

InGaAs фотодиод с пониженным темновым током на диапазон 1.17–1.29 мкм с дискретным метаморфным буферным слоем

© И.В. Самарцев, Б.Н. Звонков, Н.В. Байдусь, А.Б. Чигинева, К.С. Жидяев, Н.В. Дикарева, А.В. Здороевцев, А.В. Рыков, С.М. Планкина, А.В. Нежданов, А.В. Ершов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
603022 Нижний Новгород, Россия

E-mail: samartsev@nifti.unn.ru

Поступила в Редакцию 30 мая 2023 г.

В окончательной редакции 20 июня 2023 г.

Принята к публикации 17 июля 2023 г.

Приведены результаты исследований по созданию фотодиодов для спектрального диапазона > 1 мкм, сформированных на подложках GaAs. Разработана технология эпитаксиального выращивания методом МОС-гидридной эпитаксии InGaAs *p-i-n*-фотодиодных структур с дискретным метаморфным буферным слоем $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}/\text{GaAs}$. Для фотодиодов, изготовленных на основе полученных структур, спектральная зависимость фототока имела максимум на длине волны 1.24 мкм, спектральная область фоточувствительности составляла 1.17–1.29 мкм на уровне 10% от ее максимума при комнатной температуре. Представлены вольт-амперные характеристики фотодиодов в диапазоне температур 9–300 К. Показано, что темновой ток содержит генерационно-рекомбинационную и туннельную компоненты. Достигнуто пониженное значение плотности темнового тока $8 \cdot 10^{-5}$ А/см² при обратном смещении -5 В и комнатной температуре.

Ключевые слова: МОС-гидридная эпитаксия, наноматериалы, полупроводники $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$, инфракрасные фотодиоды, темновой ток.

DOI: 10.61011/FTP.2023.06.56480.4964

1. Введение

Фотодиоды, работающие в области длин волн ~ 1.3 мкм находят широкое применения в волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), системах дальнометрии и других системах детектирования излучения. Для создания детекторов на данный диапазон сейчас чаще всего применяются *p-i-n*-структуры на основе твердого раствора $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ с высоким содержанием In, выращенные на InP-подложке. Однако подложки InP, в силу своих механических свойств, хуже поддаются технологии постростовой обработки, чем арсенид галлия. Подложки InP имеют меньший диаметр, что снижает количество получаемых чипов с пластины в технологическом процессе. Кроме того, подложки InP являются дорогостоящими. Таким образом, замена подложек из фосфида индия на GaAs для фотодиодов на длины волн ~ 1.3 мкм является весьма актуальной.

В настоящее время распространенным подходом при создании рассогласованных $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ структур является применение метаморфных буферных (МБ) слоев переменного состава для плавного или ступенчатого изменения параметра решетки. Известно, что реализация метаморфных структур на арсениде галлия, транспортные и структурные характеристики которых не уступали бы характеристикам InP-структур, затруднена из-за возникновения микрорельефа поверхности и неполного подавления дислокаций, прорастающих в активные слои структуры, [1]. Для снижения плотности дислокаций часто используют дислокационные фильтры в виде напряженных сверхрешеток [2], но к слоям такого фильтра

предъявляются жесткие требования высокого кристаллического совершенства. В противном случае сама сверхрешетка может дополнительно вносить как точечные дефекты, так и дислокации, проникающие в фоточувствительную область приборных структур. Авторами работы [3] продемонстрирован метаморфный $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -преобразователь лазерного излучения на длину волны 1.064 мкм, плотность дислокаций в фоточувствительной области которого составила $3 \cdot 10^{16}$ см⁻². Однако для достижения больших длин волн требуется увеличение концентрации In в твердом растворе $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, что приведет к увеличению рассогласования с подложкой и увеличению плотности дислокаций в фоточувствительной области. В работах [4,5] сообщалось о детекторах на длину волны > 1 мкм, выращенных на подложках GaAs с $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ МБ слоем со ступенчатым изменением состава. К сожалению, эти структуры показали высокую плотность дислокаций ($1.5 \cdot 10^7$ см⁻²) и значительные темновые токи, даже в тех случаях, когда толщина буферных слоев доходила до нескольких микрометров. Таким образом, остаются актуальными поиски методов формирования метаморфных структур с целью повышения кристаллического совершенства эпитаксиальных слоев, а также расширения рабочего диапазона фотодиодов в длинноволновую область.

