

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОТОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОНТАКТА Au-*n*-GaAs С БАРЬЕРОМ ШОТТКИ

Рассмотрены структура и методика изготовления фотоэлемента на основе контакта Au-*n*-GaAs с барьером Шоттки. Измерены ВАХ фотоэлементов, их С-V-характеристики, спектры фото-э.д.с. и тока короткого замыкания и определена высота барьера Шоттки ϕ_{bn} контактов Au-*n*-*n*⁺-GaAs фотоэлектрическим методом. Показано, что отжиг структур *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Au на *n*-слой GaAs приводит: к уменьшению на два-три порядка прямых $I_{пр}$ и обратных токов $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В), уменьшению на три порядка плотности тока насыщения J_0 , уменьшению емкостей фотоэлементов до значений (204–191) пФ при обратных напряжениях (0,22–0,96) В, уменьшению тока короткого замыкания фотоэлементов и к увеличению их фото-э.д.с., что связано с образованием тонкого слоя оксида арсенида галлия на *n*-слое при отжиге структур *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе.

Ключевые слова: способ изготовления фотоэлемента, арсенид галлия *n*-типа, контакты с барьером Шоттки.

Введение. Одним из важнейших направлений электроники является радиофотоника. В ее основе — модуляция лазерного излучения СВЧ сигналом для дальнейших преобразований уже в оптическом диапазоне [1]. По мнению автора работы [1], важнейший вопрос, требующий своего решения, это вопрос создания компонентной базы радиофотоники. В основе ее компонентной базы — материалы АЗБ5 (арсенид галлия, фосфид индия), которые обладают более высокой (чем в кремнии) подвижностью электронов, что позволяет изготавливать из этих материалов высокочастотные устройства. Кроме этого, пластины GaAs могут обладать очень высокими значениями удельного сопротивления. Это позволяет использовать такой материал в качестве диэлектрика в интегральных схемах, предназначенных для работы в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн, и для изоляции структур в цифровых интегральных схемах.

Несмотря на недостатки арсенида галлия, обусловленные его двухкомпонентностью (диссоциация поверхности структур и летучесть мышьяка при повышенных температурах) и восприимчивостью поверхности GaAs к воздействию различных химических веществ [2], исследования свойств арсенида галлия и различных приборов на его основе (начатые в начале 60-х годов) продолжают уже более 50 лет, включая исследования структур с барьером

Шоттки на основе арсенида галлия с различными материалами барьерообразующего контакта [3]. Одной из таких структур является структура Au-*n*-GaAs с барьером Шоттки, исследованная в большом числе (более 50) работ (ссылки [4–16] на некоторые из них приведены ниже в библиографическом списке настоящей работы). Однако информация о фотоэлементах с барьерным контактом Au-*n*-GaAs ограничена сведениями об их применении в структурах солнечных элементов [4, 5]. В связи с этим представленные в настоящей работе результаты экспериментального исследования электрических и фотоэлектрических свойств фотоэлементов на основе контакта Au-*n*-GaAs с барьером Шоттки представляют определенный интерес.

Экспериментальные методики и результаты. В данной работе для изготовления четырех экспериментальных образцов использовались две эпитаксиальные структуры *n*-*n*⁺-GaAs ориентации (100) с концентрацией доноров в *n*-слое $(4–5,8) \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, которые были разделены методом скрайбирования на образцы с размерами 8×12 мм². Один из прямоугольных уголков (с длиной катета 1 мм) каждого образца был срезан для визуальной фиксации поверхности *n*-слоя. Перед вакуумным осаждением металла омических контактов образцы промывались в этиловом спирте и ацетоне, очищались в растворе HF+H₂O (1:1) в течение 30–32 секунд с

