ФОТОЭЛЕКТРОНИКА
PHOTOELECTRONICS

УДК 621.383.4/5
EDN: XIZVVF

PACS: 42.79.Pw, 85.60.Gz,
07.57.Kp, 85.60.Dw

Исследование фотоприемных структур КРТ со сверхрешетками в качестве барьера средневолнового ИК диапазона спектра

© К. О. Болтарь[1,2], И. Д. Бурлаков[1,3], Н. И. Яковлева[1*], А. В. Трухачев[1], Н. А. Иродов[1], А. В. Войцеховский[4], Д. И. Горн[4], Н. Н. Михайлов[5]

[1] *АО «НПО «Орион», Москва, 111538 Россия*
[*] *E-mail: niiakovleva@mail.ru*
[2] *Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Московская обл., г. Долгопрудный, 141701, Россия*
[3] *МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия*
[4] *Томский государственный университет, г. Томск, 634050 Россия*
[5] *Институт физики полупроводников СО РАН, г. Новосибирск, 630090 Россия*

Статья поступила в редакцию 05.10.2026; после доработки 20.10.2026; принята к публикации 22.10.2026
Шифр научной специальности: 1.3.11.

Созданы и исследованы фотоприемные структуры КРТ средневолнового ИК-диапазона спектра (MWIR) на основе nBn-гетероструктур со сверхрешетками HgTe/CdHgTe в качестве барьеров. Выявлены новые технологические подходы для дальнейшего совершенствования методов пассивации поверхности nBn-архитектур и улучшения их характеристик. Измерены вольт-амперные и спектральные характеристики, а также основные параметры ФЧЭ экспериментальных образцов.

Ключевые слова: униполярный приемник, *n*B*n*-гетероструктура, MWIR, CdHgTe, матрица фоточувствительных элементов (МФЧЭ), спектральная характеристика.

DOI: 10.51368/1996-0948-2026-5-21-29

1. Введение

Фотоприемные структуры на основе униполярных *n*B*n*-гетероструктур из тройного раствора кадмий-ртуть-теллур (CdHgTe, КРТ) со сверхрешетками в качестве барьеров крайне перспективны для работы в спектральных диапазонах 3–5 мкм (MWIR) и 8–12 мкм (LWIR) [1–4], поскольку они обладают рядом ключевых преимуществ по сравнению с традиционными *p–n*-структурами. К таким преимуществам относится отсутствие сложно формируемых слоев *p*-типа проводимости, что радикально упрощает технологию эпитаксиального выращивания и обеспечивает достижение минимальных темновых токов, включая токи диффузии, генерации-рекомбинации и поверхностной утечки.

Несмотря на преимущества барьерных фотоприемников, их создание осложняется разрывом валентной зоны на границе поглощающего и барьерного слоев КРТ. В *n*B*n*-структурах барьер в валентной зоне блокирует дырки – неосновные носители заряда, отвечающие за полезный сигнал. Замена барьерного слоя на сверхрешетку HgTe/CdHgTe, предложенная в работах [5, 6], позволяет снизить данный разрыв и добиться существенного улучшения параметров.

В рамках проведенных исследований изготовлены фотоприемные структуры КРТ с *n*B*n*-архитектурой, выявлены технологические подходы для их дальнейшего совершенствования, включая методы защиты поверхности архитектур КРТ пассивирующими слоями. Выбранный в качестве фоточувствительного

материала тройной раствор CdHgTe привлекателен как возможностью настройки запрещенной зоны на заданный спектральный диапазон, так и потенциалом уменьшения темновых токов при оптимизации архитектуры фоточувствительного элемента. В связи с этим разработка и изготовление структур многоэлементных фотоприемных структур на основе униполярных МЛЭ *n*B*n*-гетероструктур КРТ, в том числе со сверхрешетками в качестве барьера является крайне актуальной задачей, решение которой позволит перейти к изготовлению ФПУ нового класса с повышенными рабочей температурой и параметрами.

2. Конфигурация барьерных *n*B*n*-гетероструктур на основе CdHgTe

Для изготовления фотоприемных структур КРТ предложены следующие перспективные архитектуры с барьерными слоями (рисунок 1, таблица 1).

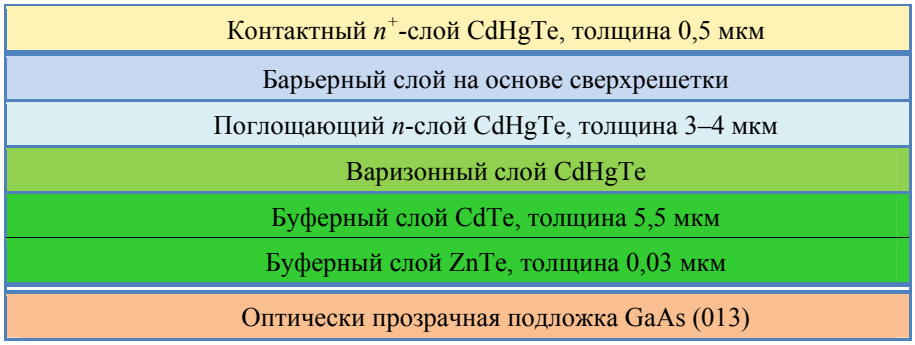


Рис. 1. Послойная конфигурация барьерной nBn-структуры на основе CdHgTe со сверхрешеткой

