

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

На правах рукописи

**СТАТОВ ВИКТОР АНАТОЛЬЕВИЧ
(Республика Узбекистан)**

**Исследование физики межфазных взаимодействий
на границе раздела тугоплавкий металл - арсенид галлия**

(01.04.07 - физика твердого тела)

А в т о р е ф е р а т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

КИЕВ - 1996

539

AB 56,540

Диссертацией является рукопись

Работа выполнена в **ЛННБ України ім.В.Стефаника**

НАН України



00760764 (U)

Научные руководители:

лауреат Государственных премий Украины,
доктор технических наук, профессор

Конакова Раиса Васильевна

лауреат Государственной премии Украины,

кандидат физико-математических наук,

старший научный сотрудник

Миленин Виктор Владимирович

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор

Чайка Георгий Евгеньевич

доктор физико-математических наук, профессор

Ширшов Юрий Михайлович

Ведущая организация:

Киевский Национальный университет им. Тараса Шевченко

Защита состоится 17 января 1997 г. в 16¹⁵ на заседании Специализированного ученого совета К50.07.02 при Институте физики полупроводников НАН Украины по адресу: 252650 Киев-28, проспект Науки, 45.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института физики полупроводников НАН Украины.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба присылать по указанному адресу на имя ученого секретаря Специализированного совета.

Автореферат разослан 17 декабря 1996 г.

Ученый секретарь Специализированного Совета,

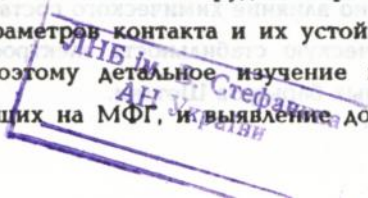
кандидат физико-математических наук

Рудько

РУДЬКО Г.Ю.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Широкое применение полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$ для создания микроэлектронных приборов на основе их контактов с металлами стимулирует повышенный интерес к проблеме межфазных взаимодействий в этих структурах. Это обусловлено тем, что протекающие на межфазных границах (МФГ) химические реакции в процессе формирования контактов и последующих их обработок приводят к существенным изменениям их электрофизических характеристик - таких как высота барьера ϕ_B , коэффициент неидеальности выпрямляющих контактов n , величины обратного тока диодной структуры и контактного сопротивления. Даже для одноэлементной металлизации наблюдаемые особенности структурно-химических модификаций переходного слоя могут быть настолько существенными, что поверхностно-барьерный переход становится омическим. Поэтому знание механизмов формирования контактов металл - полупроводник является необходимым условием дальнейшего повышения надежности и стабильности твердотельных приборов. Еще большее значение эта проблема приобретает при переходе к структурам, образованным сверхтонкими слоями металла и полупроводника, взаимодиффузия которых и образование новых химических соединений существенно ограничивают предельно возможные толщины контактирующих пленок. Отмеченное не исчерпывает всего многообразия последствий межфазных взаимодействий. Так, во многих случаях эти процессы приводят к многофазности переходных слоев, образованию двух- и трехкомпонентных соединений, не характерных для объемных сплавов, к возникновению слоевой структуры, что значительно затрудняет прогнозирование электрофизических параметров контакта и их устойчивости к внешним воздействиям. Поэтому детальное изучение процессов взаимодействий, происходящих на МФГ, и выявление доминирую-



щих факторов, определяющих строение и свойства переходной области, важны не только для практического применения переходов металл - полупроводник, но и являются научным фундаментом разработки физических моделей процессов контактообразования.

Цель работы состояла в сравнительном изучении процессов формирования и свойств контактов с повышенной термической стабильностью (Cr, Mo, W - GaAs), подвергнутых термическим и радиационным обработкам.

Для достижения поставленной цели было необходимо:

1. Выявить доминирующие факторы, определяющие свойства контактов Me - GaAs, образованных тугоплавкими металлами с разной химической активностью.
2. Провести сравнительное исследование влияния на процессы формирования и значения электрофизических параметров структур Me - GaAs термических отжигов и лучевых обработок: γ -квантов ^{60}Co , быстрых электронов с энергией 2 МэВ, а также электромагнитного излучения миллиметрового и сантиметрового диапазонов длин волн.

