

Исследование фотоэлектрических характеристик диодов в макетных фоточувствительных пикселях для монолитного матричного ИК фотоприемника

© А.В. Сорочкин[†], В.С. Варавин, А.В. Предеин, И.В. Сабина, М.В. Якушев

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Новосибирск, Россия

(Получена 3 октября 2011 г. Принята к печати 10 октября 2011 г.)

Изготовлены тестовые фотодиоды, сформированные в виде разноплощадных мезоструктур размером от 30×30 до 100×100 мкм на основе структуры $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}/\text{Si}$ при $x = 0.235$, выращенной методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Измерены вольт-амперные характеристики диодов в темновом режиме и при засветке фоном. Проведено сравнение экспериментальных результатов с теоретическими расчетами. Установлено, что зависимость фототока и темнового тока фотодиода от размера мезоструктуры проявляется в диапазоне размеров мез от 30×30 до 80×80 мкм. При увеличении размера происходит уменьшение темнового тока и увеличение фототока. Обсуждаются механизмы, оказывающие влияние на поведение вольт-амперных характеристик.

1. Введение

В настоящее время твердый раствор $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ (КРТ) является одним из наиболее широко используемых полупроводников с изменяемой шириной запрещенной зоны для создания фотодетекторов, работающих в инфракрасной (ИК) области спектра. Основным направлением в производстве инфракрасных матриц фокальной плоскости (ИК МФП) на данный момент является гибридная технология, когда матрица фотодиодов на основе КРТ и кремниевая считывающая интегральная схема (мультиплексор) формируются отдельно, а затем диоды соединяются с ячейками мультиплексора поэлементно с помощью индиевых столбиков. Процесс гибридизации достаточно сложен, и чем больше количество элементов, тем сложнее избежать возникновения механических напряжений. Также при этом могут возникнуть паразитные емкости и сопротивления.

В настоящее время для выращивания пленок КРТ широко используются подложки CdZnTe , у которых коэффициент термического расширения сильно отличается от Si, что приводит к большим механическим напряжениям между матрицей детекторов и мультиплексором в процессе циклов нагрева и охлаждения. В результате появляются разрывы индиевых столбиков в гибридной сборке. Решением может являться переход от гибридной технологии к монолитной, когда фоточувствительные слои выращиваются непосредственно на поверхности кремниевого мультиплексора, в специально отведенных для этого окнах.

При создании полноформатных матриц важным фактором является физический размер матрицы. Чем меньше размер матрицы, тем более однородными параметрами она будет обладать. С другой стороны, при уменьшении размера единичного фоточувствительного элемента

(пикселя) пропорционально увеличивается сложность технологических процессов.

Технологический процесс создания монолитного фотоприемного устройства с использованием кремниевого мультиплексора состоит из нескольких ключевых этапов. Вначале выращивается пленка КРТ на кремниевой пластине, на которой заранее были изготовлены мультиплексоры. При этом в специально отведенных для роста участках на поверхности мультиплексора КРТ вырастает в виде монокристалла, а на остальной поверхности мультиплексора, закрытой защитным диэлектриком, образуется поликристаллический слой. Далее поликристаллический слой избирательно удаляется, оставляя монокристаллический КРТ в местах предполагаемых пикселей и открывая доступ к элементам схемы мультиплексора. Затем в оставшемся КРТ формируются $p-n$ -переходы, наносятся диэлектрические слои и создаются контактные дорожки между $p-n$ -переходами и элементами мультиплексора. В результате полученный монолитный ИК ФП будет образован из элементов, подобных представленному на рис. 1, а. Такая схема фотоприемника имеет ключевое отличие от фотоприемников на основе планарных структур — каждый пиксель имеет два независимых контакта, тогда как при гибридной сборке у матрицы фотодиодов есть один общий контакт к базе и по одному отдельному контакту к $p-n$ -переходу (рис. 1, б).

Цель данной работы заключается в исследовании фотоэлектрических характеристик макетных фоточувствительных пикселей в виде мезоструктур разной площади. Исследуемый объект представляет собой фотодиод, изготовленный по планарной технологии на поверхности мезоструктуры.

