

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

Кафедра «Проектирование и технология радиоаппаратуры»



ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОНИКИ

Учебный модуль по направлению подготовки
11.03.03 - Конструирование и технология электронных средств

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

 Е.И.Грошев

« 04 » 12 2015 г.

Разработал

Профессор кафедры ПТРА

 В.А. Карачинов

«1» октября 2015 г.

Принято на заседании кафедры ПТРА

Протокол № 9 от 16 06 2015 г.

Заведующий кафедрой ПТРА

 М.И.Бичурин

« 16 » 06 2015 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Цель учебной дисциплины: формирование компетентности студентов в области технологии производства интегральных устройств электроники, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности, а именно:

- выполнение работ по технологической подготовке производства интегральных устройств электроники;
- проектирование отдельных технологических операций и в целом технологического процесса производства интегральных устройств электроники;
- организация метрологического обеспечения производства интегральных устройств электроники;

Ведущая идея учебной дисциплины – приобретение профессиональных знаний о базовых процессах изготовления интегральных устройств электроники дает прочную основу для дальнейшего овладения профессией.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП направления подготовки

Модуль “Технология интегральных устройств электроники” входит в вариативную часть профессионального цикла. дисциплина преподается на основе ранее изученных дисциплин: “Физика:1,2,3” “Химия”, “Математика:1,2,3”, “Электротехника и электроника”, “Основы физики конденсированных сред”, “Физические основы микро- и нанoeлектроники”, “Теория точности в разработке конструкций и технологий”, ”Проектирование интегральных устройств электроники”.

В результате освоения предшествующих дисциплин и для изучения УД “Технология интегральных устройств электроники”, обучающиеся должны:

- уметь решать дифференциальные уравнения, интегралы;
- знать и уметь пользоваться основными физическими законами из разделов “Механика”, “Молекулярная физика”, “Электричество”, “Магнетизм”, “Распространение света в веществе”, “Строение атома” и т.д.;
- свободно ориентироваться в таблице Д.И.Менделеева, знать законы органической и неорганической химии; химии полупроводников, фотохимии;
- знать основы кристаллографии и кристаллофизики;
- знать состав, физические основы и основные характеристики элементной базы интегральных устройств электроники, методы исследования структур;

Уметь пользоваться справочными материалами по изученным дисциплинам.

Приобретенные знания и умения в результате освоения данного модуля “Технология интегральных устройств электроники” обеспечивают изучение последующих модулей: “Технология производства электронных средств:1,2.” Конструирование электронных средств на базе программируемых больших интегральных схем”.

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УД направлен на формирование компетенций:

Общепрофессиональных:

- ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

Профессиональных:

- ПК-6 способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления.

В результате освоения учебной дисциплины “Технология интегральных устройств электроники” студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	базовый	физико - химическую сущность явлений и процессов, классы моделей, на уровне технологических операций	использовать базовые модели для решения задач по технологии интегральных устройств электроники	методами экспериментальных исследований параметров и характеристик технологических операций
ПК-6	базовый	принципы и методики проведения физико-математических и прикладных исследований по изучению влияния различных дестабилизирующих факторов на базовые технологические операции изготовления интегральных устройств электроники	по результатам исследований формировать конкретные рекомендации, обосновывающие выбор воспроизводимых режимов базовых технологических операции изготовления интегральных устройств электроники требуемого качества	навыками в физико-математическом обосновании при выборе методов оптимизации и контроля технологических процессов изготовления интегральных устройств электроники

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		6 сем.	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	3	
- курсовой проект, 1Е	1	1	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	144	144	

1) УМ-1. Общая характеристика технологии производства интегральных устройств электроники			
- лекции	8	8	ОПК-2, ПК-6
- практические занятия	8	8	
- лабораторные работы	6	6	
- аудиторная СРС	8	8	
- внеаудиторная СРС	16	16	
2) УМ-2. Базовые технологические процессы производства интегральных устройств электроники			
- лекции	10	10	ОПК-2, ПК-14
- практические занятия	10	9	
- лабораторные работы	12	12	
- аудиторная СРС	10	10	
- внеаудиторная СРС	20	20	
Аттестация:			
- зачет			

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

1. Общая характеристика технологии производства интегральных устройств электроники (ИУЭ).