Научная новизна работы. В работе впервые:

- получены данные о физико-химических процессах, протекающих в контактах металл - GaAs, подвергнутых мощному СВЧ облучению в неисследованном диапазоне частот 10 - 100 ГГц;
- установлено, что в отсутствие химического взаимодействия между металлом и полупроводником собственные деформации, вызванные внедрением металла в полупроводник, являются основным фактором, ограничивающим размеры его диффузионной зоны;
- выяснено влияние химического состава контактной металлизации на термическую стабильность электрофизических параметров исследованных барьеров Шоттки.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Основными факторами, определяющими строение и свойства МФГ при конденсации металлов на GaAs, являются разрывы химических связей в приповерхностных слоях полупроводника, возникновение механических напряжений и сопутствующее им размытие границы раздела (ГР).
2. Эффективные коэффициенты диффузии атомов металла в приконтактных слоях на несколько порядков превышают значения этого параметра в объеме GaAs. В частности, получено, что энергия активации диффузии Mo составляет 0,16 эВ, а предэкспоненциальный множитель равен $6 \times 10^{-16} \text{ см}^2/\text{с}$.
3. При двухкомпонентной металлизации контактных структур уже умеренные отжиги (~300 °С) приводят к ухудшению их электрофизических параметров из-за структурно-фазовой неоднородности ГР.
4. Свойства контактов Me - GaAs зависят от мощности СВЧ облучения при одинаковой экспозиции:

а) при мощности облучения $\leq 100 \text{ Вт/см}^2$ это облучение аналогично действию малых доз γ -облучения ^{60}Co - происходит геттерирование дефектов из приконтактной области полупроводника;

б) при мощности более 1 кВт/см^2 действие СВЧ облучения подобно высокотемпературным отжигам - усиливается химическое взаимодействие на ГР с образованием интерметаллических фаз.

Практическая значимость:

1. Установленная взаимосвязь электрофизических параметров диодов Шоттки с процессами формирования МФГ позволяет оптимизировать выбор типа напыляемого тугоплавкого металла и режимов последующих термоотжигов для создания термостойких поверхностно-барьерных структур.

2. Показаны преимущества и перспективность использования γ - и СВЧ лучевых воздействий в сравнении с термоотжигами для улучшения параметров диодных и транзисторных структур.

3. Экспериментально установлены режимы γ -обработки арсенидгаллиевых подложек, при которых увеличивается выход годных лавинно-пролетных диодов и полевых транзисторов с барьером Шоттки.

4. Изготовленная в процессе работы автоматизированная установка для измерения параметров матриц *p-i-n* диодов и варикапов внедрена в НИИ "Орион" (г. Киев).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на: 16th and 17th Annual Semiconductor Conferences (Sinaia, Romania, 1993, 1994); VI Международной конференции по физике и технологии тонких пленок (Ивано-Франковск, 1993); 9th International Meeting on Radiation Processing (Ankara, Turkey, 1994); Ukrainian - American Summer School on Chemistry and Physics of Surfaces (Kiev, 1994); International Symposium "Frontiers in Nanoscale Science of Micron/Submicron Devices" (NATO Advanced Study Institute) (Kiev, 1995); International Symposium on Recent Advances in Microwave Technology (ISRAMT-95) (Kiev, 1995); VIth International Symposium "Thin Films in Electronics" (Herson, 1995).

Основные результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 18 работах, список которых приведен в конце автореферата.

Личный научный вклад диссертанта в работах, опубликованных в соавторстве, состоит в проведении необходимых расчетов, электрофизических измерений и обработке экспериментальных данных микроматериаловедческих исследований. Диссертант принимал участие в постановке задач, интерпретации и обобщении полученных результатов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из вступления, четырех глав и выводов.

В работе 135 страниц машинописного текста, 35 иллюстраций, 4 таблицы и список литературы из 102 названий.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ВВЕДЕНИИ показана актуальность проведенных исследований, сформулированы цели и задачи работы, основные защищаемые положения, научная новизна и практическая значимость работы.

В ПЕРВОЙ ГЛАВЕ (обзорной) приведены данные по структурному и химическому составу реальной поверхности GaAs, влиянию на них термических отжигов, а также о физико-химических механизмах формирования ГР тугоплавкий металл - GaAs.