2. Методика эксперимента

Для исследования влияния размера мезоструктуры на фотоэлектрические характеристики диода был из-

[†] E-mail: alexandersm@mail.ru

Таблица 1. Измеренные характеристики КРТ непосредственно после роста (*n*-тип) и после отжига (*p*-тип)

Тип материала	Подвижность основных носителей заряда, $\text{см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	Концентрация основных носителей заряда, см^{-3}	Время жизни неосновных носителей заряда, нс
<i>n</i>	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{14}$	100
<i>p</i>	400	$1 \cdot 10^{16}$	10

готовлен специальный тестовый образец. Он представлял собой чередующиеся линейки мезаструктур со следующими размерами меж: 30×30 , 50×50 , 80×80 и 100×100 мкм. Мезы вытравливались в пленке $\text{Cd}_x\text{Hg}_{1-x}\text{Te}$ ($x = 0.235$; толщина пленки $d = 9.6$ мкм), выращенной методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложке Si(310).

После роста пленки имели электронный тип проводимости. Дырочный тип проводимости, обусловленный вакансиями ртути, был получен при изотермическом отжиге в атмосфере высокочистого гелия. Концентрации и подвижности основных носителей заряда, измеренные методом Холла, и времена жизни неосновных носителей

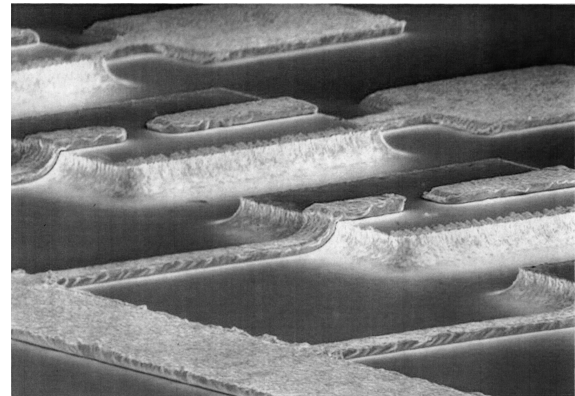
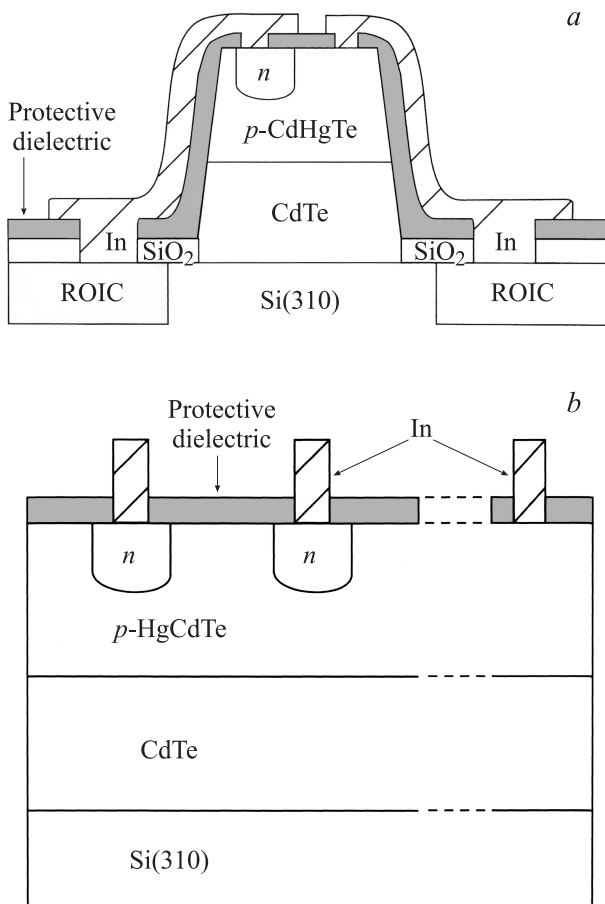


Рис. 2. Внешний вид фоточувствительных элементов.

Рис. 1. Расположение электрических контактов к *p*- и *n*-областям фотодиодов, выполненных по монолитной (*a*) и планарной (*b*) технологиям.