1.1 Основы микроэлектронной технологии. Структура технологического процесса. Интегрально-групповой принцип построения технологии. Сочетание вопросов проектирования, изготовления, контроля и обеспечения качества и надежности. Состав технологической документации: маршруты изготовления, технологические операционные карты, технологические инструкции, чертежи, эскизы, схемы.

1.2 Основы электронной гигиены. Аэрозоли. Влияние аэрозолей на качество ИУЭ. Методы контроля аэрозолей. Требования к технологическим помещениям и параметрам воздушной среды. Чистые помещения (комнаты). Классификация чистых помещений. Меры и мероприятия по обеспечению электронной гигиены. Вакуумные процессы. Физические основы получения технического вакуума. Методы и технические средства получения и контроля вакуума.

1.3 Исходные материалы и полуфабрикаты для производства ИУЭ. Чистые химические вещества. Квалификации: чистый, чистый для анализа, химически чистый, особо чистый. Классы и подклассы особо чистых веществ. Обозначения и маркировка. Применение в технологии ИУЭ полупроводниковых материалов: германий, кремний, арсенид галлия, карбид кремния, нитрид галлия, алмаз. Применение в технологии ИУЭ конструкционных материалов: кварц (реакторы, держатели, лодочки, химическая посуда); графит (нагреватели, тигли, экраны, кассеты). Применение в технологии ИУЭ жидкостей: деионизованная вода (получение, классификация, применение); растворители; кислоты; щелочи. Применение в технологии ИУЭ газов: источники газов (магистраль, баллоны, маркировка и хранение); устройства для технологического применения газов (вентили, редукторы, фильтры, осушители, ротаметры); газоанализаторы. Применение в технологии ИУЭ тканых материалов: безворсовые ткани для одежды персонала в чистых помещениях.

2.1 Технологические процессы размерной обработки полупроводниковых материалов.

Подложки: назначение, виды, требования к подложкам. Общая схема технологического процесса изготовления полупроводниковых подложек для ИУЭ. Методы ориентации слитков. Физико-химические основы трещинообразования. Классификация трещин в кремнии. Закон Ауэрбаха. Мера трещиностойкости. Соотношение Эванса и Чарлза. Критерии Орована и Гриффитса. Базовые модели образования трещин в кремнии. Шкала Икорниковой. Методы резки слитков: дисковая резка; резка полотнами; проволочная резка. Разновидности проволочной резки. Электроэрозионная резка проволочным электродом. Технология механической обработки полупроводниковых подложек. Шлифование связанным абразивом: врезное и торцевое. Полирование: механическое и химико-механическое. Структура и методы контроля нарушенных слоев подложек после механической обработки.

2. Базовые технологические процессы производства интегральных устройств электроники

2.1 Технология получения эпитаксиальных слоев кремния.

Эпитаксия кремния: общие сведения и определения; задачи эпитаксии. Физико-химические основы эпитаксии. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Базовые модели процессов эпитаксии. Классификация методов получения эпитаксиальных слоев. Хлоридный процесс получения эпитаксиальных слоев. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Методы контроля параметров эпитаксиальных слоев.

2.2 Технология получения диэлектрических пленок на кремнии.

Функции диэлектрических пленок на полупроводниковых подложках. Виды диэлектриков в кремниевой технологии ИУЭ. Классификация методов получения пленок двуокиси кремния на кремниевых подложках. Термическое окисление кремния: особенности, кинетика и механизм. Химические методы осаждения пленок двуокиси кремния. Плазмо - химические методы. Основные методы контроля качества диэлектрических пленок.

2.3 Технология формирования легированных слоёв диффузией и ионной имплантацией.

Диффузенты в кремниевой технологии. Термическая диффузия в кремнии: варианты процессов диффузии. Механизмы диффузии примесей в реальных кристаллах. Технологические особенности диффузионных процессов в кремнии. Основные методы контроля параметров диффузионных слоев.

Физические основы ионного легирования: взаимодействие ионов с поверхностью твердых тел; проекция пробега иона в кристаллической структуре; кластеры дефектов; аморфизация и ее виды; явления каналирования и деканалирования ионов; профили распределения ионов в кремнии. Влияние технологических факторов на параметры качества ионнолегированных слоев. Применение импульсного отжига для активации примесей в ионно-легированных слоях.

2.4. Технология получения металлических пленок.