С этой целью в ряде работ [6–11] предпринимались попытки создания МБ слоев в фоточувствительных структурах, используя метод молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ). Например, авторам [6] удалось создать этим методом фоточувствительные структуры на подложке InP с дискретным МБ и содержанием индия

в активной области 83%. Однако для формирования большинства промышленно выпускаемых полупроводниковых приборов используется метод МОС-гидридной эпитаксии (МОСГЭ), и создание фотодетекторов для массовой электроники ставит задачу по получению гетероструктур на подложках GaAs именно этим методом.

В настоящей работе рассмотрен модифицированный способ формирования дискретного МБ на подложке GaAs методом МОС-гидридной эпитаксии с целью создания фотодиодов для спектрального диапазона 1.0–1.3 мкм.

2. Изготовление образцов и методика эксперимента

Исследуемые фотодиодные гетероструктуры были получены методом МОСГЭ при атмосферном давлении в горизонтальном реакторе. На подложке *n*-GaAs выращивались слои, легированные кремнием до $n = 10^{18} \text{ см}^{-3}$: буферный *n*-GaAs толщиной 0.18 мкм и дискретный МБ общей толщиной 1.3 мкм. Далее формировалась *p-i-n*-структура, состоящая из слоев *n*-In_{0.3}Ga_{0.7}As:Si толщиной 1.68 мкм ($n \sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$), *i*-In_{0.3}Ga_{0.7}As толщиной 0.015 мкм и *p*-In_{0.3}Ga_{0.7}As:Zn толщиной 1.4 мкм ($p \sim 7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$). Толщина слоев рассчитывалась исходя из скорости и времени роста, которые были получены на основе исследования предварительно выращенных тестовых слоев с таким же составом. Состав тестовых слоев определялся методом рентгеновской дифрактометрии.

Процесс формирования дискретного метаморфного буфера заключался в изменении толщин чередующихся попарно материалов GaAs и InGaAs в противоположных направлениях по мере роста буферного слоя, при этом состав слоев оставался прежним. Так, на начальном этапе роста толщины GaAs и In_{0.3}Ga_{0.7}As составляли 62 и 3 нм соответственно. При росте буферного слоя происходило уменьшение толщины GaAs и увеличение толщины In_{0.3}Ga_{0.7}As. На завершающей стадии роста МБ толщина слоя GaAs составляла 3 нм, а In_{0.3}Ga_{0.7}As — 62 нм. Общее количество чередующихся слоев равно 38. В результате дискретный МБ состоял из множества периодов GaAs/In_xGa_{1-x}As различной толщины, в которых должна происходить блокировка распространения дислокаций на гетероинтерфейсах. Схема конструкции гетероструктуры с МБ показана на рис. 1.

Контроль структурно-морфологических свойств и качества поверхности выращенных структур осуществлялся с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) на установке NT-MDT Solver HV. Плотность дислокаций в поверхностном слое оценивалась по плотности ямок, выявленных методами селективного химического жидкостного травления и оптической микроскопии. Контроль оптического качества гетероструктур осуществлялся с помощью спектроскопии фотолюминесценции (ФЛ). Для возбуждения ФЛ использовался непрерывный лазер с $\lambda = 0.8 \text{ мкм}$, либо параметрический генератор света

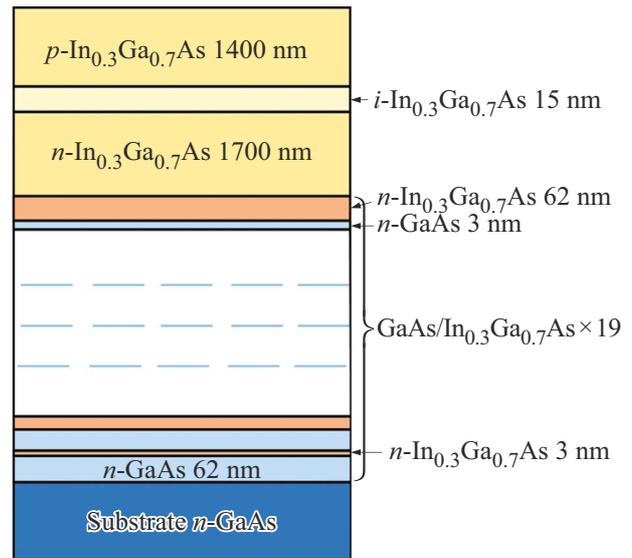


Рис. 1. Схема фотодиодной гетероструктуры на основе дискретного МБ слоя. (Цветной вариант рисунка представлен в электронной версии статьи).