заряда, измеренные по спаду проводимости, до и после отжига представлены в табл. 1.

Размер легированной *n*-области при этом остается неизменным. Контакты к *p*-областям всех диодов были подсоединены к общей шине, а *n*-область каждого диода имела независимый контакт.

При создании тестового образца использовались стандартные технологические операции, применяемые при изготовлении планарных матричных фотодетекторов.

Для формирования *p-n*-перехода использовался метод ионной имплантации бора. Диаметр окна для имплантации составлял 10 мкм. Травление мезаструктур проводилось в растворе $\text{Br} + \text{HBr}$ на глубину 10 мкм. В качестве защитного диэлектрика использовался $\text{SiO}_2 + \text{Si}_3\text{N}_4$, нанесенный плазмохимическим осаждением с толщиной слоев 50 и 100 нм соответственно. В качестве контактного металла применялся индий, нанесенный методом взрывной фотолитографии. Толщина слоя In составляла 3 мкм, ширина контактной дорожки — 10 мкм. На рис. 2 представлено изображение фрагмента монолитного детектора.

Измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) производились в криогенном азотном термостате. Образец закреплялся на поверхности медного столика, основание которого охлаждалось жидким азотом. Рабочее пространство сверху ограничивалось медным экраном, частично погруженным в жидкий азот. Непосредственно

над столиком в экране находилось окно, перекрываемое охлаждаемой заслонкой. Один электрический контакт был постоянно подсоединен к базовой шине образца, второй контакт создавался путем опускания подвижного зонда на контакт к *n*-области выбранного диода. Измерения ВАХ производились как при закрытой заслонке, так и при открытой. Апертурный угол при открытой заслонке составлял примерно $\theta = 38^\circ$, температура фона была равна 293 К.

3. Результаты и обсуждение

Измерения вольт-амперных характеристик проводились в пределах небольшой области на образце, что позволило избежать эффектов, связанных даже с малой неоднородностью состава и толщины КРТ. Характеристики снимались при $T = 77\text{ К}$ с 30 мез каждого размера, расположенных в линейке. Типичные для каждой линейки вольт-амперные характеристики представлены на рис. 3.

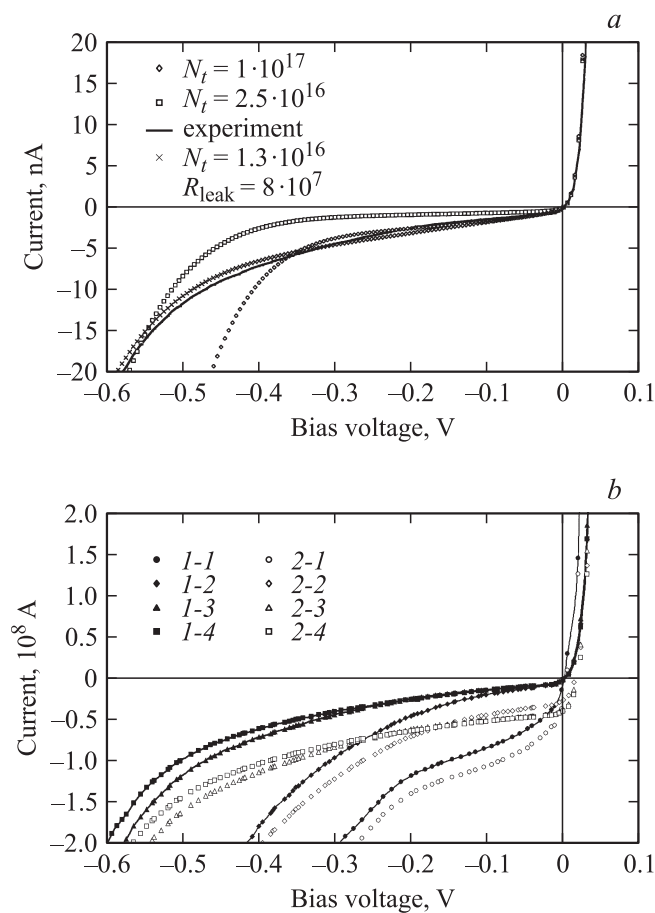


Рис. 3. ВАХ фотодиодов на основе мезаструктур различного размера (1-1, 1-2, 1-3, 1-4 — темновые ВАХ; 2-1, 2-2, 2-3, 2-4 — ВАХ при засветке для фотодиодов размером 30×30 , 50×50 , 80×80 и 100×100 мкм соответственно). Температура измерения 77 К.

