МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НОВОЧЕРКАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)

Физика полупроводников и наноструктур, полупроводниковая опто- и наноэлектроника

Материалы всероссийской молодежной конференции

11-12 октября 2012 г.
г. Новочеркасск

Новочеркасск
ЛИК
2012

УДК 537.311.322+538.975
ББК 30.13
Ф 50

Организаторы:
Министерство образования и науки РФ

Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт)

Ф 50 Физика полупроводников и наноструктур, полупроводниковая опто- и наноэлектроника: материалы всероссийской молодежной конференции, г. Новочеркасск, 11-12 октября 2012 г. / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск: ЛИК, 2012. – 108 с.

В сборник включены лекции ведущих ученых и доклады участников конференции по следующим направлениям: тонкие пленки и полупроводниковые наноструктуры; наноматериалы и оборудование для оптоэлектронных микро- и наноэлектронных устройств; физико-химические особенности и моделирование наноструктурированных материалов.

ISBN 978-5-9947-323-6

УДК 537.311.322+538.975
ББК 30.13

ISBN 978-5-9947-323-6

© Южно-Российский государственный технический университет (НПИ), 2012

Приводятся сравнительные результаты по электронной эмиссии при ионно-лучевом и реактивном ионно-лучевом травлении. Значение тока вторичных электронов при реактивном ионно-лучевом травлении всегда меньше, чем при ионно-лучевом, в среде, содержащей аргон для одного и того же материала.

Анализ результатов работ по контролю процессов ионно-плазменной обработке тонкоплёночных материалов (травление и осаждение) показывает, что кроме традиционных методов и способов развиваются и другие. Основной идеей развивающихся методов является то, что появляется возможность использовать эффекты при воздействии низкоэнергетических ионов на твердое тело. Прежде всего это касается появления ионно-индуцированного тока в плёночных материалах и ионно-электронной эмиссии в процессе обработки.

УДК 621.315.592

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ В ПАРАХ СЕЛЕНА НА СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ GaP И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДОВ ШОТТКИ НА ЕГО ОСНОВЕ

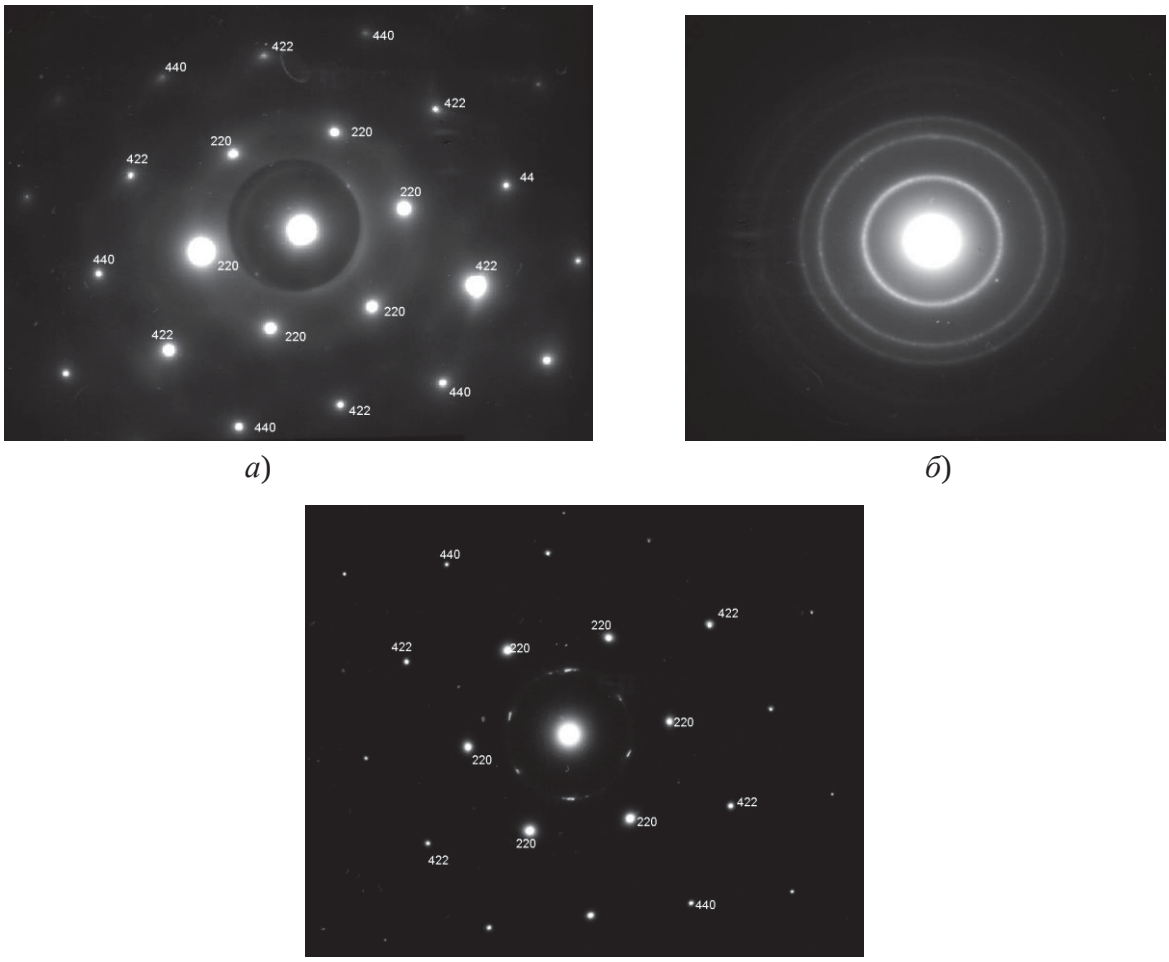
С.В. Кузубов, Ю.Н. Власов, А.В. Кортунов
Воронежский государственный университет инженерных технологий