Технология термического испарения в вакууме. Физические основы испарения материалов в вакууме. Метод Кнудсена. Метод Ленгмюра. Реактивный, электронно-лучевой и индукционный способы нагрева. Технология магнетронного распыления. Влияние факторов магнетронного распыления на свойства пленок. Технология систем многослойной металлизации.

2.5 Технология литографических процессов.

Сущность фотолитографии. Физико-химические основы фотолитографических процессов. Фоторезисты: негативные и позитивные. Основные характеристики фоторезистов. Фотоэффект и основные фотохимические реакции в фоторезистах. Общая схема и базовые операции фотолитографического процесса: нанесение, сушка, экспонирование, проявление, задубливание и удаление фоторезиста. Процессы травления в литографии. Методы контроля качества и операции реставрации в технологии фотолитографических процессов. Принципы рентгеновской и электронной литографии. Основы технологии изготовления фотошаблонов. Конструкция фотошаблонов: металлизированные и цветные фотошаблоны. Реперные знаки в фотошаблонах.

2.6 Технология плазмо - химической очистки и травления подложек.

Классификация и характеристики ионно-плазменных технологических методов. Механизмы процессов ионного (ИТ) и плазмо-химического (ПХТ) и ионно-химического травления (ИХТ). Оборудование и ионные источники. Материалы для плазмо-химического

травления. Методы контроля плазмохимических процессов. Влияние технологических факторов на скорость и селективность травления.

2.7 Технология сборки и монтажа ИУЭ

Основные сборочные операции и их классификация. Монтаж кристаллов в корпус и на коммутационные платы. Паянные и клеевые соединения. Проволочный монтаж внешних выводов. Непроволочный монтаж внешних выводов. Микросварка и микропайка. Ультразвуковая пайка. Конструктивно-технологические разновидности герметизации ИУЭ. Герметизация корпусов: пайкой, сваркой. Особенности герметизации корпусов из полимерных и керамических материалов. Методы контроля герметичности.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.3 Лабораторный практикум

Номер раздела УМ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак.час
1.2	Методы получения и измерения вакуума	4
2.1	Исследование реальной структуры полупроводниковых подложек	2
2.3	Исследование процессов термического окисления кремния	4
2.4	Исследование процессов диффузии	4
2.5	Изучение технологической установки для получения тонких пленок методом вакуумного напыления.	4

4.4 Курсовой проект

Номер раздела УД	Тема	Трудоемкость, ак.час
1.1;1.2;2.3;2.5;2.6;	Разработка технологического процесса изготовления гибридной интегральной микросхемы	36

4.5 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УД и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, рубежный и семестровый (зачет) – по окончании изучения УД. Максимальное количество баллов по модулю – 200.

Оценка качества освоения дисциплины осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного УД, по всем формам контроля в соответствии с положением от 27.09.2011 № 32 «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: задачи, опрос, лабораторные работы, контрольная работа, доклад по реферату.

Оценочное средство	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
задачи	3 балла – Не всегда адекватно подбирает формулы и (или) использует их с ошибками	4 балла – Допускает неточности в подборе формул и (или) допускает некритические ошибки в их использовании	5 баллов – Способен правильно выбрать нужную формулу и правильно ее применить
Опрос	3 балла – 50-69% правильных ответов	4 балла – 70-89% правильных ответов	5 баллов – 90-100% правильных ответов
Лабораторные работы	5-6 баллов – ЛР правильно выполнена, на защите испытывает затруднения при ответе на некоторые вопросы	7-8 баллов – ЛР правильно выполнена, на защите не все ответы достаточно аргументированы	9-10 баллов – ЛР правильно выполнена, на защите демонстрирует полноту и аргументированность ответов
Контрольная работа	7-9 баллов – Правильно решены три задачи. Минимальное количество баллов (7) – при условии некритичных ошибок в расчетах	10-12 баллов – Правильно решены четыре задачи. Минимальное количество баллов (10) – при условии некритичных ошибок в расчетах	13-15 баллов – Все пять задач решены правильно. Минимальное количество баллов (13) – при условии некритичных ошибок в расчетах
Доклад по реферату	21-29 баллов – Формально воспроизводит материал доклада, испытывает затруднения при ответе на вопросы. Не выдерживает регламент, не участвует в обсуждении докладов	30-38 балла – Грамотно и четко излагает свои мысли в устной форме, но испытывает затруднения при ответе на вопросы. Выдерживает регламент, активно участвует в обсуждении докладов	39-43 балла – Владеет осмысленным пониманием материала доклада, умеет отстаивать и доказывать свою точку зрения, задает вопросы по существу. Выдерживает регламент

