

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Технология изделий электроники и нанoeлектроники

(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): Микроэлектроника и твердотельная электроника
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения очная Срок обучения нормативный

Кафедра полупроводниковой электроники и нанoeлектроники
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: Меньшикова Т.Г., к.ф.-м.н.
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии ФРТЭ
(наименование факультета)

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии Москаленко А.Г.
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого совета фа-
 культета радиотехники и электро-
 ники

проф. Небольсин В.А. _____
 (подпись)

 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технология изделий электроники и наноэлектроники

(наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 (код, наименование)

Профиль: Микроэлектроника и твердотельная электроника
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 144; **Часов по РПД:** 144;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; **Часов по РПД:** 108;

Часов на самостоятельную работу по УП: 36 (25 %);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36 (25 %)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 4;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены – 7; Зачеты - 0; Зачет с оценкой -0;

Курсовые проекты - 7; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

| Вид заня- тий | № семестров, число учебных недель в семестрах | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|-------|-----|-----|--|
| | 1 / 18 | | 2 / 18 | | 3 / 18 | | 4 / 18 | | 5 / 18 | | 6 / 18 | | 7 / 18 | | 8 / 12 | | Итого | | | |
| | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | | |
| Лекции | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | | | 18 | 18 | |
| Лабораторные | | | | | | | | | | | | | | 18 | 18 | | | 18 | 18 | |
| Практические | | | | | | | | | | | | | | 36 | 36 | | | 36 | 36 | |
| Ауд. занятия | | | | | | | | | | | | | | 72 | 72 | | | 72 | 72 | |
| Сам. работа | | | | | | | | | | | | | | 36 | 36 | | | 36 | 36 | |
| Итого | | | | | | | | | | | | | | 108 | 108 | | | 108 | 108 | |

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 12 марта 2015 г. №218.

Программу составил: _____ к.ф.-м.н., Меньшикова Т.Г.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент(ы): _____ Коваленко П.Ю., к.т.н., зам. гл. инженера АО «ВЗПП-С»

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Микроэлектроника и твердотельная электроника”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|-------|--|
| 1.1 | Цель изучения дисциплины: Цель изучения дисциплины – изучение закономерностей протекания основных технологических операций, применяемых при изготовлении материалов и изделий электроники и наноэлектроники. Изучение расчетных и экспериментальных методов определения режимов технологических операций. Изучение принципов действия основных элементов вакуумного оборудования и технологических устройств. Формирование навыков работы на технологическом оборудовании. Изучение типовых технологических процессов изготовления изделий электроники и наноэлектроники. |
| 1.2 | Для достижения цели ставятся задачи: |
| 1.2.1 | свободное ориентирование студентов в основных технологических операциях производства полупроводниковых приборов микро и наноэлектроники |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

| | |
|---|--|
| Цикл (раздел) ООП: Б1 | код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.17 |
| 2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося | |
| Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при изучении курсов: | |
| Б1.Б.12 | Метрология, стандартизация и технические измерения |
| Б1.Б.14 | Материалы электронной техники |
| Б1.Б.15 | Физика конденсированного состояния |
| Б1.В.ОД.8 | Физическая химия материалов и процессов электронной техники |
| Б1.В.ОД.14 | Методы исследования материалов и структур электроники |
| 2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее | |
| Б1.В.ОД.7 | Математическое моделирование технологических процессов и интегральных схем |
| Б1.В.ОД.19 | Проектирование БИС |
| Б1.В.ДВ.8.1 | Проектирование микропроцессорных устройств |
| Б1.В.ДВ.9.1 | Проектирование цифровых устройств в базе ПЛИС |

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| | |
|-------|--|
| ПК-1 | способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования |
| ПКВ-2 | готовностью к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства микроэлектронных приборов и устройств твердотельной электроники |
| ПКВ-3 | способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики, проектирования, технологии изготовления и применения микроэлектронных приборов и устройств |

