

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,  
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»  
(СПбГУТ)**

Кафедра Конструирования и производства радиоэлектронных средств  
(полное наименование кафедры)



Регистрационный №\_24.04/179-Д

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Основы микро- и нанотехнологий радиоэлектронных средств  
(наименование дисциплины)

образовательная программа высшего образования

11.03.03 Конструирование и технология электронных средств  
(код и наименование направления подготовки / специальности)

бакалавр

(квалификация)

Информационные технологии проектирования радиоэлектронных средств

(направленность / профиль образовательной программы)

очная форма

(форма обучения)

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности) подготовки «11.03.03 Конструирование и технология электронных средств», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19.09.2017 № 928, и в соответствии с рабочим учебным планом, утвержденным ректором университета.

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Основы микро- и нанотехнологий радиоэлектронных средств» является:

Формирование знаний об основных физических процессах в полупроводниках и полупроводниковых устройствах.

Эта цель достигается путем решения следующих(ей) задач(и):

Исследование физических процессов в элементах микро-электронных схем.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы микро- и нанотехнологий радиоэлектронных средств» Б1.В.12 является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 учебного плана подготовки бакалавриата по направлению «11.03.03 Конструирование и технология электронных средств». Изучение дисциплины «Основы микро- и нанотехнологий радиоэлектронных средств» опирается на знания дисциплин(ы) «Электротехника и электроника».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 1

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции
1	ПК-3	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
2	ПК-7	Способен выполнять работы по технологической подготовке производства электронных средств

### Индикаторы достижения компетенций

Таблица 2

ПК-3.1	Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов
ПК-3.2	Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов
ПК-3.3	Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем
ПК-7.1	Знает принципы учета видов и объемов производственных работ
ПК-7.2	Умеет осуществлять регламентное обслуживание оборудования
ПК-7.3	Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

### Очная форма обучения

Таблица 3

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		4	5

Общая трудоемкость	7 ЗЕТ	252	108	144
<b>Контактная работа с обучающимися</b>		118.6	50.25	68.35
в том числе:				
Лекции		46	20	26
Практические занятия (ПЗ)		38	16	22
Лабораторные работы (ЛР)		32	14	18
Защита контрольной работы			-	-
Защита курсовой работы			-	-
Защита курсового проекта			-	-
Промежуточная аттестация		2.6	0.25	2.35
<b>Самостоятельная работа обучающихся (СРС)</b>		99.75	57.75	42
в том числе:				
Курсовая работа			-	-
Курсовой проект			-	-
И / или другие виды самостоятельной работы: подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, контрольным работам, изучение теоретического материала		91.75	49.75	42
Подготовка к промежуточной аттестации		41.65	8	33.65
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			Зачет	Экзамен

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины.

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	№ семестра		
			очная	очно-заочная	заочная
1	Раздел 1. Введение в нано- и микротехнологии	Эмпирический закон Гордона Мура. Принцип действия ключа - полевого транзистора. Плюсы и минусы миниатюризации транзисторов. Принцип Ландауэра о выделении теплоты. Определение микроэлектроники, её задачи. Интегральные схемы. Виды, степень интеграции, недостатки. Краткая история микроэлектроники. Две концепции создания наноструктур: путь «сверху - вниз» и путь «снизу - вверх». Понятия нанотехнология, наноэлектроника и наногетероструктурная электроника. Направления нанотехнологии. Краткая история нанотехнологий. СТМ и АСМ микроскопии.	4		
2	Раздел 2. Структура твёрдых тел	Потенциал Леннарда-Джонса. Кристаллическая решётка. Коэффициенты Миллера. Виды кристаллов (кратко). Механизм роста кристаллов из раствора. Поликристаллы. Отжиг. Аморфные вещества. Квазикристаллы. Наночастицы. Структурные и электронные магические числа. Наномолекулы (УНТ, фуллерены, графен, ДНК).	4		