Критерии оценивания доклада:

- соответствие структуры доклада заданной теме – 10 баллов максимум;
- уверенное владение терминологией – 10 баллов максимум;
- логичное и четкое выступление – 10 баллов максимум;
- умение задавать вопросы по существу – 10 баллов максимум;
- выдерживание регламента при защите – 2 балла максимум.

Оценка за доклад выставляется после защиты и обсуждения.

Критерии оценивания лабораторной работы:

- правильность выполнения ЛР – 3 балла максимум;
- уверенное владение терминологией на защите – 2 балла максимум;
- полнота ответа на защите – 2 балла максимум;
- аргументированность ответа – 2 балла максимум;
- правильность оформления отчета – 1 балл.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, а также лаборатория, содержащая следующее оборудование

- приборы для измерения вакуума;
- форвакуумные и паромасляные диффузионные насосы;
- установка термовакuumного напыления;
- телевизионный микроскоп ;
- ПЭВМ с ПО “*ELCUT*”(студенческая версия).

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорта компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля “Технология интегральных устройств электроники”

А.1 Организация изучения учебного модуля “Технология интегральных устройств электроники”

Разделы дисциплины	Формы организации	Задания на аудиторную и внеаудиторную СРС	Литература
УМ-1 Общая характеристика технологии производства интегральных устройств электроники (ИУЭ)			
1.1 Основы микроэлектронной технологии.	-вводная лекция -обзорная лекция	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме. Выбор темы для написания реферата.	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3
	практическое занятие: решение задач	Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: вводное занятие	Ауд. СРС. – ознакомление по метод. указаниям (имеются в лаборатории) с лаб. работами Внеауд. СРС – самостоятельная подготовка к выполнению ЛР на следующем занятии используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	Курсовой проект	Ауд. СРС. – ознакомление по метод. указаниям (имеются в лаборатории) с темами КП. Составление ТЗ Внеауд. СРС – разработка план-проспекта ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,4,6

Разделы дисциплины	Формы организации	Задания на аудиторную и внеаудиторную СРС	Литература
1.2 Основы электронной гигиены	-Информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3
	Практические занятия: решение задач, проверка домашних заданий	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10

		Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	
	лабораторный практикум: выполнение лабораторных работ	Ауд. СРС. – самостоятельное выполнение лабораторных работ Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующей ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – утверждение ТЗ и план-проспекта ПЗ. Внеауд. СРС – самостоятельное создание тезауруса по ТД.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,4,6

Разделы дисциплины	Формы организации	Задания на аудиторную и внеаудиторную СРС	Литература
1.3 Исходные материалы и полуфабрикаты для производства ИУЭ.	-обзорная лекция -информационная лекция	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме. Составление плана реферата.	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	Практическое занятие: решение задач на занятии, проверка домашних заданий	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
		Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10

	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. – самостоятельное выполнение лабораторной работы Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующей ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,4,6
1.4 Технологические процессы размерной обработки полупроводниковых материалов	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
		Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. – самостоятельное выполнение лабораторных работ Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,4,6
Разделы модуля	Формы организации	Задания на аудиторную и внеаудиторную СРС	
УМ-2 Базовые технологические процессы производства интегральных устройств электроники			
2.1 Технология получения эпитаксиальных слоев кремния	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10

	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,4,6
2.2 Технология получения диэлектрических пленок на кремнии	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
2.3 Технология формирования легированных слоёв диффузией и ионной имплантацией	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР,	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8

		используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
2.4 Технология получения металлических пленок.	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
2.5.Технология литографических процессов	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8