Таблица 1

Наименование слоя в структуре	MWIR ГЭС КРТ № КРТ821			MWIR ГЭС КРТ № КРТ822		
	Концентрация, $см^{-3}$	Состав MWIR	Толщина, мкм	Концентрация, $см^{-3}$	Состав MWIR	Толщина, мкм
Контактный слой *n*-$Cd_xHg_{1-x}Te$	*n*~$(3–5)\times10^{14}$	0,35	0,5	*n*~$(3–5)\times10^{14}$	0,28	0,5
Барьерный слой *n*-$Cd_xHg_{1-x}Te$	–	0,03 (яма) / 0,75 (барьер)	0,0013 (яма)/ 0,0087 (барьер); 19 периодов 0,20 (общая)	–	0,03 (яма) / 0,75 (барьер)	0,0011 (яма)/ 0,0074 (барьер); 19 периодов 0,17 (общая)
Поглощающий *n*-слой $Cd_xHg_{1-x}Te$	*n*~$(3–5)\times10^{14}$	0,33	4,0–6,0	*n*~$(3–5)\times10^{14}$	0,32	4,0–6,0
Варизонный слой CdHgTe	–	1,0 – 0,3	1,0	–	1,0–0,3	1,0
Буферный слой CdTe	–	–	5,5	–	–	5,5
Буферный слой ZnTe	–	–	0,03	–	–	0,03
Оптически прозрачная подложка GaAs (013), ∅ 50,8 мм			600			600

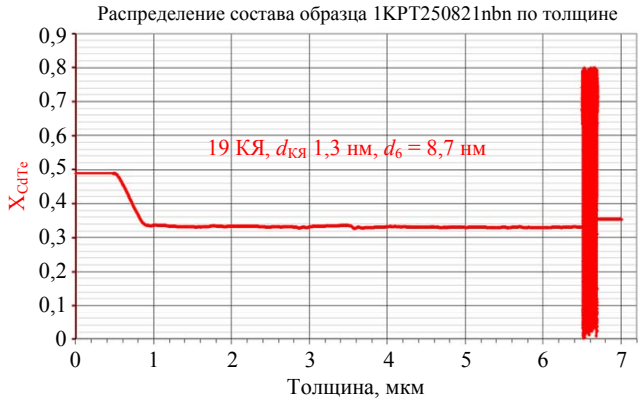
Исследуемые *n*B*n*-гетероструктуры на основе *n*-$Cd_xHg_{1-x}Te$ выращивались методом МЛЭ на подложках из GaAs (013). Сверху подложки последовательно формировались буферный слой ZnTe (толщиной 30 нм), релаксирующий напряжение буферный слой CdTe (5,5 мкм), варизонный слой $Cd_xHg_{1-x}Te$ (~ 1 мкм). Рабочая область *n*B*n*-гетероструктуры из *n*-$Cd_xHg_{1-x}Te$ состояла из поглощающего, барьерного и контактного

слоев (см. рис. 1, табл. 1). Поглощающий слой $Cd_xHg_{1-x}Te$ имел толщину порядка 5,0 мкм, содержание CdTe в барьерном слое и состав в контактном слое толщиной ≤ 0,5 мкм выбирались в зависимости от рабочего спектрального диапазона. В процессе выращивания легирование рабочей области проводилось донорной примесью индия, причем концентрация примеси в поглощающем и барьерном выбиралась примерно одинаковой, а в контактном слое – немного выше.

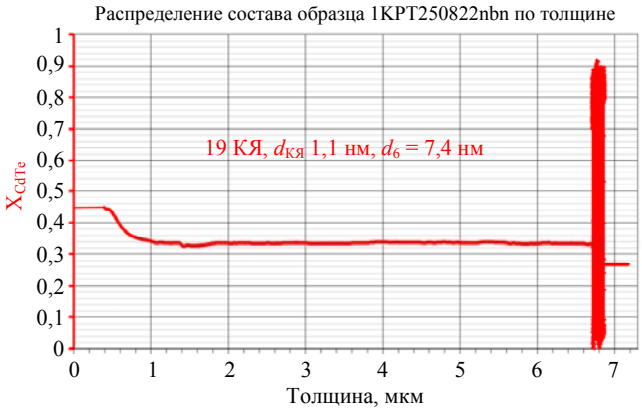
Распределение состава по толщине барьерных структур МЛЭ *n*-CdHgTe средневолнового ИК диапазона спектра со сверхрешетками в качестве барьера показано на рисунке 2 (*а*, *б*).

Распределение состава по толщине в области барьера двух модификаций: барьеров из квантовых ям показано на рисунке 3 (*а*, *б*).

