

К. ф.-м. н. Д. МЕЛЕБАЕВ, Г. Д. МЕЛЕБАЕВА, д. ф.-м. н. Ю. В. РУДЬ,
д. ф.-м. н. В. Ю. РУДЬ

Туркменистан, г. Ашхабад, Государственный университет им. Магтымгулы;
Россия, г. Санкт-Петербург, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе,
Государственный политехнический университет
E-mail: dmelebay@yandex.ru, yuryrud@mail.ioffe.ru, rudvas@spbstu.ru

Дата поступления в редакцию
02.03 2007 г.

Оппонент к. т. н. В. В. РЮХТИН
(ЦКБ "Ритм", г. Черновцы)

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ БАРЬЕРА В СТРУКТУРАХ Au–n-GaAs

Созданы и исследованы двухсторонние фоточувствительные структуры Au–n-GaAs. Показана новая возможность определения высоты барьера по методу фотоответа с высокой точностью и надежностью.

Барьеры Шоттки на основе арсенида галлия привлекают внимание исследователей как перспективные структуры для создания радиационноустойчивых полупроводниковых приборов [1]. Одним из фундаментальных параметров полупроводниковых приборов типа "металл (*m*) — полупроводник (*s*)", "металл—диэлектрик—полупроводник" (*mis*), используемых в современной опто- и микроэлектронике, является высота барьера Шоттки ($q\Phi_{B0}$). Прямым и самым точным методом определения $q\Phi_{B0}$ признан фотоэлектрический метод [2]. Он основан на полуфеноменологической теории Фаулера [3], которая применительно к выпрямляющему неточечному контакту "металл—полупроводник" впервые была использована в работах [4–6]. В этих работах был развит фотоэлектрический метод определения $q\Phi_{B0}$, основанный на измерении спектра фоточувствительности поверхностно-барьерных структур "металл—полупроводник". Возможные варианты фотоэлектрического метода определения $q\Phi_{B0}$ для *m-s*-структур при освещении *m-s*-перехода как со стороны металла, так и со стороны полупроводника, известны давно [2, 7, 8]. Однако определение $q\Phi_{B0}$ для структур "металл—GaAs" при освещении *m-s*-перехода со стороны GaAs экспериментально не развито, хотя этот вариант определения $q\Phi_{B0}$ в теоретическом аспекте обоснован [2, 8].

Настоящая работа посвящена разработке технологии получения двухсторонних фоточувствительных структур Au–n-GaAs химическим методом и исследованию влияния направления падающего света на фоточувствительность с целью повышения надежности и точности определения высоты потенциального барьера Шоттки по спектру фототока.

Объектом исследования служили почти идеальные структуры с барьером Шоттки Au–n-GaAs. Структура представляет собой пластину GaAs, на одной стороне которой находится полупрозрачный барьер

Работа поддержана программой ОФН РАН «Новые принципы преобразования энергии в полупроводниковых структурах».

ный контакт (слой Au), а на противоположной — кольцевой омический контакт (In+3%Te). Пластины GaAs были разделены на две группы в зависимости от концентрации электронов в полупроводнике. В одной группе пластины имели концентрацию электронов $n=(1...3) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ (300 K), а в другой — $n=(1...3) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ (300 K). Обе группы пластинок ориентированы по кристаллографическим плоскостям (100). Исходные кристаллы GaAs были выращены методом Чохральского, и их толщина составляла $\approx 250 \text{ мкм}$.

Омический контакт к n-GaAs изготовлялся сплавлением сплава, содержащего In+3%Te, в атмосфере водорода при температуре около 500°C. Полупрозрачный барьерный контакт создавался химическим осаждением слоя золота при комнатной температуре из водного раствора $\text{HAuCl}_4(4\text{г/л}) + \text{HF}(100\text{мл/л})$ по методике [9]; толщина слоя золота составляла 100–150 Å. Перед химическим осаждением золота либо перед формированием диэлектрического (оксидного) слоя поверхность GaAs обрабатывалась в бромметилом травителе 4%Br₂+96%CH₃OH.