	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
2.6 Технология плазмо - химической очистки и травления подложек	- информационные лекции	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . Написание разделов реферата	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
2.7 Технология сборки и монтажа ИУЭ	- информационные лекции -заключительная лекция	Внеауд. СРС – самостоятельное изучение литературы по теме . – подготовить и защитить доклад по теме реферата Ауд. СРС –принятие зачета	Основная: приложение Г, таблица Г.1, номера: 1, 2, 3,4
	практические занятия: проверка домашних заданий (решение задач)	Ауд. СРС – самостоятельное решение задач на занятии Внеауд. СРС – самостоятельное решение задач (домашнее задание)	Основная: приложение Г, таблица Г.1, 9, 10
	лабораторный практикум: защита выполненных работ, выполнение следующей работы	Ауд. СРС. –выполнение и защита лабораторных работ. Внеауд. СРС – самостоятельное ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР, используя метод. указ., выставленные на портале НовГУ	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8
	курсовой проект	Ауд. СРС. – составление календарного плана. Внеауд. СРС – разработка и написание раздела ПЗ. Разработка и оформление ТД.	Основная: приложение Г, таблица Г.1,7,8

А.2 Методические рекомендации по изучению теоретической части учебной дисциплины

Теоретические занятия учебной дисциплины представлены в виде лекций.

Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом УМ.

Задачи лекционных занятий – дать связанное, последовательное изложение материала, сообщить студентам основное содержание предмета в целостном, систематизированном виде.

Структура и содержание основных разделов (приведена в рабочей программе учебного модуля, раздел 4.2)

Методы и средства проведения теоретических занятий

При изучении учебного модуля студенты должны посещать лекционные занятия, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам вопросы, указанные преподавателем. (Список основной литературы приведен в приложении Г).

А.3 Методические рекомендации по лабораторному практикуму и практическим занятиям

Цель лабораторного практикума и практических занятий - формирование компетентности студентов в области технологии интегральных устройств электроники, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Задачи занятий - углубление знаний, полученных на теоретических занятиях и применение их в условиях, приближенных к условиям реальной профессиональной деятельности.

Структура и содержание основных разделов лабораторного практикума (приведена в рабочей программе учебного модуля, раздел 4.3)

Методы и средства проведения занятий

При проведении лабораторного практикума студенты максимально самостоятельно выполняют лабораторные работы. Занятия строятся следующим образом:

первое занятие – вводное:

- проводится инструктаж по технике безопасности;

- студенты разбиваются на группы для выполнения ЛР;

- получают указания по организационным вопросам: знакомятся с порядком выполнения, защиты ЛР, правилами оформления отчета (в соответствии с СТО 1.701-2010. Текстовые документы. Общие требования к построению и оформлению);

на втором и последующих занятиях:

- студенты выполняют лабораторные работы;

- оформляют отчеты по лабораторным работам;

- проводится защита выполненной лабораторной работы;

На последнем занятии – защита последней лабораторной работы.

Примечание – без защиты лабораторных работ можно выполнить только 2 работы.

По результатам защит студентам начисляются баллы (максимальное количество баллов за одну защищенную лабораторную работу - 15).

Студенты, не защитившие лабораторные работы в срок и не набравшие необходимой суммы баллов, защищают все выполненные лабораторные работы на занятии, выделенном как защита блока лабораторных работ. Такая защита оценивается минимальным количеством баллов.

Лабораторный практикум считается выполненным, если студент отработал и защитил все лабораторные работы, набрав при этом минимально необходимую сумму баллов.

Для выполнения лабораторного практикума по УМ студенты должны пользоваться методическими указаниями:

1. Технология интегральных схем : Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Микроэлектроника". Часть 2.- Новгород, 1987. - 37 с.

Методические указания содержат описания объекта исследования, используемого лабораторного оборудования, методику и порядок проведения лабораторных работ, методы измерений и расчетов, указания по выполнению отчета о работе, контрольные вопросы.

Методы и средства проведения практических занятий

Проведение практических занятий строится следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на объяснение решения 1-2 типовых задач у доски;

- 70% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;

- 10% аудиторного времени – разбор типовых ошибок при решении задач (в конце текущего занятия).

На каждом практическом занятии по результатам самостоятельной работы проставляются баллы.

