

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В АРСЕНИДГАЛЛИЕВЫХ ПОВЕРХНОСТНО-БАРЬЕРНЫХ СТРУКТУРАХ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ γ - И β - ИЗЛУЧЕНИЯ

К.А.Исмаилов, В.А.Статов, М.Б.Тагаев

Каракалпакский госуниверситет, г. Нукус, Республика Узбекистан;

А.Б.Камалов

Институт физики полупроводников НАН Украины, г.Киев

Наведені експериментальні дані про вплив γ - та β -випромінювань на вольт-амперні та вольт-фарадні характеристики діодних структур з бар'єром Шоттки Au-Al-GaAs та Au-Ti-GaAs. Виявлено інтервал доз, в якому покращуються параметри діодних структур.

Приведены экспериментальные данные о влиянии γ - и β - излучений на вольт-амперные и вольт-фарадные характеристики диодных структур с барьером Шоттки Au-Al-GaAs и Au-Ti-GaAs. Обнаружен интервал доз, в котором улучшаются параметры диодных структур.

The experimental data on γ - and β -irradiation effect on the volt ampere and volt-farad characteristics of diode structures with Schottky barrier Au-Al-GaAs and Au-Ti-GaAs are presented. The dose interval with this improved diode structures parameters is revealed.

ВВЕДЕНИЕ

Арсенидгаллиевые диоды с барьером Шоттки часто используются в схмотехнических устройствах, работающих в разнообразных радиационных условиях, испытывая воздействие частиц с широком энергетическим спектром. В связи с этим исследования радиационных эффектов в арсенидгаллиевых СВЧ-диодах с барьером Шоттки представляют интерес как с точки зрения изучения механизмов их деградации, так и возможности использования радиационно-стимулированного геттерирования [1-3]. Типичном примером такого воздействия является γ - и β -излучения, благодаря проникающей способности которых можно изменять как свойства объема полупроводника (гамма-излучение), так и границы раздела металл-полупроводник (бета-излучение). Поэтому целью настоящей работы является исследование влияния бета- и гамма-радиации на электрические характеристики арсенидгаллиевых поверхностно-барьерных структур, используемых при создании диодов с барьером Шоттки.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись арсенидгаллиевые поверхностно-барьерные диодные структуры (ПБС) Au-Al-GaAs и Au-Ti-GaAs. ПБС были изготовлены на основе n-n+структур GaAs, полученных методом газофазной эпитаксии в промышленных условиях. Пленки Al и Au для структур Au-Al-GaAs получались методом термического испарения в вакууме. Пленки титана получались электронно-лучевым испарением с последующим напылением Au. ПБС обоих типов изготавлива-

лись с помощью фотолитографии. Диаметр ПБС составлял 0,8 мм. Диодные структуры Au-Al-GaAs облучались гамма-квантами ^{60}Co на установке MRX- γ -25M в интервале доз 104...107 P, интенсивность гамма радиации составляла 100 P/с. ПБС Au-Ti-GaAs подвергались бета-облучению. Облучение в течение 10 и 100 ч проводилось в установке Перенос-М с источником ИРУС-11. Мощность источника 13 P/с. Расстояние от кристалла до источника 10 см, при этом поток частиц составил $4,3 \times 10^8 \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Энергетический спектр β -частиц, испускаемых источниками на основе ^{90}Sr , имеет сложный вид. β -распаду стронция $^{90}\text{Sr} \rightarrow ^{90}\text{Y}$ соответствуют электроны с максимальной энергией 0,546 МэВ (17,3% энергетического выхода), средняя энергия 0,1963 МэВ. В результате β -распада ^{90}Sr образуется изотоп ^{90}Y с максимальной энергией β -частиц 2,274 МэВ и средней энергией спектра 0,936 МэВ (82,7% энергетического выхода).

До и после облучения измерялись вольт-амперные характеристики (ВАХ) и вольт-фарадные характеристики (ВФХ) диодных структур. ВФХ структур исследовались с помощью цифрового моста E7-12 на частоте 1 МГц. Все измерения проведены при $T=20^\circ\text{C}$ непосредственно после радиационной обработки.

Высота барьера ϕ_b определялась как по ВАХ, так и по ВФХ. В первом случае предполагалось, что токопрохождение через структуру соответствует термионной эмиссии; тогда

$$\phi_b = \frac{kT}{q} \ln \frac{A^{**} T^2}{J_s}, \quad (1)$$

где k - постоянная Больцмана; T – температура, q - заряд электрона; A^{**} - эффективная постоянная Ричардсона; J_s - плотность тока насыщения. Во втором - ϕ_b представляет собой величину отсечки зависимости $1/C^2=f(U)$ на оси напряжения. Фактор

идеальности n определялся по формуле :

$$n = \frac{q}{kT} \frac{\partial V}{\partial (\ln J)} \quad (2)$$

Концентрация легирующей примеси в n-GaAs определялась по наклону зависимости $1/C^2=f(U)$. Методом тока индуцированного электронным зондом до и после облучения гамма квантами 10^6 Р тестовых структур Al-GaAs измерялась диффузионная длина неосновных носителей заряда в GaAs.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты экспериментальных исследований показывают, что после облучения в исследуемом интервале доз электрические характеристики диодных структур обоих типов улучшаются.