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

| | |
|------------|--|
| 3.1 | Знать: |
| 3.1.1 | основные технологические методы, применяемые при изготовлении материалов и изделий электроники и нанoeлектроники (ПК-1); |
| 3.1.2 | физические закономерности, лежащие в основе этих методов (ПК-1); |
| 3.2 | Уметь: |
| 3.2.1 | ориентироваться в многообразии современных технологических методов (ПКВ-2); |
| 3.2.2 | разрабатывать технологические схемы производства изделий электроники различных типов (ПКВ-2); |
| 3.2.3 | определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения отдельных технологических операций (ПКВ-2); |
| 3.2.4 | использовать для выполнения отдельных операций стандартное вакуумное технологическое оборудование (ПКВ-2); |
| 3.3 | Владеть: |
| 3.3.1 | основными навыками работы на стандартном вакуумном технологическом оборудовании (ПКВ-3); |
| 3.3.2 | представлениями о перспективах и тенденциях развития технологии изделий электроники и нанoeлектроники (ПКВ-2, ПКВ-3). |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № П/п | Наименование раздела дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах | | | | |
|--------------|---|---------|-----------------|--|----------------------|---------------------|-----------|-------------|
| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | СРС | Всего часов |
| 1 | Основные тенденции развития микро- и нанoeлектроники в России и зарубежном. | 7 | 1-2 | 2 | 4 | - | 4 | 10 |
| 2 | Материалы микро- и нанoeлектроники. | 7 | 3-4 | 2 | | 6 | 4 | 12 |
| 3 | Технологические основы микро- и нанoeлектроники | 7 | 5-8 | 4 | 20 | - | 10 | 34 |
| 4 | Возможности, ограничения и перспективы развития литографических, плазменных и плазмохимических процессов производства | 7 | 9-10 | 2 | - | - | 4 | 6 |
| 5 | Эпитаксия. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур. | 7 | 11-12 | 2 | 4 | 6 | 4 | 16 |
| 6 | Получение пленок методами термовакuumного испарения и ионно-плазменного распыления. | 7 | 13-14 | 2 | 8 | 6 | 4 | 20 |
| 7 | Микроминиатюризация изделий микроэлектроники и нанoeлектроники. | 7 | 15-16 | 2 | - | - | 4 | 6 |
| 8 | Методы получения и устройства нанoeлектроники | 7 | 17-18 | 2 | - | - | 2 | 4 |
| Итого | | | | 18 | 36 | 18 | 36 | 108 |

4.1 Лекции

| Неделя семестра | Тема и содержание лекции | Объем часов | В том числе, в интерактивной форме (ИФ) |
|--|--|-------------|---|
| 1. Основные тенденции развития микро- и нанoeлектроники в России и за рубежом | | 2 | |
| 1 | Вводные понятия. Исторический экскурс. Полупроводниковые приборы. Гибридные интегральные схемы. Полупроводниковые интегральные схемы. Переход к низкоразмерным системам | 2 | |
| 2. Материалы микро- и нанoeлектроники | | 2 | |
| 3 | Строение и свойства материалов микроэлектроники. Полупроводники и их свойства. Полупроводниковые структуры. Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике. Определения мезоскопических структур, систем пониженной размерности, наночастиц, нанотехнологий, квантоворазмерных структур, сложных (бинарных, третичных и т.д.) полупроводниковых монокристаллических материалов, гетероструктур и гетеропереходов, сверхрешеток, нанотрубок, магнитных мультислоев, нитевидных нанокристаллов. | 2 | |
| 3. Технологические основы микро- и нанoeлектроники | | 4 | |
| 5 | Методы ориентации монокристаллов полупроводников. Рентгеноструктурный и оптический методы. Методы резки полупроводниковых материалов. Резание дисками с алмазосодержащей наружной или внутренней кромкой. Резание стальными полотнами или проволокой с абразивной суспензией. Скремблирование. Электрофизические способы. Химическое травление. Механизмы химического травления. Электрохимический механизм. Химический механизм. Технология химического травления. Выбор травителя. Подготовка травильной смеси. Процесс травления. Контроль качества поверхности после травления. | 2 | |
| 7 | Получение электронно-дырочных структур методом диффузии. Механизмы диффузии в полупроводниковых материалах. Математическая теория диффузии. Уравнение Фика. Технологические методы осуществления диффузионных процессов. Контроль параметров диффузионных структур. Принцип легирования методом внедрения ионов в твердое тело. Основные принципы и характеристики процесса ионного легирования. Радиационные дефекты. Отжиг радиационных дефектов. Методы изготовления маскирующих и изолирующих пленок. Защита поверхности окислением. Термическое окисление. Окисление в чистом кислороде. Окисление в водяном паре. Анодное окисление: окисление в жидком электролите и в кислородосодержащей низкотемпературной плазме. Защитные пленки из нитрида кремния. | 2 | |

