

Характеристики матриц *p-i-n*-фотодиодов из AlGaN фотоприемных устройств ультрафиолетового диапазона

К.О. Болтарь^{1,2}, И.Д. Бурлаков¹, М.В. Седнев¹, Н.И. Яковлева¹

*Изготовлены и исследованы матрицы чувствительных элементов на основе *p-i-n*-фотодиодов из AlGaN формата 320×256 элементов с шагом 30 мкм и размером фоточувствительной площадки 20×20 мкм² для подтверждения возможности создания матричных ультрафиолетовых фотоприемных устройств. Качество *p-i-n*-фотодиодов оценивалось по измерению вольтамперных характеристик. Темновые токи, измеренные между разделенными элементами в мезаструктуре, составили менее $\leq 10^{-13}$ А, а сопротивление более $\geq 10^{12}$ Ом·см.*

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

Ключевые слова: AlGaN, GaN, ультрафиолетовый спектральный диапазон, гетероэпитаксиальные структуры, *p-i-n*-фотодиод, матрица фоточувствительных элементов, матричное фотоприемное устройство, МФПУ.

Введение

За многолетний период развития матричных фотоприемных устройств (МФПУ) военного и гражданского назначения, работающих в видимой и в инфракрасной (ИК) областях спектра, были выявлены некоторые особенности, которые ограничивают область их применения. Одним из негативных факторов является высокий уровень фона, возникающий вследствие засветки солнечным излучением, тепловым излучением земной поверхности, а также тепловым нагревом элементов конструкции самого прибора. Другим фактором, ограничивающим возможности ИК-фотоприемников, является эффективное противодействие в виде создания ИК-помех. Указанные недостатки заставляют разработчиков оптико-электронной аппаратуры слежения за целями использовать ультрафиолетовый (УФ) диапазон спектра, переход на который дает дополнительные преимущества, а именно, точно идентифицировать цель на уровне помех, существенно по-

высить разрешающую способность системы, обусловленную более короткой длиной волны, наблюдать УФ-источники света, которые не излучают в других спектральных диапазонах.

В настоящее время большое внимание в мире уделяется технологии производства ультрафиолетовых фотоприемных модулей на основе гетероэпитаксиальных двойных и тройных соединений нитридов AlGaN/GaN/InGaN с параметрами, близкими к теоретическому пределу. Благодаря своим уникальным свойствам полупроводниковые тройные соединения AlGaN являются одним из перспективных материалов для обнаружения в УФ-диапазоне спектра [1, 2]. Его основные коммерческие и военные применения включают мониторинг атмосферы, УФ-астрономию, детектирование возгораний, медицину, предупреждение об опасности ракетного нападения, обнаружение компонентов биологического и химического оружия и многое другое.

Гетероэпитаксиальные соединения на основе нитридов AlGaN/GaN имеют ряд особенностей, которые необходимо учитывать при конструировании фотоприемников. Коэффициенты преломления, постоянные решеток и значения ширины запрещенной зоны при комнатных температурах отдельных слоев, составляющих гетероэпитаксиальную структуру, различаются весьма существенно в энергетическом диапазоне от 3,4 эВ (GaN) до 6,2 эВ (AlN). Благодаря столь широкому диапазону значений энергии запрещенной зоны группа III-N нитридов перекрывает большой спектральный диапазон длин волн, а именно, от ультрафиолетового до ближнего инфракрасного.

Болтарь Константин Олегович, начальник НТК¹, профессор².

Бурлаков Игорь Дмитриевич, зам. генерального директора по инновациям и науке¹.

Седнев Михаил Васильевич, начальник участка¹.

Яковлева Наталья Ивановна, зам. начальника НИЦ¹.

¹ОАО «НПО «Орион»».

Россия, 111396, Москва, шоссе Энтузиастов, 46/2

Тел.: (499) 374-81-30. E-mail: orion@orion-ir.ru

²Московский физико-технический институт.

Россия, 141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

Статья поступила в редакцию 27 марта 2013 г.

© Болтарь К.О., Бурлаков И.Д., Седнев М.В., Яковлева Н.И., 2013

При этом структуры на основе слоев AlGaIn/GaN с небольшим изменением мольного состава могут выращиваться методами осаждения из металлорганических соединений (МОС), методом газофазной эпитаксии (ГФЭ), методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) практически без дефектов при условии, что выполняются определенные режимы выращивания, главным из которых является наличие структурно совершенной подложки с близкой кристаллической решеткой.

