Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем

Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС
_____ С.И.Эминов
«12» 04 2018 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальности

05.27.06 «Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники»

по техническим наукам

СОГЛАСОВАНО
Начальник управления аспирантуры
и ординатуры
_____ Н.Н.Максимюк
«12» 04 2018г.

Разработал:
Зав. кафедрой ФТТМ
_____ Б. И. Селезнев
«12» 04 2018 г.

Принято на заседании кафедры ФТТМ
Протокол № 7 от 12.04 2018 г.
Зав. кафедрой ФТТМ
_____ Б. И. Селезнев

Великий Новгород

Введение

В основу данной программы положены следующие вузовские дисциплины: "Физическая химия материалов и процессов электронной техники», "Физика конденсированного состояния», «Микроэлектроника и твердотельная электроника», «Наноэлектроника». Программа разработана на кафедре физики твердого тела и микроэлектроники НовГУ.

1. Технология изготовления диодов Шоттки на основе нитрида галлия

1.1 Технологическая схема формирования структур диодов Шоттки

Выращивание GaN методом MOCVD (химическое осаждение из газовой фазы с использованием металлорганических соединений) на сапфировой подложке диаметром 2 дюйма. Толщины высокоомных активных слоев GaN. Буферные слои. Объемная концентрация носителей заряда в исходных образцах по данным холловских измерений.

Последовательные технологические операции при формировании диода Шоттки .

Формирование меза структуры путем ионного травления активного слоя до буфера. Применение мезы в качестве межприборной изоляции для устранения утечек. Травление активного слоя. Маски при травлении. Формирование окон в слое маски с помощью фотолитографии и химического травления металла. Ионное травление GaN. Глубина ионного травления. Удаление остатков металлизации маски.

Формирование подконтактных слоев $\mathbf{n^+}$. Имплантация в GaN ионов Si^+.

Формирование на сильнолегированных n^+-GaN областях омических контактов. Система металлизации Ti/Al/Ni/Au для формирования омических контактов. Система металлизации является более технологичной и имеет малое контактное сопротивление к GaN. Формирования барьерного

контакта методом взрывной фотолитографии. Система Ni/Au в качестве металлизации барьера Шоттки.

Заключительная операция пассивация поверхности. Использование пленок SiO_2 и Si_3N_4 для пассивации поверхности структуры. Использование пленки Al_2O_3, имеющей более высокие электрические и механические параметры.

Одни из наиболее важных и сложных технологических операций: ионное легирование, формирование омических контактов и барьерной металлизации.

1.2. Создание *n*- и *p*-слоев на нитриде галлия методом ионной имплантации

Создание подконтактных n^+- слоев − проведение имплантаци ионов $^{28}Si^+$ в слои нитрида галлия. Высокотемпературный фотонный отжиг в среде азота с применением защитных покрытий SiO_2 и Si_3N_4. Выбор в качестве защитных покрытий при отжиге ионно-легированных слоев GaN низкотемпературных пленок SiO_2 и Si_3N_4: высокая воспроизводимость их получения, широкое использование при создании различных микроэлектронных приборов, в том числе диодных структур на нитриде галлия. Возможность управления структурой пленок SiO_2, при использовании фотонного отжига, в том числе устранение дефицита по кислороду. Режимы имплантации ионов Si^+ в GaN: дозы имплантации энергии внедряемых ионов. Предотвращение эффекта каналирования. Установка высокотемпературного фотонного отжига As-One для активации примеси: режимы отжига.. Профили по данным вторичной ионной масс-спектрометрии.

Измерения электрофизических параметров ионно-легированных слоев на имплантированных и отожженных при температурах 1100 − 1250 ^oC образцах GaN – поверхностной концентрации n_s и подвижности μ_s.

Установка измерения эффекта Холла HMS-5000/0/55 T с магнитостатическим магнитом для измерения электрофизических параметров ионно-легированных слоев GaN. Методика холловских измерений. Проверка влияния дефектности подложки на результаты измерения электрофизических параметров ионно-легированных слоев.

Качество поверхности структур нитрид галлия − диэлектрик, подвергнутых фотонному отжигу, по данным атомно-силовой микроскопии. Температуры отжига с защитным покрытием SiO_2 при которых наблюдается высокая степень активации примеси. Зависимости концентрации и подвижности носителей заряда от температуры отжига.

Ионная имплантация Mg в GaN для различных применений при формировании приборов на GaN. Имплантация Mg в GaN для формирования инвертированной p-GaN области для создания диода на p-n переходе. Внедрение Mg в GaN для формирования охранных колец структур диода Шоттки для повышения пробивного напряжения. Использование охранных колец, сформированных методом ионной имплантации Mg, для снижения токов утечки структуры диода Шоттки на GaN.

Режимы ионной имплантации Mg в эпитаксиальные высокоомные нелегированные слои GaN. Режимы активации. Концентрация и подвижность основных носителей заряда.

Распределения Mg в GaN при различных температурах отжига при проведении анализа методом ВИМС. Положение максимума концентрации Mg для температуры отжига 1250 ^{0}C. Размытие профиля Mg в нитриде галлия при температуре отжига 1300 ^{0}C.

1.3. Формирование омических контактов и барьера Шоттки

Многогослойная система Ti/Al/Ni/Au с подконтактными ионно-легированными кремнием эпитаксиальными слоями при создании омических контактов на нитриде галлия .

Установка ионно-лучевого напыления EvoVac. Отжиг контактов Ti/Al/Ni/Au. Оценка шероховатости поверхности после отжигов на профилометре Taylor Hobson.

Измерение вольт-амперных характеристик полученных контактов на полуавтоматической станции Cascade Microtech. Использование в качестве измерительной части для контроля параметров на постоянном токе измерителя характеристик полупроводниковых приборов Agilent B1505A.

Характеристики омического контакта.

Формирование контакта Шоттки к нитриду галлия.