Анализ приведенных данных показывает:

- а) основными процессами, происходящими при металлизации реальной поверхности GaAs и формировании контактов при отжигах, являются: взаимодиффузия элементов контактной пары, химические реакции между ними, возможное проникновение кислорода через металлические слои и его участие в химических реакциях; к числу факторов, влияющих на фазовый состав ГР, относится химическая неоднородность поверхности GaAs, подготовленной под металлизацию;
- б) даже для относительно хорошо изученных термоотжигов описание всех особенностей процессов контактообразования (геометрия и пространственная протяженность переходных слоев, их фазовый состав) представляет довольно сложную, не решенную до настоящего времени задачу;
- в) отсутствуют сведения о механизмах межфазных взаимодействий в контактных структурах на основе тугоплавкой металлизации для разных видов лучевых воздействий;
- г) не исследовано влияние механических напряжений на механизмы формирования контактов с тугоплавкими металлами.

В конце главы на основании вышеперечисленного определены цели и задачи настоящей работы.

ВТОРАЯ ГЛАВА состоит из пяти разделов. В первом разделе приводится описание использованных экспериментальных методов, позволяющих получить комплексную информацию о физико-химических свойствах контактов. Для получения профиля распределения элементов в контакте использовалась Оже-электронная спектроскопия (ОЭС) в сочетании с ионным травлением пучками инертных газов. Фазовый состав МФГ анализировался с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС). Электрофизические параметры барьеров Шоттки вычислялись из стационарных вольт-амперных характеристик (ВАХ) и вольт-фарадных характеристик (ВФХ). Радиус кривизны контактных систем определяли рентгенодифракционным методом. В конце раздела описана методика приготовления образцов.

Второй раздел посвящен обсуждению и сравнительному анализу доминирующих факторов, определяющих структуру и свойства контактов Me (Cr, Mo, W) - GaAs в процессе их изготовления и последующих низкотемпературных отжигах. На основании данных послойного Оже-анализа сделан вывод о том, что при напылении атомов исследовавшихся металлов, вне зависимости от их химической активности, доминирующим механизмом, определяющим межфазные взаимодействия в этих объектах, является диффузионное перемешивание компонент гетероконтакта. Явное подобие параметров сформированных ГР (близость их протяженности, отсутствие резкой селективности в межфазном переносе, преобладание анионной диффузии в слой металла) указывает на общие причины, обуславливающие межфазные взаимодействия в этих контактах. Характер межфазных взаимодействий сохраняется и при умеренных термических отжигах (до 300 °С), чем и объясняется слабое изменение их

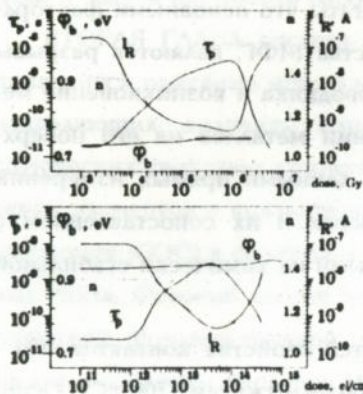
основных электрофизических параметров (высота барьера, фактор неидеальности, уровень легирования в приконтактных слоях полупроводника). Это дает основание полагать, что основными факторами, определяющими строение и свойства МФГ, являются разрывы химических связей в решетке полупроводника и возникновение механических напряжений при напылении металлов на его поверхность. Последнее было подтверждено данными прямых измерений механических напряжений в гетеропарах и их сопоставлением с теоретическими оценками, выполненными на химически стабильной структуре Mo - GaAs (третий раздел).

В четвертом разделе анализируются свойства контактов Mo - GaAs, подвергнутых высокотемпературным отжигам (700 °C). Основываясь на данных ОЭС и РФЭС, показано, что доминирующим процессом, определяющим параметры контактов, является изменение фазового состава МФГ, основу которого составляют Mo_3Ga и Mo_3As_4 . ВАХ контактов при такой температуре приобретают симметричную форму, что связано с формированием в приконтактной области GaAs слоя с высоким уровнем легирования. Обработка концентрационных профилей металла позволила определить эффективные диффузионные параметры Mo: $D_0 = 6 \times 10^{-16} \text{ см}^2/\text{с}$ и энергию активации $E_a = 0,16 \text{ эВ}$.

В пятом разделе приведены данные исследований термостабильности контактов Cr - GaAs в присутствии второго компонента металлизации (Au) на МФГ. Показано, что наблюдаемое в этом случае понижение термической стойкости барьеров Шоттки обусловлено конкурирующим взаимодействием атомов Cr и Au, которое приводит к структурно-фазовой неоднородности переходного слоя.

В ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ излагаются результаты исследований физико-химических процессов в контактах металл - GaAs при их облуче-

нии γ -квантами ^{60}Co и быстрыми электронами с энергией 2,2 МэВ (первый раздел).



На рисунке представлены типичные зависимости изменений электрофизических параметров структур Cr - GaAs, подвергнутых радиационной обработке. Аналогичные изменения наблюдались и для контактов с напыленными слоями Mo и W. Наблюдаемое улучшение параметров барьера Шоттки коррелирует с уменьшением протяженности диффузионных зон в контакте

(обострением профилей металлов). Движение атомов металла против градиента концентрации (т.е. восходящая диффузия) является следствием релаксации механических напряжений в контакте.

Тогда плотность потока j определяется выражением
$$j = -D \left[\frac{dC}{dx} \left(1 - \frac{K\beta\Omega C}{k_b T} \right) + \frac{\Omega C}{k_b T} \frac{d\sigma_0}{dx} \right],$$
 где D - эффективный коэффициент радиационно-стимулированной диффузии (его оценка для атомов Cr лежит в диапазоне $5,3 \times 10^{-15} + 8,2 \times 10^{-16}$ см²/с), C - концентрация атомов металла, Ω - их атомный объем, β - коэффициент линейного расширения решетки, вызванного внедрением атомов металла, K - модуль всестороннего сжатия, σ_0 - начальные механические напряжения, обусловленные отличием термических коэффициентов расширения металла и полупроводника. Как следует из (1), релаксация механических напряжений сопровождается изменением профиля распределения атомов металла на МФГ и, в частности, может приводить к его обострению.

Структурно-химическое упорядочение приконтактных слоев, сопровождающееся уменьшением ширины переходной области,

приводит к улучшению параметров барьера Шоттки. Наблюдаемые особенности формирования ГР металл - GaAs при облучении γ -квантами ^{60}Co имеют место и для контактов, подвергнутых предварительным термоотжигам (300 °C) (второй раздел). При более высоких температурах отжига последующее γ -облучение не оказывает улучшающего действия на контакты из-за химических взаимодействий между атомами металла и полупроводника, что усиливает структурно-фазовую неоднородность ГР. В заключительном, третьем разделе этой главы проанализировано влияние γ -обработки на структурную неоднородность подложечного материала и установленна корреляция процента выхода годных лавинно-пролетных диодов и полевых транзисторов с барьером Шоттки от дозы облучения для подложечного GaAs с разной плотностью дислокаций.

Таблица 1.

Контакт	Обработка	Высота барьера ϕ_b , эВ	Коефф. неидеальн. n	Длина дифф неосн. носителей L_p , мкм
Cr-GaAs	И	0,73 - 0,75	1,17 - 1,24	0,5 - 0,7
	СВЧ	0,76 - 0,77	1,08 - 1,09	1,2 - 1,4
	γ	0,75 - 0,77	1,08 - 1,10	1,2 - 1,6
Au-Cr-GaAs	И	0,70 - 0,76	1,12 - 1,17	0,9 - 1,1
	СВЧ	0,75 - 0,76	1,04 - 1,08	1,0 - 1,3
	γ	0,74 - 0,76	1,07 - 1,10	1,2 - 1,5
Mo-GaAs	И	0,68 - 0,69	1,16 - 1,23	2,3 - 2,8
	СВЧ	0,68 - 0,69	1,09 - 1,14	2,5 - 2,7
	γ	0,68 - 0,71	1,10 - 1,12	2,6 - 2,8
W-GaAs	И	0,65 - 0,66	1,20 - 1,40	1,7 - 2,0
	СВЧ	0,69 - 0,70	1,09 - 1,12	2,1 - 2,2
	γ	0,69 - 0,72	1,08 - 1,17	2,1 - 2,4

В ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ приведены результаты исследования влияния мощного СВЧ излучения на параметры поверхностно-