Для УФ-применений на сегодняшний день разработаны: фоторезисторы [3], диоды Шоттки [4–6], фотодиоды на основе $p-n$ -переходов [7], $p-i-n$ -фотодиоды, лавинные фотодиоды и фототранзисторы. Приборы, основанные на нитридных соединениях, привлекательны благодаря высоким напряжениям пробоя и высоким скоростям носителей заряда, что приводит к возможности быстрого преобразования оптического сигнала в электрический при высоких температурах детектирования [8]. Наиболее перспективными фотоприемными устройствами считаются матрицы $p-i-n$ -фотодиодов на основе гетероэпитаксиальных соединений (ГЭС) AlGaIn/GaN, позволяющие реализовать наибольшие значения обнаружительной способности и вольтовой чувствительности в заданном спектральном диапазоне.

Целью данной работы было исследование возможности создания на основе $p-i-n$ -фотодиодов из AlGaIn ультрафиолетовых МФПУ формата 320×256 элементов с шагом 30 мкм и размером фоточувствительной площадки 20×20 мкм².

Гетероструктуры AlGaIn/GaN

Качество гетероструктур AlGaIn/GaN зависит от структурного совершенства оптически прозрачных подложек. Доступность высококачественных подложек большого диаметра до сих пор является одной из проблем при проектировании и изготовлении фоточувствительных устройств на основе нитридов. Требования к оптически прозрачным подложкам включают:

- согласование кристаллических решеток подложки и эпитаксиальных слоев;
- близость коэффициентов термического расширения;
- электрическую изоляцию подложки при различных температурах;
- приемлемую стоимость квадратного сантиметра;
- кристаллическое совершенство и остаточную плотность дефектов;
- остаточные деформации и неплоскостность;
- механические и химические свойства, возможность утоньшения и химической обработки.

Наиболее удобной и кристаллически близкой по постоянной решетки подложкой для группы нитридов является двойное соединение нитрида галлия GaN. Но, к сожалению, данная подложка не годится для гибридных сборок, состоящих из матрицы фоточувствительных элементов (МФЧЭ) и кремниевой БИС считывания, освещаемых с тыльной стороны, т.к. данная подложка поглощает УФ-излучение в требуемом спектральном диапазоне. Кроме этого, на сегодняшний день существуют определенные трудности в получении монокристаллических GaN-подложек заданных размеров, хотя плотность дислокаций, получаемая при их выращивании, составляет порядка 10^5 см⁻². В связи с этим разработчиками предпринимаются многочисленные попытки выращивания эпитаксиальных фоточувствительных и буферных слоев AlGaIn/GaN на альтернативных подложках, таких как сапфир и карбид кремния. Сапфировые подложки прозрачны в областях спектра поглощения нитридов и обеспечивают необходимые возможности для детектирования ультрафиолетового излучения фотоприемниками, освещаемыми со стороны подложки. Они недороги, обладают малым количеством структурных дефектов, необходимыми размерами и качеством поверхности для выращивания. Выращивание гетероструктур на альтернативных полупроводниковых подложках приводит к тому, что плотность дислокаций возрастает по сравнению с собственной гомоподложкой из GaN до $10^7 - 10^9$ см⁻², в связи с чем возникает необходимость поиска технологических решений для уменьшения плотности дислокаций и улучшения структурного совершенства буферных и рабочих слоев, входящих в структуру AlGaIn. Для уменьшения плотности дислокаций целесообразно использовать темплеты на основе соединений GaN/AlN.

По чувствительности в ультрафиолетовом спектральном диапазоне длин волн ГЭС AlGaIn подразделяются на два типа: видимо-слепые (ВС) и солнечно-слепые (СС) [9]. Видимо-слепые ФПУ поглощают излучение в средневолновом УФ-диапазоне ($\lambda = 0,28 - 0,315$ мкм), солнечно-слепые – в коротковолновом ($\lambda = 0,20 - 0,28$ мкм). В связи с этими требованиями мольная доля нитрида алюминия в рабочем слое AlGaIn для СС- и ВС-структур сильно отличается. В данной работе исследовались гетероэпитаксиальные структуры AlGaIn как ВС-, так и СС-диапазонов, а также характеристики матриц $p-i-n$ -фотодиодов на их основе.

Состав и порядок расположения слоев, образующих $p-i-n$ -фотодиоды на основе ГЭС AlGaIn ВС- и СС-диапазонов, представлены на рис. 1.