($\lambda = 0.8 \text{ мкм}$, длительность импульса 10 нс, частота повторения импульсов 10 Гц). Сигнал ФЛ собирался с поверхности образца при регистрации спектров стационарной ФЛ в условиях слабой накачки (плотность мощности $\sim 6 \text{ Вт/см}^2$) и с торца структуры в условиях импульсного возбуждения (плотность мощности от 50 до 750 кВт/см^2). Для регистрации сигнала ФЛ использовался решетчатый монохроматор Acton 2300i и многоканальный фотоприемник на основе линейки фотодиодов InGaAs (спектральный диапазон 0.6–2.2 мкм).

Для исследования состава фоточувствительной области и кристаллического качества метаморфного буфера был проведен анализ спектров комбинационного рассеяния света (КРС) от поперечного скола (плоскость (110)) структуры с МБ на установке NTEGRA SPECTRA (NT-MDT) при комнатной температуре с использованием лазера с длиной волны 473 нм. Излучение фокусировалось 100-кратным объективом с апертурой $NA = 0.95$ в пятно диаметром $\sim 1 \text{ мкм}$, мощность пучка составляла $\sim 0.5 \text{ мВт}$. Латеральное сканирование торца скола фоточувствительной структуры проводилось с шагом 56 нм от поверхности вдоль направления роста структуры [001]. Диаметр лазерного пучка на половине распределения интенсивности, определяющий пространственное разрешение метода, составлял $\sim 300 \text{ нм}$ [12].

На основе выращенных МБ гетероструктур были изготовлены лабораторные образцы фотодиодов. Для этого со стороны структуры методом термического испарения в вакууме был нанесен омический Ti/Pd/Au-контакт, а затем методом прецизионного химического травления были сформированы мезаструктуры диаметром 0.56 мм. Для уменьшения влияния поверхностных токов утечки применялась очистка и пассивация поверхности образ-

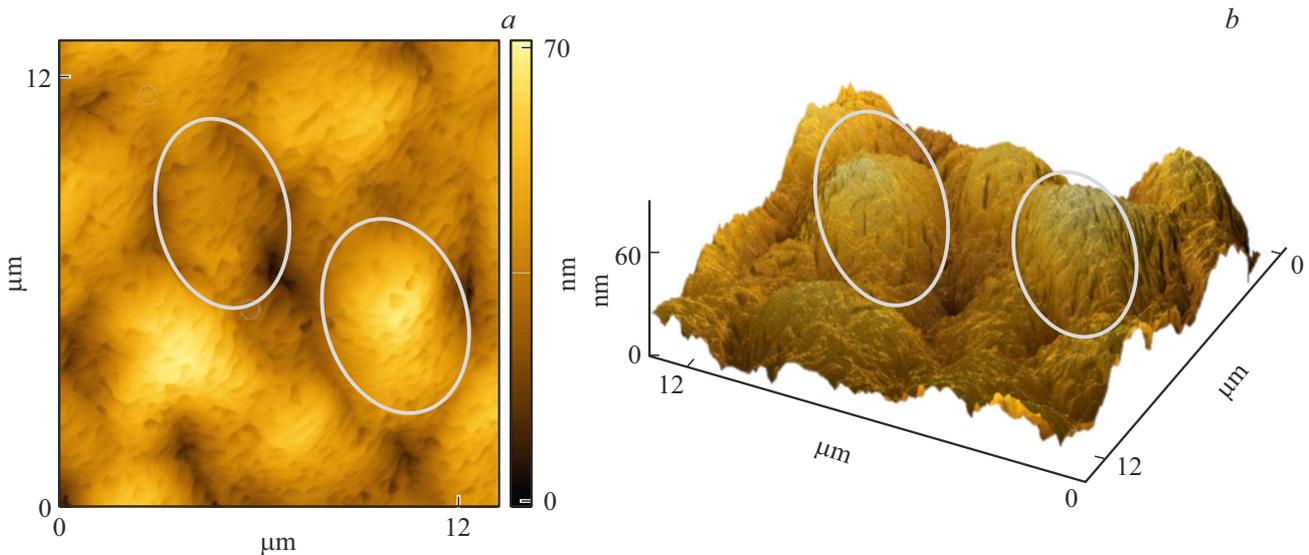


Рис. 2. *a* — типичная АСМ-топограмма структуры; *b* — 3D АСМ-снимок поверхности структуры.