барьерных структур (первый раздел) и механизмы их формирования (второй раздел). В таблице 1 приведены параметры диодов Шоттки с различной металлизацией, подвергнутых микроволновому и γ -облучению. И - исходное состояние; СВЧ облучение в режиме $f = 10^{10}$ Гц, $P = 100$ Вт/см², $t = 1$ с; γ -облучение ⁶⁰Со, доза 10^5 Гр. Из таблицы видно, что кратковременная СВЧ-обработка приводит практически к такому же улучшению параметров диодных структур, что и малодозовое γ -облучение, вне зависимости от типа металлизации: L_p увеличивается, λ уменьшается. Это свидетельствует о близости физико-химических процессов, протекающих на МФГ при таких режимах обработок. Увеличение мощности и дозы СВЧ облучения ($f = 10^{11}$ Гц, $P = 10$ кВт/см², $t = 5$ с) ухудшает параметры диодных структур, однако уменьшается фактический разброс этих параметров на диодных матрицах. Можно полагать, что такое мощное воздействие приводит к перегревам локальных участков, обусловленных неоднородностями ГР, чем способствует структурной и химической гомогенизации переходной области контакта.

Выводы:

1. При осаждении металлов на поверхность полупроводниковых соединений происходит взаимопроникновение атомов полупроводника и металла и разрушение кристаллической матрицы в приповерхностном слое с формированием переходной области неравновесного состава.

2. Показано, что отжиги структур тугоплавкий металл - GaAs в технологически значимом диапазоне температур вызывают интенсивное химическое взаимодействие в контакте и диффузию Ga по границам зерен поликристаллической пленки металла, что приводит к деградации электрофизических характеристик барьера Шоттки. В химических реакциях в переходной области реального контакта

значительную роль играет кислород. Взаимодействие интенсифицируется в присутствии второй компоненты металлизации.

3. Обнаружено изменение толщины переходного слоя в контактах арсенида галлия с различными тугоплавкими металлами, вызванное малодозовыми радиационными обработками, сопровождающееся улучшением электрофизических характеристик. Это может быть объяснено восходящей радиационно-стимулированной диффузией атомов металла в поле механических напряжений. Определен эффективный коэффициент диффузии для радиационно-стимулированного массопереноса в переходном слое контакта металл - полупроводник. Показаны преимущества радиационных обработок в сравнении с термическими отжигами для активации процессов релаксации механических напряжений в полупроводниковых структурах и предотвращения нестехиометричной диффузии.

4. Обнаружена корреляция между дозовой нагрузкой на ПТШ и характером изменения статических характеристик транзисторов на участках пластины с различной плотностью структурных дефектов. Установлен интервал доз, в котором происходит улучшение электрофизических параметров барьеров Шоттки.

5. Впервые исследовано влияние на ГР и электрофизические характеристики контакта металл - полупроводник СВЧ электромагнитного поля большой мощности. Обнаружены атермический характер воздействий и близость эффектов, вызванных γ -облучением и СВЧ обработкой. Показано, что, используя СВЧ отжиг структур металл - полупроводник, можно добиться уменьшения разброса электрофизических параметров барьеров Шоттки.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Миленин В.В., Конакова Р.В., Статов В.А., Скляревич В.Е., Тхорик Ю.А., Филатов М.Ю., Шевелев М.В. Физико-химические процессы

- на границе раздела Au/Pt/Cr/Pt/GaAs, стимулированные микроволновой обработкой//Письма в ЖТФ, 1994, т.20, № 4, с.32-34.
2. Миленин В.В., Конакова Р.В., Наумовец А.А., Статов В.А., Филатов М.Ю. О некоторых особенностях деградации барьеров Шоттки в контактах Au - Cr - GaAs, подвергнутых термовоздействиям//Поверхность, 1994, № 8/9, с.67-73.
3. Бреза Ю., Конакова Р.В., Ляпин В.Г., Миленин В.В., Статов В.А., Тхорик Ю.А., Филатов М.Ю. О влиянии внутренних механических напряжений на механизм формирования и параметры барьерных структур Cr - GaAs//Поверхность, 1994, № 6, с.103-109.
4. Конакова Р.В., Ильин И.Ю., Миленин В.В., Прокопенко И.В., Прима Н.А., Слуцкий М.И., Статов В.А., Тхорик Ю.А., Филатов М.Ю. Движение включений галлия в GaAs как возможный механизм деградации//ЖТФ, 1995, т.65, в.10, с.46-54.
5. Breza J., Kadlecikova M., Konakova R.V., Lyapin V.G., Milenin V.V., Statov V.A., Tkhorik Yu.A., Filatov M.Yu. Radiation processing of Cr - GaAs contacts//Appl. Phys. Letters, 1995, v.67, № 10, p.1462-1464.
6. Breza J., Ismailov K.A., Konakova R.V., Liday J., Lyapin V.G., Milenin V.V., Naumovets A.A., Prokopenko I.V., Statov V.A., Tkhorik Yu.A. Investigation of metal - GaAs structures exposed to beam treatments//Functional Materials, 1995, v. 2, № 2, p.282-286.
7. Konakova R.V., Lyapin V.G., Milenin V.V., Sklyarevich V.E., Soloviev E.A., Shevelev M.V., Statov V.A. Physico-chemical processes in the GaAs Schottky diodes stimulated by the gyrotron radiation//Functional Materials, 1995, v. 2, № 4, p.47-50.
8. Breza J., Ismailov K.A., Konakova R.V., Liday J., Lyapin V.G., Milenin V.V., Prokopenko I.V., Statov V.A., Tkhorik Yu.A. Study of physical and chemical factors determining electrophysical properties of irradiated metal - GaAs contacts//Functional Materials, 1996, v. 3, № 1, p.108-109.