последующей промывкой в дистиллированной воде и ацетоне. Металл омических контактов в виде тонкой пленки сплава Au-Ge (88 % Au + 12 % Ge) толщиной 94 нм осаждали на поверхность n^+ -слоя четырех образцов GaAs в вакуумной камере установки УВН 2М1 при давлении остаточных газов $(1,5-2) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. и температуре образцов 130°C путем испарения сплава из углеродного испарителя [17] (углеродный стержень длиной 100 мм и диаметром 6 мм с продольной канавкой сечением 2×2 мм², в центре которой размещалась вставка длиной 20 мм из W проволоки диаметром 0,8 мм). Образование эвтектического сплава Au-Ge в этом испарителе происходит при нагреве навесок компонентов сплава, загруженных на W вставку в продольной канавке. Затем образцы GaAs с осажденными контактами из сплава Au-Ge отжигали в вакуумной камере (давление — $(1,5-2) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.) при температуре 480°C в течение 1-й минуты в кварцевой трубчатой печи сопротивления, что обеспечивало образование омического контакта к n^+ -слою каждого образца.

Перед вакуумным осаждением металла (Au) барьерных электродов два образца из четырех образцов с омическими контактами из сплава Au-Ge были дополнительно подвергнуты термическому отжигу в воздухе в кварцевой трубчатой печи сопротивления при $(200-220)^\circ\text{C}$ в течение 30 минут.

Барьерные контакты Au- n - n^+ -GaAs были созданы путем вакуумного испарения Au из вновь изготовленного вольфрамового испарителя, описанного в [18], (четыре W проволоки длиной 65 мм и диаметром 0,8 мм, соединенные параллельно на всей длине испарителя), который предварительно отжигался в глубоком вакууме при $1200-1400^\circ\text{C}$. Локальное осаждение тонкой пленки Au с толщиной 6,3 нм на образцы выполняли через отверстия диаметром 4 мм в металлической маске путем испарения малой навески Au с массой 22,5 мг при давлении остаточных газов $(1,5-2) \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. и температуре образцов 130°C . Затем (используя W испаритель [18]) осаждали при этих условиях пленку алюминия толщиной 350 нм через прямоугольные отверстия (с размерами 6×10 мм²) в маске на поверхность металла (Au-Ge) омического контакта образцов.

Таким образом, в результате реализации вышеописанного технологического процесса на каждом образце GaAs были созданы два фотоэлемента, каждый из которых имеет общий омический контакт к n^+ -слою и два контакта Au- n - n^+ -GaAs с барьером Шоттки (рис. 1). Следует отметить, что в этом процессе перед вакуумным нанесением Au на поверхность n -слоя четырех образцов они не подвергались химическому травлению с целью удаления слоя оксида арсенида галлия. Поэтому в изготовленных образцах на границе раздела Au — n -слой возможно образование как пленки естественного оксида, так и увеличение толщины слоя оксида в структуре барьерных контактов двух образцов, которые перед вакуумным осаждением Au были дополнительно подвергнуты термическому отжигу в воздухе при температуре $(200-220)^\circ\text{C}$ в течение 30 минут. Именно с точки зрения влияния дополнительного термического отжига в воздухе на электрические и фотоэлектрические свойства фотоэлементов с такими барьерными контактами рассмотрены ниже свойства фотоэлементов.

В данной работе были измерены (при $T = 295$ К) электрические характеристики фотоэлементов на основе контакта Au- n -GaAs с барьером Шоттки:

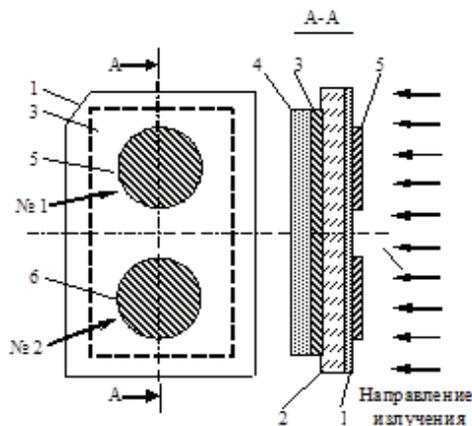


Рис. 1. Вид на экспериментальный образец со стороны контактов Au- n - n^+ -GaAs и его сечение по A-A: 1 — n -слой GaAs, 2 — p -слой GaAs; 3 — омический контакт Au-Ge к n^+ -слою GaAs; 4 — слой Al на омическом контакте Au-Ge к n^+ -слою GaAs; 5 и 6 — контакты Au- n - n^+ -GaAs с барьером Шоттки