цов методами реактивного ионного травления с последующим термическим отжигом.

На полученных образцах фотодиодов проведены измерения темновых токов и спектральных зависимостей фототока. С целью определения природы темнового тока исследованы температурные зависимости вольт-амперных характеристик (ВАХ) образцов. Измерения ВАХ проводились в криостате замкнутого цикла Janis CCS 300S/202 в диапазоне температур 9–300 К.

3. Результаты и обсуждение

На сформированных гетероструктурах GaAs/МБ/InGaAs плотность дислокаций в поверхностном слое составила 10^6 см^{-2} . Эта величина превышает плотность дислокаций подложек, используемых в эксперименте, всего на 2 порядка, что, согласно литературным данным, является хорошим результатом для структур с МБ слоями. На рис. 2 приведены типичные АСМ-снимки выращенной фотодиодной структуры. Размеры исследуемой площадки $12 \times 12 \text{ мкм}$. Среднеквадратичное отклонение (RMS) высот неровностей составило 20 нм. Видно, что поверхность образца имеет неровности, вытянутые вдоль направления [110]. Такой рельеф наблюдается на поверхности всей структуры и обусловлен генерацией периодического поля механических напряжений, возникающих по мере роста дискретного МБ слоя, и релаксацией напряжений вдоль наиболее энергетически выгодного направления [13].

На рис. 3 представлен типичный спектр ФЛ образца исследуемой структуры при комнатной температуре. В условиях слабой накачки максимум интенсивности наблюдается на длине волны 1231 нм (рис. 3, кривая 1). В условиях мощной импульсной накачки при плотности

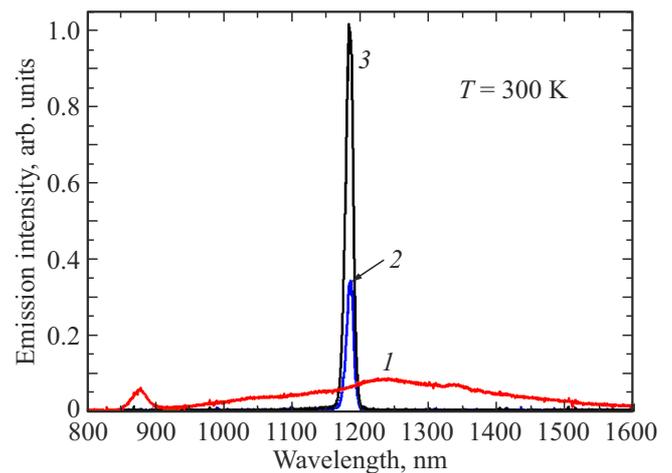


Рис. 3. Спектры ФЛ структуры при накачке излучением непрерывного лазера (1) и импульсной накачке (2, 3).

возбуждающего излучения 250 кВт/см^2 в спектре излучения образца возникает узкая ($\Delta\lambda < 12 \text{ нм}$) интенсивная линия на длине волны 1183 нм (рис. 3, кривая 2). При увеличении плотности мощности возбуждающего излучения в 1.3 раза зафиксировано возрастание интенсивности ФЛ в 3 раза (рис. 3, кривая 3). Линии эмиссии 2 и 3 (рис. 3) наблюдаются при сборе излучения с торца гетероструктуры и не выражены при наблюдении ФЛ с поверхности образца. Этот факт, а также малая ширина этих линий ($\sim 12 \text{ нм}$) являются признаками стимулированного излучения, что указывает на высокое кристаллическое качество фоточувствительной области *p-i-n*-структуры.

Спектры КРС от поперечного скола образцов (рис. 4) свидетельствуют о монокристаллической структуре эпи-

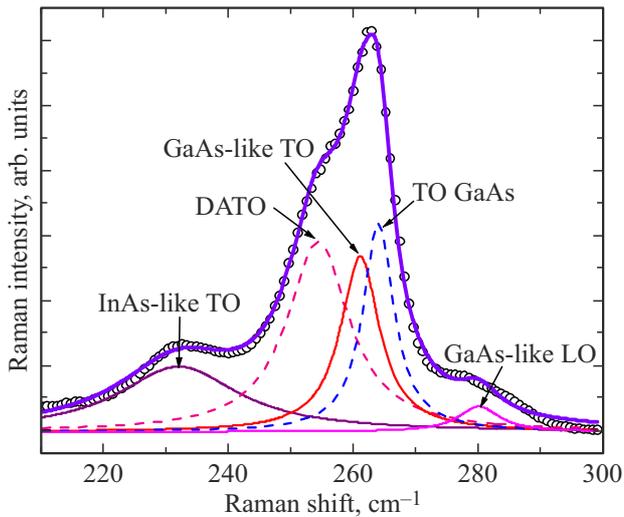


Рис. 4. Аппроксимация функцией Лоренца спектра КРС от поперечного скола структуры в области метаморфного буфера.