Вычисленные параметры диодов Шоттки до и после облучения представлены в табл.1 и 2.

При облучении гамма-квантами ^{60}Co в интервале доз $10^5 \dots 10^6$ Р рассчитанный из прямой ветви вольт-амперной характеристики фактор идеальности n уменьшается от 1,23 до 1,19, а высота барьера ϕ_b увеличивается от 0,87 до 0,9 эВ, при этом уменьшается величина обратного тока во всем диапазоне измеряемых напряжений на 1-1,5 порядка (см.табл. 1.) Мы полагаем, что улучшение электрофизических характеристик диодных структур после облучения гамма-квантами ^{60}Co до доз 10^6 Р связано с радиационно-стимулированным гет-

терированием дефектов в приконтактной области Al-GaAs, поскольку измерения с помощью тока индуцированного электронным зондом до и после облучения до дозы 10^6 Р на тестовой структуре диффузионной длины неосновных носителей заряда L_p соответствовали после облучения росту времени жизни неосновных носителей тока практически на порядок величины, что находится в хорошем соответствии с данными работы [4], в которой аналогичный эффект был обнаружен на диодных структурах Au-GaAs и Sn-GaAs. При увеличении дозы гамма-квантов ^{60}Co сверх 10^6 Р наблюдается деградация параметров ВАХ: увеличение фактора идеальности n , уменьшение высоты барьера ϕ_b и рост величины обратного тока во всем интервале измеряемых напряжений.

Облучение бета-квантами ^{90}Sr приводит к улучшению электрофизических характеристик ПБС (см. табл.2), т.е. фактор идеальности n уменьшается, высота барьера ϕ_b увеличивается и одновременно величина обратного тока уменьшается. Эти изменения электрофизических характеристик диодных структур Au-Ti-GaAs после облучения бета-квантами объясняются тем, что проникающая бета-радиация (вследствие особенностей энергетического спектра) воздействует преимущественно на границу раздела металл-полупроводник, стимулируя взаимодиффузию компонентов гетероконтакта и вызывая изменение концентрации поверхностных уровней. Интенсивная диффузия атомов металлизации в глубь полупроводника вызывает появление в приконтактной области компенсированного слоя, следствием чего является увеличение ϕ_b и уменьшение концентрации легирующей примеси в GaAs (см. табл. 2.). Компенсированный слой обнаружен о данным вольт-фарадных характеристик в течение 100 ч облучения.

Таблица 1

Электрические параметры диодов Шоттки Al-Au-GaAs для различных доз облучения гамма-квантами ^{60}Co

Доза облучения, Р/с	Параметры		ПБС
	n	$\phi_{b,B}$	$I_{обр} \cdot 10^{-7}, \text{A}$
исх	1.23	0.87	1.33
10^4	1.22	0.88	1.30
10^5	1.21	0.88	1.11
10^6	1.19	0.9	0.31
10^7	1.21	0.91	1.26

Таблица 2

Электрические параметры диодов Шоттки Au-Ti-GaAs до и после облучения бета-квантами

Время облучения, ч	N_D, cm^{-3}	Параметры		ПБС
		$\phi_{b,CV}, \text{B}$	$\phi_{b,IV}, \text{B}$	n
Исходные	10^{17}	0,73	0,75	1,97
10 ч	10^{17}	0,78	0,8	1,45
100 ч	6×10^{16}	0,92	0,81	1,12

ВЫВОДЫ

Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать следующие выводы:

для структур Au-Al-GaAs имеется интервал доз облучения $10 \dots 10^6 \text{P}$, в котором наблюдается уменьшение обратных токов при одновременном уменьшении фактора идеальности n и увеличении высоты барьера Шоттки ϕ_b ;

наблюдаемые изменения электрических характеристик в результате β -облучения структур Au-Ti-GaAs в течение 10 ч приводят к улучшению параметров ВАХ без изменения концентрации легирующей примеси в GaAs; увеличение времени β -облучения до 100 ч приводит к компенсации легирующей примеси в приконтактном слое GaAs.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.Ю. Борковская, И.Л. Дмитрук., Р.В. Конакова и др. Формирование границ раздела Mo-GaAs с по-

мощью термического и радиационного воздействия. // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 1999. - ? 11, с.59-63.

2. Р.В. Конакова, В.В. Миленин, Е.А. Соловьев и др.. Влияние γ -радиации на электрофизические свойства арсенидгаллиевых ПТШ. // *Радиоэлектроника*. 2000, -?6, с.45-51.

3. К.А. Исмаилов, В.А. Статов, А.Б. Камалов. Влияние β -излучения сложного спектра на характеристики арсенидгаллиевых диодов Шоттки. // *Вестник Каракалпакского отделения АН Республики Узбекистан*. 1997, вып.7, с.58-60.

4. О.Ю. Борковская, И.Л. Дмитрук, М. Дубовински и др. Исследование рекомбинационных свойств GaAs и его границ раздела по фототоку барьерных структур. // *Electrotechn. cas.* 1989, v. 40, p.877-889.