темновые статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) (с помощью мультиметров М890С и МУ-60), С-V-характеристики (с использованием высокочастотного измерителя Е7-9, в котором измерение емкости производится на рабочих частотах $(700-300)$ кГц), и определена плотность тока насыщения J_0 на основе использования зависимости логарифма прямого тока ($\ln I_{np}$) от приложенного напряжения V для области, где $V > 3kT/q$, а коэффициент неидеальности не превышает 1,3. Пересечение прямой $\ln I_{np}(V)$ с вертикальной осью (в результате линейной экстраполяции к $V=0$) определяет $\ln I_0$ и, следовательно, ток насыщения I_0 и плотность тока насыщения $J_0 = I_0/S$. Фотоэлектрические характеристики: спектр фото-э.д.с. в фотовольтаическом режиме (режим холостого хода фотоэлемента) и спектр тока короткого замыкания в фотовольтаическом режиме, были измерены с помощью спектрофотометра VSU 2-P, в котором в качестве источника излучения была применена вольфрамовая лампа накаливания (6 В, 30 Вт). При измерениях спектров исследуемый фотоэлемент устанавливали в поток излучения в кюветной камере спектрофотометра, ток вольфрамовой лампы поддерживали на неизменном уровне 5,2 А, а спектр фото-э.д.с. и спектр тока короткого замыкания измеряли с помощью мультиметров М890С и МУ-60 соответственно. На основе использования спектров тока короткого замыкания фотоэлементов определена высота барьера Шоттки ϕ_{Bn} контактов Au- n - n^+ -GaAs фотоэлектрическим методом [19]. Кроме этого, были измерены фото-э.д.с. V_{xx} и ток короткого замыкания $I_{кз}$ каждого фотоэлемента при освещении контакта Au- n -GaAs интегральным светом вольфрамовой лампы накаливания (220 В, 75 Вт) с расстоянием 5 см от нити накала лампы до барьерного контакта. Результаты измерений указанных выше электрических и фотоэлектрических характеристик фотоэлементов представлены в табл. 1 и на рис. 2–7.

Из представленных в табл. 1 и на рис. 2–4 электрических характеристик фотоэлементов следует, что фотоэлементы № 73-1, № 73-2, № 83-1 и № 83-2, у которых структуры n - n^+ -GaAs-AuGe были подвергнуты дополнительному отжигу в воздухе при $(200-220)^\circ\text{C}$ в течение 30 минут, имеют: ВАХ, сдвинутые (примерно на 0,12 В) в сторону увеличенных

Электрические и фотоэлектрические параметры структур Au-p-l⁺-GaAs-AuGe

№ фото-элемента	ВАХ контакта			Емкость контакта	ФЭ метод	Освещение	
	I_{np} , мкА	$I_{обр}$, мкА	J_0 , А/см ²	V_1 ; V_2 , В	$\Phi_{Вн}$, В	75 Вт, L=5 см	
	V=0,5 В	V=0,5 В		C_1 ; C_2 , пФ		$V_{ХХ}$, мВ	$I_{кз}$, мА
				0,21; 0,96			
52-1	13275	4,5	$5,7 \cdot 10^{-9}$	2886; 1793	1,116	395	0,6
52-2	15980	5	$5,5 \cdot 10^{-9}$	2342; 1431	1,116	410	0,7
62-1	66924	4,93	$5,7 \cdot 10^{-9}$	2836; 2140	1,116	380	0,7
62-2	87230	10,22	$9,2 \cdot 10^{-8}$	2646; 2005	1,115	340	0,6
				0,22; 0,96			
73-1	113,7	0,005	$6,6 \cdot 10^{-12}$	204; 191	1,108	450	0,2
73-2	282,8	0,005	$1,4 \cdot 10^{-11}$	212; 204	1,108	440	0,3
83-1	118	0,008	$7 \cdot 10^{-12}$	182; 179	1,107	452	0,23
83-2	190	0,008	$1,4 \cdot 10^{-11}$	188; 185	1,108	450	0,3