| | | | |
|---|--|----------|--|
| 4. Возможности, ограничения и перспективы развития литографических, плазменных и плазмохимических процессов производства | | 2 | |
| 9 | Основные цели и задачи литографических процессов. Фоторезисты и их свойства. Фотолитография и основные этапы ее проведения. Физические и технологические ограничения фотолитографии. Основы УФ-, рентгено-, электроно- и ионолитографии, их возможности и проблемы. Взаимодействие энергетических ионов с материалами. Физико-химические процессы в низкотемпературной газоразрядной плазме. Процессы травления и очистки материалов с использованием НГП. Основы ионного травления, плазмохимического травления и ионно-химического травления материалов. Перспективы использования методов в технологиях производства электронной компонентной базы. Нанолитография: электронно-лучевая фотография (ЭЛЛ), ионно-лучевая литография (ИЛЛ), нанопечать, перьевая нанолитография; - саморегулирующиеся процессы: самосборка, самоорганизация на поверхности материала и в объеме. | 2 | |
| 5. Эпитаксия. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур | | 2 | |
| 11 | Физические основы методов эпитаксиального выращивания пленок. Контроль качества эпитаксиальных пленок. Эпитаксиальные методы получения наноструктур. Методы молекулярно-пучковой эпитаксии, эпитаксии из металлоорганических соединений (металлоорганическая газофазная эпитаксия) и жидкостной эпитаксии – как технологические подходы получения гетероструктур. Две концептуальные парадигмы получения наноустройств – «сверху-вниз» и «снизу-вверх» (по работам Р. Феймана и Э. Дрекслера), механизмы роста гетероструктур в нанoeлектронике (островковый, послойный и промежуточный); стадии ростового процесса; фасетирование растущей полупроводниковой пленки; учет поверхностной энергии при формировании устройств нанoeлектроники | 2 | |
| 6. Получение пленок методами термовакуумного испарения и ионно-плазменного распыления | | 2 | |
| 13 | Термическое вакуумное напыление. Распыление материалов ионной бомбардировкой. Катодное, ионно-плазменное, высокочастотное, магнетронное распыление. Многослойные контактные системы. Плоские и объемные выводы, методы их формирования. Методы контроля качества омических контактов, пути повышения надежности контактных систем. | 2 | |
| 7. Микроминиатюризация изделий микроэлектроники и нанoeлектроники | | 2 | |
| 15 | Физическое масштабирование полупроводниковых структур. Физические и параметрические ограничения при масштабировании элементов интегральных схем. Объекты нанoeлектроники. Пространственные масштабы нанoeлектроники. Общая структура нанoeлектронных прибо- | 2 | |

| | | | |
|---|---|-----------|--|
| | ров. Электронные устройства на наноструктурах. | | |
| 8. Методы получения и устройства наноэлектроники | | 2 | |
| 17 | Методы получения наночастиц и наноматериалов: - химические методы; - высокочастотный индукционный нагрев; - импульсные лазерные методы; - термолиз и катализ. Электронные устройства на наноструктурах: - квантовый интерференционный транзистор; - одноэлектронный транзистор; - транзистор на горячих электронах; - туннельно-резонансный диод и транзистор. | 2 | |
| Итого часов | | 18 | |

4.2 Практические занятия

| Неделя семестра | Наименование лабораторной работы | Объем часов | В том числе в интерактивной форме (ИФ) | Виды контроля |
|--|---|-------------|--|---------------|
| 2. Материалы микро- и наноэлектроники | | 4 | | |
| 1-2 | Расчет параметров наноструктур | 4 | | |
| 3. Технологические основы микро- и наноэлектроники | | 20 | | Отчет |
| 3-4 | Моделирование коэффициента диффузии примесей в кремнии | 4 | | |
| 5-6 | Расчет коэффициента самодиффузии в кремнии по различным типам вакансий при различных температурах. | 4 | | |
| 7-8 | Расчет распределения примесей при диффузии из источника с постоянной концентрацией | 4 | | |
| 9-10 | Расчет распределения примесей при диффузии из ограниченного источника. | 4 | | |
| 11-12 | Расчет параметров распределения ионно-имплантированной примеси в различных мишенях | 4 | | |
| 5. Эпитаксия. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур | | 4 | | |
| 13-14 | Расчет параметров эпитаксиальных структур, расчет режимов получения пленок с заданными параметрами (МЛЭ, ГФЭ, ЖФЭ). | 4 | | |
| 6. Методы получения и устройства наноэлектроники | | 8 | | |
| 15-16 | Обработка данных и расчет параметров рельефа поверхности структур, полученного методом АСМ-микроскопии. | 4 | | |
| 17-18 | Расчет параметров структур, полученных методом нанолитографии с использованием СЗМ. | 4 | | |
| Итого часов | | 36 | | |