Контактный слой GaN p ⁺ -типа	Контактный слой GaN p ⁺ -типа
Фотодиодный слой GaN p-типа	Фотодиодный слой Al _{0,45} Ga _{0,55} N p-типа
Поглощающий слой GaN n ⁻ -типа	Поглощающий слой Al _{0,45} Ga _{0,55} N n ⁻ -типа
Фильтрующий слой Al _{0,23} Ga _{0,77} N n ⁺ -типа	Фильтрующий слой Al _{0,64} Ga _{0,36} N n-типа
Буферные слои AlN (GaN)	Буферные слои AlN (GaN)
Оптически прозрачная подложка из сапфира Al ₂ O ₃	Оптически прозрачная подложка из сапфира Al ₂ O ₃

а) Видимо-слепая (BC) ГЭС AlGaN

б) Солнечно-слепая (CC) ГЭС AlGaN

Рис. 1. Состав и порядок расположения слоев в ГЭС AlGaN:

а) видимо-слепая ГЭС AlGaN;

б) солнечно-слепая ГЭС AlGaN

Представленные здесь *p-i-n*-структуры на основе соединений GaN/AlGaN включают полупроводниковые слои *n*-, *i*- и *p*-типов проводимости, которые выполняют различные функции при функционировании прибора, а именно, фильтрацию, детектирование излучения, выделение области спектральной чувствительности.

Исследования характеристик поверхности

Проведены исследования состояния поверхности и структурного совершенства ГЭС AlGaN методами микроскопии высокого разрешения, спектроскопии и дифрактометрии. Исследование поверхности ГЭС-структур AlGaN, выращенных МОС-методом, проводилось методом высокоразрешающей микроскопии. На рис. 2 представлены изображения образцов ГЭС-структур соединений AlGaN. Исследования образцов показали, что поверхностные загрязнения и дефекты в центральной части пластин незначительны. У некоторых образцов обнаружены крупные дефекты, имеющие фор-

мы кругов (рис. 2, а–в). Размер крупных дефектов составляет 100–150 мкм. Обнаружены также дефекты, имеющие зернистую структуру и углубление в центре. Размер таких дефектов составляет ~ 50 мкм. В центре пластин обнаружено скопление мелких дефектов размером ~ 5 мкм (рис. 2, г).

Метод дифференциально-интерференционного контраста (ДИК) микроскопии Номарского позволил изучить кристаллическую структуру поверхности образцов подробнее. Исследования показали, что поверхность большинства образцов тройных соединений нитридов имеет ячеистую структуру в форме шестигранников (рис. 3), что можно связать с разориентацией поликристаллических образований материала.

Шестигранная ячеистая структура образцов наследуется от кристаллической гексагональной структуры сапфировых подложек, на которых проводилось выращивание соединений AlGaN/GaN. Элементарные ячейки кристаллической решетки сапфира представлены на рис. 4.

Элементарные ячейки представлены многогранниками (рис. 4, а) Переконструированная базовая плоскость *C* в перспективе представлена на рис. 4, б. Поверхности, вдоль которых обычно выполняют эпитаксиальное выращивание нитридов, включают плоскости (0 0 0 1) и (1 1 0 0). Контроль полярности сапфира зависит от условий роста, при этом возможна инверсия доменообразования. Сапфир существует в двух модификациях: ромбоэдрическая с объемом элементарной ячейки 84,929 Å и гексагональная с объемом 254,792 Å. Таким образом, гексагональный характер поверхности образцов AlGaN наследуется из кристаллической структуры сапфировой подложки.

Исследования гетероэпитаксиальных структур AlGaN/GaN методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) подтверждает наличие ячеистой структуры поверхности пластин. Изображения, полученные методом АСМ, приведены на рис. 5.

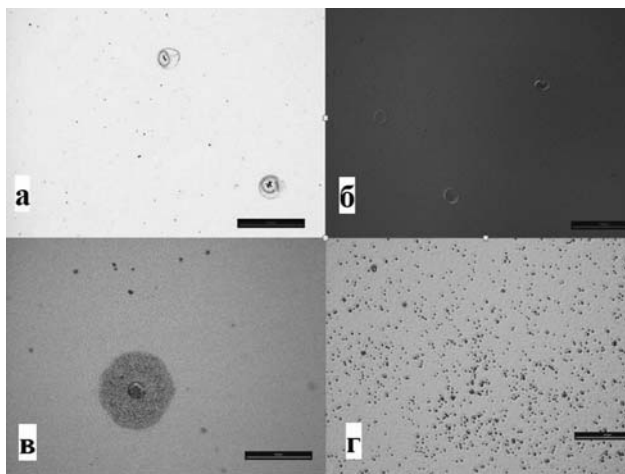


Рис. 2. Результаты исследования поверхности ГЭС-структур AlGaN методом высокоразрешающей микроскопии:

а) крупные дефекты в режиме светлого поля; б), в) крупные дефекты в режиме ДИК;

г) мелкие дефекты в режиме ДИК.