Структура КРТ821 имеет барьер на основе сверхрешетки, состоящей из 19 периодов $HgTe/Cd_xHg_{1-x}Te$ (состав КРТ $x = 0,8$) толщиной порядка 200 нм (рис. 3*а*), структура КРТ822 имеет барьер, состоящей из 19 периодов на основе сверхрешетки $HgTe/Cd_xHg_{1-x}Te$ (состав КРТ $x = 0,8$) толщиной порядка 170 нм (рис. 3*б*).

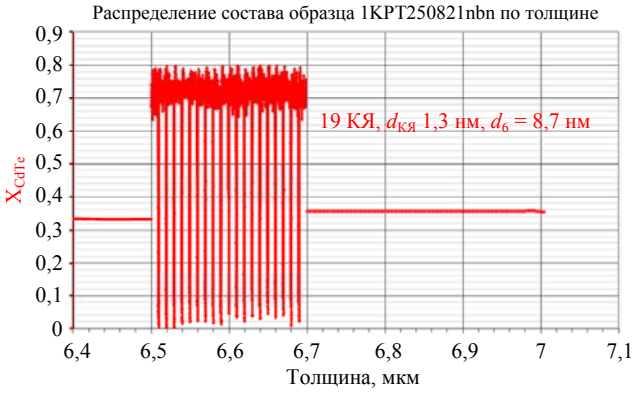


а) *n*B*n*-гетероструктура на основе ГЭС КРТ МЛЭ со сверхрешеткой в качестве барьера

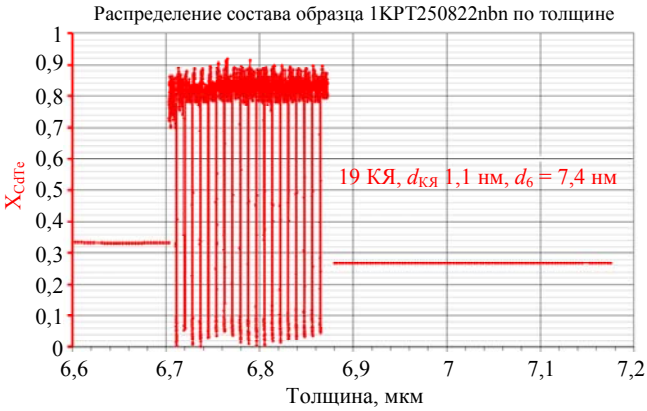


б) *n*B*n*-гетероструктура на основе ГЭС КРТ МЛЭ со сверхрешеткой в качестве барьера

Рис. 2. Распределение состава по толщине nBn-гетероструктур МЛЭ на основе слоев n-CdHgTe состава x = 0,3



а) *n*B*n*-гетероструктура на основе ГЭС КРТ МЛЭ со сверхрешеткой в качестве барьера



б) *n*B*n*-гетероструктура на основе ГЭС КРТ МЛЭ со сверхрешеткой в качестве барьера

Рис. 3. Распределение состава и концентрации легирующей примеси по толщине униполярных барьерных nBn-гетероструктур МЛЭ n-CdHgTe состава x = 0,3

3. Изготовление и исследование фотоприемных структур CdHgTe

Главной задачей технологического процесса изготовления фотоприемных меза-структур КРТ являлось формирование канавки и разделение фоточувствительных элементов без повреждения поверхности *n*B*n*-гетероструктуры, что достигалось методом сухого ионного травления и жидкостного дотравли-

вания с последующим контролем темнового тока.

При травлении меза-структур на боковых гранях ФЧЭ образуются оборванные химические связи, выступающие как центры рекомбинации, захватывающие носители заряда и снижающие полезный сигнал, а значит, и чувствительность матрицы. Дополнительно в структурах КРТ наблюдается миграция ртути к поверхности, что меняет локальный состав и способствует появлению микро-шунтирующих каналов и паразитных токов, ухудшающих параметры фотоприемных структур. Проблему миграции эффективно решает диэлектрический пассивирующий слой.

Пассивация предназначена для изоляции активных поверхностей меза-структуры от внешней среды. Незакрытые участки при неудачном нанесении или в узких местах структуры образуют «слабые точки», повышающие концентрацию поверхностных состояний, ухудшающих стабильность параметров. Поверхностные состояния служат ловушками для электронов и дырок, а непредсказуемое накопление заряда приводит к изменению распределения электрического поля вблизи поверхности и искажает вольт-амперные характеристики фоточувствительных элементов.

Формирование диэлектрического пассивирующего покрытия для уменьшения темновых токов на поверхности фотоприемных меза-структур на основе *n*B*n*-архитектур со сверхрешетками HgTe/CdHgTe являлось ключевой операцией технологического процесса. Пассивация структур достигалась с помощью нанесения специального диэлектрического покрытия.

