом, для изготовления преобразователя изображений в области 8...12 мкм возможно применение в качестве чувствительного слоя материалов типа кадмий-ртуть-теллур или свинец-олово-теллур, а для входной пластины *A* возможно применение материалов из оптической керамики типа K02, K04, K041 или монокристаллического селенида цинка.

Заключение

Предложенные в работе твердотельные преобразователи изображений из инфракрасной области в видимую образуют новый класс приборов непосредственного наблюдения ИК-изображений. Они успешно дополняют нишу между электронно-оптическими преобразователями и тепловизорами, не заменяя их. Проведенные исследования по технологическим вопросам создания таких преобразователей, создание экспериментальных образцов и данные измерений их параметров подтверждают возможность их практической реализации и внедрения. В настоящее время требуется проведение дополнительных исследований по расширению спектрального диапазона чувствительности твердотельных преобразователей изображений в области 3...5, 8...14 мкм и вплоть до терагерцевого диапазона.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Волков В.А., Вялов В.К. и др. Справочник по приемникам оптического излучения / под ред. Л.З. Криксунова и Л.С. Кременчугского. – К.: Техника, 1985. – 216 с.
- [2] Васильев А.А., Касасент Д., Компанец И.Н., Парфенов А.В. Пространственные модуляторы света. – М.: Радио и связь, 1987. – 320 с.
- [3] Думаревский Ю.Д., Ковтонюк Н.Ф., Савин А.И. Преобразование изображений в структурах полупроводник-диэлектрик. – М.: Наука, 1987. – 187 с.
- [4] Сихарулидзе Д.Г., Чилая Г.С. Преобразователи изображений типа МДП-электрооптический материал. – М.: Радио и связь, 1986. – 112 с.
- [5] Казанцев О.Н., Лямичев И.Я. и др. Прикладная электролюминесценция / под ред. М.В. Фока. – М.: Сов. радио, 1974. – 416 с.
- [6] Верещагин И.К., Ковалев Б.А. и др. Электролюминесцентные источники света. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 168 с.
- [7] Андрианов С.Н., Иванов В.П., Крайлюк А.Д., Польский Ю.Е. Устройство визуализации инфракрасного изображения. Патент РФ № 2263939.
- [8] Комнов В.П., Польский Ю.Е. Устройство визуализации инфракрасного изображения. Патент РФ № 2345393.
- [9] Волков В.Г., Кошавцев Н.Ф., Лейцин В.И., Чапнин В.А. Применение твердотельных преобразователей изображения в технике ночного видения // Прикладная физика. – № 2. – 1999.
- [10] Кристаллические оптические материалы: каталог / под ред. чл.-корр. АН СССР Г.Т. Петровского. – М., 1982. – 70 с.
- [11] Воронкова Е.М., Гречушников Б.Н. и др. Оптические материалы для инфракрасной техники (справочное издание). – М.: Наука, 1965. – 335 с.

SOLID IMAGE CONVERTERS

Gibin I.S.¹, Kotenko V.P.², Shourman V.L.²

¹*Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch
of Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

²*The Ural-Sibniios branch of the Ural Optical-Mechanical plant, Novosibirsk, Russia*

The article addresses the issues of the development and creation of flat solid image converters from the infrared spectrum range to the visible one. Such converters can be used for observing devices in low light conditions for the visualization of objects that radiate or reflect radiation in the near infrared spectrum range. Highly efficient devices, namely, electro-optical converters used in night vision equipment are known. They are extraordinarily sensitive and relatively simple. However, their operation principle is based on the external photoeffect, which greatly limits their spectral range. They are sensitive mainly in the visible spectrum range and external illumination is required. An attempt to develop and create devices of direct image observation that work in the infrared spectrum range has been made. Some issues of choosing semiconducting materials, device design and manufacturing techniques are considered in the paper. The results of research and tests are presented. Working samples of solid-state image converters of the infrared range have been manufactured.

Keywords: infrared vision; electronic-optical converters; internal photoelectric effect; monocrystalline and film layers; phosphor; external photoelectric effect; spectral range; IR-radiation.