3	Раздел 3. Дефекты и диффузия в твёрдых телах	Дефекты в реальных кристаллах: точечные, одномерные, двухмерные, трёхмерные. Связь дефектов со свойствами кристаллов: хрупкость, пластичность, прочность. Разрушение материалов. Обработка материалов для повышения твёрдости или пластичности. Прочность наноматериалов. Колебания решётки, акустические и оптические фононы. Связь фононов с диффузией дефектов. Диффузия в твёрдых телах. Коэффициент Диффузии. Первый и второй законы Фика. Решение уравнения диффузии для неограниченного кристалла Диффузия из толстого слоя. Диффузия из тонкого слоя.	4		
4	Раздел 4. Рост кристаллов и поверхностные процессы	Модели роста кристаллов. Послойный рост. Островковый рост. Рост Странски-Крастанова. Кинетика роста плёнки, константа равновесия. Наблюдение роста кристалла. Структура поверхности, Дефекты поверхности. Рост кристалла вокруг винтовых дислокаций. Физико-математическая теория роста кристалла. Смачивание. Гиббсовская адсорбция. Скорость образования зародышей. Молекулярно-статистическая модель зарождения. Коалесценция и образование сплошного слоя.	4		
5	Раздел 5. Технологии создания тонких плёнок	Основные технологические процессы производства. Эпитаксия. Термовакuumное испарение: электронный луч, резистивные испарители, тигель с косвенным нагревом, лазерная абляция. Распыление материала мишени: химическое, катодно-дуговое, ионно-плазменное, ионно-лучевое, ионное плакирование, магнетронное распыление. Электрохимическое и плазмохимическое осаждение. Создание монокристаллических слоёв: химическое осаждение из паровой фазы (CVD), жидкофазное осаждение, плазмо-химическое осаждение из паровой фазы (PECVD), молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ), твёрдофазная эпитаксия (ТФЭ). Технология Ленгмюра - Блджетт. Термическое окисление кремния, алюмооксидная технология, технология КНИ (эпитаксиальный метод, метод ионного внедрения, метод сращивания пластин, метод управляемого скола). Контроль толщины тонких плёнок. Природа и контроль адгезии.	4		

6	Раздел 6. Обработка материалов: диффузия, литография, травление	Диффузия: нанесение слоя диффузанта на пластины до диффузии; диффузия в запаянной ампуле; диффузия в вакууме; диффузия в замкнутом объёме; методы открытой трубы; импульсные методы проведения диффузии; радиационно-стимулированная диффузия. Недостатки и особенности методов диффузии. Ионная имплантация. Лазерная обработка поверхности. Химическое травление, электрохимическое, ионное, ионно-химическое, плазмохимическое травление, лазерно-стимулированное. Виды литографии: фотолитография, рентгеновская, электронно-лучевая, ультрафиолетовая, ионно-лучевая, импринт-литография, иммерсионная. Критерий Рэля. Методы литографии в технологии КНИ. Технология трёхмерного формообразования с субмикронным разрешением.	4		
7	Раздел 7. Создание микро и наноприборов	Разработка конструкций транзисторов: биполярный и полевой транзисторы, примеры промышленных МОП транзисторов, FinFet транзисторы, органическая электроника, методы создания p-n переходов. Особенности проектирования интегральных схем: СБИС, сверхтонкие проводники на платах, создание проводящих дорожек, борьба с паразитной ёмкостью, спайка, склейка, прессование (плакирование), сборка (самосовмещение). Контроль и испытания электронных средств. Печатная электроника: глубокая печать, флексографская печать, офсетная печать, плоская трафаретная печать, ротационная трафаретная печать, струйная печать, лазерная абляция. Микроэлектромеханические системы (МЭМС). Молекулярное конструирование (АСМ). Электростатическая самосборка из наночастиц.	4		
8	Раздел 8. Наночастицы, наномолекулы, нанокompозиты	Кластеры и наночастицы. Методы получения наночастиц: лазерная абляция, импульсные лазерные методы, высокочастотный индукционный нагрев, термолиз, электровзрыв проводника, газовая атомизация, химические методы, золь-гель метод (золь, гель). Изоляция наночастиц (ПАВ). Получение углеродных наноструктур (фуллерены, нанотрубки, нановолокна, графен). Уникальные свойства наночастиц: химическая реакционная способность, магнитные свойства, температурные свойства, оптические свойства, бактерицидные свойства. Нанокompозиты. Методы синтеза: компактирование, спиннингование, гальванический способ. Слоистые материалы. Наноструктурированные стёкла. Наноструктурированные кристаллы и растворы. Свойства наноматериалов: Механические, Электрические, Оптические, Магнитные.	4		