Для нанесения пассивирующего диэлектрика наиболее часто используются следующие методы:

физическое (химическое) осаждение из газовой фазы (CVD), которое позволяет получать равномерные, однородные слои;

атомно-слоевое осаждение (ACO, ALD), наиболее часто используемое для ультратонких слоев и структур с высоким аспектным соотношением, когда глубина намного больше ширины зазора. ALD работает за счет последовательной химической реакции прекурсоров с поверхностью, что обеспечивает высокую повторяемость и качество диэлектрического покрытия;

реактивное магнетронное распыление (RMS) применяют, когда нужно нанести тонкие пленки химических соединений (прежде всего оксидов, нитридов, карбидов) на различные пластины для получения равномерных покрытий на больших площадях со стабильно воспроизводимыми параметрами при относительно низкой температуре.

Часто применяют дополнительные сложные методы, заключающиеся в использовании промежуточных диэлектрических слоев, способствующих улучшению свойств пассивации; оптимизируют температуру подложки, давление в реакторе, чтобы равномерно защитить сложные участки структуры.

Исследованы следующие методы нанесения пассивирующего диэлектрика:

(*1*) *Нанесение слоя ZnS на поверхность меза-структуры методом магнетронного распыления.*

Процесс нанесения слоя ZnS на поверхность меза-структуры обычно применяют для защиты чувствительных элементов меза-матрицы на основе КРТ от внешних воздействий, что снижает поверхностную рекомбинацию и помогает стабилизировать параметры фоточувствительных элементов.

Для нанесения ZnS используется высокочастотное (ВЧ, RF) магнетронное распыление, т. к. оно лучше подходит для получения слоя высокого качества. В ходе технологического процесса задаются следующие параметры: мощность разряда; время напыления (от этого напрямую зависит толщина слоя); температура подложки. Для получения диэлектрического слоя выбирается низкотемпературный режим (100–150 °C), чтобы не вызвать нежелательных изменений в приповерхностной области структуры КРТ, поскольку материал КРТ чрезвычайно чувствителен к нагреву.

При оптимизации технологии, для получения более надежного диэлектрического покрытия, проводится ионная очистка и пассивация дополнительными диэлектрическими слоями, такими как: SiO_x или Al_2O_3, что улучшает качество покрытия.

(*2*) *Нанесение слоя ZnS на поверхность меза-структуры методом атомно-слоевого осаждения.*

Метод атомно-слоевого осаждения (АСО) при нанесении ZnS на меза-структуру обеспечивает равномерный слой даже при сложных, ступенчатых рельефах. Предварительная подготовка поверхности для удаления остаточных оксидных слоев, нарушающих адгезию и приводящих к неоднородности пленки ZnS, включает удаление собственных «native» оксилов, для чего используется термическая обработка и промывка в специальных растворах. Циклический процесс АСО состоит из нескольких повторяющихся циклов. В каждом цикле последовательно в рабочую камеру установки подаются два разных прекурсора, а между ними проводится очистка рабочими газами. Для соединения ZnS наиболее часто используется пара: источник цинка – диэтилцинк (DEZn) и источник серы – сероводород (H2S).

К достоинствам метода АСО следует отнести высокую повторяемость и регулируемость процесса, что позволяет равномерно наносить слои ZnS даже на сложные профили меза-структур с глубокими канавками. Получаемый в итоге однородный слой диэлектрического покрытия ZnS успешно используется для защиты меза-матриц от внешних воздействий, снижая поверхностные состояния и улучшая оптические свойства структуры.

Получены положительные результаты при пассивации поверхности методом магнетронного распыления ZnS. Характеристики пассивированных слоев существенно зависят от обработки поверхности перед нанесением ZnS, что свидетельствует о наличии остаточных оксидов КРТ на поверхности структур.

После нанесения пассивирующего покрытия и формирования окон на поверхности ФЧЭ напыляются контактные металлы Au/Mo, а сверху напыляется индий с последующим изготовлением индиевых микроконтактов к отдельным ФЧЭ высотой 4–8 мкм методом взрыва и вжигания. Технологический процесс изготовления индивидуальных индиевых микроконтактов к *n*-областям *p*–*n*-переходов и общих контактов к *p*-области при помощи фотолитографии и ионного травления [7] являлся завершающим.

На рисунке 5 схематично представлен фрагмент МФЧЭ на основе CdHgTe, полученный меза-структурной технологией.

Проведены измерения темновых вольт-амперных характеристик тестовых ФЧЭ матриц МФЧЭ-01 и МФЧЭ-02 формата 64×64 элементов с шагом 40 мкм на основе *n*B*n*-гетероструктур CdHgTe при $T = 300$ K рисунки 6*а* и 6*б*, соответственно.