Из рис. 3 видна явная зависимость темнового и фототока (граница токов при освещении и темнового) от размера фоточувствительного элемента. Кроме того, кривые имеют наклон в области обратных смещений менее 0.2 В, что говорит о сильном влиянии нефундаментальных составляющих темнового тока. При доминировании диффузионного механизма эта часть кривой не зависела бы от напряжения.

Темновая вольт-амперная характеристика фотодиода формируется в результате суперпозиции нескольких компонент тока, обусловленных различными механизмами. В качестве доминирующих в нашем случае можно выделить следующие механизмы:

- диффузионный ток,
- генерационно-рекомбинационный ток,
- туннельные токи (прямое межзонное туннелирование и туннелирование через ловушки),
- поверхностные токи.

Диффузионный ток — фундаментальный механизм токопереноса в фотодиодах на основе *p-n*-переходов. Полная плотность диффузионного тока определяется вкладом обоих типов носителей заряда с разных сторон *p-n*-перехода.

Генерационно-рекомбинационный ток в области пространственного заряда может превышать диффузионный ток, особенно при низких температурах, хотя ширина области пространственного заряда намного меньше диффузионной длины носителей заряда. Скорость генерации в области обеднения сильно зависит от приложенного напряжения смещения и может намного превышать скорость генерации в объеме материала.

Туннельный ток вызван электронами, непосредственно туннелирующими через переход из валентной зоны в зону проводимости (прямое туннелирование) или совершающими не прямое туннелирование через уровни ловушек в области перехода. Последнее является двухступенчатым процессом, в котором первый этап — тепловой переход между одной из зон и ловушкой, а второй — туннелирование между ловушкой и другой зоной. Процесс туннелирования в этом случае происходит при меньших полях по сравнению с прямым межзонным туннелированием, так как электроны туннелируют на меньшее расстояние. Туннельный ток очень сильно зависит от зонной структуры, приложенного напряжения, эффективной концентрации легирующей примеси и слабо — от температуры и формы барьера в переходе.

Самый неоднозначный вклад в формирование темнового тока реального диода вносят поверхностные эффекты. Составляющая темнового тока, связанная с поверхностью, может зависеть не только от типа пассивирующего слоя и способа его нанесения, но и от качества и состава материала КРТ, из которого изготовлен диод.

Каждая компонента тока по-своему зависит от напряжения и температуры. Многие исследователи при анализе вольт-амперных характеристик предполагают, что только один механизм доминирует в определенной

области смещения на диоде. Такой метод анализа вольт-амперных характеристик диодов не всегда корректен. Лучшее решение состоит в численном моделировании суперпозиции компонент тока при различных температурах и напряжениях смещения с учетом экспериментальных данных.

Диффузионный ток в $n^+ - p$ -переходе может быть описан следующим уравнением [1,2]:

$$I_{\text{dif}} = \frac{qAn_i^2}{N_a} \left[\frac{kT}{q} \frac{\mu_e}{\tau_e} \right]^{1/2} C \left(\exp \left(\frac{qV}{kT} \right) - 1 \right), \quad (1)$$

где A — площадь перехода, N_a — концентрация акцепторов в слабо легированной p -области, n_i — собственная концентрация, μ_e и τ_e — подвижность и время жизни электронов, V — напряжение смещения перехода, C — коэффициент, связанный со скоростью поверхностной рекомбинации S .

Формула (1) описывает ток электронов из p -области в n -область. Если необходимо учесть ток дырок из n -области в p -область, то достаточно заменить параметры электронов на соответствующие параметры дырок.