Примечание: Первая цифра (5, 6, 7, 8) в номере фотоэлемента — номер образца GaAs. Вторая цифра в номере фотоэлемента: 2 — нет дополнительного отжига в воздухе перед осаждением пленки Au; 3 — дополнительный отжиг образца p-n⁺-GaAs-AuGe в воздухе перед осаждением пленки Au. Третья цифра в номере фотоэлемента — номер фотоэлемента (1 и 2) на образце GaAs (рис. 1).

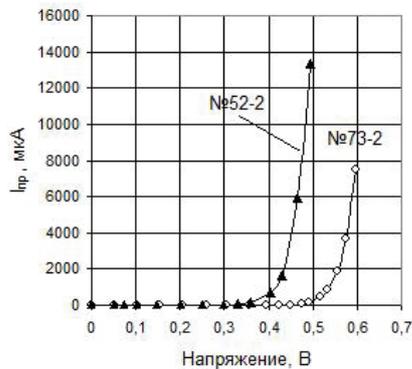


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики фотоэлементов № 52-2 и № 73-2 при прямой полярности приложенного напряжения. Структура p-n⁺-GaAs-AuGe фотоэлемента № 73-2 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Au на p-слой GaAs

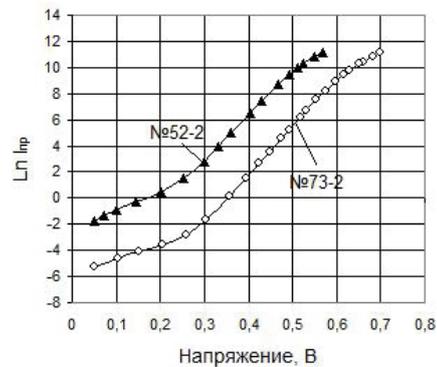


Рис. 3. Зависимости логарифма прямого тока ($\ln I_{np}$) от приложенного напряжения для фотоэлементов № 52-2 и № 73-2. Структура p-n⁺-GaAs-AuGe фотоэлемента № 73-2 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Au на p-слой GaAs

значений приложенных напряжений, уменьшенные на два–три порядка прямые I_{np} и обратные токи $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В) и уменьшенные на три порядка плотности тока насыщения J_0 . Кроме этого, емкости этих фотоэлементов, измеренные в интервале обратных напряжений (0,22–0,96) В, сильно уменьшаются до значений в интервале (204–191) пФ. Эти экспериментальные факты можно объяснить образованием тонкого слоя оксида арсенида галлия (с толщиной около 20 Å) на поверхности p-слоя при дополнительном отжиге структур p-n⁺-GaAs-AuGe в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут

[20], что приводит к формированию туннельных МДП структур [19]. Измеряемая полная емкость таких структур включает в себя последовательно соединенные емкость обедненного слоя полупроводника и емкость слоя диэлектрика и сложным образом зависит от приложенного напряжения и рабочей частоты переменного сигнала, на которой производится измерение емкости МДП структуры. В частности, при измерении полной емкости МДП структур на повышенных рабочих частотах (выше 100 Гц), что использовалось в данной работе, может иметь место, согласно [19], сильное умень-