Площадь барьерного контакта (*S*) у разных структур составляла 0,05–0,3 см². К омическому и барьерному контактам с использованием индия припаивались серебряные провода. Измерялись вольт-фарадные (*C–U*) и вольт-амперные (*I–U*) характеристики, а также спектр фототока короткого замыкания ($I_{j0} - h\nu$). Все измерения выполнены при комнатной температуре (300 K).

Экспериментальное исследование свойств поверхностно-барьерных структур Au–n-GaAs выполнено в два этапа. На первом этапе без открытия «окна» из GaAs проведены исследования *C–U*-, *I–U*-, $I_{j0} - h\nu$ -характеристик структур. На основе анализа электрических и фотоэлектрических свойств Au–n-GaAs-структур определены параметры кристаллов GaAs (концентрация основных носителей заряда $n=N_d - N_a$, энергия прямых переходов $E_0 = E_g$), а также оценены параметры энергетических диаграмм структур "металл—полупроводник GaAs": ширина слоя объемного заряда W_0 и максимальное электрическое поле E_{m0} при нулевом смещении, высоты барьера Шоттки $q\Phi_{B0}$. Измерялась также зависимость прямого темнового тока *I* от напряжения *U*, которая в интервале плотностей токов $10^{-7} - 10^{-2} \text{ А/см}^2$ оказалась экспоненциальной — $I = I_s \exp(qU/\beta kT)$, где I_s — ток насыщения.

Из этого выражения определялся коэффициент идеальности структуры β , который зависит от толщины промежуточного диэлектрического слоя [10].

Значение высоты барьера Шоттки определялось фотоэлектрическим методом, а также (для сравнения) методом вольт-фарядных характеристик на частоте 10 кГц. Полученные двумя независимыми методами значения $q\Phi_{B0}$ практически совпадают (см. **таблицу**). На данном этапе исследования для определения $q\Phi_{B0}$, E_g измерялись спектры фоточувствительности в диапазоне энергии фотонов $h\nu=0,9 \dots 2,2$ эВ. При этом структуры Au-*n*-GaAs освещались со стороны Au.

*Электрические и фотоэлектрические параметры структур Au-*n*-GaAs при T=300 K (данные получены до открытия окна из GaAs)*

Но- мер	S , см ²	N_d-N_a , см ⁻³	E_{m0} , В/см	β	$q\Phi_{B0}$, эВ (C—U)	$q\Phi_{B0}$, эВ ($I_{f0}-h\nu$)
1	0,112	$2,2 \cdot 10^{16}$	$7,1 \cdot 10^4$	1,10	0,98	0,88
2	0,069	$3 \cdot 10^{17}$	$2,8 \cdot 10^5$	1,09	0,90	0,89
3	0,062	$3 \cdot 10^{16}$	$8,5 \cdot 10^4$	1,08	0,91	0,89
4	0,125	$1,5 \cdot 10^{16}$	$6,45 \cdot 10^4$	1,27	1,08	0,92

Для удобства сравнения и дальнейшего сопоставительного анализа фотоэлектрических свойств исследуемых структур Au-*n*-GaAs их измеренные характеристические параметры приведены в таблице.

При освещении *m-s*-перехода со стороны GaAs важным параметром становится толщина (d) освещаемого полупроводника. Для получения заметного фототока генерация неравновесных носителей заряда светом должна происходить в основном в области около *m-s*-перехода толщиной $d \approx 2(W+L)$ [11], где L — диффузионная длина неосновных носителей заряда. В наших экспериментах, согласно измерениям, толщина слоя объемного заряда W_0 при отсутствии смещения составляла 0,06—0,31 мкм. Диффузионная длина дырок L_p равнялась 0,6—1,5 мкм.