9	Раздел 9. Введение: законы квантового мира	Постулаты Планка. Энергетические уровни электронов в атомах. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов. Дифракция Вульфа-Брэгга. Принцип неопределённости Гейзенберга. Уравнения де Бройля. Геометрическое представление атомной орбитали. Волновая функция. Описание движения свободной частицы. Уравнение Шрёдингера. Квантовые числа. Принцип Паули. Золотое правило Ферми. Выход электрона в вакуум. Прямоугольная потенциальная яма с бесконечными стенками. Прямоугольная яма с конечными стенками. Прохождение частиц через потенциальный барьер.	5		
10	Раздел 10. Зонная теория твёрдых тел	Энергетические уровни электронов в молекулах. Уровни в наночастицах. Образование энергетических зон в кристаллах. Зонный энергетический спектр электронов в кристалле (металлы, п/п, диэлектрики). Наклон энергетических зон электрическим полем. Спектры оптического поглощения. Уровень Ферми. Вырожденный электронный газ, Длина волны Де-Бройля. Статистики Максвелла-Больцмана, Бозе-Энштейна, Ферми-Дирака, Сравнение статистик.	5		
11	Раздел 11. Электронные свойства полупроводников	Собственные полупроводники. Распределение электронов по уровням энергии. Равновесные и неравновесные носители заряда. Примесные полупроводники n и p типа. Неосновные носители заряда. Закон действующих масс. Глубокие примесные уровни. Температурные зависимости концентрации носителей заряда в п/п донорного и акцепторного типа. Изменение концентрации примеси. Применение п/п в радиоэлектронных средствах.	5		
12	Раздел 12. Электропроводность твёрдых тел	Дрейф электронов во внешнем поле. Электропроводность металлов, сплавов, нанокompозитов. Влияние примесей на электропроводность. Сверхпроводимость. Эффекты сильного поля: ударная ионизация, электростатическая ионизация, термоэлектронная ионизация по Френкелю, пробой диэлектриков, эффект Ганна.	5		
13	Раздел 13. Электрические явления в диэлектриках	Поляризация диэлектриков. Диэлектрические потери. Зависимость и tg угла диэлектрических потерь от температуры и частоты переменного поля. Ионная электропроводность в диэлектриках. Диэлектрические свойства наноразмерных структур.	5		
14	Раздел 14. Физические основы микроэлектроники	Термоэлектронная эмиссия. Автоэмиссия. Контактная разность потенциалов. Диод Шоттки. Электронно-дырочный переход, гетеропереходы. Виды диодов. Фотоэлемент. Лазер на p-n переходе. Биполярный транзистор. Полевой транзистор.	5		

15	Раздел 15. Физические основы наноэлектроники	Квантовое ограничение электронов. Квантовые ямы, нити, точки. Размерные эффекты. Приборы на наноструктурах: лазеры с квантовыми структурами, фотоприёмники на квантовых ямах, туннельно-резонансный диод, двухслойный туннельный транзистор, МПМ диод, одноэлектронное туннелирование на эффекте кулоновской блокады, квантово-точечные клеточные автоматы, квантовый интерференционный транзистор. Молекулярная наноэлектроника: атомные переключающие структуры, графеновый транзистор, диоды из углеродных нанотрубок, полевые транзисторы из углеродных нанотрубок, нанотрубки как источники электронов, нанопровода из углеродных нанотрубок, суперконденсатор, топливный элемент, датчики веществ, ДНК-анализатор, алмазная память для компьютеров. Спинтроника.	5		
16	Раздел 16. Вакуумная электроника. Полевые катоды.	Разновидности источников свободных электронов, их применение. Теория полевой эмиссии. Проблемы технологической оптимизации полевых катодов: фокусировка полей, распределение токовой нагрузки, улучшение условий, обработка материала катода. Классификация материалов для создания полевых катодов. Моделирование полей. Эффект экранировки. Гистерезис. Технологии создания полевых катодов. Устройство приборов, использующих полевые катоды.	5		

5.2. Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.

Таблица 5

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1	Системотехническое проектирование радиоэлектронных средств

5.3. Разделы дисциплин и виды занятий.