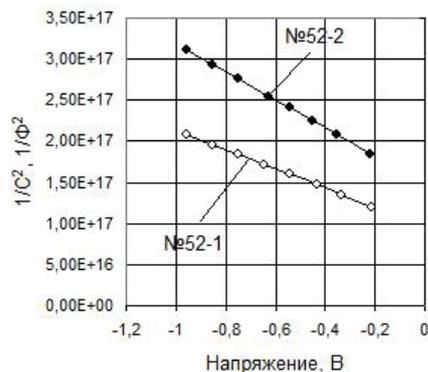


Рис. 4. C-V-характеристики фотоэлементов № 52-1 и № 52-2, расположенных на одном образце GaAs

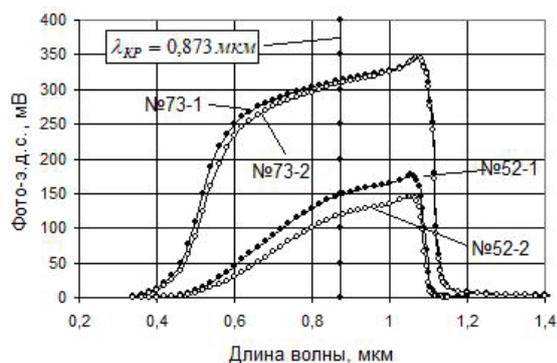


Рис. 5. Спектры фото-э.д.с. фотоэлементов № 73-1, № 73-2 и № 52-1, № 52-2. Структуры $n-n^+$ -GaAs-AuGe фотоэлементов № 73-1, № 73-2 были подвергнуты отжигу в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Au на n -слой GaAs

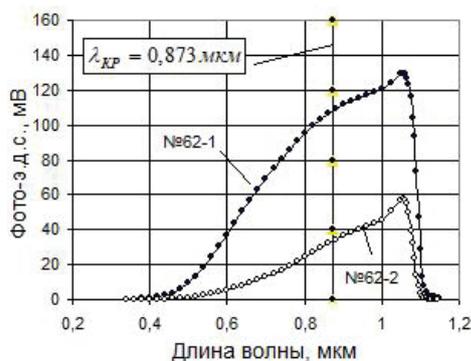


Рис. 6. Спектры фото-э.д.с. фотоэлементов № 62-1 ($J_0=5,7 \cdot 10^{-9}$ А/см²) и № 62-2 ($J_0=9,2 \cdot 10^{-8}$ А/см²) с различными значениями плотности тока насыщения

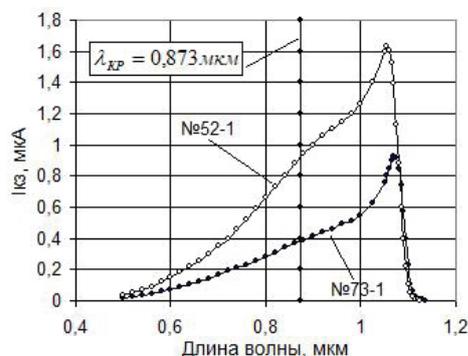


Рис. 7. Спектры тока короткого замыкания фотоэлементов № 52-1 и № 73-1. Структура $n-n^+$ -GaAs-AuGe фотоэлемента № 73-1 была подвергнута отжигу в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Au на n -слой GaAs

шение измеряемой полной емкости. Уменьшение на два-три порядка прямых I_{np} и обратных токов $I_{обр}$ (при $V=0,5$ В) и уменьшение на три порядка плотностей тока насыщения J_0 связаны с туннельным прохождением тока через тонкий слой оксида арсенида галлия в фотоэлементах, у которых структуры $n-n^+$ -GaAs-AuGe были подвергнуты дополнительно отжигу в воздухе.

Разброс значений этих токов обусловлен неизбежным наличием как краевых токов утечки барьерных контактов, так и токов утечки через дефекты прижимных внешних зондов к барьерным контактам Au- $n-n^+$ -GaAs.