Реальная поверхность полупроводников $A^{III}B^{V}$, в частности *GaP*, имеет высокую плотность поверхностных электронных состояний (ПЭС), связанную с образованием собственных оксидов. Обработка в газообразных и жидких халькогенсодержащих (сера, селен и теллур) средах является эффективным способом снижения плотности ПЭС и поучения совершенной кристаллической структуры поверхности полупроводников $A^{III}B^{V}$ [1, 2]. Обработка поверхности *GaP* в парах Se_2 приводит к формированию пленки Ga_2Se_3 на *GaP*. Такая гетероструктура может быть использована в качестве преобразователей солнечной энергии. Поэтому достижение низкой концентрации центров безызлучательной рекомбинации на границах раздела с участием GaP является актуальной задачей.

Подложки *GaP* подвергались химико-динамическому полированию (ХДП) в смеси в водном растворе гидрооксида калия (*KOH*) и ферроцианида калия ($K_3[Fe(CN)_6]$), позволяющей получать качественную зеркальную поверхность кристалла. Слои селенида галлия Ga_2Se_3

получались на прошедших ХДП подложках методом гетеровалентного замещения (ГВЗ) фосфора в фосфиде галлия селеном [3]. Для реализации этого метода был использован способ термической обработки подложек из фосфида галлия в парах селена в квазизамкнутом объеме (КЗО). В процессе отжига варьировались температура подложки $T_п$ = (400–530) °*C*, время проведения процесса *t* = (5–15) минут, парциальное давление паров селена *P* = (1,5–15) Па.

Полупроводники $A^{III}B^{V}$ кристаллизуются в решётке сфалерита. Необработанной в парах селена поверхности *GaP* (111) отвечает дифракционная картина, представленная на рис. 1,*а*.



а) *б*) *в*)

Рис. 1. Микродифракционные изображения поверхности *GaP* (111):
а – после ХДП; *б* – обработанной в парах селена в течение 5 мин при температуре подложки $T_п$=530°*C*; *в* – обработанной в парах селена в условиях $T_п$=500 °*C*, *t*=5 мин, *P*=5*10^{-2} мм рт. ст.

На рисунке 1,б представлено микродифракционное изображение от поверхности *GaP* (111), обработанного в парах селена в течение 5 минут, при температуре подложки $T_п$=530 °*C* и давление паров селена *P*=10^{-2} мм рт. ст.

На микродифракционных изображениях исследуемой гетероструктуры проявляются кольца, отвечающие по межплоскостным расстояниям и последовательностям интенсивностей поликристаллической фазе *GaP* (рис. 1,*б*). По нашему мнению, это связано с тем, что при температуре подложки 530 °*C* время нахождения адсорбированного селена на поверхности недостаточно для устойчивого протекания реакции, а степень диссоциации приповерхностной области подложки возрастает, что приводит к обеднению её фосфором, смещению состава поверхности в сторону обогащения галлием. Это разрушение поверхности и приводит к появлению поликристаллической фазы на поверхности.