Для расчета составляющей тока, обусловленной генерацией в обедненной области, было использовано следующее уравнение (при обратном смещении) [3]:

$$I_{g-r}[V < 0] = \frac{qAn_iW_{\text{dep}}V}{V_t\tau_{g-r}}, \quad (2)$$

где τ_{g-r} — генерационно-рекомбинационное время жизни, $V_t = (V_{bi} - V)$ — полный потенциал перехода, V_{bi} — встроенное напряжение перехода, W_{dep} — толщина области обеднения. В области прямого смещения

$$I_{g-r}[V > 0] = \frac{2An_iW_{\text{dep}}kT}{V_t\tau_{g-r}} \text{sh} \left(\frac{qV}{2kT} \right). \quad (3)$$

Еще одна составляющая темнового тока — туннелирование через ловушки. Согласно [4],

$$I_{\text{tat}} = qAN_tW_{\text{dep}}W_cN_c, \quad (4)$$

где N_t — плотность ловушек, W_cN_c — вероятность туннелирования.

Ток прямого межзонного туннелирования можно описать следующим уравнением [4]:

$$I_{\text{btb}} = \frac{\sqrt{2m_e}q^3E(V - V_{bi})A}{4\pi^3 \left(\frac{h}{2\pi} \right)^2 \sqrt{E_g}} \exp \left(- \frac{\pi \sqrt{m_e E_g^3}}{2\sqrt{2}qE \frac{h}{2\pi}} \right), \quad (5)$$

где m_e — эффективная масса электрона, h — постоянная Планка, E — напряженность электрического поля в области обеднения.

В рассматриваемом нами $p - n$ -переходе бор не является электрически активной примесью. При ионной имплантации бором на поверхности образца p -типа проводимости за счет радиационных дефектов создается область, обогащенная ртутью. Ртуть из этой области

диффундирует в объем и на некоторой глубине, заполняя вакансии в подрешетке металла, восстанавливает исходный n -тип проводимости. Исходя из такого механизма образования $p - n$ -перехода, при расчетах параметров фотодиода были взяты измеренные характеристики слоев КРТ, приведенные в табл. 1. Толщина n -слоя бралась равной 2 мкм. Ввиду отсутствия детальной информации об энергетическом положении ловушек в материале при расчетах будем рассматривать единственный уровень Шокли-Рида-Холла в середине запрещенной зоны, что является достаточно широко распространенным методом [5]. Сечения захвата электронов и дырок приняты равными $\sigma_n = 10^{-16}$ и $\sigma_p = 10^{-17}$ см² соответственно.

3.1. Темновой ток

На рис. 4 представлены экспериментальная и расчетные вольт-амперные характеристики фотодиода на основе мезы размером 80 × 80 мкм.