Из представленных на рис. 5–7 спектров фото-э.д.с. и тока короткого замыкания фотоэлементов № 52-1, № 52-2 и № 73-1, № 73-2, освещаемых со стороны полупрозрачного слоя Au, следует, что они действуют в диапазоне длин волн (0,5–1,1) мкм, т.е. в области спектра, в которой расположена длинноволновая граница GaAs ($\lambda_{кр}=0,873$ мкм) и которая включает в себя участок спектра видимого излучения (0,5–0,8) мкм, в котором, согласно [21], коэффициент поглощения GaAs превышает 10^4 см⁻¹, участок ближней инфракрасной области спектра (0,8–0,873) мкм с коэффициентом поглощения (10^4 – 10^3) см⁻¹ [21] и участок ближней инфракрасной области спектра (0,873–0,954) мкм,

в котором коэффициент поглощения GaAs уменьшается от 10^3 см⁻¹ до 2 см⁻¹ [21].

Фотоэлементы № 73-1, № 73-2 на основе структур $n-n^+$ -GaAs-AuGe, которые были подвергнуты дополнительному отжигу в воздухе перед осаждением пленки Au на n -слой GaAs, обладают более высокими значениями фото-э.д.с. (рис. 5) и уменьшенными значениями тока короткого замыкания (рис. 7) по сравнению с фотоэлементами № 52-1, № 52-2 на основе структур $n-n^+$ -GaAs-AuGe, которые не подвергались дополнительному отжигу в воздухе. Спектры фото-э.д.с. (рис. 5) фотоэлементов № 73-1, № 73-2 (с примерно одинаковыми значениями плотности тока насыщения) одинаковы, а спектры фото-э.д.с. (рис. 6) фотоэлементов № 62-1, № 62-2 (с различными значениями плотности тока насыщения (табл. 1)) различны, причем меньшим значениям плотности тока насыщения соответствуют более высокие значения фото-э.д.с., что согласуется с теоретическими выводами (например, в [19]), которые следуют из анализа ВАХ освещенного фотоэлемента. Кроме этого, как отмечается в [19], при увеличении фото-э.д.с. в фотоэлементах на МДП-структурах уменьшается ток короткого замыкания, что также видно из данных табл. 1 для фото-э.д.с. и тока короткого замыкания при освещении фотоэлементов интегральным светом вольфрамовой

лампы накаливания (220 В, 75 Вт). Фотоэлементы № 73-1, № 73-2, № 83-1 и № 83-2 (с МДП-структурами) имеют увеличенные значения фото-э.д.с., однако их токи короткого замыкания сильно уменьшены, что ведет к уменьшению эффективности преобразования.

Расширение спектров фото-э.д.с. и тока короткого замыкания рассматриваемых фотоэлементов в ближнюю инфракрасную область спектра до $\lambda = 1,1$ мкм обусловлено тем, что при освещении фотоэлементов со стороны полупрозрачного слоя Au, коэффициент пропускания которого равен (0,5–0,4) в диапазоне длин волн (0,4–1) мкм с максимальным значением 0,7 на длине волны 0,6 мкм, излучение видимой и инфракрасной областей спектра распространяется с частичным поглощением как в слое Au, так и в *n*-слое GaAs. Поэтому фотоэлементы действуют как на основе возбуждения электронно-дырочных пар в *n*-слое GaAs, так и на основе внутренней фотоэмиссии электронов, которые возбуждаются в Au пленке излучением с длинами волн выше длинноволновой границы GaAs ($\lambda_{кр} = 0,873$ мкм) и переходят *n*-слой GaAs, когда их энергия превышает высоту барьера ϕ_{bn} контакта Au-*n*-*n*⁺-GaAs.