9. Borkovskaya O.Yu., Dmitruk N.L., Konakova R.V., Lyapin V.G., Milenin V.V., Statov V.A., Tkhorik Yu.A., Liday J. The properties of Mo - GaAs Schottky contacts after thermal and radiation treatment//J. of Electr. Eng., 1995, v. 46, № 12, p.402-404.

10. Исмаилов К.А., Ильин И.Ю., Конакова Р.В., Миленин В.В., Малинин В.Г., Прокопенко И.В., Статов В.А., Тхорик Ю.А. Влияние структурной неоднородности подложечного арсенида галлия на радиационную стойкость барьеров Шоттки//Петербург. журн. электроники, 1994, Прилож. 2 "Радиационно-надежностные характеристики изделий электронной техники в экстремальных условиях эксплуатации" (под ред. Ю.Н. Торгашева). С.-Пб., Изд-во РНИИ "Электронстандарт", 1994, с.80-86.

11. Бреза Ю., Веселый М., Ильин И.Ю., Исмаилов К.А., Конакова Р.В., Лидай И., Миленин В.В., Павленко А.А., Прокопенко И.В., Статов В.А., Тхорик Ю.А., Хазан Л.С. Радиационные методы в технологии полупроводниковых материалов и приборов//Intern. Sympos. on Recent Advances in Microwave Technology (ISRAMT-95), Kiev, 1995, т. 3, с.844-927.

12. Статов В.А. Влияние внешних воздействий на процессы токопереноса в арсенидгаллиевых диодах Шоттки//Тезисы докл. IV Междунар. конф. "Физика и технология тонких пленок", Иваново-Франковск, 1993, Ч. II, с.46.

13. Статов В.А. Расчет эффективных коэффициентов диффузии при радиационно-стимулированном массопереносе в системах металл - полупроводник//Тезисы докл. I Междунар. научн. семинара "Новые материалы и приборы", Ташкент, 1994, с.103.

14. Davidov Yu.P., Filatov M.Yu., Rapoport A.N., Soloviev E.A., Statov V.A., Tkhorik Yu.A. Advanced checking setup for semiconductor device reliability prediction//Proc. 16th Annual Semiconductor Conf. CAS - 93, Sinaia, Romania, 1993, v. 1, p.120-124.

15. Breza J., Konakova R.V., Lyapin V.G., Milenin V.V., Statov V.A., Tkhorik Yu.A., Filatov M.Yu. Radiation effects at the Cr - GaAs interface//Proc. 17th Annual Semiconductor Conf. CAS - 94, Sinaia, Romania, 1994, v. 2, p.605-608.

16. Konakova R.V., Lyapin V.G., Milenin V.V., Soloviev E.A., Statov V.A., Tkhorik Yu.A., Shevelev M.V., Sklyarevich V.E., Filatov M.Yu. Physico-chemical processes in the GaAs Schottky diodes stimulated by microwave radiation//Proc. 5th Intern. Sympos. on Recent Advances in Microwave Technology (ISRAMT-95), Kiev, 1995, v. 2, p.234-237.