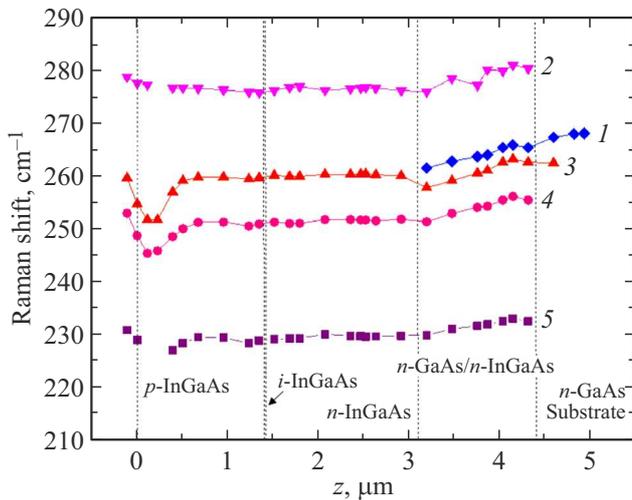


Рис. 5. Зависимость частотного положения фононных мод от координаты сканирования z : TO-моды GaAs (1), GaAs-подобных мод (2–4) и InAs-подобной моды твердого раствора InGaAs (5).

таксиальных слоев. Аппроксимация спектров КРС функцией Лоренца выявляет фононные моды твердого раствора InGaAs: сильно уширенную слабоинтенсивную InAs-подобную моду и близкорасположенные GaAs-подобную моду и сравнимую с ней по интенсивности моду DATO (disorder activated transverse optical mode [14]). Моде, соответствующая поперечным оптическим фононам GaAs (TO-мода), наблюдается только в области метаморфного буфера и подложки. Кроме перечисленных разрешенных мод, выявляется запрещенная в данной геометрии слабоинтенсивная GaAs-подобная продольная оптическая (LO) мода.

Частотное положение и интенсивность фононных мод зависят от координаты сканирования (рис. 5). В слабо

легированных областях частотное положение фононных мод твердого раствора InGaAs меняется слабо и составляет 230, 251, 260, 277 cm^{-1} для InAs-подобной TO-моды, DATO, GaAs-подобных TO- и LO-мод соответственно (кривые 5, 4, 3, 2). Такое значение частот соответствует содержанию индия в InGaAs $\sim 30\%$ [14]. В сильно легированной цинком p -области наблюдается уменьшение частоты основных мод (GaAs-подобной TO-моды с 260 до 252 cm^{-1}). Низкочастотный сдвиг, предположительно, связан с появлением локальных напряжений растяжения в результате встраивания Zn в решетку твердого раствора InGaAs.

В области МБ наблюдается высокочастотный сдвиг всех мод твердого раствора (по сравнению со слабо легированной областью InGaAs) и низкочастотный сдвиг TO-моды GaAs от 268 cm^{-1} в подложке до 262 cm^{-1} на границе с p - i - n -переходом InGaAs. Такое изменение частот соответствует напряжениям растяжения в слоях GaAs и напряжениям сжатия в слоях InGaAs [14]. Следовательно, метаморфный буфер находится в напряженном состоянии. Следует отметить, что поперечная мода от InAs (218.8 cm^{-1}) не выявлена, а интенсивность TO-моды GaAs в МБ плавно уменьшается в соответствии с уменьшением толщины слоев. Это свидетельствует об отсутствии спиноподобного распада твердого раствора InGaAs в области МБ, который часто встречается в напряженных слоях [15,16].