Для анализа характеристик структур, сравнения их фоточувствительности при освещении *m-s*-перехода (как со стороны полупрозрачного металла (Au), так и со стороны светопроницаемого полупроводника (GaAs)) и определения $q\Phi_{B0}$ в фаулеровской области спектра возьмем в качестве критерия величину вентильной фото-эдс (U_{f0}). При освещении *m-s*-перехода монохроматическим светом как со стороны металла, так и со стороны полупроводника, и соблюдении условия $d \approx 2(W_0+L_p)$ вентильные фото-эдс для фоточувствительных *m-s*-структур должны быть близкими, т. е. $U_{f0} \approx U_{f0m} \approx U_{f0s}$. Для удовлетворения этих условий приходится вытравливанием открыть окно в GaAs, чтобы свет проходил к *m-s*-переходу через полупроводник.

Согласно теоретическим соображениям, в изготовленных структурах d должно быть 1,5—4 мкм. В этом случае можно получить фотоответ при энергиях фотонов $h\nu > E_g$ при освещении со стороны GaAs, и тогда должно выполняться условие $U_{f0} \approx U_{f0m} \approx U_{f0s}$. Однако в наших экспериментах для достижения поставленной цели выполнение условия $h\nu > E_g$ необязательно, поскольку фаулеровская область охватывает спектр $q\Phi_{B0} < h\nu < E_g$. В этом случае реальная тол-

щина должна быть больше, чем теоретическая толщина 1,5—4 мкм. Чтобы получить реальную толщину полупроводника, глубина травления GaAs отслеживалась по значению U_{f0} . Экспериментально мы достигли $U_{f0} \approx U_{f0m} \approx 0,8 U_{f0s}$. Это условие отвечает реальной толщине.

Для прохождения света к *m-s*-переходу со стороны GaAs химическим вытравливанием открывались окна из всех исследуемых структур Au-*n*-GaAs, которые имели толщину полупроводника *n*-GaAs примерно 250 мкм.

Для открытия окна из GaAs применялась следующая методика. Кольцевые омические и барьерные контакты предварительно покрывались химически стойким лаком. Затем внутри кольцевого омического контакта в центре пластинки GaAs травителем HNO₃: HF:H₂SO₄=7:1:1 [12] открывалось окно. Требуемая глубина травления GaAs обеспечивалась периодическим контролем U_{f0} . Когда толщина полупроводника d становилась такой, что выполнялось условие $U_{f0m} \approx 0,8 U_{f0s}$, травление прекращалось. У разных *m-s*-структур диаметр окна составлял 0,2—0,3 см. После открытия окна лак снимался механически и структуры промывались этиловым спиртом.

Структуры Au-*n*-GaAs, предназначенные для дальнейших исследований, обладали фоточувствительностью при освещении как со стороны слоя Au, так и со стороны GaAs (**рис. 1, а**). В наших экспериментах значения U_{f0} при освещении структуры со стороны