4.3 Лабораторные работы

| Неделя семестра | Наименование лабораторной работы | Объем часов | В том числе в интерактивной форме (ИФ) | Виды контроля |
|--|---|-------------|--|---------------|
| 2. Материалы микро- и нанoeлектроники | | 6 | | |
| 2 | Исследование поверхности методом атомно-силовой микроскопии | 6 | | отчет |
| 5. Технологические основы микро- и нанoeлектроники | | 6 | | |
| 9 | Плазмохимическое травление кремния и оксида кремния | 6 | | отчет |
| 6. Эпитаксия. Физические явления в гетероструктурах и приборные применения гетероструктур | | 6 | | |
| 11 | Выращивание эпитаксиальных слоев арсенида галлия методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений | 6 | | Отчет. |
| Итого часов | | 18 | | |

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

| Неделя семестра | Содержание СРС | Виды контроля | Объем часов |
|-----------------|---|---------------------|-------------|
| 1 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| | Подготовка к выполнению лаб. работы | допуск к выполнению | 2 |
| 3 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| | Подготовка к выполнению лаб. работы | допуск к выполнению | 2 |
| 5 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| 7 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| | Подготовка к контрольной работе | Контрольная работа | 4 |
| | Подготовка к выполнению лаб. работы | допуск к выполнению | 2 |
| 9 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| | Подготовка к защите лаб. работ | отчет, защита | 2 |
| 11 | Подготовка к выполнению лаб. работы | допуск к выполнению | 2 |
| | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| 13 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| | Подготовка к защите лаб. Работ | отчет, защита | 2 |
| 15 | Подготовка к контрольной работе | Контрольная работа | 4 |
| 17 | Работа с конспектом лекций, с учебником | | 2 |
| Итого | | | 36 |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

| | |
|-----|---|
| | В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии: |
| 5.1 | Лекции: информационные лекции, лекции – визуализации, проблемные лекции |
| 5.2 | Лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ; |

| | |
|-----|--|
| | – защита выполненных работ; |
| 5.3 | Практические занятия: – выполнение практических заданий; – выполнение контрольных работ; |
| 5.4 | самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, подготовка отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к экзамену, курсовых проектов. |
| 5.5 | консультации по всем вопросам учебной программы. |

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

| | |
|------------|--|
| 6.1 | Контрольные вопросы и задания |
| 6.1.1 | Используемые формы текущего контроля: отчет и защита выполненных лабораторных работ; |
| 6.1.2 | Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает примерные вопросы к экзамену. Фонд оценочных средств представлен в учебно – методическом комплексе дисциплины. |
| 6.2 | Темы письменных работ |
| 6.2.1 | Контрольная работа по теме «Расчет коэффициента диффузии примесей в кремнии» |
| 6.2.2 | Контрольная работа по теме «Расчет параметров рельефа поверхности структур, полученного методом АСМ-микроскопии» |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| 7.1 Рекомендуемая литература | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|---|----------------------------|----------------|
| № п/п | Авторы, составители | Заглавие | Годы издания. Вид издания | Обеспеченность |
| 7.1.1 Основная литература | | | | |
| 1 | Щука А.А. | Электроника : учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург. | 2005, Печатный | 0,5 |
| 2 | Новокрещенова Е.П. | Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет" | 2010 Магнитный носитель | 1,0 |
| 3 | Пасынков В.В. | Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. | 2003 Электр. | 1,0 |

| | | | | |
|---|---|---|----------------------------|------|
| | | Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань. | реурс | |
| 4 | Свистова Т.В. | Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч.2- Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет". | 2010 Магнитный носитель | 1,0 |
| 5 | Лозовский В.Н. | Нанотехнологии в электронике - СПб. : Лань. | 2008 Магнитный носитель | 1,0 |
| 7.1.2. Дополнительная литература | | | | |
| 1 | Пантелеев В.И. | Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. - Воронеж : Изд-во ВГТУ. | 2000 Печатный | 0,5 |
| 2 | Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. | Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов : Пер. с англ. Э.П. Домашевский. Т.1 : Электронная структура и свойства полупроводников / - Воронеж : Изд-во "Водолей". | 2004 Печатный | 0,25 |
| 3 | Рембеза С.И., Б.М. Синельников, Е.С. Рембеза, Н.И. Каргин | Физические методы исследования материалов твердотельной электроники : учеб. - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ | 2002 Печатный | 0,5 |
| 7.1.3. Методические разработки | | | | |
| 1 | В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков | Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Технология СБИС" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет» | 2007 Печатный | 1,0 |
| 2 | В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. | Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3-4 по дисциплине "Процессы микро- и нанотехнологии" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и направления 140400 "Техническая физика" очной формы обучения / Каф. полупроводниковой электроники и наноэлектроники; - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет 59-2010 | 2010 Печатный | 1,0 |