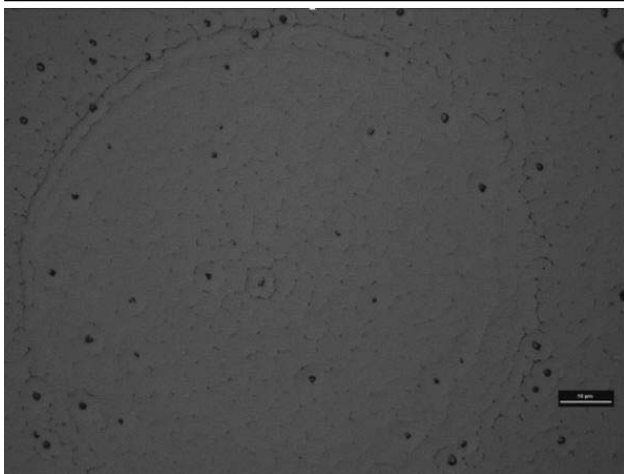


Рис. 3. Ячеистая структура поверхности образца AlGaIn/GaN

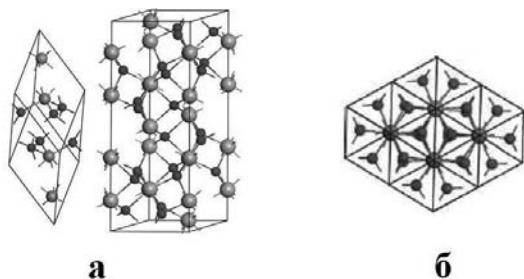


Рис. 4. Элементарные ячейки кристаллической решетки сапфира:

- а) трехмерное изображение элементарной ячейки;
б) двумерное изображение ячейки в виде шестигранника

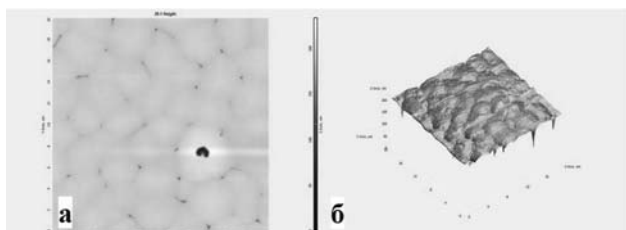


Рис. 5. АСМ-изображения поверхности эпитаксиальных структур AlGaIn/GaN:

- а) двумерное изображение; б) трехмерное изображение.

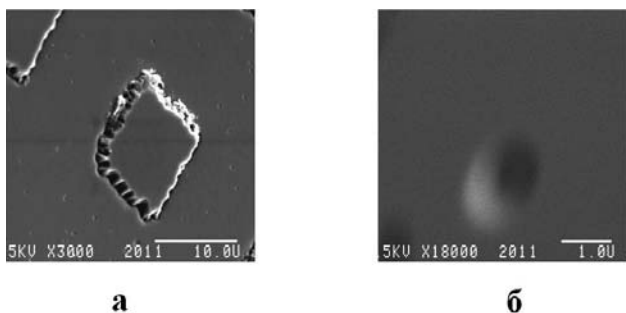


Рис. 6. Поверхность структуры AlGaIn после операции сухого ионного травления с выходом дислокаций на поверхность пластины: а) фрагмент топологии; б) ямка травления в месте выхода дислокации.

Среднее значение нанощероховатости поверхности исследуемой структуры составило 3,651 нм, что подтверждает достаточно высокое качество поверхности пластины.

Кривые качания пластин AlGaIn исследовались методом дифрактометрии высокого разрешения. Ширина пика кривой дифракционного отражения составила $\sim 0,3^\circ$. Кривые качания в разных точках пластины имеют разную ширину, что говорит о неоднородности распределения поликристаллов с различной ориентацией решетки по поверхности.

Формирование фотоприемных матриц $p-i-n$ -фотодиодов на основе гетероструктур AlGaIn/GaN

Разделение и изоляция отдельных фоточувствительных элементов является одним из основных процессов формирования матриц чувствительных элементов на основе ГЭС AlGaIn с $p-i-n$ -переходами. Активные слои полупроводниковой структуры должны быть физически разделены до изолирующего фильтрующего слоя GaIn (AlGaIn) n -типа проводимости.