REFERENCES

- [1] Volkov V.A., Vjalov V.K. *Spravochnik po priemnikom opticheskogo izlucheniya* [Optical receivers reference book]. Kiev, Tehnika Publ., 1985, 216 p.
- [2] Vasil'ev A.A., Kasasent D., Kompanec I.N., Parfenov A.V. *Prostranstvennyye moduljatory sveta* [Spatial light modulators]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1987, 320 p.
- [3] Dumarevskij Ju.D., Kovtonjuk N.F., Savin A.I. *Preobrazovanie izobrazhenij v strukturah poluprovodnik-dielektrik* [Image transformation in the semiconductor-insulator structures]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 187 p.
- [4] Siharulidze D.G., Chilaja G.S. *Preobrazovateli izobrazhenij tipa MDP-jelektroopticheskij material* [The MOS-electrooptic material image converters]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1986, 112 p.

- [5] **Kazancev O.N., Ljamichev I.Ja.** *Prikladnaja jelektroljuminescencija* [Applied electroluminescence]. Moscow, Sov. radio Publ., 1974, 416 p.
- [6] **Vereshhagin I.K., Kovalev B.A.** *Jelektroljuminiscentnye istochniki sveta* [Electroluminescent light sources]. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1990, 168 p.
- [7] **Andrianov S.N., Ivanov V.P., Krajljuk A.D., Pol'skij J.E.** *Ustrojstvo vizualizacii infrakrasnogo izobrazhenija* [Infrared image imaging device]. Patent RF, № 2263939, 2004.
- [8] **Komnov V.P., Pol'skij Ju.E.** *Ustrojstvo vizualizacii infrakrasnogo izobrazhenija* [Infrared image imaging device]. Patent RF, № 2345393, 2007.
- [9] **Volkov V.G., Koshhavcev N.F., Lejcin V.I., Chapnin V.A.** *Primenenie tverdotel'nyh preobrazovatelej izobrazhenija v tehnike nochnogo videnija* [Application of solid-state image converters in the art night vision]. *Prikladnaja fizika*, 1999, no. 2.
- [10] **Kristallicheskie opticheskie materialy** [Crystal optical materials]. Moscow, Dom optiki Publ., 1982, 70 p.
- [11] **Voronkova E.M., Grechushnikov B.N.** *Opticheskie materialy dlja infrakrasnoj tehniki* [Optical materials for infrared imaging]. Moscow, Nauka Publ., 1965, 335 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Гибин Игорь Сергеевич – родился в 1946 году, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник Института автоматизации и электрометрии СО РАН. Область научных интересов: оптическая обработка изображений. Опубликовано 150 научных работ. (Адрес: 630090, Россия, Новосибирск, пр. акад. Коптюга, 1. Email: gibin@iae.nsk.su, isgibin@yandex.ru)

Gibin Igor Sergeevich (b. 1946) – Doctor of Science (Eng.), Professor, Chief Scientist in Institute of Automation and Electrometry of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences. His research interests are currently focused on the optical image processing. He is author of 150 scientific papers. (Address: 1, Coptug Av., Novosibirsk, 630090, Russia. Email: gibin@iae.nsk.su, isgibin@yandex.ru)



Котенко Виктор Петрович – родился в 1943 году, ведущий инженер Филиала «Урал-СибНИИОС» Уральского оптико-механического завода. Область научных интересов: оптические технологии. Опубликовано 15 научных работ. (Адрес: 630049, Россия, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 179/2).

Kotenko Viktor Petrovich (b. 1943) – Leading Engineer in The Ural-Sibniios branch of the Ural Optical-Mechanical plant. His research interests are currently focused on the optical technologies. He is author of 15 scientific papers. (Address: 179/2, D. Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia)



Шурман Валерий Леонидович – родился в 1948 году, ведущий инженер Филиала «Урал-СибНИИОС» Уральского оптико-механического завода. Область научных интересов: технологии. Опубликовано 17 научных работ. (Адрес: 630049, Россия, Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 179/2)

Shourman Valeriy Leonidovich (b. 1948) – Leading Engineer in The Ural-Sibniios branch of the Ural Optical-Mechanical plant. His research interests are currently focused on the technologies. He is author of 17 scientific papers. (Address: 179/2, D. Kovalchuk St., Novosibirsk, 630049, Russia)

Статья поступила 05 февраля 2014 г.

Received 05 Feb. 2014

To Reference:

Gibin I.S., Kotenko V.P., Shourman V.L. Tverdotel'nyi preobrazovatel' izobrazhenii [Solid image converters]. *Doklady Akademii Nauk Vysshei Shkoly Rossiiskoi Federatsii* [Reports of Russian Higher Education Academy of Sciences], 2014, no. 1(22), pp. 43–51. (in Russ.).