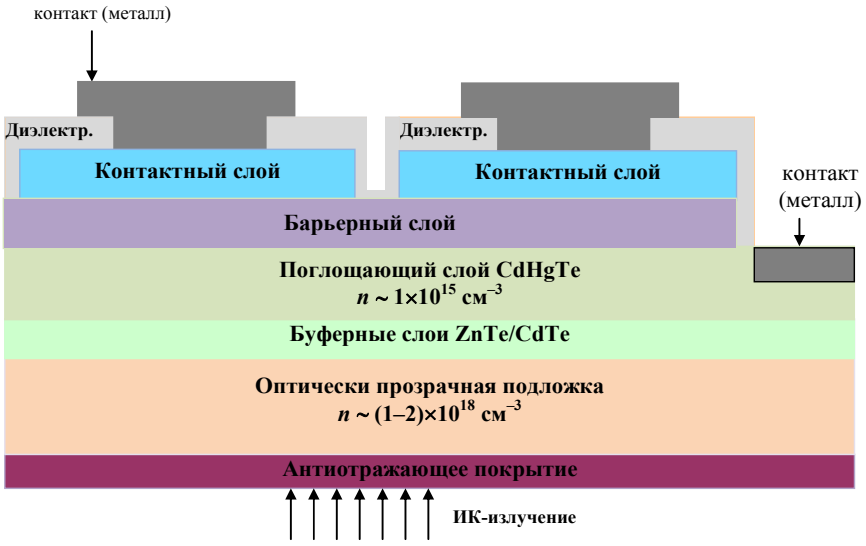
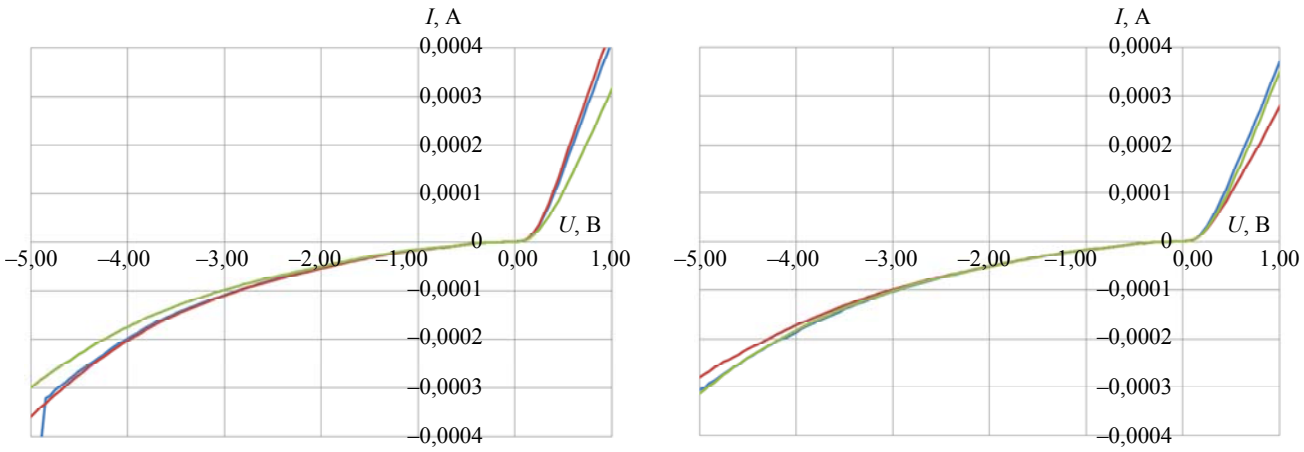


Рис. 5. Схематичное представление фрагмента МФЧЭ на основе CdHgTe



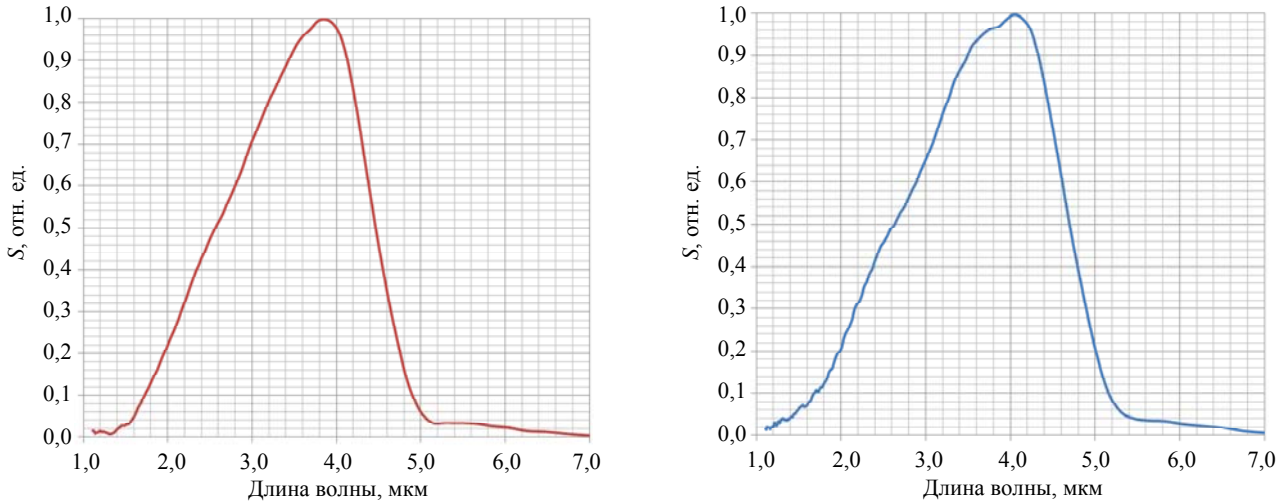
а) МФЧЭ-01 со сверхрешеткой в качестве барьера

б) МФЧЭ-02 со сверхрешеткой в качестве барьера

Рис. 6. Вольтамперные характеристики тестовых ФЧЭ на основе nBn-гетероструктур CdHgTe при T = 300 K

Проведены измерения спектральных характеристик чувствительности МФЧЭ на основе *n*B*n*-гетероструктур CdHgTe со сверхрешеткой в качестве барьера. Результаты измерений спектральных характеристик тестовых элементов МФЧЭ показаны на рисунке 7 (а, б).