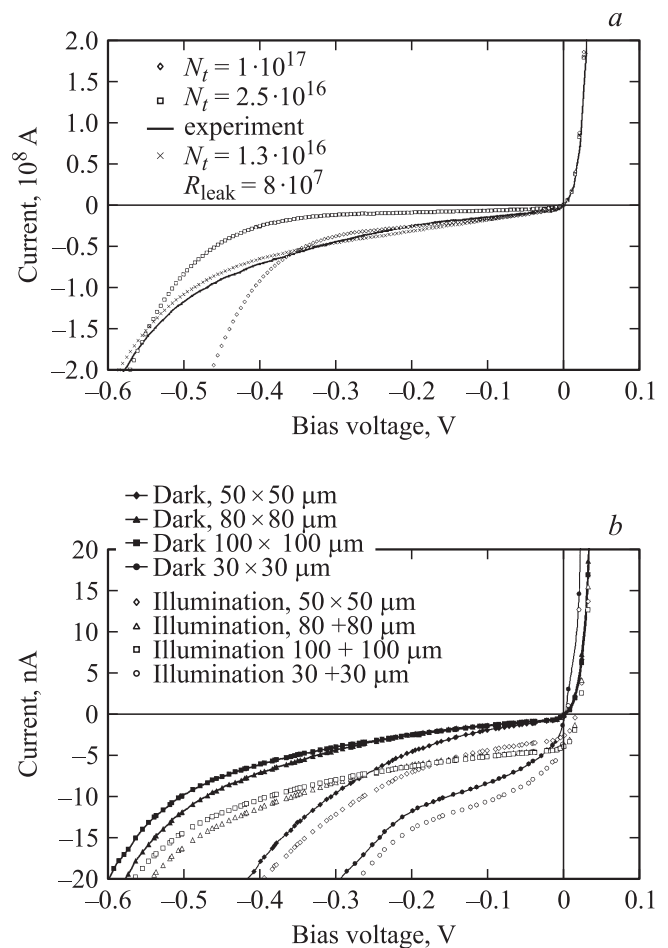


Рис. 4. Сравнение экспериментальной вольт-амперной характеристики фотодиода на основе мезы размером 80 × 80 мкм с теоретической моделью: сплошная линия — ВАХ диода, полученная из эксперимента; маркеры — моделирование с различными значениями концентрации ловушек и токов утечки (концентрации указаны в см⁻³, сопротивление — Ом).

Диффузионный ток — фундаментальная величина, не зависящая от приложенного напряжения обратного смещения. При заданных параметрах материала КРТ вклад диффузионного тока в темновой ток пренебрежимо мал и находится на уровне 10^{-11} А. Прямое межзонное туннелирование в значительной степени зависит от концентраций носителей заряда по обе стороны перехода и приложенного напряжения смещения. Варьирование концентраций электронов и дырок в разумных пределах позволяет говорить о том, что при малых обратных напряжениях смещения до 0.6 В вкладом данного механизма в суммарный темновой ток также можно пренебречь.

Основной вклад в суммарную величину темнового тока в области обратных смещений менее 0.6 В вносят 2 механизма: генерация в области обеднения и туннелирование через ловушки, причем генерационно-рекомбинационный ток также зависит от концентрации ловушек. Вклад других механизмов пренебрежимо мал.

Варьируя только концентрацию ловушек, можно добиться согласования экспериментального графика с теоретическим в области обратных смещений либо 0–0.3 В, либо 0.5–0.6 В (см. рис. 4). Варьируя другие параметры, используемые в расчетах (концентрация, состав, толщина) в пределах ошибки измерения, также не удается получить удовлетворительного согласования экспериментальной и расчетных зависимостей. Следовательно, кроме концентрации ловушек существует как минимум еще один параметр, оказывающий значительное влияние на поведение вольт-амперных характеристик.

Как уже было отмечено, принципиальное отличие разработанной технологии монолитных фотоприемников от стандартных матриц на основе планарных диодов заключается в том, что фоточувствительные элементы разделены пространственно и к каждому из них подводятся два независимых контакта. Ввиду малого размера пикселя возможно возникновение конечных токов между контактами к *p*- и *n*-областями диода, связанных с несовершенством диэлектрика и различными поверхностными эффектами. Для упрощения расчетов было принято, что такая система поверхностных состояний подчиняется закону Ома, т. е. имеет некоторое конечное сопротивление R_{leak} , которое зависит только от расстояния между контактами и не зависит от приложенного напряжения. Таким образом, суммарный ток будет определяться следующим выражением:

$$I_{sum} = I_{dif} + I_{g-r} + I_{tat} + I_{btb} + \frac{V}{R_{leak}}. \quad (6)$$

Как видно из рис. 4, учет токов утечки через поверхностные состояния позволил добиться практически полного согласования теоретических кривых с экспериментальными для фотодиода на основе мезы размером 80×80 мкм. Величина R_{leak} при этом составляет $8 \cdot 10^7$ Ом. Аналогичная картина наблюдается и для мез 100×100 мкм. Для элементов размером 30×30 и 50×50 мкм не удалось добиться полного совпадения

Таблица 2. Результаты моделирования вольт-амперных характеристик

Латеральный размер мезы, мкм	N_t , cm^{-3}	R_{leak} , Ом
30	$4 \cdot 10^{17}$	$5 \cdot 10^7$
50	$7 \cdot 10^{16}$	$7 \cdot 10^7$
80	$1.3 \cdot 10^{16}$	$8 \cdot 10^7$
100	$1.1 \cdot 10^{16}$	$1 \cdot 10^8$

расчетной и измеренной кривой, что может объясняться усилением влияния нелинейных процессов на поверхности и неучтенных механизмов генерации темнового тока в объеме диода. Однако и в этих случаях наиболее корректное описание вольт-амперных зависимостей достигается при учете утечек через поверхностные состояния. Значения N_t и R_{leak} для фотодиодов на основе мез разного размера, определенные из сравнения расчетных и экспериментальных зависимостей представлены в табл. 2.