На основе исследуемых гетероструктур изготовлены фотодиоды с диаметром и глубиной мезаструктуры 560 и 1.5 μm соответственно и исследованы их характеристики. На рис. 6 представлена типичная спектральная зависимость внешнего квантового выхода фотодиодов, измеренная при комнатной температуре. Фотодиоды имели область фоточувствительности 1.17–1.29 μm на уровне 10% от максимума, находящегося на длине волны 1.24 μm . Из рисунка видно, что фотодиод не

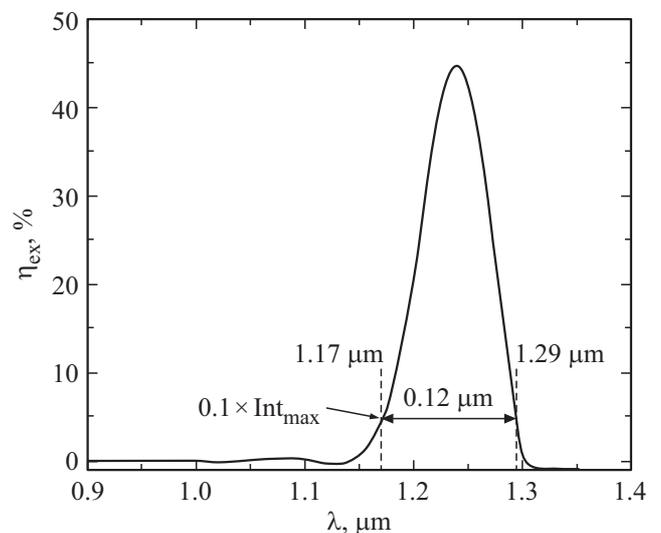


Рис. 6. Спектральная зависимость внешнего квантового выхода фотодиодов при комнатной температуре.

имеет чувствительности при длине волны < 1.15 мкм, что, видимо, связано с малым вкладом в фототок от поглощения на данных длинах волн, поскольку измерения спектральной зависимости внешнего квантового выхода проводились при малой мощности возбуждающего излучения.

Это свидетельствует о перспективности применения данных фотодиодов в телекоммуникационном диапазоне. Кроме того, небольшая ширина спектра фоточувствительности (0.12 мкм) делает возможным применение таких фотодиодов для детектирования малых сигналов при атмосферной передаче сигнала без применения соответствующих фильтров.

На рис. 7 представлены характерные для исследуемых фотодиодов вольт-амперные характеристики, измеренные в диапазоне температур 9–290 К.

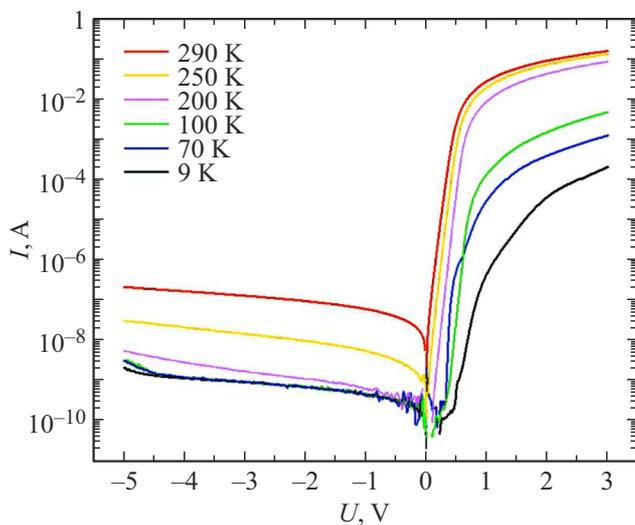


Рис. 7. Типичные ВАХ фотодиода, измеренные в диапазоне температур 9–290 К.

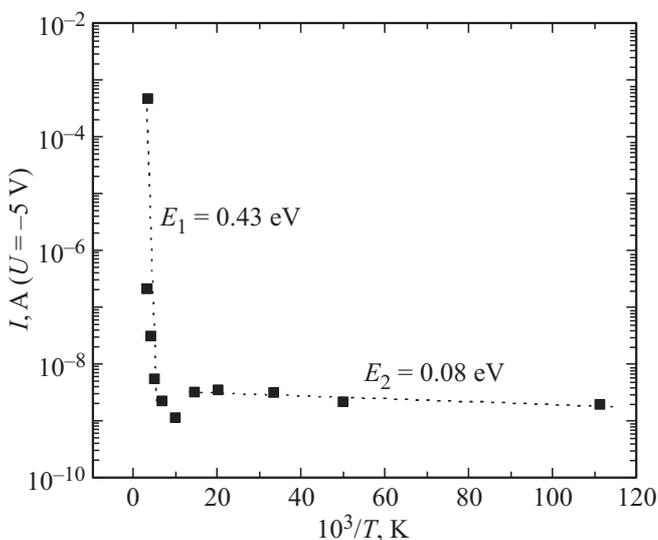


Рис. 8. Зависимость темнового тока фотодиода от температуры при фиксированном смещении -5 В.