Группа нитридов известна своей необыкновенной химической стабильностью, характерной чертой которой является сложность производства приборов на основе данных соединений. Многочисленные исследования группы нитридов [10–13] показали, что операции по формированию мезоструктур невозможны методами жидкостного травления, и поэтому они проводятся с помощью сухого плазменного или ионного травления. При этом для получения гладких поверхностей и резких границ боковых поверхностей при высоких скоростях травления требуется высокая плотность плазмы или активных воздействующих ионов.

Сухой способ формирования МФЧЭ также не лишен недостатков. Так, имеется вероятность возникновения дефектов за счет ионного воздействия при получении гладких боковых поверхностей (рис. 6, а), а также за счет большого количества дислокаций в слоях AlGaIn на поверхности мезоструктуры в виде характерных ямок в местах выхода дислокаций на поверхность (рис. 6, б).

Высокое количество дислокаций в структурах AlGaIn/GaN является одним из основных недостатков процесса выращивания данного полупроводникового материала. При попадании дислокации на границу раздела перехода формируется дефект, который приводит к возникновению токов утечки. Расчеты показывают, что при периметре мезоструктуры $4 \times 20 = 80$ мкм и размере ямки травления 0,5 мкм вероятность выхода дислокации на границу $p-n$ -перехода составляет $\sim 0,4$, что приводит к необходимости пассивации периметра

мезаструктуры для уменьшения числа дефектных элементов.

Для формирования матриц $p-i-n$ -фотодиодов на основе ГЭС-соединений AlGaIn заданных формата, размеров чувствительных элементов и шага проведена разработка технологического процесса сухого травления, обеспечивающего достижение анизотропных, селективных, высокоточных и эффективно контролируемых морфологий поверхности и стехиометрии. В частности, одним из примененных в данной работе направлений совершенствования пассивации поверхности и удаления непротравленных участков при изготовлении мезаструктур являлось использование дополнительного жидкостного травления [14–18] по электрохимической схеме, что позволило получить менее дефектные и достаточно структурно совершенные поверхности.

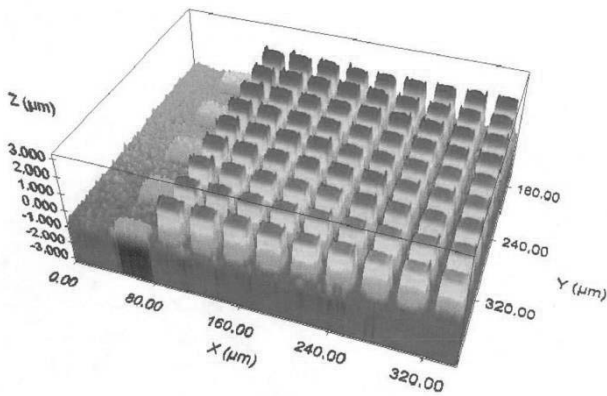


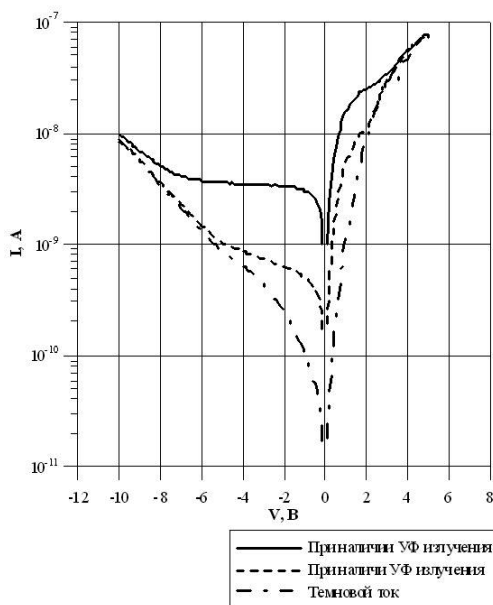
Рис. 7. Фрагмент матрицы чувствительных элементов, изготовленной по мезотехнологии на основе ГЭС из AlGaIn.

На рис. 7 представлены результаты формирования мезаструктуры в ГЭС на основе AlGaIn с помощью установки сухого реактивного ионного травления с последующим применением электрохимического жидкостного травления.