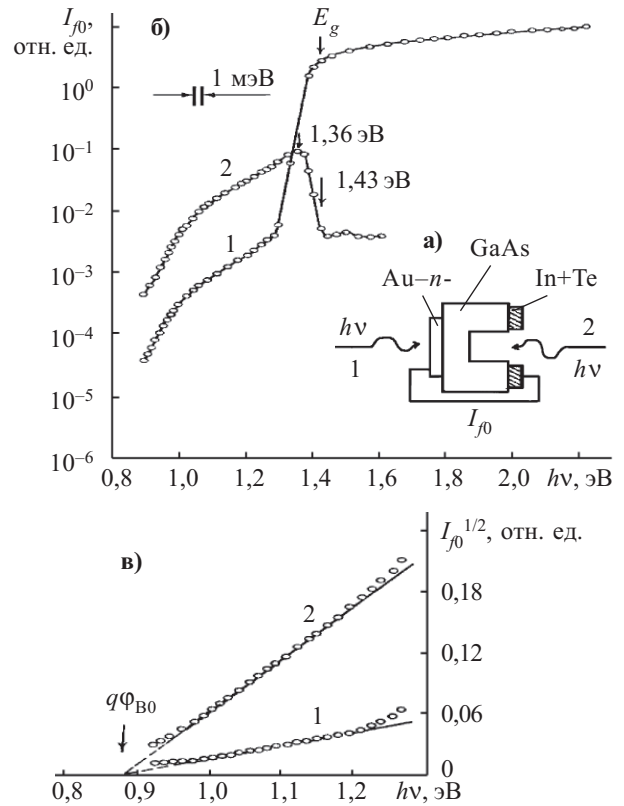


Рис. 1. Схема измерений фототока короткого замыкания I_{f0} в структурах Au-*n*-GaAs (а) и зависимости фототока (I_{f0} , $I_{f0}^{1/2}$) от энергии фотона ($h\nu$) для структуры № 1 (б, в): 1 — освещение со стороны Au; 2 — освещение со стороны GaAs (T=300 K)

Au $U_{f0m}=0,35...0,45$ В, а при освещении со стороны GaAs U_{f0s} достигали $0,25...0,35$ В, т. е. выполняется условие $U_{f0s} \approx U_{f0m} \approx 0,8U_{f0s}$.

После открытия окна из GaAs ранее исследуемые $m-s$ -структуры становились структурами с двухсторонней фоточувствительностью (рис. 1, а). На втором этапе выполнены только фотоэлектрические исследования свойств таких структур. В спектральных измерениях освещаемая площадь $m-s$ -перехода составляла примерно $0,01$ см². Фототок приведен к равному числу падающих фотонов.

Типичные спектральные характеристики двухсторонней фоточувствительной структуры Au- n -GaAs в области энергии фотонов $0,9-2,2$ эВ при освещении как со стороны полупрозрачного слоя Au, так и со стороны светопроницаемого полупроводника GaAs, представлены на рис. 1, б. Из него хорошо видно, что в исследуемых структурах форма спектра фототока короткого замыкания зависит от геометрии освещения. При освещении $m-s$ -перехода со стороны Au зависимость фототока I_{f0} от $h\nu$ широкополосная (рис. 1, б, кривая 1). Фоточувствительность структур при $h\nu=0,9...1,25$ эВ на 2—3 порядка ниже, чем при энергиях фотонов, превышающих ширину запрещенной зоны полупроводника E_g . Зависимость фототока I_{f0} от $h\nu$ в диапазоне $h\nu=0,95...1,25$ эВ подчиняется закону Фаулера, т. е. $I_{f0} \approx (h\nu - q\Phi_{B0})^2$.

Экспериментальная зависимость $I_{f0}^{1/2}$ от $h\nu$ (рис. 1, в, кривая 1) была линейной, и высота барьера $q\Phi_{B0}$ определялась экстраполяцией этой зависимости к значению $I_{f0}^{1/2}=0$. В исследованных структурах $q\Phi_{B0}$ лежала в пределах $0,86-0,92$ эВ. Для разных структур величины $q\Phi_{B0}$ были разными (см. таблицу). Значение ширины запрещенной зоны n -GaAs (рис. 1, б, кривая 1) определено по зависимости I_{f0} от $h\nu$ [13] и составляет $1,43$ эВ при 300 К. Спектр фототока при энергиях фотонов $h\nu > E_g$ подробно изучался в [14] и в настоящей работе не рассматривается.