В результате проведенных экспериментальных работ были найдены оптимальные параметры процесса обработки поверхности в парах селена. Электронограмма приповерхностной области *GaP* после обработки в парах селена в течение 5 минут при температуре подложки $T_п$=500 °C и давлении $5*10^{-2}$ мм рт. ст. приведена на рисунке 1,*в*. На микродифракционном изображении проявляются сверхструктурные рефлексы, отвечающие реконструкции $(\sqrt{3}\times\sqrt{3})$-*R*30º.

Систему сверхструктурных рефлексов можно отнести именно к образовавшейся фазе Ga_2Se_3 (111). Изменение периода идентичности на поверхности (111) связано с упорядочением 33,3 % стехиометрических вакансий в слое халькогенида $A^{III}{}_2B^{VI}{}_3$ (111).

Измерялись вольт-амперные (ВАХ) характеристики диодов Шоттки, полученных термическим напылением контактов из *Al* и *Au* на подложки *GaP* до и после обработки в парах Se_2.

Диоды Шоттки, полученные на подложках *GaP* сразу после химико-динамического полирования (ХДП), характеризуются закреплением уровня Ферми, что проявляется в близких значениях высот потенциального барьера для разных контактов. Рассчитанные из ВАХ высоты барьеров φ_b и коэффициенты идеальности имеют следующие значения: для контактов из *Al* ~ 0.86 эВ, *n*=1,89; для контактов из *Au* ~ 0.9 эВ, *n*=1,58. В пределе Шоттки-Мотта высота потенциального барьера для контакта из *Al* φ_b должна быть равна ~ 0,38÷0,5 эВ, для контакта из *Au* ~ 1,2÷1,4 эВ.

Обработка подложки в условиях $T_п$=530 °*C*, *t*=5 мин, *P*=10^{-2} мм рт. ст. (рис. 1,*б*) привела к общему уменьшению высот барьеров для контактов из *Al* и *Au*: φ_b для контактов из *Al* ~ 0,75 эВ, φ_b для контактов из *Au* ~ 0,83 эВ. Коэффициент идеальности повысился: для контактов из *Al* *n*=2.3, для контактов из *Au* *n*=1.67.

Характеристики диодов Шоттки, сформированных на обработанной подложке в условиях, приводящим к образованию новой фазы (рис. 1,*в*), имеют следующие значения: φ_b для *Al* ~ 0,7 эВ, φ_b для *Au* ~ 1,18 эВ. Коэффициент идеальности оказался близким к 1, в частности, для *Al* *n*=1, для *Au* *n*=1.04. Представленные результаты говорят о снижении плотности ПЭС и открреплении уровня Ферми вблизи поверхности *GaP* вследствие халькогенидной пассивации.

Проблема закрепления уровня Ферми вблизи середины запрещённой зоны *GaP* тесно связана с выходящими на поверхность дефектами кристаллической решётки, и продолжительное время обсуждается с целью управления свойствами поверхности и получения наиболее совершенных границ раздела. Однако единого мнения не достигнуто. Открепление уровня Ферми и снижение плотности ПЭС связывается нами с реконструкцией поверхности *GaP*, возникающей в результате образование пленки селенида.

Литература

1. Сысоев Б.И., Безрядин Н.Н., Котов Г.И., и др. Пассивация поверхности *GaAs* (100) халькогенидами галлия $A^{III}{}_2B^{VI}{}_3$ (110) // Физика и техника полупроводников. 1995. Т. 29. № 1. – С. 24-32.
2. Безрядин Н.Н., Котов Г.И., Кузубов С.В., и др. Наноразмерный слой фазы $A^{III}{}_2B^{VI}{}_3$ (111) с упорядоченными вакансиями катиона на *GaAs* (111) и *InAs* (111) // Кристаллография. 2010. Т. 55. № 3. – С. 526-529.
3. Котов Г.И. Влияние обработки в парах селена на структуру поверхности *GaP* и электрические характеристики диодов Шоттки с контактами из *Al* и *Au* // Г.И. Котов, С.В. Кузубов, Б.Л. Агапов, Ю.Н. Власов, А.В. Кортунов // Межвузовский сборник научных трудов. ВГТУ. «Твердотельная электроника и микроэлектроника». 2010. – С. 119-124.

УДК 537

СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА ГРАФЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

И.И. Куркина, Г.Н. Александров
Северо-восточный федеральный университет им. М.А. Аммосова,
г. Архангельск

Как известно, одним из первых методов получения графена из графита, был микромеханический метод расщепления пиролитического графита с помощью скотча, которым воспользовались нобелевские лауреаты Андре Гейм и Константин Новоселов [1].