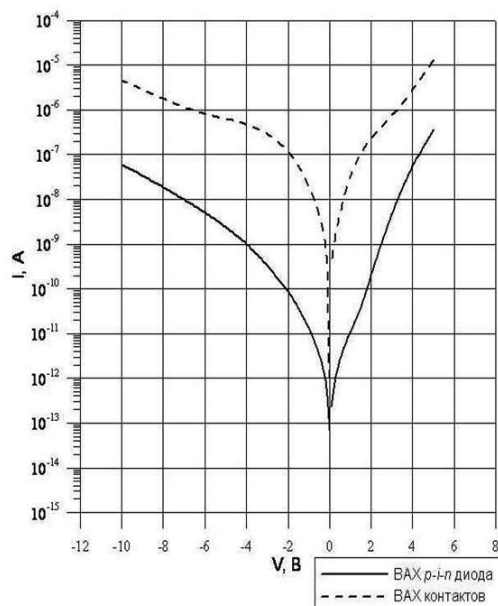
Матрицы фоточувствительных элементов на основе нитридов изготавливались по технологии, разработанной в ОАО «НПО «Орион» на основе ГЭС-слоев GaN/AlGaIn, выращенных методами осаждения из металлоорганических соединений. На элементах матрицы и по периферии кристалла были сформированы металлические контакты: Ni/Au – для $p-i-n$ -фотодиодов к слою p^+ -типа проводимости и Ti/Al – для базового слоя n -типа проводимости. Качество контактов и фотодиодов матрицы исследовались по измерению вольт-амперных характеристик (ВАХ). Типичные вольт-амперные характеристики фотодиодов и контактов для матриц фоточувствительных элементов на основе нитридов формата 320×256 элементов с шагом 30 мкм и размером фоточувствительной площадки 20×20 мкм² видимо-слепого УФ-диапазона представлены на рис. 8.

Из вышеприведенных ВАХ следует, что изготовленные МФЧЭ работоспособны в широком диапазоне обратных напряжений смещения, т.е. от 0 до -6 В. При больших значениях обратных напряжений смещения ток изменяется нелинейно. Темновые токи, измеренные между разделенными элементами в ВС- и СС-мезаструктурах, составили менее 10^{-13} А, а сопротивление более $35 \cdot 10^{12}$ Ом·см.

Спектральная характеристика элемента ВС-матрицы типична для фотодиодов, изготовленных



а)



б)

Рис. 8. Типичные вольт-амперные характеристики ВС МФЧЭ на основе ГЭС AlGaIn: а) ВАХ фотодиода без и при наличии УФ-излучения; б) ВАХ фотодиода и контакта

в структурах GaN. Спектральная характеристика для элемента СС-матрицы фотодиодов формата 320×256 элементов с шагом 30 мкм представлена на рис. 9.

Для считывания сигнала с матриц ФЧЭ на основе AlGaIn использовалась кремниевая БИС считывания с входной ячейкой, выполненной на основе емкостного трансимпедансного усилителя (СТИА) в отличие от ФПУ средневолнового и длинноволнового ИК-диапазонов спектра, в которых применяется схема входной ячейки прямой инжекции (DI). Применение данного типа входной ячейки обусловлено низкими темновыми токами и низким уровнем шума $p-i-n$ -фотодиодов из AlGaIn. По сути, в настоящее время уровень шумов ФПУ определяется шумом БИС считывания, а не собственным шумом AlGaIn-фотодиодов.

Оценка параметров ультрафиолетового фотоприемного модуля

Особое внимание при конструировании ультрафиолетового фотоприемного модуля (УФМ) на основе AlGaIn уделялось расчетам уровня шума БИС и его влиянию на выходные параметры прибора. Проведены оценки фонового шума, собственного шума БИС считывания и шума дифференциального сопротивления фоточувствительного элемента УФМ в рабочей точке по формулам:

– фоновый шум

$$Q_{ш\text{ фон}} = \sqrt{\frac{2C_{\text{int}} \cdot V_c}{q}} \approx 450 \text{ электронов при}$$

$$C_{\text{int}} = 10 \text{ фФ}, V_c = 1,5 \text{ В};$$

– собственный шум БИС считывания

$$Q_{ш\text{ БИС}} = \sqrt{kTC_{\text{int}}} \approx 40 \text{ электронов при}$$

$$C_{\text{int}} = 10 \text{ фФ};$$

– тепловой шум дифференциального сопротивления МФЧЭ в рабочей точке

$$Q_{ш R_o} = \sqrt{\frac{4kT}{R_o} \cdot \frac{1}{2t_{\text{int}}}} \leq 40 \text{ электронов при}$$

$$t_{\text{int}} \geq 55 \text{ мс, что соответствует кадровой частоте } 18 \text{ Гц.}$$

Таким образом, на частоте менее 18 Гц основной вклад в шум УФМ определяется дифференциальным сопротивлением МФЧЭ, а удельная обнаружительная способность D^* может быть определена по формуле

$$D^* = \frac{\lambda}{hc} \sqrt{\left(\frac{4kT}{R_o}\right)} \cdot q\eta \sqrt{A_{\text{фн}}} \approx 1,1 \cdot 10^{13} \text{ см} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{Гц}^{1/2}.$$

При увеличении кадровой частоты выше 18 Гц шум УФМ будет определяться шумом БИС считывания. Для достижения высоких значений D^* необходимо уменьшить собственный шум БИС считывания, например, введением в схему БИС входную ячейку с двойной коррелированной выборкой (ДКВ) [19].