Из данных, представленных в таблице, видно, что с уменьшением размера мезаструктуры происходит уменьшение сопротивления системы поверхностных состояний и увеличение концентрации ловушек.

Уменьшение сопротивления системы поверхностных состояний R_{leak} выглядит логичным, так как с уменьшением размера мезаструктуры уменьшается и расстояние между контактами.

Если токи поверхностной утечки связаны только с параметрами диэлектрика, то аналогичная картина должна наблюдаться для любых фотодиодов, изготовленных аналогичной технологией. Обнаружено, что темновой ток фотодиодов, чувствительных в спектральном диапазоне 3–5 мкм, имеет величину на 2 порядка меньше, чем у фотодиодов для спектрального диапазона 8–12 мкм. Следовательно, ток поверхностной утечки определяется не только пассивирующим диэлектриком, иначе темновые токи фотодиодов для различных спектральных диапазонов имели бы сравнимые значения. Причиной может являться наличие фиксированного заряда в диэлектрике, индуцирующего обогащение или обеднение у границы раздела полупроводник–диэлектрик. Можно выделить три основных типа состояний у этой границы: фиксированный заряд диэлектрика, медленные поверхностные состояния и быстрые поверхностные состояния. При наличии достаточно значительного фиксированного заряда могут возникнуть области обогащения и обеднения, аналогичные поверхностным каналам *n*- и *p*-типа. Быстрые поверхностные состояния действуют как генерационно-рекомбинационные центры аналогично объемным центрам Шокли–Рида–Холла. Все это приводит к появлению различных по механизму составляющих тока, связанных с поверхностью.

Логично было бы предположить, что концентрация ловушек должна быть неизменной, так как все линейки

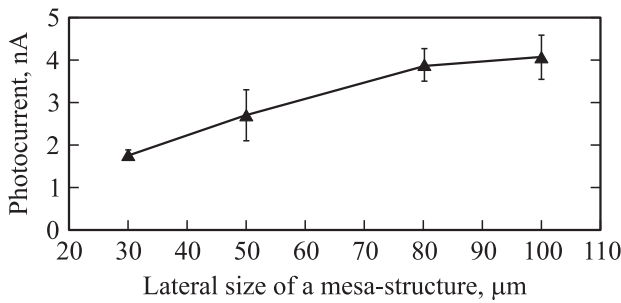


Рис. 5. Зависимость величины фототока от латерального размера мезаструктуры.

фотодиодов были изготовлены в едином технологическом цикле. Возникает вопрос — какие процессы при создании фотодиода могут оказывать влияние на его внутреннюю структуру.

При уменьшении размера мезаструктуры размер области легирования остается неизменным, т.е. происходит уменьшение расстояния между областью пространственного заряда (ОПЗ) и боковыми поверхностями мезаструктуры. Известно, что при контакте КРТ с жидкостью или атмосферой, содержащей водород, происходит гидрогенизация материала, которая выражается в увеличении плотности точечных дефектов. Толщина и качество диэлектрика напрямую влияют на устойчивость материала. Как уже отмечалось, толщина диэлектрика на боковой грани может отличаться от верхней, очевидно, не в большую сторону. Данный эффект может иметь место при жидкостном травлении и просто контакте с окружающей средой.

Тем не менее обнаруженный эффект девиации плотности ловушек для различных диодов согласуется с результатами работы других исследовательских групп. Авторы работ [1,6] докладывают об отличии концентрации ловушек на 2 порядка для двух близко расположенных диодов одинакового размера.

3.2. Фототок

На рис. 5 представлены зависимость величины фототока фотодиода от линейного размера мезаструктуры.