А.4 Методические рекомендации по курсовому проектированию

Исходными документами для составления ТЗ на курсовое проектирование служит комплект КД, разработанный студентом при выполнении КП по дисциплине “Проектирование интегральных устройств электроники”. Копии документов: 1) Схема электрическая принципиальная; 2) Сборочный чертеж ИМС в обязательном порядке должны быть включены в соответствующее приложение пояснительной записки КП. Текущий контроль выполнения КП осуществляется согласно календарного плана, который составляется самостоятельно студентом и утверждается преподавателем. При этом срок сдачи выполненного КП на проверку должен быть не позже двух недель до окончания текущего семестра. Защита КП в виде доклада проводится комиссией из двух преподавателей. По результатам защит КП студентам начисляются баллы (максимальное количество баллов - 50). Студенты, не выполнившие КП в срок, защищают его на дополнительном занятии. Такая защита оценивается минимальным количеством баллов. Для выполнения КП студенты должны пользоваться методическими указаниями: Технология интегральных устройств электроники.: методические указания к курсовому проектированию / Авт. – сост.: В.А. Карачинов;.Компьютерный набор каф. ПТРА, НовГУ им.Ярослава Мудрого, Великий Новгород, 2015 11с.

А.5 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

При написании реферата, студент самостоятельно выбирает тему из списка, приведенного ниже..

Примеры тем рефератов по учебному модулю

1. Физико-химические свойства и технологические особенности применения алмаза в микроэлектронике.
2. Физико-химические свойства и техническое применение кристаллов карбида кремния.
3. Физико-химические свойства и техническое применение кристаллов нитрида галлия.
4. Физико-химические свойства и техническое применение кристаллов арсенида галлия.
5. Физико-химические свойства и техническое применение кристаллов сапфира.
6. Физико-химические основы и технологические особенности лазерного скрайбирования.
7. Физико-химические основы и технологические особенности применения метода Ленгмюра-Блоджетт в технологии наноструктур.
8. Физико-химические основы методов и области применения атомарно-силовой микроскопии.
9. Физико-химические основы методов и области применения туннельной микроскопии.
10. Физико-химические основы методов создания микро-электро-механических систем (МЭМС).
11. Физико-химические основы методов получения и основные области применения углеродных нанотрубок.
12. Физико-химические основы приборно-аналитической базы технологии микробиочипов.
13. Физико-химические основы технологии микромашин.
14. Физико-химические основы технологии суперлюминисцентных источников света.
15. Физико-химические основы технологии световодов со структурой фотонных кристаллов.
16. Физико-химические основы технологии изготовления сенсоров “искусственный нос”.
17. Физико-химические основы технологии изготовления матричных фотоприемников болометрического типа.
18. Физико-химические основы технологии изготовления элетронных систем с перколяционной структурой.
19. Физико-химические основы технологии изготовления источников света на основе органических материалов.
20. Физико-химические основы технологии изготовления **сенсоров - сигнализаторов, включая, механофоры.**

Вопросы для самостоятельной проработки

1. Основные особенности микроэлектронной технологии производств ИУЭ
2. Состав технологической документации
3. Влияние аэрозолей на качество ИУЭ
4. Методы и технические средства получения и контроля вакуума
5. Источники газов и устройства для технологического применения газов
6. Подложки: назначение, виды, требования к подложкам
7. Классификация трещин в кремнии
8. Базовые модели образования трещин в кремнии. Шкала Икорниковой
9. Технология механической обработки полупроводниковых подложек
10. Структура и методы контроля нарушенных слоев подложек после механической обработки

11. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование
12. Молекулярно-лучевая эпитаксия
13. Классификация методов получения пленок двуокиси кремния на кремниевых подложках
14. Плазмо - химические методы осаждения пленок двуокиси кремния
15. Механизмы диффузии примесей в реальных кристаллах
16. Основные методы контроля параметров диффузионных слоев
17. Применение импульсного отжига для активации примесей в ионно-легированных слоях
18. Технология магнетронного распыления материалов
19. Принципы рентгеновской и электронной литографии.
20. Механизмы процессов ионного (ИТ) и плазмо-химического (ПХТ) и ионно-химического травления (ИХТ)
21. Ленточный монтаж кристаллов ИУЭ в корпус
22. Ультразвуковая пайка
23. Методы контроля герметичности корпусов ИУЭ

Для подготовки к лабораторным работам, практическим занятиям, курсовому проекту рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

Приложение В
(обязательное)

Технологическая карта
учебного модуля “Технология интегральных устройств электроники”
семестр – 6, ЗЕ – 4, вид аттестации – зачет, акад. часов – 144, баллов рейтинга – 200