По виду температурной зависимости ВАХ фотодиода можно сделать вывод о механизме протекания темнового тока. В общем виде зависимость от температуры объемного темнового тока фотодиода можно описать выражением [17]

$$I = I_d e^{\frac{-E}{kT}}, \quad (1)$$

где E — энергия активации механизма протекания темнового тока, T — абсолютная температура, k — постоянная Больцмана. На рис. 8 представлена зависимость темнового тока фотодиода при смещении -5 В от обратной температуры в полулогарифмическом масштабе. Относительная погрешность измерений темнового тока составила до 10%.

На данной зависимости можно выделить два диапазона температур 200–290 и 9–200 К с энергиями активации 0.43 и 0.08 эВ соответственно. В расчетах использовалось значение ширины запрещенной зоны твердого раствора $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ при комнатной температуре $E_g = 1.01$ эВ. Таким образом, значения энергий активации составляют ~ 50 и $\sim 10\%$ от ширины запрещенной зоны твердого раствора, составляющего p - n -переход. В диапазоне температур 200–300 К наибольший вклад в темновой ток вносит генерационно-рекомбинационный ток, механизм которого заключается в следующем. При обратном смещении p - n -перехода суммарное электрическое поле в области пространственного заряда (ОПЗ) увеличивается, и равновесие между процессами генерации и рекомбинации нарушается в пользу генерации носителей, которая происходит через ловушки с энергетическими уровнями вблизи середины запрещенной зоны. Если тепловое возбуждение приведет к забросу электрона из валентной зоны на уровень ловушки, то дырка, возникшая в валентной зоне, переносится электрическим полем ОПЗ в p -область. Электрон, локализованный на ловушке, не может вернуться в валентную зону, так как там нет дырок, с которыми он бы рекомбинировал. В результате возникает вероятность теплового возбуждения электрона в зону проводимости ОПЗ, откуда он переносится в n -область. При более низких температурах в диапазоне 9–200 К преобладает ток, обусловленный туннелированием носителей через уровни ловушек, расположенные в запрещенной зоне [18]. Источниками этих уровней могут являться дефекты, возникающие в процессе выращивания эпитаксиальных слоев, или неконтролируемые примеси.

4. Заключение

Методом МОС-гидридной эпитаксии на подложке GaAs сформированы новые структуры InGaAs-фотодиодов на основе дискретного метаморфного буферного слоя. Применение новой конструкции МБ слоя позволило создать фотодиоды на диапазон 1.17–1.29 мкм с низким темновым током. Для фотодиодов с диаметром мезаструктуры 560 мкм темновой ток при комнатной температуре и обратном смещении ~ 5 В со-

ставил $2 \cdot 10^{-7}$ А, что соответствует плотности тока $8 \cdot 10^{-5}$ А/см². Таким образом, предложенная конструкция дискретного МБ слоя является перспективной для формирования фоточувствительных структур на диапазоне длин волн > 1 мкм.

Исследование температурной зависимости вольт-амперных характеристик фотодиодов показало, что объемная составляющая обратного темнового тока содержит две компоненты: генерационно-рекомбинационную, преобладающую в диапазоне температур 200–300 К, и туннельную — в диапазоне 9–200 К.

Финансирование работы

Работа выполнена при поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ (проект № FSWR-2023-0037).

Благодарности

Авторы выражают благодарность сотруднику ИФМ РАН К.Е. Кудрявцеву за измерение спектров фотолюминесценции и стимулированного излучения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Список литературы