Результаты измерений: границ спектральной чувствительности экспериментальных образцов МФЧЭ на основе МЛЭ гетероструктур *n*B*n* со сверхрешетками в качестве барьера MWIR диапазона для двух тестовых матриц МФЧЭ-01 и МФЧЭ-02, представлены в таблице 2.



а) МФЧЭ-01 со сверхрешеткой в качестве барьера

б) МФЧЭ-02 со сверхрешеткой в качестве барьера

Рис. 7. Спектральные характеристики чувствительности тестовых элементов МФЧЭ на основе nBn-гетероструктур CdHgTe при T = 77 K

Таблица 2

Границы спектральной чувствительности МФЧЭ на основе nBn гетероструктур n-CdHgTe со сверхрешетками в качестве барьера

Наименование параметров	Результаты измерений МФЧЭ-01	Результаты измерений МФЧЭ-02
1. Длинноволновая граница области спектральной чувствительности, мкм	4,45	4,75
2. Коротковолновая граница области спектральной чувствительности, мкм	2,60	2,60

Длинноволновая граница спектральной характеристики фоточувствительности составила у тестовых элементов экспериментальных образцов МФЧЭ-01 и МФЧЭ-02: $\lambda_{д0,5}$ = = 4,45 мкм и $\lambda_{д0,5}$ = 4,75 мкм, она сформирована выбором состава x соединения $Hg_{1-x}Cd_xTe$ (КРТ), а коротковолновая граница составила $\lambda_{к0,5}$ = 2,60 мкм и $\lambda_{к0,5}$ = 2,60 мкм, она определяется поглощением излучения в варизонном слое *n*B*n*-гетероструктуры толщиной 1 мкм.

Определение фотоэлектрических параметров МФПУ на основе *n*B*n*-гетероструктур CdHgTe проводилось по данным измерений фотосигнала и шума. Для проведения измерений использовалась гибкая автоматизированная система сбора и обработки информации, работающая в автоматическом режиме. Укрупнено структура измерительной системы состояла из следующих основных узлов:

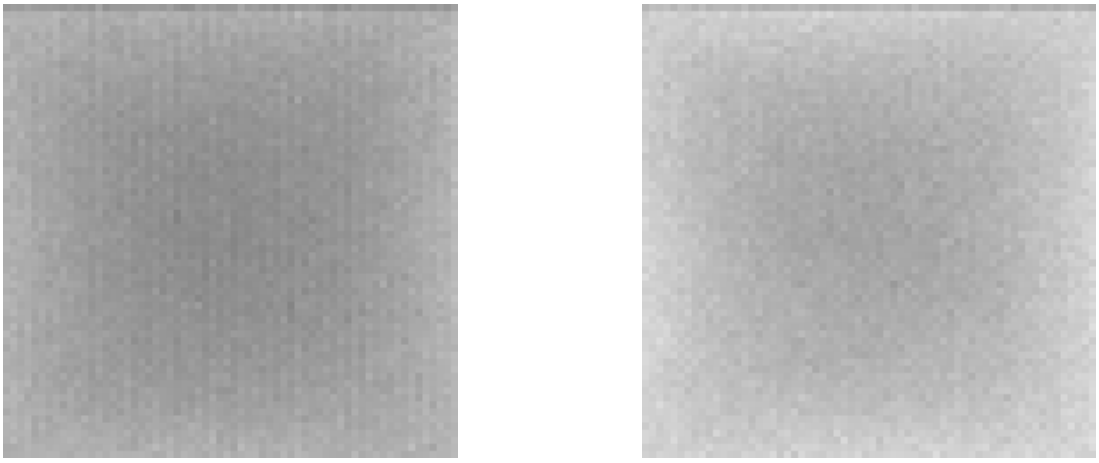
– формирователя оптического сигнала на основе абсолютно-черного тела (АЧТ);

– электроники управления (блока аналоговой обработки и управления ФПУ, блока аналого-цифровой обработки, блока сопряжения);

– системы измерения, в которую входили: вычислительный блок и интерфейсные платы.

Проведены измерения тока, фотосигнала и шума экспериментальных устройств: МФЧЭ-01 и МФЧЭ-02 средневолнового ИК диапазона спектра (диаграммы распределения тока по элементам матриц представлены на рисунке 8 а, б).