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак. час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максимальное количество баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
УЭМ1 Общая характеристика технологии производства интегральных устройств электроники	1-9	8	8	6	8	16		100	
1.1 Основы микроразветвленной технологии	1	1	1				решение задач	5	
							Контрольная работа	15	
1.2 Основы электронной гигиены	1	1	1	4	1		решение задач	5	
							выполнение и защита ЛР	10	
							Контрольная работа	15	
1.3 Исходные материалы и полуфабрикаты для производства ИУЭ	2	2	2	2	1		решение задач	5	
							выполнение и защита ЛР	5	
							Контрольная работа	15	
1.4 Технологические процессы размерной обработки полупроводниковых материалов	3-8	4	2		4	13	решение задач	10	
							контрольная работа	15	
Рубежный контроль по УЭМ1	9		2		2	3			

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак.час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максимальное количество баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
Рубежная аттестация – не менее 50 балла из 100									
УЭМ2 Базовые технологические процессы производства интегральных устройств электроники	10-18	10	10	12	10	20		100	
2.1 Технология получения эпитаксиальных слоев кремния	10	1	2		1	2	решение задач	5	
2.2 Технология получения диэлектрических пленок на кремнии	11	1	2	4	1	2	решение задач	5	
							выполнение и защита ЛР	10	
2.3 Технология формирования легированных слоёв диффузией и ионной имплантацией	12-13	2	2	4	2	2	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	10	
							Контрольная работа	15	
2.4 Технология получения металлических пленок	14	1	1	4	1	2	решение задач	5	
							выполнение и защита ЛР	10	
2.5 Технология литографических процессов	14-15	3	1		1	6	решение задач	5	
2.6 Технология плазмо - химической очистки и травления подложек	16	1	1		1	2	решение задач	5	
							Контрольная работа		

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак.час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максимальное количество баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
2.7 Технология сборки и монтажа ИУЭ	17	1	1		1	4	решение задач	5	
							Контрольная работа	15	
Рубежный контроль по УЭМ2	18	не менее 50 балла из 100							
Семестровый контроль					2		зачет		
Итого:		18	18	18	18	36		200	

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по основным образовательным программам высшего профессионального образования» от 27.09.2011г. № 32):

- пороговый (оценка «удовлетворительно») – от 100 до 136 баллов
- стандартный (оценка «хорошо») – от 137 до 176 баллов
- эталонный (оценка «отлично») – от 178 до 200 баллов

Приложение В
(обязательное)
Паспорта компетенций

ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Базовый уровень	Знает и понимает физико - химическую сущность явлений и процессов, классы моделей, на уровне технологических операций	Испытывает трудности при объяснении физической сущности явлений и процессов, классов моделей, на уровне технологических операций	Недостаточно четко объясняет физическую сущность явлений и процессов классов моделей, на уровне технологических операций	Четко объясняет физическую сущность явлений и процессов классов моделей, на уровне технологических операций
	Умеет использовать базовые модели для решения задач по технологии интегральных устройств электроники	Допускает ошибку при подборе формул и/или необходимых данных для решения задач или допускает критическую ошибку в расчетах	Правильно подбирает формулы и необходимые данные, но допускает некритические ошибки в расчетах	Верно решает задачи
	<u>Владеет методами экспериментальных исследований параметров и характеристик технологических операций</u>	<u>Испытывает затруднения при использовании методов экспериментальных исследований параметров и характеристик технологических операций</u>	<u>Допускает неточности при использовании методов экспериментальных исследований параметров и характеристик технологических операций</u>	<u>Способен обосновать выбор и применить в практике методы экспериментальных исследований параметров и характеристик технологических операций</u>

ПК-6 способностью передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления.