На рис. 1, б, кривая 2 приведено наблюдаемое экспериментальное спектральное распределение фоточувствительности структур Au- n -GaAs (структура № 1) при освещении со стороны GaAs. Обнаружено, что зависимость фототока I_{f0} от $h\nu$ при таком направлении освещения имеет селективный характер, и максимум фоточувствительности расположен вблизи $h\nu_m \approx 1,36$ эВ. Установлено, что при освещении $m-s$ -перехода со стороны GaAs зависимость фототока I_{f0} от энергии фотонов в области $h\nu=0,95...1,25$ эВ также подчиняется закону Фаулера: $I_{f0} \approx (h\nu - q\Phi_{B0})^2$. Из этой зависимости определена величина $q\Phi_{B0}$, значение которой равно $0,88$ эВ. Для одной и той же структуры — как при освещении Au, так и при освещении GaAs — получены одинаковые значения $q\Phi_{B0}$ (рис. 1, в), например для структуры № 1 $q\Phi_{B0}$ оказалось равным $0,88$ эВ.

Экспериментальным исследованием двухсторонней фоточувствительной структуры Au- n -GaAs при освещении как со стороны Au, так и со стороны GaAs, показано, что фототок в области спектра $h\nu=0,95...1,25$ эВ в основном определяется эмиссией электронов из зо-

лота. При освещении аналогичных структур со стороны золота такое же утверждение ранее отмечено в работе [15].

Было обнаружено, что при освещении структур со стороны GaAs фототок в фаулеровской области при близких условиях фотовозбуждения возрастает примерно на порядок величины относительно случая освещения со стороны полупрозрачной Au (рис. 1, б, кривая 2). Это означает, что при освещении Au- n -GaAs-структур со стороны GaAs, а именно в фаулеровской области спектра ($h\nu=0,95...1,25$ эВ), фоточувствительность структур увеличивается на порядок. Это увеличение может быть вызвано различиями в спектрах оптического пропускания пленки золота и окна в пластине GaAs в пределах фаулеровского диапазона энергий. Следует также указать, что в случае определения $q\Phi_{B0}$ Au- n -GaAs-структур при освещении со стороны GaAs появляется возможность использовать толстый слой барьерного металлического контакта и тем самым обойти технологические трудности, связанные с изготовлением тонких полупрозрачных металлических слоев.

Фактически нами предложен ранее не используемый усовершенствованный вариант фотоэлектрического метода определения высоты барьера Шоттки для структур Au- n -GaAs при освещении их со стороны окна из GaAs. Фоточувствительность полученных барьеров в условиях возбуждения со стороны GaAs оказалась не менее чем на порядок величины выше, чем при их освещении со стороны тонких пленок Au. В нашей работе высказано только предположение о том, что эффект увеличения фоточувствительности обусловлен различиями в оптическом пропускании излучения полупроводником GaAs и пленкой Au. На самом деле это различие может быть связано и с другими особенностями прохождения излучения в столь различных оптических средах. Этот вопрос весьма сложный и требует дальнейших исследований.

На рис. 2 представлена зависимость корня квадратного из фототока от энергии фотона фаулеровского участка спектра для структуры Au- n -GaAs № 2 до и после открытия окна из GaAs и при разных на-

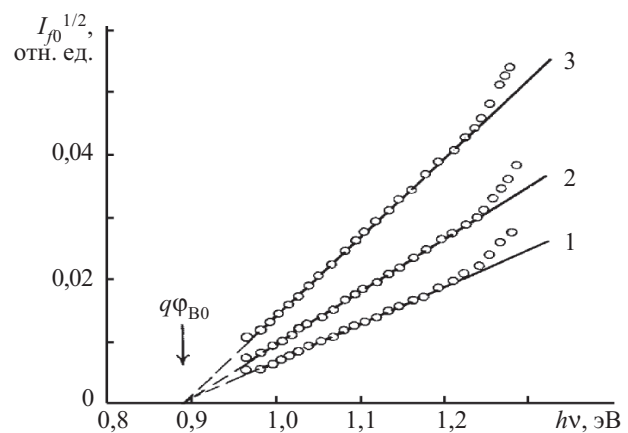


Рис. 2. Зависимость фототока от энергии фотонов для структуры Au- n -GaAs № 2 при разных направлениях освещения ($T=300$ К):