Достижение высоких параметров МФПУ барьерного типа гарантируется как качеством исходных гетероструктур КРТ, так и технологией изготовления МФЧЭ, БИС и гибридной сборки на их основе по разработанному технологическому маршруту. Фотоэлектрические параметры барьерных МФПУ формата 64×64 элементов с шагом 40 мкм средневолнового ИК диапазона спектра на основе *n*B*n*-гетероструктур CdHgTe представлены в таблице 3.



а) МФЧЭ-01 *б*) МФЧЭ-02

Рис. 8. Распределение тока по МФЧЭ формата 64×64 элементов с шагом 40 мкм на основе барьерных nBn-гетероструктур CdHgTe MWIR-диапазона

Таблица 3

Фотоэлектрические параметры барьерных МФПУ формата 64×64 элементов с шагом 40 мкм средневолнового ИК диапазона спектра на основе nBn-гетероструктур CdHgTe

№ ФПУ	Фотоэлектрические параметры (800K, $T_{нак}$=0,3мс)		
	Вольтовая чувствительность, S_u, В/Вт	Шум N, мкВ	Обнаружительная способность D^*, смГц$^{1/2}$Вт$^{-1}$
МФЧЭ-01	$0{,}42\times10^8$	0,33	$0{,}67\times10^{11}$
МФЧЭ-02	$0{,}62\times10^8$	0,31	$0{,}75\times10^{11}$

Среднее значение обнаружительной способности для МФЧЭ-01 составило $D^*_{ср} = 0{,}67\times$ $\times10^{11}$ смВт$^{-1}$Гц$^{1/2}$. Среднее значение вольтовой чувствительности S_u по элементам МФЧЭ-01 составило $S_{uср} = 0{,}42\times10^8$ В/Вт. Среднее значение обнаружительной способности для МФЧЭ-02 составило $D^*_{ср} = 0{,}75\times10^{11}$ смВт$^{-1}$Гц$^{1/2}$. Среднее

значение вольтовой чувствительности S_u по элементам МФЧЭ-02 составило $S_{ucp} = 0{,}62 \times 10^8$ В/Вт.

Полученные значения основных фотоэлектрических параметров подтверждают возможность создания МФПУ на основе *n*В*n*-гетероструктур CdHgTe со сверхрешетками в качестве барьеров, а также правильность путей отработки технических и конструктивно-технологических решений их изготовления. Для дальнейшего улучшения основных параметров МФПУ необходима оптимизация архитектур чувствительного элементов и доработка технологии изготовления МФЧЭ на основе *n*В*n*-гетероструктур CdHgTe со сверхрешетками в качестве барьеров.

4. Заключение

В работе представлены перспективные *n*В*n*-архитектуры на основе CdHgTe со сверхрешетками в качестве барьеров, экспериментально исследованы фотоэлектрические и спектральные характеристики, изготовленных на их основе МФПУ.

Получены следующие результаты. Длинноволновая граница спектральной характеристики фоточувствительности составила у тестовых элементов экспериментальных образцов МФЧЭ-01 и МФЧЭ-02: $\lambda_{д0,5} = 4{,}45$ мкм и $\lambda_{д0,5} = 4{,}75$ мкм, она сформирована выбором состава x соединения $Hg_{1-x}Cd_xTe$ (КРТ), а коротковолновая граница составила порядка $\lambda_{к0,5} = 2{,}60$ мкм, она определялась поглощением излучения в варизонном слое *n*В*n*-гетероструктуры. Значение обнаружительной способности составило ~ 10^{11} смВт$^{-1}$Гц$^{1/2}$; вольтовой чувствительности ~ 10^8 В/Вт.

Полученные значения основных фотоэлектрических параметров подтверждают возможность создания МФПУ на основе *n*В*n*-гетероструктур CdHgTe со сверхрешетками в качестве барьеров, а также правильность путей отработки технических и конструктивно-технологических решений их изготовления. Таким образом, *n*В*n*-гетероструктуры с барьерами на основе сверхрешеток представляют собой перспективное направление для создания следующего поколения ИК-ФПУ, способных работать в двух ключевых спектральных диапазонах. Однако для полного раскрытия их потенциала требуется дальнейшая технологическая оптимизация.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-62-10021, https://rscf.ru/project/23-62-10021/.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Болтарь К. О., Бурлаков И. Д., Яковлева Н. И., Седнев М. В., Трухачев А. В., Иродов Н. А., Лопухин А. А., Пермикина Е. В., Войцеховский А. В., Горн Д. И., Михайлов Н. Н.* / Прикладная физика. 2025. № 1. С. 38–44.

2. *Войцеховский А. В., Горн Д. И.* / Прикладная физика. 2016. № 4. С. 83–86.

3. *Kopytko M. et al.* / J. Electron. Mater. 2015. Vol. 44. № 1. P. 158–166.

4. *Rogalski A., Martyniuk P., Kopytko M., Hu W.* / Appl. Sci. 2021. Vol. 11. P. 501.

5. *Akhavan N. D., Umana-Membreno G. A., Jolley G., Antoszewski J., Faraone L.* / Appl. Phys. Lett. 2014. Vol. 105. № 12.