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Базовый уровень	Знает принципы и методики проведения физико-математических и прикладных исследований по изучению влияния различных дестабилизирующих факторов на базовые технологические операции изготовления интегральных устройств электроники	Испытывает трудности при демонстрации знаний о технологии изготовления материалов электронной техники Испытывает трудности при демонстрации знаний о принципах и методиках проведения физико-математических и прикладных исследований по изучению влияния дестабилизирующих факторов	Допускает неточности при демонстрации знаний о принципах и методиках проведения физико-математических и прикладных исследований по изучению влияния дестабилизирующих факторов на базовые технологические операции	Имеет целостное представление о принципах и методиках проведения физико-математических и прикладных исследований по изучению влияния дестабилизирующих факторов на базовые технологические операции изготовления интегральных

<u>Уро вни</u>	<u>Показатели</u>	<u>Оценочная шкала</u>		
		<u>удовлетворительно</u>	<u>хорошо</u>	<u>отлично</u>
		на базовые технологические операции изготовления интегральных устройств электроники	изготовления интегральных устройств электроники	устройств электроники факторов на базовые технологические операции изготовления интегральных устройств электроники
	Умеет по результатам исследований формировать конкретные рекомендации, обосновывающие выбор воспроизводимых режимов базовых технологических операций изготовления интегральных устройств электроники требуемого качества	Не всегда адекватно умеет формировать конкретные рекомендации, обосновывающие выбор воспроизводимых режимов базовых технологических операций изготовления интегральных устройств электроники требуемого качества	Не всегда имеет четкое представление об основных терминах в области базовых технологических операций изготовления интегральных устройств электроники требуемого качества	Грамотно демонстрирует способность использовать терминологию в области базовых технологических операций изготовления интегральных устройств электроники требуемого качества
	Владеет навыками в физико-математическом обосновании при выборе методов оптимизации и контроля технологических процессов изготовления интегральных устройств электроники	Испытывает затруднения в физико-математическом обосновании при выборе методов оптимизации и контроля технологических процессов изготовления интегральных устройств электроники	Допускает неточности в физико-математическом обосновании при выборе методов оптимизации и контроля технологических процессов изготовления интегральных устройств электроники	Способен применить на практике методы физико-математического обоснования при выборе методов оптимизации и контроля технологических процессов изготовления интегральных устройств электроники

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля Технология интегральных устройств электроники

Направление 11.03.03 - Конструирование и технология электронных средств

Формы обучения очная

Курс 3 Семестр 6

Часов: всего 144, лекций 18, практ. зан. 18, лаб. раб. 18, СРС и виды индивидуальной работы (курсовая работа, КП) 90

Обеспечивающая кафедра ПТРА

Таблица Г.1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1. Коледов, Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок : учеб. пособие для вузов / Л. А. Коледов. - 3-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. - 399, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 393-397. - ISBN 978-5-8114-0766-8.	5	
2. Введение в процессы микро - и нанотехнологий – В 2-х томах. т.1 Чистяков Ю. Д., Райнова Ю.П. / под общ. ред. Коркишко Ю. Н.. Физико-химические основы технологии микроэлектроники: М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2010. 392 с.	6	
3. Александров, С. Е. Технология полупроводниковых материалов : учеб. пособие / С. Е. Александров, Ф. Ф. Греков. - 2-е изд., испр. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2012. - 230, [1] с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 227. - ISBN 978-5-8114-1290-7.	8	
4. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров: Учебник для вузов.- М.: Радио и связь, 1987. – 464 с.	5	
Учебно-методические издания		
5. Технология интегральных устройств электроники. Дисциплина для направления <u>11.03.03</u> - Конструирование и технология электронных средств: Рабочая программа / Сост. В.А.Карачинов; НовГУ. – Новгород, 2015. – 23 с.	-	
6. Технология интегральных устройств электроники.: методические указания к курсовому проектированию / Авт. – сост.: В.А. Карачинов; НовГУ. - В Новгород, 2015.- 11с.	-	
7. Физико-химические основы технологии ЭС : МУ лаб.раб. / Авт.-сост. В.А. Карачинов; НовГУ. – Новгород 2006. – 12 с.		
8.Технология интегральных схем: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Микроэлектроника". Часть К.- Новгород, 1987. - 37 с.		
9. Зимин С.П. Сборник задач по физическим основам технологии интегральных систем. ЯрГУ- Ярославль, 2008.- 34с.		
10. Технология интегральных устройств электроники: методические указания к практическим занятиям / Авт. – сост.: В.А. Карачинов; НовГУ. - В Новгород, 2015.- 13с.		

11.СТО 1.701-2010. Текстовые документы. Общие требования к построению и оформлению. Стандарт организации. Университетская система учебно-методической документации.– Введ. 1998-12-16. – Великий Новгород: ИПЦ НовГУ. - 52 с.	20	
---	----	--

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ: _____
должность подпись расшифровка