Проведенные оценки подтверждают возможность достижения высоких значений удельной обнаружительной способности $D^* \geq 1 \cdot 10^{13} \text{ см} \cdot \text{Вт}^{-1} \cdot \text{Гц}^{1/2}$ при необходимости выполнения следующих исходных условий: высокое качество исходных гетероэпитаксиальных структур AlGaIn, отработанность технологического процесса изготовления фотодиодных УФ-матриц и высокое совершенство кремниевых интегральных схем считывания, построенных по схеме ДКВ.

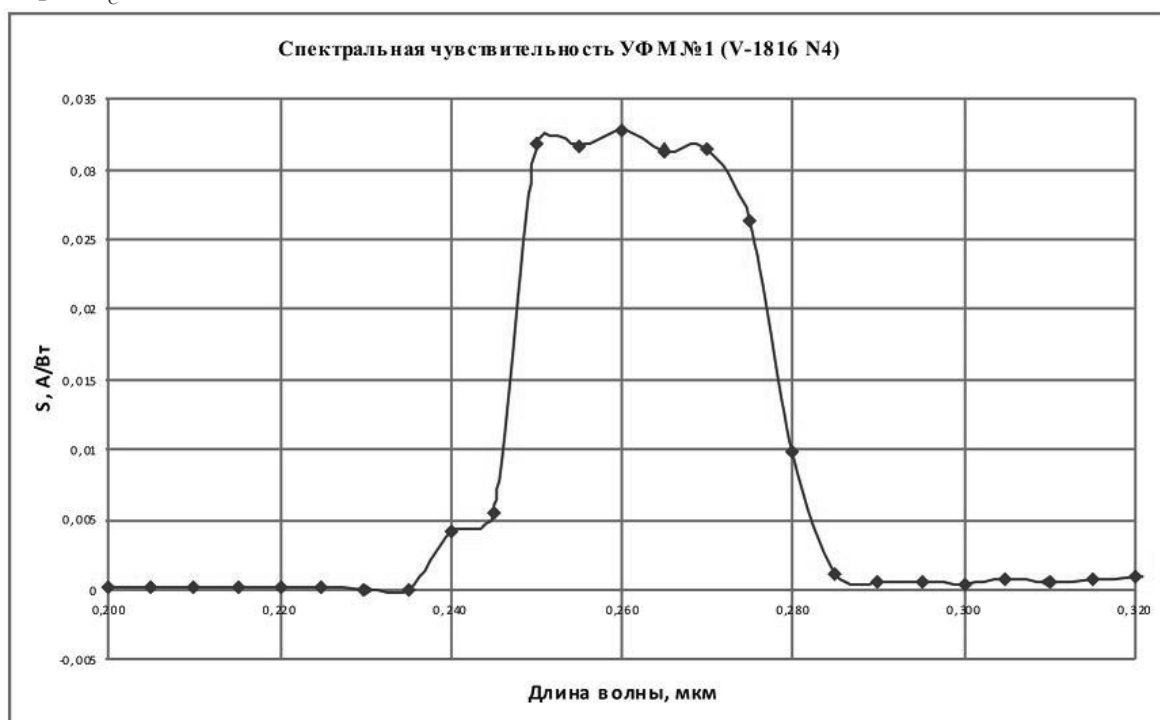


Рис. 9. Спектральная характеристика чувствительности

Заключение

Исследованы характеристики ГЭС AlGaIn фотодиодных матриц видимо-слепого и солнечно-слепого УФ-диапазонов. Изготовлены и исследованы матрицы чувствительных элементов формата 320×256 элементов на основе *p-i-n*-фотодиодов из AlGaIn. Гетероэпитаксиальные структуры нитридов AlGaIn/GaN выращивались на сапфировых подложках методом монокристаллической эпитаксии (MOCVD), методом эпитаксии из газовой фазы (HVPE), методом МЛЭ (МВЕ). Для считывания фотосигнала с матриц *p-i-n*-фотодиодов использовалась БИС считывания на основе трансимпедансного усилителя с емкостной обратной связью. Качество *p-i-n*-фотодиодов оценивалось по измерению вольтамперных характеристик. Темновые токи, измеренные между разделенными элементами в мезаструктуре составили менее $\leq 10^{-12}$ А, а сопротивление более $\geq 10^{12}$ Ом·см. Проведенные оценки обнаружительной способности D^* для солнечно-слепых и видимо-слепых ФПУ подтверждают возможность достижения удельной обнаружительной способности $D^* \geq 1 \cdot 10^{13}$ см²·Вт⁻¹·Гц^{1/2}.