1 — освещение со стороны Au до открытия окна; 2 — освещение со стороны Au после открытия окна; 3 — освещение со стороны GaAs

правлениях освещения. Как видно из рисунка, величина высоты барьера $q\Phi_{B0}$ не зависит от направления освещения и изменения конструкции структуры и равна 0,89 эВ. Следовательно, использованная в работе технология вскрытия окна из GaAs в структурах Au-n-GaAs не вносит каких-либо необратимых изменений. Таким образом, значение высоты барьера Шоттки можно брать как фундаментальный параметр для диагностики качества границы раздела "металл—полупроводник".

Из анализа экспериментальных зависимостей фототока короткого замыкания I_{f0} от энергии фототоков $h\nu$ для разных фоточувствительных структур Au-n-GaAs, освещаемых со стороны GaAs, найдены значения высоты барьера Шоттки $q\Phi_{B0}$. На рис. 3 представлены зависимости $I_{f0}^{1/2}$ от $h\nu$ в фаулеровской области спектра для почти идеальных структур Au-n-GaAs при освещении $m-s$ -перехода со стороны GaAs.

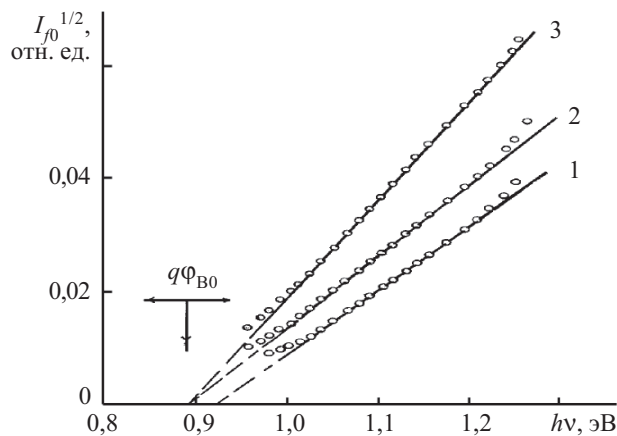


Рис. 3. Зависимость фототока от энергии фотона для трех $m-s$ -структур Au-n-GaAs при освещении со стороны окна из GaAs ($T=300$ K):

1 — структура № 4 с тонким диэлектрическим слоем ($\beta=1,27$, $\delta=40$ Å); 2, 3 — почти идеальные структуры ($\beta<1,1$, $\delta<15$ Å) соответственно № 2 и № 3

Как видно из рисунка, для двух структур Au-n-GaAs (№ 2, № 3) получены одинаковые значения $q\Phi_{B0}$, которые равны 0,89 эВ. Важно подчеркнуть, что в таких структурах образование сверхтонкого промежуточного диэлектрического слоя ($\beta<1,1$, $\delta<15$ Å) между полупроводником и металлом не приводит к изменению высоты потенциального барьера. Эти результаты совпадают с полученными для идеальных барьеров Шоттки Au-n-GaAs при освещении со стороны слоя золота в [16].

Присутствие на границе раздела "металл—полупроводник" тонкого промежуточного диэлектрического слоя ($\beta=1,27$, $\delta=40$ Å) между полупроводником и металлом меняет свойства границы раздела, что и вызывает изменение высоты барьера (рис. 3, кривая 1). В выполненном цикле исследований установлено, что присутствие между полупроводником и металлом тонкого диэлектрического слоя толщиной от 15 до 40 Å не снижает высоту потенциального барьера структур Au-n-GaAs.

Найденные в фаулеровской области спектра фототока $h\nu=0,95...1,25$ эВ значения $q\Phi_{B0}$ для Au-n-GaAs-структур при освещении $m-s$ -перехода со стороны GaAs хорошо согласуются с другими литературными данными [17—21], полученными в последние годы по методу фотоответа при освещении $m-s$ -перехода со стороны полупрозрачного слоя металла.