Как видно из рисунка, фототок увеличивается при изменении латерального размера мезаструктуры от 30 до 80 мкм. При дальнейшем увеличении размера до 100 мкм заметного увеличения фототока не происходит. Это означает, что объем сбора фотогенерированных носителей заряда полностью содержится в пределах мезы размером 80×80 мкм. То, что наблюдаемая зависимость носит линейный характер, по-видимому, означает, что засветка через боковые стенки дает существенный вклад в величину фототока.

Величина фототока зависит от плотности потока фотонов и площади сбора фотогенерированных носителей

заряда следующим образом:

$$I_P = \nu q Q(\theta) A, \quad (7)$$

где ν — квантовая эффективность (число электронно-дырочных пар, генерированных падающим фотоном), q — заряд электрона, A — площадь сбора фотогенерированных носителей заряда и $Q(\theta)$ — плотность потока фотонов в апертурном угле θ от абсолютно черного тела с температурой $T = 293$ К в диапазоне длин волн от 0 до $\lambda_{1/2}$ мкм.

Оценки величины фототока по формуле (7) при условии, что индиевые контакты являются непрозрачными, поток фотонов частично поглощается используемой оптикой, и предположении, что квантовая эффективность равна 0.7, дают величины значений фототока на порядок больше измеренных. Настолько сильное рассогласование может указывать на существенный вклад рекомбинации фотогенерированных носителей заряда в объеме мезаструктуры, хотя приблизительная количественная оценка влияния таких рекомбинационных эффектов не представляется возможной ввиду достаточно сложной трехмерной геометрии фоточувствительного элемента.

4. Заключение

Проведенные исследования зависимости фотоэлектрических параметров фотодиодов на основе гетероструктур КРТ/Si показали, что с уменьшением латеральных размеров фоточувствительного элемента происходит увеличение темнового и уменьшение фототока. Наблюдаемый эффект может быть объяснен увеличением вклада токов утечки через поверхностные состояния при уменьшении расстояния между контактами к p - и n -областям, а также увеличением концентрации центров рекомбинации-генерации при уменьшении объема мезаструктуры.

Список литературы

- [1] V. Gopal, S. Gupta, R.K. Bhan, R. Pal, P.K. Chaudhary, V. Kumar. *Infrared Phys. Technol.*, **44**, 143 (2003).
- [2] M.B. Riene, A.K. Sood, T.J. Tredwell. *Photovoltaic Infrared Detectors*, eds by R.K. Willardson, A.C. Beer. (Academic Press, N.Y., 1981). p. 201.
- [3] R. Schoolar, S. Price, J. Rosbeck. *J. Vac. Sci. Technol. B*, **10**, 1507 (1992).
- [4] V. Gopal, S.K. Singh, R.M. Mehra. *Semicond. Sci. Technol.*, **16**, 372 (2001).
- [5] А. Рогольский. *Инфракрасные детекторы*, пер. с англ. под ред. А.В. Войцеховского (Новосибирск, Наука, 2003).
- [6] A.S. Gilmore, J. Bangs, A. Gerrish. *J. Electron Mater.*, **34**(6), 913 (2005).

Редактор Л.В. Беляков

Photoelectric characteristics of the diodes in photosensitive pixels for monolithic infrared arrays

*A.S. Sorochkin, V.S. Varavin, A.V. Predein,
I.V. Sabinina, M.V. Yakushev*

Rzhanov Institute of Semiconductor Physics,
Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
630090 Novosibirsk, Russia

Abstract Test photodiodes were produced in the form of mesa-structures of different sizes from 30×30 to $100 \times 100 \mu\text{m}$. The photodiodes are based on $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}/\text{Si}$ structure at $x = 0.235$ grown by the molecular-beam epitaxy method. Current-voltage characteristics of diodes were measured in the dark and under background illumination. A comparison of experimental result with theoretical calculations was performed. It was found that the dependences of the photocurrent and dark current of the photodiode on the size of the mesa structure appear in the size range from $80 \times 80 \mu\text{m}$. The dark current decreases and photocurrent increases as the size decreases. The mechanisms that influence on the behavior of current-voltage characteristics are discussed.