| 7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы | |
|---|---|
| 1 | http://perst.issp.ras.ru — информационный бюллетень «Перспективные технологии» http://www.nanodigest.ru — интернет-журнал о нанотехнологиях http://www.nano-info.ru — сайт о современных достижениях в области микро- и нанотехнологий http://www.kit.ru — журнал «Компоненты и технологии». http://www.strf.ru — журнал «Электроника: наука, технология, бизнес». |

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| | |
|------------|---|
| 8.1 | Специализированная лекционная аудитория , оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой |
| 8.2 | Производственные мощности Воронежского завода полупроводниковых приборов – Микрон (ВЗПП-М); |
| 8.3 | Учебные лаборатории: 213/4, 214/4, 212/4 |
| 8.4 | Натурные лекционные демонстрации: демонстрации изделий электроники и микроэлектроники: дискретных приборов, интегральных микросхем; образцов полупроводниковых материалов, подложек микросхем, фотошаблонов и др. |
| 8.5 | Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ |

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой
по дисциплине «Технология изделий электроники и нанoeлектроники»**

| № п/п | Авторы, составители | Заглавие | Годы издания. Вид издания | Обеспеченность |
|-------------------------------------|--|--|--------------------------------------|-----------------------|
| 1 Основная литература | | | | |
| 1 | Щука А.А. | Электроника : учеб. пособие / под ред. А.С.Сигова. - СПб. : БХВ-Петербург. | 2005, Печатный | 0,5 |
| 2 | Новокрещенова Е.П. | Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч. - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет" | 2010 Магнитный носитель | 0,5 |
| 3 | Пасынков В.В. | Полупроводниковые приборы : Учебник / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 7-е изд., испр. - СПб. : Лань. | 2009, Магнитный носитель | 1,0 |
| 4 | Свистова Т.В. | Материалы и элементы электронной техники : Учеб. пособие. Ч.2- Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет". | 2010 Магнитный носитель | |
| 5 | Лозовский В.Н. | Нанотехнологии в электронике-СПб. : Лань. | 2008 Магнитный носитель | |
| 2. Дополнительная литература | | | | |
| 1 | Пантелеев В.И. | Физика и технология полупроводниковых гетеропереходных структур : учеб. пособие / В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. - Воронеж : Изд-во ВГТУ. | 2000 Печатный | 0,25 |
| 2 | Под ред. К.А. Джексона, В. Шретера. | Энциклопедия технологии полупроводниковых материалов : Пер. с англ.Э.П.Домашевский. Т.1 : Электронная структура и свойства полупроводников / - Воронеж : Изд-во "Водолей". | 2004 Печатный | 0,25 |
| 3 | Рембеза С.И., Б. М. Синельников, Е. С. Рембеза, Н. И. Каргин | Физические методы исследования материалов твердотельной электроники : учеб. - Ставрополь : Северо-Кавказский ГТУ | 2002 Печатный | |
| 3. Методические разработки | | | | |
| 1 | В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. | Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Технология СБИС" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" очной формы Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет» | 2007 Печатный | 1,0 |

| | | | | |
|---|-------------------------------------|---|------------------|-----|
| 2 | В. И. Пантелеев, Е. В. Бордаков. | Методические указания к выполнению лабораторных работ № 3-4 по дисциплине "Процессы микро- и нанотехнологии" для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" и направления 140400 "Техническая физика" очной формы обучения / Каф. полупроводниковой электроники и нанoeлектроники; - Воронеж : ГОУВПО "Воронежский государственный технический университет 59-2010 | 2010 Печатный | 1,0 |
|---|-------------------------------------|---|------------------|-----|

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета фа-
культета радиотехники и электро-
ники

_____ Небольсин В.А.
(подпись)

_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Технология изделий электроники и нанoeлектроники

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от «___» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

| Порядковый номер изменения | Раздел, пункт | Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить) | Номер и дата приказа об изменении | Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение | Дата внесения изменения |
|----------------------------|---------------|--|-----------------------------------|--|-------------------------|
| | | | | | |