Заключение. Таким образом, в настоящей работе предложена структура и методика изготовления фотоэлемента на основе контакта Au-*n*-GaAs с барьером Шоттки. Измерены темновые статические вольт-амперные характеристики (ВАХ) фотоэлементов, их *C-V*-характеристики, спектры фото-э.д.с. в фотовольтаическом режиме и спектры тока короткого замыкания в фотовольтаическом режиме, и определена высота барьера Шоттки ϕ_{bn} контактов Au-*n*-*n*⁺-GaAs фотоэлектрическим методом на основе использования их спектров тока короткого замыкания. Показано, что отжиг структур *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе при (200–220) °С в течение 30 минут перед осаждением пленки Au на *n*-слой GaAs приводит к уменьшению на два-три порядка прямых I_{np} и обратных токов $I_{обр}$ (при $V = 0,5$ В), уменьшению на три порядка плотности тока насыщения J_0 , уменьшению емкостей фотоэлементов до значений в интервале (204–191) пФ при обратных напряжениях (0,22–0,96) В, уменьшению тока короткого замыкания фотоэлементов и к увеличению их фотоэ.д.с., что связано с образованием тонкого слоя оксида арсенида галлия на поверхности *n*-слоя при дополнительном отжиге структур *n*-*n*⁺-GaAs-AuGe в воздухе.

Библиографический список

1. Шулунов А. Н. Радиофотоника — одно из важнейших направлений электроники. URL: <http://www.sib-science.info/ru/institutes/na-fotonnom-perekhode-02022018> (дата обращения: 15.01.2019).
2. Кировская И. А., Юрьева А. В., Эккерт А. О., Уманский И. Ю., Колесников Л. В., Матяш Ю. И., Корнеев С. А. Исследование активности поверхности полупроводников типа АЗВ5. Возможности их использования в сенсорной технике // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 111–115. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-111-115.
3. Божков В. Г., Лукаш В. С. Полупроводниковые СВЧ-приборы // Вестник Томского государственного университета. 2005. № 285. С. 129–138.
4. Murat Soylu, Fahrettin Yakuphanoglu. Photovoltaic and interface state density properties of the Au/n-GaAs Schottky barrier solar cell // Thin Solid Films. 2011. Vol. 519, Issue 6. P. 1950–1954. DOI: 10.1016/j.tsf.2010.10.030.