Результаты экспериментального исследования двухсторонней фоточувствительности структур Au-n-GaAs в фаулеровской области спектра показали, что не используемый ранее вариант фотоэлектрического метода определения $q\Phi_{B0}$ при освещении со стороны GaAs более надежен, технологичен, информативен и удобен, чем известный вариант фотоэлектрического метода при освещении со стороны золота [14].

Таким образом, результаты комплексных исследований барьеров Шоттки позволяют сделать вывод о том, что для точного определения высоты барьера можно использовать контактный фотоэлектрический метод. Этот метод дает возможность определить величину высоты потенциального барьера без разрушения структур "металл—GaAs" как при освещении $m-s$ -перехода со стороны металла, так и при освещении со стороны GaAs. Высота барьера для структур Au-n-GaAs при освещении со стороны GaAs определена впервые [21]. По величине высоты потенциального барьера, найденной фотоэлектрическими методами, можно судить о качестве границы раздела "металл—полупроводник". В результате предложен вариант фотоэлектрического метода определения $q\Phi_{B0}$ для структур "металл—GaAs" при освещении $m-s$ -перехода со стороны GaAs.

Обнаружено, что предлагаемый метод обладает высокой фоточувствительностью, поскольку в фаулеровской области спектра при освещении со стороны GaAs фоточувствительность структур Au-n-GaAs увеличивается примерно на порядок. В силу этого указанный метод представляет интерес для исследования свойств границы раздела "металл—полупроводник", "металл—диэлектрик—полупроводник". Данный метод особенно перспективен для изучения фундаментальных свойств межфазной границы раздела, а также полезен при разработке новых полупроводниковых приборов для современной электроники.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Арсенид галлия в микроэлектронике / Под ред. Н. Айнспрука, У. Уиссмана.— М.: Мир, 1988.
2. Зи. С. М. Физика полупроводниковых приборов.— М.: Энергия, 1973.
3. Fowler R. H. The analysis of photoelectric sensitivity curves for clean metal at various temperatures // Phys. Rev.— 1931.— Vol. 38, N 1.— P. 45—56.
4. Crowell C. R., Spitzer W. G., White H. G. Photoexcited holes running in Au // Appl. Phys. letter.— 1962.— Vol. 1.— P. 3—6.
5. Mead C. A., Spitzer W. G. Fermi position at metal-semiconductor interfaces // Phys. Rev.— 1964.— Vol. 134.— P. A 713—A 716.
6. Sze S. M., Crowell C. R., Kahng D. Photoelectric determination of the image force dielectric constant for hot electrons in Schottky barriers // J. Appl. Phys.— 1964.— Vol. 35.— P. 2534—2536.