- [1] Yang He, Yurun Sun, Yan Song, Yongming Zhao, Shuzhen Yu, Jianrong Dong. *Jpn. J. Appl. Phys.*, **55**, 065501 (2016).
- [2] Daehwan Jung, Patrick G. Callahan, Bongki Shin, Kunal Mukherjee, Arthur C. Gossard, John E. Bowers. *J. Appl. Phys.*, **122**, 225703 (2017).
- [3] N.A. Kalyuzhnyy, S.A. Mintairov, A.M. Nadtochiy, V.N. Nevodomskiy, D.V. Rybalchenko, M.Z. Shvarts. *Electron. Lett.*, **53** (3), 173 (2017).
- [4] Pamela Jurczak, Kimberly A. Sablon, Marina Gutiérrez, Huiyun Liu, Jiang Wu. *Infr. Phys. Technol.*, **81**, 320 (2017).
- [5] K. Swaminathan, L.-M. Yang, T.J. Grassman, G. Tabares, A. Guzman, A. Hierro, M.J. Mills, S.A. Ringel. *Opt. Express*, **19**, 7280 (2011).
- [6] Yang Nan-Nan, Ma Ying-Jie, Gu Yi, Chen Xing-You, Gong Qian, Zhang Yong-Gang. *J. Infrared Millim. Waves*, **38** (3), 275 (2019).
- [7] Zhu Bin, Han Qin, Yang Xiao-Hong, Ni Hai-Qiao, He Ji-Fang, NiuZhi-Chuan, Wang Xin, Wang Xiu-Ping, Wang Jie. *Chinese Phys. Lett.*, **27** (3), 038504 (2010).
- [8] S. Fedderwitz, A. Stohr, K.H. Tan, S.F. Yoon, Michael Weiss, ArturPoloczek, W.K. Loke, S. Wicaksono, Tien Khee Ng, V. Rymanov, A. Patra, E. Tangdionga, Dieter Jäger. *IEEE Phot. Techn. Lett.*, **21** (13), 911 (2009).
- [9] X.Y. Chen, Y.G. Zhang, Y. Gu, L. Zhou, Y.Y. Cao, X. Fang, Hsby Li. *J. Cryst. Growth*, **393**, 75 (2014).
- [10] X.Y. Chen, Y. Gu, Y.G. Zhang, Y.J. Ma, B. Du, J. Zhang, W.Y. Ji, Y.H. Shi, Y. Zhu. *J. Cryst. Growth*, **488**, 51 (2018).
- [11] S.Q. Liu, Q. Han, B. Zhu, X.H. Yang, H.Q. Ni, J.F. He, X. Wang, M.F. Li, Y. Zhu, J. Wang, X.P. Wang, Z.C. Niu. *Appl. Phys. Lett.*, **98**, 201104 (2011).
- [12] S.M. Plankina, O.V. Vikhrova, Yu.A. Danilov, B.N. Zvonkov, N.Yu. Kononova, A.V. Nezhdanov, I.Yu. Pashenkin. *Semiconductors*, **50**, 1539 (2016).
- [13] Sudip Saha, Daniel T. Cassidy, D.A. Thompson. *J. Appl. Phys.*, **113**, 124301 (2013).
- [14] J. Groenen, R. Carles, G. Landa. *Phys. Rev. B*, **58** (16), 10452 (1998).
- [15] S.N.G. Chu, S. Nakahara, K.E. Strege, W.D. Johnston, jr. *J. Appl. Phys.*, **57**, 4610 (1985).
- [16] P.V. Seredin, A.V. Glotov, V.E. Ternovaya, E.P. Domashevskaya, I.N. Arsentyev, L.S. Vavilova, I.S. Tarasov. *Semiconductors*, **45**, 1433 (2011).
- [17] I.V. Samartsev, S.M. Nekorkin, B.N. Zvonkov, V.Ya. Aleshkin, A.A. Dubinov, I.J. Pashenkin, N.V. Dikareva, A.B. Chigineva. *Semiconductors*, **52** (12), 1564 (2018).
- [18] A.V. Sorochkin V.S. Varavin, A.V. Predein, I.V. Sabinina, M.V. Yakushev. *Semiconductors*, **46**, 535 (2012).

Редактор Г.А. Оганесян

MOCVD growth of InGaAs metamorphic heterostructures for photodiodes with low dark current

I.V. Samartsev, B.N. Zvonkov, N.V. Baidus, A.B. Chigineva, K.S. Zhidyayev, N.V. Dikareva, A.V. Zdoroveyshchev, A.V. Rykov, S.M. Plankina, A.V. Nezhdanov, A.V. Ershov

Nizhny Novgorod State University,
603022 Nizhny Novgorod, Russia

Abstract The epitaxial growth technique of InGaAs photodiode structures based on a digital InGaAs/GaAs metamorphic buffer layer by metalorganic chemical vapor deposition has been developed. The spectral dependence of the photocurrent of photodiodes based on the produced structures has a maximum at the 1.24 μm wavelength. The photosensitivity range at 10% of peak is 1.17–1.29 μm at room temperature. The current-voltage characteristics in the temperature range 9–300 K were investigated. It is shown that the dark current consists of generation-recombination and tunneling components. The dark current density at room temperature was $8 \cdot 10^{-5}$ A/cm² with a reverse bias of –5 V.