Литература

1. P. Lamarre etc., AlGaIn *p-i-n* Photodiode Arrays for Solar-Blind Applications. // Mat. Res. Soc. Symp. 2001, V. 639 © Materials Research Society.
2. M.B.Reine etc. // Proc. of SPIE. 2006. V. 6119. P. 611901-1.
3. M. A. Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, et al. // Appl. Phys. Lett. 1992. V. 60. P. 2917.
4. M. A. Khan, J. N. Kuznia, D. T. Olson, et al. // Appl. Phys. Lett. 1993. V. 63. P. 2455
5. O. Katz, V. Garber, B. Meyler, et al. // Appl. Phys. Lett. 2001. V.79. P. 1417.
6. O. Katz, G. Bahir, and J. Salzman // Appl. Phys. Lett. 2004. V. 84. P. 4092.
7. Q. Chen, M. A. Khan, C. J. Sun, and J. W. Yang, // Electron. Lett. 1995. V. 31. P. 1781.
8. I. Cohen, T. Zhu, L. Liu, et al. // R. Stall, in IEEE APEC, Austin. 2005. P. 311.
9. J.P. Long etc. // Opto-electronics Reviews. 2002. No. 10 (4). P. 251.
10. Pearton, S.J., Zolper, J.C., Shul, R.J. and Ren, F. // Journal of Applied Physics. 1999. V. 86. P. 1.
11. Shul, R.J., Kilcoyne, S.P., et al. // Applied Physics Letters. 1995. V. 66. P. 1761.
12. Molnar, B., Eddy, C.R., Jr and Doverspike, K. // Journal of Applied Physics. 1995. V. 76. P. 6132.
13. Vartuli, C.B., Pearton, S.J., Lee, J.W., et al. // Journal of the Electrochemical Society. 1996. V. 143. P. 3681.
14. Minsky, M.S., White, M. and Hu, E.L. // Applied Physics Letters. 1996. V. 68. P. 1531.
15. Lu, H., Wu, Z. and Bhat, I. // Journal of the Electrochemical Society. 1997. V. 144. P. L8.
16. Youtsey, C., Adesida, I., Romano, L.T. and Bulman, G. // Applied Physics Letters. 1998. V. 72. P. 560.
17. Adesida, I., Youtsey, C., Ping, A.T., et al. // MRS Internet Journal of Nitride. 1999.
18. Stocker, D.A., Schubert, E.F., Boutros, K.S. and Redwing, J.M. // MRS Internet Journal of Nitride Semiconductor Research. 1999. V. 4S1, G7.5; Stocker, D.A., Schubert, E.F., Boutros, K.S. and Redwing, J.M. (1999) Fabrication of smooth GaN-based laser facets. GaN and Related Alloys Symposium, Material Research Society, Warrendale, PA, p. G7.5.1/6.
19. Трищенко М.А. Фотоприемные устройства и ПЗС. – М: Радио и связь, 1992

Features of the UV 320x256 AlGaIn *p-i-n* FPAs

K.O. Boltar^{1,2}, I.D. Burlakov¹, M.V. Sednev¹, and N.I. Iakovleva¹

¹Orion Research-and-Production Association,
46/2 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia
E-mail: orion@orion-ir.ru

²Moscow Institute of Physics and Technology,
9 Institute al., Dolgoprudny, Moscow Region, 141700, Russia

The UV 320×256 AlGaIn FPAs on the basis of p-i-n photodiodes with 30 μm pitch and 20×20 μm area have been formed and investigated to approve the capability of UV imager creation. Performance of UV p-i-n photodiodes has been estimated by measuring the current-voltage characteristics. The dark currents of mesa structure elements were less than 10⁻¹³ A and resistance were more than 10¹² Ohm·cm.

Features of the UV 320x256 AlGaN *p-i-n* FPAs

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

Keywords: AlGaN, GaN, UV spectral range, heteroepitaxial structures, *p-i-n* photodiode, FPA.

Bibliography — 19 references

Received March 27, 2013