7. Стриха В. И., Бузанева Е. В., Радзиевский И. А. Полупроводниковые приборы с барьером Шоттки (физика, технология, применение).— М.: Сов. радио, 1974.
8. Mead C. A. Metal-semiconductor surface barrier // Solid-State Electron.— 1966.— Vol. 9, N 11/12.— P. 1023—1033.
9. Беркелиев А., Гольдберг Ю. А., Мелебаев Д., Царенков Б. В. Фотоприемник видимого и ультрафиолетового излучения на основе $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ поверхностно-барьерных структур // ФТП.— 1976.— Т. 10, вып. 8.— С. 1532—1534.
10. Card H. C., Rhoderick E. H. Studies to tunnel MOS diodes I. Interface effects in silicon Schottky diodes // J. Phys. D: App. Phys.— 1971.— Vol. 4.— P. 1589—1601.
11. А. с. 383125 СССР. Полупроводниковый фоточувствительный прибор / А. А. Гуткин, М. Д. Дмитриев, Д. Н. Наследов.— 1973.— Б. И. № 23.
12. Готра З. Ю. Технология микроэлектронных устройств.— М.: Радио и связь, 1991.
13. Беркелиев А., Гольдберг Ю. А., Именков А. Н. и др. Фотоэлектрический метод определения параметров варизонных полупроводников // Изв. АН ТССР. Сер. Физ.-техн. и геолог. науки.— 1986.— Вып. 1.— С. 8—14.
14. Конников С. Г., Мелебаев Д., Рудь В. Ю. и др. Варизонные $\text{Au-GaP}_x\text{As}_{1-x}$ структуры и возможности их применения в фотоприемниках ультрафиолетового диапазона // Письма в ЖТФ.— 1993.— Т. 19, вып. 4.— С. 57—64.
15. Гуткин А. А., Дмитриев М. В., Наследов Д. Н., Пашковский А. В. Спектры фоточувствительности поверхностно-барьерного диода Au-n-GaAs в области энергий фотонов 1—5 эВ // ФТП.— 1971.— Т. 5, вып. 10.— С. 1927—1932.
16. Гольдберг Ю. А., Поссе Е. А., Царенков Б. В. Механизм протекания прямого тока в GaAs поверхностно-барьерных структурах (случай невырожденного электронного газа) // ФТП.— 1975.— Т. 9, вып. 3.— С. 513—518.
17. Okumura T., Tu K. N. Electrical characterization of Schottky contacts of Au, Al, Gd and Pt on n-type and p-type GaAs // J. Appl. Phys.— 1987.— Vol. 61 (8).— P. 2955—2961.
18. Конников С. Г., Мелебаев Д., Рудь В. Ю. Исследование зонной структуры полупроводниковых твердых растворов $\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$ фотоэлектрическим методом // Письма в ЖТФ.— 1993.— Т. 33.— С. 47—54.
19. Бедный Б. И. О трансформации потенциального барьера на границе GaAs/Au при термообработке // ФТП.— 1999.— Т. 33, вып. 11.— С. 1350—1354.
20. Дмитрук Н. Л., Борковская О. Ю., Конакова Р. В. и др. Влияние гамма-облучения на характеристики фотопреобразования барьерных структур металл—арсенид галлия с текстурированной границей раздела // ЖТФ.— 2002.— Т. 72, вып. 6.— С. 44—49.
21. Мелебаев Д., Мелебаева Г. Д., Рудь Ю. В., Рудь В. Ю. Определение высоты барьера Шоттки Au-n-GaAs фотоэлектрическим методом // Труды VII Международной науч.-практ. конф. «СИЭТ-2006».— Одесса, Украина.— 2006.— С. 165.

НОВЫЕ КНИГИ

НОВЫЕ КНИГИ



Анцыферов С. С., Голубь Б. И. Общая теория измерений: Учебное пособие / Под редакцией Н. Н. Евтихьева.— М.: Горячая линия-Телеком, 2007.— 176 с.

Изложены основные положения теоретической метрологии. Рассмотрены методы выявления, оценки и аппроксимации погрешностей результатов измерений. Рассмотрены методы обработки динамических измерений, спектрального анализа и случайных процессов. Основное внимание уделено вопросам математического обеспечения методов обработки результатов многократных измерений и их систематизации.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Стандартизация, сертификация и метрология»; может быть полезно специалистам.

НОВЫЕ КНИГИ



Мишин Г. Т. Современная аналоговая микроэлектроника: теория и практика.— Радиотехника, 2007.— 208 с.

Изложены естественно-научные представления аналоговой микроэлектроники, основой которых являются математическая теория дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в обобщенной форме. Впервые показано, что полномасштабный переход к естественно-научным представлениям позволяет сформировать новый элементный базис; предложить решения для матричных аналоговых больших интегральных микросхем и перепрограммируемых аналоговых интегральных схем; обосновать процедуру синтеза аналоговых электронных цепей. Теоретические выводы сопровождаются практическими примерами.

Предназначена для инженеров, аспирантов и студентов, занимающихся исследованием и разработкой аналоговых систем электроники.