17. Borkovskaya O.Yu., Dmitruk N.L., Konakova R.V., Lyapin V.G., Milenin V.V., Prokopenko I.V., Statov V.A., Tkhorik Yu.A., Breza J., Liday J. Metal (Cr, Mo, W) - GaAs contacts: Effects enhanced by external actions and their influence on electrophysical characteristics//In: Frontiers in Nanoscale Science of Micron/Submicron Devices (Proc. NATO Adv. Study Inst.). Eds. A.-P. Jauho, E.V. Buzaneva. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, 1996, p.386-389.

18. Konakova R.V., Milenin V.V., Lyapin V.G., Statov V.A., Tkhorik Yu.A., Shevelev M.V. Physico-chemical processes in the GaAs Schottky diodes stimulated by microwave (gyrotron and magnetron) radiation//In: Proc. 6th Intern. Sympos. "Thin Films in Electronics", Herson, 1995, v. 1, p.141-142.

Ключевые слова: граница раздела, контакт металл - арсенид галлия, радиационно-стимулированная диффузия, массоперенос, межфазное взаимодействие, СВЧ отжиг

SUMMARY

Statov V.A. Study of the interphase interactions in refractory metals - GaAs contacts (manuscript).

The physics and mathematics candidate (Ph.D.) thesis on speciality 01.04.07- Solid State Physics. Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 1996.

The thesis deals with the complex investigation of the processes occurring at the refractory metal - gallium arsenide interfaces exposed to heat and microwave annealings, as well as to ionizing radiation, and their effect on the Schottky barrier parameters.

For the first time the effect of high-power microwave electromagnetic field on the interface properties and electrophysical characteristics of metal - semiconductor contacts is investigated. Both non-thermal character of action and similarity of the effects due to γ -irradiation and microwave processing are found. It is shown that one can diminish the spread of the Schottky barrier electrophysical parameters using the microwave annealing. The interphase interactions for the cases of heat and beam (including microwave) treatments are shown to be of different character, and the role of the second component of metallization in these interactions is elucidated.

The effective diffusion coefficient is found for the radiation-enhanced mass transport in the transition layer of the metal - semiconductor contacts. It is shown that small-dose radiation processing results in decreasing the transition layer width and improving the contact electrophysical characteristics. A model is proposed for the "uphill" radiation-enhanced diffusion of metal atoms in the intrinsic stress field.

Keywords: interface, metal - gallium arsenide contact, radiation-enhanced diffusion, mass transport, interphase interaction, microwave annealing

АНОТАЦІЯ

Статов В.А. Дослідження фізики міжфазових взаємодій на межі поділу в контакті туготопкий метал - GaAs (рукопис).

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за фахом 01.04.07 - фізика твердого тіла. Інститут фізики напівпровідників Національної Академії наук України, Київ, 1996.

Дисертацію присвячено комплексному дослідженню процесів, які відбуваються на межах поділу туготопкий метал - арсенід галію, підданих дії термічних та НВЧ відпалів, а також іонізуючих випромінювань, та їхнього впливу на параметри бар'єрів Шотткі.

Вперше вивчено вплив потужного НВЧ електромагнітного поля на властивості меж поділу та електрофізичні характеристики контактів метал - напівпровідник. Встановлені атермічний характер взаємодії та подібність ефектів, спричинених γ -випромінюванням та НВЧ обробкою. Показано, що, застосовуючи НВЧ відпал, можна зменшити розкид електрофізичних параметрів бар'єрів Шотткі. Встановлено, що міжфазові взаємодії у випадках термічної та променевої (включаючи НВЧ) обробок мають різний характер; з'ясована роль другої компоненти металізації в цих взаємодіях.

Для радіаційно-стимульованого масоперенесення в перехідному шарі контакту метал - напівпровідник знайдено ефективний коефіцієнт дифузії. Встановлено, що малодозові радіаційні обробки спричиняють зменшення ширини перехідного шару та поліпшення електрофізичних характеристик контактів. Запропоновано модель зворотної радіаційно-стимульованої дифузії атомів металу в полі власних механічних напружень.

Ключові слова: межа поділу, контакт метал - арсенід галію, радіаційно-стимульована дифузія, масоперенесення, міжфазова взаємодія, НВЧ відпал

Підп. до друку 18.12.96 Формат 60×84^{1/2} Папір офс.
Умовн. друк арк. 8,98 (обл.-вид. арк. 0,8 Тир. 100 Зам. 6-488.

ВАТ «Книжкова друкарня наукової книги»
252030, Київ-30, вул. Б. Хмельницького, 19.

439656

Ar 36.540

AB 36.540