СОДЕРЖАНИЕ

Лекции ведущих ученых по тематике конференции

Лунин Л.С. Фундаментальные основы оптоэлектроники 3

Лозовский В.Н. Перспективы и проблемы развития наноэлектроники 11

Чеботарев С.Н., Пащенко А.С. Фотоэлектрические преобразователи на гетероструктурах с квантовыми точками 20

Благин А.В. Принципы контролируемого воздействия в технологиях низкоразмерных систем 29

Тезисы и статьи участников конференции

ТОНКИЕ ПЛЕНКИ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ НАНОСТРУКТУРЫ

Богатов Н.М., Григорьян Л.Р., Коваленко М.С. Полупроводниковые структуры с наноразмерными областями разупорядочения 40

Болобанова Л.Н. Особенности роста квантоворазмерных структур Ge/Si при ионно-лучевой кристаллизации 43

Валов Г.В. Определение скорости сублимации и давления насыщающих паров методом микроразмерных ростовых ячеек 44

Винокуров П.В., Смагулова С.А. Вольт-амперная характеристика гетероструктур Si/SiGe/Si с одной квантовой ямой 48

Гаев Д.С., Столяров А.Г., Кушхов А.Р., Кузнецов Г.Д., Каргин Н.И. Возможность получения островковых пленок на основе антимонида галлия 51

Кузина О.И. Оценка и сравнительный анализ сенсоров метана на основе полупроводниковых газочувствительных материалов 54

Кузнецов Г.Д., Курочка А.С., Харламов Н.А., Сергиенко А.А., Каргин Н.И., Цибульник А.В. Электронная эмиссия в процессе ионного травления наноразмерных гетероструктур 57

Кузубов С.В., Власов Ю.Н., Кортунов А.В. Влияние обработки в парах селена на структуру поверхности GaP и электрические характеристики диодов Шоттки на его основе 59

Куркина И.И., Александров Г.Н. Спектры комбинационного рассеяния света графеновой пленки 62

Лебедева О.П., Царев Ю.В., Тростин А.Н. Исследование электрофизических свойств гранулированных углеродных материалов 65

Малявин Ф.Ф., Кулешов Д.С., Лапин В.А. Нанокластеры Ge/Si (100), полученные методом ионно-лучевого осаждения 69

Михралиева А.И. Перспективы применения процессов получения пленок наноматериалов методом электрофоретического осаждения (аналитический обзор) 71

Моисеева Т.А., Мясоедова Т.Н. Свойства медьсодержащих оксидных пленок 74

Яценко А.Н. Использование нестационарного температурного режима в условиях метода микроразмерной ростовой ячейки для получения полупроводниковых нанослоев 77

НАНОМАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Блохин Э.Е. Исследование спектрального отклика фотоэлектрических преобразователей на основе GaInP/GaAs/Ge 80

Варежников А.С., Зеленов В.А., Сысоев В.В. Удалённый мониторинг атмосферы овощехранилища с помощью однокристальной мультисенсорной системы на основе полупроводниковых хеморезистивных элементов 84

Гаврилов С.О. Измерение напряженных состояний тонких полупроводниковых пленок 87

Дудников С.А. Эквивалентная схема солнечного элемента на гетероструктурах с квантовыми точками 89

Панин Г.А. Преобразователь фото-тока в напряжение для измерения высоты потенциального барьера в полупроводниковых гетероструктурах 91

Федин А.В., Митрофанов А.А., Ершков М.Н., Ваганов В.Е. Модификация плазменных покрытий с использованием непрерывного излучения CO_2 – лазера 94

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вербенко И.А., Павленко А.В., Садыков Х.А., Шилкина Л.А., Шевцова С.И., Резниченко Л.А., Симоненко С.А., Константинов Г.М., Толмачёв Г.Н. Технология изготовления BST-керамических «мишеней» для тонких сегнетоэлектрических плёнок и гетероструктур на их основе 98

Кособуцкий А.В., Малышева Е.Н., Копытов А.В. Колебательные спектры композиционных сверхрешёток CdS/ZnSe 101

Селезнев И.А. Методика расчета энергии упругой деформации гетероструктур Ge/Si 104

Научное издание

Физика полупроводников и наноструктур, полупроводниковая опто- и наноэлектроника

Материалы всероссийской молодежной конференции

Подписано в печать 05.10.2012 г.
Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 6,3. Тираж 150 экз. Заказ

Южно-Российский государственный технический университет
(Новочеркасский политехнический институт)

Адрес университета:
346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132.

ООО «ЛИК»
346400, г. Новочеркасск, ул. Красноармейская, 18

Отпечатано ИПК «Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82Е
Тел. 8 918 518 04 29, 8 952 603 06 09