Очная форма обучения

Таблица 6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лек-ции	Практ. занятия	Лаб. занятия	Семи-нары	СРС	Всего часов
1	Раздел 1. Введение в нано- и микротехнологии	2				4	6
2	Раздел 2. Структура твёрдых тел	2	2	2		6	12
3	Раздел 3. Дефекты и диффузия в твёрдых телах	2	2	2		6	12
4	Раздел 4. Рост кристаллов и поверхностные процессы	2	2	2		6	12
5	Раздел 5. Технологии создания тонких плёнок	2	2	2		6	12
6	Раздел 6. Обработка материалов: диффузия, литография, травление	2	4	2		7	15



7	Раздел 7. Создание микро и наноприборов	4				7	11
8	Раздел 8. Наночастицы, наномолекулы, нанокompозиты	4	4	4		7.75	19.75
9	Раздел 9. Введение: законы квантового мира	2	2	2		5	11
10	Раздел 10. Зонная теория твёрдых тел	4	2	4		5	15
11	Раздел 11. Электронные свойства полупроводников	4	2	4		5	15
12	Раздел 12. Электропроводность твёрдых тел	2	4	2		5	13
13	Раздел 13. Электрические явления в диэлектриках	2	4	2		5	13
14	Раздел 14. Физические основы микроэлектроники	4	4	2		5	15
15	Раздел 15. Физические основы нанoeлектроники	4	4	2		6	16
16	Раздел 16. Вакуумная электроника. Полевые катоды.	4				6	10
Итого:		46	38	32	-	91.75	207.75

## 6. Лекции

Очная форма обучения

Таблица 7

№ п/п	Номер раздела	Тема лекции	Всего часов
1	1	Введение в нано- и микротехнологии	2
2	2	Структура твёрдых тел	2
3	3	Дефекты и диффузия в твёрдых телах	2
4	4	Рост кристаллов и поверхностные процессы	2
5	5	Технологии создания тонких плёнок	2
6	6	Обработка материалов: диффузия, литография, травление	2
7	7	Создание микро и наноприборов	2
8	7	Создание микро и наноприборов	2
9	8	Наночастицы, наномолекулы, нанокompозиты	2
10	8	Наночастицы, наномолекулы, нанокompозиты	2
11	9	Введение: законы квантового мира	2
12	10	Зонная теория твёрдых тел. часть 1	2
13	10	Зонная теория твёрдых тел. часть 2	2
14	11	Электронные свойства полупроводников. часть 1	2
15	11	Электронные свойства полупроводников. часть 2	2
16	12	Электропроводность твёрдых тел	2
17	13	Электрические явления в диэлектриках	2
18	14	Физические основы микроэлектроники. часть 1	2
19	14	Физические основы микроэлектроники. часть 2	2
20	15	Физические основы нанoeлектроники. часть 1	2
21	15	Физические основы нанoeлектроники. часть 2	2
22	16	Вакуумная электроника. Полевые катоды. часть 1	2

23	16	Вакуумная электроника. Полевые катоды. часть 2	2
Итого:			46

## 7. Лабораторный практикум

Очная форма обучения

Таблица 8

№ п/п	Номер раздела	Наименование лабораторной работы	Всего часов
1	2	Построение зависимости потенциала Леннарда-Джонса взаимодействия наночастиц	2
2	3	Построение зависимости распределения концентрации примеси в материале для толстого и тонкого слоя диффузанта от времени и температуры.	2
3	4	Построение зависимости толщины плёнок материалов при ионном распылении от времени и условий роста плёнки.	2
4	5	Построение графика распределения ионов в пространстве при ионной имплантации	2
5	6	Моделирование дифракционных картин для процессов фотолитографии	2
6	8	Моделирование процесса испарения вещества в установках МЛЭ	4
7	9	Электрон в наноразмерном проводящем слое	2
8	10	Построение распределения электронов вырожденного и невырожденного газа в материалах.	4
9	11	Построение распределения электронов в полупроводниках примесного типа.	4
10	12	Построение зависимости проводимости полупроводников и сплавов от концентрации примеси и от температуры.	2
11	13	Построение ВАХ полевого и биполярного транзистора	2
12	14	Построение ВАХ туннельного транзистора и температурной зависимости длины волны лазера на квантовых ямах.	2
13	15	Построение ВАХ полевого эмиттера, оценка эффективных параметров.	2
Итого:			32