5. Stirn R. J., Yeh Y. C. M. A 15 % efficient antireflection-coated metal-oxide-semiconductor solar cell // Applied Physics Letters. 1975. Vol. 27, Issue 2. P. 95–98. DOI: 10.1063/1.88375.
6. Biber M., Güllü Ö., Forment S. [et al.]. The effect of Schottky metal thickness on barrier height inhomogeneity in identically prepared Au/n-GaAs Schottky diodes // Semiconductor Science and Technology. 2006. Vol. 21, Issue 1. P. 1–5. DOI: 10.1088/0268-1242/21/1/001.
7. Karatas S., Altýndal S. Analysis of I–V characteristics on Au/n-type GaAs Schottky structures in wide temperature range // Materials Science and Engineering B. 2005. Vol. 122, Issue 2. P. 133–139. DOI: 10.1016/j.mseb.2005.05.018.
8. Karatas S., Türüt A. The determination of electronic and interface state density distributions of Au/n-type GaAs Schottky barrier diodes // Physica B. 2006. Vol. 381, Issue 1-2. P. 199–203. DOI: 10.1016/j.physb.2006.01.412.
9. Almeida J., Coluzza C., dell'Orto T. [et al.]. Au/GaAs(100) interface Schottky barrier modification by a silicon nitride intralayer // Journal of Applied Physics. 1997. Vol. 81, Issue 1. P. 292–296. DOI: 10.1063/1.363847.
10. Leroy W. P., Opsomerb K., Forment S. [et al.]. The barrier height inhomogeneity in identically prepared Au/n-GaAs Schottky barrier diodes // Solid-State Electronics. 2005. Vol. 49, Issue 6. P. 878–883. DOI: 10.1016/j.sse.2005.03.005.
11. Altuntas H., Altundala Ş., Özçelika S. Electrical characteristics of Au/n-GaAs Schottky barrier diodes with and without SiO2 insulator layer at room temperature // Vacuum. 2009. Vol. 83, Issue 7. P. 1060–1065. DOI: 10.1016/j.vacuum.2009.01.002.
12. Hudait M. K., Krupanidhi S. B. Effects of thin oxide in metal-semiconductor and metal-insulator-semiconductor epi-GaAs Schottky diodes // Solid-State Electronics. 2000. Vol. 44, Issue 6. P. 1089–1097. DOI: 10.1016/S0038-1101(99)00320-2.
13. Childs R. B., Ruths J. M., Sullivan T. E. [et al.]. Effects of ultrathin oxides in conducting MIS structures on GaAs // Journal of Vacuum Science and Technology. 1978. Vol. 15, Issue 4. P. 1397–1401. DOI: 10.1116/1.569795.
14. Newman N., Kendelewicz T., Thomson D. [et al.]. Schottky barriers on atomically clean cleaved GaAs // Solid-State Electronics. 1985. Vol. 28, Issue 3. P. 307–312. DOI: 10.1016/0038-1101(85)90011-5.
15. Okumura T., Tu K. N. Electrical characterization of Schottky contacts of Au, Al, Gd, and Pt on n-type and p-type GaAs // Journal of Applied Physics. 1987. Vol. 61, Issue 8. P. 2955–2961. DOI: 10.1063/1.337843.
16. Waldrop J. R. Schottky-barrier height of ideal metal contacts to GaAs // Applied Physics Letters. 1984. Vol. 44. P. 1002–1004. DOI: 10.1063/1.94599.
17. Пат. 2507304 Российская Федерация, МПК С 23 С 14/24. Испаритель для вакуумного нанесения тонких пленок металлов и полупроводников / Бурлаков Р. Б., Ковивчак В. С., Кузин А. Г., Шабакин В. П. № 2012149331/02; заявл. 19.11.12; опубл. 20.02.14, Бюл. № 5.
18. Пат. 188587 Российская Федерация, МПК С 23 С 14/24. Испаритель с изменяемой геометрией для вакуумного нанесения тонких пленок / Бурлаков Р. Б., Кузин А. Г. № 2018125350; заявл. 10.07.18; опубл. 17.04.19, Бюл. № 11.
19. Зи С. Физика полупроводниковых приборов. В 2-х кн. / пер. с англ. 2-е перераб. и доп. изд. М.: Мир, 1984. Кн. 2. 456 с.
20. Murarka S. P. Thermal oxidation of GaAs // Applied Physics Letters. 1975. Vol. 26, no. 4. P. 180–181. DOI: 10.1063/1.88107.
21. Moss T. S., Hawkins T. D. F. Infrared absorption in gallium arsenide // Infrared Physics. 1961. Vol. 1, Issue 2. P. 111–115. DOI: 10.1016/0020-0891(61)90014-8.

БЛЕСМАН Александр Иосифович, кандидат технических наук, доцент (Россия), заведующий кафедрой

рой «Физика», директор научно-образовательного ресурсного центра «Нанотехнологии» Омского государственного технического университета.

SPIN-код: 6809-3460

AuthorID (РИНЦ): 144661

ORCID: 0000-0003-2837-3469

AuthorID (SCOPUS): 11539204200

ResearcherID: B-3079-2014

Адрес для переписки: physics@omgtu.ru

БУРЛАКОВ Рудиарий Борисович, кандидат физико-математических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Прикладная и медицинская физика» Омского государственного университета им. Ф. М. Достоевского.

AuthorID (РИНЦ): 37654

Адрес для переписки: burlakovrb@e-mail.omstu.ru

Для цитирования

Блесман А. И., Бурлаков Р. Б. Электрические и фотоэлектрические свойства фотоэлементов на основе контакта Au-n-GaAs с барьером Шоттки // Омский научный вестник. 2019. № 4 (166). С. 55–60. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-166-55-60.

Статья поступила в редакцию 15.05.2019 г.

© А. И. Блесман, Р. Б. Бурлаков