6. *Войцеховский А. В., Дзядух С. М., Горн Д. И., Дворецкий С. А., Михайлов Н. Н., Сидоров Г. Ю., Якушев М. В.* / Прикладная физика. 2022. № 3. P. 37–42.

7. *Болтарь К. О., Корнеева М. Д., Мезин Ю. С., Седнев М. В.* / Прикладная физика. 2011. № 1. С. 96–100.

PACS: 42.79.Pw, 85.60.Gz, 07.57.Kp, 85.60.Dw

Investigation of MWIR HgCdTe Barrier Photodetector Structures with superlattices as barriers

K. O. Boltar[1,2], I. D. Burlakov[1,3], N. I. Iakovleva[1*], A. V. Trukhachev[1], N. A. Irodov[1], A.V. Voitsekhovskii[4], D. I. Gorn[4], and N. N. Mikhailov[5]

[1] *RD&P Center ORION, JSC, Moscow, 111538 Russia*
[*] *E-mail: niiakovleva@mail.ru*

[2] *Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region, 141701 Russia*
[3] *MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia*
[4] *National Research Tomsk State University, Tomsk, 634050 Russia*
[5] *Rzhanov Institute of Semiconductor Physics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, 630090 Russia*

Received 05.10.2026; revised 20.10.2026; accepted 22.10.2026

MWIR CdHgTe photodetector structures based on nBn-architectures with HgTe/CdHgTe superlattices as barriers have been created and studied. New technological approaches have been identified for further improvement of surface protection methods for complex architectures and improvement of their characteristics. The volt-ampere and spectral characteristics, as well as the performance of the experimental samples have been measured and investigated.

Keywords: unipolar photodetector, *n*B*n*-heterostructure, MWIR, HgCdTe, MCT, Focal Plane Array (FPA), spectral response.

REFERENCES

1. Boltar K. O., Burlakov I. D., Iakovleva N. I., Sednev M. V., Trukhachev A. V., Irodov N. A., Lopukhin A. A., Permikina E. V., Voitsekhovskii A. V., Gorn D. I., and Mikhailov N. N., Applied Physics, № 1, 38–44 (2025) [in Russian].
2. Voitsekhovskii A. V. and Gorn D. I., Applied Physics, № 4, 83–86 (2016) [in Russian].
3. Kopytko M. et al., J. Electron. Mater., **44** (1), 158–166 (2015).
4. Rogalski A., Martyniuk P., Kopytko M., and Hu W., Appl. Sci., **11**, 501 (2021).
5. Akhavan N. D., Umana-Membreno G. A., Jolley G., Antoszewski J., and Faraone L., Appl. Phys. Lett., **105** (12), (2014).
6. Voitsekhovskii A. V., Dzyadukh S. M., Gorn D. I., Dvoretskii S. A., Mikhailov N. N., Sidorov G. Yu., Yakushev M. V., Applied Physics, № 3, 37–42 (2022) [in Russian].
7. Boltar K. O., Korneeva M. D., Mezin Yu. S., and Sednev M. V., Applied Physics, № 1, 96–100 (2011) [in Russian].

Об авторах

Болтарь Константин Олегович, д.ф.-м.н., директор по прикладным разработкам, АО «НПО «Орион» (111538, Москва, Россия); Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) (141701, Московская обл., г. Долгопрудный, Россия). E-mail: boltarko@yandex.ru SPIN-код: 9249-2720, AuthorID: 171355

Бурлаков Игорь Дмитриевич, д.т.н., профессор, заместитель генерального директора по инновациям и науке, АО «НПО «Орион» (111538, Москва, Россия); МИРЭА – Российский технологический университет (119454, Москва, Россия). SPIN-код: 6042-3634, AuthorID: 171368

Яковлева Наталья Ивановна, д.т.н., главный научный сотрудник НТЦ МФЭ, АО «НПО «Орион» (111538, Москва, Россия). E-mail: niiakovleva@mail.ru SPIN-код: 1077-9113, AuthorID: 602076

Трухачев Антон Владимирович, начальник отдела матричных технологий, АО «НПО «Орион» (111538, Москва, Россия). E-mail: orionmoscow@mail.ru

Иродов Никита Александрович, к.т.н., начальник участка НТЦ МФЭ, АО «НПО «Орион» (111538, Москва, Россия).

Войцеховский Александр Васильевич, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой, Томский государственный университет (634050, г. Томск, Россия). E-mail: vav43@mail.tsu.ru SPIN-код: 2257-4512, AuthorID: 4641

Горн Дмитрий Игоревич, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Томский государственный университет (634050, г. Томск, Россия). E-mail: gorn_dim@sibmail.com SPIN-код: 4514-3163, AuthorID: 724442

Михайлов Николай Николаевич, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник, Институт физики полупроводников СО РАН (630090, г. Новосибирск, Россия). E-mail: mikhailov@isp.nsc.ru SPIN-код: 3449-3155, AuthorID: 107682