## 8. Практические занятия (семинары)

Очная форма обучения

Таблица 9

№ п/п	Номер раздела	Тема занятия	Всего часов
1	2	Расчёт потенциала Леннарда-Джонса взаимодействия наночастиц	2
2	3	Расчёт распределения концентрации примеси в материале для толстого и тонкого слоя диффузанта.	2
3	4	Расчёт распределения ионов в пространстве при ионной имплантации	2
4	5	Расчёт скорости формирования плёнок при ионном распылении	2
5	6	Расчёт критерия Рэлея для процессов фотолитографии	4
6	8	Расчёт процесса испарения вещества в установках МЛЭ	4
7	9	Распределение электрона в тонком проводящем слое, туннелирование через тонкий диэлектрический слой	2
8	10	Расчёт концентрации электронов проводимости в металле в зависимости от температуры	2

9	11	Расчёт концентрации электронов проводимости в примесных полупроводниках.	2
10	12	Расчёт зависимости проводимости полупроводников и сплавов от концентрации примеси и от температуры.	4
11	13	Расчёт ВАХ полевого и биполярного транзистора.	4
12	14	Расчёт ВАХ туннельного транзистора и температурной зависимости длины волны лазера на квантовых ямах.	4
13	15	Расчёт ВАХ полевого эмиттера, оценка эффективных параметров.	4
Итого:			38

## 9. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Рабочим учебным планом не предусмотрено

## 10. Самостоятельная работа

Очная форма обучения

Таблица 10

№ п/п	Номер раздела	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля	Всего часов
1	1	Изучение дополнительной литературы		4
2	2	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	6
3	3	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	6
4	4	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	6
5	5	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	6
6	6	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	7
7	7	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	7
8	8	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	7.75
9	9	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	5
10	10	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	5
11	11	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	5
12	12	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	5
13	13	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	5
14	14	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	5
15	15	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	6
16	16	Изучение дополнительной литературы	Собеседование	6
Итого:				91.75

## 11. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для самостоятельной работы по дисциплине рекомендовано следующее учебно-методическое обеспечение:

- Положение о самостоятельной работе студентов в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича;
- рекомендованная основная и дополнительная литература;
- конспект занятий по дисциплине;
- слайды-презентации и другой методический материал, используемый на занятиях;
- методические рекомендации по подготовке письменных работ, требования к их содержанию и оформлению (реферат, эссе, контрольная работа) ;

- фонды оценочных средств;
- методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов;

## **12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Фонд оценочных средств разрабатывается в соответствии с локальным актом университета "Положение о фонде оценочных средств" и является приложением (Приложение А) к рабочей программе дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Для каждого результата обучения по дисциплине определяются показатели и критерии оценки сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

## **13. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### 13.1. Основная литература:

1. Томилин, В. И.  
Физико-химические основы технологии электронных средств : учебник для вузов / В. И. Томилин ; рец.: Б. А. Беляев, Г. Ф. Баканов. - М. : Академия, 2010. - 416 с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Радиоэлектроника). - Библиогр. : с. 404-405. - ISBN 978-5-7695-47 12-6 : 604.12 р., 613.51 р. - Текст : непосредственный.
2. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие. - М. : ТУСУР. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4932](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4932). Ч. 1 / Л. Н. Орликов. - М. : ТУСУР, 2012. - 98 с. - Б. ц. Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки
3. Легостаев, Н. С.  
Материалы электронной техники : [Электронный ресурс] : учебное пособие рекомендовано сибирским региональным отделением учебно-методического объединения высших учебных заведений рф по образованию в области радиотехники, электроники, биомедицинской техники и автоматизации для

- межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 210100.62 «электроника и наноэлектроника» с профилями «промышленная электроника» и «микроэлектроника и твердотельная электроника» / Н. С. Легостаев. - М. : ТУСУР, 2014. - 239 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110346>. - ISBN 978-5-86889-679-8 : Б. ц. Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки
4. Давыдов, В. Н.  
Твердотельная электроника : [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Н. Давыдов. - М. : ТУСУР, 2013. - 175 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110377>. - Б. ц. Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки
  5. Легостаев, Н. С.  
Микроэлектроника : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. - М. : ТУСУР, 2013. - 172 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110393>. - ISBN 978-5-4332-0073-9 : Б. ц. Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки

### 13.2. Дополнительная литература:

1. Троян, П. Е.  
Твердотельная электроника : [Электронный ресурс] : учебное пособие / П. Е. Троян. - М. : ТУСУР, 2008. - 330 с. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=4966](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=4966). - Б. ц. Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки
2. Легостаев, Н. С.  
Микросхемотехника. Аналоговая микросхемотехника : [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов. - М. : ТУСУР, 2014. - 238 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110345>. - ISBN 978-5-86889-677-4 : Б. ц. Книга из коллекции ТУСУР - Инженерно-технические науки
3. Пасынков, В. В.  
Полупроводниковые приборы : [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Пасынков, Л. К. Чиркин. - 9-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 480 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167773>. - ISBN 978-5-8114-0368-4 : Б. ц. Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки . - [Б. м. : б. и.]. - <https://e.lanbook.com/book/300>

## 14. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- [www.sut.ru](http://www.sut.ru)
- [lib.spbgut.ru/jirbis2\\_spbgut](http://lib.spbgut.ru/jirbis2_spbgut)

## **15. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

### 15.1. Программное обеспечение дисциплины:

- Open Office
- Google Chrome

### 15.2. Информационно-справочные системы:

- ЭБС iBooks (<https://ibooks.ru>)
- ЭБС Лань (<https://e.lanbook.com/>)
- ЭБС СПбГУТ (<http://lib.spbgut.ru>)

## **16. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### 15.1. Планирование и организация времени, необходимого для изучения дисциплины

Важным условием успешного освоения дисциплины «Основы микро- и нанотехнологий радиоэлектронных средств» является создание системы правильной организации труда, позволяющей распределить учебную нагрузку равномерно в соответствии с графиком образовательного процесса. Большую помощь в этом может оказать составление плана работы на семестр, месяц, неделю, день. Его наличие позволит подчинить свободное время целям учебы, трудиться более успешно и эффективно. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Все задания, включая вынесенные на самостоятельную работу, рекомендуется выполнять непосредственно после соответствующего аудиторного занятия (лекции, практического занятия), что способствует лучшему усвоению материала, позволяет своевременно выявить и устранить «пробелы» в знаниях, систематизировать ранее пройденный материал, на его основе приступить к овладению новыми знаниями и навыками.

Система университетского обучения основывается на рациональном сочетании нескольких видов учебных занятий (в первую очередь, лекций и практических занятий), работа на которых обладает определенной спецификой.

### 15.2. Подготовка к лекциям

Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета, как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект

является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

### 15.3. Подготовка к практическим занятиям

Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке пройденного материала (материала лекций, практических занятий), а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Необходимо понимать, что невозможно во время аудиторных занятий изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов, и при изучении дисциплины недостаточно конспектов занятий. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

### 15.4. Рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения. В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет. Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно,



- основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
  - работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
  - пользоваться реферативными и справочными материалами;
  - контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
  - обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам;
  - пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорам в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
  - использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»
  - повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
  - обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
  - использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

#### 15.5. Подготовка к промежуточной аттестации

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

### 17. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 11

№ п/п	Наименование специализированных аудиторий и лабораторий	Наименование оборудования
1	Лекционная аудитория	Аудио-видео комплекс
2	Аудитории для проведения групповых и практических занятий	Аудио-видео комплекс
3	Компьютерный класс	Персональные компьютеры
4	Аудитория для курсового и дипломного проектирования	Персональные компьютеры
5	Аудитория для самостоятельной работы	Компьютерная техника
6	Читальный зал	Персональные компьютеры

Лист изменений № 1 от 9 января 2020 г

Рабочая программа дисциплины  
**«Основы микро- и нанотехнологий радиоэлектронных средств»**

Код и наименование направления подготовки/специальности:  
**11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**  
 Направленность/профиль образовательной программы:

## Проектирование и технология радиоэлектронных средств

---

Из п. 14.2 Информационно-справочные системы исключить с 08.01.2020 г.  
строку: ЭБС IPRbooks (<http://www.iprbookshop.ru>)

Основание: прекращение контракта № 4784/19 от 25.01.2019 г. на  
предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks.

Внесенные изменения утверждаю:

Начальник УМУ \_\_\_\_\_ Л.А. Васильева